森林総合研究所百十年のあゆみ

国立研究開発法人 森林総合研究所



森林総合研究所本所（2015（平成 27）年 9 月撮影）

撮影者：松浦 俊也（森林管理研究領域）

前誌（100 年のあゆみ）以降における理事長



3 代　大熊 幹章（25 代）



4 代　鈴木 和夫（26 代）



現　沢田 治雄（27 代）

皇室の当所への行幸啓のご様子



天皇皇后両陛下
多摩森林科学園へ
（2010 年 4 月）



天皇陛下 北海道支所へ
（2011 年 9 月）

10 年間のトピックス



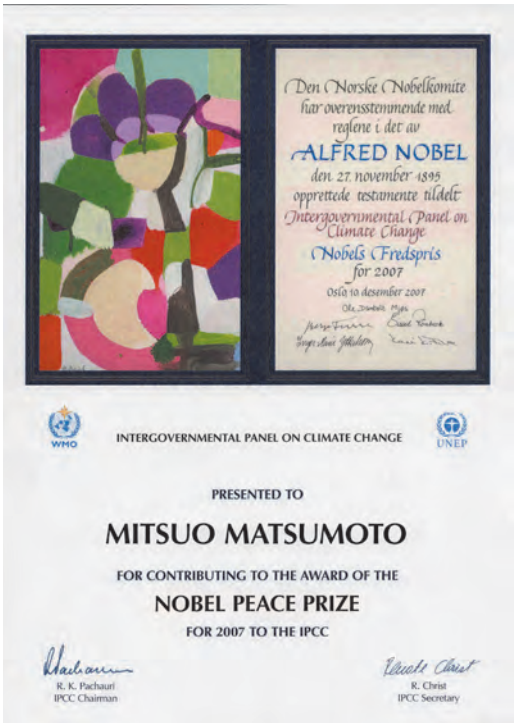
男女共同参画室が設置（2008 年 2 月）され、男女共同参画の取組の一環として所内一時預かり保育室「どんぐりるーむ」（左：本所 2009 年 3 月）と「すぎのこ」（右：関西支所 2009 年 4 月）が開設された。



広報誌「季刊 森林総研」が 2008 年 5 月に創刊された。年 4 回発行され、2015 年 9 月までに 30 号が発行されている。



REDD 研究開発センター（2010 年 7 月設置）は、毎年国際セミナーに世界各国の専門家を招聘し、REDD+ の実施や技術開発に関わる意見交換を行ってきた。



IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のノーベル平和賞受賞（2007 年）への貢献を認定する賞状が、松本光朗ほか計 6 名の当所職員に与えられた。



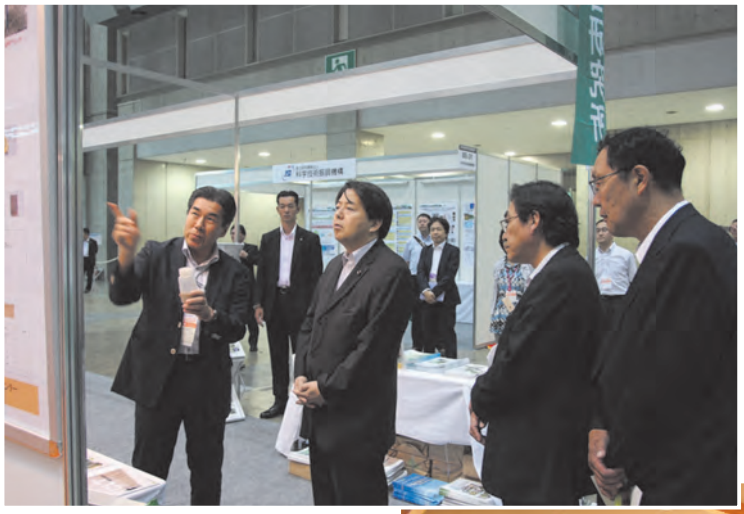
森林総合研究所公開講演会（2011 年 6 月　東京大学安田講堂）



多摩森林科学園が開発した八重桜の新品種「はるか」（2012 年 12 月品種登録出願）。2013 年 NHK の大河ドラマ「八重の桜」に因み、福島県は復興のシンボルとして、全国に八重桜「はるか」を贈呈・植樹するプロジェクトを進めている。



科学技術週間における一般公開（2015 年 4 月）



「スマートコミュニティー Japan 2015　バイオマスエキスポ」における当所展示を林芳正農林水産大臣（前列左から 2 人目）がご視察（2015 年 6 月）



林木育種場 50 周年記念シンポジウム
（2007 年 11 月 5 日）



満 5 年で樹高 8 mのスギ エリートツリー
（写真は第 2 世代精英樹の候補木です）

10 年間に建設された建物

○森林総合研究所本所



実験住棟



環境影響測定棟



特高開閉所



直交集成板長期挙動実験棟
（次世代木造建築実験棟）

○関西支所



標本館



木造試験家屋

○林木育種センター



F2 交雑温室



遺伝資源保存棟

○北海道育種場



特定母樹種穂増殖温室



総合多目的棟

○東北育種場



ミスト温室



多目的棟



人工交雑温室

○関西育種場



特定母樹温室



多目的棟

森林総合研究所百十年のあゆみ



国立研究開発法人森林総合研究所は2015年（平成27年）11月1日をもって、創立110周年を迎えました。

我が国の林業試験研究の発祥は1878年（明治11年）の山林局樹木試験場の設立時と言われていますが、これは後に山林学校となりました。そして1900年に山林局によって整備された目黒試験苗圃が1905年（明治38年）11月に林業試験所と改称されたことをもって、現在の森林総合研究所の創立とされています。つまり、日本の林業試験研究発祥から数えると137年で、目黒試験苗圃設立から数えると115年になります。いずれにしても、明治、大正、昭和、平成という様々な時代のニーズに応じて、国内外の森林、林業、木材産業関連の研究を担ってきました。

組織的にも時代を反映して変遷してきました。まず1947年（昭和22年）の林政統一に伴って農林省林野局林業試験場として再編され、1978年（昭和53年）に目黒から筑波研究学園都市に移転しました。1988年（昭和63年）には内部組織を改編して森林総合研究所と名称も変更し、2001年（平成13年）には省庁改編によって独立行政法人森林総合研究所として新たに設立されました。また2006年（平成18年）には非特定独立行政法人となり、職員の身分は非公務員化されました。

この間のあゆみは、2005年（平成17年）に刊行された「森林総合研究所百年のあゆみ」に詳細に記されていますが、創立100周年を記念して、森林総合研究所のミッションを「森林・林業・木材産業に係わる研究を通じて、豊かで多様な森林の恵みを生かした循環型社会の形成に努め、人類の持続可能な発展に寄与する」と公表しました。そして、日本の将来にとって、なくてはならない先導的研究機関として、科学技術の発展、行政施策の推進、社会活動の活性化、さらに国際協力の推進に寄与してきたところです。

さらに、本年4月には国立研究開発法人に区分され、新たな時代を迎えています。この創立110周年記念号は、2005年（平成17年）からの10年間の活動を中心に記載していますが、この間に新たに3つの業務を実施することとなりました。

まず、2007年（平成19年）に、独立行政法人林木育種センターと統合しました。林木育種センターは、精英樹の選抜等による育種事業を推進して新品種を開発し、その原種を都道府県に供給するとともに、地域における林木育種に関する技術指導を行うことを目的に、1957年（昭和32年）に国立林木育種場として設立された林野庁の施設等機関でした。1985年（昭和60年）には林木ジーンバンク事業が開始されました。

また、林木育種センターとの統合に伴い育種部門と研究部門の連携による相乗効果を促すために、森林バイオ分野の先端技術を活かす、森林バイオ研究センターを林木育種センター内に設置しました。

2008 年（平成 20 年）には、独立行政法人緑資源機構の国内業務部門を受け入れ、森林農地整備センターを設立しました。緑資源機構は農林業の振興と、森林及び農用地の有する公益的機能の維持増進に資する各種事業を実施するために、1999 年（平成 11 年）に設立された緑資源公団が 2003 年（平成 15 年）に独立行政法人に移行された機関です。その前身は 1956 年（昭和 31 年）に設立された森林開発公団と 1955 年（昭和 30 年）に設立された農地開発機械公団でした。緑資源機構が実施していた水源林造成事業、農用地総合整備事業、特定中山間保全整備事業が森林総合研究所に承継されましたが、農用地総合整備事業と特定中山間保全整備事業はそれぞれ 2012 年度（平成 24 年度）と 2013 年度（平成 25 年度）に完了しました。これに伴い、2015 年（平成 27 年）4 月に森林整備センターに改称しています。

さらに、2015 年（平成 27 年）には、森林保険特別会計で経理されていた事務および事業の移管を林野庁から受け森林保険センターを設置しました。森林保険に関する企画立案を行う林野庁計画課と連携して森林保険業務を実施しています。

このように、この 10 年間で森林総合研究所は研究部門と事業部門を併せ持つ大きな組織となり、現在の正規職員数は 1000 名を超えています。

近年の森林総合研究所をめぐる組織改編は森林にかかわる自然環境と社会環境の変化を反映しています。

自然環境の変化では、最近、日本列島が記録的な高温や台風に見舞われるなど、「異常気象」が続いています。この主な原因は大気中二酸化炭素濃度の上昇による地球温暖化と言われることが多くなっています。森林総合研究所が創立された当時は 300 ppm 程度であった大気中二酸化炭素濃度が本年 3 月には全世界の観測地点で平均濃度が 400 ppm を超えたと報告されています。温暖化対策としての京都議定書第一約束期間（2008 ～ 2012 年）対応では、温室効果ガス 6 種の合計排出量を 1990 年比で 6% 削減することを日本の目標としましたが、その 6 割以上に相当する 3.8%が日本の森林における二酸化炭素吸収分として組み入れられました。この間、森林総合研究所も国際的な活動に協調し、二酸化炭素の吸収量算定などに最大限の協力を行いました。その後も林野庁の支援を受けて 2010 年（平成 22 年）に REDD 研究開発センターを新設するなど、多くの温暖化対策対応にかかわる活動を積極的に行ってきました。政府は 2030 年度における日本の温室効果ガス削減目標は 2013 年比で 26% としていますが、森林の二酸化炭素吸収源として期待されている目標は 2%です。国内の森林は成熟期を迎えて生長量が低下しているため、二酸化炭素吸収量を増加させるには新規植林を増やす必要があります。しかし、新規植林ではシカの害や人手不足も支障となっており、伐出から再造林までの一貫した行程やエリートツリーの活用など、研究成果の統合化による実務的システムの構築に取り組むようになりました。

そのような中で、2011 年（平成 23 年）3 月に東日本大震災が発生しました。数百キロにおよぶ海岸が津波を受け、海岸林も大きな被害を受けました。飛砂防止、景観造成など平時に期待されている機能と大規模災害時に果たすべき機能とのバランスを考えさせられ、最適な海岸林造成への取り組みも始まりました。同時に、原子力発電所の安全性に関

して社会が大きな疑念を抱くようになり、バイオマス発電への要望が一気に加速されました。全国的に大規模なバイオマス発電所が多数計画されています。森林資源の最適な活用方法を提示する必要が生まれています。

もちろん森林は二酸化炭素の吸収・固定機能だけでなく、国土保全や生物多様性保全など人類が供受している様々な機能を有しています。平地の少ない日本では特に山地での治山・治水が人々の生活や農業生産を支えています。戦後 70 年を迎えましたが、敗戦後の国土回復を願って急峻な山でも植林が行われた結果、人工林率は 40%を超え、森林率は 67%と世界有数の森林国となっています。しかし、山村は少子高齢化が進んで、森林の手入れ不足や伐採遅れが目立ち、せっかくの植栽木も大径材となってきています。森林の成熟に 30 ～ 40 年は必要なので、植林した人々が成熟した森の恩恵を受けることは、ほとんどの場合は困難です。そのため植林した方々の願いや思いを、森の恩恵を享受する次世代の者達が受け継ぐ必要があります。現在、そのひとつの方法が大構造材による木造建築技術の開発です。その為に、伐採から大構造材作成までの一貫したシステムの構築に取り組んでいます。林業の成長産業化は山村の維持・活性化に必要です。さらに、植林や育林等の林業活動を現在行っている方々の思いや願いを後世へ伝えていく努力も不可欠だと考えています。

このように様々な問題に産学官連携して取り組んできましたが、日本各地には森林資源をベースとした歴史的な文化が数多く見られます。例えば、能舞台は三間四方の中に人と木の魂が宿っていると言われ、全てが木造で金物は持ち込むことも許されません。また森林浴を楽しむ人々が増えたり、企業の社会的責任活動（CSR）で森林整備活動が増えたりするなど、森林生態系の恵みを享受する活動も増えています。森林総合研究所としても、産学官連携の強化とともに、森林文化の継承や、森林と交わりを深めていただくために、国民の皆様との直接的な協調活動を積極的に推進する所存です。

先の 10 年を振り返るとともに、今後も森の恵みと文化を育み、森林・林業・木材産業に係わる研究・事業を推進して、人類の持続可能な発展に寄与するために職員一同、一層努力して参ります。

平成 27 年 11 月 1 日

国立研究開発法人森林総合研究所

理事長　　沢　田　治　雄

“森林総合研究所百十年のあゆみ”によせて



はじめに

森林総合研究所は平成 27 年（2015 年）11 月に創立百十年を迎えます。平成 20 年（2008 年）11 月には、つくば移転 30 周年、林業試験場から森林総合研究所へ改組 20 周年を経て、研究所は名実ともにつくば研究学園都市に居を置く研究開発型の独立行政法人研究所となりました。創立百年から瞬く間に過ぎた 10 年でしたが、百年は世紀の区切りですので、この 10 年は新しい世紀での第一歩でした。そして、この時期には「独立行政法人整理合理化計画」が閣議決定（平成 19 年 12 月）されて、農林水産省所管の研究機関として、官房や内局の関係者からも研究管理について厳しい意見が出され、独立行政法人の在り方が見直され続けた 10 年でした。

この間の研究所の組織についてみますと、平成 19 年（2007 年）4 月に（独）林木育種センターと統合し、平成 20 年（2008 年）4 月に（独）緑資源機構の廃止に伴い水源林造成事業等の公共事業を経過措置として担うことになりましたが、その後も独立行政法人の制度・組織の見直しが検討され、行政刷新会議は所轄官庁に 1 研究独法を掲げて、平成 23 年（2011 年）11 月には農林水産副大臣がつくばを視察されて農林水産省所管 6 法人の統合の考えを窺わせました。そこで 12 月には、森林総合研究所は独立した法人としてわが国になくてはならない研究所であることを、研究領域が人工的な生産環境である農地とは著しく異なること、国土の 67%を占める森林そのものが研究対象であること、社会的共通資本いわゆる公益的機能を重視していること、研究の時間軸は 50 年、100 年を単位とすると超長期となることなどの観点から、農業のそれとは著しく異なることを説明し、行政刷新会議の理解を得ることができました。その後紆余曲折を経て、平成 25 年（2013 年）12 月には、独立行政法人 100 法人の改革案が閣議決定され、わが国の独立行政法人は、第一次安倍内閣の 85 法人への再編案、民主党政権での 64 法人案を経て、今回 87 法人への再編が最終的に決まりました。一方、平成 26 年（2014 年）4 月には森林国営保険法が改正され、平成 27 年（2015 年）4 月から国が運営してきた国営森林保険の業務を担うことになりました。平成 27 年（2015 年）4 月、創立百十年を迎える今年、受動的ではあったにしても森林・林業に係わる新たな分野を担って、森林総合研究所は国立研究開発法人として新たな船出を迎えました。

この 10 年の動き

森林総合研究所のこの 10 年間の動きを、季刊森林総研「何でも報告コーナー」から取り挙げると、「IPCC のノーベル平和賞受賞に貢献」（2008 年）、「通称サイエンス・カフェを始めました」、「木質バイオエタノール製造実証プラント竣工」（以上、2009 年）、「天皇、

皇后両陛下の行幸啓」、「REDD 研究開発センター開設」、「公開講演会＋オープンラボ開催」、「東京大学大学院、建築研究所、理化学研究所と連携・協力」（以上、2010 年）、「男女共同参画宣言を策定」、「サクラ開花ビジュアルマッピング」、「「安全・快適住宅」実験用木造住宅が完成」、「東京大学安田講堂において公開講演会」、「研究所の新しい表示塔を建てました」、「天皇陛下が北海道支所ご視察」、「「安房南部の特殊地層」学会表彰」（以上、2011 年）、「国内外の研究機関（METLA、INRA-Nancy）と MOU」、「環境影響測定棟が完成」、「林試の森公園に銘板設置」、「ブリティッシュコロンビア大学と研究協力協定」（以上、2012 年）、「シンポジウム「私たちのくらしと森林･木材の放射能」」（2013 年）、「公開講演会を本支所等で開催」（2014 年）などがあります。「何でも報告コーナー」にはこの他、独立行政法人としては初めて「女性研究者支援モデル育成プログラムが採択」（2007 年）や、「東日本大震災への対応」（2011 年～）などがあります。これらの話題を振り返ると、勿論これらの話題は多岐にわたり多様でそれぞれに起承転結の解説が必要ですが、これらの取り組みは、季刊森林総研の創刊の意図も同じなのですが、研究所の研究成果を如何に社会に広く知って頂き研究所を開かれたものにするのかの取り組みであると同時に、それによって研究所の研究開発のグローバル・スタンダードを目指したものでした。

研究開発のイノベーション

本来、森林総合研究所のタスクは、大学が担う基礎研究と森林・林業・木材産業をつなぐ本格研究です。この言葉を多少解説しますと、森林総合研究所で開催された吉川弘之氏（産業技術総合研究所理事長）の講演「森林研究におけるイノベーション」（森林科学 51、2007 年）で指摘されたもので、本格研究とは、大学で行う基礎研究と企業で行う研究を繋ぐ研究で、基礎研究（夢）では概ね期待が満たされない（悪夢）のでこれを耐えて乗り越えていかなければならないというものです。この考え方は、研究開発型独立行政法人研究所の在り方のバック・ボーンとなるもの、と考えます。

一方、第 4 期科学技術基本計画（平成 23 年 8 月）では、課題解決型のイノベーション、国民生活や産業を支える研究開発、国際水準の研究開発（グローバル化への対応）の 3 つの柱が掲げられています。中鉢良治氏（産業技術総合研究所理事長、元ソニー社長）は、これまでのビデオレコーダーの研究開発を例に、VHS では 3 社で 30 件の特許、DVD では 30 数社で 400 件の特許、Blue-ray Disc では 60 社で 2,000 件の特許が、協働して研究開発に当たったと述べています。このように、課題解決型のイノベーションは、他分野との協働（collaboration）なくしては為し得ないと思われます。研究所では、産学官連携推進の取り組みが外部からも見えるように、平成 21 年（2009 年）1 月に産学官連携推進室を設置し、翌年には産学官連携推進調整監、翌々年には各支所にも産学官連携推進調整監を設置して、本格研究へと大きく舵を切りました。

産官学民連携を掲げる日本プロジェクト産業協議会（JAPIC）では 10 年間で 3 兆 5 千億円の事業費を林業再生事業化へ投入することを予定しています。近年、社会の森林・林業への関心は以前に較べてはるかに高まりつつあります。林業を「キタナイ・キツイ・キケン」とネガティブに捉える見方から、新たにポジティブに「環境・健康・経済」へ貢

献する産業として、森林・林業再生（元年は平成 23 年度）に取り組みたいものです。

一方、国際水準の研究開発では、研究所はこの間ヨーロッパの METLA、INRA、北米のブリティシュコロンビア大学と MOU を結び、世界をリードする研究機関・大学と積極的な連携を進めました。次の 10 年に向けて更なる発展を期待したいと思います。

次の 10 年に向けて

森林は国民の社会的共通資本（宇沢弘文、「社会的共通資本としての森林」、森林科学 43、2005 年）ですので、森林の価値については先ず国民の理解が欠かせません。そこで、平成 23 年（2011 年）の国際森林年には、「日本政治と森林」と題する佐々木　毅氏（国土緑化推進機構理事長）の公開講演会（森林科学、2011 年 10 月）を企画しましたし、世界経済フォーラム（ダボス会議）の科学技術版とされる STS フォーラム（Science and Technology in Society forum）では平成 22 年（2010 年）と平成 23 年（2011 年）に初めて森林に関する課題が取り上げられて Sustaining Forests のセッションが設けられました。このような情勢の中で、森林総合研究所の研究開発は、for science から for society へ、そして for policy へと、国民の付託に応えることが望まれます。

森林の営みは、空間的にも広大で、時間的にも悠久の世界で、人の営みのテンポとは著しく異なります。科学技術イノベーション総合戦略（平成 25 年 6 月）では、基本的な考え方として、1）時間軸と目標、2）「木を見て森を見ない」政策とならないよう、3）川上から川下までの研究開発、4）産学官が連携、5）連携を取り組み合わせる、6）PDCA プロセス、という 6 つの原則が掲げられています。このようなキーワードを見れば、わが国の科学技術イノベーション戦略は、まさに森林に譬えて立てられているのです。それほど森林は俯瞰すべき存在だといえます。研究開発には、今後、データを積み重ねて深掘りする垂直思考と多様な観点から物事を見る水平思考のバランスが求められます。

一方、産業としての森林の価値は、わが国の GDP に占める割合がゼロゼロセブン（0.07%）と揶揄されています。国家の基盤である森林に、市場の価値と市場外の価値のそれぞれの認識が不可欠です。市場外経済である生態系サービスなどの森林の多面的機能の見える化は、目に見えないものの価値を見える化させる森林・林業イノベーションの大きな課題です。

国立研究開発法人森林総合研究所は、国際水準の研究開発を柱として優れた研究成果を挙げて社会の発展に寄与し、水源林造成、森林保険の業務が国民の視点に立って取り組まれることを願う次第です。

平成 27 年 11 月 1 日

国立研究開発法人森林総合研究所

前理事長　　鈴　木　和　夫

目　　次

目　　　次

森林総合研究所百十年のあゆみ　理事長　沢田治雄・・・・・・・・・・ 1
“森林総合研究所百十年のあゆみ”によせて　前理事長　鈴木和夫・・・・・・・・・・ 4

Ⅰ．森林総合研究所 100 ～ 110 年の沿革・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
　1．研究の背景とねらい・・ 12
　2．組織改編・・・ 18
　3．年表・・ 24

Ⅱ．研究開発部門の動向・・ 26
　1．専門別研究
　　植物生態研究領域・・ 27
　　森林植生研究領域・・ 34
　　立地環境研究領域・・ 40
　　水土保全研究領域・・ 46
　　気象環境研究領域・・ 55
　　森林微生物研究領域・・ 63
　　森林昆虫研究領域・・ 71
　　野生動物研究領域・・ 76
　　森林遺伝研究領域・・ 82
　　生物工学研究領域・・ 89
　　バイオマス化学研究領域・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 97
　　きのこ・微生物研究領域・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 103
　　林業工学研究領域・・ 110
　　複合材料研究流域・・ 116
　　木材改質研究領域・・ 122
　　木材特性研究領域・・ 127
　　加工技術研究領域・・ 131
　　構造利用研究領域・・ 136
　　森林管理研究領域・・ 141
　　林業経営・政策研究領域・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 146
　　国際連携推進拠点・・ 151
　　温暖化対応推進拠点・・ 156

2．地域に対応した研究
北海道支所 …… 162
東北支所 …… 175
関西支所 …… 190
四国支所 …… 200
九州支所 …… 209
多摩森林科学園 …… 220

Ⅲ．育種部門の動向 …… 230
はじめに …… 231
育種部 …… 233
遺伝資源部 …… 244
海外協力部 …… 254
森林バイオ研究センター …… 265
北海道育種場 …… 273
東北育種場 …… 279
関西育種場 …… 285
九州育種場 …… 290

Ⅳ．森林保険部門の動向 …… 296
森林保険部門 …… 297

Ⅴ．森林整備部門の動向 …… 308
森林整備部門 …… 309

Ⅵ．総合的研究の動向と成果 …… 326
人工林施業の低コスト化に向けた研究開発 …… 327
花粉症対策としての雄花生産量の制御に関する研究 …… 332
身近な森林である里山林や都市近郊林の管理と環境教育 …… 335
木質材料に関するレギュラトリーサイエンス …… 340
実験住宅の建設と性能評価 …… 344
樹木精油を利用した空気浄化剤の開発 …… 348
バイオエタノール製造研究開発 …… 352
気候温暖化が自然林に与える影響と適応策 …… 356
京都議定書報告のために森林吸収量算定手法と
国家森林資源データベース開発 …… 359
2008 年岩手宮城内陸地震への対応 …… 363

高解像度空間データによる大規模災害の予測 …… 366
森林の放射能汚染に関する研究 …… 368
森林におけるシカ管理技術の開発 …… 371
小笠原諸島における侵略的外来種の管理と絶滅危惧種の保全 …… 376
分子育種技術を活用した林木育種の高度化に関する研究 …… 381
造林木の生育環境への適応性の評価 …… 384
無花粉（雄性不稔）スギに関する遺伝的基盤の研究 …… 386
マツタケ栽培研究 …… 390
広葉樹における遺伝的多様性の評価手法の開発 …… 396
遺伝子組換えによるスギの雄性不稔化 …… 400

Ⅶ. 付図・付表 …… 403
1．森林総合研究所位置図 …… 404
2．組織変遷図 …… 406
3．役職員数の推移 …… 430
4．歴代幹部 …… 431
5．収入予算の年次推移 …… 438
6．知的財産権 …… 443

編集後記 …… 448

Ⅰ. 森林総合研究所 100～110 年の沿革

1. 研究の背景とねらい

2005 年（平成 17 年）から 2015 年（平成 27 年）までの 10 年間は、2001 年に独立行政法人として新たに発足した森林総合研究所の、第 2 期の中期計画および第 3 期の中期計画期間にあたる。2005 年（平成 17 年）には、森林総合研究所創立百周年を機に、研究所のミッションステートメントを公表し、森林・林業・木材産業に関わる中核機関として持続可能な循環型社会の形成に貢献していくことを表明した。

この 10 年間には、組織上も大きな変化が起こった。2007 年（平成 19 年）4 月には林木育種センターを統合し、また、2008 年（平成 20 年）4 月には森林農地整備センター（旧緑資源機構）の水源林事業等を承継し、それぞれ第 2 期中期計画の一部改正を行った。さらに、2015 年（平成 27 年）4 月からは、森林総合研究所は、独立行政法人の中でも研究成果の最大化を目的とする「国立研究開発法人」となり、新たな出発をきることとなった。また、農用地関係の事業を終えた森林農地整備センターは、森林整備センターとなるとともに、森林国営保険から森林保険業務が移管されたことから、森林保険センターが発足した。

もうひとつ、この 10 年間には、我が国は未曾有の震災を体験した。2011 年 3 月 11 日に、三陸沖を震源とする国内観測史上最大の地震と太平洋岸を襲った大規模な津波（「東日本大震災」）が発生し、さらに、震災による東京電力福島第一原子力発電所の事故により大量の放射性物質が大気中に放出され、我が国の国土と国民生活には甚大な被害を生じた。我が国の森林・林業・木材産業も、東北地方を中心に大きな影響を受けた。特に、青森県から千葉県にかけての沿岸部では、津波により広範囲の海岸防災林で立木の倒伏や流失等が発生し、また、福島県を中心に広域の森林が放射性物質により汚染された。震災を契機に、これまで全く行ってこなかったと言ってもよい放射性物質の汚染、動態、影響、除染などに関わる新たな研究に、様々な分野の研究者が取り組むこととなった。

我が国の政治の世界でも、この 10 年間には、2 度にわたる政権交代という大きな変化を経験した。1955 年から 2009 年まで、一時期の例外を除き長期にわたって続いた自民党政権は、2009 年の衆院選で野党民主党が圧勝して、非自民を中心とする民主党政権が誕生することで、いったん終了した。しかし、震災後、2012 年の衆院選で自民党は大勝して再び第一党に復帰し、公明党との連立による第 2 次安倍内閣が発足した。

我が国の経済動向を見ると、1991 年のバブル崩壊以降続いた長い経済的低迷の期間（いわゆる「失われた 10 年」）をへて、緩やかな景気回復が続いたものの、2008 年 9 月に米国で発生したリーマン・ショックの後、世界規模で拡大した金融危機により、我が国の経済も深刻な景気後退に陥った。さらに、2009 年 10 月にギリシャ債務問題が顕在化し、その後欧州債務危機へと発展していく中、世界経済は 2011 年には再び失速し、我が国でも、震災の影響もあり、輸出の減少や企業の海外流出が進んだ。円高傾向に歯止めがかからず、実質 GDP 成長率の低下、失業率の高止まりが続いた（1990 年代からの経済的停滞とあわせて「失われた 20 年」と呼ばれることになる）が、第 2 次安倍政権のもと、積極的な金融緩和策がとられ、円安・株価の上昇という動きが見られつつある。

このような政治経済状況の下での 10 年間中、森林総合研究所は、2006 年に第 2 期中期計画を策定し、それにもとづく 5 年間の研究を開始した。この計画は、2005 年（平成 17 年）3 月に既に策定されていた「農林水産研究基本計画」の中で、森林・林業・木材産業に関連する研究開発課題として提示された「持続可能な森林管理及び木材の生産・利用システムの開発」、「バイオマスの地域循環システムの構築」、「農地・森林・水域の持つ国土保全機能と自然循環機能の向上技術の開発」、「農林水産生態系の適正管理技術と野生鳥獣等による被害防止技術の開発」、「農林水産業の持つ保健休養機能ややすらぎ機能等の利用技術の開発」、「農林水産業に関わる環境の長期モニタリング」等へ対応するものであり、また、中期計画策定と同時に第 3 期科学技術基本計画（平成 18 年 3 月 28 日、閣議決定）で打ち出された、政策課題対応型の研究開発の推進に即した①人材の育成、確保、活躍の推進、②科学の発展と絶えざるイノベーションの創出、③科学技術振興のための基盤の強化、④国際活動の戦略的推進といった科学技術システムの改革の方針に呼応するものとなっている。

重点課題の最初におかれた「地球温暖化対策に向けた研究」は、「森林への温暖化影響予測及び二酸化炭素吸収源の評価・活用技術の開発」と「木質バイオマスの変換・利用技術及び地域利用システムの開発」の 2 課題で構成された。2005 年（平成 17 年）2 月に発効した京都議定書の実行に向けた政府、林野庁の温暖化対策の推進に呼応して、地球温暖化の影響予測と吸収源対策、木質バイオマスの利用促進が、重要な研究課題として位置づけられ、研究面でもこうした施策を支えることを意図したものである。この課題に関連するプロジェクトとして、環境省予算では、「京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究」、「ロシア北方林における炭素蓄積量と炭素固定速度推定に関する研究」、「森林減少の回避による排出削減量推定の実行可能性に関する研究」等を行った。また、2006 年（平成 18 年）度から、林野庁予算で「森林吸収源インベントリ情報整備事業」を開始した。木質バイオマス関係のプロジェクトとしては、交付金プロジェクト「木質バイオマス地域利用システムの開発」、農林水産省委託プロジェクト「地域活性化のためのバイオマス利用技術の開発」、環境省地球環境総合推進費「脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト」等を行った。

2 つめの重点課題「森林と木材による安全・安心・快適な生活環境の創出に向けた研究」は、「生物多様性保全技術及び野生生物等による被害対策技術の開発」、「水土保全機能の評価及び災害予測・被害軽減技術の開発」、「森林の保健・レクリエーション機能等の活用技術の開発」、「安全で快適な住環境の創出に向けた木質資源利用技術の開発」の 4 研究課題で構成された。ここには、国民の安全・安心・快適な生活環境の形成に関わる、森林の公益的機能の維持・発揮のための研究課題および住環境への木材利用のための研究課題が設定された。この課題では、交付金プロジェクトの「人と自然のふれあい機能向上を目的とした里山の保全・利活用技術の開発」、「地域材を活用した保存処理合板の開発」、「異なる自然環境におけるセラピー効果の比較と身近な森林のセラピー効果に関する研究」の他、農林水産省関連では「獣害回避のための難馴化忌避技術と生息適地への誘導手法の開発」、「木質建材製造工程における揮発性有機化合物排出低減化技術の開発」、「ナラ類集団枯死被害防止技術と評価法の開発」、環境省予算で「脆弱な海洋島をモデルとした外来種の多様性へ

の影響とその緩和に関する研究」、「ツキノワグマの出没メカニズムの解明と出没予測手法の開発」等を行った。また、2010 年（平成 22 年）10 月には、生物多様性条約第 10 回締約国会議（COP10）が名古屋市で開催され、自然と共生する世界の実現を目指す「愛知目標」と遺伝資源を利用する際の利益配分の国際ルールを定めた「名古屋議定書」が採択された。森林総合研究所も、この中期計画の中での「基準・指標を適用した持続可能な森林管理・計画手法の開発」、「生物多様性条約 2010 年目標達成評価のための森林リビングプラネットインデックス開発に関する研究」、「里山イニシアティブに資する森林生態系サービスの総合評価手法に関する研究」他、生物多様性関係のプロジェクト成果を持って、会議に貢献した。

3 つめの重点課題「社会情勢変化に対応した新たな林業・木材利用に関する研究」は、林業・木材産業に直結する研究課題の遂行を目的に、特に充実してきた人工林資源の活用に向けた間伐の推進、間伐材の利用促進等の政策課題につながる研究を中心とした 2 課題「林業の活力向上に向けた新たな生産技術の開発」、「消費動向に対応したスギ材等林産物の高度利用技術の開発」で構成された。この課題では、交付金プロジェクト「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価」、「森林・林業の資源的社会経済的長期見通し手法の開発」、「大面積皆伐についてのガイドラインの策定」、農林水産省実用技術開発事業「スギ雄花形成の機構解明と抑制技術の高度化に関する研究」、「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発」等を行った。

これら開発研究を支える基礎研究課題として設定された「新素材開発に向けた森林生物資源の機能解明」、「森林生態系の構造と機能の解明」は、それぞれ「森林生物の生命現象の解明」、「木質系資源の機能及び特性の解明」、および「森林生態系における物質動態の解明」、「森林生態系における生物群集の動態の解明」の 2 つの課題で構成された。これら機能やメカニズムの解明をめざした研究課題は、主として一般研究費や科研費をもとに、また一部は交付金プロジェクト（「ポプラ等樹木の完全長 cDNA 塩基配列情報の充実」、「環境保全に貢献するスーパー樹木の創出に向けた基盤技術開発」など）で行い、多くの基礎的・先端的な成果を挙げた。

第 2 期中期計画 4 年目の 2009 年（平成 21 年）9 月に発足した鳩山内閣のもと、12 月には、「新成長戦略（基本方針）」が閣議決定され、「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」、「ライフ・イノベーションによる健康大国戦略」が打ち出された。林野庁は、「森林・林業再生プラン」を公表し、2020 年までに木材自給率 50%以上を目指し、林業経営・技術の高度化や日本型フォレスター制度の創設を行うこととし、省内に「森林・林業再生プラン推進本部」を設置し、その下に 5 つの検討委員会を置いて実践的課題の検討を行い、再生プラン実行のための政策を進めた。

2011 年には、森林総合研究所は、第 3 期中期計画を策定し、新たな 5 年間の研究を開始した。同じ年の 7 月に閣議決定された「森林・林業基本計画」では、森林・林業の再生に向けた取組として、施業の集約化、路網の整備、必要な人材の育成を軸とした各種施策の基本的な方向がうちだされた。また、この年は、震災の発生とともに、世界中の森林の持続可能な経営保全の重要性に対する認識を高めることを目的として国連が定めた「国際森林年」としても記憶される。

新たに策定された第 3 期の中期計画は、「森林・林業再生プラン」や新しい「森林・林業基本法」で提示された、森林・林業の再生に向けた取り組みに、研究面からコミットすることをめざした。研究計画は、(1) 森林・林業の再生に向けた森林管理技術・作業体系と林業経営システムの開発、(2) 林業の再生に対応した木材及び木質資源の利用促進技術の開発、(3) 地球温暖化の防止、水源の涵養、国土の保全、生物多様性の保全等の森林の機能発揮に向た研究、(4) 林木の新品種の開発と森林の生物機能の高度利用に向けた研究という重点分野のもと、9 つの重点課題で構成された。第 2 期の中期計画で独立した重点課題として設定された基礎研究課題は、応用・開発研究への橋渡しをより強く意識することを目的に、9 つの開発研究の中に埋め込まれることとなった。

重点課題の筆頭に林業関連の課題二つをおいたことは、「林業研究」に対する要請と期待に答えようとする研究所の姿勢を反映したものである。林業に関わる重点課題「地域に対応した多様な森林管理技術の開発」、「国産材の安定供給のための新たな素材生産技術及び林業経営システムの開発」では、農林水産省実用技術開発事業「スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発」、「東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの開発」、「先進機械を活用した伐採・造林一貫システムによる低コスト人工林管理技術の開発」、政府外受託事業「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」等で低コスト再造林技術の開発を、また農林水産省実用技術開発事業「広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発」、政府外受託事業「広葉樹林化技術の実践的体系化研究」等で、人工林から広葉樹林への転換のための技術開発を行った。また、交付金プロジェクト「現代版里山維持システム構築のための実践的研究」、「豪雨・急傾斜地帯における低攪乱型人工林管理技術の開発」等、地域に即した技術開発を行った。

続く重点課題「木材の需要拡大に向けた利用促進に係る技術の開発」では、交付金プロジェクト「スギ造林大径木を公共建築等において利用拡大するための技術開発」、「国産材を多用した大面積床システムの開発」や林野庁事業「CLT 実用化促進」「地域材を用いたコンクリート型枠合板の開発」等で、国産針葉樹を用いた CLT、コンクリート型枠合板、構造用 MDF 等、新たな木材利用のための技術開発を進めた。

重点課題「新規需要の獲得に向けた木質バイオマスの総合利用技術の開発」では、交付金プロジェクト「木質バイオマスエネルギー事業の評価システムの開発」、農林水産省実用技術開発事業「木製単層トレイの量産化技術の開発」、技会プロジェクト「木質リグニンからの材料製造技術の開発」、JST プロジェクト「B スタイル：地域資源で循環型生活をする定住社会づくり」によりエネルギー、マテリアル両面からのバイオマス利用に向けた技術開発を精力的に進めた。

重点課題「森林への温暖化影響評価の高度化と適応及び緩和技術の開発」では、環境省予算による「地球温暖化が日本を含む東アジアの自然植生に及ぼす影響の定量的評価」、「温暖化適応策導出のための長期森林動態データを活用した東アジア森林生態系炭素収支観測ネットワークの構築」や技会プロジェクト「森林及び林業分野における温暖化緩和技術の開発」、「高精度リモートセンシングによるアジア地域熱帯林計測技術の高度化」等多数のプロジェクト研究が行われた。また、2010 年（平成 22 年）には、林野庁予算の補

助金事業「REDD 推進体制緊急整備事業（REDD 推進体制整備に関する研究）」を開始し、森林モニタリング手法の開発、「REDD-plus Cookbook」の発行等を通じ、REDD プラスの推進に大きく貢献することとなった。

重点課題「気候変動に対応した水資源保全と山地災害防止技術の開発」では、交付金プロジェクト「新たな『樹木根系の斜面補強機能の数値化技術』の開発」、農林水産省実用技術開発事業「間伐促進のための低負荷型作業路開設技術と影響評価手法の開発」等の他、当初想定していなかった震災対応の研究として、交付金プロジェクト「東日本大震災で被災した海岸林の復興技術の高度化」、イノベーション創出基礎的研究推進事業「津波低減効果の高い海岸防災林造成技術の開発」、林野庁「森林内における放射性物質実態把握調査事業」、技会委託プロジェクト「森林内の放射性物質に由来する影響を低減させる技術の開発」等を行い、震災後の復興への貢献に努めた。

重点課題「森林の生物多様性の保全と評価・管理・利用技術の開発」では、交付金プロジェクト「林業地域の生物多様性保全に必要な広葉樹林分の面積と配置の指針の提示」、環境省予算で「レブンアツモリソウをモデルとした人を含む在来生態系と共生できる絶滅危惧種自生地の復元技術の研究」、「生態系保全政策のための森林の生物多様性変動シミュレータの構築」、「種特性に基づいた里山二次林の多様性管理技術の開発」、農林水産省実用技術開発事業「菌類を活用したスギ花粉飛散防止液の高度化と実用的な施用技術の開発」、「林業被害軽減のためのニホンジカ個体数管理技術の開発」、林野庁「森林保全セーフガード確立事業」等により、森林の生物多様性保全に向けた研究成果をあげるとともに、「ブナ林堅果豊凶作メカニズムの解明：安定同位体による土壌－植物間窒素循環系の定量化」他多数の科研費による基礎的研究を推進した。

重点課題「高速育種等による林木の新品種の開発」は、林木育種センターが担当し、農林水産技術会議プロジェクト「新世代林業種苗を短期間で作出する技術の開発」等の他、運営費交付金による品種開発及びそのための技術開発を進めた。

重点課題「森林遺伝資源を活用した生物機能の解明と利用技術の開発」では、交付金プロジェクト「サクラの系統保全と活用に関する研究」、「高バイオマス生産性と高ストレス耐性を付与した組換え樹木の開発」、「マツタケの人工栽培のためのシロ形成技術の開発」、「機能性樹木の選抜と増殖のための実用技術の開発」、林野庁補助金事業「広葉樹における遺伝的多様性の評価手法の開発」、農林水産省実用技術開発事業「地域活性化を目指した国産ウルシの持続的管理・生産技術の開発」、「薬用系機能性樹木の生産効率化手法の開発」、イノベーション創出基礎的研究推進事業「スギ優良個体のためのゲノムワイドアソシエーション研究」等を行い、樹木やキノコの生物機能開発に関する研究を進めた。

第 3 期中期計画の目標達成に向けた研究は、上に述べたような外部競争的資金、事業予算等を獲得して行ったプロジェクト研究や、それを補完する交付金プロジェクト研究、基礎研究を含む交付金一般経費による実行課題での研究によって、目標達成に向けて着実に進められるとともに、多くの想定以上の成果をあげた。

林業研究では、伐期を迎え林齢の平準化を含め今後の管理が課題となっている 1,000 万ヘクタールの人工林の伐採再造林の低コスト化に向けて、コンテナ苗や林業機械を活用し

た「一貫作業システム」の提案を行った。木材利用の促進に向けて、国産材を用いたクロスラミネーティドティンバー（CLT）を開発し、JAS 化のためのデータを整備するとともに、国産型枠用合板、構造用 MDF 及び塗装木質建材を開発し、それぞれの関連規格に反映した。木質バイオマス利用の促進に向けては、バイオマス資源として早生のヤナギに着目し、下川町を実証地域として 5 年で収穫可能なヤナギ超短伐期栽培技術を開発し、そのコスト計算及び実用化のための施業システムを提案した。再生可能エネルギー買取制度（FIT）により、全国で木質バイオマス発電所が計画される状況の中、事業採算性評価のために、実証的なデータにもとづく有用なツールを提供した。また、マテリアル関連では、木製単層トレイ及び木粉・プラスチック複合材（混練型 WPC）の製品開発、成分利用技術として、トドマツ枝葉精油の二酸化窒素除去効果の実証とマイクロ波減圧水蒸気蒸留装置の開発による空気浄化剤製品の開発（これは、平成 26 年度農林水産大臣賞、平成 27 年度井上春成賞の受賞につながった）が優れた成果として挙げられる。

温暖化研究では、REDD プラスの分かりやすい解説書「REDD-plus Cookbook」に成果を取りまとめ、日本語版、英語版、スペイン語版を刊行した。また、政府が進める二国間クレジット制度（JCM）のため、REDD プラス実施のためのガイドラインを開発し、我が国の REDD プラスの推進に寄与した。また、これまで森林バイオマス研究の空白域であったブラジル・アマゾン中央部のアマゾナス州を対象に、約 1,200 カ所の地上調査プロットを設置して森林インベントリ（資源）調査を行い、衛星データを活用してブラジル・アマゾン全域の森林炭素蓄積量の分布マップを高い精度で作成した。森林の山地災害防止機能強化技術の開発については、航空レーザー測量による精緻な地形解析から深層崩壊の前兆である凹地を判別する技術を開発した。また、原発事故に迅速に対応し、森林の放射性セシウム動態をモニタリングするとともに、スギ花粉への影響等を解明し、様々なメディアを通じて社会に発信した。海岸防災林機能について、林型の違いが津波の減勢効果と樹木の被害発生に及ぼす影響を明らかにした。シカによる林業および自然生態系に対する被害が顕在化する中、誘引狙撃法、ドロップネットなど新たなシカ捕獲手法を開発するとともに、小笠原諸島における外来種クマネズミ根絶による在来希少鳥類復活を実証した。

林業樹種の品種開発においては、「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」において新たに設けられた「特定母樹」の指定に大きく貢献し、森林遺伝資源を活用した生物機能の解明と利用技術の開発に向けては、スギゲノムの遺伝子の塩基配列情報のデータベース化と公開、ユーカリが保有する新たなアルミニウム無害化物質の構造の決定などの優れた成果をあげた。

このような第 3 期中期計画期間中の成果を受け、110 周年である 2015 年（平成 27 年）を迎えた現在、森林総研は第 4 期中長期計画の策定に向けて準備を開始している。森林総研のめざすべき長期的なミッションに変化はないが、私たち森林総研研究者一同は、過去 10 年間の研究の進展を生かしつつ、その中で見いだされた新たな課題の解決をめざし、さらに研究成果の最大化とその社会への橋渡しを一層強く意識しつつ、今後も研究を進めていく所存である。

（田中浩）

2. 組織改編

1. はじめに

森林総合研究所の 110 年を振り返ると、設立当初から数年おきに組織改編が行われたことがわかる。社会状勢や政府の組織改編に連動して頻繁に組織が見直され、森林総合研究所は変貌を続けてきた。100 周年以降も、行政改革の流れの中で 2007（平成 19）年には林木育種センターが統合され、2008（平成 20）年から森林農地整備センターが、さらに 2013（平成 25）年から森林保険センターが加わるなど大きく変化した。創立から 100 周年までの組織変遷を概説し、最近 10 年の組織改編については経緯を含めて記す。

1.1 創立まで

創立とされる明治 38 年以前にも、森林総合研究所の基礎となる林業試験を担う組織があった。明治政府は 1874（明治 7）年の藩籍奉還後、官林（国有林）の管理の一翼として 1878（明治 11）年に東京府滝野川村西ヶ原に樹木試験場を設けた。これがわが国の林業試験研究の始まりである。翌年、内務省に山林局ができ、その試験場掛の管掌となった。1881（明治 14）年に、山林局は新設された農商務省に移り、試験場はその学務課が管掌することとなり、翌年には林業技術者を養成する東京山林学校が開設された。その後、1886（明治 19）年に東京山林学校は東京農学校と合併し駒場へ移転、跡地に農商務省が蚕業試験場を新設したため、樹木試験場の用地は大幅に縮小された。そのため、1900（明治 33）年、西ヶ原から東京府荏原郡目黒村大字下目黒字谷戸と同郡平塚村大字戸越字鎗ヶ崎にまたがる土地に移転し、目黒林業試験苗圃が開設された。

1905（明治 38）年には、試験苗圃が山林局林業試験所と改称され、山林局林業課の管掌から離れて独立した組織となった。これをもって森林総合研究所の発足年としている。試験業務は造林、林産利用、森林の施業及び保護、混農林業、森林気象及び観測であり、種苗の検査、林産物の分析鑑定を行った。

1.2 創立から第二次世界大戦まで

林業試験所は 1910（明治 43）年に茨城県多賀郡櫛形村友部上台の国有林に高萩試験地を、宮城県玉造郡温泉村鍛冶谷澤に木工所を開設した。さらに治水事業の一環として 1912（明治 45）年から全国 39 か所に設置された森林測候所も林業試験所に付設された。1921（大正 10）年には仙台と熊本に支所を開設し、小笠原試験地も国有林から移管された。1922（大正 11）年には農林省林業試験場となり、本省直轄の外局扱いになった。しかし、1924（大正 13）年には行政整理で仙台と熊本の支場が廃止され、各地の森林測候所も順次廃止となり、試験地も営林局との共同事業となるなど、組織、事業費とも縮減されてしまった。

1929（昭和 4）年には世界大恐慌が起き、1931（昭和 6）年の満州事変から続く戦時態勢をうけて、研究内容は林産資源の開発や利用、軍馬生産などへと拡大し、人員も増

えていった。太平洋戦争の開始後はさらに軍需物資の生産拡大に係る試験に向かったが、1945（昭和 20）年 5 月の空襲で建物の 8 割を焼失し、8 月終戦を迎えた。

1.3　戦後の復興から筑波研究学園都市への移転まで

敗戦の混乱期を経て 1947（昭和 22）年に農商務省山林局、宮内省帝室林野局、内務省北海道庁によって管理されていた国有林が統一され、試験研究機関も同様に統一となった。1949（昭和 24）年、林業試験場は農林省から林野庁の付属機関なり、6 部 1 室（総務、造林、保護、防災、林産化学、木材、調査室）でスタートした。また、営林局の試験調査部門が支場として編入された。1949（昭和 24）年に経営部が、1951（昭和 26）年には土壌調査部が分離独立した。支場等でも新たな庁舎の建設が進み、北海道支場は 1953（昭和 28）年に札幌市豊平に、東北支場は 1960（昭和 35）年に青森支場、好摩分場、秋田支場が合併して新たに盛岡市下厨川に、関西支場は 1956（昭和 31）年に京都市伏見区に、四国支場は 1964（昭和 39）年に高知市朝倉に、九州支場は 1953（昭和 28）年に熊本市黒髪に、それぞれ新庁舎が建設された。また、1954（昭和 29）年に長野県西筑摩郡福島町に木曽分場が、1951（昭和 26）年には宮崎県の寄付により宮崎市宮崎神宮境内に宮崎分場が開設され、さらに赤沼や十日町、高萩などの試験地にも研究室が設けられるなど、全国的な組織として発展していった。一方、林産部門では、1950（昭和 25）年に札幌、浅川、釜淵の研究員を目黒の本場に引き上げ、研究設備が新設された。

林木育種事業では、1957（昭和 32）年から翌年にかけ、中央（関東）、北海道、東北、関西、九州に林木育種場が設置された。その後、奥羽、長野、山陰、四国にも支場を置き、林野庁の特別会計として林木育種事業が本格的に実施された。

木材需要の増加と拡大造林政策に伴い、伐採搬出の機械化や作業安全の課題に取組むため、1965（昭和 40）年には機械化部が発足した。1970 年頃からは外材の輸入の増加に合わせ、南洋材の研究が進んだ。また、発展途上国からの研修生の受け入れが増加した。

組織の拡充の一方で、戦前から続いていた試験地の廃止が続いた。1961（昭和 36）年から 1972（昭和 47）年にかけて、本場管轄の福島県都路試験地、北海道支場の上川試験地、釧路試験地、野幌試験地、九州支場の小国試験地、東北支場の好摩試験地、関西支場の玉野試験地が廃止された。

この時期、政府から研究・学園都市の建設構想が掲げられた。1963（昭和 38）年には茨城県筑波地区が選定され、1967（昭和 42）年、林業試験場を含む 36 研究機関の移転が閣議決定された。林業試験場は早期に移転を検討し、常磐線に近い利便性を考慮して研究・学園都市最南端の茎崎村（現有地）を選んだ。苗畑、別棟、研究本館の順に工事が着手され、1978（昭和 53）年度、住み慣れた目黒を後にし、筑波へ移転した。

2.　森林総合研究所へ、そして独立行政法人に

1983（昭和 58）年の政府臨時行政調査会による省庁付属機関の整理合理化方針により、研究所の統合や簡素効率化が図られることとなった。新たに発足した総務庁行政監察局、農林水産技術会議、林野庁による組織の見直しの検討作業を経て、1988（昭和 63）年に

林業試験場は森林総合研究所という新たな名称を冠し、スタートした。社会ニーズに対応するため専門部制を廃し、研究分野を横断した森林環境部、生産技術部などの目的指向型の部を設立、新たに生物機能開発部を設けて 7 研究部とし、調査部を企画調整部へ改編、浅川実験林を多摩森林科学園へ改編するなど、研究組織を大きく改編させた。

林木育種場は 1991（平成 3）年に組織を再編し、北海道、東北、関西、九州の各育種場を内部組織とする林木育種センターを発足させた。同時に、奥羽、長野、山陰、四国の支場を各事業場に改組した。また、茨城県庁舎移転計画に伴い、1995（平成 7）年には所在地を水戸市笠原町から東京営林局高萩苗畑のあった茨城県多賀郡十王町に移転した。

1996（平成 8）年、政府は行政のスリム化・効率化のため行政改革会議を設置し、長年定着していた中央省庁の再編を検討、翌年には現業機関の独立行政法人化を決定した。1998（平成 10）年には中央省庁等改革基本法が制定され、2001（平成 13）年 1 月、1 府 22 省庁から 1 府 12 省庁へと大きく再編された。現業機関では廃止や民営化を含めた議論がなされ、林野庁、森林総合研究所、林木育種センターもその俎上に上がった。森林総合研究所と林木育種センターの統合が検討されたが、1999（平成 11）年春には、それぞれ独立した機関として公務員の身分をもつ独立行政法人と決まった。同年 12 月には独立行政法人の運営等の基本事項を定めた通則法、各法人の名称や業務の範囲等を定めた個別法が国会で成立した。2001（平成 13）年 4 月 1 日、森林総合研究所は「森林及び林業に関する総合的な試験及び研究等を行うことにより、森林の保続培養を図るとともに、林業に関する技術の向上に寄与することを目的」する独立行政法人として、林木育種センターは「林木の育種事業及びこれにより生産された種苗の配布等を行うことにより、林木について優良な種苗の確保を図ることを目的とする」法人として発足した。

独立行政法人化に伴い所長は理事長となり、3 名の理事（企画・総務担当、森林研究担当、林業・木材産業研究担当）が置かれた。研究部では部科長制度を廃止し、部長級は研究管理官（8 名）になり、担当分野の課題立案や推進管理、独法評価を行い、研究組織とは分離された。研究組織は、科を単位とした 23 研究領域に細分するとともに、定員削減等で少人数の研究室が増えていたため、2 研究室を 1 研究室に統合した。統合された研究室長はチーム長として研究領域長のもとで担当業務を担うこととした。支所でも同様に 2 研究室を合併し研究グループに、1 名はチーム長となった。また支所の部長は研究調整官と地域研究官に改めた。これらの組織改編は、旧来の部科長室という縦のラインを廃し、研究室も減らすことにより、できるだけフラットな組織を作り、研究者の自由度を高めて研究所の活性化を期待したものである。研究者は組織を超えて課題に取り組み、研究管理官等が横断的に課題を管理し、成果を取りまとめる構造となった。

独法化後、森林総合研究所内の組織の変化は少なく、比較的安定した状態で推移した。2006（平成 18）年、第 2 期中期計画の開始時には研究管理官は研究コーディネータに名称を変更した。森林作業研究領域と林業機械研究領域が統合され林業工学研究領域に、国際連携推進拠点と温暖化対応推進拠点が新設された。

第 3 期中期計画中の 2014（平成 26）年、農林水産省下の研究機関に会計検査院から不適正な経理処理があるとして指摘をうけ、森林総合研究所も会計実地検査を受けた。翌年

にかけて過去 5 年分に遡る大規模な調査が行われた。再発の防止を図るため、2014（平成 26）年度中に、総務部の組織を大幅に見直し、用度課を廃止、コンプライアンス室を設け、契約の必要性検討、納品検収方法の厳正化等を実施するなど大胆な改革が進められた。

3. 林木育種センターと森林総合研究所との統合

政府の行政改革の流れはその後も続き、2000（平成 12）年には「小さくて効率的な政府」を実現し財政の健全化を目指す「行政改革大綱」が閣議決定され、特殊法人改革などが進められた。2004（平成 16）年には「官から民へ」、「国から地方へ」として「今後の行政改革の方針」が閣議決定された。

独立行政法人に対しては、2004（平成 16）、行政改革推進本部長（内閣総理大臣）により「独立行政法人に関する有識者会議」が設置され、第 1 期中期目標期間の終了にあたり「各法人は積極的に組織を見直し、抜本的な効率化を図る」とされた。特に、類似業務や共通の目的を有している法人の統合が検討され、森林総合研究所と林木育種センターも対象となった。それぞれ独立した組織としての意義や重要性を主張したが、翌年 10 月の有識者会議では、「ともに森林を対象とする林木育種センターと森林総合研究所との統合については、積極的に検討する」と指摘された。また総務省の政策評価・独立行政法人評価委員会でも 2004（平成 16）年 11 月、「林木育種センターが森林総合研究所と統合することにより、森林・林業に関する基礎研究から林木の新品種開発・配布等まで一貫して実施することが可能」、「経費の縮減を図ることとにより、統合メリット等を具体的かつ最大限に発揮し、総費用（人件費を含む）を厳しく削減する」と勧告された。同 12 月、林野庁は勧告にそって統合を決定し、2007（平成 19）年 3 月「独立行政法人林木育種センター法」は廃止、森林総合研究所が林木育種センター業務を承継し、4 月から新組織が発足した。

統合に伴い、理事 3 人以内という個別法の規定により、研究分野の担当理事は 1 名となり、林木育種センター理事長が育種事業・森林バイオ担当の理事となった。育種部門と研究部門との連携によるシナジー効果を発揮させるため、森林バイオ研究センターを新設した。また業務の円滑な運営を図るため、森林総合研究所には総括審議役と総合調整室が、林木育種センターには審議役が設けられ、育種企画課が企画部に管理課が総務部に配された。また、林木育種事業は新組織として林木育種センターと各育種場が引き続き担うこととなった。統合後は、森林総合研究所融合計画を作成し、広報 PR 活動、物品購入や施設利用などが共同で行われた。2010（平成 22）年からは支所長の下に育種調整監を設け、林木育種場長が兼務することで、支所・育種場との連携を図った。また 2011（平成 23）年、支所の研究調整監を産学連携推進調整監に改称し、産学官連携の強化を打ち出した。

4. 森林農地整備センターの編入

平成 19 年 12 月 24 日に閣議決定された「独立行政法人整理合理化計画」では、独立行政法人の事務・事業の見直しのほか、類似業務を行っている法人については、他法人との

統合を行う等が講ずべき措置とされており、緑資源機構が行ってきた水源林造成事業、特定中山間保全整備事業、農用地総合整備事業等については、森林、林業分野における唯一の独立行政法人となる森林総合研究所に承継することとされた。更に、2008（平成 20）年には、「独立行政法人森林総合研究所法」の附則（業務の特例）に機構の一部業務の承継に関する事項が追加された改正法が第 171 国会において成立し、同年 4 月、森林総合研究所内の組織として森林農地整備センターが発足した。

森林農地整備センターは、神奈川県川崎市に本部を置くとともに、発足にあたっては、理事 2 名（業務承継円滑化・適正化担当兼同センター所長および森林業務担当）、監事 1 名が就任した。これにより、森林総合研究所全体の職員数は 1256 人（平成 21 年 3 月末）の大組織となった。

平成 25 年 12 月 24 日に閣議決定された「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」を受けて、水源林造成事業の受け皿となる法人を第 3 期中期計画期間終了の 2015（平成 27）年度末までに決定するとされたことから、森林総研における研究部門と事業とのシナジー効果を高めるべく検討が進んでいる。森林総合研究所が事業を承継後も、「森林農地整備センター本部（川崎）及び関東整備局（赤坂）については、森林総合研究所の本所（つくば）との統合を含め、業務効率化の観点から適切な形での移転・共用化を検討し、実施する」との指摘が「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（平成 22 年 12 月 7 日閣議決定）によりなされた。しかしながら、本所への移転は難しく、2011（平成 23）年 10 月森林農地整備センターの本部と関東整備局はともに川崎市の興和川崎西口ビルに移転した。2015（平成 27）年 4 月、森林農地整備センターは前年度までに特定中山間保全整備事業と農用地総合整備事業の直接的事業が完了したため、名称を森林整備センターと改称した。

なお、森林整備センターの編入までの経緯等については、「Ⅴ　森林整備部門の動向」を参照されたい。

5.　森林保険センターの統合

政府の特別会計見直しの中で、「森林保険特別会計については、2008（平成 20 年）度までに、独立行政法人化を検討するものとする」とされ、2012（平成 24 年）1 月の閣議決定「特別会計改革の基本方針」で「森林保険特別会計については、平成 26 年度中に廃止するものとする」と結論付けられた。その後、森林の自然災害に関する専門的知見を有する独立行政法人 森林総合研究所に移管するとの方針が示され、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平 25 年 12 月閣議決定）において「森林保険特別会計を平成 26 年度末までに廃止し、森林保険業務は森林総合研究所に移管する」と明記された。2014（平成 26）年第 186 回国会に「森林国営保険法等の一部を改正する法律案」が提出され、翌 2015（平成 27）年、政府は森林保険事業を国立研究開発法人森林総合研究所に移管、森林保険センターが発足した。「国立研究開発法人森林総合研究所法」の第三条第二項に、「研究所は森林保険を効率的かつ効果的に行うことを目的とする」と書き込まれた。

6. 独立行政法人制度の変遷

最後に、組織運営の基礎となっている独立行政法人制度の最近の変化を記す。2001（平成 13）年から始まった独立行政法人制度では、所管する主務大臣の監督、その他の国の関与を必要最小限にすることとされた。中央省庁を企画立案に専念させる一方、実施部門は中央省庁から切り離し、独立行政法人として法人格が与えられた。法人には、主務大臣の目標管理の下で、一定の業務運営に関する裁量が与えられた。主務大臣が示す 5 年間の中期目標に対して法人が中期計画をたてて、その達成状況は独立行政法人評価委員会により評価される。総務省に置かれる政策評価・独立行政法人評価委員会はその評価の結果について意見を述べ、主要な事務・事業の改廃に関して主務大臣に勧告を行う仕組みとなった。国から業務運営の財源として必要な資金は運営費交付金として交付され、中期計画期間内では目的積立金が可能となるなど比較的自由度の高い運営の仕組みが作られた。

自由度の広がった独立行政法人ではあるが、大半が税金で運営されているため、その後、主務大臣の関与等ガバナンスの問題が指摘されるようになった。2010（平成 22）年には、通則法が改正され、不要財産処分の収入は国庫に納付することとなった。2014（平成 26）年 6 月第 186 通常国会で「独立行政法人通則法の一部を改正する法律」が可決成立した。これは独立行政法人制度が始まって以来の抜本的改正で、主務大臣と実施主体としての独立行政法人の関係を明確にし、法人のガバナンス強化のため、役員の責任の明確化と監事・会計監査人の機能強化、内部統制システムの構築が義務付けられた。法人は業務の特性により、中期目標管理法人、国立研究開発法人、行政執行法人に区分され、森林総合研究所は国立研究開発法人となった。ただし、内部には中期目標管理法人に格付けされる森林整備センターと森林保険センターを抱えており、多様な顔をもつ独特の独立行政法人となった。現在、国立研究開発法人として第 4 期中長期計画（平成 28 ～ 32 年）策定作業では、新組織として出発すべく、検討が続けられている。

（高橋正通）

3. 年　表

平成 17 年 （2005）	11 月 5 日森林総合研究所創立 100 周年記念式典挙行。
平成 18 年 （2006）	4 月非公務員型独立行政法人化。 第 2 期中期計画開始（平成 18 年度～ 22 年度）。
平成 19 年 （2007）	4 月独立行政法人林木育種センターと統合。 4 月 1 日鈴木和夫森林総合研究所理事長発令。 4 月関西支所創立 60 周年。 12 月九州支所創立 60 周年。
平成 20 年 （2008）	3 月 10 日井出林野庁長官本所視察。 4 月緑資源機構業務を承継し、森林農地整備センターを設置。 5 月広報誌「季刊森林総研」創刊。 7 月 7 日若林農林水産大臣本所視察。 10 月 3 日北海道支所創立 100 周年記念式典挙行。 11 月 5 日森林総合研究所つくば移転 30 周年・改組 20 周年記念式典挙行。 IPCC（気候変動に関する政府間パネル）のノーベル平和賞への森林総合研究所職員の貢献を認定する賞状の授与。
平成 21 年 （2009）	4 月 28 日森林総合研究所本所一時預かり保育室開設記念式典挙行。 11 月 6 日東北支所創立 50 周年記念式典挙行。 12 月 14 日赤松農林水産大臣本所視察。
平成 22 年 （2010）	4 月 20 日天皇皇后両陛下多摩森林科学園行幸啓。 7 月 29 日 REDD 研究開発センター創立記念式典挙行。 12 月 27 日皆川林野庁長官本所視察。
平成 23 年 （2011）	2 月多摩森林科学園創立 90 周年。 3 月 11 日東日本大震災発生。 第 3 期中期計画開始（平成 23 年度～ 27 年度）。 9 月 9 日 -10 日天皇陛下北海道支所行幸。 11 月 14 日筒井農林水産副大臣本所視察。

平成 24 年　7 月環境影響測定棟竣工。
（2012）　12 月多摩森林科学園の開発した八重桜の新品種「はるか」登録出願。

平成 25 年　6 月 21 日沼田林野庁長官本所視察。
（2013）　9 月 4 日林農林水産大臣本所視察。
10 月 10 日オープンラボ「技術イノベーションで拡がる林業・木材産業」を本・支所の全国 7 カ所で同時開催。

平成 26 年　3 月多摩森林科学園年間パスポート販売開始。
（2014）　4 月「森林の間伐等の実施の促進に係る特別措置法」の一部改正による特定母樹の配布始まる。

平成 27 年　2 月次世代認定マーク「くるみん」取得。
（2015）　4 月独立行政法人通則法改正により国立研究開発法人に名称変更。
森林保険業務が国から移管され森林保険センターを設置。
森林農地整備センターが森林整備センターに名称変更。
4 月 1 日沢田治雄森林総合研究所理事長発令。
10 月 30 日森林総合研究所創立 110 周年記念式典挙行。

Ⅱ. 研究開発部門の動向

1．専門別研究

植物生態研究領域

1.　試験研究の動向

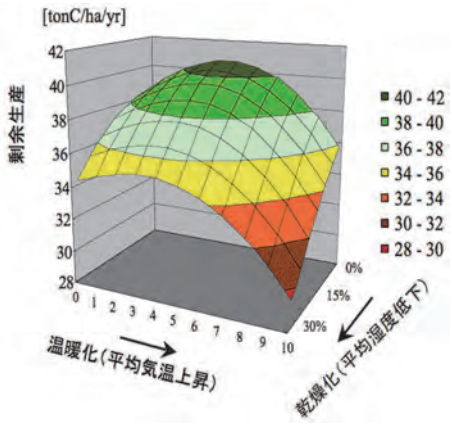
植物生態研究領域では、2001 年の独法化に伴う組織再編以降、2 研究室（物質生産研、樹木生理研）と 2 研究チーム（育成林施業、温暖化影響）体制で、「樹木・森林の生産力と環境要因の因果関係の生理生態的解明」に関する研究を進めてきた。この間、日本の林業をとりまく環境は大きく変化した。とくに最近 5 年あまりは、国産材自給率の増加を目指した森林・林業再生プラン（2011 年）や、コンテナ苗を活用した低コスト再造林システムの推進（2013 年～）など、伐期を迎えた戦後拡大造林期の多くの針葉樹人工林を対象に、間伐・主伐を含めた木材資源の有効かつ持続的利用により林業の低迷から脱却をはかろうとする動きが加速しており、それに呼応するかたちで、人工林の取り扱いに関する研究課題に多く取り組んでいる点が特筆される。また、21 世紀以降、温暖化など地球規模の気候変動がより顕在化し、樹木や森林への影響が強く懸念される中、単なる植生変化の将来予測にとどまらず適応策も視野に入れた複合的な研究も展開しつつある。以下、こうした最近約 10 年間の当領域におけるおもな研究課題の概要と成果を述べる。

（梶本卓也）

2.　研究の成果

2.1　森林の物質生産に関する研究

物質生産研究室では、樹木の生理的・構造的特性に基づき、生産力を個体から林分レベルにスケールアップするためのプロセスに関する研究を行ってきた。生理的特性については、アカマツの樹冠内の位置や葉齢の違いによる光合成能力の季節変化や（Han 2011）、構造的特性については、若齢ヒノキ個体の樹冠動態に及ぼす間伐の効果などを明らかにした（Han et al. 2014）。このような樹木・林分特性に基づき、光合成の環境応答に関する生化学プロセスモデルを開発し、森林動態モデルを利用したシミュレーションにより森林の CO_2 収支に対する人為的効果と気候変動の影響などの評価を行った。プロセスモデルからは、年間光合成量が気温上昇と乾燥化によって変化し、数度の気温上昇では増加するが、温暖化しすぎると逆に低下することが示された（千葉ら 2011）（図－ 1）。



図－ 1　平均気温の上昇と平均湿度の低下が森林の剰余生産に及ぼす影響のモデル推定

長伐期施業に関する研究では、個体ベースで高齢の樹木にも対応した成長予測モデルを作成し、間伐など個体管理の違いによる成長差を比較でき

るようにした（壁谷ら 2014, 齊藤ら 2014）。それをもとに、様々な施業シナリオで仮想林分の生産量を推定し、大径材生産には初期に間伐強度を大きくするのが有利なことや、主伐時に同じ大径材本数を生産するには、下層間伐よりも将来木的間伐が収入面で有利な点などが示された（梶本ら 2014）。

社会的な問題であるスギ花粉については、多雄花個体を重点的に伐採する多雄花木間伐試験を行い、雄花生産の抑制効果を検討した（清野ら 2011）。その結果、遺伝子型と雄花着生との間に明瞭な関係はみられず、また、各年の豊作個体のうち、初期に多雄花木と定義されたものの割合（的中率）と、多雄花木ではないと定義されたものの割合（はずれ率）はともに林分全体の雄花量と正の相関がみられた。雄花の生産には豊凶があるため、多雄花間伐が適用可能かの判定は並作年にするのがよいことが示唆された。

（齊藤哲）

2.2　樹木の生理生態に関する研究

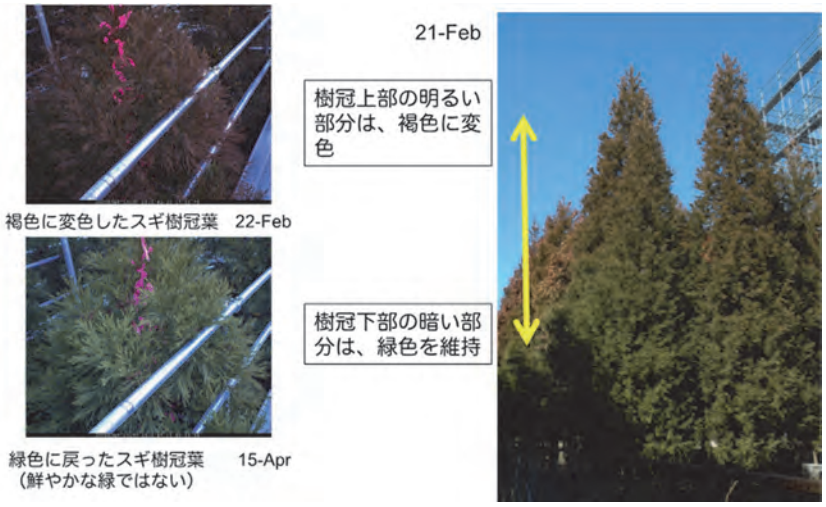
樹木生理研究室では、おもに樹木の光合成や蒸散、水利用などの生理機能や、葉の形態に及ぼす温度や乾燥、二酸化炭素、オゾンなど環境要因の影響について、幅広い樹種を対象に調べてきた。とりわけ、温暖化などの地球環境変動は様々な環境の変化をもたらすため、樹木の生理機能に及ぼす各種環境要因の複合的な影響の解明に取り組んでいる。

2.2.1　熱帯・亜熱帯樹種の水利用特性

熱帯・亜熱帯地域における種の多様性維持メカニズムを、水利用特性の面から解明した。タイの常緑林と乾燥落葉林の構成樹種を経時的に比較し、木部の構造、通水状態、木部内水分状態が落葉・開葉と関係することを明らかにした（Ishida et al. 2010）。また、乾燥性の島嶼生態系である小笠原父島では、在来種と移入種を対象に水利用特性を比較し、葉の生産性と木部の乾燥耐性とのバランスが樹種の生育適地を決めることを示唆した。さらに、乾燥耐性だけでなく、乾燥後の降雨や窒素流入などの環境変化への対応と種の生育可否の関係について、とりわけ移入種が変動環境に対して高い順化能力を持つことを明らかにした（Yazaki et al. 2010, Osone et al. 2014）。

2.2.2　スギ成木樹冠葉の光合成特性

上述（2.1）の長伐期施業に関する課題において、間伐後の個体の成長予測モデルの開発のために、樹冠内の不均一な光環境に生育するスギ針葉の光合成特性とその季節変化に関する研究を千代田試験地で行った。その結果、光合成能力の当年生葉と一年生葉の違いなど、成長モデルの精緻化に必要な情報を得ることができた。とくに冬季に針葉が褐変すると、当年生葉の光合成能力は樹冠下層より上層で低くなり、モデルを用いたスギの成長予測では、この冬季における樹冠上層の光合成低下を考慮する重要性を示唆した（写真－1）。



写真－１　スギ樹冠葉の冬季の変色（千代田試験地のスギ林）
左側：樹冠上層の２月（上）と４月（下）の針葉の色の変化
右側：２月の樹冠位置による針葉の色の変化

2.2.3　地球環境変動に対する樹木の反応

二酸化炭素、オゾン、PM2.5 を含むエアロゾルなど、大気環境の変化に対する樹木の生理反応の解明に取り組んだ（例えば、Kitao et al. 2012, 2015, Komatsu et al. 2014, Tobita et al. 2011）。粒子状の大気汚染物質であるエアロゾルに関しては、実験的にブラックカーボンを付加して光合成特性や成長特性を評価した。二酸化炭素濃度の上昇は、樹木の光合成を促進し、森林の炭素固定量を増大させることが期待されている。一方で、近年、地球規模で報告されているオゾン濃度の上昇は、樹木の光合成を阻害するため森林の吸収源機能に負の影響を及ぼすことが予想される。実験林苗畑に設置した開放型暴露装置を用いて、高二酸化炭素とオゾンの複合ストレスが樹木の成長および光合成に及ぼす影響を、ミズナラ、コナラの若木を対象に調べた。その結果、両種とも高二酸化炭素と高オゾンを同時に付加した環境では成長が促進された。森林遷移の中後期樹種とされるこれらの樹種で、ポプラやカンバなどの先駆樹種で従来報告されていたオゾンによる成長抑制とは異なる結果が得られたことは、将来大気環境での森林の吸収源機能に関して樹種間差に着目した研究が重要であることを示唆している（Kitao et al. 2015）。

今後、樹木の生理生態的な視点から、後述する低コスト再造林の推進（2.3）に関連して、コンテナ苗の品質上解決すべき問題が幾つかある。そのひとつは、コンテナ苗が施肥・潅水条件で育成されるために根系に比べて地上部（葉量）が大きくなり、植栽後に乾燥ストレスを受けやすいとされる点である。植栽後の枯死要因を解明し、活着率の向上に結びつくような葉量と根量のバランスがとれた育苗技術を確立するためにも、施肥量と潅水頻度を変えた実験など、コンテナ苗の水利用特性や耐乾性に関する研究をすすめる必要がある。

（北尾光俊）

2.3　人工林の育林技術（低コスト再造林）に関する研究

森林・林業基本計画の閣議決定（平成 23 年）では、森林施業の集約化や路網整備など森林・林業再生プランの実現に向けた取組を推進し、木材自給率 50%（3,900 万 m^3）を目指すとされた。これに伴い、機械化による主伐とその後の育林技術の開発が重要な研究課題となった。造林面積は、現在年間 2 万 ha 未満であるが、齢級構造の平準化のためにも毎年 3 ～ 10 万 ha の伐採・再造林が必要とされる。ここで大きな問題となるのが、苗木の供給体制である。現在は毎年 6 ～ 7 千万本の出荷量だが、将来 2 億本以上が必要とされる苗木生産を賄うために、新たな苗木生産技術が必要である。また伐採－造林を連続して行う一貫作業にはコンテナ苗が有効であり、コンテナ苗の生産技術や植栽後の苗の成長パフォーマンスについて研究が進められてきた。

国産品としてコンテナが連結したマルチキャビティーコンテナが生産され、根巻の防止のためのリブ、空気根切りのためのスリットが取り付けられた（写真－ 2）。コンテナのサイズは 150cc と 300cc が考案され、樹種や植栽場所・時期に応じて選択が可能となっている。裸苗と比較した植栽後の成長は、樹種や地域、苗質によって様々であり、さらに多くの事例集積が重要となる。ただし、コンテナ苗の利点として、植栽時期を選ばず高い活着率を示す試験結果や、フォワーダや架線を用いると苗木の運搬効率が向上する事例も報告されつつある。今後は、樹種や地域に適したコンテナ苗の活用方法をさらに検討することが課題として残されている（宇都木 2015a）。



写真－ 2　コンテナ苗（カラマツ）の育苗の様子

一方、コンテナ苗生産の低コスト化が大きな課題となっており、そのために一粒播種による確実な発芽が求められる。この問題解決のため、近赤外光を利用した高発芽率種子選別技術が開発された（Matsuda et al. 2015）。地拵えでは北海道における機械化が進展した。集材後の残存枝条をクラッシャーと呼ばれる回転歯で粉砕する方法であり、地拵え作業の省力化が実現された（宇都木ら 2014）。同時に粉砕物が地表面をマルチングするため、土壌被覆による雑草木の成長抑制効果も期待されている。植栽では前述のコンテナ苗以外に、大苗や育種苗による下刈り省力を狙った植栽手法が検討されている（宇都木 2015b）。これらは低密度植栽と相乗効果があり、植栽密度 1500 本 /ha 以下におけるカラマツ大苗（80cm 以上）の無下刈り、カラマツ F1 の 1 回下刈りによる成功事例と低コスト化が報告されている。今後は風衝地における大苗風害、動物食害等のリスク、低密度植栽による材質への影響解明などが重要な研究課題となる。

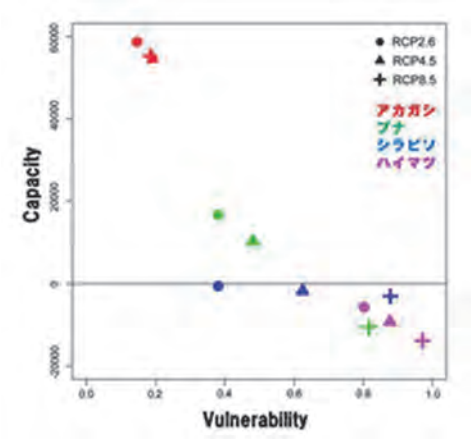
（宇都木玄）

2.4　温暖化が森林に及ぼす影響と将来予測に関する研究

地球温暖化に伴い、野生動植物の生息域は、極方向や高標高方向に移動している。温暖化の生物への影響を評価する手法の一つに、統計モデル（分布予測モデル）を用いたア

プローチがある。解析対象種の分布を気候条件（暖かさの指数や冬期降水量など）から予測する統計モデルを構築することにより、現在や将来の気候下における生育に適した地域（適域）や、生育が可能な地域（潜在生育域）を予測できるだけでなく、温暖化に対して脆弱な種や地域、また気候変化後も引き続き生育が可能な地域（逃避地）も特定できる。このような予測は、温暖化が進行する 21 世紀の森林生態系保全管理計画の策定に必要である 。

温暖化によって植物種の潜在生育域は変化するため、自然保護区における植物種の持続的な保護を検討する上で、温暖化後の生育域と自然保護区の配置との不整合が問題となる。場合によっては、保護区の配置見直しによる新たな保護区候補地の選定が適応策として有効な場合がある。本研究では、各気候帯の優占種を対象に温暖化に対する脆弱性を評価し、保護区見直しによる適応策の有効性を明らかにすることを目的とした。対象種は、暖温帯のアカガシ、冷温帯のブナ、亜寒帯のシラビソ、高山帯のハイマツで、いずれも各気候帯の優占種かつ遷移後期樹種である（Nakao et al. 2013, Tsuyama et al. 2014）。これらの種は伐採により他種に置き換わるので、保護区による人為改変の規制が保護策として有効である。気候変化に伴う潜在生育域面積の減少率を脆弱度（Vulnerability）、現行保護区内にある潜在生育域面積をベースラインとし、将来の潜在生育域かつ保護区外面積との差を適応許容量（Capacity）とする（図－ 2）。アカガシでは、温度上昇の程度が異



図－ 2　対象 4 種における Vulnerability（脆弱性）と Capacity（適応許容量）の関係
Vulnerability は潜在生育域面積の減少率を、Capacity は将来における保護区外の潜在生育域面積（Km^2）と現在における保護区内の潜在生育域面積との差を示す。

なる 3 通りの温暖化シナリオのすべてで、脆弱度が小さいため適応策の必要性が低い。ブナでは、温暖化がより進むと適応策で対応できる限界を超えてしまい、またシラビソとハイマツでは、脆弱度が高いことに加え適応許容量も低く、保護区の配置を見直す適応策では対応できないことが示唆された。これらの結果は、温暖化の進行を出来る限り食い止めることが、安定化目標として重要であることを意味する。

（松井哲哉）

文　献

千葉幸弘・韓慶民・川崎達郎・金子真司・家原敏郎・細田和男・西園朋広・田中邦宏・溝口岳男（2011）森林の炭素固定に及ぼす気候変化と森林施業の複合影響　－シミュレーションモデルの開発－. 森林総合研究所第 2 期中期計画成果集, 18-19.

Han, Q. (2011) Height-related decreases in mesophyll conductance, leaf photosynthesis and compensating adjustments associated with leaf nitrogen concentrations in *Pinus densiflora*. Tree Physiol., 31, 976-984.

Han, Q., Kabeya, D., Saito, S., Araki, M. G., Kawasaki, T., Migita, C., & Chiba, Y. (2014) Thinning alters crown dynamics and biomass increment within aboveground tissues in young stands of *Chamaecyparis obtusa*. J. For. Res., 19, 184-193.

Ishida, A., Nakano, T., Yazaki, K., Matsuki, S., Koike, N., Lauenstein, D., Shimizu, M., Yamashita, N. (2008) Coordination between leaf and stem traits related to leaf carbon gain and hydraulics across 32 drought-tolerant angiosperms. Oecologia 156, 193-202.

壁谷大介・斎藤哲・飛田博順・右田千春・川崎達郎・韓慶民・梶本卓也（2014）S-curve を利用した資源分配に基づく樹高・肥大成長のモデルの検討. 関東森林研究, 65, 95-98.

梶本卓也・齊藤哲・壁谷大介・川崎達郎・飛田博順・太田敬之・正木隆・鹿又秀聡・荒木眞岳・福島成樹（2014）長伐期林へ誘導するための間伐の指針づくり. 森林総合研究所平成 26 年版研究成果選集, 6-7.

Kitao, M., Tobita, H., Utsugi, H., Komatsu, M., Kitaoka, S., Maruyama, Y., Koike, T. (2012) Photosynthetic traits around budbreak in pre-existing needles of Sakhalin spruce (*Picea glehnii*) seedlings grown under elevated CO_2 concentration assessed by chlorophyll fluorescence measurements. Tree Physiol. 32, 998-1007.

Kitao, M., Komatsu, M., Yazaki, K., Kitaoka, S., Tobita, H. (2015) Growth overcompensation against O_3 exposure in two Japanese oak, *Quercus mongolica* var. *crispula* and *Quercus serrata*, grown under elevated CO_2. Environ Pollut. 206, 133-141.

清野嘉之　他（2011）雄花量に着目したスギ林の間伐効果の科学的検証. 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集, 47, 1-37.

Komatsu, M., Tobita, H., Watanabe, M., Yazaki, K., Koike, T., Kitao, M. (2013) Photosynthetic downregulation in leaves of the Japanese white birch grown under elevated CO_2 concentration does not change their temperature-dependent susceptibility to photoinhibition. Physiol Plant. 147, 159-168.

Matsuda, O., Hara, M., Tobita, H., Yazaki, K., Nakagawa, T., Shimizu, K., Uemura, A., Utsugi, H. (2015) Determination of seed soundness in conifers *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* using narrow-multiband spectral imaging in the short-wavelength infrared range. Plos one, 10(6), e0128358.

Nakao, K., Higa, M., Tsuyama, I., Matsui, T., Horikawa, M., Tanaka, N. (2013) Spatial conservation planning under climate change: Using species distribution modeling to assess priority for adaptive management of *Fagus crenata* in Japan. Journal for Nature Conservation 21, 406-413.

Osone, Y., Yazaki, K., Masaki, T., Ishida, A. (2014) Responses to nitrogen pulses and growth under low nitrogen availability in invasive and native tree species with differing successional status. J Plant Res 127, 315-28.

齊藤哲・壁谷大介・川崎達郎・飛田博順・梶本卓也（2014）林冠内の開空度の 3 次元分布. 関東森林研究, 65, 311-314.

Tobita, H., Uemura, A., Kitao, M., Kiaoka, S., Maruyama, Y., Utsugi, H. (2011) Effects of elevated [CO_2], soil nutrients and water conditions on photosynthetic and growth responses of *Alnus hirsuta*. Funct Plant Biol., 38, 702-710.

Tsuyama, I., Higa, M., Nakao, K., Matsui, T., Horikawa, M., Tanaka, N. (2015) How will subalpine conifer distributions be affected by climate change? Impact assessment for spatial conservation planning. Regional Environ. Change, 15, 393-404.

宇都木玄（2015a）これからの森林施業研究の道筋を考える. 山林, 1570, 20-29.

宇都木玄（2015b）低密度植栽と大苗植栽. 季刊森林総研, 29, 8-9.

宇都木玄・上村章・原山尚徳（2014）北海道における林業のあり方について. 北方森林学会誌, 62, 11-14.

Yazaki, K., Sano, Y., Fujikawa, S., Nakano, T., Ishida, A. (2010) Response to dehydration and irrigation in invasive and native saplings: osmotic adjustment versus leaf shedding. Tree Physiol., 30, 597-607.

森林植生研究領域

1. 試験研究の動向

森林の植生研究をめぐるこの 10 年間の動向を、大きく 3 つの観点から整理してみたい。

第 1 に、人工林を主とする森林管理に関しては、わずか 10 年という短期間にもかかわらず、政策上の大きな変化があったと考えている。2005 年の頃は、主に、標準伐期を迎えた人工林を高齢級へと誘導し途中の間伐収穫を重視する、いわゆる長伐期多間伐が指向されていた。その一環として列状間伐の研究開発が求められ、そして推進され、具体的な政策としては搬出間伐が推進されていた。その後、それとバランスをとるかのように、コンテナ苗の日本への導入・開発を軸とする、皆伐と再造林の低コスト化の研究がこの数年来、行われている。

第 2 に、上記のように木材産業面の政策の大きな転換があった一方で、森林のもつ多面的な機能へのニーズは常に高い。森林植生に関連するところでは、森林の生物多様性や野生生物の生息を支える基盤環境としての森林植生の評価や、それをもとにした森林の管理技術の開発研究が継続されてきている。

第 3 に、研究開発において成果のクオリティを確保、普遍化することが求められており、その普及のためには、元のデータ（すなわち生データ）の公開も求められるようになってきた。いわゆるデータサイエンスが重要視されるようになってきたのである。この動きは、とくに国際的な学術誌で顕著であり、日常の研究業務においても、データの公開が少しずつ意識されるようになってきている。

第 1 の観点からの研究については、森林総合研究所の交付金プロジェクト「要間伐林分の効率的施業法の開発」（H17 ～ 19）において、長伐期多間伐施業を念頭においた研究が進められた。また現在、攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」（H26 ～ 27）において、低コスト再造林技術の開発が行われている。その他に、関東・中部林業試験研究機関連絡協議会において、地域研究機関および森林総研の育林・造林担当の研究者が中心となって、「過密人工林における間伐手法研究会」（H17 ～ 19）、「列状間伐研究会」（H20 ～ 22）、「高齢林の林型および成立条件に関する研究会」（H23 ～ 26）が設置され、情報交換および成果のとりまとめが行われた。とくに、「高齢林の林型および成立条件に関する研究会」では、当研究領域が幹事を務め、研究会を運営した。また、H23 年の森林法の改正に合わせて林野庁森林計画課が天然更新完了基準の手引書を作成するにあたり、当研究領域の研究員で構成するチームが専門的立場から協力を行なった。その過程で苗場山ブナ天然更新試験地のデータを解析し、天然更新に関するより信頼性の高い基準の策定に大きく貢献した。

第 2 の点については、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の枠組みで「広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発」（H19 ～ 23）が実施され、現在、その成果をベースに、攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業「広葉樹林化技術の実践的体系化研究」（H26 ～ 27）において、森林管理の現場技術用

の体系化を行なっている。そのほかに、環境省公害防止等試験研究費「ツキノワグマの出没メカニズムの解明と出没予測手法の開発」（H18 ～ 22）、交付金プロジェクト「種特性に基づいた里山二次林の多様性管理技術の開発」（H22 ～ 24）、交付金プロジェクト「林業地域の生物多様性保全に必要な広葉樹林分の面積と配置の指針の提示」（H23 ～ 25）、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」で実施された「スギ雄花形成の機構解明と抑制技術の高度化に関する研究」（H18 ～ 20）、など、数多くのプロジェクトが実施された。これらを通じて、生物多様性の高い森づくりための技術や指針、ツキノワグマの出没に関連したブナの豊凶現象の解明と予測、スギ花粉の発生源の推定などについて、研究が大きく進展した。

第 3 の点については、基盤研究、および環境省からの受託（モニタリング 1000）によって森林の長期モニタリング試験地の調査を継続し、基礎データを集積している。得られたデータは、森林動態データベース（FDDB）の管理・運営を通じて公開している。また、全国規模でのブナ結実調査を集約してホームページでの公開・可視化などを継続するとともに、人工林試験地の長期データを森林総合研究所研究報告で紹介するとともに、元データのダウンロードリンクをホームページ上に設定するなど、国際的な新しい動きに対応しつつ研究を進めている。

以上の成果につき、下記にて概略を述べる。

2. 研究の成果

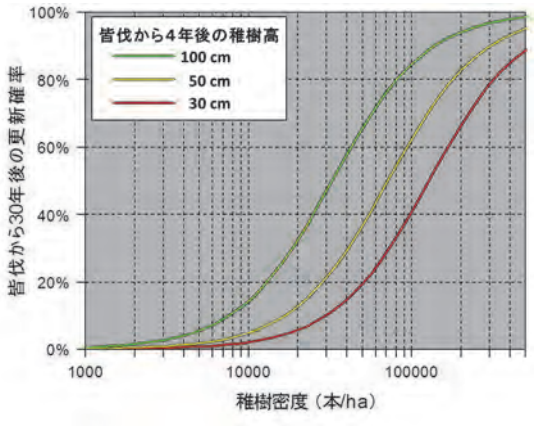
2.1 間伐および低コスト再造林に関する研究

若齢ヒノキ人工林での列状間伐試験と高齢ヒノキ人工林の間伐履歴の調査から、列状間伐は定性間伐と異なって直径の差の拡大をもたらし択伐林型的な構造に誘導する傾向のあること、高齢ヒノキ林は樹齢 30 年生までに強い間伐により立木密度が 1000 本を下回るような密度管理が行われていること、などが明らかになった。以上のことから、長伐期多間伐を行なうためには、本来は若齢期での丁寧な間伐が必要であることを、植物生態学の観点から示した。

なお、高齢林の目標林型やそれが成立する条件について議論するためには多くの高齢林のデータを基に考える必要がある。しかし、これまでの人工林の調査データは壮齢林までのものが多く、高齢林に関するデータは十分ではない。高齢林の調査結果はいくつかみられるものの個別の事例報告にとどまっており、成立条件を議論するために十分活用されているとはいえない。そこで、関東・中部林業試験研究機関連絡協議会「高齢林の林型および成立条件に関する研究会」では、そうした成立条件を議論するために高齢林のデータを多く収集してデータベースとしてまとめ、参画機関に配布した（スギ 142 林分、ヒノキ 86 林分、カラマツ 36 林分、アカマツ 19 林分）。今後、個人情報でもある民有林のデータを除いた後、一般に向けて公開する予定である。

苗場山ブナ天然更新試験地のデータを解析し、天然更新に関する基準を考察した結果は、日本森林学会誌に論文として発表し、その成果が「天然更新完了基準書作成の手引き（解説編）」（平成 24 年 3 月、森林計画課）に採用された。主な内容としては、ササや高

茎草本が繁茂しやすい立地環境では、皆伐から 4 年経過した時点で例えばブナ稚樹が樹高 50cm となっている場合、稚樹がヘクタールあたり 10 万～ 20 万本成立していることが将来の林分成立のために安全な条件であること、等があげられる（図－ 1）。これは従来の基準よりもかなり大きな数値であるが、現場での観察に整合するものであり、そういった観察に基づく判断に科学的な根拠を与えたものといえる。

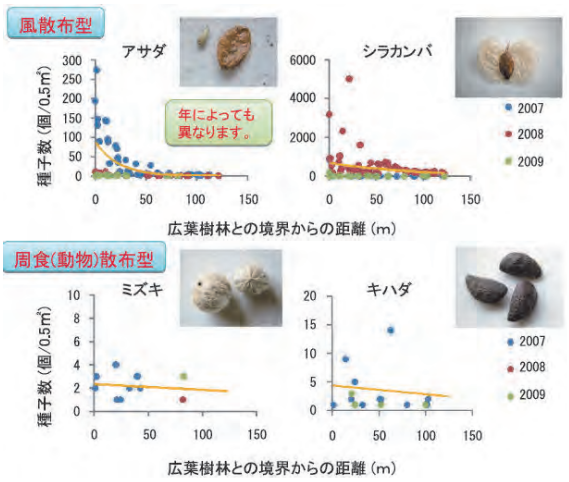


図－ 1　更新完了を判定する時点（ここでは皆伐から 4 年後）のブナ稚樹密度（横軸）と 30 年後の更新成功率（縦軸）の関係の一例。
ここではブナの稚樹高が 30cm、50cm、100cm の場合を想定している。

2.2　多面的機能に関する森林植生研究

2.2.1　広葉樹林化に関する研究

「広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発」の成果として、「広葉樹林化ハンドブック 2010 －人工林を広葉樹林へと誘導するために－」と「広葉樹林化ハンドブック 2012 －人工林を広葉樹林へと誘導するために－」を作成し、ホームページ上から閲覧およびダウンロード可能とした。主な成果として、人工林を間伐して広葉樹を混交させるためには①前生稚樹の存在が重要であること、②埋土種子への過度な期待はできないこと、③種子が散布される範囲は種子源から約 30m であること（ただし動物散布性のものは除く）（図－ 2）、④広葉樹林化の成否判断は人工林となる以前の土地利用に影響されること（二次林だった場所は広葉樹林に戻りやすい）、などを示した。現在、こういった条件を定量的に示すための判断ツールを開発しているところである。

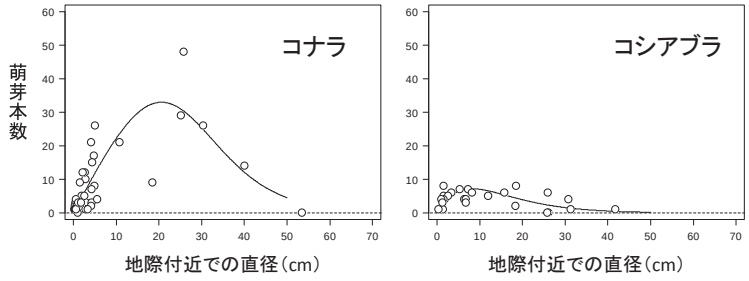


図－ 2　散布種子数の広葉樹林からの距離にともなう減少

2.2.2　生物多様性に関する研究

「種特性に基づいた里山二次林の多様性管理技術の開発」では、広葉樹の種ごとの萌芽特性を明らかにした（図－ 3)。多様性を考慮した二次林の管理指針の策定につながるものとして、前述の「天然更新完了基準書作成の手引き（解説編)」にも反映された。

また、人工林の中に分断化されて分布している広葉樹林の生物多様性を調査し、生物相の多様性保全や広葉樹林の持続的な更新のためには、概ね 100ha 規模のまとまった広葉樹林を残すことが必要であること示した。これは今後、生物多様性に配慮した森林管理を実行していく上で 1 つの指針となる成果である。



図－ 3　広葉樹を伐採したときの地際の直径と萌芽本数の関係。
コナラはコシアブラよりも萌芽しやすいが直径が 50cm を超えるとほとんど萌芽しない（あるいは萌芽しても枯れてしまう）ことがわかる。

2.2.3　スギ花粉の飛散に関する研究

「スギ雄花形成の機構解明と抑制技術の高度化に関する研究」では、「スギ花粉飛散予報モデル」を改良し、首都圏に飛来する花粉の発生源を特定する手法を開発した。人口集中地域の事例として、首都圏に居住する人々が浴びる花粉がおもにどこから飛来したかを、2008 年の花粉飛散最盛期を対象に推定した結果、スギ林の多い埼玉県や東京都西部の影響が高いこと、一方これらの地域に比べるとスギ林がやや少ない神奈川県西部や房総半島中北部からの影響も高いことが示された。これらの地域で伐採や植え替えなどによる花粉発生源対策を優先することが今後の対策として有効であることを示唆する等、実用上の意義の高い成果であると言える。

2.3　データサイエンスへの対応

長期試験地からのデータは、順次、森林動態データベースに搭載しており、前述の苗場山ブナ天然更新試験地のデータ解析もこれを利用したものである。このデータベースに搭載されていない人工林のデータについては、約 60 年間継続調査されている秋田県内のスギ人工林間伐試験地のデータの内容を森林総合研究所研究報告 14 巻（2015 年）に研究資料として紹介し、ホームページからのデータのダウンロードも可能とした。

3.　今後の課題

今後、戦後の拡大造林地が初代から 2 代目へとなるとともに、植生学の観点から人工林

を客観的に評価する研究が必要となっていく。具体的には、より精密な適地適木の実行、皆伐後の植生発達を予測することによる下刈り経費の事前把握などへの応用を企図した研究が求められるであろう。

また、多面的機能や生物多様性については、研究のスケールを個体・林分レベルから景観レベルへと拡大することで、森林管理計画に取り入れることが可能になる。この観点からの研究が、今後重要になるであろう。その際、遠隔探査技術やIT技術など、最先端の技術を常に取り入れて、研究手法そのものを高度化していくことが必要である。

また、以上のすべての課題においては、他の研究分野との連携が欠かせない。森林の植生は林業活動や森林管理における基盤となるものである。森林を総合的に管理する技術を発展させていくためには、他分野からの要望に応じた研究支援や共同研究の比重が、今後ますます重要になっていくことと予想する。

また、毎木調査データのデータベースへの搭載・公開だけではなく、さく葉標本データのデジタル化と公開など、データサイエンスの流れを意識した、より幅の広いデータハンドリングへと対応し、基礎研究のレベルを向上させていくことも念頭におき、研究を進めていく必要があるだろう。

さらに、これから重視すべき研究として、スギやヒノキなど、温帯性針葉樹からなる森林の生態研究がある。日本の原植生である温帯性針葉樹林の生態についての知見の蓄積は不十分である。たとえば、樹木集団を管理する上での基本である、種子から寿命を迎えて枯死するまでの統計学的数値は明らかになっていない。また、本来分布していた温帯性針葉樹林が天然状態で更新し維持されていた仕組みについても不明な点が多い。日本の林業の根幹をなすスギとヒノキの基礎的な生態を科学的に明らかにしていく研究は、日本の林業に貢献するためにも、これから積極的に推し進めていく必要があると考えている。

（正木隆）

文　献

金指達郎・篠原健司（2009）スギ花粉はどこから飛んでくるのか？～首都圏に影響を及ぼすスギ花粉発生源の特定手法を開発～. 森林総合研究所平成21年版研究成果選集, 38-39.

「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム（2010）広葉樹林化ハンドブック2010. 森林総合研究所第2期中期計画成果22.

「広葉樹林化」研究プロジェクトチーム（2012）広葉樹林化ハンドブック2012. 森林総合研究所第3期中期計画成果1.

正木隆・五十嵐哲也・神崎菜摘・永光輝義・菊地賢・長谷川元洋・加賀谷悦子・升屋勇人・滝久智（2014）林業地域で生物多様性を保全する. 森林総合研究所平成26年版研究成果選集, 54-55.

正木隆・伊東宏樹・佐藤保・大住克博（2013）萌芽の特性を活かして里山二次林を管理

する. 森林総合研究所平成 25 年版研究成果選集, 50-51.
正木隆・大住克博・関剛・森茂太・梶本卓也・檜間岳・八木橋勉・柴田銃江・野口麻穂子(2015)添畑沢スギ間伐試験地における 45 年生から 104 年生までの長期成長データ. 森林総合研究所研究報告, 14, 65-72.
正木隆・佐藤保・杉田久志・田中信行・八木橋勉・小川みふゆ・田内裕之・田中浩(2012)広葉樹の天然更新完了基準に関する一考察－苗場山ブナ天然更新試験地のデータから－. 日本森林学会誌, 94, 17-23.
森林総合研究所(2009)要間伐林分の効率的施業法の開発. 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 21.
鈴木和次郎・池田伸・平野辰典・須崎智応・和佐英二・石神智生(2009)高齢級ヒノキ人工林の林分構造にみる間伐履歴の影響. 日本森林学会誌, 91, 9-14.

立地環境研究領域

1. 研究の動向

立地環境研究領域は、森林の生育基盤である土壌を研究対象とし、樹木の生育との関係、森林の養分や物質の循環・貯留等の研究を行なっている。第二次世界大戦後の荒廃した森林の復旧や林地生産力の増強のために、1950 年代に土壌調査部が設置され、全国の森林土壌調査の中心となり、国有林と民有林の土壌図の整備に大いに貢献した。その後、林地生産力や林地肥培の研究が行われ、1970 年頃からは土壌のもつ公益的機能の研究も取り組まれた。1988 年に森林総合研究所になってからは森林環境部において、当時問題となってきた酸性降下物に対して本支所体制を活かして全国調査の中心となり、その実態解明に貢献してきた。熱帯林を始めとする国際的な土壌研究も盛んにおこなわれるようになった。さらにリオデジャネイロの地球サミット以降は土壌の炭素貯留や温室効果ガスの吸収排出が大きな研究テーマになり、わが国の京都議定書に対応した温室効果ガスの算定と報告にも大いに貢献している。特に平成 18 年（2006）に始まった枯死木・リター・土壌炭素蓄積量の全国調査事業では、本支所の研究員が調査・分析の指導・精度管理・データ取りまとめに協力し、全国の森林における枯死木・リター・土壌の炭素蓄積の実態が明らかになりつつある。さらに平成 23 年（2011）の東日本大震災によって発生した東京電力福島第一原子力発電所事故では放射性物質が放出され、森林が放射能で汚染されたため、2011 年の夏から他の領域の研究者と共同で汚染の実態調査を毎年行っている。調査結果は林野庁からプレスリリースされて、被災した地域の森林・林業の復興に貢献している。

（金子真司）

2. 研究の成果

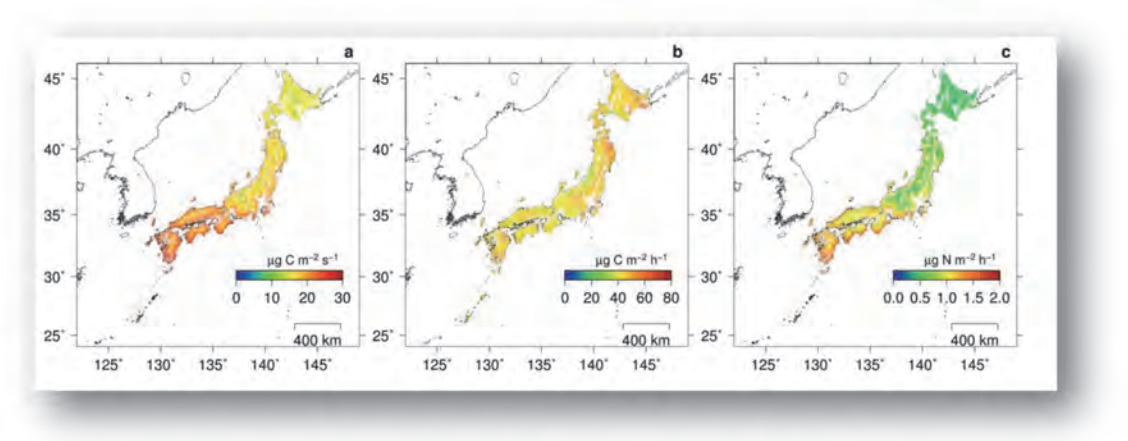
2.1 森林土壌からの温室効果ガス吸排出量の解明

森林土壌は温室効果ガスである二酸化炭素（CO_2）と一酸化二窒素（N_2O）を放出し、メタン（CH_4）を吸収する。1990 年代後半から 50 カ所以上の地点において観測してきたこれらのガスの吸排出量に関して、この 10 年間に多くの論文が発表された。まず、北に行くほど土壌中にセルロース様物質が多く残っており、これらが将来温暖化したときに CO_2 放出源になることが予測された。日本の森林土壌では、N_2O は平均で 1.88（最小 0.17 ～最大 12.5）$\mu g\ N_2O\text{-}N\ m^{-2}\ h^{-1}$ 程度の放出になっており樹種の影響が大きいこと、CH_4 は平均で 66（最小 2.9 ～最大 175）$\mu g\ CH_4\text{-}C\ m^{-2}\ h^{-1}$ の吸収になっており土壌型の影響が大きいことが明らかになった。CH_4 の吸収量は地域間の差が大きく、表層土壌の気相率と生物的要因の両方がその大きさの決定要因として考えられた。また、土壌と植物の炭素安定同位体比に差があることを利用して、CO_2 放出の起源を明らかにした。これらの観測データを利用して経験的な予測モデル（ベイズモデル）を作成し（Hashimoto et al. 2011）、これらのガスの全国マップを作成した（図－ 1）。

海外における研究も大きく進展した。シベリア等北方林は温暖化した場合に受ける影響

が最も大きいと危惧されている。中央シベリア・トゥラでのガスフラックスの観測データが蓄積され、地球温暖化にともなう降水量増加によりシベリアの森林土壌が CH_4 の発生源となる可能性があることを明らかにした。また、インドネシアのアカシア林の植林が N_2O の放出量を増加させる可能性が指摘され、さらにリンの施肥がこの発生を抑制することを明らかにした。

現在、積雪がこれらのガス生成に与える影響を評価する研究が進んでおり、今後積雪の影響を加味した高度な発生量推定が可能となる見込みである。



図－1　森林土壌からの温室効果ガス発生量推定マップ
（左から CO_2, CH_4, N_2O で CH_4 のみ吸収速度、他は発生速度）

（石塚成宏）

2.2　全国調査にもとづく森林土壌炭素量の推定

京都議定書第一約束期間における森林吸収量の算定・報告では、国際的に定められたガイドライン等に基づき、地上バイオマス、地下バイオマス、枯死木、リター（堆積有機物）、土壌有機物の 5 つのプールそれぞれの炭素蓄積変化量（吸収・排出量）を算定する必要がある。枯死木、堆積有機物及び土壌有機物の 3 プールの炭素蓄積変化量については、森林総合研究所が開発したモデル（CENTURY-jfos）を用いて算定している。このモデル構築に利用された土壌炭素量データは国有林林野土壌調査報告など 1990 年以前に調査されたものである。さらにモデルの信頼性を確保するためにはモニタリングを行うことが推奨されている。このため枯死木、リター（落葉、落枝等）及び土壌中に含まれる炭素量について、全国的に実証データを収集・把握することになり、2006 年に林野庁「森林吸収源インベントリ情報整備事業（枯死木、リター、土壌等の炭素蓄積量の把握）」（第一期調査）がスタートした。この事業は森林資源モニタリング調査（現、生態系多様性基礎調査）の特定調査プロットを対象に全国約 2500 の地点を 5 年一巡で調査するものであり、森林総合研究所が実行の中心となった。

調査の結果、日本の森林では枯死木、リター、土壌（深さ 30cm まで）に、それぞれ 10,500 万トン、12,300 万トン、174,200 万トンの炭素が蓄積されていることが明らかになった（金子ら 2013）。これらの炭素の総量は森林バイオマスの約 1.3 倍に相当し、樹木

生育を支える土壌が炭素蓄積の重要な場であることを定量的に示すことができた。また、3 プールの炭素蓄積量は、特に土壌で寒冷な地域に多い傾向があるが、温暖な地域でも火山灰が堆積する火山の東側を中心に炭素量が多い場所が存在することなど、3 プールの炭素蓄積量の地域的な特徴や日本列島における面的な広がりについて多くの知見を得ることができた。

第一期調査により、枯死木、リター、土壌有機炭素の 3 プールの炭素蓄積量が把握されたが、CENTURY-jfos モデルを用いた算定をさらに詳しく検証するため、2011 年度から第一期と同じ調査地点で第二期調査（森林吸収源インベントリ情報整備事業;土壌等調査）が開始された。2013 年度までの調査結果において、第一期と第二期の炭素蓄積量の大きな違いは認められていない。今後さらに調査を続け、その結果を吸収・排出量の算定等の国際報告に反映させていく予定である。

（田中永晴）

2.3　東京電力福島第一原子力発電所事故による放射能汚染の実態解明

2011 年 3 月に起きた福島第一原子力発電所の事故では、放出された膨大な量の放射性物質により森林生態系が広く汚染された。立地環境研究領域では、福島県内の汚染程度の異なる森林に設けたモニタリング調査地において、2011 年 8 月から堆積有機物および表層土壌中の放射性セシウム（以下、セシウム）の動態調査を開始した。調査地ごとに堆積有機物および深さ 20cm までの土壌試料を毎年採取し、ゲルマニウム半導体検出器を用いた分析により森林内のセシウムの分布やその変化を調査した。その結果、事故直後の 2011 年夏には葉など樹木に 17 ～ 44%、地表の堆積有機物中に 31 ～ 50%が分布していたが、2012 年になると葉や堆積有機物中の濃度は減少し土壌表層の濃度が増加した。2013 年以降の変化はそれ以前に比べて小さかったが、土壌表層への移行がさらに進み、2014 年夏には多くの試験地で 7 割以上が表層土壌 0 ～ 20cm に存在した。

このほか、土壌中のセシウムの動態には土壌の特性が関係し、特に一部の粘土鉱物は強く結びつくことが知られているので、各調査地で土壌調査を行い土壌の理化学性と粘土鉱物の分析やセシウムの保持能力の試験を行った。調査地の土壌は酸性で有機物を多く含むためセシウムが移動しやすい可能性があるが、粘土含量が比較的多くセシウムの保持能力は低くなかった。さらに、今後の対策に生かすために、先に述べた森林でのセシウム分布調査に基づきモデルを構築し、文部科学省の航空機モニタリングデータに適用して事故後 20 年間に東日本の森林内のセシウム分布がどのように変化するかを予測したところ、セシウムの土壌への移行がチェルノブイリの場合に比べて速くなることが明らかになった。

（池田重人）

2.4　森林降水渓流水質データベース（FASC-DB）の構築

酸性雨や大気汚染による樹木の衰退現象を早期に発見するため、林野庁は 1990 年以降全国各地の森林で衰退状況や、降水、土壌のモニタリング事業を行ってきた。このモニタリングを補完するために、森林総合研究所は全国各地に観測地を設けて降水および渓流水

の水質の観測を開始し、現在も継続している。立地環境研究領域では、2004 年までの各調査地点の位置情報と降水および渓流水の水質分析値を取りまとめ、2008 年 5 月から森林総合研究所ホームページ上で「森林降水渓流水質データベース（Forest Atmospheric deposition and Stream water Chemistry Data Base: FASC-DB）」として公開した（図－ 2）。その後、2014 年 2 月に 2005 ～ 2008 年の観測データを追加している。

水質データ項目は、降水（林外雨、林内雨、樹幹流）および渓流水中の pH、EC、イオン濃度（Na^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、NH_4^+、Cl^-、NO_3^-、PO_4^{3-}、SO_4^{2-}）である。

このデータベースから 2005 年以降の降水渓流水質の特徴について概要を示す。降水中の溶存成分の流入量は、降水量の多寡によって大きく変動し、特に無機態窒素の流入量はその影響が大きかった。一方、渓流水への無機態窒素の流出は全般に降雨からの流入に比べて小さく、流入する窒素は樹木による吸収や脱窒によって減少していることが示された。また、降水水質に関しては、台風通過時に海塩成分（Na^+、Cl^-）の上昇が観測され、黄砂飛来や火山噴火の際にも pH や溶存成分が通常とは異なることが認められた。



図－ 2　森林降水渓流水質データベースロゴおよび試験地（森林総合研究所 HP より）

（大貫靖浩）

2.5　森林生態系における養分動態研究の進展

物質循環機能は森林の持続的生産の基礎となる養分供給や水質形成に重要な機能であり、最近では森林の生態系サービスの一つとして注目されている。茨城県中部の桂試験地において流域レベルの物質循環の研究を行った。土壌の現地窒素無機化速度は夏期に高く冬期に低い季節変化を示したが、冬季 10 ～ 2 月にも年間無機化量 115 ～ 117 kg ha^{-1} の 10 ～ 32%が無機化することや、20cm 以下の下層土においても全窒素無機化の 30 ～ 43%が起きていることが示された。この試験地で材積率 25%の切り捨て間伐を行ったところ、間伐翌年に窒素流出量が増加したが、間伐 2 年後には植生回復によって元のレベルまで窒素流出量は回復した。さらに間伐後に林床に残された枝葉は約 7 割が地面に接しておらず、このことが分解の遅れる原因になっているが、地面に接していないスギ葉においても生物窒素固定が分解に関わっていることが判明した。

関東平野周縁の森林では窒素降下量が多く、窒素飽和現象による森林影響が懸念される。筑波山系に位置する筑波共同試験地においても降雨と林内雨による窒素降下量が年間 10 kg ha^{-1} を越えており、土壌浸透水や流出水の窒素濃度も高いことが判明した。また同試験地のスギ林では生産量における雄花への分配が大きいことや樹高の大きい個体で幹成長が鈍化している傾向がみられるなど、窒素高負荷の影響を示唆するデータが得られた。本所苗畑（旧千代田試験地を含む）において、樹木の養水分吸収を支配する細根の現存量や成長が環境変化にどのように対応するかの各種試験を行った。その結果、間伐はヒノキ林の細根バイオマスと生産量を減少させるが細根の形態や密度には影響しないことが明らかになった。窒素施肥に対しスギはより細い細根割合を増やし養分吸収の効率を高めることが示された。スギ林に対して長期的な窒素施肥を行った結果、窒素施肥によってスギは個体あたりの蒸散量を増加させるが、ヒノキは増加しないことが示された。さらに苗木を用いた試験から、ヒノキ葉は土壌が乾燥すると気孔を閉じて蒸散抑制するのに対して、スギでは蒸散抑制が十分ではないことが示された。以上よりスギ林は窒素降下量の増加や気候温暖化による乾燥の影響を受けやすいことが明らかになった。

（平井敬三）

3.　今後の課題

21 世紀に入り、人間活動の地球環境への影響はさらに顕在化しつつある。一方、水質モニタリングや森林土壌炭素蓄積量調査などを通して、全国の立地環境におけるデータが時空間的に大量に蓄積されつつある。今後はこれらの調査を継続するとともに、それらのデータを解析し、現在の環境変化や将来予測を行い、森林生態系や林業への影響を明らかにすることが求められる。また近年、森林資源の利用が活発になっており、地力維持のため燃焼灰の林地還元についてもさらに研究の実施が望まれる。森林土壌には非常に多くの生物が生息し、物質動態において重要な働きをしている。これら生物の多様性や機能を明らかにし、これら生物資源の利用に関する取り組みも今後重要になっていくであろう。

（金子真司）

文　献

Fujii, K., Ikeda, S., Akama, A., Komatsu, M., Takahashi, M., Kaneko, S. (2014) Vertical migration of radiocesium and clay mineral composition in five forest soils contaminated by the Fukushima nuclear accident. Soil Sci. Plant Nutri,. 60. 751-764.

Hashimoto S., Morishita T., Sakata T., Ishizuka S., Kaneko S., and Takahashi M. (2011) Simple models for soil CO_2, CH_4, and N_2O fluxes calibrated using a Bayesian approach and multi-site data, Ecological Modelling, 222, 1283-1292.

平井敬三・野口享太郎・溝口岳男・金子真司・高橋正通（2007）森林土壌の現地窒素無機化における下層土および季節別の寄与. 森林立地 49(1), 51-59.

Ishizuka, S., Sakata, T., Sawata, S., Ikeda, S., Sakai, H., Takenaka, C., Tamai, N., Onodera, S., Shimizu, T., Kan-na, K., Tanaka, N., Takahashi, M. (2009) Methane uptake rates in Japanese forest soils depend on the oxidation ability of topsoil, with a new estimate for global methane uptake in temperate forest, Biogeochemistry, 92(3), 281-295.

金子真司・南光一樹・今矢明宏・鵜川信（2013）全国調査により枯死木・リター・土壌の炭素蓄積の状況を探る. 森林総合研究所平成 25 年版成果選集, 30-31.

Morishita, T., Sakata, T., Takahashi, M., Ishizuka, S., Mizoguchi, T., Inagaki, Y., Terazawa, K., Sawata, S., Igarashi, M., Yasuda, H., Koyama, Y., Suzuki, H., Toyota, N., Muro, M., Kinjo, M., Yamamoto, H., Ashiya, D., Kanazawa, Y., Hashimoto, T., Umata, H. (2007) Methane uptake and nitrous oxide emission in Japanese forest soils and their relations to soil and vegetation types, Soil Sci. Plant Nutri. 53(5), 678-691.

Nagakura, J., Kaneko. S., Takahashi, M., Tange, T. (2008) Nitrogen promotes water consumption in seedling of Cryptomeria japonica but not in Chamaecyparis obtusa. Forest Ecol. Manag. 255, 2533-2541.

篠宮佳樹・山田毅・稲垣善之・吉永秀一郎・鳥居厚志（2014）四万十川源流部の森林における硝酸態窒素の年間流出負荷量とその流出機構. 水環境学会誌 37, 91-101.

釣田竜也・大貫靖浩・壁谷直記（2015）九州北部の森林小流域における土壌から渓流への水質変化. 地形, 36, 173-193.

Ugawa, S., Takahashi, M., Morisada, K., Takeuchi, M., Matsuura, Y., Yoshinaga, S., Araki, M., Tanaka, N., Ikeda, S., Miura, S., Ishizuka, S., Kobayashi, M., Inagaki, M., Imaya. A., Nanko, K., Hashimoto, S., Aizawa, S., Hirai, K., Okamoto, T., Mizoguchi, T., Torii, A., Sakai, H., Ohnuki, Y., Kaneko, S. (2012) Carbon stocks of dead wood, litter, and soil in the forest sector of Japan：general description of the National Forest Soil Carbon Inventory. Bulletin of FFPRI 11, 207-221

水土保全研究領域

1. 試験研究の動向

この 10 年間は地球温暖化の影響によるとされる気候変化が世界各地で顕在化した時代であった。その影響は自然災害にも現れており、日本国内では極端な豪雨による大規模な土砂災害が多発し当領域でも多くの災害に対応してきた（表－ 1)。また、2011 年の東日本大震災や 2014 年の御嶽山の噴火をはじめとして、地震や火山活動も活発化傾向にあるといわれ、日本列島は、外的環境においては災害多発時代に突入しつつある。一方、国内の森林の蓄積は充実している（太田　2012）が、近年、林業活性化を目的とした政策が積極的に推進され、水土保全研究領域においても、政策を支援するための研究を行っている。災害が起こりやすい時代を迎える中で、森林の水土保全機能の増進や木材生産との両立に関する国民の期待もきわめて大きい。

研究手法の技術進展や研究の学際化のスピードもめまぐるしく、多様な研究ニーズに答えるために研究内容はきわめて多様化する一方で、将来を見すえた長期的な視点からの研究もますます重要となっている。当所の森林理水試験地が蓄積した長期データは、環境が変動する時代にあって環境変化に対する森林生態系の応答を理解するうえで貴重なものであり、データの公開・利用を進めながら、多方面から高い評価を得ている。

地震による山地災害については岩手宮城内陸地震の項で紹介しているが、火山活動については、近年 2011 年の霧島山新燃岳の噴火、2014 年の御嶽山の水蒸気爆発などの火山災害が発生し、これに対応した研究を行っている。火山噴火はしばしば森林の衰退や枯死の原因となり、大規模な噴火の場合は長期的な流域の荒廃を引き起こす。森林総合研究所が雲仙普賢岳や三宅島で継続的に実施している火山性荒廃地のモニタリングと復旧技術の開発研究（小川ら 2012）は、今後の噴火災害に備える上でも重要な意味を持つ。近年では荒廃地の復旧においても、単に植生回復を図るだけでなく、地域の生態系への調和が求められている（小川ら 2011)。

気候変動等による急速な環境変化は防災インフラや環境政策が不十分な発展途上国においてはしばしば深刻な影響をもたらすため、日本の防災技術や環境計測技術に対する発展途上国からの期待はきわめて大きい。カンボジアをはじめとするメコン川流域における水循環プロセスの研究や、ベトナムにおける地すべり研究プロジェクトは、研究だけでなく東南アジア諸国の防災・環境研究に対する国際貢献という役割も意識しながら行われている。

（大丸裕武）

2. 研究の成果

2.1 間伐による森林からの流量・蒸発散量の変化

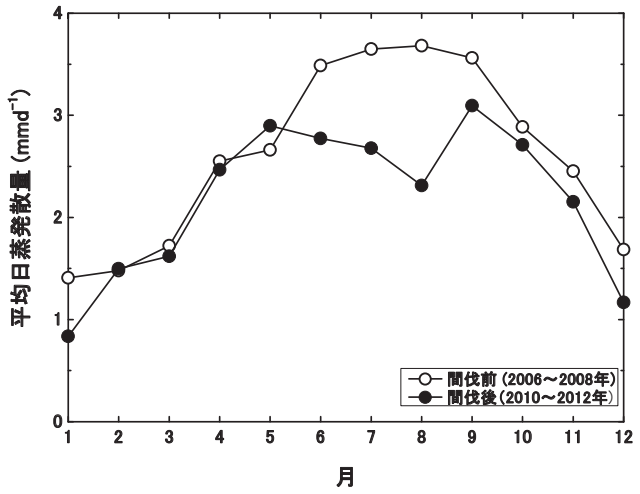
間伐が実施されない人工林の増加に伴い森林の有する多面的機能の低下が危惧され、林野庁や都道府県等は積極的な間伐の促進を推進している。しかし、間伐の実施が森林の水

源かん養機能に及ぼす影響について、わが国で流域という大規模なスケールで実証的に調査された例は十分にはない。そこで、気象条件が大きく異なる積雪地域と非積雪地域の森林流域の両方で、間伐によって水流出量（流量）がどのように変化するかを検証した。

積雪地域では、秋田県長坂試験地のスギ林を対象として、本数率約 50%の間伐を行った。その結果、樹冠通過降水量は 0.2 ～ 2.5%増加し、積雪期には間伐区で積雪の増加と融雪の早期化が生じた。無間伐流域に対する間伐流域の流量の比（年流出量比）を見ると、間伐直後の 2007 年は、年流量は変化しなかったが、翌年の 2008 年に増加し、流量が多い傾向は少なくとも 2010 年まで持続することが実証的に明らかになった。

一方、無積雪地域では、茨城県常陸太田試験地のヒノキ・スギ林の流域を対象として、同様に本数率 50%の間伐を行った。間伐前後 3 年間の水収支の変化を調べた結果、平均降水量は間伐前 3 年間より 55mm 減少したが、林内降水量は間伐後に 4mm 増加した。これに対し流量は間伐後に 87mm 増加した。これは間伐により林内降水量が増加しただけでなく、流域全体で蒸散量が減少したため流量が増加したと考えられた。間伐前後の蒸発散量の変化を短期水収支法によって推定したところ、間伐後、特に夏季を中心にした 6 月～ 10 月にかけての蒸発散量が小さくなっていた（図－ 1）。間伐によって減少した樹冠投影面積は速やかに回復したが、葉面積は間伐後 3 年経っても間伐前の水準に達しなかった。降雨が森林樹冠に遮断される量は樹冠投影面積だけではなく葉面積にも影響を受けるため、水源かん養機能の増進効果は少なくとも 3 年間は持続することを明らかにした。

以上のように、間伐に伴う流量や蒸発散量の変化を流域という大規模なスケールで調査した結果、積雪地域と非積雪地域のいずれにおいても、間伐は流域から流出する水の増加につながることを明らかにした。また、間伐により流量は増加するが、皆伐のときほど急激に大きく増加することはなく、洪水の増加は確認されなかった。このように間伐などの森林整備を実施することにより、流量を増加させ、森林の水源かん養機能を高める効果が期待できると考えられた。



図－ 1　常陸太田試験地の間伐による蒸発散量の変化（久保田・金子，2014）

（野口正二）

2.2　カンボジアにおける水循環プロセスに関する研究

インドシナ半島の主要な原植生の一つである熱帯モンスーン平地林の多くは農地開発などによりほとんど消滅した中で、カンボジア王国にはまだ広い面積で残っている。しかし、カンボジア王国においても、熱帯モンスーン平地林をゴム林や農地に転換する森林開発が急速に進んでおり、水資源の不足、洪水の頻発などの悪影響が懸念されている。これらの悪影響を事前に評価し、適応策を講じるためには、原植生である熱帯モンスーン平地林の水文特性が必要不可欠な情報である。ところがカンボジア王国ではこれまで森林モニタリング、特に森林流域での水文観測がほとんど行われていないため、熱帯モンスーン平地林の水文特性はまったく明らかになっていない。これは､長年にわたる内戦などにより、過去のデータが散逸したためもある。つまりカンボジア王国はインドシナ半島における森林水文データの空白域であった。そこでカンボジア王国において熱帯乾燥林の水文特性に関する研究を開始した。

乾燥常緑林観測サイトは 2003 年度にコンポントム州に、乾燥落葉林観測サイトは 2008 年度にクラチエ州に、それぞれ設置した。両観測サイトは、流域水収支を観測するための試験流域と、森林群落内の水移動素過程を観測するための試験地から構成されている。また地上観測データや衛星データ、GIS データなどを用いて、メコン河流域の水資源賦存量の広域空間変動評価に関する研究も行った。ここでは、流域水収支、蒸散特性、広域空間変動評価に関する成果を紹介する。

乾燥常緑林流域の年間水収支は、約 1,550mm の降水量に対し約 350mm の流出量であった。損失量である約 1,200mm は熱収支ボーエン比法観測によって求められた蒸発散量とほぼ等しかった。一方、乾燥落葉林流域の年間水収支は、約 1,760mm の降水量に対し約 940mm の流出量、損失量は約 820mm であった。着葉期間が短く森林の葉面積指数が 0.9 の乾燥落葉林の損失量が、年間を通じて着葉し葉面積指数が 4 ～ 5 と大きい乾燥常緑林の損失量の約 7 割という、興味深い結果が得られた。

乾燥常緑林を構成する主要な 2 樹種の単木蒸散量を測定し、気象環境と比較したところ、蒸散活動が活発な時期と不活発な時期が樹種によって異なることが分かった。これはそれぞれの樹種の落葉・開葉パターンの違いと葉齢による蒸散活性の違いによると考えられる。また乾燥落葉林の樹木は、気孔を敏感に閉じて水を上手に節約することにより乾季を乗り切っているが、中には、雨季に入る前の激しい乾燥状況のうちに葉を開いて蒸散活動を開始する樹種の存在が明らかとなった。

森林からの蒸発散量を 1km 間隔のグリッドで推定するモデルを構築し、衛星データからメコン河流域における森林蒸発散量の空間変動を推定した。年間蒸発散量は、流域下部ほど大きく、180 ～ 1,800mm の範囲にあった。乾燥常緑林の試験流域に相当するグリッドの蒸発散量は 1,153mm であり、流域水収支や熱収支ボーエン比法観測によって得られた蒸発散量の値と良好に対応していた。降水量から蒸発散量推定値を差し引くことにより水資源賦存量の分布を推定したところ、メコン流域における年間水資源賦存量は、300mm ～ 2,200mm の範囲にあった。カンボジア西部の山岳地帯における年間水資源賦存量は約 2,200mm と、メコン流域内で最大であった。カンボジア東部の森林地帯では

500 ～ 1,000mm であった。

（玉井幸治）

2.3　森林の斜面災害防止機能

集中豪雨や地震が襲うごとに崩壊や地すべりが多発する我が国では、森林が有する斜面災害防止機能に対する国民の期待が大きい。気候変動の影響もあってか、極端な集中豪雨、いわゆるゲリラ豪雨の多発化が現実的になってきている昨今の状況下では、その機能解明はまさに喫緊の課題である。

森林の斜面災害防止機能の研究は、当所においても従来から実施されてきた。阿部（1997）は、主に水平地盤に生えるスギを対象に調査を実施し、深さ方向の根の体積分布、直径階別本数、平均根系体積を調べて根系の分布を推定するモデルを構築したほか、室内の一面せん断試験結果から、根のせん断抵抗力を補強する強度は、根を含む土の破壊基準式の中で独立した定数項として表現可能であることを示した。岡田・黒川（2011）は、傾斜が約 32 度のヒノキ林斜面において、ヒノキ根系を含む供試体（1m 四方）に対し、深度 0.5m に傾斜 32 度のせん断面を直接的に発生させる大型せん断試験を実施して、せん断変位に対するせん断抵抗力の変化を追跡した。せん断試験終了後に根系を掘り出し、せん断面に位置した根の太さならびに本数から根の引き抜き抵抗力の合計値を推定し、この推定値の約 70%の大きさが、大型せん断試験において計測された根系によるせん断抵抗力の強度補強分に相当することを示した。つまり、引き抜き抵抗力の合計値は、根のせん断抵抗力補強強度の推定値としては過大となる可能性を明らかにした。

平成 23 年度～ 26 年度には、交付金プロジェクト（新たな樹木根系の斜面崩壊抑止機能の数値化技術の開発）研究を実施した。豪雨により甚大な被害が生じた平成 22 年広島県庄原市の斜面災害を対象に調査を行った。この災害は約 3km 四方の限られたエリアに 1,000 カ所を超える斜面崩壊が発生したが、この中に崩壊が生じた幼齢ヒノキ林（15 年生）に挟まれた無傷の壮齢ヒノキ林（48 年生）が残っている現場を確認した。斜面の傾斜、地下水の浸透性、地盤の硬さや破壊強度を調べると共に両斜面の根の諸元を調査した。両斜面の地盤特性にはほとんど差が認められないものの、壮齢林では幼齢林に対し、同じトレンチ断面に表出した根の本数はほぼ等しいもののその太さが約 2 倍あること、その結果、根による斜面の補強強度は約 4 倍になること示した。幼齢林では崩壊が発生し、壮齢林は無傷で残ったのは、太い根が斜面の崩壊を抑制したと結論した（Okada and Kurokawa 2015）。

またヒノキを対象にして、胸高直径と立木中心からの距離を独立変数に根系の斜面補強強度を推定するモデルを構築した。ヒノキ立木中心からの距離を変えて放射軸上にトレンチを堀り、表出する根の位置、太さ、本数を調べ、さらに引き抜き抵抗力の測定結果を用いて、各トレンチ断面における補強強度の推定値を算出して導出したものである。その結果、2 次元表面上でヒノキ根系が斜面を補強する強度の推定分布図を作成し、ヒノキ根系の斜面災害防止機能を可視化した。

林野庁は「緑の国土強靭化」を推進している。森林の防災・減災機能解明に向けて、物

理的ならびに数値的な手法を駆使して総合的な研究を推進することが不可欠である。

（岡田康彦）

2.4　積雪層が地すべりの動態に与える影響の研究

東北地方の日本海側や北陸地方などのいわゆる多雪地域で発生する地すべりは積雪や融雪など積雪環境の影響を強く受ける。同地域における地すべり災害の防止・軽減のためには、積雪を考慮した地すべり危険度評価や予測技術の高度化が望まれている。このため冬期の最大積雪深が 3 ～ 5m に達する新潟県上越市の伏野地すべり地において、1987 年から地すべりの長期動態観測を継続して実施している。一般に多雪地域の地すべりは地下水位が上昇する融雪期に活発化するが、同観測ではこれと異なり、地すべりは積雪深の増大とともに沈静化し、その後は地下水位の上昇する融雪期や消雪後にも顕著な移動は現れない結果となった。また文献調査によれば同様の動態を示す地すべりは他にも複数存在することが分かった 。

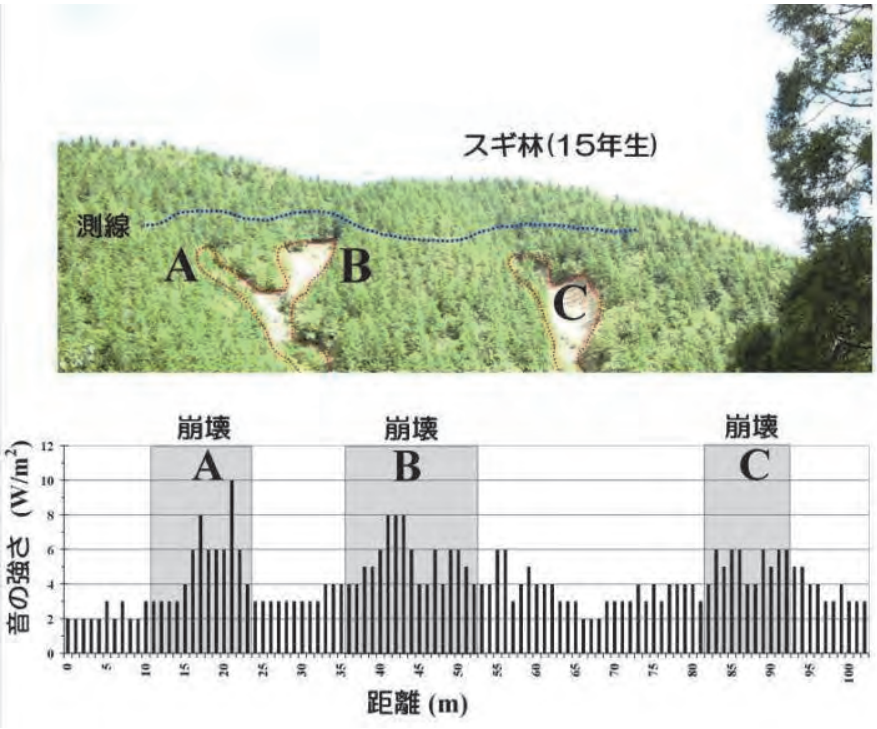
積雪層の発達によって地すべり活動が沈静化する要因を明らかにするため、二次元無限長斜面に積雪層を載荷させた数値モデルを構築し、異なる斜面条件を設定して安定解析を行った。その結果、すべり面の勾配が小さいか、すべり面の内部摩擦角が大きい条件下では、積雪層の荷重がすべり面に作用するせん断抵抗力を増加させて、斜面を安定化させる可能性があることが分かった。

また、積雪荷重が低減する融雪期や消雪後も地すべり活動の沈静化が続く要因を明らかにするため、地すべり土塊の沈下圧縮を計測可能な鉛直変位計を開発した。伏野地すべり地内にて設置して観測を行ったところ 、冬季の積雪深、積雪荷重の増大に呼応して地すべり土塊（土層厚 3.5m）が鉛直方向に最大で 29mm 程度圧縮されることが分かった 。積雪荷重によって圧密されてすべり層の強度回復が生じることで、融雪期や消雪後の地すべり移動が抑制されている可能性が示唆された。

（岡本隆）

2.5　新たな崩壊危険地予測技術の開発

深層崩壊をはじめ近年の大規模土砂災害は、樹木根系の効果が及びにくい基盤岩中の地下水の集中現象が影響して発生したものが多い。このような地下水の集中現象の把握は、多数のボーリング調査が行われる地すべり地を除けば、技術的にきわめて困難であったが、近年開発された地下流水音探査技術によって地下水の集中箇所を検出することが可能になった。この方法は、小型マイクロフォンを用いて地下水が流れる際に発生する音から、地下水の集中箇所を見いだすもので、地下流水音の分布と崩壊地の分布が良く対応することが確認されている（多田ら 2007,　図－ 2)。この装置は製品化されており、崩壊予測だけでなく海外の半乾燥地域における地下水資源の探査等への応用も期待されている。



図－2　自然斜面で発生した表層崩壊と地下流水音の分布の対応関係（多田ら 2007）

（大丸裕武・多田泰之）

表－１　森林総合研究所で緊急調査を行った山地災害一覧（2005 年～ 2014 年）

発生年月	災害形態	場　　所
2005年３月	崩壊・土石流	福岡市西区玄界島
2005年７月	崩壊・土石流	大分県九重町
2005年７月	崩壊・土石流	秋田、山形、新潟、長野、富山県
2005年９月	崩壊・土石流	九州南部（鰐塚山他）
2005年11月	地すべり	山形県鶴岡市荒沢
2006年２月	表層雪崩	秋田県仙北市田沢湖町鶴の湯温泉
2006年７月	地すべり	和歌山県上富田町
2006年７月	崩壊・土石流	長野県岡谷市
2006年８月	崩壊・土石流	岩手県雫石町御神坂沢（岩手山）
2006年８月	地すべり	沖縄県中城村
2006年９月	地すべり	兵庫県養父市大久保
2007年２月	地すべり・土石流	福島県金山町小栗山
2007年３月	地すべり・崩壊・土石流	石川県輪島市他
2007年７月	地すべり	三重県御浜町
2007年８月	崩壊・土石流	宮崎県日之影町
2007年８月	地すべり	山梨県身延町楠田
2007年９月	崩壊・土石	流長野県北安曇郡小谷村中土
2008年４月	地すべり	岩手県雫石町葛根田川上流
2008年６月	地すべり・崩壊・土石流	宮城県栗原市から岩手県一関市にかけての山地
2008年８月	地すべり	福島県只見町
2009年２月	地すべり	山形県七五三掛地区
2009年２月	表層雪崩	北海道蘭越町ニトヌプリ
2009年７月	崩壊・土石流	山口県防府市及び山口市
2009年８月	崩壊・土石流	福岡県那珂川町
2010年２月	地すべり	富山県富山市折谷地区
2010年４月	地すべり	新潟県妙高市上平丸
2010年７月	崩壊・土石流	広島県庄原市
2010年８月	崩壊・土石流	北海道芦別市幌内国有林 3353 林班
2010年10月	崩壊・土石流	佐賀県吉野ヶ里町
2011年１月	火山噴火	鹿児島県霧島市、宮崎県都城市（新燃岳）
2011年３月	崩壊・土石流、地すべり	福島県他（東日本大震災）
2011年３月	崩壊・土石流	長野県栄村
2011年７月	崩壊・土石流	高知県奈半利川地区
2011年８月	崩壊・土石流	奈良県和歌山県他
2011年９月	崩壊・土石流	三重県紀北町鍛冶屋又川上流
2011年９月	崩壊・土石流	山梨県大月市七保地区
2011年９月	崩壊・土石流	静岡県天竜市水窪地区地頭方国有林内中俣沢
2012年２月	表層雪崩	北海道上富良野町三段山
2012年２月	表層雪崩	秋田県仙北市玉川温泉
2012年４月	地すべり	北海道苫前町霧立
2012年４月	地すべり	山形県大蔵村肘折地区
2012年７月	崩壊・土石流	熊本県阿蘇地方、大分県別府市他
2012年８月	崩壊・土石流	滋賀県大津市
2012年12月	地すべり	熊本県球磨郡五木村下梶原
2013年４月	地すべり	山形県戸沢村角川
2013年４月	地すべり	山形県鶴岡市越中山
2013年７月	崩壊・土石流	島根県西部、山口県北東部、南部
2013年８月	崩壊・土石流	秋田県仙北市田沢湖田沢供養佛地区
2013年10月	崩壊・土石流	東京都大島町元町地区他
2014年３月	雪崩	山梨県南都留郡鳴沢村鳴沢（富士スバルライン４合目）
2014年７月	崩壊・土石流	岐阜県南木曽町南木曾岳北西斜面
2014年７月	崩壊・洪水・土砂流出	山形県南陽市・白鷹町
2014年８月	崩壊・土石流	広島県広島市安佐北区・安佐南区

文　献

阿部和時（1997）樹木が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究. 森林総研研報, 373, 105-181.

Iida, S., Ito E., Shimizu, A., Nobuhiro, T., Shimizu T., Kabeya, N., Tamai, K., Araki, M., Chann, S. and Keth, N. (2013) Year-to-year differences of two species in a low-land evergreen forest, central Cambodia. JARQ, 47: 319-327.

Iida S., Shimizu T., Tamai K., Kabeya N., Shimizu A., Ito E., Ohnuki Y., Chann S. and KethN. (2015) Interrelationships among dry season leaf fall, leaf flush and transpiration: insights from sap flux measurements in a tropical dry deciduous for-est. ECOHYDROLOGY, DOI: 10.1002/eco.1650.

Kabeya, N., Shimizu, A., Nobuhiro, T. and Tamai, K. (2008) Preliminary study of flow regimes and stream water residence times in multi-scale forested watersheds of central Cambodia. Paddy and Water Environment, 6: 25-35.

Kabeya, N., Shimizu, A., Tamai, K., Shimizu, T., Iida, S., Ohnuki, Y., Chann, S. and Satha, S. (2014) Three years water budgets in a deciduous broad-leaved forested watershed of Cambodia in 2010 to 2012. Proceedings of “9th International Work-shop on Forest Watershed Environment Research in Cambodia”, 31-35.

久保田多余子・金子智紀（2014）常陸太田試験地の間伐による蒸発散量の変化. 森林と林業, 2014 年 6 月, 14-15.

久保田多余子・野口正二・坪山良夫・延廣竜彦・金子智紀・岩谷綾子（2013）間伐による森林からの流量・蒸発散量の変化. 森林総合研究所平成 25 年度版研究成果選集, 38-39.

小川泰浩　他（2012）高濃度火山ガスが噴出する三宅島噴火堆積物斜面における噴出物表層部の理化学性変化が植生回復に与える影響. 日本緑化工学会誌, 38, 290-301.

小川泰浩・明間民央・大丸裕武（2011）雲仙普賢岳火砕流堆積斜面における緑化植物の植生調査と降雨時の表面流観測. 砂防学会誌, 63, 78-82.

Okada, Y. and Kurokawa, U. (2015) Examining effects of tree roots on shearing resis-tance in shallow landslides triggered by heavy rainfall in Shobara in 2010. Journal of Forest Research, 20, 230-235.

岡田康彦・黒川潮（2012）ヒノキ根系のせん断抵抗力補強に関する実験的検討. 関東森林研究, 63, 141-144.

岡本隆・松浦純生・阿部和時（2015）積雪期における地すべり土塊の鉛直変位観測. 日本地すべり学会誌, 日本地すべり学会誌, 52(1), 21-28.

岡本隆・松浦純生・浅野志穂（2008）積雪地域における浅層地すべりの変形機構. 日本地すべり学会誌, 44, 20-30.

太田猛彦（2012）森林飽和　国土の変貌を考える. NHK ブックス, 258pp.

延廣竜彦・坪山良夫・玉井幸治・久保田多余子（2014）間伐による水源かん養機能は樹

冠が閉鎖しても継続する. 森林総合研究所平成 26 年度版研究成果選集, 42-43.
澤野真治（2014）メコン河流域森林域の水資源賦存量分布. 水利科学, 338, 17-32.
清水貴範（2014）熱帯モンスーン地域のカンボジア国森林流域における水文研究－研究の背景と概要および主な研究成果について－. 水利科学, 335, 1-13.
多田泰之・藤田正治・堤大三・小山敢・河合隆行・奥村武信・本田尚正（2007）地中水みちと崩壊発生位置の関連性. 砂防学会誌, 60, 3-11.

気象環境研究領域

1. 試験研究の動向

気象環境研究領域では、海岸防災林に関する研究、森林の気象災害防止に関する研究、森林気象に関する研究、十日町試験地における雪崩の研究及び樹冠遮断メカニズムに関する研究を推進してきた。

1.1 海岸防災林に関する研究

日本の原風景の一つともいえるクロマツ海岸防災林は、防潮、防風、飛砂防止等の機能を持ち、これまで多くの人々の暮らしを守ってきた。しかし、その機能を維持していくには、解決すべきいくつかの課題を抱えている。すなわちマツ材線虫病に関する課題、前砂丘の維持・管理に関する課題、本数調整に関する課題、広葉樹林化に関する課題等であり、気象害・防災林研究室では、前砂丘の維持・管理に関する研究、本数調整に関する研究、広葉樹林化に関する研究を進めている。さらに 2011 年の東日本大震災以降は、津波災害を軽減する海岸防災林のはたらきが注目されるようになった。海岸防災林の津波被害軽減機能定量化に関しては、世界に先駆けて研究を進めている。

1.2 森林の気象災害防止に関する研究

森林の気象災害は、林木に対し、気温、降水、風、日射等の気象因子が作用することによって発生する被害であり、特に異常な気象現象によって林木に悪影響がでる場合を指すことが多い。おもに現象面から見た誘因によって、凍害、寒風害、雪圧害、冠雪害、風害、乾燥害、水害、潮害などに区分される。また、日本の林野火災は、発生原因のほとんどが人為によるものであるため厳密な意味での気象災害とはいえないが、火災の発生や延焼には気象条件が大きく関与していることから、気象災害として扱われるのが一般的である。日本で発生する気象災害のうち、被害が大規模化しやすいのは風害、雪害、林野火災であり、気象環境研究領域でもこの 3 課題を中心に研究を行っている。

1.3 森林気象に関する研究

森林気象に関する研究では、森林の二酸化炭素吸収量に関する研究や、東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う空間線量率に関する研究、森林・緑陰の暑熱シェルター効果に関する研究等を行ってきた。森林の二酸化炭素吸収に関する研究は、これまで森林の現存量や生産量の推定を中心に行われてきた。1960 ～ 70 年代に実施された国際生物学事業計画（IBP）では、植物生態系の炭素蓄積量や純生産量などが世界の多くの地点で調査された。1990 年代になると、大気から地表に向かう二酸化炭素量を観測機器によって直接測定する、いわゆるタワーフラックス観測が行われるようになった。現在では、地球温暖化の緩和策として森林の二酸化炭素吸収量を定量的に把握するため、世界各地の森林で二酸化炭素フラックス観測が行われている。森林総合研究所でも、アジアにおける地域観測

研究ネットワークであるアジアフラックスネットワークの一員として、観測タワーを用いた微気象学的手法による二酸化炭素フラックス観測を行っている。

（後藤義明）

1.4　森林による雪崩の減勢、雪崩発生時の積雪構造に関する研究

海岸林には津波の減勢効果があり、被害が軽減されることが知られている。森林は雪崩に対しても同様の減勢効果を発揮すると予測されるが、それを裏付ける研究はほとんどなく不明な点が多い。そこで、雪崩で損傷を受けた森林を調査して雪崩の状況をシミュレーションで逆算・再現することにより、森林の雪崩減勢効果を評価する手法を開発・適用した。

従来、雪崩発生の原因を特定する手段は現地調査しかなかった。しかし、悪天候や二次災害発生の可能性がある等の理由で現地調査が十分に行えず、最終的に発生原因が検証できない状態のまま対策工事等が行われる場合もあった。この問題の解決は困難であると考えられてきたが、近年、気象データから積雪層内の状態をシミュレーションする手法が開発され、雪崩発生原因の推定が可能となった。そこで、観測に成功した雪崩についてこの手法を適用し、発生原因を検討した。

1.5　樹冠遮断メカニズムに関する研究

森林に降る雨の約 4 割は蒸発して大気に戻される。残りの約 6 割が河川水又は地下水として流出し、水資源として利用可能となる。蒸発の約半分は樹冠遮断が占めているため、いかにして樹冠遮断を減少させつつ健全な森林に導くかが水源林整備におけるひとつのポイントとなる。樹冠遮断のほとんどは降雨中の蒸発であることは分かっているが、そのメカニズムは不明である。水源林整備を効率的に進めるためには樹冠遮断メカニズムの解明を進める必要がある。近年、樹冠遮断は樹冠表面からの蒸発だけではなく、雨滴飛沫の蒸発もかなりの部分を占めるとの説が提唱されたが、検証はなされていない。そこで、ヒノキ林、及び模擬木における樹冠遮断観測の結果から飛沫蒸発説の間接的な検証を試みた。

（村上茂樹）

2.　研究の成果

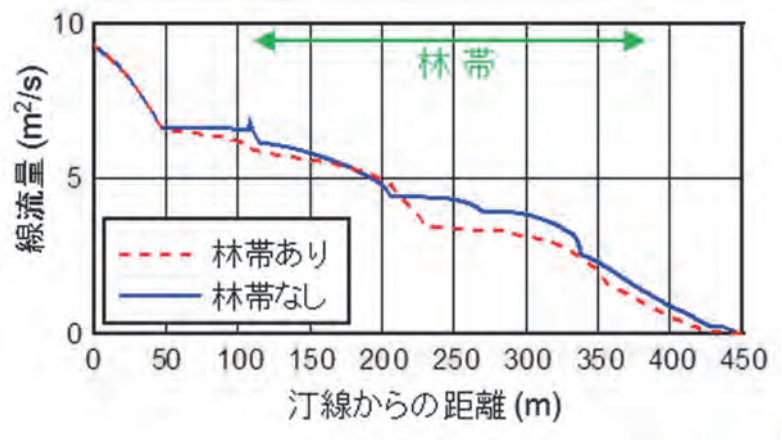
2.1　海岸防災林に関する研究

日本の海岸林の多くはクロマツ海岸林と考えられるが、クロマツ海岸林の造成にあたっては、早く鬱閉させる必要から 一般に 10,000 本 /ha の密植が行われている。しかし、その後の本数調整が適切に行われておらず、ほとんどの海岸林は過密状態となっている。本数が調整されている場合でも、その実施が遅かったために海岸林を構成するクロマツは樹高の割には直径が細く、下枝の枯れ上がった気象害に弱い形状をしている。今後予想される台風の大型化や高潮の危険性の増大などに備えて、幹が太く枝葉がしっかりした健全な林帯に導く必要がある。こうしたことから既往の研究成果に基づいてクロマツ海岸林の管理手順を示した手引き書（森林総合研究所 2011）を作成した。この手引き書は、具体的

な本数調整手順を示すことでクロマツ海岸林の本数調整が進むことを期待して作られている。

クロマツ海岸林の広葉樹林化の問題は、大きく二つに分けられる。ひとつは，クロマツ林に侵入した広葉樹の取り扱いであり、もうひとつはマツ材線虫病の防除が困難な場所において、クロマツ海岸林を積極的に広葉樹林化できないかという問題である。これらの問題に対し、手引き書（森林総合研究所 2014）を作成し、クロマツ海岸林に自然侵入した広葉樹等を活用して林相転換を図るための方法を示した。クロマツ海岸林を広葉樹林へ積極的に転換するには、広葉樹の苗を人工的に導入する方法と、すでに侵入・定着している広葉樹を育成する方法があるが、この手引き書では後者の方法を扱っている。現状では自然侵入した広葉樹が生育・混交しているクロマツ海岸林が増えており、まずこうした個体の育成方法を確立することが重要である。

2011 年 3 月の東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波によって、東北地方から関東地方にかけての海岸林は大きな被害を受けた。海岸林の被害状況は、押し寄せた津波の規模や地形条件、海岸林の規模や林相、表土条件などによって大きく異なっていた。林木の被害は傾斜・倒伏、幹折れ、流出など様々な形態をとり、林全体がなぎ倒されたようになることも多かった。一方で、海岸林は押し寄せる津波への抵抗として働くことで、津波の到達時間や流速を減少させたとも考えられる。こうしたことから、クロマツを対象とした水路実験を行い、津波を再現するシミュレーションモデルを作成した。このシミュレーションモデルを 2011 年 3 月の津波で被害を受けた青森県三沢市の海岸林に適用し、クロマツ海岸林が津波を弱める効果を評価した。この海岸林は、波打ち際からの距離が 110m から 380m 付近にかけて林帯があり、2011 年の津波では波打ち際から 200m までの範囲で被害が発生した。実際に現地で観測された浸水状況に合うようにシミュレーションの条件を調整して津波を再現した結果、波打ち際から 380m 地点で比較すると、線流量（一定幅の流量）の最大値は、海岸林がある場合が 1.0m^2／秒であったのに対し、ない場合は 1.4m^2／秒となり（図－ 1)、海岸林が津波を弱める効果を数値的に評価することができた（野口ら 2012)。このモデルで推定した被害発生指標（クロマツ根元が受ける曲げモーメント



図－ 1　線流量の各地点の最大値（野口ら 2012）

／被害発生モーメント）は、海岸林縁で特に大きく、内陸側に向かって減少する傾向を示し、実際の被害の分布を概ね説明できた。さらにこのモデルを用いて過密クロマツ林と健全クロマツ林に流れ込む津波を比較したところ、過密クロマツ林の方が、流体力の減殺、到達距離の短縮、到達遅延の各効果が 2 倍程度大きかった。しかし、津波への物理的耐性は、過密クロマツ林よりも健全クロマツ林の方が大きいことが明らかになった。

2.2　森林の気象災害に関する研究

現在日本では間伐適期を過ぎて放置された森林が大量に発生し、その整備が喫緊の課題となっている。こうした放置林では、強度間伐を行うことにより風害のリスクが高まる危険性がある。そこで林分の風害リスク評価モデルを開発し、間伐率と風害リスクとの関係を予測した。林分における立木の受風面積と林内風速分布を樹冠形状モデル、風速分布モデルで推定し、林木ごとに倒伏判定を行い、倒伏すると推定された林木の立木密度を風害リスクとして定量化した。これら一連の計算過程を風害評価モデルとした。このモデルを用いて、仮想的に発生させた過密林分において間伐による風害リスクを計算したところ、本数間伐 30％以上では台風の襲来を受けたときに風害が発生すると推定された。過密林分で強度間伐を行うと風害リスクが高まるが、過密林分でも間伐率を抑えることでリスクは減らせると予測できた（鈴木 2011）。

2012 年 5 月に茨城県つくば市で発生した竜巻による森林被害を調査したところ、壊滅的な被害は 100m 前後の幅で発生しており、これは竜巻のスケールを反映していること、強風被害を受けにくい条件を備えた森林も壊滅的な被害を受けたことから、ひとたび竜巻の経路にあたれば、林況にかかわらず壊滅的な被害が生じること、倒木は竜巻経路の中心に向かって倒れる傾向が見られたことから、竜巻による風の収束を反映したものであること等が明らかになった（鈴木ら 2014）。

林野火災は発見が遅れると大規模な火災になることから、人工衛星を利用した危険度評価・早期発見システムを開発した（林野庁 2007）。危険度評価システムでは、衛星情報から植生乾燥度を推定し、植生乾燥度図を作成することで、発生しやすい地域を特定する。早期発見システムでは、周辺より高温になっている地点の情報から火災発生地点を検出する。

林野火災の延焼速度予測モデルとして最も一般的に使用されている Rothermel モデルと、林野火災の物理的強度の指標である Byram の火線強度を用いて、日本で発生する林野火災の強度を推定した。林床にコシダが密生するアカマツ林を除いて、いずれも 850kW/m 以下とアメリカやカナダの森林で報告されている地表火の火線強度の範囲内（10 ～ 15,000kW/ m）にあった。しかし、コシダが密生するアカマツ林の火線強度は 20,000 kW/m 以上に達していたと推定された。この値は、フィンボスやチャパラルなど、地中海性気候の下で繰り返し起こる火災によって維持されている植生での火線強度に匹敵するものであった。

日本で発生する林野火災により放出される温室効果ガス量を推定したところ、二酸化炭素量の平均放出量は約 50,000 ton ／年であり、一酸化炭素やメタン、窒素酸化物等、二

酸化炭素以外の温室効果ガス放出量は約 5,000 ton ／年と見積もられた。林野火災による二酸化炭素放出量は日本の森林が吸収した二酸化炭素量の約 0.03%であり、二酸化炭素を含めた温室効果ガス総放出量は、日本の温室効果ガス総放出量の約 0.002%と推定された（Goto and Suzuki 2013）。

2.3　森林気象に関する研究

森林総合研究所では、札幌（北海道:シラカンバ・ミズナラ林）、安比（岩手県:ブナ林）、富士吉田（山梨県：アカマツ林）、山城（京都府：コナラ・ソヨゴ林）、鹿北（熊本県：スギ・ヒノキ林）の 5 ヶ所の試験地で森林総合研究所フラックス観測ネットワークを構成し、二酸化炭素フラックス観測を行っている。これらの試験地での観測により、森林の二酸化炭素吸収量の評価と変動予測、森林ー大気間の熱・水蒸気・二酸化炭素輸送過程の解明とモデル化、モデル検証に向けたデータの収集・蓄積等を目的とした研究を進めている。

観測により得られたデータは、幅広い研究分野へ提供し森林の炭素収支や炭素循環メカニズムの解明につなげるため、データベースとして公開している（http://www2.ffpri.affrc.go.jp/ labs/flux/）。さらに、アジアフラックスネットワークの一員として、中国、バングラデシュ、タイなどアジアの国々においても観測体制の整備を支援してきた。これまで蓄積されてきた観測のノウハウをまとめた「フラックス観測マニュアル」（タワーフラックス観測マニュアル編集委員会 2011）を出版し、実際の現場での観測に資するとともに、観測データの品質向上にも努めている。これまでのタワー観測により、暖温帯の常緑針葉樹林は冬でも二酸化炭素を吸収するのに対し、落葉広葉樹林は冬の落葉期に二酸化炭素を放出する一方で、夏の二酸化炭素吸収量は常緑針葉樹林を大きく上回り、1 年間ではどちらも同じくらいの二酸化炭素を吸収していることを明らかにした。そのほか、森林のフェノロジーと吸収量変動の対応関係、虫害によって葉を失った森林の吸収量が短期的に減少する過程、大型台風による樹木の倒壊で森林が二酸化炭素の吸収源から放出源に変化する過程、さらに時間の経過で植生が回復するとともに再び吸収源に移っていく過程などが観測結果として得られている。

2011 年 3 月の東京電力福島第一原子力発電所の事故により、福島県を中心とする広い地域に放射性物質が拡散・沈着した。福島県郡山市の里山において、小型線量率計と鉛遮蔽台を用いた上下方向別の空間線量率測定を行い、除染前後での空間線量率変化に対する、樹種や土地利用の違いなどの影響を明らかにした（大谷ら 2013）。

気孔開閉による蒸散・光合成の制御の仕組みを明らかにし、森林における水・炭素動態をより精緻に把握するために、森林微気象多層モデルに同位体分別モデルを組込み、改良した。このモデルの大気輸送サブモデルについては、富士吉田試験地におけるレーザー分光を用いた森林内外の二酸化炭素安定同位体比の連続観測により検証されているが、更に、安定同位体を用いたラベリング実験や同位体年輪解析等により検証しつつ、発展させることにより、これまで捉えられることのなかった樹体内炭素動態の季節変動等を再現することが可能となる。

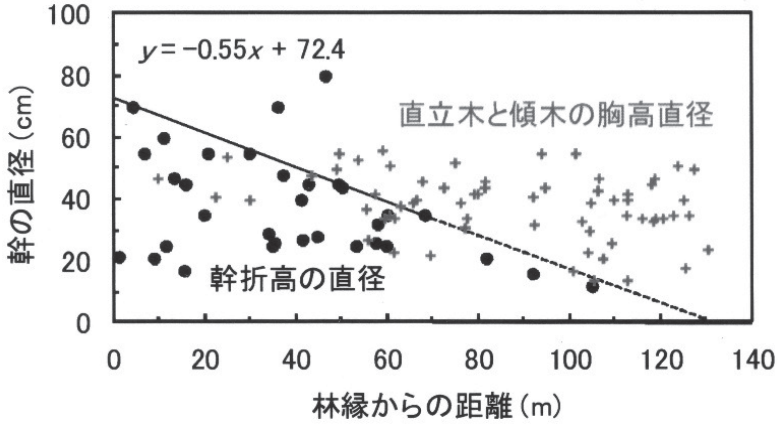
WBGT（暑さ指数）を指標として、森林・緑陰の持つ潜在的な暑熱シェルターとして

の有効性を調査した。5 月から 9 月の晴天時の緑陰では概ね熱中症の危険度を 1 ランク下げるほどの効果があり、やや疎な緑陰や曇天時においても同様の効果があることを明らかにした（岡野ら 2015）。

（後藤義明）

2.4　森林による雪崩の減勢、及び雪崩発生時の積雪構造に関する研究

2008 年 2 月 17 日に新潟県の妙高山の近くに位置する幕ノ沢で流下距離 3,000m の大規模雪崩が発生し、雪崩の一部はスギ林に流入した（竹内ら 2010）。スギの倒壊・損傷は林縁からの距離とともに減少し、雪崩は林縁から約 130m で停止した（図－ 2）。スギの破損状態から逆算すると、スギ林がないと仮定した場合、雪崩はさらに約 200m 進んでから停止することが示された。2010 ～ 2011 年冬期には岩手山西斜面で大規模な雪崩が発生した（竹内ら 2014）。幕ノ沢の場合と同様に、森林の損傷状況から森林による雪崩の減勢効果をシミュレーションしたところ、森林がない場合は流下距離が大幅に増加することが示された。



図－ 2　林縁からの距離と幹直径の関係
●：幹折れ高の直径、＋：折れなかった幹の胸高直径

幕ノ沢において発生した 5 件の雪崩について、発生原因をモデルから推定した（Takeuchi and Hirashima 2013）。3 件の雪崩は昼夜の気温差によって積雪層内に霜が形成され、雪粒子間の結合が弱い「こしもざらめ層」ができたことが原因と判明した。残りの 2 件のうち 1 件は、短時間の大量降雪で新雪層が自重で崩れたことが原因であり、もう 1 件は急激な気温上昇によって融雪水が浸透し積雪強度が低下したことが原因であることが分かった。

2.5　樹冠遮断メカニズムに関する研究

Murakami（2007）はヒノキ林で樹冠遮断を観測し、2 つの逆算型モデルと熱収支モデルで観測値の再現を試みた。2 つの逆算型モデルは観測値を再現できたが、熱収支モデルの計算値は観測値よりも 6 割小さくなった。熱収支モデルは樹冠表面からの蒸発のみを

仮定していることから、この過小評価分は飛沫蒸発であると考えられる。Murakami and Toba（2013）は模擬木（プラスチック製クリスマスツリー）を用いた樹冠遮断観測を行い、樹冠遮断を降雨中、降雨休止中、及び降雨後の蒸発に分離して解析した。蒸発量は降雨中が圧倒的に多く、次に多いのが降雨後であった。降雨休止中はほとんど蒸発が生じないことから、樹冠表面からの蒸発はわずかであること、降雨中蒸発は樹冠表面からの蒸発のみでは説明できず飛沫蒸発が多くを占めている可能性のあることが示された。

（村上茂樹）

文　献

Goto, Y. and Suzuki, S. (2013) Estimation of carbon emissions from forest fires in Japan, 1979-2008, Int. J. Wildland Fire, 22, 721-729.

