

# 森林総合研究所九十年のあゆみ

農林水産省森林総合研究所