Murakami, S. (2007) Application of three canopy interception models to a young stand of Japanese cypress and interpretation in terms of interception mechanism. J. Hydrol., 342, 305-319.

Murakami, S., Toba, T. (2013) Experimental study on canopy interception using artificial Christmas trees to evaluate evaporation during rainfall and the effects of tree height and thinning. Hydrol. Res. Lett., 7, 91-96.

野口宏典・佐藤創・鳥田宏行・真坂一彦・阿部友幸・木村公樹・坂本知己（2012）2011年東北地方太平洋沖地震津波によるクロマツ海岸林被害の数値シミュレーションを用いた検討－青森県三沢市の事例－. 海岸林学会誌, 11, 47-51.

岡野通明・萩野裕章・高梨聡・鈴木純（2015）暑熱シェルターとして緑陰の有効性. 関東森林研究, 66, 97-98.

大谷義一・坪山良夫・岡野通明・橘内雅俊・新津修（2013）森林域における除染効果確認のための上下方向別空間線量率測定. 関東森林研究, 64, 89-92.

林野庁（2007）平成18年度林野火災対策に係る研究調査報告書. 林野庁, 40pp.

森林総合研究所（2011）クロマツ海岸林の管理の手引きとその考え方－本数調整と侵入広葉樹の活用－. 森林総合研究所第2期中期計画成果, 24, 55pp.

森林総合研究所（2014）クロマツ海岸林に自然侵入した広葉樹の活用法－松枯れから防災機能を守るための広葉樹林化－. 森林総合研究所第3期中期計画成果, 17. 45pp.

鈴木覚（2011）強度間伐に伴う風害リスクの回避. 森林総合研究所編“管理水準低下人工林の機能向上のための強度間伐施業技術の開発”, 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集, 33, 6-12.

鈴木覚・後藤義明・北村兼三・高梨聡・岡野通明・野口宏典・大谷義一・坂本知己（2013）平成24年5月6日に茨城県常総市からつくば市にかけて発生した竜巻による森林被害. 日本森林学会誌, 95, 32-36.

Takeuchi, Y., Hirashima, H. (2013) Snowpack estimations in the starting zone of

large-scale snow avalanches in the Makunosawa valley, Myoko, Japan. Ann. Glaciol., 54, 19-24.
竹内由香里・鳥田宏行・西村浩一・坂本知己・萩野裕章・後藤義明・村上茂樹・遠藤八十一 （2010）妙高山域幕ノ沢の大規模表層雪崩によるスギ林の倒壊状況と雪崩速度の推定. 雪氷, 72, 115-125.
竹内由香里・鳥田宏行・野口正二・伊豫部勉・平島寛行・小杉健二・根本征樹・佐藤研吾・平山順子・阿部修（2014）岩手山で 2010-11 年冬期に発生した大規模雪崩による亜高山帯林の倒壊状況と雪崩速度の推定. 雪氷, 76, 221-232.
タワーフラックス観測マニュアル編集委員会編（2011）タワーフラックス観測マニュアル. タワーフラックス観測マニュアル編集委員会, 169pp.

森林微生物研究領域

1. 研究の動向

1988（昭和 62）年、林業試験場から森林総合研究所に組織改変・名称変更された際に、旧保護部樹病科および旧土壌部土壌微生物研究室を含める形で、森林生物部森林微生物科が編成された。2001（平成 13）年の独立行政法人化に伴い、旧森林微生物科は森林微生物研究領域に名称変更され、さらに 2015（平成 27）年の国立研究開発法人化を経て現在に至っている。

森林微生物研究領域では、伝統的に林木をはじめとした樹木の病害、および菌根菌などの樹木共生微生物を主要な研究対象としてきた。近年では、これらに加えてマツタケの栽培技術開発や、雄花寄生菌によるスギ花粉飛散抑止技術開発などの森林生息性微生物の有効利用に関する研究、森林管理技術が森林生息性微生物の多様性に及ぼす影響評価、さらに国産漆の増産に対応するためのウルシの管理技術や被害防除技術の開発など、対象とする研究課題は多様化しつつある。また、樹木病害に関する研究の中でも、マツノザイセンチュウや南根腐病菌などの分子生態学的研究や、サクラてんぐ巣病菌のゲノム解析といった、分子生物的手法を用いた研究も成果をあげつつある。

研究の多様化に伴い、他の領域との共同研究も増加している。樹木病害研究については、従来から森林昆虫研究領域との連携が顕著であったが、宿主樹木の品種とその病害に対する感受性の関係解明という観点から、近年では森林遺伝研究領域や林木育種センターなどとの共同研究も増加しつつある。その他、腐朽の診断に関して木材特性研究領域、根粒菌や菌根菌などの共生微生物の利活用に関しては、植物生態研究領域、森林植生研究領域、立地環境研究領域、水土保全研究領域、マツタケ栽培に関して、生物工学研究領域、バイオマス化学研究領域、きのこ・微生物研究領域、多様性関連研究について森林昆虫研究領域や森林植生研究領域、放射能汚染研究についてはきのこ・微生物研究領域や立地環境研究領域など、様々な分野で多様な研究領域との研究連携を深めている。

（服部力）

2. 研究の成果

2.1 マツ材線虫病

わが国は長いマツ材線虫病研究の歴史の中で、病原体や媒介昆虫の発見など注目すべき成果をあげてきた。しかし、これまでの研究は、生態的、疫学的な記述が多く、詳細な発病機構に迫るものではなく、本病の根本的な解決には至ってはいない。近年、分子生物学的手法等の発展に伴い、これまでに困難であった研究が展開されつつある。以下に最近行われた 2 つの研究を紹介したい。

マツ材線虫病診断キットの開発：これまでマツ材線虫病の診断は、本病の感染が疑われるマツから材片を採取し、そこから分離された線虫がマツノザイセンチュウかどうかについて顕微鏡下で同定する必要があった。この作業には多くの労力と専門的な知識や経験が

必要である。そこで、LAMP 法によりマツノザイセンチュウ特異的な DNA を検出することにより、簡便且つ迅速に診断する方法が開発され（Kikuchi et al. 2009）、商品化された。これにより、専門的な知識や技術がなくても、マニュアル通りに操作することで、マツ材線虫病の診断が正確に行われるようになった。

マツノザイセンチュウドラフトゲノムの解明：マツノザイセンチュウの病原性や宿主との相互作用を解明するために、本線虫の全ゲノムが解読された（Kikuchi et al. 2011）。これにより本線虫は約 18,000 個の遺伝子を持っていること、食物消化およびストレス対応に関わる遺伝子が他の線虫に比べ増えていること、本線虫の細胞壁分解酵素は水平転移によって獲得された可能性が高いことなど、本線虫は他の植物寄生性線虫と異なる独自の寄生戦略を持つことが明らかになった。得られたゲノム情報は本病の遺伝子レベルでの発病機構に関する研究の基盤情報となるほか，今後の新たな松枯れ防除法の開発にも役立つと期待される。

（佐橋憲生・秋庭満輝）

2.2　腐朽病害

近年、間伐あるいは主伐期を迎えたスギやトドマツにおいて、腐朽病害が顕在化してきた。そこで被害状況や感染生態について明らかにするとともに、この 10 年間に大きく進展した分子系統学的手法をもちいた病原菌の分類および同定が進められた。その結果、スギについては、これまで腐朽被害が少ないと考えられていたが、新たに *Physisporinus* 属菌等複数の種が腐朽被害の原因菌として明らかにされた。*Physisporinus* 属菌については、熊本県下の 80 年生大径木に激しい材腐朽が発見されたことを機に、全国から腐朽被害が報告されたことから、長伐期化にともなって今後被害の拡大が懸念される。また、スギの非赤枯性溝腐病については、これまでサンブスギという 1 挿し木品種に多発する千葉県に限定的な病害であるとされていたが、千葉県外でも、サンブスギ以外のスギ品種においても病害が発生することと、その病原菌はナシ萎縮病やサワラおよびコウヤマキ等の枝枯れおよび溝腐症状を引き起こす原因菌と同一であることが明らかにされ、混乱していた学名が *Fomitiporia torreyae* に確定した（Ota et al. 2014）。また、北海道において伐期を迎えているトドマツについては、根株腐朽病害「まつのねくちたけ病」について被害状況と感染拡大方法が明らかにされ、病原菌はヨーロッパ産のトウヒに激害を与えている種と同一であることが明らかにされた。

また、近年問題化しているシカなどによる獣害と腐朽被害の関係が調査され、キンイロアナタケによるヒノキの根株腐朽病害では、シカの剥皮被害が腐朽被害の激害化および被害率増加に影響することが明らかにされた。

その他にも、1990 年代から南西諸島の防風林などで問題とされていたシマサルノコシカケを病原菌とする南根腐病が小笠原諸島より報告され、小笠原諸島の固有樹種を含む多数の樹種に被害を与えていることが明らかにされた。

（太田祐子）

2.3　その他の病害

その他、特筆すべき研究として以下の 3 例について紹介する。

サクラてんぐ巣病は、日本の春の風物詩であるとも言えるソメイヨシノをはじめとするサクラ類に大きな被害を及ぼしている。サクラてんぐ巣病（*Taphrina wiesneri*）とそれに近縁ではあるが、宿主や病徴が異なるタフリナ属菌 3 種のゲノムを解読した（Tsai et al. 2014）。4 種のゲノムサイズ、遺伝子数やその種類は類似していた。同時に 4 種の菌はそれぞれの宿主に適応して寄生を成立させるような寄生関連遺伝子の増加や水平転移による新たな遺伝子の獲得などが起こっており、これらの違いが各宿主への寄生成立や病徴の差異に関与していることが示唆された。これらのゲノム情報は寄生性の分化機構、宿主 - 寄生者相互作用などの基礎的な研究の基盤情報となるとともに、これらの情報に基づいた新たな防除技術の開発が期待される（升屋ら 2015）。

世界三大樹木病害の一つであるニレ立枯病は北アメリカやヨーロッパにおいてニレ類に猛威を振るっている。従来、本病原菌（*Ohiostoma ulmi*, *O. novo-ulmi*）はわが国では確認されていなかった。近年、北海道においてハルニレやオヒョウの倒木、それに穿孔しているニレノオオキクイムシから、本病原菌が確認され（Masuya et al. 2010）、北海道での分布が明らかになった。日本に生育するニレ類（ニレ、ケヤキ、エノキなど）は、本病に抵抗性とされており、これまで本病による立枯れ被害の報告はないが、今後、日本在来のニレ類に対する病原性やどのようにして我が国に分布するようになったかを正確に把握するなどの研究を行う予定であり、現在進行中である。

平成 22 ～ 24 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「地域活性化を目指した国産ウルシの持続的管理・生産技術の開発」では、樹高成長と土壌との関係解析から、ウルシ植栽適地は褐色森林土（乾性）であることを明らかにし、ウルシが集団的に枯損する被害の原因を *Rosellinia necatrix* による白紋羽病であると特定した（Takemoto et al. 2012）。また、これらの研究成果などを取りまとめ、国産ウルシの持続的管理・生産技術マニュアルを作成し（田端 2013）、「漆サミット 2012 in 浄法寺」で配布・普及した。

（佐橋憲生・田端雅進）

2.4　森林微生物の多様性

サルノコシカケ類と総称される木材腐朽菌の一群は、基質である倒木などの樹種やサイズなどによって発生する種が異なり、森林の状態を反映することなどから、森林における生物多様性研究の対象としてしばしば用いられる。茨城県北部の森林において木材腐朽菌の調査を行ったところ、広葉樹天然林と針葉樹人工林では種組成が異なること、広葉樹天然林では林齢が高くなると種数が増加すること、ブナ倒木とナラ類・クリの倒木では発生する種が大きく異なることなどが明らかになった（Yamashita et al. 2012）。一部の種は大径倒木に特異的もしくは発生が偏っており、これらの存在が老齢林における種数の豊かさの一因と考えられる。

東南アジア低地熱帯林における調査の結果、これら地域では地域固有種が多くまた全体の種数が多いこと、フタバガキ科樹木に発生の偏る種が存在すること、強度の伐採により

種数が減少する可能性があることなどが明らかになった（Hattori et al. 2012）。

エアサンプラーを用いて空中浮遊菌を収集し、DNA 解析に基づいた多様性評価を行った結果、樹種、広葉樹林率、林齢の違いによって頻度の異なる種の存在が明らかになった。この手法は、子実体を形成しない菌群や子実体が形成されない状態の菌に対しても適用可能であり、今後多くの菌群・機能群に関する多様性研究の展開が期待される。

また、昆虫寄生性線虫、木材腐朽菌、樹木病原菌などについて、系統関係の解明や新種の記載を行った。

（服部力）

2.5　菌類を活用したスギ花粉飛散防止法の実用化に向けて

スギ花粉症は我国の 5 人に 1 人が発症している病気で、国民病とも言われている。林野庁はスギ花粉発生源対策として「花粉の少ない森林への転換」を図っているが、これを完遂するには膨大な年月と労力が必要となる。このような中、即効性があり、かつ化学農薬を使用しない環境低負荷型のスギ花粉飛散防止法として、天然に生育する微生物を使って花粉の飛散を防止するという生物防除法の開発に着手した。その結果、2004 年春、福島県西会津町のスギ林において、スギの雄花を枯死させる菌類を発見し、*Sydowia japonica* と同定した（Hirooka et al. 2013）。そこで、本菌の胞子を散布して雄花のみを枯死させ、花粉の飛散を人為的に抑止させるスギ花粉飛散防止液の開発に取り組んだ。しかし、胞子を殺菌水に混ぜて散布してもスギ雄花は容易に枯死せず、なかなか接種試験は成功しなかった。試行錯誤の末、2011 年に散布後の胞子の乾燥枯死を防ぐ目的で大豆油と大豆レシチンを混和させた乳剤を作成し、10^7 個胞子／ cc を含んだ防止液を 1 回だけスギ雄花に散布することで、約 80%以上の雄花を枯死させることに成功し（写真－ 1）、スギ花粉飛散防止液の開発に至った（窪野 2013）。本研究の成果は、「スギ花粉飛散抑制剤およびスギ花粉飛散抑制方法」と称して 2014 年 6 月に特許登録された。本防止液は天然に存在する微生物（菌類）を使用するため、環境に対する負荷が少ないというメリットがある。しかしながら、実際に防止液を野外に生育するスギ林に施用するためには、農薬取締法に従って微生物農薬として農薬登録を行う必要がある。今後は、実用化に向けて、防止液の環境への安全性の立証試験や薬効試験を行い、農薬登録の取得を目指した研究が必要である。



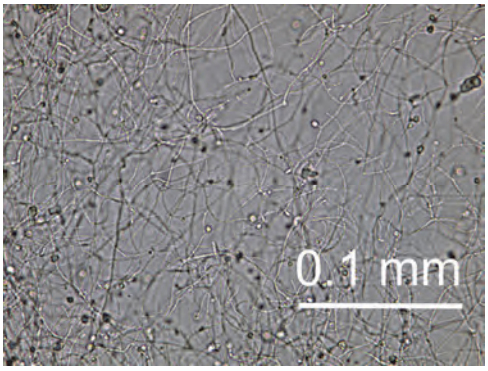
写真－ 1　乳剤の散布によって黒変枯死した雄花花序

（窪野高徳）

2.6　根粒菌や菌根菌の活用技術

菌根菌や根粒菌などの共生微生物の有効利用技術の開発に向けて、これら微生物の生態的生理的特性の解明を行ってきた。ハンノキ、ヤマモモ、グミなどの樹木の根粒菌で

あるフランキア菌（写真－2）について、分離培養の手法や根粒の形態的特性を紹介するとともに、根粒の形成や窒素固定活性発現の環境要因の影響について明らかにした（山中・岡部 2008）。菌根菌については、これまで収集した培養菌株について、各種培地での生育特性を明らかにし（赤間ら 2008）、菌根菌の取り扱いや、菌根菌の接種や、感染苗の育苗手法について、マニュアルを作成して成果の普及に努めた。これら共生微生物の活用事例としては自然災害跡地の植生回復があり、伊豆諸島、三宅島の 2000 年噴火跡や伊豆大島の集中豪雨による地すべり跡での、菌根菌やフランキア菌の生存様式の解明に取り組んできた。2011 年 3 月の東日本大震災による東京電力福島第一原発事故による放射性物質の拡散による森林生態系への影響解明も行ってきている。土壌中に蓄積した放射性物質の樹木への移行については、樹木の根に感染する菌根菌の役割が重要であることから、菌根菌の放射性物質の吸収様式を、培養菌や菌根感染苗へのセシウム添加試験によって明らかにした（小河ら 2015）。

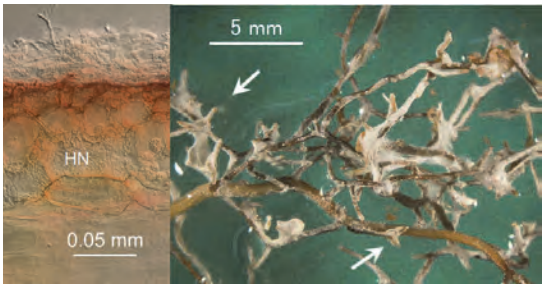


写真－2　ヤマハンノキ根粒から分離したフランキア菌

（山中高史）

2.7　マツタケ人工栽培技術開発に向けた研究

マツタケの人工栽培技術の開発に向けて古くからさまざまな試みがなされてきた。マツタケは、マツ類樹木の生きた根に感染して菌根をつくり、樹木から栄養分を得て、土壌中に菌糸塊（シロ）発達させる菌であり、その樹木との菌根共生の解明が必要である。そこで、森林総合研究所交付金プロジェクト「マツタケの養分獲得に関する生物間相互作用の解明」（平成 20 年～ 22 年）においては、アカマツの菌根を人工的に作成し（写真－3）、マツタケ菌根における発現遺伝子の特定に成功した。また、マツタケ感染によるアカマツ苗の炭素配分量の変動を明らかにした。一方、マツタケが発生するシロ外縁部では、窒素固定細菌の活性や土壌細菌数が低下し、またシロから細菌類の成長を阻害する作用が認められるなどのシロの発達特性を明らかにした。また、農林水産技術会議・新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「広葉樹林に発生するマツタケ近縁種の栽培技術の開発」（研究代表；滋賀県：平成 21 年～ 23 年））においては、広葉樹林にて発生するバカマツタケやニセマツタケとマツタケとの類縁関係を、遺伝情報およびナラやマツの無菌苗への接種試験による菌根形成能によって明らかにした。これらマツ



写真－3　アカマツ実生へマツタケ菌株を接種して形成された外生菌根
右：細根部が白色の菌糸（矢印）に覆われている、
左：細胞間隙に菌糸が侵入している（HN）。

タケの菌根共生や発生生態などの基礎的な研究成果を踏まえて、平成 27 年度より、農林水産省委託プロジェクト「高級菌根性きのこ人工栽培技術開発」において、5 大学や 7 道府県林業関係研究機関と共同研究体制を組織化して、マツタケ人工栽培技術の開発に関する研究プロジェクトを開始した。

（山中高史）

3. 今後の課題

近年、森林施業技術の変化や獣害の増加などにより、樹幹傷に起因した辺材腐朽を始めとする腐朽被害が増加している。しかし、腐朽などの材質劣化病害の多くは防除が困難で、適切な被害軽減策が開発されていない。また、サクラなどの緑化・庭園樹病害は、美観を損ねるだけでなく、風倒や幹折により人的・物的被害を及ぼすこともある。これらは国民からの関心も高く、適切な被害軽減策やリスク回避策を構築する必要がある。

病害の発生は、病原体だけではなく宿主の感受性や環境にも影響される。宿主樹木の抵抗性育種や、病害発生地の立地環境、気象などの解明も課題である。今後、林木の育種・遺伝や、立地、気象など他分野の研究者と連携した研究の充実が望まれる。樹木や林産物の輸出入に伴う、樹木病原微生物や材質劣化原因菌など有害微生物の移動制御も、大きな課題である。海外からの有害微生物侵入阻止の重要性は言うまでもないが、今後国内産林産物の輸出拡大を図る上で、輸出材などから有害微生物を検出し、これらの流出を阻止する技術も求められている。

また、近年、各地で多発する火山噴火被災跡や集中豪雨による土砂災害跡の植生回復や、人工林皆伐跡地の再造林に、菌根菌や根粒菌を適用した技術の開発も、生態系の早期再現と安定的維持という点で今後さらに重要となってくる

一方、これまで未利用、あるいは十分に利用できていない森林生息性有用微生物について、これらの収集探索および有効利用技術の開発も重要である。マツタケやトリュフ類などは高い経済的価値を有するものの、国内における人工栽培技術は確立されていない。また難防除性病害の一部については、拮抗微生物による生物防除が期待される。木材腐朽菌はその酵素利用などが見込まれ、酵素能などのインベントリー構築、さらには化学分野研究者との連携によるバイオアッセイ研究も期待される。

生物多様性研究については、今後はメタゲノム解析に重点がシフトしていくと考えられる。森林の健全性評価だけにとどまらず、微生物の生態系機能や経済価値評価につながる研究を進める必要があろう。

（服部力）

文　献

赤間慶子・岡部宏秋・山中高史（2008）様々な培地上での外生菌根菌の成長様式. 森林総合研究所研究報告, 7, 165-181.

Hattori, T., Yamashita, S. and Lee S-S. (2012) Diversity and conservation of wood-inhabiting polypores and other aphyllophoraceous fungi in Malaysia. Biodivers. Conserv., 21, 2375-2396.

Hirooka, Y., Masuya, H., Akiba, M. and Kubono, T. (2013) *Sydowia japonica*, a new name for *Leptoshaerulina japonica* based on morphological and molecular data. Mycological progress, 12, 173-183.

Kikuchi, T., Aikawa, T., Oeda, Y., Karim, N. and Kanzaki, N. (2009) A rapid and precise diagnostic method for detecting the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* by loop-mediated isothermal amplification (LAMP). Phytopathology, 99, 1365-1369.

Kikuchi, T., Cotton, J.A., Dalzell, J.J., Hasegawa, K., Kanzaki, N., McVeigh, P., Takanashi, T., Tsai, I. J., Assefa, S. A., Cock, P. J. A., Otto, T. D., Hunt, M., Reid, A. J., Sanchez-Flores, A., Tsuchihara, K., Yokoi, T., Larsson, M. C., Miwa, J., Maule, A. G., Sahashi, N., Jones, J. T. and Berriman, M. (2011) Genomic insights into the origin of parasitism in the emerging plant pathogen *Bursaphelenchus xylophilus*. PLoS Pathogen, 7(9), e1002219. doi:10.1371/journal.ppat.1002219.

窪野高徳（2013）菌類を利用したスギ及びヒノキ花粉飛散防止技術の開発. 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業　研究紹介 2013, 139-140.

Masuya, H., Brasier, C., Ichihara, Y., Kubono, T. and Kanzaki, N. (2010) First report of the Dutch elm disease pathogens *Ophiostoma ulmi* and *O. novo-ulmi* in Japan. Plant Pathology, 59, 805.

升屋勇人・菊地泰生・佐橋憲生（2015）サクラてんぐ巣病研究の最前線. 日本森林学会誌, 97, 153-157.

小河澄香・山中高史・赤間慶子・田原恒・山路恵子（2015）異なる窒素源を加えて培養した時の菌根菌および腐生菌のセシウム吸収量. 関東森林研究 66, 155-158.

Ota, Y., Hattori, T., Nakamura, H., Terashima, Y., Lee, S-S., Miyuki, Y. and Sotome, K. (2014) Taxonomy and phylogenetic position of Fomitiporia torreyae, a causal agent of trunk rot on Sanbu-sugi, a cultivar of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) in Japan. Mycologia, 106, 66-76.

田端雅進（2013）ウルシの健全な森を育て、良質な漆を生産する. 森林総合研究所編, 22pp.

Takemoto, S., Nakamura, H., Tabata, M., Sasaki, A., Ichihara, Y., Aikawa, T. and Koiwa, T. (2012) White root rot disease of the lacquer tree *Toxicodendron vernicifluum* caused by *Rosellinia necatrix*. Journal of General Plant Pathology, 78, 77-79.

Tsai, I. J., Tanaka, E., Masuya, H., Tanaka, R., Hirooka, Y., Endoh, R., Sahashi, N. and Kikuchi, T. (2014). Comparative genomics of *Taphrina* fungi causing varying degree of tumorous deformity in plants. Genome Biol. Evol., 6, 861-872.

山中高史（2012）マツタケ人工栽培技術開発に向けた研究. 森林総合研究所研究報告, 11, 85-95.

山中高史・岡部宏秋（2008）わが国に生育する放線菌根性植物とフランキア菌. 森林総合研究所研究報告, 7, 67-80.

Yamashita, S., Hattori, T. and Tanaka, H. (2012) Change in community structure of wood-inhabiting aphyllophoraceous fungi after clear-cutting in a cool temperate zone of Japan: Planted conifer forest versus broad-leaved secondary forest. Forest Ecol. Manag., 283, 27-34.

森林昆虫研究領域

1. 試験研究の動向

2001（平成 13）年の独立行政法人化に伴う組織改編によって、昆虫関連分野の研究室は、それまでの 5 研究室体制（昆虫管理、化学制御、昆虫生態、昆虫病理、昆虫生理）から 2 研究室体制（昆虫管理、昆虫生態）に統合され現在に至っている。担当する課題の構成も法人としての目標・計画の見直しのたびに大きく変更されてきたが、昆虫による森林被害への対応に関する研究および森林生物の多様性と生態系機能に関する研究という 2 つの大きな流れは、変わらずに継承されてきたと考える。以下にこの 10 年間の主な研究の成果を振り返る。なお、成果の多くは他領域や他機関と共同で行った研究によるものだが、本稿では共同研究の相手組織および相手研究者の名称は割愛させていただく。

2. 研究の成果

2.1 拡大危惧害虫の被害防止に関する研究

環境に優しい方法でナラ枯れ被害を軽減して拡大を防止するために、カシノナガキクイムシを集合フェロモンと樹木の揮発成分で大量に誘引して殺菌剤注入木に穿入させて自滅させる「おとり木」トラップ法を開発した。さらに、広域な森林への被害拡大を防ぐために、被害の発生予測と面的防除に関する技術開発を行った。全国レベルの被害発生予測については、落葉ナラ類に加えシイ・カシ類も組み込んだ被害警戒マップを作成した。地域レベルでは、被害の情報収集から予測までの労力と時間を短縮して防除戦略の迅速な立案を可能にするリアルタイム被害発生予測システムを開発した。防除法については、殺菌剤微量注入法を開発してコストを半減させた。また、伐倒丸太を大量に集積することで、駆除効果を向上させるとともに、チップとしての利用と広葉樹林の更新も可能な、面的防除のための大量集積型おとり丸太法を開発した。

アジア型マイマイガ（AGM）の侵入を警戒しているアメリカ、カナダ両政府が 2007 年に日本の一部の港をハイリスク港として指定し、これらに寄港した船舶に AGM 不在証明書の提示を求めるようになったことから、ハイリスク港指定解除を目指したマイマイガ密度管理方法の開発に取り組んだ。①防除対象地域の特定、②天敵微生物の利用、③物理的防除技術の改善に取り組み、これらの成果を総合して、ハイリスク港周辺におけるマイマイガ密度を環境負荷の低い方法で低下させる方策を提示した。

東日本の広葉樹林で拡大しているカツラマルカイガラムシ被害の防除法の開発に取り組んだ。被害地に隣接する未被害地において、被害地から 30m 以内に立つ胸高直径 15cm 以上の樹木の全てに殺虫剤を樹幹注入するという帯状施用法によって、未被害地への被害拡大を抑制できることを明らかにした。

そのほか、スギカミキリなど数種の害虫に対する地球温暖化の影響予測などを行った。

2.2　天敵を用いた虫害制御技術

寄生性天敵昆虫サビマダラオオホソカタムシをマツノマダラカミキリの防除に利用するために野外試験を行った。ホソカタムシの成虫と卵をマツ被害木に付けると、樹幹内のマツノマダラカミキリの 30 ～ 60%以上を死亡させることができた。また、天敵保存箱で増殖したホソカタムシを利用することにより、薬剤散布との併用を可能にした。

農薬による防除が難しいスギカミキリに対する天敵の個体数抑制効果を評価するために、寄生バチであるヨゴオナガコマユバチをスギカミキリ幼虫が穿入した生立木に放した。その結果、ハチが寄生できないようにした木での幼虫の死亡率が 92.6%であったのに対し、寄生を可能にした木では 99.3%の幼虫が死亡し、寄生バチの効果が確認できた。

2.3　光や振動を用いた虫害制御技術

菌床しいたけの害虫であるナガマドキノコバエの異常発生を防ぐために捕虫器の開発に取り組んだ。近紫外線 LED の光と乳酸発酵液の匂いを誘引源として粘着シートで成虫を捕らえる捕虫器を開発し、商品化に成功した。また、従来よりも格段に高い捕虫効果が得られる設置方法を明らかにした。

マツノマダラカミキリ成虫が低周波の振動に対して運動停止・驚愕反応・警戒発音などの回避行動を示すことがわかった。これは成虫が振動を天敵の情報として認識しているためと考えられる。振動は成虫の肢にある弦音器官で感知されることを甲虫類で初めて発見した。さらに、マツ立木に微弱な振動を発生させることによりカミキリに産卵阻害や忌避を起こして、マツ枯れを防ぐ手法を考案した。

そのほか、カブトムシの蛹が天敵であるモグラを模倣した振動を発することで周囲の幼虫が接近しないようにしていることを発見した。

2.4　森林害虫の遺伝的変異に関する研究

カシノナガキクイムシの遺伝的変異が本州北東部と南西部とで明瞭に異なることが判明した。これは寄主であるナラ類の遺伝的変異の分布とも一致し、両者が長くそれぞれの場所で共存してきたことを示す。したがって、現在のナラ枯れ被害の拡大は、気候変動等によりカシノナガキクイムシが南西から北東へ急激に分布を拡大したためではなく、里山の放置による樹木の大径木化など、他の環境変化に原因があると考えられる。

マツ枯れの最北端である秋田県と岩手県で採集したマツノマダラカミキリの遺伝子組成が異なることが判明し、本種は奥羽山脈を越えて両県の間を移動していないことがわかった。このことから東北地方のマツ枯れは日本海側と太平洋側で別々に北上したと考えられる。この成果により、被害先端地域から未被害地への予想侵入ルートを限定することができ、適切な被害拡大対策を講じることが可能になった。

2.5　外来生物の影響評価と被害防止に関する研究

2011 年に世界自然遺産に登録された小笠原諸島の貴重な生物に被害を与える外来種クマネズミの根絶を目指し、他の動物が殺鼠剤に近づけない餌台を利用して生態系に影響の

小さい駆除方法を開発した。2007 年に西島で全島規模の駆除を実施し、その後も環境省が徹底した駆除を続け、現在、同島は根絶状態とされている。また、クマネズミ根絶に伴い同島の鳥類相は速やかに回復に向かっている。小笠原の父島・母島に侵入して多くの固有昆虫を絶滅寸前まで捕食している外来種グリーンアノールについて、個体群動態モデルを作成して計算した結果、フェンスなどで移動を遮断して大量のトラップで集中捕獲すれば地域的根絶が可能なことがわかった。この予測に基づき、オガサワラシジミの最後の生息地をフェンスで囲い、グリーンアノールの密度を低減させる事業が実施された。父島では固有陸産貝類が急激に減少しており、外来種ニューギニアヤリガタリクウズムシによる捕食が重要な原因と考えられている。地表徘徊性の本種が樹上性陸貝の減少にも関与しているのか明らかにするために、餌となる貝を入れた網袋を樹上に設置してその生存過程を調べた。その結果、本種は樹幹を這い上がり、設置した貝の 40%をわずか 7 日間で捕食した。本種は地表性ばかりでなく樹上性の陸貝も捕食することで、父島の固有陸貝相に強いインパクトを与えていると考えられる。

島の面積が外来種と在来種との関係に与える影響を明らかにするために、小笠原諸島の面積が異なる 5 つの島ごとに、19 種の植物（うち 5 種は外来）とその葉や芽の蜜に集まる 23 種のアリ（うち 20 種は外来）との種間相互作用を調べた。観察された相互作用のうち、外来種が含まれる割合は島によって 68%から 86%まで異なり、島面積が大きくなるほど高くなった。これは、大きな島ほど人や物の往来頻度が高く環境も多様なので、外来種が多く持ち込まれ、かつ定着しやすいということと関係していると考えられる。

2.6　森林の生物多様性に対する人為の影響に関わる研究

典型的な森林昆虫であるカミキリムシの多様性を北関東で調べたところ、林齢 10 年以上のスギ林には同齢の広葉樹林の約半数の種しか生息せず、しかもスギ林独自の種はほとんど見られなかった。幼虫の餌である樹木の種類や成虫が訪れる花の種類が広葉樹林よりもスギ林で少ないことなどが原因と思われ、多くの種のカミキリムシが生息するには針広混交林や広葉樹林の適切な配置が必要であることが確認された。

採草地や若い森林の減少に伴い、こうした開放地に生息する遷移初期種も減少している。「生物多様性の第二の危機」とも呼ばれる遷移初期種減少の緩和に対する林業の貢献の可能性を調べた。4 種類の開放地（放牧地、伝統的な採草地、カラマツ新植造林地、カラマツ人工林伐採跡地）と 2 種類の森林（約 50 年生のカラマツ人工林、老齢天然林）で、ハナバチ、鳥類、植物の遷移初期種の比較をしたところ、これらの種数はいずれも森林よりも開放地で高く、また、植物を除き 4 種類の開放地はほぼ等しい値を示した。カラマツの新植造林地や伐採跡地は伝統的な採草地に匹敵する生息地と考えられた。人工林を適切に収穫・管理すれば、林業は新植造林地という開放地を持続的に提供して遷移初期種の減少緩和に貢献しうることが明らかになった。

人工林の間伐が生物多様性の保全や回復に役立つのではないかと注目されていることから、スギ人工林の間伐の有無が下層植物や昆虫の構成、種類、数などに及ぼす影響を調べて比較した。その結果、間伐には植物の種構成を変化させ、昆虫の種数や個体数を短期間

ながら増加させる効果があることを明らかにした。地域内で計画的に間伐を実施することは生物多様性保全にも貢献すると期待される。

生物多様性条約の 2010 年目標の達成を評価する手法として、日本の森林の生物多様性の現在までの長期変化を明らかにする指数（リビングプラネットインデックス）を開発した。この指数で鳥類、哺乳類、樹木について評価したところ、種レベルの急激な減少はないものの、社会的変化に伴う成熟林の増加や狩猟圧の減少によって、生物多様性は変化していることがわかり、国レベルの生物多様性変化の評価が可能になった。

森林の管理手法によって将来の生物多様性がどのように変化するかを長期的に予測する生物多様性シミュレータを開発した。持続可能な森林管理のための生物多様性評価の標準的指標である森林タイプ、林齢、面積により森林の生物多様性が 6 クラスに分けられることを明らかにし、これらのクラスの位置や割合が森林管理手法によってどのように変化するかを予測するシミュレーションモデルを作成した。このモデルを使って、生物多様性に配慮した持続可能な森林管理のための様々な提案をすることが可能になった。

2.7　森林生物の生態系機能の測定や評価に関わる研究

中型土壌動物の落葉分解機能の簡易測定手法を確立するため、既に海外で実績のあるラミナベイト法の日本の森林への適用を検討した。ラミナベイトは、プラスチック製の板に直径 2 mm の孔を空けて餌を充填したもので、土中に一定期間設置した後、摂食痕の数で土壌動物の活動の大きさを判定する。ラミナベイトの摂食痕数とトビムシ個体数の間に正の相関があったことから、ラミナベイトの摂食が土壌動物の活動を反映することがわかり、日本の森林でもラミナベイトで土壌動物の機能を測定できることが確認できた。

森林生物が果たす生態系機能に対する森林減少の影響を明らかにするため、森林面積と動物遺体分解機能（マウス遺体の消失）との関係を 31 地点で調査して比較した。モンシデムシ類による遺体埋葬率は周辺の森林面積が小さいほど低くなり、逆にタヌキなどの脊椎動物による遺体持ち去り率は高くなった。トータルの遺体消失率は森林面積が小さくなるほど低くなったが、森林面積に対してモンシデムシ類と脊椎動物が異なる反応を示すことが遺体分解機能の急激な変動を防いでいると考えられた。以上から、森林減少は生態系機能の低下をもたらすが、同じ機能を担う生物の多様性が高ければ、森林減少に対して様々な反応を示す種が存在して機能の大幅低下を防ぐ可能性も大きいと考えられる。

森林の生物多様性がもたらす生態系サービスのひとつとして、中山間地で栽培されるソバの結実率と生物多様性との関係を調べた。その結果、森林や草地など昆虫の多い植生が周囲に豊富なソバ畑では、花粉媒介昆虫の数が多くて結実率も高かった。さらに、ソバ畑周囲の森林タイプと花粉媒介サービスとの関係を明らかにするため、針葉樹林や広葉樹林など様々な森林タイプが周囲に存在するソバ畑でニホンミツバチがソバの花に飛来する頻度を調査した。その結果、ソバ畑周囲に存在するスギなどの針葉樹人工林の面積はミツバチの飛来数にほとんど影響を与えない一方、餌や巣場所をより多く供給すると思われる広葉樹天然林の面積が畑の周囲に多くなるほど飛来数も増えることがわかった。

カナダ・オンタリオ州の 7 つの森林パッチにおける開花植物と訪花昆虫のネットワーク

構造を解析した結果、森林面積の増加とともに種間相互作用数も増加する傾向が見られた。また、森林面積が増加するとネットワークの安定性が高まることが示唆された。したがって、保護区などの設定に当たっては、面積を大きくするほど多数の種の保全に役立つだけでなく、生態系の安定化につながると考えられる。

2.8　放射性物質の動態に関する研究

2011 年の福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性物質の森林生物に対する影響を明らかにするため、福島県の 3 か所のスギ林でミミズを採集して、その放射性セシウム濃度を測定し、落葉層の濃度と比較した。事故から半年後のミミズの放射性セシウム濃度は、空間線量率が高いスギ林ほど高く、それぞれのスギ林で落葉層と土壌層の濃度の中間の値を示したことから、ミミズの放射能汚染は森林の汚染程度に比例していること、また、体内の放射性セシウム濃度は餌として食べている落葉の濃度より低いことがわかった。1 年半後と 2 年半後の測定でも、ミミズの放射性セシウム濃度は落葉層と土壌層の中間の値を示し、年々低下した。低下の速度は物理的崩壊による低下を上回っていることから、餌である落葉とミミズの間で放射性セシウムの濃縮は起きていないことが確認できた。

3.　今後の課題

今後も、虫害対策および生物多様性や生態系機能に関わる研究を中心に取り組んでいくことになるだろう。具体的には、これまでの研究課題に加えて、若齢のスギ・ヒノキ人工林や海岸マツ林で発生が予想される若齢林に特有の虫害への対策、コンテナ苗植栽や列状間伐等の新たな施業方法や高密度の路網開設が虫害発生や生物多様性に及ぼす影響の予測、外来種対策（リスク評価、検出・モニタリング、根絶、広報など）の強化、ランドスケープレベルの森林管理と生態系サービスの定量的関係および長期予測、複数の生態系サービスの相乗効果とトレードオフの評価などの研究成果が新たに求められるものと想定している。

森林総合研究所は 2015（平成 27）年 4 月から国立研究開発法人となって、研究開発の成果を最大化することが使命とされている。研究領域としてこの使命を十全に果たしていくためには、これまで以上に他領域・他機関との連携を深めるとともに、得られた研究成果の普及・実用化への取り組みを強化する必要がある。

（伊藤賢介）

野生動物研究領域

1. 試験研究の動向

かつて林業試験場の時代にはノネズミ類やノウサギが主要な林業害獣であり、それらが主な研究対象であったが、森林総合研究所となった頃からは大型獣へと重心が移る傾向が続いてきた。過去 10 年間はそれがさらに顕著となった。この期間に研究対象となった主な動物は、分布拡大をやめず、次々に新しい地域で被害を発生させるニホンジカ、樹皮剥ぎや人身事故を起こす一方、保護すべき動物でもあるツキノワグマ、それに、激しい農林業被害を起こすが、同じく保全にも十分な注意の必要なニホンザルである。ただし、希少種等の研究では他の動物も対象となった。

ニホンジカに関しては、個別の防除技術よりも、個体群管理技術が研究の中心になった。とくに、新しい考え方に基づく捕獲方法の開発が多い。これは、全国的にシカ捕獲数増加への要請がますます強まっていることと、捕獲の実質的な担い手である狩猟者が減少かつ高齢化していることを背景とした行政ニーズによるところが大きい。

ツキノワグマとニホンザルは、農林業被害等の軽減と個体群の保全との両立が常に求められている動物である。そのためには、加害の実態を詳細に明らかにして、捕獲すべき個体を絞り込む必要がある。

研究方法の技術的な側面では、DNA 分析技術に加えて、安定同位体比の分析によっても成果が生み出されるようになった。安定同位体比分析は、とくに食物履歴の解明において威力を発揮し、食物摂取と結びついた行動の解明までもが射程に入る。この技術はツキノワグマやニホンザルの研究で使用された。

鳥類群集は、それ自体が生物学や保全の対象となるばかりでなく、環境変化の指標としても重要である。鳥類研究では、そのような要請に応える長期的な調査を継続したほか、希少種の保全に関する研究等を行なった。

近年、森林総合研究所は小笠原諸島での生物研究に力を入れ、2011 年 6 月の世界自然遺産登録実現にも貢献した。その中において、小笠原に固有の鳥類についての研究は大きな位置を占めた。生態を解明するとともに、外来種による影響を分析し、その緩和対策を提示することによって、生態学と行政ニーズ対応の両面で成果を挙げた。

過去 10 年間に日本列島で起きた出来事のうち特筆すべきものは、2011 年 3 月 11 日に突如襲った東日本大震災である。森林総合研究所はこの震災による被害実態の解明と復興のための技術開発に取り組んでいるが、当研究領域もその一翼を担う研究を行なうようになった。

2. 研究の成果

2.1 鳥獣管理研究

2.1.1 個体群管理

シカ生息密度マップは個体群管理や被害防除策の根拠として使用するものなので、でき

る限り正確な情報を誤解の生じにくい方法で表示する必要がある。そこで、GIS 技術を応用して広域空間スケールのシカ生息密度分布図を作成する技術を開発した。今後、狩猟者だけに頼らない捕獲体制を作る必要があり、その実現には、従来にない効率的な捕獲技術が必要である。そのため、計画的な給餌によりシカの行動を制御して効率的かつ確実に捕獲する技術、森林用囲いわなと銃器を組み合わせた捕獲技術、および、遠隔操作で確実に捕獲するドロップネットを開発し、それぞれ実証試験を行った。これらの研究は、九州支所、関西支所、および、北海道支所との共同で実施したものである。

ニホンザルの群れを除去すると、隣接群の行動圏が除去群の行動圏に向かって拡大する、という可能性が従来推定されていたが、比叡山において実際の変化についてのデータが得られた。

千葉県において、昭和 20 年代のイノシシの頭骨標本から遺伝解析を行った。近年の千葉県個体群との遺伝的な比較をすることにより、千葉県におけるイノシシ個体群の遺伝学的経年変化の特徴を明らかにした。

2.1.2　被害防除

ツキノワグマにおいては、壮齢樹の樹皮剥ぎと並んで、人里への出没の実態および原因の解明と、人身事故に対する解決策が求められている。長野県塩尻市で 2005 年から 2014 年までの 10 年間に捕獲されたツキノワグマについて、長野県が収集した捕獲票をもとに捕獲状況を整理した。また、捕獲時に体毛試料が収集された個体については、体毛の炭素・窒素安定同位体比を測定し、捕獲地点や被害との関連性、人里への依存度について検討した。その結果、調査期間を通じて塩尻市宗賀・洗馬地区一帯で捕獲が多く、捕獲個体の人里への依存度が高いことが明らかとなった。当該地域における徹底した電気柵の設置や誘引物除去等などクマを寄せつけない環境づくりによる被害防除・軽減対策が求められる。

一方、ツキノワグマは数年に一度の大量出没時に多数捕殺されることがあり、シカやイノシシに比べて繁殖力が低いクマ個体群の存続可能性が危惧されることもあるため、被害低減の手段は個体群存続と両立する管理であることが求められる。県境をまたいで分布するクマ地域個体群は、隣県どうしが統一的な管理策を実施する必要があるが、その根幹となる推定個体数がさまざまな方法で算出されてきたため、統一的管理の大きな障害となっている。そこで、科学的に信頼性の高い遺伝学的分析技術を用いた個体数推定方法と、より軽労、安価で広域的に実施できる痕跡調査を融合させた新しい個体数推定手法を新たに開発して宮城県で試行した。まず、DNA 個体識別法および痕跡調査法を組み合わせた調査を 10 区画（1 区画 2km × 2km）で行い、DNA 識別法による推定個体数と痕跡発見頻度の参照表を作成した。次に、痕跡調査のみを 40 区画で実施し、モンテカルロ法によるランダムサンプリングによって痕跡発見頻度別の推定個体数を求めた。最後に、いくつかの仮定のもとに宮城県内のツキノワグマ生息域を 577 区画とし、外挿の結果全個体数を 1073 頭（877 ～ 1292 個体）と推定した。個体数の推定には、生息域を正確に確定することが重要であった。

ニホンザルも、ツキノワグマと同様に、被害防除策が個体群保全と両立することを強く求められる動物である。そのため、被害防除のための捕獲対象としては、最も被害低減効果の高い個体を選ぶ必要がある。ニホンザルの加害群から採取した体毛の安定同位体分析を行ったところ、安定同位体比の季節変化、個体差が認められたが、ツキノワグマで見られたような人為的食物への極端な依存の証拠は認められなかった。移動しつつ様々な食物を少しずつ摂取するというニホンザルの採食様式や生息地の食物条件が関係していると推測される。また、群れ個体の窒素安定同位体比のバラツキは、オスのグループのほうが、メスのグループより有意に大きく、オスのほうが食性の個体差が大きいことが示唆された。これは、血縁個体が近接して行動するという群れ個体の空間配置と関係している可能性がある。食害にもこのような群れ個体の空間配置が関係し、個体による加害の程度の差が存在する可能性がある。

こうした安定同位体分析をより高度に行うため、ニホンザルで給餌実験を実施して、体毛及び血液の炭素・窒素安定同位体比の濃縮係数、及び体毛の炭素安定同位体比と食物の変化との関係を明らかにした。その結果、炭素及び窒素安定同位体比の濃縮係数を用いて、血漿、赤血球、体毛のいずれかのサンプルを分析することで、個体ごとの食性履歴の推定が可能となった。

2.2　生物多様性研究

2.2.1　鳥類群集

小川学術参考林の繁殖鳥類群集を 5 年間調べた。合計 63 種の鳥が確認されたうち 51 種が小川学術参考林で繁殖しうる種類であり、実際、31 種は調査プロット内に最低 1 年間なわばりを持った。100ha あたりの平均繁殖ペア数は 491 で、平均種数は 25.6 であった。これらの数値と種構成とを、国内のブナ林の鳥類群集と比較することにより、この森林の鳥類群集が標高よりもその地理的位置に特徴づけられており、低山帯的特徴を有することを明らかにした。近年、同様の環境を持つ森林が減少する中で、保全上重要な森林であるといえる。ところが、ここ 15 年間の小川学術参考林の繁殖鳥類群集は、種数と個体数に有意な変化は無かったものの、サンショウクイやゴジュウカラが減少する一方、外来種のガビチョウが侵入しており、今後の推移を注意深く見守る必要がある。

2.2.2　希少種の生態と保護

希少種アマミノクロウサギ 25 頭から採取した材料を用いて、8 座位のマイクロサテライト DNA マーカーを開発し、アマミノクロウサギ個体群の遺伝的多様性を解析した。これらのマーカーは、今後、アマミノクロウサギや近縁種の個体群サイズ、分散パタン、および、遺伝的多様性をモニタリングするために使用することができる。

世界的な希少種であるオガサワラヒメミズナギドリは、小笠原ではこれまで絶滅を疑われていた鳥である。しかし、この鳥が小笠原諸島において生き残っていることを発見し、その繁殖地である可能性のある場所を世界で初めて明らかにした。また、営巣環境を野外自動録音によって評価する方法により、生息密度が低いことを明らかにしたが、その原因

は外来樹種林で営巣せざるをえないためであると考えられる。このことは、地域環境全体の問題の中で考えないと適切に保全できないことを意味する。

小笠原諸島には多くの希少種を含む小型陸産巻貝が生息する。これらの巻貝は鳥に捕食されるが、腸を通過し糞とともに排泄されたものを調査すると生き残っているものがあった。これは、小型陸産貝類の移動分散に果たす鳥類の役割を示唆する結果である。

2.2.3　外来種

近年、関東以西の各地で繁殖が確認されるようになったソウシチョウは、外来生物法のもとで特定外来生物に指定されている。日本生態学会が「日本の侵略的外来種ワースト 100」の 1 種としても選定している、問題の多い鳥である。この鳥によって生存を脅かされている在来鳥種のひとつにウグイスがある。共通の巣の捕食者を通じたソウシチョウとウグイスの相互作用が両種の個体群動態に及ぼす影響を解明するため、筑波山において巣の捕食者を同定した。営巣数はソウシチョウ、ウグイスとも変動したが、両者の間で相関はなかった。捕食される時間帯はどちらも昼間が中心であり、ソウシチョウの捕食者であったカケス、ヘビ、テンの 3 種類は、いずれもウグイスの巣も捕食しており、両種が共通の捕食者をもつことが確認された。このことから、ソウシチョウの増加が見せかけの競争を通してウグイスに影響する可能性が示唆された。ただし、捕食者が 3 種類いることから、両種の関係が単純なものでないことが考えられる。

2.3　原子力発電所事故の影響解明

東日本大震災は人間社会に甚大な損害を与えたが、野生動物に対しても種々の影響を与えている。その影響は、震災直後から遠い将来に至るまで、生態系の機能や大型獣個体群管理の実施環境等を左右し続けると考えられる。そのため、森林総合研究所が福島県で実施する放射能影響調査の一環として、ネズミ類をはじめとした小型哺乳類における放射性セシウムの濃度を測定した。測定は体の部位別に行って比較し、内部被曝線量の推移を明らかにした。一方、震災の影響、とくに、放射能汚染によって直接的・間接的に引き起こされる大型狩猟獣の捕獲活動の変化や、それに対応しようとする行政の施策等を分析することにより、大型獣個体群管理にも放射能汚染の影響が色濃く出ていることを明らかにした。

3.　今後の課題

3.1　鳥獣管理研究

当面はシカが林業や自然植生への最大の加害獣であるという状況が続くと予想される。シカ問題を解決するため、今後さらに捕獲方法の選択肢を増やすための研究が必要である。また、それらの方法が有効に使われる体制作りへの技術的側面からの支援も求められるようになると思われる。

これまでのシカ対策は既に多大の被害が出ているところばかりが対象となってきたが、今後は予防的対策も進めていくことが望ましい。シカがほとんど生息していないために被

害を見ないという地域もまだ多く、このような地域では、シカ被害が無いという状態を維持するのが最も得策であるはずだからである。そのためには、非常に低密度のシカについて生息状況を把握する技術や、その結果を予防対策に生かすための技術や戦略を開発しなければならない。

3.2　生物多様性研究

在来動物の生態を解明し、その保全を図るための研究を継続する必要性は変わることがないが、今後は、外来動物に関する研究の必要性が増していくと思われる。外来動物を確実に減少させ、農林業被害や生態系への悪影響を防ぐ成功事例を積み上げていく必要がある。

3.3　原子力発電所事故の影響解明

これまでの調査によって、小型哺乳類体内に蓄積されたセシウム濃度は概ね明らかになってきたが、今後は放射能が野生哺乳類の生理や生態に及ぼす影響を明らかにしていく必要がある。また、セシウム濃度の変化メカニズムを解明し、将来予測をすることも必要であり、そのためには、生態系の他の構成要素について汚染濃度データを集めている各部門との連携が不可欠である。

（堀野眞一）

文　献

Kawakami K. et al. (2012) Bryan's shearwaters have survived on the Bonin Islands, Northwestern Pacific. The Condor, 114, 507-512.

Kawakami K. et al. (2008) Possible dispersal of land snails by birds. Ornithological Science, 7, 167-171.

小泉透（2006）強度の狩猟下にあるニホンジカ個体群にみられた齢比の変化. 哺乳類科学, 46, 53-56.

近藤洋史　他（編）（2014）新たなシカ管理に向けて. 森林総合研究所, 17pp.

Nagata, J. et al. (2009) Isolation and characterization of microsatellite loci in the Amami rabbit (*Pentalagus furnessi*). Conservation Genetics, 10(4), 1121-1123.

永田純子・落合啓二（2009）千葉県における昭和 20 年代のイノシシ頭骨をもちいた遺伝解析：近年のイノシシ個体群との比較. 野生生物保護, 12(1), 27-31.

Nakashita, R.et al. (2013) Characteristics of stable isotope signature of diet in tissue of captive Japanese macaques as revealed by controlled feeding. Primates, 54(3), 271-281.

中下留美子　他（2015）長野県塩尻市における過去 10 年間のツキノワグマ捕獲状況と捕獲個体の人里依存度. 信州大学農学部 AFC 報告, 13.

仲谷淳・堀野眞一（2014）東日本大震災後の大型狩猟獣における捕獲活動の変化と課題. 日本哺乳類学会 2014 年度大会プログラム・講演要旨集, 55.
那須義次　他（2014）小笠原諸島で繁殖する 3 種類の鳥類の巣に生息する鱗翅類. 蝶と蛾, 65(2), 73-78.
大井徹　他（2009）ニホンザルの保護管理の現状と課題. 哺乳類科学, 49(1), 143-146.
大井徹　他（編）（2011）ツキノワグマ出没予測マニュアル. 森林総合研究所, 40pp.
Tojo, H. (2009) Breeding bird community of the Ogawa Forest Reserve, an old-growth deciduous forest, central Japan. Ornithological Science, 8, 105-115.
Tojo, H. and Nakamura, S. (2011) Photographic evidence of probable mouse predation on a red-billed leiothrix nest. 森林総合研究所研究報告, 10, 103-108.
山田文雄　他（2014）小型哺乳類における放射性セシウムの部位別濃度比較と内部被曝線量の推移. 日本哺乳類学会 2014 年度大会プログラム・講演要旨集, 103.

森林遺伝研究領域

1. 試験研究の動向

東京・目黒の農林省林業試験場には昭和 24 年頃には造林部育種研究室、昭和 40 年には造林部育種科があり、育種、生理、植生の研究を行ってきた。昭和 53 年の筑波移転の翌年には育種 4 研究室に組織培養研究室が新設された。昭和 63 年森林総合研究所の改組とともに、遺伝育種科は再編され、植生、組織培養関連は他の科に移され、生物機能開発部遺伝科として遺伝分析、集団遺伝、生態遺伝の 3 研究室体制となった。平成 13 年の独立行政法人への移行とともに、樹木遺伝、生態遺伝の 2 研究室となり現在に至っている。

森林・林業基本計画（平成 23 年）では「森林・林業の再生に向けた研究、技術の開発及び普及」の中で「森林の生物機能の高度利用に向けた研究」の必要性が掲げられ、科学技術イノベーション総合戦略 2014（平成 26 年）の重点課題「農林水産業を成長エンジンとして育成」には「農林水産業等の技術革新につなげる生命原理の解明・応用等の基盤的研究」としてゲノム解析やバイオインフォマティクスの重要性が示されている。また､「生物多様性国家戦略 2012-2020 ～豊かな自然共生社会の実現に向けたロードマップ～（平成 24 年)」には遺伝的な多様性の確保や遺伝子攪乱の問題が取り上げられ、樹木の遺伝分析に関する研究ニーズは高くなっている。

この 10 年間はゲノム解析技術が飛躍的に進化し、次世代・3 世代シーケンサーの出現により、大量のデータが短期間に手に入れられるようになった。遺伝解析の手法やソフトウェアもインターネットを通じ世界的に共通して使われるようになってきている。このことにより、遺伝子・ゲノムと表現形質の関係がより詳細にわかるようになってきている。一方で 50 年前に設定された産地試験木が壮齢期を迎え、その真価を問えるようになってきている。また、地球規模の気候変動が生じているといわれる中で、樹木がどのように遺伝的ポテンシャルとして適応可能であるか興味がもたれている。

（河原孝行）

2. 研究の成果

2.1 樹木遺伝研究分野

2.1.1 樹木の遺伝的地域性と遺伝子撹乱研究

世界的な環境問題に対する意識の変革や社会状況の変化に伴い、森林に対するニーズは木材生産だけでなく、森林生態系が提供する、気候などの制御・調整、生物多様性の維持、文化サービスなど、多様な生態系サービス全般へと多様化してきた。その中で、自然再生を目的とする事業等も各地で行われるようになり、広葉樹の植栽は全国的な広がりを見せている。その際に懸念されるのが、地域固有の遺伝変異を無視した種苗を用いて植栽を行う事による植栽個体の環境不適応（植栽の失敗）や、植栽個体と周辺の天然林の個体間で交雑が行われることによる植栽後代の個体の環境不適応（遺伝子攪乱）である。2005（平成 17）年から 5 年間、環境省地球環境保全研究費による事業として、「自然再生事業のた

めの遺伝的多様性評価技術を用いた植物の遺伝的ガイドラインに関する研究」、引き続いて2010（平成22）年から3年間、林野庁の森林環境保全対策事業として「広葉樹における遺伝的多様性の評価手法の開発」が実施された。これらの研究では、日本における主要な広葉樹の遺伝的変異を分布域広範にわたって詳細に把握すると同時に、遺伝的地域性を明らかにした。ミズナラ、コナラ、ヤマザクラ、オオモミジ、イロハモミジ、ヤブツバキ等10種の広葉樹について「広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン」がとりまとめられ公表された（http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/2nd-chukiseika20.pdf）。北海道から本州、四国、九州の種子島にわたって広く分布しているコナラとミズナラは、遺伝的分化の程度に若干の違いはあるものの、両種とも遺伝的多様性は南の集団ほど高い傾向があった。また、北海道から九州にかけて遺伝的組成がゆるやかに移り変わっていくパターンが観察された。オオモミジ、イロハモミジでは、両種共通して近畿地方を境界として遺伝的に分化しており、オオモミジでは加えて、中部地方にも地域性の境界域があることが明らかになった。ヤブツバキは、西日本の集団が東日本よりも遺伝的多様性が高い傾向にあり、中国地方と四国地方の中部あたりを境界に南西と北東方向で地域性が異なる結果が得られた。ヤマザクラでは、葉緑体DNAの解析結果から九州地方の多様性が高い傾向が検出され、九州と本州で地域性が明確に異なることが明らかになった。

地域固有の遺伝変異に配慮した種苗の選択は、長い進化の歴史を保全するという観点で重要であるだけでなく、植栽に伴う経済的、生態的なリスク（植栽個体の枯死や、後代個体での悪影響など）を回避することにもつながると考えられる。この課題で調べられた各地域の遺伝的多様性や地域固有のDNAタイプなどに基づいた地域性を十分考慮できれば、植栽失敗のリスク軽減や遺伝子攪乱を抑制出来る種苗の生産が可能になると期待される。また、それぞれの樹種の遺伝的多様性をどのように保全するのかを検討する際の基礎情報となるものであり、効果的な遺伝資源保全策の作成へも期待される。

2.1.2　スギのゲノムワイド研究とその応用

スギのゲノム研究は1997（平成9）年から5年間実施された生研機構プロジェクト「スギのゲノム解析とその高度利用に関する基礎的研究」で飛躍的に進められたが、さらにその後の10年間で、次世代シーケンサーなどの出現により、新たな展開をみている。2009（平成21）年から5年間実施された生研センター基礎研究推進事業（イノベーション創出基礎的研究推進事業）「スギ優良個体の選抜のためのゲノムワイドアソシエーション研究」において、スギのゲノムリソースを整備する「ゲノムワイドなアソシエーション研究と分子育種基盤の整備」を中課題として研究が進められた。

スギの分子育種を加速するために約12万のSNP（一塩基多型）マーカーの検出、ゲノムサイズの約4.5倍量のBACライブラリー構築、3500余りのマーカーをマップした連鎖地図構築（Moriguchi et al. 2012, Uchiyama et al. 2012）などのゲノムリソースの整備を行った。その中で、スギ天然林と育種母材となる関東精英樹の遺伝的多様性などの比較（Uchiyama et al. 2014）、スギ天然林における地域適応候補遺伝子の検出（Tsumura et al. 2012, 2014）などの成果を得た。全国のスギ天然林の解析の結果、太平洋側と日本海

側とを明瞭に分ける 2 つの遺伝的要素が存在し、各天然林集団および各個体はその混合程度で示せることが明らかになった。関東精英樹での解析結果を照らし合わせると、76.2%にあたる 257 個体が太平洋側要素を半分以上持ち、さらにそのうちの 174 個体は太平洋側要素が 8 割以上を示した。このように、関東精英樹の多くが太平洋側に分類された一方で、内陸で登録された精英樹個体の中には高い頻度で日本海側に分類されるものも含まれていた。総じて、関東精英樹は天然林の遺伝的特徴を十分に保持した育種母材集団とみなせることが分かった。

続いて、スギ天然林についてオリゴアレイによる遺伝解析を行い、環境適応の実態を調査した。6,137SNPs の各個体における遺伝子型を決定し、自然選択下にある遺伝子座の検出、環境データとの関連解析を行った。自然選択下にある遺伝子座の解析の結果、271 遺伝子座が中立進化から逸脱したとして検出された。これらの連鎖地図上での位置は、第 2、7、10、11 連鎖群内に集中しており、ゲノム内に分化度が高く、非中立な挙動を示す領域があることが示された。また、それらの SNP 間の連鎖不平衡の程度は高く、連鎖群をまたいだ組み合わせでの高い値も示された。このことは、異なる連鎖群上でも適応する上で互いに関連し合っている遺伝子群が存在する可能性を強く示唆するものであった。

一連の研究の中で開発された 6,000 余りの SNP マーカーのスギ基盤連鎖地図上へのマッピングを試み、他の DNA マーカー（Ueno et al. 2012）を含む合計 3,570 マーカー（3,014 SNP、124 CAPSs、120 RFLPs、46 gSSRs、23 EST-SSRs、1 ALP）が座乗するスギ高密度基盤連鎖地図（総マップ長 1,329.6 cM （平均マーカー間地図距離 0.37 cM））を構築することができた。連鎖群の数は 11 で、スギの染色体数と同じ数であった。この基盤連鎖地図のゲノムカバー率の観察値は 0.99、ゲノムカバー率の期待値は 1.00 と高い値を示した。

2.1.3　DNA マーカーを用いたサクラ栽培品種のクローン識別と系統関係の解明

日本には約 10 種の野生のサクラが自生しており、これらをもとにして古い時代から、花を観賞するための様々な栽培品種が育成されてきた。名実ともにサクラは日本を代表する花木であるが、その分類と識別には混乱がみられている。森林総合研究所多摩森林科学園は、日本最大のサクラの集植機関でもある。栽培展示されているサクラの伝統的栽培品種を中心に、DNA 分析によるクローン識別技術を開発し（Kato et al. 2012）、さらにそれらの成立過程を明らかにした（Kato et al. 2014）。

多摩森林科学園サクラ保存林の他 2 機関（国立遺伝学研究所、新宿御苑）にて栽培展示されている計 1479 個体について、個体の識別能力の高い 17 座の SSR と呼ばれる DNA マーカーを用いて分析を行った。その結果、これら集植機関で栽培されている個体は、222 クローン、215 栽培品種にまとめることができた。また、各栽培品種の起源を推定するために、多型性の高い 26 座の SSR マーカーを用いて、天然分布している野生種個体を解析に加えることによって、栽培品種の成立に関与したと思われる野生分類群の推定を行った。多くの場合は外部形態に基づく従来の推定をおおよそ反映するものだったが、外部形態だけでは検出できなかった新たな関係も発見された。また、この成果を得るために

は 26 ものSSRマーカーを用いたが、同様の結果をなるべく少ない遺伝マーカーで効率よく行うことを検討した。その結果、多型性の高い 9 マーカーを組み合わせることで、栽培品種のクローン識別については十分行うことができることが確認された。これらの研究成果から、形態形質の評価結果と合わせたサクラ栽培品種の正確な再分類が可能になった。

（松本麻子）

2.2　生態遺伝研究分野

この 10 年間におけるゲノム解析技術の進歩は目覚ましく、生態遺伝研究分野でもゲノム情報に基づく林木の遺伝的多様性の解明が進み、その情報を活用した森林遺伝資源の保全について研究が多く進められている状況にある。また、50 年間に渡り続けられたニホンカラマツの産地試験の成果がとりまとめられた。

2.2.1　希少種及び固有種の保全に向けた研究

希少樹種では小集団化や生育地の分断化のために遺伝的多様性が低下し、集団の更新に悪影響を及ぼす。そのため、こうした樹種では遺伝的多様性や集団間における遺伝子流動の実態を早急に把握することが非常に重要である。

東海地方の固有種シデコブシでは、花粉流動は集団間の距離に強く制限され、集団間の遺伝的分化を妨ぐには 500m 以上の分断を起こさないような保全が遺伝的多様性の維持に望ましいことがわかった（Setsuko et al. 2007）。河畔林構成種ユビソヤナギでは、分断化の進行で小集団や隔離集団での遺伝的多様性の減少が認められた。隔離された集団には特有の遺伝子型が見られるため、隔離集団を含めた流域全体を保全する必要性が提言された（Kikuchi et al. 2011）。同様に河畔林を形成し日本では北海道と長野県に隔離分布するケショウヤナギでは、河川内の交配だけでは次世代で近親交配が生じて遺伝的多様性が低下することから、集団の遺伝的に孤立を防ぐためには、集団間の距離が 4 km 以内にあることが好ましいことがわかった（Hoshikawa et al. 2012）。

希少種の保全には遺伝的多様性の把握だけではなく、生育地の状況や更新特性を併せて把握する事が重要である。上述のユビソヤナギでは調査により新たな自生地を発見し、レッドリストにおけるランクが再評価された（鈴木・菊地 2006）。東海地方固有の絶滅危惧種であるハナノキでは、近縁種であるアメリカハナノキの植栽混入が明らかにされ、両種が交雑する可能性が高いことが示された（菊地ら 2015）。屋久島と種子島の固有種ヤクタネゴヨウでは屋久島の 43 林分の包括的な調査で分布特性が明らかとなり、更新には大規模な林冠ギャップと土壌崩壊を伴った強度攪乱が、林分の成立には林床の好適な光環境の維持が必要なことがわかった（金谷ら 2010）。上記の種を含めた日本国内の希少樹種の保全については、「希少樹種の現状と保全」が 2011 年にまとめられ発行されている（森林総合研究所 2011）。

また、貴重な固有種が多い小笠原諸島での研究も精力的に進められた。固有種の中には外来種の移入によって存続が脅かされている種も多いため、植生回復が必要となった場合の指針を作成することを目指し、諸島内に広く分布する植物種を中心にその遺伝的多様性

が調べられた。タコノキ、モモタマナおよびムニンヒメツバキでは遺伝的分化に地理的な傾向がみられた。シマホルトノキでは、父島列島において湿性林と乾性林に対応した遺伝的分化があった（Sugai et al. 2013）。広義オガサワラビロウには表現型の異なるメイジマビロウが含まれるが、狭義のオガサワラビロウとメイジマビロウには明瞭な遺伝的差異があった。さらに狭義のオガサワラビロウとメイジマビロウには遺伝的組成に地理的な傾向が認められた。テリハボクでは遺伝的分化に地理的な傾向がみられなかった。これらの結果に基づき、「小笠原諸島における植栽木の種苗移動に関する遺伝的ガイドライン」が2015 年に発行された（森林総合研究所森林遺伝研究領域 2015）。

2.2.2　DNA バーコーディングによる樹種識別に関する研究

DNA バーコーディングは特定の遺伝子領域の短い塩基配列で生物種の同定を行う手法である。様々な部位やライフステージの試料からの DNA で識別できるため、生態学研究のみならず、その応用範囲は非常に広い。日本産樹木を対象とした DNA バーコード情報の構築のため、試料の収集と分析手法の確立が進められている。137 科、369 属、979 種が収集され、6,169 個体の DNA が抽出された。国際コンソーシアムの提唱する葉緑体上の 3 領域（*rbc*L,*mat*K, *trn*H-*psb*A 遺伝子間領域）を用いた解析の結果、*rbc*L は科や属レベルでの同定に有効であることがわかった。*mat*K は、*rbc*L 領域より変異性が高かったが標的の領域の増幅条件の設定に問題があった。*trn*H-*psb*A 遺伝子間領域はさらに変異性が高く、*mat*K 領域よりも種同定能が高かった。しかし、種内の多型（バリエーション）も多い為に誤同定の可能性も高くなる。2012 年において、3 領域を組み合わせると日本産樹木種 410 種において 76%に相当する 311 種の同定が可能であった （吉村ら 2010）。しかしながら、葉緑体 DNA は被子植物では母系遺伝、裸子植物では父系遺伝するために、浸透交雑の進んでいる植物種では種同定に用いることができない。実際に、浸透交雑の予想されるサクラ属 4 種では *rbc*L と *mat*K の情報のみでは種を同定できなかった。今後は核 DNA の ITS 領域等を併せた解析が必要である。

2.2.3　カラマツの産地試験 50 年間の成果

ニホンカラマツは、日本の中部山岳に自生し、寒冷地への適応性が高いため北海道や外国にも植林されている。「森林総合研究所 100 年の成果集」にも取り上げられたカラマツ産地試験について、約 30 年生時に引き続き約 50 年生時の調査結果を含めた解析がまとめられた（長坂ら 2011, Nagamitsu et al. 2014, 永光ら 2014）。その結果、成長形質である樹高や直径、材積の最大サイズには産地間差があり、富士山や日光など太平洋側で大きく、北アルプスなど日本海側で小さいことが明らかとなった。成長は産地の標高に関連しなかった。この結果から、日本海側の産地では冬期の降雪の多さに適応して樹木のサイズを小さくし、年輪幅が細かく幹が丈夫な性質を遺伝的に持っていると推察された。

（伊原徳子）

3. 今後の課題

ゲノム情報が充実してきた今日、その中から真に機能している遺伝子を特定し、その働くメカニズムを明らかにすることで、生物現象に関わる遺伝子の働きを明らかにしていく必要がある。特に、スギの雄性不稔は花粉症対策として社会的に注目度も高く、その遺伝子を同定単離し、不稔化の機構を明らかにする必要がある。同様に、環境への適応性の遺伝子が実際にはどのようなものなのか、環境変動にどう反応していくのかを解明することで保有するゲノムの内容に対応した適地植栽や天然林の動態予測が可能となるだろう。

（河原孝行）

文　献

Hoshikawa, T., Nagamitsu, T.,and Tomaru, N. (2012) Effects of pollen availability on pollen immigration and pollen donor diversity in riparian dioecious trees (*Salix arbutifolia*) Botany, 90, 481-489.

金谷整一・玉泉幸一郎・伊藤哲・齋藤明（2010）屋久島におけるヤクタネゴヨウ林分の種組成. 鹿児島大学農学部演習林研究報告, 37, 49-61.

Kato, S., Matsumoto, A., Yoshimura, K., Katsuki, T., Iwamoto, K., Kawahara, T., Mukai, Y., Tsuda, Y., Ishio, S., Nakamura, K., Moriwaki, K., Shiroishi, T., Gojobori, T. and Yoshimaru, H. (2014) Origins of Japanese flowering cherry (*Prunus* subgenus *Cerasus*) cultivars revealed using nuclear SSR markers. Tree Genetics & Genomes, 10, 477-487.

Kato, S., Matsumoto, A., Yoshimura, K., Katsuki, T., Iwamoto,, Y., Tsuda, Y., Ishio, S., Nakamura, K., Moriwaki, K., Shiroishi, T., Gojobori, T., and Yoshimaru, H. (2012) Clone identification in Japanese flowering cherry (*Prunus* subgenus *Cerasus*) cultivars using nuclear SSR markers. Breeding Science, 62, 248-255.

Kikuchi, S., Suzuki, W. and Sashimura, N. (2011) Gene flow in an endangered willow *Salix hukaoana* (Salicaceae) in natural and fragmented riparian land-scapes. Conservation Genetics, 12, 79-89.

菊地賢・金指あや子・大曽根陽子・澤田與之・野村勝重（2015）危惧種ハナノキの自生地域における近縁外来種アメリカハナノキの植栽混入. 日本緑化工学会誌, 40, 457-464.

Moriguchi,Y., K., Ujino-Ihara T., Uchiyama, K., Futamura, N., Saito, M., Ueno, S., Matsumoto, A., Tani, N., Taira, H., Shinohara, K. and Tsumura Y. (2012) The construction of a high-density linkage map for identifying SNP markers that are tightly linked to a nuclear-recessive major gene for male sterility in *Cryptomeria japonica* D. Don. BMC Genomics, 13, 95.

Nagamitsu, T., Nagasaka, K., Yoshimaru, H., and Tsumura, Y. (2014) Provenance tests for survival and growth of 50-year-old Japanese larch (*Larix kaempferi*) trees related

to climatic conditions in central Japan. Tree Genetics and Genomics,10, 87-99.
永光輝義・長坂壽俊・吉丸博志・津村義彦（2014）気候条件に関連した 50 年生ニホンカラマツの成長の産地間変異 森林遺伝育種, 3, 111-117.
長坂壽俊・吉村研介・明石孝輝・荒井国幸・山本千秋（2011）カラマツ産地試験の長野県内試験地における産地の特性評価と地域区分, 日林誌, 93, 179-186.
Setsuko, S., Ishida, K., Ueno, S., Tsumura, Y. and Tomaru, N. (2007) Population differentiation and gene flow within a metapopulation of a threatened tree, *Magnolia stellata* (Magnoliaceae). American Journal of Botany, 94, 128-136.
森林総合研究所（2011）「希少樹種の現状と保全－保全のための課題と対策－」.
森林総合研究所森林遺伝研究領域（2015）「小笠原諸島における植栽木の種苗移動に関する遺伝的ガイドライン」.
Sugai, K., Setsuko, S., Nagamitsu, T., Murakami, N., Kato, H., and Yoshimaru, H. (2013) Genetic differentiation in *Elaeocarpus photiniifolia* (Elaeocarpaceae) associated with geographic distribution and habitat variation in the Bonin (Ogasawara) Islands.Journal of Plant Research, 126, 763-774.
鈴木和次郎・菊地賢（2006）只見川水系における絶滅危惧種ユヒソヤナキの分布と河畔林の組成・構造. 保全生態学研究, 11, 85-93.
Tsumura, Y., Uchiyama, K., Moriguchi, Y. and Megumi K. Kimura, M. K., Ueno, S. and Ujino-Ihara T. (2014) Genetic Differentiation and Evolutionary Adaptation in *Cryptomeria japonica*. G3, 4(12), 2389-2402.
Tsumura Y., Uchiyama, K., Moriguchi,Y., Ueno, S. and K., Ujino-Ihara T. (2012) Genome scanning for detecting adaptive genes along environmental gradients in the Japanese conifer, *Cryptomeria japonica*. Heredity, 109, 349-360.
Uchiyama, K., Miyamoto, N., Takahashi, M., Watanabe, A. and Tsumura, Y. (2014) Population genetic structure and the effect of historical human activity on the genetic variability of *Cryptomeria japonica* core collection, in Japan. Tree Genetics & Genomes, 10, 1257-1270.
Uchiyama, K., Ujino-Ihara T., Ueno, S., Taguchi, Y., Futamura, N., Shinohara, K. and Tsumura Y. (2012) Single nucleotide polymorphisms in *Cryptomeria japonica*: their discovery and validation for genome mapping and diversity studies. Tree Genetics & Genomes, 8, 1213-1222.
Ueno, S., Moriguchi,Y., Uchiyama, K., Ujino-Ihara T., Futamura, N., Sakurai, T., Shinohara, K. and Tsumura Y.(2012) A second generation framework for the analysis of microsatellites in expressed sequence tags and the development of EST-SSR markers for a conifer, *Cryptomeria japonica*. BMC Genomics, 13, 136.
吉村研介・鈴木節子・田中孝尚・鈴木三男・神保宇嗣・伊藤元己・舘田英典・大谷雅人・勝木俊雄・津村義彦・藤井智之・能城修一・河原孝行・吉丸博志（2010）日本産樹木ＤＮＡバーコーディングの現状. 関東森林研究, 63, 85-88.

生物工学研究領域

1. 研究の動向

農林水産研究基本計画では、期別達成目標（H23 ～ H27）として、重点目標の一つである「シーズ創出研究」に、農林水産生物に飛躍的な機能向上をもたらすための生命現象の解明・基盤技術の確立および遺伝資源・環境資源の収集・保存・情報化と活用が挙げられている。2025 年までを視野に入れた、成長に貢献するイノベーションの創造のための長期戦略指針「イノベーション 25」（平成 19 年 6 月 1 日閣議決定）でも、「環境保全に貢献するスーパー樹木の開発」の重要性が指摘されている。また、「気候変動枠組条約締約国会議（COP9）」では、加速度的に進行する地球温暖化を抑えるため、温室効果ガスの排出削減と同様に、森林による炭素固定能の向上も重要視され、遺伝子組換え（GM）樹木を利用した二酸化炭素の吸収促進について言及されている。BT 戦略推進官民会議では、バイオテクノロジーの推進により活力ある日本を築き上げるため、「ドリーム BT ジャパン（バイオテクノロジーによるイノベーション促進に向けた抜本的強化方策）」（平成 20 年 12 月 11 日）をまとめた。さらに、森林総合研究所「2050 年の森」の中でも、「森林が地球温暖化を防ぐ」や「バイオマスを有効利用する」の項目で、「遺伝子組換えによる高生産性／環境ストレス耐性樹木の開発」を実施するとしている。

生命科学分野の一端を担う生物工学研究領域では、このような国内情勢を踏まえ、社会の期待に答えていくために、林木のゲノムや完全長 cDNA の大規模収集や有用遺伝子の選抜等に関する試験研究などにより、ゲノム情報を活用した生物機能の解明と利用技術の開発を進めてきた。

また、GM 樹木の開発に関しては、現在までのところ、複数形質を同時に付与した GM 樹木の作出に成功した例は世界的に見ても存在しない。こうした中、我々の研究領域では、バイオマス生産性向上、環境ストレス耐性、病虫害耐性や不稔性等の形質を付与した GM 樹木の開発を目指し、高機能組換え樹木（スーパー樹木）の開発に向けた研究基盤の整備を進めてきた。ここでは、生物工学研究領域におけるこれまでの主要成果を紹介する。

（丸山毅）

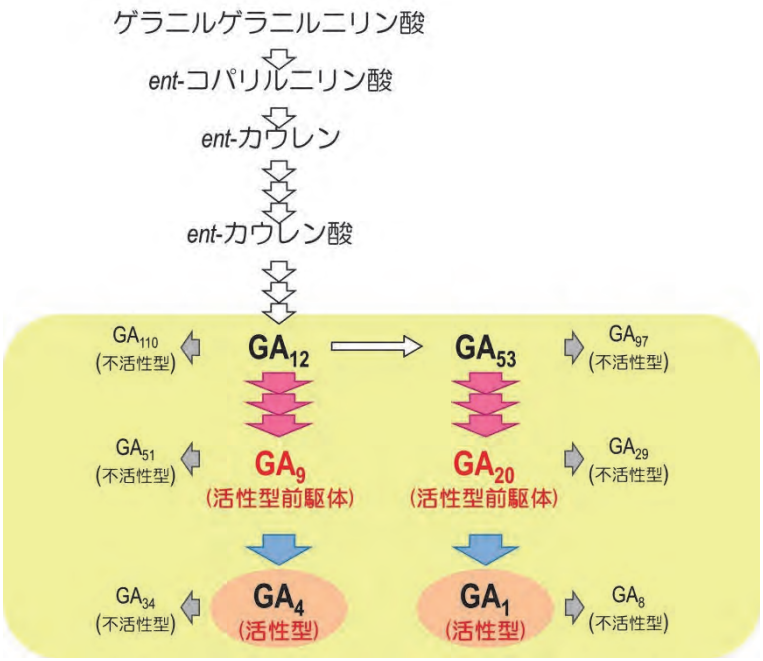
2. 研究の成果

2.1 樹木の成長制御に関する研究

2.1.1 研究の背景と目的

世界の森林は減少していることから、環境保全や将来の資源確保に備えて、樹木のバイオマス生産性を増強する必要がある。植物の成長を制御する因子として、植物ホルモン・ジベレリン（GA）が知られており、GA は、ゲラニルゲラニル二リン酸から 4 種類の酵素による反応を経て基本骨格が作られたのち、酸化酵素群により活性型または不活性型となることで成長制御を行っている（図－ 1）。生物工学研究領域では、これまでの研究で 28 種類の GA 酸化酵素候補遺伝子をポプラから単離している。そして、この経路に関わ

る一部の酸化酵素を強く働かせた場合、伸長成長量が変化することがわかっていた。そこで、バイオマス生産量が向上したポプラを作出することを目的とし、GA 酸化酵素遺伝子を用いた組換えポプラを作出し、人工気象環境下での成長特性やバイオマス生産量の測定や木質成分の分析を実施した。



図－１　植物ホルモン・ジベレリン（GA）の植物での主要な合成経路
活性型、不活性型は植物の伸長成長に対する活性を示す。
黄色の枠内の赤矢印、青矢印、灰矢印は基質や生成物は異なるが植物では同じ分類グループに属する酵素。
本研究では赤矢印または青矢印の酵素遺伝子を過剰に発現させた。

2.1.2　伸長成長の良いポプラはバイオマス生産量も多い

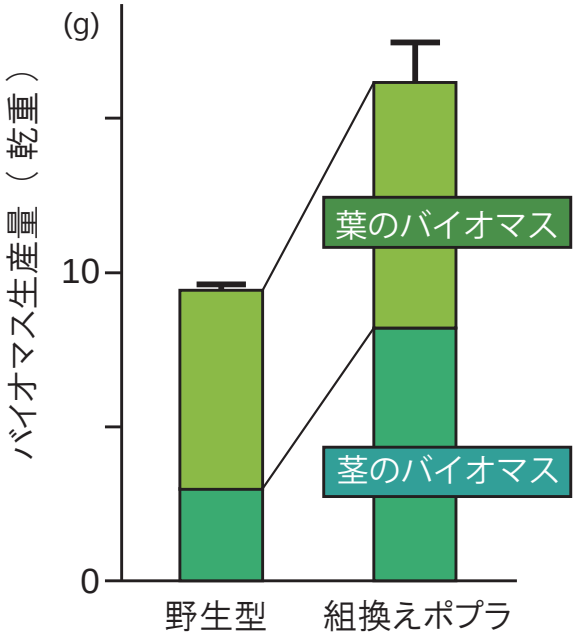
樹木の伸長成長量を増加させるには、図－１中の活性型と表記した GA_1 や GA_4 を増加させる必要がある。そこで、図－１中の赤矢印または、青矢印の反応を触媒する酸化酵素遺伝子をポプラで過剰に発現させた場合、地上部の成長がどのように変化するのか調査した。すると、赤矢印の遺伝子を組換えたポプラの中から、初期の地上部の伸長成長速度が約２倍に増加した組換えポプラを得ることができた（写真－１）。この組換えポプラでは、地上部のバイオマス生産量が増加していた（図－２）。詳しく見ると、バイオマス生産量は葉で 1.2 倍、幹では 2.7 倍に増加し、部位により増加量に差が観察された（伊ケ崎ら 2014）。

リグニンやセルロース等の木質成分の存在比率については、野生型（遺伝子組換えを行う前のもの）のポプラと比較して差は観察されなかった。したがって、赤矢印の遺伝子を強く働かせた組換えポプラは、木質成分には影響を受けないバイオマス高生産ポプラと言える。

一方、青矢印の遺伝子を組換えたポプラでは、伸長成長量、バイオマス生産量や木質成



写真－１　GA 合成酵素遺伝子を用いたポプラの成長促進
左 3 個体は野生型、右 3 個体は赤矢印の酵素活性を強化した組換えポプラ
（伊ケ崎ら 2014 を一部改変）



図－２　GA 合成酵素活性強化した組換えポプラの地上部のバイオマス生産
緑色は茎の、黄緑色は葉柄を含む葉のバイオマス量を示している。
（伊ケ崎ら 2014 を一部改変）

分について、野生型のポプラと差は観察されなかった。

2.1.3　バイオマス高生産樹木の利用に向けて

遺伝子組換え作物では、近年、様々な有用な性質を持つものが開発され、商業栽培されるようになってきている。複数の有用形質を組み換えにより高度に発揮するスーパー樹木を作出する試みとして、以前に作製した交配育種の年限を短縮するのに有効な早期開花性の組換えポプラに、今回の赤矢印の遺伝子を導入し、2 種類の遺伝子を組換えたポプラを作出することにも成功した。

本研究では、成長特性等の評価を広さに制限のある実験室での人工気象環境下で行った。今後は遺伝子組換え生物に関する法令に従いながら、より自然環境に近い条件での栽培に挑戦していきたいと考えている。

（伊ケ崎知弘）

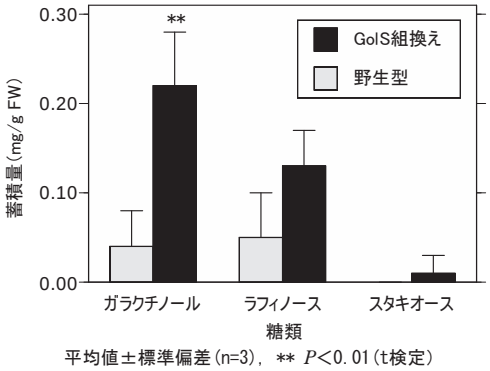
2.2　樹木の耐塩性に関する研究

土壌中の過剰な塩は、自然や農業生態系に深刻な被害を与える。過剰な塩がもたらす害には 2 つの面がある。一つは、高濃度の塩が土壌水の浸透圧を高めるため、植物は水の吸収が困難になる（浸透圧ストレス）。二つ目に、土壌に蓄積したナトリウムイオンや塩素イオンなどの有害成分が植物に吸収されたり、カルシウムやカリウムなどの無機養分の吸収が阻害されたりして植物の成長を妨げる（イオンストレス）。さらに、こうしたストレスを受けた植物では二次的に活性酸素が発生し、植物のダメージを大きくする。

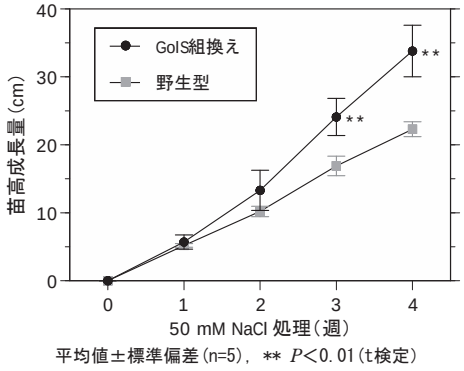
浸透圧ストレスを受けた植物では、体内に糖やアミノ酸の蓄積が見られることがある。糖やアミノ酸の蓄積によって植物体内の浸透圧を高めることにより、高浸透圧の土壌からも給水が可能になる。一方、イオンストレスに対して植物は、吸収したナトリウムイオンを液胞に局在させることで細胞の代謝系などを守っている。また、活性酸素に対してはカタラーゼなど抗酸化酵素の活性化や、アントシアニンなどの抗酸化物質の蓄積が見られる。

このように、高塩の影響は浸透圧ストレス、イオンストレス、活性酸素と広範であり、それらに対する植物側の応答も多様である。こうした中、我々の研究領域では、ガラクチノール合成酵素（GolS）に着目し、GolS 遺伝子を過剰に発現する組換えポプラを作出した。ガラクチノールはラフィノース族オリゴ糖（RFO）の前駆体であり、RFO は乾燥などのストレスを受けた植物で蓄積することが知られている。GolS 組換えポプラでは、葉のガラクチノール蓄積量が野生型の 5.5 倍になっていた（図－ 3）。この GolS 組換えポプラを水耕栽培し、肥料液に 50 mM NaCl を加えて 4 週間の塩処理を行った。その結果、GolS 組換えポプラは野生型ポプラに比べて 1.5 倍の苗高成長量があり（図－ 4）、GolS 遺伝子の過剰発現は耐塩性の強化に有効であることが示された。

（横田智）



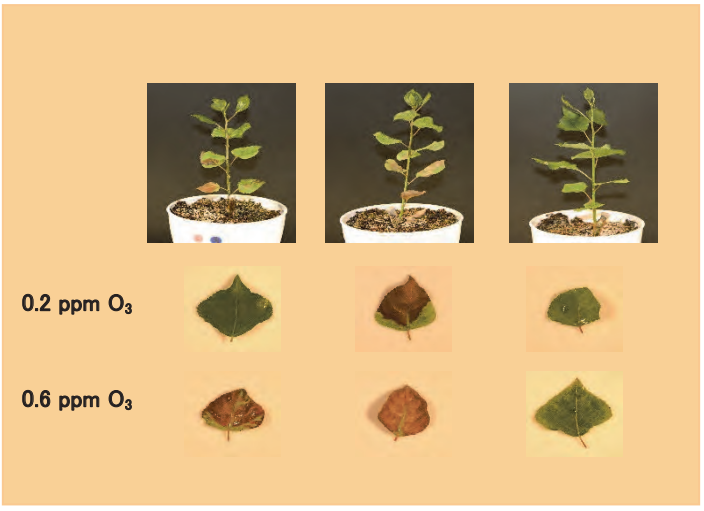
図－3　GolS 組換えポプラにおける葉内の糖類蓄積



図－4　塩処理下の GolS 組換えポプラの苗高成長量

2.3　樹木のオゾン耐性に関する研究

硫黄酸化物やオゾンによる大気汚染は深刻な社会問題となっている。植物は気孔から大気汚染ガスを取り込んでも、解毒することができるが、大気汚染ガスの濃度が高い場合には植物自身に傷害が生じ、落葉したり、枯死したりする。この傷害は植物ホルモンのエチレンが引き起こすと考えられている。そこで、エチレン合成酵素遺伝子の発現抑制によってエチレン合成を阻害した遺伝子組換えポプラを作出した（図－5）。この組換えポプラはオゾン耐性を示し、高濃度オゾンの曝露によっても葉の傷害が生じなかった。反対に、エチレン合成を促進する組換えポプラを作出したところ、こちらは比較的低い濃度のオゾン暴露に対しても葉の傷害が生じた。これらの技術を応用することで、大気汚染に強い緑化木や大気汚染を感知する環境指標樹木の開発が期待できる。



図－5　オゾン耐性遺伝子組換えポプラの作製
左列：野生型ポプラ。中央列：エチレン合成酵素遺伝子を過剰発現させた組換えポプラ。
右列：同じ遺伝子の発現を抑制した組換えポプラ。エチレン合成を抑制したポプラは強いオゾン耐性を、逆にエチレン合成を促進したポプラは、強い感受性を示す。
（Mohri et al. 2011, 2013）

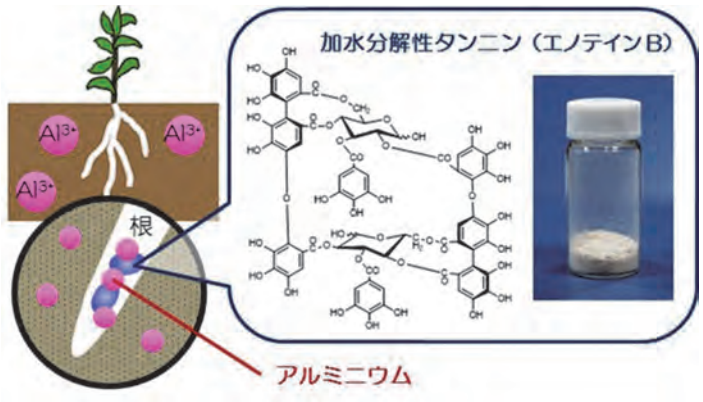
（毛利武）

2.4　ユーカリから新しいアルミニウム無毒化物質を発見

世界の陸地は、熱帯・亜熱帯を中心に約 3 割が強酸性土壌で覆われている。強酸性土壌では、土壌を構成している粒子から、有毒なアルミニウム（主に Al^{3+}、以下 Al）が溶け出してくる。そのため、植物は根を伸ばすことができず、枯死したり、成長が阻害されたりする。しかし、オーストラリア産樹木のユーカリ（*Eucalyptus camaldulensis*）は、強酸性土壌でも育つことができ、高濃度の Al にも耐えられる。我々は、強酸性土壌の緑化に資するため、その Al 耐性機構を解析した。

ユーカリは、Al を無毒化する物質を合成・蓄積しているのではないかと仮説を立て、ユーカリの成分を分析した。その結果、ユーカリの根から Al を無毒化する新しい物質を発見した（図－ 6、Tahara et al. 2014）。この物質は、加水分解性タンニンの一種エノテイン B で、1 分子で Al を 4 個以上捕捉することができる。また、捕捉された Al は植物にとって無毒である。この Al 無毒化物質は、ユーカリの根に約 1%と高濃度に含まれており、葉や茎にも含まれている。一方、Al 感受性の樹種を調べたところ、この物質は含まれていなかった。また、ユーカリを根の周りに Al がある状態で育てると、この物質が根で増えることも分かった。ユーカリは、この物質に根で Al を捕捉させ、無毒化することで高濃度の Al に耐えることができるのではないかと考えている。

今後は、ユーカリ樹体内における Al 無毒化物質の生合成経路について調べる予定である。その仕組みを応用すれば、Al に高い耐性を持つ（すなわち、強酸性土壌でも生育できる）樹木や作物の開発につながる。また、新たな土壌改良剤の開発への応用も考えられる。酸性の荒廃地を緑化したり、酸性土壌で効率的に作物を育てたりできれば、地球温暖化の原因である二酸化炭素の森林への固定や、人口増加による燃料や食糧の不足の緩和に貢献できる。



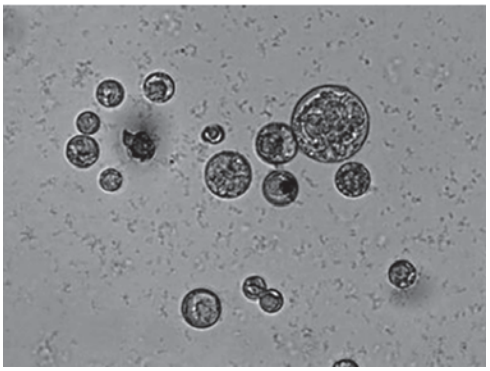
図－ 6　ユーカリの根から単離・同定した新規 Al 無毒化物質

（田原恒）

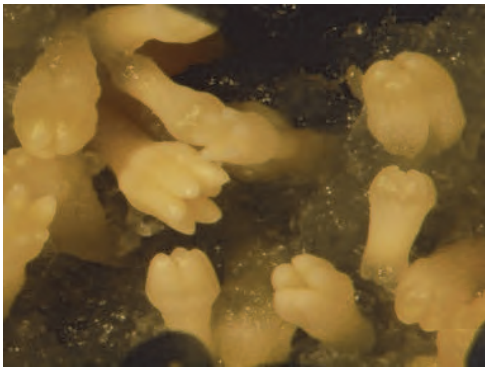
2.5　樹木の組織・細胞培養研究

樹木の培養研究については、以前からスギ、ヒノキなどの主要な国産針葉樹や、ポプラ他、幾種かの広葉樹で形態形成に関する研究がなされてきた。広葉樹では、茎葉などの器官培

養により個体再生系の開発に成功した種も多い。針葉樹については、以前は形態形成・個体再生が困難であったが、培養材料として未熟な種子胚を用いることで、不定胚を形成させることに成功し、不定胚を発芽させることで個体再生が可能になってきた。ただし、まだまだ途上の技術であり、すべての種子胚から不定胚形成能を持つ細胞を誘導できるわけでもなく、その能力を長期にわたって維持することも困難な状況にある。しかし、この十年、培養条件については様々な改良がなされてきた。例えばアカマツやクロマツなどマツ属樹木では、不定胚の成熟が正常に行われない場合も多く、個体再生させにくいが、不定胚の成熟期に乾燥処理を行うことで効率よく正常な不定胚を得られるようになってきた。スギでは、不定胚形成能力を維持させるため、その増殖細胞の凍結保存に関する研究も行ってきた。また、絶滅危惧種の現地外保存法として、ヤツガタケトウヒやヒメバラモミの培養法について検討し、2 種とも不定胚経由での個体再生系の開発に成功している。特にヤツガタケトウヒについては、これまで扱ってきた針葉樹の中でも高い分化能力を持つ培養細胞の誘導に成功している。広葉樹では、サクラなどで新たな品種・樹種に関する培養研究を行い、「はるか」などで葉茎切片などから個体再生に成功し、増殖に成功している。これら組織培養によって再生した針葉樹や広葉樹は、所内や千代田の苗畑、西表熱帯林育種技術園などで順化・育成し、無菌培養を経由した個体の成長特性について経過観察中である。また、ポプラでは、以前から細胞培養による個体再生系の開発を進めており、ギンドロやヤマナラシについて細胞壁を酵素で取り除いた状態のプロトプラストを培養することで、再生個体を得ることに成功している。スギ、ヒノキ、クロマツなどの針葉樹でも不定胚形成能を持つ培養細胞についてプロトプラスト培養することで個体再生が可能になってきている（写真－ 2、3）。これらプロトプラストを含む細胞培養では、一つ一つの細胞をバラバラにした状態で培養可能なため、遺伝子組換えやゲノム編集などを行う際、それぞれの細胞を個別に取り出してキメラにならないよう培養して個体を得ることができるという利点がある。放射線やイオンビームを照射しての新たな育種素材作出を行うような場合にも有効な培養方法である。



写真－ 2　培養細胞由来のプロトプラスト



写真－ 3　再生不定胚
（いずれもクロマツ）（細井ら 2011）

（細井佳久）

3. 今後の課題

今後は、持続的かつ実際的な森林の保全と運用を考える上で、樹木の生産性向上や材質向上等に繋がる技術の研究開発を考えなければならない。そのためには、ゲノム情報やバイオテクノロジーに関わる研究だけでなく、生理生態学的・化学的評価方法を確立することが必要不可欠である。これについては、さらに関連分野の知見を取り入れ、分野横断的研究開発を進めるなど、多様な取り組みを行ってゆく必要がある。

（丸山毅）

文　献

細井佳久・丸山 E. 毅（2011）クロマツのプロトプラスト培養による不定胚の形成とその発芽. 関東森林研究, No.62, 147-150.

伊ケ崎知弘　他（2014）ジベレリン 20 酸化酵素遺伝子を過剰に発現する組換えポプラの特性. 関東森林研究, 65-2, 307-310.

Mohri T. et al. (2011) Improvement in the ozone tolerance of poplar plants with an antisense DNA for 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase.Plant. Biotechnology, 28, 417-421.

Mohri T. et al. (2013) Development of ozone-susceptible transgenic poplars with a sense DNA for 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase. Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute, 12, 155-156.

Tahara, K., Hashida, K., Otsuka, Y., Ohara, S., Kojima, K. and Shinohara, K. (2014) Identification of a hydrolyzable tannin, oenothein B, as an aluminum-detoxifying ligand in a highly aluminum-resistant tree, *Eucalyptus camaldulensis*. Plant Physiol., 164, 683-693.

バイオマス化学研究領域

1. 試験研究の動向

本研究領域は、成分利用研究領域と樹木化学研究領域が合併し、平成 18 年に誕生した。これにより、木材中のセルロース、ヘミセルロース、リグニンおよび微量な抽出成分といった木材成分の全てを扱う領域となった。

1.1 バイオエタノール製造技術開発

平成 18 年に京都議定書が発効し、またバイオマス・ニッポン総合戦略フェーズ 2 が閣議決定され、平成 19 年には国産バイオ燃料の生産拡大に向けた工程表が発表されたことから、二酸化炭素排出削減を目的としたバイオエタノール製造研究には強い追い風が吹く状態となった。こうした中で、農林水産技術会議事務局委託プロジェクトで基礎技術を確立したソーダ・アントラキノン蒸解を酵素糖化の前処理として、林野庁実証事業予算で秋田県北秋田市にプラントを建設し、木質バイオエタノールの製造実証を行った。実証事業の途中で発生した東北地方太平洋沖地震による東京電力福島第一原子力発電所事故により、研究開発のニーズがバイオ燃料から発電を目的とする再生可能エネルギーへと移行したため、バイオエタノール研究は平成 24 年で終了したが、ソーダ・アントラキノン蒸解技術はバイオリファイナリーに応用され、分離されたリグニンやセルロースの用途開発へと引き継がれた。

1.2 リグニンの有効利用

リグニンは芳香環を持つ高分子であるため、合成プラスチック代替材料として常にその利用が期待されてきたが、ランダムな結合様式となっている事と、安定した供給元が存在しない事により、その工業原料としての利用は非常に困難である。これまでも、サルファイト蒸解から副生するリグノスルホン酸塩が界面活性剤的な性質によりセメント分散剤や鉛電池の添加剤として利用されている以外に然したる用途は見いだされなかった。こうした中で、本領域では先に記した鉛蓄電池の陰極に添加するリグニンにアミノアントラキノンを付加し、電池の充電性能を改善する研究を行った。その後、1.1 のバイオエタノール製造研究と連動して、酵素糖化の前処理にソーダ・アントラキノン蒸解を用いることによりソーダリグニン供給の可能性が浮上し、このリグニンにポリエチレングリコールを付加して界面活性剤的性能を付与し、高性能のセメント分散剤等を開発する研究を行った（農林水産技術会議事務局 委託プロジェクト「地域資源を活用した再生可能エネルギーの生産・利用のためのプロジェクト・木質リグニンからの材料製造技術の開発」）。また、ソーダリグニンだけでなく、ポリエチレングリコールによるソルボリシスでリグニンの分離と改質を同時に行い、様々な用途に適用するプロジェクト研究（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」の中の「地域のリグニン資源が先導するバイオマス利用システムの技術革新」）も発足し、リグニンも実用製品化に手の届くと

ころまで迫っている。

1.3　セルロース利用研究

高分子材料であるセルロースには結晶領域と非結晶領域が存在し、その存在様式が構造や物性に大きな影響を及ぼす。このセルロースの溶解性や高分子特性へのアプローチから、溶解したセルロースと溶解していないセルロースなど、２つの構造の異なるセルロースからなる複合素材が高い機械物性値を示すことを明らかにした。また、セルロース単独では得られない機械的・熱的・耐水性材料物性を改善するために、セルロース溶液と各種アルコキシシランとを混合してセルロース / シリカ複合化フィルムを作成し、シリカを分子レベルで複合化したセルロース / シリカハイブリッド材料の開発を行った。そうした中で、平成 26 年 6 月に改訂された政府の成長戦略に、セルロースナノファイバーに関する研究開発の推進が明記され、我が国に存在する森林資源を活用しながら地域産業の発展に貢献する研究の推進が求められた。当領域では、きのこ・微生物研究領域と共同で生研機構の「革新的技術創造促進事業（異分野融合共同研究）工学との連携による農林水産物由来の物質を用いた高機能性素材等の開発、補完研究」と、林野庁の「セルロースナノファイバー製造技術実証事業」に食品用途と工業材料用途でそれぞれ応募し、セルロースナノファイバーの本格的な実用化研究開発を行う事となった。

1.4　抽出成分研究

未利用な枝葉に含まれる精油成分には、自律神経系調整作用、抗酸化活性、環境汚染物質浄化作用、抗ウイルス活性などがあることを解明し、また樹皮等に多く含まれるポリフェノールについては、有害物質であるホルムアルデヒドや重金属の捕捉能の向上を目的とした化学反応性などを明らかにした。さらにスギ合板用単板の高温乾燥過程で排出する粘着性の廃液から、顕著な抗菌性や抗酸化性を有する樹脂成分（ジテルペン類）を見出した。近年の健康志向の高まりによるこれら天然成分由来の環境改善剤に対する潜在的な需要は非常に大きく、その要求への回答として、エステー株式会社、日本かおり研究所株式会社との共同研究によりマイクロ波減圧コントロール抽出装置を開発し、トドマツ精油を原料とした空気浄化剤を開発した。これらはクリアフォレストの商品名で上市され、この成果をもって平成 26 年に第 12 回産官学連携功労者表彰農林水産大臣賞を受賞した。また、一方のポリフェノール研究ではタンニンをアミノ化することにより、その重金属吸着特性をさらに強化し、環境浄化剤を開発中である。

1.5　その他

平成 23 年に発生した東北地方太平洋沖地震による福島原子力発電所事故で漏えいした放射性物質に大量の木材が汚染された。これらを減容化するために、小さなビーズを高速回転させてその衝撃で木材を粉砕しつつ、それと同時に酵素で細胞壁成分の一部を分解する「湿式ミリング」という新たな技術を開発した。この粉砕木材をメタン発酵菌で汚染のないメタンに変換してエネルギー化するとともに、汚染残渣は当初の 1/10 程度の容積に

減容することが可能となった。

2. 研究の成果

2.1 鉛蓄電池の充電性能を改善するリグニン添加物の開発

鉛蓄電池は自動車のバッテリーとして広く使用されている。この陰極には、エンジンの始動性を高める、即ち放電性能を高めるために部分的に脱スルホン化されたリグノスルホン酸が添加されている。陰極では、金属鉛がⅡ価の鉛イオンに酸化されるときに放電し、生じた鉛(Ⅱ)イオンは電解液の硫酸イオンと結合し、陰極表面で安定な硫酸鉛となる。このとき、鉛(Ⅱ)イオンを吸着し易い部分脱スルホン化リグノスルホン酸があると、生じた鉛(Ⅱ)がリグニンに吸着され、部分的に硫酸鉛になることを抑制するので、より多くの金属鉛がイオン化され、結果として放電容量が大きくなると考えられる。しかし、この方法では鉛(Ⅱ)イオンを金属鉛に還元する反応は強く抑制されるので、それを制御できる化合物を探索した。その中で、1,5- ジアミノアントラキノンが無添加と比較して充電性能を約 35%向上させることが明らかとなった（久保 2008)。また、放電性能を損なわずに充電性能を高めるため、部分脱スルホン化リグノスルホン酸に水酸化テトラプロピルアンモニウムを付加し、これを鉛電池の陰極に添加して充電性能を評価したところ、部分脱スルホン化リグノスルホン酸のみに比較して 22%の充電性能の向上が認められた。

（久保智史）

2.2 木質バイオエタノール製造技術の開発

本技術開発は、きのこ・微生物研究領域と共同で行い、前処理をバイオマス化学、酵素糖化および発酵をきのこ・微生物領域が担当した。木質バイオマスからエタノールを製造するためには、まず原料中の多糖分を糖化する必要がある。これには硫酸加水分解法と酵素加水分解法があり、現在の研究の主流は酵素加水分解法へと移っている。木材を酵素で加水分解（糖化）する場合、含まれるリグニンの除去が必要となるが、森林総研ではソーダ・アントラキノン蒸解法を脱リグニン前処理法として用いた。この方法は、針葉樹、広葉樹、それらの樹皮、竹および外装用の合板など、リグニンおよび構造の類似したフェノール類を含むバイオマスに適用可能である。一例として、スギ材製紙用チップを原料として 170℃で 2 ～ 3 時間の蒸解を行うことにより、収率 47% でリグニン量 4 ～ 7% のパルプを製造可能である。これをさらにアルカリ酸素脱リグニン処理により、リグニン量を 2 ～ 3% に減らすことにより、5FPU/g パルプの酵素添加量（FPU はろ紙分解法による酵素活性の単位）で、含まれるセルロースやヘミセルロースなどの多糖をほぼ完全に糖化することが可能であった。この技術を基礎として、平成 20 年度林野庁森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業の下、秋田県北秋田市に木質バイオエタノール製造実証プラントを建設し（写真－ 1)、ソーダ・アントラキノン蒸解を前処理とした酵素法によるバイオエタノール製造の実証を行った。製造収率はスギチップ 1 トン中の C6 糖から 216L のエタノール製造量となり、またこのプラントでは、酵素をオンサイトで生産してコストダウンを行った。最終的に実証データを 250 トン/日のチップ処理規模に当てはめた場合のバオエタノー

ル製造ランニングコストは 98 円 /L となった。また排液（黒液）として回収したリグニン等の木材成分からエタノール製造エネルギーの全量を回収可能であり、さらに 14%の黒液が余剰となった。よって、この方法の実用化によりリグニン原料の供給が可能となることが分かった（森林総合研究所 2014）。

（真柄謙吾）



写真－１　北秋田市に建設した木質バイオエタノール製造実証プラント

2.3　リグニンマテリアルの開発

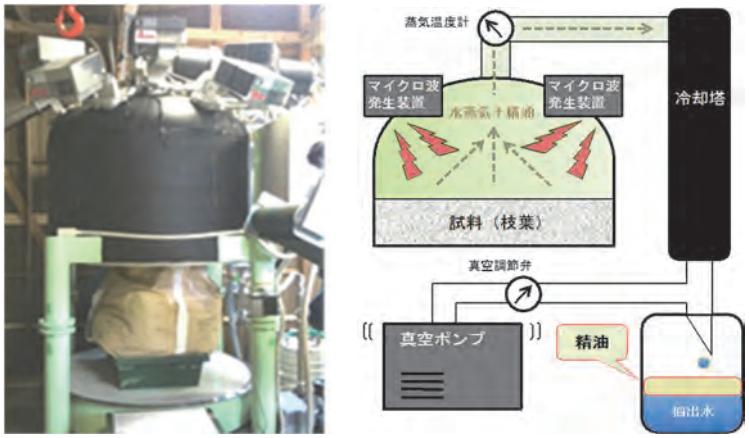
ソーダ・アントラキノン蒸解で排出される黒液からリグニンを回収し、これにグリシジル基を持つポリエチレングリコール（エポキシ PEG）を作用させると、リグニンにポリエチレングリコール鎖を導入することができる。疎水性のリグニンに、親水性のポリエチレングリコール (PEG) が結合するため、界面活性剤として利用することが可能となる。この改質リグニンを原料に、合成品のポリカルボン酸系分散剤に近い極めて高いセメント分散性を持つ減水剤を開発することに成功した。加えて、これらはコンクリート試験において、施工までの時間の確保を可能にする保持性能を有しており、強度、乾燥収縮性についても、実用レベルであることを確認した。これにより市販品以上の減水性能を持ち、流動性保持性も併せ持つ多機能コンクリート混和剤の製造が可能となった（Takahashi 2015)。一方、リグニンの精製元となる黒液には、木材から溶出したリグニンの他に蒸解に用いた水酸化ナトリウムなどのアルカリ薬剤が含まれているので､強アルカリ性である。この乾燥粉末をグリシジル基を持たない通常の PEG に溶かして加熱すると、リグニンに PEG が付加することが明らかとなった。これにより､高価なエポキシ PEG を使わない｢アルカリ PEG 処理」が可能となり、リグニン改質の大幅なコストダウンが達成された。アルカリＰＥＧ処理リグニンは熱加工性に優れ、炭素繊維の原料として利用可能である。

（山田竜彦）

2.4　トドマツ林地残材を原料とした空気浄化剤の開発・実用化

樹木の精油は、抗菌・防虫作用やリラックス効果を有することが知られている。その他の機能としてトドマツの精油には二酸化窒素などの環境汚染物質を除去する効果のある事

が明らかになり、その活性物質数種も見いだすことができた（大平 2015）。二酸化窒素は、その強い酸化力から生体の脂質を酸化して過酸化物を生成するが、トドマツ葉部から得た精油の蒸気を作用させると、過酸化脂質の生成量が大きく抑制されることも解明した。これらの実用化のためにトドマツの林地残材である枝葉から効率的にかつ経済的に精油を抽出する方法として「マイクロ波減圧コントロール抽出装置」（図－1）を開発した。この装置により、従来法より低コストで精油を採取することが可能となった。採取したトドマツ精油を原料に、日本かおり研究所株式会社と共同して空気浄化剤「クリアフォレスト」商品群を実用化した。また、この抽出法を用いた場合、精油と同時に得られる抽出水はさわやかな芳香を有しており、かつ抗菌性やインフルエンザウイルスに対する不活化能に優れており、消毒液としての利用価値があった。抽出残渣は乾燥した状態で得られるため、その用途開発を行ったところ、アンモニア等の悪臭に対する消臭能に優れていることがわかり、有望な消臭素材としての利用法を開発した。



図－1　マイクロ波減圧コントロール抽出装置とその機構

（大平辰朗）

2.5　放射性物質に汚染された木質バイオマスの減容化とエネルギー化

これまで木材から直接メタン発酵によってメタンガスを作ることは、木材の細胞壁が強固で、メタン菌が分解できないため不可能であった。そこで、小さなビーズを高速回転させてその衝撃で木材を粉砕しつつ、それと同時に酵素セルラーゼで細胞壁成分の一部を分解する「湿式ミリング」という技術を開発した。これにより、木材の細胞壁がナノレベルにまで粉砕できるようになり、メタン菌による発酵が可能となった。生じたメタンガスは空気よりも軽く、メタン発酵槽から熱をかけずに簡単に回収することができるが、汚染された木材中の放射性物質は、空気よりも重いためメタンガスから分離され、発酵残渣中に残存することを確認した（大塚ら 2015）。さらに発酵後の残渣体積は原料の 1/10 以下になるため、放射能汚染バイオマスの減容化技術としても効果的であり、かつ新たなバイオエネルギー生産技術として利用することが可能である。

（大塚祐一郎）

3. 今後の課題

この 10 年間で、トドマツ精油関連の空気浄化剤を実用化することが出来たが、これは世の中の根強い健康、自然環境や天然物志向に商品開発企画がうまく合致した結果である。しかし、リグニンやセルロース・ヘミセルロースは常に既存の合成製品とのコストや性能の競争となるため、未だ顕著な実用化事例は得られていない。特にリグニンは、原料のサプライチェーンからの構築となるため、そのハードルは一層高いと考える。こうした中で、単発の技術開発ではなく、その技術を取り囲む環境の醸成を含んだ開発を行い、木質バイオマスを原料とする製品群の実用化を目指さねばならない。

文　献

久保智史（2008）改質未利用バイオマス成分による鉛蓄電池の性能改善. 若手研究グラント研究価値創造　NEDO 産業技術研究助成事業若手研究グラント成果実例集, 38pp.

大平辰朗（2015）樹木精油成分による空気質の改善. 木材学会誌, 61(3), 226-231.

大塚祐一郎　他（2015）放射性セシウムを含む植物バイオマスの処理方法. 特願 2015-021988.

森林総合研究所（2014）平成 24 年度森林整備効率化支援機械開発事業の内「木質バイオマスの大規模利用技術の開発」成果報告書.

Takahashi et al. (2015) Performance of softwood soda-anthraquinone lignin-polyethylene glycol derivatives as water-reducing admixture for concrete. J. Wood Chem. Technol., 35, 348-354.

きのこ・微生物研究領域

1. 試験研究の動向

1.1 きのこ分野

きのこ類は林業総生産の半分以上を占め、その関連産業は日本の農村地域の生活を支える一方で、国際競争の渦中にある。より効率的な育種による品種開発を行うためには、生物の遺伝情報を収集することが有用である。食の安全が求められる中で、輸入食材の原産国表示の信頼性確保が重要になっている。アジア産マツタケは同じ種で、形態もよく似ているため区別が困難である。そのため、アジア産マツタケのトレーサビリティー管理を可能にするDNA原産国判別法の開発に取り組んだ。

きのこの形質転換はプロトプラストに遺伝子を導入する方法が一般的であるが、プロトプラストの単離、培養が困難なきのこについては、形質転換の効率が低いのが現状である。よって、きのこの菌糸や胞子に直接遺伝子を導入できる手法の開発が望まれる。またきのこの育種を行う上で、子実体形成のメカニズムを調べることは重要である。現代のきのこ育種・栽培においても人の感覚に頼る部分が多い。きのこの子実体形成・分化は「光」及び「重力」に大きく依存していた。子実体形成期における光、あるいは重力応答に関わる遺伝子・因子の解析により、子実体形成の科学的基盤を解明してきた。

（馬替由美）

1.2 微生物・酵素利用分野

地球上に存在するバイオマス資源のうち最も多量に存在するものは植物系バイオマスで、その中の90%を木質系バイオマスが占めている（賦存量1兆6,500億トン）。木質系バイオマスは古くから素材（木材）として利用されて来ているが、その構成成分を利用することができれば、石油を中心とした化石資源から作られるエネルギー、化学原料・製品の95%が木質バイオマス資源からも製造可能であると言われている。近年、遺伝子工学、バイオテクノロジーの発展に伴い、微生物機能を使って、これら再生産可能なバイオマス資源をバイオ燃料、バイオマテリアルへ変換する技術開発が盛んに行われている。

多糖類バイオマス成分（セルロース）からのバイオ燃料（バイオエタノール）変換技術開発においては、フィージビリティースタディーが進められている。しかし、多糖類バイオマス成分単独の利用技術開発だけでは産業としては成立しにくく限界がある。一方、バイオエタノール生産工程、製紙工程で産生する芳香族バイオマス資源であるリグニンは、化石資源に含まれる成分に類似の化合物から構成され、本来は非常に応用価値の高いものであるが、その複雑な化学構造のため均一な成分に分離、精製する事が難しく、バルクな利用として分散剤、凝集剤、土壌改良剤、紙・パルプ産業での燃料としてのみの利用にとどまり、リグニンから得られるファインケミカルスを基にしたマテリアル変換技術開発はほとんど進んでいないのが現状である。そこで、微生物機能を応用したリグニンの有用物質への変換を目指して、リグニン分解酵素の生化学的解析、リグニン分解微生物の機能を

応用したプラットホームケミカルの変換研究を行っている。また環境バイオテクノロジー研究としてダイオキシン分解微生物の機能解析も行っている。

（中村雅哉）

木材は材としての用途以外にもバイオマス資源として燃料や化学工業原料、また食品や飼料としての利用開発が期待されている。木材分解微生物の有する糖化酵素利用分野に関しては、木材中の主要成分であるセルロース・ヘミセルロースの有効利用に資する研究を進めてきた。

2005 年 2 月（平成 17 年）に京都議定書が発効し、地球温暖化対策が重要課題となり、化石資源からバイオマス資源への転換を図るため、2006 年 3 月（平成 18 年）にバイオマス・ニッポン総合戦略が見直され、木質バイオマスの利用研究への取り組みが活発となった。そうした状況の中、微生物が生産する酵素は化学触媒と違い、安全かつ常温近くで作用する触媒であり、環境負荷が小さく省エネルギーな反応が可能となるとして木質バイオマスへの応用研究が、特にバイオマスエネルギー分野において注目された。また、セルラーゼの持つ酵素反応の特徴を生かしたセルロースナノファイバー生産技術の開発を進め、木質バイオマスのマテリアル利用に関しても研究が進展した。

（野尻昌信）

2. 研究の成果

2.1 きのこ分野

森林総合研究所では従来困難であったマツタケ及びシイタケのゲノム解読を行い、全遺伝情報を森林総合研究所遺伝資源データベース ForestGEN 上で公開した。これらは、きのこが持つほぼ全ての遺伝情報を網羅しており、人工栽培に向けた育種やマツタケが持つ生理学的側面の理解に役立つ。マツタケの進化過程の解析に利用できる「レトロトランスポゾン」という DNA 配列に着目した。このレトロトランスポゾンは、マツタケの染色体におびただしい数で存在することから、マツタケが種として確立していった過程で複製を繰り返しながら染色体上を転移した、マツタケに特有な DNA 配列と考えられている。今回、マツタケがアジア各地に生息域を拡げながら進化した過程を推定できるレトロトランスポゾンを見つけ出し、これを指標にしてアジア産マツタケの原産国判別法を開発した。本成果は、学術論文に掲載しただけでなく（Murata et al. 2008）、検査の現場に役立てるために、本判別法の詳細を森林総合研究所ホームページ（http://www3.ffpri.affrc.go.jp/ReNewHP/labs/matsutake/）に公開している。

形質転換法のひとつであるパーティクルガン法をヒラタケ、ハタケシメジ、および菌根性きのこのアミタケ、ハナイグチなどについて検討し、形質転換効率の高い条件を見出した。また導入された遺伝子は継代培養を繰り返しても安定してきのこのゲノム中に存在した。パーティクルガン法を用いて、効率的に菌根性きのこの形質転換体が得られたことは、これまで解明されていなかった DNA レベルでの菌根性きのこと樹木の共生関係のメカニズム研究に応用でき、またマツタケ等の菌根性きのこの子実体形成に応用できる可能性が

示唆された。またヒラタケの子実体形成時に特異的に発現している遺伝子を単離・解析した結果、子実体形成にリパーゼが関与していることを見出した。このことは、まだ子実体形成に成功していないきのこの効率的な育種の利用に期待が持たれた。シイタケの青色光受容体複合体及びそれら遺伝子を単離・解析した。本光受容体が 450nm の青色光を感じ取ることにより、きのこの子実体形成を開始・誘導するだけでなく、子実体の着色を司っていた。重力応答遺伝子群の解析により、重力はきのこ類の子実体形成に大きな影響を与えていた。子実体形成期における細胞内液胞や窒素代謝、細胞膜の変化を促すことにより、子実体形状を変化させる機構の存在が示唆された。

2011 年 3 月 11 日に生じた東日本大震災に付随した津波により、東京電力福島第一原子力発電所は被災し、原子炉等から放射性セシウム等の放射性物質が環境中に放出された。きのこ類は植物と比較して放射性セシウムを吸収しやすいと報告されていること、また震災直後にきのこ類から高濃度の放射性セシウムが検出されたことから、きのこ類は食品としての価値を著しく落とし、4 年以上経過した現在においても、きのこ類に対する風評被害は一向に衰えていない。きのこ類が食品としての価値を取り戻すため子実体の放射能を低減する栽培方法を検討したところ、ヒラタケの菌床栽培を用いた実験では、220Bq/kg の培地で得られた子実体の放射能は湿重量基準で 55Bq/kg であったが、セシウムを強固に吸着するプルシアンブルーを培地へ 1.8g/kg 添加することにより、同放射能は 0.2Bq/kg まで減少することを明らかにした（Hiraide et al. 2014）。これは、プルシアンブルーの添加によりきのこ類の放射性セシウムの吸収を低減した初めての報告であり、各県の試験場等では原木栽培への応用が検討されている。

（馬替由美）

2.2　微生物・酵素利用分野

リグニン分解微生物の多面的な機能解析を行ってきている。クラフトパルプの微生物漂白能を有する白色腐朽菌 *Phanerochaete crassa* MAFF420737（WD1694）株の選抜に成功し、機能解析を行った結果、リグニン分解酵素の一種であるマンガンペルオキシダーゼが関与していることが明らかとなった。本菌による微生物漂白反応が生じている場を解析した結果、菌糸先端でマンガンペルオキシダーゼが発現し、過酸化水素を供給するグリオキサールオキシダーゼが協調的に働いて反応していることを明らかにした。さらにこのマンガンペルオキシダーゼの遺伝子をクローニングし構造解析に成功した。一方、パルプ工場排水路から単離されたリグニン分解菌 *Sphingobium* sp. SYK-6 株（以下 SYK-6 株）は様々な低分子リグニン化合物を分解・代謝することができ、これらの化合物は 2-ピロン 4,6-ジカルボン酸（PDC）という代謝中間体に収斂して水と二酸化炭素へと分解・代謝されていくことが明らかとなっている。PDC はジカルボン酸構造を有し様々なプラスチック材料へ展開が可能なプラットホームケミカルの一つで、石油化学にも例の無い新しい特性が期待される物質である。そこで、SYK-6 株の低分子リグニン化合物分解・代謝酵素遺伝子を再構成した組換え微生物バイオリアクターを構築し PDC の発酵生産を行い、大量生産（100g/L）ができることを明らかにした。また、PDC の 4,6- 位のカルボキシル

基を二官能性のモノマーと重縮合して、対応するポリアミドやポリエステル、ポリウレタンなどの高分子へと導くことができた。環境バイオテクノロジー分野としては、ダイオキシン分解微生物である *Geobacillus* sp. UZO-3 株を単離し、新規のダイオキシン分解経路を解明することができた。さらにダイオキシン構造中のエーテル結合を開裂する酵素遺伝子の解明に成功した。

（中村雅哉）

木質バイオマス資源をガソリン代替エネルギーに変換する研究を進め、「エタノールの製造方法」として出願した（野尻ら 2006）。これを基本技術として国産材の代表であるスギからバイオエタノールを生産する実証試験を実施した。ソーダ・アントラキノン蒸解したスギパルプを炭素源とした *Trichoderma reesei* の大量培養条件を検討し、酵素生産コストを低減することができた（Shibuya et al. 2015）。さらにこの培養液を使用したスギパルプの糖化および糖化液の発酵までの実証試験を実施し、スギからのバイオエタノール製造法を確立した（野尻 2012, 2013）。また、*Trichoderma reesei* の生産する酵素に不足しているβ-グルコシダーゼを補足する目的で *Aspergillus tubingensis* の固体培養による酵素生産を検討し、同時糖化発酵によるエタノール生産方法を開発した（Shimokawa et al. 2013）。

また、木質バイオマスの酵素糖化に関する学術的な基盤の確立を目的として、基質と酵素との相互作用という観点で研究し、セルロース結晶上での酵素の挙動を高速 AFM で観察し、解析した。また、海藻のシオグサについてはセルロース結晶構造の違いによる糖化性の差からセルロースミクロフィブリル中のセルロースⅠαが先に分解し、セルロースⅠβの長さ 350nm の短繊維が得られることを明らかにした（Hayashi et al. 2005）。

さらに糖化酵素の一種であるエンドグルカナーゼを機械処理と同時にセルロースに作用させることでセルロースがナノファイバー化することを発見し（林 2008, 林ら 2010）、セルロースナノファイバーの生産技術を確立した（渋谷・林 2006）。また、この技術はタケを材料とすることで分散性の優れたナノファイバーが得られることを見出した。このナノフィブリル化に効果のある酵素としてマツノザイセンチュウから得られるグリコシド分解酵素ファミリー 45 に分類されるエンドグルカナーゼの性質を明らかにした（Shibuya and Kikuchi 2008）。

また、セルロース以外の木質バイオマス中の多糖類の利用としてアカマツの葉から得られるヘミセルロースを使ったフィルムの性質を明らかにした（Shimokawa et al. 2015）。

（野尻昌信）

3. 今後の課題

3.1 きのこ分野

マツタケなど菌根菌は植物との共生を行い、森林を育み地球環境の維持している。シイタケなどの栽培可能なきのこは木材腐朽菌であり、有機物の最終分解者として地球上の炭素循環の根底を担っている。「環境にやさしい生物」であるきのこ類は、食料としてだけ

でなく「地球環境の担い手」である。きのこ類のゲノム遺伝情報を用いた生態解明は、様々な分野で貢献していくことが期待される。トランスポゾンは動植物を中心に真核生物のゲノム進化と機能に深く関わったDNAであり、その分子進化を解析することにより、正確な種分化の過程をたどることができる。今後、担子菌進化に関わったトランスポゾンの同定を行い、それを指標にしたマツタケ及び近縁種の「起源」と「分化」を解明することで、マツタケ遺伝資源の探索、及びそれを利用したマツタケ栽培に関わる技術開発に役立てたい。

きのこに効率的に遺伝子を導入する手法は開発されたが、導入する遺伝子、例えば香り、味、耐病性などに関わる有用な遺伝子を今後単離する必要がある。また、単離された子実体形成時に発現する遺伝子の機能解析を行う必要がある。

福島県及びその周辺県では、原発事故により環境中へ放出された放射性セシウムにより自県で生産される原木が汚染されているため、原木栽培への使用が困難となっている。そのため、西日本等の非汚染地域で生産される原木を購入して栽培を再開している生産者がいる。しかし、放射性セシウムにより汚染された栽培環境へホダ木を置くことによるホダ木の二次汚染が指摘され、そこから発生する子実体の汚染が懸念されている。

（馬替由美）

3.2　微生物・酵素利用分野

資源循環型の社会を実現するためには、微生物や酵素等によるバイオプロセスを用いて、植物系バイオマスを原料とするグリーン素材を効率よく創製できるかが鍵となる。木質系芳香族バイオマス資源であるリグニンから微生物機能を用いてプラットホームケミカルとなる化合物を得るためには、高分子リグニンを分解できるリグニン分解微生物とプラットホームケミカルス生産微生物を組み合わせた手法が考えられるが、リグニンの低分子化反応に時間がかかるため、現在の技術としては現実性に乏しい。リグニンの低分子化前処理技術の開発や低分子リグニン化合物の収率改善等、課題は残っているものの、化学的前処理を組み入れた手法を開発して行く必要があると考えられる。環境バイオテクノロジー分野としては、実際の汚染環境の浄化という、より実践的な取り組みを行ってゆく必要があると考えられる。

（中村雅哉）

日本の森林資源の蓄積量は毎年約1億立方メートルずつ増加しており、国産材の利用促進は健全な森林を維持するためにも重要な課題となっている。また間伐等の森林整備は森林の多面的機能を発揮する上で重要な作業であるが、間伐材等の利用が進まないことから十分な間伐が実施されていない森林が増加している。そのため、間伐材も含め林地残材等の未利用木質資源を活用するため、木質バイオマス中の多糖成分から酵素機能等を使って高機能・高付加価値材料へ変換する技術開発が課題となっている。

（野尻昌信）

文　献

Hayashi, N., Kondo, T. and Ishihara, M. (2005) Enzymatically produced nano-ordered short elements containing cellulose I β crystalline domains. Carbohydr. Polym., 61, 191-197.

林徳子（2008）酵素によるセルロースのフィブリル化. 磯貝明監修“セルロース利用技術の最先端”シーエムシー出版, 320-327.

林徳子・渋谷源・野尻昌信（2010）酵素加水 分解時の微結晶セルロースの表面変化. 木材学会誌, 56, 374-381.

Hiraide M., Sunagawa M., Neda H., bt. Abdullah N. H. and Yoshida S. (2014) Reducing radioactive cesium transfer from sawdust media to *Pleurotus ostreatus* fruiting bodies. J. Wood Sci., DOI: 10.1007/s10086-015-1483-x.

Miyazaki Y et al. (2005) Molecular cloning of developmentally specific genes by representational difference analysis during the fruiting body formation in the basidiomycete *Lentinula edodes*. Fungal Genet Biol., 42(6), 493-505.

Miyazaki Y et al. (2007) The fruiting-specific Le.flp1 gene, encoding a novel fungal fasciclin-like protein, of the basidiomycetous mushroom *Lentinula edodes*. Curr. Genet., 2007 51(6), 367-375.

Miyazaki Y et al. (2010) Differentially expressed genes under simulated microgravity in fruiting bodies of the fungus *Pleurotus ostreatus*. FEMS Microbiol. Lett., 307(1), 72-79.

宮崎安将（2011）きのこのゲノム解読. 山林, 1527, 46-49.

宮崎安将　他（2011）シイタケゲノム解読とその利用. ブレインテクノニュース, 146, 23-29.

宮崎安将（2013）きのこ類のゲノム解読. 生物工学会誌, 91(7), 401.

宮崎安将　他（2014）改訂版 最新きのこ栽培技術. (株)プランツワールド.

宮崎安将（2015）マツタケのゲノム解読とその人工栽培への利用. JATAFF ジャーナル, 3(7), 8-12.

Murata, H., Babasaki, K., Saegusa, T., Takemoto, K., Yamada, A., and Ohta, A. (2008) Traceability of Asian *matsutake*, specialty mushrooms produced by the ectomycorrhizal basidiomycete *Tricholoma matsutake*, on the basis of retroelement-based DNA markers. Appl. Environ. Microbiol., 74, 2023-2031.

中村雅哉・大塚祐一郎・政井英司・敷中一洋・重原淳孝・片山義博 (2014) リグニンの微生物代謝中間体 2 ピロン 4,6- ジカルボン酸（PDC）の生産と利用技術開発. 木材工業技術短信 32, 1-11

野尻昌信（2012）スギ林地残材の有効活用に向けて　－林地残材からの木質バイオエタノール製造技術の開発－. 山林, 1537, 12-18.

野尻昌信（2012）スギ林地残材の有効活用に向けて　木質バイオエタノール製造実証試

験報告. 山林, 1555, 26-35.
野尻昌信・池田努・杉元倫子・眞柄謙吾(2006)エタノールの製造方法. 特許 4756276 号.
Shibuya, H. and Kikuchi, T. (2008) Purification and Characterization of Recombinant Endoglucanases from the Pine Wood Nematode *Bursaphelenchus xylophilus*. Biosci. Biotechnol. Biochem., 72, 1325-1332.
Shibuya, H., Magara, K. and Nojiri, M. (2015) Cellulase production by *Trichoderma reesei* in fed-batch cultivation on soda-anthraquinon pulp of the Japanese cedar. Bulletin of FFPRI, 14, 29-35.
渋谷源・林徳子（2006）セルロースナノファイバーとその製造方法. 特開 2008-150719
Shimokawa, T., Shibuya H., Ikeda, T., Magara, K., Shinagawa, S., Shinagawa, H., Nojiri, M. and Ohara, S. (2013) Ethanol production from sugi pulp under simultaneous saccharification and fermentation using a cocktail enzyme of T. *reesei* and *A. tubingensis* produced by solid-state fermentation. J Wood Sci., 59, 171-178.
Shimokawa, T., Togawa, E., Kakegawa, K., Kato, A. and Hayashi, N. (2015) Film formation and some structural features of hemicellulose fractions from *Pinus densiflora* leaves. J Wood Sci., 61, 53-59.
Sunagawa, M. Magae, Y. (2002) Transformation of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* by particle bombardment. FEMS Microbiol Lett., 211, 143-146.
Sunagawa, M. Magae, Y. (2005) Isolation of genes differentially expressed during the fruitbody development of *Pleurotus ostreatus* by differential display of RAPD. FEMS Microbiol Lett., 246, 279-284.
Sunagawa, M. Murata, H. Miyazaki, Y, Nakamura, M. (2007) Transformation of the mycorrhizal basidiomycetes, *Suillus grevillei* and *S. bovinus*, by particle bombardment Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 71, 47-50.
Sunagawa, M. Murata, H. Miyazaki, Y, Nakamura, M. (2007) Transformation of the mycorrhizal basidiomycetes, Suillus grevillei and S. bovinus, by particle bombardment Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. 71: 47-50.
Suzuki, Y. Nakamura, M. Otsuka, Y., Suzuki, N. Ohyama, K. Kawakami, T. Sato, K. Kajita, S. Hishiyama, S. Fujii, T. Takahashi, A. Katayama, Y. (2011) Novel enzymatic activity of cell free extract from thermophilic Geobacillus sp. UZO 3 catalyzes reductive cleavage of diaryl ether bonds of 2,7-dichlorodibenzo-p-dioxin. Chemosphere, 83: 868-872.
Takano, M. Yamaguchi, M. Sano, H. Nakamura, M. Shibuya, H. Miyazaki, Y. (2013) Genomic gene encoding manganase peroxidase from a white-rot fungus Phanerochaete crassa WD1694. J.Wood Sci.59. 141-148.

林業工学研究領域

1. 試験研究の動向

我が国の林業機械化は、すでに半世紀を超える発達史を展開してきているが、奇しくも本年は林業工学分野が森林総合研究所に組織として発足してから 50 年を迎えている。

我が国の林業機械化の歴史は、森林鉄道や軌道・索道等に始まるが、本格的な林業の機械化は第二次世界大戦後のことであり、特に 1954（昭和 29）年の洞爺丸台風による風倒木処理のためにチェーンソーやトラクタが数多く導入されて以来である。また、我が国の急峻な地形条件に合わせて国産の集材機が開発されたのもこの時代であった。1955 ～ 1965 年代に入ると国産の機械が次々と開発改良され、伐木造材作業にはチェーンソー、集材作業にはトラクタや集材機、運材作業では森林鉄道に代わりトラックによる運材が行われるようになった。一方、戦後の拡大造林により植林された人工林の間伐搬出用の機械として、林内作業車、簡易架線、モノレール、自走式搬器等の小型の林業機械も開発され、民有林を中心に様々な作業システムが展開された。これらの林業機械は、現在では従来型林業機械と呼ばれるものであり、従来型作業システムの原形がこの頃に確立された。

この当時の林業機械研究の特筆すべき研究成果として、チェーンソー、刈払機等の林業用手持機械の振動・騒音の防止に関する研究がある。チェーンソーの普及とともに、チェーンソー作業者の手指に発生するレイノー氏現象（白ろう病）が林業労働災害として社会的な問題となり、その対応研究が重点的に進められた。その結果、ハンドルを持つ手指に伝わる振動を正確に測定する方法を開発し、振動の伝達機構の解明、振動と騒音の相関、ロータリーチェーンソーの開発等の成果を収めた。これらの研究は 1975 年代にさらに展開し、キックバック現象の解明や安全装備の開発など現在の完成品（振動値 1G 以下のチェーンソー）の原形をみることになる。また、もう一つの特筆すべき試験研究は、集材架線機械に関する研究である。当時、多径間索道に代わり盛んに使用され始めた集材機について、索の張力測定法や架空索理論と呼ばれる索張設計のあり方を索張方式ごとに評価し、体系化した。これらの成果は、我が国の各種索張方式に適用できる集材架線設計計算法として世に出ることとなり、架線集材の安全性確保に大きな成果をもたらした。一方、林業作業に関する研究では、標準資料法による解析によって、使用機械毎の工程や作業員の技能度による修正係数を求め、各作業を定式化し、標準的な作業方法の比較検討を可能とした。

我が国の林業の機械化にとって飛躍的な技術革新は、高性能林業機械（フェラーバンチャ、ハーベスタ、プロセッサ、タワーヤーダ、スキッダ、フォワーダ）の導入が始まった 1985（昭和 60）年代である。当時は、賃金上昇による伐出コストの上昇と立木価格の低迷が林業経営に極めて深刻な影響を与え、加えて、外材との競合の激化、林業労働力の減少・高齢化、国民ニーズの多様化など林業に対する否定的な問題が山積していた。これらに対応して林業の健全な発展、活性化を図るために、新たな機械化への展開が必要であり、海外の林業先進地で実績を上げていた高性能林業機械の導入が各地で始まった。1991

（平成 3）年には高性能林業機械を中心とした作業システムに転換する高性能林業機械化促進方針が林野庁から打ち出された。これに呼応して、試験研究の方向性も、機械の大型・高性能化に関するもの、新規性や自動制御機構を有する機械開発に力点が置かれた。

当時の森林総合研究所における特筆すべき研究成果としては、傾斜不整地の走行を可能とするベースマシンの開発であった。連結装軌車両、段軸式車両、テーブルスライド式歩行機械、4 脚 2 輪脚式車両、トリ・トラック・ムーバーなどである。連結装軌車両（写真－ 1）は、4 自由度を有する連結機構により 2 台の車両を連結させ、関節部の制御によって車両の体勢を変化させ履帯の接地圧分布を変えることにより、履帯の粘着けん引力を増加、推進力を発揮する。段軸式車両（写真－ 2）は、左右の車軸の高さを制御できる構造であり、コンピュータ制御により地形傾斜の感知と車両の姿勢制御を自動的にコントロールすることで斜面での走行を可能にした。これらの開発研究は、車両の足回り機構の新しい研究として大きな成果を上げるとともに、その後の林業機械の足回り機構に反映されている。また、高性能林業機械の導入により、新しい作業システムの構築が必要となってきた。このため、高性能林業機械を中心とした各種機械の作業条件に応じた生産性等を明らかにし、作業システム全体の作業性能やコストの評価手法の開発が行われた。



写真－ 1　連結装軌車両



写真－ 2　段軸式車両

2001（平成 13）年に森林・林業基本法が改正され、森林の多様な機能の持続的な発揮と資源の循環利用の推進が求められる中で、森林施業に的確に対応できる機械化作業のあり様をどのように構築するかが求められたのもこの時代の大きな変化であった。また、林野庁では、先に策定した我が国の林業機械化のガイドラインである高性能林業機械化促進基本方針を改訂し、21 世紀に向けた新たな林業機械の構築・普及に向けての施策を展開することとなった。

この当時の研究成果は、伐出機械研究では、集材作業の安全性の確保や省力化に対する無人化への展開として、自律走行や自動搬送型の集材機械の開発を行った。車両系では、位置内界センサと自律走行を制御するプログラムを搭載し、集材路に埋設した永久磁石により路上のスリップ誤差を補正しながら自律走行する無人集材車両の開発であり、架線系では、自走式搬器の搬器走行から荷降ろしに至る一連の作業の自動化技術開発である。また、急峻な地形に対応して安全性の確保と林地撹乱防止のための機械として、乗用可能な林業用モノレールや軌条形ベースマシン（写真－ 3）、急傾斜地用車両系機械の機体支

持装置、繊維ロープなどの新素材を使った安全機械器具類の研究開発が行われた。造林機械研究では、植栽および初期保育に焦点を当て、コンテナ苗を用いた新しい植栽機械の開発に取り組み、植付多工程処理機として試作された。自動化技術に関する研究では、離れた所から森林作業をコントロールする技術やシステムの開発研究として、地形・地理・林況の自動計測装置の開発、マニュピュレータのテレイグジスタンス技術やテレコントロールシステムによる森林管理用機械の開発に取り組み、育林から伐出までの各機械の自動化や無人化、これらを統合するシステムの開発を推進した。



写真－3　軌条型ベースマシン

2.　研究の成果

この 10 年間の研究では、地球温暖化が社会的な問題となり、環境保全や化石燃料の代替として木質バイオマスが注目を集め、特にボトルネックとなっているバイオマスの収集・運搬に関する研究がクローズアップされた。また、森林・林業再生プランや攻めの農林水産業などの国の施策により、国産材の自給率 50%目標の達成や路網整備と機械化による新たな素材生産技術の確立を実現するため、海外で活躍している先進的林業機械の導入や基盤整備事業の推進など、林業機械化に非常に大きな追い風が吹いている。一方、2011 年の東日本大震災の発生以来、海岸林の復興にコンテナ苗を活用するなど再造林技術の開発にも関わり、林業工学分野に求められる研究は、従来の機械開発や作業システム、森林路網や労働安全の研究分野にとどまらず、非常に広範な分野をカバーすることとなった。

2.1　先進的林業機械による作業システムと路網作設・計画技術の開発

2.1.1　先進的林業機械による作業システム

全国各地に導入された先進的林業機械のうち、架線系機械として中距離型タワーヤーダ（写真－ 4）による間伐作業システム、車両系機械としてホイール式ハーベスタ（写真－ 5）



写真－4　タワーヤーダ



写真－5　ハーベスタ

とフォワーダの組み合わせによるCTL（Cut To Length：丸太集材）作業システムについて調査を行った。その結果、従来の高性能林業機械等を使った作業システムに比べ非常に高い生産性を得られることが明らかとなるとともに、地形条件等の機械作業システムの適用条件も解明した。特に架線系作業システムについては、路網の選定手法や適地判断、施工技術の開発に取り組み、作業道の開設単価や生産材積が増加するほどタワーヤーダがスイングヤーダに比べて経済的に優位になることを明らかにした。また、新しい架線系技術として中間サポートに関する成果を手引書として取りまとめ普及を図っている。

2.1.2　路網作設・計画技術の開発

林野庁では2010（平成22）年に路網を構成する道を、一般車両が走行する恒久的施設である「林道」、10トントラックや林業用車両が走行可能な「林業専用道」、フォワーダ等の林業機械が走行する「森林作業道」の3区分に整理した。このうち森林作業道については、地形や地質等が異なる全国各地域の現地調査を行い、その実態を解明するとともに、地形傾斜、幅員、切土高さ、路線選定、施工方法などと路面強度（支持力）との関係を明らかとし、「森林作業道開設の手引き」として取りまとめ、普及を図っている。本成果は、林野庁の森林作業道作設指針にも活用されている。また、木材搬出の効率化と森林路網の低コスト化を両立させるため、高解像度の数値地形データを用いて、対話的に土工量を算出するソフトウェアを開発した。2m間隔の地形情報をバイリニア補間法と呼ばれる方法で10cmまで分割し、詳細な土工量を算出する。実証試験を行い、土工量推定の妥当性が示され、国有林などでの活用が検討されている。

2.1.3　習熟特性の解明、保護具の評価

フォワーダ搭載のグラップルローダによる荷役作業の習熟過程を、初心者と熟練者の作業操作比較から明らかにし、荷役作業の習熟率の予測モデルを作成した。初心者の訓練や機械操作の研修カリキュラムに活用されているほか、操作レバーとグラップル挙動の解明によりフォワーダの操作レバー（機械側）と人間側のインターフェイスの改善が期待されている。また、チェーンソー用防護服について実態調査を行い、防護服の着用により労働災害の1割を防止できることを明らかにし、具体的な経済的優位性を示して事業体等への普及を図っている。

2.2　コンテナ苗を活用した育林機械

これまでに、コンテナ苗の金型を製作するとともに、これに適したコンテナ苗自動耕耘植付機（写真－6）及び自動下刈作業機のプロトタイプ機を開発し、現地試験の実施や機械展示会への出展等行ってきた。特に近年は、再造林の低コスト化を目指し、国有林等を中心として全国的にコンテナ苗に注目が寄せられている。新しい機械の開発だけではなく、伐採から植栽ま



写真－6　自動耕耘植付機

での再造林作業システムの開発や植付器具による作業性能の違い、作業者の労働負担の解明、軽労化を実現する新しい植付器具の開発等に取り組んでいる。

2.3　木質バイオマスの収集・運搬システムの開発

林地残材の低コスト収集・運搬システムを開発するため、バイオマスに対応した新しい林業機械を開発した。チッパー機能付きプロセッサは、造材作業機械であるプロセッサに、かさ高いバイオマスを小さくするためのチッパー機能を付加し、造材時にはソーチェーンによる玉切り作業を、破砕時にはチッパー機構による粗破砕作業を行い、1 台の機械で造材作業と破砕作業の 2 つの工程を処理する作業機械である（写真－ 7)。バイオマス対応型フォワーダは、用材を積載する機能はそのままに、かさ高い末木や枝葉などを出来るだけ多く積載するため、荷台フレームが伸縮し、横方向と上方向から圧縮することによって積載量を確保することができる圧縮機能を装備したフォワーダである（写真－ 8)。

また、地域に散在する林地残材等のバイオマスを、低コストで収集・運搬し、プラント等へ安定して供給できるバイオマス供給システムを開発した。モデル地域を設定し、利用可能なバイオマス資源量の推計、トラック輸送時の走行速度や輸送経路等を解析し、トータルコストを明らかにした。さらに、2012 年に施工された再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT 制度）に対応した経済性評価支援システムの開発、バイオマス原料のサプライチェーン評価、用材生産と連携した木質バイオマスの低コスト安定供給システムを開発した。



写真－ 7　破砕機能付きプロセッサ



写真－ 8　バイオマス対応型フォワーダ

2.4　ロボット化技術の開発

2.4.1　自動制御技術を活用した車両追従走行

フォワーダ等の運材機械の省力化を目的として、ワンマンで複数台のフォワーダの集材走行が可能となる開発研究を行った。具体的には、超音波センサを用いた車両追従装置および制御支援ソフトを開発し、クローラタイプのモデル機械に装置を装着し、実用に近い走行速度での車両追従走行を実証した。

2.4.2　ロボット革命

2015 年にまとめられた「ロボット新戦略」等を背景に、農林水産業におけるロボット化を推進する事業が始まり、林業工学分野でも 4 課題において、民間企業や公立試験研究機関、大学、事業体とともにコンソーシアムを組み、新しい機械開発を開始した。具体的には、フォワーダを遠隔操作するとともに運転手の負荷を軽減するためフォワーダ自身に自動走行機能を付加する「自律走行機能による遠隔操作式フォワーダのオペレータサポートシステムの開発」。森林総研で開発を続けてきた自動植付機と自動下刈機の作業機を GPS や UAV（無人航空機）で精密に制御する「育林作業用精密ロボット技術の開発」。丸太や木材の付加価値を高めることを目的に、ハーベスタの造材作業時に丸太のヤング係数計測や直材の自動判定を行う「原木品質判定機能付きハーベスタと情報共有システムの開発」。そして、地拵え作業や植栽作業等の作業員の労働負担を軽減する「造林作業の負担軽減のためのアシストスーツの開発」である。

3.　今後の課題

我が国の森林は高齢林化が進み、林齢構成の平準化と森林の若返りが強く求められている。今後、皆伐や再造林はもとより、大径・長尺材を扱わざるを得ない状況が間近に迫っており、林業機械や作業システムだけではなく、路網等のインフラ整備の抜本的な改革も必要となってきている。また、インターナショナルな幅広い視点を求められるだけでなく、環境問題に起因する木質バイオマス等をはじめとしたエネルギー問題、IT 産業に代表される急速な技術革新など、我々を取り巻く研究環境は急速に変化している。これらの状況に対応し、目の前の壁を打ち破るためには、新しい発想と原点に立ち返った温故知新の視点が必要だと考えている。

（陣川雅樹）

複合材料研究領域

1. 試験研究の動向

複合材料研究領域は、木材を様々な大きさに加工した原料を接着技術によって再構成して製造される木質材料（合板、集成材、単板積層材、直交集成板、パーティクルボード、繊維板等）を研究対象としている。これらは、主として住宅資材として供給されているため、当領域では住環境における安全・安心をテーマとする研究を展開してきた。

1990 年代頃から地球環境への問題意識が高まり、合板原料は南洋材から針葉樹材へと転換され、国産材利用技術に関する研究が始まった。また、1990 年代後半には、新築住宅で体調に不調を来す、いわゆるシックハウス症候群が社会問題となり、2003 年の建築基準法の改正による対策規制強化が進められた。それに伴い木質材料に使われていたホルムアルデヒド系接着剤の改良、ホルムアルデヒドや揮発性有機化合物（VOC）の放散や室内空気質の評価法に関する研究が盛んになった。また、2000 年以降は国産針葉樹を使った厚物構造用合板の開発、最近では MDF（Medium Density Fiberboard : 中密度繊維板）やパーティクルボードにも構造用に必要な性能を持つものが開発されるなど、面材料の構造的利用が一層進む傾向にある。2000 年代後半からは、欧州で開発された CLT（クロス・ラミネイティド・ティンバー）により、欧米を中心に木造中高層のビル建設が進められていることから、日本でも 2010 年代に国産 CLT の開発に関わる研究が進められ、2013 年 12 月に異例の早さで直交集成板の日本農林規格（JAS 規格）が制定された。現在さらに CLT の普及を目指して建築関連法規等の整備に向けた研究が進められている。これらに加え、新規木質材料の製造法、性能評価法、接着剤の開発研究及び耐久性予測、強度発現メカニズム、VOC 放散メカニズムなどの基礎研究にも取り組んでいる。

2. 研究の成果

当領域が中心となって行ったここ 10 年間（第 2 期中期計画 2006 年から第 3 期中期計画 2015 年（H18-27）まで）のプロジェクト研究について、成果の概要を紹介する。

2.1 合板に関する研究

森林総合研究所交付金プロジェクト（交プロ）「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価（H17－19)」や共同研究「スギ等国産材を原料とした厚さ 12mm 合板の基礎的性能および構造的性能の解明（H22)」、「地域材を用いた合板の高度利用技術の開発(H25)」などにより、新しい厚物構造用合板の製造技術と壁・屋根への適用技術の開発を行った。また、スギ等国産材を用いて試作した合板の性能を測定し、JAS 規格における要求性能の満足度と効率性の観点から、使用樹種の組み合わせや断面構成などの最適製造方法を提案した（渋沢ら 2012a)。さらに、スギ等国産材を用いた合板の平衡含水率、熱伝導率等の物理的性質、曲げ性能、釘接合性能等の強度的性能、当該合板を用いた耐力壁等の構造性能を明らかにした（渋沢ら 2012b)。これらの成果は日本合板工業組合連合会

の「ネダノン・マニュアル」、「構造用合板の手引き」として、木造住宅の設計・施工者に活用されることで普及が図られ、国産材の著しい需要拡大に貢献した。これにより「厚物構造用合板研究グループ」が平成 23 年度産学官連携功労者表彰の農林水産大臣賞を受賞した。

共同研究「地域材を用いた合板による土木工事用敷板の開発（H24）」及び「地域材を用いたコンクリート型枠用合板の開発（H24）」では、地域材を活用した合板を土木工事現場で使用される敷鉄板の代替やコンクリート型枠に活用するための技術開発を行った（渋沢ら 2014.a, 2014.b）。成果は日本合板工業組合連合会のマニュアル「使用用途に対応するコンクリート型枠用合板」及び平成 26 年の合板の JAS 規格改正に反映され、また平成 27 年には「合板型枠」がグリーン購入法特定調達品目に追加された。

交プロ「地域材を活用した保存処理合板の開発（H19-21）」では、保存処理合板の接着耐久性の検証によって、保存処理した構造用合板も JAS の格付けが可能となった。また、木材保存剤の分析手法を開発するとともに、各種薬剤による保存処理合板の防腐・防蟻・防虫性能及び VOC 放散特性を明らかにし、JAS 規格改正に向けてデータの蓄積を行った（森林総合研究所 2011）。

2.2　集成材に関する研究

交プロ「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価（H17-19）」では、スギ材の利用拡大を企図して、それまで集成材の JAS で使用が認められていなかった低ヤング係数のラミナ、節径比の大きなラミナ、幅はぎラミナ（Hiramatsu et al. 2011）、台形ラミナ、スギ・コナラ LVL ラミナ等のヤング係数と各種強度を解析するとともに、異樹種積層集成材の新しいラミナ構成を提案し、約 2 万体の実大試験で実証した（森林総合研究所 2009）。これらの成果を受け平成 19 年に集成材の JAS 規格において、低ヤング係数のラミナ等級の追加、異樹種集成材の製造を容易にする特定対称異等級構成の新設等の改正がなされ、国交省より基準強度が評価・告示された。

農林水産省技術会議（技会）新技術開発事業「信頼性強度設計理論による地域材利用新構造用材料の開発（H19-21）」では、異樹種非等厚ラミナ構成の集成材、小幅板積層ラミナ、薄板積層ラミナ、LVL 複合集成材などを当時の JAS では認定されない積層材の強度性能及び強度管理手法を明らかにし、これらの製品に対する集成材 JAS 認定の技術的基準案を作成した（長尾ら 2009）。

技会実用技術開発事業「国産材の新需要創造のための耐火性木質材料の開発（H20-22）」では、木材が「現し」として使える耐火性を有する梁・柱材の開発を目的とし、鉄筋コンクリートの周りをスギ集成材で被覆した新たな木質ハイブリッド部材を開発して、強度や剛性の劣るスギ集成材を用いても優れた耐震性を有することがわかった。また、2 時間耐火性能を付与する技術を開発した（新藤ら 2011）。

構造用集成材の接着耐久性を明らかにするために、長期間使用されている集成材の接着耐久性調査手法を提案し、国内及び米国で、築後 25 ～ 74 年の集成材建築物の実態調査を行った。築年数約 40 年以上で接着面の劣化等級が高くなること、風雨に曝されるなど

建築計画上の配慮を欠いた物件では劣化が進むこと、ユリア樹脂接着剤やカゼイン接着剤であっても、直接風雨に曝されない場所では良好な状況を維持していることなどを明らかにした（新藤 ら 2010a, 2010b）。これらの成果は今後の長寿命住宅への構造用集成材の利用の指針の一つとなる。

2.3 国産材 CLT の開発

交プロ「スギ造林大径木を公共建築等において利用拡大するための技術開発（H23-25）」等の中で、スギを使った CLT の製造と評価について検討し、ひき板を直交させて積層接着することによる寸法安定化効果や、接着部の接着性能を明らかにするとともに評価法を開発した（塔村 2013）。また、ひき板を直交させて積層接着した材料の強度性能の断面設計法を開発した（宮武ら 2013, 渋沢ら 2013, 新藤ら 2013）。これらの成果は直交集成板の JAS 規格の原案作成に反映された。

技会委託プロジェクト「伐採木材の高度利用技術の開発（H25-29）」では、伐採木材を大量に使用して CLT を効率的に製造する技術を開発し、CLT を大型木造建築物に使用可能とするため、JAS 規格や建築基準法関連法規等に求められる性能を確保する技術を開発することを目的としている。

林野庁委託事業「CLT 実用化促進（強度性能データの収集・分析及び長期挙動データ等の収集・分析）（H26）」では、スギ等を用いた CLT の各種強度データの収集・解析及び静的曲げ荷重下における曲げ性能について長期挙動データの収集・解析を行った。これらの成果は、国土交通省の建築基準法関連告示等へ反映される予定である。

2.4 木質ボード類に関する研究

技会高度化事業「地域の竹資源を活用した環境調節機能を持つ複合建築ボードの開発（H18-20）」では、竹材の加圧蒸気処理、圧密化処理などにより、生物劣化に強く、鋼材に匹敵する強度を有する材料や、竹炭の VOC 等ガス吸着能を利用した竹炭・竹繊維複合ボードを開発した。得られた成果を元に竹複合建築ボードの性能を活かした建築物の設計・施工方法に関する技術的資料を作成した（渋沢 2008, 2013a）。

共同研究「構造用 MDF の製造条件と基礎的物性の関係の把握（H24-26）」及び技会農食研事業「国産材を高度利用した木質系構造用面材料の開発による木造建築物への用途拡大（H25-27）」により、構造用の性能を持つ MDF を開発した（渋沢ら 2013b）。この成果は平成 26 年繊維板の JIS 規格改正に反映され、新たに構造用区分ができた。

技会高度化事業「木質系廃棄物を利用した軽量で安全な屋上・壁面緑化法の開発（H18-20）」では、解体材等を原料とした木質系インシュレーションボードから成る保水資材とマット植物と組み合わせた軽量な緑化法を開発した。この資材を用いた場合、灌水間隔を長くしてもマット植物の生長が良好であることや、夏季における室温低下効果を確認し、実際の校舎屋上に設置した（高麗ら 2009, 2010）。

技会実用化事業「乾燥工程を省略したボード製造技術の開発（H21-23）」では空気噴射装置を装着したホットプレスを考案し、これより省エネ型の木質ボード製造技術を確立し

た（Korai et al. 2011, 高麗ら 2014b）。

建築物等の木造・木質化に向けた木質パネル類の耐久性向上のため、木質パネル類の屋外暴露を実施し、劣化に及ぼす因子を解明した（Korai et al. 2012）。さらに全国 8 ヶ所におけるパネルの屋外暴露による耐久性のデータを蓄積するとともに、主要劣化因子を解明し、耐久性や使用場所の環境条件を考慮したパネル類の利用指針を示した（Korai and Watanabe 2015）。

2.5　建築用リサイクル資材に関する研究

技会委託費（バイオリサイクル）「破砕細片化原料を用いた土木・建築用資材の開発（H12-18）」では、木材建築廃材や建築用ボード類から高い強度性能を有する新たな建築用ボードを再生産可能とする製造技術やその簡易性能評価技術が開発され、建築廃棄物の再生利用の可能性が大きく広がった（渋沢ら 2005）。また、同「木材及びセメント複合による細片製造と土木・建築資材等の開発（H12-18）」では、土木・建築資材として利用可能な木材繊維補強セメント複合材料の開発を目的として、木材（チップ、ストランド）とセメントを大量に混合する技術を開発するとともに木材混入率と各種強度性能との関係を明らかにし、これらの成果は実大試験で実証された（新藤ら 2007, 平松ら 2014）。

2.6　室内空気質に関する研究

木材及び木質系材料、各種建材の規制対象外の 4VOC（トルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン）の放散特性について、建材からの VOC 放散基準値（建材試験センター策定）に対する適合性について解析を行い、木材自体及びホルムアルデヒド系接着剤を使用した一次加工木材（合板、集成材及びボード類）について、基準に適合することを明らかにした（宮本ら 2006）。これらの成果は、日本住宅木材技術センターの報告書「木質建材からの VOC 証明・表示研究会」に取りまとめられ、社団法人日本建材・住宅設備産業協会等が開始した「化粧板等の VOC 放散に関する自主表示」制度の根拠として活用された（井上ら 2009）。また、ホルムアルデヒドのデシケーター法とチャンバー法との相関を明らかにし、ISO のホルムアルデヒド測定法へのデシケーター法の採用に貢献した（Miyamoto et al. 2012）。さらに、技会高度化事業「木質建材製造工程における揮発性有機化合物排出低減化技術の開発（H18-20）」では、合板製造工場等の各工程における VOC 放散・排出量を明らかにし、各工程での低減方策をとりまとめ、関係行政機関に受け渡すとともに関連製造工場へ提案した。

厚生労働省室内濃度指針値の対象物質の一つであるアセトアルデヒドは、木材からの放散が問題となっていたが、文部科学省科学研究費「木材とエタノールの反応によるアセトアルデヒド発生機構の解明（H18-20）」、交プロ「木質材料からのアルデヒド類放散特性の解明と安全性評価（H22-24）」により、伐採後の木材には元々アセトアルデヒドが少量含まれ、その放散量は乾燥により減少すること、集成材からのアセトアルデヒド放散は接着剤にエタノールを添加した場合にのみ認められること、この発生にはエタノールと木材中のアルコール脱水素酵素反応が関与していることを明らかにした（Tohmura

et al. 2012, 2015)。これらの成果は、プレスリリース（2012 年）されるとともに、日本接着剤工業会及び合成樹脂工業協会に受け渡され、アセトアルデヒドの発生源対策に活用された。

（塔村真一郎）

文　献

Hiramatsu, Y. et al. (2011) Strength properties of glued laminated timber made from edge-glued laminae II: bending, tensile, and compressive strength of glued laminated timber. J. Wood Sci., 57(1), 66-70.

平松靖　他（2014）熱圧爆裂細片を用いた低密度ボードの試作. 木材工業, 69, 68-70.

井上明生　他（2009）木質材料は「4VOC 基準適合」建材．森林総合研究所研究成果選集, 21, 34-35.

Korai, H. and Watanabe, K. (2015) Effectiveness of principal component analysis for analyzing particleboard subjected to outdoor exposure. J. Wood Sci., 61(1), 35-39.

Korai, H. et al. (2011) Development of an air-injection press for preventing blowout of particleboard I: effects of an air-injection press on board properties. J. Wood Sci., 57(5), 401-407.

Korai, H. et al. (2012) Effects of outdoor exposure angle on the deterioration of wood-based board properties, Forest Products J., 62(3), 184-190.

高麗秀昭　他（2009）インシュレーションボードおよびマット植物を用いた軽量屋上緑化技術の開発（第 1 報）軽量保水資材の開発および性能評価. 木材工業, 64, 166-171

高麗秀昭　他（2010）インシュレーションボードおよびマット植物を用いた軽量屋上緑化技術の開発（第 2 報）－軽量な緑化が屋根の温度に与える効果－. 木材工業, 65, 403-409.

高麗秀昭　他（2014b）パンク防止機能を具えたホットプレス装置と木質材料の製造方法. 日本国特許, 特許第 5663726 号.

Miyamoto, K. et al. (2012) Evaluation of equivalence of desiccator methods in the ISO and JIS standards. Eur. J. Wood　Wood Prod., 70(1-3), 349-351.

宮本康太　他（2006）単板積層材（LVL）のアルデヒド類および揮発性有機化合物（VOC）放散特性. 木材学会誌, 52(2), 113-118.

宮武敦　他（2013）スギを用いて製造したクロス・ラミネイティド・ティンバー（CLT）の強度性能その 1　試験の概要. 日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道）, 構造Ⅲ, 115-116.

長尾博文　他（2009）スギ幅はぎラミナを用いた異樹種集成材の強度性能その 1　曲げ, 縦圧縮, 縦引張り強度. 日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）, 構造Ⅲ, 21-22.

渋沢龍也　他（2005）解体材等からの低加工エレメントを用いたパーティクルボードの

性能. 木材工業, 60, 445-450.
渋沢龍也（2008）竹を用いた構造材料の開発, 木材工業, 63, 152-157.
渋沢龍也　他（2012a）厚物構造用合板に関する研究開発(1)－その背景と要素技術－. 木材工業, 67, 98-101.
渋沢龍也　他（2012b）厚物構造用合板に関する研究開発(2・完)－普及促進の方策とその効果－. 木材工業, 67, 152-157.
渋沢龍也　他（2013）スギを用いた CLT の面外曲げ性能. 木材工業, 68, 526-531.
渋沢龍也　他（2013a）木質系面材料の材料規格における評価方法(1) 材料規格の概念と曲げ性能, 木材工業, 68, 322-325.
渋沢龍也　他（2013b）構造用 MDF の開発(1) 構造用 MDF の強度性能とその保証方法, 第 17 回木質構造研究会技術発表会技術報告集, 13-16.
渋沢龍也　他（2014.a）国産針葉樹材を用いたコンクリート型枠用合板の単板構成と曲げ性能の検討. 木材工業, 69, 110-115.
渋沢龍也　他（2014.b）国産針葉樹材を用いたコンクリート型枠用合板の実際使用時の要求性能に関する評価. 木材工業, 69, 291-298.
新藤健太　他（2007）細片化した木材を混合したコンクリートの基礎的性状. コンクリート工学年次論文報告集, 29(2), 523-528.
新藤健太　他（2010a）築後 25 ～ 51 年経過した建物における集成材柱の耐久性調査. 木材保存, 36(6), 254-259.
新藤健太　他（2011）Ⅱ-2　EWECS 柱－梁接合部のせん断抵抗機構の解明, Ⅱ-3 EWECS 部材の耐火性能評価. 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「国産材の新需要創造のための耐火性木質構造材料の開発」, 61-74.
新藤健太　他（2013）スギを用いた CLT の面外せん断性能. 木材工業, 68, 544-549.
新藤健太・宮武敦（2010b）集成材の耐久性研究－日本および米国に現存する建物の集成材調査. 住宅と木材, 33(386), 19-24.
森林総合研究所（2009）交付金プロジェクト研究成果集 23「スギ等地域材を用いた構造用新材料の開発と評価」.
森林総合研究所（2011）交付金プロジェクト研究成果集 32「地域材を活用した保存処理合板の開発」.
Tohmura, S. et al. (2012) Acetaldehyde emission from wood induced by the addition of ethanol. J. Wood Sci., 58(1), 57-63.
Tohmura, S. et al. (2015) Effects of Ethanol-Supplemented Phenol-Resorcinol- Formaldehyde Resin on Formaldehyde and Acetaldehyde Emissions from Glued- Laminated Timbers. Forest Products J., 65(1/2), 31-37.
塔村真一郎（2013）CLT の接着性能評価に関する課題. 木材工業, 68, 506-511.

木材改質研究領域

1. 試験研究の動向

木材改質研究領域は木材保存研究室と機能化研究室の 2 研究室と 2 名のチーム長で構成されている。当領域では木材の改質・高機能化により防耐火性、耐久性、耐候性を付与する技術をベースに、他機関、他領域と協力して農林水産技術会議実用技術開発事業や交付金プロジェクト、政府外受託研究、科学研究費補助金等による研究を推進し、安全で快適な住環境の提供を図るとともに、屋外・土木分野における木材利用の促進に大きく貢献してきた。

主要なプロジェクトと実施内容としては、木製ガードレールや木製遮音壁等道路施設における生物劣化対策と美観保持（「木製道路施設の耐久設計・維持管理指針策定のための技術開発（H16-18)」)、燃えしろ設計による 1 時間耐火構造の実現（「国産材の新需要創造のための耐火性木質構造材料の開発」(H20-22))、各種保存処理合板の耐久性評価（「地域材を活用した保存処理法版の開発」(H20-22))、液状化・地盤対策のための基礎杭への保存処理 (「フロンティア環境における間伐材利用技術の開発 (H21-23)」) などが挙げられる。

以下、木材保存研究室を中心とした防火・生物劣化対策研究、機能化研究室を中心とした耐候処理・化学加工研究について研究成果を紹介する。

2. 研究の成果

2.1 防火研究

2000 年の建築基準法改正による性能規定化で木質耐火構造や木質不燃材料も不可能ではなくなり、さらに国内の木材利用を推進することを目的に、2010 年には公共建築物等木材利用促進法が施行された。これらを受け、以前は木材が用いられてこなかった部位や中高層建築物への木材利用の機運が高まり、木材を利用しながら必要な火災安全性を確保するための技術開発が各所でより一層取り組まれている。木材保存研究室では防火に関する研究として、木材の燃焼機構に関する研究、難燃処理木材の耐候性や品質管理法の高度化、木質構造の耐火性向上に関する研究などを行い、木造建築物や木質材料の利用拡大と品質向上に向けた取り組みを展開してきた。

木材の燃焼機構について、樹種による燃え止まり性能の差の要因を解明することを目的として、着火限界を少し上回る程度の弱い加熱を与えた場合の着火性、燃焼発熱性を検証した。49 樹種についてのデータから、着火時間や発熱速度と木材の水透過性との相関が高いことを明らかにし、木材の水透過性が燃え止まり性能に影響することを示した。

難燃処理木材に関する研究では、塗装した難燃処理木材について 2,000 時間の促進耐候性試験、および 48 か月の屋外曝露試験を行い、防火性能の耐候性に対する各種塗装と薬剤の組み合わせの有効性と防火性能の劣化機構を明らかにし、屋外曝露 48 か月後も準不燃材料レベルの防火性能を維持できることを示した。また、難燃処理木材から切り出した小片を水に浸漬し、薬剤を溶脱させることで材中の難燃薬剤分布を計測する手法を考案

し、インサイジング（注入前の穿孔処理）によるムラの低減効果を薬剤固定量分布として数値で示した。

木質構造の耐火性能について、スギを用いた厚さ 28mm の厚物合板を使った 45 分準耐火の床構造の開発に取り組み、根太を用いずに必要な耐火性能を確保できる構成を明らかにした。この成果に基づき、45 分の準耐火構造の認定を取得した（申請者：東京・東北合板工業組合)。また、接着剤の種類や保存処理の有無が構造用集成材の耐火性能に及ぼす影響を、各種集成材梁の実大耐火試験や高温時の接着性能試験により明らかにした。耐火集成材の開発として、荷重を支持する無処理の集成材の周囲に難燃処理した木材を配置した部材について耐火試験を重ね（写真－ 1)、インサイジングをした上でリン酸系の難燃薬剤を注入したスギ板を用いることで 2 時間までの耐火性能を得られることを明らかにした（上川ら 2010)。この結果を基に、1 時間耐火構造の梁および柱の認定を取得し（申請者：鹿島建設（株))、この認定部材が既に実際の建築物に使用されている（野菜倶楽部 oto no ha Café（東京都文京区)、スパビレッジ・ホリカワ(福岡県久留米市))。さらに、直交集成板（CLT）に 2 時間の耐火性能を付与することを目標として研究を進めており、既に無機材料で被覆する方法で 2 時間耐火性能を持つ仕様を明らかにしている。



（右：1 時間耐火試験後の断面）

写真－１　耐火試験後の耐火集成材
（左：火災後に消火作業なしで自然に火の気が無くなる）

木質構造で 2 時間の耐火性能を持つ部材の開発も進みつつあり、これを用いれば防火上は 14 階までの木質ビルを建てることが可能となる。これら成果を広く普及させ、さらなる木材利用の促進につなげるために、火災安全性だけではなく施工性や経済性､居住環境や耐久性などにも配慮した技術開発を進めていくことも今後の課題である。

（上川大輔）

2.2　生物劣化対策研究

生物劣化対策研究としては、木造住宅自体の長寿命化のために、主要な劣化生物である木材腐朽菌とシロアリの発生・侵入を、木材保存剤ならびに構法（工法）により効果的に抑制するとともに、維持管理の省力化を目指して、劣化状況の早期発見・診断手法に関して研究を進めている。

2009 年に「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」が施行され、住宅部材にも 100 年以上にわたって使い続けられるような、高度な耐久性が求められている。この要求に応えるべく、木材保存剤で処理した各種木材・木質材料の耐久性評価方法を確立して性能評価を実施するとともに、日本工業規格（JIS）等公的規格化のための評価方法を確立した。

さらに保存処理した木材にどれだけ薬剤が入っていたか、そして使用年数を経るにつれどの程度残存しているかを明らかにするため、保存薬剤を木材から効率的に抽出し、定量分析の阻害要因となる木材中の抽出成分の有効な除去法を含め、使用薬剤に応じた分析方法を確立した（Momohara et al. 2010）。本法は今後製材等の日本農林規格（JAS）に順次採用される予定である。

シロアリ対策に関しては、ヤマトシロアリとイエシロアリの野外生息・被害情報を再検証し、住宅の品質確保に関する法律（品確法）で規定されている劣化対策等級 3 で、防蟻処理を要しないとされている地域における防蟻処理の必要性を提唱した。さらに、北米からの移入外来種であるアメリカカンザイシロアリによる被害の国内における被害顕在化を受け、本種に特化した薬剤の性能評価試験法を確立するとともに、各種木材保存剤の耐アメリカカンザイシロアリ性能を評価した。

劣化診断手法については、（一社）日本非破壊検査工業会との共同研究により、従来製品の 30 倍程度感度を向上させた高性能なマイクを用いることで、シロアリが発する食害音を既往の装置と比較して同程度の精度で 1m 以上離れたところから検出可能な装置を開発した（大村ら 2015）。本シロアリ被害検出装置の開発により、人が入り込めないために検査できなかった箇所での被害検出ができるようになり、実際の住宅におけるシロアリ被害診断の早期発見に繋がるものと期待される。

今後の研究としては、簡便な薬剤処理によっても長期耐久性能が見込める新たな木材保存処理技術の確立とともに、適正な維持管理を行っていくための性能予測手法の開発が重要である。

（大村和香子）

2.3　耐候処理研究

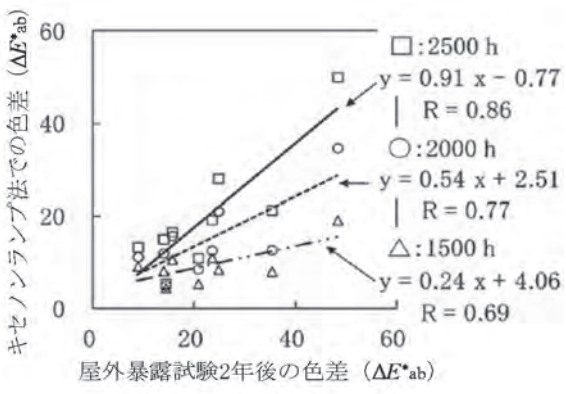
耐候処理研究は、太陽光や風雨など屋外の気象因子による木材の変色・割れ・浸食や、微生物による表面汚染を抑制し、木材の良さを屋外でも長期間保持することを目的とする。本研究は、昭和 53 年に設置された耐候処理研究室において基礎が築かれ、平成 13 年の独法化後は、主に機能化研究室、表面劣化制御担当及び表面改質担当チーム長が中心となり、木材の気象劣化メカニズム解明と耐候処理技術、性能評価技術の高度化を推進してきた。

気象劣化メカニズムに関しては、最大の劣化因子である太陽光の影響に焦点を当て、木材に光劣化が生じる深さとそれに及ぼす各種因子の影響を明らかにした。時間の影響については、屋外光約 1 年分の人工太陽光照射によりスギ辺材の光劣化層が表面から深さ 0.7mm まで発達すること、しかしその発達速度が時間とともに減衰するため、光照射時間を屋外光約 10 年分まで延長しても、光劣化層の深さは 1 mm 程度に留まることを示した。密度の影響については、光劣化層の深さが木材密度に反比例すること、波長の影響については、最大の光劣化深さを可視光線の紫色光が引き起こすことを明らかにした。

耐候処理技術に関しては、塗装技術とメンテナンス技術の向上に資する研究を推進した。VOC 低減の観点から使用量が増えている水性塗料の性能を評価し、製品間の格差が大きいことを示した。水性・油性を問わず、性能の向上には木材への塗料浸透量を増やす

ことが効果的であること、塗装前に木材を粗面化すれば塗料浸透量が増え、性能維持期間が延びることを明らかにした。スギ製遮音壁の 9 年間の屋外暴露試験により、DDAC や CUAZ 加圧注入材に塗装を施すと、無注入材への塗装と比較して性能維持期間が延びることを示した。メンテナンスについては、塗装スギ材の屋外暴露試験中に塗替え実験を行い、塗替え後の性能維持期間が初回塗装後よりも延びることを明らかにした。

性能評価技術に関しては、屋外暴露試験と促進耐候性試験の相関を明らかにするため、無塗装及び各種の塗装スギ材を JIS によるキセノンランプ法（JIS K5600-7-7）と欧州規格による紫外線蛍光ランプ法促進耐候性試験（EN927-6）に供し、つくば市での南向き 45 度傾斜の屋外暴露試験に対する相関性や促進性を解析した。その結果、屋外暴露試験の 2 年間がキセノンランプ法の約 104 日（促進倍率：約 7.0 倍）に相当し、紫外線蛍光ランプ法では約 84 日（同：約 8.7 倍）に相当したことを明らかにした（図－ 1）（石川ら 2014）。性能予測については、屋外での木材の変色を日射量や降水量等の気象因子から予測するための研究を進めている。



図－ 1　屋外暴露試験と促進耐候性試験の相関
（石川ら 2014）

今後の課題としては、他の外装材料との競争に負けないための 10 年超の長期耐候性を木材に付与する技術、及び長期耐候性を短期間で評価するための促進耐候性試験の高速化技術の開発などが重要である。

（片岡厚）

2.4　化学加工研究

木材の化学加工研究は、主として木材改質研究領域機能化研究室、表面加工担当チーム長及び化学加工担当チーム長が担当し、木材及び木材表面に各種機能性を付与するための新技術開発や木質系新素材開発の研究を推進した。また、高齢化社会に向けた新たな木材利用を図るため、高齢者・障害者に配慮した木質材料の快適性向上技術の開発を進めた。

新技術開発では、健康や環境に配慮した木材改質処理を目指し、無毒・不燃性・不活性で再利用可能な循環型溶媒である超臨界二酸化炭素を用い、木材の新規改質処理の開発を進めた（写真－ 2）。その結果、木材のアセチル化処理では、従来法よりも短時間処理で高い寸法安定性が得られることを明らかにした（Matsunaga et al. 2010）ほか、木材の熱処理や薬剤含浸、生材の高速脱水にも超臨界二酸化炭素処理が有効で



写真－ 2　超臨界二酸化炭素処理装置

あることが明らかとなった。また、超臨界水・亜臨界水を用いて木材を高速加水分解し、バイオエタノールの原料となるグルコース等の糖類を高速かつ高効率で製造できるベンチプラントを開発した。そのほか、スギ林地残材の有効利用として、接着剤を用いずに一枚の単板から熱圧成型で製造する木製単層トレイの製造技術と量産化技術を開発した。

木質系新素材開発では、木粉と熱可塑性プラスチックを加熱下で混練し成形させた木材・プラスチック複合材（混練型 WPC）について、紫外線吸収剤・光安定化剤を WPC に添加することにより、変色は紫外線吸収剤、粉ふき現象（チョーキング）は光安定化剤の添加で抑制できることが明らかとなった。また、木材を加溶媒分解処理して木質由来の新規相溶化剤を開発し、それらを WPC に添加することでもチョーキングが抑制できることを明らかにした。

快適性向上技術の開発では、福祉用具のレンタル業者やケアマネージャーへの聞き取りを実施し、福祉用具として木材の潜在的需要を調査した。また、福祉用具利用者を対象に木材のイメージに関する調査を行い、材料として木材に求める因子を明らかにした。さらに、材料の表面性状が製品の好意度と購買意図に正の影響を与えることが明らかになったことから、材料（金属、プラスチック、木材）の違いや塗装の有無が、身体との接触界面温度および感覚変化に及ぼす影響について測定を行い、快適性との関係を明らかにした。また、本研究で得られた成果を元に、木製パーテーションの試作機を開発した。

近年、利用者の健康や地球環境に対するユーザーの関心の高まりから、薬剤や有機溶媒を極力使用しない、安心・安全な木材の化学加工処理が求められている。人の心に安らぎを与えると言われる木材は、福祉・教育分野などでのさらなる利用拡大が期待されており、ユーザーが安心して利用できる高性能な木材の開発が今後も重要である。

（松永正弘）

文　献

石川敦子・片岡厚・川元スミレ・松永正弘・小林正彦・木口実（2014）塗装木材に関する屋外暴露試験と促進耐候性試験の相関. 木材保存, 40, 55-63.

上川大輔・原田寿郎・宮林正幸・抱憲誓・西村光太・宮本圭一・大内富夫・安藤恵介・服部順昭（2010）難燃処理ラミナを用いた耐火集成材の開発　スギ集成材柱の 1 時間および 2 時間耐火性能, 日本建築学会環境系論文集, 75, 929-935.

Matsunaga, M., Kataoka, Y., Matsunaga, H., Matsui, H. (2010) A novel method of acetylation of wood using supercritical carbon dioxide. J. Wood Sci., 56, 293-298.

Momohara, I., Kato, A. and Nishimura, T. (2010) Spectrophotometric assay of a wood preservative, didecyldimethylammonium chloride (DDAC), in aqueous solution. J. Wood Sci., 56, 314-318.

大村和香子・原田真樹・神原広平（2015）室内実験によるシロアリ食害検出における非接触式 AE 検出装置の有効性検証, 環動昆, 26, 11-16.

木材特性研究領域

1. 試験研究の背景と動向

国産材資源は樹木の生長により充実し、わが国の木材自給率も平成 14（2002）年の 18.2%を底に緩やかに上昇し、平成 25（2013）年には 28.6%となっている。木材利用の関連研究領域では、このように充実してきた国産材資源の利用を促進することを目指して研究を進めている。平成 18 年度から始まった第 2 期中期計画期間には、木材特性研究領域における主な研究対象を間伐材、若齢木を利用する上で課題となる未成熟材としていたが、人工林の長伐期化が進む中、現在の対象は大径木へと移行している。

製材工場ではさらなる国産材の利用拡大を目指して規模拡大による生産の高効率化、外材に対抗できる競争力を持つための製品の高品質化が進んできている。そのため、効率的木材乾燥のための丸太や製材の水分量評価、高品質材選別のための非接触強度評価、製材や集成材等の木材製品の寸法安定性等、生産技術開発の基礎となる木材や木材製品の多様な材質や物性の評価に関する情報が求められており、これらの要望に対応した幅広い試験研究を他領域の研究者と連携して行ってきた。

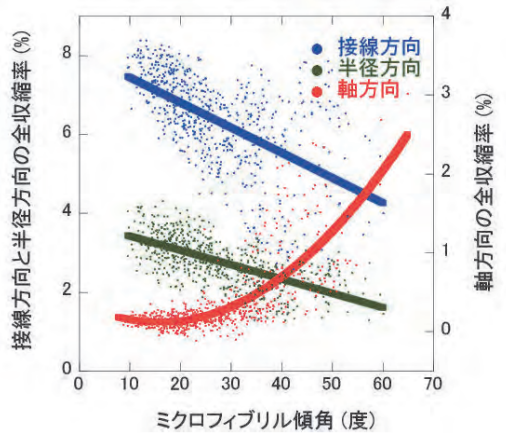
違法伐採は持続的森林経営を妨げ、地球温暖化の促進や生物多様性を損なう一因にもなり得るとの認識から、違法伐採木材の取引を停止するための法律等が各国で制定されている。具体的な措置として、アメリカのレーシー法改正、EU 木材規則の施行、オーストラリアにおける EU 木材規則と同趣旨の法律の施行により、樹種名や産地を明確にするよう求められ、違法に伐採された木材の流通が制限されている。一方、我が国においてはグリーン購入法により合法性、持続可能性が証明された木質材料を原料として使用するものを政府調達の対象と規定し、林野庁では「木材・木材製品の合法性、持続可能性の証明のためのガイドライン」（平成 18 年林野庁）策定して対応している。また、業界団体では、合法性・持続可能性の証明された木材等を供給するための自主行動規範を作成し、事業者の認定を行っている。このような社会状況にあわせて、さまざま樹種識別技術や産地判別技術の検討を進めてきた。森林総研への樹種識別依頼も輸入木製品の依頼を主体として年間 50 ～ 60 件程度の実績がある。

2. 研究の成果

2.1 木材の材質評価

第 2 期中期計画期間には、未成熟材等の樹幹内において変動する性質として、収縮率や含水率分布について研究結果を蓄積してきた。また、これら樹幹内において変動する性質に影響を及ぼす因子として、ミクロフィブリル傾角や密度、仮道管長などについて樹幹内の変動を測定し、これらが木材の性質及びその変動に及ぼす影響を解析してきた（図－1）。スギ品種による材質の変動についてはさらに詳細な研究を進め、ヤング率、収縮率の樹幹内分布の違いを検討し、スギ収縮率樹幹内変動の品種間差を明らかにした。また、スギ以外の針葉樹材では、絶滅が危惧される希少種であるヤクタネゴヨウの保全の一環とし

て、植樹を促すための木材利用促進を目指して材質特性を調べている。広葉樹材では、木材標本室所蔵の試料を活用し、これまで比較解析が行われていなかったコナラ属樹木の放射方向の材質変動を明らかにした。このほか、森林の炭素吸収量算出のための基礎資料として主要造林木（針葉樹 10 種、広葉樹 50 種）の容積密度を詳細に調べ、公表している。



図－1　ミクロフィブリル傾角と収縮率の関係

木質材料の品質評価等のための研究としては、スギ高温乾燥プロジェクト研究においてスギ心持ち正角材の乾燥で生じる割れと木材材質との関係を明らかにし、また、ピロディンを用いた丸太密度測定技術を開発した。構造用新材料プロジェクト研究では、集成材ラミナの水分による寸法変化をスギ 4 品種で測定し、木取りや樹幹内の位置による違いを明らかにした。近年木材の需要拡大のけん引役として期待されているスギ直交集成板（CLT）についても、温湿度変化に伴う製品の寸法変化を調べ、製品層別の寸法変化抑制効果を明らかにしている。

2.2　木材の物性評価

成熟材部と未成熟材部の各種物性を明らかにするために、樹幹横方向からの加力による木材の振動および圧電性などを測定し、未成熟材部と成熟材部で応答が異なることを示した。また、高温乾燥過程における粘弾性などの振動特性の変化について、リアルタイム測定システムを開発し新たな知見を得ている。木材中の水分量を評価する新しい方法として、桟木電極を用いたインピーダンス測定と新たに開発した水分量評価モデルから大径材丸太選別のための水分量評価技術を開発し、非破壊水分量モニタリングの可能性を明らかにした。

他分野との連携も積極的に進め、木質バイオマス利用分野との連携として、木質ペレットの重要な品質基準のひとつである機械的耐久性に及ぼす外部からの衝撃力の影響を調べるとともに、寸法変化および耐水性の簡易な評価方法を提案した。林地残材を原料とした木製単層トレイの量産化技術開発研究においても、原料となる単板のヤング率や含水率とトレイ成型の成功率との関係を明らかにし、適正製造条件を示している。木製ガードレール等の外構部材の性能評価手法として、振動試験による結果を基礎的実験から理論づけて提案している。

地球温暖化対策への対応として、伐採木材製品の炭素貯蔵効果が評価されることから、廃棄物を含む国内における木材フローを作成し、炭素の貯蔵量や収支の推計を可能にした。その結果として、二酸化炭素削減効果を評価する炭素循環モデルの開発に貢献するとともに、木材利用による二酸化炭素削減効果のシミュレーションも行った。

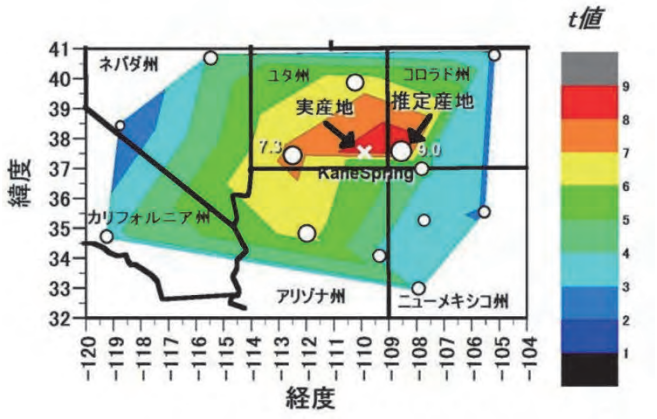
2.3　木材の組織構造と木部形成

木材の組織構造による樹種識別技術を活用した成果として、三内丸山古墳の出土材の研究や縄文時代の遺跡出土品の分析を行い、利用植物種の時代変遷や地域による利用状況の特長などを明らかにした。また、木彫像や木造文化財建築に用いられた樹種を調査するなど、文化財を対象とした研究分野でも成果を挙げている。

違法伐採対策に向けて産地判別および樹種識別技術の高度化や新技術の開発を進めた。産地判別技術としては、炭素あるいは酸素安定同位体比等を用いた新しい手法を開発し、北米産マツ材や東南アジア産チーク材の産地判別が可能であることを示した（図－2）。

また、国産ミズナラ材において年輪構造あるいは同位体の比較によって産地の区別が可能であることを明らかにした。樹種識別技術では、木材中の DNA 解析により樹種識別する技術、近赤外分光分析により非破壊で樹種を識別する技術を開発した。平成 19 年 9 月には「東アジア産木材の樹種識別および産地特定技術に関する国際シンポジウム」を主催し、最新の情報について内外の研究者を集めて議論した。

木部形成に関する研究としては、心材化に関する研究を進め、スギ心材物質フェルギノールの蓄積と心材の水分布との関係の解明、Cryo-TOF-SIMS/SEM、FE-SEM/EDX、レーザーマイクロダイセクションと化学分析等を組み合わせた心材形成解析手法を確立した。また、スギの材形成に関与する遺伝子の発現を網羅的に解析することを可能とする技術を開発し、育種分野との連携も深めてきた。このほか、東京電力福島第一原子力発電所の事故による放射能汚染実態調査に対応し、樹幹内への放射性物質の移動実態を明らかにしている。



図－2　炭素同位体比時系列による木材の産地判別

基盤研究のひとつとして木材標本の収集を進めた結果、現在のところ 8000 種、28,000 個体を標本庫に収蔵し、国際的にも有数の所蔵量となっている。外部に向けては、所蔵する標本の基本情報のデータベース、さらには木材の外観写真や顕微鏡写真、および解剖学的特徴を検索できる木材識別データベースを公開している。違法伐採材の問題が国際的にも注目されており、これに関連して外部からの輸入木製品の樹種鑑定依頼も多く、今後も標本およびデータベースの拡充が必要と思われる。

（高野勉）

文　献

Fujiwara, T., Yamashita, K. and Kuroda, K. (2007) Basic densities as a parameter for estimating the amount of carbon removal by forests and their variation. Bulletin of FFPRI, 6(4), 215-226.

Kagawa, A. and Leavitt, S. (2010) Stable carbon isotopes of tree rings as a tool to pinpoint the geographic origin of timber. J. Wood Science, 56(3), 175-183.

山下香菜・平川泰彦・中谷浩・池田元吉（2011）品種や樹幹内部位によって異なるスギの収縮特性. 森林総合研究所平成 22 年版研究成果選集, 54-55.

加工技術研究領域

1. 試験研究の動向

戦後造林木は成熟し、伐期齢を迎えてきているが、国産材需要と木材価格の低迷及び長伐期施業への移行の推奨により標準伐期齢を過ぎた造林地が増加している。これに伴い、国産材供給の主体は小中径材から中大径材へ移行し、大径材、中でも大径並材の供給が増加しており、この傾向はスギで特に顕著である。これに対応するため、スギ大径材を高能率で製材・乾燥するための研究に取り組んだ。

新設木造住宅でのプレカットの普及、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」（平成12年施行）及び「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」（平成22年施行）により、需要者による製材品の品質に対する要求が高まってきている。そこで、形質が多様化するスギ原木を材質選別により最終用途に要求される品質の製材品へ効率的に加工する技術の開発、公共建築物等に使用される製材品をスギ大径材から効率的に生産する技術の開発に関する研究を実施した。

木材からパーティクルボードや繊維板といった木質ボード、パルプや紙を製造するためには、木材のチップ化が不可欠である。また、木材の燃料利用でも木材をチップ化して使用することが一般的である。木材のチップ生産の効率化に関する研究を行った。

木材加工において、切削による粉じん、人工乾燥によるVOCなど人体に悪影響を及ぼしかねない物質が発生する。これらの物質の発生状態とその抑制について検討した。

木材乾燥は、エネルギー消費量が多く、二酸化炭素排出量が多いという問題点がある。そこで、二酸化炭素排出量の少ないCO_2冷媒ヒートポンプを利用した新しい乾燥方法を開発した。

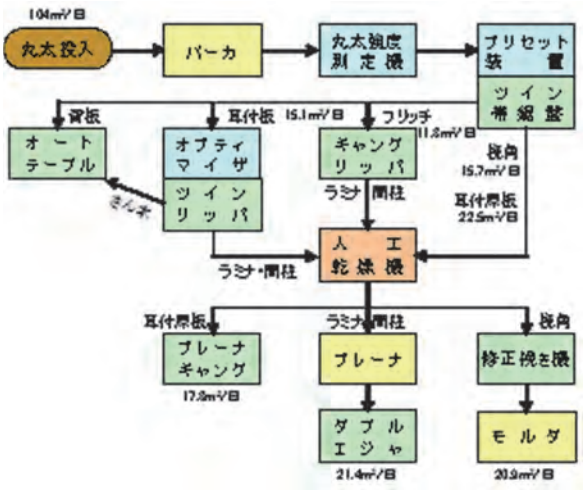
木材はカーボンニュートラルな燃料であり、化石燃料から木質燃料へ代替することにより、地球温暖化防止に寄与する。木質系燃料の改良の研究に取り組んだ。

2. 研究の成果

2.1 製材・機械加工研究

2.1.1 多品種製材

小中径材では1本の丸太から少品種の製材品しか生産できないが、中大径材になると比較的径が大きいことから多品種の製材品の生産が可能となる。丸太を形質により選別し、それぞれの形質に適した多品種の木取りで製材するシステムを提案し、それにより高能率で製材できることを明らかにした（図－1）。



図－1　多品種大量生産の製材システム案

2.1.2　大径材製材

公共建築物等では、一般住宅と比較して広い空間を求められ、そのため、構造部材は断面が大きく長尺のものが必要とされることが多い。一方、大径材からは、小中径材から製材できない大きな断面の製材品を生産できる。大径材から比較的断面の大きな製材品を生産するための適正な木取りと製材品品質を明らかにし、また、丸太の仕分けが製材生産の効率化に有効であることを明らかにした。

2.1.3　品質重視自動製材

現在、ツイン帯鋸盤にプリセット装置を組み合わせ自動で製材するいわゆるノーマンツインバンドが普及しているが、この装置は形量歩止り重視の木取りを採用しており、製材品の節や曲がりについては考慮していない。スギ一般材からより高品質な製材品を採材する自動化技術を確立するため、曲がりや髄の位置など丸太の形質と製材品に現れる節や曲がりの関係を明らかにした。

2.1.4　木材チップ

木材チップは、製紙原料、パーティクルボードや繊維板などの木質材料の原料、木質ボイラー用燃料、木質ペレットの原料と幅広く利用されている。木材チップには、チッパーで製造する切削チップと破砕機で製造する破砕チップがある。種々の木材をチッパーで切削する場合と各種木質材料を破砕機で破砕する場合の消費電力量を明らかにした。また、チッパ用ナイフの改良を行い、ナイフ表面の摩擦抵抗を軽減化する処理を施すことによりチップ製造に必要な消費電力量を低減できることを明らかにした。

2.1.5　マイクロフィンガー加工

木材の縦継ぎ方法の一つにフィンガージョイントがあり、現在、ミニフィンガージョイントが縦継ぎの主流となっている。ミニフィンガーよりフィンガー部の短いマイクロフィンガージョイントは、歩留りの向上が見込まれることから、今後の普及が期待されている。マイクロフィンガー加工がミニフィンガー加工より消費電力量が少ないことなどを明らかにした。

2.1.6　粉じん低減化

木材切削の多くは高速で回転する工具を用いており、切削中には切り屑だけでなく粉じんも発生するが、粉じんは労働災害の原因の一つして挙げられており、粉じんの低減化は労働安全上重要な課題である。丸鋸切削において、被削材の上面を水で濡らすことにより、微少な粉じんをおよそ 1/2 に減らせることを明らかにした。

2.1.7　プレカット

軸組構法の新設木造住宅の 9 割にプレカット材が使用されており、プレカットが木材流通及び加工において重要な役割を担っている。プレカット工場の生産構造、プレカット用

材の要求品質、プレカット加工における品質上の問題点を明らかにした。

2.1.8　木材加工の環境負荷影響

地球温暖化が進んでいる中、環境負荷を調べることは、その対策を講ずる上でも重要である。CO_2 冷媒ヒートポンプを利用した木材乾燥では、R134a 冷媒ヒートポンプと比較して二酸化炭素排出量が 34% 減であることを明らかにした。森林総研のモデルハウスにおいて使用した構造材のインベントリ調査を行い、製材工場の規模、生産工程の違いや製品の種類によって $1m^3$ あたりの二酸化炭素排出量が大きく異なることを明らかにした。木製トレイ製造の二酸化炭素排出量がポリスチレン製トレイ製造と比較して 32% 減であることを明らかにした。

2.1.9　単板切削

国内で加工されている合板用素材の 95% が針葉樹であり、その 75% が国産材で、合板製造における国産針葉樹単板の品質の向上が求められている。スギ単板切削において、切削速度 2 ～ 3m/s、刃口水平方向間隔を通常の設定より狭くすることにより良好な品質の単板を得ることができることを明らかにした。

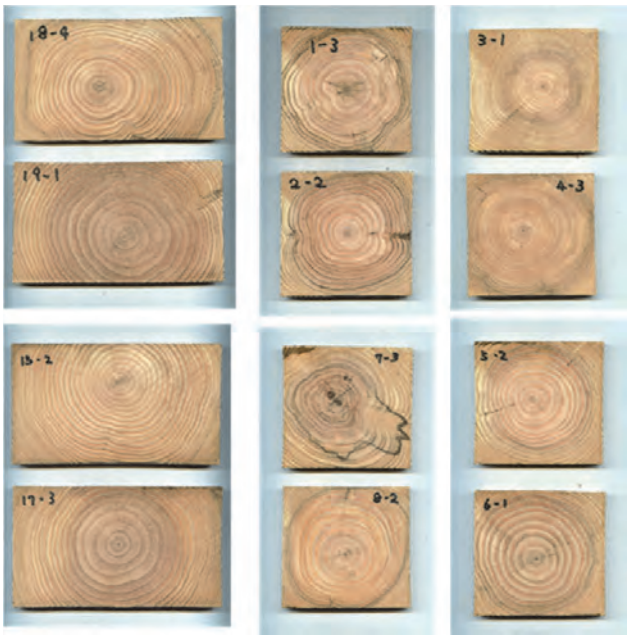
2.2　木材乾燥の研究

2.2.1　乾燥前処理

乾燥を効率的に行うには、初期含水率を均一にするなどの前処理が重要となる。加熱蒸気処理において、圧力と温度を制御することにより、短時間で乾燥による表面割れを抑制するドライングセットを形成する技術を開発した。

2.2.2　多品種乾燥

小規模な製材工場では、生産量が少ないので、効率的な乾燥のために、同寸法で含水率を揃えた製材品のロットを形成することが困難である。しかし、一つの乾燥機で異なる寸法や含水率の製材品を同時に乾燥できれば、小規模の製材工場でも効率的な乾燥が可能となる。加熱蒸気前処理と高周波加熱減圧乾燥を組み合わせ、寸法や含水率の異なる製材品を同時に乾燥できる技術を開発した（写真－ 1）。



写真－ 1　平角と正角の同時乾燥後の断面

2.2.3　平角の乾燥

大径材の供給増に伴い、中小径材から製材不可能だった平角の生産増が見込まれている。心持ち平角及び心去り平角を蒸気式乾燥機および高周波加熱減圧乾燥機で効率的に乾燥する技術を開発した。

2.2.4　CO_2 冷媒ヒートポンプ

ヒートポンプは、温度の低いところから高いところへ熱を移動させる仕組みで、燃焼を伴わずに加熱できる。一般にヒートポンプにはフロンガス冷媒が使われてきたが、CO_2 ガスを冷媒に使えるようになった。CO_2 冷媒ヒートポンプを加熱方式（内部割れもなく乾燥できる）として使用した木材乾燥機を開発し、灯油焚きボイラーと比較してエネルギーコストを 5 割削減できることを明らかにした。

2.2.5　乾燥材の VOC

シックハウス症候群の原因物質である VOC（揮発性有機化合物）は、室内環境における気中濃度基準が定められており、また、VOC は光化学オキシダントの原因物質であり、大気中への排気が規制されている。乾燥方法の違いにより乾燥材から放出される TVOC の量が異なり、乾燥温度高いほど放出量が少なくなることを明らかにした。また、単板乾燥中に排出される VOC の気中濃度を明らかにした。

2.2.6　センシング技術

人工乾燥中に含水率などの木材の挙動をオンラインで把握することは損傷のない乾燥材の効率的な生産に重要であるが、乾燥機内が高温多湿のために使用できるセンサーが限られている。光センサを応用し、高温多湿でも乾燥中の木材の重量を精度良く測定できる測定装置を開発した。表面割れの原因となる乾燥中の木材の表面に発生するひずみを測定できるπ型ひずみ計を開発した。また、近赤外分光法により表面乾燥応力を推定できることを明らかにした。

2.2.7　乾燥シミュレーション

木材乾燥は乾燥スケジュールに従い所定の含水率に仕上げるが、初期含水率や材質のばらつきにより、同ロットの乾燥材の仕上がり含水率にばらつきが生じる。個々の木材の仕上がり含水率を推測できれば、乾燥スケジュールに反映でき、より均一な仕上がり含水率となるように乾燥ができるようになる。ニューラルネットワークを用いて仕上がり含水率を推定するシミュレーション法を開発した。

2.3　木質燃料に関する研究

2.3.1　木質ペレット

木質ペレットは、その取り扱いが比較的容易なことから、需給量が増加傾向にあり、より普及が期待される木質燃料である。密度の高い木質ペレットほど燃え始まりが遅く、ス

ギホワイトペレットがスギバークペレットより有炎燃焼時の発熱量が大きいことを明らかにした。また、木質ペレットをトレファクションした「ハイパー木質ペレット」の製造法を開発した。このペレットは、普通の木質ペレットと比較して、水や湿気に強く、ストーブ燃料と使用した場合に熱効率が向上し、燃料使用量を削減できることを明らかにした。

2.3.2　木材チップの脱水

木材チップは、木質バイオマス発電の燃料として広く使用されているが、含水率の増加に伴い発熱量が低下するため、所定の含水率以下に管理することが重要である。ロール圧縮により木材チップを省エネルギーで脱水できることを明らかにした。

（村田光司）

構造利用研究領域

1. 研究の動向

構造利用研究領域は、現在、材料接合研究室、木質構造居住環境研究室の二研究室と強度性能評価チーム長、構造性能評価チーム長からなり、木材の強度に関する研究、木質構造やその接合部の強度に関する研究、木質構造の居住性に関する研究を行っている。

創設 100 ～ 110 年の 10 年間は、森林総合研究所が独立行政法人となって以降の第 2 期中期計画、第 3 期中期計画の実施年度と重なる。中期計画に定められた課題と研究組織は必ずしも一対一に対応しておらず、いずれの領域も複数の重点課題や研究課題群、研究項目を担当しているが、当領域では、安全性、快適性、信頼性をキーワードに研究を進めてきた。研究対象は、木造住宅や大型木造建築にとどまらず、木橋やガードレール、高速道路の遮音壁、木製の杭といった土木分野にも及んでいる。また、快適性に関しては、室内空間から森林浴・森林セラピーの分野までカバーしている。

公共建築物等木材利用促進法が施行された 2010 年以降は、公共建築物について可能な限り木造化・木質化すること、国が整備する低層の公共建築物は原則として木造化することを目指した取り組みが、官民一体となって進められている。こうした動向に資する研究開発への期待が高まる中、当領域においても、中層木造建築物や大型木造建築物の建設に資する直交集成板（CLT）の開発や、厚物合板を用いた“超”剛床の開発、一般に流通している国産規格材を用いた大面積床を可能とする合板充腹梁床の開発などを行った。

また、木の良さを主観的な評価だけでなく、科学的なデータに基づいて、客観的に解明しようという動きも活発化しており、当領域においては、「におい」や「視覚効果」が人間に及ぼす影響等のデータの蓄積を進めてきた。

2. 研究の成果

2.1 木材の強度性能に関する研究

最大のトピックは、2008 年 3 月、木材用の引張試験機としては世界最大の実大横型引張試験機が導入されたことである（写真－ 1）。厚さ 150mm、幅 600mm、長さ 8400mm の試験体を約 2000kN の荷重まで引っ張ることができる本機が導入されたことにより、これまで困難であった大きな断面をもつ木質材料の引張強度が適切に評価できるようになった。CLT など、新しい木質構造材料の開発に果たす本機の役割は非常に大きい。



写真－ 1　実大横型引張試験機
（原田 2015）

当領域は、これまで数多くの強度試験を行っており、強度性能に関する膨大なデータを蓄積している。しかし、木材の強度試験は、目的に応じ、無欠点小

試験体、製材品、集成材ラミナといった材料ごとに行われており、そのままでは、データの活用は各々の実験の目的に限定される。これらの膨大な試験結果をひとつに取りまとめ、項目ごとに自由度の高い状態で取り扱えるようにすることは長年の悲願であった。そこで、製材では乾燥等の加工条件との関連づけ、小試験体では過去の膨大なデータの電子化、ラミナでは製材のデータベースとの共有化といった課題に取り組み、「木材の強度データベース」を構築した。このデータベースは日本農林規格改正の際の技術資料として活用されたほか、中国の「木構造設計規範」の改定にも活用され、国産材の輸出という新たな需要拡大にも貢献した。また、柱や梁の断面寸法が強度に及ぼす影響は、データベースの解析から生まれた成果である。

このほか、超音波を使った木材のめり込み強さの推定も強度に関する研究成果である。木材のめり込み強さに代表される木材の横方向の強さは、縦方向の動的ヤング係数では精度よく推定できなかったが、超音波伝播法を用いて横方向の動的ヤング係数を測定したところ、横方向（めり込み方向）の動的ヤング係数とめり込み強さの相関係数が高く、めり込み強さも非破壊的に精度よく評価できることを明らかにした。また、広葉樹の構造的利用に向け、ケヤキ、クリ実大材の強度性能に関するデータが集積された。

2.2　新しい木質材料、木質構造の開発に関する研究

CLT の開発は行政や業界から強く後押しされた研究課題である。欧米で先行する CLT は、大型の木造中層ビルを建築可能とし、木質材料の新たな用途が広がることや低炭素社会に貢献できることなどから、日本でも実用化に向けたロードマップが作成され、農林水産省、国土交通省、業界団体が一体となって、技術開発、規格の整備が進められている。2013 年 12 月に「直交集成板の日本農林規格」が異例の速さで制定されたことは記憶に新しいが、規格制定に当たって森林総合研究所の果たした役割は非常に大きい。領域の枠を超え、関係者が一丸となって取り組んだ成果である。

一方、製材、ラミナ、無欠点小試験体の強度データを対象に開発したデータベース手法を応用し、枠組壁工法住宅等に用いられることを想定した国産樹種による 204 材、206 材の強度データをとりまとめた。その結果、「枠組壁工法構造用製材及びたて継ぎ材の日本農林規格」の改正において、国産樹種（スギ、ヒノキ、カラマツ）を対象とした目視等級の樹種群及びスギを対象とした MSR の新しい等級が追加され、さらにそれに対応した基準強度が国土交通省から告示された。これにより、北米からの輸入材がほとんどであった枠組壁工法住宅等の枠組材（甲種枠組材、MSR 枠組材）への国産材の需要拡大が期待される。

構造方法の開発は、中・大規模の木質構造建築を視野に入れた研究が中心である。森林総合研究所と業界団体が共同で開発し、住宅建築に不可欠となった厚物合板は、大規模建築においても利用の可能性を秘めている。大型のショッピングセンターやオフィスビルなどの大空間の床を木造でつくろうとすると、鉛直方法の力に対してのみならず、地震時や暴風時にかかる水平方向の力に対しても十分な強度が要求されるが、厚さ 24mm や 28mm の構造用合板に長さ 75mm の釘を 50mm 間隔で 2 列打ちすれば、「剛床」より 4 ～ 7 倍強固な、床倍率 13 ～ 22 の“超”「剛床」ともいうべき木造床ができることを明ら

かにした。

一般的に流通している規格材を用いた中・大規模木質構造物に適用可能な大面積の床構造の開発研究も行っている。ここでは、「合板充腹梁床」、「製材トラス梁床」、「大断面集成材梁床」の 3 仕様を選択し、実大床試験体を作製してその鉛直性能等を評価し、いずれの仕様においても、事務所を想定した設計荷重を積載した際のたわみ量が設定条件を満足すること、これらの床が従来の設計法により設計できることを明らかにした（写真－ 2)。さらに合板充腹梁床については、歩行時に生じる振動や音響性能の評価も併せて行った。

建築物の性能評価では、経時的な劣化も重要な因子となる。木造住宅の釘接合部を模した試験体に、水中への浸漬と乾燥を繰り返す促進劣化処理を施すと、最大で 2 割程度強度が低下することを明らかにした。また、メタルプレートコネクターを使った接合部試験体を 1 ～ 3 年屋外暴露した後、超音波伝播速度を測る非破壊試験とピン打ち込み深さを測る局部破壊試験を行ったところ、強度性能との比較から、これらの指標により部材の劣化が推定可能であることが明らかとなった。

このほか、梁の高さを増やすことで、木造住宅の梁をベイマツからスギに置き換えることが可能なことを示した。



写真－ 2　合板充腹梁床の載荷試験

2.3　木材の土木利用に関する研究

木質材料の土木利用は、新たな用途拡大として期待されている。2007 年に「土木における木材の利用拡大に関する横断的研究」に関わる覚書が日本木材学会、日本森林学会、日本土木学会の間で交わされたが、地盤改良杭としての間伐材の利用は、その象徴的な研究開発テーマである。丸太の強さは製材に比較して含水率の影響が小さいことを明らかにしたほか、杭を繋ぐ方法として、鋼管をジョイントとして両側から丸太を差し込みラグスクリューで留め付ける方法を開発した。この締固め杭による地盤改良方法は、コンクリート固化工法に対して十分な競争力を有するものとして実用に供されている。

木製ガードレールの開発、木製遮音壁の開発も木材の土木利用として特筆すべき成果である。これらについては、メンテナンスが重要な課題となることから、既設の木製道路施設について、木材の高耐久化処理方法、劣化外力と腐朽の進行度合い、そしてその強度性能の変化について調査を行い、環境に配慮した耐久設計・処理法及び非破壊検査による劣化度評価手法を開発し、木製道路施設の設置に必要不可欠な耐久設計・維持管理指針（案）を策定した。また、木製ガードレールや落石防護柵は、衝撃を受けたとき曲がることでエネルギーを吸収することに着目し、構造用木材に適した耐衝撃性を評価する試験装置と計測システムを開発した。木製遮音壁については、劣化による防音性能の低下が懸念されるが、防腐処理した遮音壁試験体モデルの音響透過損失をファンガスセラー試験の前後で計測し、耐用年数は少なくとも 20 年であるとの推定結果を示した。

大規模実験ということでは、世界初の実大木橋の破壊実験が挙げられる。老朽化による架け替えで不要となった木橋の部材や接合部品をすべて回収して実験場に組立て直し、各種非破壊試験を行いながら継続的な観察を続けるとともに、最終的には破壊するまで土嚢を積載する実験を行った（写真－3)。この結果は非破壊調査結果から木橋の残存強度を推定する技術の精度向上に寄与することとなった。



写真－3　実大木橋の破壊実験

2.4　木質居住環境に関する研究

特筆すべきは、研究成果を実際の建物で検証するためのモデル木造住宅の建設である。実際の住宅における施工及び使用時に発生する問題に対応するため、森林総合研究所で開発された各種の木質材料やその関連技術を用いたモデル木造住宅を建設し、部材性能、躯体性能、断熱・気密性能、環境振動、居住快適性、室内空気質等に関する実験を行った。モデル木造住宅の建設にあたって実施された設計コンペは、森林総合研究所の木質材料研究のアピールにも一役買った。実験は現在も継続して行われており、施工段階からの貴重なデータが継続的に集積されている。

居住性の研究では、軒先と棟に設けられた通気口をつなぐ屋根下通気層と空気の取り込み・排出切り替え装置、縦ダクト（送風機）からなる簡易で低価格な空気循環式の太陽熱利用温熱環境改善システムを開発し、自然エネルギーを利用した快適温熱環境住宅を目指した研究にも取り組んでいる。

行政要望の強い研究課題のひとつが「木の良さ」の科学的な検証である。当領域は、森林浴の効果を生理応答の観点から科学的に検証する研究にも主体的にかかわっており、ブナ天然林内と繁華街で、心拍数、血圧、心拍変動性、唾液中コルチゾール濃度、唾液中免疫グロブリン濃度、唾液アミラーゼ活性を比較し、森林浴によってより身体がリラックスすることを明らかにしたほか、森林、農地、海岸という異なる自然環境下での被験者の生理応答における比較実験を行い、森林は脈拍数を下げ、副交感神経活動を高め、セラピー効果が高いことなどを示した。また、アミラーゼとコルチゾールに着目して、個人の性格特性や安静時の状態が測定値に及ぼす影響を検証し、アミラーゼ活性は「せかせかタイプ」の方が「のんびりタイプ」よりも値が低い、もともとコルチゾール値の



写真－4　乳児の生理応答測定
（ピジョン(株）提供）

高い人はリラックスすると大きく値が低下するといったことを明らかした。こうした手法を応用し、「木の良さ」を評価する手法の開発に取組んでいる。さらに、成年男性中心だった被験者を女性や乳幼児にまで対象を広げ、より広範囲なデータの集積にもつとめている。研究の一例をあげれば、60名以上の乳児(生後1～3ヶ月)を対象として、α－ピネン、リモネン、無臭の空気に対する乳児の脳活動ならびに心拍数の変化を測定し（写真－4)、におい呈示により乳児の前頭前野脳活動が上昇すること、またα－ピネンのにおい呈示により心拍数が有意に低下することを明らかにするとともに、1週間または2週間ごとに繰り返し測定を行い、成長過程における反応の変化に関するデータの収集に成功した。

3. 今後の課題

もとより、領域単独での課題ではないが、領域の研究ポテンシャルから、今後10年の課題としては、次のようなことが挙げられよう。

(1) 中・高層木造建築物を目指した、新たな木質材料、木質構造の開発

CLTは、日本農林規格が制定され、先導的な建物が建ち始めているが、建築基準法上必要となる基準強度の制定や、スギ以外の樹種への適用のためのデータ蓄積、CLTを用いた建築物の工法の開発など、やるべきことが多く残されている。CLTに目を奪われがちだが、一般流通材を利用して大規模建築を実現することも今後の大きな課題である。また、木質構造と鉄骨造、鉄筋コンクリート造との混構造は、新たな可能性を秘めた分野といえる。さらに構造的な性能のみならず、音や振動、温熱環境といった居住環境とも一体となった技術開発も重要な課題である。

(2) 大径材に相応しい木材利用の開発

大径材の利用は林業全体の大きなテーマである。木材利用の分野においては、大径材の材料としての特性を知る、正しく使うための知見を集積する、大径材ならではの利用方法を開発することが重要な課題となろう。特に、心去りの柱材や梁材のような角材利用はもとより、板材利用、すなわち集成材・CLT用のラミナと同様、国産樹種によるディメンションランバーの構造的利用法の開発も急務の課題といえよう。

(3)「木の良さ」の科学的検証のさらなる推進

H27年度より「人間の快適性に及ぼす木材の触覚、視覚及び嗅覚刺激の効果の解明」と題する交付金プロジェクトがスタートしたが、この研究をベースに、さらに大きく飛躍することが望まれる。木材が人間の五感に及ぼす刺激を評価できる森林総研メソッドともいうべき手法の開発とそれに基づく「木の良さ」の再評価への期待は大きい。

（原田寿郎）

文　献

原田寿郎（2015）国立研究開発法人森林総合研究所構造利用研究領域. 木材保存, 41, 236-238.

森林管理研究領域

1. 試験研究の動向

森林計画、森林経理分野の研究は、林業試験場発足当初は造林部において取り組まれていたが、1949（昭和 24）年の機構整備により新たに経営部が設けられ、専門に研究が行われるようになった。当時の研究分野は、森林資源量の把握や将来予測、林分の材積推定を行う研究が主なものであったが、戦後は、空中写真判読、標本調査法、統計数理の応用などへと発展した。現在の森林管理研究領域は、森林の資源量や構造的形態を計測する分野、森林施業と林木の生長から材積推定を行う森林計画の分野、森林の多面的機能のひとつである環境、保健休養に関する分野から構成されている。以下、戦後の研究について概要を述べる。

計測分野では、新たな森林調査法として進展したのが空中写真計測である。空中写真を併用した標本調査法の研究、写真判読による林相区分や樹冠面積、本数を計測し材積推定を行う研究が行われた。1972（昭和 47）年には米国の地球探査衛星アーツが打ち上げられ人工衛星搭載のセンサー観測による宇宙からの森林解析が始まった。この解析には高度な画像処理技術が求められ、ハードウェアの構成からプログラム開発、応用解析などが研究課題となった。その後、PC の技術革新が始まり、GIS 技術と併せて地図情報と組み合わせた統合的な解析技術へと進んだ。

計画の分野では、林分の成長予測が主な研究内容である。成長予測する上で重要な「地位」については数量化理論による判定や地位指数曲線の作成が行われた。林分密度管理図は全国規模でスギやヒノキなどについて作成され、実用化された。1980（昭和 55）年には収穫試験地のデータが充実し、林分の成長解析や高齢級林の収益性予測、複層林収穫予測の研究が進展した。近年は、温暖化防止策としての森林バイオマス推定などの研究にも取り組んでいる。

環境分野の研究は、比較的新しい研究分野である。1980 年代、森林はこれまでの木材生産の場から、自然環境や生活環境の場としてとらえる機運が出てきた。森林が持つ多面的機能は、環境、風致、保健休養、レクリエーション、教育的効果がある。これらの機能に対応するため、様々な研究に取り組んでいる。保健休養については、森林浴の効果に関する研究、教育的効果については森林環境教育に関する研究などである。これらの研究は、これからますます発展が期待される分野であり、長期的な展望に立った総合的な研究推進が求められている。

（佐野真）

2. 研究の成果

2.1 計測分野の研究

2.1.1 森林の広域モニタリング

森林調査の労をいかに軽減して森林管理と林業経営に正確な情報を提供するか、また現

地情報が限られた国内外の森林の資源量分布とその動態をいかに信頼性高く把握するか、多様化しかつ高性能化するリモートセンシング技術と計算技術を駆使して研究を推進した。

空中写真または高分解能衛星画像を用い、林冠の画像から林木の状態と変化を明らかにした。スギおよびヒノキ人工林において単木の樹冠面積と胸高直径の間には相対成長関係があり、かつその相対成長パラメータは林齢や密度などの林分パラメータでよく説明されることを QuickBird 画像による樹冠面積測定と地上調査から明らかにした。また、取得時期の異なる高分解能画像を用いて樹冠を識別し、互いに正確に重ね合わせて、その期間中に消失した樹冠を自動的に検出し、カンボジアの天然生林の択伐木や違法伐採を発見する手法を開発した。一方、山中に散在する松枯れ木の位置を正確に求めるために近赤外カラー空中写真の立体視と無人ヘリなどを組み合わせた探査法を開発した。

航空機レーザー計測（LiDAR）は林冠高などの高さを測定できる重要な情報源であり、積極的に研究を行った。高パルス密度（約 40 点 /m^2）の LiDAR データにより異なる間伐強度のヒノキ林で個体識別を行ったところ個体識別率は強度間伐林分で 95%、無間伐林分でも 60%に達し、それらの個体の樹高推定精度は 1m 以内であり、人工林管理に不可欠な情報を正確に抽出できることを示した。パルス密度が低い LiDAR データの場合にも、林冠高モデル（DCM）の高さの分布の統計解析により、針葉樹林・広葉樹林の林分の平均樹高や材積、炭素蓄積量が精度良く求められることを明らかにした。また、低密度の LiDAR データによる樹高を高分解能衛星画像による樹冠投影面積と組み合わせることにより、スギ人工林の林分材積を正確に推定できることを明らかにした。

衛星レーダーは雲や雨を透過し昼夜を問わず地表を観測できる。日本の ALOS PALSAR 画像を用いてインドネシアの泥炭湿地林の林冠体積（地上部バイオマスの指標として）を推定するモデルを作成したところ、PALSAR の HH 偏波よりも HV 偏波の後方散乱係数の方が安定的に推定できることが明らかになった。

光学衛星画像はその歴史や観測頻度から広域かつ過去から長期の観測を行うのに有効である。SPOT Vegetation の 1 年間の時系列画像を解析して、カンボジア全土の常緑林、混交落葉林、落葉林、農地に分類した。また、約 20 年間の Landsat 時系列画像を解析して、マレー半島の森林被覆の変遷を明らかにした。さらに、Landsat 画像を、森林生態系多様性基礎調査を参照してノンパラメトリック統計手法で解析し、日本全国の森林材積を推定する手法を開発した。

リモートセンシングで得られた広域資源情報をさらに他の情報とともに解析すると新たな情報が得られる。福島県只見町における森林内の山菜の採取適地について、住民の採取行動記録を空中写真判読で得られた植生図や地形情報などの地理情報と共に統計解析し、その特性と分布を明らかにした。

2.1.2　今後の課題

LiDAR の普及や空中写真実体視の自動化などにより森林の三次元情報を得やすくなり、他の情報源とも組み合わせて精度の高い森林資源情報をリモートセンシングから森林管理

へと提供できるようになった。木材需要、林業そして山村の構造に変化が見られる中、積極的な林業経営と持続的な森林管理に資し、またそれを促すために、様々なレベル・場面の森林管理からの実際的な要請に応える森林モニタリングとモデリングの体系を、コストと精度のバランスも勘案して提案していく。また、UAV などの新たな観測技術やビッグデータ解析などの新たな計算技術の森林管理・林業経営への応用の提案を今後とも続けていく。

（鷹尾元）

2.2　計画分野の研究

2.2.1　森林資源のモニタリング研究

1990 年代以降、持続可能な森林経営や森林の適応的管理の概念が世界の共通認識となり、わが国においてはモントリオール・プロセスへの参加や、林野庁による森林資源モニタリング調査の創設、先進的な林業経営体による森林認証の取得などの形で具体化した。モントリオール・プロセスの国際会議には当領域の研究者も継続的に参加し、「基準・指標」づくりに関与した。また多分野の協力の下、平成 18 ～ 22 年度交付金プロジェクトにおいて、わが国における「基準・指標」の測定方法や森林管理へ応用可能性が明らかにされた。また、諸外国における国家森林資源調査制度の比較研究が行われ、その成果はわが国の森林資源モニタリング調査の設計や改善にも活かされている。

地球温暖化問題に関連しては、加齢や間伐による人工林の炭素固定量の変動といった基礎的知見の提供もさることながら、気候変動枠組み条約や京都議定書で報告が義務づけられている森林吸収量をいかに算出するかが大きな課題となった。平成 11 年度から、京都議定書第 1 約束期間がスタートした平成 20 年度までのおよそ 10 年間にわたって、林野庁委託事業や環境省地球環境保全研究費により、都道府県や国有林の協力を得て膨大なデータの収集と解析が行われた。吸収量の算定に用いるバイオマス拡大係数など各種パラメータ、国家森林資源データベースに適用するスギ、ヒノキおよびカラマツの新たな民有林用収穫表などが成果として得られた。

2.2.2　今後の課題

現在わが国の森林資源情報は小班、林班、森林計画区、広域流域さらに全国スケールまでが森林簿によって把握、集計され、また事業レベルでは、現地での地上調査が行われることが通常である。しかし、自ら事業を実施している国有林は別として、私有林では森林簿情報の更新、修正が間に合わず、結果として森林簿と現地の実態が乖離していることも少なくない。また地上調査は現地に立ち入る必要があるため、森林調査費用の低コスト化には一定の限界がある。しかし一方、森林資源の把握に応用可能な各種のリモートセンシングデータ、国土数値情報などの基盤データは年々充実してきている。加えて、平成 26 年度からは森林資源モニタリング調査（現名称は森林生態系多様性基礎調査）の 4 巡目が進行中である。これらのデータを組み合わせたり、使い分けたりすることによって、さまざまな目的、空間スケール、更新頻度、投入可能なコスト等に応じた、森林資源情報の整

備方法を体系化することが今後重要な課題の１つとなろう。また、こうしたモニタリングの結果を森林計画や将来予測、個別林分の施業にフィードバックするための、評価手法やモデリング技術の高度化が一層求められてくると考えられる。

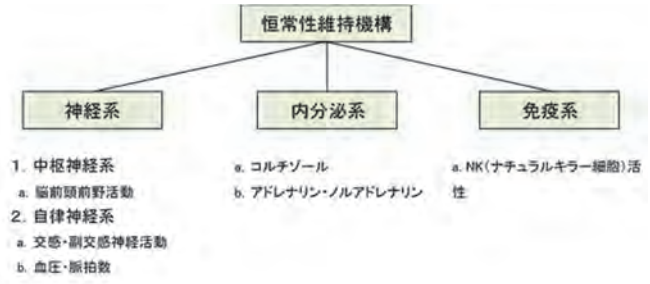
（細田和男）

2.3　環境分野の研究

2.3.1　森林セラピー研究

森林セラピー効果とは、森林環境要素が人の恒常性維持機構に働きかけることで、心身をリラックスさせ、さらには健康な状態に保ってくれることである。恒常性維持機構とは、神経系、内分泌系、免疫系からなる。中枢神経では脳前頭前野活動が森林セラピーにより沈静化し、脳活動のリラックス効果が見られた。中枢神経をはじめとして、人体の恒常性維持機構を構成する３つの系において、森林セラピーがリラックス効果をもたらすことを、世界で初めて実証した（図－1）。

森林セラピーの医学効果の指標は図－１に示すように、神経系では血圧、脈拍数、副交感神経・交感神経の自律神経活動、脳活動の中枢神経、内分泌系では、コルチゾール、アドレナリンといったストレスホルモン、そして免疫系ではNK（ナチュラルキラー細胞）活性である。我々は全国60か所での森林セラピー実験を通して、これらすべての指標において人体に効果があることを実証し、論文化した。すなわち、森林浴の医学効果の科学的根拠・エビデンスを世界に先駆けて示した。



図－１ 人体の恒常性維持機構を守る森林セラピー効果

1）神経系

①収縮期・拡張期血圧・脈拍数　全国60か所で行った森林浴実験の結果、森林歩行および座観（森林風景を静かに座って見る）において、多くの森林浴歩道で脈拍数や収縮期・拡張期血圧が、都市に比べて有意に低いことが分かり、森林環境が都市環境よりリラックスしたことを示した。

②交感・副交感神経活動　自律神経活動は、HRV（心拍変動性）による心拍のゆらぎを周波数解析することで分かる。多くの森林セラピーロードにおいて、副交感神経活動を反映している指標が森林で都市より高く、自律神経がリラックスしていることが分かる。一方、交感神経活動を示す指標は、都市が森林より高く、ストレス状態にある。

2）内分泌系

①コルチゾール・アドレナリン（ストレスホルモン）　全国の森林浴実験において、コルチゾール濃度は、森林が都市散策より低く、森林においてストレス状態が緩和されると考えられた。日本医科大の李卿先生らと行った長野県での実験では、2泊3日の森林環

境での滞在により、アドレナリン濃度が大きく低下した。森林浴により、都市環境での緊張状態を短期間でも、大きく軽減させることこそが重要なのである。

3）免疫系

① NK 活性（ナチュラルキラー細胞活性） 長野県上松町に 2 泊 3 日で滞在した結果、NK 活性および NK 細胞の数が増加した。東京に帰ってからも、1 週間から 1 か月後まで免疫の効果が持続した。一方、名古屋市で同様に 2 泊 3 日の滞在をして比較したところ、都市旅行ではＮＫ活性に変化は見られなかった。森林環境へ旅行・転地したことで、免疫が向上し持続した。

2.3.2 森林ランドスケープ構造の研究

わが国では、時代とともに森林管理方式が変化するなどして、森林の視覚的なランドスケープ構造（林分の面積やその林縁の長さ､異なる樹種の林分や農地などの配置パターン）が大きく変わったが、定量的には明らかにされていなかった。森林のランドスケープ構造は、近年では生物多様性との関係から注目されている。

小川学術参考保護林（茨城県北茨城市関本町）において、生物種の生息地である森林で、どのような管理が行われ、その結果、森林ランドスケープ構造がどう変化してきたのか明らかにするために、過去 50 年間にわたる戦後の様々な時期の森林ランドスケープの変化を空間配置や構造を計算するコンピュータプログラム（フラグスタッツ）を用いて数値化した。

その結果、戦後に起こった拡大造林による天然林から針葉樹人工林への樹種転換の推進や、その後に続いた林分伐採面積の縮小や配置制限などによって、戦前に比べ個々の林分面積は半減、林分密度は 2 倍、林縁の長さは 1.3 倍に増加していることがわかり、これら 3 つの指標を組み合わせることで森林の細分化プロセスを定量的に表すことができた。

2.3.3 今後の課題

我が国の人口減少、高齢化がますます進むなかで、森林浴の医学効果を活用して、健康寿命をいかに伸ばしていくかが大きな課題となる。そのため、森林セラピーの生活習慣病予防や、認知症予防、鬱状態の予防効果など、さらに研究を進める必要がある。一方、森林セラピーを山村地域の療養ツーリズムに活用するなど、都市山村交流の発展が重要である。

また、歴史的な土地利活用の履歴やランドスケープ構造の情報を、生物のモニタリング情報と統合することによって、森林管理と生物多様性の関係を解明していく必要がある。

（香川隆英）

林業経営・政策研究領域

1. 研究の動向

この 10 年間の林業経営・政策研究領域（以下、領域）の研究動向を振り返るにあたり、まず研究の背景となるわが国の森林・林業・木材産業を取り巻く状況と森林・林業・木材産業それ自体の動き、そして施策の動向について簡単に触れておきたい。

前半の 2006（平成 18）年から 2010（平成 22）年までの時期（第 2 期中期計画期間）は、1990 年代から続く経済等のグローバル化、気候変動等の環境問題などが深化しつつあった。林業・林産業でも木材輸出国等での国内事情の変化や中国等新興国の台頭もあり、わが国の木材輸入も含む木材貿易構造の変化が進んでいた。また、国内では人工林の成熟化が進んだが、生活様式の変化等により化粧材需要が低下する一方、乾燥材、集成材等の狂いの少ない木材が求められるなど、木材需要構造にも変化がみられていた。

これらを反映し、わが国でも加工事業体の大型化が進み、すでに高性能林業機械の導入・普及が図られていた素材生産過程では高能率化に一定の進捗が見られていた。しかし森林所有者の「林業離れ」には有効な対応策を打ち出せず、皆伐後の再造林、さらには森林所有の放棄が問題視されていた。この状況への対応策として、施業の森林組合等への受委託と集約化、大ロット安定的な原木供給、生産・流通・加工各段階でのコストダウン、ニーズに応じた加工・流通体制の構築により、地域産材の利用拡大と森林所有者の収益性向上を目的に「新生産システム」が 2006 年から 5 か年に渡り展開された。

後半の 5 か年間（第 3 期中期計画期間）は、諸情勢の変化が一層進む一方、国内的には東日本大震災（2011 年）という未曾有と言われる大災害も発生している。そしてこの震災からの復興も含め経済成長路線が強化され､「失われた 20 年」からの脱却が目指される。

森林・林業・木材産業に関する施策では、2009（平成 21）年 12 月に策定された「森林・林業再生プラン」（以下「プラン」）を基に「森林・林業の再生に向けた改革の姿」が翌 2010 年 11 月に示されたのを受け、2011 年が「森林・林業再生元年」とされ施策が推進される。さらに 2013 年以降になると「林業の成長産業化」が目指され、林業・木材産業が経済成長と山村活性化のツールとして位置づけられる。また、環境・原発問題などを背景に 2012 年に「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」が開始されている。

このような中、領域では、前半は「木材利用部門と連携した活力ある林業の成立条件の解明」、後半は「国産材の効率的な供給のための林業経営・流通システムの開発」（研究課題群名）を目標に、一貫して効率的な林業・林産業の体制構築を重視しつつ研究を行ってきたが、後半の方が「プラン」や「成長産業化」という施策の流れを受け、やや「林業再生」という色彩が強まったように思う。以下ではこれら領域の研究成果の一部を紹介する。

2. 研究の成果

2.1 森林・林業・木材産業の将来予測に関する研究

領域では将来予測に関する研究を継続的に行っており、2006（平成 18）年にはそれま

での成果を書籍として取りまとめた（森林総合研究所編 2006、2012）。以降は、これらの研究蓄積を基礎に木材利用部門と連携した林業のあり方を示すため、川上・川中をリンクしたシミュレーションモデルである「日本林業モデル」を作成、新しい林業・木材利用システムの成立可能性を評価した。

同モデルでは、まず、システムダイナミクス手法を用い「生産・加工・流通・消費」、「労働力」、「収益性評価」等のサブシステムからなるモデルを作成した。これを用いシステム動態の試算を行いシミュレーションモデルとしての有効性を確認した後、「新生産システム」などの施策対象と想定されたスギ一般林業地である九州（熊本県）・東北（福島県）を対象にモデルを適用し、新しい林業・木材利用システムの成立可能性を評価した（計測期間 2000・平成 12 年～ 2025・同 37 年、予測値は 2009 年以降）。

その結果、まず、経営の団地化を前提に高性能伐出システムを高い稼働率で運用すれば、伐出コストは期末（2025）には主間伐込み 3,600 円 /m^3 と大幅低減が可能であること、また、大規模製材工場への素材直納という原木流通・加工体制の変革を実施した場合、2008 年に比べ、山元立木価格は約 1,400 円上昇し（2009 年以降の素材価格を 2008 年値に固定して試算）、素材生産量は 1.4 ～ 1.5 倍の拡大が可能であることなどが予測された。さらに、同様の工場で乾燥材を大ロットで供給した場合、製品販売価格（プレカット工場着）は、期末には 3,000 円 /m^3 以上の引き下げが可能で（2008；53,345 円 /m^3）、価格競争力を高めることが可能と予測された。これらの結果から、スギ乾燥材の「実需に対応した原木直送方式による乾燥材製品の大ロット供給システム」の構築により、競争力のあるスギ材製品の供給が可能であるとの結論が得られた。これは、「新生産システム」以降、行政が推進してきた施策の有効性を計量的に裏付けることのできる成果と言える。

2.2　木材の安定供給体制構築に関する研究

近年の加工事業体の大規模化は、言うまでもなく国産材を加工する事業体にも顕著である。しかし、国産材原木の大量・安定供給体制は確立途上にある。また、安定供給には急激な価格変動を緩和する需給調整機能も重要な鍵となる。このため、原木の大量・安定供給のための流通体制構築や需給調整機能解明のための研究を、国内外を対象に行っている。

その結果、原木の大量・安定供給や需給調整には次のようなことが有効と考えられる。山元からの直納、需要者・供給者間の協定締結と協定遵守のための仕組み、原木市場の集荷・選別機能の維持・強化とストック・ヤードとしての機能の付加、ストック・ヤードそのものの新設、広域的原木集・出荷を担う組織の組織化、その組織による構成員への生産量割り当てや原木の量・質維持のための管理、需要情報を生産現場まで速やかに伝える体制整備などである。

また本研究では、低コスト・高効率な作業システム及び施業集約化促進のための森林資源の把握技術、経営収支シミュレーション技術や、需給調整のための木材価格変動解析ツールの開発も行っている。後者は「価格解析シート」として森林管理局の国有林材供給調整委員会で用いられており、前者の一部は森林総合研究所の HP で公開される予定である。

2.3　海外林業に関する研究

木材貿易構造の変化への対応や海外の先進的取組のわが国への適応を考える上で、海外の林業関連諸事情の把握・分析は不可欠である。この 10 年、当研究領域では、近年、経済成長が著しく世界の木材貿易上、重要な位置づけを占めるに至った中国や、林業先進国として評価され、施策上の目標のひとつともなった欧米各国を中心に研究を行ってきた。

中国については、経済発展に伴う木材輸入量増大がわが国の木材輸出の可能性を開いたこと、ロシア丸太輸出関税引き上げという事情も加わりロシア材価格が上昇し、わが国北洋材製材の国産材への原木転換をもたらしたことなど、その動向は日本の林業・木材産業に大きな影響を与えてきた。そこで、実態把握に基づく将来予測によりわが国への影響を解明することを目的に調査・研究を行った。日本への製品輸出が盛んであった大連地域など中国東北部を中心とした現地調査からは、2008（平成 20）年のリーマン・ブラザーズ破綻を契機とする世界的不況や政策変動の影響により、中国の木材加工業は、原木調達面でのロシア材から北米材へのシフト、製品販売先での「日本離れ」と欧州、国内市場への販売強化などが明らかとなった。

表－1　中国の GDP が 1 ポイント減った場合の代替シナリオ（ベースシナリオとの比較）

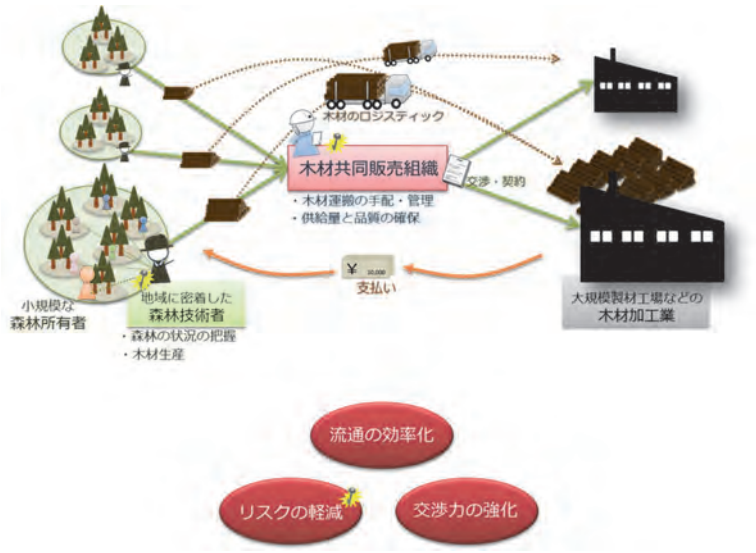
		1,000m^3				%			
		2015	2020	2025	2030	2015	2020	2025	2030
産業用丸太消費量	中国	-7,909	-20,889	-34,414	-52,583	-4	-9	-13	-17
	日本	1,045	2,333	5,178	7,647	2	5	10	16
産業用丸太生産量	中国	-827	-1,816	-3,553	-6,272	-1	-2	-3	-4
	日本	-239	-572	-1,212	-2,291	-1	-2	-4	-6
製材品消費量	中国	-761	-1,804	-3,052	-4,481	-3	-5	-8	-11
	日本	34	156	279	440	0	1	1	2
製材品生産量	中国	-761	-1,118	841	-1,652	-5	-6	5	-6
	日本	500	493	523	616	3	3	3	4

そこで今後の影響と対応策を示すため世界林産物モデル（GFPM）を用い需給予測を行った結果、中国が近年の経済成長を持続させた場合、木材需要は 2030（平成 42）年まで素材消費量ベースで年平均 2%以上増加、輸入量は 1 億 6,900 万m^3 に達すると予測された（森林総合研究所編 2010、表－ 1）。これにより世界的に素材価格が上昇、わが国の木材輸入量は減少するが、その分、国産材利用が促進される可能性が示唆された。また、中国の木材産業では近年、労賃・地価・人民元の上昇などにより経営コストが増大しており、今後、中国からの製品輸出圧は軽減されるが、中国国内の製品需要拡大は続くため、わが国からの製品輸出もやがて視野に入るとの予想が得られた。2014（平成 26）年度のわが国の木材輸出相手国の筆頭は中国であり、対中木材輸出は原木が中心ではあるものの、前年度比 90%以上の伸びを示している。研究結果の妥当性を示す事象と言えよう。

欧米については、わが国の小規模分散的森林所有の問題点を克服する新たな森林経営形

態の提示や、木材加工業の大規模化に対する原木供給側の対応を明らかにするための研究などを行ってきたが、ここでは 2.2 との関連で、これらの研究の延長でもある小規模な林業経営と大規模な木材加工業を結ぶ体制構築に関する調査・研究を取り上げる。

「1.」で触れたように、国内の加工事業体は著しく大規模化しているにも関わらず森林所有は小規模分散的なままである。このような所有形態下で加工事業体の要求を満たし、かつ森林所有者にも有利な条件で原木を供給するための条件解明を目的に、わが国に先立ち加工事業体が大規模化した欧州（ドイツ、オーストリア、スイス）11 事例を調査した。その結果、次のような条件が明らかとなった（図－ 1）。



図－ 1　欧州における小規模森林所有からの大規模加工事業体への原木安定供給体制

第一に、木材の共同販売の強化である。経営の共同化は容易ではないこともあり、欧州では森林所有者による協同組織（地区別の森林組合）などを構成員とする木材共同販売組織が広く組織されている。この組織が構成員の出材を取りまとめ大規模需要先に対応し販売先を確保するとともに、運搬の手配、納入素材の量・質のチェックまで行うことにより需要先の原木調達にかかる負担を軽減することにもつながっている。その結果、流通の効率化や加工事業体との交渉力の強化を実現している。

第二に、専門的森林技術者と、制度的枠組みも含めた技術者と森林所有者との信頼関係の存在である。欧州では、地域の森林管理に責任と権限があり、高度な知識や技術を持つ森林官等の森林技術者が存在することはよく知られている。そのような人材は森林所有者による共同組織にもおり、森林管理や木材生産に関する指導・助言を行い、生産量の調整等も彼らが担っている。もとより生産可能な林分や出材量は把握されており、森林所有者との速やかなコンタクトも可能な体制となっている。専門的知識・技能を持つ技術者と森林所有者との信頼関係が、それを実現させている制度的基盤も含め、安定的な生産、ひいては木材の安定供給につながっていると考えられる。

第三はリスク軽減策の採用である。取扱量が増えると、販売先の倒産などによる代金回

収等のリスクも増大する。木材共同販売組織では、このような場合の責任の有限化のために有限会社や株式会社などの法人形態への移行が進んでいる。また、オーストリアでは販売材に保険をかける例が見られる。このようなリスク軽減策の採用は、森林所有者が木材共同販売組織に参加する際のインセンティブ、ないしは障壁を低くする効果が期待できる（岡・石崎編著 2015）。これらの知見は、「2.2」に活かすことの出来る有用な成果と言える。

3. 今後の課題

この 10 年、上述した研究のほかに、当研究領域では森林所有者の動向や山村地域の活性化に関する研究にも取り組み、意欲ある経営主体に経営や森林所有権の移動を促す方策や山村地域振興のための、木材加工業も含めた広義の山村の地域資源を活かす方策などを提示してきた（森林総合研究所編 2011）。これらや「2.」で紹介した研究は、今後も継続的に取り組んでいく必要のある、いわば「古くて新しい」課題であろう。しかし、社会・経済情勢は留まることなく変化している。また、働きかけの対象となる森林も然りである。それらに応じて森林・林業・木材産業をめぐる諸問題も異なる様相を呈し、問題解決に向けた視点も変わってこよう。

具体的に言えば、例えば木材の安定供給体制の構築を考えるならば、従来のスギ・ヒノキ建築用材生産一辺倒に近い視点から、これを中心的視座に据えつつも、広葉樹も含めた多様な樹種を想定し、建築用に限らない多様な用途を視野に入れた供給体制を考えていく必要があろう。そしてそれが多様性のある森林の整備や森林所有者の収益等の向上につながる可能性もある。また、山村地域の振興策を考えるならば、現在目指されている二次、三次産業と連携した六次産業化では、生業としての産業の育成という視点が重視されているが、それに止まらず、福祉や医療など山村地域住民の生活全体を包含した視点が重要なのではあるまいか。これからの研究課題の設定や遂行の上では、状況の変化を見落とさず、直面しつつある問題の解決につながるような取組が必要であろう。

（山田茂樹）

文　献

岡裕泰・石崎涼子編著（2015）森林経営をめぐる組織イノベーション. 広報ブレイス, 331pp.

森林総合研究所編（2006）森林・林業・木材産業の将来予測. 日本林業調査会, 462pp.

森林総合研究所編（2010）中国の森林・林業・木材産業. 日本林業調査会, 479pp.

森林総合研究所編（2011）山・郷の恵みと山村振興. 日本林業調査会, 367pp.

森林総合研究所編（2012）改訂森林・林業・木材産業の将来予測. 日本林業調査会, 371pp.

国際連携推進拠点

1. 研究の動向

国際研究は、JICA や JIRCAS での海外派遣経験者や、海外留学経験者など一部の研究者が行う活動ではなく、ごく普通の研究活動となってきた。熱帯林の急激な減少を受けて、東南アジアやブラジルで大型研究プロジェクトが行われ、リモートセンシング技術による森林面積の変化や現存量の推定、地下部・地上部を含む森林バイオマス推定式の確立などが進められてきた。森林減少を食い止める具体的策として REDD プラス（途上国における森林減少と森林劣化からの排出削減並びに森林保全、持続可能な森林管理、森林炭素蓄積の増強）とよばれる国際的な枠組みが進行しているため、これに対応した研究も進められてきた。さらに熱帯林を巡っては自然科学的研究と社会科学的研究の融合が求められている。一方、温暖化に伴う温度上昇は極域に近い森林ほど影響が懸念されるため、北極域での森林生態系研究も地道に続けられてきた。国際連携推進拠点は研究活動だけでなく、IUFRO － J（国際森林研究機関連合日本委員会）の事務局としての役割を果たしており、国内の IUFRO 関連集会への各種助成、会員への世界大会の関連情報提供など、国内の大学、試験研究機関の国際森林研究活動に寄与してきた。

2. 研究の成果

2.1 熱帯地域における生態系サービスの定量的評価に関する研究

熱帯林が地域社会へ提供する様々な生態系サービスを評価し、その恵みを人間社会が持続的に享受するための指針を提示し、森林政策へ反映させて行くことは重要な研究課題である。そのためには、森林政策と住民の森林利用の双方の視点から生態系サービスの現状を定量的に評価し、森林管理の実態の解明とあわせて、森林管理の指針を示すことが求められている。

例えば、ジャワ島南西部のグヌン・ハリムン・サラク国立公園の周辺及び域内に居住する人々は、生計を森林資源に強く依存しており、原生的自然の維持を目標とする国立公園との間に確執が生じがちである。そこで、自然保護を目標としつつも森林の生態系サービスを持続的に維持する方策を見いだすことを目的に、生態系サービス利用の定量的評価手法を開発し、地域住民の森林利用と国立公園のゾーニングおよび指標種（ジャワヒョウ、ジャワクマタカ）の生息域との関係を解析した研究がある（杉村・矢田 2014）。

国立公園の管理方針を示すゾーニング図では、全面積の 90%以上が原生的自然の維持また回復をめざす、一切の利用が原則として禁じられている区域であった。一方、現地調査の対象とした住民が、採草（家畜飼料）、薪（燃料）、食草・薬草、パーム糖などの採取に利用する森林の範囲は、森林と農地の境からおおむね 500m 以内であった。そして一部の村では法律上は利用が規制されているゾーンでも特用林産物の採取が行われていた。ただし公園当局は地域住民に限ってこれらの活動を認めるという方針をとってい

た。また指標種についてはジャワクマタカが公園の周縁部、ジャワヒョウが相対的に見て中央部に多いという傾向が見られた。同国立公園は設定当初以前からの保護地域（中心部）と以後に拡張された周縁部（二次的自然）の間で大きな差異がある。全体的傾向として、人の利用がさかんな区域はジャワクマタカの主な生息域と重なるが、ジャワヒョウの生息域とは重ならない傾向があった。これらのことから、利用と保護の実態に合わせたゾーニングの見直しにより、国立公園と地域住民の軋轢が緩和されうることが示唆された。

（杉村乾・藤間剛）

2.2　熱帯地域における森林修復技術の開発に関する研究

熱帯地域での森林炭素蓄積を強化しながら生物多様性を保全するために、森林劣化地域では在来樹種による森林修復技術の開発が強く求められている。森林修復技術開発の基礎として、マレーシアの湿潤熱帯地域において、在来造林樹種の材比重と成長特性の関係、主要な先駆性樹種の萌芽特性、伐採時の土壌圧縮が植栽木の成長に与える影響を明らかにした研究例がある。半島マレーシアで植栽された造林対象樹種について、成長速度、光合成能力、材比重等の関係を調査した結果、材比重が、郷土樹種を植栽する際の最適な光環境の指標になり現地で簡易的な適地適木の判断に利用できること、またフタバガキ科樹木の樹種ごとの炭素蓄積速度および収穫量予測にも、材比重が利用可能であることが示唆された。(Kenzo et al. 2011)。

東南アジアの主要二次林樹種であるオオバギなど 3 種を対象に、森林撹乱後の炭素蓄積量の回復や二次遷移に重要な萌芽能力の解明を行った例では、伐採後の萌芽枝の成長は 3 樹種とも、直径 10cm 未満の小さい親株で大きく直径 20cm 以上では成長が悪かった。小さい親株では、根のデンプンなど炭水化物濃度が高く、萌芽の成長量とも相関があり萌芽能力の指標になることが分かった （Kenzo et al. 2013)。

東南アジア熱帯雨林で行われている択伐施業では、ブルドーザーなど重機による土壌圧縮が広範囲で起こり更新阻害などを引き起こしている。マレーシアサラワク州の択伐後 20 年が経過した森林で、土壌硬度の異なる林地にフタバガキ苗を植林し、苗の成長と枯死、根の伸長を 7 年間調査した。その結果、伐採 20 年後でも土壌圧縮の影響は残り、土壌硬度の高い林地では苗の初期枯死率が 7 割近くに達する場合もあった。土壌硬度と水平方向の根の伸長量には負の相関が見られ、干ばつ時に根からの水分吸収が十分でないことなどが原因で苗の枯死率が高くなったと考えられた。一方、7 年後まで生き残った苗には土壌圧縮による根や枯死率への負の影響がなかった。植林初期の根の伸長阻害を回避し、苗の活着率を上げるためには植え穴を大きくするなどの対策が有効であると考えられた。

（田中憲蔵・藤間剛）

2.3　熱帯雨林の地下部現存量の推定

東南アジアの熱帯雨林は、アフリカや南米の熱帯雨林に比べ樹高も高く、巨大なバイオマス（現存量）を持っている。これまでも地上部のバイオマス推定は行われてきたが、

やっかいなのは地下部のバイオマス推定である。近年、マレーシア半島のパソ森林保護区で掘り取り調査が行われ、低地フタバガキ林の地下部バイオマスを推定するアロメトリー式が確立された（Niiyama et al., 2010）。このアロメトリー式は、胸高直径が 0.5cm から 116cm までのサイズを含む 121 個体のデータを元に確立した信頼性の高い式で、地上部バイオマスが 536 Mg/ha、地下部バイオマスは 96 Mg/ha と推定された。結果として、低地フタバガキ林の地下部 / 地上部比は 0.18 となった。この値は、切れた根の補正や細根量の補正も行った精度の高いものである。このような天然林での研究例に対し、より生長が早く、材比重が軽い二次林での地下部の推定も可能になった（Kenzo et al., 2009）。同様な地下部推定式はアマゾンでも確立され（Lima et al., 2012）、標準的な方法として広がりつつある。しかし、世界的に見れば、まだ地上部バイオマスしか推定できない地域も多く、森林からの二酸化炭素排出量を測定する上では、地下部バイオマス推定の重要性は更に高まると考えられる。

（新山馨）

2.4　周極域の森林生態系研究の進展と今後

21 世紀を迎えて、地球温暖化という言葉がごく普通にニュースや新聞で見られるようになった。温暖化予測モデルは数多く出てきたが、温暖化影響の現れ方には地域間差が大きいことも明らかになった。高緯度地域ほど温暖化影響が深刻であるといわれながら、高緯度の森林生態系、ツンドラ生態系における長期的な生態学研究は皆無に等しい状況だった。森林総合研究所では、90 年代初頭から東シベリアの生態系研究に着手した。

ソ連崩壊後に始まった国際共同研究によって、北東ユーラシアの永久凍土連続分布域に成立するカラマツ林生態系の有り様が明らかになった。また、周極域の森林生態系と永久凍土の分布・状態に関する知見が整理され、長期モニタリングサイトが各地域にできつつある。現在では周極域の北緯 60 度以北において、中央シベリアの他に、アラスカ内陸部、カナダ北西準州、北欧東部で森林生態系の国際共同研究を展開している。

21 世紀に入って、環境省・地球環境研究総合推進費により、S-1（2002 ～ 2006 年度）、B-053（2005 ～ 2007 年度）の 2 課題のプロジェクトが遂行され、北東ユーラシアの永久凍土地帯に広がるカラマツ林生態系と、非凍土域のタイガ地帯に関する森林現存量推定の研究が行われた。永久凍土上のカラマツ林に関する生態学的な知見は、これまで西側の教科書には正確な情報が皆無であり、日露の共同研究の成果は Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests（Ecological Studies 209）として Springer 社より刊行された（Osawa et al. 2010）。

2004 年と 2005 年にアラスカ内陸部では、過去最大規模の森林火災が連年発生し、永久凍土の不連続分布域の森林火災と炭素放出量の研究プロジェクトが JAXA によって立ち上げられた。森林総合研究所においても、環境省・地球環境研究総合推進費の若手革新枠 RF-092（2009 ～ 2010 年）や、JAXA からの受託出張によって現地調査が行われた。同時期に採択された文科省・科研費などにより、アラスカ内陸部、カナダ北西準州、北欧の現地調査も開始された。2011 年度からは、文科省事業「グリーン・ネットワーク・オ

ブ・エクセレンス」北極気候変動分野が開始され、森林総合研究所の研究職員も分担研究者、協力研究者となり、国立極地研究所からの受託出張により現地調査に参画した。

周極域に分布する森林生態系では、地上部と地下部の現存量重量比が、他の気候帯の森林よりも小さな値をとっていることが明らかになった（Kajimoto et al. 2006）。これは東シベリアと中央シベリアのカラマツ林だけではなく、アラスカ内陸部のトウヒ林でも同様の傾向が明瞭にみられた（Noguchi et al. 2012）。

2004 年から中央シベリアのトゥラ（北緯 64 度東経 100 度）で、CO_2 フラックス観測が開始され、他の温室効果ガスの発生に関する研究も進められてきた（Nakai et al. 2008, Morishita et al. 2014）。周極域の森林生態系における、二酸化炭素・メタン・亜酸化窒素の土壌呼吸による発生量推定の研究が行われている。

国際的な枠組みで注目された研究成果として、バイカル湖の湖底堆積物の花粉分析に基づく植生復元研究がある（Shichi et al. 2013）。この研究では、過去 33,000 年に亘る気候変動と植生の変遷を復元した。過去の氷床発達は永久凍土の分布域にも大きく影響することから、周極域の森林生態系の成り立ちと変遷に関する今後の研究展開が望まれる。

今後は、気候モデルの将来予測と同様に、過去の気候変動が復元できることが重要である。森林生態系は数十〜数百年のオーダーで年輪という形の記録が保持されている生態系である。周極域では 1930 〜 1940 年代に急激な温暖化が起こり、その後 1950 〜 1960 年代に急激な寒冷化を記録している。そして最近 30 年間に再び温暖化が進んでいる。このような気候変動と、森林生態系の炭素固定速度がどのようにリンクしたかを検証する研究が目下進められている。周極域の森林生態系では、他の気候帯と同様に長期モニタリングサイトの拡充が急務となっている。今後も国際的な枠組みを堅持して継続研究を行う必要がある。

（松浦陽次郎）

文　献

Kajimoto, T., Matsuura, Y., Osawa, A., Abaimov, A. P., Zyryanova, O. A., Isaev, A. P., Yefremov, D. P., Mori, S. and Koike, T. (2006) Size-mass allometry and biomass allocation of two larch species growing on the continuous permafrost region in Siberia. Forest Ecology and Management, 222, 314-325.

Kenzo, T., Ichie, T., Hattori, D., Itioka, T., Handa, C., Ohkubo,T., Kendawang, J. J., Nakamura,M., Sakaguchi, M., Takahashi, N., Okamoto, M., Tanaka-Oda, A., Sakurai, K. and Ninomiya, I. (2009) Development of allometric relationships for accurate estimation of above- and below-ground biomass in tropical secondary forests in Sarawak, Malaysia. Journal of Tropical Ecology, 25, 371-386.

Kenzo, T., Ichie, T., Yoneda, R., Tanaka - Oda, A., Azani, M. A. and Majid, N. M. (2013) Ontogenetic changes in carbohydrate storage and sprouting ability in pio-

neer tree species in Peninsular Malaysia. Biotropica,45,427-433.

Kenzo, T., Yoneda, R., Matsumoto, Y., Mohamad Azani Alias and Nik Muhamad Majid. (2011) Growth performance and leaf photosynthetic response of four indigenous tree species under different light conditions in a degraded tropical secondary forest, Malaysia. Journal of Tropical Forest Science, 23, 271-281.

Lima, A. J. N., Suwa,R., Pires de Mello Ribeiro, G. H., Kajimoto, T., dos Santos, J., da Silva, R. P., Sampaio de Souza, C. A., de Barros, P. C., Noguchi, H., Ishizuka, M. and Higuchi, N. (2012) Allometric models for estimating above- and below-ground biomass in Amazonian forests at Sao Gabriel da Cachoeira in the upper Rio Negro, Brazil. Forest Ecology and Management, 277, 163-172.

Morishita, T., Matsuura, Y., Kajimoto, T., Osawa, A., Zyryanova, O. A. and Prokushkin, A. S. (2014) CH_4 and N_2O dynamics of a Larix gmelinii forest in a continuous permafrost region of central Siberia during the growing season. Polar Science, 8, 156-165.

Nakai, Y., Matsuura, Y., Kajimoto, Abaimov, A. P., Yamamoto, S. and Zyryanova, O. A. (2008) Eddy covariance CO2 flux above a Gmelin larch forest on continuous permafrost in Central Siberia during a growing season. Theor. Appl. Climatol., 93, 133-147.

Niiyama, K., Kajimoto, T., Matsuura, Y., Yamashita, T., Matsuo, N., Yashiro, Y., Ripin, A., Kassim, A.R.and Noor, N. S. (2010) Estimation of root biomass based on excavation of individual root systems in a primary dipterocarp forest in Pasoh Forest Reserve, Peninsular Malaysia. Journal of Tropical Ecology, 26, 271-284.

Noguchi, K., Dannoura, M., Jomura, M., Awazuhara-Noguchi, M. and Matsuura, Y. (2012) High belowground biomass allocation in an upland black spruce (Picea mariana) stand in interior Alaska. Polar Science, 6, 133-141.

Osawa, A., Zyrianova, O. A., Matsuura, Y., Kajimoto, T. and Wein, R. W. (eds.) (2010) Permafrost Ecosystems: Siberian Larch Forests. Ecological Studies 209, Springer, 502pp.

Shichi, K., Takahara, H., Hase, Y., Watanabe, T., Nara, F., Nakamura, T., Tanai, Y and Kawai, T. (2013) Vegetation response in the southern Lake Baikal region to abrupt climate events over the past 33 cal kyr. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 375, 70-82.

杉村乾・矢田誠（2014）グヌン・ハリムン・サラク国立公園（西ジャワ）における森林利用とその規制. 環境情報科学, 42, 40-43.

温暖化対応推進拠点

1. 試験研究の動向

1990 年代、世界各地で記録的な気温上昇が観測され、地球温暖化への関心が世界的に広がった。特に、気候変動枠組条約第 3 回締約国会議は、世界の注目のもと 1997 年に京都で開催され、先進国が地球温暖化の主因である温室効果ガスの排出量の削減を約束することを定めた京都議定書が決議された。このことは、環境問題が国際問題として取り扱われた歴史的な出来事であった。京都議定書では温室効果ガスの排出削減目標が決められたが、目標達成のために森林による二酸化炭素の吸収量を利用できることになった。そのため、森林の役割が地球温暖化問題の中で明確に位置付けられ、京都議定書の約束達成のために森林の吸収量の獲得に向けた施策が取られるようになった。

そこで、京都議定書への対応をはじめとする地球温暖化問題に対処することを目的に、平成 18 年度、温暖化対応推進拠点が新規に設置された。温暖化対応推進拠点の下には温暖化対応推進室が設置され、林野庁から「森林吸収量報告検証体制緊急整備事業」を受託し、京都議定書報告のための森林による二酸化炭素吸収量の算定・報告手法の開発を中心に研究業務を行った。その後、平成 22 年度、林野から「REDD 推進体制緊急整備事業」を受託し、平成 22 年 7 月、当拠点を中心に「REDD 研究開発センター」を設立した。さらに、平成 27 年度、「REDD+ 推進民間活動支援事業」を受託し、温暖化対応推進拠点および REDD 研究開発センターにおいて REDD プラス推進のための研究を行っている。いずれの事業においても、林野庁と強い連携を持ちながら、国際交渉や IPCC（気候変動に関わる政府間パネル）への参加・支援を続けている。

このように、温暖化対応推進拠点は社会情勢や行政ニーズに迅速に対応した研究業務を行い、京都議定書報告のための国内の温暖化対策を中心に、国際的な議論の高まりに対応して途上国の森林減少・劣化を抑制するための国際的な仕組みである REDD プラスに研究対象を拡げてきた。現在は、2020 年度以降の新たな吸収量算定・報告手法に関わる研究業務も行っている。

2. 研究の成果

2.1 京都議定書報告のための森林吸収量算定手法と国家森林資源データベースの開発

2.1.1 背景

先進国の削減目標を示し、日本は 2008 ～ 2012 年の第一約束期間において 1990 年を基準にして 6% の排出削減を約束した。一方、1990 年以降に森林経営活動がなされた森林など、条件付きで 1,300 万炭素トン / 年（1990 年基準では排出量の 3.8%に相当）を上限として、森林による吸収量を排出削減目標達成に利用できることとなった。そのため、京都議定書に向けた森林吸収量の算定・報告手法の開発を行うとともに、それを実行するための国家森林資源データベースを開発した。

なお、当研究成果の詳細を、「VI 総合的研究の動向と成果」にも記載しているので、参

照願いたい。

2.1.2　森林吸収量の算定・報告手法の開発

京都議定書のための報告について、京都議定書、マラケシュ合意やIPCCグッド・プラクティス・ガイダンスを精査するとともに、我が国の森林資源に関する情報の現状をふまえ、森林による二酸化炭素吸収量の算定・報告手法を以下のように開発した。

(1) 森林の数値的定義を、最低樹高5m、最低樹冠被覆率30%、最低面積0.3ha、最小幅を20mとした。

(2) 吸収量算定の全体構造として、森林簿などの行政情報を基礎とし、林分調査や画像情報などにより算入対象面積の特定や検証を行うという構造を取る。

(3) 3条3項の新規植林・再植林・森林減少については、国土全体のオルソフォトや高解像度衛星画像の上で、500m間隔で土地利用を判読して把握する。

(4) 森林経営活動の定義を、「育成林については森林を適切な状態に保つために1990年以降に行われる森林施業。天然生林については、法令等に基づく伐採・転用規制等の保護・保全措置。」とした。つまり、1990年以降に更新、保育、間伐や主伐などの施業がなされた森林の吸収量が算入対象となる。

(5) 森林全体の吸収量の算定手法として、材積から換算式により1時点の炭素重量を推定し、2時点の炭素重量の変化量から炭素吸収量を推定する「蓄積変化法」を採用した。また、拡大係数、地下部比、容積密度といった吸収量推定に必要な係数を求めた。

(6) 枯死木、リター、土壌の炭素量変化については、標準的な施業を想定しCENTURY-jfosモデルを用いて算定した。

(7) 3条4項の森林経営活動が行われた森林の吸収量は、全国的な抽出調査により該当林分の比率（FM率）を求め、総吸収量にその比率を乗じて推定した。

(8) 上記の手法を実行するシステムとして、国家森林資源データベースを開発した。

2.1.3　削減目標達成への貢献

林野庁は上記の手法と国家森林資源データベースを利用して吸収量を算定し、2014年4月に第一約束期間5年間を通した報告を行った。間伐推進等の施策により最終的に5年間平均で上限を超え、目標である1300万炭素トン、3.8%を達成した。我が国は京都議定書の第一約束期間の排出削減目標6%削減を達成したが、森林による吸収量がそれに大きく貢献した。

2.2　REDDプラスに関わる研究

2.2.1　背景

REDDプラスは、発展途上国の森林保全活動を通して、温室効果ガスの排出削減・吸収増加を進める温暖化緩和活動の一つであり、現在、気候変動枠組条約（UNFCCC）を中心に議論されている。REDDプラスという用語は、「発展途上国の森林減少・劣化に由来する二酸化炭素の排出の削減」の英語表記の頭文字である「REDD」と、その後に加え

られた活動「森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の増強」を指す「プラス」が組み合わさって作られた略語である。

REDD プラスは、森林減少・劣化の抑制や保全などの活動を行い、それにより温室効果ガス排出を削減あるいは吸収量を増加できれば、その成果量に応じてクレジットや資金など経済的なインセンティブ（報償）が得られるという仕組みに特徴がある。さらに、REDD プラスは温暖化対策活動ではあるが、森林保全を通して生物多様性保全や地域経済や地域住民への貢献といったコベネフィット（副次利益）にも期待が集まっており、これが REDD プラスを特徴付けている。

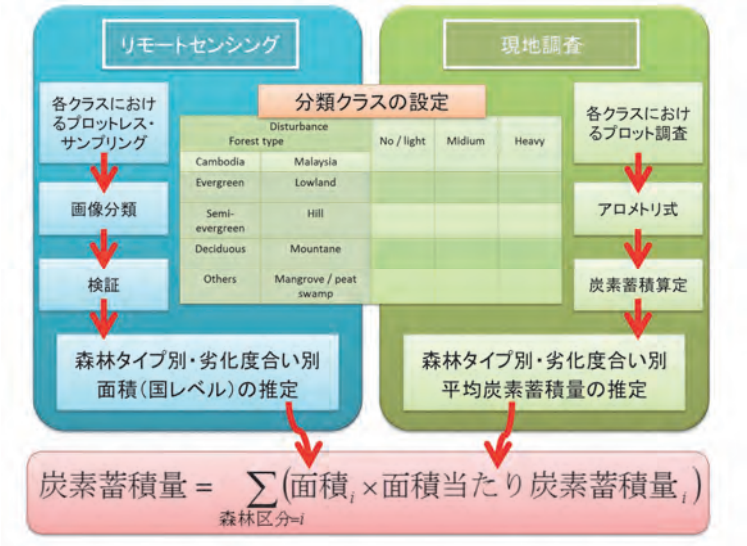
地球温暖化問題の科学者が集まる IPCC は、第四次評価報告書において途上国における森林減少からの二酸化炭素の排出が全体の排出の約二割を占めており、削減ポテンシャルの半数は森林減少からの排出を削減することで達成されると報告した。また、英国の経済学者スターンは、森林減少の抑制による排出削減は他の分野の削減策と比較して低コストであると報告した。

しかし、京都議定書の削減目標は先進国の約束であり、途上国の森林減少を止める仕組みは持たない。そのため、2005 年にカナダ・モントリオールで開かれた COP11 において、森林減少による温室効果ガス排出を削減する「森林減少の回避」が提案された。この提案は世界から受け入れられ、その後 2007 年インドネシア・バリで開かれた COP13 では、REDD として森林減少・劣化の削減の必要性が強調された。その後、プラスに当たる活動が加わり、2010 年メキシコ・カンクンで開催された COP16 において活動の定義を含めた REDD プラスの大枠について合意に至り、REDD プラスは 2020 年からの新たな枠組みに位置付けられるようになった。2015 年の COP21 パリ会合では技術的議論は終了し、資金や政策などに議論が移っていく見通しである。

このような国際的な REDD プラスの議論と進展を背景に、森林総合研究所は林野庁から「REDD 推進体制緊急整備事業」を受託し、温暖化対応推進拠点を中心に REDD 研究開発センターを設立して、森林炭素モニタリング技術の開発や制度政策に関わる研究を推進するとともに、REDD プラスの普及啓発を行った。

2.2.2　森林炭素モニタリング技術の開発

REDD プラスは、国の森林減少・劣化防止の取り組みの成果に応じてクレジットを与えるため、国レベルでの森林炭素蓄積量の変化を求める必要がある。そこで、熱帯雨林（半島マレーシア）、熱帯季節林（カンボジア）、乾燥林（パラグアイ）を対象として、国レベルでの森林の炭素蓄積量とその変化を把握する手法を開発した（図－ 1）。



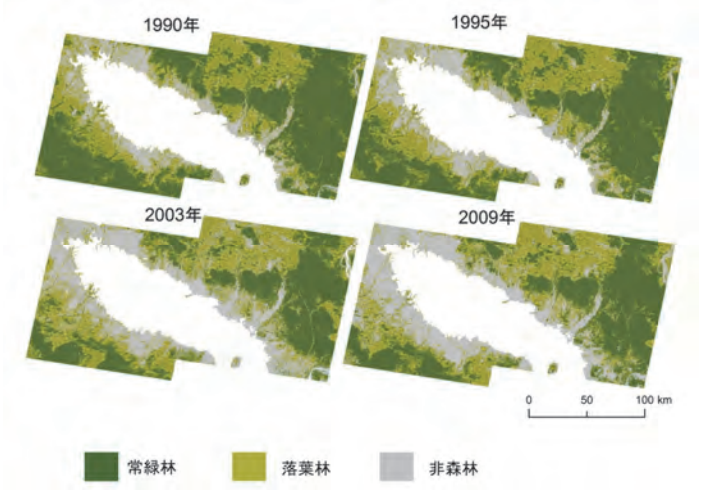
図－１　国レベルでの森林の炭素蓄積量を把握する技術の開発

2.2.2.1　森林タイプ別面積の推定

国レベルでのタイプ別の森林面積を推定するには衛星画像の利用が有効だが、宇宙からの広域観測ではどうしても画像のどこかで雲に影響を受ける。特に熱帯雨林ではその影響が顕著である。そこで、大量の Landsat 衛星画像を用い、画素ごとに雲のない時の反射率のトレンド分析を行って雲の下の反射率も推定し、雲のない状態の画像を作成する手法を開発した。

一方、熱帯季節林が生育する地域では雨季と乾季があり、比較的雲のない衛星画像を取得できる乾季には、乾燥の進行とともに落葉が進み、森林タイプの誤分類を生じる。そこで、各森林タイプの太陽光の反射パターンが乾季の進行とともにどのように変化するかを調べ、その特徴を利用して森林タイプを精度よく分類できるようにした。

これらの手法を用い、また過去に撮影された衛星画像を利用することで、国レベルでのタイプ別の森林面積およびその面積変化を推定することができた（図－ 2）。



図－２　カンボジア中心部の衛星画像で判別した時系列森林分布図

2.2.2.2　アロメトリ式の開発と森林炭素蓄積量の推定

樹木の炭素蓄積量は、胸高直径、あるいは胸高直径と樹高を変数とした推定式（アロメトリ式）を用いて計算する。しかし、熱帯季節林、乾燥林に対するアロメトリ式は、熱帯雨林と比べて開発が遅れていた。そこで、熱帯季節林と乾燥林に対して伐倒調査を行い、熱帯季節林と乾燥林に適用できる、地下部を含めた精度の高いアロメトリ式を開発した。これらのアロメトリ式を用いることで、地上調査の結果から森林タイプ別の単位面積当たりの平均炭素蓄積量を推定することが可能になった。

ここで得られた森林タイプ別の単位面積当たりの平均炭素蓄積量と、衛星画像から得られた国レベルでの森林タイプ別面積を掛け合わせることにより、国レベルでの森林炭素蓄積およびその変化量を推定することが可能になった。

2.2.3　技術解説書およびクレジット化のガイドラインの開発

2.2.3.1　技術解説書 REDD-plus Cookbook の開発

REDD プラスでは、科学的なアプローチによって森林を継続的に計測し、森林の炭素蓄積量の変化を正確に評価することが求められる。しかし、現状では、森林炭素の変化量を継続的に計測する技術を持った途上国はごくわずかであり、国レベルの森林炭素蓄積量の観測体制整備が進められている。森林総合研究所では研究開発を通じて途上国の体制整備を支援していたが、途上国の政策担当者や現場技術者が利用できる適切な技術解説書がなく、このことが体制整備の推進を妨げる一因になっていることに気づいた。

そこで、森林総合研究所では、REDD プラスの要点や経緯、そして森林炭素計測手法について、分かりやすく説明した、技術解説書「REDD-plus Cookbook」を開発し、日本語版と英語版、スペイン語版を刊行した（図－ 3）。



図－ 3　技術解説書「REDD-plus Cookbook」

この REDD-plus Cookbook では、REDD プラスについての成り立ちの経緯や、基本的

情報について解説するとともに、森林炭素計測手法についてわかりやすく解説している。その中では、森林炭素の蓄積量の経年変化を比較する方法（蓄積変化法）による CO_2 吸排出量の計測を推奨し、そのためのリモートセンシングによる森林分布の測定手法や、地上調査の方法について解説している。

REDD-plus Cookbook は、COP のサイドイベントや国際セミナー、研修を通して世界に発信され、国際的にも高い評価を受け広く利用されている。

2.2.3.2　REDD プラス実施ガイドラインの開発

我が国は、排出削減活動として二国間クレジット制度（JCM）を進めている。これは、日本と途上国の二国間の合意のもとで排出削減活動を行い、得られた排出削減量を貢献に応じて二国間で分配し、それぞれの国の目標達成に用いるという制度である。REDD プラスを JCM の活動の一つとするためには、クレジット化のための排出削減量の算定手法などを決める必要がある。そのため、森林総合研究所ではクレジット化のための算定・報告手法の指針を示した REDD プラス実施ガイドラインを開発・提案した。このようなガイドラインは、JCM の理念に沿って運用しやすく、しかも高い信頼性を持つ必要がある。そこで、気候変動枠組条約の関係国で行われている様々な議論や先行して実施されている制度の分析などを踏まえ、REDD プラスの先行事業を進めている団体や専門家を交えたワークショップを開催し、広く意見を求めながら開発した。現在、このガイドラインを下敷きに、政府により JCM のための REDD プラスガイドラインが進められており、森林総合研究所が開発事務局として参加している。

（松本光朗）

2．地域に対応した研究

北 海 道 支 所

1. 試験研究の動向

北海道の森林面積は約 550 万 ha、日本全土の森林の四分の一弱である。この広大な森林を研究フィールドとし、木材生産をはじめとした森林の諸機能を持続的に利用するため、よりよい方法を作り上げ広めることが北海道支所の一貫した役割となっている。そのため「北方天然林を中心とした森林の機能を持続的に発揮させる管理手法の開発」を支所のミッションとして掲げてきた。北海道の森林面積の 73%は天然林であることがその背景にあることは言うまでも無い。

天然林の管理は北海道の森林研究の古くからの課題である。過去においては特定の樹種や樹齢の木を過度に伐採した結果、劣化した天然林も少なくない。そうした反省も踏まえて、確実な更新を行い、持続的な森林に向かわせる技術が必要とされてきた。H18 ～ 22 に行われた交付金プロジェクト「北方天然林における持続可能性・活力向上のための森林管理技術の開発」や、それを継承した実行課題において、天然林の択伐施業に焦点を当て、生物多様性や植生に与える影響や立木への損傷を明らかにしつつ、多様な植生を回復させるための択伐後の更新補助作業技術を開発した。とくに、多様であるうえ材としての価値も高い広葉樹を今後持続的に利用するにあたって、この技術が貢献すると期待する。一方、この技術は、針葉樹人工林としては不適な場所を広葉樹林化するためにも応用できる。

こうした天然林研究の一方、人工林の成熟に伴い、それらの有効利用と再造林が全国的にも大きな問題となり、人工林を対象とした低コスト林業への本格的な取組も開始した。北海道の針葉樹人工林の二大樹種トドマツ、カラマツを主な対象として、交付金プロジェクト「緩中傾斜地に適した低コスト生産システムの開発（H23 ～ 26)」、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「先進機械を活用した伐採・造林一貫システムによる低コスト人工林管理技術の開発（H25 ～ 27)」を行ってきた。北海道は傾斜の緩やかな林地の占める割合が多いため、車両型機械が林内に入って作業するのに適している。こうした特徴をフルに活かし、ハーベスタとフォワーダを用いた収穫と、クラッシャによる収穫後の地拵え、さらに機械集材に最適化した植栽方法を一体化した、北海道に適した低コスト林業システムを開発しつつある。

近年の再生可能エネルギーに対する期待の高まりを受けて、木質バイオマスを燃料とした発電所が立て続けに建設され、計画中のものも多い。一部では燃料供給不足や木材利用との競合を懸念する声も出始めている。そうしたなか、早生樹ヤナギに着目した研究を行ってきた。ヤナギは挿し木での栽培が可能な上、伐っても容易に萌芽するため、燃料資源として好適な性質を持つ。交付金プロジェクト「ヤナギ超短伐期栽培による新たな木質バイオマス資源の作出（H20 ～ 22)」等の成果として、挿し木を植えつけてから 3 年おきに 7 回収穫することで、乾重で合計 210 Mg（トン）の収量を可能とするシステムを開発した。

ただし、新植地の造成や施肥に多くのコストが必要なため、それを減らすことが今後の課題である。

こうして資源としての木材を生み出す森林はまた、様々な生物を宿し、災害防止など多面的な生態系サービスをもたらす場でもある。近年の世論調査を見ても、国民の多くが森林に求める機能の第一は、木材生産というよりそうした多面的機能である。それら様々な機能に関する研究も重要と考えている。この 10 年では、たとえば環境省のプロジェクトにより、猛きんとして生態的に重要な地位を占めるオオタカや、礼文島のみに生息する固有種レブンアツモリソウといった生物の保全を目指した研究を行い、成果をあげてきた。とはいえ森林の、特に大きな目的は木材生産である。木材生産の量や効率を上げれば、水土保全や生物多様性の維持など他の機能は減るのか増えるのか、それとも変わらないのか？両者を期待された水準で満足させるような施業方法はないのだろうか。これを明らかにするための実験が、北海道大学や北海道総合研究機構林業試験場との共同で、平成 25 年よりトドマツ道有林で行われている。結果が出るのはまだ先であるが、国内の森林研究ではほとんど例のない、森林における大規模実験であり、今後の林業を考えるうえで大きな意味を持つ結果が得られると期待している。

100 周年以降の 10 年間における成果は、むろん上に挙げたものだけに留まらない。研究分野ごとの成果の詳細については以下をご覧頂きたいが、限られたスタッフのなかで多岐にわたる成果をあげてきた。今後の研究環境は、予算や人員の点からいっそう厳しさを増すと思われるが、冒頭に述べた、「森林王国」としての北海道と、そこに研究拠点を置くことの重要性は揺るぎないものと信じる。

さて、平成 13 年の独法化に伴い、研究成果の現場への普及が従前に増して強く求められるようになった。従来から研究成果の普及はマニュアルやシンポジウムなどを通じて行ってきたが、その発展型として北海道北部の下川町と共同研究協定を締結した。下川町は林業や森林を町の大きな柱としており、全国的にも名をはせる自治体である。上記のヤナギや低コスト林業の研究は下川町を主なフィールドとし、密な連携を取りつつ行ってきた。こうした協力関係は、研究者にとって現場の生の声を取り入れ、さらに成果を直接現場に活かすための格好の場を提供してくれる。今後も現場との協力関係を継続していくことが必要と考える。

（牧野俊一）

2. 研究分野ごとの動向

2.1 森林の育成と遺伝に関する研究分野

2.1.1 研究の概要

森林育成研究グループは独立行政法人化に伴い、造林研究室と遺伝研究室が統合されてできた。造林部門では、トドマツ人工林の長伐期化に伴う下層植生の現存量および種多様性の変化、択伐が行われた針広混交林における林床植生の動態や天然更新促進技術、林業機械の林内走行による残存木の損傷、気候温暖化によってブナ林が受ける影響予測、固定試験地を用いた長期モニタリングによる広葉樹および針葉樹天然林の動態と回復過程に関

する研究などを行ってきた。現在は、カラマツ人工林およびトドマツ人工林の先進機械を活用した伐採・造林一貫作業による低コスト作業システムの開発、トドマツの種子生産および樹冠発達、トドマツ人工林主伐後の天然更新促進技術の開発に関する研究などを行っている。

遺伝部門では主要樹種であるカラマツ、トドマツ、ウダイカンバの産地試験を通して産地間差、地域特性に関する遺伝性および適応機構を評価する研究を進めてきた。帰化植物や外来生物種による生態系への影響評価や在来種との遺伝子汚染などの影響評価を行った。希少種関連では、樹木種のみにとどまらず、アツモリソウ属、オオタカなど幅広い生物を対象に希少化の要因解明と絶滅回避技術の開発に貢献した。また、国際共同研究の一環として、ユーラシア大陸内陸部山脈地域のフロラと種分化に関する研究や国際基準となる樹木遺伝子バーコードの基盤構築のための東アジア冷温帯および亜寒帯樹木の塩基配列を決定した。

他方、北海道森林管理局と共同で道内の主要樹木（エゾマツ、トドマツ、ブナ）の遺伝子保存林における遺伝的多様性の評価を行い、これによって森林管理局の施業指針の基盤構築に貢献した。また北方林における天然更新の阻害要因としてのササについて部分開花から枯死過程におけるクローン性を明らかにし､開花遺伝子の発現に関する研究を行った。さらに、ブナ天然分布の北限を規定する要因としての遺伝的多様性の評価を行い、北進に伴う多様度の減少を明らかにした。北方針葉樹林におけるフェノロジーと適応過程に関する研究では遺伝子発現の季節変動を追跡している。

2.1.2　主要な成果

1）気候変動がもたらす植物分布の変化

現在の気候下におけるブナの分布可能な地域と、分布に適する地域を環境条件から予測するモデルを開発することにより、2 つの将来の気候変化シナリオにおけるブナの潜在分布域を予測した。その結果、ブナ林の成立に適する地域（分布適域）の面積は、現気候下にくらべてそれぞれ 9%（図－ 1、C)、37%（図－ 1、D）に減少した。両シナリオとも九州、四国、本州太平洋側の分布適域はほとんど消滅するのに対し、北海道では現在の北限の黒松内低地帯を超えて北東に広がることが示された。

2）主要樹種の地理的変異

カラマツ、トドマツ、ウダイカンバの産地試験では産地による成長の差が著しく、優良産地の存在可能性が示唆された。ウダイカンバは 25 年生での心材形成は確認されなかったことから、マカバ（心材の赤みが強いウダイカンバを指し、珍重される）とメジロカバ（心材が淡色）の遺伝性を明らかにするためにはさらに年数が必要である。

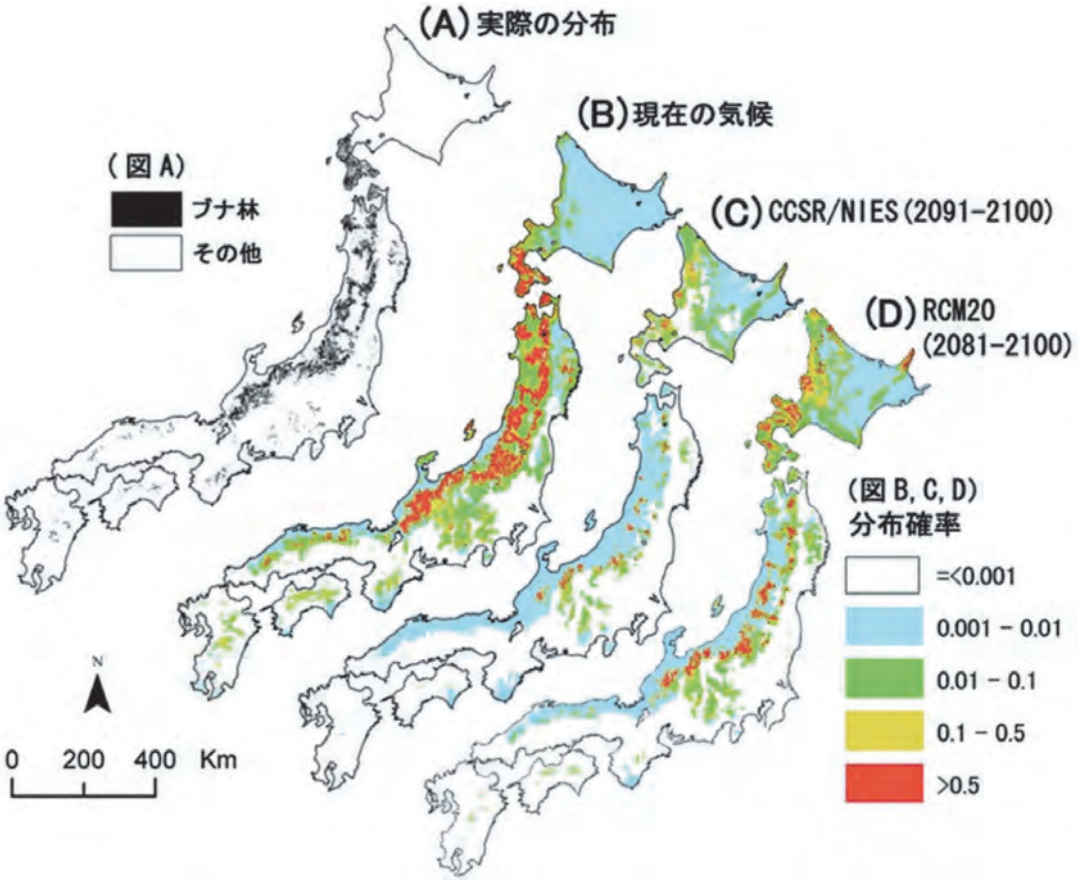
3）希少植物の保全

アツモリソウ属では実生段階の個体数が極めて少ないことが明らかになり、絶滅回避のためには実生段階の個体プールを確保する手段の開発が必要不可欠と考えられた。

4）ブナの遺伝的変異

ブナ天然分布の北限において連続分布から隔離分布にいたるさまざまな集団の遺伝的多

様性を評価した結果、ブナは北限に近づくにつれて遺伝的多様性が低下していることが明らかになった。



図－1　ブナ林の分布。(A) 実際の分布、(B) 現在の気候における分布確率、(C) 気候変化シナリオ CCSR/NIES (2091-2100 年) における分布確率、(D) 気候シナリオ RCM20 (2081-2100 年) における分布確率。(B)、(C)、(D) で赤色に示される地域 (分布確率 0.5 以上) が、ブナ林の分布適域である。

2.1.3　今後の課題

林業の厳しい経済的状況や、道内の人工林の多くで今後主伐期を迎えつつある中、森林管理技術の高度化および省力化に引き続き取り組む必要がある。そのためには、高性能林業機械や天然更新を利用した森林の管理技術、地域適応の遺伝的メカニズム、着果予測に関する研究、高付加価値材の遺伝的特性に関する研究が必要である。さらに、森林の公益的機能発揮の面からは、森林生態系の質を左右する遺伝的多様性の維持機構とその管理技術の開発を目指した研究が不可欠である。

(飯田滋生)

2.2　樹木生理および土壌に関する研究分野

2.2.1　研究の動向

地球温暖化や広域汚染物質の増加等、地球環境変動が森林に及ぼす影響の評価は近年の

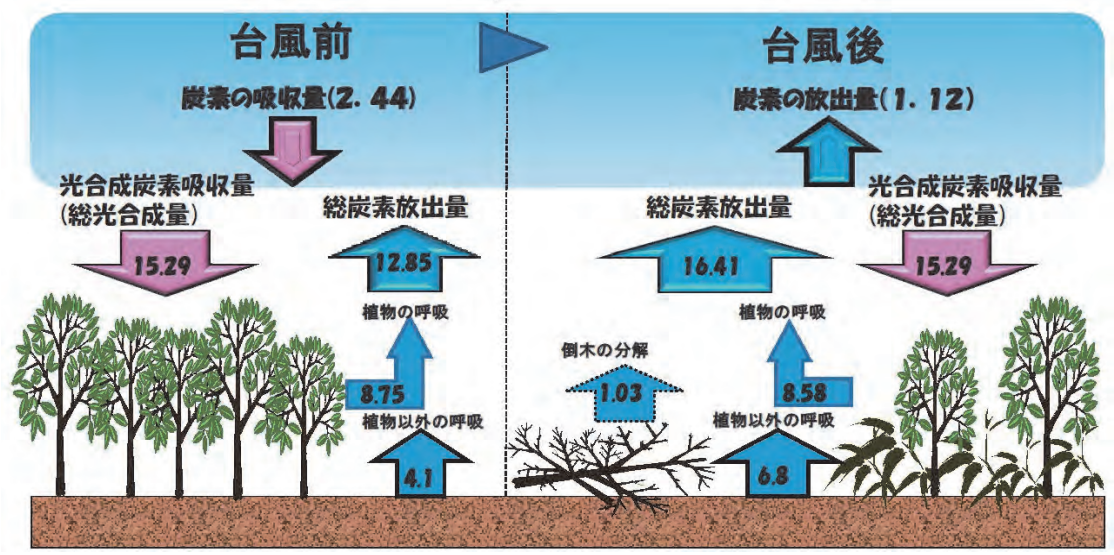
主要な研究テーマとなっており、多くの研究課題で対応している。地球温暖化に関しては、京都議定書に対応した炭素吸収源としての森林の評価、森林生態系の CO_2 フラックスの解明、高 CO_2 環境への植物の応答を中心に研究が進められている。温暖化対策としては木質バイオマスの利用促進も重要であり、北海道に適したヤナギバイオマスの生産技術と生育適地の判定技術の開発をめざした研究が行われている。

一方、2011 年度からの第 3 期中期計画では林業課題への取り組みが重視され、林業の低コスト化を目的とする研究課題に勢力が向けられている。植栽コストを低減するためのコンテナ苗の育成技術や、下刈りを省力化する植栽技術の開発、高性能林業機械の導入を前提とした植栽方法の開発と機械走行による土壌への影響評価、先進機械を活用した伐採・造林一貫システムによる造林コスト低減の研究、植栽コストをかけないためのトドマツ人工林主伐後の天然更新技術の開発などの研究が行われている。

2.2.2　主要な成果

1）森林の CO_2 フラックス

支所構内の羊ヶ丘実験林において、タワーフラックス観測による炭素収支と、光合成、植物各部位の呼吸、土壌呼吸等の炭素循環プロセスを比較観測した。試験地は 2004 年の台風により大きな風倒被害を受け、2005 年度に観測を再開した。風倒前後の測定結果を比較することにより、台風撹乱による炭素循環の変化と回復過程を明らかにした。風倒後にササが急速に繁茂したため、風倒前後で森林群落の総生産量は大きく変動しないと考えられた。風倒前の森林炭素吸収速度は 2.44 Mg C ha^{-1} y^{-1} で（年当たり ha 当たり 2.44 炭素トン）、森林は炭素吸収源であったが、風倒後は土壌呼吸速度の増加と風倒木の分解のため吸収速度は -1.12 Mg C ha^{-1} y^{-1} となり、炭素放出源となった（図－ 2）。



図－ 2　台風撹乱前後の森林生態系内の炭素の動き（単位　Mg C ha^{-1} y^{-1}）

2）ヤナギバイオマスに関する研究

下川町に試験地を設定し、北海道に広く分布するオノエヤナギとエゾノキヌヤナギを用いて現地実証試験を行った。収穫量は 10 Mg ha^{-1} y^{-1} を目標とし、栽培方法は伐期 3 年で萌芽更新を行い 7 回収穫の 21 年サイクルとした。地理情報システムを用いて北海道のヤナギの栽培可能地域を推定したところ、砂礫地の耕作放棄地が有望と判断された。除草コストを下げるためにはストーンクラッシャによる土壌改良と農業用マルチ敷設が効果的であった。成長の良いクローンでは収穫量は 10 Mg ha^{-1} y^{-1} を達成したが、1 Mg あたりの生産コストは 15,000 円と計算され、目標とした 11,500 円以下には達しなかった。

3）林業の低コスト化に関する研究

カラマツコンテナ苗を 5 月から 10 月まで毎月植栽して枯死率と樹高を調査したところ、乾燥が激しかった 6 月を除いては枯死率に大きな差はなく、植栽時期の制約を受けないことが明らかになった。カラマツ大苗や初期成長の早いクリーンラーチの植栽により、下刈回数の大幅な削減が期待できた。地拵えにクラッシャを使用し、ヘッドに取り付けたレーキにより植穴を作成すると植栽効率が向上し、従来法より作業功程が 21％短縮された。林業機械走行が土壌に与える影響を明らかにするため、羊ヶ丘実験林のトドマツ人工林で走行実験を行った。土壌圧密の程度を決定づける要因として走行前の土の硬さが影響していることがわかった。また、枝条被覆による保護効果はなかったが、雪による保護効果は認められた。

2.2.3　今後の課題

北海道の人工林が主伐期を迎え、伐採、更新の低コスト化は喫緊の課題であり、林業の低コスト化に関する研究は重要性を増している。コスト低減が必要な過程の抽出と対策の研究をさらに進めるとともに、低コスト化をめざした森林施業が環境に与える影響を評価する必要がある。一方、地球環境変動のような長期的で多方面からの対策が必要な課題への対応も重要である。土壌、樹木生理に関する基礎的な研究を引き続き進展させて行く必要がある。

（相澤州平）

2.3　寒地の環境保全に関する研究分野

2.3.1　研究の概要

寒地環境保全研究グループは、寒冷地域の水土保全や防災機能に関する調査研究を行っている。1990 年代初めから開始された定山渓森林理水試験地における観測では水流出の素過程や積雪寒冷地域での水収支を明らかにしてきた。また、1999 年後半に開始された札幌森林気象試験地における気象学的手法を用いた大気と森林群落の間での熱、水、CO_2 等の輸送に関する観測（タワーフラックス観測）では、落葉広葉樹林の熱収支や炭素収支を明らかにした。2004 年の台風による風倒被害の前後で連続した観測が続けられ、森林撹乱の炭素収支に及ぼす影響が明らかにされつつある（図－2)。これら 2 つの積雪寒冷地域の森林におけるモニタリング観測は、本支所が連携するそれぞれの観測ネットワーク

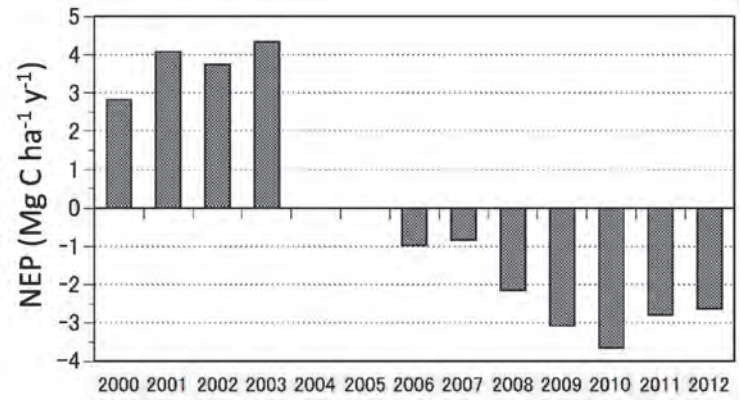
の下で実施されている。この 10 年は気候変動にともなう森林機能への影響評価に研究の重点が置かれるようになってきた。長期モニタリングデータを活用することで、気候変動に伴う森林の炭素収支や水収支の将来予測を行いつつある。

また、森林施業にともなう渓流への影響評価が求められており、河畔林の機能解明や渓流への土砂流出の実態解明を行っている。

2.3.2 主要な研究成果

1）風倒による撹乱を受けた落葉広葉樹林の炭素吸収量の変化

1999 年に羊ヶ丘実験林内の札幌森林気象試験地（シラカンバ、ミズナラを主体とする落葉広葉樹林）に高さ 40m の気象観測タワーを建設し、フラックス観測を開始した。2004 年 9 月の台風により風倒被害を受け（バイオマス量で 40%）観測が中断したが、2005 年 7 月には再開した。被害を受けた風倒木は林内に残置され、撹乱（風倒）後の自然回復にともなう炭素収支の変化を観測した。生態系総生産量（GPP)、生態系呼吸量(Re)、生態系純生産量（NEP）は、撹乱前の平均がそれぞれ 13.50、9.75、3.75 Mg C ha^{-1} y^{-1}、撹乱 2 年後はそれぞれ 12.62、13.59、-0.97 Mg C ha^{-1} y^{-1} であった（図－ 3)。撹乱前は炭素吸収源であったが、撹乱後は炭素放出源に転じた。撹乱後 3 年で林床を覆うササが葉面積指数で 2.4 倍、バイオマス量で 1.7 倍に増加しており、ササの急激な成長がこの期間の GPP に大きく寄与していた。撹乱後 GPP は 6%しか減少しなかったのに対し、Re は主に倒木の分解により 39%増加した。こうして撹乱後の炭素収支には、倒木などの粗大有機物の分解とササや樹木の成長が大きく寄与していることが明らかになった。

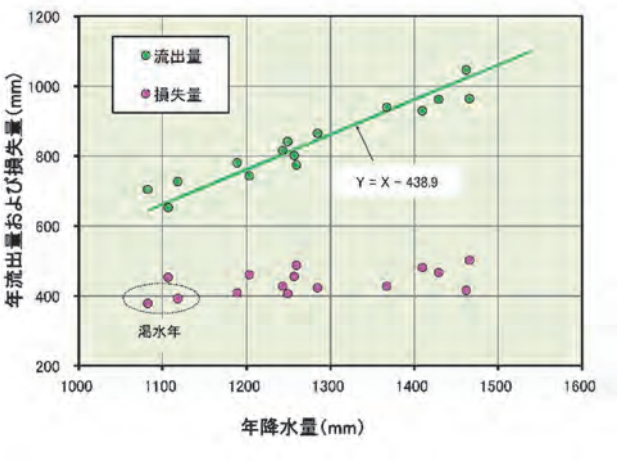


図－ 3　生態系純生産量（NEP）の年々変化
風倒が発生した 2004 年と観測を再開した 2005 年は欠測である。

2）山地小流域における水収支

定山渓森林理水試験地の 1991 ～ 2011 年の日単位の長期データを用いて長期流出特性を明らかにした。季節変化についてみると、降水は夏～冬に多く、流出は秋と春の融雪期に多い傾向がある。月降水量、月流出量はともに 6 月に最小となるため、7 月から翌年 6 月までを「1 水年」とするのが妥当である。平均年降水量は 1,293mm であり、うち冬季

の降雪量は 527mm（年降水量の 40.6%）であった。平均年流出量は 840.1mm で、春の融雪出水が 1 ヶ月以上続き、年流失量の半分以上がこの時期に流出した。年流出量は年降水量の多い水年ほど増加する傾向が認められたが、年損失量は降水量によらず一定で、438.9mm であった（図－ 4）。降雨イベントごとの総雨量と損失雨量の関係から保留量曲線を解析した結果、最大流域貯留量は 150mm 前後と見積もられた。



図－ 4　年降水量と年流出量、年損失量との関係

3）河畔林の機能解明に関する研究

河川に落ちる落葉は、水生生物の食糧となるなど生態的に重要な役割を担っている。河川に供給される落葉は、どれくらいの範囲から来ているのか、それを明らかにするため、空知及び胆振の平坦な河畔林で 2010 年から 2012 年まで落葉移動量の調査を行った。ヤナギ類を対象に高所作業車を用いて高さ 13.5m までの葉にマーキングしリタートラップ（落葉を集める装置）で追跡したところ、樹冠上部の葉で 15 ～ 25m までの範囲に散布されていた。散布方向は風向と一致しており、最大散布距離は風の強さと正の相関があった。晩秋から晩春までの落葉の林床での再移動距離は 0.04 ～ 2.15m と極めて短かった。北海道のような積雪地域の河畔林では、林床での落葉の再移動よりも落下時の移動が卓越することが明らかとなった。

4）森林伐採に伴う浮遊土砂流出量の観測

間伐などの森林施業の影響による渓流への浮遊土砂の流入が問題になっている。集材路や林道などの作業道の影響が大きいと考えられているものの、その実証的研究は少ない。間伐が行われた生田原国有林内で作業道が渓流を横断する箇所の上下流で流量と浮遊土砂濃度を測定し影響の解明を試みた。まとまった降雨のあった 3 イベントの結果であるが、雨量が少ないほど作業道の寄与が大きかった。大きな出水では上流の斜面からも土砂供給が起こるが、小さな出水では作業道経由の土砂と渓床の堆積土砂だけが供給源になるためと推測される。作業道からの土砂供給が極めて大きいことが確かめられたことから、本調査地のような緩中傾斜地では渓流への土砂供給路となるような作業道がない限り、渓流水の浮遊土砂濃度が極端に高くなることは希であると推測される。

2.3.3　今後の課題

気候変動の影響評価は未だ不十分なことから、長期モニタリングの重要性が再認識されている。森林理水試験地での水文観測やタワーサイトでのフラックス観測などでの長期モニタリングを継続するためには、省力かつ精緻な観測体制の構築を進める必要がある。モデル研究やリモートセンシングなどと連携して、変動下での森林機能の将来予測を進める必要がある。また、森林施業などに伴う撹乱が流域へ及ぼす影響の実態調査を進める必要がある。

（山野井克己）

2.4　森林生物に関する研究分野

2.4.1　研究の動向

森林生物グループでは昆虫、樹病、鳥獣を対象とした研究を行っている。昆虫分野では、生物間相互作用の解明により森林昆虫の保全手法を開発し、自然共生型管理技術によって生態系保全政策のための生物多様性変動シミュレータの構築を行った。地球温暖化や移入種について調査を行うとともに、緊急に対策の必要な害虫の対策技術の開発を行った。また北海道、道総研林業試験場、北海道大学との共同研究である「トドマツ人工林における保残伐施業の実証実験」で保残伐による昆虫多様性への影響を調べている。

樹病分野ではサクラ等の緑化樹木や木質バイオマス資源作物であるヤナギの樹木病害の影響評価を行い、環境低負荷型管理技術を開発した。また、カラマツ人工林等の循環利用促進のために低コスト生産システムを開発するにあたって樹木腐朽病害の影響を評価し、その成果を北方林の持続可能性の向上に向けた森林管理技術に組み込んだ。

鳥獣分野では、エゾヤチネズミの遺伝空間構造やコウモリの空間利用を解明し、野生動物の観測および保全技術の開発により野生動物の管理技術を高度化した。また、林産物としてのエゾシカ肉の衛生管理手法を開発し、生態系保全のためのニホンジカ捕獲技術を開発することにより、林業被害軽減のためのニホンジカ個体数管理技術を開発した。

2.4.2　研究の成果

1）スズメバチ寄生線虫の発見と寄生経路の解明

スズメバチの女王バチを不妊化する新種の寄生線虫を発見し、その寄生経路を解明した。この線虫は、スズメバチタマセンチュウ（*Sphaerularia vespae*）と命名され、キイロスズメバチなどスズメバチ属 5 種が寄主であることや、北海道、東北、関東、九州の各地方に分布することが明らかになった。線虫は寄主体内で生殖器官を肥大させて産卵する。一方、寄主の卵巣は発達せずに不妊化していた。卵巣が発達しないと女王バチは巣作りを行わない。線虫に寄生された女王バチは、6 月下旬頃から林床の朽ち木に飛来して、朽ち木に開いている穴に潜り込み、腹部の先から線虫の幼虫を放出した（写真－ 1）。また、朽ち木の中で越冬している新女王バチからも線虫が見つかった。以上から、線虫は自身が生まれた寄主を朽ち木に誘導して寄主体内から脱出し、新たな寄主（新女王バチ）がその朽

ち木に飛来して越冬に入ると、寄主体内に侵入して寄生することが判明した。



写真－１　スズメバチの腹部先端から脱出する線虫

2）野生生物観測ネットワークの構築

これまでに開発した、自動撮影技術による野生生物モニタリング調査手法を用いて、野生生物観測ネットワークの構築が行われた。ネットワークは道内の森林管理局や道内の大学との連携によるもので、2006 年から徐々に形成され、2010 年に公式に「北海道野生生物観測ネットワーク」として発足した。2015 年 4 月時点では道内 11 機関が道内 16 箇所で、年 1 回ないし 2 回の観測を行っている（図－ 5）。ネットワークの発展に伴って、新たに関連技術の開発も行なわれた。開発された主な技術は、データ処理技術、観測結果を効率的にわかりやすく伝えるためのウェブ技術とデータ地図化技術、さらに得られた鳥獣写



図－５　野生生物観測結果の例：森林総合研究所北海道支所羊ヶ丘実験林における 9 年間の観測結果（円の大きさは、観察頻度を表す）

真を効率的に探索表示するための技術である。特に地図化技術においては、3D 地図でのみ可能な、新たな地図化技法を開発し、地点総合地図化（site-comprehensive mapping）と名付けた。観測結果は次のウェブサイトで公開している。

http://cse.ffpri.affrc.go.jp/hiroh/wildlife-monitoring

3）カラマツ人工林の根株腐朽被害と立地環境の関係

北海道内のカラマツ人工林では長伐期化・成熟化に伴い根株腐朽被害が懸念されていることから、この被害と立地要因の関係について広範に調査を行なった。広域的な被害分布には明瞭な傾向は認められなかったが、林分ごとではカラマツの根が枯死につながる水分環境、あるいは根の物理的損傷に関係する因子が影響している可能性が示唆された。

4） 天然林内の粗大有機物量と腐朽菌類（多孔菌類）の多様性

近年生物多様性の維持を含む持続可能な森林施業が重要視されており、北海道の天然林では択伐施業による倒木等の減少が生物多様性に影響を与える懸念がある。そこで、道内各地の針広混交天然林・亜寒帯針葉樹林において腐朽菌のうち多孔菌類の子実体とその発生数、林内の倒木・立枯木・大形落枝などの粗大有機物量を調査し、粗大有機物量が多孔菌類の多様性や種組成に影響を与えていることを明らかにした。

2.4.3 今後の課題

これまで森林に生息する様々な微生物、昆虫、脊椎動物の分類、遺伝、個体群、生物間相互作用、機能といった基礎的研究から、保全手法、被害対策技術の開発まで幅広く研究成果を上げてきた。また、これ以外にグループ全体として北方林の持続的な管理技術の開発や木質バイオマス作物の生産促進技術の開発に取り組んできた、個々の研究の間の連携や、グループとしての取組を進めていく。

（尾崎研一）

2.5 北方系森林の管理方法に関する研究分野

2.5.1 研究の動向

当分野では、持続可能な森林経営のための北方天然林および人工林における施業方法や管理計画のあり方、空間情報を活用したきめ細かな森林管理技術の開発、森林環境の保全、林業・木材産業の発展に関わる社会経済的諸問題の調査研究等、冷涼な地域に広がる北方林の管理、経営に関する研究開発を行っている。

北海道内の森林のおよそ 3 分の 2 は天然林が占め、天然林材の生産は北海道林業において重要な役割を担ってきたが、これまでの天然林施業による保続生産は期待どおりとはいえず生産量は減少傾向にあり、減少した資源の適切な再生および管理技術を早急に確立することが求められた。また、欧米に代表されるように木材の保続生産と生態系保全の両立を目指した生態的持続可能林業が重視されるようになり、木材生産と生態系保全の共存を目指した天然林管理技術の開発が必要とされた。一方、戦後の拡大造林で広がった北方人工林はようやく伐期を迎え始めたものの、林業の経営不振や担い手不足から長伐期化の傾向が強まってきた。特にカラマツは一足早く資源の成熟期を迎え、長伐期化に対応した

収穫予測や立地条件の解明が必要となっていた。

一方、希少な動植物をはじめとする生物多様性の保全に、森林は重要な役割を果たしている。生物多様性の保全に配慮した森林管理を進めるにあたっては、活動に関わっている関係者間の良好な連携・協力体制を構築することが不可欠であることから、こうした協働による森林管理のあり方を解明するための研究に取り組んできた。

また、林産物市場および林産業の動向把握として、製紙産業の多角化に関する国際比較分析、国内合板工業における原料転換とそれに伴う諸変化の追跡、カンバ類の利用拡大に向けた条件解明などのテーマにも取り組んできた。

2.5.2 研究の成果

1）北方林管理・経営に関する研究

天然林における保続生産を実現できない要因の一つとして、伐倒集材作業における立木への損傷被害に焦点をあて、北海道内天然林択伐跡地での調査を行って被害状況をとりまとめ、使用機械の小形化など回避方法を提案した。また、天然林の持続的管理の方法として、施業対象となる林分を、木材を循環的に生産する施業域と伐採を制限する保全域、さらに原則として伐採を行わない保護域の 3 つに分ける林地区分を提案した。北海道内における多点のカラマツ人工林林分調査結果を用いて、林齢 80 年生の長伐期化に対応したカラマツ収獲予想表を作成するとともに、北海道内全域における立地環境要因による地位の予測を 10km メッシュで行った。

2）希少生物保全の社会学的研究

礼文島のみに生息し、絶滅の恐れのある種としてレッドデータブックに記載されているレブンアツモリソウを対象に、国や道、町、民間団体といった様々な関係者の協働により進められている保全活動の現状と課題について分析を行った。その結果、関係者間の顔の見える連携関係を醸成し、政策の立案体制を強化することが、良好な保全体制を構築していく上では重要であることが明らかとなった。

3）広葉樹市場に関する研究

本道を代表する樹種の一つであるカンバ類は、その豊富な蓄積量と高い回復力ゆえに大きな供給ポテンシャルが期待できる。反面、現状では製紙原料としての利用が大部分を占め、用途開発はあまり進んでいない。このような観点から調査を進めた結果、寸法・材質・価格が一定の条件を満たすならば使いたいとする製材・合板工場が複数存在し、一部では実際に利用が始まっていることが明らかになった。

2.5.3 今後の課題

広葉樹などの天然林材の循環的生産実現のために、天然更新が良好であるなど地域的な施業適地を明らかにして、低コストかつ省力的、持続的な天然林管理方法を確立する必要がある。また、今後資源が充実するトドマツ人工林主伐後の施業方法の選択肢をコストや成長等の観点から提示し、カラマツを含む人工林の適切な配置を図って資源の循環的利用を確立する必要がある。生物多様性をはじめとする森林の持つ多面的な価値を維持しつつ、

賢明な利用を図ってくための体制構築のあり方を探るため、様々な関係者間の協働による森林管理体制のあり方についてさらに研究を進めていかなければならない。このほか、本道の森林資源を循環利用しつつ地域社会・経済の活力に結びつけていくためには、①前記のカンバ類や、トドマツ、アカエゾマツなどの樹種に新たな用途を見出すこと、②天然更新の導入など素材の低コスト安定供給体制を確立すること、③素材の需給情報が広く共有されるシステムを構築すること、④域内での加工度を高め、域内需要とも結びつけていくこと、の各点が不可欠である。これら諸点が実現するための社会・経済的諸条件の解明が課題といえる。

（八巻一成）

東 北 支 所

1. 試験研究の動向

東北地方は、南北 530km、東西 180km に及び、青森、秋田、岩手、宮城、山形、福島の 6 県の総面積は約 67,000km^2 で国土面積の 18%を占めている。また、森林面積は土地面積の約 70%を占めており、このうち 41%がスギ、アカマツ、カラマツ等の人工林である。人工林は戦後の造林地がほとんどであることから、着実な間伐が必要である。その一方で、人工林のほぼ半数が 45 年生以上に達しており、資源の循環利用の観点から今後は計画的な主伐も行っていく必要がある。

東北支所は各県の試験研究・行政機関、大学、民間企業、国有林との連携の強化を通じて地域が求める研究ニーズを把握するとともに成果の発信に努めてきた。その中でも、2011 年 3 月に発生した東日本大震災の被災地域での海岸林の再生技術の高度化には迅速な対応が求められており、国有林等の関係機関と連携して精力的な研究を実施している。また、近年多発している地すべりの発生メカニズムの解明を通じた災害防止に資する研究、持続的木材生産のための低コストで効率的な森林育成技術の開発、寒冷地におけるマツ材線虫病等の防除技術の高度化などは、東北支所として地域ニーズに応えるために重点的に取り組んできた研究である。

これらの研究に加えて現在は、東北地方でも林業被害や生態系への影響が深刻化しつつあるニホンジカへの対策や、再生可能エネルギー源として注目が高まっている木質バイオマスの大量需要に対応するための森林資源量の広域把握や効率的な搬出方法、木材流通の効率化および未利用資源としての広葉樹林の活用等に対する研究にも地域社会の期待は大きい。こうした広範な期待に応え、東日本大震災からの地域の復興に貢献していくことが東北支所の最大の使命である。

（駒木貴彰）

2. 育林技術研究グループ・森林生態研究グループ

2.1 試験研究の動向

東北地方における育林分野では、これまでにブナ天然林の皆伐後の更新法の開発や、拡大造林によって造成された人工林における良質材生産を目指した密度管理などの、森林を育成利用していくための技術研究が行われてきた。近年になり、ブナの天然更新施業地やヒバ択伐天然更新施業地などで、長期的にみて確実に更新しているのかを判断可能な時期になってきた。一方、針葉樹人工林については、主伐期を迎えたことから、研究の主眼が育成からコンテナ苗を利用した低コスト再造林へと移ってきた。

森林には木材生産機能だけでなく、水源かん養機能などの公益的機能を発揮することが望まれている。このため、公益的機能が高く、また多様性に富んだ天然林の維持機構を明らかにすることが求められており、そのためには、長期のデータ蓄積に基づく研究が必要となっている。また、森林は安定的に維持されるとは限らず、撹乱を受けた場合の植生回

復に関する調査・研究も必要になっている。

（八木橋勉）

2.2　試験研究の成果

2.2.1　ブナ天然更新施業における前更更新の重要性

青森県八甲田ブナ施業指標林において、伐採前後における種子落下量、稚樹の発生消失・成長データならびに伐採後約 30 年時の更新状況調査から、天然更新施業におけるブナの更新過程を考察した。1976 年に顕著なブナの豊作があり、その前年に皆伐が行われた第 1 区では伐採時のブナ稚樹本数が約 3 万本 /ha であったが、その翌年、2 年後に皆伐母樹保残が行われた第 2 区、第 4 区ではそれぞれ約 43 万本 /ha、26 万本 /ha であった。1986 年に生存していた更新木のうち伐採前に発生したもの（前生稚樹）の割合は、第 1 区 98%、第 2 区 97%、第 4 区 78% であり、また第 1 区以外は大部分が 1976 年豊作由来であった。伐採から約 30 年後には、第 1 区のブナ密度は標準的なブナ二次林と比較すると疎であったが、第 2 区と第 4 区は密であった。地床処理の有無、種類による更新木本数のちがいは、30 年間を通してほとんど検出されなかった。以上のことから、この試験地では保残木が母樹としての役割を果たさず、むしろ前更更新により更新林分が成立したことが判明した（杉田ら 2009）。

（杉田久志）

2.2.2　ヒバ天然林の択伐施業技術の高度化

下北半島の冷水沢成長量試験地における 80 年間の択伐施業履歴を解析し、ヒバ天然林の択伐が林分構造に与える影響と択伐の持続可能性を調べた。広葉樹の樹下のヒバ稚樹は、落葉期にできる季節的ギャップ下の光を利用することで、展葉期間は暗い環境下でも生存できることがわかった（Hitsuma 2012）。さらに、ヒバ択伐後の稚樹の更新成否に影響する要因を探るため、択伐率と択伐後のヒバ稚樹密度の異なる林分で、択伐前後の林分構造、林床の光環境と植生の変化を比較した。その結果、択伐後の稚樹更新には前生稚樹密度と択伐率が重要であり、ヒバ前生稚樹密度の低い林分に高率の択伐をすべきでないこと、ヒバ前生稚樹密度が高い場所は択伐後もヒバ密度が高く更新サイトとなる可能性が高いことが示唆された。

（櫃間岳）

2.2.3　下層植生との光をめぐる競争下でブナ稚樹が示す樹形特性

秋田駒ヶ岳中腹のブナ択伐林（岩手県雫石町）において、林冠ギャップ下に繁茂したチシマザサを中心とする下層植生の中、天然更新したブナ稚樹の樹形特性を調査した。周囲下層植生との光をめぐる厳しい競争は、林床で発芽したブナが下層植生層を抜け、高木層に達し、結実可能な成熟個体になれるか否かの重要な制限要因になっている。そこで、下層植生との競争を生き抜くためにブナ稚樹がとっている戦略を明らかにする目的で、様々な樹高のブナ稚樹の樹形特性を調査し、ブナ稚樹が成長とともにどのように樹形を変化さ

せ、成長にともなう競争状態の変化に適応しているのかを検討した。その結果、ブナの稚樹は、樹高が低く光をめぐる競争に不利な間は、暗い場所でわずかな光を少しでも多く受け取れるよう、耐陰性を高めるのに有利な、樹高の割に太めの幹と横拡がりの樹形をとっていることがわかった。また樹高が伸び競争に有利になるにつれ“攻め”に転じ、より速く下層植生を脱け出し、明るい場所でより多くの光を受け取るのに有利な、樹高の割に細めの幹と縦に長い樹形をとっていることがわかった。このように、ブナ稚樹は、自身の成長につれて変化する周囲下層植生との競争状態に合わせ、その樹形的戦略を適応的に変化させていることが明らかになった（Yagi 2009）。

（八木貴信）

2.2.4　東北地方におけるコンテナ苗と普通苗の成長比較

コンテナ苗が、東北地方の厳しい気候下で良好な成長ができるのか、また徒長気味にも見えるコンテナ苗が良好な成長をするのかを確かめるため、最大積雪深が 1m 前後である岩手県二戸市浄法寺町と宮城県白石市において、裸苗とコンテナ苗の成長を植栽後 3 成長期間に渡って計測した。その結果、岩手県の事例では、コンテナ苗の方が裸苗よりも樹高、直径成長ともに速かったが、宮城県の事例では裸苗の方が初期成長が速かった。両試験地の環境差による影響も考えられるが、植栽されたコンテナ苗の形状比に大きな違いがあり、これが、植栽後の成長に影響したものと考えられた。このため、コンテナ苗は東北地方でも良好な成長をする能力はあるが、そのためには、植栽時の形状比を低く保つ必要がある可能性が示された（八木橋ら 2015, 檜間ら 2015）。

（八木橋勉）

2.2.5　種子の供給量の時空間的変動が更新におよぼす影響

天然林における種子供給量の変動が更新におよぼす影響を明らかにするために、落下種子の長期観測が行なわれているカヌマ沢試験地の 22 年間のデータから、主要樹種の落下種子密度の時空間変動を明らかにした。主要樹種のうちケヤキ、イタヤカエデ、ブナは、落下種子密度の年変動が大きいが、豊作年には落下種子密度の空間的なばらつきが比較的小さく、林内の多くの地点に種子が到達していた。一方、大型種子のトチノキ、ミズナラや被食散布種子のミズキでは、落下種子の密度に大きな空間変動がみられた。オヒョウ、サワグルミ、カツラでは、頻繁な結実と種子数の多さから、時間的にも空間的にも広い範囲に種子が到達していると考えられた（野口ら 2013）。

（野口麻穂子）

2.2.6　ナラ枯れ林の材積変化

ミズナラ、コナラをはじめとするナラ類は広葉樹二次林の生態系を支える基盤種として知られているが、カシノナガキクイムシが媒介する糸状菌（*Raffaelea quercivora*, ナラ菌）によるナラ類の集団枯損「ナラ枯れ」が全国各地でみられるようになった。東北地方においても 1990 年代半ばから山形県を中心にナラ枯れが拡大してきた。そこで、ナラ枯

れによる森林劣化の実態を把握し、回復見込みを検討するため、山形県において、未被害林およびナラ枯れ被害経過年数（ナラ枯れによる枯死木が発生してからの年数）の異なる広葉樹二次林（合計 57 地点）の材積を比較した。未被害林の林分材積は平均 370m^3/ha で、その 90% はナラ類（主にミズナラとコナラ）で占められていた。ナラ枯れ被害発生から 5 年以内の林分では、平均するとナラ類の 50% が枯死し、材積は 220 m^3/ha になった。被害発生から 10 ～ 18 年経過した林分では、さらに 140m^3/ha 程度にまで減少していた。この結果は、被害林内の一部のナラ類には、カシノナガキクイムシの穿孔とそれに続くナラ菌の侵入があっても生き残る個体や、穿孔を免れる個体が存在するものの、それらのその後の生存や成長は良くはないことを示唆する。そのため、林分材積でみた場合、ナラ枯れ被害林は少なくとも 10 数年では回復せず、むしろ劣化が進むと考えられた（柴田ら 2014）。

（柴田銃江）

2.3　今後の課題

拡大造林期に造成された針葉樹人工林の多くが主伐期を迎えたことで、人工林の再造林が注目されているが、バイオマス利用の観点や、萌芽更新による持続的利用、過去に人工林の一部で実施された広葉樹林化などにより、今後、広葉樹林の循環利用に関するニーズが再び高まると考えられる。このため、針葉樹人工林に加えて広葉樹天然林や二次林に関する研究開発を推進していく必要がある。

（八木橋勉）

3.　森林環境研究グループ及び関連チーム

3.1　試験研究の動向

地球規模での温暖化影響が懸念され、主な温暖化ガスである CO_2 の森林における収支を観測、モデル化するため、全国で CO_2 観測が始まり、東北支所では 1999 年以降、岩手県安比高原のブナ林で、フラックスネットワークの一員としてデータ収集を続けてきた。温暖化に関連して、有機物分解を含む CO_2 発生機構や森林における CO_2 の吸収量や排出量の観測と予測、水資源量の変動モデル開発に向けた冬季水文観測、全国の森林の炭素蓄積量の把握なども実施された。

衰退の続く国内林業を再生するため技術開発研究が必要である。ただし、同時に多面的機能も発揮し続けるため、多面的機能と森林施業との関係を解明する研究が開始された。また再生可能なエネルギーの重要性が認識され、平成 21 年より森林バイオマスの利用に関わる課題が実施された。

平成 23 年の東日本大震災の際、地震や津波、放射性物質の飛散により森林が大きく被災した。震災直後から、被災した海岸林やスギ人工林の調査を進め、やがて海岸林の復興に関する研究課題へと発展した。放射性物質に関する調査研究の取り組みは本所中心であったが、東北支所環境研究分野でもその一端を担ってきた。

2006 年～ 2015 年の 10 年間を振り返ると、地球温暖化対応、森林施業と環境機能の関

係解明、東日本大震災からの復興が主要な課題であった。

3.2 研究の成果

3.2.1 地球温暖化対応

3.2.1.1 ブナ二次林における生態系炭素収支の年々変動

森林生態系における CO_2 収支とその変動要因を明らかにするために、岩手県安比高原にある冷温帯落葉広葉樹林（70 ～ 80 年生のブナ二次林）において CO_2 フラックス測定に基づいた生態系純生産量（NEP）の連続観測を 2000 年より開始した。2000 年から 2011 年までの年間 NEP はすべて正値であり、同ブナ林は CO_2 の吸収源となっていたことが明らかとなった。NEP の年々変動要因を解析したところ、葉が光合成をおこなう成長期の NEP は、期間内の積算気温（日平均気温の積算値）と負の相関関係があり、成長期の積算気温が減少するほど NEP が増加する傾向にあった。また落葉期の NEP は、期間内の非積雪日数が多いほど負の NEP が大きくなるなど、積雪環境の影響を受けることが明らかとなった。

3.2.1.2 樹種の異なる森林における冬季の樹冠通過降水量

積雪地域では、冬季に山地森林に貯留される固体降水は春先に融雪流出となり貴重な水資源として利用されるが、その貯留量は林況によって異なる。そこで山形実験林のスギ林（大：平均胸高直径 43.7cm、小：同 35.5cm）および落葉広葉樹林（タニガワハンノキ：同 17.1cm）を対象として、樹冠通過降水量を測定した。各林地の林床にポリバケツ（直径 480mm、高さ 565mm、75L）を利用した貯留式雨雪量計を複数設置し、5 回にわたり樹冠通過降水量を測定した。その結果、積雪期の樹冠通過降水量は落葉広葉樹で最も多く、次いでスギ林・小 、スギ林・大の順となり、落葉広葉樹の樹冠通過降水量はスギ林・小よりも 19%、スギ林・大よりも 43% 多くなった。開空度と樹冠通過降水量との関係は、開空度の低いスギ林・大では正の直線で近似でき、3 プロット全体では対数曲線で近似できた。この結果は、森林の樹冠通過水量は常緑針葉樹と落葉針葉樹では大きく異なること、開空度が大きいほど樹冠通過降水量が多くなることを示している。

3.2.2 森林施業と環境機能の関係解明

3.2.2.1 森林バイオマスの強度収穫

森林バイオマスの強度収穫が林地の養分循環におよぼす短期的影響を調べるため、秋田県の 48 年生スギ人工林で材積率 30%の間伐作業を行い、枝葉を含む全木の収穫を行った。その結果、全木集材（幹だけでなく枝葉まで収穫する）すると、幹のみの収穫に比べて林外に持ち出される養分量は約 2 倍に増加した。つまり、短期的には林地から流出する養分量が従来よりも高い傾向が見られた。しかし、堆積有機物などを通じて土壌へもたらされる養分量の方が土壌中から流出する養分量よりも多く、土壌中に養分が蓄積していることが分かった。これらの結果は、伐採と収穫に伴う林床の撹乱がなければ、強度収穫による土壌への影響は限定的であることを示している。

3.2.3　東日本大震災からの復興

3.2.3.1　海岸林の復興

東北太平洋沿岸の津波を受けた海岸林では、海水浸水により大量の塩類が土壌に付加され集積したため、津波による物理的な破壊被害以外にも樹木の針葉変色・萎凋、樹勢衰退・枯死など塩害症状が発生した。そのため津波が浸漬した土壌は除塩する必要があるが、森林を対象とした除塩の実施はその立地条件等から困難であり、梅雨や台風など自然の降雨に期待せざるを得ない。東北支所森林環境研究グループでは、東北太平洋沿岸の津波被災林土壌を対象に、時間経過に伴う降水がもたらす除塩効果を評価するため、被災直後より継続して調査に取り組んできた。被災後約 1 年で堆砂層を中心に除塩が進み、土壌 pH や交換性 Ca^{2+}、K^{+} 含量は低下した。一部の土層では、時間とともに EC（電気伝導度）や交換性 Mg^{2+}、Na^{+} 含量の上昇が認められたが、これは降雨による堆砂層から下層への塩の移動を反映したものであった。汀線近くの平坦地に成林した海岸林では地下水位が高く、排水不良であるため、除塩効果が認められるまでに若干時間が掛かるものの、津波浸漬に由来する土壌中の残留塩類は降雨に伴う自然排水により徐々に減少していることも確認された。すなわち、津波被災土壌における津波浸漬の影響は時間経過とともに低減されていくことが明らかとなった。

3.3　今後の課題

積雪寒冷地域に位置する東北地方の地域性に鑑み、積雪環境下で森林が発揮する水源かん養機能と土砂流出防止機能の解明を進める。とくに近年顕著となってきた豪雪や少雪などの極端な気象現象に対して森林が発揮可能な機能の定量化が待たれる。また、東北地方に広く分布する落葉広葉樹林の炭素蓄積プロセスや CO_2 収支を明らかにする。以上の研究の推進のためには、釜淵森林理水試験地 、安比森林気象試験地等の固定試験地における観測精度の向上が重要である。また、東日本大震災によって被害を受けた海岸林の再生に資するため、海岸林における土壌の特性や地下水変動の解明をさらに推し進める。

（篠宮佳樹・岡本隆）

4.　生物多様性研究グループ

4.1　試験研究の動向

森林生態系における動植物の働きを解明し、森林生態系の恒常性を保つために必要となる個体群管理や野生動物による被害防止のための技術を開発することが、生物多様性研究グループの課題である。

生物多様性研究に関連して、この 10 年間には以下のような大きな動きがあった。まず、「生物多様性基本法」が 2008 年に成立し、生物多様性基本法に基づく初めての国家戦略となる「生物多様性国家戦略 2010」が 2010 年に、さらにその 2 年後には「生物多様性国家戦略 2012-20」が閣議決定された。生物多様性の保全と持続可能な利用を適切に進めていくために、生物多様性に関する科学的知見を充実させていく必要があることが確認さ

れた。また、2007 年には「鳥獣による農林水産業被害防止特別措置法」が成立し、 2014 年には「鳥獣保護法」が改正され、都道府県を主体とした野生鳥獣の保護管理体制の強化が図られた。

東北地方においては、これまで生息していなかった地域にニホンジカやイノシシ、ニホンザルの分布が拡大し、農林業への被害問題も顕在化したことから、各県での取り組みが進められており、当研究グループも調査および専門委員として協力してきた。また、とくにニホンジカの食害によって白神山地や早池峰山などに分布する貴重な自然植生への影響も懸念され、東北森林管理局をはじめとした関係機関によって対策が検討される事態となっている。また、ツキノワグマの出没や人身事故も近年増加傾向にあり、効果的な被害対策が求められている。

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所の事故は、広大な地域の自然環境を大きく変化させた。とくに、放射性物質の拡散による動植物や生態系への影響が懸念されており、広範かつ長期的な調査が求められている。

このような中、当研究グループでは、森林に生息する鳥類と哺乳類とを主たる対象として、以下のような研究を行ってきた。

4.2　試験研究の成果

4.2.1　森林性鳥類の繁殖動態の長期変動の解明と希少鳥類の保全技術の開発

森林性鳥類は、昆虫および小哺乳類の捕食者として、また、樹木種子の散布者として、森林生態系の中で重要な役割を果たしている。森林性鳥類の繁殖群集の長期的な動向を明らかにするために、滝沢鳥獣試験地（1970 年～）、姫神鳥獣試験地（1987 年～）、白神山地森林生態系保護地域（1996 年～）においてモニタリング調査を継続している。白神山地森林生態系保護地域では 2014 年に人間の廃棄食物を好むハシブトガラスの侵入を発見し、早期の対応を提言した。

また、間伐等の人工林施業が森林性鳥類の生息に影響を与えると考えられることから、森林性鳥類の保全のために、人工林におけるシジュウカラ類の巣箱による誘致、猛禽類の保護を目的とした人工巣の設置を行い、効果を検証した。人工林への巣箱の設置は、特にシジュウカラの誘致に効果があることが判明した。本州では北東北の一部のブナ林でしか繁殖していない希少種のクマゲラについては、白神山地と十和田地域で生息環境解析を行い、生息のために必要な森林構造や面積、食物の供給源となる枯損木の分布状況を明らかにして保全策を提案した。

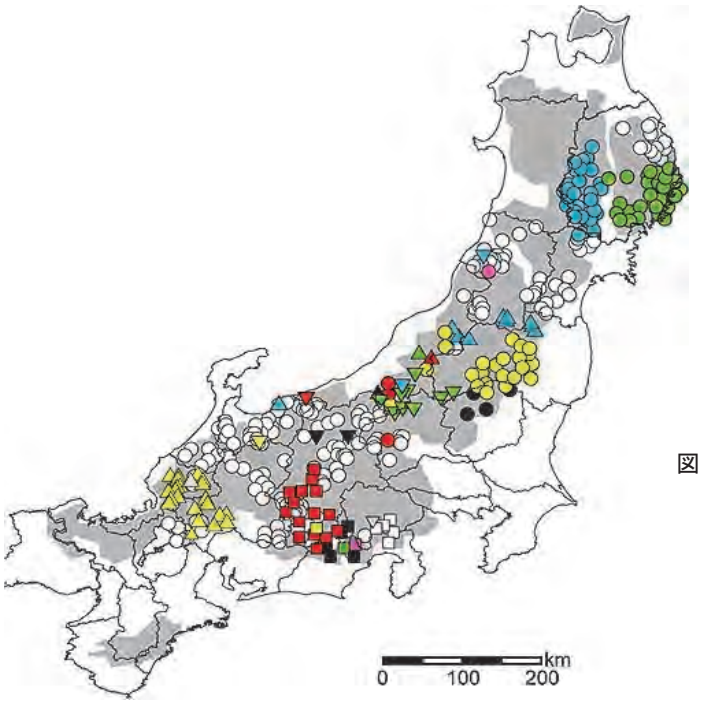
4.2.2　野生鳥獣による被害発生機構および個体群管理に関する研究

ニホンジカの密度推定のために岩手県五葉山地域で行われたヘリコプターセンサスのデータ解析を担当し、2013 年には 2007 年比で 25%個体数が増加していることを明らかにした。この結果を受け、岩手県は捕獲強度を強めるための第 4 次シカ保護管理計画を策定した。

ツキノワグマは 2000 年代に入ってからは各地で出没が相次ぎ、農林業被害や人身被害

が増加したため、適切な保護管理が求められている。当所では、1990 年代から全国で有害駆除により捕獲されたツキノワグマの検体の収集を進めており、これらを用いてツキノワグマの遺伝学的研究を行い、本州・四国全域のツキノワグマの遺伝構造を解明した（図－ 1)。この成果をもとに、保護管理の基本単位となるユニットの提言を行った。

東北各地のサクラの名所で問題となるウソの花芽摂食について、ウソの飛来数と被害量との関係を解析し、冬鳥である大陸からの亜種アカウソの飛来数が多い年には被害が増加することを解明した（写真－ 1)。また、ソメイヨシノとエドヒガンがとくに被害を受けやすいことを明らかにした。



図－ 1　ツキノワグマの遺伝タイプの分布
（Ohnishi et al. 2009 を改変）
各マークが 1 つの遺伝タイプを意味する。○は琵琶湖から東北地方にかけて広範囲に見られたタイプを示しており、他のタイプは、局所的に分布していることがわかる。



写真－ 1　桜の花芽を食べてしまうアカウソ

4.2.3　森林性野ネズミの種子消費者／散布者としての機能解明

森林性野ネズミは、種子消費者／散布者として天然林の更新に深く関与している。岩手大学滝沢演習林において 2006 年より調査を継続し、アカネズミはナラ類の種子を初夏まで高頻度で利用し、その生存に強い負荷を与えていることを明らかにした。

4.2.4　東京電力福島第一原子力発電所放射能放出事故が森林性小哺乳類に及ぼす影響の実態解明

放射性物質による汚染が森林に生息する動植物にどの程度蓄積され、どのような影響を及ぼしているのかを明らかにするため、本所野生動物研究領域と共同で福島県川内村において調査を行った。その結果、アカネズミ、ヒメネズミ、ヤチネズミなどの森林性小哺乳類はいずれも高い放射性セシウム蓄積量を示したが、外見および遺伝学的に明瞭な影響は認められなかった。また、事故後 3 年が経過した時点でも、放射性セシウム蓄積量に顕著な減少は認められないことが判明した。

4.3　今後の課題

ニホンジカをはじめとした野生動物による農林業や自然植生への被害は、東北地域においては今後深刻さを増すことが予想される。目先の被害対策ではなく、分布拡大の根本的な原因を明らかにするための広域的な研究と、具体的に対処するための技術開発が必要とされる。

また、地域固有の生物多様性の保全を考えるためには、長期間にわたる綿密な調査データが必要とされるが、それを担うための人材の育成が大きな課題となる。地球規模での気候変動が進展する中、長期的なデータを蓄積し続けることの重要性はますます高まっているものと思われる。

（島田卓哉・鈴木祥悟・工藤琢磨・大西尚樹）

5.　生物被害研究グループ及び関連チーム

5.1　試験研究の動向

東北地方における森林の健全維持、木材生産を阻害する生物被害を対象に試験研究に取り組んでいる。中でも東北地方を被害先端地とする松くい虫（マツ材線虫病）に関する研究需要は非常に高いことから、所内の専門の研究者を集中的に配置して研究活動を展開してきた。一方、東北地方で今なお被害拡大が問題となっているナラ枯れや、マイマイガなどの突発的に発生する害虫、あるいは木材生産の阻害要因となる各種病虫害に関する研究や情報提供にも着実に取り組んできた。最近では、蔵王山で発生したアオモリトドマツの食葉被害に対し、害虫種を特定し、被害実態解明にあたっている。

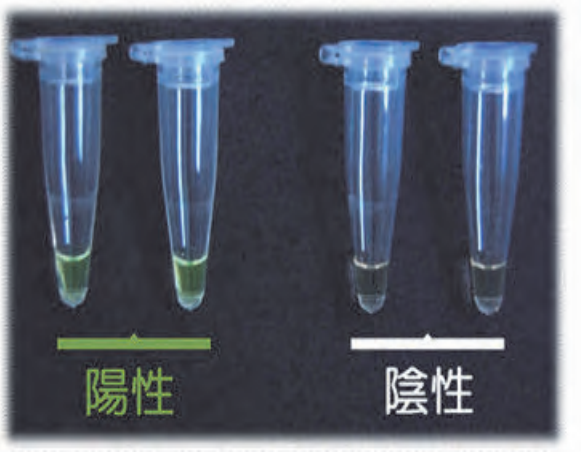
近年、森林に被害をもたらす生物を単なる害虫、病原菌と見なすのでなく、森林生態系の一員としてその機能や多様性との関連で評価することの重要性が強く認識されるようになっている。このような観点から、当グループ・チームではブナ林の更新に関わる菌類の役割の解明や森林昆虫の多様性評価手法の開発に取り組んできた。

平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災では、東北地方太平洋沿岸の森林で津波や火災による激甚な被害が発生した。当グループ・チームでは、海岸林の主体であるクロマツ・アカマツの被害実態について、とくに松くい虫被害との関連で調査、研究にあたった。

5.2　試験研究の成果

5.2.1　森林生物被害に関する研究

松くい虫関連では、平成 19 ～ 22 年に実施された交付金プロジェクト「マツ材線虫病北限未侵入地域における被害拡大危険度予測の高精度化と対応戦略の策定」において、青森県内にマツノマダラカミキリが定着していないこと、青森県西南部で捕獲されるマツノマダラカミキリ成虫は秋田県の被害地から飛来した可能性が高いことを示し、その他の情報も統合する形で青森県における松くい虫被害侵入への対応戦略を提示した。また、このプロジェクトでは寒冷地で問題となっていたマツノザイセンチュウ検出効率の低さを解消すべく、DNA によるマツノザイセンチュウの検出手法を開発した。本手法は平成 21 年 6 月に「マツ材線虫病診断キット」として製品化され、県の林業関係機関や民間企業だけでなく、樹木医、松保護士などの現場に近い個人にも広く利用されている（写真－ 2）。なお、この技術については国内特許に加え、中国、アメリカ、台湾、ポルトガルなどで国際特許も取得している。平成 18 ～ 21 年に実施された実用技術開発プロジェクト「航空写真と GIS を活用した松くい虫ピンポイント防除法の開発」では、航空写真を用いた高度な松くい虫被害木探査技術と、探査された被害木を現地で探し出すための林内ナビゲーションシステムの開発に携わった。この技術は、岩手県、青森～秋田県境の被害先端地域での被害木探査に導入されている。これらの他にも、昆虫類の細胞内に共生する細菌ボルバキアを利用したマツノマダラカミキリ防除の可能性、マツノザイセンチュウの餌とならない菌類を利用した防除技術、マツノマダラカミキリの分布制限要因としての夏期の夜間の低温の効果、マツノザイセンチュウ及びその近縁種と媒介昆虫との親和性、マツノザイセンチュウに対するマツの抵抗性因子としての抗線虫物質の探索など、防除対策の高度化につながる幅広い視野からの研究を進めた。



写真－ 2　マツ材線虫病診断キットによるマツノザイセンチュウの検出

東北地方の木材生産を阻害する病虫害に関する研究では、スギノアカネトラカミキリ被害（トビクサレ）を回避するための枝打ちの指針を提示した。東北地方におけるニホンキバチ、ヒゲジロキバチの分布を確認し、宮城県、岩手県、秋田県のスギ林で材変色被害が起こっていることを明らかにした。また、ヒバ溝腐れ病の発生実態を明らかにするとともに、スギ枝枯菌核病菌の感染部位としての虫こぶの寄与についても検討した。

土中で蛹化する食葉性害虫等を効率的に調査する為のテント型トラップを開発し、蔵王山のアオモリトドマツで発生した食葉被害（写真－3）の調査に適用した。これにより、加害種はトウヒツヅリヒメハマキであること、激害域では林床から1m^{2}あたり約600個体の成虫が羽化したことを明らかにした。



写真－3　トウヒツヅリヒメハマキによる激しい食葉被害を受けたアオモリトドマツ林

5.2.2　森林昆虫、微生物の機能及び多様性に関する研究

森林生態系の天然更新において、樹木実生の定着阻害要因として実生立枯病が大きな影響を与えている。この病原菌に対する実生の防御機能に着目し、その初期定着サイト決定要因としての役割を調査した。異なる林床光環境下のブナ実生において、防御機能の発達程度と生残率を解析した結果、弱光条件では抗菌物質が低濃度で防御組織が未発達であり生残率が低いのに対し、強光条件では抗菌物質の濃度が高まり防御組織も発達して生残率が高いことを明らかにし、実生の防御機能の発達が初期定着サイトを決定する要因の一つとなっていることを示した。

枯れ木や土の中には多様な昆虫が生息しており、餌の摂食を通じた有機物の細片化、捕食や寄生を通じた害虫の個体数制御、移動による微生物の分散など、さまざまな生態系機能をはたしている。これらの昆虫の多様性を省力的に評価するために、携行性や操作性にすぐれたトラップをデザインした。また、多様な形や色をもつ昆虫の多様性をスキャナーにより可視化する手法を考案し、画像解析ソフトで半自動計測した昆虫の形の多様性が分類学上の種の多様性の代替となりうることを示した。

東北地方に分布するエゾゼミ類（エゾゼミ、アカエゾゼミ、コエゾゼミ）の鳴音による識別法を示した。また、北東北地方におけるタンボオカメコオロギの優占を鳴音による識別から明らかにした。

5.2.3　海岸マツ林の津波被害に関する研究

東日本大震災に伴う津波や林野火災は、東北地方太平洋沿岸地域のクロマツ・アカマツ林に大きな影響をもたらした。当グループ・チームでは被災2～4ヶ月後より、青森県から宮城県の被災状況や樹種構成・樹齢の異なるマツ林での固定林分調査を実施し、津波被災林分での塩害や火災跡地でのつちくらげ病発生実態を明らかにし、また津波により衰弱したアカマツでのマツノマダラカミキリの繁殖を確認した。さらに、支所メンバーによる共同研究として、津波被災跡地に植栽されたクロマツ及び広葉樹の活着、生育状況や海岸環境下で生育させたクロマツ・アカマツの海水耐性評価に関する研究を遂行している。

5.3　今後の課題

松くい虫関連では薬剤使用が制約される条件下で有効な防除手法の開発及び普及に取り組む。低コスト林業の展開に伴い、コンテナ苗での病虫害が問題化する可能性があり、実態調査を行って原因を究明し、対策につなげていく。

（中村克典・磯野昌弘・升屋勇人・前原紀敏・市原優・相川拓也）

6.　森林資源管理研究グループ、地域資源利用研究チーム

6.1　試験研究の動向

林野庁の諸政策によって若干の曲りや変色を持つ材（B 材）を合板や集成材として大量に利用する体制が整い、森林所有者の収益性向上のため国産材の安定・大量供給に向けた生産体制の組織化が重要な課題となった。そこで実態調査に基づく効率的な国産材流通のあり方に関する研究を進めてきた。さらに皆伐跡地の再造林放棄が指摘され、原因の一つが再造林コストの高さにあることから、低コスト化技術の実用化に取り組んできた。また、森林資源を広域かつ正確に把握する手法の開発と人工林の高齢化に伴う成長量の推移及び間伐が総成長量に及ぼす影響について研究を行ってきた。

また、地域振興及び地球温暖化緩和の視点から様々な森林資源の活用と管理手法についての研究を行ってきた。マツ材線虫病によるマツ枯れ被害は岩手内陸と秋田・青森の県境に達しており、拡大防止のためマツ枯れ木の位置を正確に把握するための技術開発が求められた。さらに、2011 年の東日本大震災による海岸マツ林の被害発生状況を広域に把握するための技術開発が必要とされた。

6.2　試験研究の成果

これまで輸入材を使用してきた合板工場が国産材に原料を転換し、その需要は急激に増加した。天野（2011）はこの対応として素材生産事業体や森林組合を取り纏め、決済を行う仕組み・組織が各地で形成され、それが重要な役割を果たしたことを明らかにした。また、規模の大きな素材生産事業体ほどこのような供給の拡大に順応できていることを明らかにした。さらに林ら（2011）は森林所有者の林業経営行動に与える影響を分析し、伐採事業者が働きかけを多く行うと考えられる共有林組織への森林所有者の参加の有無がその伐採実施に強く影響することを明らかにした。人工林伐採跡地の再造林を促進するため、松本ら（2015）は伐植一貫作業、コンテナ苗、低密度植栽、下刈り軽減を組み合わせた多雪地域での再造林技術についてコストを半減する可能性を示した。

林分材積の平均成長量のピークは、森林経営で伐期の目安となる非常に重要な指標である。西園（2008）は東北支所で長期継続調査している秋田地方の収穫試験地資料を用いて、異なる地位指数ごとに平均成長量を求めた。この結果、平均成長量のピーク林齢は 60 ～ 100 年となっていた。秋田地方のスギ林の成長パターンが晩成型であり、長伐期施業に適していた。さらに、無間伐林と間伐林を比較し、地位の高い林分では、間伐林の方が無間伐林よりも総収穫量が大きいことを明らかにした（Nishizono 2008）。

マツ材線虫病の防除法の開発には、基礎情報として被害の範囲と被害木の位置を正確に

把握することが必要である。松浦ら（2010）はマツ枯れ被害木を正確に把握するために、赤外カラー空中写真が有効であることを示した。さらにGPS付きのPDA（携帯型端末）に空中写真と地図情報を表示するGISを開発し、簡単かつ正確にマツ枯れ被害地を特定できるシステムを開発した。

東日本大震災により沿岸部の海岸マツ林では広域で甚大な被害が発生した。その被害状況の把握が必要とされ、様々なリモートセンシング手法を用いて海岸林の被害把握手法を開発した。オルソフォトで東北全域を判読して面的被害を明らかにするとともに震災前の空中写真の立体視判読により調査地の平均樹高等を復元した。さらに、高解像度人工衛星画像により青森県の塩害赤枯れ被害地を抽出した。また、航空機レーザ測量データの分析法（小谷・栗屋 2013）を利用して青森県と宮城県で震災前の海岸林の林況を復元するとともに広域な被害材積量を把握する技術を開発した。

人と自然との関わりの中で形成されてきた里山は身近な自然として保全していくことが必要である。八巻（2008）は県立自然公園の役割に着目し、その指定面積を増やし、規制的手段だけでなく能動的に自然に働きかける保全のあり方が必要であることを指摘した。

6.3　今後の課題

人工林が主伐期を迎え、大型工場、バイオマス発電所も建設されていることから木材需要は拡大している。国産材の持続的かつ安定的な供給に資する森林資源管理・経営技術に関する研究は不可欠である。また、広葉樹やその他の森林資源の管理と利用に関する研究に取り組む必要がある。

（天野智将・小谷英司）

文　献

相川拓也・神崎菜摘・菊地泰生（2010）マツノザイセンチュウのDNAを利用した簡易なマツ材線虫病診断ツール“マツ材線虫病診断キット”について. 森林防疫, 59(2), 15-22.

天野智将（2011）合板企業の国産材集荷体制. 森林総合研究所編”山・里の恵と山村振興”. 日本林業調査会, 83-93.

後藤忠男（2006）スギノアカネトラカミキリによるトビクサレ被害:発生の原因と回避法. 森林総合研究所第1期中期計画成果（森林被害対策シリーズ3), 3, 1-8.

林雅秀・岡裕泰・田中亘（2011）森林所有者の意思決定と社会関係：取引費用経済学の視点から. 林業経済研究, 57(2), 9-20.

Hitsuma, G., Han, Q. and Chiba, Y. (2012) Photosynthesis and growth of *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* seedlings in the understory of trees with various phenologies. Journal of Forest Research, 17, 156-163.

櫃間岳・八木橋勉・松尾亨・中原健一・那須野俊・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・柴田銃江（2015）東北地方におけるスギコンテナ苗と裸苗の成長. 東北森林科学会誌, 20, 16-18.
市原優（2010）天然更新に関与する樹木病害. 山林, 1518, 54-57.
磯野昌弘（2012）魔法のテントで探る土の中の小さな昆虫たち, Forest Winds, 50, 1-2.
工藤琢磨・鈴木貴志（2015）中型猛禽類の営巣誘導:太枝がない若齢針葉樹における試み. 日本森林学会誌, 97, 225-231.
前原紀敏・島津光明（2009）菌類によるマツ材線虫病の微生物的防除：病原体とその媒介者を対象に, 林業と薬剤, 187, 15-22.
松浦邦昭・中北理・小林一三・星崎和彦・太田和誠・田代隼人（2010）マツノザイセンチュウ接種木樹冠の地上調査および空中写真の追跡. 日本森林学会誌, 92(2), 72-78.
松本和馬・小谷英司・駒木貴彰（2015）東北地域における低コスト再造林の実用化と課題. 東北森林科学, 20(1), 1-15.
中村克典・小谷英司・小野賢二（2012）津波被害を受けた海岸林における樹木の衰弱・枯死. 森林科学, 66, 7-12.
Nishizono, T., Tanaka, K., Hosoda, K., Awaya, Y. and Oishi, Y. (2008) Effects of thinning and site productivity on culmination of stand growth: results from long-term monitoring experiments in Japanese cedar (Cryptomeria japonica D. Don) forests in north-eastern Japan. Journal of Forest Research, 13, 264-274.
西園朋広・田中邦宏・栗屋善雄・大石康彦・林雅秀・横田康裕・天野智将・久保山裕史・八巻一成・古井戸宏道（2008）秋田地方のスギ人工林における林分材積成長量の経年変化. 日本森林学会誌, 90, 232-240.
野口正二・西園朋広（2010）積雪期の常緑針葉樹林と落葉広葉樹林における樹冠通過降水量の比較. 日本林学会誌, 92, 29-34.
野口麻穂子・星崎和彦・松下通也・安倍一博・杉浦大樹・柴田銃江・星野大介・正木隆・大住克博・高橋和規（2013）渓畔域の老齢天然林における 22 年間の種子生産変動. 日本森林学会大会学術講演集, 124, 463.
小谷英司・栗屋善雄（2013）低密度 LiDAR データによる人工針葉樹林の林分パラメータの推定. 写真測量とリモートセンシング, 52(2), 44-55.
Ohnishi, N. , Uno, R., Ishibashi, Y., Tamate, H. B. and Oi, T. (2009) The influence of climatic oscillations during the Quaternary Era on the genetic structure of Asian black bears in Japan. Heredity, 102, 579-89.
小野賢二・平井敬三（2012）東日本太平洋沖地震大津波が三陸沿岸地域におけるスギ林針葉の赤褐変化に及ぼした影響. 森林総合研究所研究報告, 423, 33-42.
小野賢二・平井敬三（2013）東北地方太平洋沖地震による大津波を受けた三陸沿岸のスギ林土壌における塩害とその後の土壌環境の変化－降雨に伴う自然排水がもたらす除塩の効果－. 森林総合研究所研究報告, 426, 41-47.
小野賢二・中村克典・平井敬三（2014）津波被災海岸防災林砂質未熟土における土壌化

学性の経時変化, 日本林学会誌 , 96, 301-307.
小野賢二・中村克典・田中永晴・古澤仁美・平井敬三（2013）東北地方太平洋沖地震による大津波の襲来を受けた東北太平洋沿岸の海岸マツ林の土壌環境－津波浸漬 7 ヶ月後の現地調査から－. 森林総合研究所研究報告, 426, 49-66.
柴田銃江・上野満・八木橋勉・齊藤正一（2014）山形県におけるナラ枯れ林の構造. 日本森林学会大会学術講演集, 125, 2-106.
島田卓哉（2008）野ネズミと堅果との関係 – アカネズミのタンニン防御メカニズム. 本川雅治編“日本の哺乳類学 1 小型哺乳類”. 東京大学出版, 273-297.
森林総合研究所（2011）マツ材線虫病北限未侵入地域における被害拡大危険度予測の高精度化と対応戦略の策定（森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 45）. 森林総合研究所, 29pp.
杉田久志・高橋誠・島谷健一郎（2009）八甲田ブナ施業指標林のブナ天然更新施業における前更更新の重要性. 日本森林学会誌, 91, 382-390.
鈴木祥悟（2013）岩手県内サクラの名所における 2013 年の着花概況. 森林総合研究所東北支所年報, 54, 29-31.
Yagi, T. (2009) Ontogenetic strategy shift in sapling architecture of *Fagus crenata* in the dense understory vegetation of canopy gaps created by selective cutting. Canadian Journal of Forest Research 39, 1186-1196.
八木橋勉・櫃間岳・松尾亨・小西光次・中原健一・那須野俊・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・柴田銃江・中谷友樹・松本和馬（2015）多雪地におけるスギコンテナ苗と裸苗の成長. 日本森林学会大会学術講演集, 126, T8-7.
Yamada, T., Hirai, K., Takenaka, C., Nishizono, T. and Amano T. (2015) Short-term impacts of logging residue at thinning on cation dynamics in Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) forest soils in northern Japan. Japanese Society of Forest Environment, 57(2), 印刷中 .
八巻一成（2008）里山と自然公園. 研究情報, 森林総研東北支所, 7(4), 1-4.
Yasuda, Y., Saito, T., Hoshino, D., Ono, K., Ohtani, Y., Mizoguchi Y., and Morisawa, T. (2012) Carbon balance in a cool–temperate deciduous forest in northern Japan: seasonal and interannual variations, and environmental controls of its annual balance. Journal of Forest Research, 17, 253-267.

関 西 支 所

1. 試験研究の動向

関西支所が対応する地域は広く、東は石川県、滋賀県、三重県から西の山口県にいたるまでの近畿・中国地方の 2 府 12 県に及ぶ。これらの地域における森林の特徴は、大きく 5 つに区分できる。

a）京都・奈良・大阪などの大都市周辺の極度に人手の入った都市近郊林
b）中国山地などの小規模林家が多く、人工林・二次林等がモザイクとなった里山林
c）北陸、山陰の多雪地における比較的まとまりを有する人工林と雪害に起因する二次林
d）瀬戸内の寡雨乾燥地域におけるせき悪林由来の二次林
e）三重、奈良南部、和歌山の多雨で急傾斜地における人工林

関西支所ではこれらの多様な森林の適切な管理ならびに持続的な利用に資するために研究を進めてきた。人工林については奈良の吉野、京都の山国・北山、鳥取の智頭など古くからの林業地も多いことから、育林や林業経営に関する研究が、一方で、中国地方に広がるせき悪林に対しては、緑化植栽からその維持管理について研究が展開されてきた。これらの研究に加えて、昭和 63 年 10 月に林業試験場関西支場から森林総合研究所関西支所に組織が変更された時に、地域住民の森林へのニーズの多様化を受けた風致景観林の管理手法の開発が提示され、それ以来、特に都市近郊林を対象とした研究が展開されてきた。この流れを受け、平成 13 年に独立行政法人へ移行してからは、「里山」を旗印として、その公益的機能及び生産機能の自然的・社会的評価に基づく保全・管理手法の開発等に関する研究を進めてきている。ここでは、最近約 10 年間に実施した関西支所における主要な研究課題として、外部資金等を活用して実施した里山管理、ナラ枯れ、獣害、低コスト林業に関する研究の成果について記述する。

（吉永秀一郎）

2. 研究の成果

2.1 現代的な里山維持システム構築のための実証研究

高度成長期以降、薪や柴などの日常的利用が停止して数十年がたち、里山の広葉樹二次林では高齢化と大径木化が進行したことで、ナラ枯れ被害の拡大や生物多様性の劣化、萌芽能力の低下に伴う持続の不確実性など様々な問題が生じている。里山林の持続的管理のためには、小面積皆伐を可能なところから実施し、積極的に里山林を若返らせる必要がある。そのような観点から、里山林の持続的利用のための育成手法と木質バイオマスエネルギー利用に関する実証試験を実施した。

＜成果のポイント＞

・健全なコナラ林の再生を目的とした里山林整備のための伐採方法は、（小面積）皆伐が最適
・市民ボランティアと伐採熟練者が連携して生産する薪の価格は、市販の価格とほぼ同じ

・薪ストーブは、総じてモニター家庭に生活の質の向上をもたらした

「里山」のイメージは地域によって異なるが、近畿地方ではコナラを中心とする落葉広葉樹に、アラカシなどの常緑広葉樹を交えた林相を思い浮かべる人が多い。こういった里山林は、薪炭林施業を持続的に行うことによって作られたもので、10 ～ 30 年に一度繰り返し伐採する中で、萌芽力の強いコナラが優占するようになったと考えられる。

しかし、1970 年頃以降、農村の近代化により薪炭や緑肥の採取という里山林利用が細り、多くの里山林は放置されるようになった。その結果、里山林のコナラ等は大径化し、鬱蒼とした林分構造を呈するようになっていった（写真－ 1）。樹木が太ることは決して悪いことではないが、必ずしも良いことばかりでもない。その例が、いわゆる「ナラ枯れ」現象である。太い木が増加することによって、カシノナガキクイムシの繁殖が助長されることがあり、ナラ枯れの大発生を通じて里山林の劣化が進む恐れがある。また、コナラはおおむね樹齢 30 年、直径 30cm を超えると萌芽能力が低下し萌芽再生が困難になることが明らかになった。



写真－ 1　里山林の林相の変化
左は昔の管理された里山林　右は放置され、大径化した里山林

そこで、コナラ林を維持するためには林分の若返りが必要である。里山林をどのような姿に保つべきかは地域住民が決めることで、必ずしもコナラ林が望ましいというわけではないが、ここでは材を利用しつつコナラ主体の林分を維持するという、伝統的な里山利用に近いスタイルを想定した施業を検討した。近年、里山林の管理方法として多く見られるスタイルが「公園型管理」である（写真－ 2）。これは、高木層を形成する主林木はあまり伐採せず抜き切りにとどめ、鬱蒼とした下層木を皆伐する管理方法である。下層木の伐採は技術的にもコスト的にも負担が少ないため実行が容易で、見通しが良くなること、下層植生の保全に有効であることなどの利点がある。

しかし、コナラ稚樹や萌芽の成長に十分なほど光条件が良くなるわけではなく、太い木が残ることで萌芽の再生不良やナラ枯れ増加の誘因となる。それでは、コナラ林を維持するための施業として上層間伐はどうだろうか。残念ながら、一般的なコナラ林の林分構造



写真－２　下層木のみを皆伐する公園型里山管理

をみると、下層にはコナラの後継樹が育っていないことが多く、上層間伐はコナラ林の持続性を奪う可能性が高い。すなわち、コナラ林の維持を前提とするならば、皆伐して更新を図ることが望ましい。

それでは次に、里山のコナラ林を維持するために皆伐施業を行うとして、どのような枠組みが考えられるだろうか。実施主体は誰か？　コストや労力は誰が負担するのか？　公共事業で行うことは可能か？　伐採した材はどうするのか？・・・など疑問点が多く浮かんでくる。そこでテストケースとして、京都府と滋賀県の里山地域で、材の薪利用を前提として、市民団体などが主体となって里山林の更新施業を実施し、薪の生産の労力やコストを試算してみた。実施したのは京都府長岡京市と滋賀県大津市の各 3 林分（計 6 林分）、実施主体は地元の地域住民・団体などである。基本方針として、皆伐は小面積（0.1ha 前後）で行い、大径木の伐倒は森林組合などの技術者に外注した。それ以外の小径木の伐倒、玉切り、薪割りなどの作業は熟練者の指導を受けながら一般市民が行った（写真－ 3）。

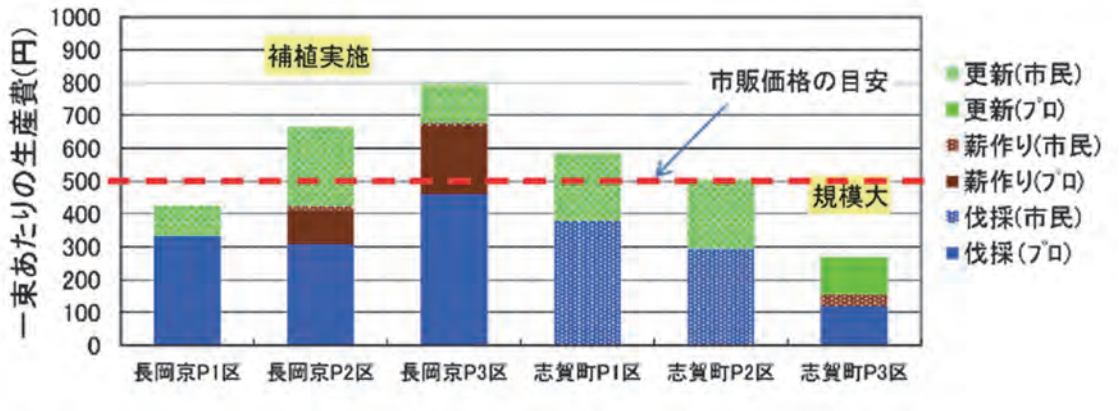


写真－３　市民参加の里山管理
左：伐倒、中：玉切り、右：薪割り

伐倒の前には事前調査として、測量や毎木調査などを行い、樹種の把握や蓄積の推定を行い、作業計画の立案に役立てるとともに、森林施業・管理への理解を深めるように努めた。

伐倒および薪生産の後は、萌芽や苗などの更新資源をシカから保護するためシカ柵を設置し、伐倒木からの萌芽の発生・成長をモニタリングした。また、萌芽更新が芳しくない場合に備え、種子からの苗木生産を並行して行った。

以上のようなコナラ林管理の枠組みの中で、生産した薪を販売して伐採・更新費用を回収する可能性を検討するため、薪生産に要したコストを試算した。伐採・薪作り・更新などの諸費用を単純に積み上げたところ、6 箇所の平均でおよそ 550 円 / 束であった（図－1）。これは、一般的な市販品の店頭価格の目安である 500 円 / 束と大差なかった。



図－１　薪の生産コスト

今回の実証試験では市民の作業は基本的に無償であるが、シカ柵設置や補植など、コナラの確実な再生のための費用を含んでいる。一方、市販の薪の多くは伐採後の更新を考慮しているとは思えない。一定の社会的支援や作業の習熟と合理化が進めば、作業する市民への経済的還元も視野に入れることができる。今後こういった活動の継続を通じて、里山管理のリーダー育成や活動の拡がりを期待できる。

薪の利用方法としては薪ストーブ（写真－ 4）を想定した。これは、薪ストーブの利用を通じて里山管理の動機に繋げたいという意図による。薪はカーボンニュートラルであり、ペレットや木炭などと比べ利用するまでの加工が最低限であるほか、近年の薪ストーブの熱効率が十分に高いこと、暖房器具としての機能以外に調理器具等としても使えるメリットがある。コナラ林の伐採を行ったのと同じ大津市と長岡京市で、モニターとして一般家庭や小学校へ薪ストーブを導入した（各 3 箇所）。各々の地域で、薪使いのモチベーションを高めてもらう目的で、薪割り大会などのイベントや、ワークショップを開催した。



写真－４　薪ストーブ

モニター家庭では、薪ストーブの導入によって化石燃料の使用量が減ったことはもちろんであるが、家屋内の暖かさの持続性、快適性などのプラス面を喜ぶ一方で、マイナス面として薪の運搬の苦労や置き場・作業場の不足に関す

るコメントがあった。そしてメリット・デメリット両面があるとは言え、概して「火を見る楽しさ」などの情緒的な影響、火を中心にした団らんなどのライフスタイルの変化、地域社会との繋がりなど好意的な見方が多く、生活の満足度が向上するとともに、里山への関心や里山活動参加の動機も増し、それが 2 年目以降も持続しているという結果が得られた。

（鳥居厚志）

2.2　ナラ枯れに関する研究

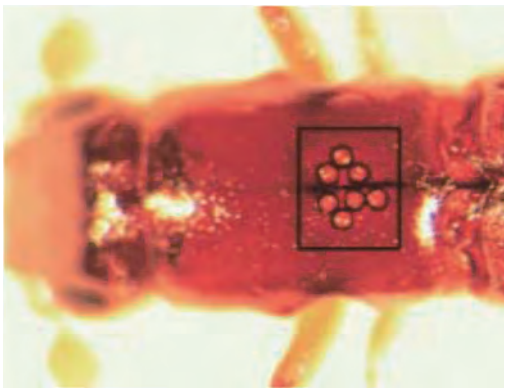
1980 年代末以降、日本各地でナラ類やシイ・カシ類の樹木の大量枯死が発生している（写真－ 5）。この大量枯死の特徴は、樹幹にカシノナガキクイムシという甲虫の多量の穿孔をともなうことである。ナラ枯れは長い間虫害とされてきた。関西支所では、交付金による研究のほか、農林水産省の競争的資金等を利用し研究に取り組んできた。研究の成果として、ナラ枯れで樹木が枯れる原因は菌類の侵入による道管の通水阻害であること、および、病原菌をカシノナガキクイムシが運んでいること等を明らかにした。また、被害を減らすための森林管理手法、防除手法の研究を行った。

カシノナガキクイムシは、日本から東南アジアに広く分布し、雌は体長が 4.5mm 前後、雌前胸背の中央線周辺には 5 ～ 10 個程度の円孔をそなえており（写真－ 6、四角内）、これが胞子貯蔵器官と考えられる（森林総合研究所関西支所「ナラ枯れ」パンフレット製作委員会 2012）。カシノナガキクイムシは食料となる酵母類など、アンブロシア菌と総称される共生菌を運搬しているが、共生菌の中には樹木に対する病原菌も存在している。雄成虫は育った孔道から飛び立ち、新たな木を見つけて穿入し、粉状で褐色の木屑を排出する。穿入の際に、集合フェロモンを放出し他のカシノナガキクイムシを呼び寄せ、集中加害（マスアタック）を引き起こすと考えられる。

病原菌は、*Raffaelea quercivora*（ラファエレア・クエルキボーラ）という糸状菌であり（写真－ 7）、ナラ枯れで枯死した樹木の組織から高い頻度で分離され、純粋培養して健康なナラ類樹木に接種すると、ナラ枯れと同様に枯死する。この菌はカシノナガキクイムシによって枯死木から持ち出され、健全な樹木の組織の中に持ち込まれる。病原菌の菌



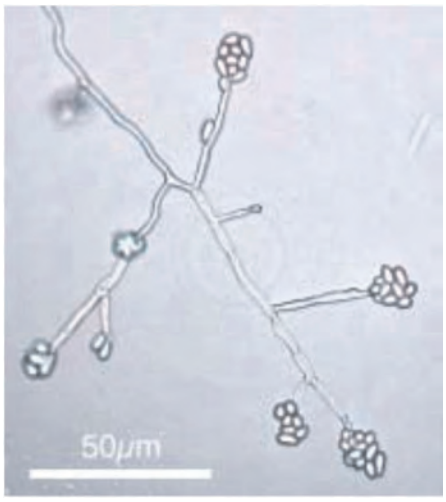
写真－ 5　ナラ枯れが発生した里山林



写真－ 6　カシノナガキクイムシ♀成虫
前胸背の胞子貯蔵器官

糸は辺材木部の柔細胞に侵入して栄養を吸収し、細胞は菌の侵入への防御反応として、二次代謝物質を生産したのち壊死する。この二次代謝物質が道管を目詰まりさせ、梢端部への水の供給は著しく減少し、感染木は、梅雨明け後の蒸散が活発な時期に、水不足で枯死する。

調査事例を通して、被害木は樹齢が 40 ～ 70 年、直径の大きい幹が 3 ～ 5 本の株立ちになっている事例が多く、これらは放置された薪炭林と考えられた。カシノナガキクイムシは高齢の大径木を好んで繁殖するので、里山林の高齢化、大径木化はカシノナガキクイムシの繁殖に好適な状態を作り出す。また、近年の里山林管理は、上層のコナラなどを残して、中下層の常緑樹やササを除去する公園型整備が主流になっているが、大径木が残り、明るく暖かくなった林内でカシノナガキクイムシの行動が活発になることから、ナラ枯れの発生を誘引する危険をはらむ。萌芽更新により、若い小径木から構成される低林に戻していくのが良いが、大径化したコナラの萌芽能力の低下することなど、更新の問題があることもわかってきた。



写真－ 7　Raffaelea quercivora の光学顕微鏡写真



写真－ 8　樹幹注入剤の施用
（東京都御蔵島南郷のオオジイ）

ナラ枯れの防除は、現在のところ単木的に適用せざるをえない。駆除方法としては、枯死木を伐倒・玉切りして天幕被覆し NCS 剤を用いて処理する方法等がある。予防方法としては、保護したい生立木の樹幹を合成樹脂のシートなどで覆う方法、樹幹塗布剤の塗布、殺菌剤の樹幹注入（写真－ 8）、殺虫剤の樹幹塗布などが開発ないし試験されている。関西支所では微量注入用樹幹注入剤を開発し、農薬の適用拡大（平成 24 年 12 月）を行った。西日本の府県の試験研究機関では、粘着シートを使ったカシノナガキクイムシ捕殺による防除も試験されている。

（家原敏郎）

2.3　獣害に関する研究

中山間地の広がる近畿・中国地方においては、人間の居住地と野生鳥獣の生息地が接し

ていることが多く、そのため古くから人間生活や農耕地に対する獣害が問題となってきた。一方、森林に対しては、拡大造林の時期に造林地におけるノウサギ被害が顕著であったが、その後、新植地の減少とともに被害が減少した。最近ではニホンジカによる植栽直後の若齢木から収穫直前の高齢木にいたるまでのあらゆる生長段階のスギ、ヒノキ人工林への被害ならびに天然林における下層植生の採食による土壌流亡や更新過程への影響などの被害が深刻となっている。また、ツキノワグマによるスギ・ヒノキの成木の樹皮を剥いで形成層を食害する「クマハギ」被害も随所で認められる。さらに、特定の年に人里に頻繁に出没する「大量出没」が起こり、人身被害も発生している。

関西支所では獣害の発生メカニズムを明らかにし、被害を回避し低減するための技術開発に関する研究を進めてきた。さらに近年の激増するシカ被害対策の抜本的な解決策として、個体数管理を目指した捕獲技術の開発に取り組んできた。

人間の生活域に侵入してきたニホンザルの群れに対しては、農山村、市街地がサルにとって魅力の低い、居心地の悪い場所とするための対策として、威嚇を加え、群れの行動域を変えて本来の生息域である森林地帯へと押し戻すための「追い上げ」という手法を提示し、その有効性を京都市と滋賀県との間に位置する比叡山周辺で検証した。その結果、短期間の試験的な追い上げとしては、一時的には群れを追い払うことができ、効果が認められたものの、里の側に誘因がある限り継続的な追い上げが必要であることを明らかにした。これらの成果は「ニホンザルの追い上げマニュアル」として公表し、追い上げを成功させるためには群れのどのような動きを監視しておけば良いのか、どのような前準備が必要か、追い上げ実施後のモニタリング手法等をチェックリストとして示し、実用性を高めた。

ツキノワグマは成林したスギやヒノキの樹皮を剥いで形成層を食害する「クマハギ」を起こす。さらに、もともと森林に生息する動物であるにもかかわらず、近年、人里への出没が多くなり、人身被害が頻発することも多い。そこで、クマの大量出没の要因を明らかにし、対策の方針を立てるために、行動調査、脂肪量の測定、クマの体毛の安定同位体比分析を検討した。ツキノワグマの GPS を用いた行動調査から、越冬前の秋には主食となるナラ類の実がなっている地域を集中的に利用すること、しかし、ナラ類の実の不作の年には行動圏が低標高の地域へと顕著に広がり、人里に大量出没することを明らかにした。ただし、低標高地に出没するすべての個体が栄養失調状態にあるのではなく、栄養状況とは無関係に食欲が増進しているが故に飢餓感から食物の豊富な人里に出現すること、また、体毛の安定同位体比から春から秋にかけて、すでに人里の食物に依存している個体がいることを明らかにした。これらのことから、ツキノワグマの大量出没対策として、人里でツキノワグマを引きつけているカキ、クリ、くず野菜、残飯などの潜在的食物を管理するための人里周辺の環境整備が重要であることを指摘した。これらの成果は「ツキノワグマ出没予測マニュアル」ならびに「ツキノワグマ大量出没の原因を探り、出没を予測する」として公表した。

森林における近年の獣害の中でもっとも深刻なのはニホンジカによる食害であり、林業再生はもとより生物多様性の保全や国土保全上の大きな問題となっている。林業において




写真－9　作業道に設置したドロップネット（左）と群れごと捕獲したシカ（右）

は個体群管理に重点を置いた対策が求められていることから、関西支所では新たな捕獲システムの開発に取り組んできた。近畿・中国地方では人間の居住地と野生鳥獣の生息地が接していることが多いため、銃器やくくりわなの使用が困難な森林も多い。また、近年では高齢化によりハンターの人材が不足している。そこで、被害が起きている森林・林業の現場で、銃器を使用せず、繰り返し捕獲できる技術として、小型軽量で扱いやすく、捕獲効率の良い森林用ドロップネット（網を落として捕獲するわな）を開発した（写真－9）。このドロップネットは現地の立木を支柱に利用することでコストと設置労力を削減し、ウェブカメラにより遠隔地から現地の状況を監視しながら、遠隔操作によって網を落とすことによって群れごと捕獲する手法であり、シカに学習させずに同じ場所で繰り返し捕獲が可能となった。捕獲に際してはわな猟免許又は網猟免許の取得者が、有害鳥獣駆除などの捕獲許可を得て実施する。作業道や土場など車両が通行できる場所に設置すれば、運搬設置、見回り、捕獲個体の搬出などの労力が軽減され、また、十分な高さに設置することで長期間の運用が可能である。このドロップネットの開発は、農林水産技術会議事務局が選定する平成25年度の農林水産研究成果10大トピックスの2位に選出された。

なお、ドロップネットなどわなによる捕獲では、シカを捕獲場所まで誘引する技術の開発が鍵となる。この誘引技術は銃器の使用による捕獲においても重要となる。そこで、一定の場所を給餌場とし、そこに一定期間、同じ人が同じ時間に少量のエサを置く作業を繰り返し、条件付けによる学習効果を利用したシカの行動制御を試みた。その結果、銃器の使用の可能な日中であっても、給餌直後にシカの出没を誘導することが可能となった。この誘因法を用いて給餌場に誘引したシカは、ドロップネットなどにより捕獲が可能であり、特に銃器によって確実に狙撃する誘引狙撃法により、少人数で効率よくシカを捕獲することに成功した。これらの手法は特定の範囲内での繰り返し捕獲が可能となることから、地域的なシカの個体数管理に貢献することが期待される。

（吉永秀一郎）

2.4　低コスト林業への取り組みに関する研究

平成22年頃からスギのコンテナ苗を用いた低コスト造林に関する研究が九州支所を主

体として実施され、大きな成果をあげてきた。このコンテナ苗の利用を全国的に展開すべく、本所ならびに各支所においてもそれぞれの地域に応じた研究が展開された。関西支所においても平成 25 年度よりヒノキコンテナ苗の植栽時期別試験を近畿中国森林管理局森林技術センター（現、森林技術・支援センター）と共同して、岡山森林管理署管内三光山国有林と三室国有林で開始した。三光山国有林では平成 23 年に皆伐した斜面に平成 25 年夏、秋、平成 26 年春にヒノキコンテナ苗と普通苗を植栽した。一方、三室国有林では平成 25 年夏から秋にかけて伐採した斜面に、一貫作業として三光山国有林と同じく平成 25 年夏、秋、平成 26 年春にヒノキコンテナ苗と普通苗を植栽した。植栽した苗について、活着ならびに成長を継続して計測中である。活着に関しては、両試験地ともに総じて普通苗よりコンテナ苗が高い活着率を示した。さらに植栽時期別に検討すると、コンテナ苗が高い活着率を示す傾向は夏季植栽において際立っていた。これらのことは、コンテナ苗では普通苗に比べて移植ショックによる光合成や細根成長の阻害が起きにくい可能性を示している。一貫作業における夏季植栽のようなストレス環境下の植栽においては、コンテナ苗の利用が良いオプションになる可能性が高い。一方、成長に関してはコンテナ苗と普通苗とでは著しい差は認められなかった。

（吉永秀一郎）

3. 今後の課題

近畿・中国地方に広がる中山間地における里山二次林の放置は、ナラ枯れの拡大と深く結びついている。そして、人間の居住域や農耕地に隣接した放置二次林の存在は、シカやクマなどの野生獣類の人里への出没を起こす要因ともなる。地方創生が謳われるなか、森林資源を適切に維持管理し、有効に利用するための手法の開発が、中山間地では喫緊の課題となっている。そのためには、関西支所が都市近郊の里山林において開発した維持管理手法を、近畿・中国地方の中山間地に展開することが求められている。

近年、再生可能エネルギー利用の気運の高まりと共に、森林資源の有効利用に向けた動きが活発化してきている。近畿・中国地方においても、薪ストーブやペレットストーブ購入時の補助制度など、森林資源の地産地消に向けた取り組みを始めている自治体も多い。小規模な木質バイオマス利用を促進させるためには、それぞれの地域において必要な未利用の森林資源量の把握や供給可能量の推定を行うとともに、森林資源の地域内利用手法を提示し、それらをもとに森林資源の地産地消的利用を進展させる必要がある。

一方、近畿・中国地方の人工林は小規模に散在しているために、経済林としての効率性に限界がある。しかし、針葉樹用材のみならず、林地残材や被害材、さらに広葉樹二次林を含む多様な未利用材を対象に生産化することによって、より効率的かつ一体的に地域資源の利用が推進される可能性がある。そのためには伐採林分における更新の省力化、低コスト化に関する技術開発研究にも取り組む必要がある。中山間地における未利用資源の有効利用による地方創生を目指し、多様な未利用資源に対応した利用体制と山元側の更新施業を合わせた山づくりプログラムを提示することが課題である。

（吉永秀一郎）

文　献

大住克博・奥敬一（2011）多様な展開を見せる里山論－ 2010 年代のための里山シンポジウム－. 森林技術, 831, 26-30.

大住克博・奥敬一・黒田慶子（2014）里山管理を始めよう－持続的な利用のための手帳－. 森林総合研究所関西支所, 40pp.
http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/research/pubs/documents/satoyamakanri_201402.pdf

森林総合研究所（2008）ニホンザルの追い上げマニュアル. 森林総合研究所関西支所, 28pp.
http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/research/pubs/documents/saru-manual_200803.pdf

森林総合研究所（2011）ツキノワグマ出没予測マニュアル. 第 2 期中期計画成果 17 安全・安心 -9, 39pp.
http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/2nd-chukiseika17.pdf

森林総合研究所（2011）ツキノワグマ大量出没の原因を探り、出没を予測する. 第 2 期中期計画成果 21 安全・安心 -12, 11pp.
http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/2nd-chukiseika21.pdf

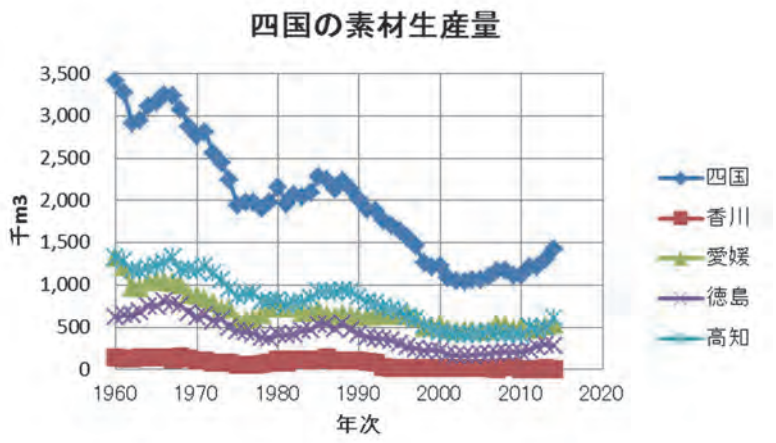
森林総合研究所関西支所「ナラ枯れ」パンフレット製作委員会（2012）ナラ枯れの被害をどう減らすか－里山林を守るために－. 森林総合研究所関西支所, 21pp.
http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/research/pubs/documents/nara-fsm_201202.pdf

四 国 支 所

1. 試験研究の動向

四国の森林率は 74%と全国の地域の中で最も高く、人工林率は 61%と九州を上回り実質的に日本一と言える。面積的に言うと四国の森林は日本の全森林の 5.6%、人工林は 8.3%にあたる。

四国地域の素材生産量は多少上下しながら減り続けてきたが、平成 15 年を底にしてリーマンショックでの落ち込みはあるものの大きく上昇しつつある。各県は野心的な木材増産計画を打ち出しており、今後も供給の伸びは続きそうである。この 10 年間は四国にも本格的な国産材時代が訪れ始めた時期と言える（図－ 1)。



図－ 1　四国の素材生産量の推移

これは人工林資源が充実期に入り、また高性能林業機械の普及により労働生産性が向上して国産材の安定供給が可能になった事による。それに伴い大型国産材製材工場の新設や木質バイオマス発電所の稼働などが相次ぎ、四国域内の国産材需要も増加した。

一方この間、日本としての政策的な動きでは、平成 21 年の「森林・林業再生プラン」、平成 22 年の「公共建築物等木材利用促進法」、平成 23 年の「森林・林業基本計画」では 2020 年の目標として国産材供給 3,900 万 m^3 自給率 50%が打ち出され、平成 24 年の「再生可能電力固定価格買い取り制度」などがあり、国産材需給に大きく影響していると考えられる。

「森林・林業再生プラン」では長伐期収穫間伐による木材生産が打ち出されており、10 年間の後半では長伐期林の成長・土壌の持続性・生物被害リスク・施業シミュレーションなどの成果を得た。また林業労働力の供給地である中山間地域活性化についてもモデルが示された。今後の四国地域では収穫間伐だけではなく皆伐も増えると予想され、低コスト再造林技術や再植林の最大の障害と言えるシカ問題にも取り組み始めている。

次の 10 年間については、豪雨・急傾斜という林業施業上困難な環境にある四国地域で、

皆伐後の森林をどのように管理して行くべきかを示すことが、技術開発の重要な課題となると考えている。

（外崎真理雄）

2. 育林分野の研究

急峻な地形や高い人工林率といった四国の地域特性を背景に、育林分野では林業と密接に関連した研究を行ってきた。ここ 10 年を概観すると、人工林の保育に関する研究プロジェクトがほぼ切れ目なく実施されてきており、近年では皆伐・再造林に関する研究の比重が高まっている。その他、天然林の動態モニタリングなど基礎的な研究の他、人工林の広葉樹林化、放置竹林の生態など幅広い課題に取り組んできた。

手入れ不足の人工林が解消されない状況を背景に、交付金プロジェクト「管理水準低下人工林の機能向上のための強度間伐施業技術の開発」（平成 19 ～ 21 年度）が実施された。この中では、本数当たり 50%の強度間伐を行っても 6 年ほどで通常の間伐と同程度に林分葉量が回復すること（宮本ら 2009）などが明らかになり、これらの成果は普及パンフレット「間伐遅れ過密林分のための強度間伐施業のポイント」にまとめられた。また、このほかの研究成果として、林床植生の組成やサイズ構造には林冠木の構造や土壌 C/N 比が影響を与えていること（Noguchi et al. 2011）や、ヒノキの葉寿命は 4 ～ 6 年程度の幅を持ち、寒冷な気候では葉寿命が長くなる傾向が得られた（Miyamoto et al. 2013）。平成 23 年からは交付金プロジェクト「豪雨・急傾斜地帯における低撹乱型人工林管理技術の開発」（平成 23 ～ 26 年度）が開始された。育林分野では長伐期施業に向けた間伐手法が検討され、壮齢～高齢人工林における調査データから、四国地方の高齢人工林においても他地域の報告と同様に旺盛な成長が認められること、今後の壮齢～高齢人工林の施業にあたっては主伐まで残す木の本数密度と配置を考慮した選木と間伐が有効であることを示した（宮本ら 2015）（写真－ 1）。

皆伐・再造林に関連する研究として、平成 23 年からは農林水産技術会議受託プロジェクト「スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発」（平成 21 ～ 24 年度）に参画した。この中で高知県や徳島県とともに地拵え省力や大苗の低密度植栽と隔年下刈りが低コスト化に有効であることを示した（森林総合研究所四国支所、近畿・中国四国における省力再造林事例集、2015）。平成 26 年からは、攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術展開事業「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」（平成 26 ～ 27 年度）に参画し、四国森林管理局とともに



写真－ 1　間伐が繰り返されてきたヒノキ壮齢林

コンテナ苗の成長やシカ食害調査を行っている。また、ニホンジカが分布域を広げている状況で皆伐・再造林を進めるには様々な課題があることから、交付金プロジェクト「ニホンジカ生息地におけるスギ・ヒノキ再造林手法の開発」（平成 26 ～ 28 年度）が開始された。育林分野では徳島県に設置したシカの捕獲試験地において、シカの誘引集中捕獲がスギ・ヒノキ苗木の食害軽減にどれだけ効果があるのか調査をしている。

四国は人工林が多い反面、各地に貴重な天然林が残っており、これらのモニタリング調査や更新調査を実施してきた。環境省の「モニタリングサイト 1000」事業として、市ノ又風景林がコアサイトに、佐田山保護林が準コアサイトに登録され、リターフォール調査や毎木調査が継続されてきた。研究成果として、モミ・ツガを主体とする天然林の埋土種子組成の特徴を明らかにした（酒井ら 2006）ほか、地形が構成樹種の空間分布を規定しており、クロバイやホソバタブなどは表層土壌の不安定性（土砂移動量）が重要であることを明らかにした（Sakai et al. 2014）。このほか、高知県本山町の白髪山においてヒノキの天然更新の調査、馬路村魚梁瀬において天然スギ間伐後の森林動態調査を実施している。

人工林の広葉樹林化に関して、皆伐後放置された造林未済地での植生多点調査から、600m 程度までの標高域ではシイ・カシ林に遷移する可能性が高いが、それより高い場所では高木性の樹種が侵入しにくいことが明らかになった（Sakai et al. 2006）。平成 19 年度からは農林水産技術会議受託プロジェクト「広葉樹林化のための更新予測および誘導技術の開発」（平成 19 ～ 23 年度）に参画し、低標高域の人工林皆伐地におけるシイ・カシ林への遷移過程などが明らかになった（野口・奥田　2012）。

放置竹林の生態を明らかにすると共に竹林の利用を推進するため、農林水産技術会議受託プロジェクト「タケ資源の持続的利用のための竹林管理・供給システムの開発」（平成 17 ～ 21 年度）が実施された。この中では放置竹林の地上部現存量や伐採後のタケの再生量を調べ、放置竹林は地上部現存量が 200 ton/ha 以上に達するものがあり、成熟したスギ、ヒノキ林に匹敵する現存量になることや、皆伐後の資源量回復には 10 年程度かかること（四国支所公開シンポジウム「よみがえれ！竹林」）を明らかにした。

（酒井敦）

3.　土壌・林地保全分野の研究

土壌・林地保全分野では、これまで森林土壌の分布・生成分類・特性の解明、林地肥培と苗畑の施肥技術、土壌と林木の成長の関係、森林施業による土壌保全機能の変化、酸性雨（降雨・渓流水質）モニタリング、土壌のもつ水保全機能および炭素蓄積能の解明に関する研究を行ってきた。特に 2000（平成 12）年以降は、気候変動枠組み条約に関連して、森林生態系における炭素収支やその蓄積量が注目されるようになり、その流れを受けて 2006（平成 18）年に始まった農林水産技術会議プロジェクト「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響の評価と緩和及び適応技術の開発」では、四国の急峻な地形における森林の土壌炭素蓄積量の推定精度を向上するための研究に取り組んだ。一方、成熟期を迎えつつある人工林管理に関する研究にも取り組み、ヒノキ林における間伐が落葉量、葉の窒素濃度に及ぼす影響についての解析が進められた（Inagaki et al. 2008）。また 2011（平成

23）年に始まった森林総合研究所交付金プロジェクト「豪雨・急傾斜地帯における低撹乱型人工林管理技術の開発」では、表土流亡の危険性の高い条件を明らかにするための研究を行った（酒井 2015）。降雨・渓流水質モニタリングについても継続的に取り組んだ。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は 2007 年の第 4 次評価報告書で、地球温暖化により世界中の自然と社会が深刻な影響を受けると予測した。大気中の CO_2 濃度の予測についてはまだ多くの“不確かさ”があり、この原因の一つは森林の炭素吸収量の見積もり精度の不十分さにある。その中で森林土壌は主として起伏のある山地に分布しており、そこに蓄積される土壌炭素の量も地形的な位置、傾斜に応じて様々である。そこで四国では、急峻な地形条件における土壌炭素蓄積量の空間的な変動要因を明らかにする目的で、高知県四万十町の森ヶ内山国有林において、3 次メッシュに対して約 700m の斜格子上の 27 地点で土壌調査を実施し、さらに解像度 10m の標高データ（10mDEM）を用いて各種地形特性値を算出して、実際の土壌炭素量との関係を解析した。その結果、海抜高、傾斜、土壌水分、斜面方位の特性値を用いることにより土壌炭素量予測モデルの推定精度が向上することを示した（吉永ら 2011）。

欧米諸国の酸性雨による森林被害の報告を受け、1990 年に酸性雨モニタリングとして開始された酸性雨モニタリング調査はその後も継続され、2005（平成 17）年には森林総合研究所交付金プロジェクト「森林流域の水質モニタリングとフラックスの広域評価」として、森林流域における物質収支、つまり降水による物質の流入量と渓流水による流出量について明らかにすることを目的に本支所の各試験地で行われた。四国では高知県高岡郡梼原町の鷹取山国有林（モミ・ツガ・常緑広葉樹の天然林）で調査した結果、風化層で新たに生成されるカリウム、カルシウム、マグネシウムなどの陽イオンや森林生態系で合成される有機態炭素については、降水による流入量よりも渓流水による流出量の方が明らかに多いこと、降水ではアンモニア態と硝酸態という形で流入する無機態窒素は、渓流水ではほとんど硝酸態という形で流出すること、そして、無機態窒素は降水による流入量よりも渓流水による流出量の方が明らかに少ないことを示した。さらに硝酸態窒素の流出については、大規模な降雨イベント時に最初は高い濃度で検出されるものの、途中で顕著な濃度低下が見られ、それが降雨終了後も継続するという他の成分では見られない特徴があることを見出した（篠宮ら 2006）。また台風時の降雨の特徴としては、海塩由来の成分が多く、太平洋側の海に近い森林ほどその影響が大きいことも明らかにした（鳥居ら 2007）。

現在、人工林は主伐期を迎えており、今後は皆伐・再造林地が増加すると予測されている。さらにバイオマス発電所の稼働により未利用木質バイオマスの活用が推進されようとしている。森林における物質動態の観点からは、これらの人間活動により、林地から木質資源とともに多くの窒素、リンなどの養分が持ち出される状況を迎えたことを意味する。こうした社会状況の下、急峻な地形の多い四国は、土壌や環境保全に配慮した林業経営のあり方について研究することのできる最適地にある。今後はより一層、木材資源の積極的な利用と林地生産力の維持のバランスについて、表土保全や土壌の養分動態を中心とした研究を進めていく必要がある。

（酒井寿夫）

4. 保護分野の研究

森林保護分野の近年の研究は、虫害と獣害および生態系の保全に関するテーマが実施されている。

平成 19 年度から 21 年度に行われた森林総合研究所交付金プロジェクト「管理水準低下人工林の機能向上のための強度間伐施業技術の開発」では、強度な間伐を実施したヒノキ人工林において間伐後にマスダクロホシタマムシの内樹皮の食害によって立ち枯れが生じる立地条件について検討し、標高 600m 以下の温暖地の南向き斜面で立ち枯れが発生しやすいことを示した。

従前から行われてきたキバチ類とその共生菌によるスギ・ヒノキの材変色被害に関する研究では、キバチ類の雌成虫（写真－ 2）が針葉樹材の揮発成分であるαピネンに誘引されること、共生菌であるキバチウロコタケを接種した材により多く産卵されることなどを明らかにした。

平成 23 年度から 26 年度に行われた森林総合研究所交付金プロジェクト「豪雨・急傾斜地帯における低撹乱型人工林管理技術の開発」では、林齢とキバチ類やスギカミキリなどの材質劣化病害虫による被害との関係を検討し、病害虫の種類によって人工林の発達段階と材内の被害発生頻度の関係が異なること、高齢林では材内の被害が蓄積するため、長伐期施業では高品質材の生産を目指すには必ずしも有利とならない場合があることを示した。



写真－ 2　ニホンキバチ

生態系の保全に関しては、外来生物の侵入動態についての研究が行われている。2000 年代には四国山地のブナ天然林において外来生物であるソウシチョウが定着して個体数が激増した。また、ほぼ同時にニホンジカ（以下、シカ）の密度増加によって、天然林の下層植生が著しく衰退した。これらの影響で、在来鳥類のうち採餌場所や営巣場所を下層植生に依存するウグイスやコマドリの密度が低下することを明らかにした。

四国における獣害については、以前からシカ、カモシカ等による林業被害はあったが、全国的な傾向と同様に 2000 年頃から、とりわけシカの個体数増加により農林業被害が急増するとともに、分布拡大と高密度化による自然生態系への悪影響が顕著になってきた。

林業の不振が続く中で、再造林意欲の低下による伐採跡地の放棄が問題となって行われた森林総合研究所交付金プロジェクト「大面積皆伐についてのガイドラインの策定」（平成 18 年度～ 20 年度）において、再造林が行われず放置された皆伐跡地でシカの利用がどのように変化するかを調査し、生息密度が高い場所では、皆伐後の早い時期から伐採跡地の利用頻度が高くなることを示した。

人工林率が非常に高い四国において、収穫期に到達している大面積の人工林材の利用を促進しつつ、再造林による確実な更新を進めることは、林業の再生にとって必須の課題で

ある。シカ被害はその大きな阻害要因となっており、各県による広域的な生息密度管理施策とともに、林業事業地レベルでは、局所的なシカの個体数管理の実現が必要と考えられるため、平成 26 年度から開始された森林総合研究所交付金プロジェクト「ニホンジカ生息地におけるスギ・ヒノキ再造林手法の開発」の中では、植栽予定の皆伐跡地でのシカのモニタリングと銃器等による集中捕獲試験をおこない、林業事業の一環として施業地での局所的な個体数管理を実現するための技術開発を試みている。

一方で、四国では自然度の高い天然林は森林面積の 2 ～ 3%程度しか残されておらず、そのほとんどは重要な保全対象である。

四国支所では四国森林管理局からの調査委託を受けて、平成 17 年度から 22 年度まで「滑床山・黒尊山国有林のニホンジカによる森林被害に関する調査」を行ってきた。調査地は四国南西部の愛媛・高知県境にあり、四国南西端のブナ林をふくんでいて、この地域では貴重な落葉広葉樹天然林であり、足摺・宇和海国立公園の特別地域にも指定されている。同時にシカの高密度生息地であり、シカによる激しい植生被害が進行している。ここで、四国の他の地域に先駆けて、森林植生の衰退の実態を明らかにするとともに、ネット柵の設置やササの移植による植生回復試験等も行い、その効果を検証してきた。当調査地は、平成 23 年度以降も、四国森林管理局との共同試験地として設定し、長期のモニタリング調査を継続している。

（佐藤重穂・奥村栄朗）

5. 経営分野の研究

森林管理・計画分野では、航空機 LIDAR による森林資源量の把握、低コスト育林技術の開発、人工林の施業シミュレーションの開発などに取り組んでいる。

平成 14 年度から 18 年度に行われた科学技術振興費「人・自然・共生プロジェクト」において、航空機搭載の LIDAR（レーザー画像検出・測距法）によって四国西部の針葉樹人工林と石鎚山系の落葉広葉樹林、足摺岬の常緑広葉樹林をライン状に観測するとともに、調査ライン上の林分で地上調査をした結果を解析して、広域の LAI（葉面積指数）と樹木の平均直径、平均樹高、本数、林分材積を推定することができるようになった。

平成 21 年度から 24 年度に行われた農林水産技術会議受託研究「スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発」においては、初期育林（地拵え・植栽・下刈り）費用を抜本的に見直し、コストを削減するための技術開発を行うことを目的として、コンテナ苗・大苗等を利用した省力的育林作業システムの開発、再造林初期における下刈り軽減オプ



写真－3　スギ再造林地の下刈り

ションの提示とシカの食害軽減手法の開発などに取り組んだ（写真－3)。その結果、コンテナ苗・大苗を植栽した下刈り対象地において、雑草木と植栽木の関係については、前年の下刈りの有無によって樹高成長には差はないが、下刈りを行うことで植栽木の直径成長が促進されること、および下刈りの有無に関わらず植栽木が被圧されると樹高・直径成長が抑制されることを明らかにした。

平成23年度から26年度に実施された森林総合研究所交付金プロジェクト「豪雨・急傾斜地帯における低撹乱型人工林管理技術の開発」においては、立地条件に応じた施業方法選択手法の開発と成果の普及に取り組んだ。本研究では、人工林の成長データに基づく施業法の違いを反映した成長予測モデルを作成するともに、間伐・主伐時の労働生産性調査に基づく伐出コスト予測モデルを作成し、両者を統合することによって施業方法の選択が林業収益に与える影響を予測する施業シミュレーションシステムを開発し、林分条件に適応した施業方法を提案することが可能となった。

一方、林業経営・政策分野では、森林所有権の流動化の実態や中山間地域の活性化のための課題が実施されている。

平成16年度から18年度に行われた森林総合研究所交付金プロジェクト「森林所有権の流動化が森林管理と中山間地域の活性化に及ぼす影響の解明」において、四国地域の森林組合を対象としたアンケート調査を行い、7割の森林組合で再造林放棄地があると回答したこと、売買の対象林地は30-50年生の人工林が主流で、売却は5～20haの小規模林家、買取は素材生産業者が中心となって行っており、素材生産業者への調査から、立木のみを購入したいが、所有者側の希望で林地も併せて購入する事例が多いことが明らかになった。

平成22年度から25年度に実施された科学技術振興機構受託研究「Bスタイル：地域資源を活用した循環型生活をする定住社会づくり」においては、高知県仁淀川町をモデル地域として、エネルギーの地産地消、中山間地域における生業づくり、および定住促進のための課題解決に取り組んだ（写真－4)。エネルギーについては、木質バイオマスエネルギーの収集・運搬に関する立地条件と収益の関係性、薪ボイラーの導入による二酸化炭素排出量削減と地域経済活性化効果、小水力発電の実現のための条件などについて提示した。中山間地域の生業づくりでは、農山村の数多くの副業的な仕事を「百業」として整理して、それぞれに年間就業日数、就業時期、必要な資格、年収などを百業メニューリストとして公表し、同じような課題に取り組む全国の自治体やNPOと連携するた



写真－4　木質バイオマスエネルギー利用のための薪の集積場

めの「百業づくり全国ネットワーク」を設立した。これらを通じて、中山間地域への移住のための情報を提供するとともに、必要な条件整備のための課題を自治体に提示した。

（佐藤重穂）

文　献

北原文章・渡辺直史・光田靖・山川博美・酒井敦・垂水亜紀（2013）スギ植栽木の成長と下刈り対象木の競合状態との関係. 森林応用研究, 22, 1-6.

Kodani, E., Awaya Y. (2008) Estimating Mean Height and Stand Volume in Broad Leaved Forest Stands using LiDAR. Journal of forest planning, 13 (Special_Issue), 239-243.

Matsumoto, T., Sato, S. (2012) Differential responses to α-pinene of two horntail wasps, Urocerus antennatus and Xeris spectrum (Hymenoptera: Siricidae). Bulletin of FFPRI, 11, 51-55.

Miyamoto, K., Okuda, S., Inagaki, Y., Noguchi, M., Itou, T. (2013) Within- and between-site variations in leaf longevity in hinoki cypress (Chamaecyparis obtusa) plantations in southwestern Japan. J. For. Res., 18, 256-269.

宮本和樹・奥田史郎・稲垣善之・小谷英司・野口麻穂子・伊藤武治（2009）間伐から5年が経過したヒノキ人工林の成長と葉面積指数の比較. 森林立地, 51, 21-26.

Noguchi, M., Okuda, S., Miyamoto, K., Itou, T., Inagaki, Y. (2011) Composition, size structure and local variation of naturally regenerated broadleaved tree species in hinoki cypress plantations: a case study in Shikoku, south-western Japan. Forestry, 84, 493-504.

野宮治人（2010）大面積皆伐跡地の植生回復手法の開発. 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集, 30, 5-27.

Okumura, H., Okuda, S., Ito, T., Sakai, A. (2010) Damage to natural deciduous forest caused by Sika deer bark-stripping in the southwestern part of Shikoku Is., Japan. International Forestry Review (Abstracts of XXIII IUFRO World Congress), 12(5), 406.

奥村栄朗（2011）三本杭周辺のニホンジカによる天然林衰退.「シカと日本の森林」（依光良三編，築地書館）, 139-158.

奥村栄朗（2014）四国におけるニホンジカ問題　～経緯と現状～. 水利科学, 339, 26-38.

Sakai, A., Hirayama, T., Oshioka, S. and Hirata, Y. (2006) Effects of elevation and postharvest disturbance on the composition of vegetation established after the clear-cut harvest of conifer plantations in southern Shikoku, Japan. J. For. Res., 11, 253-265.

Sakai, T., Sugita, H., Yone, Y., Hiura, T. (2014)Instability on steep slopes mediates tree species co-existence in a warm-temperate mixed forest. Plant Ecology, 215, 121-131.

酒井寿夫（2015）急傾斜地におけるヒノキ人工林の表土保全について考える. 四国の森を知る, 23, 2-3

佐藤重穂（2007）スギ・ヒノキ人工林における間伐の実施と病虫害発生の関連性. 森林総合研究所研究報告, 6, 135-143.

佐藤重穂・松本剛史・奥田史郎（2012）強度間伐を実施したヒノキ林における立枯れ発生と立地条件. 樹木医学研究, 16, 9-14.

篠宮佳樹他（2006）四万十川源流部の森林における大雨時の渓流水の NO_3-N 濃度変動. 水文・水資源学会誌, 19, 55-60.

森林総合研究所四国支所（2015）近畿・中国四国における省力再造林事例集. 森林総合研究所四国支所, 46pp.
http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp/seika/shouryoku_saizourin_jirei.pdf

垂水亜紀・吉田貴紘・北原文章（編）（2015）「B スタイル」地域資源で循環型生活をする定住社会づくり. 森林総合研究所四国支所, 26pp.
http://www.ffpri-skk.affrc.go.jp/Bstyle/Bstyle_pamph.pdf

鳥居厚志（2007）台風時の降雨による陸域への海塩負荷量の評価. 環境情報科学論文集, 21, 567-572

吉永秀一郎他（2011）流域スケールにおける数値地形情報を用いた森林土壌炭素蓄積量推定法の開発. 農林水産省 “地球温暖化が農林水産省に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発” 農林水産省農林水産技術会議, 研究成果第 483 集, 73-78.
http://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2039014665.pdf

九 州 支 所

1. 試験研究の動向

九州支所では九州、沖縄地域の森林・林業に関わる課題に対応しているが、ここでは主な対応を紹介する。

九州本島地域ではこの 10 年間にスギ・ヒノキ人工林の伐採は増加した。しかしながら、植栽や植栽後の初期保育に係るコスト高やシカ被害増等のため、伐採後再造林されない再造林放棄地が顕在化するなど、地域の森林資源を持続的に維持管理していくためには、再造林・植栽後の初期保育に係る経費の低コスト化やシカ被害対策が喫緊の課題となった。また、森林の多面的機能発揮に対する国民の期待は高く、木材生産と公益的機能の発揮を両立させる森林管理の確立が求められた。伐採が全国に先駆けて進んでいる九州地域では、国民への説明を念頭に、森林の伐採が森林の公益的機能に与える影響を科学的に評価することも、重要な地域ニーズとなっていた。

九州支所では、これらの地域ニーズのうち、シカ被害軽減等を含めたスギの再造林コスト削減については、公設林業試験研究機関や大学等と共同で、「スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発」（H21-24、技会実用技術開発事業）を実施し、その成果として、伐採から植栽までの作業を同時並行して行う“一貫作業システム”、コンテナ苗の活用、下刈回数削減等、再造林コストの削減にむけて具体的な方策を提案した（森林総合研究所九州支所 2012）。

森林伐採に対する対応では、「大面積皆伐についてのガイドラインの策定」（H18-20、交付金プロ、以下交プロ「大面積皆伐」）をはじめ、「九州地域の人工林での帯状伐採等の伐採が多面的機能に及ぼす科学的評価と林業的評価を考慮した取り扱い手法の提示」（H23-25、交付金プロ、以下交プロ「帯状伐採」）、「伐期を迎えた人工林の伐採と再造林箇所の選定に関する予備的研究」（H26, 交付金プロ FS）に取り組み、伐採影響や再造林後の森林機能の回復過程を明らかにしてきた。

つぎに、九州地域はシイタケをはじめとする特用林産物の生産が盛んな地域であり、シイタケ等きのこ栽培に対する地域の研究ニーズは大きい。この 10 年間には、「シイタケの高温発生品種を効率的に作出するための技術開発」（H23-25、技会実用技術開発事業）等を通じて、地域におけるきのこ栽培の環境改善に貢献してきた。

以下では、研究分野別にこの 10 年間における研究の展開と今後の課題を紹介する。

（森貞和仁）

2. 研究分野ごとの研究展開

2.1 育林分野

2.1.1 研究の動向

2000 年代の後半に入り、他の地域に比べて早く人工林資源が充実した九州では、戦後に植栽されたスギやヒノキが本格的な主伐期を迎えるようになった。しかし、木材価格の

低下傾向は続き、少ない伐採収入と高い育林コストという構造的な問題から、主伐の延期や皆伐後に再造林を行わない放棄地が増加する状況にあった。また、九州の多くの地域ではシカによる森林被害が深刻化し、皆伐跡地での天然更新の阻害や新植地での造林木の損傷が大きな問題となってきた。このような中で、再造林と初期保育のコスト削減や、シカの採食圧が高い皆伐跡地での森林再生に関する研究ニーズが高まった。再造林コストを削減する方法としては、伐採と再造林を一連の作業として行う一貫作業システムが提案され、林業現場への導入が始まった。当システムでは植栽時期を選ばない苗が必要となることから、コンテナ苗の活用が注目された。また、植栽後の 5 ～ 6 年間は毎年実施する下刈りや、再造林地でのシカ被害を防ぐための防護柵の設置には多くの費用がかかる。そのため、下刈りの回数を減らして労力やコストを削減する方法や、大きな問題となっている再造林地でのシカ被害を軽減する方法に関する研究が、造林木と雑草木との競合に着目して進められた。東日本大震災以降、全国で火山活動が活発化しているが、新燃岳では 2011 年に爆発的噴火が発生し、森林植生へのインパクトと回復過程の研究を開始した。

2.1.2　研究の成果

大面積皆伐跡地での調査から、シカが高密度に生息する地域でのシイ・カシ類の再生には前生稚樹の存在が重要であることを明らかにし、主伐時やそれ以前に前生稚樹を保全する森林管理が必要であることを指摘した（森林総合研究所 2010）。九州地域で育苗の取り組みが始められていた 300cc マルチキャビティコンテナによるスギ挿し木苗について、九州森林管理局と共同で時期別の植栽試験を実施し、コンテナ苗は 1 年を通して活着率が高いことを明らかにした（山川ら 2013）。下刈りを省略して林地に雑草木を残すことでスギ幼齢木に対するシカ食害を軽減できる場合があること、スギでは樹冠が雑草木に完全に覆われなければ樹高成長の低下は大きくないことを明らかにし、スギと雑草木の成長に関するシミュレーションモデルから、下刈りの隔年実施を施業オプションとして提示した（森林総合研究所 2013）。新燃岳の噴火は冬期に発生したため、優占していた常緑樹のアカマツが選択的に枯死し、天然更新も期待できないことから落葉広葉樹林に変化すると推測された。

2.1.3　今後の課題

これからは、林業労働力の減少や木材用途の拡大が進み、人工林の生産目標や経営目標の多様化が予想される。様々な人工林の造成や取り扱いを可能とする育林技術の開発は今後の課題である。また、広葉樹林も含めて、様々な取り扱いの森林を時間的・空間的に最適に配置して、木材生産や公益的機能を持続的に発揮させるための研究が必要である。噴火後の植生回復については観測体制を確立し、シカ食害の影響も含めて長期の動態を注視していく必要がある。

（重永英年）

2.2　土壌分野

2.2.1　研究の動向

地域ニーズとして、九州各地で確認されたスギ集団葉枯症（今矢・重永 2008）や 2011 年の新燃岳噴火（石塚ら 2015）に対応した研究や、九州・沖縄地域での森林施業の立地への影響（大貫ら 2010，釣田ら 2014）を明らかにしてきた。全国を対象とした研究では九州地域での森林土壌炭素濃度測定や水質モニタリングサイトでの水質観測に貢献した。また、森林土壌でのイオン交換膜利用による測定手法（稲垣・釣田 2014）は、森林生態系の物質循環研究での効率化に寄与する提案となった。

2.2.2　研究の成果

2.2.2.1　スギ集団葉枯症発生の土壌養分による影響

九州広域で発生が確認されたスギ集団葉枯症の発生メカニズムへの土壌の影響として、発生林分での表層土壌は低養分状態であることが多く、特に交換性カリウムの含有量が低いことを明らかにし、発生対策に寄与する成果となった。

2.2.2.2　鹿北流域試験地における長期水質モニタリング

2002 年から継続している鹿北流域試験地 3 号沢での水質モニタリング（写真－ 1）では、調査流域では雨水による年間の窒素流入量よりも渓流水としての窒素流出量が少なく、現状では河川への水質影響はほとんど無いことを明らかにし（釣田ら 2009）、森林の水質浄化機能を評価する際の重要な基礎資料となった。



写真－ 1　渓流水採取の様子

2.2.3　今後の課題

九州地域において拡大造林期に植栽された森林が伐期を迎えるにあたり、新たな森林整備に寄与する立地環境研究に努めていく。また、九州地域の気候・地理条件に特徴付けられる森林生態系の物質循環の解明に努める。

（酒井佳美）

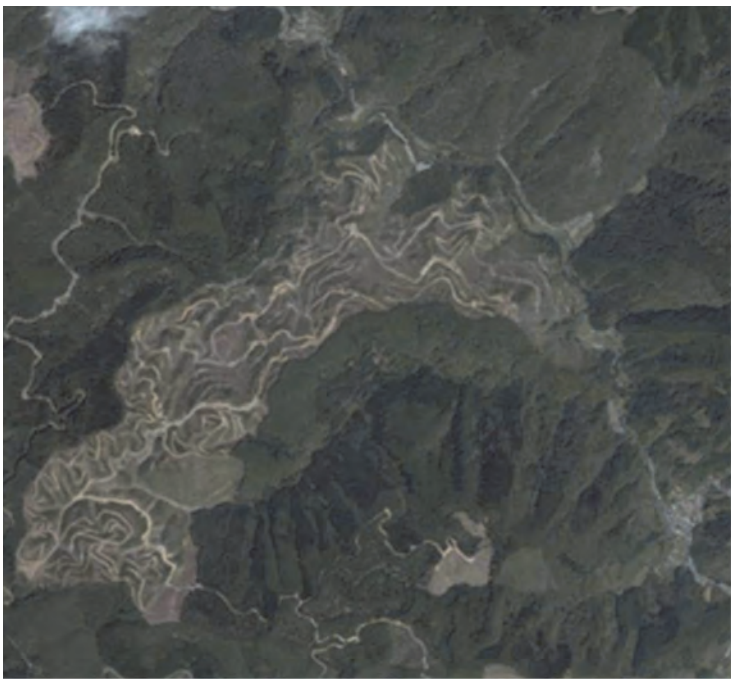
2.3　森林資源管理分野

2.3.1　研究の動向

森林資源管理分野では、地域の森林資源管理、資源解析、森林計画、森林政策、森林社会学の研究を行っている。支所設立当初から、九州地方の主要造林樹種であるスギ、ヒノキ人工林に固定試験地を設定し、その成長を現在まで長期にわたって定期的に調査している。この 10 年間には、これらの調査に加えて、1ha を超える大面積皆伐や造林未済地の問題、スギ再造林の低コスト化、亜熱帯島嶼域における森林資源利用、伐採施業における林業的評価、主伐期を迎えた森林管理、シカやナラ枯れなど病虫獣害に対する森林管理など、森林管理・経営に関わる問題に対応してきた。

2.3.2　研究の成果

南九州地方を中心に発生した 10ha を超える人工林の大規模な皆伐では、その後の植栽放棄や災害発生の危険性などが指摘されていた。そこで、伐採面積規模、地域による規制、公的資金による植林等を実施する際のガイドラインを作成した。大面積皆伐地における植生回復や山地崩壊などの調査結果や諸外国における皆伐指針の事例から、大面積皆伐では、面積よりもその作業方法に注意を要することが明らかになった（図－ 1）。これらの結果をふまえ、大面積皆伐の対策として 1）皆伐地の確実な把握、2）作業計画の提出、3）改革案の提示、4）環境に配慮した伐出の奨励、5）低コスト育林への助成、の 5 項目について提案を行った。



図－ 1　無秩序に作られた作業道の跡
（皆伐から 4 年後の 2006 年当時でも、作業道からの崩壊が続いていた）

2.3.3　今度の課題

九州地方では、市町村や森林組合、森林管理署、森林事務所の合併が進んでいる。これにより、森林管理が広域化し、そのための管理技術を開発していく必要がある。また、近年、木材加工施設の大型化、原木調達の広域化、木質バイオマス利用や木材輸出量の急増などにより、木材需給構造が急変している。この急変を適期ととらえた地域振興を考慮する必要がある。

（近藤洋史）

2.4　防災分野

2.4.1　研究の動向

水保全に関する研究では、去川森林理水試験地（写真－2）および鹿北流域試験地において森林の変化が水流出に与える影響や人工林流域における水循環特性などについて継続的に観測が行われてきている。土保全に関する研究では、九州地域で発生する自然災害について逐次対応してきており、とくに2011年霧島山系新燃岳噴火災害においては発生直後から調査を行った。森林気象に関する研究では、森林の二酸化炭素吸収量の把握を目的として設置された鹿北流域試験地内のタワーにおいてCO_2フラックスの観測を継続して行っている。これらに加え、火山噴火後の降灰による水土保全機能への影響や伐採地における森林微気象及び土砂移動現象の実態、沖縄本島北部地域における森林の伐採が水文気象環境に及ぼす影響について明らかにしてきた。



写真－2　去川森林理水試験地Ⅱ号沢

2.4.2　研究の成果

水保全に関する研究については、沖縄本島北部地域に設置した水文試験地での調査結果より、水位変化は降雨に対応した出水波形となっていたこと、河川水位の最低水位の出現時期は9月下旬であること、水位流況曲線を作成し、森林流域の水収支・降雨流出観測が可能であること、遮断蒸発率は本州各地における既往の研究の範囲内にあることを示した。土保全に関する研究に関しては、新燃岳における森林斜面調査結果より、細粒の火山灰が表層を広く覆うと浸透能が急速に低下することを示した。また伐採後の森林斜面では伐採前と比べて土砂移動による地表高の変化が大きく現れ、浸透能が低下していることを示した。気象環境に関する研究については、複雑地形上の森林を対象に4種類の座標変換法で算出されたCO_2フラックス値を比較し、夜間は無視できない値の差が生じる可能性を示唆した。帯状伐採地における日射量の推定式を考案し、実測値との比較を行ったところ、誤差は最大で1割程度となった。さらに伐採後の環境の変化を調べたところ、伐採前より日射量・地温が明瞭に高くなり、気温の日較差は大きくなった。伐採地内の日射量は

残存する林帯からの距離に応じた分布を示した。

2.4.3　今後の課題

地球温暖化に伴うスーパー台風や極短時間の集中豪雨、火山活動の活発化、国境を越えて飛来する汚染物質の問題など、様々な事象において九州地域は最前線にある。森林水文試験地における観測を継続し、研究の基盤となるデータを今後も収集していくとともに自然災害発生時の実態調査をふまえた防災研究を進めていく。加えて地球温暖化問題について水土保全および森林気象の視点から取り組んでいく。

（黒川潮・北村兼三・壁谷直記）

2.5　樹病分野

2.5.1　研究の動向

九州・沖縄地域で最も森林に被害を与えている病害は依然としてマツ材線虫病である。既存のマツが本病により枯死し、マツ林の面積が減少した結果、被害も減ってきた場合がある一方で、育種により生み出され、現地に植栽された抵抗性マツがある程度成長して被害が目につくこともあるようになった。マツ材線虫病については、各種問い合わせに対応する形で被害の低減に努めている。スギ・ヒノキは主要病害が発生する若齢期を過ぎて伐期を迎えていることもあり、表面上は目立った病害は発生していない。しかし、伐採後に根株腐朽病の激しい被害が発見される場合が多々あり、今後より深刻な問題になる可能性がある。また、伐採後の再造林で若齢木に赤枯病・溝腐病や暗色枝枯病といった深刻な病害が発生する可能性があり、警戒が必要である。一部地域では枝ものと呼ばれるシキミ・サカキ・ヒサカキの栽培も盛んになった。スギ・ヒノキの造林と比べて栽培経験が浅いため現場では病害の同定が困難な場合が多く、病害鑑定に取り組んでいる。

2.5.2　研究の成果

2.5.2.1　南根腐病に関する研究

南根腐病はわが国の亜熱帯地域で樹木を枯死させる深刻な病害である。本病の宿主となる樹木を明らかにするために針葉樹を含む 9 種の樹木苗木に本病原菌を接種したところ、全ての樹種で枯死が確認された。これらから、本病は樹木に対して広く病原性を持つことが明らかになった。

2.5.2.2　スギ黒点病に関する研究

スギ花粉症対策の一つとして、スギ雄花にのみ病原性を示すスギ黒点病菌を利用した花粉飛散抑制技術が研究されている。本技術の適用可能性を検討するため接種実験を行ったところ、10 月～翌 1 月に分生子による接種を行うことで 75%以上の雄花穂が枯死して花粉飛散が抑制され（写真−3）、九州地域でも本技術を利用できる可能性が高いことが明らかになった。



写真－3　黒点病菌の接種により枯死したスギ雄花

2.5.2.3　スギ・ヒノキ人工林内に浮遊する菌類相に関する研究

スギ・ヒノキ人工林内に落下する糸状菌の胞子をトラップし、一部について種の同定を試みた。調査期間を通じて、春～夏季に落下胞子数が多く、秋～冬季にごく少数となる傾向が見られた。同定された菌には各種の内生菌などがあり、スギ・ヒノキ人工林内の菌類としては見過ごされがちだった菌類の胞子も多く飛散していることが示唆された。

2.5.3　今後の課題

抵抗性マツも防除なしではマツ材線虫病により枯死する場合があると経験的にわかってきた。しかし、従来のマツより枯れにくいことは確かであるため、抵抗性マツに応じた防除法を確立する必要がある。スギ・ヒノキの根株腐朽病については凹地地形など被害の発生しやすい場所が経験的に知られている。被害の発生しやすい場所を定量的に明らかにし、地図化することが必要である。また、依然として病原菌が不明な病害もあり、同定が必要である。昆虫などに比べ菌類の多様性研究は遅れている。多様性とともに病原菌を含む菌類の森林における機能の解明が必要である。わが国の南方に位置する九州・沖縄地域では新たな病害の侵入にも絶えず警戒する必要がある。

（高畑義啓）

2.6　昆虫分野

2.6.1　研究の動向

主に森林伐採が昆虫の多様性に与える影響の評価と、新たに発生した害虫の生態解明と防除法開発に取り組んできた。南西諸島関係の研究プロジェクト（「沖縄ヤンバルの森林の生物多様性に及ぼす人為の影響の評価とその緩和手法の開発」（H17-21）、「亜熱帯島嶼域における森林の環境保全と資源利用に関する研究推進事業」（H20-22）および「南西諸島の環境保全及び生物相に配慮した森林管理手法に関する研究事業」（H24-28））では、沖縄県国頭村で、伐採後の経時的な森林昆虫相の変化および伐採面積が昆虫の多様性に与える影響を調査した。また、交プロ「帯状伐採」では、伐採幅が狭いと昆虫の多様性に与

える影響が小さいことを明らかにした。さらに、交付金プロ「菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの被害拡大機構の解明」（H23-24）では、シイタケ害虫の分類、生態、防除に関する研究を行った。また、交付金プロ「ナラ枯れの新害虫 *Platypus koryoensis* とその共生菌の遺伝的・生態的解明」（H24-25）では、この新害虫の発生が 7 月に集中していることを明らかにした。

2.6.2　研究の成果

2.6.2.1　カミキリムシ科を指標とした亜熱帯林の評価

沖縄県国頭村の様々な施業履歴の森林を対象に、一定面積内の倒木から脱出する昆虫を捕獲する調査をした。その結果としてカミキリムシ科は、伐採直後は多様性が高いがその後減少することや、伐捨て除伐後と比較して皆伐後の森林では多様性が低いことが判明した。また種数・個体数が倒木量と正相関することなどから、カミキリムシ科が亜熱帯林の指標に適していることが判明した。

2.6.2.2　ナガマドキノコバエの分布調査

菌床シイタケの重要害虫であるナガマドキノコバエ（写真－ 4）の北海道から九州に至るサンプルを解析した結果、従来 1 種とされていたキノコバエ類に 8 種が混在していたこと、栽培施設内のみでみられる種が北海道から九州まで広域に分布すること、及び防除には外部からの侵入を防ぐことが肝要であることを明らかにした。



写真－ 4　菌床シイタケ害虫、ナガマドキノコバエの成虫

2.6.3　今後の課題

伐採地の配置と伐採後の森林管理が昆虫の多様性や希少種保全に与える影響を評価する研究が必要である。また、新たな森林害虫の発生をモニタリングするとともに、その生態解明と防除法の開発に関する研究が必要である。

（上田明良・後藤秀章・末吉昌宏）

2.7　きのこ（特用林産）分野

2.7.1　研究の動向

九州は、シイタケの原木栽培をはじめ、その他のきのこの菌床栽培も盛んな地域である。

そのため、長年にわたりシイタケ栽培における品種特性の検証や黒腐病や菌床栽培時に発生する害菌対策などの研究を行ってきた。ここ 10 年間の動きとしては、地球温暖化の影響が、シイタケの発生不良や品質の低下、夏場の高温の影響による病害の発生といった形で顕在化してきており、それらに対する対策や、国産品の需要が伸びてきているキクラゲ類の栽培に関する研究へのニーズが高まってきている。

2.7.2　研究の成果

地球温暖化がシイタケの発生に影響を及ぼすのか否かを確認するために、ほだ木の培養期間の温度条件を変え、その影響を観察する試験を行った。その結果、接種 2 年目の夏場（試験期間は、8 月前半の 2 週間）に高温条件下（32℃）に置いたほだ木において収穫量の減少が観察された。この試験結果から、地球温暖化の進行によってシイタケの発生量の減少が引き起こされることが予測された（宮崎・中武　2014）。気象条件の異なる地域（全国 7 地点）における害菌類の分離試験から、最高気温 30℃以上の日数が高い地域ほど、害菌類の一種である *Trichoderma harzianum* の分離率が高くなることや対峙培養試験を行った際に、高温条件（30℃以上）で培養を行った方が、害菌類に侵害されやすくなることを確認した（宮崎ら　2015）。これらの結果から、地球温暖化によって害菌類の発生リスクが高まることが予測された。また、高温の条件下での栽培が可能なシイタケ品種を効率的に開発するために、小型菌床による簡易判定技術やＤＮＡ診断用遺伝子マーカーの開発を行った（石井ら　2015）。得られた成果については、パンフレットを製作し成果普及に努めた。

2.7.3　今後の課題

今後、さらなる進行が予測されている地球温暖化に対する適応策について、現場に即した技術として体系化を進めていく必要がある。また、暖地での栽培に適したキクラゲ類の栽培技術について、さらなる安定化を目指した栽培条件の設定を進めていく必要がある。

（宮崎和弘）

2.8　鳥獣分野

2.8.1　研究の動向

九州のニホンジカ生息数増加と林業情勢のもとでのシカ被害軽減やシカ個体群管理を推進するため、植栽地周辺におけるシカの分布や行動、捕獲技術の効率化等の研究を行ってきた。熊本県の宇土半島においては、特定外来生物クリハラリス（タイワンリス、以下リスと表記）の定着が 2008 年に確認され、半島西部でリス数千頭の生息と果樹や植林地の被害発生、生態系被害の懸念が明らかとなり、その対策のための研究と提言を行ってきた。また、1910 年に導入されたマングース（フイリマングース）により生態系に甚大な影響を受けてきた沖縄島北部やんばる地域におけるノグチゲラ等の森林動物の保全のための研究に取り組んできた。

2.8.2　研究の成果

シカによる大面積皆伐跡地の再生植生の利用様式、植栽地の下刈りの有無によるシカの出現頻度のパターン、捕獲地周辺のシカの行動様式、定住性の個体の除去によるスギ苗への食害率の変化などを明らかにした（写真－5)。リスの宇土半島への封じ込めと根絶を目標として、行政、農協等により設立されたタイワンリス防除等連絡協議会に、支所研究者が有識者として参加し、リスの個体群動態の研究および科学的見地からの防除指導を行った。猟友会や専門従事者によるリスの捕獲数は、2010 年度以降の 5 年間で 3,123 頭から 72 頭へと順調に減少し、それらを基に残存個体数を 100 頭未満と推定した。やんばる地域では固有鳥類の繁殖生態の研究や分布のモニタリングを行い、森林施業や外来種の侵入が希少種や森林生態系に及ぼす影響について明らかにした。また、沖縄島で 2010 年に初確認されたタイワンハムシが外来樹種であるタイワンハンノキを集団枯死させてきたが、2012 年以降ハンノキ枯れ木が二次林におけるノグチゲラの主要な営巣樹種となっていること、このため人里近くでもノグチゲラの営巣が観察されることを明らかにした。



写真－5　スギ造林地に出現したニホンジカメス個体

2.8.3　今後の課題

近年シカの捕獲がある程度進行した一方、シカ被害が減少していない地域や生息分布が拡大した地域もあるため、従来の課題に加え分布拡大地域での早期対応に資する研究も必要とされている。リスの個体群動態を把握してきたことで、限られた予算や人員の中で効果的な対策をとれるようになりつつあるが、さらに根絶に向けた対策・研究も課題である。南西諸島の奄美大島や沖縄島北部やんばる地域は、世界自然遺産候補地の中核地域で、生物多様性の保全が課題となっている。27 年度から開始された研究プロジェクト「奄美・琉球における森林地帯の絶滅危惧種・生物多様性保全に関する研究」に参画して対応する。

（矢部恒晶・安田雅俊・小高信彦）

文　献

今矢明宏・重永英年（2008）スギ集団葉枯症の発生地域とその土壌養分状態．九州森林研究, 61, 146-147.

稲垣昌宏・釣田竜也（2014）イオン交換膜法を用いた森林土壌における無機態窒素の測定. 森林総合研究所九州支所年報, 26, 9.

石塚成宏・稲垣昌宏・釣田竜也・今矢明宏・浅野志穂（2015）2011 年新燃岳噴火による火山噴出物および土壌の諸性質の経時変化について. 森林立地, 57, 19-31.

石井秀之・宮本亮平・山内隆弘・宮崎和弘（2015）小型菌床によるシイタケ菌株の発生温度特性簡易評価法の検討. 九州森林研究, 68, 99-104.

鹿又英聡（2010）大面積皆伐対策についてのガイドラインの策定. 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集, 30, 76-81.

宮崎和弘・中武千秋（2014）シイタケ原木栽培における夏場の高温状態の発生に及ぼす影響と寒冷紗施用による環境改善効果について. 九州森林研究, 67, 83-85.

宮崎和弘・新田剛・中武千秋・矢吹俊裕・奥田徹（2015）地球温暖化がシイタケ原木栽培の害菌問題に及ぼす影響に関する研究. 九州森林研究, 68, 173-176.

大貫靖浩・釣田竜也・生沢均・今田益敬・清水晃（2010）沖縄本島北部における人為インパクトの立地環境への影響. 九州森林研究, 63, 118-120.

森林総合研究所（2010）森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 30「大面積皆伐についてのガイドラインの策定」. 森林総合研究所, 81pp.

森林総合研究所（2013）低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集. 九州支所, 45pp.

森林総合研究所九州支所（2012）森林・林業の再生：再造林コストの削減に向けて－低コスト化のための 5 つのポイント. 森林総合研究所九州支所, 6pp.

釣田竜也・石塚成宏・稲垣昌宏（2014）九州北部のスギ・ヒノキ人工林における伐採前後の土壌中の窒素移動量. 九州森林研究, 67, 74-76.

釣田竜也・大貫靖浩・清水貴範（2009）北部九州の森林小流域における窒素収支の年々変動. 九州森林研究, 62, 148-149.

山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三（2013）植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後 1 年目の活着と成長に及ぼす影響. 日林誌, 95, 214-219.

多摩森林科学園

1. 試験研究の動向

多摩森林科学園は森林総合研究所の支所の 1 つとして、2006 ～ 2015 年の 10 年間は、都市近郊林が有する多面的機能を発揮させるための管理・利用技術の開発や動植物の多様性保全に関する研究、森林の教育的利用に関する研究、及びサクラ系統保存と利用に関する研究を中心に行ってきた。具体的な研究内容として、都市近郊林の管理・利用技術の開発研究では、植物相の長期的変遷について分析することによって、現代型の都市近郊林管理に対する問題点の抽出に取り組んだ。都市近郊林における生物の多様性研究では、昆虫相及び哺乳類を中心に管理・施業方法に対する多様性の変化や動態に対する影響を解析することで、都市近郊林を適正に維持管理する手法の開発研究を行った。また、森林の教育的利用に関する研究に対しては、森林教育の内容を俯瞰的に捉えるとともに、学校教育に組み込める教育プログラムの開発に取り組んだ。サクラの系統保存に関する研究では、多摩森林科学園及び全国の主な集植機関におけるサクラについて、花などの形態解析と DNA 解析を基に、伝統的栽培品種のクローン性や由来、分類などを明らかにする研究を実施した。

一方、多摩森林科学園は、森林総合研究所が蓄積してきた研究成果を基に、広く国民に森林・林業・木材産業について理解を深めていただくための普及・広報活動を行っている。園内の森の科学館、樹木園、試験林、及びサクラ保存林を活用して、研究資料の提供や研鑽の場としても大きな役割を果たしてきた。特に、効果的な普及・広報のために、園内を説明する各種パンフレットの作成、森林講座の実施、園内のガイドツアーの実施及びホームページの改良等を行った。また、展示に関しても多くの整備を行ってきた。例えば、森の科学館展示 :「木材クイズ」（2008 年）、樹木園展示 :「わたしはだれでしょう」（2007 年）の新設を行った。さらに、森の科学館展示:「身近な木を見てみよう」（2010 年）、「森林の学校」（2013 年）、「木育」（2014 年）、樹木園展示 :「森のポスト」（2013 年）を拡充した。このように多くのイベントを行い、一般来園者数の増加に努めた結果、最近は年間約 4 万人前後の入園者数を確保している。

以上のように、多摩森林科学園は第 2 期及び第 3 期中期計画において、科学園のミッションを達成すべく研究及び業務に取り組んだ。以下に、ここ 10 年間の歩みについて、研究分野別に成果を紹介する。

（窪野高徳）

2.1 都市近郊林の植生に関する研究

2.1.1 雑木林の放置と下層植生管理がもたらす生物多様性

東京都多摩地域にはかつては農用・薪炭利用によって落葉広葉樹二次林（雑木林）が広く存在した。雑木林は、都市近郊域における生物の生息地として重要である（守山 1998）が、化学肥料や化石燃料の普及に伴ってこれらの林は放置され、現在残存する林分の多く

は住宅地に囲まれた高齢の雑木林となっている。このような雑木林の中には、生物の保全などを目的にボランティアらにより林内植生を管理している例もある。このような管理では、多くの場合低木やササの刈取り作業が行われるが、上層木が伐採されることは少なく、草刈の頻度や時期は、伝統的な方法とは異なる場合が多い（島田ら 2008）。また長期間の放置後に管理が再開されている。そのため生物相も過去の薪炭林とは異なっている可能性がある。そこで本研究では、林床にアズマネザサや常緑低木が繁茂する放置林とこれを刈り取った管理林の植物種数の違いを検討した。調査は、東京都八王子市内の東京農工大学 Field Museum 多摩丘陵（FM 多摩丘陵）、都立七生公園、戸吹北緑地のコナラ二次林で行った。各調査地点において、林床の刈取り管理が行われている区域と放置区域それぞれに調査区を設置し、林分構造及び林床出現種について調査を行った。上記調査区に加えて、伝統的な林床管理が続けられている七生公園近くの民有地においても同様の調査を行い比較した。

その結果、草本層の出現種数は、刈取り管理区において放置区よりも多く、ササなど林床植生の刈取り管理は、草本層種数を増加させると考えられた。しかしながら、刈取り管理区で低木が少なくなっていたことから、刈取りによる更新木の密度低下が推察された。また同時に行われた昆虫相の調査結果では、刈取り管理区で放置区よりも多様性が低くなる場合もみられたことから、林床の草刈だけでは森林の生物相の保全には十分でない可能性も示された。雑木林の管理においては、単純に 1 つの方法を当てはめるのではなく、各地の環境や管理目的に合わせ、管理手法を選択する必要があると考えられた。

（岩本宏二郎）

2.1.2　都市化と植物相の変遷

都市近郊林は、都市化の進展の影響を受け、それにより植物相（ある地域に生息する植物の全種類）も影響することが予想される。しかし、その現状や過去からの変遷について、確かなデータによって検証された例はなかった。そこで、多摩森林科学園において草下・小林（1953）、林他（1965）、勝木他（2010）により過去 3 回作製されたフロラリスト（記録された全植物のリスト）の比較により、50 年間の変遷について分析した。

分析対象とした 931 分類群のうち、過去の分類群の総数は 790、現在の分類群の総数は 767 で、総数として大きな変化はなかった（表－ 1）。このうち、過去のみの分類群は 164、現在のみの分類群は 141、両方に共通の分類群は 626 で、 2 割弱の分類群は入れ替わっていた。

分析対象の中で、希少種（レッドリスト掲載種）は、延べ 102 分類群であった（表－ 1）。過去の希少種の総数は 93 分類群だったが、現在では 48 分類群と半減した。

希少種のうち、過去のみに出現した分類群は 54 分類群、現在のみは 9 分類群、両方は 39 分類群であった。過去のみの分類群の中で希少種は 32.9％を占めたが、両方、現在のみではそれぞれ 6.2％、6.4％であった。過去のみの希少種の割合を、現在の総数の中での割合と比較すると有意に高かった （カイ 2 乗検定、以下同じ、$P<0.01$）。

外来種についてみると、総数は延べ 139 分類群で、過去のみは 11 分類群、共通は 38

分類群、現在のみは 90 分類群であった。過去に記録された外来種の総数は 49 分類群だったが、現在の総数は 128 分類群となり激増した。過去のみと両方の分類群のうち外来種の割合はそれぞれ 6.7%、6.1%であったが、現在のみでは 63.8%を外来種が占めた。過去のみの外来種の割合を現在の総数の中での割合と比較すると有意に低く（P<0.01）、現在のみの外来種の割合を過去総数の中での割合と比較すると有意に高かった（P<0.01）。

すなわち、50 年間の植物相の変化では、消失と侵入が同じくらいであったために、全体の分類群数は大きくは変わらなかったが、2 割弱の分類群数は入れ替わった。その中で希少種は大きく減少し、一方で外来種は大きく増加し、質的には変化したことが分かった。

表－1　希少種と外来種の過去と現在における出現分類群数

		過去のみ n=164		両方 n=626		現在のみ n=141		過去総数 n=790		現在総数 n=767	
希少種	環境省	10	6.1%	3	0.5%	0	0.0%	13	1.6%	3	0.4%
	東京都	53	32.3%	38	6.1%	9	6.4%	91	11.5%	47	6.1%
	計	54	32.9%	39	6.2%	9	6.4%	93	11.8%	48	6.3%
外来種	国外外来	9	5.5%	32	5.1%	72	51.1%	41	5.2%	104	13.6%
	国内外来	2	1.2%	6	1.0%	18	12.8%	8	1.0%	24	3.1%
	計	11	6.7%	38	6.1%	90	63.8%	49	6.2%	128	16.7%

（島田和則）

2.2　森林の教育的利用に関する研究

多摩森林科学園は、森林総合研究所における森林の教育的利用に関する唯一の研究拠点として、森林教育の体系化を図るとともに、学校教育や市民活動の実践的な研究を行い、教育研究を活かした普及活動を行った。

2.2.1　森林教育の体系化

多様な実施者による森林体験活動の実態調査（滋賀県大津市、東京都八王子市）に基づき、森林教育の内容を「森林資源」、「ふれあい」、「自然環境」、「地域・文化」に整理するなど、森林教育内容の体系化を行い、これらの成果をまとめた冊子「森林教育って何だろう」、書籍「森林教育」を刊行した。また、多摩森林科学園を事例として、環境教育林の管理・運営の方法を検討した。この他、森林教育研究をレビューした。日本森林学会の学会誌等 18 誌の悉皆調査により森林教育に関する研究 448 件を抽出し、1980 年代までは散発的であった研究が、その後急増し 2000 年以降は毎年 20 件以上の研究がみられることや、研究で取り扱われるテーマが、当初の林業技術者を養成する専門教育から、近年には小学校における森林体験学習などの普通教育にまで広がってきていることを明らかにした。

2.2.2　学校教育における森林教育

連光寺実験林を活用して、森林生物（土壌動物、樹木、ネズミ）の簡略モニタリング法

を組み込んだ環境教育プログラムを開発し、小学校 5 年生の総合的な学習の時間における体験学習として試行し、指導者向け手引き「地域の森林を調べてみようー小学生と取り組む生き物調査と環境教育ー」を刊行するなど、小学校、中学校、高等学校における森林を活用した教育プログラムを開発した。また、視覚障害者向けの樹木学習教材の開発、実践を行った。

2.2.3　市民による都市近郊林管理・利用

都市近郊林における活動の実態調査から、市民による活動の多くが都市域に近くアクセス条件のよい丘陵や低地部に集中しており、奥山につながる山地部の利用活動は限定的であることを明らかにした。さらに、市民団体を対象とする調査から、都市公園や緑地保全地域を中心に、指定管理者、アドプト、ボランティア受け入れ等の制度を活用した都市近郊林管理への市民参加の仕組みを整理し、市民参加による都市近郊林管理の実効性や継続性に懸念がある実態を明らかにした。これらの研究成果に基づいて市民参加による都市近郊林管理の考え方を整理した冊子「都市近郊林管理の考え方ー市民参加のための手引きー」を作成した。

2.3.　森林教育の普及

2.3.1　研修

研究成果について教育現場を通じた普及を図るとともに、高等学校森林・林業関連学科教員向け研修「森林・林業教育セミナー（2006 ～ 2010 年）」、小・中・高等学校教員向け研修「森林教育のための教員研修（2013 ～ 2015 年､東京都共催）」を主催した。また、高校生対象「サマーサイエンスキャンプ（2007 ～ 2014 年、JST 主催）」の実施、県林務課や教育委員会主催の普及研修へ協力した。

2.3.2　学校連携

森林教育研究の推進と研究成果の普及を図り、学校教育において森林教育への取り組みを進めることを目的に、東京都立青梅総合高等学校（旧東京都立農林高等学校、2006 ～ 2010 年）、筑波大学附属坂戸高等学校（2007 ～ 2014 年）、東京都多摩市立連光寺小学校（2006 年～ 2015 年）との連携による森林体験学習の実践研究を行った。

（大石康彦・井上真理子）

2.4　都市近郊の森林における哺乳類の保全管理

東京都西部に位置する多摩森林科学園の試験林において、自動撮影法によって生息する哺乳類を調べたところ、2005 年と 2012 年の 7 年間で種類組成と撮影頻度が大きく変化した（田村・園田）。2005 年にはタヌキ、ハクビシン、アナグマなどの中型肉食獣が全体の 8 割以上を占めたが、2012 年には新たに侵入してきたイノシシが 4 割近くを占め、中型肉食獣の比率は減少した。2014 年にはシカの頻度が高くなってきた。哺乳類の種組成の変化や個体数増減は、奥山の自然環境や造林地の管理不足など、都市近郊の森林だけで

はなく、その背景にある周囲の森林環境と密接な関わりがあることが指摘されている。

一方、健全な森林の指標種とされるニホンリスについては、1996 年には多摩地域の 76 ヵ所の孤立林分のうちの 12 林分で生息が確認されていたが、10 年後の 2006 年には 3 ヵ所でしか生息せず、森林の孤立化や質の低下が影響していることが示唆された（田村 2011）。また、ニホンリスにとって、餌やすみかとなるアカマツがマツ枯れによって大きな被害を受けたことが、日本各地での個体数減少の要因であることが示唆された（田村 2007, 田村ほか 2007）。

都市近郊の森林では外来生物の侵入が大きな問題である。その 1 つとして、ペット由来の外来リス類（クリハラリス、キタリス）が野生化し、日本の生態系への影響が危惧されている。このため、早期対策に着手し、根絶するための手法を開発した（Tamura et al. 2013, 重昆ほか 2014）。

（田村（林）典子）

2.5　昆虫群集

2.5.1　都市近郊林の施業と昆虫群集

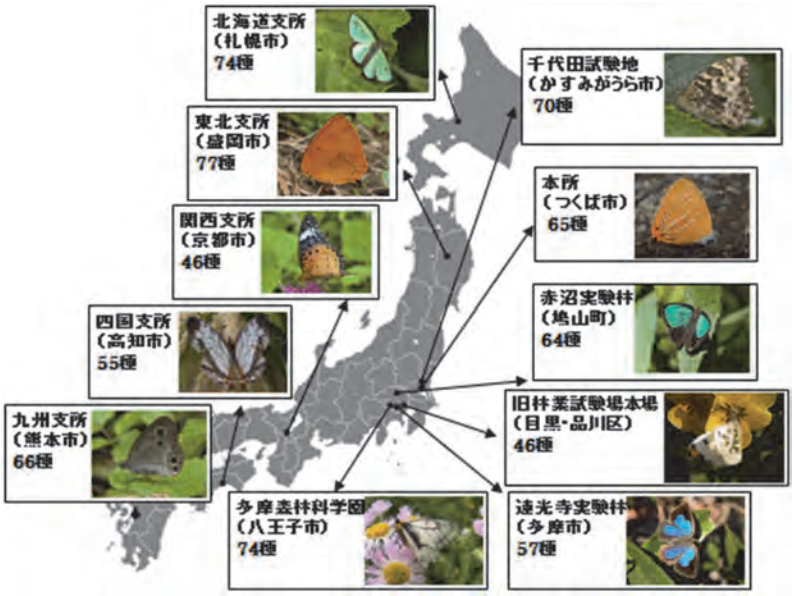
東京近郊の施業方法の異なるコナラ林でゴミムシ群集を比較したところ、疎林的環境で種多様度が高く、アズマネザサの繁茂した林では低かった。また、ササを刈りとって管理している場所では多様度はさらに低く、林床のササ排除が森林生物の多様性を高めるとする通説に反していた（松本 2005 ほか）。

試験研究機関や大学の敷地は、都市にあっても開発の影響を直接的には受けず、また一般に面積が広く、植物の種数も多く、森林的環境と草原的環境が入り混じった植生を持つ。このため、都市における昆虫の避難場所としての機能を持つと考えられる。全国 11 か所の森林総合研究所の本所・支所・試験地等においてチョウ類相を調べ、近年、絶滅または衰退した種、新たに侵入または増加してきた種にそれぞれ共通した特徴を抽出した。現在までにレッドリスト掲載種を含む 46 ～ 77 種のチョウが記録され、調査地がその地域を代表する多様性の高い場所であることが確認された（表－ 2、図－ 1;松本ら 2013, 松本・井上 2012, 佐藤ら 2015, 西多摩昆虫同好会 2012 ほか）。最近約 30 年間に、関東以南の各地では、分布を北上させる傾向の強い種や外来種、林内性の種が新たに加わった一方で、レッドリスト種の一部が見られなくなるなどの変化が起こっていた。特にマレー型または中華型の地理的分布をする種、自然度が高い環境を好む種、幼虫または蛹越冬の種が、都市近郊で衰亡しやすい種であると考えられた。長期間の群集データのある 2 か所で、管理とチョウ類群集の変化について検討した。

都市近郊緑地において昆虫の多様性を保つためには、①時期をずらしながら徐々に草刈りを行う、②薬剤散布を可能な限り控える、③草（ササ）刈りを強度に行わず、適度に放置するエリアを設ける、④高木樹種の高齢化を抑える（適度に伐採して更新する）等の管理が有効であると考えられた。

表－2　国のレッドリストに掲載されているチョウのうち現在でも森林総合研究所の支所等に生息している種

種名	レッドリストの分類	生息している支所等
ツマグロキチョウ	絶滅危惧IB類	九州支所（本所，千代田試験地でも近年の記録がある）
ウラギンスジヒョウモン	絶滅危惧II類	北海道支所，東北支所
オオイチモンジ	絶滅危惧II類	北海道支所
ウラナミジャノメ	絶滅危惧II類	九州支所
カバイロシジミ	準絶滅危惧	北海道支所
オオムラサキ	準絶滅危惧	東北支所，千代田試験地，赤沼実験林，多摩森林科学園
ギンイチモンジセセリ	準絶滅危惧	北海道支所，本所
スジグロチャバネセセリ	準絶滅危惧	東北支所



図－1　森林総研の本所・支所・試験地等でこれまでに記録されたチョウの種数

2.5.2　絶滅危惧種の生理・生態研究

ルーミスシジミ（絶滅危惧 II 類）の野外での発生経過、幼虫の発育や蛹化時の生態（井上 2013）、ギンイチモンジセセリ（準絶滅危惧）の越冬幼虫の生理（Inoue 2012）などを明らかにした。

（井上大成）

2.6　サクラの系統保存に関する研究

サクラの栽培品種は、江戸時代にその大部分が生まれたと考えられているが、明治時代に東京の荒川堤（江北村）に江戸時代から伝わるサクラが収集されたことによって、現在に様々なサクラが伝わっている。1910 年代に荒川堤を中心に分類学的研究が行われたが、その後のコレクションの消失や再生などによって、現在では同名異種や異名同種などの分類学的な混乱が生じている。そこで、花などの形態解析と遺伝子解析の統合による正確な

識別技術を開発して、森林総合研究所多摩森林科学園・国立遺伝学研究所・新宿御苑の 3 機関に収集されている多数の栽培品種について、分類体系の再編を行った。

3 機関の計 1,479 個体のサクラについて、多型性の高い 17 座の SSR マーカーを用いて DNA 分析を行った結果、222 クローン、215 栽培品種にまとめられた（Kato et al. 2012）。この中には、これまで異なる栽培品種として扱われていたものが、同じ形態を持つことに加え同じクローンであることが示され、1 つの栽培品種としてまとめられたものがある。その一方、同じ遺伝子型を持ちながら、明らかに形態が異なる例も見られた。これは枝変わりによる突然変異に由来するものであり、改めて遺伝子型だけでは正確な栽培品種の同定が行えないことが示された。

次に、識別の精度を落とさずになるべく少ない遺伝マーカーで効率よく識別できるようにマーカーセットを検討した。最終的に 26 座の DNA マーカーについて検討し、この中から特に多型性の高い 9 座のマーカーセットを用いることにより、17 座あるいは 26 座と同等の精度の識別が可能であることが確認された。そこで、3 機関以外の全国の主要なサクラ集植機関（北海道松前町松前公園、東大日光植物園、日本花の会結城農場、東大小石川植物園、東京都神代植物園、東京都小金井公園、石川県林業試験場、京都府立植物園、京都御所、京都御苑、植藤造園、大阪市大植物園、福岡市植物園、熊本市監物台樹木園など）のサクラ 594 個体について、形態及び 9 座の DNA 変異について調査した。この結果、先行研究で調査した 3 機関で保存されている栽培品種のクローンと一致するものが 411 個体、3 機関には保存されていないものが 183 個体確認された。3 機関に存在していたサクラとクローンとして同じであっても、異なる名称や由来を持つ個体も多く、改めて地域や機関によってその伝わり方に違いが生じていることが明らかとなった。一方、3 機関に存在していなかったサクラについては、今後、分類学的な再検討をより詳細に行う必要があることが示された。

また、各栽培品種の起源を推定するために、多型性の高い 26 座の SSR マーカーを用いて、その成立に関与したと思われる野生分類群の推定を行った（Kato et al. 2014）。この結果、多くの場合は外部形態に基づく従来の推定をおおよそ反映するものであったが、外部形態だけでは検出できない関係も示唆された。こうして示された結果は F_1 雑種まではほぼ正確に示していると考えられ、‘染井吉野’がエドヒガンとオオシマザクラの種間雑種であることをはじめて DNA マーカーを用いて示すことができた。

全国には他にも重要なサクラ集植機関があり、サクラを遺伝資源として有効に活用するためには、正確な識別に基づく適切な管理体制の構築が望まれている。そこで、多摩森林科学園ではこれまでの研究成果を公表する（森林総合研究所多摩森林科学園 2014, 勝木 2015）とともに、「サクラ系統保全のための集植機関担当者による情報交換」のためのメーリングリストを開設することによって、本研究の成果の活用を行っている。

（勝木俊雄・加藤珠理）

2.7　一般入園者の動向

近年、有料入園の開始当初と比較して入園者数が減少してきている。しかし、各種の観

察スポットや解説板の整備、公開講座・観察会・ガイドツアー等の充実を図る努力をしてきた結果、特にサクラ開花時期以外（5 月～ 2 月）の入園者数の減少に歯止めがかかりつつある。これは平成 26 年 3 月から年間パスポートチケットを導入したことも相まって、科学園を頻繁に訪れる学習意欲の高いリピーターの割合が増加した結果であると考えられる。

平成 24 年 7 月から入園者の動向を把握するためのアンケート調査を実施し、平成 27 年 7 月までに約 6000 名から回答を得た。アンケートの設問は、来園回数、科学園を知った情報源、野外解説施設の利用状況、目的、年齢、性別、居住地、科学園が研究施設であることの認識状況、自由記入意見からなっている。来園回数が 2 回以上の人は回答者の半数を超え、最高では年間約 100 回入園すると記入された例もあり、科学園の公開業務がリピーターによって支えられていることが明らかになった。科学園のことを知った情報源としては「人から聞いた」が半数近くを占めていた。ホームページ利用者は年々増えつつあるが、来園者の多くが高齢者であることを考慮すると、ホームページの充実以外に印刷・掲示等の媒体による周知もさらに必要であると考えられる。回答者の約 6 割が 60 歳代以上であったが、40 歳代以下の若い人の割合が増加傾向にあることから、今後、幅広い年齢層を対象とした公開戦略が必要である。来園目的では自然観察（樹木、鳥獣、昆虫等）が全体の約 4 割を占め、サクラ見学と散歩・ウォーキングなどがこれに次いだ。時期による目的の違いは大きく、4 月に限ればサクラ見学が最も多く、また野鳥観察は冬に多い傾向があった。すなわち、季節に応じた展示などを工夫していく必要がある。居住地は東京都が約 7 割を占め、次いで神奈川県、埼玉県、千葉県の順で、特に中央線・京王線沿線の人が多いと推定された。北海道や沖縄県、海外からの来園者もあった。自由記入意見では、園内の自然の管理、野外解説施設やガイドに対する好意的な意見が多かったものの、施設の改善や観察会の開催等に関する要望も少なくなかった。これらの要望を基に、平成 25 年度以降、野外トイレ・ベンチの増設、あずまやの新設、年間パスポートの導入、パンフレット・解説板・観察スポット・展示等の改善および増設、休日の野外ガイドの導入、イノシシおよびシカ対策のための電気柵の設置（非公開エリア）などの整備が行われた。

（井上大成）

3. 今後の課題

多摩森林科学園の今後の研究課題は、地域性を活かして「都市近郊林が有する多面的機能を発揮させるための管理・利用技術の開発」及び「サクラの系統保存と利用に関する研究」を柱として掲げ、第 3 期中期計画においてやり残した課題をベースに、将来の研究ニーズを見据えながら、研究を展開して行かなければならない。都市近郊林の有する多面的機能の発揮に関する分野では、現代の都市近郊林の適切な保全・利用のため、旧来とは異なる自然的背景（孤立・断片化、外来種の増加など）や、社会経済の変化（森林の生業からの乖離）を踏まえ、旧来のやり方では対応できない状況に対して、現代的な森林管理技術を体系化することが必要である。生物多様性保全の研究では、今後も長期的視野に立って、都市近郊林の昆虫相の変化や哺乳類の生息状況の変遷を継続して記録することが重要である。また、森林の教育的利用に関する研究では、利用技術の体系的整備が

必要であり、教育活動の実施体制モデルを基に、教育内容の実施や研修に関する技術を開発する必要がある。さらに、サクラの系統保存に関する研究では、第 3 期中期計画で開発した DNA 解析によるサクラ栽培品種の識別法を活用して、国内及び海外におけるサクラ栽培品種の分類体系を確立するとともに、国際的にサクラの遺伝資源管理体制の確立を目指す。最後に、森林総合研究所が蓄積してきた森林・林業に関する研究成果の普及機関としての役割では、国民の理解を一層深めるため、森の科学館の展示、樹木園・サクラ保存林の整備、そして、公開講座や森林ガイドツアー等を効率的に活用して、市民に広く開かれた魅力ある科学園として整備して行かなければならない。

（窪野高徳）

文　献

林弥栄他（1965）浅川実験林内天然林の生態学的研究. 林業試験場研究報告, 177, 1-86.

井上真理子他（2010）森林教育が内包する内容の分類. 日本森林学会誌, 92-5, 79-87.

井上真理子他（2014）「教育のための森林」の公開のために必要な管理、運営－多摩森林科学園を事例とした分析－. 森林計画学会誌, 47-2, 103-116.

Inoue T. (2012) Effects of temperature on the development of overwintering immature stages of the near-threatened butterfly *Leptalina unicolor* (Bremer & Grey) (Lepidoptera: Hesperiidae). Entomological Science, 15, 180-188.

井上大成（2013）ルーミスシジミ房総半島個体群の卵, 幼虫, 蛹の発生消長と発育経過. 蝶と蛾, 64, 61-74.

Kato, S., Matsumoto A., Yoshimura K., Katsuki T., Iwamoto K., Kawahara T., Mukai Y., Tsuda Y., Ishio S., Nakamura K., Moriwaki K., Shiroishi T., Gojobori T., and Yoshimaru H. (2014) Origins of Japanese flowering cherry (*Prunus subgenus Cerasus*) cultivars revealed using nuclear SSR markers. Tree Genetics & Genomes., 10, 477-487.

Kato, S., Matsumoto A., Yoshimura K., Katsuki T., Iwamoto K., Tsuda Y., Ishio S., Nakamura K., Moriwaki K., Shiroishi T., Gojobori T., and Yosimaru H. (2012) Clone identification in Japanese flowering cherry (*Prunus subgenus Cerasus*) cultivars using nuclear SSR markers. Breeding Science, 62, 248-255

勝木俊雄（2015）桜. 岩波書店, 228pp.

勝木俊雄他（2010）森林総合研究所多摩森林科学園の野生植物. 森林総合研究所研究報告, 9, 207-225.

草下正夫・小林義雄（1953）浅川実験林の野生植物. 林業試験場研究報告, 63, 89-114.

松本和馬（2005）森林総合研究所多摩試験地および東京都立桜ケ丘公園のゴミムシ群集と林床植生の管理. 環動昆, 16, 31-38.

松本和馬・井上大成（2012）森林総合研究所赤沼実験林のチョウ類相. 蝶と蛾, 63, 151-163.

松本剛史・佐藤重穂・井上大成（2013）森林総合研究所四国支所のチョウ類相. 森林総合研究所研究報告, 12, 111-124.
守山弘（1998）生物の生息地としての里山. ランドスケープ研究, 61, 281-283.
西多摩昆虫同好会（2012）新版東京都の蝶, けやき出版.
大石康彦　他（2009）森林教育って何だろう. 森林総合研究所, 133pp.
大石康彦　他（2011）地域の森林を調べてみようー小学生と取り組む生き物調査と環境教育. 森林総合研究所, 122pp.
大石康彦　他（2012）森林体験活動の体系的整理ー実践者たちの認識に基づく分類ー. 野外教育研究, 15-2, 9-20.
大石康彦　他（2014）わが国森林学における森林教育研究ー専門教育および教育活動の場に関する研究を中心とした分析. 日本森林学会誌, 96, 15-25.
大石康彦　他（2014）わが国森林学における森林教育研究ー 1980 年代から 1990 年代に開始された研究を中心とした分析. 日本森林学会誌, 96, 274-285.
大石康彦　他（2015）都市近郊林管理の考え方ー市民参加のための手引きー. 森林総合研究所, 14pp.
大石康彦・井上真理子（2015）森林教育. 海青社, 244pp.
佐藤隆士・濱口京子・浦野忠久・井上大成（2015）森林総合研究所関西支所のチョウ類相. 環動昆, 26, 1-10.
重昆達也・御手洗望・金田正人・山﨑文晶・森﨑将輝・津田朋香・小野晋・繁田祐輔・繁田真由美・草出諒・田村典子（2014）埼玉県入間市で野生化しているクリハラリス *Callosciurus erythraeus* の初期防除の試み. 埼玉県立自然の博物館研究報告 8, 19-32.
島田和則他（2008）東京都多摩地方南西部におけるコナラ・クヌギ二次林の群落構造および種数の管理形態による差異. 植生学会誌, 25, 1-12.
島田和則他（2014）東京多摩地方南西部の都市近郊林における植物相の変遷ー 50 年間のフロラリストの比較ー. 植生学会誌, 31, 71-84.
森林総合研究所多摩森林科学園（2014）サクラ保存林ガイド. 森林総合研究所多摩森林科学園, 112pp.
Tamura N., Kasahi T., Kaneda M., Mitarai N., Shigeta M., Shigeta Y., Yamasaki F., Morisaki M., Tsuda T., Ono S., Hasegawa N., and Waguri, M. (2013) Sound playback surveys to reveal the distribution of invasive alien Pallas's squirrels, *Callosciurus erythraeus*. Mammal Study, 33, 97-103.
田村典子（2007）山梨県における材線虫病被害とニホンリスの生息状況. 森林野生動物研究会誌, 33, 20-24.
田村典子（2011）リスの生態学, 211pp, 東京大学出版会.
田村典子・松尾龍平・田中俊夫・片岡友美・広瀬南斗・冨士本八央・日置佳之（2007）中国地方におけるニホンリスの生息状況. 哺乳類科学, 47, 231-237.
田村典子・園田陽一（2014）東京都西部の都市近郊林における哺乳類相の急速な変化 . 森林防疫, 63, 15-18.

Ⅲ. 育種部門の動向

育 種 部 門 （林木育種センター）

はじめに

我が国の人工造林の歴史は古く、特にスギ、ヒノキについては、数百年にさかのぼる。特にスギは、300 ～ 400 年前に始められたと言われ、さし木造林については、京都北山の例が1400年ごろと最も古く、九州では1600年ごろの大口・人吉の直ざしの記録がある。

江戸時代には、吉野地方を代表する実生苗造林と九州地方を代表するさし木造林に大別される。実生苗造林では採種母樹を選択することの重要性が認識されていた。また、さし木造林は各藩が焼畑との組み合わせで奨励したことに起因したといわれ、初期段階ではさし木発根性に対する選択が働き、その後、発根性が高い個体群から成長、幹の通直性などの優れた個体が篤林家によって選択され、北山、飫肥、日田などにおける 200 を上回るスギのさし木在来品種が形成された。

明治時代以降は国や地方自治体による種苗制度が整えられ、戦時下の昭和 14 年には国内の森林資源の保続造成のため、種苗の良否は造林の成果を左右するとの純粋な技術的理念に基づいた林業種苗法が制定されたものの、本格的な育種研究を含めた国の林木育種事業の開始には至らなかった。

戦中・戦後に過伐によって荒廃した森林に対する造林は、各種施策等が功を奏し、昭和 31 年には造林未済地の解消に至った。しかし一方では、将来急増が予想される木材需要に対処するためには、造林面積の絶対量の増大のみではまかないきれないという認識が高まり、他方大学、林業試験場等における林木育種研究の進展に加え、昭和 27 年に林木育種の研究者であるスウェーデンのＢ・リンキスト教授の来日等を機として、昭和 29 年度から国有林、30 年度からは一部の民有林において、精英樹選抜育種事業が国家的な林木育種事業の一環として開始された。合わせて、昭和 32 ～ 33 年にかけ国有林・民有林を通じた育種事業の中核となる国立林木育種場が関東、北海道、九州、東北、関西に設置された。

その後、林木育種場の組織は、昭和 53 年の国有林野事業特別会計から一般会計への一部移替（平成 5 年に一般会計への移替を終了）され、平成 3 年には、組織の再編整備による北海道、東北、関西、九州の各育種場を内部組織とする林木育種センターが関東に設置された。さらに、平成 13 年には、中央省庁等の改革に伴う独立行政法人化、そして平成 19 年には独立行政法人森林総合研究所と統合し、同時に森林バイオ研究センターが併設された。

近年の林木育種における研究・開発の大きな流れとしては、精英樹選抜育種事業の成果を受け、昭和 39 年以降は次代検定林を設けて選抜された精英樹の評価を行い、その後、平成元年からは精英樹同士の交配による F_1 の検定林（育種集団林）を設けて評価を行った。平成 24 年からは成長等に優れた系統であるエリートツリー（第 2 世代以降の精英樹）の選抜・開発が開始された。林木育種事業が開始されて以降半世紀を超えるが、エリートツリーの開発は、長期にわたる着実な取り組みがもたらした大きな成果であり、我が国の林

木育種の歴史にとっては、大きな節目になるものである。

一方、平成 25 年 5 月には「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」の一部が改正され、森林の二酸化炭素吸収能力を強化するため、従来の 1.5 倍以上の成長等を示す樹木を「特定母樹」として農林水産大臣が指定することとなり、森林総合研究所林木育種センターには「特定母樹」の原種の配布に努める旨が定められた。平成 26 年度末までに指定された「特定母樹」の 8 割以上をエリートツリーが占め、配布数も 200 系統を超えた。

さらには、花粉症対策品種・マツノザイセンチュウ抵抗性品種などの新品種の開発、林木遺伝資源収集・保存、分子育種技術を活用した林木育種の高度化に関する研究、スギの遺伝子組換えによる無花粉化技術の開発、ケニアにおけるメリアやアカシアの優良系統の選抜や採種園の造成など海外協力や共同研究など全国及び海外における成果、北海道において、「水食い材」が発生するトドマツについて成長が優れかつ心材含水率の低い品種の開発やエゾマツのコンテナ苗木における育苗期間短縮技術の確立、東北において、東北地方海岸林再生に向けたマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ種苗生産を飛躍的に向上させるための技術開発や岩手県陸前高田市の「奇跡の一本松」の後継樹の育成、関西において、抵抗性アカマツの次世代化や無花粉スギ「スギ三重不稔（関西）1 号」の開発、九州において、抵抗性クロマツの次世代化やクロマツのさし木技術の開発など地域のニーズに対する成果など、様々な成果が生まれている。

今後は、ニーズを踏まえた第 3 世代精英樹を含めた品種等の開発と、成長に係る特性が優れ花粉発生源対策に資する品種等の開発に必要な技術の早急な開発を進める必要がある。これに関して、林木ジーンバンク事業では、①育種素材の補完、②有用樹種の新需要の創出、③希少遺伝資源の保全を行うとともに、収集・評価手法の開発や近交系等の高度な育種研究材料の創出、広葉樹種子や栄養体を対象とした施設保存技術等の高度化を行う必要がある。さらに、森林バイオ研究関連では、新たな品種開発のための取組等として、遺伝子組換え無花粉スギの雌性不稔化技術の開発、「新育種技術（New Breeding Techniques）」の林木への適用、マツノザイセンチュウに対する抵抗性や感受性の機構の分子レベルでの解明、林木の組織培養技術の高度化を進めていく必要がある。加えて、これらの研究開発も踏まえて熱帯樹種等についての林木育種技術の開発を行い、この技術を海外技術協力において活用していくことで、乾燥化、風水害の激化等に直面する開発途上国に対して大きな貢献ができると考えている。

一方、地域への対応については、北海道育種場では北方樹種でのエリートツリー等の開発、東北育種場では降雪地帯での雪害抵抗性品種等の開発、関西育種場ではマツノザイセンチュウ抵抗性品種等の開発、九州育種場では第 3 世代精英樹の開発など、地域ニーズに対応した様々な研究開発をさらに進めていくとともに、特定母樹等これら開発した品種の原種配布を円滑に進める必要がある。

育種部

1. 研究または事業の動向

林野庁が定めた「林木育種事業指針」に基づき、昭和 32 年より精英樹選抜育種事業が開始され、スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、カラマツ等の針葉樹、ブナ等の広葉樹から 9,291 の精英樹が選抜された。これら第 1 世代の精英樹の系統評価を進め、昭和 55 年からは「交雑育種事業化プロジェクト」が、またその後平成 11 年度からは「育種集団林造成プロジェクト」が推進され、第 2 世代精英樹選抜に向けた育種集団の造成が進められてきた。育種目標としては、成長、材質、気象害抵抗性、病虫害抵抗性、雄花着花性といった形質を育種形質とした育種が進められてきた。これらの育種形質の重要性は引き続き変わらないが、それとは別に、林業の成長産業化に向けた省力化林業のための初期成長の改良や、花粉症対策に資する雄花着花性（少花粉、無花粉）の改良の重要性が増してきた。また、地球温暖化への育種的な対応として、林木による二酸化炭素の吸収固定やバイオマス・エネルギーへの貢献という観点から成長量と材密度が共に優れた品種やバイオマス生産量の大きい品種の創出といった新たな育種的展開も出てきた。

林木育種では、交配から検定、選抜までに長年を要し、また環境変動の大きい山地において検定することから、精度の高い系統管理、環境情報の集約化、有益な遺伝情報を抽出するための統計手法といった多面的な技術開発が必要である。近年の関連分野の技術的進展を活かしつつ、DNA 分析による系統判別、IC タグ等を用いた系統の標識、GIS 技術を用いた環境情報の統合、統計解析技術の高度化、ゲノム情報を活用した育種技術の開発といった多くの点で研究を進展させた。

（高橋誠）

2. 研究または事業の成果

2.1 精英樹の次世代化に関する研究

2.1.1 第 2 世代精英樹の選抜

第 2 世代精英樹集団として、当初は精英樹系統苗の事業造林地から優れた精英樹後代を選抜することが考えられていたが、両親系統の明らかでない造林地での選抜は、近交弱勢等の問題が生じる恐れがあるため、両親の明らかな種子による育種集団を造成し、これらから第 2 世代の選抜を行うことになった。その後、交配実生集団から成る「育種集団林」の造成が進められ、平成 24 年度までに全国で 99 カ所が造成されており、第 2 世代精英樹候補木の選抜は、これら育種集団林や一般次代検定林や遺伝試験林から行われている。第 2 世代精英樹（エリートツリー）は、候補木の中から成長性が優れる等、基準を満たす系統が選抜されている。

2.1.2 系統・個体評価における育種価の導入

第 2 世代精英樹候補木は、篤林家による選抜や選抜指数法を用いた選抜により行ってき

た。前者は表現型に重きをおいた選抜であるのに対し、後者は家系の一般組み合わせ能力に重きをおいた選抜手法で、形質ごとに重み付けをした複数形質を同時に改良することを目的とした前方選抜を行うのに有効な手法である。一般組み合わせ能力を 2 倍して得られる育種価は、近年の解析手法（REML/BLUP 法）の発展により、後代検定データと家系（Sire）モデルに基づく「親の育種価」と同時に、個体（Animal）モデルに基づく「個体の育種価」の予測が可能となっている。育種価は、第 2 世代精英樹候補木の選抜指標となるにとどまらず、多世代間の比較も可能であり、遺伝獲得量の算出も容易となる。

個体モデルに基づき、これまでに選抜したスギ第 2 世代精英樹候補木と、第 1 世代精英樹の個体の育種価（関東育種基本区スギ 10 年次材積）を算出した。候補木には、篤林家による選抜個体も含まれるため、材積の育種価が小さいものもあったが、概ね第 1 世代精英樹の上位と同程度の水準であり、遺伝獲得量は 13.3%と試算された。

2.1.3　育種集団形成における遺伝獲得量と遺伝的多様性の両立

育種価に基づく第 2 世代精英樹候補木の選抜は、選抜強度を高くすることで大きな遺伝獲得量を得られるが、特定の家系に偏り、育種集団の遺伝的多様性が減少する可能性がある。このため、選抜時における家系（交配組み合わせ）に対する考慮の有無や、選抜家系数を変化させ、それに伴う獲得量および多様性の変化をシミュレーションした。家系を考慮しない場合の選抜結果は、獲得量は増大するものの、多様性が著しく減少した。また家系あたり 1 個体選抜するとした場合、選抜家系数により獲得量は変化したが、上位 2/3 程度の家系数であれば、獲得量と多様性を維持することが可能であることが示唆された。

2.1.4　多数のデータを利用した系統評価の統計解析手法の高度化

我が国の複雑な地形や気象環境の影響により、育種価等の遺伝的能力の正確な評価が困難となる。このため、より多くの情報を予測モデルに組み入れることにより、評価精度の向上を図った。個体の位置情報を利用することにより、微環境の効果を考慮した育種価の予測が可能となった。また、複数年次・複数試験地の測定データを利用することにより、遺伝的能力の予測精度が向上し、また任意の年次の遺伝的能力が予測できることが示された。

（平岡裕一郎・三浦真弘・武津英太郎）

2.2　省力化林業に役立つ品種開発に関する研究

近年、林業は材価の低迷に伴う採算性の低下、労働力不足、あるいは担い手の高齢化等によって、植栽後に十分な保育が実施されない場合や伐採後に再造林が行われない場合がある。下刈り作業は保育に必要な経費の 36%を占め（50 年生スギの場合）、炎天下に行われる過酷な作業であるため、その省力化が育林コストの低減、ひいては再造林意欲の向上に有効であると考えられる。

2.2.1　品種の開発，普及および利用に関する研究

省力化林業に役立つ品種開発の可能性を検討するため、林木育種センターでは下刈り省力化施業のスギさし木クローンの成長への影響を調査する試験を実施し、初期成長にはクローン間差があること、様々な下層植生条件下（草本主体、先駆樹種主体、先駆樹種＋常緑広葉樹）において基本的には通常施業下で成長のよい系統が無下刈り施業下でも成長がよいことが明らかになったが、一部の試験地では下刈り処理とクローンの間に比較的弱い交互作用が検出された。また、無下刈り後の除伐の影響を含めた詳細な解析を行い、広葉樹による被圧に対する伸長成長の低下と除伐後の成長回復の早さにクローン間差を検出し（平岡ら 2013）、クローンの初期成長と除伐後の成長回復の速さの間に弱い正の相関がみられた。これらの知見から、一般に初期成長に優れるクローンが下刈りを省力化した施業、つまり省力化林業に役立つことが明らかとなった。

2.2.2　品種開発

林木育種センターは、省力化林業に資するため、下刈り省力化施業に適する 62 の初期成長に優れたスギ品種を平成 24 ～ 26 年度に開発した。これらの品種は 5 年次の樹高が特に優れ、その他に特段の欠点がないことが検定林の調査データによって明らかなものである。

（松永孝治・平岡裕一郎）

2.3　花粉症対策品種の開発に関する研究

花粉症対策品種として、これまでに 137 の花粉の少ないスギ品種（少花粉スギ）と 56 の花粉の少ないヒノキ品種（少花粉ヒノキ）が選抜されており、花粉症が特に問題となっている首都圏周辺地域を中心に普及が進んでいる。一方、雄花着花量の遺伝性に関しては詳細な研究が行われてこなかった。少花粉スギはすでに多く植栽されており、将来的にどの程度の花粉が生産されるのかを把握するためにも遺伝性の調査・研究は急務であった。また、雄花は着生するが花粉を全く生産しない「無花粉（雄性不稔）スギ」の開発も進められてきた。林木育種センターでは「爽春」、「スギ三重不稔（関西）1 号」を開発し、その普及を進める一方でこれらの雄性不稔スギと成長が良好な精英樹との交配により、成長量の改良を進めている。現在、F_2 世代からの新たな無花粉スギの開発、F_3 世代の作出を進めている。

2.3.1　雄花着花量の遺伝性に関する研究

花粉の少ないスギを含むスギ精英樹 6 クローンを交配親とする 20 家系の不完全フルダイアレル家系を用いて、ジベレリン処理による雄花着花量を 3 年間にわたって調査した。花粉の少ないクローン同士を交配した場合の後代家系では少なく、多いクローン同士の場合は多い結果となり、雄花着花量の狭義の遺伝率を算出したところ、0.777 ± 0.339（標準誤差）～ 1.050 ± 0.346 と高い値を示し、雄花着花量は非常に遺伝性の高い形質であることが明らかになった（Tsubomura et al. 2012）。

2.3.2　新たな雄性不稔スギの開発

雄性不稔スギは 1 対の劣性遺伝子に支配されており、F_1 ではヘテロとなり、雄性不稔形質は発現しない。F_1 同士を交配した F_2 では雄性不稔スギが 1/4 の割合で出現する。これまでに約 70 系統の F_2 家系、戻し交雑家系を作出し、700 個体以上の雄性不稔個体を作出した。現在これらの一部は試験地において成長量調査を行い、対照の精英樹のオープン実生平均より成長が良好な雄性不稔個体については、さし木クローン検定を行っている。今後、これらの個体から成長の優れた新たな雄性不稔スギを開発する予定である。さらに、成長が良好な F_2 雄性不稔個体と精英樹、エリートツリーの交配を進め、成長の改良を進めている。

（坪村美代子）

2.4　マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発に関する研究

20 世紀初頭に九州地域に侵入したマツ材線虫病はマツ林に著しい被害を与えながら北上し、現在では北海道を除くすべての都府県で被害が認められている。昭和 53 年より林木育種センターはマツ材線虫病対策として、西日本地域でマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業を実施し、遺伝的な抵抗性を持つ品種を選抜してきた。東北地方等は平成 4 年度以降に抵抗性育種事業が始まり、平成 18 年度時点において品種数が相対的に少なく、更なる品種の開発が望まれていた。西日本地域では初期に開発された抵抗性品種由来の実生苗（抵抗性種苗）の生産が本格化し、各地に抵抗性マツ林が造成された。しかしながら、抵抗性マツ林において材線虫病による枯損の発生が報告されることがあり、より抵抗性の高い種苗への要望が高まっている。また、抵抗性種苗の性質を把握し、温暖化対策を含めた適切な利用方法の確立が求められている。

2.4.1　マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

林木育種センターは各府県と連携を行いながら、平成 18 年度までに抵抗性アカマツ 142 品種、抵抗性クロマツ 64 品種を開発した。森林総合研究所と統合した平成 19 年度以降は品種数の少なかった東北地方等を中心に品種開発を進め、平成 26 年度までに全国でアカマツ 221、クロマツ 154 の抵抗性品種を開発しており、各育種基本区の抵抗性品種が充実してきた。事業の歴史が長い西日本では抵抗性品種同士の子供から次世代品種の開発に着手しており、九州育種基本区では 7 のクロマツ第 2 世代品種を開発している。

2.4.2　品種の開発，普及および利用に関する研究

抵抗性マツの品種開発には、昭和 53 年に始まる抵抗性育種事業の初期にはマツ材線虫病被害林分の生存個体を候補木として接ぎ木増殖を行い、線虫の人工接種によって品種を選抜する方法が用いられたが、その後、採穂、接ぎ木の労力軽減のため、被害林分の生存個体の実生後代を候補木として線虫の接種によって選抜する手法が開発され、用いられた。これら 2 つの選抜手法で開発される抵抗性品種の抵抗性は同等であるのかを、各選抜

手法で開発された品種の自然交配家系を育成して接種検定を行い検討したところ選抜手法間で抵抗性に差は検出されず、いずれも有効な品種開発手法であること、いずれにおいても家系間で抵抗性に差が認められ、抵抗性の更なる遺伝的改良が可能であることが示された。また、この調査により抵抗性品種の相対的な抵抗性レベルについてデータの集積を図った。

マツ材線虫病はマツ、線虫、媒介昆虫の 3 者によって構成される感染症であり、抵抗性育種事業はこれらの各者とその相互作用に環境要因が影響する系の中でマツの遺伝的な抵抗性を高める試みで、このマツ材線虫病の系をよりよく理解することが効果的な選抜手法や利用方法（選抜時に用いる線虫の種類や頭数、あるいは選抜時の環境条件等や抵抗性種苗の利用可能地域や管理方法等）の確立に結びつくと考えられる。そこで、抵抗性マツと線虫の関係性を明らかにするために、抵抗性の異なるクロマツオープン実生 8 家系に線虫（島原）を様々な濃度で接種した。その結果、抵抗性種苗は普通種苗に比べて発病に至る感染線虫頭数の閾値が高いことが示された。また、線虫の接種頭数の増加に伴い枯損率は上昇するものの、接種頭数とマツ家系の交互作用は検出されなかった。これらの結果は一定量の線虫の接種によるマツ家系の抵抗性評価手法に科学的な基礎を与える。また、マツ 7 家系に、病原力の異なる 4 種の線虫の濃度を変えて接種した場合、マツ家系、線虫の種類、接種頭数によってマツの枯損率は変化したが、マツ家系と線虫の種類、マツ家系と接種頭数の間の交互作用は検出されなかった。また、抵抗性マツと環境要因の関係性を明らかにするため、西日本で開発された抵抗性クロマツ品種のオープン実生 6 家系を林木育種センター（茨城県）と九州育種場（熊本県）で養苗し、線虫を接種して枯損率を比較したところ、2 地域間の家系平均枯損率に高い正の相関（0.69-0.87）が認められ、家系の抵抗性の順位は地域間で概ね安定していることが示唆された。茨城県と熊本県はクロマツの種苗配布区域の第二区に該当し、相互に種苗の配布が可能とされている。異なる気候地域における抵抗性の発現に関する情報は実際の種苗の移動や植栽地域を考える上で重要であるため、今後異なる種苗配布区域に移動した場合について交互作用の有無について検討していく必要がある。

抵抗性マツの今後に向けたよりよい普及と利用のためには、抵抗性マツが植栽された林分の状況の把握やさし木による増殖の検討も重要である。そこで、抵抗性マツ林が植栽されている林分の被害状況の調査を西日本地域を中心に実施している。調査の結果、熊本県水俣市の試験地では抵抗性アカマツのオープン実生家系は非抵抗性の家系に比べて枯損が拡がりにくいという結果を得た。また、関西地域では県と協力して抵抗性マツ造林地の大規模な調査を実施中である。さし木による増殖の検討では抵抗性クロマツの種苗をさし木で大量生産するための技術開発を実施した。一般にクロマツは難発根性樹種とされるが、適切な系統の選択、萌芽枝の利用、小さな穂の利用、床替え時期の検討等によって得苗率の向上や苗出しに必要な期間の短縮が可能となった。

（松永孝治・平尾知士）

2.5　材質優良品種の開発に関する研究

材質は林木育種を進める上で重要な形質であるため、林木育種センターは 1992 年から主にスギを対象として「材質育種事業化プロジェクト」を行い、育種による材質改良効果が大きいことを明らかにした。その一方で、材質調査は供試個体の伐倒を伴うため、立木状態で材質を推定できる手法の研究と、その手法を用いた品種開発技術の開発が重要な課題となっていた。

2.5.1　簡易かつ迅速な材質評価法の開発

材質評価における伐倒調査の短所は、多くの労力・経費を要すること、伐倒によりそれ以降の調査が実施不可能となることである。このため、供試個体の伐倒を伴わず、簡便かつ迅速に材質を測定できる手法の開発に様々な機関が取り組んできた。林木育種センターでは、優良品種の開発を目的として携帯型の計測機器である FAKOPP（FAKOPP 社製、ハンガリー）や Pilodyn 6J Forest（Proseq 社製、スイス）から得られる測定値とヤング率や密度との関係を調査してきた。藤澤ら（2003）はスギで FAKOPP で測定した応力波伝播速度と動的ヤング率の間に正の相関関係があることを、Fukatsu et al.（2011）はスギで Pilodyn 6J Forest で測定したピロディン陥入量と容積密度との間に負の相関関係があることを示した。また、トドマツでも FAKOPP で測定した応力波伝播速度とヤング率、Pilodyn 6J Forset で測定したピロディン陥入量と容積密度との間に相関関係が認められ、比較的高い精度でヤング率や容積密度が推定できると考えられた（井城ら 2006、2009a、2010）。FAKOPP を用いた応力波伝播速度は、2 人 1 組で 1 日あたり約 150 個体の測定が可能であり、現在、材質育種の研究や優良個体の選抜に利用されている。また、FFT アナライザを用いた横打撃共振法による心材含水率の推定方法も検討され、スギやトドマツにおいて心材含水率を精度よく推定できることが明らかになった（中田ら 2006、井城ら 2009b）。

2.5.2　材質優良品種の開発

前項の研究成果に基づいて、林木育種センターでは材質優良品種および幹重量の大きい品種の開発を進めてきた。

材質優良品種としてスギではヤング率の向上を、トドマツでは心材含水率の低減を目指して選抜を行った。材質優良スギ品種としてスギ精英樹の中からヤング率の高い 41 品種を開発した。これらは、各育種基本区に設定されているスギの検定林において FAKOPP を用いて応力波伝播速度を調査し、5 段階評価の 4 以上を選抜したものであり、ヤング率の向上が期待できる。また、北海道育種基本区では、トドマツ精英樹実生家系の検定林の調査結果から心材含水率が低い系統を明らかにし、材質優良トドマツ品種として 15 品種を開発した。これらは凍裂の軽減や乾燥コストの軽減化に貢献できると考えられる。

幹重量が大きい品種としてスギ 69 品種、トドマツ 11 品種、カラマツ 10 品種、ヒノキ 10 品種を開発した。これらは検定林において成長とピロディン陥入量を調査し、成長と密度が優れている系統を選抜したものである。これら品種は従来の品種に比べ単木あたり

の炭素固定量が大きく、地球温暖化対策に貢献するものと考えられる。

（井城泰一・田村明）

2.6　広葉樹品種の開発に関する研究

2.6.1　バイオマス生産用品種の開発

近年、地球温暖化対策などを背景として、カーボンニュートラルあるいは再生可能なエネルギーの利用促進が図られており、木質バイオマスも注目されている。北海道の河畔林に広く分布するオノエヤナギやエゾノキヌヤナギは、さし木増殖が容易で生産力が高く、萌芽再生力が強いことから、木質バイオマス生産のための有力樹種となっている。

北海道育種場では、北海道北部・東部の河畔に自生していたオノエヤナギとエゾノキヌヤナギの林分から優良個体候補木を選抜し、それら候補木を 3 箇所の試験地に植栽し、優良クローン選抜のための調査を進めている。北海道東部の太平洋側に設定した試験地で平成 26 年に植栽 3 成長期後の地上部の幹の乾重量（以後、収量とする。）を調べた結果、いずれの樹種においても収量には大きなクローン間変異があり、遺伝率は高かった。このことから、優良クローン選抜による収量の向上が期待できる。

収量のより優れた品種を開発するために種内・種間交配を行い、両者で高い稔性を有する種子が得られたため、将来の次世代品種の開発に向けて、種内交配だけでなく種間交配による品種開発の可能性が示された。また、バイオマスエネルギーやエタノールなどの化成品として利用する場合、木材の成分組成が製造効率などに影響する可能性があるため成分組成を分析したところ、両樹種においてセルロースやリグニン等の含有率にクローン間変異がみられ、成分育種による品種開発が考えられた。

2.6.2　ハゼノキの育種に関する研究

ハゼノキは木蝋生産を目的に、江戸時代から西日本を中心に栽培されている。工業原材料の安定供給が求められることから、豊凶差が少なく連年生産性が高いハゼノキが求められる。九州育種場では、福岡県と九州育種場が選抜した個体の接ぎ木苗により熊本県水俣市に試験地を造成し、木蝋の生産力を 4 年間にわたり調査した結果、木蝋生産量および豊凶差（年次間変動）にクローン間差が見られ、上位 3 クローンを選抜した場合（選抜強度 25%）、34.8%の生産量の向上が見込まれた。これらの結果をもとに、木蝋生産量と連年生産性の両者が優れたクローンを優良品種として選抜した。

また、クローンや近縁個体を識別するために SSR マーカーを開発したほか、AFLP、ISSR などの優性マーカーで系統関係を推定した。さらに葉緑体のハプロタイプを調査した結果、日本のハゼノキの在来品種や優良クローン候補個体は 2 系統由来と考えられ、大陸由来の系統と南西諸島由来の系統である可能性が示唆された。このことから、日本本土のハゼノキ起源の諸説のうち、中国だけでなく南西諸島からも渡来した説が支持された。

（矢野慶介・田村明・平岡裕一郎）

2.7　育種素材の系統管理に関する研究

林木育種では、豊富な遺伝的変異を持つ個体群の中から優良な遺伝子型を持つ個体を選抜することで、大きな育種効果を得る。一方、ある集団を対象に選抜を繰り返すと、次第に選抜効果が小さくなること、最終的に到達できる遺伝的進歩量は初期集団サイズと選抜強度によって異なることが知られている（井出・白石 2012）。また、林木の育種対象樹種の多くは他殖性であり、自殖や近親交配により、しばしば生存力や成長力が著しく低下する（井出・白石 2012）。このように、永続的かつ最大限の育種効果を得るためには、育種素材となる多数の系統・家系の情報を長期間にわたり正確に把握・管理することが重要である。そこで、これらの情報を適正に管理するための系統管理システムの高度化を行った。

2.7.1　試料管理ラベル発行システムの開発

DNA 分析用のサンプルや増殖用の穂木などを採取する場合は、対象とするサンプル自体だけでなくそれに付随する情報を体系的かつ正確に収集し、管理する必要がある。これまで野外で試料を採取する場合に、サンプリング容器や野帳等に手書きでサンプル情報を記載し、職場に持ち帰った後に PC に入力してサンプル情報を管理していた。開発したシステムでは、野外で試料採取時にアンドロイドタブレットで必要事項を入力し、携帯型ラベルプリンタから QR コードラベルを発行することで試料を管理できるため、手書きが不要となり、サンプル情報は必要に応じてタブレット上のデータをダウンロードできる。また、試料に貼付けた QR コードをスキャンすることで各種入力作業が不要となる。さらに GPS 機能やカメラ機能を併用すれば、試料採取場所のデータも同時に管理でき、本システムを用いることにより各種の試料情報を簡便かつ正確に管理することが可能となった。なお、本システムは平成 24 年度の自動認識システム大賞「フジサンケイ　ビジネスアイ賞」を受賞した（小野 2013）。

2.7.2　DNA タイピングデータベースの整備

SSR 分析を行うことで系統管理（クローン識別）が可能なことは研究レベルで明らかであったが、それを事業レベルで展開するために 5 年の歳月をかけて計画的にスギ精英樹について主要な植栽地の全個体の分析を行い、DNA 型データベースを作成した（Miyamoto et al. 2014）。またヒノキ、マツやカラマツについても、分析を進めている。一連の DNA タイピングで延べ 5 万個体の SSR 分析を行い、系統管理でミスが発生する要因や同名異種または異名同種などの問題を把握することができた。

2.7.3　電子野帳と IC タグを利用した検定林調査及び場内管理システムの構築

これまで成長量調査の際、検定木の配置を確認しながら紙野帳へ記入してきたが、本システムでは、IC タグを読み取り、PDA（携帯端末情報）に入力することで調査データを記録できることから、人為による記載ミスのリスクを排除でき、また PC へ直接データを送信できるため、入力作業を省力化できる。また、本システムを活用することで、経年変化のために植栽列の把握が困難となった試験地においても、個体を正確に認識すること

が可能となった（小野 2013）。本システムではDNAマーカーを用いたタイピングの結果や着花促進処理や採穂、剪定等の様々な施業情報も個体情報として管理することができ、DNA分析に基づく場内の育種素材の系統管理や個体の履歴管理に活用できる。DNA分析やICタグを用いたこれらシステムは、育種素材の永続的な管理や適正な原種配布に資するものである。

（栗田学・平尾知士・小野雅子）

2.8　生産及び配布

林木育種センター及び各育種場は、平成19（2007）年度に森林総合研究所と統合後の第2期中期計画以降、都道府県等が配布を要望する期間内に全配布件数の90%以上を配布することを目標に原種を配布しており、平成26（2014）年度までの各年度で目標を達成している。第3期中期計画（平成23（2011）～27（2015）年度）では、平成26（2014）年度までの4か年において、各年度全国で1万本程度の原種を配布している。品種等については、林野庁の花粉症対策苗木供給量の平成29（2017）年度1千万本という目標達成に向け、花粉症対策品種が多く、次に東日本大震災により壊滅した海岸林の復興等に関連し、マツノザイセンチュウ抵抗性品種が多くなっている。

また、平成24（2012）年度に、スギ第2世代精英樹（エリートツリー）を始めて配布した。さらに、平成25（2013）年5月には、「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」（間伐等特措法）が改正された。この改正で、成長等に優れ、農林水産大臣が指定する「特定母樹」制度が新設され、都道府県が認定する民間事業者に森林総合研究所が所有する特定母樹を林木育種センター及び各育種場から配布することとなった。平成26（2014）年度には民間事業者への配布を開始し、都道府県を含め全国で約2千本を配布した。

関東育種基本区の原種配布については、平成26（2014）年度に1,809本の原種を配布した。そのうち花粉症対策品種は育種基本区内に都市部が多いことなどから、1,092本と約60%のシェアを占めている。また、マツノザイセンチュウ抵抗性品種は503本、特定母樹は200本の配布となっている。

（高屋敷元木・塚本徹・藤原優理）

2.9　都道府県・認定特定増殖事業者等への林木育種技術の講習・指導

林木育種センター及び各育種場は、専門分野を活かした社会貢献として、平成19（2007）年度統合後の第2期中期計画以降、計画期間（5年間）内に全国で100回（各年度20回）を目標に講習会を開催しており、平成26（2014）年度までの各年度で目標を達成している。第3期中期計画（平成23（2011）～27（2015）年度）では、平成26（2014）年度までの4か年において、全国で91回開催した。内容は、さし木・つぎ木等増殖技術、採種穂園設計・造成・管理、マツノザイセンチュウ接種等の関連技術のほか花粉の取扱い技術、顕微鏡観察技術、間伐等特措法関連情報など都道府県等の幅広いニーズに対応したものとなっている。

関東育種基本区の講習会については、平成26（2014）年度に5回開催した。内容は、

育種基本区内都県等の要請に応え、カラマツ第2世代精英樹（エリートツリー）の開発やつぎ木・さし木等増殖技術のほか、国有林のカラマツ採種園において、種子の確保に向けた環状剥皮等の着花促進技術に関する講習会を民国連携で実施した。

（高屋敷元木・久保田権・塚本徹）

3. 今後の課題

長年の次代検定林調査の積み重ねによる第1世代精英樹の系統評価と人工交配等によって造成された育種集団をリソースとして、日本の林木育種において、次世代化が着実に前進を開始した。エリートツリーや第2世代のマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの開発が始まったことにより、成長性や病害虫抵抗性について、従来より改良された種苗の普及に期待が寄せられており、今後も社会のニーズに応えるべく、着実に林木育種を推進して行く必要がある。エリートツリーの原種配布が始まったことから、これら新たな開発品種の原種配布や採種穂園造成・管理のあり方、また第3世代精英樹及びそれ以降の世代の精英樹選抜等を合理的に行うための育種集団における系統間の血縁管理等、育種世代の前進に伴う新たな局面に対応する技術の開発と展開が必要である。

また、エリートツリーや特定母樹のように成長性の改良を主体としつつ、材質や雄花着花性についても優れていることが今後求められることになろう。また、すでに首都圏周辺地域を中心に普及が進んでいる少花粉スギ・ヒノキといった花粉症対策品種についても、雄花着花性に関する性能だけでなく、同時に成長性等も優れた花粉症対策品種の開発が求められている。このように複数の形質が優れた複合形質品種の開発を今後効率的に進めるための技術開発を推し進めて行く必要がある。従来、知られているように、単一形質の育種から2形質の同時改良へと改良形質が1形質増えるだけで、育種に要する育種集団の規模、系統評価の規模、予算規模、どれをとっても従来以上の規模にスケールアップすることが必要となる。また、改良すべき育種形質も多様化してきている。精英樹選抜育種事業がスタートした1950年代、誰も雄花着花の少ない系統が望ましい系統となることは予見できなかった。また、現在においては、気候変動が進んだ場合の新たな環境に適応しうる系統の選抜ということもニーズとして台頭しつつある。このような現段階において予期しえない状況にも迅速に対応しうる林木育種のシステムを構築するためには、スギ等の有用林業樹種におけるゲノム情報の蓄積と育種基盤情報の構築と、それを効果的に利用可能な育種技術の開発を推進することが重要である。ゲノム情報を利用可能な育種技術を開発する上で、ESTデータベースの充実、エリートツリー等の系統特性の蓄積、基盤連鎖地図の精細化とマーカー遺伝子の発現情報の蓄積、全国規模の広域産地試験の推進、高度な系統管理技術、増殖技術の高度化等を並行的、戦略的に推進する必要がある。

また、マツノザイセンチュウ抵抗性育種や花粉症対策育種（少花粉、無花粉）を効果的に推進するためには、新たな検定方法の開発を進める必要がある。より抵抗性が優れた系統の選抜にはそれに適した（より病原性の強い）線虫系統等が必要と考えられる。花粉症対策品種の選抜においても、より短期に、確度を高めて雄花着花性を評価する技術が必要である。これらの実現のためには、抵抗性や雄花着花のメカニズムに対するより深い理解

と、それらの知見に基づいて検定手法を開発していくことが肝要である。

このように、今後の林木育種技術の高度化に向けて、ゲノム、トランスクリプトーム、フェノームといったオミクス的な育種研究を展開していく必要がある。

（高橋誠）

文　献

藤澤義武・倉本哲嗣・平岡裕一郎・柏木学・井上祐二郎（2003）FAKOPP によるスギクローンの非破壊的材質評価. 第 53 回日本木材学会大会研究発表要旨集, 55.

Fukatsu, E., Tamura, A., Takahashi, M., Fukuda, Y., Nakada, R., Kubota, M. and Kurinobu, S. (2011) Efficiency of the indirect selection and the evaluation of the genotype by environment interaction using Pilodyn for the genetic improvement of wood density in Cryptomeria japonica. Journal of Forest Research, 16, 128-135.

平岡裕一郎・重永英年・山川博美・岡村政則・千吉良治・藤澤義武（2013）下刈り省略とその後の除伐がスギクローンの成長に及ぼす影響. 日林誌, 95, 305-311.

井城泰一・福士達央・反保早代・田村明・石栗太・飯塚和也（2010）トドマツ精英樹の静的曲げ特性および晩材仮道管 S2 層のミクロフィブリル傾角のクローン間変異. 木材学会誌, 56, 265-273.

井城泰一・田村明・飯塚和也（2009b）横打撃共振法によるトドマツの心材生材含水率の非破壊的評価. 木材学会誌, 56, 33-40.

井城泰一・田村明・西岡直樹・阿部正信（2006）トドマツ精英樹等クローンの動的ヤング率における樹高方向の変動と立木非破壊評価. 木材学会誌, 52, 344-351.

井城泰一・田村明・西岡直樹・阿部正信・飯塚和也（2009a）トドマツ精英樹等クローンにおける容積密度の樹高方向での変動とピロディンを用いた非破壊評価. 木材学会誌, 55, 18-28.

近藤禎二・白石進・久保田正裕・藤澤義武・星比呂志（2012）林木育種. 井出雄二・白石進編“森林遺伝育種学”. 文永堂出版, 141-236.

Miyamoto, M., Ono, M. and Watanabe, A. (2014) Construction of a Core Collection and Evaluation of Genetic Resourcesfor *Cryptomeria japonica* (Japanese cedar). Journal of Forest Researchm, 20(1), 186-196.

中田了五・田村明（2006）スギ心材含水率の遺伝的改良への横打撃共振法の適用. 木材学会誌, 52, 137-144.

小野雅子(2013)林木育種におけるトレーサビリティシステムの開発. 林木育種情報,11, 6.

Tsubomura, M., Fukatsu, E., Nakada, R. and Fukuda, Y. (2012) Inheritance of male flower production in *Cryptomeria japonica* (sugi) estimated from analysis of a diallel mating test. Ann. For. Sci. 69, 867-875.

遺伝資源部

1. 研究または事業の動向

1985（昭和 60）年に農林水産省ジーンバンク事業の林木部門として発足し、2001（平成 13）年からは、林野庁の事業として実施している林木ジーンバンク事業は、森林・林業に関する生物遺伝資源の総合的な収集、管理、利用システム（ジーンバンク）を整備し、その円滑な運営を図ることにより、新品種の開発やバイオテクノロジー等先端技術の開発に資することを目的としている。具体的には、「育種素材の供給源の確保」と「絶滅に瀕している種の確保」等のため、2014（平成 26）年度末現在、約 3 万 7 千点の林木遺伝資源を収集・保存し、これらの特性評価、情報管理及びユーザーへの配布を行っている。事業の効率的かつ効果的な実施のためには、試験研究や技術開発と一体となった事業の展開が不可欠であり、2006（平成 18）年からの第 2 期及び第 3 期中期計画期間においては、遺伝資源の収集・保存手法の高度化として、保有遺伝資源の整備や GIS 等による「見える化」、アカマツ等の地理的な遺伝変異の解明、生息域内保存遺伝資源のモニタリング、遺伝子保存林の再造成技術の開発等を行っている。さらに、ジーンバンク機能の充実と利用促進に資する技術開発として、種子等生殖質の長期保存技術の開発、スギ等のコアコレクションの作成、希少樹種の保全技術の解明等を行っている。

（生方正俊）

2. 研究または事業の成果

2.1 林木遺伝資源の収集・保存手法の開発

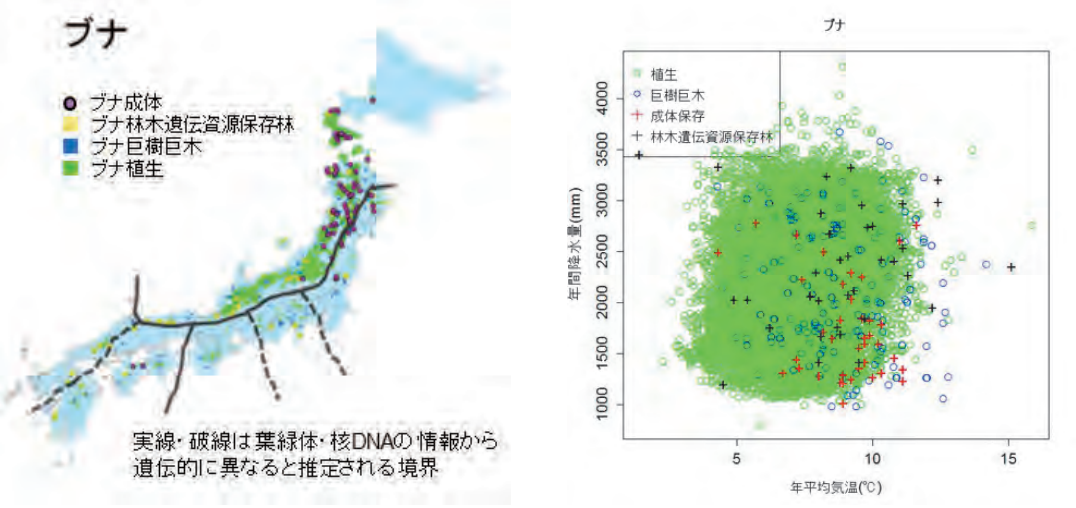
将来にわたって有用で貴重な林木遺伝資源を保存・継承し、新品種の開発や科学技術の発展に寄与する研究材料としての利用に備えるためには、現在までの収集・保存状況を評価し、それらを「見える化」させて、林木遺伝資源の対象となるそれぞれの樹種が、戦略的に収集・保存されていることが求められる。

このため、林木ジーンバンク事業の対象となる「標準樹種リスト」を作成し、成体保存されている林木遺伝資源の収集・保存状況の評価が行われている。「標準樹種リスト」は、全ての国産樹種と主な海外樹種を対象に、分類学的位置づけ、国内外の分布、林木遺伝資源としての利用目的等の情報をまとめたデータベースで、国産樹種約 1,500 種、海外樹種約 800 種がリストアップされている。この「標準樹種リスト」と現在までに成体保存されている林木遺伝資源約 2 万 5 千系統とを照合させた結果、国産樹種はスギ、ヒノキ、カラマツ等の主要育種対象樹種やケヤキ、ミズナラ等の有用広葉樹等が約 400 種、海外樹種は約 250 種、絶滅危惧種は環境省のレッドリスト掲載樹種のうち約 60 種が保存されていることがわかっている。このうち、25 樹種は 100 系統以上のまとまった数が保存されており、品種開発等を念頭においた種内変異（遺伝的多様性）を含めた保存が行われていることが特徴となっている（図－ 1）。



図－１　成体保存されている国産樹種（左）と絶滅危惧種（右）の系統数（大谷ほか 2015）
CR：絶滅危惧種 IA 類、EN：IB 類、VU：II 類、NT：準絶滅危惧

また、樹木の生育に関係が深い気温や降水量などの環境条件について、現在までに成体保存されている林木遺伝資源の収集位置と対象種の分布範囲との比較を行い、成体保存の少ない地域や気候条件を GIS 技術により地図上で可視化することで、今後、収集・保存に重点をおく必要のある地域の検討が行われている（図－ 2)。



図－２　ブナの分布域と成体保存されている系統の収集地点（左）と年平均気温及び年間降水量との関係（右：宮本ほか 2015 改変）
ブナの収集地点は北海道・東北に偏り、分布域と比較して、気温が高く降水量の少ない地域から収集・保存されている。今後は、西南日本、気温の低い地域、降水量の多い地域から収集を行う必要があることがわかる。

平成 26 年度には、今後の林木ジーンバンク事業の進め方について、有識者等による検討会「林木ジーンバンク事業収集・保存、特性評価戦略検討会」が開催され、①主要樹種の育種素材の補完、②有用樹種の新需要の創出への貢献、③脆弱な希少遺伝資源の保存を柱とする「林木ジーンバンク事業の方針」が策定・公表されている。

（山田浩雄）

2.2　主要樹種の地理的変異の解明

一般に森林の樹木は高いレベルの遺伝的多様性を有しており、それぞれの地域の集団は、生育する環境に長時間をかけて適応し、その環境に適応した遺伝変異をもっている。このような集団ごとの遺伝的分化に関する情報は、保存する遺伝資源を選定する上で重要な指標となり、特に、広い地域に分布する種の遺伝的多様性を効果的かつ効率的に保存するためには、遺伝的多様性が高い集団や、他の地域と異なる遺伝変異をもつ集団を保存する必要がある。これまでに、スギ、アカマツ、クロマツ、シラカンバ、ブナ、ケヤキ、ミズナラ、シイノキ等の地理的な遺伝変異に関する研究が進められてきた。

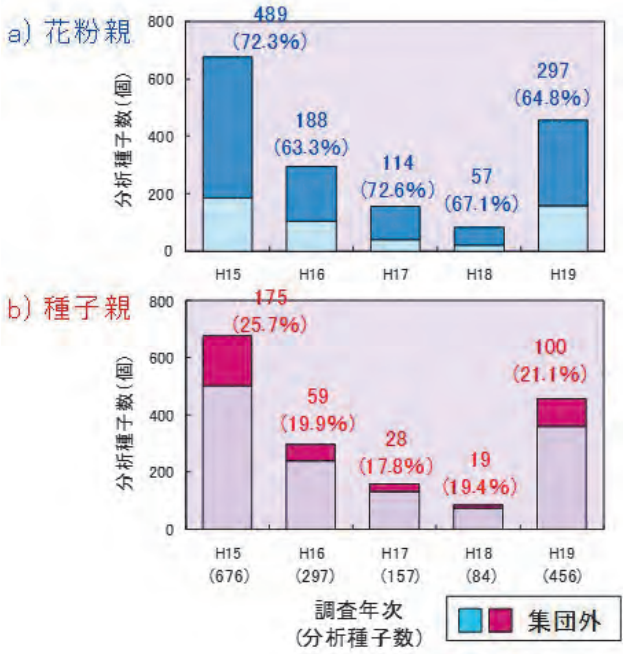
アカマツは日本の森林を構成する代表的な樹種の一つであるが、近年、マツ材線虫病の枯損被害が拡大し、このまま枯損が進むと、アカマツのもつ遺伝的な多様性が大幅に減少してしまう危険性が指摘されている。このため、青森県から鹿児島県までのアカマツ林62集団を対象に、アカマツの核DNAを分析し、集団の遺伝的な構成の地域的な違いが解析されている（Iwaizumi et al. 2013a）。その結果、日本列島の東北地域から西南地域に向かって多様性が増加する傾向がみられ、各集団の遺伝的な組成は地域間で異なっていることが示されている。また、球果サイズや種子の充実率等の集団間差についても調査が進められている。この成果は、アカマツの遺伝的多様性を確実に保存するための戦略の策定に活用される。

（山田浩雄）

2.3　生息域内保存遺伝資源のモニタリング

全国の国有林内には、300カ所以上の林木遺伝資源保存林が設定され、主要な樹種について林木遺伝資源の生息域内保存が行われている。これらの生息域内保存林では、特に施業は行わず、原則として自然の推移に委ねることとしているが，長期的な視野に立った遺伝構造の変化や遺伝変異の推移については未解明な部分が多い。生息域内保存している林木遺伝資源を効果的かつ永続的に保存していくためには、対象とする集団の遺伝的動態から今後の遺伝的変化を予測し、それに対応した保全方法を確立する必要がある。

このため、アカマツ、モミ、ケヤキ、ブナ等の主要樹種の生息域内保存林に、9カ所の遺伝資源モニタリング試験地が設定され、個体の枯死・新規参入等の調査が行われている。アカマツのモニタリング試験地（150m × 250m）では、5年にわたり種子トラップを用いて収集した散布種子を対象に、DNAマーカーを用いた親子解析により交配実態の解明が進められている（Iwaizumi et al. 2013b）。その結果、散布種子の花粉親は6～7割がモニタリング試験地の外（集団外）の個体であり、種子親も約2割がモニタリング試験地の外の個体であった（図－3）。この試験地では、花粉の飛散だけではなく、種子の散布によっても毎年一定の割合で集団外から遺伝子が流入し、集団間で遺伝的な交流が生じていると考えられた。この成果は、生息域内保存林での遺伝的多様性の保存のためには、より広域な景観スケールでの遺伝的連結性の評価が重要であることを示している。



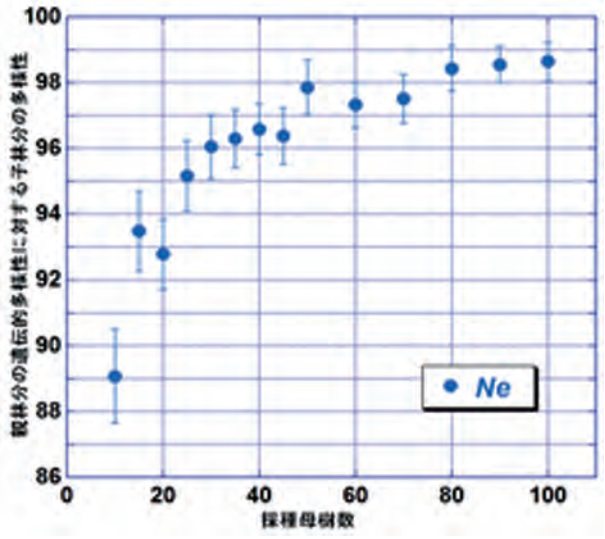
図－3　アカマツ集団内の5年間における散布種子の花粉親と種子親の特定割合
（岩泉ほか 2011）
薄い色は試験地（集団）内で親個体が特定された種子の数、濃い色は試験地（集団）内で親個体が特定されず、外部から移入してきたと考えられる種子の数を示す。

（山田浩雄）

2.4　遺伝子保存林の再造成技術の開発

遺伝子保存林は、「林木の優良遺伝子群の保存について」（昭和39年11月16日付け39林野造第1639号最終改正平成27年4月1日付け26林整研第278号）に基づき、現存する優良な天然生林や人工林（採種源林分）を林木育種事業の遺伝子補給源として永続的に保存・活用するため、当該優良林分が伐採される以前に、種子を採取して造成した優良遺伝子群の人工林（後継林分）であり、平成26年度末現在で287箇所1,547haが造成されている。これらの遺伝子保存林が伐期に達すれば、再び伐採前に種子を採取して後継林分を造成することになるが、既に伐期を迎えてきていることから、林木育種事業の遺伝子補給源として適切で効率的な再造成技術の開発が求められている。

このため、福島県に設定・造成されているスギの採種源林分とその後継林分である遺伝子保存林について、①SSRマーカーを用いた遺伝的変異の比較と、②種子を採取する母樹数が遺伝的多様性に及ぼす影響の検討が行われている（高橋ほか2009、2010）。その結果、①スギ天然林と比較して採種源林分は遺伝的多様性が高く優良な遺伝子補給源とみなせるが、後継林分の遺伝子保存林では遺伝的多様性の減少が認められること、②遺伝子保存林を造成するにあたっては、遺伝的多様性の減少を防ぐため、採種源林分から種子を採取する母樹数を30個体以上とすることが望ましいとされた（図－4）。この成果は、今後、遺伝子保存林を再造成するための採種母樹数の目安として活用される。



図－4　採種母樹数を変化させた場合の遺伝的多様性をあらわす指標の変化（高橋ほか 2010）
縦軸は採種源林分の遺伝的多様性を 100 とした場合の割合。採種母樹数が 30 以下では遺伝的多様性（Ne）の減少が著しい。

（山田浩雄）

2.5　種子の長期保存技術の開発

種子の長期保存（発芽能力を有した状態での保存）は遺伝資源の有効な保存方法の一つである。種子の保存性は樹種によって異なり、「乾燥に強く長期保存が可能な種子（オーソドックス種子、普通種子）」と「乾燥に弱く保存が困難な種子（リカルシトラント種子、保存困難種子）」の 2 つのタイプとそれらの中間タイプに分類される。スギ、ヒノキ等はオーソドックス種子に、ミズナラ、コナラ等はリカルシトラント種子に分類される。林木ジーンバンク事業では、オーソドックス種子は－ 20℃で、リカルシトラント種子は 2℃で保存しているが、保存可能期間が短いと何度も採種しなければならないことから、オーソドックス種子では保存可能期間の解明が、リカルシトラント種子では長期保存技術の開発が重要な課題となっている。

林木ジーンバンク事業では、種子等を保存するための専用の施設が平成 12 年度に設置されたことから、保存開始前後の発芽率の調査が進められ、平成 23 年度以降、スギ、ヒノキ等のオーソドックス種子の保存開始後 10 年目の発芽率が明らかにされてきている（生方ほか 2014）。その結果、保存開始後 10 年目においても保存開始前とほぼ同程度の発芽率を維持する傾向にあり、発芽能力を失った種子は全体の 10 ～ 15%程度であった。発芽能力を失った種子は保存前の発芽率が 10%以下のものが多く、スギ、ヒノキの種子を－ 20℃の乾燥条件下で 10 年程度保存するためには、初期の発芽率が 10%以上であることが望ましいとされた。種子の千粒重と発芽率との間に相関関係はなかった。

リカルシトラント種子については、コナラ亜属樹種の種子（堅果）の長期保存に関する国内外の文献レビューが行われ、種子の保存に影響する生理的要因と生物的要因が分析されている（木村ほか 2015）。その結果、堅果を長期保存するためには、保存時の虫害、菌害の防除、発根抑制のための採種時期の検討、保存時のコーティング処理技術の開発の必

要性が指摘されている。この成果は、樹木種子の長期保存技術の開発に生かされ、林木遺伝資源の確実な保存と利用の促進に役立つことが期待されるが、特に広葉樹の種子では、樹種毎の種子の保存性や休眠打破の方法等について不明な点が多く、今後の研究の蓄積が必要である。

（山田浩雄）

2.6　スギコアコレクションの作成

林木ジーンバンク事業の大きな役割の一つとして、新品種の開発や様々な科学技術の発展に寄与するための研究材料を提供することがあげられる。新品種の開発等をより迅速に推進するためには、様々な分野の研究を関連づけて効率よく研究を進める必要があり、そのためには、少数の系統で全体の変異を代表する共通の研究材料（スタンダード素材、コアコレクション：代表的な品種・系統のセット）の整備・提供が有効である。

このため、日本の最も重要な針葉樹であるスギを対象に「スギコアコレクション 96」の作成が行われている（Miyamoto et al. 2014）。「スギコアコレクション 96」は、全国各地から収集し保存しているスギ遺伝資源（精英樹）3,579 系統を対象に、来歴情報と遺伝子型情報から異名同木等の重複を排除した後、各系統の遺伝子型情報と選抜地の環境要因を総合的に解析し選び出したスギ精英樹 96 系統のセットである。全国各地から均等に選出され、この 96 系統のセットで、母集団となったスギ精英樹 3,579 系統の選抜地における環境要因の変動幅の 8 割以上を含み、かつ、母集団と同等の遺伝的多様性を保持している。今後、スギの品種開発等の様々な研究のスタンダード素材になることが期待される。

（山田浩雄）

2.7　希少樹種（オガサワラグワ）の保全

林木ジーンバンク事業では、「林野庁において実施する森林・林業に関するジーンバンク事業について」（平成 12 年 9 月 7 日付け 12 林野普第 222 号最終改正平成 27 年 4 月 1 日付け 26 林整研第 278 号）に基づき、「絶滅に瀕している種の確保」を目的の一つとしている。これまでに、ヤクタネゴヨウ、トガサワラ、オガサワラグワ等の保存に取り組んできた。現地では種子の稔性が低下しているヤクタネゴヨウでは、生息域外保存として実験的な採種園を造成して、多くの充実種子と実生苗を得ることに成功している。トガサワラでは、四国と紀伊半島に隔離分布する集団間の遺伝的類縁関係が明らかにされている。

オガサワラグワは、小笠原諸島固有のクワの仲間で、かつては島内の湿った高木林を構成する主要な樹種の一つであったが、戦前までの大規模な伐採により個体数が激減し、絶滅が危惧されている。近年では、オガサワラグワ（四倍体）と島外から持ち込まれた外来樹種のシマグワ（二倍体）との雑種化（三倍体）が進み、また、野生化したヤギの食害もあって、現地での更新が困難となっている。

このため、現存個体のクローンを保存し、遺伝的に健全な次世代集団を育成する研究が進められている（大谷ほか 2014、生方ほか 2015）。これまでの成果として、①オガサワ

ラグワの組織培養技術が開発され、2004 年から、緊急避難的な生息域外保存として、冬芽を用いた組織培養により増殖された多くのクローンが、林木育種センターに保存されている（写真－ 1）。②雑種ではない純粋なオガサワラグワを判別する技術として、オガサワラグワが四倍体であることに注目して、フローサイトメーター（核 DNA を定量する装置）を用いて、シマグワや雑種と区別できるようになった。③マイクロサテライトマーカーを用いた DNA 分析の結果、父島、母島、弟島のオガサワラグワの遺伝的類縁関係が明らかにされ、④最近になって弟島で相次いで確認されている実生個体は、同島の成木と遺伝的変異に大きな差はなく、遺伝構造も似通っていることが示され、弟島はオガサワラグワの更新が期待できる貴重な自生地であることが示されている。⑤実生個体を用いた時期別のさし木増殖試験では、6 月から 8 月にかけての夏期がさし木の最適な時期であり、簡易な手法によるクローン増殖の可能性が示された。⑥ 2014 年からは、父島産オガサワラグワについては、林木育種センターで組織培養により増殖したクローン苗を、非意図的な随伴生物の侵入を防止するため無菌状態で父島に輸送し、父島で順化させて植栽する野生復帰計画が実施されている。



写真－ 1　オガサワラグワを組織培養によってクローン増殖し（右）、温室内で系統保存（左）
温室内では着花結実が観察されている。

（山田浩雄）

2.8　林木遺伝子銀行 110 番

全国には、学校や神社・仏閣等の身近な場所で地元の人々に親しまれ、ふるさとのシンボルとなっている天然記念物の樹木や巨樹・名木等が数多く存在する。こうした巨樹・名

木等は、長い歳月にわたって風雪に耐え生育し続けているので、長命な遺伝子や自然環境に対する適応性や抵抗性等に優れた遺伝子を保有している可能性が高く、林木遺伝資源として貴重である。林木ジーンバンク事業では、天然記念物の樹木や巨樹・名木等から穂木を採取し、つぎ木やさし木により増殖して保存を進めるとともに、樹木が衰弱している等で所有者等からの要請により後継樹の苗木を増殖し、その一部をお返し（里帰り）するサービス「林木遺伝子銀行 110 番」を平成 15 年度から実施している。

サービス開始から平成 26 年度末までに 229 件 312 点の要請があり、順次、十分に生育した後継樹の苗木を要請者に返しており、149 件 194 点が里帰りしている（表－ 1）。里帰りを行ったものの中には、柴又帝釈天の瑞龍松、上野公園のグラントヒノキ、兼六園の唐崎松、根上松等の著名なものも含まれている。東日本大震災の津波から生き残った岩手県陸前高田市の「奇跡の一本松」についても後継樹の増殖の要請があり、現在、後継樹の苗木育成が行われている。

表－ 1　林木遺伝子銀行 110 番の受入れ件数の推移

年度		H15 ～ 21	H 22	H 23	H 24	H 25	H 26	計
受入れ	件数	128	20	22	17	27	15	229
	点数	186	29	22	17	29	29	312
里帰り	件数	67	18	11	27	17	9	149
	点数	86	34	11	36	17	10	194

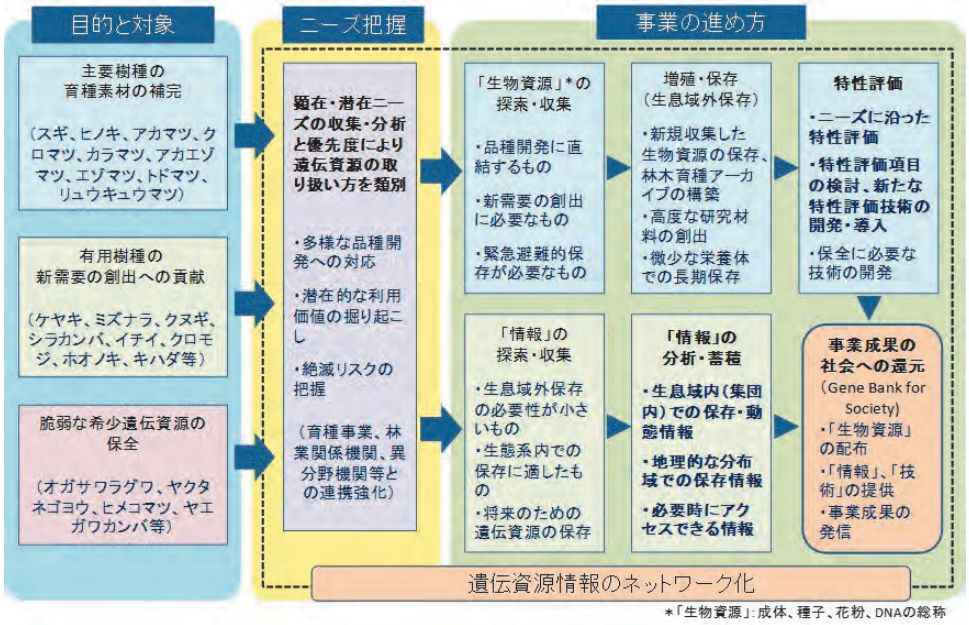
要請を受けた樹木の中には、これまで取り扱ったことのない樹種も含まれ、試行錯誤を繰り返してクローン増殖に成功した事例も多い。このように後継樹の苗木は、つぎ木やさし木で増殖したものであり、親木と同じ遺伝子を持っていることから、親木と同じように大きく成長し、人々に親しまれることが期待されている。

（山田浩雄）

3.　今後の課題

開始から 30 年を迎えた林木ジーンバンク事業は、社会や行政ニーズの多様化に伴い、2015（平成 27）年に多岐にわたる林木遺伝資源のより一層の効率的な収集・保存等を進めるための課題を検討し、新たな方向性を示した（図－ 5）。今後はこの方向性を基本とし、①主要樹種の育種素材の補完、②有用樹種の新需要の創出への貢献、③脆弱な希少遺伝資源の保全に向けて、事業の展開及び関係する試験研究や技術開発を行っていく必要がある。具体的には、早生樹種等の新たな需要が期待できる林木遺伝資源の収集・評価手法の開発、長期的展望に立った交配家系や近交系等の高度な育種研究材料の創出等により林木ジーンバンク機能をさらに強化するとともに、広葉樹種子や栄養体を対象とした施設保存技術等の高度化を図る必要がある。

（生方正俊）



図－5　林木ジーンバンク事業の対象及び進め方

文　献

岩泉正和・高橋誠・宮本尚子・矢野慶介・武津英太郎（2011）DNA マーカーを用いた生息域内保存林におけるアカマツの遺伝的構造及び交配実態の解明. 林木育種センター内部資料.

Iwaizumi, MG., Takahashi, M., Isoda, K and Austerlitz, F., (2013) Consecutive five-year analysis of paternal and maternal gene flow and contributions of the gametic heterogeneities to overall genetic composition of *Pinus densiflora* dispersed seeds. American Journal of Botany, 100, 1896-1904.

Iwaizumi, MG., Tsuda, Y., Ohtani, M., Tsumura, Y. and Takahashi, M., (2013) Recent distribution changes affect geographic clines in genetic diversity and structure of *Pinus densiflora* natural populations in Japan. Forest Ecology and Management, 304, 407-416.

木村恵・山田浩雄・生方正俊（2015）コナラ属樹種における種子の長期保存に関する問題点. 森林遺伝育種学会誌, 4, 105-114.

Miyamoto, N., Ono, M. and Watanabe, A. (2014) Construction of a Core Collection and Evaluation of Genetic Resources for *Cryptomeria japonica* (Japanese cedar). Journal of Forest Research, 20(1), 186-196.

宮本尚子・那須仁弥・大谷雅人・木村恵・山田浩雄・生方正俊（2015）林木遺伝資源の収集・保存手法の開発. 森林総合研究所 平成 27 年版 研究成果選集, 66-67.

大谷雅人・宮本尚子・生方正俊・山田浩雄（2015）標準樹種リストの作成と林木育種センター保有の遺伝資源の評価. 林木育種の最前線－ 2011-2015 の主要成果－, 28.

大谷雅人・那須仁弥・生方正俊・坂下智宏・福寿兼央・島田律子・熊本舞子・後藤雅文・脇山成二・板鼻直栄（2014）小笠原諸島弟島で確認された絶滅危惧種オガサワラグワの実生の遺伝的評価. 関東森林研究, 65, 323-326.
高橋誠・渡邊敦史・宮本尚子・津村義彦・矢野慶介・岩泉正和・小野雅子（2009）スギ遺伝子保存林の遺伝的多様性の評価－福島県会津地方に設定されている採種源林分と子林分の SSR マーカーを用いた評価－. 平成 21 年版 林木育種センター年報, 83-85.
高橋誠・渡邊敦史・宮本尚子・矢野慶介・岩泉正和（2010）SSR マーカーを用いたスギ遺伝子保存林の遺伝的多様性の評価－採種母樹数が遺伝子保存林分の遺伝的多様性に及ぼす影響－, 平成 22 年版林木育種センター年報, 92-95.
生方正俊・平井郁明・加藤智子・栗田祐子（2014）－ 20℃の冷凍庫で 10 年間保存したスギ及びヒノキ種子の発芽率. 関東森林研究, 65, 91-94.
生方正俊・加藤智子・大久保典久・大塚次郎（2015）絶滅危惧種オガサワラグワの時期別のさし木発根性. 関東森林研究, 66(2), 115-118.

海外協力部

1. 林木育種分野の海外協力の動向

1.1 経緯

林木育種センターでは、平成 3 年に海外協力課を新設し、特に熱帯・亜熱帯地域の森林再生に必要とされる優良な種苗を確保するため、海外の国々との林木育種技術協力を実施し、温暖化や森林減少などの地球環境問題の解決に寄与してきた。

その中でも、国際協力機構（JICA）による海外技術協力への支援では、インドネシア、ウルグアイ、中国などの林木育種プロジェクト等に専門家を派遣し、優良クローンの増殖技術の確立、精英樹の選抜、採種園造成・管理等の技術の開発など大きな成果をあげるとともに、現地でのカウンターパートへの技術指導及び研修員として日本への受け入れを行うことにより、相手国の人材育成にも貢献している。

これらの技術協力などによって培われた海外における林木育種技術は、「熱帯産等早生樹種の育種マニュアル」や「アカシア属の育種技術マニュアル」などの技術マニュアルとしてとりまとめられ、様々な海外協力にも活用されている。

1.2 現在の海外協力

これまでの海外協力や国内の研究開発で培った育種技術のノウハウや技術を活かし、地球温暖化に伴う気候変動などの影響を受ける開発途上国等への協力や海外で事業展開をする民間との連携、さらに海外の森林研究機関との連携による国内林業への貢献という観点から、海外技術協力や国際共同研究に取り組んでおり、現在、主に次の 4 つの海外協力を実施している。

① ケニア乾燥地耐性育種プロジェクト（JICA 技術協力プロジェクト）
② 防風・防潮効果に優れたテリハボクの育種（台湾、太平洋共同体と共同研究）
③ ベトナムでのアカシア属人工交配技術の実証試験
④ フィンランド自然資源研究所との育種共同研究

特に JICA によるケニア乾燥地耐性育種プロジェクトでは、平成 24 年度より毎年十数名の短期専門家を派遣して、ケニアの郷土樹種を対象に優良候補木の選抜、採種園の造成及び検定林の設定などの技術協力を進めており、遺伝変異の解析や優良品種の選抜など大きな成果をあげつつある。

また、JICA を中心とした関係機関からの要請により、年間 80 名程度の海外研修員の受け入れを実施しており、要請に応じた育種技術の指導を行っている。

さらに、オーストリアのコンテナ苗生産者を招へいし、全国から多数の関係者が参加した技術検討会を開催したほか、沖縄県西表島に設置した西表熱帯林育種技術園では、その亜熱帯環境を活用し熱帯・亜熱帯の樹種に関する育種技術の開発、増殖技術等の指導及び林木遺伝資源の保存などに取り組んでいるところである。

1.3　今後の課題

今後とも、地球温暖化の影響を受ける国々の関係機関と協力して、海外技術協力や国際共同研究を通じて、気候変動への適応策に資する林木育種技術の開発に取り組んでいく必要がある。

（上澤上静雄）

2.1　ケニア乾燥地耐性育種プロジェクト（JICA 技術協力）

2.1.1　プロジェクトの概要

ケニア共和国においては、気候変動に伴う乾燥地の拡大や森林の減少が懸念されており、同国政府からの要請に基づき、ケニアの郷土樹種であるセンダン属のメリア ・ヴォルケンシー（*Melia volkensii*）（写真－ 1）およびアカシア属のアカシア ・トルティリス（*Acacia tortilis*）（写真－ 2）を対象として、成長量及び乾燥地耐性を目的とした林木育種に関する国際協力機構（JICA）技術協力プロジェクトを、九州大学と連携して 2012 年 7 月より開始した。本プロジェクトは、林木育種に関する研究開発能力をケニアに移転させ、遺伝的多様性の維持に配慮した優良な育種種苗による植林体制をケニアに構築することを目指している。



写真－ 1　*Melia volkensii*



写真－ 2　*Acacia tortilis*

ケニア共和国は東アフリカに位置し、赤道直下の北緯 5 度から南緯 4 度 40 分の範囲に及んでいる。面積は 58.3 万 km^2（日本の 1.5 倍）、国土の 80%以上が半乾燥・乾燥地帯であり、森林面積は国土の 7.0%（KFS、2010 年）である。植生は半乾燥地帯ではサバンナかまだらな低木林、乾燥地帯では草原か荒野となっている。雨季はおおよそ 3 ～ 4 月と 10 ～ 11 月の年 2 回である。カウンターパート機関 （CP）は、ケニア森林研究所（Kenya Forestry Research Institute、KEFRI）とケニア森林公社（Kenya Forestry Service、KFS）である。これらを対象に、本邦研修と短期専門家派遣を組み合わせた指導を行い、研究開発能力の強化、林木育種技術の移転を進めている。両機関への技術移転により優良な育種種苗の開発からその普及といった林木育種事業における川上から川下までの体制を新たにケニアに導入するため、本プロジェクトでは、機材の導入や施設の建設



写真－3　短期専門家によるつぎ木増殖指導



写真－4　採種園にて苗木にかん水する

といった支援のみではなく、人材の育成に重点をおいて活動している。（写真－3、4）

M. volkensii は、センダン科センダン属の落葉高木であり、樹高は 15m に達する。半乾燥地域に分布していて乾燥に強い。成長が早くかつ高品質の木材が生産されることから、これまでにも JICA 社会林業プロジェクトのアグロフォレストリーに利用されてきた。*A. tortilis* は、マメ科アカシア属の常緑樹である。*M. volkensii* よりもさらに乾燥している地域にも適応し、分布域は半乾燥地から乾燥地にわたっている。用途は多岐にわたり、材は良質の木炭生産に、葉等は家畜の飼料に用いられている。

本プロジェクトでは、次の 4 つの取り組みを進めている。①遺伝変異解析：ケニア国内における天然分布の調査と母集団の遺伝変異を解析して、遺伝的多様性や地域的な遺伝的分化等に配慮した遺伝的多様性保全ガイドラインを作成する。②育種：郷土樹種を対象とする成長量及び乾燥地耐性を目的とした林木育種事業を包括的に実施し、ケニア国において育種事業を林業政策上の重要な制度として確立させる。③優良種苗の普及システム構築：育種によって品質を向上させた優良な *M. volkensii* 育種種苗の生産・供給システムのガイドラインを作成・試行し、優良種苗普及の方向性を示す。④優良種苗の重要性に対する意識向上：関係者（他ドナー、NGO、農民等）を対象にした研修及びセミナーを開催し、郷土樹種である *M. volkensii* について育種手法によって品質を向上させた優良種苗の重要性に関する関係者の意識を向上させる。

2.1.2　プロジェクトの成果

上記の取り組みを通して得られたこれまでの主な成果は、次の通りである。

① 遺伝変異解析：DNA 分析によるプラスツリーの確実な系統管理を実現させるため、*M. volkensii* および *A.tortillis* の DNA マーカーを開発した。また、それらマーカーをケニア全国から収集した *M. volkensii* 天然集団の試料にも適用し、ケニア北部、中部、南部における明瞭な遺伝的分化を明らかにした。この結果は次代検定林の設計にも活用され、遺伝的に分化した系統に由来する実生苗が複数の異なる環境下の検定林で形質および適応性の評価がなされるようにした。これら次代検定林の評価結果が得られることで、各地域に由来する種苗の他地域への移動可否に対する提案が実現すると期待される。

その他、試料収集によって得られた両種の分布情報と気象環境データとを生態ニッチモデルによって統合し、両種の現在の植栽適地を予測するとともに、気候変動に伴う植栽適地の変化の予測などにも着手しているところである。

② 育種：*M. volkensii* 及び *A. tortilis* についてそれぞれ 100 個体のプラスツリーを選抜した。*M. volkensii* についてはそのクローンを育成して 2 箇所の採種園を造成し（写真－5）、*A. tortilis* については 2 箇所の実生採種林を造成し、優良種苗生産体制の整備を進めた。*M. volkensii* 採種園においては、植栽 2 年の段階で樹高が平均 4m に育ち種子生産を開始した。さらに、*M. volkensii* について 4 箇所の次代検定林を造成した（写真－6）。植栽 5 ヶ月の段階で、成長が良い個体は樹高 4m に達し、樹高に有意な家系間差が見られる。今後、検定結果を基に採種園の改良を行い、採種園産種苗の性能向上を図る。その他、*M. volkensii* について乾燥耐性に関する特性調査を進めており、今後、乾燥耐性のメカニズムを解明し、それに基づく選抜方法の開発を行う。また、*M. volkensii* の木材特性調査も進めており、木材利用上における材料性能を明らかにして付加価値を与えることにより、*M. volkensii* 材の利用促進を試みる。



写真－5 植栽 2 年の *M.volkensii* 採種園



写真－6 植栽 5 ヶ月の *M.volkensii* 検定林

③ 優良種苗の普及システム構築：*M. volkensii* の種子／苗木の生産や流通及び材の利用に関する市場調査を実施し、ケニア国内における *M. volkensii* の現状分析を行った。現在、生産・管理・流通の方法等を取りまとめた優良種苗普及ガイドラインを作成中である。

④ 優良種苗の重要性に対する意識向上：すでに 2 回ワークショップを開催した。今後もワークショップ、研修、FFS（Field Farmer School）手法を用いた試行的普及の取り組みを実施予定である。この取り組みによって、関係者に優良種苗を用いた植林の有用性や優位性に対する認識を高めさせ、優良種苗を使う意思を持たせる効果を期待している。

2.1.3 今後の課題

本プロジェクトでは第 1 世代の検定が緒に就いたばかりである。今後は、次代検定結果

に基づく採種園の改良やプラスツリーの次世代化を進め、採種園産種苗の更なる性能向上を図ることが重要であり、優良種苗の普及について、系統管理された生産システムや種苗配布に係る取り扱い及び研修制度を整備し、適切な運用を支援する取り組みが必要である。

（宮下久哉）

2.2　防風・防潮効果に優れたテリハボクの育種

2.2.1　共同研究の背景と概要

テリハボク（*Calophyllum inophyllum*）はテリハボク科の常緑広葉樹であり、熱帯、亜熱帯の海岸域に広く分布する。分布の北限となる沖縄では、主に防風林として使用される主要な造林樹種の一つであり、有用樹種と認識されている（嘉手苅 2007 など）。東南アジアや太平洋諸島においては、材の利用に加えて良質なオイルを含有する種子を化粧品等の原料として利用するほか、バイオディーゼル燃料の原料などとしても注目されている（Friday and Okano 2006, Ong et al. 2011 など）。

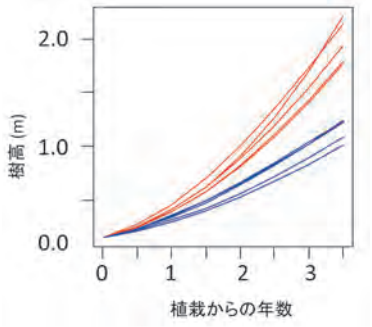
林木育種センターでは、防風林および材の活用等に資する優良なテリハボクを選抜するべく、2009 ～ 2010 年にかけて八重山諸島および宮古諸島等の島々から合計 83 個体の母樹を選抜するとともに、それら母樹から種子を採取して実生を育成し、2010 ～ 2013 年にかけて西表熱帯林育種技術園内に植栽して各種形質を測定するための検定林を設置した（写真－ 7）。また、国内産および海外産のテリハボク遺伝資源の比較を行うため、台湾林業試験所および太平洋共同体事務局（SPC）との共同研究契約の下、産地試験地を設定（西表熱帯林育種技術園の試験地は 2011 ～ 2012 年にかけて設定、台湾およびフィジーの試験地は 2014 年に設定）して各種形質評価に着手するとともに、複数の DNA マーカーを用いた遺伝的多様性や遺伝的分化の評価を開始した。



写真－ 7　西表島に設定された検定林
（植栽後 2 年半の様子）

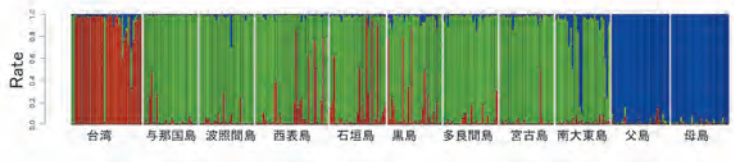
2.2.2　共同研究の成果

西表熱帯林育種技術園に設置された検定林では、国内産系統については 2015 年までに植栽後 3 年までの樹高成長データを取得することができた。樹高は植栽後 2 年目の段階で家系間に有意な差が生じることが示され（加藤ら 2013）、また、植栽後 3 年経過時には系統間で最大 2 倍程度も差が生じる可能性が示された（図－ 1）。テリハボクの初期成長性が家系間で異なることは、同形質が遺伝的に規定されていることを示唆しており、今後の選抜・育種による改良の可能性が導かれたと言える。また、DNA マーカーを用いた集団遺伝学的解析においては、台湾および日本の試料に対する EST-SSR マーカーを用いた解析を完了し、台湾産および日本産テリハボクの間に明瞭な遺伝的分化があることを明ら



図－1　統計モデルにより導いた各系統の成長パターン
（成長に優れる上位 5 個体（赤色）と下位 5 個体（青色）のみを抽出）

かにした（Hanaoka et al. 2014、図－2）。遠く離れた太平洋諸島産のテリハボクではより大きな遺伝的分化があることも考えられ、今後測定が開始される産地試験においては、地域（国）間での各種形質や気象環境等への適応の差を導くことができるのではないかと期待される。



図－2　DNA マーカーを用いて評価された遺伝的分化の程度
（STRUCTURE 解析の結果：棒グラフの色は各個体のもつ伝的な組成を示し、台湾は赤色、八重山および宮古諸島は緑色、小笠原諸島は青色の要素を多く持つことを示している。）

2.2.3　今後の課題

今後、時間の経過（試料の成長）に伴って樹高の初期成長以外優良形質、例えば材質等に関する評価も可能となると考えられ、複数の観点で優良な系統の選抜を実現するとともに、複数の国々から集めた多様な特性を持つ貴重な遺伝資源の抽出・保存を実現できると期待される。国内産の優良系統については、利用促進に向けた取り組みも積極的に企画したいと考えている。

（花岡創）

2.3　アカシア属人工交配技術の開発

2.3.1　研究の背景

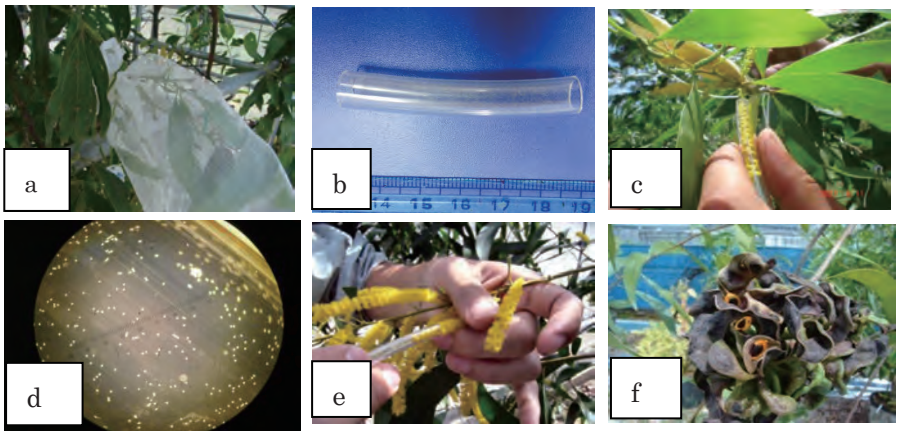
アカシア属は世界でおよそ 800 種があり、オーストラリアを主として熱帯から温帯にかけて分布する。このうちアカシア・マンギウム（*Acacia mangium*）、アカシア・アウリカリフォルミス（*A. auriculiformis*）は成長が早く適応性が広いことから、東南アジアを中心に植林されている。1970 年頃にマレーシアの *A. mangium* の植林地から両種の雑種（*A. hybrid*）が発見され、その後 *A. hybrid* は成長、材質等が優れていることが示さ

れた（Pinso and Nasi 1991）。また、マレーシア、ベトナム等で発見され、それらの中から選抜された優良系統が広く植林に用いられるようになった。交配材料を選び人工交配を行うことにより *A. hybrid* を人工的に創出できれば、芯腐れ病などの病気に強く既存の系統より成長・形質の優れたものを選抜できる可能性が高い。そこで、林木育種センターの西表熱帯林育種技術園では、*A. mangium*、*A. auriculiformis* を対象として人工交配技術の開発に取り組み、チューブを利用した効率的な交配技術を開発した。

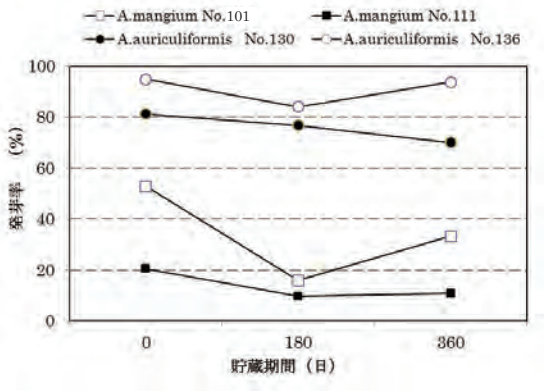
2.3.2　研究の成果

人工交配は、花序の隔離・花粉採取・花粉貯蔵・交配の手順で行われる。花序の隔離は自然受粉（虫媒）や花粉汚染（異個体の花粉の混入）を防ぐため、事前に交配対象とする花序をネットで覆って行う（写真－ 8 a）。交配や花粉採取の際、必要に応じてこのネットを脱着する。花粉採取は、ビニールチューブ（写真－ 8 b）に花粉親の花序を挿入して行う（写真－ 8 c、Kato et al. 2012, Kato et al. 2014）。この操作によりチューブの内壁に容易に花粉を付着させることができる（写真－ 8 d）。また、チューブをそのまま－18℃で冷凍貯蔵することにより、1 年間は発芽する花粉が得られる（図－ 3、Kato et al. 2013）。交配はチューブを取り出して母樹の花序を挿入して行う（写真－ 8 e）。チューブを前後に動かすだけなので、極めて容易である。開花した日の午前中に交配を行うことが重要である（図－ 4、小川ら 2006）。また、自殖を排除する必要がある場合、50℃温湯への花序の浸漬が有効である（Otsuka et al. 2010）。

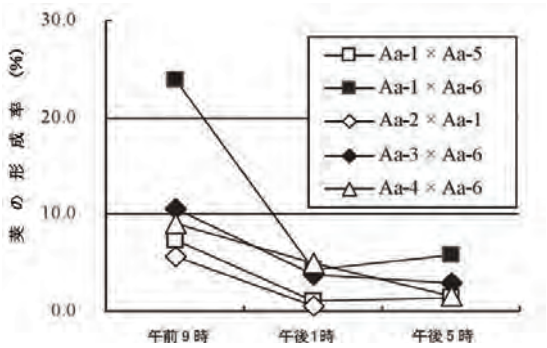
交配からおよそ 5 カ月で莢が割れ始め採種可能となる（写真－ 8 f）。人工交配による莢の形成率は、*A. mangium* が母樹の場合約 30%、*A. auriculiformis* が母樹の場合 45%であり、後者の方がやや高かった（Kato et al. 2014）。交配種子を播種後、DNA 分析により雑種判定を行った結果、種内交配による苗は 3%未満であり、人工交配に成功したことが確認された（Kato et al. 2012, Kato et al. 2014）。これらの成果及び育苗の関連する成果等をとりまとめ、「アカシア属の育種技術マニュアル」を作成した（林木育種センター海外協力部 2011）。



写真－ 8　アカシア属の人工交配の手順（a ～ f の説明については本文を参照）



図－3　冷凍保存した花粉の発芽率の推移



図－4　交配時間帯ごとの莢形成率の差異

2.3.3　今後の課題

開発した人工交配技術を応用して優良な *A. hybrid* を開発するための実証試験を平成25年に、ベトナムの現地法人と共同で開始した。既に人工交配による試験地2か所を設定し、それらの中には植林に用いている *A. hybrid* と同等以上の成長を示す個体がある。今後、これらの個体のさし木増殖とクローン検定を着実に進めることが必要である。

（板鼻直榮）

2.4　フィンランドとの林木育種共同研究

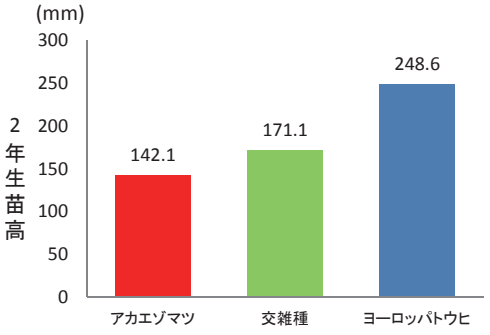
2.4.1　共同研究の背景

2008年に森林総合研究所はフィンランド森林研究所（現在は組織統合により自然資源研究所（Luke）と改称）と共同研究に関する覚書（MoU）を結び、トウヒ属の種間交雑育種について共同研究を進めてきた。日本のアカエゾマツは北海道の主要な造林樹種であり、劣悪な環境下でも適応できる長所を持つが、初期成長が遅いため、下刈り期間は一般的に8年間も必要とする。ヨーロッパトウヒはヨーロッパの主要な造林樹種で、北海道にも明治時代に主に鉄道防雪林として植栽されてきた。北海道ではアカエゾマツよりも成長量が優れるが、場所によっては極端に成長が悪くなる場合があると言われている。フィンランドは温暖化の影響を受けやすい地域で、将来、気象害等の被害が顕在化してくる可能性がある。そこで、日本では初期成長の改良を期待し、フィンランドでは気候変動に対応できる新しい樹種や品種の開発に期待して、両国でアカエゾマツとヨーロッパトウヒの種間交雑を進め、それらの特性調査を行った。

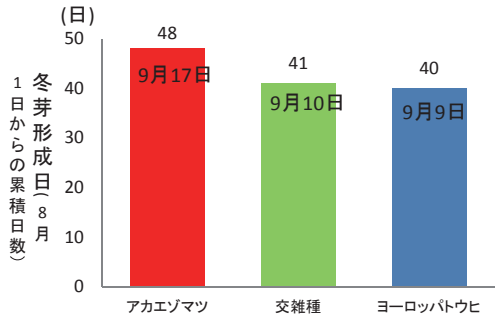
2.4.2　共同研究の成果

まず、アカエゾマツとヨーロッパトウヒの間で交雑が可能であるか明らかにし、交雑種の苗木の成長特性を評価するため、日本ではアカエゾマツ精英樹（日本産）を雌親としてヨーロッパトウヒ精英樹（フィンランド産）を花粉親とした人工交雑を行い（写真－9）、フィンランドでは逆に、ヨーロッパトウヒ精英樹を雌親、アカエゾマツ精英樹を花粉親とした人工交雑を行った。日本での人工交雑では、シイナが多く、発芽率は10%と低

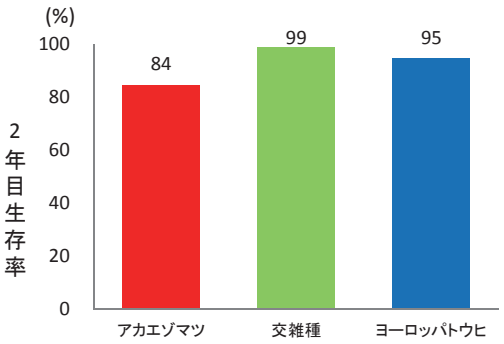
かったものの、稔性のある種子が得られ、56 家系 17,647 粒の充実種子を採取できた（田村 2013）。得られた交雑種子を使って苗木を育成したところ、2 年生苗の苗高はアカエゾマツで 14.2cm、ヨーロッパトウヒで 24.9cm、交雑種で 17.1cm だった（図－5）。したがって交雑種はアカエゾマツより成長量が大きく、交雑種を造林に利用すると育苗期間を短縮できる可能性がある。また 2 年生苗の冬芽の形成を調べた結果、交雑種はアカエゾマツより 1 週間程度早く形成されたため、晩霜害を受けにくい可能性がある（図－6）。さらに苗畑で越冬後の 2 年生苗の生存率を調査した結果、アカエゾマツで 84%、交雑種で 99%、ヨーロッパトウヒで 95%であった（図－7）。越冬後でも交雑種の生存率が高かったことから、交雑種は北海道の寒冷な気候にも十分適応できる可能性がある。しかし、種



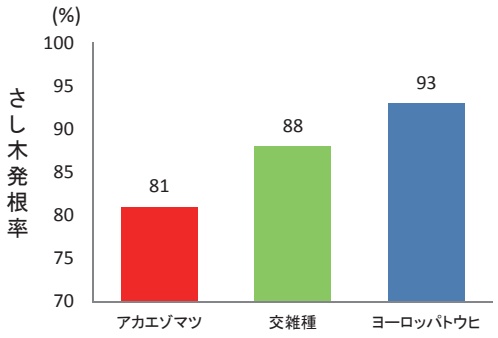
図－5　交雑種と両親種の苗高の違い



図－6　交雑種と両親種の冬芽形成日の違い



図－7　交雑種と両親種の苗木の生存率の違い



図－8　交雑種と両親種のさし木発根率の違い



写真－9　人工交配の様子



写真－10　さし木苗の発根の様子
左からアカエゾマツ、ハイブリッドトウヒ、ヨーロッパトウヒ

間交雑種子の発芽率が低いことから、人工交雑で事業的に種子生産するのではコストがかかる。そこで、若齢の 3 年生実生苗を台木に用いてさし木を行った。その結果、さし木の発根率は 88%と高く、大量生産できる可能性が示唆された（図－ 8、写真－ 10）。

2.4.3　今後の課題

交雑種は北海道の気候に適応し、初期の育成コストを削減できる樹種として期待できる。しかしながら、交雑種を通じてヨーロッパトウヒの遺伝子が北海道の自生種であるアカエゾマツに移入し､アカエゾマツの遺伝的構成が変化する可能性が危惧されているため、遺伝子移入の可能性を評価した上で交雑種の普及を考える必要がある。また、フィンランドでは日本で行った人工交雑とは逆に、ヨーロッパトウヒ（フィンランド産精英樹）を雌親とし、アカエゾマツ（日本産精英樹）を雄親とした人工交雑を行っており、その種子の一部が日本にも譲渡されている。今後、これらの交雑種子の稔性について調査するとともに交雑種の苗木を育成し、それらの成長や適応性等について調査する予定である。

（田村明・福田陽子・矢野慶介・生方正俊・山田浩雄）

3.　今後の課題

林木育種に関する海外協力では、これまでも国際協力機構（JICA）を通じた技術協力や各国との国際共同研究を通じて地球温暖化の影響を受ける国々の関係機関との協力を進めてきた。

しかしながら、頻発する異常気象など地球温暖化による影響への懸念は近年さらに深刻化しつつあり、2014 年 3 月に公表された IPCC 第 5 次評価報告書（第 2 作業部会～影響、適応、脆弱性）においても、アフリカにおける水資源に対するストレスの悪化や太平洋島嶼地域等小島嶼における世界の平均海面上昇による低平な沿岸地域への脅威など、地球温暖化による開発途上国の環境への影響はますます増大していくとされている。

また、我が国の「森林・林業・木材産業分野の研究・技術開発戦略」（平成 24 年 9 月林野庁）においても、我が国の育種技術を活用し、乾燥化、風水害の激化等に直面する開発途上国に対する協力等を推進し、海外林木育種協力を通じて開発途上国が直面している課題の解決に貢献することを掲げている。

このような状況から、気候変動等の影響を受ける国々との林木育種分野における技術協力の一層の推進が今後の課題となっている。このため、国際共同研究や国際協力機構（JICA）を通じた技術協力により、気候変動等への適応策として、①耐乾燥性と成長に優れた樹種の品種開発、②暴風や高潮の被害を軽減するのに適した樹種の品種開発、③持続的森林管理に資する樹種の品種開発や希少樹種の保存･増殖技術の開発等に引き続き取り組むこととしている。

（坂井敏純）

文　献

Friday, J.B. and Okano, D. (2006) *Calophyllum inophyllum* (Kamani). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry.

Hanaoka, S., Chien, C.T., Chen, S.Y., Watanabe, A., Setsuko, S. and Kato, K. (2014) Genetic structures of *Calophyllum inophyllum* L., a tree employing sea-drift seed dispersal in the northern extreme of its distributeon. Ann. For. Sci. 71, 575-584.

嘉手苅幸男（2007）モクマオウ、テリハボク、アカギ及びタイワンフウの材質・加工特性について. 沖縄県森林資源研究センター研究報告, 50, 23-31.

Kato, K., Yamaguchi, S., Chigira, O. and Hanaoka, S. (2014) Comparative study of reciproval crossing for establishmens of *Acacia hybrids*. Jounal of Tropical Forest Science , 26(4), 469-483.

Kato, K., Yamaguchi, S., Chigira, O. and Osaka, N. (2013) Flowering phenology and germinaton ability of pollens for *Acacia mangium* and *A. auriculiformis*. Silvae Genetica, 61(6), 228-236.

Kato, K., Yamaguchi, S., Chigira, O., Ogawa, Y. and Isoda, K. (2012) Tube plination using stored pollen for creating *Acacia auriculiformis* hybrids. Jounal of Tropical Forest Science, 24(2), 209-216.

加藤一隆・今野敏彦・尾坂尚紀・花岡創（2013）防風効果の高いテリハボクの選抜育種研究. 平成 24 年度亜熱帯森林・林業研究会研究発表論文集, p23-27.

小川靖・山口秀太郎・大塚次郎・千吉良治（2006）アカシア・アウリカリホルミスの受粉適期. 平成 18 年度林木育種センター年報, 93-96.

Ong, H.C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H. and Norhasyima, R.S. (2011) Comparison of palm oil, Jatropha curcas and *Calophyllum inophyllum* for biodiesel: A review. Renewable and Sustainable energy review .15, 3501-3515.

Otsuka, J., Yamaguchi, S., Chigira, O. and Kato, K. (2010) Application of hot water emasculation to *Acacia auriculiformis* for controlled pollination. Journal of Forest Research, 15, 210-216.

Pinso and Nasi (1991) The potential use of *Acacia mangium* x *Acacia auriculiformis* hybrid in Sabah. In: Carron LT and Aken KM (eds) Breeding technologies for tropical Acacias,.17-21., Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, Australia.

林木育種センター海外協力部（2011）アカシア属の育種技術マニュアル. 森林総合研究所林木育種センター.

田村明・山田浩雄・福田陽子・矢野慶介・阿部正信・竹田宣明・大城浩司・佐々木洋一・上田雄介・織田春紀・羽原陽子・田邊純・石栗太（2013）種間雑種（アカエゾマツ×ヨーロッパトウヒ）の幼齢期における諸特性－開花、種子の稔性および材質について－. 北方森林研究, 61, 67-70.

森林バイオ研究センター

1. 試験研究の動向

森林バイオ研究センターは、森林総合研究所と林木育種センターの統合に伴い、第2期中期計画期間の2年目にあたる平成19（2007）年4月に設立された。その目的は、バイオテクノロジーを活用した林木の育種年限の短縮や品種改良に必要な技術の開発、有用広葉樹の遺伝的特性の解明等に関する研究の推進であった。

同じ頃、スギ花粉の発生源に対する対策を強化するため、林野庁に「花粉発生源対策プロジェクトチーム」が設置された。

また、松くい虫被害量は依然として日本の森林病害虫被害の中では最大で、マツ林は防風・防潮や土砂崩壊防止等に大きな役割を果たしていることから、マツ林を保全するための被害拡大防止対策が重要である。なお、広葉樹林への転換が松くい虫被害や花粉発生源への対策の一つに位置づけられている。

林野庁は、樹木の遺伝子組換え技術の開発によって、地球温暖化対策、木質バイオマスの効率的な利用、花粉発生源対策等について飛躍的な発展が期待されるとして、この分野の研究方向を示した「森林・林業分野における遺伝子組換え技術に関する研究開発の今後の展開方向について」を平成19年8月に策定した。

このような背景から、森林バイオ研究センターでは、組織培養や遺伝子操作などのバイオテクノロジーを利用し、林木の遺伝子組換え技術の効率化と遺伝子組換え林木の野外栽培試験での評価手法の開発、マツノザイセンチュウ抵抗性機構の遺伝子レベルでの解明、優良種苗の大量増殖法の開発、有用広葉樹の遺伝的特性の解明等にこれまで取り組んできた。

ここでは、主に第3期中期計画期間に得られた主要成果を紹介する。

（吉田和正）

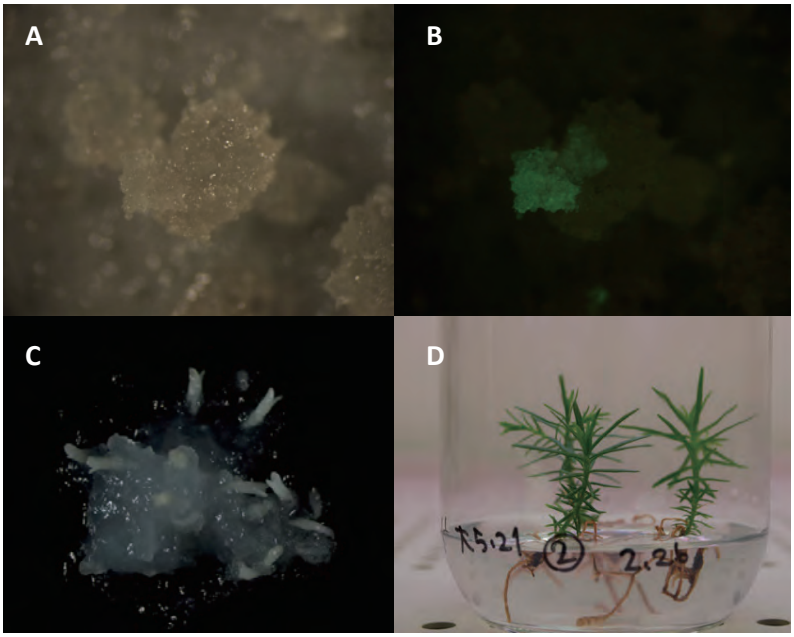
2. 研究の成果

2.1 スギにおける遺伝子組換え技術の開発

遺伝子組換え技術は植物に目的形質を短期間で付与することができるため、林木の育種方法として利用価値の高い技術である。これまで、パーティクルガン法によりスギの細胞に遺伝子を導入して発現させることはできていた。しかし、パーティクルガン法に比べ、遺伝子組換え効率が高いと期待されるアグロバクテリウム法によるスギの遺伝子組換え体の作出は報告されていなかった。

そこで、緑色蛍光タンパク質遺伝子をマーカー遺伝子とし、不定胚形成細胞にアグロバクテリウムを感染させ、遺伝子を導入した形質転換細胞から不定胚を誘導することにより、遺伝子組換えスギを作出することに初めて成功した（写真－1）（Taniguchi et al. 2008a）。しかし、当初の方法にはアグロバクテリウムの過増殖によりスギの細胞が死滅することが多いという問題があった。そこで、アグロバクテリウムとスギの培養細胞の共

存培養中のアグロバクテリウムの過増殖を抑えるために、従来の固形培地上での共存培養から液体培地で湿潤させたろ紙上での共存培養に改良した。また、共存培養終了後のアグロバクテリウムの除菌に用いる抗生物質の種類と濃度を変更した。これらにより、スギの遺伝子組換え効率を従来法の約 30 倍に向上させることができた（Konagaya et al. 2013）。さらに、この方法を用いて、雄性不稔化する遺伝子を導入した遺伝子組換え無花粉スギの作出に成功した（詳しくは「総合的研究の動向と成果」の章を参照）。



写真－１　スギの遺伝子組換え

Ａ：形質転換されたスギの不定胚形成細胞、
Ｂ：緑色蛍光タンパク質を発現する形質転換細胞（Ａの蛍光顕微鏡観察像）、
Ｃ：形質転換細胞から誘導した不定胚、Ｄ：遺伝子組換えスギの幼植物体

（谷口亨）

2.2　遺伝子組換え樹木の野外試験

遺伝子組換え樹木の形質や導入遺伝子の効果を評価するためには、野外試験が重要となる。2013 年までの世界の遺伝子組換え樹木の野外試験件数は 746 件であり、米国が 500 件、続いて中国が 78 件、ブラジルが 65 件となっている。日本では、2014 年までに 9 件が終了し、2015 年の時点で林木育種センターと筑波大学で 2 件が実施されている。野外試験は隔離ほ場で行う。隔離ほ場とは、遺伝子組換え植物を栽培するための一般環境を模した一定の区画されたほ場であり、遺伝子組換え植物が意図せずに持ち出されることを防止するため、フェンス等の設備で隔てられている。隔離ほ場での野外試験を行うには、遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律（カルタヘナ法）の規定に従い、法令を所管する大臣へ承認申請を行わなければならない。承認申請においては、野外試験を行う隔離ほ場の設備や隔離ほ場での作業要領などを記載した第一種使用規程に加え、遺伝子組換え樹木を隔離ほ場に植栽した際の周辺環境への影響を事前評価するための生物多様性影響評価書を提出する。評価書の作成にあたっては、種子繁殖や栄養

繁殖の特性など、遺伝子を組み込んだ樹種の生理学的・生態学的特性、導入遺伝子の情報、組換え体の特性等の情報を収集する。それらの情報に基づき、競合における優位性、有害物質の産生性、交雑性などについて生物多様性影響を評価する。承認申請に加え、地元自治体や森林・林業関係団体、周辺住民などに対し、試験についての情報提供を行うことも重要である。これまでに森林総合研究所が承認を得たポプラとスギの隔離ほ場試験について以下に概説する。

2007 年 3 月から 2011 年 12 月までポプラの一種であるギンドロの野外試験を実施した（写真－ 2 上段）。導入遺伝子は恒常的発現プロモーターで制御したコウジカビ由来のキシログルカナーゼ遺伝子である。セルロースミクロフィブリルを架橋するキシログルカンが分解され、実験室でのデータではセルロース含量と比重が各々 10%、16%増加していた（Taniguchi et al. 2008b）。しかし、野外栽培では組換え体と非組換え体の間のセルロース含量や比重の差は少なくなった。組換えポプラでは、根毛形成が阻害され、また、気孔が完全には閉じなくなり、その結果として野外での生育が抑制され（Taniguchi et al. 2012, Funahashi et al. 2014）、実験室とは異なる形質を示したと考えられる。このことから、遺伝子組換え樹木の形質評価における野外試験の重要性が認識された。

2014 年 11 月には、遺伝子組換えにより雄性不稔化したスギの隔離ほ場栽培の承認を得た。この遺伝子組換えスギは、スギの雄花特異的遺伝子のプロモーター（Kurita et al. 2013）を用いてバチルス菌由来の RNA 分解酵素（barnase）をスギ雄花のタペート層と減数分裂期から四分子期までの将来花粉となる細胞で働かせることにより花粉形成を阻害している。また、barnase の異所的発現による組換え効率の低下や生育不全を防ぐために barnase の阻害因子である barstar も導入している。温室（特定網室）での 2 年間の試験では、この遺伝子組換えスギは花粉を全く形成せず、非組換えスギとの間で生育に有意な



写真－ 2　遺伝子組換え林木の野外試験
上段：遺伝子組換えギンドロ（植栽 4 年目）、下段：遺伝子組換えスギ（植栽直後）

差は認められなかった。2015 年 4 月に隔離ほ場に植栽し（写真－ 2 下段）、2018 年 3 月まで栽培試験を行って野外での成長特性や形態を非遺伝子組換えスギと比較するとともに、花粉飛散時期前に雄花断面を観察することにより花粉が形成されないかどうかを調べる計画である。

（谷口亨）

2.3　薬用樹木の組織培養

漢方薬等の原料となる生薬の自給率は低く、また、中国への依存度が高い。日本漢方生薬製剤協会による調査結果では、平成 24 年度の国内使用量は、270 品目 25,785 トンであり、そのうち、日本産が 11.7%で中国産が 80.7%となっている。また、薬用植物の多くは自生地域からの採取が多い。このような状況のため、薬用植物の国内栽培を推進することが原料の安定確保の観点から重要と考えられる。そこで、木本性の薬用植物として、漢方薬の原料として使用されているカギカズラと抗がん剤原料成分を含有するワダツミノキの組織培養に取り組んだ。組織培養とは、植物ホルモンや栄養分を含む人工培地で植物組織の一部を培養することにより植物体を再生させる技術であり、苗木のクローン増殖に有用である。

カギカズラはアカネ科のつる性の常緑樹であり、中国南部と日本（房総半島以南～九州）に自生する。本種は葉腋に鈎形のとげ（カギ）をもつ。このカギを付けた枝を乾燥させたものは釣藤鈎（チョウトウコウ）と呼ばれる、神経過敏や不眠などの精神神経症状に効果がある漢方薬の原料である。また、高血圧症や認知症の改善に効果があるとされている。本種の薬効成分はリンコフィリンやヒルスチンなどのアルカロイドである。カギを付けた枝を培養する条件を解明し、さらに改良することによって 1 カ月で 7 倍に植物体を増殖する方法を開発した（写真－ 3）（Ishii et al. 2012、谷口・石井 2015）。

ワダツミノキは鹿児島県奄美大島に自生する高さ 10m 程度になる小高木で、2004 年に新種として発表された。環境省のレッドリストでは絶滅危惧 IA に分類され、20 株程度が現存する（平成 22 年改訂レッドリスト付属説明資料）。本種の枝や葉には、がん化学療法に用いられる抗がん剤の原料となっているアルカロイドの一種であるカンプトテシン



写真－ 3　薬用樹木の組織培養
左：カギを培養して得られたシュートを発根させたカギカズラ、
右：芽の培養により誘導したワダツミノキのシュート

が含まれる。ワダツミノキについては、芽を培養することにより植物体を再生する方法を開発した（写真－3）（Ishii et al. 2014）。組織培養は絶滅危惧種である本種の保存にも有効な技術である。

薬用成分の含有率が高く成長が早いなどの優れた形質をもつ個体の選抜と、組織培養でのクローン苗の増殖法の開発が、国内での栽培による医薬品原料の自給率向上と栽培地域の活性化に寄与すると期待される。

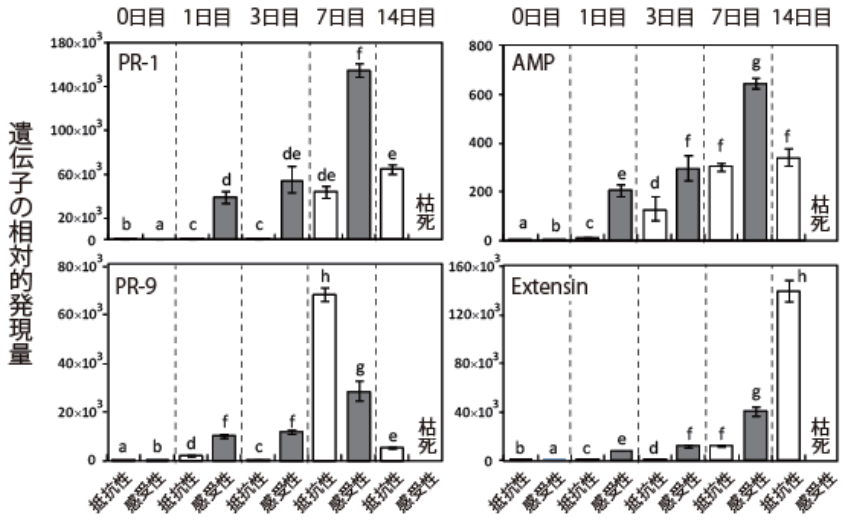
（谷口亨）

2.4　マツ材線虫病抵抗性の分子メカニズム

マツノザイセンチュウによる松枯れは、今なお国内最大の森林病害である。マツノザイセンチュウ抵抗性育種によって選抜された抵抗性品種は一般のマツに比べて枯れにくい形質をもつが、その原因解明につながる分子レベルでの解析はほとんど行われていなかった。そこで、マツ材線虫病抵抗性の分子メカニズムを明らかにするため、感受性クローン（クロマツ精英樹：片浦1号）と抵抗性クローン（波方ク－73号）（以下、それぞれ「感受性」および「抵抗性」とする）を用い、cDNAサブトラクション法による遺伝子発現解析を行った（Hirao et al. 2012）。この方法は、2つのサンプル間で発現している遺伝子を差分化（引き算）することで、特異的に発現している遺伝子や発現量に差がある遺伝子を特定することができる。実験では、抵抗性と感受性の2年生接ぎ木苗に線虫（培養個体群; Ka-4）を1万頭接種し、接種後1日目、3日目、7日目、14日目の時系列サンプルからRNAを抽出した。さらに、そのRNAをもとに、抵抗性で発現している遺伝子から感受性で発現している遺伝子を差分化した4つのフォワードcDNAライブラリーと感受性で発現している遺伝子から抵抗性で発現している遺伝子を差分化した3つのリバースcDNAライブラリーを作成した。なお、14日目の感受性はRNAが抽出できないほど萎凋していたため、14日目のリバースライブラリーは作成できなかった。作成した7つのライブラリーから各500個の発現遺伝子を任意にピックアップし、塩基配列の解析から感受性および抵抗性で特異的に発現している遺伝子群を特定した。

感受性で発現している遺伝子の特徴として、接種後1日目には感染特異的タンパク質（Pathogenesis related protein; PRタンパク質）や抗微生物ペプチド（Antimicrobial peptide; AMP）と呼ばれる生体防御関連遺伝子が多く発現し、接種後3日目、7日目と日を経るごとにそれら遺伝子の発現量が増加した（図－1上）。PRタンパク質やAMPは、植物が病原体の感染に対して自身を守るために生産する生化学的な産物であり、感受性は、それらのタンパク質やペプチドを生産して、線虫に対する防御反応を起こしていることが推測できた。一方、抵抗性では、感受性と同様にPRタンパク質やAMPが発現するが、その発現量は感受性と比較すると少なく（図－1上）、接種後7日目には活性酸素によって誘導されるペルオキシダーゼ（PR-9）の発現が増加し、14日目には細胞壁を強化する遺伝子（ExtensinやHRGPs; hydroxyprotine rich glycoprotein）が多く発現していることが分かった（図－1下）。

二井（2003）は、マツ枯れによる枯損は、寄主マツが非親和性の異物として線虫を認



図－1　感受性クロマツで特徴的な遺伝子（上段）と抵抗性クロマツで特徴的な遺伝子（下段）における遺伝子発現量の比較（Hirano et al. 2012, 平尾 2014）
線虫を接種していない時の発現量を 1 とした場合の遺伝子の相対的な発現量を示す。

識し、抵抗性反応を発揮して線虫の活動を抑制しようとするがうまくいかず、その抵抗性反応の結果として自ら枯死してしまう現象と述べている。植物は菌類や細菌のような病原体から身を守るため、病原体に感染した細胞を殺し、感染の拡大を防ぐ反応を起こす。これを過敏感反応（Hypersensitive reaction；HR）と言い、我々が感受性で明らかにした防御反応は、まさに二井（2003）が示していた過敏感反応であると考える。一方で抵抗性は、自ら枯死に至る防御反応を抑えつつ、線虫を異物として認識する際に発生する活性酸素により誘導される細胞壁の強化を中心とした防御反応によって線虫の移動や増殖を抑制し、その結果として枯れにくくなっていると考えられる。細胞壁関連の遺伝子発現を伴う防御反応は、タバコ、ダイズ、トマトのネコブ線虫やシスト線虫抵抗性個体においても報告されており、植物種に共通する有効な線虫感染への抵抗性反応である可能性が示唆される。

（平尾知士）

3. 今後の課題

森林・林業をめぐっては、花粉症と松くい虫被害に対する対応・対策が引き続き重要な課題である。森林バイオ研究センターでは、遺伝子組換え技術がもつ特定の形質だけを短期間に改変できる利点を活かし、第 3 期中期計画期間中にスギの雄性不稔（無花粉）化に成功した。今後は遺伝子組換え無花粉スギの実用化に向けて、種子の散布による組換え遺伝子の拡散を防ぐための雌性不稔化技術の開発が不可欠である。

現在、遺伝子組換え生物の取り扱いには法的な規制があり、遺伝子組換え植物を野外で栽培するには、主務大臣の承認を得なければならず、その手続きに少なからぬ労力と時間を要している。近年、「新育種技術（NBT：New Breeding Techniques）」と総称される、遺伝子組換え技術を用いても改変された生物には導入遺伝子が残らない、あるいは、導入

された変異は突然変異と区別がつかないなどの特徴を有する技術が発展し、それらの技術によって改変された生物は遺伝子組換え生物に対する法的な規制の対象とはならない可能性がある。すでに、作物や果樹では「新育種技術」を育種に応用する研究が始まっており、育種の手段を増やすために、林木においても新育種技術の適用に関する研究開発を進めなければならない。

マツノザイセンチュウ抵抗性あるいは感受性に関わる遺伝子が明らかになれば、それらの遺伝子をマーカー（目印）として、マツ林再生に有用な抵抗性個体の早期選抜や、抵抗性遺伝子を複数もつより強い抵抗性品種の開発に役立つ。したがって、マツ材線虫病に対する抵抗性や感受性の機構の分子レベルでの解明が望まれる。

組織培養技術を有効に利用すれば、さし木等が困難な樹種を増殖できる場合がある。これまでにスギや薬用樹木を効率的に生産する方法を確立しており、将来的にも個体の増殖や保存、物質生産などに林木の組織培養技術が役立つものと見込まれる。

平成 27（2015）年 4 月、ブラジルで成長性を改善した遺伝子組換えユーカリの商業栽培が認可されたことに象徴されるように、外国ではバイオテクノロジーを利用した林木の品種改良と実用化が進められている。日本においては、木材の強度に関わるセルロースの配向の制御や細胞壁の糖化性の改変など従来の育種では対応しにくい課題の解決にバイオテクノロジーが寄与できると考えられる。今後もバイオテクノロジーを活用し、森林・林業・木材産業をめぐる課題の解決につながる研究開発を慎重かつ着実に進めていく必要がある。

（吉田和正）

文　献

Funahashi, F., Ohta, S., Taniguchi, T., Kurita, M., Konagaya, K. and Hayashi, T. (2014) Architectural and physiological characteristics related to the depressed growth of poplars overexpressing xyloglucanase in a field study. Trees, 28, 65-76.

二井一禎（2003）マツ枯れは森の感染症－森林微生物相互関係論ノート－. 文一総合出版, 142-145.

Hirao, T., Fukatsu, E. and Watanabe, A. (2012) Characterization of resistance to pine wood nematode infection in *Pinus thunbergii* using suppression subtractive hybridization. BMC Plant Biology, 12, 13.

平尾知士（2014）マツノザイセンチュウの感染に対する寄生マツ遺伝子の応答．水久保隆之・二井一禎編“線虫学実験”. 京都大学出版, 309-311.

Ishii, K., Takata, N., Konagaya, K. and Taniguchi, T. (2012) Propagation in vitro of *Nothapodytes amamianus* an endangered medicinal tree. Combined Proceedings International Plant Propagator's Society, 61, 284-287.

Ishii, K., Takata, N. and Taniguchi, T. (2014) Micropropagation of *Uncaria rhyncho-*

phylla – a medical woody plant. Combined Proceedings International Plant Propagator's Society, 63, 353-356.

Konagaya, K., Kurita, M. and Taniguchi, T. (2013) High-efficiency *Agrobacterium*-mediated transformation of *Cryptomeria japonica* D. Don by co-cultivation on filter paper wicks followed by meropenem treatment to eliminate *Agrobacterium*. Plant Biotechnology, 30, 523-528.

Kurita, M., Konagaya, K., Watanabe, A., Kondo, T., Ishii, K. and Taniguchi, T. (2013) The promoter of an A9 homolog from the conifer *Cryptomeria japonica* imparts male strobilus-dominant expression in transgenic trees. Plant cell Rep., 32, 319-328.

Taniguchi, T., Konagaya, K., Kurita, M., Takata, N., Ishii, K., Kondo, T., Funahashi, F., Ohta, S., Kaku, T., Baba, K., Kaida, R. and Hayashi, T. (2012) Growth and root sucker ability of field-grown transgenic poplars overexpressing xyloglucanase. J. Wood Sci., 58, 550-556.

Taniguchi, T., Ohmiya, Y., Kurita, M., Tsubomura, M. and Kondo, T. (2008a) Regeneration of transgenic *Cryptomeria japonica* D. Don after *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation of embryogenic tissue. Plant Cell Rep., 27, 1461-1466.

Taniguchi, T., Ohmiya, Y., Kurita, M., Tsubomura, M., Kondo, T., Park, Y. W., Baba, K. and Hayashi, T. (2008b) Biosafety assessment of transgenic poplars overexpressing xyloglucanase (AaXEG2) prior to field trials. J. Wood Sci., 54, 408-413.

谷口亨・石井克明（2015）薬用系木本植物カギカズラの組織培養. 関東森林研究, 66, 99-100.

北海道育種場

1. 北海道育種基本区の特色と地域ニーズ等

北海道育種基本区は、気候や自然植生が他の育種基本区と大きく異なっており、また構成する都道府県は北海道のみである。北海道育種基本区における造林樹種の中心はカラマツ類（カラマツ、グイマツ及びそれらの雑種 F_1）・トドマツ・アカエゾマツであり、これらを対象とした育種事業に取り組んでいる。また、ミズナラ等の広葉樹について、多くの精英樹をはじめ育種素材や遺伝資源として多様な産地の個体を保存しており、これらを素材とした研究を実施している。

環境条件や樹種が異なることから、他の育種基本区におけるスギ・ヒノキの場合とは育種目標・育種手法・育種年限が異なる。カラマツ類、トドマツ、アカエゾマツなど北方樹種については、着果の豊凶の年次変動が大きく、スギやヒノキのようなホルモン剤（ジベレリン）による着花促進が困難である。このため、育種の面からは計画的な人工交配による次世代化の推進が困難であることや、育種成果の普及及び造林の現場においても育種種子の生産が不足するという問題がある。

現在、造林樹種としてカラマツ類の人気が高く、特にグイマツ雑種 F_1 の「クリーンラーチ」についてはその母親であるグイマツ精英樹「中標津 5 号」が特定母樹に指定されたことから、そのクローンを増殖・配布することが求められている。

（藏範弘）

2. 研究または事業の成果

2.1 新品種の開発

北海道育種基本区においては、成長の優れたアカエゾマツ 6 品種、幹重量（二酸化炭素吸収・固定能力）の大きいトドマツ 11 品種、材質優良トドマツ 15 品種を最近 10 年間で開発することができた。

アカエゾマツは北海道育種基本区ではカラマツ、トドマツに次ぐ重要な造林樹種であり、楽器材や家具材、建築用材など用途は多岐にわたる。15 年次の検定林調査データ等により作成された精英樹特性表に基づき、西南部育種区 1 品種、中部育種区 3 品種、東部育種区 2 品種、計 6 品種の成長の優れたアカエゾマツを平成 21 年度に開発した。これらの品種は平均的なアカエゾマツに比べ樹高および胸高直径の成長が優良であり収穫量の増加に寄与することが期待できるものである。

トドマツは北海道育種基本区では最も蓄積の多い造林樹種である。樹木のバイオマスの約 50%は炭素であり、炭酸同化作用によって大気中から取り入れた二酸化炭素に由来する。したがって、幹重量が大きくなる性質をもつ樹木個体を多く植栽することで、その地域の造林地における二酸化炭素の吸収量が増加することが期待され、地球温暖化抑止にもたらす効果が大きいと考えられる。平成 18 から 21 年度にかけて、北海道育種基本区内 16 地点のトドマツ次代検定林において 20 年次の成長調査を、同 7 地点において容積

密度調査を行った。樹高と胸高直径から材積を、材積と容積密度から幹重量を推定し、平成 21 年度に幹重量の大きいトドマツ品種を西南部育種区 7 品種、中部育種区 1 品種、東部育種区 3 品種、計 11 品種開発した。いずれの品種も採種園に植栽され採種母樹となっており、これらの母樹から優先的に種子を採取し造林に用いることで、北海道育種基本区の森林における二酸化炭素固定量を効率的に高めることができると考えられる。（田村ら 2010）

トドマツは、北海道育種基本区の他の主要造林樹種に比べ、しばしば「水食い材」が発生することにより心材の含水率の変動が大きくなることが知られている。水食い材は、生立木時には凍裂による樹幹の損傷、伐採・収穫後の木材利用時には乾燥期間の長期化や仕上がり含水率のばらつきの原因となる。そこで、検定林等の試験地において横打撃共振法を用いた心材含水率の簡易測定（井城ら 2010）を行い、さらに定期調査で得られた成長特性の情報も考慮することで、成長に優れた上で心材含水率が低い材質優良トドマツ品種を西南部育種区で 5 品種、東部育種区で 10 品種をそれぞれ平成 26 年度と平成 27 年度に開発した（田村 2015）。

以上に加えて、平成 27 年度には木質バイオマス生産量の大きいヤナギ品種を開発することを予定している（林木育種センター育種部 2.7 を参照）。また、第 2 世代精英樹については、候補木（優良木を含む）をトドマツ 444 個体、カラマツ 3 個体、グイマツ 56 個体選抜しており（平成 26 年度末実績）、今後エリートツリー及び特定母樹として普及を図っていく予定である。

（大谷雅人）

2.2　地域ニーズを踏まえた研究の推進

北方樹種の着果性の問題に対応して、北海道育種場では、前年の気象条件が種子（着花）の豊凶に与える影響について調べ、翌年の豊凶を予測する方法を検討してきた（田村ら 2012）。特に例年種子が不足しているカラマツ類については、ジベレリン処理による着花促進処理方法の開発も進めている（田村ら 2015a）。

エゾマツは北海道を代表する樹種のひとつであるが、伐採に伴って資源量が減少したにもかかわらず、造林が進んでいない。その理由として、成長が遅いために播種から山出しまでに 6 年かかること、育苗段階で暗色雪腐病や苗立枯病による被害を受けやすいことが挙げられる。エゾマツ資源の保全と将来の利用を進めるためには、これらの問題をクリアして短期間で健全苗を育成する方法を確立する必要がある。育苗コンテナは育苗環境や培土、施肥条件等を調整できることから苗木の管理が容易であり、短期間での育苗も可能であるとして、近年その利用が推進されるようになってきた。コンテナを用いて育苗環境等を調整することによって、エゾマツで播種から 4 年での山出し方法を確立した（田村ら 2013）。さらに、人工光源を用いた長日処理を行うことによって 2 年間の養苗での山出しの可能性を示した（写真－ 1）（田村ら 2015b）。エゾマツだけではなくトドマツやアカエゾマツも同様に育苗年数が長いという問題を抱えており、エゾマツで確立された方法は他の樹種にも応用できる可能性が大きい。



写真－１　従来の育苗方法で育成した２年生エゾマツ実生苗（左）と改良した方法で育成した２年生エゾマツ実生苗（右）の比較

「バットの木」として知られるアオダモは資源の減少が危惧されているが、アオダモのコンテナによる育苗条件について検討し、これまで一般的に４年かかっていた育苗年数を３年に短縮できるようになった。また、アオダモ材の利用における材質優良木の育種を図るため、北海道育種基本区一円から集めた種子によって産地試験地を設定し、材質変動をもたらす遺伝的環境的な要因を明らかにすることを目的として、遺伝子の地理的変異・成長特性・フェノロジー等についても研究を進めている。

（福田陽子）

2.3　地域との連携による成果の普及

2.3.1　特定母樹の普及

森林による二酸化炭素吸収の保全と強化を目的に、特に優良な種苗を生産するための「特定母樹」を農林水産大臣が指定する仕組みができた。北海道育種基本区では、グイマツ雑種 F_1「クリーンラーチ」の母親である「中標津５号」を北海道及び北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場（以下道総研林業試験場とする。）と林木育種センターが共同で申請し、特定母樹に指定されている。

特定母樹に関しては、民間事業者が採種園等の造成をできることになり、北海道育種基本区では多数の事業者が参加の意思を示した。平成 26 年度においては、５事業者が知事から「認定特定増殖事業者」として認められた。

北海道育種場は、こうした「認定特定増殖事業者」に対して積極的に支援を行っている。具体的には、北海道、道総研林業試験場等と連携を図りながら、

①　採種園造成適地の選定方法

②　採種園の設計方法及び造成に必要な苗木生産計画の策定方法

③　つぎ木の技術やつぎ木苗の管理方法の指導（写真－２）を行いつつ、つぎ穂（穂木）



写真－２　認定特定増殖事業者に対するつぎ木の技術指導

の提供を行っており、今後、つぎ木苗（苗木）の提供を行うこととしている。

さらに数事業者が認定を受けるべく準備を進めており、引き続き関係機関と連携を図りながら積極的に対応していきたいと考えている。

（佐藤亜樹彦）

2.3.2　国有採種園の再整備

人工林が成熟期を迎え、伐採量の増加とともに再造林用種苗の需要増加が見込まれており、種苗生産量の確保が課題となっている。北海道育種基本区の主要造林樹種においては着果性の問題があり、優良な種苗の確保を図る上で既存の精英樹採種園の一層の活用が求められている。

カラマツについては特に人気が高く、種子が常に不足する状況にある。このため北海道育種場では北海道森林管理局と連携し関係機関の協力を得ながら国有林のカラマツ採種園を活用して、実際の種子生産に有効な採種園管理技術の開発に取り組んできた。

針葉樹の着果には良好な日照が不可欠であることから、採種園の管理者である森林管理署と連携し、大きく成長した既存採種園を間伐することによって光環境改善を図ることとした。間伐に先立って間伐対象木に環状剥皮やホルモン処理等の着果促進を行って、着果促進に寄与するデータを採取しつつ間伐時に伐採木からの採種を実施する。間伐跡地には、将来の採種木としてカラマツやグイマツの苗木を植栽する。この考え方に基づき現在、旭川市にある雨紛採種園において、日照不足の改善とカラマツ類の植栽が完了したところである。こうした採種園整備の取組に必要な経費について平成 27 年度から国有林で予算化されたことから、今後、高所作業車のアクセスに必要な道路の整備など本格的な整備が可能となるとともに、他の採種園においても整備が可能となることから、連携して効果的な採種園の整備を図りたいと考えている。

（千葉信隆）

2.4　林木遺伝資源の収集・保存

林木のジーンバンク事業の一環として、成体、種子、花粉を対象として、絶滅に瀕している種や巨樹・名木・衰退林分等の希少な林木遺伝資源を収集し、育種場内の保存園や林木育種センターの種子、花粉貯蔵施設へ保存している。

こうした取組の 1 つとして、天然記念物や巨樹・名木等遺伝的に価値が高いと思われる樹木を対象に、機関や個人等が所有する樹木が衰弱している場合に後継クローンを増殖し、場内に保存するとともに所有者へ里帰りさせる「林木遺伝子銀行 110 番」の増殖サービスを行っている。

観音山の御神木（カシワ）の例を紹介する。北海道の記念保護樹木として指定を受けているこのカシワは、明治 28 年に 33 観世音の石像が安置された山の頂上にあったことから御神木と呼ばれるようになり、住民によって親しまれてきたが、平成 15 年度の記念保護樹木診断により「根株や幹の腐朽が末期症状で、樹勢もかなり不良。」と診断され、後継樹の育成を提案されていた。平成 18 年 8 月に様似町から増殖サービスの申請を受け、北海道育種場で接ぎ木を行い、平成 22 年 5 月に 4 本の後継樹を里帰りさせた（写真－ 3）（北海道育種場 2010）。

北海道育種場では、このカシワを含め、制度が発足した平成 15 年から現在まで 19 件の申請を受け、9 件を里帰りさせている。

（湯浅真）



写真－３　里帰りの様子

3. 今後の課題

これまでに取り組んできた第 1 世代精英樹の特性評価及び第 2 世代精英樹の選抜を通して、育種を前進させるための育種集団の構築に取り組んでいく必要がある。また、現在取り組んでいる北方樹種の着果促進やコンテナ苗の利用に関する研究をさらに発展させ、育種の推進に不可欠な実用的技術としていくことが必要である。これらについては他の育種基本区とは共通しない樹種もあり、北海道育種基本区独自での北方樹種に関する育種法の確立と改良に向けた取組みが重要である。他の育種基本区との自然環境の違いは、育種のベースとなる林木遺伝資源の収集保存についても特筆される。このように開発された技術、品種、さらに収集保存した林木遺伝資源を普及活用することによって、北海道育種場は北海道育種基本区における森林・林業の再生と持続的発展に寄与していきたいと考えている。

（藏範弘）

文　献

北海道育種場（2010）遺伝子銀行 110 番の後継樹が里帰り. 北海道育種場だより 野幌の丘から, 175.

井城泰一・田村明・飯塚和也（2010）横打撃共振法によるトドマツの心材生材含水率の非破壊的評価. 木材学会誌, 56, 33-40.

田村明（2015）材質優良トドマツ品種の開発 . 北海道育種場だより 野幌の丘から , 184, 1.

田村明・織田春紀・福田陽子・矢野慶介・玉城聡・山田浩雄（2015a）グイマツにおける着花促進処理のスクリーニング. 北方森林研究, 63, 33-36.

田村明・織田春紀・山田浩雄・福田陽子・矢野慶介・生方正俊・後藤　晋（2015b）ガラス温室内長日処理によるエゾマツ実生コンテナ苗の育苗期間短縮. 日林誌, 97, 135-147.

田村明・小川瞳・木村徳志・福岡哲（2013）エゾマツコンテナ苗の施肥について . 北海道の林木育種, 56(2), 19-22.

田村明・生方正俊・那須仁弥・丹藤修・久保田権・西岡直樹・佐藤新一・小園勝利・林　勝洋・飯田玲奈・渡邉謙一・辻山善洋・佐藤亜樹彦・上野義人・井城泰一・澤村高至・尾坂尚紀・阿部正信（2010）トドマツ精英樹家系の炭素貯蔵量の改良効果. 日本森林学会大会発表データベース , 121, 677-677.

田村明・山田浩雄・福田陽子・矢野慶介・阿部正信・大城浩司・生方正俊・佐藤新一・佐藤亜樹彦・西岡直樹（2012）北方系針葉樹の着花に影響する要因の検討. 北方森林研究, 60, 51-54.

東北育種場

1. 東北育種基本区の特色と地域ニーズ等

東北育種基本区は、太平洋側の東部育種区（青森県、岩手県、宮城県）と日本海側の西部育種区（秋田県、山形県、新潟県）の二つの育種区に分かれており、西部育種区においては、豪雪地帯を抱えていることから雪害抵抗性に関するニーズが大きく、東部育種区においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う津波で壊滅的な被害を受けた海岸防災林の復旧が強く求められている。また、各県においては、力を入れている造林樹種がそれぞれ特色を持っており、それぞれのニーズに配慮した育種が必要である。

（関充利）

2. 研究または事業の成果

2.1 新品種の開発

2.1.1 新品種の開発

林木育種事業は、山崩れの防止や CO_2 の吸収、木材の生産など森林の多面的な機能を発揮させるため、優れた遺伝的特性を持つ品種の開発を目的としている。全国で成長・形質の優れた木を選抜する精英樹選抜育種事業を昭和 29 年に開始し、その後、時代の要請に応え松くい虫などの病虫害や気象害への抵抗性品種、花粉の少ないスギなどの花粉症対策品種を開発してきた。東北育種場でも、これまでに表－ 1 のとおり品種を開発してきた。

表－ 1　東北育種場で開発された主な品種

品種	樹種	品種数
初期成長に優れた品種	スギ	8
少花粉品種	スギ	21
材質の優れた品種	スギ	17
	カラマツ	80
幹重量の大きい品種	スギ	7
雪害抵抗性品種	スギ	37
寒害抵抗性品種	スギ	91
凍害抵抗性品種	スギ	27
スギカミキリ抵抗性品種	スギ	31
マツノザイセンチュウ抵抗性品種	アカマツ	49
	クロマツ	42

また、ブナ、ケヤキ、クリ、イヌエンジュ、ミズキ、ホオノキ、ハリギリ、ウダイカンバなどの広葉樹においても優良形質木の選抜を行ってきている。平成 26 年にはスギのエリートツリー（第 2 世代精英樹）9 系統を開発した。エリートツリーは、精英樹同士の交配で得られた次世代から選定しており、剛性や通直性、植栽後の初期成長に優れた第 2 世代以降の精英樹である。今後、これらの品種が東北地方の森林整備に貢献することが期待される。

（宮本尚子）

2.1.2 マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

マツノザイセンチュウによる松枯れ被害は、北海道と青森県を除く日本全国で確認され

ており、最近は高緯度高標高地に拡大している。東北育種場では、マツノザイセンチュウ被害への育種的な対策として、松枯れ被害が確認されていない青森県を除く東北育種基本区の各県と福島県と連携し平成 4 年より「東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」に取り組んでいる。本事業の特徴としては、選抜育種と交雑育種の二本立てで進めたこと、抵抗性候補木の種子から育苗した実生苗に対する一次検定及び二次検定の結果で候補木の抵抗性を評価できるとしたこと、また、新しい抵抗性候補木の選抜の仕組みとして、激害林分で生育していた個体自体ではなく、その実生苗を候補木とする選抜方法が追加された。同事業における参加各県の試験研究機関および東北育種場の実行結果については東原ら（2007）を参照されたい。

東北育種基本区ではこれまでにアカマツ 49 品種、クロマツ 42 品種が開発されている。現在、クロマツでは、宮城県、山形県、新潟県で自県産の抵抗性品種のみで 9 型の採種園を構成できるようになるとともに、基本区内の各県で選抜されたより多様な抵抗性品種を採種園に導入することが可能となっている。今後、これらマツノザイセンチュウ抵抗性品種で構成された採種園からの種苗供給により、地元産の苗木を使いつつ、多様性にも配慮した海岸林の整備が可能となり、より幅広いニーズにこたえることができると期待される。

（井城泰一）

2.1.3　雪害抵抗性品種の開発

東北育種基本区の日本海側は多雪・豪雪地帯であり、主要造林樹種であるスギ造林木の多くは積雪の沈降と匍行（積雪がゆっくり移動すること）のため雪害を受ける。雪害は幹の根元部分の曲がりを発生させ被害個体の経済的価値を下げるため、雪害に強い（根元曲がりの少ない）スギを実現すべく、昭和 45 年から気象害抵抗性育種事業に国と都道府県が共同して取り組んできた。平成 8 年には初期成長および雪害抵抗性に優れるスギさし木品種「出羽の雪 1 号」「出羽の雪 2 号」を品種登録し、平成 12 年には実生家系 19 品種、さし木 8 品種を追加した。一方、雪害抵抗性の遺伝様式の研究から、雪害抵抗性は相加的遺伝分散が大きく雪害抵抗性苗の生産には採種園方式が適していることが明らかとなった（宮下ら 2008）。しかし、採種園を造成するためにはさらに品種を追加する必要があるため、平成 19 年に根元曲がりが少なく初期成長に優れる実生品種 10 品種を追加した。平



写真－１　一般造林木（左）及び第２世代候補木（右）

成 22 年から、第 1 世代雪害抵抗性品種から開発された第 2 世代候補木の選抜と、初期成長、花粉生産などの特性調査を進めている。今後、雪害抵抗性第 2 世代個体を確定し、これらの品種が日本海側の森林整備に貢献することが期待される。（写真－ 1）

（那須仁弥）

2.2　地域ニーズを踏まえた研究の推進

2.2.1　東日本大震災で壊滅した海岸防災マツ林の再生に向けた取組

海岸防災林は、わが国の海岸線周辺部における人の生活や農業などの経済活動を潮・風・飛砂の害から防備する公共施設として機能してきた。耐塩・乾燥性に優れ、高木になるクロマツは、海岸防災林を構成する最も重要な樹種の一つである。

東日本大震災では、東北の太平洋側地域の海岸防災林が津波によって壊滅的な被害を受けた。このため、海岸防災林を抵抗性クロマツで再生することを目的に、（研）森林総合研究所林木育種センター東北育種場が中心となり、（地独）青森県産業技術センター林業研究所、宮城県林業技術総合センター、福島県林業研究センターおよび宮城県農林種苗農業協同組合との共同プロジェクトとして、平成 25 年度から農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「東北地方海岸林再生に向けたマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ種苗生産の飛躍的向上」を立ち上げた。平成 26 年度からはキリン（株）も参加した。

本プロジェクトでは、平成 25 ～ 27 年度にかけて、抵抗性クロマツ種苗の生産性を向上させるために、植物ホルモン剤の投与による種子の増産、確実に発芽する種子の効率的で確実な選別、種子の生産量と抵抗性を向上・安定化させるための簡易人工交配、寒冷な東北地方に適したさし木、未熟種子からのクローン苗木の大量生産および温暖地産種苗の寒冷地への導入について技術開発に取り組み、苗木の需要に対する供給体制を強化し、計画期間内に海岸防災林が造成されることによって、被災した海岸部周辺の住民の生活と農業の早期復興に貢献することを目指している。さらに、抵抗性クロマツ種苗の生産性を飛躍的に向上させる技術が、東北太平洋側地域以外のマツ材線虫病の被害が深刻化している地域にも普及されることによって、被害を受けたクロマツ海岸林の再生が全国的に進むことも期待されている。

（織部雄一朗）

2.3　地域との連携による成果の普及

2.3.1　原種の配布状況

東北育種場では、東北育種基本区内 6 県及び育種基本区外の都道府県からの要望に応じて計画的に原種を増殖し、苗木や穂木で配布している。平成 19 年度以降をみると、花粉の少ないスギ品種やカラマツ材質優良木の要望が多かった。しかし、過去 3 年間では花粉の少ないスギ品種やスギ精英樹の要望が減少している一方、スギ雪害抵抗性品種、近年需要が増加しているカラマツ精英樹、また、海岸防災林造成に必要なマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ品種の要望が多くなっている。なお、平成 26 年度に特定母樹に指定されたスギ 19 系統について、今後、関係機関への普及を図るとともに計画的な原種の増殖・

配布を行っていく。

（千葉里香）

2.3.2　林木育種技術の講習・指導

林木育種技術の講習及び指導は、毎年度開催している林業研究・技術開発推進東北ブロック会議の場を通じて行っているほか、県や団体などからの要請に応じてミニチュア採種園を主体とした採種穂園の技術的な管理方法の巡回指導や講習会（写真－2)、現地に赴きコンテナ育苗講習会などを実施している（写真－3)。

また、岩手大学の学生が林木の増殖実習のため毎年来場しているほか、山形県東根市にある奥羽増殖保存園では山形県立村山産業高校の高校生がインターンシップのため来園し、林業における林木育種事業の重要性とともにさし木や剪定の技術を学んでいる（写真－4)。このような講習や指導等を平成19～26年度末までに296回、延べ1,855人に行っている。

（長谷部辰高）



写真－2　ミニチュア採種園管理技術の指導



写真－3　コンテナ育苗講習会



写真－4　高校生インターンシップ

2.4　林木遺伝資源の収集・保存

東北育種場における林木遺伝資源（成体）の保存状況は、平成 19 ～ 26 年度末までで 801 点である。

また、林木ジーンバンク事業の一環として実施している「林木遺伝子銀行 110 番」事業では、平成 15 ～ 27 年 6 月現在で 40 件の要請を受入れ、23 件が里帰りしている。地域に親しまれシンボルとなっていた樹木が多く、その分身が植樹されることで所有者だけでなく地域の方々からも大変喜ばれている（写真－ 5）。

このような事業を実施している中、東日本大震災の大津波により甚大な被害を受けた国指定の名勝「高田松原」で奇跡的に 1 本だけ流失を免れた「奇跡の一本松」の増殖を行った（写真－ 6）。つぎ木の適期は 1 月に採穂したものを 3 月下旬に接ぐのが一般的であるが、適期ではない 4 月下旬に採穂・つぎ木を行ったこと、また、樹齢 170 年の老木で枝の成長がよくないため活着の面で不安があった。しかし、つぎ木の本数を通常の 10 倍の 100 本に増やし、採穂当日につぎ木したこと、穂木を真水でよく洗い葉に付着している塩分を取り除いたことが功を奏し、6 月に里帰りのための 4 本の活着を確認した。この 4 本は漫画家故やなせたかし氏により「ノビル」、「タエル」、「イノチ」、「ツナグ」と命名され、現在、東北育種場で里帰りする日を待っている。

（澤村高至）



写真－ 5　小学生により植樹された後継樹
（青森県七戸町　柏葉公園のモミ）



写真－ 6　奇跡の一本松のつぎ木作業
（岩手県滝沢市　東北育種場）

3.　今後の課題

スギ第 2 世代精英樹の開発及び第 2 世代精英樹同士を交配させ第 3 世代精英樹を開発する循環選抜育種を進める。また、特定母樹の大臣指定に向けた作業を進めつつ原種配布に着実に対応出来るよう原種園の整備やエリートツリー等のさらなる開発を進める。

また、花粉症対策品種の開発については、無花粉スギと精英樹の交配による成長が良く雄性不稔の特性を備えた品種の開発を目指す。

マツノザイセンチュウ抵抗性品種及びスギ雪害抵抗性品種の開発についても、事業・研究を継続するとともに、東北育種基本区における森林、林業および林産業へのニーズに配慮した育種目標を設定し、関係機関と連携しながら新たな林木育種にも積極的に取り組ん

でいく。

（関充利）

文　献

東原貴志・蓮田英俊・今野幸則・須田邦裕・渡部公一・伊藤信治・金子岳夫・小澤創（2007）マツノザイセンチュウ抵抗性候補木の選抜および接種検定結果－東北地方（岩手県、宮城県、秋田県、山形県、新潟県および福島県）における平成 4 年度から 17 年度までの実行結果－. 林木育種センター研究報告, 23, 319-413.

宮下智弘・中田了五（2008）10 年生スギの雪圧害により生じた根元曲がりに対する遺伝パラメータの推定. 日本森林学会誌, 90(2), 91-96.

関西育種場

1.　関西育種基本区の特色と地域ニーズ等

関西育種基本区は、近畿・北陸・中国・四国地方の 2 府 17 県に及び、平野部から急峻な山岳部まで変化に富み、気候的には北陸、山陰の豪雪地帯、瀬戸内海地域の小雨温暖地帯、南紀州、四国南部の多雨温暖地域等からなっている。

こうした多様な自然条件にある当育種基本区においては、森林の持つ多様な機能の高度発揮が求められており、とりわけ、近畿圏等の大都市を擁していることから、スギ・ヒノキによる花粉症への根本的な対策が求められるとともに、都市近郊林や里山の整備に当たっては、マツノザイセンチュウ抵抗性マツに対する需要が大きい。また、成熟した人工林については、皆伐・再造林の実施などの適切な利用と整備が求められている。

（米丸正則）

2.　研究または事業の成果

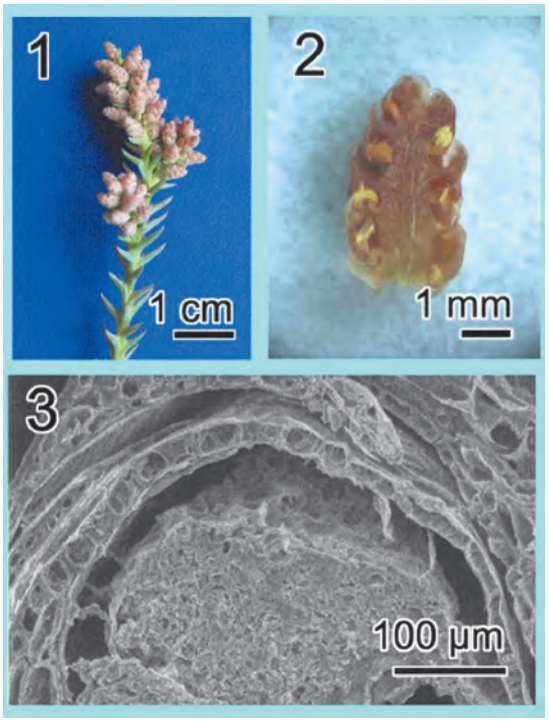
2.1　新品種の開発

関西育種基本区では、平成 17 年度以降に地域ニーズを受けて、エリートツリー（第 2 世代精英樹）、マツノザイセンチュウ抵抗性品種、花粉の少ない品種を中心に品種を開発した。育種種苗のさらなる特性向上を目指し、次代検定林等から選抜した候補木より、スギ 76 系統、ヒノキ 87 系統のエリートツリーを開発した。そのうちスギ 26 系統、ヒノキ 14 系統は間伐等特措法の特定母樹に指定された（写真－ 1）。太平洋側のみならず日本海側でもマツ枯れ被害が深刻化していることから、山陰・北陸地方向けのマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発を引き続き進め、アカマツ 41 品種、クロマツ 39 品種を開発した。また、スギ・ヒノキ精英樹の雄花着花量を調査し、花粉の少ないスギ 15 品種、ヒノキ 22 品種を開発した。

三重県内で優良形質木として選抜されたクローンから、花粉を全く飛散させない無花粉スギを発見し、平成 19 年度に「スギ三重不稔（関西）1 号」と命名された（写真－ 2)。「スギ三重不稔（関西）1 号」は、西日本の太平洋側で最初に発見された無花粉スギであり、特性もおおよそ明らかであることから、花粉症対策品種開発のリソースとしての活用が期待される。



写真－ 1　特定母樹に指定されたスギ西育 2 － 65（左）とヒノキ西育 2 － 3（右）



写真－2 「スギ三重不稔（関西）1 号」の雄花（1）、雄花断面の実体顕微鏡写真（2）、雄花断面の電子顕微鏡写真（3）（山田・山口 2009）

2.2 地域ニーズを踏まえた研究の推進

関西地区林業試験研究機関協議会育種部会（現在は育林・育種部会）では、関西地域独自の課題を解決するため、参加機関による共同研究を行ってきた。現在は、地域ニーズの高い「マツノザイセンチュウ抵抗性マツの次世代化と現地適応性の評価」に取り組んでいる。ここでは、「抵抗性アカマツの次世代化」について紹介する。

本課題は、「第一期マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」により西南日本で選抜された抵抗性アカマツ 92 品種の中で、抵抗性が上位のクローン同士を交配し、抵抗性が向上した第 2 世代抵抗性品種を開発すること、抵抗性の遺伝様式の解明に向けた基礎的データを得ることを目的としている。参加機関は、和歌山県、岡山県、広島県、徳島県、香川県、愛媛県、関西育種場の 7 機関である。本課題は平成 17 年度より、人工交配から種子採取、一次検定、二次検定の順に進めている。

これまでに、各機関は分断片面ダイアレルの交配セットについて、2 年間の人工交配・採種、育苗及び一次検定を行った。人工交配の結果、予定した 54 組合せのうち 52 組合せで種子が得られた。一次検定データを用いて交配解析を行ったところ、一般組合せ能力の分散成分は高い割合を示し、第 1 世代の遺伝的能力が第 2 世代に受け継がれていることが示唆された。また、交配親の遺伝的能力の相対値は、既発表の抵抗性ランクと有意な正の相関が見られ、抵抗性の高い系統間の交配により、より高確度でより強い第 2 世代抵抗性マツを開発できる可能性が示唆された。二次検定は、平成 27 年度より随時、関西育種場及び四国増殖保存園で実施する予定であり、これにより、抵抗性が向上した第 2 世代抵抗性アカマツ品種の開発が期待される。

2.3　地域との連携による成果の普及

2.3.1　民間等との連携による初期成長の早いスギ、抵抗性アカマツ実証試験の取り組み

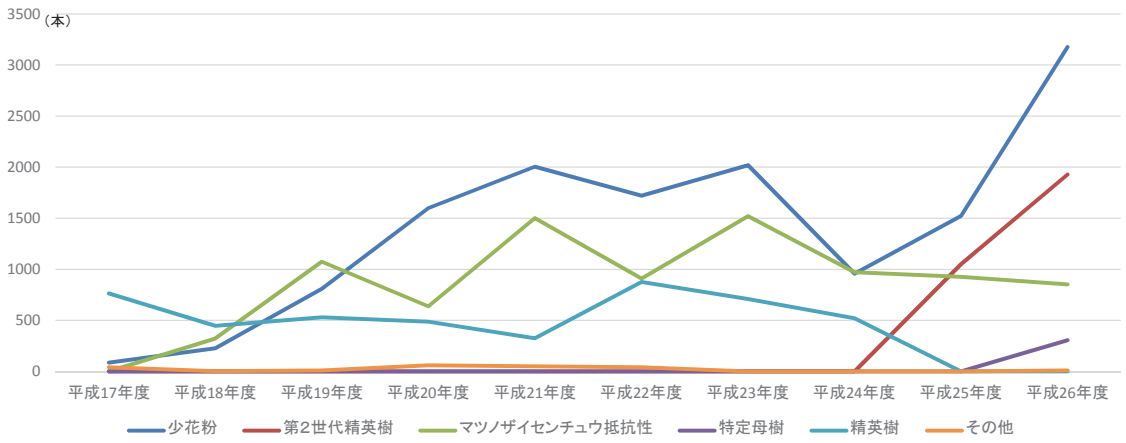
関西育種基本区では、篤林家、府県と関西育種場の交流組織である「関西林木育種懇話会」が昭和 58 年に設立され、年次総会や機関誌「関西の林木育種」を通じて、開発した品種の情報提供や意見交換等を行ってきた。篤林家から実際に苗木を植栽した意見を聞くことも重要であり、平成 20 年度に初期成長の早いスギ共同植栽試験を会員に提案した。平成 26 年度までに愛媛県、高知県、香川県、山口県、三重県の 5 名の会員と共同植栽試験地を設定した。これらの試験地では、いずれも年一回の調査を実行中である。

抵抗性アカマツについては、平成 23 年度以降、里山での活用を目指し、森林総合研究所関西支所との連携により、京都市風致保全課が管理する小倉山等の林内に 5 ヶ所の共同植栽試験地を設定した。また、平成 24 年度には、近畿中国森林管理局、京都大阪森林管理事務所との連携により、銀閣寺山国有林や、法然院、大文字保存会が管理する林内に、マツ林再生実証試験地を設定した。相手先機関の協力により、森林ボランティアとの共同での苗木植栽や試験地の説明板の設置等、一般市民への PR にも努めている。

（久保田正裕）

2.3.2　原種の配布状況

原種の配布については、過去 10 年間の累計で約 31,000 本に達している。品種別配布本数の推移において、直近では、少花粉品種が最も多くなっており、次いで、第 2 世代精英樹、マツノザイセンチュウ抵抗性品種の順となっている。平成 18 年度までは、精英樹（第 1 世代）の配布本数が最も多かったが、平成 19 年度以降は当育種基本区の特色を背景として、少花粉品種やマツノザイセンチュウ抵抗性品種の配布本数が逆転して多くなっている。また、間伐特措法が平成 25 年 5 月に施行されたことに伴い、県・民間事業体を含め、特定母樹の配布要望が高まっている（図－ 1）。



図－ 1　品種別配布本数の推移（平成 17 ～ 26 年度）

（林田修）

2.3.3　林木育種技術の講習指導等

関西育種場では、育種基本区内の府県の林木育種担当者等を対象として林木育種技術に関する講習会を毎年実施しており、講習会の内容は要望を踏まえて決定している。

現在、府県では、少花粉やエリートツリー、特定母樹等のスギやヒノキを用いたミニチュア採種園の設定計画や造成が進められている。このため、ミニチュア採種園の設定や管理に関する講習会への関心や要望も高く、また、その採種園に使用する苗木の増殖に伴う接ぎ木の技術も必要とされている。これらのことから、平成 26 年度に「ミニチュア採種園の設計及び接ぎ木増殖」の講習会を開催した。

終了後のアンケートでは、1）今後の業務に大変役立つ内容であった。2）本当に毎回実践的かつ具体的な即に役立つ技術講習会をしていただき非常に勉強になると共に感謝している。3）今現在の国の林業政策と林木育種の最新情報と実践技術というバランスの組立てが非常に良いと思う、などの大変嬉しい意見をいただいた。

（柏木学）

2.4　林木遺伝資源の収集・保存

2.4.1　希少種トガサワラの種子、初めての大量収集

トガサワラはマツ科トガサワラ属の常緑針葉樹で、紀伊半島および四国南東部の一部にのみ生育する固有樹種である。これまで 10 年以上にわたり種子の収集を試みてきたが、一部の年で、少数個体からの収集のみに留まっていた。これは開花結実周期がほとんど知られていないため、試験材料となる良質の種子が十分量収集できなかったことが一因として挙げられる。平成 26 年に近年では最も大量の結実が観察されたので、種子の収集に取り組んだ結果、紀伊半島地域では 4 集団の計 101 個体から、四国地域でも 2 集団の計 15 個体から、計 1,139g（約 36,000 粒）もの多数の種子を収集することができた（表－ 1）。

表－ 1　平成 26 年までのトガサワラ種子の収集実績（採取個体数）

集団 ＼ 年次		平成 17 年	平成 21 年	平成 25 年	平成 26 年
紀伊半島	大又	－	－	－	8
	三之公	－	8	－	36
	大塔山	－	6	－	16
	川又観音	－	10	2	41
四国	魚梁瀬	－	－	－	12
	安田川山	－	－	－	－
	西ノ川山	1	1	－	3
計		1	25	2	116

2.4.2　清水寺仁王門のウメ（紅梅）（京都市東山区・清水寺）の里帰り

平成 27 年 3 月 4 日、清水寺仁王門のウメ（紅梅）をつぎ木増殖した後継苗木 18 本が寺に里帰りした。この紅梅は推定樹齢 150 年以上を超える境内現存樹木の中でも最古の部類に入る古木で、植樹時期は明治維新直後と伝えられている。

仁王門（重要文化財）は清水寺の総門にあたり、参詣者が来山して真っ先に目にする清

水寺の象徴の一つである。紅梅はその仁王門を色と香りで彩ってきた名木である。平成15年の仁王門の解体修理に伴い、紅梅の樹勢が一時期衰えたことから、その子孫を長く後世に残したいとの清水寺の要望があり、里帰りが実現した。

（楢木野俊昭）

3. 今後の課題

今後はさらにエリートツリーを開発するとともに、特に山陰・北陸地方で植栽するための特定母樹の種苗が求められていることから、特定母樹の申請を精力的に行う。花粉発生源対策では、スギ・ヒノキの少花粉品種の種穂を短期間で効率的に生産する取組を進めるとともに、マツ枯れ被害が深刻化していることから、より強い抵抗性を持つ次世代のマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発を行う。

また、特定母樹の原種配布については、早期に特定母樹原種園の造成を行うなど、今後増大する各府県の配布要望に適切に対応できる生産体制を構築する。

さらに、水源林造成事業との連携を深めるなど、地域と連携して成果を普及する必要があり、普及の推進には、開発した品種による苗木の性能表示や品種にあった育林方法の提案等について、情報の発信に努める。

（米丸正則）

文　献

山田浩雄・山口和穂（2009）関西育種基本区におけるスギクローンの雄性不稔の調査結果と発見された雄性不稔クローンの特性. 森林応用研究, 18, 33-36.

九州育種場

1. 九州育種基本区の特色と地域ニーズ等

温暖で林木の生育に恵まれた九州では、スギ・ヒノキなどの人工林が 5 割以上を占め、南九州を主体に主伐期を迎えている。

特に、人工林面積の 6 割を占めるスギは、平成 24 年度における造林面積の約 8 割を占めており、下刈期間の短縮等による育林コストの低減、花粉症対策への貢献、シカ被害地での確実な成林への期待などから、成長が早く花粉が少ない等の性質を有する優良種苗の確保が強く求められている。

また、人工林面積の 3 割を占めるヒノキは、木材価格の低迷の影響も有り、近年、造林面積に占める割合は 1 割程度と少なくなっているが、スギとは適地が異なる主要造林樹種として、材質と成長等を兼ね備えた優良な品種の開発が期待されている。

海岸林の主要樹種であるクロマツは、歴史的な松原における景観林として、また、荒廃地を守る公益林として重要な役割を果たしているが、松くい虫被害が依然として続いている状況にある。このため、被害跡地への植栽樹種として、マツノザイセンチュウに対して更に抵抗性が高いクロマツの開発・普及が待たれている。

（北本浩）

2. 研究または事業の成果

2.1 新品種の開発

2.1.1 スギ・ヒノキのエリートツリー（第 2 世代以降の精英樹）の開発

精英樹選抜育種事業によって選抜された精英樹について、九州森林管理局、各県の協力を得て、検定・評価を進めるとともに、優れた特性を有する精英樹同士の交雑を行ってきた結果、平成 24 年度には、エリートツリーが選定される段階に至った。

九州育種基本区内で、平成 26 年度末までに、スギ 124 系統、ヒノキで 78 系統のエリートツリーが選定され、このうち、スギ 14 系統、ヒノキ 1 系統は、特定母樹として大臣指定を受けている。

2.1.2 花粉の少ないヒノキ品種の開発

ヒノキの花粉症対策への取り組みとして、平成 11 ～ 19 年度までの 9 年間、九州育種場や各県の採種園に植栽されているヒノキ精英樹 184 系統を対象に、ヒノキの雄花着花量を調査した。

ヒノキは、スギと比較して生育環境による着花量の差が大きいため、自然着花と併せてジベレリン処理による強制着花についても調査を行い、両者に高い相関があることを明らかにした上で、雄花の自然着花、強制着花ともに少ない 17 品種を、「花粉の少ないヒノキ」として開発した。

2.1.3　第 2 世代のマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

昭和 53 年から取り組んできた、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ（第 1 世代品種）の開発は、被害を受けたマツ林の中で健全に生き残っていた個体を候補木として収集し、マツノザイセンチュウを人工的に接種しても健全なマツを選抜することで進められ、九州育種基本区では 43 品種が開発されている。

これらの抵抗性マツの種子を用いた種苗は、造林用として供給されているところであるが、集中的にマツノザイセンチュウが樹体に侵入すると枯損に至るため、より強い抵抗性品種の開発が望まれていた。

このため、抵抗性品種同士を交配して得られた苗木に、より強い病原力のマツノザイセンチュウを接種して検定を進めた結果、第 1 世代の抵抗性マツよりも格段に抵抗性を有する第 2 世代のマツノザイセンチュウ抵抗性品種を、平成 22 年度に 2 品種、平成 24 年度には 5 品種開発した。

これらの開発品種の普及に向けて、現在、特性データの調査等を進めている。

（倉本哲嗣）

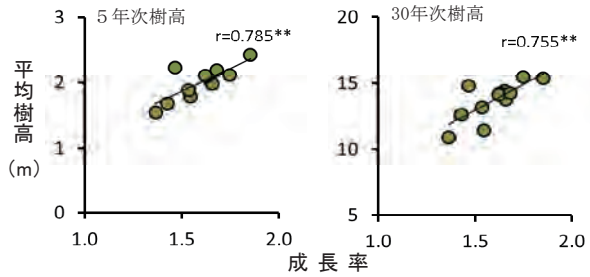
2.2　地域ニーズを踏まえた研究の推進

2.2.1　次世代化に向けた育種期間の短縮

これまで、次世代の精英樹候補木の選抜を行うには、精英樹同士の人工交配の後、苗の育成、検定林への植栽、調査結果を踏まえた選抜までに、少なくとも 15 年程度の期間を必要としていた。さらに、九州地方で一般的な、スギのさし木増殖の場合は、さし木苗等の評価確定までに、10 年以上の時間を費やす必要があった（松永ほか 2009）。

一方、木材に求められる性能は、近年、急速に変化する状況にあるため、成長形質について幼齢時と壮齢時の相関関係を解析するなど、選抜に必要な評価が早期に実施できる技術の開発を進めている。

九州育種場の苗畑に植栽されている 12 系統の精英樹について、植栽後 1 成長期の樹高成長率（1 成長期後の樹高／植栽時の樹高）を調査し、同じ 12 系統の精英樹が植栽されている地域差検定林（九州一円に 17 箇所）における 5 ～ 30 年次の樹高および胸高直径の平均値と比較したところ（倉本ほか 2015a，b）、樹高については 0.755 ～ 0.798、直径については 0.653 ～ 0.712 と有意な相関関係であることが明らかとなった（図－ 1）。



図－ 1　スギさし木苗の 1 成長期の成長率と同一クローンの樹高平均値との相関
（倉本ほか 2015a を改変）

2.2.2　クロマツさし木技術の開発

抵抗性マツは、抵抗性が混在している実生苗木にマツノザイセンチュウを人工接種して、親と比較して抵抗性が低い個体を取り除いて生産しているが、接種済みの健全苗からさし木苗を作ることができれば、接種や枯死苗木に係る生産コストの低減や種子の豊凶に左右されない苗木の安定供給が期待される。

このため、農林水産省・新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業の「クロマツの第 2 世代マツ材線虫病抵抗性種苗生産システムの構築：2004 ～ 2008 年)」において、九州大学及び九州の公立の林業研究機関と連携して、マツのさし木における発根性向上に取り組んだ。

さし木は、発根性が高いと報告されている若齢のマツから穂木を採取して行い、赤土や畑土では発根が不良、透水性の高い用土では良好との結果を得た（大平ほか 2005、大平ほか 2010)。

また、さし木発根性には大きな個体間差が見られ、その範囲は 5 年生で 10 ～ 90%に及んだこと（大平ほか 2008）から、さし木発根性に優れた個体の選抜についても併せて実施した。

（倉本哲嗣）

2.3　地域との連携による成果の普及

2.3.1　開発品種の配布と関係機関との共同試験地の設定

エリートツリー、少花粉品種、抵抗性品種は各県に、特定母樹は県と認定特定増殖事業者を対象に原種を配布しており、平成 19 ～ 26 年度までの配布本数は、スギ 4.2 千本、ヒノキ 1.3 千本、クロマツ・アカマツ 1.5 千本、合計約 7 千本となっている。

特に、その優れた成長から、コスト削減や収穫期間の短縮が期待されるエリートツリーについては、多様な条件でのデータの収集に加えて、森林所有者、造林者、苗木生産者といった利用者に実際に見ていただくことで普及が更に促進されるように、九州森林管理局、県、森林整備センターの協力を得て、共同試験を進めている。

平成 26 年度末で、九州森林管理局の国有林に検定林・試験地が 8 箇所、各県試験研究機関との相互植栽試験地等が 5 箇所、森林整備センターとの共同試験地が 2 箇所、合計 15 箇所の共同試験地等が設定されている（表－ 1、写真－ 1)。

表－ 1　エリートツリーが植栽されている共同試験地等

連携機関	場所（植栽年度）	箇所数
九州森林管理局	熊本県（H13・15・16・22） 宮崎県（H16・19・23・24）	8
県	鹿児島県（H24） 福岡・大分・熊本・宮崎県（H25）	5
森林整備センター	熊本県（H25)、大分県（H26）	2



写真－１　鹿児島県の植栽試験地

2.3.2　林木育種技術の講習指導

各県等からの要請に応じて、採穂園、採種園の樹形誘導や管理、ジベレリン処理による着花促進や着花調査、マツノザイセンチュウ接種など多方面にわたる林木育種技術の講習・指導を実施し、関係機関等の林木育種業務を支援した。

（倉本哲嗣・佐藤省治）

2.4　林木遺伝資源の収集・保存

平成 19 ～ 26 年度までの 8 年間に、ヤクタネゴヨウ、ワダツミノキ、ビゼンマユミなどの絶滅危惧種・天然記念物等で、枯損の危機に瀕しているもの 351 点、スギ・ヒノキ・マツの育種を進める素材として利用価値の高いもの 1,496 点、その他 63 点の合計 1,910 点の林木遺伝資源を収集した。

このうち、穂木は、さし木・つぎ木苗として増殖した後に育種場内等に定植して保存し、種子と花粉は、林木育種センターにおいて冷凍保存している。

2.4.1　絶滅危惧種ヤクタネゴヨウの収集・保存

ヤクタネゴヨウ（*Pinus armandii* var. amamiana）は、屋久島と種子島にのみ自生する五葉松で、環境省により絶滅危惧種 IB 類に指定されている。自生地において壮齢・老齢木の減少が著しく、また、次の世代を担う若い個体もほとんど見られないことから、平成 6 ～ 10 年にかけてヤクタネゴヨウ約 100 個体から穂を採取し、つぎ木により増殖を行った（写真－ 2）。

ヤクタネゴヨウは、収穫できる種子数が少なく、また、その発芽率が低いという問題があったが、採種園や人工交配技術を応用することで、球果から得られる発芽種子数を自然の状態に比較して約 20 倍にまで高めることで、増殖効率を上げることができた（Ohira et al. 2008）。

平成 24 年には、育種場で人工交配により増殖した約 600 本のヤクタネゴヨウの苗木が、自生地である屋久島町内に、地域の方々の手により植栽され、屋久島町や現地 NGO によって、その後の経過観察が行われている。



写真－２　育種場内に保存されているヤクタネゴヨウ

2.4.2 「林木遺伝子銀行 110 番」による貴重な遺伝子の保存と地元への里帰り

平成 21 年、佐賀県伊万里市東山代町の「明星桜保存会」から「林木遺伝子銀行 110 番」の要請を受け、近年樹勢が弱まり、枯損が懸念される「東山代の明星桜（佐賀県指定天然記念物）」の増殖を実施した。増殖は、ヒガンザクラを台木にしたつぎ木により行い、1～2 m程度まで育てた後、平成 24 年に、10 本の苗木を、地元に後継樹として里帰りさせた（写真－ 3）。

平成 27 年現在、倒伏した伊佐市の「三州谷の大ケヤキ」、八代市の「臥龍梅」、荒尾市の「トキワマンサク」、高千穂町の「高千穂神社のスギ」など、要請を受けた 11 件の苗木を育成中で、今後、里帰りを行っていく予定である。



写真－３　二代目「東山代の明星桜」の里帰り

（佐藤省治）

3. 今後の課題

今後も主伐の増加が見込まれる九州育種基本区においては、伐採跡地に、成長等に優れた種苗が着実に植栽されることが、将来の森林・林業、地域にとって大変重要となる。

このため、新品種の開発期間の短縮化、開発した成果品が安心して利用・生産されるための試験・展示林の整備及び育苗情報の提供、ニーズに応じた迅速かつ効率的な生産を推進するための研究・事業に、地域と連携しながら取り組んでいく必要がある。

また、海岸林の主要樹種であるクロマツについては、次世代品種などの特性情報を整理し、更に抵抗性が高い品種の普及に取り組んでいく必要がある。

（北本浩）

文　献

倉本哲嗣・松永孝治・倉原雄二・湯浅真・山田浩雄（2015a）スギ精英樹の植栽後 1 年目の成長と 30 年次樹高の相関. 九州森林研究, 68, 145-146.

倉本哲嗣・松永孝治・武津英太郎・千吉良治・倉原雄二・湯浅真・山田浩雄（2015b）スギにおける幼老相関関係に基づいた苗畑段階における成長形質の選抜の可能性. 日本森林学会大会学術講演集, 126：208.

松永孝治・村上丈典・倉本哲嗣・星比呂志（2009）九州地域におけるスギ次世代品種の早期選抜手法の検討. 林木の育種, 特別号, 1-4.

Ohira, M., Hoshi, H. and Kuramoto, N. (2008) Practical study for ex situ conservation of endangered species *Pinus armandii* Franch. Var. amamiana (Koidz.) Hatusima. IUFRO Proceedings of Breeding and Genetic Resources of Five-needle Pines: Ecophysiology, Disease Resistance and Development Biology, 17-23.

大平峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武（2005）クロマツのさし木発根性と成長に及ぼす用土および施肥の影響 . 九州森林研究, 58, 155-156.

大平峰子・倉本哲嗣・松永孝治・星比呂志・白石進（2008）マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツのさし木発根性における家系内変異. 日本森林学会大会学術講演集, 119, 142.

大平峰子・松永孝治・倉本哲嗣・山田浩雄・白石進（2010）クロマツのさし木発根性に及ぼすさし付け方法と用土の影響. 九州森林研究, 63, 105-106.

Ⅳ. 森林保険部門の動向

森林保険部門（森林保険センター）

1. 森林保険部門の動向

1.1 森林総合研究所へ移管されるまでの森林保険制度の歩み

森林保険制度は、森林所有者を被保険者として、火災、気象災及び噴火災により発生した損害を補償する総合的な保険であり、森林・林業政策上の位置づけとしては、森林・林業基本法第 23 条にある「国は、災害によって林業の再生産が阻害されることを防止するとともに、林業経営の安定を図るため、災害による損失の合理的な補てんその他必要な施策を講ずるものとする。」との規定に応えるものとして実施されている。当制度は、森林所有者自らが災害に備える唯一のセーフティネット手段であり、自然災害リスクが広範に存在する我が国における林業経営の安定、被災地の早期復旧による森林の多面的機能の維持に重要な役割を果たすものである。

当制度は昭和 12 年に発足した森林火災国営保険が始まりであり、その後数次の改正を経つつ平成 26 年度末までは国営保険として政府が保険者となり運営されてきた。一方、政府では、平成 18 年からいわゆる行革推進法に基づく行財政改革が進められ、当制度についても国以外の主体への移管について検討がなされた結果、平成 27 年 4 月 1 日をもって森林総合研究所が政府から森林国営保険を承継することとなり、約 80 年間にわたる国営による森林保険が幕を閉じ、独立行政法人が保険者となって運営する新たな保険制度へと生まれ変わったところである。制度発足から移管に至るまでの変遷は次のとおりである。

森林保険制度は、昭和 12 年に成立した森林火災国営保険法及び森林火災保険特別会計法に基づく国営の森林火災保険制度として発足した。この制度発足までの経緯は大正年間に遡るものであり、第一次世界大戦とその後の好景気により木材需要が激増する中、林業経営上のリスクを担保して金融機関による積極的な融資につなげる仕組みとして、民間損保会社が森林火災を対象として開始した森林保険を補完するものとして創設された。ここで民間の森林保険を補完する必要があった理由としては、大正 9 年から民間の保険会社による森林火災保険が開始されたが、保険料率が高率であったことやリスクの高い林齢 20 年生以下の森林の引受に消極的であったことから保険の普及が思わしくなく、国営で行うべしとの結論に至ったものであり、制度発足当初は民間保険との棲み分けから林齢 20 年生以下の人工林を対象として制度化された。

その後、昭和 27 年には林齢 20 年生以下という林齢制限が撤廃され、人工林の全てについて保険の目的とされた。これは、21 年生以上の森林についても民間の森林火災保険は期待するほどの発展がみられなかったという状況に鑑み、広く人工林全般にわたって保険の目的とすることにより、林業経営の安定等を図るためであった。

昭和 36 年には保険事故の対象に火災のほか気象災（風害、水害、雪害、干害、凍害、潮害の 6 種類）を加え、名称も「森林国営保険」に改称された。これは、火災による損害を填補するのみでは、災害対策という面のみならず林業金融の裏付けとしての森林の担保価値の面においてもなお不十分と考えられたことから、気象上の原因による災害を加える

ことにより保険事業の一層の発展を図ったものである。

昭和 53 年には保険事故の対象に噴火災が加えられた。これは桜島や有珠山の火山活動に対応したものであり、これにより現在の総合保険の形となった。

また、平成 7 年度から 14 年度までの間は運用面で森林国営保険と全国森林組合連合会が行う森林災害共済事業を一体的に運営する森林共済セット保険が実施されていたが、平成 15 年度から森林国営保険に一本化された。

このように、それぞれの時代の要請に応じて保険の目的となる災害の種類が充実されてきたほか、保険料率等の引受条件については、事故率、木材価格、森林整備費用などの保険数理上の算定要因の動向などを踏まえ、数次にわたる改正がなされてきており、直近では平成 17 年に保険料率、保険料の地域区分、保険金額の標準が改正され現在に至っている。

1.2　森林総合研究所への移管に係る検討経緯

1.1 で述べたとおり、森林保険制度は昭和 12 年から政府が保険者となる国営保険として約 80 年にわたり運営されてきたが、政府による行財政改革の流れの中では、安定的運営が担保されるのであれば国自ら執行する必要性は必ずしも高いものとはいえないという視点からの検討が進められることとなった。

この検討は、平成 18 年に成立した「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」（いわゆる行革推進法）に基づき始められたが、この検討が行われた時点において政府が実施主体となって運営される保険は森林国営保険のみであり、他の公的保険は既に国以外が実施主体となり、国が再保険等でこれを補完する制度に変更されていたことから、森林国営保険についても民間又は独立行政法人等に移管する方向での検討が重ねられた。

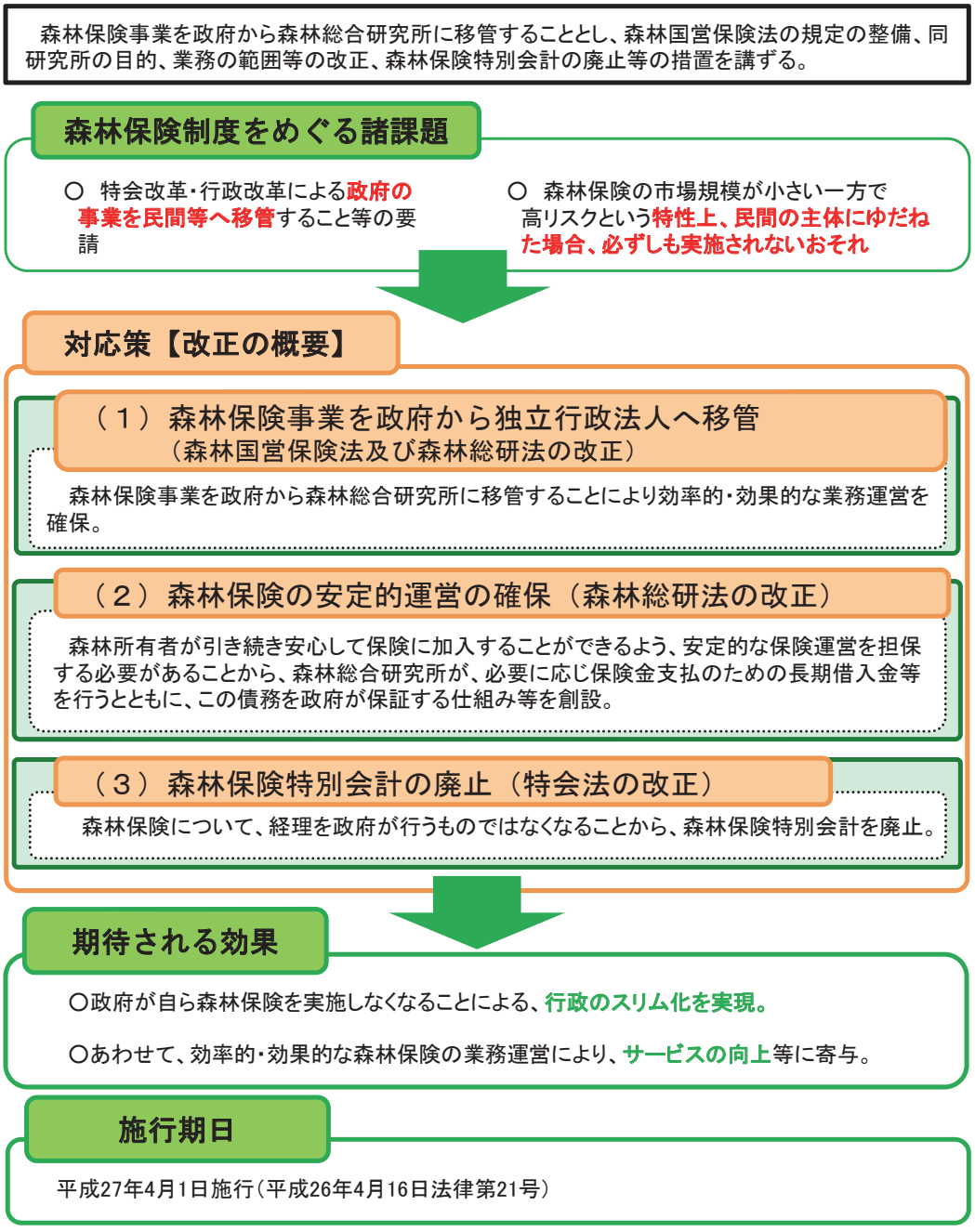
その結果、民間損害保険会社では森林保険業務の実施に必要となる技術的な知見や人員を有していないこと、森林保険のマーケット規模が小さく参入する魅力に乏しいことなどから、民間に委ねた場合には森林保険が確実に実施されないおそれがあり、民間損害保険会社への移管は困難との考えが示された。一方、独立行政法人は、独立行政法人通則法において①国民生活及び社会経済の安定等の公共上の見地から確実に実施されることが必要な事務及び事業、②国が自ら主体となって直接に実施する必要はない事務及び事業、③民間の主体に委ねた場合には必ずしも実施されないおそれがある事務及び事業又は一つの主体により独占して行われることが必要である事務及び事業の 3 要件を満たす事業を効果的かつ効率的に行うものであると定められており、森林保険はこの要件に該当すると考えられた。

また、独立行政法人制度が行政活動から政策の実施部門のうち一定のものを分離し業務の質の向上や活性化、効率性の向上、自立的な運営、透明性の向上を図ることを目的とする制度であることを踏まえ、森林保険の業務についても、独立行政法人が自らの経営努力により効率的・効果的な業務運営を図ることにより、保険加入率の低下の防止にも資することとなるとの考えから、森林保険事業については独立行政法人への移管が適当とされた。

さらに、事業の移管先となる独立行政法人については、森林総合研究所は森林・林業分

野で唯一の独立行政法人であり、森林災害に関する研究を業務とし、森林の自然災害に関する専門的知見を有すること等から、森林総合研究所が移管先として適当であるとの結論に至った。

このような検討経緯を経て、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成 25 年 12 月 24 日閣議決定）において「森林保険特別会計を平成 26 年度末までに廃止し、森林保険業務は森林総合研究所に移管する」とされた。

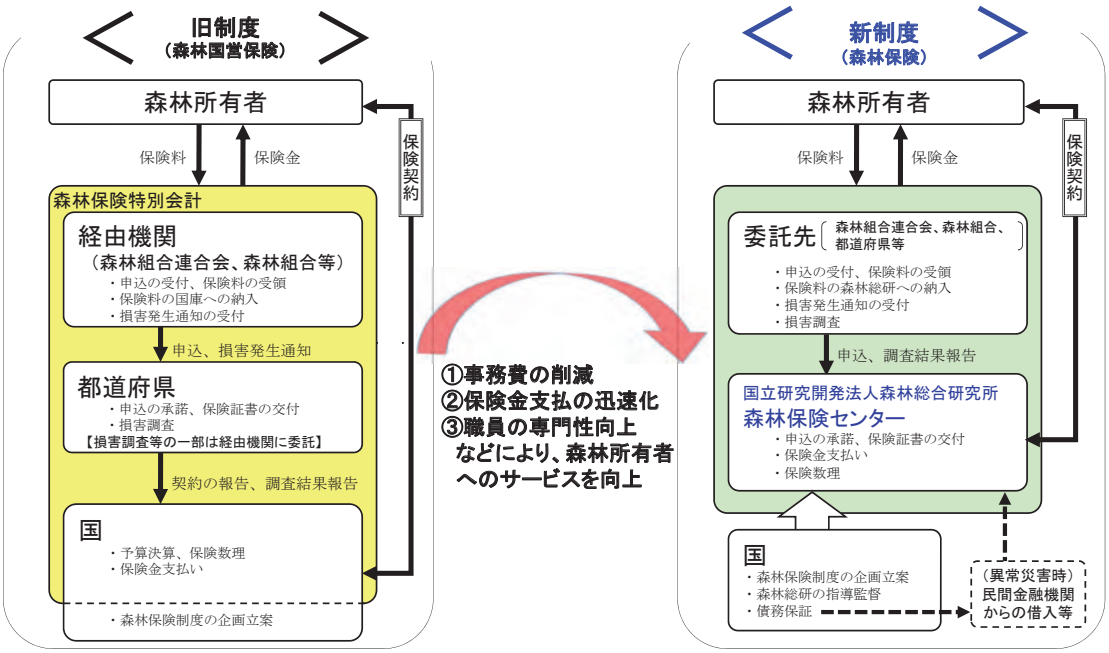


図－１　森林国営保険法等の一部を改正する法律の概要

この閣議決定を受け、政府は「森林国営保険法等の一部を改正する法律案」を第 186 回国会に提出し、平成 26 年 4 月に成立、平成 27 年 4 月 1 日に施行された。この法律の概要は図－ 1 のとおりであり、森林国営保険法、独立行政法人森林総合研究所法、特別会計に関する法律の 3 法を一部改正し、政府から森林総合研究所への保険事業の移管と移管後の森林保険の安定的運営を担保する措置が講じられたところである。

1.3　森林総合研究所が行う森林保険制度の概要

森林総合研究所は、平成 27 年 4 月 1 日に政府から森林保険業務を承継し、新たな森林保険制度を効率的かつ効果的に運営するための組織として、同日に「森林保険センター」（以下「センター」という。）を新設し、新体制での森林保険業務を開始させた。センターは、保険企画課と保険経理課からなる保険総務部、保険引受課と保険審査課からなる保険業務部、リスク管理室による 2 部 4 課一室とし、出先機関は設けずに、各地域での引受事務、填補事務は森林国営保険時代と同様に森林組合系統が行う体制とした。また、センター職員は、研究所職員のほか、林野庁、民間損保会社、全国森林組合連合会からの出向者により構成し、独立行政法人業務、森林保険業務、森林組合系統業務の精通者により円滑な移管を確実に行える体制とするとともに、保険業務に必要な規程類をセンター設立と同時に整備することにより、研究所として保険業務を滞りなく開始させたところである。



図－ 2　新たな保険制度の枠組み

この新体制がこれまでの体制と異なる点は図－2のとおりである。

新体制ではこれまで法定受託事務として保険証書の交付などを担ってきた都道府県の関与が無くなることや、これまで国及び都道府県が果たしてきた役割をセンターが中心となって担うことが大きな違いとなるが、次のような取組により効率的かつ効果的な運営を推進し、国民へのサービス向上につなげていくこととしている。

① 森林国営保険では法定受託事務として47都道府県が分担して行ってきた保険契約の引受や保険金支払い等の業務をセンターに一元化することにより、事務の効率化を推進

② 予算面で柔軟な執行が可能な独立行政法人への移管により、異常災害時の保険金支払いを迅速化

③ センター職員として民間損害保険会社等からの出向者を受け入れることにより、民間ノウハウの活用や職員の専門性を向上

また、これまでの森林国営保険における保険契約については何ら被保険者側の手続きを必要としない形で自動的に研究所が契約する保険契約に切り替えた。これは、今回の移管は保険者である政府側の都合による制度改正であり、このことに伴い被保険者側に不利益やサービスの低下を生じさせないよう取り扱ったものである。

さらに、センターが行う森林保険の保険料率等の引受条件については、森林保険法により農林水産大臣に届け出る制度となったが、移管時点においては円滑な移管を確実に行うため、これまで法定受託事務として引受事務を自ら実施してきた都道府県に対し行ってきた都道府県有林の保険料の割引制度を廃止した以外は変更しておらず、森林国営保険の引受条件をそのまま新たな森林保険の引受条件として混乱が生じない形で業務を引き継いだ。森林国営保険から踏襲した森林保険の内容は表－1、表－2、表－3のとおりである。

表－1　引受条件の概要

保険契約の要素	内　　容
(1) 保険契約の関係者	
ア 保険者	森林総合研究所（理事長）
イ 被保険者	保険の目的の所有者に限る。
ウ 保険契約者	被保険者以外の者も保険契約者となることができる。
(2) 保険の目的	人工により生立させた樹木の集団（竹林及び天然生林は含まれない。）
(3) 保険事故	火災、気象災（風害、水害、雪害、干害、凍害、潮害）、噴火災
(4) 保険期間	保険契約申込時に被保険者が1年を単位として任意に設定する。
(5) 保険期間の始期	特約のある場合以外は、保険証書作成の日の翌日
(6) 保険金額	ア　1haにつき樹種及び林齢ごとに定める標準金額以下の額とする。 イ　なお、森林総合研究所の定める立木の評価基準により評価した森林については、その評価額を標準金額とする。 ウ　保険金額が標準金額を超えた場合は、その超えた部分については保険契約は無効とする。
(7) 標準金額	保険金額の上限となる金額で、あらかじめ森林総合研究所が樹種・林齢別に定めたもの（その他に、立木の評価基準に基づき評価する個別評価も可能。）
(8) 保険料率	保険金額1,000円につき、樹種、林齢及び地域ごとに定める。
(9) 保険料	保険金額 $\times \frac{\text{保険料率}}{1,000}$
(10) 保険料期間	1年
(11) 保険料の払込み	ア　保険契約の申込みと同時に保険期間の全部に対して払い込む。 イ　保険期間が1年を超える場合は、分割払いができる。 ウ　2以上の保険料期間に対する保険料を一時に払い込むときは、保険料を割り引く。
(12) 損害てん補	保険金額の保険価額に対する割合による。（比例てん補方式） 保険金 ＝ 損害額 $\times \frac{\text{保険金額}}{\text{保険価額}}$
(13) 免責規定	ア　損害が保険契約者又は被保険者の故意又は重大な過失により生じたとき イ　保険契約者又は被保険者が森林保険契約森林に損害が生じてからその通知をせずに3年経過したとき ウ　損害が戦争その他の変乱又は地震により生じたとき エ　塡補すべき額が4,000円未満の場合

表－2　保険料率

樹種	林齢 ＼ 地域区分	保険料率 保険金額1,000円につき1年間 1等地	2等地	3等地
針葉樹	20年以下	2.70円	3.60円	4.30円
	21年以上	2.30円	3.00円	3.80円
広葉樹	20年以下	1.40円	1.80円	2.20円
	21年以上	1.20円	1.50円	1.90円

表－3　保険料率の等地区分

区　分		適　用　す　る　都　道　府　県
20年以下	21年以上	
1等地	1等地	山形県、静岡県、愛知県、宮崎県、沖縄県
	2等地	秋田県、京都府、和歌山県、高知県
	3等地	佐賀県
2等地	1等地	青森県、岐阜県、鳥取県
	2等地	茨城県、埼玉県、千葉県、新潟県、長野県、三重県、滋賀県、兵庫県、岡山県、広島県、徳島県、愛媛県、熊本県、鹿児島県
	3等地	岩手県、東京都、富山県、石川県、奈良県、福岡県、大分県
3等地	1等地	
	2等地	北海道、栃木県、群馬県、山梨県、大阪府、島根県、山口県、香川県
	3等地	宮城県、福島県、神奈川県、福井県、長崎県

さらに、移管に当たっては、森林保険特別会計において保有していた積立金等の財産を全て承継した。承継後の積立金の取扱いをはじめ保険運営における財務の取扱いについては、森林保険特別会計が一般会計からの国費の支援を受けることなく保険料収入のみを原資として運営してきたことと同様に、移管後の森林総合研究所においても運営費交付金等の国費補助を受けることなく運営することとしている。また、経理については、森林保険勘定を設けて他の事業とは明確に区分経理した上で、金融型業務の特性を踏まえ、ガバナンスの高度化を図り業務の適正性を確保した保険業務を運営していくこととしている。

2.　事業の成果

研究所の新たな業務として森林保険が加わるにあたり、森林総合研究所の中期計画が改正され、森林保険についての記述が新たに加えられた。

センターでは、移管後間もないことから事業成果として当誌に実績を紹介するまでには至っていないが、新たな保険制度を周知し加入促進を呼びかけるためのポスター、チラシ等を移管後速やかに作成し全国に配布するとともに、新体制での業務が円滑に行われるよう全国規模でのブロック会議や研修を開催するなど、移管初年度として承継を円滑かつ確実に行うための取組を実施している。

また、森林総合研究所が保険業務を行うことのメリットの一つである研究部門との連携を進め、自然災害に精通した研究者との連携による自然災害リスクの予測手法の構築など、保険運営に必要な知見の精度を高めていく取組を進めていくこととしている。

こうした取組により、今回の移管を契機とした国民へのサービスの向上、加入促進、効率的な業務運営といったセンターに求められる成果をできる限り早期に具現化できるよう努めていくこととしている。

第３期　森林総合研究所中期計画

―抜粋―

さらに、平成 27 年 4 月 1 日から研究所の新たな業務となる森林保険は、火災、気象災及び噴火災による損害を補償する総合的な保険であり、森林所有者自らが災害に備える唯一のセーフティネット手段であるとともに、林業経営の安定と被災後の再造林の促進による森林の多面的機能の発揮のために必要不可欠なものである。移管後最初の中期計画の期間（1 年間）においては、円滑な承継を確実に行うとともに、被保険者へのサービスの向上、業務の効率化のために必要な業務運営の見直し及び改善の着実な実施を図る。

第 1　国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置

2　森林保険業務の推進

(1) 被保険者の利便性の確保

森林保険契約の引受けや保険金の支払等について、被保険者の利便性を低下させないよう、必要な人材の確保、業務委託等の業務実施体制の整備を図る。

(2) 加入促進

災害によって林業の再生産が阻害されることを防止するとともに林業経営の安定を図るため、森林所有者に対する働きかけや林業関係団体を通じた広報活動、民間企業への働きかけ等により、森林保険の加入促進を図る。

(3) 金融業務の特性を踏まえた財務の健全性及び適正な業務運営の確保のための内部ガバナンスの高度化

ア　リスク管理体制の整備

適切に森林保険業務を実施できるよう、リスクを的確に管理するための内部規程を整備するとともに、外部有識者等により構成される統合的なリスク管理のための委員会を設置し、森林保険業務の財務状況やリスク管理状況を専門的に点検する。

イ　内部監査体制の整備

適切に森林保険業務を実施できるよう、業務執行やリスク管理を監視する内部組織を設置する。

ウ　職員の能力向上

適切に森林保険業務を実施できるよう、職員研修の実施方針を整備するとともに、実施方針に基づき適切に実施する。

エ　情報開示

独立行政法人通則法（平成 11 年法律第 103 号）に基づき、平成 27 年度以降、森林保険勘定の収支情報等を情報開示する。

(4) 研究開発との連携

研究開発との連携を図り、森林の自然災害に関する専門的知見を活用して、森林保険業務の高度化等の取組を推進する。

第２　業務運営の効率化に関する目標を達成するためとるべき措置

１　効率化目標の設定等

（1）効率化目標

イ　森林保険業務

森林保険業務は、政府が運営費交付金を充当することなく、保険契約者から支払われる保険料のみを原資として運営するものであり、事務費の支出の大きさが保険料に直接的に影響することを踏まえ、支出に当たっては、費用対効果を十分検討するなどによりコスト意識の徹底を図り、国と都道府県が行ってきた業務の一元化などにより効率的な業務運営に努め、将来的な事務費のスリム化に繋げる。

その際、業務量及びそれに伴う事務費は、保険料収入の変化や災害の発生状況等により影響を受けることに留意する。

２　資源の効率的利用及び充実・高度化

（1）組織等

森林保険業務を円滑に承継し、安定的・効率的に運営するための組織として「森林保険センター」を設置する。

第３　財務内容の改善に関する事項

２　森林保険業務

（1）積立金の規模の妥当性の検証と必要な保険料率の見直し

「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」（平成 25 年 12 月 24 日閣議決定）も踏まえ、リスク管理のための委員会において、毎年度、積立金の規模の妥当性の検証を行い、その結果を農林水産大臣に報告するとともに、必要に応じて、保険料率の見直しを行う。

その際、①我が国においては、台風や豪雪等の自然災害の発生の可能性が広範に存在し、森林の自然災害の発生頻度が高く、異常災害時には巨額の損害が発生するおそれがあり、こうした特性に応じた保険料率の設定及び積立金の確保が必要であること、②森林保険の対象となる自然災害の発生は年毎のバラツキが非常に大きいことから単年度ベースでの収支相償を求めることは困難であり長期での収支相償が前提であること、③森林保険は植栽から伐採までの長期にわたる林業経営の安定を図ることを目的としており、長期的かつ安定的に運営することが必要であること、④積立金の規模は保険契約者の負担の観点から適切なものとする必要があることを踏まえて取り組む。

（2）保険料収入の増加に向けた取組

森林保険業務の安定的な運営に資するため、保険料収入の増加に向けて、森林所有者に対する働きかけや林業関係団体を通じた広報活動、民間企業への働きかけ等により、森林保険の加入促進等に取り組む。

3. 今後の課題

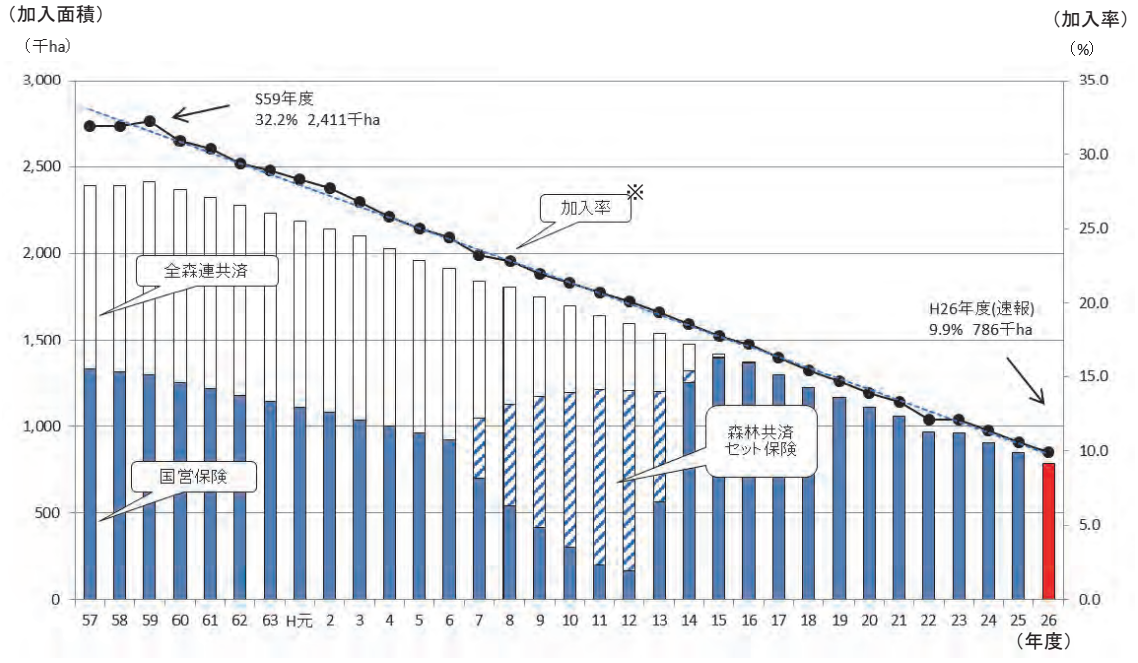
3.1 加入促進

センターが行う保険運営において、現状での最大の課題は加入促進といえる。センターへの移管直前となる平成 26 年度末の加入率は 10% を下回る水準にあり、図－ 3 のように森林国営保険時代の加入率は昭和 59 年から長期的に低下傾向で推移してきた。

この原因としては、新植面積の減少により保険加入率の高い若齢級の森林面積が減少傾向にあったこと、木材価格の低迷により林業経営への意欲が低下してきたことなどが影響しているといわれているが明確に原因分析されたものはなく、また、低下傾向に歯止めをかけるための加入拡大対策についても、引受事務が 47 都道府県それぞれに委ねられていたこともあり、全国的に強力に推し進められた統一的な活動実績は乏しい状況にあった。

我が国の森林は、台風や豪雪等による自然災害リスクが広範に存在し、近年の異常気象の傾向と相まって、いつ、どこで大きな災害が発生するか予測し得ない状況にある。また、我が国の人工林が本格的な利用期を迎え、豊富な森林資源の循環利用による林業の成長産業化を目指す中で、自然災害により林業経営の継続が困難となるような事態に陥ることを防止する森林保険は、森林所有者自らが万が一の被災に備える唯一のセーフティネットとして重要な役割を果たすものである。

センターには、加入率及び保険料収入の実態を早急に改善し、保険運営を安定的、効率的かつ効果的に行うことにより、林業の持続的かつ健全な発展に寄与することが強く求められるものである。



※ 加入率＝森林保険（共済）加入面積／民有人工林面積

図－ 3　加入率の推移

3.2　サービスの向上

国民へのサービスの向上もセンターの保険運営に求められる重要課題であり、上述の加入促進にも影響を与える要因として積極的な取組が必要なものである。

保険業務におけるサービスは多様であるが、保険料率の引き下げなど引受条件に係るものと手続きの簡素化等の事務手続きに関するものに大別される。

引受条件に関するものについては、事故率や木材価格など客観的な要素から保険数理に則して算定することが必要なものがあり、保険料率を引き下げることを前提とした業務運営を行うというものではないが、事務のスリム化などにより効率化が図られるよう取り組んでいく必要がある。

また、手続き面については、わかりやすい説明資料の作成や、手続きに係る時間の短縮、システム化など取り組むべき方向性が明らかといえるものもあることから、費用対効果を踏まえ、着実に見直し等を進め、サービスの向上につなげていくこととしている。

Ⅴ．森林整備部門の動向

森林整備部門（森林整備センター）

1. 森林整備部門の動向

1.1 森林総合研究所へ移行するまでの歩み（概要）

木材需給の逼迫から、昭和 20 年代後半から 30 年にかけて、奥地森林地域の開発と森林資源の培養が国土の保全を図る上で緊急の課題となっていた。このような状況のもとで、奥地森林地域を対象にした林道開設事業を推進するためには、独立した法人（公団）を設立して実施することが最も効果的であることから、第 24 国会（昭和 30 年）において森林開発公団法が成立し、昭和 31 年に森林開発公団が設立された。

森林開発公団は、地勢等の地理的条件が極めて悪く、かつ、豊富な森林資源の整備が十分に行われていない特定の地域内の森林を急速かつ計画的に整備するために必要な骨格となる林道の開設・改良等の事業を行うことを目的として設置されたが、昭和 34 年度からは、国の委託を受けて国有林と民有林とが相接して所在する特定地域の森林を開発するために必要な奥地幹線林道の開設・改良事業（関連林道事業）、昭和 36 年度からは、水源を涵養（かん）するため、急速かつ計画的に森林の造成を行う事業（水源林造成事業※1）、昭和 40 年度からは、多目的性格を持つ林道の開設・改良事業（特定森林地域開発林道事業）、昭和 48 年度からは、大規模林業圏地域の林道網の基幹となる林道の開設・改良事業（大規模林業圏開発林道事業）等を実施してきた。

また、平成 11 年 10 月 1 日には、同日をもって廃止された農用地整備公団の業務とあわせ、森林開発公団を改称した緑資源公団が、その業務を継承するとともに、水源を涵養（かん）するため森林の造成を行う必要がある地域であって、地勢等の地理的条件が悪く、農業の生産条件が不利な地域において、森林の造成と農用地、土地改良施設等の整備を一体的に実施する事業（特定中山間保全整備事業※2）等を開始した。

平成 13 年には、特殊法人等改革基本法に基づく特殊法人等の集中的かつ抜本的な改革の一環として策定された「特殊法人等整理合理化計画」（平成 13 年 12 月 19 日閣議決定）において、「緑資源公団については組織形態を独立行政法人とする」とされたことに伴い、第 155 臨時国会（平成 14 年）において独立行政法人緑資源機構法が成立し、平成 15 年 10 月 1 日に独立行政法人緑資源機構が設立された。

平成 19 年度には、独立行政法人制度は人件費の削減等の成果がある一方で、一部でいわゆる官製談合の舞台となるなど、国民の信頼回復が喫緊の課題となっていることを背景として、「独立行政法人整理合理化計画」が平成 19 年 12 月 24 日に閣議決定された。この計画では、事務・事業の見直しのほか、類似業務を行っている法人については、他法人との統合を行う等が講ずるべき措置とされており、緑資源機構が行っていた林道事業については廃止するとともに、水源林造成事業、特定中山間保全整備事業、農用地総合整備事業※3 等については、森林・林業分野における唯一の独立行政法人となる森林総合研究所に承継することとされた。また、平成 20 年 4 月 1 日には、同日付けで施行された独立行政法人緑資源機構を廃止する法律に基づき、緑資源機構は解散するとともに、水源林造成

事業等の業務を担当する組織として森林総合研究所内に「森林農地整備センター」が設置された。

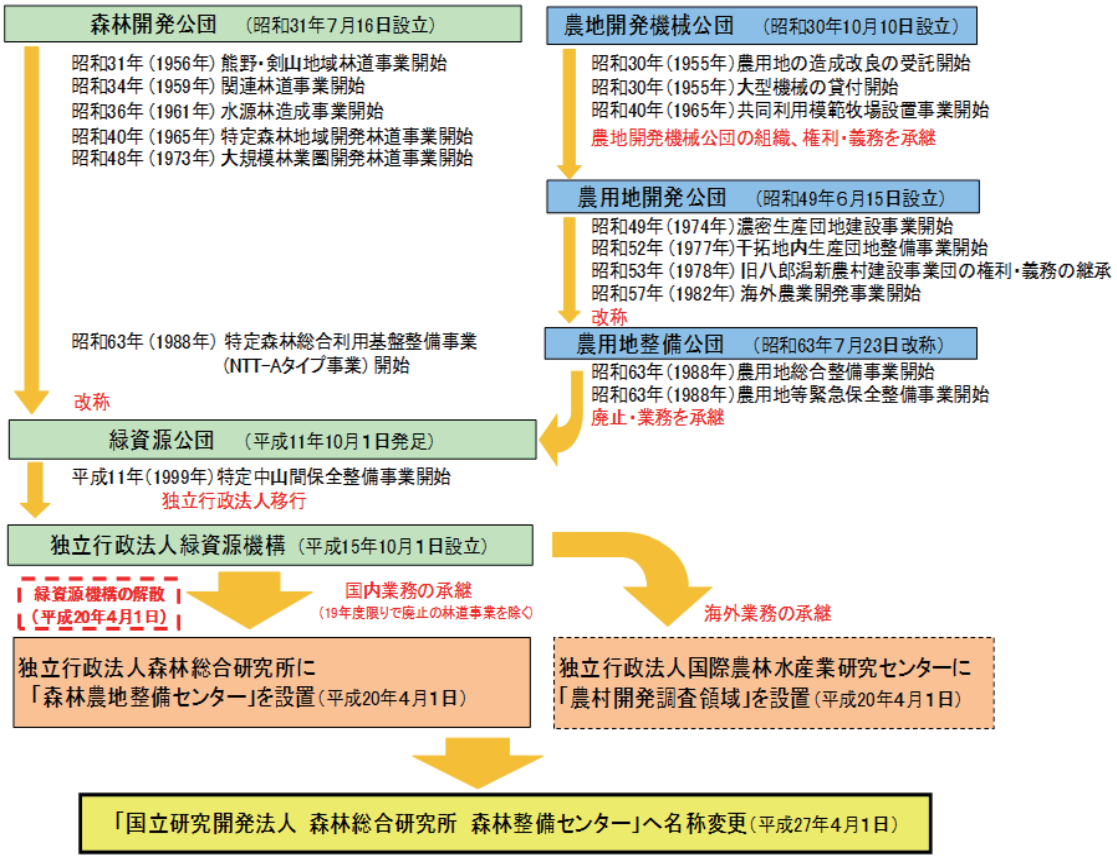
なお、独立行政法人森林総合研究所については、独立行政法人通則法の一部を改正する法律等の施行に伴い、平成27年4月1日に国立研究開発法人に移行し、名称を国立研究開発法人森林総合研究所に変更するとともに、森林農地整備センターにおいても、平成25年度に特定中山間保全整備事業の直接的事業は全て終了したことから、平成27年4月1日の国立研究開発法人への移行に併せ、森林整備事業を執行する組織として実施事業に即した名称「森林整備センター」に変更した（図－1)。

※1　水源林造成事業は、国立研究開発法人森林総合研究所法附則第8条の規定に基づき水源を涵養するために急速かつ計画的に森林の造成を行う必要がある地域内の水源涵養保安林及び水源涵養を兼備する土砂流出防備保安林若しくは土砂崩壊防備保安林と、それらの予定地を対象として（国有林及び都道府県有林を除く）、森林整備センターが分収林特別措置法（昭和33年法律第57号）第2条第1項に規定する造林者又は造林費負担者として分収造林契約の当事者となり、当該契約に基づいて森林の造成を行うもの。

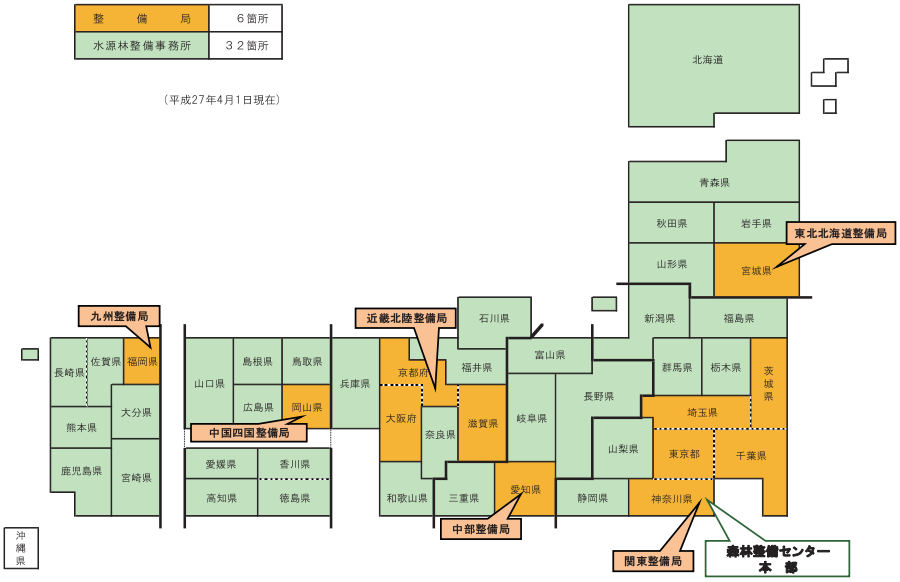
※2　特定中山間保全整備事業は、国立研究開発法人森林総合研究所法附則第8条及び第9条の規定に基づき、中山間地域において、水源林造成と一体として森林及び農用地の整備を行うことにより、農林業の振興を図るとともに、水源の涵養、二酸化炭素の吸収による地球温暖化防止対策等森林や農用地の有する公益的機能の発揮を図るための事業。

※3　農用地総合整備事業は、国立研究開発法人森林総合研究所法附則第11条の規定に基づき、農用地及び土地改良施設の整備等を総合的かつ集中的に実施することにより、農業の生産性の向上と農業構造の改善を図るための事業。

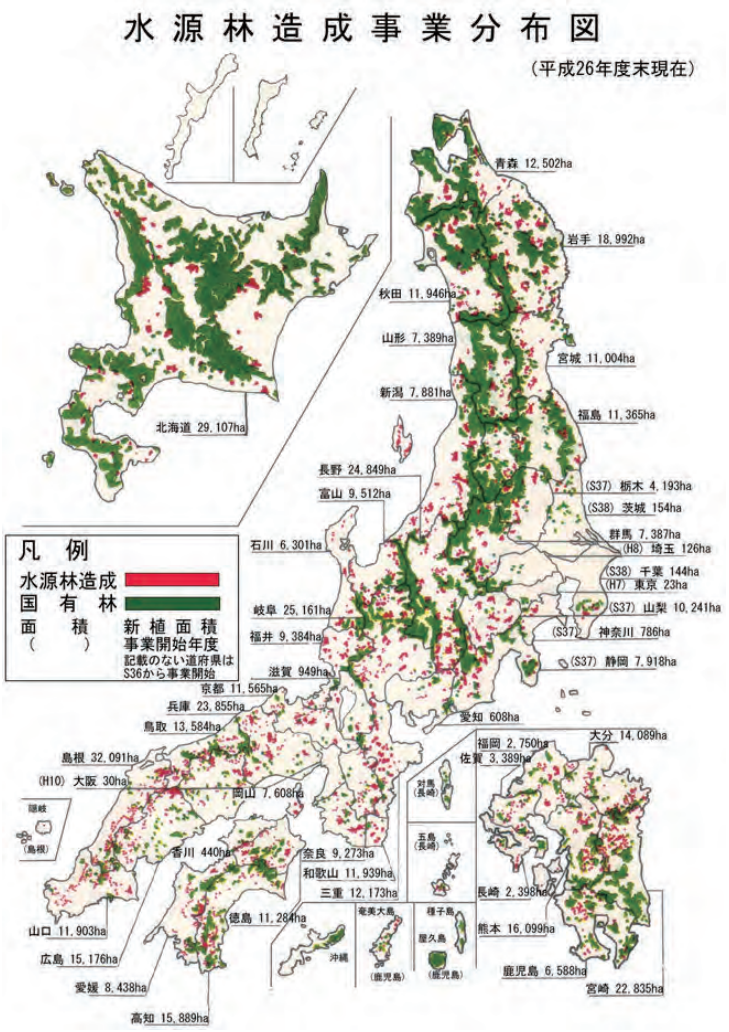
なお、森林整備センターについては、平成27年4月1日現在、沖縄県を除く全国46都道府県で事業を実施しており、各地域において、効率的・効果的に事業を進めるため、6整備局・32水源林整備事務所の体制により、約47万haの水源林を整備している（図－2、図－3、図－4)。



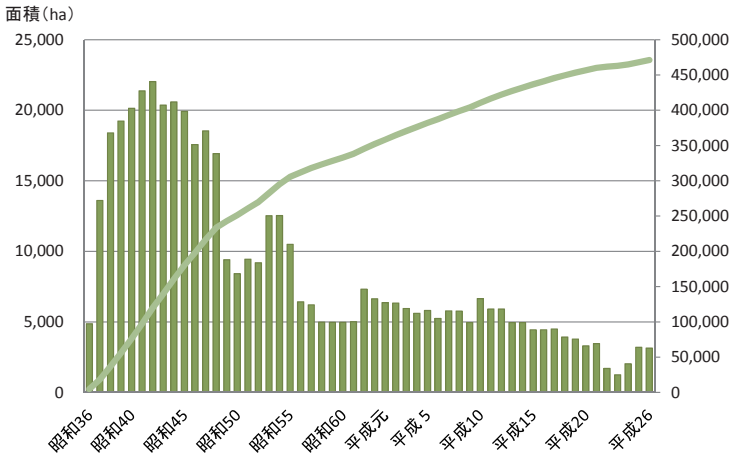
図－1　森林整備センターへの変遷



図－2　整備局等の配置状況



図－３　水源林造成事業分布図



図－４　水源林造成事業による植栽実績

1.2　背景となる施策の方向性

1.2.1　独立行政法人を巡る施策の動き

森林農地整備センターが森林総合研究所内に設置される前年末の平成 19 年 12 月 24 日には、「独立行政法人整理合理化計画」が閣議決定され、水源林造成事業、特定中山間保全整備事業、農用地総合整備事業、緑資源幹線林道に係る債権債務管理及び保全管理業務を森林総合研究所が承継することのほか、水源林造成事業等に関して、

・　水源林造成事業における今後の新規契約については、公益的機能を高度に発揮させる観点から、事業のリモデルを行い、契約内容・施業方法を抜本的に見直すこと
・　特定中山間保全整備事業については、現在実施中の区域の事業完了をもって廃止すること
・　農用地総合整備事業については、現在実施中の区域の事業完了をもって廃止すること

などが決定した。

一方、翌年の平成 21 年 12 月 25 日には、「独立行政法人の抜本的な見直しについて」が閣議決定され、前述の「独立行政法人整理合理化計画」に定められた事項（国有林野事業の一部を移管する独立行政法人への承継など）については、当面凍結し、独立行政法人の抜本的な見直しの一環として再検討することとなったが、平成 22 年 12 月 7 日に閣議決定した「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」において、

・　水源林造成事業に掛かる経費については、分収造林契約に基づく将来の造林木販売収入を適切に見積るなど事業の収支バランスに係る試算を不断に見直すとともに、公益的機能発揮の確保に必要な森林施業のコストの削減に向けた取組を徹底するとともに、当該事業の受け皿法人について早期に結論を得る
・　特定中山間保全整備事業は、現在実施中の 2 区域の事業完了をもって廃止する
・　農用地総合整備事業は、現在実施中の 4 区域の事業完了をもって廃止する

ことが決定した。

更に、平成 25 年 12 月 24 日には、「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」が閣議決定され、水源林造成事業に関して

・　受け皿法人の検討については、第 3 期中期目標期間終了時までに結論を得る
・　水源林造成事業等は、国の税制支出や財政融資を用いて、多額の契約を行い、公共事業を実施していることから、事業の実施において、法人に対する信頼性が確保されるよう、法令遵守及び契約の適正性を確保するための体制の強化を図る

ことが決定した。

独立行政法人整理合理化計画（平成 19 年 12 月 24 日閣議決定）
－　別表の抜粋　－

【水源林造成事業】
- 費用便益分析の方法の在り方について抜本的に検討するとともに、水源林造成事業が国有林野事業の一部を移管する独立行政法人に承継される予定の平成 22 年 4 月の前までに、事業の在り方がより適切なものとなるよう抜本的に見直す。
- 具体的には、事業効果に関する知見の蓄積を図りつつ、その結果を踏まえ、費用便益分析を含む評価手法について見直しを検討するほか、今後の新規契約については、公益的機能を高度に発揮させる観点から、事業のリモデルを行い、契約内容・施業方法を抜本的に見直すこととし、設立が予定されている国有林野事業の一部を移管する独立行政法人へ本事業が継承されるまでの間に、検証を行いつつ、その検証結果に基づき、同独立行政法人においてその本格的な導入を行う等の措置を講じる。

独立行政法人の抜本的な見直しについて（平成 21 年 12 月 25 日閣議決定）
－　抜粋　－

すべての独立行政法人について、以下の基本的姿勢及び見直しの視点により、抜本的な見直しを行う。

【略】

3. 関連事項
(1)「独立行政法人整理合理化計画（平成 19 年 12 月 24 日閣議決定）」に定められた事項（既に措置している事項を除く。以下同じ。）については、当面凍結し、独立行政法人の抜本的な見直しの一環として再検討する。ただし、随意契約の見直し及び保有資産の見直しに係る事項については、再検討の間においても引き続き取組を進める。
　なお、別途各府省の判断により、独立行政法人整理合理化計画に定められた事項について取組を進めることを妨げない。
(2)「国の行政機関の定員の純減について（平成 18 年 6 月 30 日閣議決定）」については、純減目標数から平成 22 年度に予定されている新たな国の業務の独立行政法人化に係る純減数（森林管理関係における人工林の整備、木材販売等の業務を非公務員型独立行政法人に移行することに係る純減数（2,041 人）及び気象庁関係における気象研究所を非公務員型独立行政法人とすることによる純減数（174 人））を除くこととし、他の重点事項については着実に実施する。

1.2.2　森林・林業の施策の動き

平成 23 年 7 月 26 日に閣議決定された森林・林業基本計画では、「森林の有する多面的機能の発揮と林業の持続的かつ健全な発展を実現し、国民生活の安定向上と国民経済の健全な発展を図るため、森林及び林業を巡る状況等を踏まえた施策の対応方向を明確化する」との基本的な考え方の下、水源林造成事業については、「針広混交の育成複層林の造成等へ転換する施業を推進することとし、新規契約については、伐期を長期化、主伐面積を縮小・分散し、現地の広葉樹等の植生を活かした施業を指向する。既契約分についても長伐期施業等への見直しを進める」こととされた。

森林・林業基本計画（平成 23 年 7 月 26 日閣議決定）
－　抜粋　－

第 3　森林及び林業に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策
　1　森林の有する多面的機能の発揮に関する施策
　（2）健全で多様な森林への誘導
　　③　公的な関与による森林整備の促進
　　急傾斜地・高標高地など立地条件が悪く、森林所有者の自助努力等によっては適正な整備が見込めない森林等の公益的機能の発揮に向けて、将来的な整備の負担を大幅に軽減する観点から、立地条件に応じて広葉樹の導入による針広混交の育成複層林への誘導等の多様な整備を推進する。
　水源林造成事業については、針広混交の育成複層林の造成等へ転換する施業を推進することとし、新規契約については、伐期を長期化、主伐面積を縮小・分散し、現地の広葉樹等の植生を活かした施業を指向する。既契約分についても長伐期施業等への見直しを進める。
　森林整備法人等が行う森林整備については、これまで造成された森林を多様な林相へ転換することを含め、適正な整備を促進しつつ、将来の森林整備の在り方や経営対策の検討を進める。

また、平成 27 年 7 月 10 日に閣議決定された水循環基本計画では、「水源涵養機能の高度発揮が求められる奥地水源林等であって、所有者の自助努力等によっては適正な整備が見込めない森林等においては、公的主体による間伐や針広混交林化などの森林整備のほか、公有林化を推進する。また、奥地脊梁山地や水源地域に広く分布する国有林においては、国自らが適切な森林の整備及び保全を推進する」こととされた。

水循環基本計画（平成 27 年 7 月 1 日閣議決定）
－　抜粋　－

第 2 部　水循環に関する施策に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策
　2　貯留・涵養機能の維持及び向上
　（1）森林
　○　我が国においては、個々の森林に対して、異なる複数の機能の発揮が期待される場合が多いため、森林の現況、自然条件、地域ニーズ等を踏まえながら、水源涵養機能をはじめとする多面的機能を持続的に発揮させるための森林の整備及び保全を進める必要がある。
　○　全国の多様な森林について、森林計画制度に基づき、国・都道府県・市町村・森林所有者等が連携しつつ、各々の役割に応じて体系的かつ計画的な森林の整備及び保全の取組を推進する。
　○　民有林においては、森林施業の集約化を図り、間伐やこれと一体となった路網の整備等を推進するとともに、水源涵養機能の高度発揮が求められる奥地水源林等であって、所有者の自助努力等によっては適正な整備が見込めない森林等においては、公的主体による間伐や針広混交林化などの森林整備のほか、公有林化を推進する。また、奥地脊梁山地や水源地域に広く分布する国有林においては、国自らが適切な森林の整備及び保全を推進する。
【以下略】

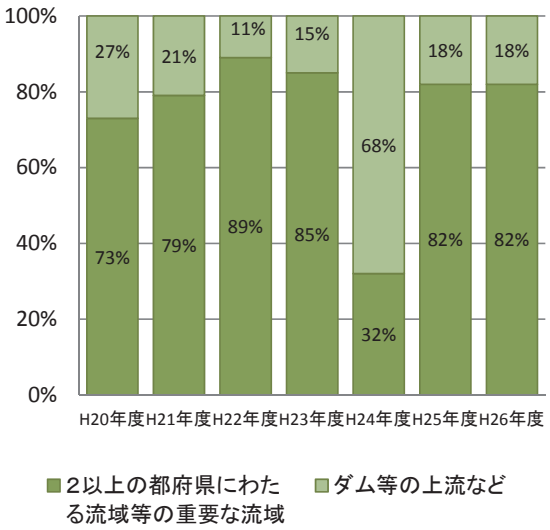
1.3　施策の方向性を踏まえた具体の取組

1.3.1　水源林造成事業での具体の取組

水源林造成事業では、効果的な事業推進の観点から、新規契約については、水源涵養機能の重要性の高い流域内の箇所（2 以上の都府県にわたる流域等の重要な流域やダム等の上流など）に限定して契約を進めている（図－ 5、写真－ 1）。

また、既契約地についても、より公益的機能の高度発揮を図る観点から、契約相手方の理解を得つつ、契約地の現況等を踏まえた長伐期化、複層林化を進めている（図－ 6、写真－ 2）。

さらに、植栽時や下刈時においては、広葉樹を主体とした前生樹の存置状況や

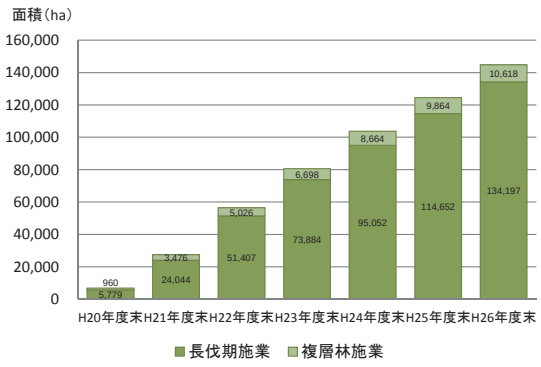


図－ 5　平成 20 年度以降の新規契約の内訳





写真－ 1　水源林造成地
（写真左：神奈川県相模原市、写真右：大分県佐伯市）



図－ 6　平成 20 年度以降の長伐期施業、育成複層林施業対象面積



写真－ 2　育成複層林施業地
（北海道南富良野町）

下層植生の繁茂状況を踏まえ、実際に施業を行う区域を厳選するための「チェックシート」を導入することにより、造林コストの縮減や針広混交林化をより効果的に進めている。

また、二酸化炭素の固定・貯蔵の促進等地球温暖化防止や循環型社会の形成等に資する観点から、路網整備とあわせて搬出間伐を推進するとともに、研究開発部門と連携して森林整備技術の高度化に努めている（写真－3）。

なお、研究開発部門との連携については、水源林造成事業が森林総合研究所に承継される以前には、ほとんど行われていなかったが、森林総合研究所内に森林整備センターが設置された平成20年以降については、コンテナ苗の植栽に関する調査、新たなシカ食害防止対策の試行など、水源林造成事業の事業実行箇所をフィールドとした研究開発部門との連携が進められている（表－1）。



写真－3　搬出間伐の実施状況

表－1　研究開発部門との連携事例

分　　野	連　携　事　例
森林資源の調査に関する分野	・水源林GISの開発 ・植栽木中の放射性物質の動態に関する調査
植栽・保育に関する分野	・エリートツリーやコンテナ苗の実証試験と普及開発 ・新たなシカ食害防除方策の開発
路網整備に関する分野	・丈夫で簡易な作設技術に関するDVDの作成

1.3.2　特定中山間保全整備事業等での具体の取組

特定中山間保全整備事業及び農用地総合整備事業については、環境の保全及び地域資源の活用に配慮するとともに、新技術・新工法の採用に努めつつ事業を実施してきた。

具体的には、

・　必要に応じ有識者等の助言を受ける機会を設け、環境調査や地域の環境特性に対応した保全対策を実施

・　二酸化炭素の固定・貯蔵の促進等地球温暖化防止に資する観点から、木材を利用

・　資源の有効利用の観点から、建設副産物等の再生材を利用

するとともに、

・　事業の高度化を一層推進する手段として、農林水産省新技術導入推進農業農村整備事業等に登録されている新技術・新工法の導入

・　施設に対する愛着心の醸成と良好な維持管理に資する観点から、農家・地域住民等参加型直営施工工事の推進

に努めてきた。

なお、特定中山間保全整備事業については平成 25 年度※に、農用地総合整備事業については平成 24 年度において、全ての区域で事業が完了しており、これら完了区域を対象として、計画的に完了後の評価に係る業務を行っている。

※　特定中山間保全整備事業における森林整備については、水源林造成事業により引き続き実施

第 3 期　森林総合研究所中期計画　－　抜粋　－

第 1　国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためにとるべき措置

3　水源林造成事業等の推進

(1) 水源林造成事業

ア　事業の重点化の実施

効果的な事業推進の観点から、新規契約については、2 以上の都府県にわたる流域等の重要な流域やダム等の上流など特に水源涵養機能の強化を図る重要性が高い流域内の箇所に限定する。

イ　事業の実施手法の高度化のための措置

a　公益的機能の高度発揮

水源涵養機能等の森林の有する公益的機能を持続的かつ高度に発揮させる観点から、新規契約については、広葉樹等の現地植生を活かした長伐期で、かつ主伐時の伐採面積を縮小、分散化する施業方法に限定した契約とする。

また、既契約分については、現況等を踏まえつつ、長伐期施業、複数の樹冠層へ誘導する複層林施業等に施業方法を見直す。

b　期中評価の反映

期中評価結果を確実かつ早期に事業実施に反映させるため、評価を踏まえ作成したチェックシートを活用し事業を実施する。

c　搬出間伐と木材利用の推進

①　二酸化炭素の固定・貯蔵の促進等地球温暖化防止や循環型社会の形成等に資する観点から、搬出間伐を推進する。

また、保安林の指定施業要件や契約相手方の同意など、列状間伐の実施に係る条件整備を推進し、条件が整った箇所については、原則として、列状間伐を実施する。

②　現場の地形や土質等の条件を踏まえて、急傾斜地における丸太組工法の法留め工を含め、工法等を柔軟に選択しつつ、丈夫で簡易な路網の適切な整備を推進する。

なお、その施工に当たっては間伐材の活用に努める。

d　森林整備技術の高度化

①　森林施業のコスト削減、列状間伐、複層林施業及び丈夫で簡易な路網整備等の技術について、職員及び造林者等を対象とした整備局毎の検討会を通じて高度化を推進する。

②　事業に対する研究者等の指導・助言や事業地のフィールド活用などにより研究開発と連携した取組を推進する。

③　森林農地整備センターの有する技術や施業を通じて地域の森林整備に貢献するため、水源林造成事業の契約地の周辺森林と一体的な路網整備や間伐等の推進に努める。

ウ　事業内容等の広報推進

森林整備技術の普及・啓発に向け、各種の研究発表会等における対外発表活動を奨励し推進する。

また、水源林造成事業に対する国民各層の理解の醸成のため、対外発表内容や事業効果、効果事例、地域に貢献する活動等をウェブサイト、広報誌等により広報するとともに、分収造林契約実績の公表等事業実施の透明性を高めるため情報公開を推進する。

さらに、事業効果の情報提供を推進する観点から、引き続きモデル水源林におけるデータの蓄積を実施する。

エ　事業実施コストの構造改善

水源林造成事業については、「独立行政法人森林総合研究所森林農地整備センターコスト構造改善プログラム」に基づき、施業方法の見直し等により更なる徹底した造林コストの縮減に取り組み、平成 24 年度において平成 19 年度と比較して 15％の総合的なコスト構造改善を達成する。

また、森林整備事業全体の動向を踏まえつつ作業工程を見直すなど公益的機能発揮の確保に必要な森林施業のコストの削減に向けた取組を徹底する。

(2) 特定中山間保全整備事業及び農用地総合整備事業

ア　計画的で的確な事業の実施

a　事業の計画的な実施

①　特定中山間保全整備事業については、やむを得ない理由がない限り平成 25 年度中に、事業実施中の 2 区域を完了する。

②　農用地総合整備事業については、やむを得ない理由がない限り平成 24 年度中に、事業実施中の 1 区域を完了する。

③　事業を計画的に実施する観点から、関係地方公共団体等との連携を図るため、適時適切な事業実施状況の説明等を実施する。

b　期中評価の反映

期中評価結果を計画に確実に反映させるため、事業関係者の意向把握に努めつつ、必要な事業計画の見直しを行う。

イ　事業の実施手法の高度化のための措置

全区域の完了に向けた事業規模の縮小に対応しつつ、残事業において以下の取組を実施する。

a　環境の保全及び地域資源の活用に配慮した事業の実施

①　必要に応じ有識者等の助言を受ける機会を設け、環境調査や地域の環境特性に対応した保全対策を実施する。

②　二酸化炭素の固定・貯蔵の促進等地球温暖化防止に資する観点から、木材利用に努める。

③　資源の有効利用の観点から、建設副産物等の再生材の利用を行うなどの取組を実施する。

b　新技術・新工法の採用

①　事業の高度化を一層推進する手段として、農林水産省新技術導入推進農業農村整備事業（以下「新技術導入事業」という。）等に登録されている新技術・新工法の導入に努める。

②　施設に対する愛着心の醸成と良好な維持管理に資する観点から地元説明会を実施するとともに、農家・地域住民等参加型直営施工工事の推進に努める

ウ　事業実施コストの構造改善

特定中山間保全整備事業及び農用地総合整備事業については、「独立行政法人森林総合研究所森林農地整備センターコスト構造改善プログラム」に基づき、計画・設計・施工・調達の最適化等によるコストの縮減に取り組み、平成 24 年度において平成 19 年度と比較して 15%の総合的なコスト構造改善を達成する。

2.　事業の成果（森林整備等にあたっての具体の取組事例）

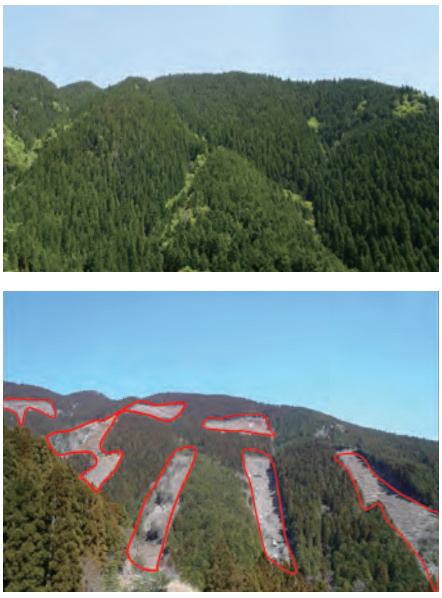
2.1　複層林誘導伐の導入事例

高知水源林整備事務所では、平成 22 年度より香美市が所有する市有林（谷相山（たにあいやま）造林地）において、その下流に 2 つのダムが位置していること、景観に配慮した施業の導入が求められていることから、育成複層林への誘導に取組んでいる。

平成 22 年度には、現況が育成単層林となっていた 45 ～ 47 年生スギ・ヒノキ林分に対して、帯状伐採を導入した上で、スギ・ヒノキを植栽し、2 段林からなる育成複層林への誘導を図る施業を導入した。今後、30 年程度は 2 段林状態を維持し、将来的には伐採していない区域の一部において帯状伐採・植栽を行うことにより、3 段林からなる育成複層林へ誘導する予定である（図－ 7）。



図－ 7　将来の林層構造（イメージ）



写真－ 4　林分の状況

写真上：伐採前の状況

写真下：伐採・植栽後の状況

このように、水源林造成事業では、水源涵養等の森林の有する公益的機能をより持続的で高度に発揮するため、契約相手方の意向を確認しつつ、複層林誘導伐（小面積の帯状伐採又は群状伐採）を行ったうえで下層木を植栽することにより、2 段林や 3 段林からなる育成複層林への誘導に取り組んでいる。

2.2　有害鳥獣被害対策

森林整備センターは全国の水源地域において森林の造成を進めているが、シカによる苗木の食害を防止する防護柵を効果的に設置することが課題となっている。



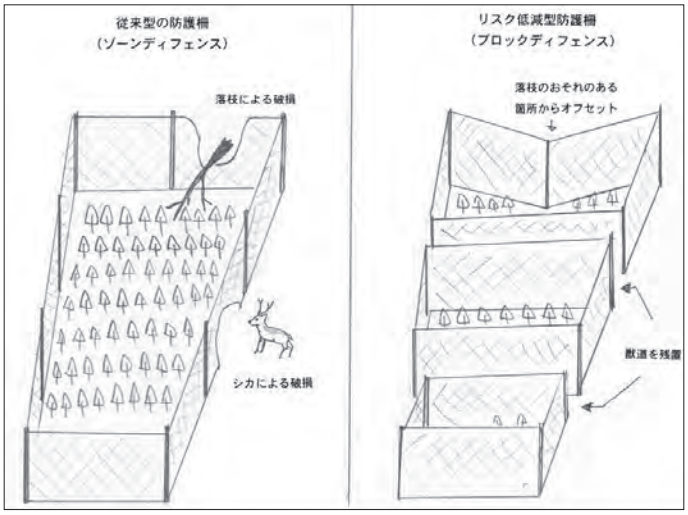
写真－5　無人モニターカメラ

防護柵の設置にあたっては、一般的に植栽予定地の外周を囲む形でネット状の防護柵を設置しているが、この場合、倒木・落枝や土砂の流入のほか、ネットにシカが絡まることにより防護柵の一部が破損し、そこからシカが侵入し被害を受けるケースがある。

特に、山地では斜面中腹の水平方向の獣道が形成されていることが多く、これを遮断する形で長く連続した柵が設置されると、シカが通行可能な箇所を探して柵に干渉し破損に至るケースが少なくないと想定される。

このため、関東整備局（甲府水源林整備事務所）では、防護柵の設置ラインは破損リスクの高い箇所を回避したものとするとともに、シカの移動を過度に妨げないよう一定の間隔で獣道を残置するほか、仮に柵が破損した場合にも被害が一部にとどまるよう、山梨県南部町の水源林造成事業対象地において防護柵を複数の区画ごとに設置した（図－8）。

また、設置後についても、無人モニターカメラも用いて、効果（特に、シカの防護柵への干渉の有無）を検証することとしている（写真－5）。



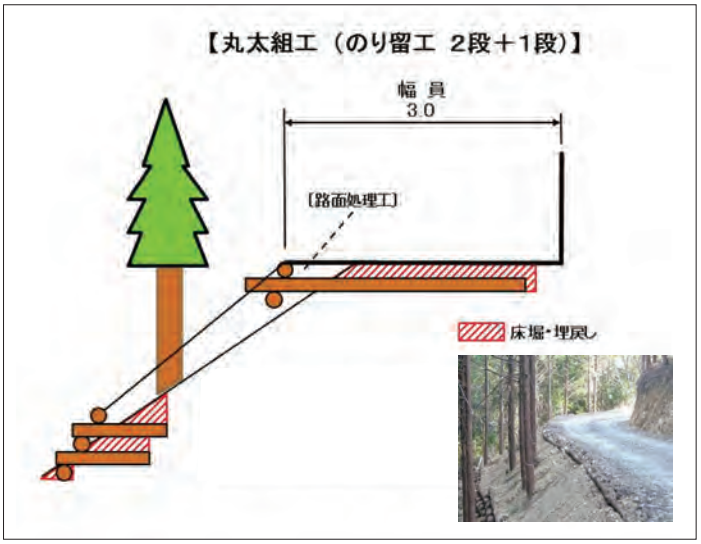
図－8　防護柵のイメージ

2.3　丈夫で簡易な作業道整備の取組事例

間伐等の森林整備を効率的に行うとともに、これら森林整備の過程で産出される木材を有効利用するためにも、丈夫で簡易な路網の整備を行うことが重要である。

このため、森林整備センターは路網の整備に取り組んできたところであるが、平成 21 年度から、崩れにくい作業道とするために、「のり留工」による丸太組工法の導入を図っている（図－ 9）。

この取組を進めるにあたっては、作業道を地形に沿って作設するとともに、適切な路面排水を図るなどの高度な技術が必要となることから、作業道の整備技術を学ぶための教材として、DVD（「これからの作業道づくり」）を制作・活用し、森林整備センター職員や水源林造成事業に携わる林業事業体の路網整備技術のレベルアップに努めている。



図－ 9　丸太組工のイメージ

2.4　地域と連携した森林整備の取組事例

熊本水源林整備事務所では、民有林と国有林が連携して効率的な路網の整備や森林施業の実施を目指す「五木地域森林整備推進協定」を、平成 21 年 9 月に熊本南部森林管理署等と締結し、協定区域内の水源林造成事業契約地（54 件、約 2,000 ha）において 630 ha の間伐、16,200m の作業道整備を行ってきた（平成 27 年 7 月末時点）。

とりわけ、協定区域内の水源林造成事業契約地である折立（おりだて）団地（契約件数 9 件、約 640 ha）については、これまで林道折立線が唯一のアクセス道であったが、協定者が開設する作業道と折立団地内の作業道を連結したことにより、折立団地やその周辺林分へのアクセスが大きく改善された。また、九州北部豪雨（平成 24 年 7 月）により林道折立線が被災し通行できなくなった際には、連結した作業道により事業実行箇所までのアクセスが確保され、森林整備が滞りなく進むとともに、林道折立線の復旧にも活用された。

更に、平成 26 年度には、国有林が行う素材の安定供給システム販売に全国で初めて参加し、約 1,100 ㎥の素材を合板会社とチップ会社に対して安定的に供給した。

2.5　特定中山間保全整備事業

特定中山間保全整備事業は、水源林の造成と農用地整備（区画整理、暗渠排水、客土等）、林地転換、農林業用道路整備、農業用用排水施設整備、鳥獣害防止施設等の整備を一体として行う事業であり、平成 13 年度以降、以下に示す 3 区域で事業を行ってきた（表－2）。なお、これら 3 区域の事業については、平成 25 年度末には全て完了した（森林整備については、水源林造成事業により引き続き実施）。

【阿蘇小国郷区域】

阿蘇小国郷区域では、区画整理を行ったことにより、大型機械の活用による生産性の向上が図られた。

また、水田の暗渠排水の整備により水はけが向上し、米の収穫後にキュウリやホウレンソウ等の野菜の作付けが可能となった。



【邑智西部区域】

邑智西部区域では、これまで農産物の集出荷に時間やコストを要していたが、農林業用道路（愛称「日桜（ひざくら）ロード」）を整備したことにより、効率的な農産物輸送が実現した。また、周辺森林の整備や、区域内の交流拠点等などへのアクセス向上による交流促進が期待されている。

なお、事業実施中の平成 25 年 8 月に発生した集中豪雨時には、八戸（やと）川の氾濫により、本事業で整備した長尾（なごう）橋周辺の既設橋は全て使用不可能となった。しかしながら、長尾橋は、整備にあたり旧橋に比べ約 1.4m の嵩上げをしていたことから通行可能であったため、近隣住民の避難路として機能を果たし、集落の孤立化を防いだ。





【南富良野区域】

南富良野区域では、農地の傾斜改良や鳥獣害防止施設及び既設の井戸を水源としたパイプラインの整備により、安定した農業用水の利用が可能となった。これにより、馬鈴薯の安定生産が可能となり、町内に新設されたポテトチップス工場に出荷（約 2,100 トン／年）されるなど地域の 6 次産業化の推進に貢献している。



表－２　特定中山間保全整備事業の実績

県名	区域名	工期	受益面積（ha）	事業量			
				森林整備	農用地整備		
					区画整理等	基幹農林道	その他農林道
熊本県	阿蘇小国郷	H15 ～ H21	5,785	72ha	142ha	14.9km	8.3km
島根県	邑智西部	H19 ～ H25	3,162	90ha	142ha	9.1km	－
北海道	南富良野	H20 ～ H24	1,270	261ha	599ha	－	－

2.6　農用地総合整備事業

農用地や農業用道路の整備を総合的・集中的に行い、農業生産性の向上と農業構造の改善を図り、地域の活性化に貢献することを目的とする農用地総合整備事業は、昭和 63 年度に創設され、これまで 1 道 2 府 14 県において 20 区域を実施してきた。

例えば、平成 10 年から平成 24 年度にかけて事業が実施された美濃東部区域については、岐阜県のほぼ中央に位置する関市、中津川市、恵那市、郡上市、下呂市、加茂郡白川町、東白川村の 5 市 1 町 1 村を対象としており、区画整理（122ha）、暗渠排水（33ha）、客土（2ha）、農用地造成（4ha）、農業用道路（23km）を整備の内容とする事業を実施した。これにより、農業経営の安定と農産物の流通条件が改善され、地域の活性化が期待されている。

なお、農用地総合整備事業については、当該区域の完了をもって、平成 24 年度末に全ての事業が終了している。

○棚田景観を生かした区画整理

農家の高齢化等により荒廃しつつあった棚田を機械化営農が可能となるよう整備する一方で、石積棚田（坂折（さかおり）棚田として「日本の棚田百選」にも選定）を残すなど景観にも配慮してきた。これを契機とした棚田オーナー制度などによる、都市住民と地元が一体となった棚田の保全活動を通じて、都市と農村の交流が活発に行われている。



○特産品「美濃白川茶」振興への貢献

農用地整備によって、茶園に乗用型茶園管理機の導入が可能となるとともに、農業用道路の整備により域内の茶加工施設へのアクセスが改善されたことから、白川茶の生産効率、品質の向上が図られた。



○高速道路間を結ぶ農業用道路

農業用道路の整備により、この地域の東側の中央自動車道と西側の東海北陸自動車道が横断的に結ばれ、農産物等の広域流通や沿線の森林整備の効率化のほか、地域の生活道路としての利用により利便性が向上し、活力ある地域づくりに大きく貢献している。



3. 今後の課題

これまで50年以上にわたり約47万haの水源林を造成してきた水源林造成事業は、森林所有者の自助努力等によっては適正な整備が見込めない森林等について、水源涵養機能の強化等の森林の有する公益的機能の発揮を目指す公的主体によるセーフティーネットとして機能してきた。また、平成20年度からは、公益的機能をより持続的かつ高度に発揮させるため、新規契約は、広葉樹等の現地植生を活かした長伐期で、かつ、主伐時の伐採面積を縮小・分散した施業に限定したものにするとともに、既契約の普通伐期施業についても、長伐期施業、複層林施業に変更してきている。

今後については、引き続きこれら取組を推進するほか、水源林整備を通じて産出された木材の安定供給による林業の成長産業化や地球温暖化防止への貢献の観点からも、複層林誘導伐や搬出間伐などを推進する必要がある。

また、これらにあたっては、人員や造林事業等に投入できる経費が限定される一方で、今後は契約地における資源の質的・量的充実化に伴う業務量の増大が想定されることから、高度な技術を有する技術者集団として人材の確保・育成を図るとともに、研究開発部門との連携を密にしながら、その技術を活かした造林コストの低減に向けた取組を進める必要がある。

Ⅵ. 総合的研究の動向と成果

人工林施業の低コスト化に向けた研究開発

1. 研究の背景

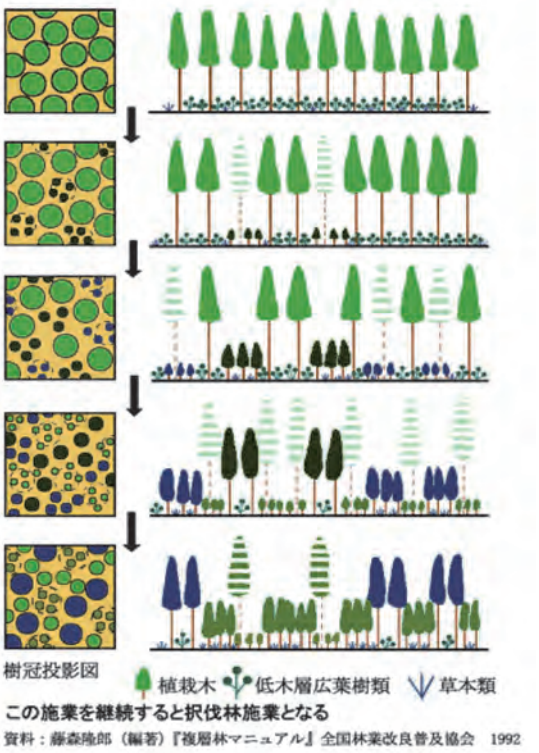
林業に限らず事業経営においては、効率化とコスト削減はその根本課題である。森林施業において、針葉樹人工一斉林を大規模に推進したこと自体が、その証左でもある。一方で、木材需要が木材供給を上回り、木を伐れば売れる時代には、コスト削減をさほど気にせずとも経営は成り立っていた。しかし需要や価格の低迷が続くようになると、経営の死活問題となって、効率化やコスト削減への取り組みが不可避となる。

昭和 50 年代以降、外材主導の市場構造が完成して、木材自給率は 3 割に落ち込み、国産材に活路が見いだしにくい状況となった。その後、昭和 60 年プラザ合意後の急速な円高を背景に始まったバブル経済のあおりで、国産材の価格や需要が低迷する一方で、労賃や関連コストが上昇するなど、国内の林業経営はさらに厳しい局面に立たされることになった。林業経営を取り巻くこうした状況が、この後に示されるいくつかの森林施業の方針転換につながり、経営環境のさらなる厳しさが、近年問題となっている「再造林放棄地」の全国的な増加をもたらしているのである。それを打開すべく低コスト林業に関する研究開発が進められることとなった。

2. 人工林施業を巡る動き

2.1 森林施業の多様化

昭和 60 年以降の円高の定着とバブル経済が相俟って、国産材の先行きに明るい兆しが見通せなくなったことに加えて、人工林にはかねてから、土壌保全や水源涵養などの公益的機能低下への懸念が指摘されていた。そうした問題を払拭することを目的に、それまでの人工一斉林を回避して、複層林施業をはじめとする非皆伐施業への移行が推奨されるようになる。昭和 62 年には「森林資源に関する基本計画」が改訂され、複層林施業が全国的に推進され始めた。この背景としては、前述したように森林の持つ公益的機能の発揮への期待から、広葉樹の育成や非皆伐施業導入による多様な森林造成・整備への方針転換があったが、同時に、人工林の造成に伴う初期保育費用の低減への期待があった。このころから「多様な森林施業」が打ち出されるようになり



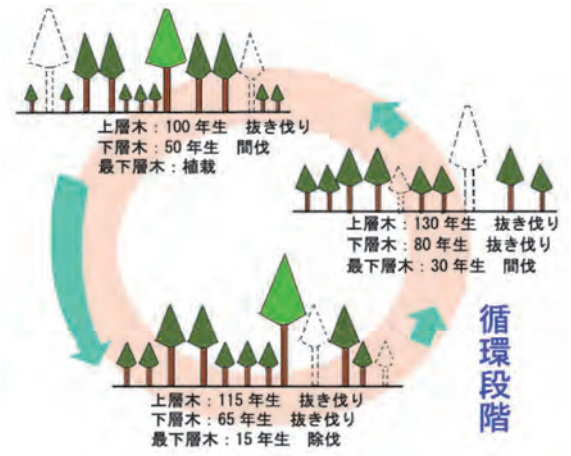
図－1 人工一斉林から複層林の誘導（模式図）
（藤森ら 1992）

（藤森 1991）、施業タイプごとの得失が論じられ、地域特性に配慮した複層林育成の指針等（図－ 1）が取りまとめられた（藤森 1992 など）。

2.2　林業コストを巡って転換する森林施業

バブル経済の後退期に入りつつあった平成 2 年 11 月、林業経営の立て直しに必要な研究課題を検討するため、森林総合研究所では「林業コスト問題研究会」（森林総研 1993）を立ち上げた。生産・流通・加工の各過程とそれらに関係する外部要因を含めた包括的なコスト問題について検討し、平成 5 年 10 月に報告書「林業コスト問題の現状と展望」（主査：研究管理官・加藤高明）を取りまとめた。しかしこの報告書が刊行された時点でバブル崩壊は決定的となり、わが国経済は「失われた 20 年」と呼ばれる低成長期に入っていく。

林業の低コスト化を目指して導入しようとした複層林施業は、植栽した下木成長を確保して複層構造を維持することが難しく、また上木を抜き伐る際に発生する残存木の傷害等の問題があり、林業コストを押し下げることが容易ではない実態が指摘されるようになった。そこで新たな林業施策として平成 13 年、長期育成循環施業が推奨された（図－ 2）。この施業方法は、これまでのように皆伐後に一斉に再造林するのではなく、ある程度の大きさの施業団地を想定して、団地内に小面積皆伐を順次進めていくものである。それまでは、樹高を異にする林木が同一林内に存在する状態を複層林と呼んでいたが、この施業法では、樹高が異なる小面積の区画がモザイク的に配置される状態を含めて複層林と見なすこととした。順次伐採を繰り返すことで継続的な木材収入が確保され、造林投資も平準化され、下刈り作業等の育林コストの低減に資するものと期待された。長期育成循環施業の取り組みについては、全国各地で導入された事例調査も行われたが（林野庁 2002）、コスト縮減などの効果については十分な情報が得られておらず、今後さらに情報収集と分析が必要である。



図－ 2　長期育成循環施業の概念図

2.3　再造林放棄地への対応としての低コスト林業

人工林を伐採・収穫した後に再造林されず、3 年以上にわたって放置状態となっている「再造林放棄地」は、林野庁の調査によると平成 11 年度で全国 22 千 ha あり、全国的に増加傾向にある。再造林が放棄される理由の多くは、採算が合わないからということである。事実、日本の育林コストは国際的にも圧倒的に労働集約であり、下刈りまでの初期保育経費が 150 万円とも言われ、北欧などの約 50 万円、北米の約 20 万円に比べると、その差は歴然としている。理由としては、日本では夏期に高温多湿になって繁茂しやすい雑

草木の下刈り経費が大きな負担になっている。地域林業を活かし、森林の多面的機能の維持向上を図るためにも、再造林放棄地の発生に歯止めをかける必要がある。

そこで森林総合研究所では平成 18 年度以降、人工林を伐採・収穫した後にスムーズに、しかも低コストで再造林することを目標として、低コスト再造林に関する研究を進めている。再造林に先立つ伐採作業から、その後の地拵え、植栽、下刈りに至る過程で、施業現場での作業仕組みを見直し、効率的に再造林を進めるための技術開発を行っている。

3. 研究成果

3.1 生産性の向上に向けた作業システムの開発

北欧など林業先進国に大きく立ち遅れているわが国の素材生産性を 10m^3/ 人日とする目標を掲げ、林野庁補助事業「低コスト作業システム構築のための実証試験」（平成 19 ～ 21 年度）を実施し、全国 12 箇所にモデル林を設定して、耐久性のある路網と高い生産能力を持つ林業機械を組み合わせた高効率の作業システムの開発・実証を行った（森林総研 2015）。森林総合研究所では釧路モデル林、静岡モデル林、鹿児島モデル林の 3 箇所で開発試験を行い、路網、機械、システム運用を改善した結果、目標とした生産性 10m^3 / 人日を達成し、この研究成果をもとに各モデル林に対応した作業マニュアルを作成した。

3.2 国産樹種のコンテナ育苗技術の開発

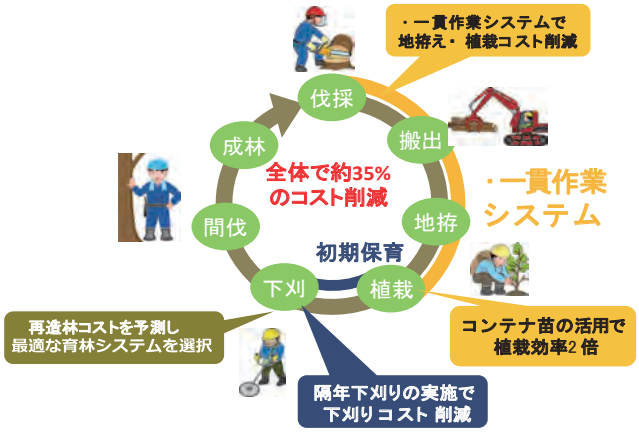
コンテナ苗（写真－ 1）は普通苗と比べて省力かつ効率的に植付け作業を行うことができるが、造林樹種の生育特性の違いから、海外のコンテナ育苗技術の直接的な導入が困難であった。そこで、林野庁委託事業「低コスト新育苗・造林技術開発事業」（平成 18 ～ 20 年度）において、国産樹種の特性に応じたコンテナ育苗技術を開発した（全国林業改良普及協会 2013）。主たる特徴は、育苗時のコンテナへの灌水を有効利用するための構造、コンテナ連結部に設けた過湿害防止のための水抜き穴、培地における保水材と排水材の混合比等である。



写真－ 1　コンテナ苗（左）とコンテナ（右）

3.3 一貫作業システムの導入による作業効率の向上

再造林コストの大幅縮減を目指して、農林水産省実用技術開発事業「スギ再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システムの開発」（平成 21 ～ 24 年度）が実施され、従来型の地拵えや植栽の作業方法を見直し、車両系伐出機械を活用して伐採・搬出～地拵え～植栽を連携して行う「一貫作業システム」を考案した（図－ 3）。その有効性を現地調査で実証し、従来型作業に比べて大幅な作業効率の向上・省力化が可能であることが確かめられた（森林総研 2013、2015）。特に、苗木にはコンテナ苗を活用し、下刈りを効果的に省略することによって、再造林から初期保育までの経費を従来の 2/3 程



図－3　再造林コスト削減のポイント

度まで削減できる可能性が示された。

3.4　コンテナ苗の植栽成績

九州地方で先行的に導入されたコンテナ苗は、植栽時期を選ばず、活着率も良好とされるが、寒冷地や多雪地域での植栽成績を確認するため、農林水産省農食研事業「多雪地域の森林資源持続に向けた低コスト再造林システムの構築」（平成 24 ～ 27 年度）および農林水産省受託事業「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」（平成 26 ～ 27 年度）において、東北地方及び関東地方にスギコンテナ苗を植栽して成長経過を調査した。その結果、活着率は普通苗と同等と確認されたほか、植栽後の苗木の成長を左右する要因として、植栽時の苗の形状比（苗高 / 直径）があり、形状比が小さく、がっしりしたコンテナ苗であれば、普通苗と同等かそれ以上の樹高成長を示すことが確かめられた。

3.5　充実種子の選別技術

従来の普通苗に比べてコンテナ苗は価格が高いことが難点とされ、その理由のひとつは種子の発芽率の低さにあり、スギやヒノキなどの種子は発芽率が低く、発芽苗の植替えや間引きに手間がかかる。そこで、農林水産省受託事業「コンテナ苗を活用した低コスト再造林技術の実証研究」（平成 26 ～ 27 年度）において、健全な充実種子と不稔種子を簡便に選別する方法として遠赤外光の反射率を利用し、95％の確率で充実種子を選別できることが確認された。

（千葉幸弘）

文　献

藤森隆郎（1991）多様な森林施業. 林業改良普及双書 107, 全国林業改良普及協会, 191pp.

藤森隆郎　他（1992）複層林マニュアルー施業と経営. 全国林業改良普及協会, 119pp.

林野庁（2002）森林整備に係るコスト縮減等のための調査報告書. 104pp.

森林総合研究所（1993）林業コスト問題の現状と展望. 森林総合研究所, 210pp.

森林総合研究所（2013）低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集. 森林総合研究所, 45pp.

森林総合研究所（2015）今後の再造林の推進に向けた低コスト化研究. 季刊森林総研 No.29, 1-10.

全国林業改良普及協会編（2013）低コスト造林・育林技術最前線. 全国林業改良普及協会, 143pp.

花粉症対策としての雄花生産量の制御に関する研究

1. 試験研究の動向

多くの国民を悩ませる花粉症は、大きな社会問題とも言える現象で、その主たる発生源となっているのがスギ林である。林野庁では花粉症対策として、少花粉スギ品種等の開発と普及を進めるとともに、スギ人工林の広葉樹林化などによる「花粉の少ない森林への転換事業」に取り組んでいる。また人口密集地で花粉症に悩む人々が多い都市周辺のスギ人工林等では、広葉樹林や針広混交林に誘導するための効果的な抜き伐りも必要である。

そのため、森林総合研究所においても花粉発生源対策を重点的に行うための花粉発生源地域の推定や、花粉飛散量の予測精度向上に役立てるためのスギ雄花の着花状況調査などに積極的に関与してきた。文部科学省プロジェクト（H8-13）では、間伐によってスギ林の雄花生産量が増加する可能性があることを示し、交付金プロジェクト（H14-16）でそのことを実証した。農林水産省プロジェクト（H17-19）では地球温暖化やその緩和策として実施される間伐による花粉発生量の予測に取り組んだ。また農林水産省の実用技術開発事業「スギ雄花形成の機構解明と制御技術の高度化に関する研究」（H18-20）では、遺伝的形質等が花粉生産量に及ぼす影響評価を行った。

花粉発生源対策としてスギ林の間伐や伐採、少花粉スギの植林、あるいは広葉樹化等に取り組みつつあるが、そうした森林を育成するまでには相当の年月と労力が必要であり、科学的なデータによる裏付けによって効果的に進める必要がある。すでに述べたように、間伐がスギ林の雄花生産量を増加させることもあり、ここでは、花粉生産を持続的に抑制する上で効果的と考えられる間伐方法等に関する最近の研究成果を紹介する。

2. 研究の成果

2.1 雄花量に着目した間伐の効果の持続性の検証

間伐によりスギ林の雄花生産が増加する恐れがあり（清野ら 2003）、雄花生産を減少させる適切な間伐方法の開発が求められており、その可能性を探るべく研究を行った。環境条件に違いがないと考えられる林縁木の中に、雄花量の多い個体（多雄花木／たゆうかぼく）と少ない個体が混在するスギ林がある。雄花量の違う個体が混在する理由として、遺伝形質の違いがその主因になっている、との仮説を立て、多雄花木の間伐効果を実証するとともに、効果が期待できる林分を簡易に見分ける手法の開発に取り組んだ。

多雄花木間伐の効果を検証するため、千葉県富津市の 31 ～ 32 年生スギ林に、多雄花木間伐区、通常間伐区、対照（無間伐）区を設置し、間伐前後の雄花生産量（トラップ調査）と雄花着生状況（目視調査）の経年的な変化を調査した。雄花の並作年であった間伐前と比べて、凶作年に当たった間伐 1 年後は雄花生産量が減少したが、多雄花木間伐区と通常間伐区では、対照区ほどには減らず、2 つの間伐区の間で雄花生産量の平均値に差は認められなかった。目視で調べた雄花着生状況は、トラップで調べた雄花生産量と比較的よく対応していた。豊作年に当たる間伐 2 年後の雄花着生状況は、多雄花木間伐区では通

常間伐区に比べて雄花の生産量が減少する傾向を示していた。しかし、多雄花木間伐の持続的な効果を明らかにするためには、今後の継続調査が必要である。

また京都市伏見区醍醐山の 34 年生スギ林でも同様に、多雄花木間伐による雄花生産量の抑制効果を検証するための試験区を設置し、目視による雄花着生状態の調査と雄花トラップによる雄花生産量の調査を行った。対照区と比較すると、多雄花木間伐を実施した後、雄花着生個体の割合が増加したが、通常間伐に比べれば増分は小さかった。また、林縁木の調査から、個体サイズの違いが雄花着生状況に影響していると考えられ、林縁木の雄花着生状況によって間伐後の雄花着生状況を予測できる可能性がある。多雄花木間伐によって雄花生産量は対照区や通常間伐区と比較して相対的に減少していたが、2010 年が凶作年だったこともあり、間伐効果とその持続性を確認するためには継続調査が必要である。

2.2　多雄花木間伐が成長に及ぼす影響

スギ人工林で二通りの間伐試験（多雄花木間伐、通常間伐）を行い間伐前後の成長量と雄花着生量の関係について検討したところ、成長が良い個体ほど、その年の雄花着生量も多い傾向がみられた。しかし、一般的に同一調査林分ではサイズが大きい個体ほど雄花着生量が多いため、単年ごとの雄花生産量と成長量とがどのような関係にあるのかより詳しい調査・分析が必要である。一方、間伐 1 年後の雄花着生量は、全天空写真で評価した樹冠周辺の光環境の変化と関係があり、開空度が高い個体、つまり樹冠上部が明るい個体ほど着生量が多く、とくに多雄花木間伐区でこの傾向が明瞭であった。以上のことから、小径木を多く伐採する通常の下層間伐に比べて、大きい個体を優先的に間伐する多雄花木間伐では残存木が受ける光環境の変化が大きくなるため、残存木の成長や雄花の着生反応においても個体差が大きくなると考えられる。

2.3　多雄花木の遺伝的評価

雄花生産性の多くが遺伝によって支配されているとすれば、それら遺伝子を特定して雄花生産性の多い個体を選択的に間伐することによって効率的に雄花生産性を減少させることが考えられる。そこで、雄花量の観察データをもとに遺伝子型との関係を調査して、雄花生産性が遺伝的に支配されているかどうか確認するとともに、雄花生産性の高い個体を選抜する DNA マーカー開発の可能性について検討した。

千葉県および京都府に設置した調査林分の遺伝子型構造を解析したところ、京都府のスギ林は複数クローンを含む苗で構成されており、また千葉県のスギ林は実生苗によることから、京都ではクローンによっては雄花量が異なる傾向が認められた。雄花生産性に係わる遺伝子の調査では、既存のマイクロサテライトマーカーで雄花生産性に関連があるマーカーを探索したが、雄花生産性に関係するものは見出せなかった。また QTL 解析で見出された 3 つの雄花生産性関連候補遺伝子を用いた調査でも、関係性は認められなかった。しかし生物系特定産業技術研究支援センターイノベーション創出基礎的研究推進事業において、大規模なアソシエーション解析により雄花生産性遺伝子の検出を試みたところ、数

十の関連遺伝子が見つかった。

2.4　雄花量に着目した間伐に向けた検討

環境条件が一様な林縁木のなかで雄花量が多い個体（多雄花木／たゆうかぼく）が混在するスギ林では、多雄花木の間伐によって雄花生産量を削減する効果があると期待され、効果が期待できる林分を簡易に見分ける手法を開発した。多雄花木の的中率（多雄花木と判別した個体のうちの、多雄花木と定義した個体数の割合）とはずれ率（多雄花木と判別した個体のうちの、多雄花木と定義した個体以外の個体数の割合）は、それぞれ雄花着生個体数割合と正の相関関係があった。凶作年には多雄花木を確認しにくいため、的中率が低下した。一方、豊作年は、多雄花木でない木を多雄花木と誤認して、はずれ率が高まった。「的中率－はずれ率」の値が最大になるのは並作年で、多雄花木間伐の効果を期待できる林分かどうかの判定は、並作年に行うのが良いと考えられた。

3. 今後の課題

スギ雄花生産には豊凶があるため、様々な条件下での継続的なデータ収集を行って分析する必要がある。現時点では、多雄花木間伐の有効性を示唆するデータが得られており、今後のデータ収集を継続して5年以上の観測にもとづいた確度の高い成果が得られた段階で、既存の花粉症対策のための森林管理指針として本研究の成果を書き加え、花粉生産を抑制するための森林管理手法の選択肢として情報提供できると考える。

その他のスギ花粉対策として、菌類をスギ雄花に散布して花粉飛散を抑制する方法を農林水産省プロジェクトで実施している。これは、スギの雄花だけに特異的に寄生する子のう菌類（*Sydowia japonica*）を用いるもので、本菌の胞子を含む散布液を開発してこれをスプレーでスギ雄花に散布する方法である。実験的には一度の散布により、短期間（2～3ヶ月）で80%以上の成熟雄花を枯死させ、花粉の飛散を抑えることに成功している。この *Sydowia* 菌はスギの雄花だけを殺生し、スギ枝葉や他の植物にはまったく影響を与えないことを確認しており、また、過去にスギ林に被害を与えた記録もないことから、本菌類のスギ花粉飛散防止剤としての活用が期待され、現在その実用化に向けた研究開発を進めている。

（千葉幸弘）

文　献

清野嘉之（2010）スギ花粉発生源対策のための森林管理指針. 日本森林学会誌, 6, 310-315.

森林総合研究所（2011）雄花量に着目したスギ林の間伐効果の科学的検証. 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 47, 37pp.

身近な森林である里山林や都市近郊林の管理と環境教育

1. 研究の背景

我が国では高度成長期以降、薪や柴などをエネルギー源あるいは生活資材として日常的に利用することが激減して数十年を経過し、里山や都市近郊林と呼ばれる広葉樹二次林等の高齢化・大径木化が進んでいる。こうした森林は手入れが行き届かずに放置され、ササやタケが侵入して更新を阻害し、ナラ枯れが発生するなど、森林としての健全な生育に支障があるだけでなく、生物多様性等の森林として期待される多面的機能の低下が危惧される。

一方で、身近な自然空間である里山や都市近郊林は、近隣住民などによる様々な利用が期待される場でもあり、地域社会をつなぐ役割も期待され、里山の保全・利活用を通じた森林環境教育においても重要な場を提供している。

森林総研では、里山や都市近郊林の管理あるいは教育活動に関して、交付金プロジェクト「人と自然のふれあい機能向上を目的とした里山の保全・利活用技術の開発」（平成 18 ～ 20 年）、「都市近郊林の保全・利用のための生態系機能モニタリングを融合した環境教育活動モデルの開発」（平成 20 ～ 22 年）、「現代版里山維持システム構築のための実践的研究」（平成 21 ～ 25 年度）などの研究を行っており、その概要を紹介する（写真－ 1）。



写真－ 1　長期間放置されササや低木が密生した里山林（八王子市）

2. 研究成果

2.1 適切な里山の管理とは

利用が停止したことで大径木化が進んだ里山広葉樹二次林では、近年、ナラ類集団枯死の被害が拡大し、生物多様性の低下、更新樹木の欠如など、里山林の変容と不健康化が顕在化している。ナラ枯れの進んだ林では、低木～亜高木種が多くなり、高木種が育ちにくくなる。しかもコナラ等は、樹齢が高くなると萌芽能力が低下して後継樹が育ちにくという問題が生じる。かつての薪炭林では、ナラ枯れが起こる前に積極的に木材を伐採・利用し、若い林に戻すことを繰り返していた。そのため、里山には様々な林齢の林がモザイク状に混在し、生物多様性も豊かだった（写真－ 2、3）。

それに対して、現在行われている一般的な里山の整備では、間伐して林木の本数を減らし、下層植生を刈り取るという”公園型整備”が主流である。この方法では、高齢のナラ類が残存することになり、それらはナラ枯れの危険性が高くなるだけでなく、下層植生が除去されたために生物多様性も低下することになる。里山林を再生するためには、単なる間

伐ではなく、モザイク状に小面積皆伐を行って、若い林が混在するように管理することが望ましい。



写真－2　下層植生を刈り払って管理している里山林（八王子市）



写真－3　コナラの萌芽

2.1.1　里山の適切な管理のための社会実験

里山を若返らせるための小面積伐採の実施だけ、伐採した木材を地域資源として有効利用することで、地域での生活に新たな価値を与えられる。そうした可能性を明らかにするため、里山管理の実践的な取り組みとして、5 年間にわたる社会実験を行った（図－ 1)。場所は、京都府長岡京市と滋賀県大津市の 2 カ所である。

小面積皆伐による薪の生産には、市民団体や行政担当者、地域住民自身が参加し、所要コストや労力等を調査した。また対象地域で薪ストーブを利用するモニター家庭を選定して、里山から得られる薪を利用することによる生活や意識の変化を調査した。



図－1　里山管理の社会実験の構成

2.1.2　里山林管理と薪による資源利用の効果

里山を再生するためには、適切な伐採を行って木材を収穫した後、更新させなければな

らない。また、必要に応じて獣害の防止、更新不良箇所への地域産苗木の補植などの管理作業を行う必要がある。このプログラムを通じて支出した費用をすべて積算し、薪の生産費用に換算したところ、条件による違いはあるものの、平均で薪一束（コナラで約 10kg 程度に相当）あたり約 550 円となった。これは市販されている薪の価格とほぼ同額であり、薪として木材を活用することで里山の管理費を賄うことは十分に可能と考えられた（写真－ 4）。

薪ストーブ利用者の意識としては、薪を利用した暖房をとることで満足感が感じられ、化石燃料の削減効果だけではなく、生活の豊かさが実感されるという効果が認められた（写真－ 5）。この社会実験を通して、里山林が薪として資源になることが明確に認識されるようになり、地域住民、市民団体などにとって里山管理に参加する有力な動機付けになった。

以上の成果については、里山林管理の手引書「里山管理を始めよう～持続的な利用のための手帳」を作成・配布し、里山保全に関心のある市民団体や自治体、地域住民による適切な里山林の管理と利活用が広がっていくことが期待される。



写真－ 4　里山林から切り出された薪



写真－ 5　薪ストーブの設置例

2.2　都市近郊林の整備および環境教育の実践的意義

都市近郊林は、生物多様性という視点で捉えると、野生生物が生息する奥山と人間の生活域である市街地の間に残された森林と言える。しかし、そうした都市近郊林では、近年、野生生物の生息地が狭まり、希少種が減少する一方、外来種が増加するといった生物相の変化が確認されている。こうした身近な自然である都市近郊林を「市民参加」で管理しようとする事例が増えており、自然とのふれあいや自然空間を充実させたいという意識がそうした活動を支えている。そこで、身近な森林としての都市近郊林や里山林における森林整備や自然体験に関する意義を分析して、こうした取り組みを今後より充実させていくために必要なポイント等について検討した。

2.2.1　市民参加で都市近郊林を管理

都市化とともに都市近郊林は分断・孤立し、小面積化が進んでいる。現在はその一部が公園などとして整備・利用される一方で、管理が行き届かず放置され、樹木の大径化、高齢林化が進み、ヤブ化している所も少なくないのが実情である。野生動物の生息地として

の質も低下し、東京都西部地域に残存している都市近郊林では、1996 年に 12 カ所あったニホンリスの生息地が、2006 年には 3 カ所に減少している（写真－ 6）。

都市近郊林を、自然体験の場など身近な自然としてとらえる市民も多く、市民がボランティアで森林管理に協力する例が増えている。市民参加の活動の対象は都市公園や緑地保全地域が中心で、活動形態としては施設管理の業務委託、公的施設の美化活動の他、自治体によるボランティア受入制度などがある。しかし、そうした活動の指針となるべき公的な管理計画は形式的なものが多く、内容も十分とは言えない。また指導者が不足し、活動の判断基準の不備も問題であり、市民団体が実施する生物相調査についても、方法論に関する十分な知識・経験が乏しく正確な調査が困難な場合もある。

こうした現状を踏まえ、市民が参加して都市近郊林を管理する際の実効性や継続性を高めるため、里山林管理のための目標と留意点などを整理して、冊子「都市近郊林管理の考え方－市民参加のための手引き－」を刊行した。



写真－ 6　減少しているニホンリス

2.2.2　森林での体験活動

子供から学生、一般社会人などを対象に、森林体験活動について分析するため、幼稚園や保育園、小学校～高校～大学をはじめ、福祉系施設や公園のビジターセンターなどの公的機関や林業関係団体、さらに市民グループなどを通じて調査を行った。実際の体験活動としては、自然観察会や自然とのふれあいが多く、その他、キャンプ、間伐などの林業作業、登山やアスレチック、ゴミ拾いなどの自然環境整備に取り組んでいた（写真－ 7）。



写真－ 7　中学校林での下刈り体験

森林や木材に関する教育的な活動を総称して森林教育と呼ぶこととするが、これまでの文献や調査レビュー等から森林教育における学習項目を大別すると、

1）野外活動やレクリエーション、保健休養など自然体験を含む自然とのふれあい

2）自然観察や森林生態系の保全活動などを含む自然環境

3）林業体験や木工など森林資源の利用を含む森林資源

4）身近なみどりや自然景観、地域の暮らし、祭事などを含む地域文化

に分類される。

森林教育には多様な体験活動からなる複数の要素を含んでいるが、上記のような分類をもとに分析すると、森林体験活動でどのような内容を重視すべきか意識することによって、活動目的を明確にすることができる。特に森林体験活動の指導者は、ニーズにあった活動と目的を認識して、適切なプログラムを構成することによって、幅広く森林や林業の理解を促すことが期待される。体験活動の内容を吟味し、筋道を立てて整理することによって環境教育プログラムを充実させていく必要がある。

（千葉幸弘）

文　献

森林総合研究所（2009）里山に入る前に考えること行政およびボランティア等による整備活動のために. 37pp.

森林総合研究所関西支所（2009）森林研究と自然学習とのコラボレーションーコンセプトと活動事例. 森林総合研究所関西支所, 17pp.

森林総合研究所多摩森林科学園（2009）森林教育って何だろう？－森林での体験活動プログラム集. Ⅰ, 14pp. Ⅱ, 87pp. Ⅲ, 32pp.

森林総合研究所多摩森林科学園（2011）小学生と取り組む－生き物調査と環境教育. 14pp.

森林総合研究所多摩森林科学園（2015）都市近郊林管理の考え方－市民参加のための手引き. 14pp.

木質材料に関するレギュラトリーサイエンス

1. レギュラトリーサイエンスとは

レギュラトリーサイエンスとは、「科学的知見と、規制などの行政施策・措置との間を橋渡しする科学」のことで、平成 27 年 6 月 19 日付けの農林水産省消費・安全局長名の通達で森林総合研究所理事長にその重要性と研究推進計画が示された。レギュラトリーサイエンスの主な分野は動物衛生や植物防疫となっているが、木材・木質材料に関しても、林産物の日本農林規格（JAS）などの規格や建築関連基準の制定または改正に際しての科学的・技術的根拠の構築が該当する。林産物の JAS 規格は、現在のところ 9 規格が制定されているが、具体的には、「素材」、「製材」、「合板」、「フローリング」、「集成材」、「単板積層材」、「構造用パネル」、「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材」及び「直交集成板」である。なお、「繊維板」及び「パーティクルボード」のように木材を細かく細分化してから再構成した木質材料については、日本工業規格（JIS）が整備されている。これら規格に関連する研究は、レギュラトリーサイエンスであると同時に、それぞれの製品の需要拡大並びに主要な木材産業の健全な発展に極めて大きな貢献をしている。したがって、規格・基準に関わる研究業務は、森林総合研究所のミッションの主要分野である木材産業に関わる研究の最も重要な課題の一つである。

2. 研究成果が活用された主な事例

この 10 年間で森林総合研究所の研究成果が JAS 規格や建築関連基準等の改正・制定に活用されたものとしては以下が挙げられる。

2.1 製材・集成材

木質建材として最も需給量の多い製材関係については、平成 19 年 8 月に製材関連の 7 規格が廃止・統合されて 1 規格（製材の JAS）になるとともに、材種区分に「円柱類」が追加された。さらに、平成 19 年 11 月には、国土交通省告示により「製材の JAS」に対応した基準強度が追加された。JAS 規格に追加された円柱類に対応した基準強度がスギ、カラマツ、ヒノキについて設定され、円柱材を使用した建築及び土木構造物が構造計算によって適切に設計できるようになり、土木用材としての木材需要拡大が可能となった。

平成 25 年 6 月には、「製材の JAS」が改正され、従来からの「人工乾燥処理」に加えて「天然乾燥処理」が新たに追加された。今まで JAS 製品として流通させることができなかった天然乾燥材についても、「乾燥処理（天然）」と表示される JAS 製品とすることが可能となり、合板などと比べると JAS 製品の割合（格付け率）の低かった製材品の格付け率向上が期待されている。

平成 27 年 3 月には、枠組壁工法構造用製材の JAS が改正され、「枠組壁工法構造用製材及びたて継ぎ材の JAS」として制定された。主な変更点は、スギ、カラマツから年輪

幅の品質基準の削除、MSR（機械で連続的に強度等級区分すること）枠組材への下位等級の追加、縦継ぎ材についてもMSR材の新設、及び、国産樹種（スギ、ヒノキ、カラマツ）を対象とした樹種群及びそれらの強度基準値の追加などである。さらに、平成27年6月には、国土交通省告示により「枠組壁工法構造用製材及びたて継ぎ材のJAS」に対応した基準強度が策定された。これらにより、今までほとんど輸入材が使われていた枠組壁工法住宅（ツーバイフォー住宅）の枠組材（甲種枠組材、MSR枠組材）として国産材の需要拡大が期待されている。

平成19年9月には「集成材のJAS」が改正され、異樹種集成材の規定が追加されたことにより、強度性能の低い国産スギ材を用いた構造用集成材を作りやすくなった。また構造用集成材に使用できる接着剤の基準が変更されるとともに、規格で指定されている接着剤と同等の性能を有するかどうかを判断するための接着剤の評価方法が確立された。平成24年の「集成材のJAS」改正においては、新しいタイプの構造用集成材である「内層特殊構成集成材」の規定の新たな追加、ラミナの厚さの制限の緩和や二次接着の範囲の拡大など、製造する観点からはより自由度が高まる改正が行われた。

2.2　合板・ボード類

製材品の次に原木使用量の多い製品として合板がある。輸入合板も含めると合板に使われる原木は1千万m^3を上回り、全木材需給量の15%に達する。近年は国産針葉樹を用いた厚物構造用合板がヒット商品となり、合板の自給率向上のみならず木材全体の自給率向上の立役者となっている。このような成果が評価されたことにより、森林総合研究所の「厚物構造用合板研究グループ」は、平成23年9月に産学官連携功労者表彰農林水産大臣賞を受賞している（写真－1）。平成27年11月には、今までの一連の合板研究の成果が評価され、「合板の日」記念式典において林野庁長官賞を受賞した（写真－2）。今後は、厚物構造用合板とともに国産針葉樹によるコンクリート型枠用合板の需要拡大が重要となる。


賞状

独立行政法人森林総合研究所
厚物構造用合板研究グループ殿

「厚物構造用合板ネットワーク」の開発

あなたは右の産学官連携活動に
果敢に取り組み他の模範となる
大きな成果を挙げ農林水産業の
振興及び科学技術立国実現に
向けた功績は特に顕著なものが
ありますよってここに表彰します

平成二十三年九月二十二日

農林水産大臣　鹿野道彦

写真－1　産学官連携功労者表彰農林水産大臣賞賞状（平成23年9月）


表彰状

国立研究開発法人
森林総合研究所殿

貴団体は我が国合板産業の
発展に寄与するところ大なる
ものがありました
よって「合板の日」記念式典にあたり
これを表彰します

平成二十七年十一月六日

林野庁長官　今井　敬

写真－2　林野庁長官賞表彰状（平成27年11月）

平成25年11月に「構造用パネルのJAS」が改正され、被覆材料の貼付が容認されることとなった。透湿防水紙やアルミ箔等を貼付した製品が認められることで建築物の省エ

ネルギー性能の向上が可能となり、構造用パネルの新たな需要拡大が期待されている。平成 26 年 2 月の「合板の JAS」改正では、コンクリート型枠用合板における幅方向スパン用曲げヤング係数の基準が変更され、国産針葉樹を用いた型枠合板が製造可能となった。さらに、平成 27 年 2 月には、グリーン購入法に基づく特定調達品目として、「合板型枠」が追加された。これにより、国産針葉樹を用いた型枠合板を公共工事やオリンピック関連施設へ利用することが推奨されることで、国産材の新たな需要拡大が期待されている。また、平成 26 年 2 月の「合板の JAS」改正では、構造用合板に「化粧ばり構造用合板」の区分が新設された。これにより、化粧ばり構造用合板を用いることで、ビニールクロスなどの仕上げ材を省略して、木質感を活かした室内空間を低コストで実現可能となり、国産材の新たな需要拡大が期待されている。平成 26 年 9 月には「繊維板の日本工業規格(JIS)」が改正され、「構造用 MDF」の区分が新設された。これまで家具・造作用途に用いられていた繊維板を構造用途で利用可能となり、木質ボードの新たな需要拡大が期待されている。

2.3　直交集成板（CLT）

直交集成板（CLT）とは、ひき板を交互に直交させて積層接着した木質材料のことで、正確な表現ではないが、合板を巨大化したようなものである。CLT は欧州で開発された材料で、これを使うことにより木造でも大規模・高層建築物を建てることが可能となっている。我が国でも林業活性化につながるとして国家戦略として実用化が進められているが、JAS 規格や建築関連基準が整備されていないため、建築物の構造材として使用することは一般には認められていない。

JAS 規格については、平成 25 年 12 月に「直交集成板の JAS」として新規制定されたが、新規構造用木質材料の JAS 制定としては、昭和 63 年 9 月の単板積層材の JAS 以来であった。新規材料の JAS としては、検討開始から異例の早さで制定されたとして、各方面から評価されたが、CLT の JAS 制定あたっては、ほとんど全ての項目について森林総合研究所の研究成果が活用されているとともに、強度並びに接着等を専門とする職員が JAS 原案作成委員会に参画することにより、森林総合研究所が蓄積してきた規格に関するノウハウが活かされている（写真－ 3）。



写真－ 3　森林総合研究所で最初に試作した
接着試験用 CLT（平成 23 年 11 月）

木材・木質材料の規格における重要な項目としては、強度性能を筆頭に接着性能、防腐・防蟻性能、含水率、材面の品質などがある。今後もこれらの性能向上及び合理的な評価法の高度化が重要な課題となる。近年大学等においてこれらの分野の研究者が減少してきており、森林総合研究所において組織的な対応を継続していくことが重要である。

（井上明生・長尾博文・宮武敦・渋沢龍也）

文　献

宮武敦（2013）CLT・直交集成板の定義. 木材工業, 68, 468-471.
渋沢龍也　他（2013）スギを用いた CLT の面外曲げ性能. 木材工業, 68, 526-531.
塔村真一郎（2013）CLT 接着性能評価に関する課題. 木材工業, 68, 506-511.

実験住宅の建設と性能評価

1. 設計コンペの実施（杉本　2009）

森林総合研究所における木質系材料開発に関する研究成果の具現化及び実際の使用条件下での耐久性の検証を目的として、交付金プロジェクト「地域材を用いた安全・快適性住宅の開発」が単年度のフィージビリティスタディ（FS）として採択された（平成 20 年度)。本プロジェクトでは、研究要素を取り込みつつ研究成果の展示ルームとしての住宅を建てるという課題に取り組んだ。検討過程においては、テストハウス（当時、現・どんぐりルーム）の改築（建て替え）という案もあったが、FS 採択の条件として提示された設計コンペを開催することとなった。とはいえ、研究プロジェクトで設計コンペを実施するという例はこれまでに無く、契約上の問題等解決すべき多くの課題があったが、研究管理科長のアドバイスを受け､先ず設計コンペを実現するための事務委託に係る入札を行い、建築研究開発コンソーシアムが事務局となった。そして、三井所清典氏（芝浦工業大学教授、(株)アルセッド建築研究所代表取締役）を審査委員長に、澤地孝男氏（(独)建築研究所環境研究グループ長)、袴田喜夫氏（袴田喜夫建築設計室(有)代表取締役)、平野陽子氏（(株)ドットコーポレーション代表取締役)、林知行（(独)森林総合研究所構造利用研究領域長）の 4 氏（所属はいずれも当時）を審査委員とする設計コンペ『「近未来の木造住宅」－安全・快適・高耐久・省エネ－』を実施した。当該設計コンペにおいて提示した主な設計条件は、①耐力壁及び床構面に厚物構造用合板を使うこと、②建築工事費を 4,000 万円以下とすること、③省エネルギー基準による地域区分Ⅳ地域において 3 kw 程度の太陽光発電パネルを装備した場合にエネルギー収支がプラスになること及びそのための断熱・気密性能を有すること、④建築基準法に規定されている壁量の 2 倍以上を入れること、⑤日本住宅性能表示基準における「劣化の低減」において等級 3 以上を満足すること及び同基準「室内空気質の化学物質濃度等」の特定測定物質の放散に配慮した建材を使用すること、であった。上記コンペに対し、全国から 58 点の応募があり、厚物構造用合板という新しい材料と土壁という伝統のある材料との融合という提案が評価され、神家昭雄建築研究室の作品に最優秀賞が授与された。

2. 実施設計及び施工

2.1 実施設計段階における設計変更点（小林ら　2013）

コンペによる住宅の設計者決定を受け、住宅の施工における問題点の検討及び完成した住宅の性能評価を目的として、交付金プロジェクト「地域材を利用した安全・快適住宅の開発と評価」が開始された（平成 21 ～ 23 年度)。コンペの最優秀賞受賞者である神家昭雄氏と研究者との間で実施設計に関する打ち合わせを行い、研究対象であり、かつ一般に向けての公開施設でもあるという観点から、下記 3 点の設計変更を要請した。①外壁仕上げ材の種別変更：焼スギ→含浸型木材保護塗料を塗布したスギ板材、②基礎の立上げ寸法変更：368mm → 592mm、③浴室仕様変更：現造浴室（ヒノキ板を内装材に用いて現場

施工した浴室）→ユニットバス。

2.2　実験住宅の施工と測定

2.2.1　主な構造部材の非破壊試験とデータ管理（井道ら　2013）

実験住宅の柱、梁桁及び土台に用いられる全ての構造用部材について、密度及び縦振動法によりヤング係数を測定した。また、梁桁及び一部の柱材についてはさらに、たわみ振動法（T. G. H. 法）による曲げヤング係数及びせん断弾性係数も測定した。なお、約半数の部材については、高周波容量式水分計により含水率も測定した。測定したほぼ全ての構造部材に二次元バーコードを貼付し、測定データと部材とを対照できるようにした（軽部ら 2011）。このシステムはさらに改良・洗練され、現在、CLT ラミナの追跡システムとして活用されている（軽部ら 2015）。

2.2.2　施工と東日本大震災被災

施工は、入札により地元の工務店に決定した。第三者監理制度を採用し、設計者は設計意図伝達に係る業務を、監理者（地元の設計事務所が落札）は設計者と施工者をつなぐ業務をそれぞれ担当した。施工・監理・研究者で週に一度定例会議を実施し、作業の確認や研究計画との調整等の意思疎通を図った（杉本 2011）。

施工においては、JAS 規格に基づいて発注した材料のうち仕様を満足していないものを交換したために納入までの時期が長期化したこと、厚物構造用合板の施工手順に対する施工者の理解不足によって手戻りが発生したこと、土壁の施工時期が冬期にかかったことによって乾燥に時間を要し、その間仮筋かいによって壁面の強度を確保する必要があったこと等、いくつかの障壁があったが（小林 2013）、いずれもクリアし、平成 23 年度、無事竣工した（写真－ 1、2）。平成 23 年 3 月 11 日、完了検査において指摘された箇所の手直し中に東日本大震災が発生した（震度 6 弱・つくば市）。施工担当者の話では、1 回目の揺れはさほど気にならなかったが 2 回目の揺れで屋外へ避難したとのことであった。被災後、内壁仕上げ材の漆喰に微小な剥落やクラックが発見されたが、大きな支障はなかったため特に補修はせず、現在に至っている。



写真－ 1　完成した実験住宅の外観



写真－ 2　実験住宅の室内（1 階）

2.2.3　完成後の性能評価

住宅の完成後、その初期性能を評価するため、常時微動、環境振動、遮音性、気密・断熱性、室内空気質の測定を実施した。常時微動については施工中についても棟上げや壁のとりつきなど構造的に変化が生じた時点で計測を行い、固有振動数の変化を追跡した（杉本ら 2012）。環境振動については、住宅完成後、住宅の敷地近傍の屋外において起震機によって発生させた人工的な振動が住宅内にどの程度伝わるかを計測した（宇京ら 2014）。遮音性については、JIS で定められた、空気音遮断性能及び重量・軽量床衝撃音遮断性能を測定した（末吉ら 2012）。気密・断熱性については、完成直後および約 1 年後に相当隙間面積（C 値）及び熱損失係数（Q 値）を測定した（塙ら 2013）。室内空気質については、内装材に使用された木材や塗装材料から放散される化学物質の室内濃度を測定し、内装施工過程および竣工直後からの経年変化を評価するとともに、厚生労働省室内濃度指針値を超えないことを確認した（宮本ら 2014）。また、2 階の隣接した子供部屋を使い、一方の室内仕様を木質系材料、他方の仕様を非木質系材料とした場合の被験者の生理応答を比較し、木質系材料の及ぼす影響を評価した（恒次 2012）。

上記評価の結果、森林総合研究所がその開発に関わった厚物構造用合板や異樹種集成材を用いて、耐震性が高く安全で、木の香り漂う快適性に富んだ木造住宅を実現できることを証明できた。

2.2.4　プロジェクト完了後の利用

実験住宅の施工と完成後の性能評価を目的とした交付金プロジェクト「地域材を利用した安全・快適住宅の開発と評価」の完了後、実験住宅は、一方では一般公開や見学者に対する広報素材として、また一方では、実際の住宅を対象としたモニタリング技術の構築のための試験体として現在も活用されている。モニタリングに関しては、構造上主要な柱の柱脚部 4 面にひずみゲージを貼付し、柱表面のひずみ変化について 10 分間隔で計測しており、現在もデータを蓄積し続けている（原田ら 2013）。研究要素としては劣化の進行等による性状変化を如何に捉えるかが重要であるが、広報素材としては外観の維持が重要である。平成 26 年度、外壁の再塗装及び床下の防腐・防蟻再処理等今後の維持管理について検討を行ったが、費用負担の点で調整は困難であった。しかし、住宅の外壁材を試験体とし、木材保護塗料メーカーと共同研究を締結するという画期的発想（片岡ら 2014）により解決することができ、現在に至っている。

（原田真樹）

文　献

塙藤徳・森川岳（2013）森林総合研究所モデル木造住宅の性能評価－面材耐力壁を採用した 2 棟の木造住宅気密性能の経年変化の比較－. 日本木材学会大会研究発表要旨集（CD-ROM）, 63, G28-P-AM05.

原田真樹・井道裕史・加藤英雄・軽部正彦・宇京斉一郎・長尾博文・小林久高・杉本健一（2013）森林総合研究所モデル木造住宅の性能評価－柱に生ずるひずみと相対湿度との関係（第 2 報）－. 日本木材学会大会研究発表要旨集（CD-ROM）, 63, H27-07-1115.

井道裕史・原田真樹・長尾博文・加藤英雄・軽部正彦・宮武敦・平松靖・新藤健太・渋沢龍也・大村和香子・青木謙治・青井秀樹・宇京斉一郎・杉本健一・森川岳・小林久高（2013）森林総合研究所モデル木造住宅に用いられた構造部材の非破壊評価. 森林総合研究所研究報告, 12(3), 157-164.

片岡厚・石川敦子・川元スミレ・松永正弘・小林正彦・木口実・吉田慎治・小谷忠明・片谷昌寛・相井健一郎・津崎誠・北橋信一・岩本収宇（2014）モデル木造住宅を用いた外装木部の塗り替えに関する研究（1）－実大試験に適した新たなはっ水性評価法の提案－. 日本木材保存協会第 30 回年次大会研究発表論文集, 48-49.

軽部正彦・宮武敦・宇京斉一郎（2015）二次元バーコードを使った部材追跡の試み その 3 CLT ラミナ追跡における改良. 日本木材学会大会研究発表要旨集, 65:H17-P-F09.

軽部正彦・宇京斉一郎・小林久高・井道裕史（2011）二次元バーコードを使った部材追跡の試み. 日本木材学会大会研究発表要旨集（CD-ROM）, 61, H19-P-AM05.

小林久高・末吉修三・杉本健一・原田真樹・森川岳・宇京斉一郎（2013）森林総合研究所におけるモデル木造住宅（実験住宅）の概要等について. 森林総合研究所研究報告, 12(1), 75-87.

宮本康太・塔村真一郎・井上明生・小林久高（2014）森林総合研究所モデル木造住宅における室内空気質の評価 －竣工後の経時変化－. 日本木材加工技術協会第 32 回年次大会講演・研究発表要旨集, 54-55.

杉本健一 (2009) 森林総合研究所設計コンペ「近未来の木造住宅」－安全・快適・高耐久・省エネ－. Journal of Timber Engineering, 90, 176-179.

杉本健一（2011）森林総合研究所モデル木造住宅の建設. Journal of Timber Engineering, 102, 175-180.

杉本健一・青木謙治・宇京斉一郎・小林久高（2012）森林総合研究所モデル木造住宅の性能評価－常時微動測定による建物の振動性状の追跡－. 日本木材学会大会研究発表要旨集（CD-ROM）, 62, H15-PAM14.

末吉修三・宇京斉一郎・原田真樹（2012）森林総合研究所モデル木造住宅の性能評価－空気音および床衝撃音遮断性能－. 森林総合研究所研究報告, 11(4), 249-253.

恒次祐子（2012）森林と木材の「心地良さ」を科学する. 森林と林業 2012 年 10 月号, 16-17.

宇京斉一郎・佐野泰之・末吉修三・杉本健一・青木謙治・小林久高・原田真樹（2014）森林総合研究所モデル木造住宅における環境振動の伝搬性状. 森林総合研究所研究報告, 13(1), 13-25.

樹木精油を利用した空気浄化剤の開発

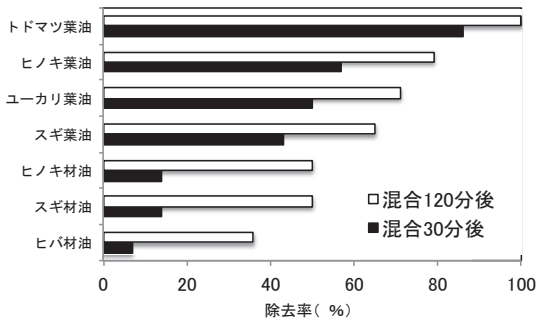
1. 研究の背景

我々の生活環境には多種類の環境汚染物質が存在しており、それらが原因で引き起こされる疾病が問題になっている。特に、自動車等の排気ガスなどに含まれる二酸化窒素は、呼吸器病や花粉症等への健康影響の可能性があり、それらの低減化法の開発が急務となっていた。二酸化窒素の低減化対策としては、アルカリ触媒処理、光触媒、高活性炭素繊維等の受動的な方式が主流であるが、その浄化効率やコストの点で問題があり、効果的な浄化剤の開発が求められていた。一方で、森林内の空気は周辺環境に比べて二酸化窒素等汚染物質の濃度が低いという研究例があるが、そのような森林の汚染物質浄化機構について注目され、その機構の一つとして樹木に含まれている香り物質（精油）の関わりが指摘されていた。そこで、樹木の精油成分の浄化機能について解明し、その機能を活かした空気浄化剤の開発を行った。

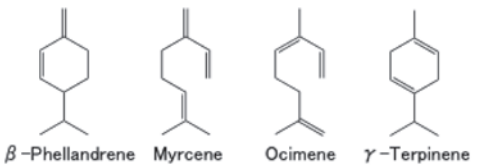
2. 研究の成果

2.1 二酸化窒素浄化力の強いトドマツ葉油の発見

多くの樹木の中から二酸化窒素の浄化力の強い精油を選抜した。その結果、最も強力な浄化力を有する精油として、トドマツ葉由来の精油を見出した（図－1）。この機能は、前述した他の方法と同等かそれ以上の浄化効果が期待できることがわかった。次いで、精油成分中に含まれる物質の中から、浄化力の強い物質を精査し、これまでに見出したテルペン類の内、特に浄化能力に優れた物質として、β -phellandrene, myrcene, γ -terpinene などを発見した。これらはいずれも分子内に二重結合が 2 つ以上存在するモノテルペン類であった（図－ 2）（大平 2015a）。



図－ 1　各種樹木精油の二酸化窒素浄化能
二酸化窒素濃度 :7ppm

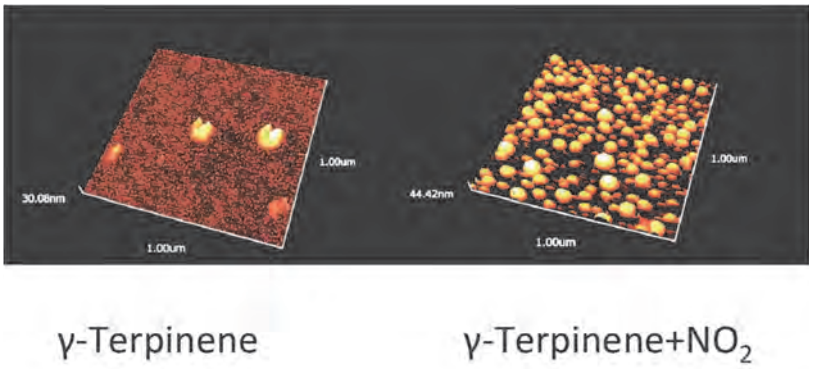


図－ 2　二酸化窒素浄化能の高いテルペン類

2.2 トドマツ精油による二酸化窒素浄化機構

トドマツ精油による二酸化窒素の浄化機構は、非常に複雑であったが、精油成分が空気

中で二酸化窒素と接触後、瞬時の内に反応し、凝集体を生成し、結果として空間が浄化されるという機構の一端を解明できた。図－3は実験的に浄化力の高いテルペンと二酸化窒素が接触後、生成した凝集体の走査型プローブ顕微鏡（SPM）による撮影画像を示している。生成した凝集体は最大で数千nm程度の粒径を有していた。それらの化学的な特性については、最先端の分析法であるエアロゾル質量分析装置（AMS)、プロトン移動反応質量分析装置（PTRMS)、及び汎用の分析法である紫外可視分光測定（UV-VIS)、GC-MS等を活用して解明した。これまでにわかったことは、①反応生成物中にはニトロ化物や酸化分解物等の新規物質が検出されないこと、②二酸化窒素の浄化が進んだ場合、瞬時に（0.1分以下）粒径1μm前後の凝集体が生成すること、③二酸化窒素の浄化率が高い物質ほど生成する凝集体の平均粒径が大きいこと、④二酸化窒素除去率が高い物質ほど生成した凝集体の質量濃度比（有機粒子対含窒素粒子の比）が大きいこと（16以上）（表－1)、⑤生成した凝集体には酸化性等の有害性は認められないこと、などである（大平2015a)。



図－3　テルペン類と二酸化窒素により生成した凝集体の走査型プローブ顕微鏡画像

表－1　二酸化窒素除去率と生成する粒子状物

	除去率(%)*	平均粒径(nm)	(有機粒子 / 含窒素粒子)比**
β-Phellandrene	95	2780	31.3
Myrcene	95	1750	19.0
Ocimene	92	2750	19.7
γ-Terpinene	90	2050	16.8
β-Pinene	10	500	11.7
1,8-Cineol	5	860	13.5
Isoprene	5	707	6.7
α-Pinene	0	-	-

＊:二酸化窒素濃度5ppm使用時で、実験開始30分後の結果。
**:(有機粒子の重量濃度(μg/m3)) /(含窒素粒子の重量濃度(μg/m3))

2.3　トドマツ葉油の実用化のための省エネ型抽出装置の開発

見出した精油の植物中の含有率は数%程度であり、決して多くはない。事業化においてはいかに安価に抽出するかが重要であるが、そのために必要なことは原料となるトドマツ葉の収集・運搬法及び精油の効率的な抽出法の開発であった。精油の従来の抽出法として

は水蒸気蒸留法があるが、コスト高や廃液等の処分が必要であるなど大量生産にむけた問題点が多く存在していた。そこで新たに「マイクロ波減圧コントロール抽出装置」を開発した（写真－1）。この方法は廃液を排出せず、従来廃棄物となっていた抽出残渣が利用でき、有効成分を選択的に抽出可能であるばかりか、従来法に比べてエネルギーコストが1/20に低減できるなど、製造コストを抑えた大量生産にふさわしい条件を備えており、事業化の推進に大いに役立つ技術であった（大平ら 2010）。また、原料については、林業現場で未利用状態であった枝葉の利用が可能であることがわかった。このことはこれまでゴミ同然であった枝葉が利用価値を生むことを意味しており、結果として新しい収入源となるので、「森林ニュービジネス」としての展開を可能とする道筋をつけるきっかけとなった（大平 2015b）。



写真－1　マイクロ波減圧コントロール抽出装置

2.4　トドマツ葉油を利用した空気浄化剤の実用化

林地残材を活用した精油抽出、機能性評価、製品開発の各事業の共通ブランドとして「クリアフォレスト」を立ち上げ、これまでにトドマツ精油を活用した様々な商品（空気浄化剤）を開発している（写真－2）。トドマツ精油は、環境汚染物質の一種である二酸化窒素を効果的に低減可能であるため、二酸化窒素が要因で生じる様々な疾患（花粉症の重篤化、慢性気管支炎等）の改善に貢献できる可能性がある。また、二酸化窒素浄化能だけでなく、抗菌・抗ウイルス性、消臭性の他、ストレス軽減効果も判明しており、総合的な空気質改善剤としても活用可能である。このため、家庭や自動車室内の他、病院、介護施設、スポーツ施設、官公庁関連施設等のパブリックスペースへの適用もでき、新規な「空気衛生ビジネス」として事業展開が可能となる。本事業は国内では地域の産業活性化に貢献するだけでなく、急速な経済発展により大気汚染が深刻化する東アジア、アセアン地域への適用も想定でき、事業規模のさらなる拡大も期待される。



写真－2　開発した空気浄化剤

3.　今後の課題

トドマツでは空気浄化機能を活かした実用化を図ることができた。最近の研究ではトドマツにはストレス低減効果やアレルゲン活性低減効果も見い出されているので、それらを

活かした総合的な空気質改善剤の開発を行う必要がある。国内の森林資源としては、トドマツ以外にスギ、ヒノキなども多くある。樹種特有の機能があることから、それらの特性を活かした利用法の開発が必要である。

（大平辰朗・松井直之）

文　献

大平辰朗（2015a）樹木成分による二酸化窒素の浄化. AROMA RESEARCH, 15(2), 162-169.

大平辰朗（2015b）未利用林地残材を活用した森林ニュービジネスの可能性, 山林, 1569, 23-32.

大平辰朗・松井直之・金子俊彦・田中雄一（2010）減圧式マイクロ波水蒸気蒸留による樹木精油の効率的抽出. AROMA RESEARCH, 11(2), 148-155.

バイオエタノール製造研究開発

1. 試験研究の動向

森林総研ではバイオエタノール製造研究として、平成 13 年から 17 年まで農林水産技術会議事務局委託プロジェクト「農林業におけるバイオマスエネルギー実用化技術の開発」で、リグニンのオゾン酸化による酵素糖化前処理、超臨界水・亜臨界水による木材糖化および界面活性剤の添加による酵素糖化促進など、個々の技術の開発を主眼とする研究を行ったが、バイオエタノール製造プロセスを一連の流れとして技術開発するという発想には至っていなかった。その反省にたって、平成 18 年から始まった農林水産技術会議事務局委託プロジェクト「地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価及び対策技術の開発」の中で、原料の乾燥と粉砕、アルカリ蒸解による脱リグニン前処理および同時糖化発酵によるエタノール生産の 3 課題による一貫したバイオエタノール製造プロセスの開発に取り組んだ。また、このプロジェクトは平成 19 年から「地域活性化のためのバイオマス利用技術開発」に組み換えとなり、予算規模の拡大に伴い、製造プロセスの川上に位置する原料の収集・運搬と川下に当たる糖化酵素生産技術の開発を加え、より実際の製造に即したプロセスの開発を進めた。

こうした中で平成 18 年 3 月京都議定書が発効したことを受けて、国産バイオ燃料の生産拡大に向けて内閣より指示があり、林野庁でも 2030 年（平成 42 年）に向けて木質原料から 200 万 kL/ 年のバイオエタノール生産を目指した技術開発を行うこととなった。森林総研は、平成 19 年度財団法人林業科学技術振興所による林野庁木質バイオ燃料製造技術開発促進事業の中で、前述の技術会議プロジェクトの下で開発したアルカリ蒸解を前処理とした酵素法バイオエタノール生産プロセスを設計し、続く平成 20 年林野庁森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業で秋田県北秋田市に木質バイオエタノール製造実証プラントを建設し、スギを原料とした木質バイオエタノール製造技術の実証に着手した。プラントは平成 21 年 6 月に完成し、その後糖化液の膜濃縮設備および蒸解排液（黒液）の濃縮設備を増設し、製造したエタノール発酵液の濃縮・脱水は実証グループを形成する東京大学が長野県信濃町に設置した蒸留施設で行った。平成 24 年 9 月すべての運転を終了した。詳細は次節で述べるが、この実証での成果は続くバイオリファイナリー研究に引き継がれ、リグニンを原料とした高付加価値マテリアルの開発やセルロースナノファイバーの製造へと繋がった。

2. 研究の成果

2.1 農林水産技術会議事務局委託プロジェクト「地域活性化のためのバイオマス利用技術開発」における基礎技術開発

バイオエタノールは、木質バイオマス原料の伐採・搬出、輸送・保管、粉砕・乾燥、前処理、糖化、発酵、蒸留・脱水の各工程を経て製造される。本基礎技術開発では、この中の輸送・保管、粉砕・乾燥、前処理、糖化、発酵を対象にし、林地残材を始めとする木質

バイオマスを低コストで効率よくエタノール化できる技術の開発を主眼とした。

まず輸送・保管であるが、トラックの荷台に簡易に装着できる圧縮装置を試作し、本装置を利用してトラックに林地残材を積載する実地試験を行ったところ、枝葉のみで積載量を30%向上させることができた（写真－1）。また、地理情報システムGISと連動して輸送コストの試算を行うことにより、トラックの走行経路・積荷・トラックの大きさ・圧縮装置の有無別に輸送コストと収集可能面積を算出したところ、北秋田市のエタノールプラントに4tトラックで1800円/㎥、7.5円/kg以下のコストで搬入できる範囲は、圧縮装置の利用で約8倍に拡大できた。



写真－1　簡易圧縮装置の積込試験

次に粉砕・乾燥であるが、木質バイオマスを粉砕する時の粒子径別の消費エネルギーを測定したところ、ディスクチッパーの粉砕エネルギーは一軸せん断粉砕機の30%となった。また、ロール式圧縮脱水装置を用いた乾燥・脱水効率及び消費エネルギーを測定したところ、従来の熱乾燥のエネルギーの80%が削減された。

こうして輸送、粉砕、乾燥した林地残材等木質バイオマスをソーダ・アントラキノン蒸解法により活性アルカリ濃度20%（対チップ）、170℃で蒸解してパルプ化し、これを酸素及び二酸化塩素で脱リグニンしたパルプに市販酵素（ジェネンコアGC220,150 FPU/g、FPUは酵素の活性の高さを表す、ろ紙崩壊活性）を添加しその酵素糖化率を検討した。結果、酸素脱リグニンの適用が酵素糖化率の向上に効果的であることが分かった。これは、酵素タンパクがリグニンに吸着する原因となるリグンン中のフェノール性水酸基を、酸素脱リグニン反応が選択的に除去するためと考える。よって、短時間のソーダ・アントラキノン蒸解後に四段の酸素脱リグニンを行ったパルプを調整し、これを酵素糖化に供した。

最後に、酵素生産及び発酵であるが、*Trichoderma reesei* と *Aspergillus tubingensis* の固体培養における酵素生産条件の最適化を図るとともに、酵素生産量を測定した。ここで得られた酵素とさらに酵母菌を用いて先の四段酸素脱リグニンを行ったスギパルプの同時糖化発酵を行ったところ、5.0 mgタンパク/gパルプの酵素使用量で0.53 ml/gパルプのエタノールが生成した（表－1）。この時のオンサイト生産酵素液1 kgの生産コストは13.6円となった。

表－1　オンサイト酵素を使用したスギパルプからのエタノール生産

基質濃度（%）	エタノール（wt%）	変換効率（%）	反応日数	酵素培地資材費（円/Lエタノール）
7.5	3.2	91	5	5.6
10.0	3.8	80	6	6.4
12.5	4.1	70	3	7.3
15.0	4.9	69	6	7.4

変換効率は、パルプ中のC6糖量をもとに計算

2.2　木質バイオエタノール製造実証事業

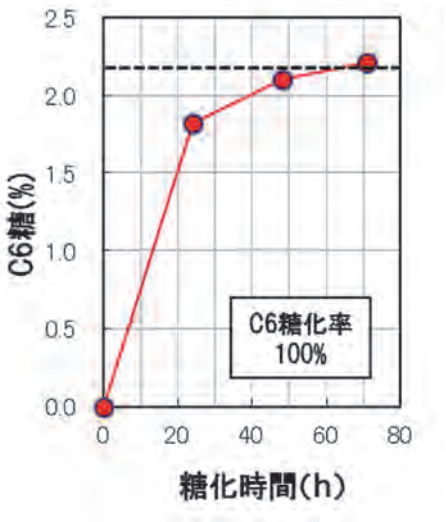
森林総研は、平成 18 年農林水産技術会議事務局委託プロジェクト「地球温暖化が農林水産業に与える影響の評価及び対策技術の開発」で出願した特許「エタノールの製造法」（平成 23 年公告第 4756276）を実証するため、林野庁平成 20 年度森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業の下、秋田県北秋田市に木質バイオエタノール製造実証プラントを建設し、平成 21 年 6 月から 24 年 9 月まで運転を行った（写真－ 2）。



写真－ 2　北秋田木質バイオエタノール製造実証プラント

この実証事業では、エタノール製造目標 220 L/ スギ材 1 トンを達成するために、①小型連続蒸解技術の針葉樹対応、②膜によるエタノール濃縮技術の適用、③活性の高い糖化酵素及び糖化同時発酵条件の設定・最適化（一部を東京大学委託）、④ C5C6 同時分解利用プロセスの開発（早稲田大学委託）、⑤蒸煮等によるヘミセルロース等有用成分の分離・回収条件の針葉樹適用を開発課題とし、製紙用スギチップや林地残材を原料に、パンディア型横置き連続蒸解釜（滞留時間 2 時間、最高温度 170℃）の半バッチ運転により 1 回あたり 20 ～ 30 kg のパルプを製造し、これを次亜塩素酸ナトリウム溶液で常温 24 時間晒した後、ドラムウォッシャーで洗浄して糖化原料とした。この原料をセルラーゼ（ジェネンコア GC220）で糖化した後、糖液を逆浸透膜で糖濃度 10%以上に濃縮し、酵母菌で発酵してエタノールへ変換した。尚、使用するセルラーゼのコストを削減するため、同時に酵素のオンサイト生産も行った。

平成 23 年度までの実証運転で、ソーダ・アントラキノン蒸解条件、排液（黒液）濃縮によるリグニン回収技術及び酵素糖化・発酵条件を確定し、平成 24 年度は、酵素オンサイト生産用炭素源および糖化液の膜濃縮濃度をさらに向上させるための糖化原料として約 400 kg のスギパルプを生産し、糖化関連技術の実証運転を行った。その結果、GC220 セルラーゼ 37 FPU/g パルプで 71 時間後の糖化率 100%（パルプ濃度 2%、図－ 1）、22 FPU で 72 時間後の糖化率 97%（パルプ濃度 3.5%）、オンサイト生産セルラーゼ 30 FPU で 96 時間後の糖化率 78%（パルプ濃度 3.1%）となった。これらに、さらにβ - グルコシダーゼを添加することにより、セルラーゼ添加量の削減、糖化時間の短縮および糖化率の向上が可能となった。また、膜濃縮により糖濃度は 12.5%まで濃縮できることを確認した。



図－ 1　スギパルプの酵素糖化率

発酵は 7.4%の糖濃度で 45 時間後の発酵収率 96.5%を得たことから、最終的なエタノール収量は C6 糖のみを利用してスギチップ 1 トン（絶乾）から 216 L となった。

これらのプロセスデータを元に原料（スギ製紙用チップ絶乾）処理量 250 トン /day の規模で黒液のリグニン全量をエネルギー回収に用いた場合のエネルギー収支の試算を行ったところ、蒸解からエタノール蒸留までのプロセスで消費する蒸気量 824.56 トン /day に対して直接苛性化法による回収ボイラから発生する蒸気量は 1102.20 トン /day となり、34%が余剰となった。同じく消費する電気量 118.66 MWh/day に対してコジェネレーションから発生する電気量は 189.75 MWh/day となり、60%が余剰となった。一方コスト試算は変動費 98 円 /L となり、このうち約 60%が原料費であった。さらに全製造コストは 260 円 /L となり、原料費と減価償却が大きな比率を占めていることが明らかとなった。よって、バイオエタノール製造をビジネスとして成立させるには、減価償却の終了した設備を使用してより安い原料でバイオエタノールを製造するとともに、余剰エネルギー分のリグニンを原料として同時に高付加価値製品を生産するバイオリファイナリー的な取り組みが必要と考える。

（眞柄謙吾）

文　献

森林総合研究所（2013）平成 24 年度森林整備効率化支援機械開発事業成果報告書「木質バイオマスの大規模利用技術の開発」. 独立行政法人森林総合研究所　平成 25 年 3 月, 277pp.

農林水産技術会議事務局（2014）地域活性化のためのバイオマスの利用技術の開発②（稲わら等の作物の未利用部分や資源作物・木質バイオマスを効率的にエタノール等に変換する技術の開発）, 研究成果 499, 農林水産省農林水産技術会議事務局 2014 年 3 月, 340pp.

気候温暖化が自然林に与える影響と適応策

1. 研究の動向

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第 4 次評価報告書が 2007 年に刊行され、人間活動により排出された温室効果ガスにより今後 100 年間で地球の平均表面気温は 1.8 ～ 4.0℃上昇し、自然や人間社会にさまざまな影響を与えると予測した。2007 年のノーベル平和賞は IPCC とアル・ゴア氏（アメリカ合衆国元副大統領）に授与された。2013 ～ 2014 年には IPCC の第 5 次評価報告書が刊行され、世界平均地上気温は、1880 年から 2012 年の 130 年間に 0.85℃上昇したことが示された。日本では、都市化の影響を除いても、過去 100 年で 1.14℃上昇した（気象庁 2014）。気候温暖化は、気候データからも気候モデルによる予測からも裏付けられ、広く社会に認識さるようになった。

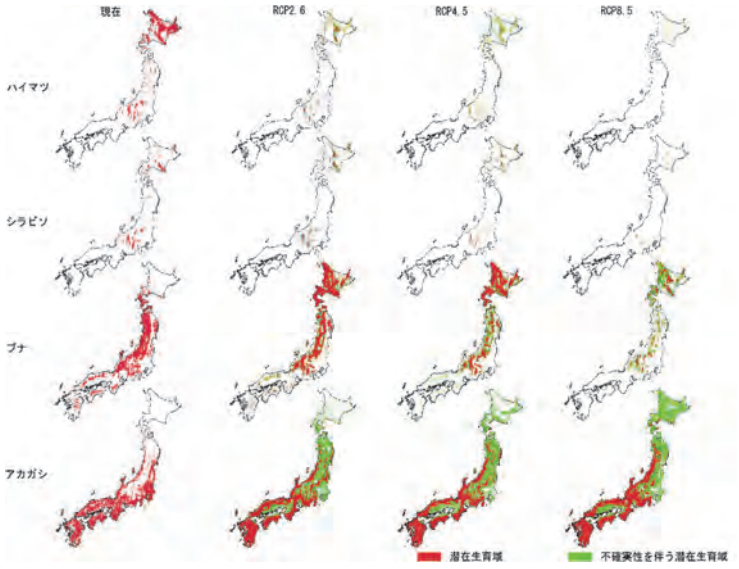
このような社会状況の中で、研究では正確な予測や政策への貢献が一層求められるようになった。将来予測では、1 つの予測だけでなく、予測に含まれる変動幅（不確実性）を合わせて示すことが求められるようになった。気候シナリオは、いろいろな温室効果ガス排出シナリオに基づき全球気候モデル（GCM）で予測されてきたが、第 5 次評価報告書からは将来の温室効果ガス安定化レベルとそこに至るまでの経路のうち代表的なものを選んだシナリオ RCP（Representative Concentration Pathways）が決められ、それに基づく気候シナリオが予測されている。温暖化影響の研究では、多分野への正確な影響予測だけでなく、将来の悪影響を小さくする適応策が重視されるようになった。日本では、2015 年 11 月に気候変動の影響への適応計画が閣議決定された。また、地方自治体でも適応策を政策に取り込む作業が始まっている。

2. 研究の成果

本研究は、環境省環境研究総合推進費による温暖化影響予測に関する戦略プロジェクト S-4（2005 ～ 2009 年）と S-8（2010 ～ 2014 年）の一環として、将来の温暖化が自然林にあたえる影響の量的予測と不確実性評価、および適応策の提言を目的として進められた（温暖化影響総合予測プロジェクトチーム 2009, S-8 温暖化影響・適応研究プロジェクトチーム 2014）。近年、野生生物への温暖化影響の予測では分布予測モデルが多く使われている。分布予測モデルとは、いろいろな種の天然分布を気候要因を含む環境要因から統計的に予測する解析手法である。精度の高い分布予測モデルを構築し、将来気候シナリオを組み込むことにより、将来における種の分布可能な環境をもつ地域（潜在生育域）が予測できる。現在の分布と将来の潜在生育域にずれが生じた場合、種は自らの能力で移動するが、移動には時間がかかることに注意が必要である。

2.1 各気候帯の優占種への温暖化影響予測

各気候帯の優占樹種 4 種（ハイマツ、シラビソ、ブナ、アカガシ）について、3 つの RCP（2.6，4.5，8.5）それぞれについて、4 つの GCM に基づく 2081 ～ 2100 年の気候



図－1　各気候帯の優占種4種における現在気候と3つのRCPの将来気候シナリオで予測された潜在生育域
潜在生育域は、2081～2100年の各RCPにおける4つのGCM（MIROC5，MRI-CGCM3，GFDL-CM3，HADGEM2-ES）にもとづく分布確率の中央値によって特定した。不確実性を伴う潜在生育域は、4つのGCMのいずれかで潜在生育域になると予測された地域を示す。

シナリオを用いて、潜在生育域を予測した（図－1）。

ハイマツは、中部以北の高山帯（寒帯）で優占する低木性針葉樹である。潜在生育域は、現在気候の51,618km^{2}に比べ3つのRCPの将来気候シナリオでは489（RCP8.5中央値）～8,517（RCP2.6中央値）km^{2}に減少する。RCP2.6と4.5では、東北地域が潜在生育域から外れるが、中部と北海道の高山に潜在生育域が残存し逃避地となる。しかし、RCP8.5では、その逃避地も潜在生育域から外れてしまい、すべての地域で絶滅リスクが高まる。

シラビソは、四国から東北南部の亜高山帯（亜寒帯）で優占する常緑針葉樹である。潜在生育域は、現在気候の12,146km^{2}に比べ3つのRCPの将来気候シナリオでは1,208（RCP8.5中央値）～8,457（RCP2.6中央値）km^{2}に減少する。潜在生育域からはずれる分布南限の四国で山頂に孤立する個体群は脆弱と推定される。

ブナは、九州から北海道の冷温帯で優占する落葉広葉樹である。潜在生育域は、現在気候の105,931km^{2}に比べRCP2.6の将来気候シナリオでは123,531km^{2}に増加するが、RCP4.5で92,251 km^2、RCP8.5で27,0371km^{2}に減少する。本州太平洋側から西日本の潜在生育域はRCP4.5と8.5ではほとんど消失するので、この地域の個体群は脆弱と推定される。北海道では、潜在生育域がRCP2.6と4.5で拡大をするが、移動速度が23km/100年以下と遅いため、分布はほとんど拡大しないと考えられる。

アカガシは、九州から東北の暖温帯で優占する常緑広葉樹である。潜在生育域は、現在気候の147,126km^{2}に比べ3つのRCPの将来気候シナリオでは159,758（RCP4.5中央値）～176,551（RCP8.5中央値）km^{2}に増加する。しかし、移動速度が遅いことや生育する自然林が分断されているため、分布拡大は遅いと推定される。

2.2　適応策オプション

冷温帯の優占種であるブナについては、自然保護区と現在及び将来の潜在生育域の位置を比較し、適応策について検討した（Nakao et al. 2014）。ブナ個体群は伐採されると他の樹種に比べ再生が遅く衰退するので、保護区によって伐採を回避することが保護につながる。ブナの潜在生育域と既存の保護区の地理的比較によると、保護区内の潜在生育域は、現在気候で 22,122km^2 あるが、 RCP2.6 で 17,597km^2、RCP4.5 で 12,947km^2、RCP8,5 で 4,525km^2 に減少した。一方、保護区外の潜在生育域は、現在気候の 40,445 km^2 に比べ、4GCM の中央値において RCP2.6 で 26,696km^2、RCP4.5 で 15,075km^2、RCP8.5 で 1,965km^2 であった。3 つの RCP とも中部から北海道南部の地域に保護区外の潜在生育域が認められるので、この地域の一部を保護区に変更することによってブナを保護することが 1 つの適応策と考えられる。一方、本州太平洋側と西日本地域では、潜在生育域が RCP2.6 でも狭い上に、RCP8.5 ではほとんど消失する。この地域に生育するブナは、中部から北海道南部の個体群とは異なる遺伝的形質を持つので、遺伝的多様性を保全するためにも保護する必要がある。そのためには、保護区の見直しでは不十分で、競争種の排除や植栽など積極的管理が必要になる。

3.　今後の課題

これまで、日本の自然林の優占種を中心に温暖化影響予測を行ってきた。その研究成果は、適応計画で参照されるとともに、長崎県、長野県、東京都など自治体の適応策作成に貢献している。しかし、この分野には、まだ残された多くの課題がある。たとえば、人工林への影響予測と適応策、動物や生物間相互作用への影響予測、生物相の近いアジアでの研究展開、過去の温暖化の影響検出、将来の温暖化の影響検出のためのモニタリング体制の構築などがあげられる。今後、このような課題の研究進展を期待したい。

（田中信行）

文　献

気象庁（2014）異常気象レポート 2014 概要編, 近年における世界の異常気象と変動～その実態と見通し～（Ⅷ）, 34pp.

Nakao, K., Higa, M., Tsuyama, I., Matsui, T. and Tanaka, N. (2013) Spatial conservation planning under climate change: using species distribution modeling to assess priority for adaptive management of *Fagus crenata* in Japan. Journal for Nature Conservation, 21, 406-413.

温暖化影響総合予測プロジェクトチーム（2009）地球温暖化「日本への影響」－長期的な気候安定化レベルと影響リスク評価－，国立環境研究所，38pp.

S-8 温暖化影響・適応研究プロジェクトチーム（2014）地球温暖化「日本への影響」－新たなシナリオに基づく総合的影響予測と適応策－，国立環境研究所，42pp.

京都議定書報告のために森林吸収量算定手法と国家森林資源データベースの開発

1. 研究の動向

1990 年代、世界各地で記録的な気温上昇が観測され、地球温暖化への関心が世界的に広がった。特に、1997 年に京都で開かれた気候変動枠組条約第 3 回締約国会議は世界の注目のもと、先進国に地球温暖化の主因である温室効果ガスについて排出量の削減の約束を定めた（京都議定書）。このことは、環境問題が国際問題として取り扱われた歴史的な出来事であった。

京都議定書は先進国の削減目標を示し、日本は 2008 ～ 2012 年の第一約束期間において 1990 年を基準にして 6% の排出削減を約束した。その後のマラケシュ合意では、1990 年以降に森林経営活動がなされた森林など、条件付きで 1300 万炭素トン / 年（1990 年基準では排出量の 3.8%に相当）を上限で、森林による吸収量を排出削減目標達成に利用できることとなった。そのため、森林総合研究所では京都議定書に向けた森林吸収量の算定・報告手法の開発を行うとともに、それを実行するための国家森林資源データベースを開発した。

2. 研究の成果

2.1 森林吸収量の算定・報告手法の開発

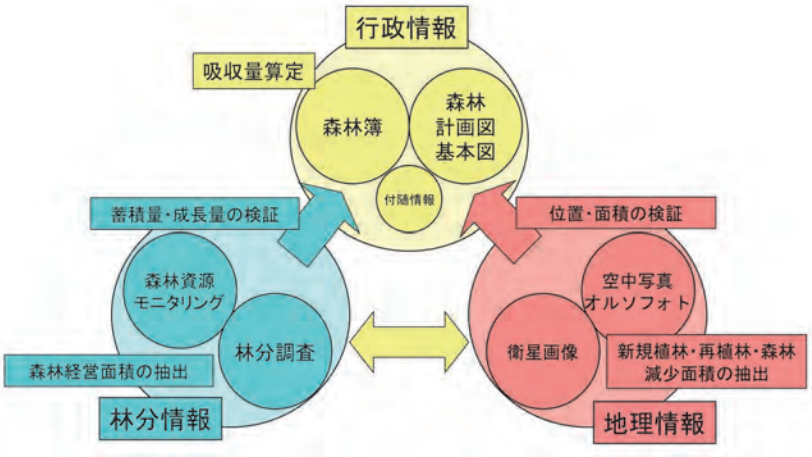
京都議定書のための報告については、京都議定書だけではなく、気候変動枠組条約 COP7 でのマラケシュ合意や IPCC グッド・プラクティス・ガイダンスが求める要件を満たす必要がある。主なものとして、森林の定義、吸収量算定手法、森林の吸収量を利用できる 3 条 3 項新規植林・再植林と 3 条 4 項森林経営の取扱い、森林経営の定義とそれに対応した吸収量の推定手法、そして算定・報告システムの開発があげられる。これらに対し、我が国の森林資源に関する情報の現状をふまえ、森林による二酸化炭素吸収量の算定・報告手法を以下のように開発した。

(1) 森林の数値的定義を、最低樹高 5m、最低樹冠被覆率 30%、最低面積 0.3ha、最小幅を 20m とした。

(2) 吸収量算定の全体構造として、森林簿などの行政情報を基礎とし、林分調査や画像情報などにより算入対象面積の特定や検証を行うという構造を取る（図－ 1）。

(3) 3 条 3 項の新規植林・再植林・森林減少については、国土全体のオルソフォト（地形等による歪みを補正した空中写真）や高解像度衛星画像の上で、500m 間隔で土地利用を判読して把握する。

(4) 森林経営活動の定義を、「育成林については森林を適切な状態に保つために 1990 年以降に行われる森林施業。天然生林については、法令等に基づく伐採・転用規制等の保護・保全措置」とした。つまり、1990 年以降に更新、保育、間伐や主伐などの施業がなされた森林の吸収量が算入対象となる。



図－１　森林による二酸化炭素吸収量の算定・報告の全体像

(5) 森林全体の吸収量の算定手法として、材積から下記の換算式により１時点の炭素重量を推定し、2 時点の炭素重量の変化量から炭素吸収量を推定する「蓄積変化法」を採用した。

蓄積変化法において、炭素変化量は以下の式で算出される。

炭素重量＝面積× ha 当り材積×容積密度×拡大係数×（1+ 地下部比）×炭素含有率

炭素変化量 ＝（炭素重量 $_{t2}$ － 炭素重要 $_{t1}$）／（t2 － t1）

ここで、t1, t2 は算定の年次。

また、拡大係数、地下部比、容積密度といった吸収量推定に必要な係数を求めた（表－ 1）。これらの係数は、IPCC が管理する排出係数データベースに登録された。

表－１　吸収量算定のためのパラメータ

樹種		拡大係数BEF		地下部率	容積密度	炭素含有率
		20 年生以下	21年生以上	R	D	CF
針葉樹	スギ	1.57	1.23	0.25	0.314	0.5
	ヒノキ	1.55	1.24	0.26	0.407	0.5
	アカマツ	1.63	1.23	0.26	0.451	0.5
	カラマツ	1.50	1.15	0.29	0.404	0.5
広葉樹	ブナ	1.58	1.32	0.26	0.573	0.5
	ナラ	1.40	1.26	0.26	0.624	0.5
	カエデ	1.33	1.18	0.26	0.519	0.5
	カシ	1.52	1.33	0.26	0.646	0.5

＊温室効果ガスインベントリオフィス（2014）より抜粋

(6) 枯死木、リター、土壌の炭素量変化については、標準的な施業を想定し CENTURY-jfos モデルを用いて算定した。

(7) 3 条 4 項の森林経営活動が行われた森林の吸収量は、全国的な抽出調査により該当林分の比率（FM 率）を求め、総吸収量にその比率を乗じて推定した。森林経営活動が広がると FM 率の上昇を通して、目標達成に利用可能な吸収量が増加する。



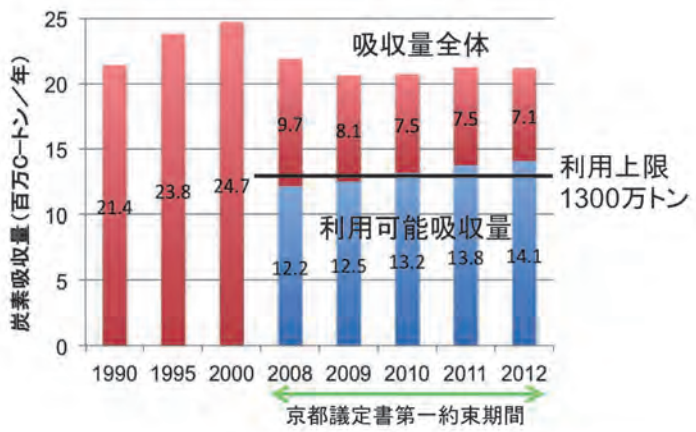
写真－１　国家森林資源データベース

(8) 上記の手法を実行するシステムとして、国家森林資源データベース（国家 DB）を開発した（写真－ 1)。国家 DB は森林簿や森林計画図だけではなく、オルソフォトや衛星画像など多様な森林情報を持つ。

2.2　削減目標達成への貢献

林野庁は上記の手法と国家森林資源データベースを利用して吸収量を算定し、2010 年 4 月、第一約束期間の初年度にあたる 2008 年について報告した。その後、毎年の算定・報告を行い、2014 年 4 月に第一約束期間 5 年間を通した報告を行った。

図－ 2 に第一約束期間における森林の二酸化炭素吸収量の全体量と、目標達成に利用可能な吸収量の推移を示した。2008 ～ 2009 年の約束期間当初は 1300 万炭素トン（1990 年排出量を基準とすると 3.8%）の上限には達していなかったが、林野庁による間伐推進等の施策により 5 年間平均で上限を超え、目標であった森林による吸収量 3.8%を達成した。最終的に、我が国は排出削減目標である 6%削減を達成したが、森林総合研究所は森林の吸収量算定・報告手法の開発を通じて、我が国の目標達成に貢献したと言えよう。



図－ 2　目標達成に利用可能な森林による炭素吸収量の推移
温室効果ガスインベントリオフィス（2014）から作図

3. 今後の課題

京都議定書報告のための森林の二酸化炭素吸収量の算定・報告手法の開発は、森林分野のおける地球温暖化の緩和策として位置付けられ、森林に関わる施策と吸収量の関係を明らかにする研究に発展した。その中で、単に森林の吸収機能による緩和策だけではなく、木材利用による炭素蓄積機能や化石燃料代替効果により注目する必要が明らかになってきた。木材利用による炭素蓄積機能は国際交渉でも議題となり、京都議定書第二約束期間では伐採木材に含まれる炭素が算定対象となった。一方、伐採木材よりも大きなポテンシャルを持つ代替効果については、その評価の必要性がまだ十分には認識されていないことから、その研究を進める必要がある。

緩和策への対応が進んだ一方、地球温暖化の影響を未然に防ぐための適応策については、取り組みが後回しになったことは否めない。最近の研究からは、人工林での気温上昇と降水量の変化による成長への影響や、極端減少による山地災害や風害などの気象害の拡大が予測されている（中央環境審議会、2015）。政府は地球温暖化に対する適応計画の策定を進めており、森林分野においてもこれらの影響に対する適応策の研究がさらに求められる。

（松本光朗）

文　献

中央環境審議会（2015）日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について（意見具申）. 94pp.

温室効果ガスインベントリオフィス（2014）日本国温室効果ガスインベントリ報告書. 独立行政法人国立環境研究所.

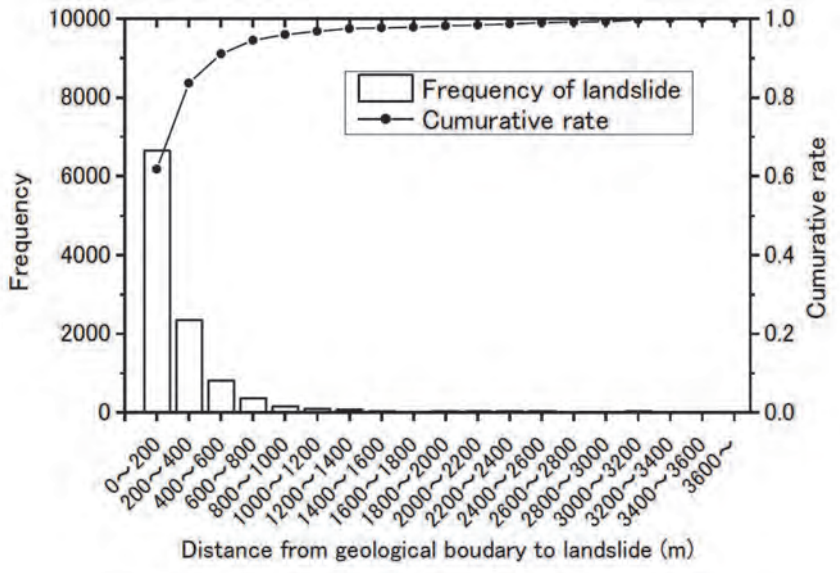
2008 年岩手宮城内陸地震への対応

2008 年 6 月 14 日に岩手県内陸部南部を震源とするマグニチュード 7.2 の地震（平成 20 年岩手・宮城内陸地震）が発生し、奥羽山地の岩手宮城県境付近を中心に多数の地すべりや崩壊、土石流が発生した。この地震では荒砥沢地すべり（写真－ 1）をはじめ国有林内で多数の土砂災害が発生したため、森林総合研究所では災害直後から東北森林管理局と連携しながら、災害の発生実態に関する研究を行ってきた。成果の多くは、三森ら（2012）などによってとりまとめられている。以下ではそれらの研究成果の概要を紹介する。

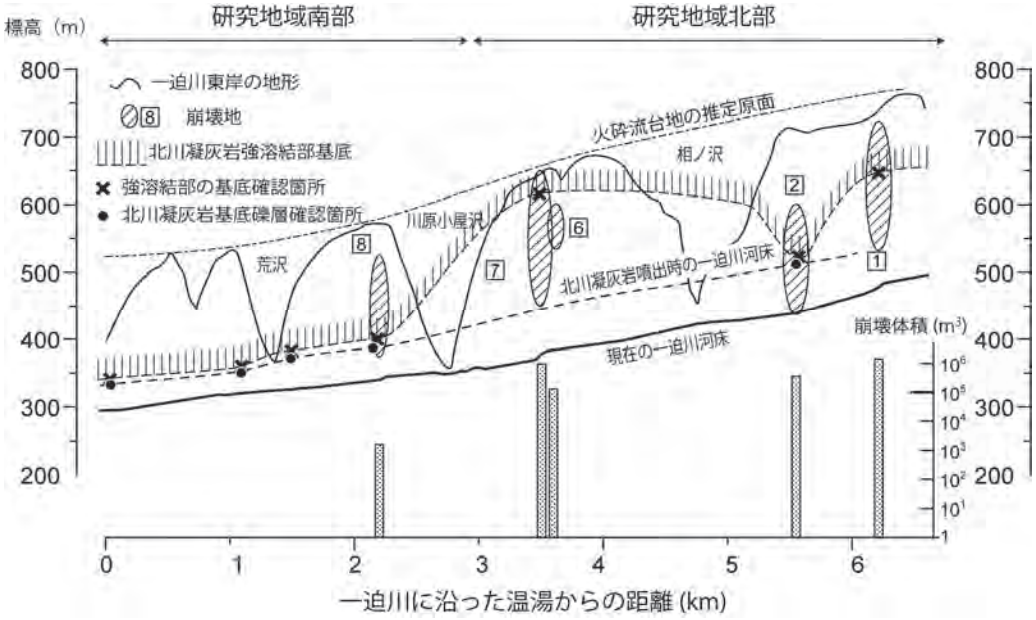


写真－ 1　荒砥沢ダムで発生した大規模地すべり（林野庁撮影）

国産の地球観測衛星である ALOS 画像を用いて崩壊や地すべりの分布を解析したところ、崩壊は主として北北東・南南西の伸びを持つ震源断層の上盤側で発生しており、断層からほぼ 15km の範囲内に集中することが明らかになった。崩壊や地すべりの発生形態は地域によって大きく異なる。磐井川流域の産女（うぶすめ）川上流では第三系の火山岩の地すべりが、二迫（にはざま）川・三迫川流域では火山岩や湖成層が作るキャップロック構造を反映した大規模地すべりや崩壊が、一迫川上流域では、節理系が発達した溶結凝灰岩に由来するトップリング型の崩壊と地すべり性崩壊が見られた。このような発生形態の地域性は大きく見れば、地下深くに埋没したカルデラ構造と、それを埋める湖成層、そしてその上に噴出した第四紀の火山岩という、この地域の基盤岩の地質構造を様々な形で反映したものである（三森ら 2012）。崩壊や地すべりの多くは、キャップロックとなる第四紀の火山岩縁辺部の地質境界付近に集中する傾向が明瞭に見られる（図－ 1）が、地質構造の影響は様々な形で現れている。キャップロックの下に埋没した湖成層の堆積物は地震時に液状化して側方流動を起こしやすく、荒砥沢ダムで見られたような、大規模な地すべりの多発につながったと考えられる。また、一迫川上流域においては、約 10 万年前に鬼首カルデラから噴出した溶結凝灰岩の下に存在する埋没地形が崩壊発生に影響を与えたことが推定された（図－ 2）。このような、古いカルデラを埋める湖成層と第四紀の火山



図－１　地質境界からの距離と崩壊との関係（三森ら 2012）



図－２　一迫川上流域における地質構造と崩壊規模の関係（大丸ら 2011）

岩が作る特徴的なキャップロック構造は奥羽山地の各地においてみられ、今回の地震以前から、大規模地すべりとの関係が指摘されていた（大八木 2008）。

今回の地震では発生前に比較的長い無降雨期間があったため、地震時の崩壊や土石流の多くは比較的先行土湿が小さい、乾いた状態で発生したと推定されている（野口ら 2010）。しかし、顕著な多雪気候下にある奥羽山地の稜線部で発生した土蔵沢では、多量の融雪水によって湿潤化した斜面から発生した土石流が長距離を流下して人的被害につながる事例（大丸ら 2013）が見られ、日影森で発生したアースフロー状の土石流（岡田ら

2012）のように発生過程に地下水の影響が推定される移動現象も認められた。

（大丸裕武）

文　献

大丸裕武　他（2011）2008 年岩手・宮城内陸地震による一迫川上流域の崩壊発生環境. 日本地すべり学会誌, 48(3), 23-36.

大丸裕武　他（2013）積雪が 2008 年の岩手・宮城内陸地震によってドゾウ沢源頭部で発生した深層崩壊に与えた影響. 森林総合研究所研究報告, 426, 67-73.

三森利昭　他（2012）平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震による土砂災害の概要とその特徴. 森林総合研究所研究報告, 424, 97-120.

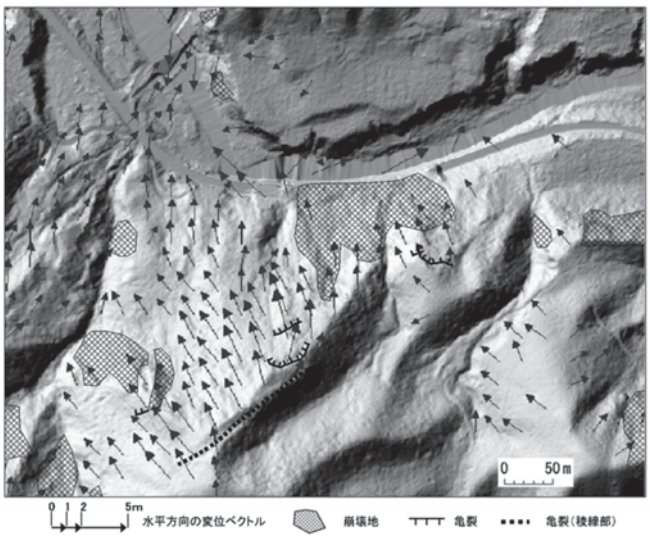
野口正二　他（2010）2008 年岩手・宮城内陸地震前後における災害地周辺の先行土湿, 砂防学会誌, 63(1), 39-43.

岡田康彦　他（2012）日影森で発生した地すべりの流動化機構の土質力学的検討. 森林総合研究所研究報告, 423, 71-75.

大八木則夫（2003）カルデラ火山の解体過程における地すべりの発生　東北地方におけるその全体像. 日本地すべり学会誌, 40(1), 10-21.

高解像度空間データによる大規模災害の予測

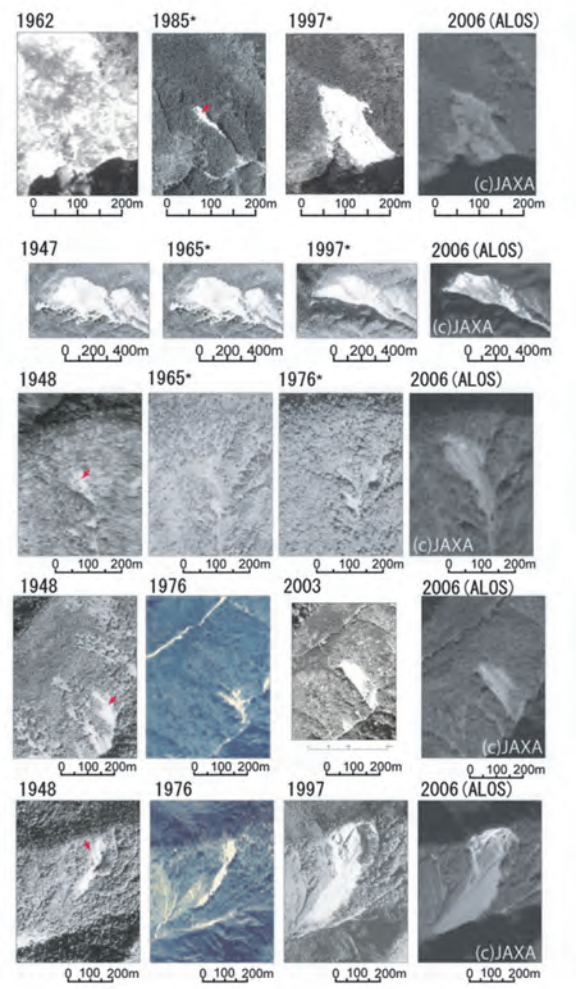
近年の空間情報技術の発達は、山地災害の予測研究にも大きな影響を与えている。とくに、1990 年代から実用化が始まった航空レーザー測量によって樹冠下の地形を詳細に把握できるようになったことは、地すべりや崩壊の予測手法の発展に大きく貢献している。例えば、近年発生が目立つ深層崩壊については、崩壊発生前に進行する重力性クリープの把握が崩壊を予測する上で重要と考えられてきたが、航空レーザー測量によって得られた詳細な地形データから線状凹地などの微地形を判読することで、重力性クリープの進行域を具体的に把握出来るようになり、深層崩壊の予測精度は大きく向上した。しかし、実際には重力性変形の影響が疑われる斜面はきわめて広く分布するため、重力性クリープ進行域の中から、より危険な斜面を抽出する技術が必要とされている。その一つの方法として複数時期の空間データを用いて斜面変形の時間変化を解析する方法が挙げられる。図－1は宮城県栗原市の斜面について、2008 年の岩手宮城内陸地震の前後に計測された航空レーザー測量データから、PIV と呼ばれる画像解析技術を用いて移動ベクトルを推定したもので、地震によって線状凹地の北西側の斜面が側方に変位したことが把握できる（国際航業株式会社との共同研究）。



図－1　2008 年に発生した岩手・宮城内陸地震前後の地形データから解析した栗原市西方山地の斜面変形（村上ら 2013）

しかし、このような斜面の重力性変形は地震時や豪雨時を除けば、きわめてゆっくりと進行するため、斜面の変動過程を長期間に渡ってモニタリングする必要がある。

そこで、過去の空中写真やリモートセンシングの蓄積データを活用して解析を試みた。図－2は静岡県の千頭地域の岩盤崩壊発生斜面について年代別の空中写真と衛星画像を比較したもので、多くの斜面では岩盤崩壊が発生する前に斜面脚部で小崩壊が発生するといった共通した特徴が認められる。近年、斜面を対象としたリモートセンシング技術とし



図－2　年代別空中写真とリモートセンシングデータから復元した千頭地域の岩盤崩壊発生斜面の変遷（大丸ら　2013）
大規模な崩壊が発生する前に小崩壊（赤色矢印）が出現するケースが多い。

ては、干渉 SAR 解析技術、小型無人機による撮影技術など多くの新技術が登場しており、このような新技術を活用して崩壊の前兆現象が把握できるようになれば、崩壊の直前予測や効率的な予防治山技術につながると期待される。

（大丸裕武）

文　献

大丸裕武　他（2013）多時期地理情報からみた千頭地域の深層崩壊発生斜面の地形的特徴. 日本地すべり学会誌, 50(1), 23-36.

村上亘　他（2013）2008 年岩手・宮城内陸地震にともなう線状凹地の拡大と斜面の重力変形. 地形, 34(1), 55-67.

森林の放射能汚染に関する研究

平成 23（2011）年 3 月に発生した東日本大震災に端を発する東京電力福島第一原子力発電所の事故により、東日本の広い範囲に亘って放射性物質が拡散し、福島県を中心として森林域にも大量の放射性物質が沈着した。森林総研ではそれまで環境中の放射能汚染の研究に取り組んだことがなかったため、対応する組織や体制が明確でなく、分析に必要な機器や施設も全くない状況で、森林の放射能汚染の問題に取り組むこととなった。

まず、企画部・科長が事務局となり、所の幹部と関係研究領域長をメンバーする特別会議を開催して情報収集と今後の対応を検討し、交付金による緊急プロジェクトを立ち上げた。情報の収集については、放射線医学総合研究所等の専門家を招へいして専門的な立場からの意見を参考にするとともに、チェルノブイリ事故後の研究レビュー、ロシアへの研究者の派遣等を実施した。森林の放射能汚染は長く続くことが予想されたので、長期モニタリングを行うことを予定して、原発からの距離の異なる 3 地点、川内村、大玉村、只見町の国有林に試験地を設定し、事故当年の 8 月に最初の調査、試料採取を行った（写真－ 1）。



写真－ 1　福島県川内村における木材試料の採取作業

調査結果の公表の第 1 報は速報の形で森林内の放射性物質の分布状況に関するプレスリリースを 9 月 30 日に行い、詳細な報告については 12 月 27 日に公表した。また、汚染されたスギ林から花粉とともに放射性物質が拡散し、健康への影響が心配されたことから、スギ雄花および花粉についても調査を行い、健康に問題ないレベルであることを明らかにし、12 月および翌年の 2 月に調査結果をプレスリリースした。特用林産物については、きのこへの移行や燃焼による灰への放射性セシウム濃縮の程度等を調べ、きのこ用原木および菌床用培地、調理用の薪・炭についての基準値を林野庁が設定する際に基礎データを提供することで協力した。このほか、森林からの渓流水によって放射性物質が流出するとの危惧もあったため、これについても調査に着手し、調査結果について平成 24（2012）年 6 月、9 月、12 月にプレスリリースを行い、森林からの流出は限定的であることを示した。

また、森林除染についても下草・落葉の除去試験を行い、森林周辺への放射線の低減には林縁から 20m の範囲での落葉除去が効率的であることを示し、環境省「除染関係ガイドライン」に採用された（写真－ 2)。平成 24（2012）年 3 月に日本生態学会大会で発表したミミズに含まれる放射性セシウム調査の結果については、森林生物の汚染を示すものとしてマスコミに取り上げられ注目を集めた。以上のようなさまざまな成果は、初期の汚染状況を示す貴重な資料となっている。



写真－ 2　下草・落葉の除去による森林除染の実証実験作業

これらの初期対応と平行して、調査研究を推進するための施設整備も進められた。放射能測定用のゲルマニウム半導体検出器は平成 23（2011）年 11 月に 1 台、翌年 1 月には 2 台目が納入されて自前での測定が可能となった。平成 24（2012）年 6 月には所内に環境影響測定棟が竣工し（写真－ 3)、前述の 2 台に加えて合計 6 台の測定機を設置した。



写真－ 3　環境影響測定棟

また、隣接する林産展示室を改修し、測定試料の調整室として整備・活用している。放射能研究に対応する組織としては、平成 23（2011）年 10 月に放射性物質影響評価監を設置し、金子真司立地環境研究領域長が兼務した。平成 24（2012）年度からは赤間亮夫を放射性物質影響評価監の専任として、チーム長 1 名を配置するとともに再雇用制度を活用した職員数名配置し、施設の維持管理と試料の放射能測定に対応することとなった。また、事故以降の野外調査や汚染地での採取試料の処理に係る労働安全対策として、所内で

は「東京電力第一原子力発電所の事故により空間線量率が高い地域等で調査研究等に従事する職員のための手引き」を定め、業務による年間被ばく量が原則 1mSv を越えないように努めている。

研究成果の広報についても外部からの依頼に応じて、数多くの講演や研究発表を各専門分野の研究者が対応してきている。平成 24（2012）年 3 月に開催された農水省・国際科学技術センター主催の国際研究シンポジウム（郡山市）と日本学術会議土壌科学分科会・農学アカデミー主催の特別シンポジウム（東京）において、初年度の調査結果をもとに森林の汚染状況を紹介した。同年 11 月には日本学術会議農学委員会林学分科会主催の公開シンポジウム「福島原発事故による放射能汚染と森林・木材」が東京で開催され、高橋正通（研究コーディネータ）、外崎真理雄（四国支所長）が講演を行った。平成 25（2013）年 7 月には、森林総研主催で公開シンポジウム「私たちのくらしと森林・木材の放射能－森林総研が解き明かすその実態と今後－」を開催した。インターネットによる広報についても、平成 26（2014）年 11 月に森林総研ホームページ内にポータルサイト「森林と放射能」を開設した。平成 26（2014）年度の森林総合研究所研究報告 13 巻 3 号では特集号「森林の放射能測定法」を組み、4 編の報文を掲載した。

海外研究者との連携にも取り組み、ウクライナの Sergey Zibtsev 博士、イギリスの George Shaw 博士、フランスからは放射線防護原子力安全研究所（IRSN）の複数の研究者を招致し、講演会を開催するとともに、今後の協力体制についても意見を交換した。平成 26（2014）年 IUFRO 世界大会では森林の放射能汚染に関するテクニカルセッションを森林総研からの提案で立ち上げ、海外研究者との連携を深めた。

このような活動に対して、所内では平成 24（2012）年度理事長賞を以下の内容で受賞している。「放射性物質の森林内における分布状況の把握と科学的知見の普及活動による社会的貢献」として金子真司と外崎真理雄、「森林の放射性物質除染技術の開発と渓流水による流出状況の広報による社会的貢献」として坪山良夫、「放射性物質のきのこ等への影響評価並びにスギ花粉による放射性物質拡散予測による社会的貢献」として馬場崎勝彦と赤間亮夫がそれぞれ受賞した。また、平成 27（2015）年 3 月には福島第一原子力発電所の放射能漏れ事故後に森林に降下した放射性セシウムの時空間的変動を予測した論文により、立地環境研究領域の橋本昌司が日本森林学会奨励賞を受賞している。

現在は林野庁の補助事業や農林水産技術会議事務局の委託プロジェクトの中でモニタリングを中心として研究を進めているが、今後は森林生態系における放射性セシウムの挙動や将来予測の研究などにも主要課題として取り組んでいく必要がある。このため、日本原子力研究開発機構、国立環境研究所、産業技術総合研究所とも引き続き共同研究、情報交換等の連携を深めていく。また、きのこ産業への放射能汚染の影響も大きく、長期に亘ることが予想されていることから、原木生産および栽培への対策技術の研究も進める必要がある。

今回の未曾有の事態に対してこのように一定の成果を上げることができたが、ここで触れることができなかった職員を含め、特に初期対応に係わった方々に対してこの場を借りて感謝したい。

（高野勉・金子真司）

森林におけるシカ管理技術の開発

1. 研究の背景と目的

シカによる森林被害は深刻な問題となっている。被害は人工林だけでなく天然林へも拡大し、全国各地で植生の後退や土壌流亡が起きている。シカによる森林被害は、林業再生に大きな妨げとなるのはもとより、生物多様性の保全にも大きな影響を及ぼし、下層植生の消失による土砂崩壊の危惧は国土保全上の問題ともなっている。現在、被害防除、個体群管理、生息地管理を３つの柱とする総合被害対策が実施されており、特に林業では、個体群管理に重点をおいた対策が求められている。一方、狩猟者には数の減少と高齢化が同時に進行しており、将来に向けた持続的なシカ捕獲に大きな不安材料となっている。このような状況に対処するため、伝統的な狩猟方法とは異なる新たな個体数管理技術を開発し、その効果と有用性を検証し、計画的な運用に必要な情報処理技術を開発することを目的とした。

（小泉透）

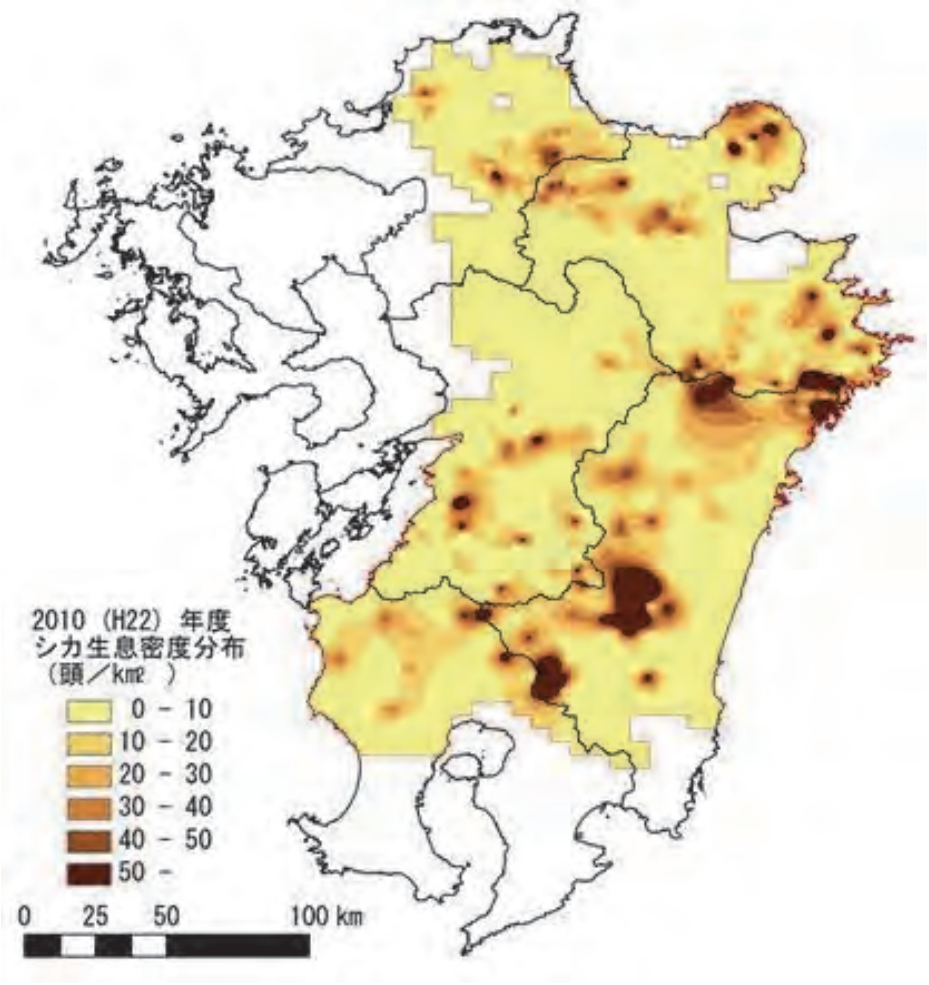
2. 研究の成果

2.1 広域空間スケールにおけるシカ密度分布推定法の開発

都道府県ではシカ個体数の管理などの具体的な目標や方法を定める特定鳥獣保護管理計画を策定している。多くの管理計画では、個体数の推定に基づいて翌年の増加を予測し、必要数を捕獲する方法が採られてきたが、狩猟者が減少しているため、必要な捕獲数が達成できないことも多くなってきた。シカがどこの場所に、どれくらい生息しているのかを示すことができれば、「どこで」重点的に捕獲しなければならないかを具体的に示せるため、少ない人数で効率的な捕獲を行うことが可能になる。そこで、九州本島地方を対象として、県境を越えた広域空間スケールのシカ生息密度分布推定法を開発した。

これまでの生息密度分布マップでは、地図上に示すシンボルマークの色や大きさによって調査箇所の生息密度を表す方法が用いられてきた。ところが、調査されていない場所では、シンボルマークを示すことができないため、単に空白となってしまい、そこにシカがどのように分布しているのかを表すことはできなかった。そこで、地球統計学で利用されている空間予測法を適用すれば、調査地点のデータをもとに最も誤差が少なくなるようにシカ生息密度を推定しながら空白地帯を埋めていくことが可能である。そのような新しい手法を応用したシカ生息密度分布を図－１のように示した。

シカ生息密度分布マップを作成することにより、関係する方々で情報を共有することが容易になると思われる。特に、これまでシカ生息域の中核というべき県境部で情報が不足するという事態が生じていたが、今回、作成した広域の分布マップを利用することで、県境を越えた広域のシカ管理への対応が可能になる。また、シカ生息密度マップは、被害の発生しやすいシカ密度の高い場所をハザードマップのようにして森林所有者に提示し、対策の必要性を喚起するうえで有用であると考えられる。シカ生息密度は、捕獲などによっ



図－1　九州地方の広域シカ生息密度分布

て変動するので、定期的にモニタリング・更新していくことが重要である。

（近藤洋史）

2.2　シカの行動を制御して効率よく捕獲する

シカによる農林業被害を防止するために、シカの嫌う匂いや味を含んだ忌避剤の散布やシカが入れないような柵の設置などの対策が実施されているが、これらの方法は大きなコストがかかるため、どこにでも対応できるわけではない。また、林業では生産現場とシカの生息地が重なっているので、被害の軽減には捕獲による個体数削減が必要であるが、これまで捕獲を担ってきた狩猟者の数は減少する一方である。そこで、新しい被害対策としてシカの行動を制御して効率よく捕獲する技術を開発した。

まず、銃の使用が可能な日中（日出から日没まで）にシカを誘引するために、一時的に設置した給餌場に、同じ人が、同じ時間に、少量の餌を置く作業を一定期間繰り返し、条件付けによる学習効果を利用したシカの行動制御を試みた。その結果、給餌直後にシカの出没を誘導することができた（写真－1）。また、この方法では、給餌期間中だけシカの出没が集中することも確認している。この誘引法を用いて、給餌場に誘引したシカを銃器



写真－1　条件付けによる給餌場へのシカの誘引
餌を置いて（9:50）から、26 分後（10:16）に野生のシカが自発的に出没

により確実に狙撃する誘引狙撃法を開発し、少人数で効率よく捕獲することが可能になった。

この方法では、特定の範囲内での繰り返し捕獲が可能になることから、地域的なシカの個体数管理に適している。新しい捕獲技術では、シカを自発的に給餌場へ引き寄せる誘引技術が重要である。誘引効果は、シカの餌となる給餌場周辺の下層植物量が少ない場合や積雪などにより利用できなくなった場合に高くなる。一方、イノシシのような他の野生動物が出てくると、警戒心が高まり誘引効果は低下する。そのため、給餌場を選ぶときは、このような場所を避けることが大切である。人の気配も警戒心を高めるため、給餌中は不必要に立ち入らないなどの配慮も必要である。

（八代田千鶴）

2.3　森林用ドロップネットの開発と運用

シカによる森林被害を抑制するためには、広域の被害防除とともに、被害発生現場でシカを捕獲して生息密度を減らす必要がある。近年では ITC 技術の導入によりわなの監視労力が劇的に軽減されつつある一方で、銃器やくくりわなによらず、対象外の動物の錯誤捕獲を回避し、捕獲個体を速やかに処分するなど、難しい状況下での捕獲も求められている。あらゆる状況に対応可能な万能な捕獲方法はなく、立地環境、動物の行動、人の活動のような社会的制約や法律など、様々な条件を考慮して最適な方法を選択・組み合わせることが重要である。



写真－2　作業道に設置中の様子

森の中でシカは数頭の群れで行動していることが多いため、少数ずつでも繰り返し捕獲できるわなが有効である。また、山で使用するため小型軽量かつ運搬設置が容易であることや、安全に捕獲個体を処理でき

ることなどの条件を満たすわなとして、森林用ドロップネットを開発した。網（約 10m 四方）を吊る支柱として立木の利用（写真－ 2)、網を落とす仕掛けの簡素化（通称チンチロ)、巾着状に捕獲個体を包み込む形状などにより、資材と設置労力を軽減した。網の周囲から真下へ徐々に給餌地点を集中することによりシカを誘引し、出没が確実な時間帯を見はからってわなを稼動させた。捕獲の機会を確実に生かすため、ウェブカメラと無線 LAN、ノート PC を用いて車中から監視し、狙った個体や群れがくるのを見極めて遠隔操作でわなを作動した（写真－ 3)。これまでのところわなの製作と設置の労力はそれぞれ 4 人で半日、網を主とした本体の資材費が約 9 万円、わな稼動 1 日あたり捕獲数は 0.6 頭程度となっている。このわなは、林道や作業道、土場の一角に設置することにより、運搬、見回り（誘引状況の確認)、捕獲個体の搬出などの労力を大幅に軽減できるほか、車両の通行を阻害しない高さに設置して長期間の運用が可能であり、また捕獲行為そのものによる周辺環境の撹乱を最小化する。積雪地の越冬集団を対象として、不特定多数の人の入り込みのある観光スポット至近での捕獲にはたいへん有効であった。



写真－ 3　捕獲の瞬間

森林用ドロップネットの開発は、京都府農林水産技術センター、京都府森林保全課、京都府南丹支部猟友会との共同研究として行った。

（高橋裕史）

2.4　森林用囲いわなと銃器を組み合わせた捕獲手法の有効性

捕獲に対するシカの学習能力は高く、同じ捕獲手法を繰り返すと危険を回避する行動をとるように変化する。そのため、目標頭数までシカを減らすには、複数の手法を状況に応じて選択する必要があり、捕獲手法の選択肢は多い方が望ましい。今回は、これまでもシカの捕獲に用いられてきた囲いわなについて、銃器による止め刺しを組み合わせることで、より安価で速やかな捕獲手法として有用性を検討した。

囲いわなは、立木を使用することで支柱を不要とした。また立木間をつなげたワイヤーにカラビナで樹脂ネットを引っかける「カーテン方式」を採用し、設置を容易にした。設置にかかる費用と労力の大きい従来の追込み区が不要なため、安価に設置が可能となった。この方法により、大きさの異なる複数のわなを複数個所に設置し、餌で誘引した上で、囲い込んだシカに対して銃器で止め刺しを試行した（写真－ 4，5)。その結果、わな内の他個体が暴れて負傷したり、わなを壊して逃走することもなく、囲い込んだ個体をすべて捕殺することが可能だった。ストレス値も正常変動範囲内であり（山本ら 2013)、過度なストレスを与えない方法といえた。頭頸部への狙撃を行い、個体を即倒させることが、より速やかな止め刺しのために重要であると考えられた。ただし、射程距離が 7-10m 程度の



写真－4　わなに囲い込んだシカをライフルで狙撃する様子



写真－5　囲いわなに誘引されたシカ
夜間に入口を閉め、日の出後に捕殺を行うことも可能である。

小型わなの場合、貫通弾が他個体を損傷する例が見られたこと、射角が急すぎること、射手の存在がシカに伝わりやすくシカの動きが激しくなることから、本方法で使用した通常の装薬銃ではなく、エアライフルや小口径ライフル銃の使用が望ましいと予想される。本方法を適用する場合は、20m 程度以上の射程距離が確保できる大きさのわなが適していると考えられた。

止め刺しは、わなの上から撃ち下しになるように行ったが、その際、足場等の構造物は設置せず、脚立を使用した。脚立は、斜面や起伏のある地面でも安定して使用可能なタイプを選択することで、設置場所を限定されず、状況に応じて狙撃地点を選ぶことができた。囲いわなと銃器による止め刺しは、誘引が容易であり、かつ群れサイズが大きい個体群を対象とした場合に、群れごと速やかな捕殺が可能な方法として有効であると考えられる。さらに、角のあるオスなど、個体を選んで優先的に捕殺することが可能である。このため、作業員の安全も確保しやすく、とくに身体の大きなエゾシカにおいて有効な方法だと考えられた。発砲場所や方向、距離を制限することで安全な狙撃が可能なことから、銃の使用が制限されている地域での捕獲方法としても活用が期待される。

（松浦友紀子）

文　献

森林総合研究所（2014）新たなシカ管理に向けて. 森林総合研究所, 18pp.
http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/3rd-chuukiseika12.pdf

山本さつき・鈴木馨・松浦友紀子・伊吾田宏正・日野貴文・高橋裕史・ 東谷宗光・池田敬・吉田剛司・鈴木正嗣・梶光一（2013）ニホンジカにおける捕獲に伴うストレスの生理学的評価. 哺乳類科学, 53, 321-329.

小笠原諸島における侵略的外来種の管理と絶滅危惧種の保全

1. 研究の背景

小笠原諸島は、2011 年に日本で 4 番目となる世界自然遺産に登録された。これは、小笠原諸島の生態系が生物の進化過程を示す顕著な価値を持っていることが評価されたことによるものである。その一方で、小笠原諸島では多数の侵略的外来種が野生化し、その生態系への影響が大きな問題となっている。このことは生物多様性国家戦略 2012-2020 においても指摘されており、世界自然遺産としての価値を保全するため、外来生物の駆除を含めた生態系管理は喫緊の課題となっている。

森林総合研究所は小笠原諸島を研究拠点の一つとしており、大正 10 年から小笠原試験地の管理を行っている。現在は父島に清瀬試験地とコーヒー山試験地を所有しており、これら試験地を含め小笠原諸島全体をフィールドとした研究を継続してきている。ここ 10 年では、特に生物間相互作用に注目した侵略的外来種の管理手法の開発と、絶滅危惧種の保全についての研究を進めてきた。これらの研究では外部の研究機関との共同研究を積極的に推進しており、効率よく研究を実施する体制が構築されている。ここでは、最近の代表的な研究成果について紹介する。

2. 研究の成果

2.1 生物間相互作用を考慮した外来生物管理

侵略的外来種は在来生物相に大きな影響を与えるため、生態系から除去することが基本的な解決策となる。しかし定着してから長期間を経た外来種は、生態系の中で独自の役割を担い始めていることがある。特に複数の外来種が定着した生態系においては、外来種を含めた複雑な生物間相互作用が成立しており、外来種を除去した結果、他の外来種が増加するなど予想外の影響をもたらすことも珍しくない。このため、対象となる外来種が関わる生物間相互作用を解明し、除去の順序を含む防除計画を策定することが必須となる。このような背景から、首都大学東京、東北大学、神奈川県立生命の星・地球博物館、自然環境研究センター、小笠原自然文化研究所と共同で、外来種の防除計画策定のための研究を実施した。森林総研では、特にグリーンアノールの侵入による送粉系撹乱、鳥類による外来植物の拡散、ニューギニアヤリガタリクウズムシの土壌動物相への影響について研究を行った。

その結果、グリーンアノールにより訪花昆虫相が衰退し、在来植物への訪花頻度およびその結果率が減少していることが明らかになった。一方で外来植物は同じく外来種であるセイヨウミツバチに受粉されることによって、相対的に高い結果率となっており、外来植物の更新に有利となる結果を示していた。種子散布の研究では、有人島では在来鳥類、外来鳥類ともに外来植物の種子を頻繁に散布していることが明らかになった。ただし、在来鳥類のメグロが絶滅した場所では、外来鳥類のメジロが種子散布者としての機能を補完していると考えられた。一方、海鳥は付着型種子散布により外来植物を散布していることが

明らかとなり、人間が上陸しない無人島であっても、海鳥繁殖地を介して外来植物が拡散している可能性が示唆された。固有の陸産貝類相に大きな影響を与えているニューギニアヤリガタリクウズムシは、陸貝のみならずミミズや陸生等脚類なども捕食していることが明らかになった。このためウズムシは陸貝の有無にかかわらず定着が可能であると考えられ、その侵略性の高さが改めて裏付けられた。ただし、このウズムシは 43 度以上の熱水に 5 分以上耐えられないため、土壌や資材を熱水処理することにより、拡散のリスクを減らすことができると考えられる。

2009 年には、この研究で得られた成果を中心として、和文誌“地球環境”（国際環境研究協会 2009）において「小笠原における外来種対策とその生態系影響」に関する特集号がまとめられた。また、2010 年には英文書籍として Springer 社から“ Restoring the Oceanic Island Ecosystem”（Kawakami and Okochi 2010）を発行した。

2.2　クマネズミの根絶と在来種の回復

クマネズミは、小笠原諸島の 1ha を越える島のほとんどに侵入している外来種である。本種は、種子を中心とした植物を主要な食物としているが、島嶼地域では鳥類や陸産貝類なども捕食し個体群に大きな影響を与えることがある。海外では、殺鼠剤を用いたクマネズミの根絶事業が多数実施されているが、日本国内ではこれまでにそのような事例はなかった。しかし、小笠原の自然を健全な状態で保全するためには、ネズミの駆除が不可欠である。そこで、自然環境研究センターとの共同で、無人島である西島をモデルとしたネズミの駆除手法の開発を行った。

この研究では、ネズミの駆除のため抗凝結性第 1 世代毒であるダイファシノンを有効成分とする殺鼠剤を用いて、2007 年に試験的な駆除を行った。駆除を効果的に行うため、クマネズミの繁殖スケジュールを明らかにし、繁殖期前の最も個体数が少ない 3 月～ 4 月に実施した。非標的種への影響を最小限に抑えるため、地上に 773 個のベイトステーションを設置して殺鼠剤をおいた。駆除後 1 年以上にわたりカゴ罠等により生息状況をモニタリングしたところ、ネズミの生息を示す証拠は見つからず、西島においてネズミが根絶状態となったと考えられた。これは、日本で初めての島嶼におけるクマネズミ根絶事例となった。

この試験駆除の結果、タコノキ等ネズミに食害を受けていた植物の回復が確認された。また、2009 年にはハシナガウグイスの定着が初確認された。この鳥はネズミの捕食圧を強く受けていたものと考えられる。この試験駆除の成功を受け、2008 年には東島および聟島において、環境省によるネズミ根絶事業が実施された。2015 には、東島において世界的な希少種であるオガサワラヒメミズナギドリの営巣が初めて発見され（写真−1）、ネズミ駆除が海鳥繁殖地の維持に重要な役割を果たすことが示された。

2.3　トクサバモクマオウ駆除後の生態系変化

森林総研では、小笠原諸島の湿性林において問題となっている外来樹アカギの駆除手法の開発を 1990 年代から行ってきた。その結果、現在ではアカギの駆除手法が確立され、



写真−1　東島で見つかったオガサワラヒメミズナギドリ

林野庁等による駆除事業に成果が応用されている。一方で、乾性林ではオーストラリア等を原産地とする外来樹トクサバモクマオウが分布を拡大し問題となっており、その駆除事業が実施されつつある。トクサバモクマオウは裸地や草地、乾性林等に侵入し、多量の葉を落として地上をリターで覆い尽くすことにより、他の樹種の定着を阻害し純林化が進んでいる。しかし、トクサバモクマオウの侵入による影響や駆除後の生態系変化については十分に研究されていなかった。そこで、全島的にトクサバモクマオウが侵入している西島をモデルとして農薬の樹幹注入による試験駆除を行い、駆除による短期的な変化のモニタリングを行った。

その結果、トクサバモクマオウの侵入した場所では在来林に比べて土壌水分量が低いが、駆除を行うことにより急激に増加することが明らかになった。このことは、モクマオウの蒸散作用の影響の大きさを反映していると考えられる。緩斜面などでは駆除直後から在来植生の更新が始まり、ウラジロエノキなどを中心とした先駆樹種が速やかに生育した（写真−2）。更新が順調に進んでいる場所では、陸産貝類相の多様性が高くなることも確認された。また、このような場所では、鳥類の利用頻度も高くなる傾向があった。

一方、北側斜面では更新が遅い傾向があった。このような場所では、地上を覆うリターが減少するため地表が乾燥化し、リターに依存していた陸産貝類相が崩壊する場合があった。ただし、枯枝等を重ねてシェルターを作ることにより、陸産貝類の減少を抑制できることがわかった。更新の遅い場所では植栽やシェルターを組み合わせることで環境の急激な変化を抑え、在来生物相への影響を最小限にすることが可能となると考えられる。

2.4　急速に変化する環境下での絶滅危惧種の生息環境の保全

様々な外来種が問題化してきたことから、アカギやトクサバモクマオウ、ギンネム、ノヤギ、ノネコ、ネズミ、グリーンアノールなど、外来生物の駆除事業が行われてきている。



写真−2　西島においてトクサバモクマオウ駆除後に更新しつつある森林

しかし、これらの駆除事業が新たな生態系の変化をもたらし、予期せぬ影響が現れることもある。例えば、ノヤギの駆除が成功した島では、外来植物であるトクサバモクマオウやギンネムなどを中心とした外来植物が増加する例が確認されている。このような状況の中で絶滅危惧種の個体群を維持するためには、生息地の保全と、それぞれの種の特性に応じた域内保全、域外保全が必要である。そこで、首都大学東京、東北大学、神奈川県立生命の星・地球博物館、小笠原自然文化研究所等と共同で、特に植物、陸産貝類、昆虫、海鳥を対象とした保全策の開発を目的として研究を実施している。

森林総研では、特に生息地保全のための植栽手法の開発に関する研究を行っている。絶滅危惧種のハビタットを維持するためには、外来種の駆除のみでは不十分な場合があり、積極的な植栽も不可避な場合があると考えられる。しかし、無秩序な植栽は植栽樹種に遺伝的撹乱を生じさせることになる。そこで、絶滅危惧種の保全に必要な在来樹種の遺伝構造を明らかにし、植栽が許容される範囲を提案することを目的として研究を行っている。これまでにタコノキやモモタマナ、シマホルトノキなどについての解析が完了し、種苗の移動に関するガイドラインをパンフレットとして発行した（森林総合研究所森林遺伝研究領域 2015)。今後も遺伝的撹乱を生じさせない植栽手法を発展させていくため、対象樹種を拡充して研究を継続中である。

また最近になり父島や母島を中心に樹木の急激な枯死の拡大が確認されていたが、東京都らとの共同研究により、その原因が南根腐病によるものであることが明らかになった。南根腐病は熱帯から亜熱帯に広く分布するが、大量枯死をもたらす場合もある。小笠原諸島での発生と拡大のメカニズムについてはまだ不明点が多く、森林生態系の保全のためには拡大要因の究明と対策手法の開発を行う必要がある。

2.5　成果の活用

森林総研において小笠原研究に携わる多くの研究者が、世界自然遺産科学委員会や小笠原諸島森林生態系保全委員会など多数の委員会の委員やアドバイザーに就任しており、研究成果がリアルタイムで施策に活用される体制がとられている。実際に、これらの研究成果が小笠原諸島の世界自然遺産登録を後押しし、登録後の遺産地域の管理にも応用されてきている。また、世界的希少種のオガサワラヒメミズナギドリの生残と営巣が確認されたことは、この地域の生態系の評価をさらに高める成果となった。

3.　これからの課題

残念ながら、小笠原諸島では今日でも新たな外来種問題が生じている。2013 年には兄島において昆虫の捕食者となるグリーンアノールの侵入が確認され、2014 年には世界の侵略的外来種ワースト 100 に指定されているツヤオオズアリが父島に蔓延し、母島でも分布を拡大していることが確認された。小笠原諸島の世界自然遺産としての価値を永続的に維持していくためには、行政機関や地元社会と協働しながらこうした新たな問題にも対応していかなくてはならない。世界遺産登録により、小笠原の生態系保全の進捗は一般国民からの注目度も高まっており、今後も研究を発展させていく必要がある。

なお、これらの研究の一部は、環境省環境研究総合推進費（F-051, 4-1402）、地球環境保全等試験研究費、文部科学省科学研究費によるものである。

（川上和人）

文　献

Kawakami, K. and Okochi, I. (2010) Restoring the Oceanic Island Ecosystem. Springer, 216pp.

国際環境研究協会（2009）小笠原における外来種対策とその生態系影響, 地球環境, vol.14 No.1, 国際環境研究協会, 124pp.

森林総合研究所森林遺伝研究領域（2015）小笠原諸島における植栽木の種苗移動に関する遺伝的ガイドライン. 森林総合研究所, 20pp.

分子育種技術を活用した林木育種の高度化に関する研究

スギをはじめとする林木育種における成長や材質の改良には、これまで長期間が必要であった。育種年限を短縮する方策として、選抜までに要する年限の短縮と、選抜後に選抜系統を展開するまでに要する年限の短縮を考えることができる。選抜までに要する年限を短縮するための方法として、ゲノム情報を活用したQTL（Quantitative Trait Locus）解析やGWAS（Genome-wide Association Study）、ゲノム選抜といった手法が林木育種先進国において試行されてきた。スギにおいても、同様のゲノム情報を活用した選抜技術を開発するため、ゲノム基盤情報の整備やマーカー開発、遺伝子発現情報の収集、ゲノム予測の試行、増殖技術の改良等に取り組み、一定の成果を挙げることができたので、その成果の概要について述べる。また、増殖技術に関する取り組み等についても、併せて述べる。スギについて、これまでにもEST（Expressed Sequence Tag）情報の収集が進められてきているが、これまでは雄花形成関連遺伝子群の収集が主であった。これはスギ花粉症が社会的に大きな問題として捉えられてきたことと関係があると考えられる。今回は、今後の林木育種に活用することを考え、成長性、材質、雄花着花性に関連する遺伝子の情報を網羅的に収集することを目的に、頂端、根、シュート、木部、雄花といった複数器官から時期別にサンプリングを行った。得られたEST情報をアセンブルすることによって約3万4千のIsotig（個々のESTの塩基配列の相同性に基づきアセンブルして得られた、より遺伝子に近い配列）が得られた。また、これらのIsotigの配列中に約51万のSNPを検出し、それらの中から約7万のSNPマーカーを開発した。

雄花着花性やヤング率といった形質に特徴がある精英樹間の人工交配によって得られたF_1マッピング集団に開発したSNPマーカー等を適用し、集団内において分離したマーカーを用いて連鎖地図を構築した。約1,500のマーカーが座乗し、11の連鎖群から成る総地図距離1289.3cMの連鎖地図が得られた。スギの基本染色体数は$n = 11$なので、スギの染色体全体をほぼ網羅する連鎖地図が得られたと考えられる。今回は実際の育種事業に用いられる精英樹を交配親に用いたマッピング集団において高密度な連鎖地図を構築できたことに意義があると考えられる。

連鎖地図をベースとしてQTL解析に展開するために、マッピング集団の表現型調査を進めた。成長性に関連する形質として樹高、胸高直径、さし木発根率等、材質に関連する形質として、ヤング率と関連のある応力波伝播速度やMFA（ミクロフィブリル傾角）、年輪別の早材密度、晩材密度、晩材率、早材幅、晩材幅等、雄花着花性に関連する形質としてジベレリン処理時の雄花着花指数等の形質について調査した。QTL解析の質を高めるためには、表現型調査の精度を高めることが重要である。表現型調査の高度化に向けた取組みとして、雄花着花性と発根性の調査方法の改良を行った。発根性については、特性評価の尺度としてこれまでは発根率を用いてきたが、このような評価を行った場合、評価値が正規分布とならない場合がしばしばある。そこで、発根の程度によって指数化する方法を取り入れ、それによって評価を行ったところ、評価集団における評価値が正規分布に近

づくことを確認した。雄花着花性も発根率と同様に指数を用いた評価であるが、このような指数評価の場合、調査者によるバイアスが生じることが考えられる。こういったデータの偏りを是正する対応策として、5 ～ 10 の複数の評価者により評価を行い、その平均値を用いることとした。このように得られた表現型データを用いてQTL解析を行った。また、QTL 解析を補完するアプローチとして、関東育種基本区選抜のスギ精英樹をパネル集団とするゲノムワイド・アソシエーション解析（GWAS）も行った。解析の結果、QTL 解析と GWAS のいずれにおいても、各形質で有意なマーカーが検出された。2 つの解析手法のいずれにおいても形質と関連があるとされる DNA 領域があった一方で、一方の手法でのみ関係性が認められるとされた DNA 領域もあり、異なる複数の手法によるアプローチの重要性が認められた。

QTL 解析や GWAS での解析結果も参考にしつつ、マーカーの絞り込みや重み付けをするなどしてゲノム予測を行った。その結果、交差検証法において観察値と予測値の間に 0.85 ～ 0.88 の相関が得られ、一定程度の精度でスギのゲノム予測、すなわちゲノム情報を活用した選抜が可能であることが示唆された。今回の結果は関東育種基本区選抜の第 1 世代精英樹を対象とした結果であり、このような手法を用いた場合、他の育種基本区においても同様の精度で選抜の可能性があるのか、また第 2 世代の個体についても同様の選抜が可能であるのかについて、さらに検討を進める必要があるが、今回の結果は、欧米等の林木育種の先進地域においてマツ属やトウヒ属、あるいはユーカリ属を対象樹種として研究が進められてきたゲノム情報を活用した分子育種が、スギに適用した場合においても同様に適用できる可能性を示すことができた点で大きな意義があろう。

ゲノム情報を活用した分子育種の可能性が示された一方で、当面の間、従来の統計遺伝解析の手法に準拠した選抜の推進や、統計解析手法のさらなる高度化も引き続き重要である。従来の統計遺伝解析による評価値とゲノム情報から推定される系統の評価値という異なる二方向からの評価により選抜を行うことにより、選抜の確度を高めることができると考えられる。

選抜技術の精度を高めるために統計遺伝解析の高度化を進めた。従来、育種集団における成長形質の系統評価は次代検定林の調査データに基づいて進められてきた。通常スギの次代検定林においては、30 年次まで 5 年おきに定期調査を実施する。このような調査で得られた結果を、有効に活用するために、複数年次、複数検定林のデータを一元的に解析する手法について検討するとともに、各検定林において検定林内の地形的な要因等によると考えられる空間構造を有した誤差を除去するための統計処理の適用を進めた。また、このような取り組みにより、任意の試験地の任意の時間断面における系統評価から成長パターンとしての系統評価への拡張を試みた。また、スギの成長パターンへの植栽密度の影響や下刈り省力化などの影響を解明することを目的として、九州 4 県（佐賀県、大分県、宮崎県、鹿児島県）の試験研究機関と連携を図りつつ、複数の精英樹系統についての樹幹解析を行った。その結果、植栽密度は樹高成長にはほとんど影響せず、系統ごとに特徴的な樹高成長パターンを示すことが明らかとなった。胸高直径の成長パターン（肥大成長）については、従来知られているように、植栽木周辺の密度が影響することが示された。こ

のため、周囲の植栽木の成長状況も含めたモデル化の必要性が確認され、それらの要因も含めたモデル構築を検討した。このような各系統の成長特性を成長パターンとして把握する技術の開発により、今後低密度植栽を試行した場合や省力化施業を試行した場合の成長予測や各系統の成長パフォーマンスを効果的に引き出すための施業のあり方を検討するためのモデル構築へと拡張していくことが可能になるであろうと考えられる。

また、今後開発される次世代の新たな開発品種の早期の原種配布並びにそれらを用いた次世代育種集団造成の加速化を図るために、環境を制御可能な施設を用いたさし木増殖の増殖効率の改善や交配用ブースを用いた多種多様な人工交配を効率的に行うための技術の開発を行った。

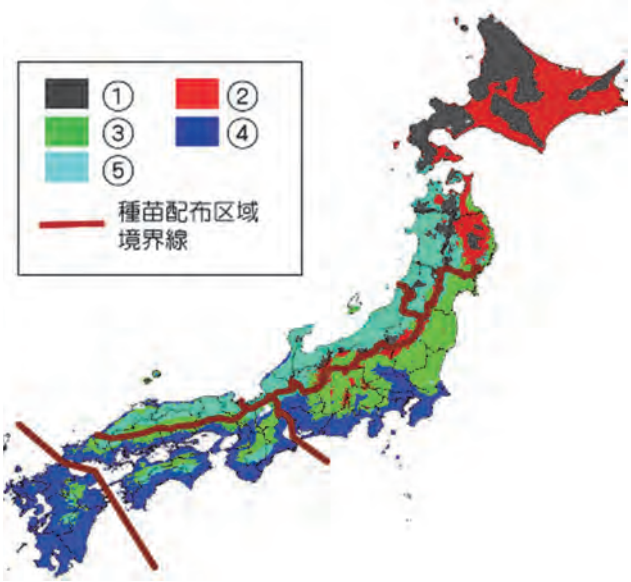
このように、品種開発段階におけるゲノム技術の活用による選抜技術の高度化、成長パターンの視点からの系統評価手法の活用による選抜系統の最適利用、選抜系統の早期普及と次世代化の高速化に向けた増殖技術の改良といった多段階、多面的な取り組みにより、従来長い年月を要するとされてきた林木育種に要する育種年限を短縮していくことが可能になってくると考えられる。

（高橋誠）

造林木の生育環境への適応性の評価

広域に分布する林木は、地理的な遺伝変異を示し、従来の分布地と異なる環境に種苗を移動すると適応できなくなることがあり、日本の主要造林樹種では、環境条件等の情報を基に、一定の範囲外に種苗を移動させることを制限する種苗配布区域が林業種苗法で設定されている。スギに関しては、天然林は青森県から鹿児島県まで幅広い地域に分布し、人工林はさらに北海道の道南地方にも及んでおり、種苗配布区域が 7 地域に区分されている。スギの種苗配布区域は、経験的には概ね適切と考えられてきたが、成長等の長期実証データの欠落、その他の科学的根拠に関する記録の不完全性などの問題があった。それゆえ、林木育種事業で収集した、長期実証試験（次代検定林）の調査データ（全国に設定した約 400 か所、80 万本のスギ精英樹の次代検定林における 10 年次調査データ）と、気象環境などの環境情報（公開されている気温や降水量、日照等の 7 気候要因の気候値メッシュデータ（約 38 万地点））を GIS 技術を用いて統合し、解析を行った。

まず、7 つの気象因子を基に主成分分析を行い、日本全国を大きく 5 つに区分し、現行の種苗配布区域と地図上で比較した（図−1）。環境区分①、②は北海道、東北など冷涼環境下、③、④は本州の太平洋側、四国、九州など温暖環境下、⑤は本州日本海側の多雪環境下に相当し、現在のスギ種苗配布区域の境界線は環境の分かれ目と概ね対応していた（図－ 1）。

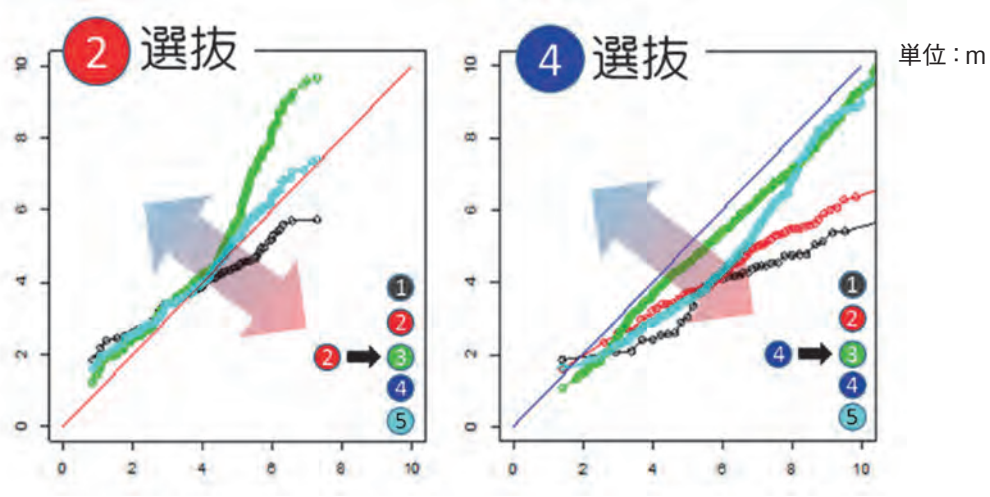


図－ 1　環境データからの日本の環境区分

次に、スギの異なる環境への適応性を検討するために、ある環境区分出身のスギ精英樹が異なる環境区分に植栽された場合の適応性（樹高成長の変化）を調べた。樹高成長は、冷涼環境下出身の精英樹が温暖環境下へ移動するとパフォーマンスが同等か向上する傾向があるのに対し、温暖環境下出身の精英樹は、冷涼環境下へ移動するとパフォーマンスが

同等か低下する（図－2）とともに、生存率が現地産種苗を下回る傾向があった。

本研究を通して、スギは産地により環境適応性が異なる可能性が示され、また、種苗配布区域が種苗の移動による不利益を防止する上で一定の有効性を持つことが示された。今後、遺伝子レベルの解析等も含め、環境適応に関するメカニズムに迫る研究への展開を目指す。



図－2　異なる環境への種苗の移動による樹高の変化
横軸：選抜地と同じ環境区分に植栽した場合の樹高
縦軸：選抜地と異なる環境区分に植栽した場合の樹高

（三浦真弘・花岡創）

無花粉（雄性不稔）スギに関する遺伝的基盤の研究

1. 研究の背景

1964 年に日光市で最初のスギ花粉症患者が報告されてから約 50 年経過したが、この間にスギ花粉症患者の数は劇的に増加し、患者の低年齢化も進んだ。2008 年の推計では、国民の 4 人に 1 人が花粉症患者であるとされている。花粉発生源を減少させることはスギ花粉症の重要な対策となる。林野庁は、2007 年 8 月に「花粉発生源対策のための新たなプログラム」を策定し、少花粉スギや無花粉スギの開発と普及を図っている。

無花粉スギとは、正常な花粉の発達が起こらないために花粉を飛散しないスギのことであり、1993 年に富山県で初めて発見された。現在では、7 県から 23 個体が選抜されている。無花粉スギの外見は通常のスギと変わらず、雄花もつける。雄花には変形した花粉が残存する個体もある。花粉に子孫を残す能力がないことから、雄性不稔スギともいう。モデル植物として遺伝学や分子生物学の知見が蓄積されているシロイヌナズナやイネでは、花や花粉形成に関わる遺伝子が多数報告されているが、裸子植物であるスギでの知見はほとんどない。

本研究は、無花粉スギの遺伝的基盤に関する研究を行い、スギの雄花形成や花粉発達の分子メカニズムを探ることを主な目的にしている。現在までに開発された無花粉スギの品種は地域的に偏りがあり、数も限られている。無花粉スギの遺伝的基盤を明らかにすることにより、遺伝子組換え等の新たな手法による花粉発生抑制技術の開発に貢献することが期待される。

2. 研究の経過

農林水産省「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」の一つとして、「スギ雄性不稔の品種改良と大量生産技術の確立」が、2004（平成 16）年度から 2006（平成 18）年度に行われた。無花粉スギの発見者である新潟大学の平英彰教授（当時）が統括責任者となり、雄性不稔の原因となる遺伝子と連鎖する DNA マーカーの開発や、原因遺伝子探索のためのスギ雄花からの遺伝子収集を森林総研が担当した。2006（平成 18）年度から 2008（平成 20）年度にかけて、同じく「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」として、森林総研が中核機関となって「スギ雄花形成の機構解明と抑制技術の高度化に関する研究」が行われた。

さらに、2008（平成 20）年から 2012（平成 24）年にかけて、林野庁の「遺伝子組換えによる花粉発生制御技術等の開発」のなかで、雄性不稔遺伝子の連鎖解析や、無花粉スギでの花粉崩壊過程における遺伝子発現研究を行った。並行して 2009（平成 21）年度から 2013（平成 25）年度にかけて生物系特定産業技術研究支援センターのイノベーション創出基礎的研究推進事業「スギ優良個体の選抜のためのゲノムワイドアソシエーション研究」においても雄性不稔遺伝子の詳細な連鎖解析をすすめ、雄性不稔個体の効率的な選抜マーカーの開発を行った。またゲノムワイドアソシエーション解析を用いて、雄花の着花

量と関連する遺伝子の探索を行い、遺伝マーカーを用いた優良なスギ品種の選抜が可能なモデルの作成を行った。

3. 研究の成果

3.1 スギ花粉及び雄花で発現する遺伝子の大量解析

雄性不稔は、花粉の発達過程で働く単一の遺伝子に異常があるために生じるものであるが、原因遺伝子の単離にあたっては、スギの雄花や花粉の発達過程で働く遺伝子群についての包括的な解析が必要になる。発現遺伝子の断片的な塩基配列情報（EST）は、機能遺伝子の情報を効率よく取得できることから、花粉形成等の器官発達の分子メカニズムの解析や DNA マーカーの開発に役立つ。

DNA の遺伝情報は mRNA に転写される。スギの成熟花粉及び発達段階の異なる雄花から抽出した mRNA（転写産物）を用いて、2 種類の cDNA ライブラリーを作製した。ひとつは成熟花粉から通常の方法で作製した cDNA ライブラリー、もう一つは雄花に由来する均一化した完全長 cDNA ライブラリーである。完全長 cDNA からは完全な機能をもつタンパク質の合成が可能であり、ゲノム配列情報との比較により構造遺伝子やプロモーター領域を決定できるという利点がある。さらに、均一化された cDNA ライブラリーでは、cDNA の重複が少ないために多くの種類の遺伝子情報を得ることができる。

通常の方法で作製した花粉 cDNA ライブラリーから 1,929 クローンに由来する 3,655 の EST を、雄花の完全長 cDNA ライブラリーからは 19,437 クローンに由来する 36,011 の EST を収集し、解析を行った。花粉 cDNA ライブラリーから収集した EST をクラスタ解析した結果、1,926 クローンは 1,365 の転写産物にまとめられた。一方、雄花完全長 cDNA ライブラリーに由来する 19,437 クローンの EST 情報は、10,463 の転写産物に相当した。収集した EST 情報については、カタログ化して機能付けを行い、森林生物遺伝子データベース（ForestGEN: http://forestgen.ffpri.affrc.go.jp）を通じて一般に公開している。本データベースは、裸子植物の基盤的な遺伝子情報を提供する情報源として活用されている。

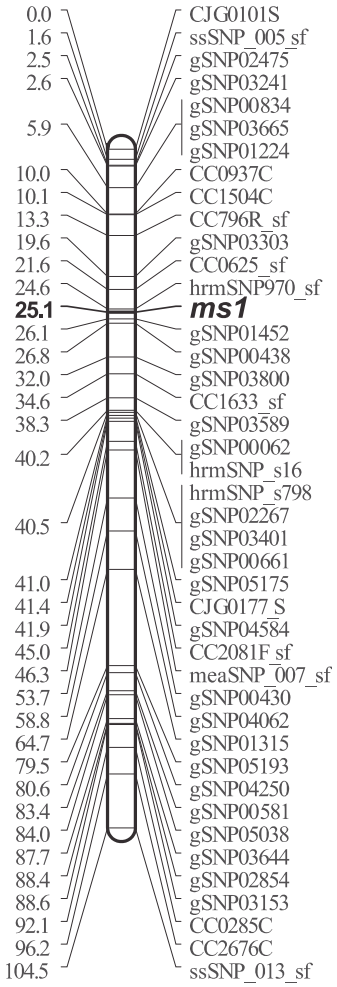
3.2 雄性不稔遺伝子と連鎖する DNA マーカーの開発

ある組織における転写産物（mRNA, トランスクリプト）の総体をトランスクリプトームと呼ぶが、超高速で塩基配列を決定できるハイスループットな新型シーケンサーが 2000 年台半ばから利用できるようになるとトランスクリプトームを解析することが比較的容易になってきた。トランスクリプトームの解析（RNA-Seq）では遺伝子の発現を網羅的に調べることが出来るだけでなく、同一の遺伝子における塩基配列の違い（遺伝的変異）を探索することも可能である。

スギの精英樹の実生から抽出した mRNA を用いて RNA-Seq を行い、1,333,444 本の配列を収集した。それまでに収集していた EST とあわせて、重複した配列をまとめて再構成した結果、81,284 本の配列にまとめることが出来た。これらの配列の中から遺伝マーカーとして有効なマイクロサテライトと呼ばれる繰り返し配列や塩基の置換に由来する遺

伝的変異（SNP）を探索した。その結果、3,694 本 （4.54%）の配列からマイクロサテライトが見出され、2,824 本の配列から 7,100 個の SNP を検出した。

RNA-Seq で見つけられた遺伝的変異やこれまでに大規模収集してきたスギの発現遺伝子の塩基配列情報を利用して、今後のスギのゲノム研究の基盤となる 2,431 個の 遺伝子から成る高密度連鎖地図を作製した。これは、針葉樹で最も多くの遺伝子で構成される連鎖地図で、非常に有用な情報を持っており、無花粉スギだけでなく、他の有用形質を持つスギについても、DNA 情報を利用した選抜手法を開発するための足がかりになる。スギ高密度連鎖地図の情報から、雄性不稔遺伝子（*ms1*）が第 9 連鎖群にあることを明らかにした（図－ 1)。一般的に、遺伝子と DNA マーカー は近いほど一緒に子供に遺伝する。Ms-1 の近くの DNA マーカーを用いることで、解析に使用した交配家系では 96% の精度で無花粉スギを正しく識別することができた。今回開発した DNA マーカーは、*ms1* をヘテロ接合体で持つ個体の家系内選抜も同程度の確率で行うことができると期待される。これにより、無花粉スギの選抜や新品種の作出にかかる労力や時間を大幅に削減し、花粉症対策品種の育種の加速化が期待できる。



図－ 1　雄性不稔遺伝子（ms1）の座乗する第 9 連鎖群の連鎖地図

（Moriguchi et al. 2012）

（左）上端マーカーからの相対距離（cm)、（右）遺伝マーカー名

3.3　雄性不稔遺伝子の発現機構の解明

これまでに 23 個体の無花粉スギが発見されているが、遺伝学的な解析から、少なくとも 4 種類の別々の原因遺伝子が存在することが明らかになっている。富山不稔 1 号、新大不稔 1 号、新大不稔 5 号という原因遺伝子が異なる 3 種類の無花粉スギについて、花粉の発達に異常が生じる過程を観察し、関係する遺伝子を探索した。3 種類の無花粉スギは、花粉が飛散する時期の 3 ヶ月前には、雄花の中の未成熟な花粉（小胞子）が崩壊したり変形したりしていることが明らかになった。無花粉スギの種類によって、花粉形成に異常が生じる時期や過程は異なっていた。

多数の遺伝子の発現を一度に解析することができる DNA マイクロアレイを用いて、約 2 万 2 千種類の遺伝子について発現量を解析し、3 種類の無花粉スギにおいて発現量が大きく変動する遺伝子を明らかにした。変動した遺伝子には、小胞子への物質の輸送や花粉壁の形成等に関わると見られるものがあった。これらの遺伝子のなかには、どの無花粉スギにおいても共通して発現量が変化した遺伝子と、特定の無花粉スギのみで発現量が変化した遺伝子があった。共通して発現量が変動した遺伝子は、正常な花粉の発達に関与する遺伝子であると考えられる。特定の無花粉スギで発現量が変動した遺伝子は、雄性不稔遺伝子と密接な関わりのある遺伝子である可能性がある。

4.　今後の課題

無花粉スギに関する遺伝的基盤に関する研究を通じて、スギ遺伝子情報の充実、雄性不稔の原因となる遺伝子の近傍マーカーの開発、花粉の発達過程で働く遺伝子の単離といった大きな成果を挙げた。しかし、原因遺伝子の直接の同定には至っていない。近年、塩基配列解析技術の急速な発達により、大量の塩基配列を低コストで解析できるようになった。ゲノムサイズが大きいために解析が困難であった裸子植物についても、全ゲノムの解析が俎上にのぼっている。DNA マーカーの更なる充実とゲノムの塩基配列解析によって、原因遺伝子の特定に至るのは間近である。本研究は、無花粉スギの効率的な選抜や、花粉を飛散しない優良なスギ品種の開発に道を拓いた。

（河原孝行）

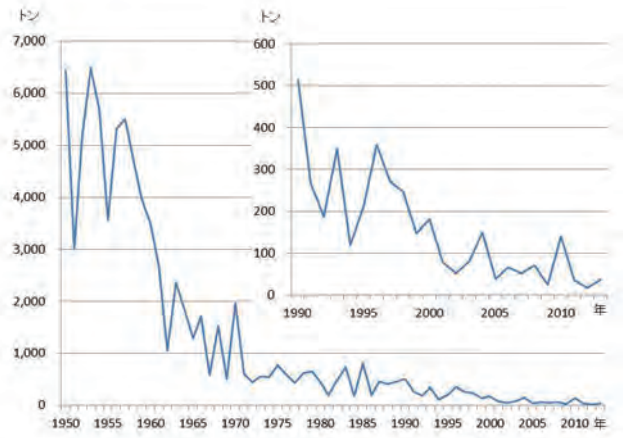
文　献

Moriguchi Y., Ujino-Ihara T., Uchiyama K., Futamura N., Saito M., Ueno S., Matsumoto A., Tani N., Taira H., Shinohara K. and Tsumura Y. (2012) The construction of a high-density linkage map for identifying SNP markers that are tightly linked to a nuclear-recessive major gene for male sterility in Cryptomeria japonica D. Don. BMC Genomics, 13, 95.

マツタケ栽培研究

1. マツタケ栽培研究の動向

マツタケは、未だに栽培技術が開発されておらず、野生で発生したものを利用してきたが、発生量が激減してきており、海外からの輸入量が増大し、平成 25 年の国内生産量は 37.8 トンで、国内消費量の 3%に過ぎなくなった（図－1）。マツタケは生きているマツの根に菌根を形成して共生する生態をとり、シイタケなどの木材腐朽菌のような人工培地上での栽培には成功していない。



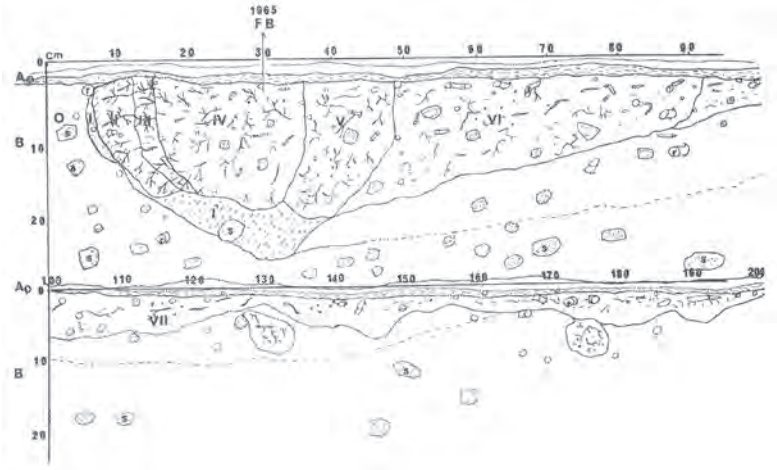
図－1　日本国内のマツタケ生産量の推移

20 世紀初頭に農商務省山林局林業試験所（現国立研究開発法人森林総合研究所）でマツタケの栽培研究が始まった。三村（1909）は、マツタケが外生菌根菌であること、発生地のマツ林の土壌、地形、植生等を明らかにした。さらに植木鉢で育てたマツに、マツタケ胞子を接種するなど、マツタケの繁殖を試みたが成功しなかった（図－2）。また京都大学の浜田稔を中心とする研究者により、マツタケの生理・生態的性質が調べられ、マツタケ菌糸の純粋培養法が開発されたことにより、マツタケ研究の基礎が築かれた（マツタケ研究懇話会 1964）。その後、マツタケ栽培を目的として、マツ林の施業、人工培養基による栽培、感染苗の作製と利用、遺伝子解析、遺伝子工学など、さまざま手法が試みられてきたが、現在までに有効な技術とされるのはマツ林の施業のみである。



図－2　林業試験報告（1909）

マツタケの生理・生態的特性として、マツタケのシロ（コロニー）は 2 つ以上のジェネット（同一遺伝子型の栄養繁殖集合体）から構成されることもあり、そのシロの中ではマツタケの菌根以外は見つからないが、シロが消えると多種多様な外生菌根菌がアカマツの根に共生を復活させる（宝月ほか 2008）。マツタケは生育に必要な養分分解酵素が極めて弱いが、βグルコシダーゼなど複数の糖質分解酵素を生産し、腐生的な性質も持っている（楠田 2015）。宿主のアカマツの根に含まれるフラボノイド（ナリンゲニン）がマツタケ菌糸の成長を促進させ、マツタケによる根の識別、菌根形成に関係している考えられることが判明した（藤原 2015）。



図－3　マツタケのシロの断面

2.　森林総合研究所におけるマツタケ栽培研究の成果

林業試験場時代の研究により（小川 1975a, 小川 1975b, 小川 1977a, 小川 1977b）、マツタケのシロの性質が解明され、その成果として、アカマツ林の施業によるマツタケ増産技術が開発された（マツタケ研究懇話会 1983）。近年のマツタケ研究で特筆すべき成果としては、以下が挙げられる。

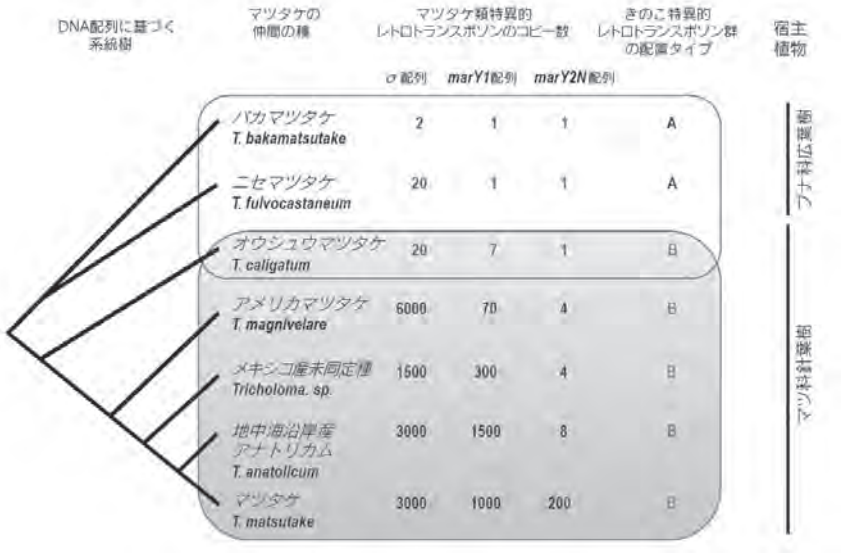
アジア産マツタケの DNA 原産国判別法の開発：日本で流通するマツタケの 95%以上は外国産であり、関税の施行・適正価格の設定のため、そのトレーサビリティー管理が求められている。アジア産、地中海沿岸産及び北米産のマツタケは分類学的な種も異なり、きのこの形態からそれぞれ区別がつくが、アジア産マツタケは同じ種で形態もよく似ているため区別が困難である。また、輸入量もアジア産がその大半を占め、中でも中国産は全体の 70%を占める。そのため、ア



図－4　レトロトランスポゾンに基づくマツタケの識別

ジア産マツタケのトレーサビリティー管理を可能にする DNA 原産国判別法を開発した。マツタケがアジア各地に生息域を拡げながら進化した過程を推定できる「レトロトランスポゾン」という DNA 配列を見つけ出し、これを指標にした。この分析法を使うことにより、試験したマツタケ 95 菌株で、日本産、韓国・北朝鮮産、中国北東部産、チベット地域産のマツタケを誤判率 5 %で識別が可能である（図－ 4）。また、極東地域産のマツタケ同士、あるいはチベット地域産のマツタケ同士は類縁性が非常に高いこと、その一方で極東地域産とチベット地域産の間には類縁性が低いことが判明した。

マツタケおよびマツタケの近縁種について、3 つの異なる分子情報（複数の DNA 塩基配列、マツタケ類特異的レトロトランスポゾンのコピー数、きのこ特異的レトロトランスポゾン群の配置タイプ）を用いて分析し、マツタケの仲間の関係を明らかにした。マツタケの仲間は遺伝的に大きく二つに分かれ、それぞれマツ科針葉樹を主な宿主とするグループとブナ科広葉樹を主な宿主とするグループからなる。マツ科樹木を主な宿主とするグループのうち、マツタケ、地中海沿岸や北アフリカのアナトリカム及びメキシコ産の未同定種は、非常に近縁であり、北米産の白いアメリカマツタケも近縁であることがわかった。マツ科樹木を宿主とするオウシュウマツタケは、マツタケ類特異的レトロトランスポゾンのコピー数やきのこ特異的レトロトランスポゾン群の配置タイプから、マツ科針葉樹を宿主とするグループとブナ科広葉樹を宿主とするグループとの中間にあることがわかった。ブナ科樹木を宿主とするバカマツタケやニセマツタケは、マツ科針葉樹グループのマツタケの仲間とは明らかに異った。この仲間が、マツタケ類の中で最も早く分化したと考えられた（図－ 5）。



図－ 5　マツタケ近縁種の類縁関係

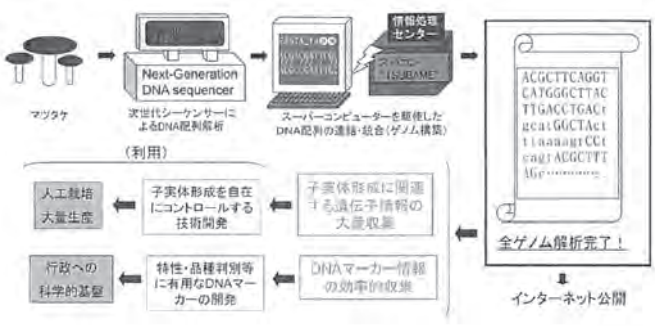
マツタケはアカマツなどのマツ科の樹種を宿主としているが、実験室内で広葉樹にシロを作らせることに成功した。熱帯産の樹木のセドロ（センダン科）は、培養細胞から簡単に無菌苗を作ることができるため、同じ親に由来するクローン苗を容易に使うことによ

り、実験結果の再現性が高くなる。培地にはマツタケが好む花崗岩土壌（山砂）に最低限の栄養源を添加したものを用いた。この培地で他の微生物がいない状態で約 4 ヶ月一緒に培養したところ、マツタケ菌糸はセドロの根と菌根を形成した。できたシロはアカマツーマツタケ菌糸のシロと同様の菌糸塊で、マツタケのシロ独特の芳香を発した。セドロの根の表面をマツタケ菌糸が被い、セドロの根はさかんに枝分かれした。セドロの根に侵入したマツタケ菌糸は主に根の細胞の隙間に侵入するとともに、細胞の中にも侵入する。マツタケ菌との共生が成立したセドロは良好に成長した（写真－ 1）。また、オオシマザクラ、シラカンバ、ドロノキなどの広葉樹ともマツタケは菌根を形成する能力を持っていることが判明した。



写真－ 1　マツタケが菌根を形成したセドロ
（左：無接種苗、中：感染苗、右上：菌根、右下：シロ）

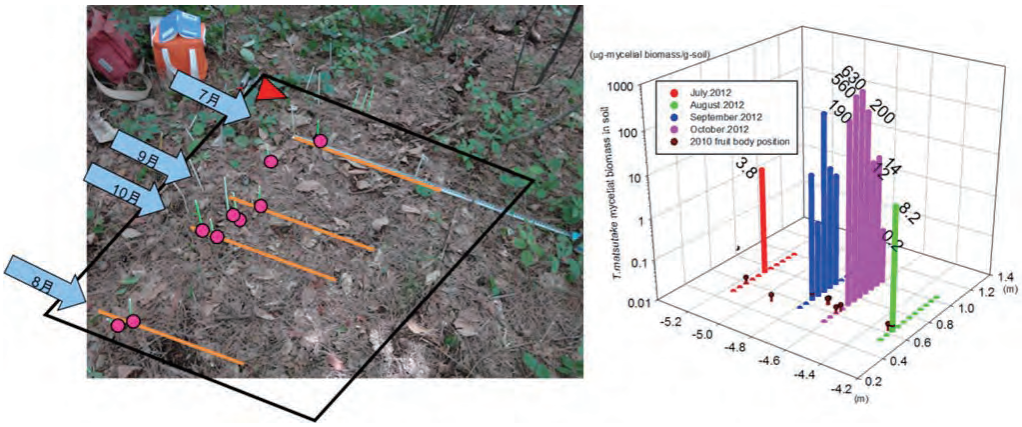
マツタケの人工栽培に向けた育種やマツタケが持つ生理学的側面の理解に役立てるため、マツタケが持つほぼすべての遺伝情報を網羅するゲノムデータベースを構築した。次世代シーケンサーを用いたゲノム解読により、マツタケゲノムは総塩基数約 145 メガ塩基、コンティグ総数約 28 万、推定約 2 万 8 千遺伝子を持ち、菌類としては巨大な染色体ゲノムを有していることが分かつた。核ひとつ当たりでは 7,000 ～ 8,000 万塩基と見積もられ、得られた DNA 塩基配列情報はマツタケのゲノム配列のほぼ全域をカバーしている



図－ 6　マツタケのゲノム解読と利用

と推定された（宮崎 2015）。このマツタケのゲノム情報は、ForestGEN（国立研究開発法人森林総合研究所森林生物遺伝子データベース）上で公開している（図－ 6）。

マツタケ DNA 指標とした定量法を用い、マツタケ菌糸群であるシロの菌糸量を、DNA を指標として定量する技術を開発した。マツタケでは増幅され、近縁種（マツタケモドキ、バカマツタケ、ニセマツタケ、アメリカマツタケ）および他のきのこ（ホンシメジ、キシメジ、ハツタケ、ハラタケ、ヌメリイグチ、テングタケなど）では増幅されない特異性を持つ、マツタケ定量プライマーを設計した。このプライマーは、菌糸量と DNA 定量値との間に高い相関関係が得られ、本プライマーを用いた DNA 定量による土壌中に存在するマツタケ菌体量を推定できる。発生地におけるシロ近傍土壌のマツタケ菌糸量を、7 月～ 10 月に調査したところ、岩手・京都の両地点で 9 月及び 10 月で急激に菌糸量が増す様子が把握できた。この結果、シロを破壊することなく、マツタケ菌糸の分布、菌糸体量の変化から、マツタケのシロにおける菌糸の挙動を把握することが可能になった（図－ 7）。



図－ 7　土壌中のマツタケ菌糸量の位置・月別の測定

3.　今後の課題

マツタケ栽培の手法として、人工管理下での栽培と林地を利用した栽培が考えられる。前者には、人工培地にマツタケ菌だけを培養して子実体を作らせる手法と、マツタケを施設内で宿主のマツと菌根を形成させて育てる手法がある。いずれの場合も、ある程度の大きさにマツタケ菌糸体を育てることに成功したことにより、今後、子実体発生条件の解明が待たれている。林地を利用した栽培技術は、マツタケ感染苗の作製・定着技術の改良と、シロの活性を促進する技術の開発にかかっている。そして、生育が旺盛で子実体を作りやすい栽培に適したマツタケ菌株の選抜・育種を進めることによりマツタケ栽培の実現に結びつける。

なお、平成 27 年度より農林水産省プロジェクト研究「森林資源を最適利用するための技術開発　高級菌根性きのこ栽培技術の開発」で、マツタケとトリュフの栽培技術開発のための研究が実施されている。

（根田仁）

文　献

藤原直哉（2015）マツタケ菌糸の成長促進物質, JATAFF ジャーナル, 3(7), 19-23.
宝月岱造・練春蘭　他（2008）地面の下のマツタケ生態学, 森林科学, 53, 33-34.
楠田瑞穂（2015）マツタケが利用する栄養分, JATAFF ジャーナル, 3(7), 13-18.
マツタケ研究懇話会（1964）マツタケ－研究と増産－, マツタケ研究懇話会, 223pp.
マツタケ研究懇話会（1983）マツタケ山のつくり方. 創文, 163pp.
三村鐘三郎（1909）松蕈人工繁殖試験 . 林業試験報告, 7, 93-108.
宮崎安将（2015）マツタケゲノムの解読とその人工栽培への利用, JATAFF ジャーナル, 3(7), 8-12.
村田仁（2015）マツタケ感染苗の作製, JATAFF ジャーナル, 3(7), 24-29.
小川真（1975a）アカマツ林における菌根菌－マツタケ－の微生物生態学的研究 I マツタケのシロ . 林業試験場研究報告, 272, 79-121.
小川真（1975b）アカマツ林における菌根菌－マツタケ－の微生物生態学的研究 II マツタケの菌根 . 林業試験場研究報告, 278, 21-49.
小川眞（1977a）アカマツ林における菌根菌－マツタケ－の微生物生態学的研究 III マツタケのシロ土壌と菌根における菌類相. 林業試験場研究報告, 293, 105-170.
小川眞（1977b）アカマツ林における菌根菌－マツタケ－の微生物生態学的研究 IV 菌類社会におけるマツタケのシロ. 林業試験場研究報告, 297, 59-104.

広葉樹における遺伝的多様性の評価手法の開発

1. 背景と目的

生物多様性の保全やその持続可能な利用に対する社会的な関心が高まっている中、林野庁は2008年に外部有識者から成る「森林における生物多様性保全の推進方策」検討会を設置して、今後の森林の生物多様性保全及び持続可能な利用に向けた方策等の検討を重ねた結果をまとめた。この報告書によると、広葉樹については、保存点数の少ないものは収集・保存を進めるとともに、広葉樹の植栽に際し、種苗が本来の生育地域以外から持ち込まれた場合に地域固有の遺伝的多様性に影響を及ぼす恐れがあることを考慮し、広葉樹の遺伝的変異に関する研究の成果を踏まえた遺伝子攪乱の抑制に向けたガイドラインの作成が必要であるとしている。

広葉樹の遺伝的変異に関する研究は、核DNAや葉緑体DNAの遺伝マーカーを用いたDNA分析技術の開発に伴い急速に進み、ブナ等の広域分布種について地域間の遺伝的分化パターンが明らかにされてきた。2011年には、森林総合研究所により、こうした成果をもとにブナ、ケヤキ、ミズナラ等10種の広葉樹について「広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン」がとりまとめられ公表された。このことによって、前出の広葉樹については遺伝子攪乱の抑制が進むと期待されるとともに、科学的視点に基づいた遺伝的多様性の保全を実施するための手掛かりとしての活用も期待される。しかし、我が国では広域に分布する広葉樹の種数が比較的多く、かつ近年の自然再生の目的で植栽される広葉樹には従来植林に用いられることの少なかった種も含まれる。このため、それら広葉樹の中の主要な樹種については、遺伝的多様性の評価手法を開発して、地域間の遺伝的分化パターンを明らかにする必要がある。

そこで本事業では、我が国に広く分布して造林にも用いられ始めている広葉樹の中で、DNA分析による地理的な遺伝変異の研究に着手していなかったシラカンバ、ダケカンバ、コナラ、ホオノキ及びコブシを対象に核DNAや葉緑体DNAの遺伝マーカーを用いて遺伝的多様性を評価する手法を開発すること、さらに、各樹種について、その分布地域の主要な集団から網羅的に試料を採取して分析を行うことにより、地域間での遺伝的分化パターンを明らかにすることを目的とした。これらの情報を基に、各樹種の種苗の配布区域が確定されることにより、地域固有の遺伝変異に考慮した種苗を用いた植林が進み、植栽失敗のリスク軽減や遺伝子攪乱の抑制に寄与するものと期待される。また、本事業による成果は、それぞれの樹種の遺伝的多様性をどのように保全するのかを検討する際の基礎情報となるものであり、効果的な遺伝資源保全策の作成への活用も期待される。

2. 研究の成果

各樹種とも日本の天然分布域を網羅するようにサンプリングを行った。シラカンバでは46集団1,117個体、コナラでは44集団1,032個体、ホオノキでは41集団1,180個体を分析対象とした。シラカンバおよびホオノキの対照として、それぞれの近縁種であるダケカ

ンバ、コブシについても分析を行った。既に開発された遺伝マーカーの中から適応可能なものを選定するとともに、必要に応じて新たな遺伝マーカーを開発した。これらの遺伝マーカーを使用して全国集団の遺伝的多様性と遺伝構造の解析を行い、以下の結果を得た。

1）シラカンバ

シラカンバは北海道、本州北部および本州中部に分かれて分布する。遺伝的多様性は北海道の集団が本州集団に比べ高かった。核 DNA の解析では天然分布パターン同様、遺伝的組成が 3 地域間で明瞭に異なることが明らかになった。葉緑体の DNA 解析では北海道で検出された 4 つのハプロタイプすべてが観察されたが、本州ではそれらのうちひとつのみが検出された。

2）コナラ

コナラは北海道の南部から本州、四国、九州の種子島にわたって広く分布している。遺伝的多様性は南の集団ほど高い傾向があった。核 DNA では北海道から九州にかけて遺伝的組成がゆるやかに移り変わっていくパターンが観察されたが、明瞭な遺伝的境界は認められなかった。一方、葉緑体 DNA では、本州の中部地方を境として、東日本、西日本で遺伝的に分化していた。

3）ホオノキ

ホオノキは北海道、本州、四国、九州に広く分布している。遺伝的多様性は南西集団ほど高く、逆に北東集団ほど低い傾向が見られた。核 DNA の解析では、おおむね本州の東北地方南部から中部地方にかけての地域を境として、北東と南西に分かれる遺伝的構造が生じていた。葉緑体 DNA については北海道を含む本州太平洋側、近畿から九州、東北から近畿にかけての日本海側の 3 地域で優占するハプロタイプが異なることが既往の報告（Iwasaki et a1.2012）で明らかにされているが、核 DNA における傾向はこれと異なるものであった。

3. 種苗流通のゾーニング

平成 23 年に森林総合研究所が公表した「広葉樹の種苗の移動に関する遺伝的ガイドライン」で示された基準に準拠して、シラカンバ、コナラ、ホオノキの種苗の配布区域のゾーニングを行った。具体的には、

1. 分布域が広範な多くの集団を解析した樹種について、核 DNA 及び葉緑体 DNA の調査結果で共通に明瞭な遺伝的分化が見られるところでは種苗の移動を強く制限すること。
2. 分布域が広範な多くの集団を解析した樹種について、核 DNA 及び葉緑体 DNA の調査結果にて、片方にのみ明瞭な遺伝的分化が見られるところには、種苗の移動をなるべく避けること。

の 2 点に基づいてゾーニングすることとした。

以下に、本プロジェクトの成果に基づいて提案するシラカンバ、コナラ、ホオノキの種苗配布のゾーニングの結果を示す。

1）シラカンバ

核 DNA では北海道、本州北部および本州中部の 3 地域間で明瞭に遺伝的組成が異なっ

ていた。一方、葉緑体の DNA 解析で検出された 4 つのハプロタイプのうち 3 つは北海道においてのみ観察され、本州では単型であった。北海道と本州とでは葉緑体 DNA・核 DNA ともに遺伝的組成が異なっているため、津軽海峡をまたいだ種苗の移動は強く制限することが望ましい。また、核 DNA では、東北地方南部のシラカンバの空白域を境として、本州においても明瞭な地域間分化が認められた。したがって、本州北部と本州中部をまたいだ種苗の移動もなるべく避けることが望ましい。

2）コナラ

核 DNA では北海道から九州にかけて遺伝的組成がゆるやかに移り変わっていくパターンが観察されたが、明瞭な境界は認められなかった。一方、葉緑体 DNA では、本州の中部地方を境として、東西で遺伝的分化が生じていた。ハプロタイプの分布パターンを考慮すると、富山県から静岡県を結ぶ線をまたいだ種苗の移動はなるべく避けるべきだと考えられる。ただし、西日本に多いハプロタイプが南部で、東日本に多いハプロタイプが北部でそれぞれ確認されている長野県付近、および西日本に多いハプロタイプと東日本に多いハプロタイプの双方が確認された神奈川県付近については、今後より詳細な遺伝構造の解析を行う必要がある。

3）ホオノキ

ホオノキの核 DNA ではおおむね本州の東北地方南部から中部地方にかけての地域を境として、北東と南西に分かれる遺伝的構造が生じていた。一方、Iwasaki et al.（2012）による葉緑体 DNA の解析では北海道を含む本州太平洋側、近畿から九州、東北から近畿にかけての日本海側とそれぞれの地域で異なる傾向が認められた。両者の結果を照らし合わせると、以下に示す 5 つの地域間での種苗の移動はなるべく避けることが望ましい：（1）北海道、東北地方太平洋側および関東地方。（2）東北地方日本海側。（3）新潟から鳥取にかけての日本海側地域。（4）中部地方・東海地方。（5）近畿地方、中国地方、四国、九州。

4. 今後に向けて

広葉樹種苗の配布区域のゾーニングにおいては、本来、中立な遺伝的変異のデータだけでなく、適応的な量的形質のデータも基礎情報として用いることが望ましい。しかし、対象樹種について適応的形質に関するデータを得るためには、産地別種苗の生育試験を全国で長期間にわたって行う必要がある。本事業では、今後の広葉樹種苗の配布区域設定への足がかりとして、短期間で得られる中立な遺伝的変異のデータを集積し、それらのみに準拠したゾーニングを試みた。今後は、さまざまな情報を活用し、林業用種苗の生産や流通がおおむね都道府県を単位で活動していることも含めた多方面の視点からの検討によって、より実地に即した広葉樹種苗のゾーニングを進めていくことが望まれる。

（生方正俊）

文　献

Iwasaki T, Aoki K, Seo A, Murakami N (2012) Comparative phylogeography of four component species of deciduous broad-leaved forests in Japan based on chloroplast DNA variation. Journal of Plant Research, 125, 207-221.

遺伝子組換えによるスギの雄性不稔化

1. 試験研究の動向

スギ花粉症は現在では国民の 4 人に 1 人が罹患していると言われており、我が国の大きな社会問題の一つとなっている。これまでに、自然界からスギ雄性不稔変異体が幾つか単離され、これらの変異体を用いて成長や材質等の林業上重要な形質に優れるスギへの雄性不稔形質の導入が進められている。しかし、雄性不稔形質の多くは劣性形質であり、交雑育種には膨大な時間を必要とする。一方、遺伝子組換え技術は目的の品種に特定の形質のみを付与できる利点があるため、交雑育種に時間を要する林木において、育種年限を大幅に短縮することが期待できる。遺伝子組換えによる雄性不稔化は、農業の場面において F_1 ハイブリットを効率的に作製する目的で 1990 年代から開発が進み、現在では世界で商業栽培される遺伝子組換えナタネの多くに導入されている。林木ではポプラ、ユーカリ、マツ（*Pinus rigida* × *P. taeda*）等で遺伝子組換えによる雄性不稔化がなされており（Zhang et al. 2012, Elorriaga et al. 2014）、これらは野外での栽培試験に至っているが、スギでは未開発であった。ここでは、森林バイオ研究センターで実施した遺伝子組換えによるスギの雄性不稔化について紹介する。

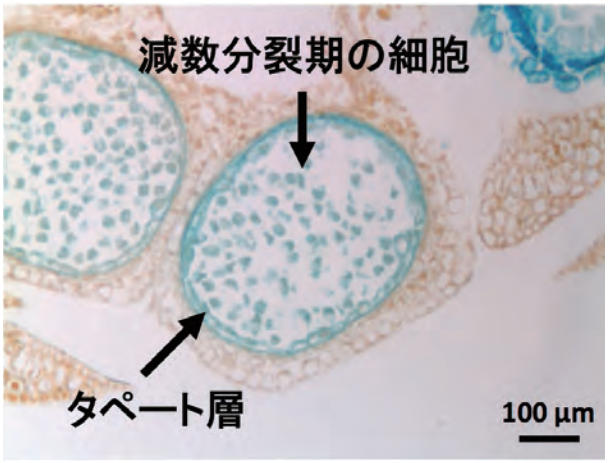
2. 研究の成果

2.1 スギ雄花特異的遺伝子のプロモーターの単離

花粉は雄性生殖器官のタペート層と呼ばれる花粉を取り囲む細胞層から発達に必要な栄養分を受け取るため、タペート層が破壊されると花粉は発達することができない。被子植物において、バチルス菌（*Bacillus amyloliquefaciens*）由来のバルナーゼと呼ばれる細胞の機能を抑制する RNA 分解酵素遺伝子をタペート層で発現させることで、雄性不稔化に成功した研究例があり、本手法をスギへ応用することにした。バルナーゼ遺伝子をタペート層で発現させるには、遺伝子発現の時期や部位などを制御しているプロモーターと呼ばれる DNA 配列を利用する。そこで、スギの雄花特異的に発現する遺伝子のプロモーターを単離することにした。雄花特異的な遺伝子の単離にはサブトラクション法を用い、雄花で発現している遺伝子からシュートで発現する遺伝子を差し引くことによって、雄花に特異的に発現する遺伝子 *CjMALE1* の単離に成功した。*CjMALE1* から TAIL-PCR 法によりプロモーター領域を単離し、レポーター遺伝子である *GUS* 遺伝子と連結してスギに遺伝子導入したところ、本プロモーターは雄花の減数分裂期以降のタペート層と減数分裂期から四分子期までの将来花粉となる細胞で機能することが明らかとなった（写真－ 1）（Kurita et al. 2013）。

2.2 スギへの遺伝子導入と雄性不稔性の評価

初期の研究で *CjMALE1* プロモーターにバルナーゼ遺伝子を連結し、スギへ遺伝子導入したところ、遺伝子組換え体はほとんど得ることができず、また、わずかに得られた遺伝

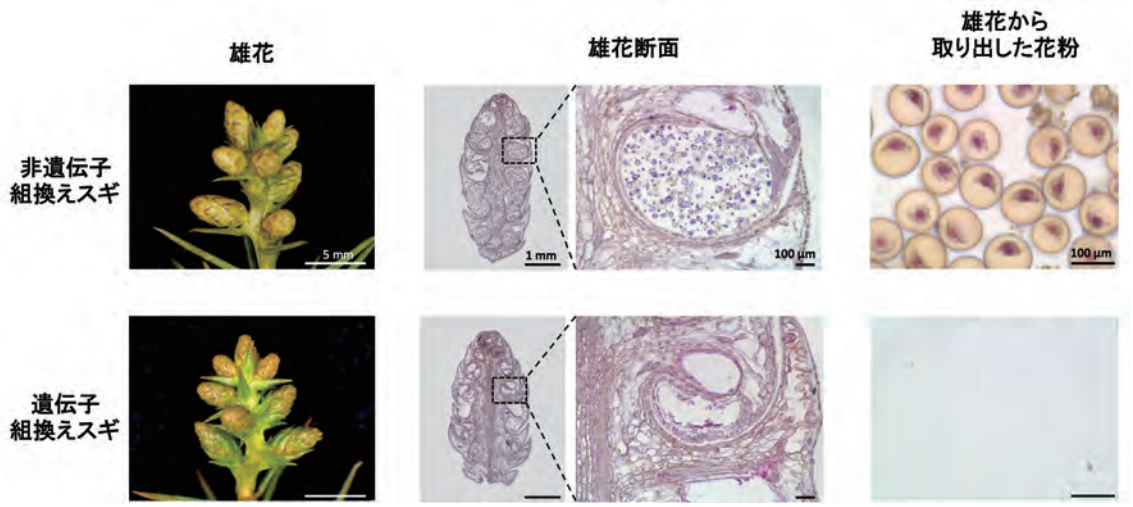


写真－１　*CjMALE1* プロモーターの GUS 遺伝子を用いた発現解析
スギ雄花内の花粉嚢の横断切片像。青色の部分はプロモーターが機能する細胞を示す。

子組換え体には形態異常が観察された。これは *CjMALE1* プロモーターのスギ雄花における発現特異性は高いものの、雄花以外の栄養器官で異所的にバルナーゼ遺伝子が発現したことが原因であると推定された。そこで、バチルス菌においてバルナーゼの阻害因子として働くバルスターを用いて、雄花以外の組織におけるバルナーゼ活性を阻害することとし、バルナーゼ遺伝子とバルスター遺伝子を組み合わせたベクターを構築した。バルスターを発現させるためのプロモーターは、植物体全体で機能することが知られている *NOS* 遺伝子のプロモーターを使用し、*CjMALE1* プロモーターとバルナーゼ遺伝子、*NOS* プロモーターとバルスター遺伝子をそれぞれ連結させた。本ベクターを用いてスギへ遺伝子導入したところ、容易に遺伝子組換え体が得られた。得られた遺伝子組換えスギは外気の通風が可能で遺伝子組換え植物を育成できる温室である特定網室で栽培し、ジベレリンの噴霧処理により着花誘導させ、およそ半年後に花粉形成能力を評価した。その結果、本遺伝子組換えスギは花粉嚢の内部が空洞化しており、花粉を全く形成しない完全な雄性不稔であることが明らかとなった（写真－ 2)。雄花の形成過程に沿って経時的な組織学的観察を行ったところ、タペート層の細胞が分化初期に空胞化し、花粉母細胞は減数分裂に移行せず、花粉成熟期までには花粉嚢内部の細胞が完全に崩壊していた。したがって、本遺伝子組換えスギはタペート層と将来花粉となる細胞の両者において、分化のごく初期に機能停止もしくは崩壊することで強い不稔性を誘起していると推定された。また、本遺伝子組換えスギは 2 年間の特定網室における栽培において非組換えスギと同等の成長速度を示し、雄性不稔性も安定的に維持されていた。

3.　今後の課題

本研究により、スギに意図したとおりの形質を付与できたことは、今後、遺伝子組換え技術を用いて様々な望ましい形質をスギに付与できる可能性を示している。また、スギの雄性不稔化技術は花粉症対策だけでなく、遺伝子組換え体を野外栽培する際の花粉を介した遺伝子拡散を防止するための技術としても重要である。一方で、林木は開放環境である



写真－2　遺伝子組換えスギの雄花と花粉

遺伝子組換えスギは非遺伝子組換えスギと同様に雄花を着花する。しかし、雄花断面を観察すると花粉嚢内部は空洞化しており、雄花を潰しても花粉は全く検出されない。

山林等で数十年にわたり長期栽培されるため、種子を介した遺伝子拡散防止も必要となることが想定される。今後は雌性不稔性もしくは両性不稔性を付与する技術も必要となるであろう。本研究で作出された雄性不稔スギが野外においても非遺伝子組換えスギと同等に生育し、安定して雄性不稔性が維持されるか調査するため、2015 年 4 月より隔離ほ場における野外栽培試験を開始した。本研究成果を花粉症対策へつなげるためには、環境への影響評価を進めるとともに、遺伝子組換え技術についての社会的理解を深めていく必要があり、行政を交えた実用化の推進が望まれる。

（小長谷賢一）

文　献

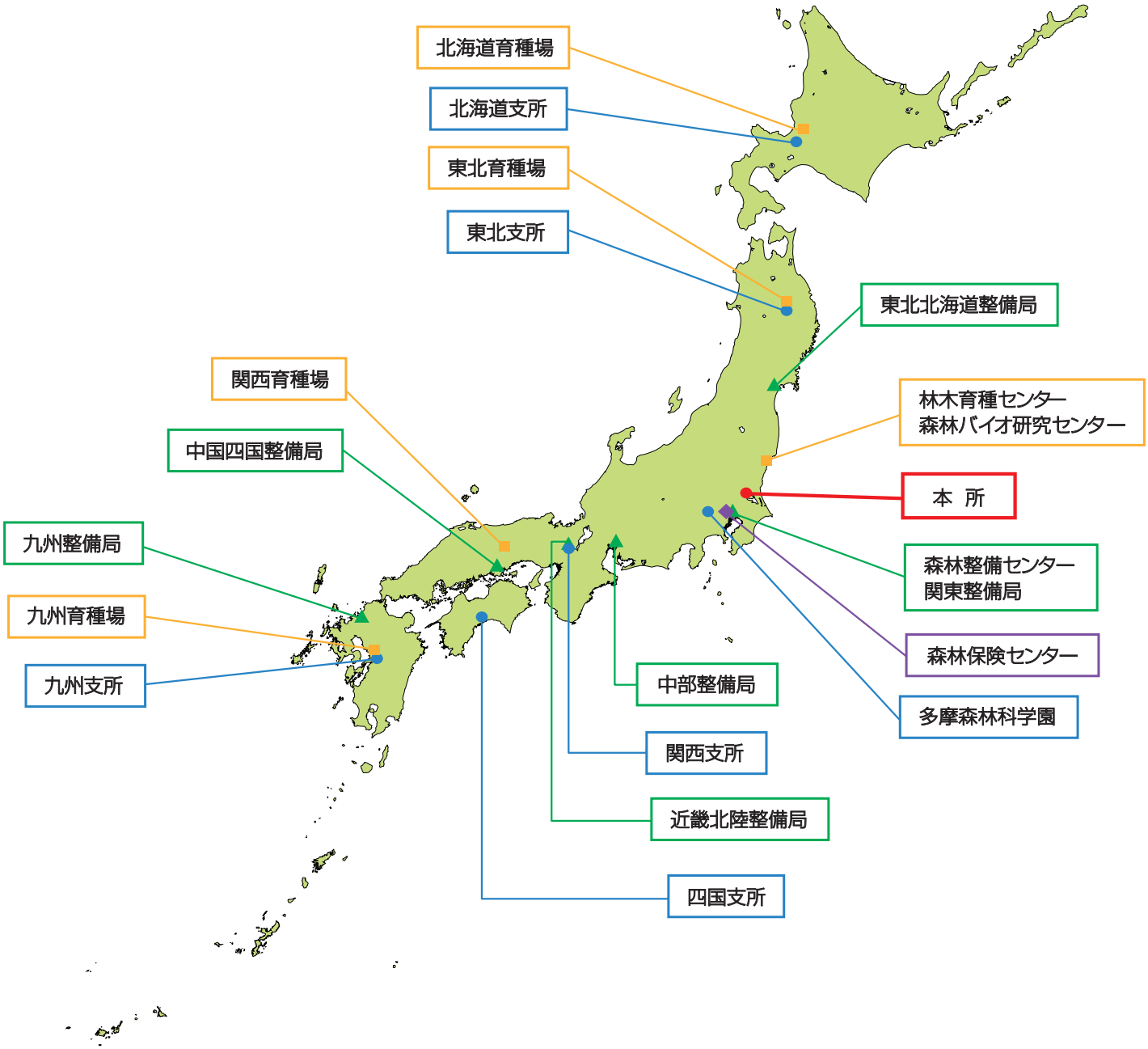
Elorriaga, E., Meilan, R., Ma, C., Skinner, J. S., Etherington, E., Brunner, A. and Strauss, S. H. (2014) A tapetal ablation transgene induces stable male sterility and slows field growth in *Populus*. Tree Genet. Genomes, 10, 1583-1593.

Kurita, M., Konagaya, K., Watanabe, A., Kondo, T., Ishii, K., and Taniguchi, T. (2013) The promoter of an *A9* homolog from the conifer *Cryptomeria japonica* imparts male strobilus-dominant expression in transgenic trees., Plant Cell Rep. 32, 319-28.

Zhang, C., Norris-Caneda, K. H., Rottmann, W. H., Gulledge, J. E., Chang, S., Kwan, B. Y-H., Thomas, A. M., Mandel, L. C., Kothera, R. T., Victor, A. D., Pearson, P. and Hinchee, M. A. W. (2012) Control of Pollen-Mediated Gene Flow in Transgenic Trees., Plant Physiol. 159, 1319-1334.

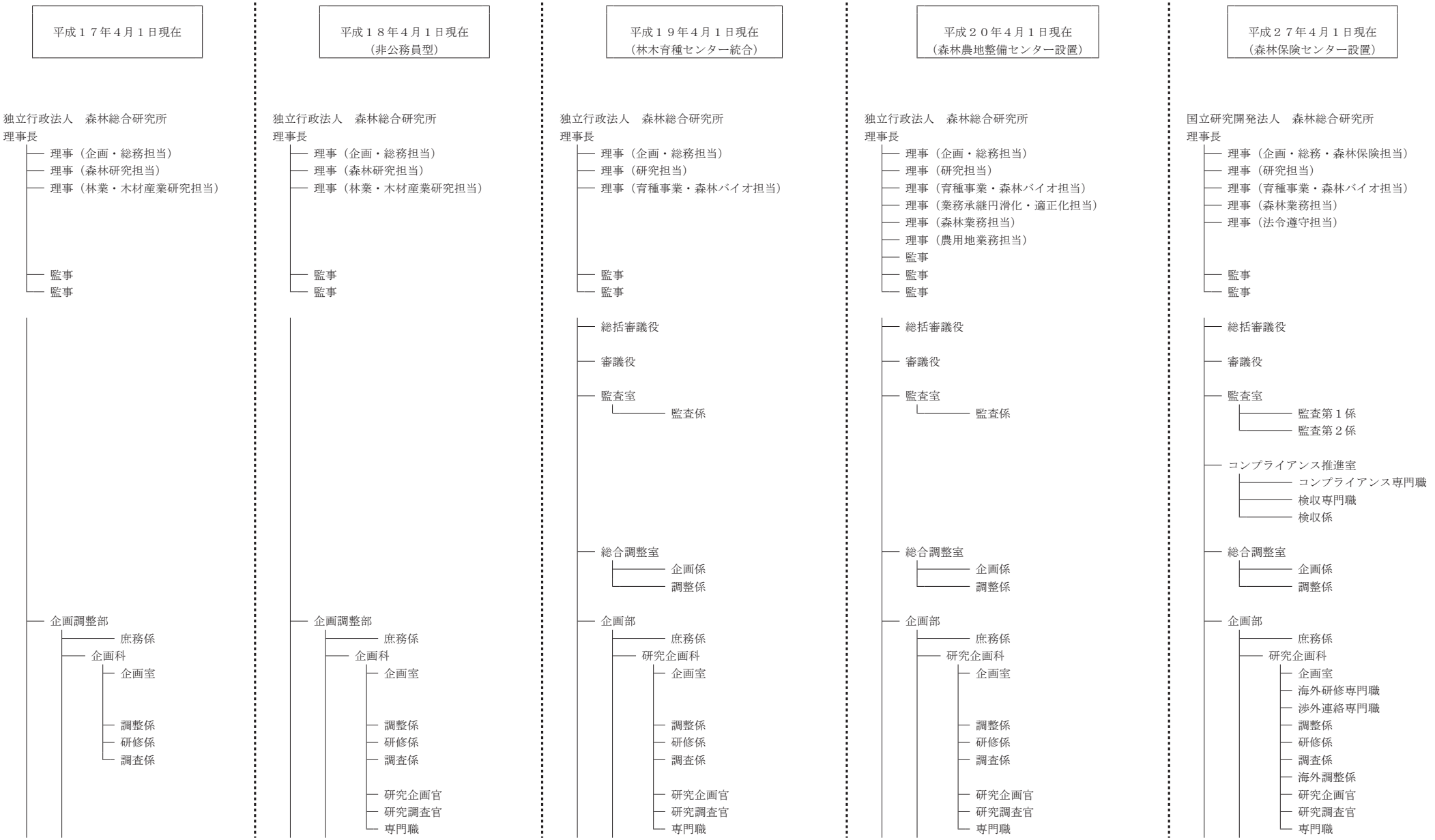
Ⅶ. 付図・付表

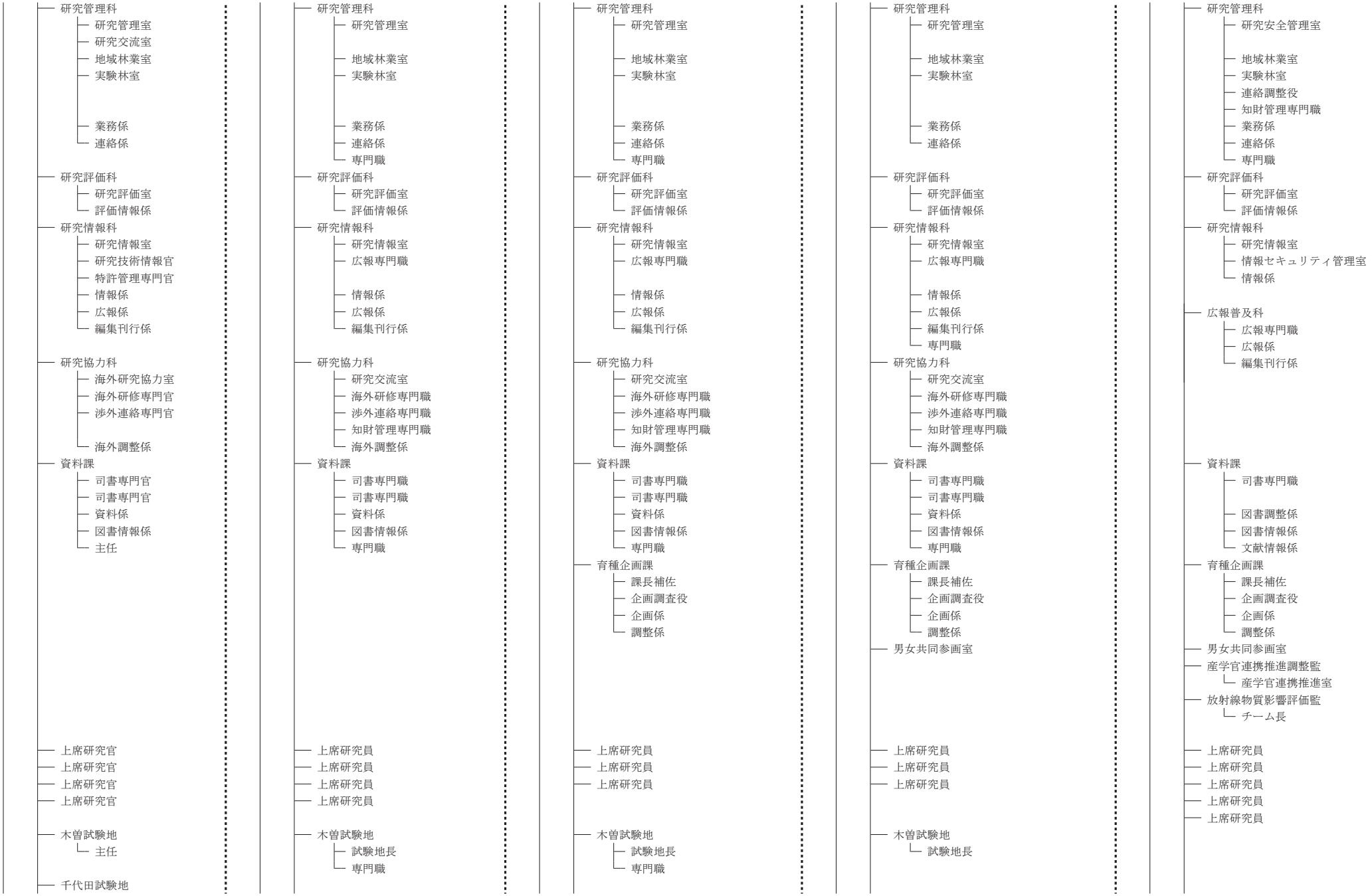
1. 森林総合研究所位置図

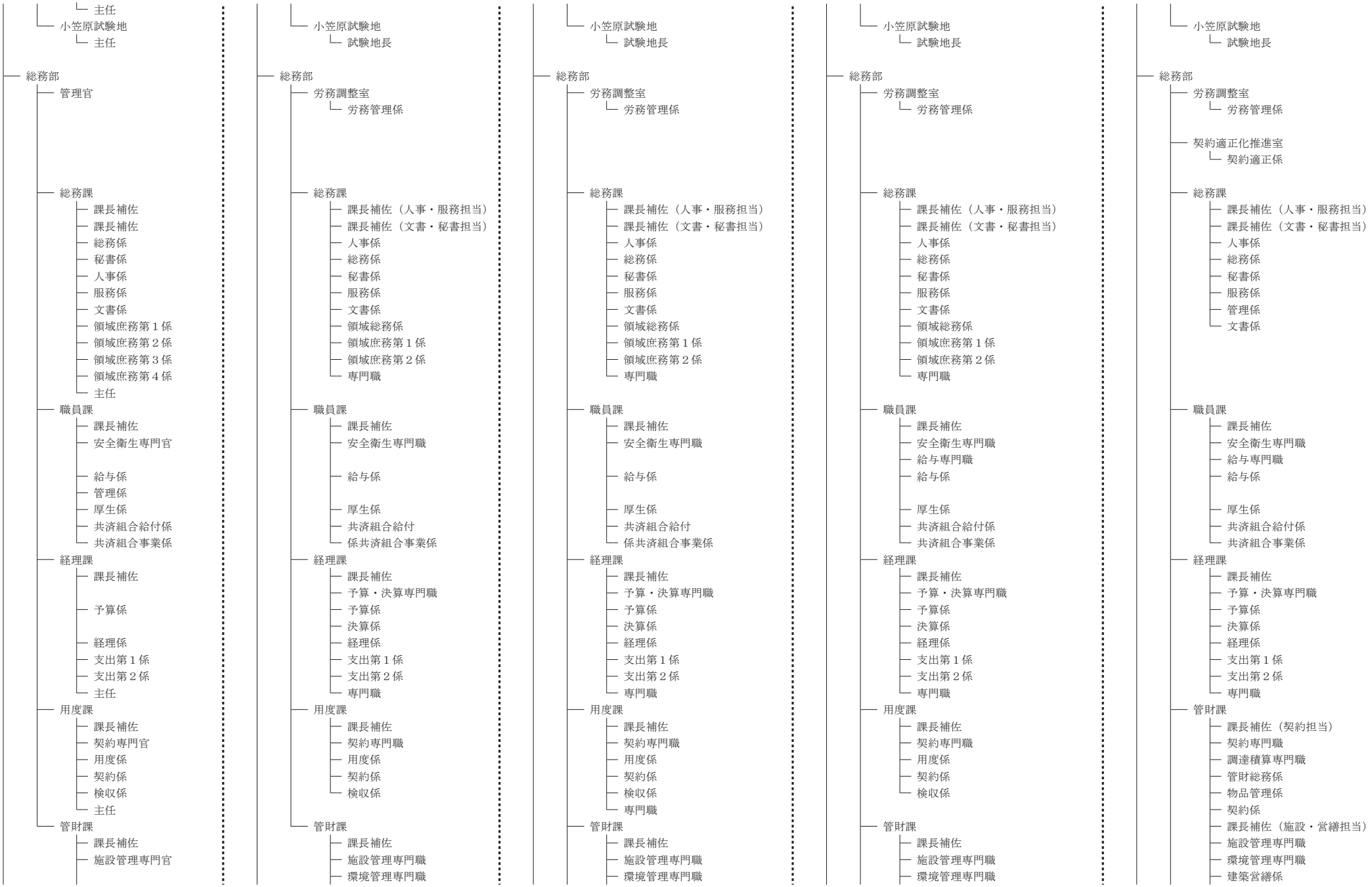


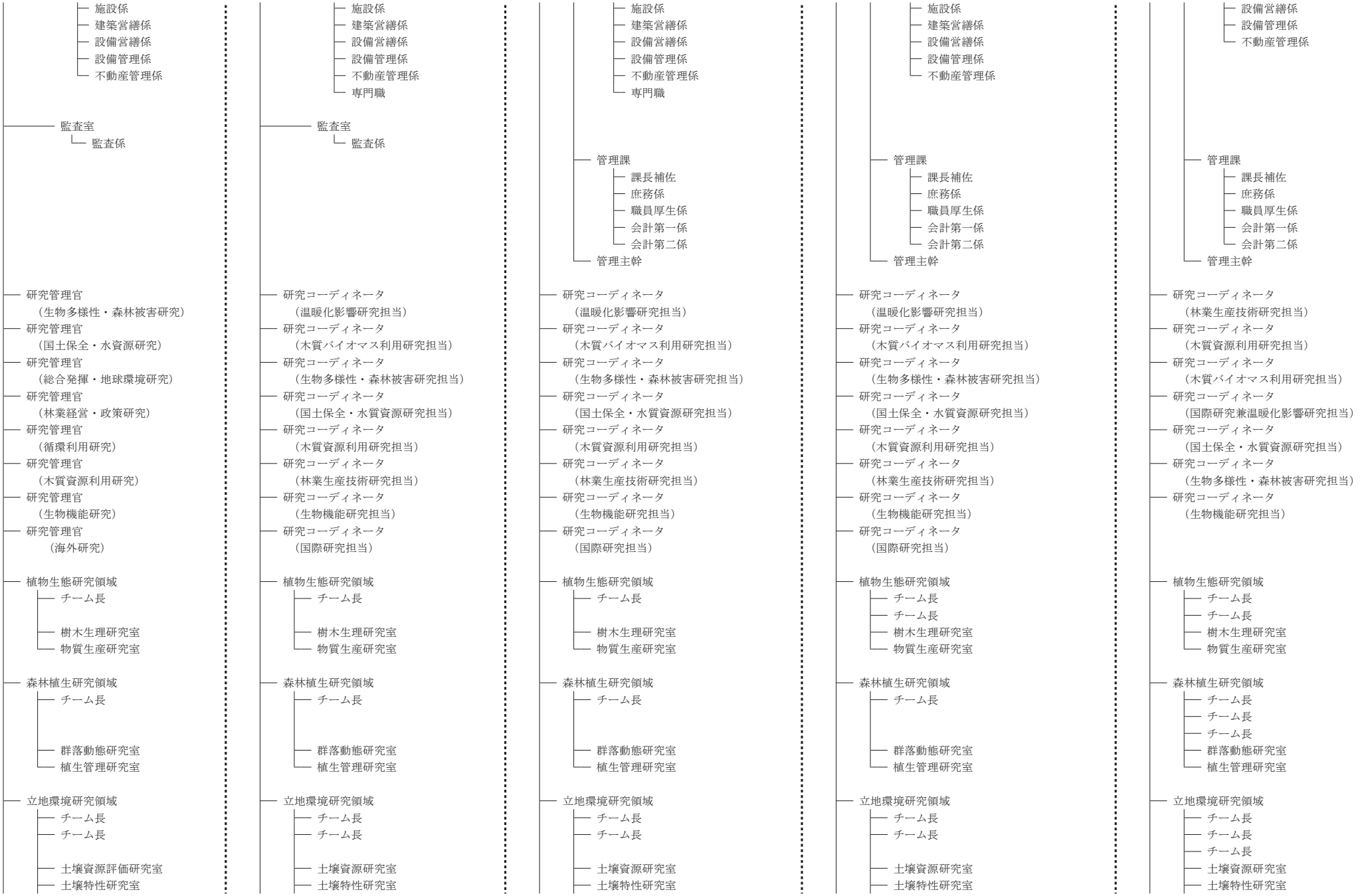
名　　称	所　在　地
●森林総合研究所	茨城県つくば市松の里 1 番地
●北海道支所	北海道札幌市豊平区羊ケ丘 7 番地
●東北支所	岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷 92 番 25 号
●関西支所	京都府京都市伏見区桃山町永井久太郎 68 番地
●四国支所	高知県高知市朝倉西町 2 丁目 915 番地
●九州支所	熊本県熊本市中央区黒髪 4 丁目 11 番 16 号
●多摩森林科学園	東京都八王子市廿里町 1833 番 81 号
■林木育種センター 森林バイオ研究センター	茨城県日立市十王町伊師 3809 番 1
■北海道育種場	北海道江別市文京台緑町 561 番地 1
■東北育種場	岩手県滝沢市大崎 95 番地
■関西育種場	岡山県勝田郡勝央町植月中 1043 番地
■九州育種場	熊本県合志市須屋 2320 番 5
◆森林保険センター	神奈川県川崎市幸区堀川町 66 番地 2 （興和川崎西口ビル 9F）
▲森林整備センター	神奈川県川崎市幸区堀川町 66 番地 2 （興和川崎西口ビル 11F）
▲東北北海道整備局	宮城県仙台市青葉区上杉 5 丁目 3 番 36 （第三勝山ビル）
▲関東整備局	神奈川県川崎市幸区堀川町 66 番地 2 （興和川崎西口ビル 11F）
▲中部整備局	愛知県名古屋市中村区名駅 4-2-25 （名古屋ビルディング東館内）
▲近畿北陸整備局	京都府京都市下京区五条通大宮南門前町 480 番 （富士火災京都ビル内）
▲中国四国整備局	岡山県岡山市北区下石井 2-1-3 （岡山第一生命ビル内）
▲九州整備局	福岡県福岡市博多区博多駅前 3-2-1 （日本生命博多駅前ビル内）

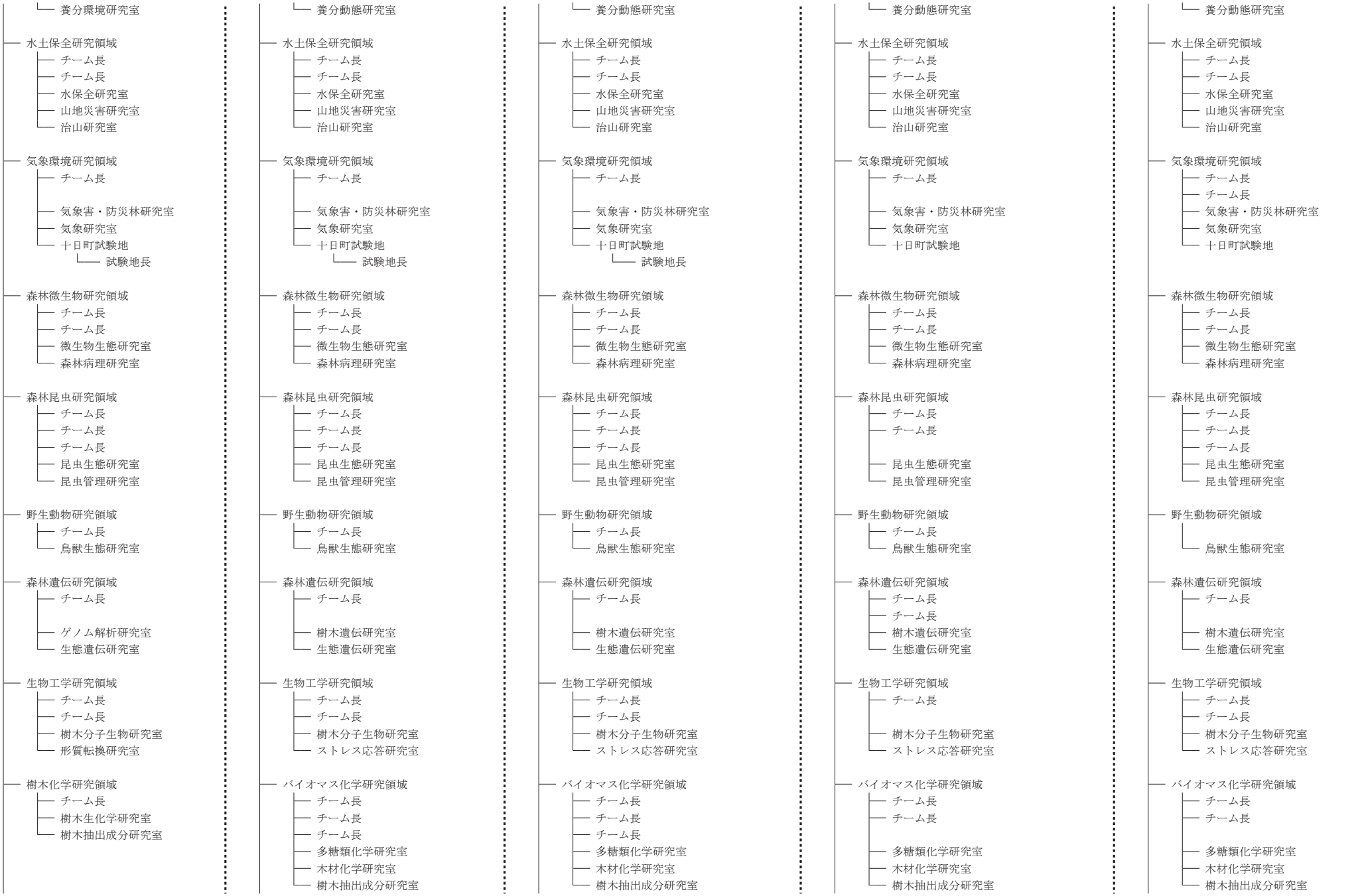
2. 組　織　変　遷　図


平成１７年４月１日現在
独立行政法人　森林総合研究所
理事長
理事（企画・総務担当）
理事（森林研究担当）
理事（林業・木材産業研究担当）
監事
監事
企画調整部
庶務係
企画科
企画室
調整係
研修係
調査係
平成１８年４月１日現在
（非公務員型）
独立行政法人　森林総合研究所
理事長
理事（企画・総務担当）
理事（森林研究担当）
理事（林業・木材産業研究担当）
監事
監事
企画調整部
庶務係
企画科
企画室
調整係
研修係
調査係
研究企画官
研究調査官
専門職
平成１９年４月１日現在
（林木育種センター統合）
独立行政法人　森林総合研究所
理事長
理事（企画・総務担当）
理事（研究担当）
理事（育種事業・森林バイオ担当）
監事
監事
総括審議役
審議役
監査室
監査係
総合調整室
企画係
調整係
企画部
庶務係
研究企画科
企画室
調整係
研修係
調査係
研究企画官
研究調査官
専門職
平成２０年４月１日現在
（森林農地整備センター設置）
独立行政法人　森林総合研究所
理事長
理事（企画・総務担当）
理事（研究担当）
理事（育種事業・森林バイオ担当）
理事（業務承継円滑化・適正化担当）
理事（森林業務担当）
理事（農用地業務担当）
監事
監事
監事
総括審議役
審議役
監査室
監査係
総合調整室
企画係
調整係
企画部
庶務係
研究企画科
企画室
調整係
研修係
調査係
研究企画官
研究調査官
専門職
平成２７年４月１日現在
（森林保険センター設置）
国立研究開発法人　森林総合研究所
理事長
理事（企画・総務・森林保険担当）
理事（研究担当）
理事（育種事業・森林バイオ担当）
理事（森林業務担当）
理事（法令遵守担当）
監事
監事
総括審議役
審議役
監査室
監査第１係
監査第２係
コンプライアンス推進室
コンプライアンス専門職
検収専門職
検収係
総合調整室
企画係
調整係
企画部
庶務係
研究企画科
企画室
海外研修専門職
渉外連絡専門職
調整係
研修係
調査係
海外調整係
研究企画官
研究調査官
専門職


研究管理科
研究管理室
研究交流室
地域林業室
実験林室
業務係
連絡係
研究評価科
研究評価室
評価情報係
研究情報科
研究情報室
研究技術情報官
特許管理専門官
情報係
広報係
編集刊行係
研究協力科
海外研究協力室
海外研修専門官
渉外連絡専門官
海外調整係
資料課
司書専門官
司書専門官
資料係
図書情報係
主任
上席研究官
上席研究官
上席研究官
上席研究官
木曽試験地
主任
千代田試験地
研究管理科
研究管理室
地域林業室
実験林室
業務係
連絡係
専門職
研究評価科
研究評価室
評価情報係
研究情報科
研究情報室
広報専門職
情報係
広報係
編集刊行係
研究協力科
研究交流室
海外研修専門職
渉外連絡専門職
知財管理専門職
海外調整係
資料課
司書専門職
司書専門職
資料係
図書情報係
専門職
上席研究員
上席研究員
上席研究員
上席研究員
木曽試験地
試験地長
専門職
研究管理科
研究管理室
地域林業室
実験林室
業務係
連絡係
専門職
研究評価科
研究評価室
評価情報係
研究情報科
研究情報室
広報専門職
情報係
広報係
編集刊行係
研究協力科
研究交流室
海外研修専門職
渉外連絡専門職
知財管理専門職
海外調整係
資料課
司書専門職
司書専門職
資料係
図書情報係
専門職
育種企画課
課長補佐
企画調査役
企画係
調整係
上席研究員
上席研究員
上席研究員
木曽試験地
試験地長
専門職
研究管理科
研究管理室
地域林業室
実験林室
業務係
連絡係
研究評価科
研究評価室
評価情報係
研究情報科
研究情報室
広報専門職
情報係
広報係
編集刊行係
専門職
研究協力科
研究交流室
海外研修専門職
渉外連絡専門職
知財管理専門職
海外調整係
資料課
司書専門職
司書専門職
資料係
図書情報係
専門職
育種企画課
課長補佐
企画調査役
企画係
調整係
男女共同参画室
上席研究員
上席研究員
上席研究員
木曽試験地
試験地長
研究管理科
研究安全管理室
地域林業室
実験林室
連絡調整役
知財管理専門職
業務係
連絡係
専門職
研究評価科
研究評価室
評価情報係
研究情報科
研究情報室
情報セキュリティ管理室
情報係
広報普及科
広報専門職
広報係
編集刊行係
資料課
司書専門職
図書調整係
図書情報係
文献情報係
育種企画課
課長補佐
企画調査役
企画係
調整係
男女共同参画室
産学官連携推進調整監
産学官連携推進室
放射線物質影響評価監
チーム長
上席研究員
上席研究員
上席研究員
上席研究員
上席研究員

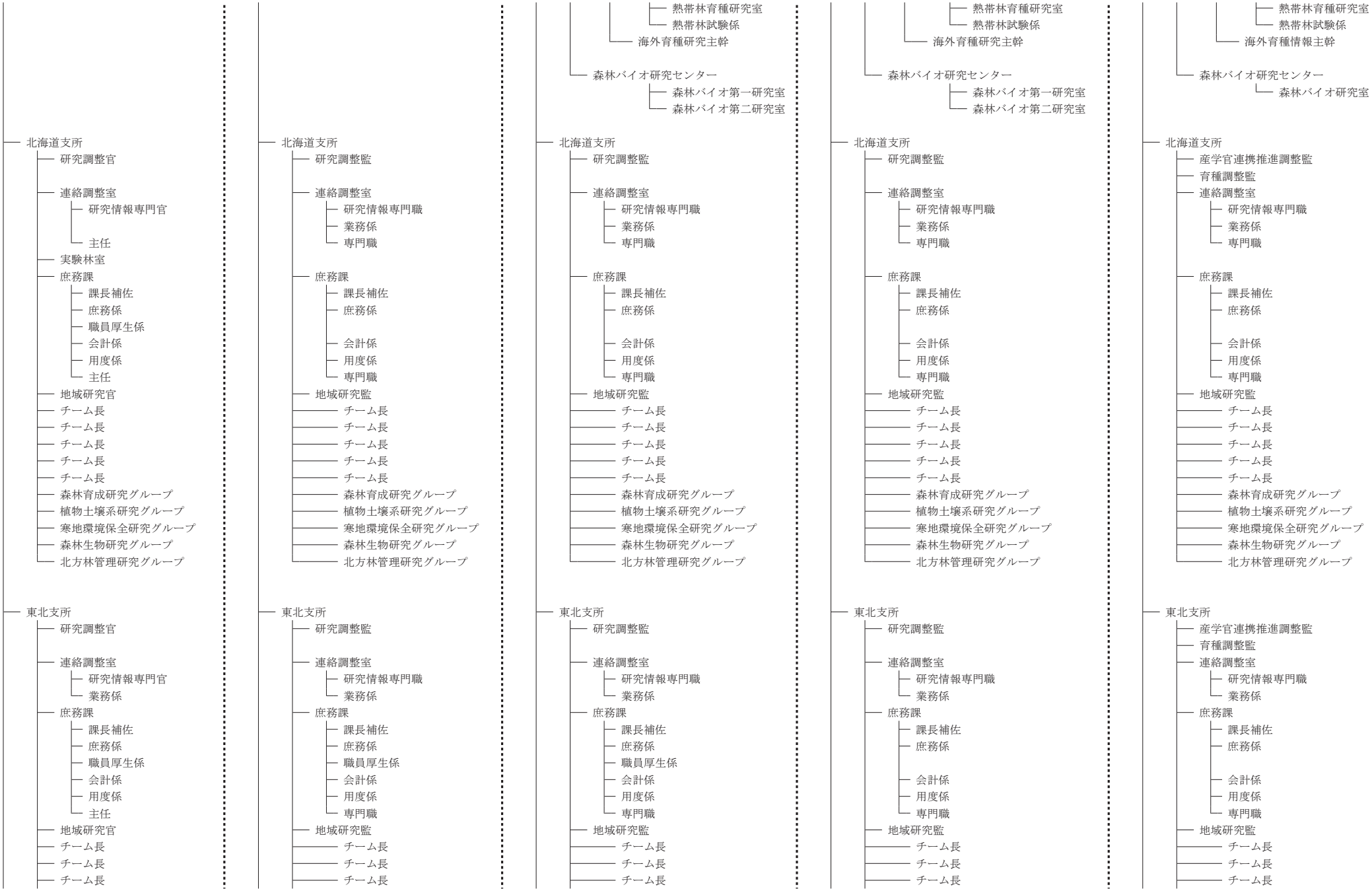

主任
小笠原試験地
主任
総務部
管理官
総務課
課長補佐
課長補佐
総務係
秘書係
人事係
服務係
文書係
領域庶務第１係
領域庶務第２係
領域庶務第３係
領域庶務第４係
主任
職員課
課長補佐
安全衛生専門官
給与係
管理係
厚生係
共済組合給付係
共済組合事業係
経理課
課長補佐
予算係
経理係
支出第１係
支出第２係
主任
用度課
課長補佐
契約専門官
用度係
契約係
検収係
主任
管財課
課長補佐
施設管理専門官
小笠原試験地
試験地長
総務部
労務調整室
労務管理係
総務課
課長補佐（人事・服務担当）
課長補佐（文書・秘書担当）
人事係
総務係
秘書係
服務係
文書係
領域総務係
領域庶務第１係
領域庶務第２係
専門職
職員課
課長補佐
安全衛生専門職
給与係
厚生係
共済組合給付
係共済組合事業係
経理課
課長補佐
予算・決算専門職
予算係
決算係
経理係
支出第１係
支出第２係
専門職
用度課
課長補佐
契約専門職
用度係
契約係
検収係
管財課
課長補佐
施設管理専門職
環境管理専門職
小笠原試験地
試験地長
総務部
労務調整室
労務管理係
総務課
課長補佐（人事・服務担当）
課長補佐（文書・秘書担当）
人事係
総務係
秘書係
服務係
文書係
領域総務係
領域庶務第１係
領域庶務第２係
専門職
職員課
課長補佐
安全衛生専門職
給与係
厚生係
共済組合給付
係共済組合事業係
経理課
課長補佐
予算・決算専門職
予算係
決算係
経理係
支出第１係
支出第２係
専門職
用度課
課長補佐
契約専門職
用度係
契約係
検収係
専門職
管財課
課長補佐
施設管理専門職
環境管理専門職
小笠原試験地
試験地長
総務部
労務調整室
労務管理係
総務課
課長補佐（人事・服務担当）
課長補佐（文書・秘書担当）
人事係
総務係
秘書係
服務係
文書係
領域総務係
領域庶務第１係
領域庶務第２係
専門職
職員課
課長補佐
安全衛生専門職
給与専門職
給与係
厚生係
共済組合給付係
共済組合事業係
経理課
課長補佐
予算・決算専門職
予算係
決算係
経理係
支出第１係
支出第２係
専門職
用度課
課長補佐
契約専門職
用度係
契約係
検収係
管財課
課長補佐
施設管理専門職
環境管理専門職
小笠原試験地
試験地長
総務部
労務調整室
労務管理係
契約適正化推進室
契約適正係
総務課
課長補佐（人事・服務担当）
課長補佐（文書・秘書担当）
人事係
総務係
秘書係
服務係
管理係
文書係
職員課
課長補佐
安全衛生専門職
給与専門職
給与係
厚生係
共済組合給付係
共済組合事業係
経理課
課長補佐
予算・決算専門職
予算係
決算係
経理係
支出第１係
支出第２係
専門職
管財課
課長補佐（契約担当）
契約専門職
調達積算専門職
管財総務係
物品管理係
契約係
課長補佐（施設・営繕担当）
施設管理専門職
環境管理専門職
建築営繕係

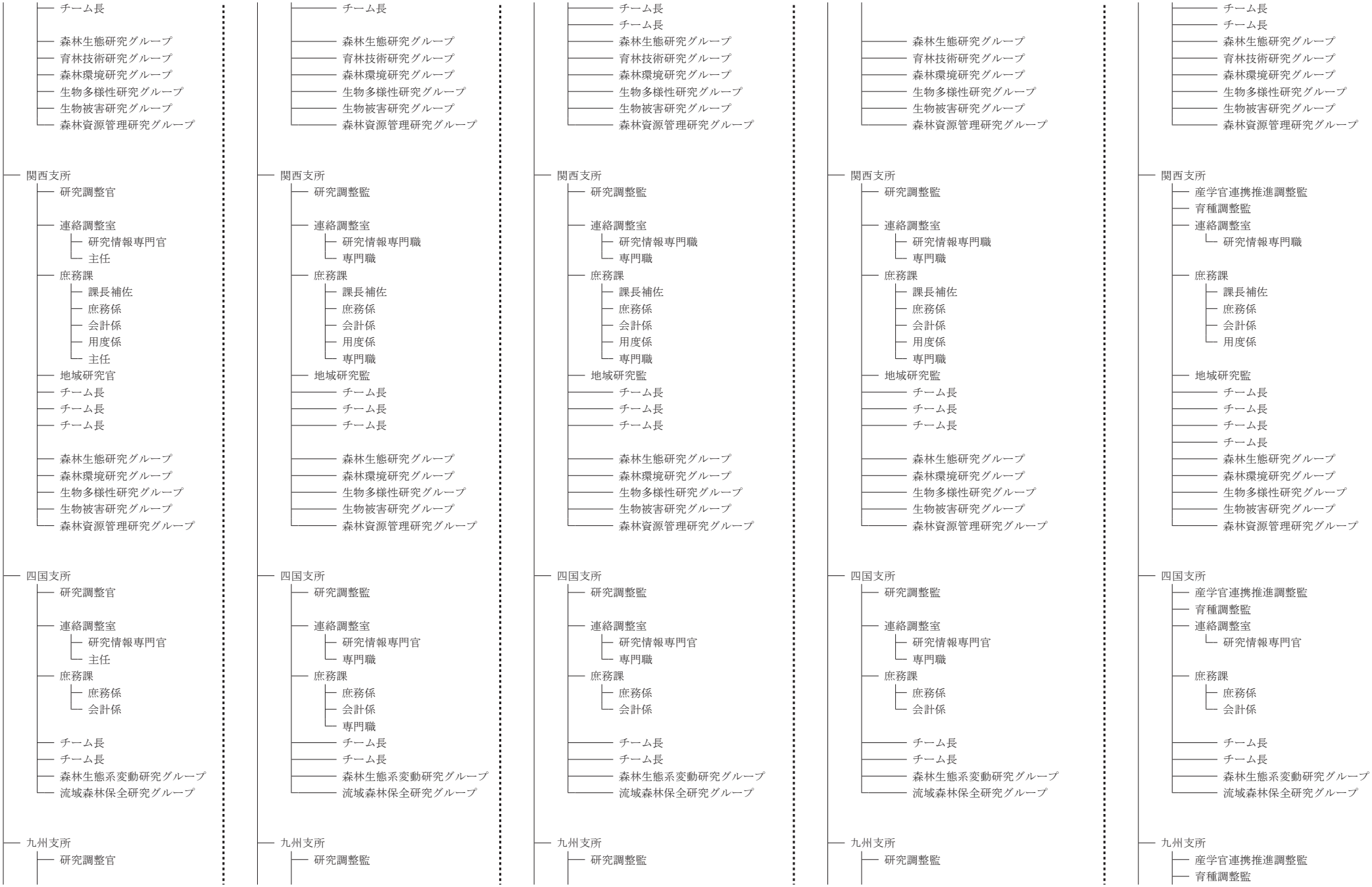

施設係
建築営繕係
設備営繕係
設備管理係
不動産管理係
監査室
監査係
研究管理官
（生物多様性・森林被害研究）
研究管理官
（国土保全・水資源研究）
研究管理官
（総合発揮・地球環境研究）
研究管理官
（林業経営・政策研究）
研究管理官
（循環利用研究）
研究管理官
（木質資源利用研究）
研究管理官
（生物機能研究）
研究管理官
（海外研究）
植物生態研究領域
チーム長
樹木生理研究室
物質生産研究室
森林植生研究領域
チーム長
群落動態研究室
植生管理研究室
立地環境研究領域
チーム長
チーム長
土壌資源評価研究室
土壌特性研究室
施設係
建築営繕係
設備営繕係
設備管理係
不動産管理係
専門職
監査室
監査係
研究コーディネータ
（温暖化影響研究担当）
研究コーディネータ
（木質バイオマス利用研究担当）
研究コーディネータ
（生物多様性・森林被害研究担当）
研究コーディネータ
（国土保全・水質資源研究担当）
研究コーディネータ
（木質資源利用研究担当）
研究コーディネータ
（林業生産技術研究担当）
研究コーディネータ
（生物機能研究担当）
研究コーディネータ
（国際研究担当）
植物生態研究領域
チーム長
樹木生理研究室
物質生産研究室
森林植生研究領域
チーム長
群落動態研究室
植生管理研究室
立地環境研究領域
チーム長
チーム長
土壌資源研究室
土壌特性研究室
施設係
建築営繕係
設備営繕係
設備管理係
不動産管理係
専門職
管理課
課長補佐
庶務係
職員厚生係
会計第一係
会計第二係
管理主幹
研究コーディネータ
（温暖化影響研究担当）
研究コーディネータ
（木質バイオマス利用研究担当）
研究コーディネータ
（生物多様性・森林被害研究担当）
研究コーディネータ
（国土保全・水質資源研究担当）
研究コーディネータ
（木質資源利用研究担当）
研究コーディネータ
（林業生産技術研究担当）
研究コーディネータ
（生物機能研究担当）
研究コーディネータ
（国際研究担当）
植物生態研究領域
チーム長
樹木生理研究室
物質生産研究室
森林植生研究領域
チーム長
群落動態研究室
植生管理研究室
立地環境研究領域
チーム長
チーム長
土壌資源研究室
土壌特性研究室
施設係
建築営繕係
設備営繕係
設備管理係
不動産管理係
管理課
課長補佐
庶務係
職員厚生係
会計第一係
会計第二係
管理主幹
研究コーディネータ
（温暖化影響研究担当）
研究コーディネータ
（木質バイオマス利用研究担当）
研究コーディネータ
（生物多様性・森林被害研究担当）
研究コーディネータ
（国土保全・水質資源研究担当）
研究コーディネータ
（木質資源利用研究担当）
研究コーディネータ
（林業生産技術研究担当）
研究コーディネータ
（生物機能研究担当）
研究コーディネータ
（国際研究担当）
植物生態研究領域
チーム長
チーム長
樹木生理研究室
物質生産研究室
森林植生研究領域
チーム長
群落動態研究室
植生管理研究室
立地環境研究領域
チーム長
チーム長
土壌資源研究室
土壌特性研究室
設備営繕係
設備管理係
不動産管理係
管理課
課長補佐
庶務係
職員厚生係
会計第一係
会計第二係
管理主幹
研究コーディネータ
（林業生産技術研究担当）
研究コーディネータ
（木質資源利用研究担当）
研究コーディネータ
（木質バイオマス利用研究担当）
研究コーディネータ
（国際研究兼温暖化影響研究担当）
研究コーディネータ
（国土保全・水質資源研究担当）
研究コーディネータ
（生物多様性・森林被害研究担当）
研究コーディネータ
（生物機能研究担当）
植物生態研究領域
チーム長
チーム長
樹木生理研究室
物質生産研究室
森林植生研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
群落動態研究室
植生管理研究室
立地環境研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
土壌資源研究室
土壌特性研究室

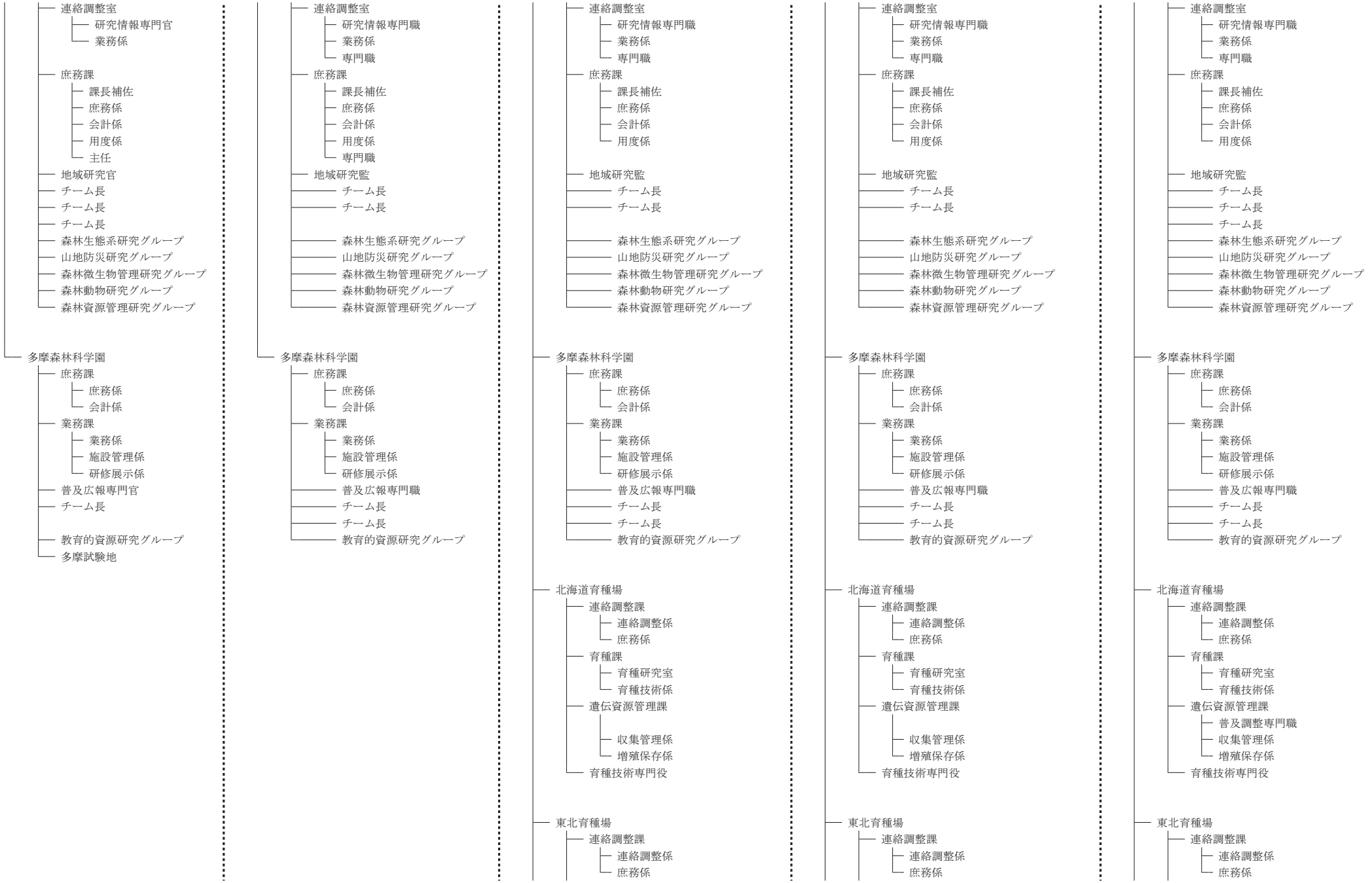

養分環境研究室
水土保全研究領域
チーム長
チーム長
水保全研究室
山地災害研究室
治山研究室
気象環境研究領域
チーム長
気象害・防災林研究室
気象研究室
十日町試験地
試験地長
森林微生物研究領域
チーム長
チーム長
微生物生態研究室
森林病理研究室
森林昆虫研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
昆虫生態研究室
昆虫管理研究室
野生動物研究領域
チーム長
鳥獣生態研究室
森林遺伝研究領域
チーム長
ゲノム解析研究室
生態遺伝研究室
生物工学研究領域
チーム長
チーム長
樹木分子生物研究室
形質転換研究室
樹木化学研究領域
チーム長
樹木生化学研究室
樹木抽出成分研究室
養分動態研究室
水土保全研究領域
チーム長
チーム長
水保全研究室
山地災害研究室
治山研究室
気象環境研究領域
チーム長
気象害・防災林研究室
気象研究室
十日町試験地
試験地長
森林微生物研究領域
チーム長
チーム長
微生物生態研究室
森林病理研究室
森林昆虫研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
昆虫生態研究室
昆虫管理研究室
野生動物研究領域
チーム長
鳥獣生態研究室
森林遺伝研究領域
チーム長
樹木遺伝研究室
生態遺伝研究室
生物工学研究領域
チーム長
チーム長
樹木分子生物研究室
ストレス応答研究室
バイオマス化学研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
多糖類化学研究室
木材化学研究室
樹木抽出成分研究室
養分動態研究室
水土保全研究領域
チーム長
チーム長
水保全研究室
山地災害研究室
治山研究室
気象環境研究領域
チーム長
気象害・防災林研究室
気象研究室
十日町試験地
試験地長
森林微生物研究領域
チーム長
チーム長
微生物生態研究室
森林病理研究室
森林昆虫研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
昆虫生態研究室
昆虫管理研究室
野生動物研究領域
チーム長
鳥獣生態研究室
森林遺伝研究領域
チーム長
樹木遺伝研究室
生態遺伝研究室
生物工学研究領域
チーム長
チーム長
樹木分子生物研究室
ストレス応答研究室
バイオマス化学研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
多糖類化学研究室
木材化学研究室
樹木抽出成分研究室
養分動態研究室
水土保全研究領域
チーム長
チーム長
水保全研究室
山地災害研究室
治山研究室
気象環境研究領域
チーム長
気象害・防災林研究室
気象研究室
十日町試験地
森林微生物研究領域
チーム長
チーム長
微生物生態研究室
森林病理研究室
森林昆虫研究領域
チーム長
チーム長
昆虫生態研究室
昆虫管理研究室
野生動物研究領域
チーム長
鳥獣生態研究室
森林遺伝研究領域
チーム長
チーム長
樹木遺伝研究室
生態遺伝研究室
生物工学研究領域
チーム長
樹木分子生物研究室
ストレス応答研究室
バイオマス化学研究領域
チーム長
チーム長
多糖類化学研究室
木材化学研究室
樹木抽出成分研究室
養分動態研究室
水土保全研究領域
チーム長
チーム長
水保全研究室
山地災害研究室
治山研究室
気象環境研究領域
チーム長
気象害・防災林研究室
気象研究室
十日町試験地
森林微生物研究領域
チーム長
チーム長
微生物生態研究室
森林病理研究室
森林昆虫研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
昆虫生態研究室
昆虫管理研究室
野生動物研究領域
鳥獣生態研究室
森林遺伝研究領域
チーム長
樹木遺伝研究室
生態遺伝研究室
生物工学研究領域
チーム長
チーム長
樹木分子生物研究室
ストレス応答研究室
バイオマス化学研究領域
チーム長
チーム長
多糖類化学研究室
木材化学研究室
樹木抽出成分研究室

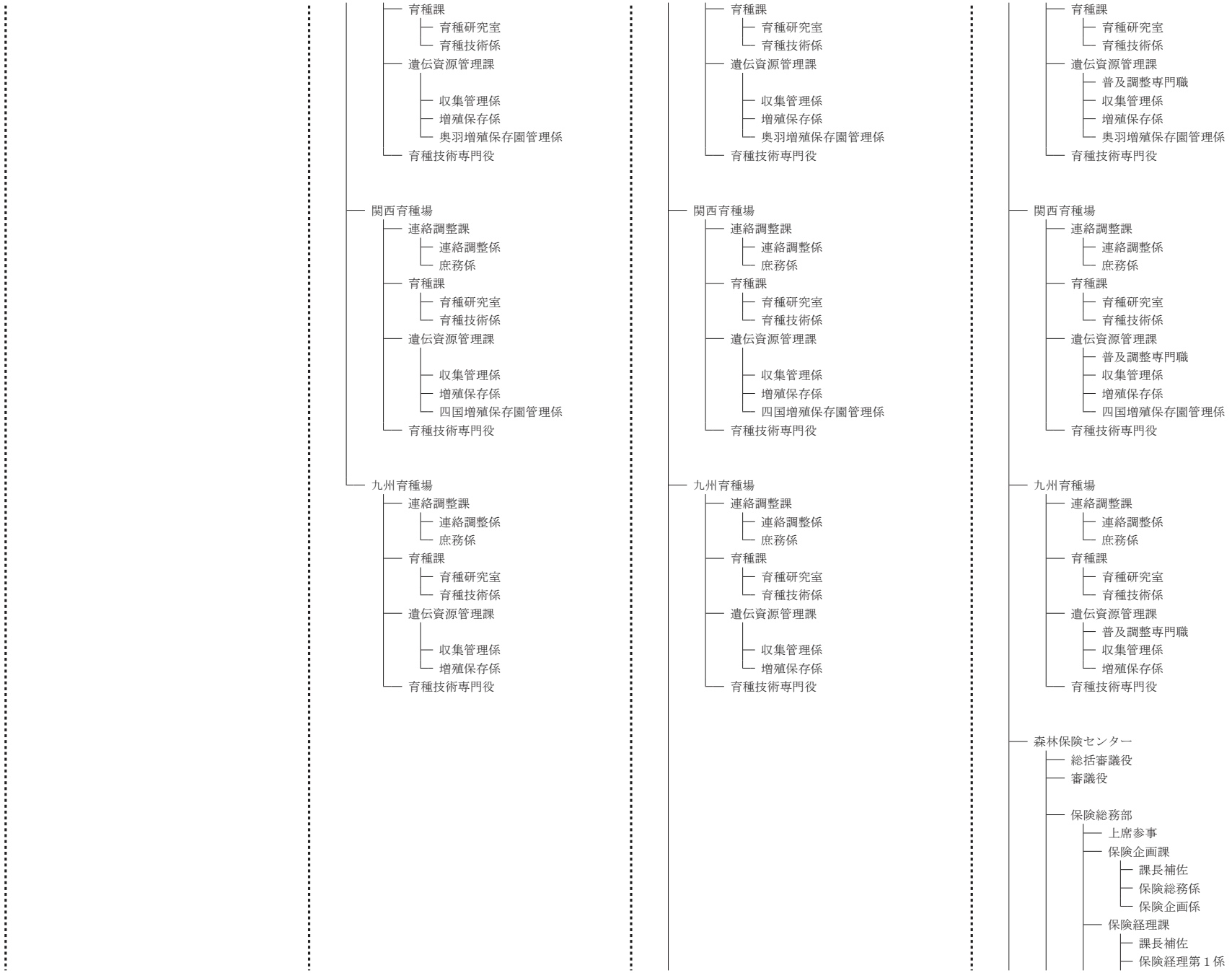

きのこ・微生物研究領域
チーム長
チーム長
きのこ研究室
微生物工学研究室
森林作業研究領域
チーム長
作業技術研究室
林道研究室
林業機械研究領域
チーム長
造林機械研究室
伐出機械研究室
成分利用研究領域
チーム長
木材化学研究室
セルロース利用研究室
複合材料研究領域
チーム長
積層接着研究室
複合化研究室
木材改質研究領域
チーム長
チーム長
機能化研究室
木材保存研究室
木材特性研究領域
チーム長
組織材質研究室
物性研究室
加工技術研究領域
チーム長
木材機械加工研究室
木材乾燥研究室
構造利用研究領域
チーム長
きのこ・微生物研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
きのこ研究室
微生物工学研究室
林業工学研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
収穫システム研究室
森林路網研究室
安全技術研究室
機械技術研究室
複合材料研究領域
チーム長
積層接着研究室
複合化研究室
木材改質研究領域
チーム長
チーム長
機能化研究室
木材保存研究室
木材特性研究領域
チーム長
組織材質研究室
物性研究室
加工技術研究領域
チーム長
木材機械加工研究室
木材乾燥研究室
構造利用研究領域
チーム長
きのこ・微生物研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
きのこ研究室
微生物工学研究室
林業工学研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
収穫システム研究室
森林路網研究室
安全技術研究室
機械技術研究室
複合材料研究領域
チーム長
積層接着研究室
複合化研究室
木材改質研究領域
チーム長
チーム長
機能化研究室
木材保存研究室
木材特性研究領域
チーム長
組織材質研究室
物性研究室
加工技術研究領域
チーム長
木材機械加工研究室
木材乾燥研究室
構造利用研究領域
チーム長
きのこ・微生物研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
きのこ研究室
微生物工学研究室
林業工学研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
収穫システム研究室
森林路網研究室
安全技術研究室
機械技術研究室
複合材料研究領域
チーム長
チーム長
積層接着研究室
複合化研究室
木材改質研究領域
チーム長
チーム長
機能化研究室
木材保存研究室
木材特性研究領域
チーム長
組織材質研究室
物性研究室
加工技術研究領域
チーム長
木材機械加工研究室
木材乾燥研究室
構造利用研究領域
チーム長
きのこ・微生物研究領域
チーム長
チーム長
きのこ研究室
微生物工学研究室
林業工学研究領域
チーム長
チーム長
チーム長
収穫システム研究室
森林路網研究室
安全技術研究室
機械技術研究室
複合材料研究領域
チーム長
チーム長
積層接着研究室
複合化研究室
木材改質研究領域
チーム長
チーム長
機能化研究室
木材保存研究室
木材特性研究領域
チーム長
チーム長
組織材質研究室
物性研究室
加工技術研究領域
チーム長
チーム長
木材機械加工研究室
木材乾燥研究室
構造利用研究領域
チーム長

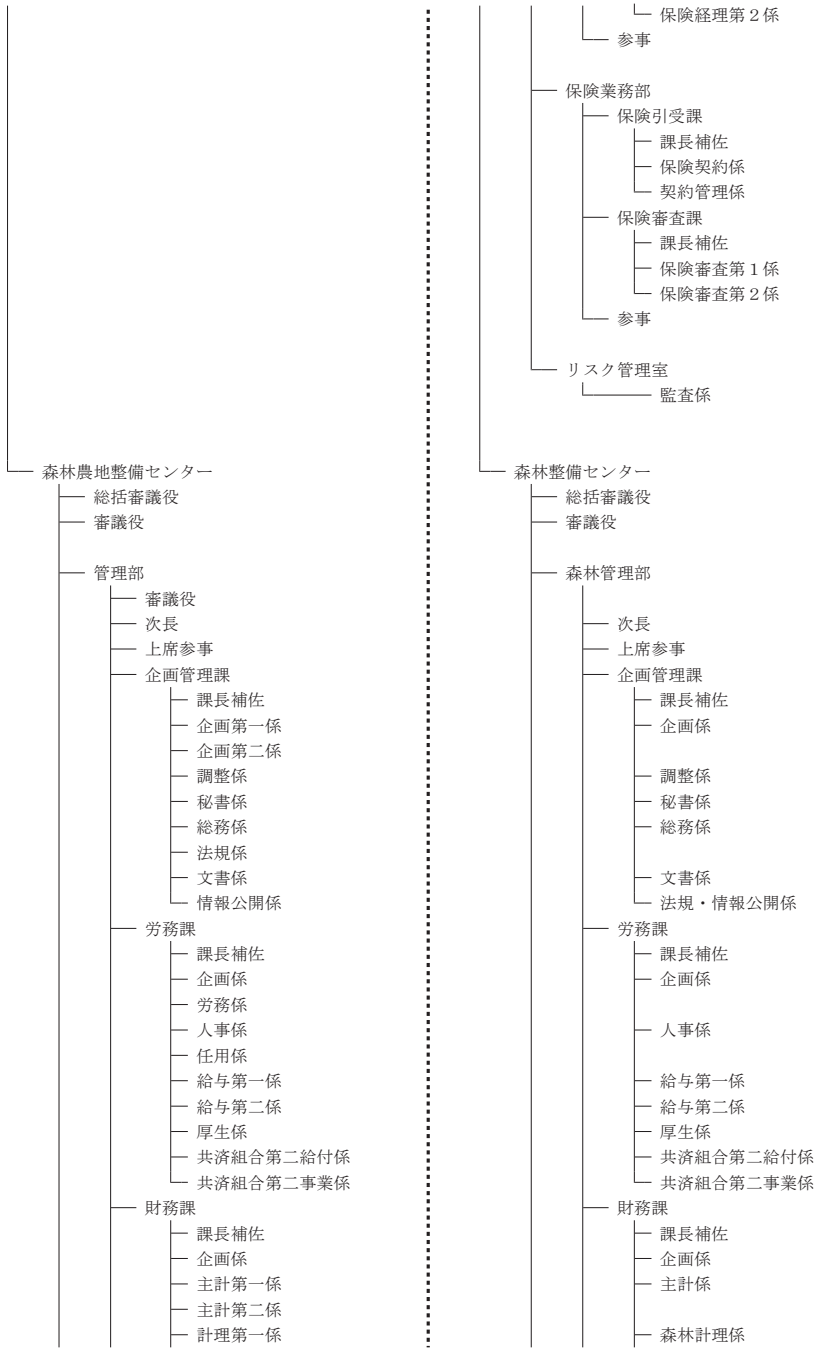

チーム長
材料接合研究室
木質構造居住環境研究室
森林管理研究領域
チーム長
資源解析研究室
環境計画研究室
林業経営・政策研究領域
チーム長
林業動向解析研究室
林業システム研究室
海外研究領域
チーム長
海外森林資源保全研究室
チーム長
材料接合研究室
木質構造居住環境研究室
森林管理研究領域
チーム長
資源解析研究室
環境計画研究室
林業経営・政策研究領域
チーム長
林業動向解析研究室
林業システム研究室
国際連携推進拠点
チーム長
国際研究推進室
国際森林情報推進室
温暖化対応推進拠点
チーム長
温暖化対応推進室
チーム長
材料接合研究室
木質構造居住環境研究室
森林管理研究領域
チーム長
資源解析研究室
環境計画研究室
林業経営・政策研究領域
チーム長
林業動向解析研究室
林業システム研究室
国際連携推進拠点
チーム長
国際研究推進室
国際森林情報推進室
温暖化対応推進拠点
チーム長
温暖化対応推進室
林木育種センター
育種部
育種第一課
育種調査役
基盤技術研究室
育種第二課
育種研究室
育種技術係
指導課
技術指導役
原種係
長野増殖保存園管理係
遺伝資源部
探索収集課
分類同定研究室
遺伝資源管理係
遺伝資源収集係
保存評価課
特性評価研究室
保存調査係
遺伝資源管理主幹
海外協力部
海外協力課
海外企画係
海外技術係
西表熱帯林育種技術園
チーム長
材料接合研究室
木質構造居住環境研究室
森林管理研究領域
チーム長
資源解析研究室
環境計画研究室
林業経営・政策研究領域
チーム長
林業動向解析研究室
林業システム研究室
国際連携推進拠点
国際研究推進室
国際森林情報推進室
温暖化対応推進拠点
チーム長
温暖化対応推進室
林木育種センター
育種部
育種第一課
育種調査役
基盤技術研究室
育種第二課
育種研究室
育種技術係
指導課
技術指導役
原種係
長野増殖保存園管理係
遺伝資源部
探索収集課
分類同定研究室
遺伝資源管理係
遺伝資源収集係
保存評価課
特性評価研究室
保存調査係
遺伝資源管理主幹
海外協力部
海外協力課
海外企画係
海外技術係
西表熱帯林育種技術園
チーム長
材料接合研究室
木質構造居住環境研究室
森林管理研究領域
チーム長
資源解析研究室
環境計画研究室
林業経営・政策研究領域
チーム長
林業動向解析研究室
林業システム研究室
国際連携推進拠点
国際研究推進室
国際森林情報推進室
温暖化対応推進拠点
温暖化対応推進室
林木育種センター
育種部
育種第一課
育種調査役
基盤技術研究室
育種第二課
育種研究室
育種技術係
指導課
技術指導役
普及調整役
原種係
長野増殖保存園管理係
遺伝資源部
探索収集課
分類同定研究室
遺伝資源管理係
遺伝資源収集係
保存評価課
特性評価研究室
保存調査係
遺伝資源管理主幹
海外協力部
海外協力課
海外企画係
海外技術係
西表熱帯林育種技術園

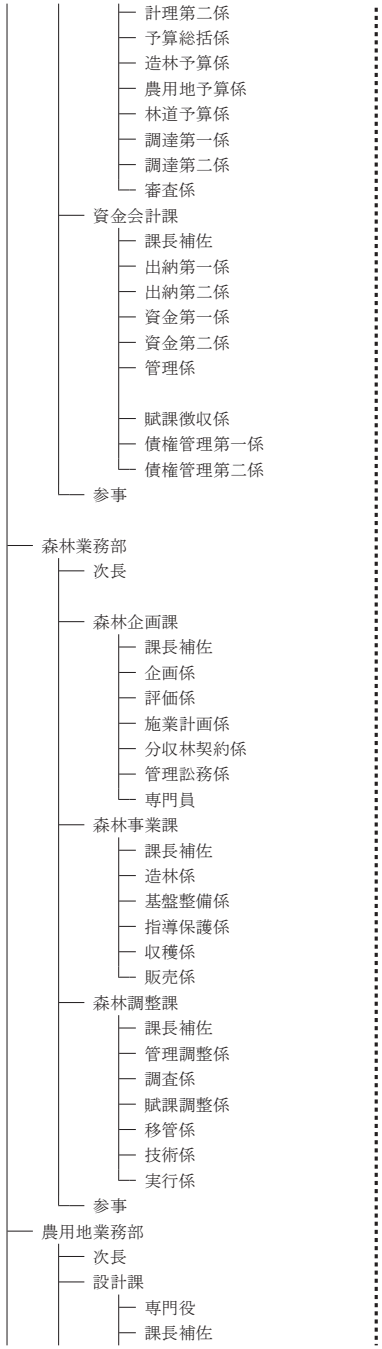

北海道支所
研究調整官
連絡調整室
研究情報専門官
主任
実験林室
庶務課
課長補佐
庶務係
職員厚生係
会計係
用度係
主任
地域研究官
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
森林育成研究グループ
植物土壌系研究グループ
寒地環境保全研究グループ
森林生物研究グループ
北方林管理研究グループ
東北支所
研究調整官
連絡調整室
研究情報専門官
業務係
庶務課
課長補佐
庶務係
職員厚生係
会計係
用度係
主任
地域研究官
チーム長
チーム長
チーム長
北海道支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
森林育成研究グループ
植物土壌系研究グループ
寒地環境保全研究グループ
森林生物研究グループ
北方林管理研究グループ
東北支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
庶務課
課長補佐
庶務係
職員厚生係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
熱帯林育種研究室
熱帯林試験係
海外育種研究主幹
森林バイオ研究センター
森林バイオ第一研究室
森林バイオ第二研究室
北海道支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
森林育成研究グループ
植物土壌系研究グループ
寒地環境保全研究グループ
森林生物研究グループ
北方林管理研究グループ
東北支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
庶務課
課長補佐
庶務係
職員厚生係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
熱帯林育種研究室
熱帯林試験係
海外育種研究主幹
森林バイオ研究センター
森林バイオ第一研究室
森林バイオ第二研究室
北海道支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
森林育成研究グループ
植物土壌系研究グループ
寒地環境保全研究グループ
森林生物研究グループ
北方林管理研究グループ
東北支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
熱帯林育種研究室
熱帯林試験係
海外育種情報主幹
森林バイオ研究センター
森林バイオ研究室
北海道支所
産学官連携推進調整監
育種調整監
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
森林育成研究グループ
植物土壌系研究グループ
寒地環境保全研究グループ
森林生物研究グループ
北方林管理研究グループ
東北支所
産学官連携推進調整監
育種調整監
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長

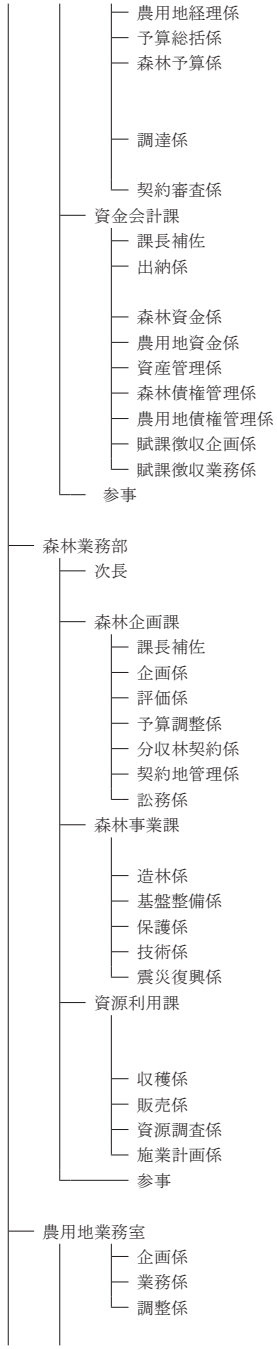

チーム長
森林生態研究グループ
育林技術研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
関西支所
研究調整官
連絡調整室
研究情報専門官
主任
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
主任
地域研究官
チーム長
チーム長
チーム長
森林生態研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
四国支所
研究調整官
連絡調整室
研究情報専門官
主任
庶務課
庶務係
会計係
チーム長
チーム長
森林生態系変動研究グループ
流域森林保全研究グループ
九州支所
研究調整官
チーム長
チーム長
森林生態研究グループ
育林技術研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
関西支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
森林生態研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
四国支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門官
専門職
庶務課
庶務係
会計係
専門職
チーム長
チーム長
森林生態系変動研究グループ
流域森林保全研究グループ
九州支所
研究調整監
チーム長
チーム長
森林生態研究グループ
育林技術研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
関西支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
森林生態研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
四国支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門官
専門職
庶務課
庶務係
会計係
チーム長
チーム長
森林生態系変動研究グループ
流域森林保全研究グループ
九州支所
研究調整監
森林生態研究グループ
育林技術研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
関西支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門職
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
森林生態研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
四国支所
研究調整監
連絡調整室
研究情報専門官
専門職
庶務課
庶務係
会計係
チーム長
チーム長
森林生態系変動研究グループ
流域森林保全研究グループ
九州支所
研究調整監
チーム長
チーム長
森林生態研究グループ
育林技術研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
関西支所
産学官連携推進調整監
育種調整監
連絡調整室
研究情報専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
地域研究監
チーム長
チーム長
チーム長
チーム長
森林生態研究グループ
森林環境研究グループ
生物多様性研究グループ
生物被害研究グループ
森林資源管理研究グループ
四国支所
産学官連携推進調整監
育種調整監
連絡調整室
研究情報専門官
庶務課
庶務係
会計係
チーム長
チーム長
森林生態系変動研究グループ
流域森林保全研究グループ
九州支所
産学官連携推進調整監
育種調整監


連絡調整室
研究情報専門官
業務係
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
主任
地域研究官
チーム長
チーム長
チーム長
森林生態系研究グループ
山地防災研究グループ
森林微生物管理研究グループ
森林動物研究グループ
森林資源管理研究グループ
多摩森林科学園
庶務課
庶務係
会計係
業務課
業務係
施設管理係
研修展示係
普及広報専門官
チーム長
教育的資源研究グループ
多摩試験地
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
専門職
地域研究監
チーム長
チーム長
森林生態系研究グループ
山地防災研究グループ
森林微生物管理研究グループ
森林動物研究グループ
森林資源管理研究グループ
多摩森林科学園
庶務課
庶務係
会計係
業務課
業務係
施設管理係
研修展示係
普及広報専門職
チーム長
チーム長
教育的資源研究グループ
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
地域研究監
チーム長
チーム長
森林生態系研究グループ
山地防災研究グループ
森林微生物管理研究グループ
森林動物研究グループ
森林資源管理研究グループ
多摩森林科学園
庶務課
庶務係
会計係
業務課
業務係
施設管理係
研修展示係
普及広報専門職
チーム長
チーム長
教育的資源研究グループ
北海道育種場
連絡調整課
連絡調整係
庶務係
育種課
育種研究室
育種技術係
遺伝資源管理課
収集管理係
増殖保存係
育種技術専門役
東北育種場
連絡調整課
連絡調整係
庶務係
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
地域研究監
チーム長
チーム長
森林生態系研究グループ
山地防災研究グループ
森林微生物管理研究グループ
森林動物研究グループ
森林資源管理研究グループ
多摩森林科学園
庶務課
庶務係
会計係
業務課
業務係
施設管理係
研修展示係
普及広報専門職
チーム長
チーム長
教育的資源研究グループ
北海道育種場
連絡調整課
連絡調整係
庶務係
育種課
育種研究室
育種技術係
遺伝資源管理課
収集管理係
増殖保存係
育種技術専門役
東北育種場
連絡調整課
連絡調整係
庶務係
連絡調整室
研究情報専門職
業務係
専門職
庶務課
課長補佐
庶務係
会計係
用度係
地域研究監
チーム長
チーム長
森林生態系研究グループ
山地防災研究グループ
森林微生物管理研究グループ
森林動物研究グループ
森林資源管理研究グループ
多摩森林科学園
庶務課
庶務係
会計係
業務課
業務係
施設管理係
研修展示係
普及広報専門職
チーム長
チーム長
教育的資源研究グループ
北海道育種場
連絡調整課
連絡調整係
庶務係
育種課
育種研究室
育種技術係
遺伝資源管理課
普及調整専門職
収集管理係
増殖保存係
育種技術専門役
東北育種場
連絡調整課
連絡調整係
庶務係


育種課
育種研究室
育種技術係
遺伝資源管理課
収集管理係
増殖保存係
奥羽増殖保存園管理係
育種技術専門役
関西育種場
連絡調整課
連絡調整係
庶務係
育種課
育種研究室
育種技術係
遺伝資源管理課
収集管理係
増殖保存係
四国増殖保存園管理係
育種技術専門役
九州育種場
連絡調整課
連絡調整係
庶務係
育種課
育種研究室
育種技術係
遺伝資源管理課
収集管理係
増殖保存係
育種技術専門役
森林保険センター
総括審議役
審議役
保険総務部
上席参事
保険企画課
課長補佐
保険総務係
保険企画係
保険経理課
課長補佐
保険経理第１係


保険経理第２係
参事
保険業務部
保険引受課
課長補佐
保険契約係
契約管理係
保険審査課
課長補佐
保険審査第１係
保険審査第２係
参事
リスク管理室
監査係
森林整備センター
総括審議役
審議役
森林管理部
次長
上席参事
企画管理課
課長補佐
企画係
調整係
秘書係
総務係
文書係
法規・情報公開係
労務課
課長補佐
企画係
人事係
給与第一係
給与第二係
厚生係
共済組合第二給付係
共済組合第二事業係
財務課
課長補佐
企画係
主計係
森林計理係
森林農地整備センター
総括審議役
審議役
管理部
審議役
次長
上席参事
企画管理課
課長補佐
企画第一係
企画第二係
調整係
秘書係
総務係
法規係
文書係
情報公開係
労務課
課長補佐
企画係
労務係
人事係
任用係
給与第一係
給与第二係
厚生係
共済組合第二給付係
共済組合第二事業係
財務課
課長補佐
企画係
主計第一係
主計第二係
計理第一係


計理第二係
予算総括係
造林予算係
農用地予算係
林道予算係
調達第一係
調達第二係
審査係
資金会計課
課長補佐
出納第一係
出納第二係
資金第一係
資金第二係
管理係
賦課徴収係
債権管理第一係
債権管理第二係
参事
森林業務部
次長
森林企画課
課長補佐
企画係
評価係
施業計画係
分収林契約係
管理訟務係
専門員
森林事業課
課長補佐
造林係
基盤整備係
指導保護係
収穫係
販売係
森林調整課
課長補佐
管理調整係
調査係
賦課調整係
移管係
技術係
実行係
参事
農用地業務部
次長
設計課
専門役
課長補佐


農用地経理係
予算総括係
森林予算係
調達係
契約審査係
資金会計課
課長補佐
出納係
森林資金係
農用地資金係
資産管理係
森林債権管理係
農用地債権管理係
賦課徴収企画係
賦課徴収業務係
参事
森林業務部
次長
森林企画課
課長補佐
企画係
評価係
予算調整係
分収林契約係
契約地管理係
訟務係
森林事業課
造林係
基盤整備係
保護係
技術係
震災復興係
資源利用課
収穫係
販売係
資源調査係
施業計画係
参事
農用地業務室
企画係
業務係
調整係

- 設計第一係
- 設計第二係
- 技術第一係
- 技術第二係
- 業務課
  - 課長補佐
  - 業務第一係
  - 業務第二係
  - 業務第三係
  - 業務第四係
- 用地管理課
  - 課長補佐
  - 用地係
  - 補償係
  - 換地係
- 計画調整課
  - 課長補佐
  - 計画第一係
  - 計画第二係
  - 調整第一係
  - 調整第二係
- 参事

- センターコンプライアンス室
  - コンプライアンス係
  - 監査係
- 監査役
- 参事
- 主幹

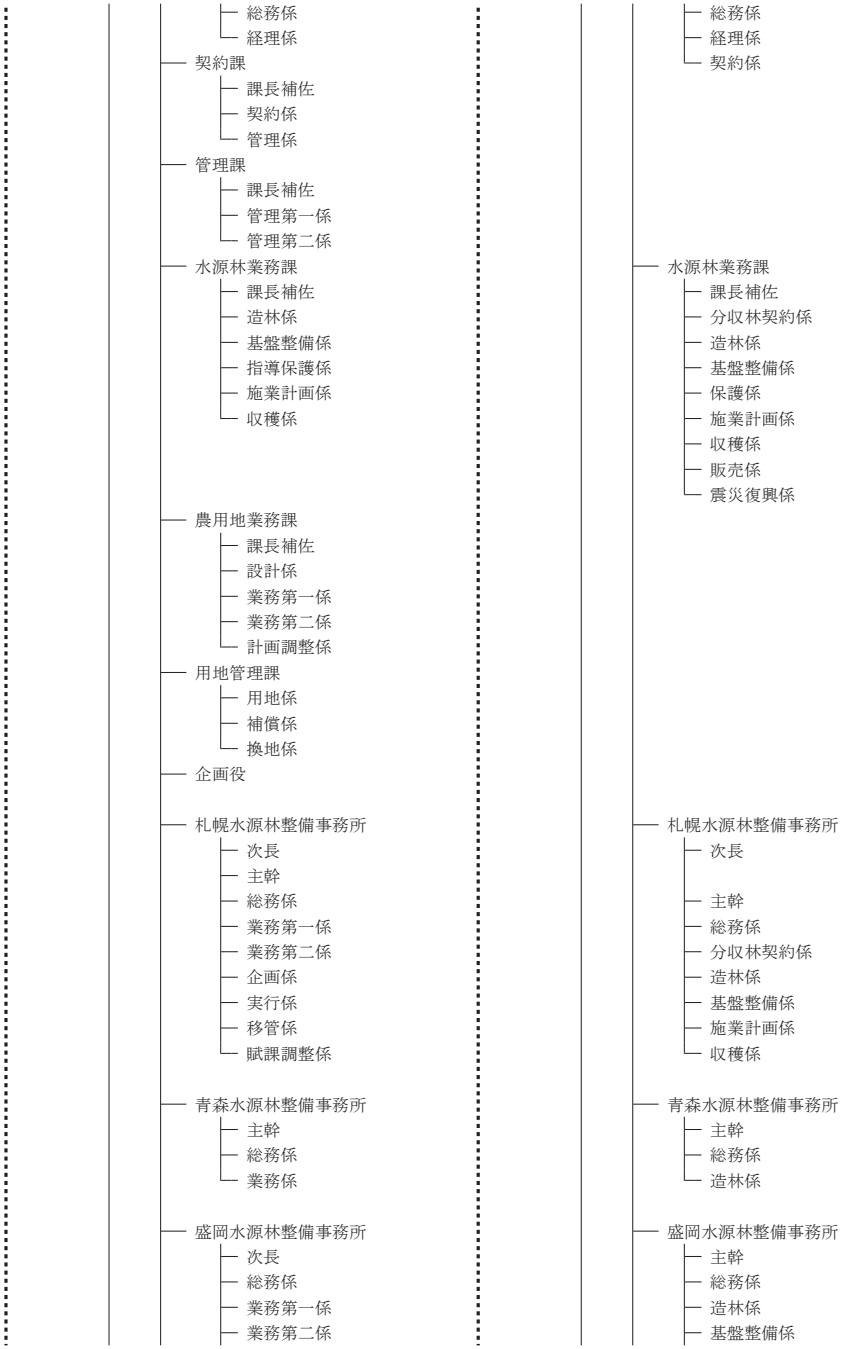
- 安房南部建設事業所
- 次長
- 庶務課
  - 庶務用地係
  - 経理係
- 工事課
  - 課長補佐
  - 換地係
  - 設計第一係
  - 設計第二係
  - 工事第一係
  - 工事第二係
  - 工事第三係
  - 工事第四係
  - 工事第五係

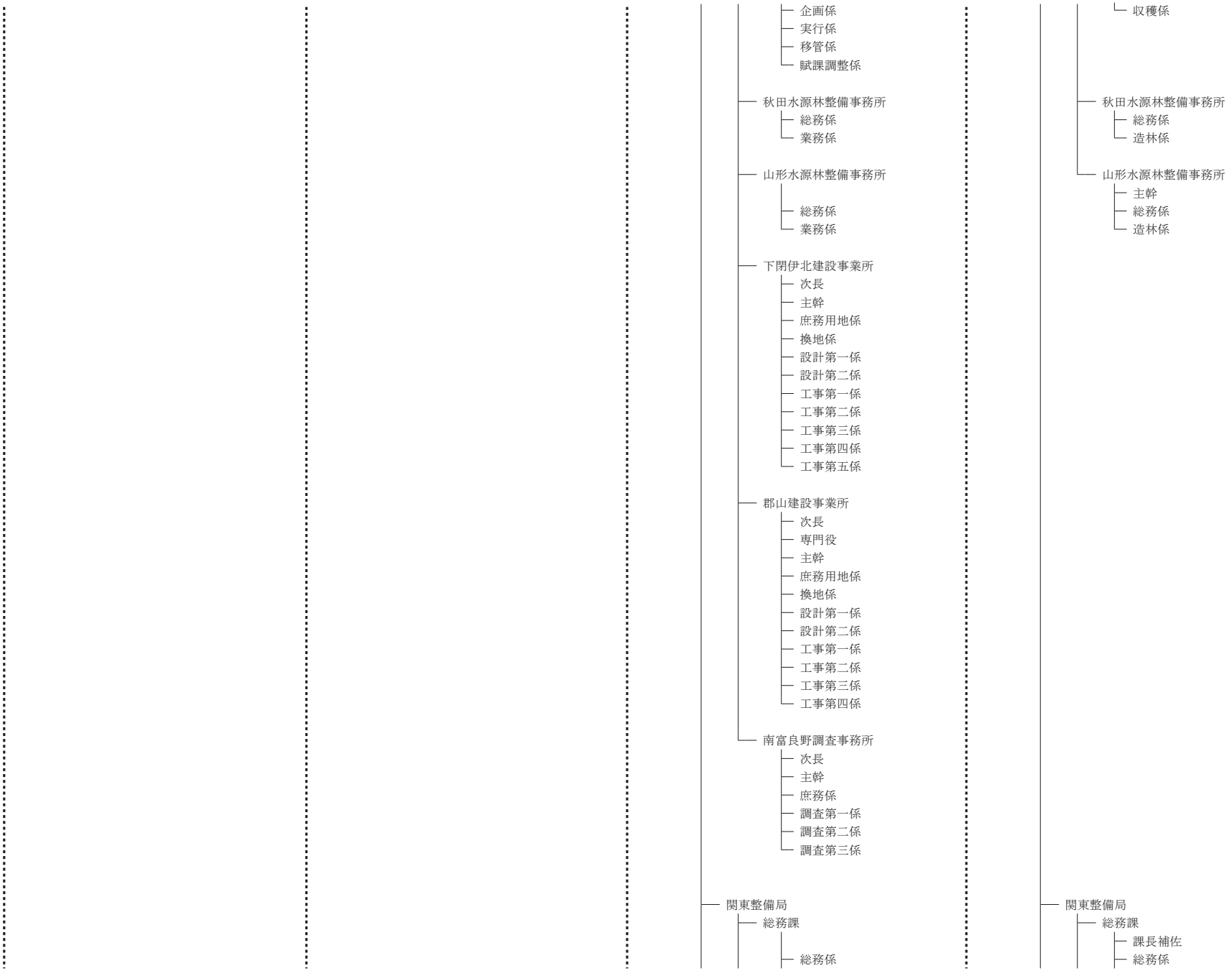
- 東北北海道整備局
- 副局長
- 上席企画役
- 総務課
  - 課長補佐

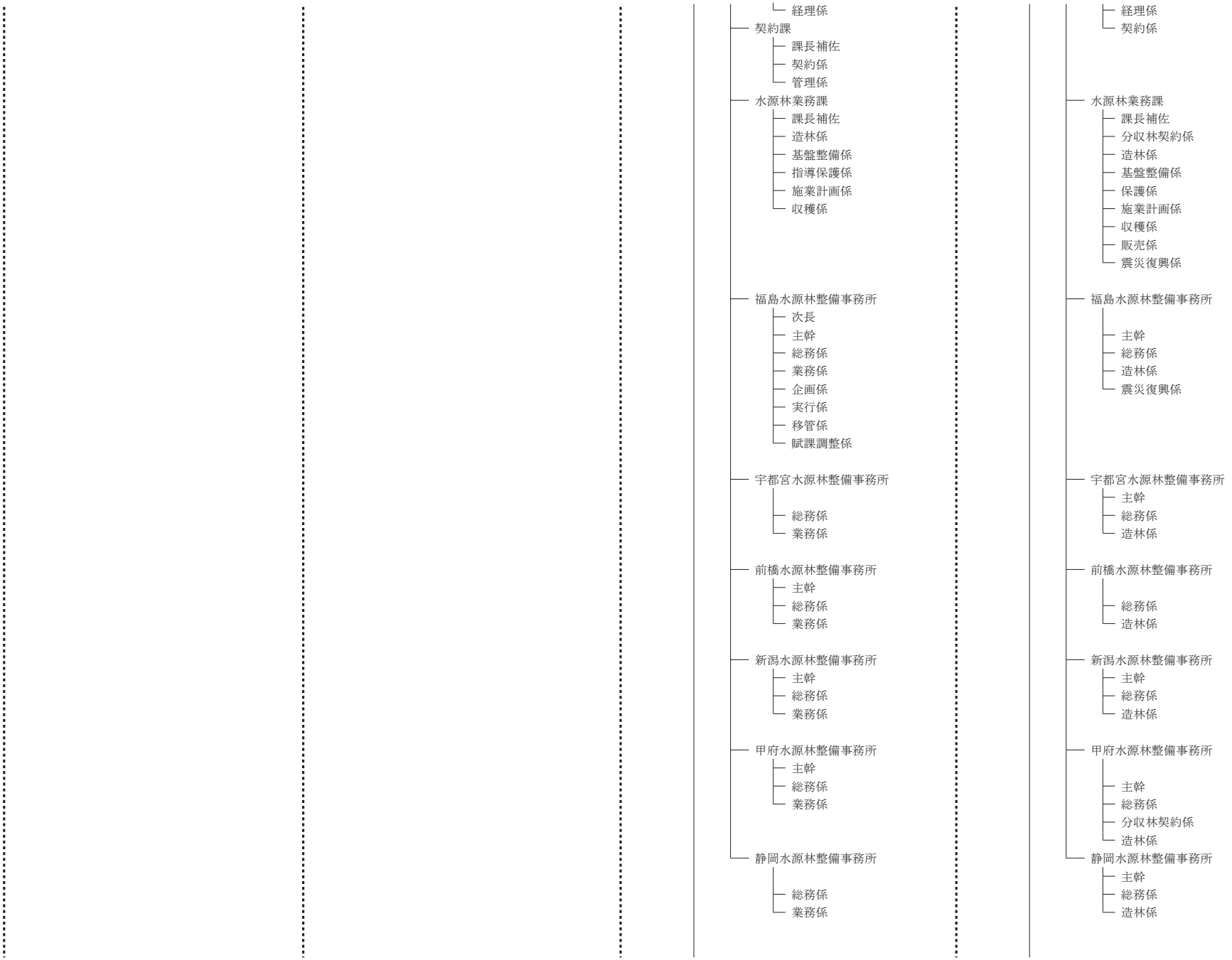
- 上席参事
- 参事
- 主幹

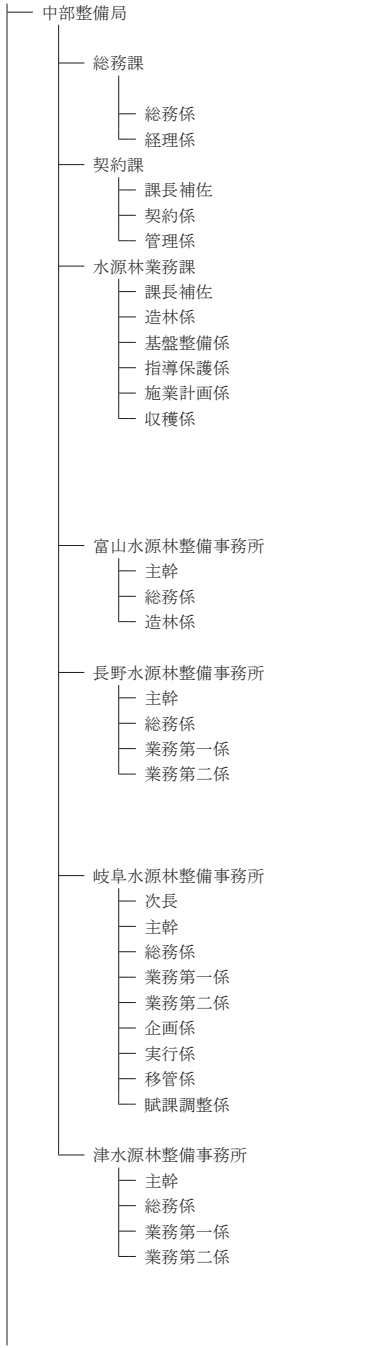
- センターコンプライアンス室
  - コンプライアンス係
  - 監査係
- 監査役
- 参事
- 主幹

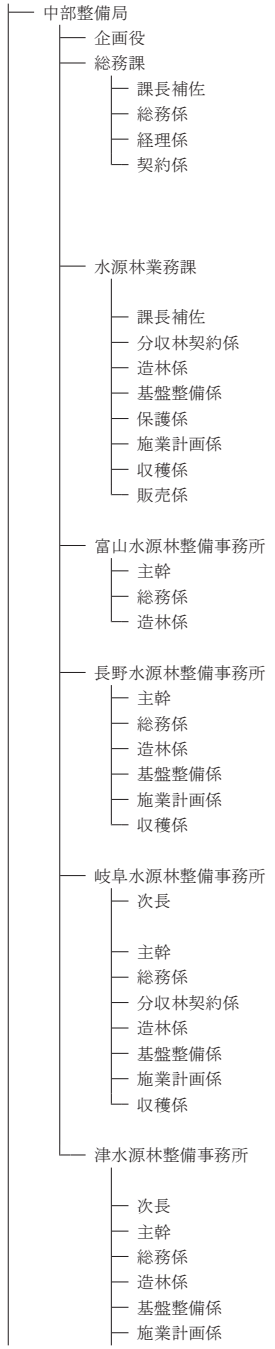
- 東北北海道整備局
- 上席企画役
- 総務課

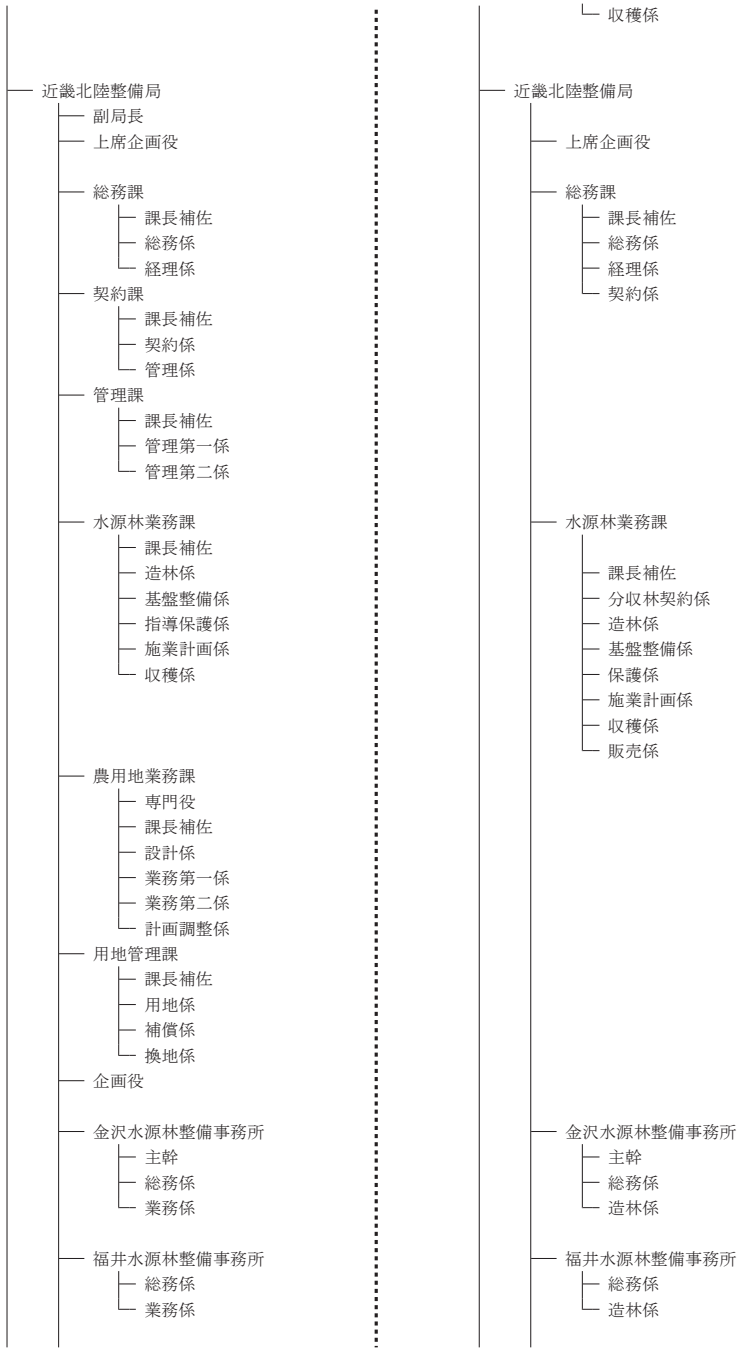

総務係
経理係
契約課
課長補佐
契約係
管理係
管理課
課長補佐
管理第一係
管理第二係
水源林業務課
課長補佐
造林係
基盤整備係
指導保護係
施業計画係
収穫係
農用地業務課
課長補佐
設計係
業務第一係
業務第二係
計画調整係
用地管理課
用地係
補償係
換地係
企画役
札幌水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係
企画係
実行係
移管係
賦課調整係
青森水源林整備事務所
主幹
総務係
業務係
盛岡水源林整備事務所
次長
総務係
業務第一係
業務第二係
総務係
経理係
契約係
水源林業務課
課長補佐
分収林契約係
造林係
基盤整備係
保護係
施業計画係
収穫係
販売係
震災復興係
札幌水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
基盤整備係
施業計画係
収穫係
青森水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
盛岡水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
基盤整備係

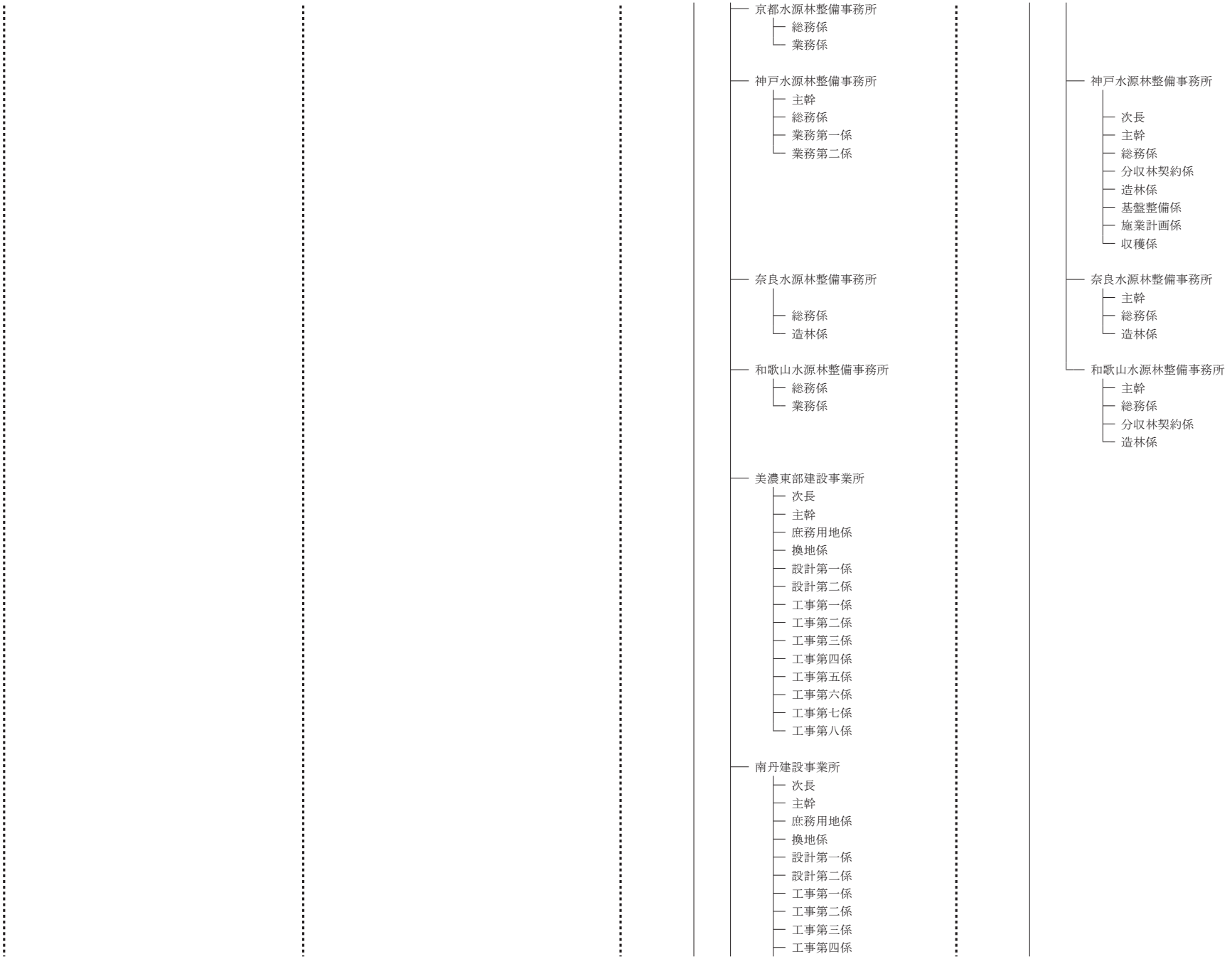

企画係
実行係
移管係
賦課調整係
秋田水源林整備事務所
総務係
業務係
山形水源林整備事務所
総務係
業務係
下閉伊北建設事業所
次長
主幹
庶務用地係
換地係
設計第一係
設計第二係
工事第一係
工事第二係
工事第三係
工事第四係
工事第五係
郡山建設事業所
次長
専門役
主幹
庶務用地係
換地係
設計第一係
設計第二係
工事第一係
工事第二係
工事第三係
工事第四係
南富良野調査事務所
次長
主幹
庶務係
調査第一係
調査第二係
調査第三係
関東整備局
総務課
総務係
収穫係
秋田水源林整備事務所
総務係
造林係
山形水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
関東整備局
総務課
課長補佐
総務係

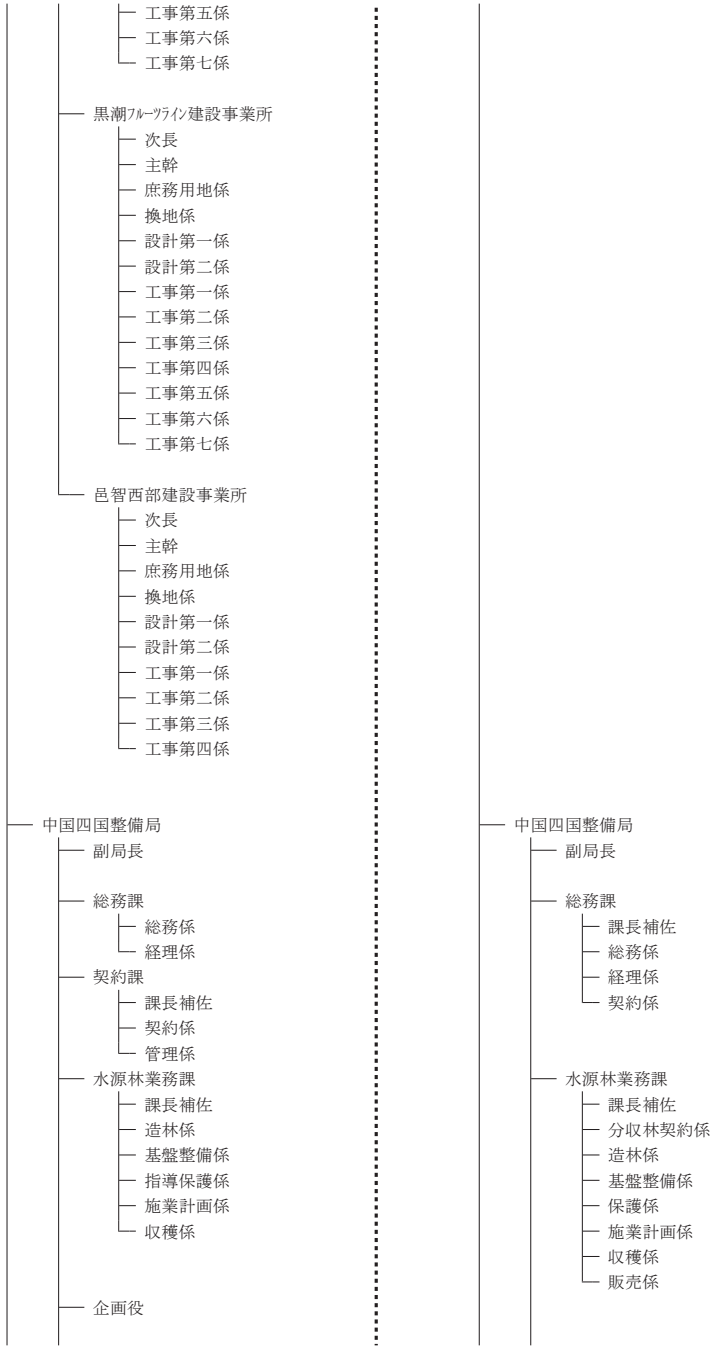

経理係
契約課
課長補佐
契約係
管理係
水源林業務課
課長補佐
造林係
基盤整備係
指導保護係
施業計画係
収穫係
福島水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
業務係
企画係
実行係
移管係
賦課調整係
宇都宮水源林整備事務所
総務係
業務係
前橋水源林整備事務所
主幹
総務係
業務係
新潟水源林整備事務所
主幹
総務係
業務係
甲府水源林整備事務所
主幹
総務係
業務係
静岡水源林整備事務所
総務係
業務係
経理係
契約係
水源林業務課
課長補佐
分収林契約係
造林係
基盤整備係
保護係
施業計画係
収穫係
販売係
震災復興係
福島水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
震災復興係
宇都宮水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
前橋水源林整備事務所
総務係
造林係
新潟水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
甲府水源林整備事務所
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
静岡水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係

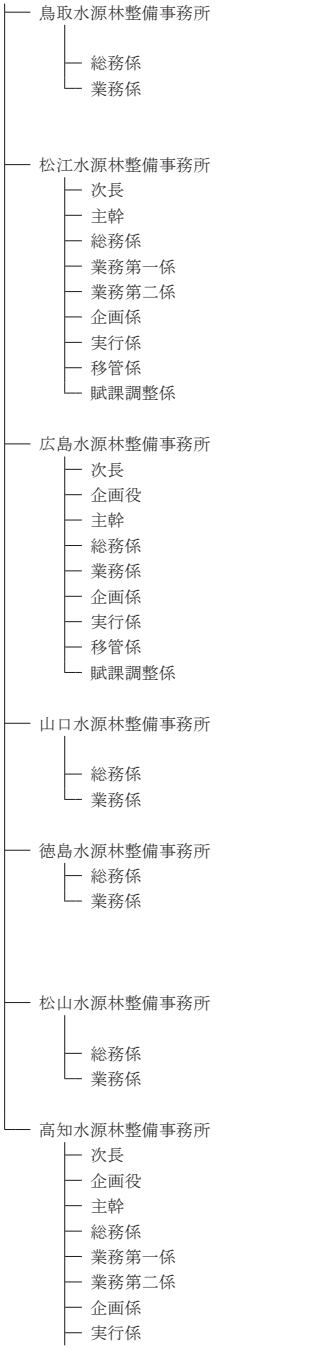

中部整備局
総務課
総務係
経理係
契約課
課長補佐
契約係
管理係
水源林業務課
課長補佐
造林係
基盤整備係
指導保護係
施業計画係
収穫係
富山水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
長野水源林整備事務所
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係
岐阜水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係
企画係
実行係
移管係
賦課調整係
津水源林整備事務所
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係

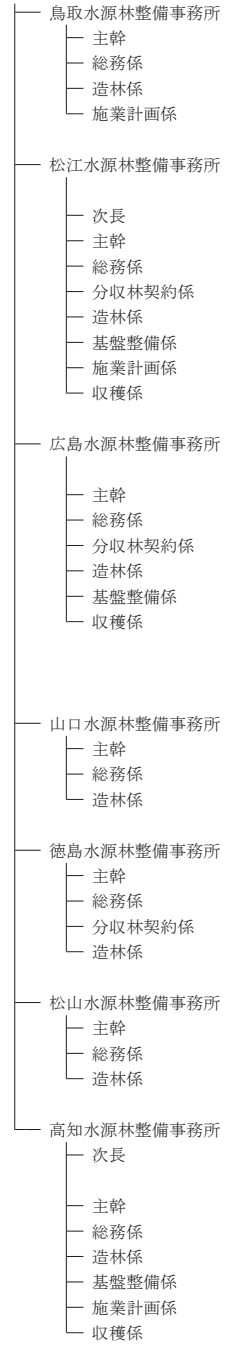

中部整備局
企画役
総務課
課長補佐
総務係
経理係
契約係
水源林業務課
課長補佐
分収林契約係
造林係
基盤整備係
保護係
施業計画係
収穫係
販売係
富山水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
長野水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
基盤整備係
施業計画係
収穫係
岐阜水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
基盤整備係
施業計画係
収穫係
津水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
造林係
基盤整備係
施業計画係

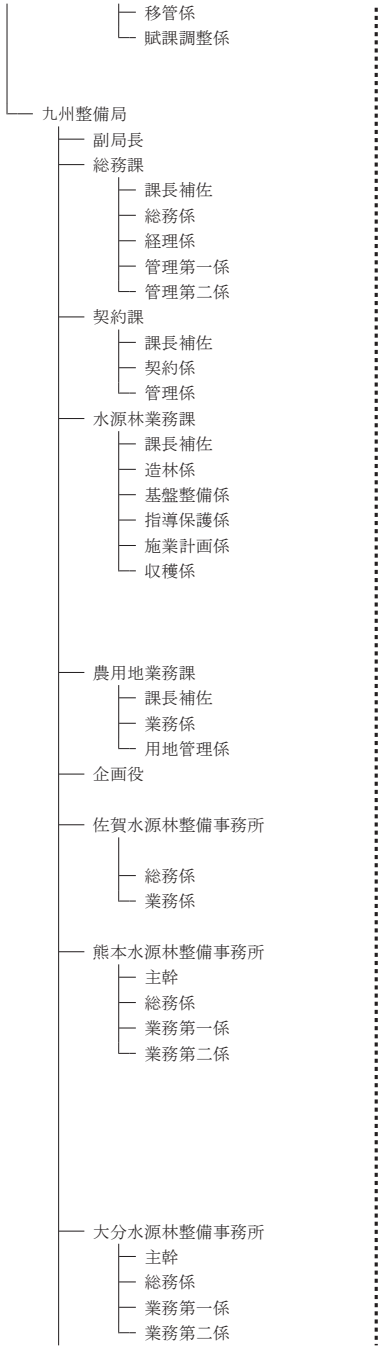

近畿北陸整備局
副局長
上席企画役
総務課
課長補佐
総務係
経理係
契約課
課長補佐
契約係
管理係
管理課
課長補佐
管理第一係
管理第二係
水源林業務課
課長補佐
造林係
基盤整備係
指導保護係
施業計画係
収穫係
農用地業務課
専門役
課長補佐
設計係
業務第一係
業務第二係
計画調整係
用地管理課
課長補佐
用地係
補償係
換地係
企画役
金沢水源林整備事務所
主幹
総務係
業務係
福井水源林整備事務所
総務係
業務係
収穫係
近畿北陸整備局
上席企画役
総務課
課長補佐
総務係
経理係
契約係
水源林業務課
課長補佐
分収林契約係
造林係
基盤整備係
保護係
施業計画係
収穫係
販売係
金沢水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
福井水源林整備事務所
総務係
造林係

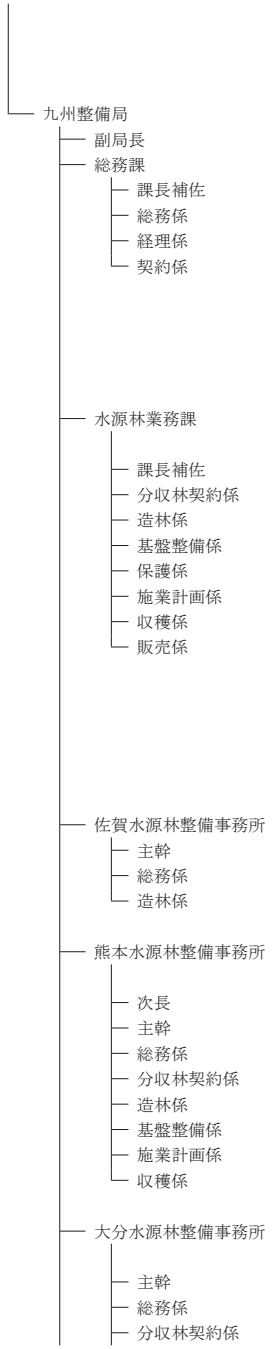

京都水源林整備事務所
総務係
業務係
神戸水源林整備事務所
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係
奈良水源林整備事務所
総務係
造林係
和歌山水源林整備事務所
総務係
業務係
美濃東部建設事業所
次長
主幹
庶務用地係
換地係
設計第一係
設計第二係
工事第一係
工事第二係
工事第三係
工事第四係
工事第五係
工事第六係
工事第七係
工事第八係
南丹建設事業所
次長
主幹
庶務用地係
換地係
設計第一係
設計第二係
工事第一係
工事第二係
工事第三係
工事第四係
神戸水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
基盤整備係
施業計画係
収穫係
奈良水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
和歌山水源林整備事務所
主幹
総務係
分収林契約係
造林係

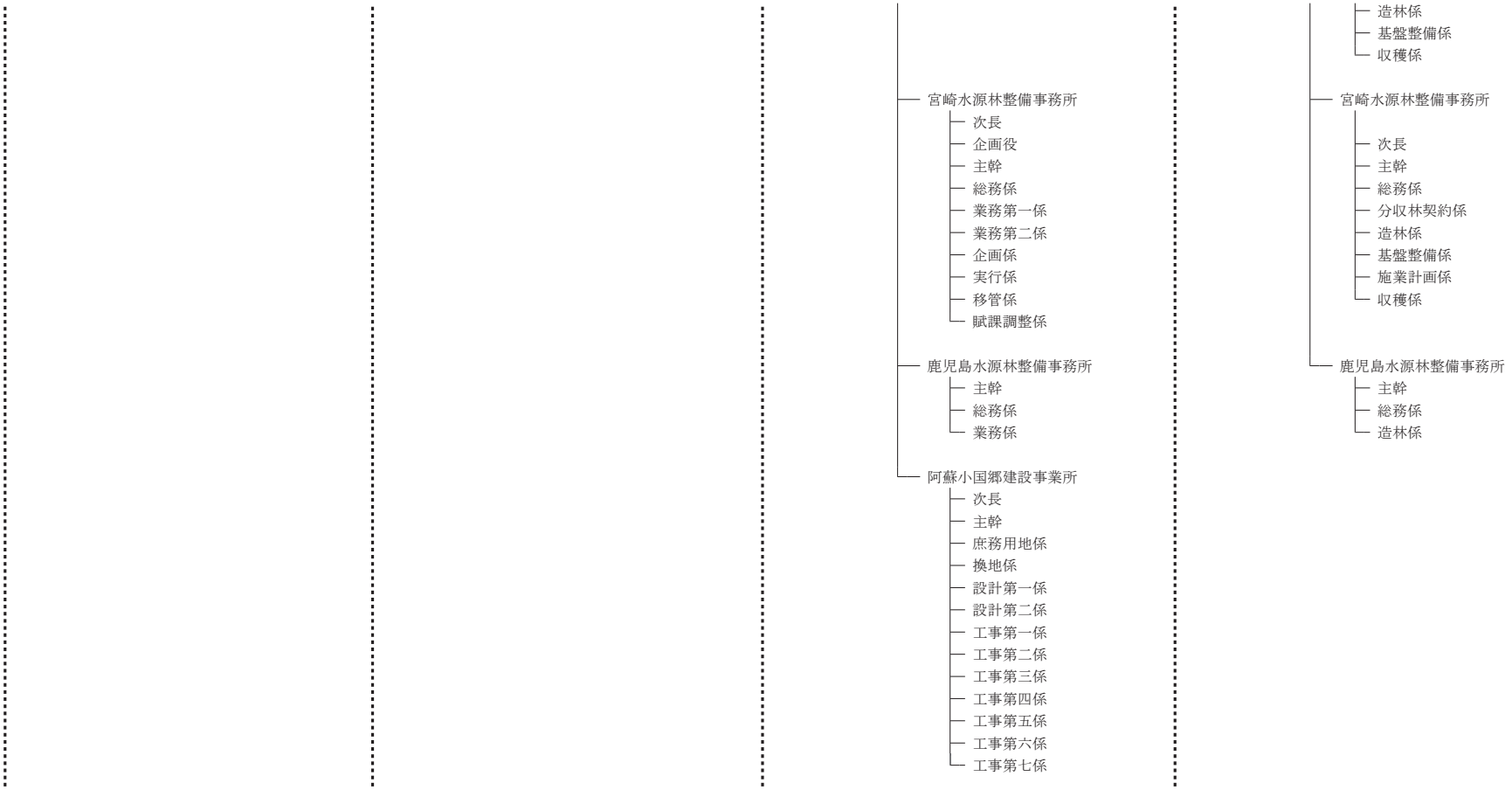

工事第五係
工事第六係
工事第七係
黒潮ﾌﾙｰﾂﾗｲﾝ建設事業所
次長
主幹
庶務用地係
換地係
設計第一係
設計第二係
工事第一係
工事第二係
工事第三係
工事第四係
工事第五係
工事第六係
工事第七係
邑智西部建設事業所
次長
主幹
庶務用地係
換地係
設計第一係
設計第二係
工事第一係
工事第二係
工事第三係
工事第四係
中国四国整備局
副局長
総務課
総務係
経理係
契約課
課長補佐
契約係
管理係
水源林業務課
課長補佐
造林係
基盤整備係
指導保護係
施業計画係
収穫係
企画役
中国四国整備局
副局長
総務課
課長補佐
総務係
経理係
契約係
水源林業務課
課長補佐
分収林契約係
造林係
基盤整備係
保護係
施業計画係
収穫係
販売係


鳥取水源林整備事務所
総務係
業務係
松江水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係
企画係
実行係
移管係
賦課調整係
広島水源林整備事務所
次長
企画役
主幹
総務係
業務係
企画係
実行係
移管係
賦課調整係
山口水源林整備事務所
総務係
業務係
徳島水源林整備事務所
総務係
業務係
松山水源林整備事務所
総務係
業務係
高知水源林整備事務所
次長
企画役
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係
企画係
実行係


鳥取水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
施業計画係
松江水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
基盤整備係
施業計画係
収穫係
広島水源林整備事務所
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
基盤整備係
収穫係
山口水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
徳島水源林整備事務所
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
松山水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
高知水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
造林係
基盤整備係
施業計画係
収穫係


移管係
賦課調整係
九州整備局
副局長
総務課
課長補佐
総務係
経理係
管理第一係
管理第二係
契約課
課長補佐
契約係
管理係
水源林業務課
課長補佐
造林係
基盤整備係
指導保護係
施業計画係
収穫係
農用地業務課
課長補佐
業務係
用地管理係
企画役
佐賀水源林整備事務所
総務係
業務係
熊本水源林整備事務所
主幹
総務係
業務係第一係
業務第二係
大分水源林整備事務所
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係


九州整備局
副局長
総務課
課長補佐
総務係
経理係
契約係
水源林業務課
課長補佐
分収林契約係
造林係
基盤整備係
保護係
施業計画係
収穫係
販売係
佐賀水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係
熊本水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
基盤整備係
施業計画係
収穫係
大分水源林整備事務所
主幹
総務係
分収林契約係


宮崎水源林整備事務所
次長
企画役
主幹
総務係
業務第一係
業務第二係
企画係
実行係
移管係
賦課調整係
鹿児島水源林整備事務所
主幹
総務係
業務係
阿蘇小国郷建設事業所
次長
主幹
庶務用地係
換地係
設計第一係
設計第二係
工事第一係
工事第二係
工事第三係
工事第四係
工事第五係
工事第六係
工事第七係
造林係
基盤整備係
収穫係
宮崎水源林整備事務所
次長
主幹
総務係
分収林契約係
造林係
基盤整備係
施業計画係
収穫係
鹿児島水源林整備事務所
主幹
総務係
造林係

3. 役職員数の推移

平成 17 年度以降

年　度		役　　員			職　員　数			
		理事長	理事	監事	一般職員	技術専門職員	研究職員	計
平成 17 年度	森林総合研究所	1	3	2	178	31	453	662
平成 18 年度	森林総合研究所	1	3	2	178	25	444	647
平成 19 年度	森林総合研究所	1	3	2	198	24	443	665
	林木育種センター				68	4	51	123
平成 20 年度	森林総合研究所	1	6	3	192	21	434	647
	林木育種センター				64	4	49	117
	森林農地整備センター				570	0	0	570
平成 21 年度	森林総合研究所	1	6	3	187	21	421	629
	林木育種センター				62	4	49	115
	森林農地整備センター				519	0	0	519
平成 22 年度	森林総合研究所	1	5	3	184	18	421	623
	林木育種センター				65	0	48	113
	森林農地整備センター				472	0	0	472
平成 23 年度	森林総合研究所	1	5	2	175	15	416	606
	林木育種センター				59	0	46	105
	森林農地整備センター				418	0	0	418
平成 24 年度	森林総合研究所	1	5	2	177	14	406	597
	林木育種センター				59	0	45	104
	森林農地整備センター				394	0	0	394
平成 25 年度	森林総合研究所	1	5	2	178	13	392	583
	林木育種センター				61	0	42	103
	森林農地整備センター				365	0	0	365
平成 26 年度	森林総合研究所	1	5	2	176	13	398	587
	林木育種センター				64	0	43	107
	森林農地整備センター				359	0	0	359
平成 27 年度	森林総合研究所	1	5	2	184	12	408	604
	林木育種センター				66	0	46	112
	森林保険センター				19	0	0	19
	森林整備センター				356	0	0	356

4. 歴 代 幹 部

《理事長》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
森林総合研究所理事長	大　熊　幹　章	平成17. 4. 1 ～ 19. 3.31	2.0	
〃	鈴　木　和　夫	19. 4. 1 ～ 27. 3.31	8.0	
〃	沢　田　治　雄	27. 4. 1 ～	0.7	

《理事・監事》

職　名	担　　当	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
理　事	企画・総務担当	川喜多　　進	平成17. 4. 1 ～ 19. 4.30	2.1	
〃	〃	亀　井　俊　水	19. 5. 1 ～ 21. 9.30	2.5	
〃	〃	福　田　隆　政	21.10. 1 ～ 24. 7. 3	2.9	
〃	〃	城　土　　裕	24. 7. 4 ～ 26. 3.31	1.9	
〃	〃	鈴　木　信　哉	26. 4. 1 ～ 27. 3.31	1.0	
〃	企画・総務・森林保険担当	鈴　木　信　哉	27. 4. 1 ～	0.7	
理　事	森林研究担当	櫻　井　尚　武	平成15. 4. 1 ～ 18. 3.31	3.0	
〃	〃	石　塚　和　裕	18. 4. 1 ～ 19. 3.31	1.0	
〃	研究担当	石　塚　和　裕	19. 4. 1 ～ 21. 3.31	2.0	
〃	〃	大河内　　勇	21. 4. 1 ～ 27. 3.31	6.0	
〃	〃	田　中　　浩	27. 4. 1 ～	0.7	
理　事	林業・木材産業研究担当	池　田　俊　彌	平成13. 4. 1 ～ 17. 4.26	4.0	
〃	〃	久　田　卓　興	17. 8. 1 ～ 19. 3.31	0.8	
〃	育種事業・森林バイオ担当	田野岡　　章	19. 4. 1 ～ 21. 3.31	2.0	
〃	〃	平　野　秀　樹	21. 4. 1 ～ 24. 3.31	3.0	
〃	〃	井　上　達　也	24. 4. 1 ～ 27. 3.31	3.0	
〃	〃	渡　邉　　聡	27. 4. 1 ～	0.7	
理　事	業務承継円滑化・適正化担当	町　田　治　之	平成20. 4. 1 ～ 24. 3.31	4.0	
〃	〃	森　下　眞　行	24. 4. 1 ～ 26. 3.31	2.0	
〃	〃	百　々　謙治郎	26. 4. 1 ～ 27. 3.31	1.0	
〃	法令遵守担当	百　々　謙治郎	27. 4. 1 ～	0.7	
理　事	森林業務担当	山　本　晶　三	平成20. 4. 1 ～ 21. 3.30	1.0	
〃	〃	山　口　正　三	21. 4. 1 ～ 23. 9.30	2.6	
〃	〃	宮　本　敏　久	23.10. 1 ～ 24.12.16	1.3	
〃	〃	青　木　庸　三	24.12.17 ～ 26. 3.31	1.3	
〃	〃	城　土　　裕	26. 4. 1 ～ 27. 3.31	1.0	
〃	〃	奥　田　辰　幸	27. 4. 1 ～	0.7	
理　事	農用地業務担当	角　田　　豊	平成20. 4. 1 ～ 22. 3.31	2.0	
監　事	非常勤	真　柴　孝　司	平成17. 4. 1 ～ 19. 3.31	2.0	
〃	〃	林　　良　興	19. 4. 1 ～ 23. 3.31	4.0	
〃	〃	木　下　紀　喜	19. 4. 1 ～ 21. 3.31	2.0	
〃	〃	龍　　久仁人	21. 4. 1 ～ 23. 3.31	2.0	
〃	〃	西　田　篤　實	23. 4. 1 ～ 27. 3.31	4.0	
〃	〃	平　川　泰　彦	27. 4. 1 ～	0.7	
〃	常　勤	山　﨑　榮　一	平成20. 4. 1 ～ 22. 3.31	2.0	
〃	〃	滑志田　　隆	22. 4. 1 ～ 27. 3.31	5.0	
〃	〃	鈴　木　直　子	27. 4. 1 ～	0.7	

《総括審議役》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
総括審議役	髙　木　　茂	平成19. 4. 1～22. 3.31	3.0	
〃	安　藤　伸　博	23. 5.16～23. 9.30	0.4	
〃	森　田　一　行	23.10. 1～25. 7. 1	1.10	
〃	肥　後　賢　輔	25. 7. 2～27. 3.30	1.9	
〃	石　田　祐　二	27. 4. 1～	0.7	

《総合調整室長》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
総合調整室長	宮　城　勇　朗	平成19. 4. 1～20. 7.31	1.4	
〃	宿　利　一　弥	20. 8. 1～23. 5.15	2.9	
〃	坂　田　幹　人	23. 5.16～25. 3.31	1.11	
〃	松　井　　正	25. 4. 1～27. 3.31	2.0	
〃	亀　田　哲　郎	27. 4. 1～		

《企画部長》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
企画調整部長	石　塚　和　裕	平成13. 4. 1～18. 3.31	5.0	
〃	志　水　俊　夫	18. 4. 1～19. 3.31	1.0	
企画部長	志　水　俊　夫	19. 4. 1～21. 3.31	2.0	
〃	平　川　泰　彦	21. 4. 1～24. 3.31	3.0	
〃	落　合　博　貴	24. 4. 1～27. 3.31	3.0	
〃	高　橋　正　通	27. 4. 1～	0.7	

《総務部長》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
総務部長	周　藤　　眞	平成14. 4. 1～18. 7.31	4.4	
〃	金　澤　弘　行	18. 8. 1～20. 4.30	1.9	
〃	松　本　芳　樹	20. 5. 1～21.10.31	1.6	
〃	安　樂　勝　彦	21.12. 1～24. 7. 3	2.7	
〃	藤　江　達　之	24. 7. 4～26. 3.31	1.9	
〃	飯　干　好　徳	26. 4. 1～	1.7	

《研究管理官》

担　　当	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
生物多様性・森林被害	福　山　研　二	平成16. 4. 1～18. 3.31	2.0	
国土保全・水資源	加　藤　正　樹	17. 4. 1～18. 3.31	1.0	
総合揮発・地球環境	佐　藤　　明	16. 4. 1～18. 3.31	2.0	
林業経営・政策	垰　田　　宏	15. 4. 1～18. 3.31	3.0	
循環利用	山　本　幸　一	16. 4. 1～18. 3.31	2.0	
木質資源利用	藤　原　勝　敏	16. 4. 1～18. 3.31	2.0	
生物機能	田　崎　　清	14.10. 1～18. 3.31	3.6	
海　　外	沢　田　治　雄	15. 4. 1～18. 3.31	3.0	

《研究コーディネータ》

担　　当	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
総合発揮・地球環境	佐　藤　　明	平成 18. 4. 1 ～ 19. 3.31	1.0	
温暖化影響	石　塚　森　吉	19. 4. 1 ～ 22. 3.31	3.0	
〃	松　本　光　朗	22. 4. 1 ～ 27. 3.31	5.0	
国際研究兼温暖化影響	松　本　光　朗	27. 4. 1 ～	0.7	
循環利用	山　本　幸　一	平成 18. 4. 1 ～ 21. 3.31	3.0	
〃	大　原　誠　資	21. 4. 1 ～ 25. 3.31	3.3	
木質バイオマス利用	木　口　　実	25. 4. 1 ～	2.7	
生物多様性・森林被害	福　山　研　二	平成 18. 4. 1 ～ 20. 3.31	2.0	
〃	大河内　　勇	20. 4. 1 ～ 21. 3.31	1.0	
〃	藤　田　和　幸	21. 4. 1 ～ 23. 3.31	2.0	
〃	牧　野　俊　一	23. 4. 1 ～ 25. 3.31	2.0	
〃	小　泉　　透	25. 4. 1 ～	2.7	
国土保全・水資源	加　藤　正　樹	平成 18. 4. 1 ～ 23. 3.31	5.0	
〃	落　合　博　貴	23. 4. 1 ～ 24. 3.31	1.0	
〃	高　橋　正　通	24. 4. 1 ～ 27. 3.31	3.0	
〃	坪　山　良　夫	27. 4. 1 ～	0.7	
木質資源利用	神　谷　文　夫	平成 18. 4. 1 ～ 21. 3.31	3.0	
〃	林　　知　行	21. 4. 1 ～ 25. 3.31	4.0	
〃	井　上　明　生	25. 4. 1 ～	2.7	
林業生産	加　藤　　隆	平成 18. 4. 1 ～ 20. 3.31	2.0	
〃	駒　木　貴　彰	20. 7. 1 ～ 24. 3.31	4.0	
〃	石　塚　森　吉	24. 4. 1 ～ 25. 3.31	1.0	
〃	田　中　　浩	25. 4. 1 ～ 27. 3.31	2.0	
〃	千　葉　幸　弘	27. 4. 1 ～	0.7	
生物機能	田　崎　　清	平成 18. 4. 1 ～ 19. 3.31	1.0	
〃	中　島　　清	19. 4. 1 ～ 22. 3.31	3.0	
〃	篠　原　健　司	22. 4. 1 ～ 26. 3.31	4.0	
〃	河　原　孝　行	26. 4. 1 ～	1.7	
国際研究担当	沢　田　治　雄	平成 18. 4. 1 ～ 20. 3.31	2.0	
〃	福　山　研　二	20. 4. 1 ～ 22. 3.31	2.0	
〃	石　塚　森　吉	22. 4. 1 ～ 24. 3.31	2.0	
〃	清　野　嘉　之	24. 4. 1 ～ 27. 3.31	3.0	

《支所長》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
北海道支所長	志　水　俊　夫	平成15. 4. 1～18. 3.31	3.0	
〃	西　田　篤　實	18. 4. 1～21. 3.31	3.0	
〃	川　路　則　友	21. 4. 1～25. 3.31	4.0	
〃	牧　野　俊　一	25. 4. 1～	2.7	
東北支所長	中　島　　清	平成16. 4. 1～19. 3.31	3.0	
〃	藤　田　和　幸	19. 4. 1～21. 3.31	2.0	
〃	山　本　幸　一	21. 4. 1～24. 3.31	3.0	
〃	駒　木　貴　彰	24. 4. 1～	3.7	
関西支所長	河　室　公　康	平成16. 4. 1～18. 3.31	2.0	
〃	北　原　英　治	18. 4. 1～20. 3.31	2.0	
〃	藤　井　智　之	20. 4. 1～25. 3.31	5.0	
〃	吉　永　秀一郎	25. 4. 1～	2.7	
四国支所長	加　藤　　隆	平成15. 4. 1～18. 3.31	3.0	
〃	楠　木　　学	18. 4. 1～21. 3.31	3.0	
〃	今　冨　裕　樹	21. 4. 1～24. 3.31	3.0	
〃	外　崎　真理雄	24. 4. 1～	3.7	
九州支所長	吉　田　成　章	平成15. 4. 1～18. 3.31	3.0	
〃	鶴　　助　治	18. 4. 1～21. 3.31	3.0	
〃	中　村　松　三	21. 4. 1～25. 3.31	4.0	
〃	森　貞　和　仁	25. 4. 1～	2.7	
多摩森林科学園長	藤　井　智　之	平成17. 4. 1～20. 3.31	3.0	
〃	赤　間　亮　夫	20. 4. 1～23. 3.31	3.6	
〃	吉　丸　博　志	23.10. 1～27. 3.31	3.6	
〃	窪　野　高　徳	27. 4. 1～	0.7	

育種部門

《審議役》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
審議役	島　津　義　史	平成19. 4. 1～21. 3.31	2.0	
〃	冨　永　　茂	21. 4. 1～23. 5.15	2.1	
〃	渡　邉　　聡	23. 5.16～26. 3.31	2.11	
〃	安　樂　勝　彦	26. 4. 1～	1.7	

《部長・センター長》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
育種部長	宮　田　増　男	平成18. 4. 1～20. 3.31	2.0	
〃	近　藤　禎　二	20. 4. 1～25. 3.31	5.0	
〃	星　　比呂志	25. 4. 1～	2.7	

遺伝資源部長	近　藤　禎　二	平成18. 4. 1～20. 3.31	2.0	
〃	栗　延　　晋	20. 4. 1～25. 3.31	5.0	
〃	藤　澤　義　武	25. 4. 1～26. 3.31	1.0	
〃	生　方　正　俊	26. 4. 1～	1.7	
海外協力部長	永　目　伊知郎	平成19. 4. 1～23. 3.31	4.0	
〃	清　水　邦　夫	23. 4. 1～26. 3.31	3.0	
〃	坂　井　敏　純	26. 4. 1～	1.7	
森林バイオ研究センター長	近　藤　禎　二	平成19. 4. 1～21. 3.31	2.0	兼務
〃	石　井　克　明	21. 4. 1～26. 3.31	5.0	
〃	安　樂　勝　彦	26. 4. 1～26. 9.30	0.6	事務取扱
〃	吉　田　和　正	26.10. 1～	1.1	

《育種場長》

職　　名	氏　　名	在職年月日	在職期間（年・月）	適　要
北海道育種場長	福　嶋　雅　喜	平成18. 4. 1～20.11.30	2.8	
〃	田之畑　忠　年	20.12. 1～23. 5.15	2.5	
〃	廣　野　郁　夫	23. 5.16～26. 3.30	2.11	
〃	今　井　啓　二	26. 4. 1～	1.7	
東北育種場長	古　川　勝　也	平成17. 8. 1～19. 9.30	2.2	
〃	山　崎　政　美	19.10. 1～22. 3.31	2.6	
〃	春　原　武　志	22. 4. 1～24. 3.31	2.0	
〃	田之畑　忠　年	24. 4. 1～27. 3.31	3.0	
〃	関　　充　利	27. 4. 1～	0.7	
関西育種場長	竹　本　　彰	平成16. 4. 1～20. 3.31	4.0	
〃	廣　野　郁　夫	20. 4. 1～23. 5.15	3.1	
〃	今　井　啓　二	23. 5.16～26. 3.31	2.11	
〃	米　丸　正　則	26. 4. 1～	1.7	
九州育種場長	井　田　篤　雄	平成18. 4. 1～20.11.30	2.8	
〃	福　嶋　雅　喜	20.12. 1～23. 3.31	2.4	
〃	有　村　孝　一	23. 4. 1～26. 3.31	3.0	
〃	北　本　　浩	26. 4. 1～	1.7	

森林保険センター

職　　名	氏　　名	在職年月日	在職期間（年・月）	適　要
総括審議役	猪　島　康　浩	平成27. 4. 1～	0.7	
保険総務部長	角　　秀　敏	平成27. 4. 1～	0.7	
保険業務部長	足　立　尚　人	平成27. 4. 1～	0.7	
リスク管理室長	大　寺　重　人	平成27. 4. 1～	0.7	

森林整備センター

《総括審議役》

担　　当	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
人事・労務担当	山　口　正　三	平成20. 4. 1～21. 3.31	1.0	
〃	青　木　庸　三	21. 4. 1～22. 7.29	1.4	
〃	志　田　孝　一	22. 7.30～23. 9.29	1.2	
〃	安　藤　伸　博	23.10. 1～26. 3.30	2.6	
〃	富　澤　多美男	26. 4. 1～26. 7.31	0.4	
〃	飯　田　道　夫	26. 8. 1～27. 8. 6	2.0	
〃	水　間　史　人	27.10. 1～	0.1	
経理担当	和　田　幹　夫	平成20. 4. 1～21. 3.31	1.0	
〃	西　原　　功	21. 4. 1～22. 3.31	1.0	
〃	平澤津　好　正	22. 4. 1～24. 3.31	2.0	
〃	田　中　信　行	24. 8. 1～26. 3.31	1.8	
〃	切　石　勤　也	26. 4. 1～	1.7	
雇用対策担当	内　村　重　昭	平成22. 4. 1～25. 3.31	3.0	

《審議役》

担　　当	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
総合調整担当	堀　本　　修	平成20. 4. 1～22. 7.29	2.4	
〃	田　辺　義　貴	22. 7.30～24. 3.31	1.8	
〃	原　田　隆　行	27. 4. 1～	0.7	
組織運営担当	青　木　庸　三	平成20. 7. 4～21. 3.31	0.9	
〃	渡　邉　　聡	21. 4. 1～23. 5.15	2.1	
〃	奥　田　辰　幸	23. 5.16～24. 7. 3	1.2	
〃	富　澤　多美男	24. 7. 4～26. 3.31	1.9	
〃	原　田　隆　行	26. 4. 1～27. 3.31	1.0	
技術担当	杉　山　行　男	平成20. 4. 1～23. 3.31	3.0	
〃	佐　藤　康　文	23. 4. 1～24. 3.31	1.0	
〃	野　中　公　文	25. 4. 1～27. 3.31	2.0	
〃	金　山　　誠	27. 4. 1～	0.7	

《部長・室長》

職　　名	氏　　名	在 職 年 月 日	在職期間（年・月）	適　要
管理部長	坂　井　敏　純	平成20. 4. 1～20. 7. 3	0.3	
〃	安　藤　伸　博	20. 7. 4～21. 3.31	0.9	
〃	瀬　戸　宣　久	21. 4. 1～23. 8. 1	2.4	
〃	篠　原　　宏	23. 8.16～26. 3.31	2.8	
〃	下　平　　敦	26. 4. 1～27. 3.31	1.0	
森林管理部長	下　平　　敦	27. 4. 1～	0.7	
森林業務部長	安　藤　伸　博	平成20. 4. 1～20. 7. 3	0.3	
〃	瀬　戸　宣　久	20. 7. 4～21. 3.31	0.9	

森林業務部長	合田和弘	21. 4. 1～23. 5.15	2.1	
〃	瀬戸口満	23. 5.16～25. 3.31	1.11	
〃	金山誠	25. 4. 1～27. 3.31	2.0	
〃	菅原修	27. 4. 1～	0.7	
農用地業務部長	播磨宗治	平成20. 4. 1～21.10.31	1.7	
〃	八木正広	21.11. 1～22.11.30	1.1	
〃	小澤與宏	22.12. 1～24. 3.31	1.4	
〃	大田武志	24. 4. 1～25. 3.31	1.0	
農用地業務室長	清水修	25. 4. 1～27. 3.31	2.0	
〃	腰山達哉	27. 4. 1～	0.7	
センターコンプライアンス室長	小森武	平成20. 4. 1～21. 3.31	1.0	
〃	後藤幸一	21. 4. 1～23. 3.31	2.0	
〃	田中信行	23. 4. 1～24. 7.31	1.4	
〃	藤原博文	24. 8. 1～	3.3	

《整備局長》

職名	氏名	在職年月日	在職期間（年・月）	適要
東北北海道整備局長	美濃眞一郎	平成19. 4. 1～23. 3.31	4.0	
〃	金丸茂	23. 4. 1～26. 3.31	3.0	
〃	赤木利行	26. 4. 1～	1.7	
関東整備局長	荒井秀夫	平成20. 4. 1～22. 7.31	2.4	
〃	小林忠秋	22. 8. 1～24. 7. 2	1.11	
〃	上野司郎	24. 7. 4～26. 3.31	1.9	
〃	藤江達之	26. 4. 1～	1.7	
中部整備局長	平澤津好正	平成20. 4. 1～22. 3.31	2.0	
〃	元宿作	22. 4. 1～24. 3.31	2.0	
〃	絲原敏明	24. 4. 1～26. 3.31	2.0	
〃	藤原敏栄	26. 4. 1～	1.7	
近畿北陸整備局長	佐藤康文	平成20. 4. 1～23. 3.31	3.0	
〃	山﨑久男	23. 4. 1～24. 3.31	1.0	
〃	切石勤也	24. 4. 1～26. 3.31	2.0	
〃	田中信行	26. 4. 1～27. 3.31	1.0	
〃	宮﨑淳	27. 4. 1～	0.7	
中国四国整備局長	伊藤文彦	平成20. 4. 1～22. 3.31	2.0	
〃	半仁田正光	22. 4. 1～24. 3.31	2.0	
〃	山﨑久男	24. 4. 1～26. 3.31	2.0	
〃	相原政行	26. 4. 1～	1.7	
九州整備局長	赤﨑俊明	平成20. 4. 1～21. 3.31	1.0	
〃	伊藤和徳	21. 4. 1～24. 3.31	3.0	
〃	半仁田正光	24. 4. 1～27. 3.31	3.0	
〃	山中廣敏	27. 4. 1～	0.7	

5. 収入予算の年次推移

収入予算の年次推移（平成 17 年度～平成 26 年度）は次のとおりである。
・平成 19 年 4 月 1 日　独立行政法人林木育種センターと統合。
・平成 20 年 4 月 1 日　独立行政法人緑資源機構の業務を一部承継。
・平成 27 年 4 月 1 日　国から森林保険業務を移管し、森林保険センターを設置。
・毎事業年度の収入支出決算書の収入決算額である。
・四捨五入の関係で、合計額が一致しないものがある。

（単位：千円）

年　次	収入区分	決算額	備　考
平成 17 年度	（森林総合研究所）		
	運営費交付金	8,650,402	
	施設整備費補助金	155,990	・エネルギーセンター自家発電設備改修
	受託収入	2,826,767	・給水配管設備改修
	諸収入	69,094	
	寄付金収入	33,074	
	計	11,735,326	
平成 18 年度	（森林総合研究所）		
	運営費交付金	8,442,546	
	施設整備費補助金	451,338	・研究本館及びエネルギーセンター INV 新設換気
	受託収入	1,726,205	用送風機電力削減改修
	諸収入	82,591	・共同溝温湿度警報監視システム改修
	寄付金収入	22,253	・空調設備改修（東北支所）
			・上水道配管改修（関西支所）
			・下水道他改修（多摩森林科学園）
			（補正予算）
			・研究本館他アスベスト改修
	計	10,724,933	
平成 19 年度	（森林総合研究所）		○林木育種センターと統合
	運営費交付金	10,316,788	
	施設整備費補助金	618,898	・研究本館及びエネルギーセンター INV 新設換気
	受託収入	1,778,428	用ポンプ改修
	諸収入	110,233	・共同研究等改修（東北支所）
	寄付金収入	20,200	・給排水設備改修（四国支所）
	前年度よりの繰越金	39,465	・多目的棟整備（北海道育種場）
			（補正予算）
			・研究本館北棟耐震補強
	計	12,884,011	
平成 20 年度	＜研究・育種勘定＞		○緑資源機構の業務を一部承継
	運営費交付金	10,179,844	○区分経理とし、各事業勘定を設置
	施設整備費補助金	341,792	・RI（放射線）実験棟改修
	業務収入	120,138	・共同研究棟改修（東北支所）
	受託収入	1,947,010	・多目的棟外整備（東北育種場）
	寄付金収入	9,148	・研究本館耐震工事（四国支所）
			（補正予算）
			・研究本館耐震改修（九州支所）
	計	12,597,931	
	＜特定地域整備等勘定＞		
	国庫補助金	18,345,729	
	政府交付金	706,000	
	長期借入金	500,000	
	短期借入金	3,100,000	
	森林総合研究所債券	1,799,640	
	業務収入	25,842,695	

年　次	収入区分	決算額	備　考
平成 20 年度	受託収入	16,882	
	業務外収入	270,547	
	計	50,581,494	
	＜水源林勘定＞		
	国庫補助金	22,909,891	
	政府補給金	155,006	
	政府出資金	13,353,000	
	長期借入金	5,000,000	
	森林総合研究所債券	3,099,380	
	業務収入	174,429	
	業務外収入	290,964	
	計	44,982,670	
平成 21 年度	＜研究・育種勘定＞		
	運営費交付金	10,124,137	
	施設整備費補助金	338,084	・複合多目的棟外整備（東北育種場）
	業務収入	118,102	・研究本館空調設備改修（九州支所）
	受託収入	2,511,870	・熱帯温室整備（林木育種センター）
	寄付金収入	50,608	・研究本館 INV 新設エレベーター電力削減改修
			・複合多目的棟外整備（関西育種場）
			（補正予算）
			・人工気象実験棟改修設計
			・太陽光発電設備整備設計
	計	13,142,802	
	＜特定地域整備等勘定＞		
	国庫補助金	15,086,617	
	政府交付金	706,000	
	長期借入金	1,500,000	
	森林総合研究所債券	1,599,040	
	業務収入	23,072,445	
	受託収入	57,383	
	業務外収入	399,975	
	計	42,421,461	
	＜水源林勘定＞		
	国庫補助金	32,123,274	
	政府補給金	97,141	
	政府出資金	13,318,000	
	長期借入金	4,900,000	
	森林総合研究所債券	3,098,140	
	業務収入	320,597	
	業務外収入	281,779	
	計	54,138,932	
平成 22 年度	＜研究・育種勘定＞		
	運営費交付金	9,972,930	
	施設整備費補助金	256,527	・研究本館エレベーター改修
	研究開発補助金	361,709	・研究本館照明設備改修
	業務収入	138,661	・遺伝子等解析室改修（北海道育種場）
	受託収入	1,727,337	・森林資源ジーンバンク拠点施設整備（林木育
	寄付金収入	14,045	種センター）
			・人工交雑温室整備（東北育種場）
	計	12,471,209	
	＜特定地域整備等勘定＞		
	国庫補助金	8,575,445	
	政府交付金	542,000	
	長期借入金	580,000	

年　次	収入区分	決算額	備　考
平成 22 年度	短期借入金	1,200,000	
	業務収入	22,565,397	
	受託収入	33,870	
	業務外収入	135,234	
	計	33,631,946	
	＜水源林勘定＞		
	国庫補助金	18,745,505	
	政府補給金	54,034	
	政府出資金	10,784,000	
	長期借入金	6,800,000	
	業務収入	472,732	
	業務外収入	214,919	
	計	37,071,191	
平成 23 年度	＜研究・育種勘定＞		
	運営費交付金	10,006,203	
	施設整備費補助金	286,472	・研究本館北棟設備改修
	研究開発補助金	320,929	・研究本館他空調設備改修（関西支所）
	業務収入	133,182	・F2 世代開発推進交雑温室改修（林木育種センター）
	受託収入	1,270,777	
	寄付金収入	10,412	
	前中期目標期間繰越積立金	6,352	
	計	12,034,327	
	＜特定地域整備等勘定＞		
	国庫補助金	4,749,902	
	政府交付金	312,709	
	長期借入金	310,000	
	短期借入金	2,100,000	
	業務収入	19,942,305	
	業務外収入	167,138	
	計	27,582,054	
	＜水源林勘定＞		
	国庫補助金	22,565,863	
	政府補給金	27,921	
	政府出資金	10,780,000	
	長期借入金	6,700,000	
	業務収入	756,538	
	業務外収入	352,429	
	計	41,182,750	
平成 24 年度	＜研究・育種勘定＞		
	運営費交付金	9,117,746	
	施設整備費補助金	2,020,081	・ゲノム育種研究施設改修（林木育種センター）（補正予算）
	研究開発補助金	201,760	
	業務収入	146,744	・特高受変電設備建屋修復・設備更新
	受託収入	990,669	・構内温水配管修復
	寄付金収入	11,006	・環境影響測定棟増築
	計	12,488,007	
	＜特定地域整備等勘定＞		
	国庫補助金	3,737,268	
	政府交付金	233,185	
	長期借入金	450,000	
	短期借入金	1,900,000	
	業務収入	17,449,162	
	業務外収入	42,439	
	計	23,812,055	

年　次	収入区分	決算額	備　考
平成 24 年度	＜水源林勘定＞		
	国庫補助金	16,470,109	
	政府補給金	11,991	
	政府出資金	10,779,000	
	長期借入金	6,600,000	
	業務収入	770,422	
	業務外収入	183,578	
	計	34,815,099	
平成 25 年度	＜研究・育種勘定＞		
	運営費交付金	8,828,662	
	施設整備費補助金	1,043,456	・研究本館南棟空調設備改修
	研究開発補助金	169,130	（補正予算）
	業務収入	147,878	・研究本館南棟耐震改修
	受託収入	703,086	・自動火災報知設備更新
	寄付金収入	24,645	・給水配管等改修
			・RI 実験棟実験室設備改修
			・研究本館耐震改修（北海道支所）
			・非常用発電装置更新（北海道支所）
			・研究本館他耐震改修（関西支所）
			・特殊実験棟耐震改修（九州支所）
	計	10,916,857	
	＜特定地域整備等勘定＞		
	国庫補助金	1,499,424	
	政府交付金	223,968	
	長期借入金	477,000	
	短期借入金	1,800,000	
	業務収入	15,213,317	
	業務外収入	30,154	
	計	19,243,863	
	＜水源林勘定＞		
	国庫補助金	30,740,719	
	政府補給金	4,533	
	政府出資金	10,778,000	
	長期借入金	6,500,000	
	業務収入	706,694	
	業務外収入	140,000	
	計	48,869,947	
平成 26 年度	＜研究・育種勘定＞		
	運営費交付金	9,535,454	
	施設整備費補助金	80,510	・種穂増殖温室整備（北海道育種場）
	研究開発補助金	157,627	・種穂増殖温室整備（関西育種場）
	業務収入	151,783	・床面改修（関西育種場）
	受託収入	1,235,965	
	寄付金収入	6,259	
	計	11,167,597	
	＜特定地域整備等勘定＞		
	国庫補助金	163,801	
	政府交付金	182,509	
	長期借入金	420,000	
	短期借入金	2,200,000	
	業務収入	14,637,340	
	業務外収入	71,866	
	計	17,675,517	

年　　次	収入区分	決算額	備　　考
平成 26 年度	＜水源林勘定＞		
	国庫補助金	20,964,106	
	政府補給金	1,290	
	政府出資金	10,777,000	
	長期借入金	6,400,000	
	業務収入	946,046	
	業務外収入	142,623	
	計	39,231,065	

6. 知的財産権

森林総合研究所の研究成果に基づく知的財産権の所有は次のとおりである。

(1) 国内特許（平成 27 年 4 月 1 日現在）

番号	発　明　の　名　称	登録番号	登録日	発　明　者	
1	全方向移動式の傾斜不整地走行車両及び脚装置の旋回方法	2728203	9.12.12	生産技術部	佐々木尚三　遠藤　利明 山田　健　佐々木達也
2	複合積層材とその製造方法	2896499	11. 3.12	木材化工部 木材利用部	渋沢　龍也　川元スミレ 高麗　秀昭 藤井　毅
3	木質材とモルタルからなる建築材料、その製造方法および製造装置	2913016	11. 4.16	木材利用部	藤井　毅　宮武　敦
4	次第に沈降して着底する水面緑化用基盤	2939525	11. 6.18	森林環境部	吉武　孝
5	樹冠部昇降装置（共同出願）	2943116	11. 6.25	生産技術部	遠藤　利明
6	粉粒状または繊維状の原材料の成形および成形品（共同出願）	2967102	11. 8.20	木材化工部	細谷　修二　富村　洋一
7	きのこ子実体形成誘起物質及びこれを用いたヒラタケの人工栽培法	3044301	12. 3.17	生物機能開発部 木材化工部	馬替　由美 豊田　誠資
8	耐候性木質材とその製造方法ならびに耐候性木質材を使用した木質様材	3049309	12. 3.31	木材化工部	木口　実
9	針葉樹不定胚の培養方法	3069694	12. 5.26	生物機能開発部	笹本　浜子
10	人工種子とその製造方法及び播種方法	3141103	12.12.22	生物機能開発部	石井　克明　木下　勲
11	降雪深自動計測システム（共同出願）	3219383	13. 8.10	十日町試験地 関西支所 十日町試験地	遠藤八十一 小南　裕志 庭野　昭二
12	帯鋸装置	3289064	14. 3.22	木材利用部	藤原　勝敏
13	エノキタケ菌体の特性検定法および菌株生産方法	3289065	14. 3.22	生物機能開発部	馬替　由美
14	木質板およびその製法（共同出願）	3312138	14. 5.31	木材化工部	高麗　秀昭　木口　実
15	塗装木材の耐久性向上方法、その塗装木材及び製造方法	3333871	14. 8. 2	九州支所	今村　浩人
16	環状炭酸類を用いる木質系物質からの樹脂原料組成物の製造法	3343564	14. 8.30	木材化工部	山田　竜彦　豊田　誠資 志水　一允
17	間伐材丸太を原料としたチップ製造装置	3401550	15. 2.28	木材化工部	上杉　三郎
18	木質系材の水蒸気爆発により得られる爆裂細片、この爆裂細片を骨材とした木質系資材ならびにこれらの製造方法および製造装置	3401554	15. 2.28	木材利用部	藤井　毅
19	ホルムアルデヒド類の捕集方法とホルムアルデヒド類捕集剤	3498133	15.12. 5	生物機能開発部	大平　辰朗　谷田貝光克
20	どくだみ由来シロアリ誘引剤	3507895	16. 1. 9	木材改質研究領域	大村和香子
21	紫外線吸収性被膜とその製造法	3586704	16. 8.20	木材化工部	平林　靖彦
22	樹木の胸高断面積測定装置	3607942	16.10.22	林業経営部	家原　敏郎
23	木質材料の内部強度推定方法とその装置	3616814	16.11.19	木材利用部	軽部　正彦
24	積雪粒度判別用篩	3682537	17. 6. 3	十日町試験地	村上　茂樹　山野井克己 竹内由香里　庭野　昭二 遠藤八十一
25	除湿システム及び該除湿システムを備えた家屋	3726110	17.10. 7	成分利用研究領域	平林　靖彦
26	刈払機（共同出願）	3726113	17.10. 7	森林作業研究領域 林業機械研究領域	鹿島　潤 陣川　雅樹　佐々木達也
27	植林用苗木とその生産方法および樹木における菌根菌の接種方法	3731043	17.10.21	九州支所	明間　民央

番号	発　明　の　名　称	登録番号	登録日	発　明　者	
28	動揺計測装置	3735718	17.11. 4	気象環境研究領域	吉武　　孝
29	光増感性 DNA 活性阻害剤および生物活性阻害剤（共同出願）	3739685	17.11.11	樹木化学研究領域	塙　　藤徳
30	自動撮影装置	3740536	17.11.18	北海道支所 野生動物研究領域	平川　浩文 堀野　眞一
31	パーティクルボード、ファイバーボード類からの再生エレメントを利用した木質系ボードの製造方法	3760231	18. 1.20	複合材料研究領域	秦野　恭典　渋沢　龍也 高麗　秀昭
32	ヤマブシタケの栽培用培地及び栽培方法（共同出願）	3804944	18. 5.19	微生物研究領域 樹木化学研究領域	関谷　　敦 西田　篤實
33	気乾木粉を用いた木粉成型物の製造方法	3823153	18. 7. 7	木材改質研究領域	大越　　誠
34	擁壁構造	3849028	18. 9. 8	森林作業研究領域	大川　畑修
35	液状炭化物とその製造方法（共同出願）	3932318	19. 3.30	木材化工部	大原　誠資　石原　光朗 志水　一允
36	植物プロトプラストによる非セルロース系カロース繊維体の産生方法とカロース繊維体（共同出願）	3936522	19. 3.30	木材化工部 木材利用部 生物機能開発部	近藤　哲男 安部　　久 笹本　浜子
37	きのこ類の栽培培地（共同出願）	3981712	19. 7.13	生物機能開発部	関谷　　敦　馬替　由美
38	地球観測衛星データのノイズ除去処理方法、ノイズ除去処理プログラム、ノイズ除去処理プログラムを記録した記録媒体（共同出願）	4003869	19. 8.31	海外研究領域	沢田　治雄
39	リグノセルロースの有効利用方法	4025866	19.10.19	成分利用研究領域	山田　竜彦
40	等電点電気泳動法によるタンパク質溶出方法	4025867	19.10.19	きのこ・微生物研究領域	高野麻理子
41	木材の修復・強化方法	4061343	20. 1.11	構造利用研究領域	軽部　正彦
42	抗酸化性食物繊維およびその製造方法、並びにそれを用いた加工食品（共同出願）	4067805	20. 1.18	木材化工部	大原　誠資
43	エタノール及び乳酸の製造方法（共同出願）	4065960	20. 1.18	バイオマス化学研究領域	田中　良平　眞柄　謙吾
44	DNA 活性阻害方法および生物活性抑制方法（光増感性生物活性阻害剤および生物活性抑制方法）	4106436	20. 4.11	樹木化学研究領域	塙　　藤徳
45	ヒメボクトウの性誘引剤（共同出願）	4169331	20. 8.15	森林昆虫研究領域 STA フェロー	中牟田　潔　中島　忠一 Xiong Chen
46	セルロース含有材から加水分解生成物を製造する方法（共同出願）	4187152	20. 9.19	木材改質研究領域	松永　正弘　松井　宏昭
47	新規ダイオキシン類縁化合物、ダイオキシン類分解生物、ダイオキシン類分解酵素またはダイオキシン類分解酵素遺伝子の検索方法及び検索キット	4192218	20.10. 3	生物機能開発部 木材化工部	中村　雅哉 菱山正二郎
48	外生菌根菌の大量固体培養方法（共同出願）	4238317	21. 1.9	森林微生物研究領域	岡部　宏秋
49	パーム幹からの樹液採取方法（共同出願）	4418871	21.12.11	バイオマス化学研究領域 研究コーディネータ	田中　良平 山本　幸一
50	不燃木材の製造方法（共同出願）	4446071	22. 1.29	木材改質研究領域	原田　寿郎
51	高耐候性リグノセルロースとその製造方法及び高耐候性リグノセルロースを利用した高耐候性複合材（共同出願）	4453951	22. 2.12	木材化工部	木口　　実　片岡　　厚
52	重金属吸着剤及びその製造方法（共同出願）	4462789	22. 2.26	樹木化学研究領域	大原　誠資
53	穿孔性害虫の防除材及び防除方法（共同出願）	4523856	22. 6. 4	森林微生物研究領域 関西支所	小倉　信夫 浦野　忠久
54	角材の乾燥方法（共同出願）	4624911	22.11.12	加工技術研究領域	齋藤　周逸
55	分離膜並びに該分離膜を具備する複合膜、加湿エレメント、除湿エレメント、加湿器、除湿器及び調湿システム	4629603	22.11.19	木材化工部	平林　靖彦

番号	発　明　の　名　称	登録番号	登録日	発　明　者	
56	単糖およびフルフラールの製造方法（共同出願）	4673255	23. 1.28	木材改質研究領域	松永　正弘　松井　宏昭
57	セルロース膜の製造法（共同出願）	4677580	23. 2.10	木材化工部	近藤　哲男　野尻　昌信 戸川　英二　菱川裕香子
58	木材の改質方法（共同出願）	4686775	23. 2.25	木材化工部	松永　正弘　片岡　　厚 松井　宏昭
59	バイオマスを原料とする糖類および固形燃料の製造方法（共同出願）	4726035	23. 4.22	木材改質研究領域	松永　正弘　松井宏昭
60	エタノールの製造方法	4756276	23. 6.10	きのこ・微生物研究領域 バイオマス化学研究領域	野尻　昌信 池田　　努　杉元　倫子 眞柄　謙吾
61	自動耕耘植付機	4793716	23. 8. 5	林業機械研究領域	山田　　健　遠藤　利明
62	感温式積雪深計およびその計測方法	4797188	23. 8.12	東北支所	大原　偉樹
63	爆砕発酵処理バガスの製造方法（共同出願）	4894015	24. 1. 6	樹木化学研究領域	大原　誠資
64	血液流動性の改善剤（共同出願）	4904477	24. 1.20	成分利用研究領域	加藤　　厚
65	ガリック酸から２－ピロン－４，６－ジカルボン酸を生産するための遺伝子、その遺伝子等が導入された形質転換体及びその形質転換体を用いたガリック酸からの２－ピロン－４，６－ジカルボン酸の製造方法 （共同出願）	4914041	24. 1.27	樹木化学研究領域 きのこ・微生物研究領域	大原　誠資 中村　雅哉　大塚祐一郎
66	フラボノイド誘導体の抽出方法（共同出願）	4947608	24. 3.16	木材化工部	大村和香子　大原　誠資
67	耐火集成材（共同出願）	4958098	24. 3.30	木材改質研究領域	原田　寿郎
68	抗菌剤（共同出願）	5017697	24. 6.22	きのこ・微生物研究領域	関谷　　敦　根田　　仁
69	木材の人工乾燥方法及びシステム（共同出願）	5049495	24. 7.27	加工技術研究領域	齋藤　周逸
70	木材の乾燥方法、木材への薬剤浸透方法及び乾燥装置（共同出願）	5060791	24. 8.10	木材改質研究領域 木材特性研究領域	松永　正弘　松井　宏昭 片岡　　厚　松永　浩史 瀬戸山幸一 藤原　　健
71	爆砕発酵処理食物繊維含有組成物（共同出願）	5130593	24.11.16	バイオマス化学研究領域	大原　誠資
72	カシノナガキクイムシ捕殺用おとり木トラップ及びカシノナガキクイムシの捕殺方法（共同出願）	5147264	24.12. 7	関西支所	衣浦　晴生
73	レーザ誘起プラズマ発光分析による木材密度の測定方法（共同出願）	5220481	25. 3.15	加工技術研究領域 木材特性研究領域	齋藤　周逸　吉田　貴紘 藤原　　健
74	マツタケ菌の検出および定量プライマーセット、およびマツタケ菌の検出方法ならびにマツタケ菌の定量方法	5227600	25. 3.22	きのこ・微生物研究領域	山口　宗義
75	プラスミド、形質転換体及び３－カルボキシムコノラクトンの製造方法	5268064	25. 5.17	きのこ・微生物研究領域 バイオマス化学研究領域	中村　雅哉 大原　誠資
76	木材の材内水分測定方法（共同出願）	5288873	25. 6.14	加工技術研究領域 木材特性研究領域	齋藤　周逸 久保島吉貴
77	省エネルギー建物（共同出願）	5370880	25. 9.27	バイオマス化学研究領域 構造利用研究領域	塙　　藤徳 森川　　岳
78	木材の DNA を分析するための前処理方法（共同出願）	5388328	25.10.18	木材特性研究領域 生物工学研究領域	安部　　久 吉田　和正
79	高モノテルペン成分含有精油、その製造方法および当該精油を用いた環境汚染物質浄化方法（共同出願）	5508388	26. 3.28	バイオマス化学研究領域	大平　辰朗　松井　直之
80	マイタケ栽培方法とマイタケ増収剤（共同出願）	5509403	26. 4. 4	きのこ・微生物研究領域	下川　知子　中村　雅哉 関谷　　敦

番号	発　明　の　名　称	登録番号	登録日	発　明　者	
81	作業車用ヘッド及び作業車（共同出願）	5509427	26. 4. 4	林業工学研究領域	陣川　雅樹　毛綱　昌弘 吉田智佳史　中澤　昌彦 伊神　裕司
82	木片からのマツノザイセンチュウのDNA抽出方法、マツノザイセンチュウのLAMPプライマーセットおよび木片からのマツノザイセンチュウの検出方法	5540277	26. 5.16	森林微生物研究領域	相川　拓也　菊地　泰生 神崎　菜摘
83	スギ花粉飛散抑制剤およびスギ花粉飛散抑制方法（共同出願）	5558759	26. 6.13	森林微生物研究領域	窪野　高徳
84	木材の非破壊乾燥応力測定による木材乾燥制御システム	5634306	26.10.24	加工技術研究領域	渡辺　憲　小林　功 齋藤　周逸
85	省エネルギー建物（共同出願）	5653413	26.11.28	バイオマス化学研究領域 構造利用研究領域	塙　藤徳 森川　岳
86	週出装置及び抽出方法（共同出願）	5661092	26.12.12	バイオマス化学研究領域	大平　辰朗　松井　直之
87	パンク防止機能を具えたホットプレス装置と木質材料の製造方法（共同出願）	5663726	26.12.19	複合材料研究領域	高麗　秀昭
88	抗ウイルス剤（共同出願）	5697126	27. 2.20	バイオマス化学研究領域	大平　辰朗　松井　直之

(2) 外国特許

番号	発　明　の　名　称	登録番号	登録日	発　明　者	
1	複合積層材	5786063 アメリカ	10. 7.28	木材化工部 木材利用部	渋沢　龍也　川元スミレ 高麗　秀昭 藤井　毅
2	複合積層材の製造方法	5814170 アメリカ	10. 9.29	木材化工部 木材利用部	渋沢　龍也　川元スミレ 高麗　秀昭 藤井　毅
3	木質板およびその製法（共同出願）	6602451 アメリカ	15. 8. 5	木材化工部	高麗　秀昭　木口　実
4	木質板およびその製法（共同出願）	19957329 ドイツ	17.12.22	木材化工部	高麗　秀昭　木口　実
5	木片からのマツノザイセンチュウのDNA抽出方法、マツノザイセンチュウのLAMPプライマーセットおよび木片からのマツノザイセンチュウの検出方法	2009136456 ポルトガル	24. 1. 3	森林微生物研究領域	相川　拓也　菊地　泰生 神崎　菜摘
6	木材の乾燥方法、木材への薬剤浸透方法及び乾燥装置	8096064 アメリカ	24. 1.17	木材改質研究領域 木材特性研究領域	松永　正弘　片岡　厚 松井　宏昭　松永　浩史 瀬戸山幸一 藤原　健
7	プラスミド、形質転換体、及び3－カルボキシムコノラクトンの製造方法	8211683 アメリカ	24. 7. 3	きのこ・微生物研究領域 バイオマス化学研究領域	中村　雅哉 大原　誠資
8	木片からのマツノザイセンチュウのDNA抽出方法、マツノザイセンチュウのLAMPプライマーセットおよび木片からのマツノザイセンチュウの検出方法	ZL200880129053.6 中国	24. 8.22	森林微生物研究領域	相川　拓也　菊地泰生 神崎　菜摘
9	木片からのマツノザイセンチュウのDNA抽出方法、マツノザイセンチュウのLAMPプライマーセットおよび木片からのマツノザイセンチュウの検出方法	8318435 アメリカ	24.11.27	森林微生物研究領域	相川　拓也　菊地泰生 神崎　菜摘
10	プラスミド、形質転換体、及び3－カルボキシムコノラクトンの製造方法	2048231 ヨーロッパ	25.11. 6	きのこ・微生物研究領域 バイオマス化学研究領域	中村　雅哉 大原　誠資
11	木片からのマツノザイセンチュウのDNA抽出方法、マツノザイセンチュウのLAMPプライマーセットおよび木片からのマツノザイセンチュウの検出方法	Ⅰ 425093 台湾	26. 2. 1	森林微生物研究領域	相川　拓也　菊地　泰生 神崎　菜摘
12	高モノテルペン成分含有精油、その製造方法および当該精油を用いた環境汚染物質浄化方法（共同出願）	2402423 ユーロッパ	26.2.19	バイオマス化学研究領域	大平　辰朗　松井　直之

番号	発　明　の　名　称	登録番号	登録日	発　　明　　者
13	パーム幹からの樹液採取方法（共同出願）	IDP000035573 インドネシア	26. 2.20	バイオマス化学研究領域 研究コーディネータ 田中　良平 山本　幸一
14	パンク防止機能を具えたホットプレス装置と木質材料の製造方法（共同出願）	2179827 ヨーロッパ	26. 3.26	複合材料研究領域 高麗　秀昭
15	パンク防止機能を具えたホットプレス装置と木質材料の製造方法（共同出願）	8715451 アメリカ	26. 5. 6	複合材料研究領域 高麗　秀昭
16	エタノール及び乳酸の製造方法（共同出願）	IDP000036570 インドネシア	26. 8.28	バイオマス化学研究領域 田中　良平　眞柄　謙吾
17	リグニン系酵素安定化剤	8911976 アメリカ	26.12.16	バイオマス化学研究領域 きのこ・微生物研究領域 山田　竜彦　久保　智史 野尻　昌信

(3) 著作権

番号	著作物の種類	著作物の題号	登録番号	登録年月日	創　作　者
1	プログラムの著作物	バイオマス資源循環利用診断プログラム（共同申請）	P第8357号-1	16.8.10	加工技術研究領域 高野　勉

(4) 品種登録

番号	名　　称	出願番号 出願年月日	登録番号 登録年月日	育　成　者	
1	すぎ：屋久翁	9674 9.3.25	9020 13.3.28	九州育種場	宮田　増男　園田　一夫 羽野　幹雄　力　益實 大久保哲哉
2	ひのき：福俵	10897 10.4.30	9780 14.1.16	関西育種場	阿黒　辰巳　皆木　和昭 池上游亀夫
3	からまつ：北のパイオニア１号	13561 13.6.7	11940 16.3.9	北海道育種場	飯塚　和也　河野　耕藏
4	すぎ：爽春	17911 17.1.24	16433 20.3.6	林木育種センター	久保田正裕　高橋　誠 栗田　学　竹田　宣明 山田　浩雄　橋本　光司 星　比呂志　生方　正俊 岩泉　正和　長谷部辰高
5	さくら：はるか	27646 24.12.10	- -	多摩森林科学園	勝木　俊雄

編 集 後 記

森林総合研究所は、1975 年に「六十年のあゆみ」を刊行して以来、10 年ごとに研究成果を取りまとめ、組織編成の推移を記録し、その「あゆみ」を報告してきた。

「百十年のあゆみ」では、森林総合研究所の活動を社会に「より広く」「より強く」発信することを目的として、配布方法をこれまでの紙媒体の冊子から CD とインターネットによる配信という電子媒体の利用へ一新した。また、これにともない本文中の写真と図をすべてカラー化することとした。

本書では、「百年のあゆみ」が刊行された 2005 年以降の 10 年間の足跡を報告しているが、この間に組織内に、「林木育種センター」、「森林農地整備センター（現、森林整備センター)」、「森林保険センター」が発足した。それぞれ長い歴史を持つ組織体であるが、編集の主旨を理解していただき最近 10 年間の活動と成果に限定して報告いただいた。

この 10 年間の研究の流れを振り返ると、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれにともなう東京電力福島第一原子力発電所事故は、放射性物質が森林生態系と地域林業に及ぼす影響に関する研究、という林業試験場・森林総合研究所を通じて扱ったことのない大きな研究課題を提起することとなった。成果の一部は「百十年のあゆみ」の中に取り込ませていただいたが、さらに 10 年、20 年と取り組まなくてはならない研究課題である。

2015 年 5 月に設立された森林総合研究所創立 110 周年記念行事実行員会の下に記念誌編集分科会が立ち上げられ、併せて分科会委員長と事務局の広報普及科を中心に発足した「森林総合研究百十年のあゆみ」編集委員会は、6 月に担当者に原稿を依頼し、8 月からの査読作業を経て 10 月から校正作業に入るというきわめてタイトなスケジュールの中で作業を行うこととなった。編集委員はもとより編集委員会からの矢継ぎ早の要求に辛抱強く対応いただいた皆様のご尽力の賜として「百十年のあゆみ」を刊行することができた。関係者のご協力に改めて厚く御礼申し上げる。

本誌発行にあたり携わっていた各委員会の構成は下記のとおりである。

【記念誌編集分科会】

委員長	研究コーディネータ（広報担当）
委　員	企画部研究企画科長、企画部広報普及科長、企画部研究情報科長、支所長・園長、領域長・拠点長、総務部総務課長、企画部育種企画課長、森林保険センター保険企画課長、森林整備センター上席参事
事務局	企画部広報普及科

【編集委員会】

委員長	小泉　透	（研究コーディネータ広報担当)）	
委　員	宮本 基杖	（企画部広報普及科長）	
委　員	亘　博幸	（企画部広報普及科　広報専門職）	
委　員	荒木　誠	（水土保全研究領域　研究専門員）	
委　員	辻　祐司	（企画部育種企画課長）	7 月 31 日まで
委　員	宮　俊輔	（企画部育種企画課長）	8 月 16 日から
委　員	松永 彦次	（森林保険センター　保険企画課長）	
委　員	河野 裕之	（森林整備センター　上席参事）	
事務局	企画部広報普及科		

（小泉透）

ISBN 978-4-905304-58-6

平成 28 年 2 月 20 日印刷
平成 28 年 2 月 20 日発行

森林総合研究所百十年のあゆみ

編集・発行　国立研究開発法人 森林総合研究所
〒 305-8687　茨城県つくば市松の里 1 番地
電話：029-829-8135
http://www.ffpri.affrc.go.jp/index.html

印刷　佐藤印刷株式会社
〒 310-0043　茨城県水戸市松が丘 2-3-23
電話：029-251-1212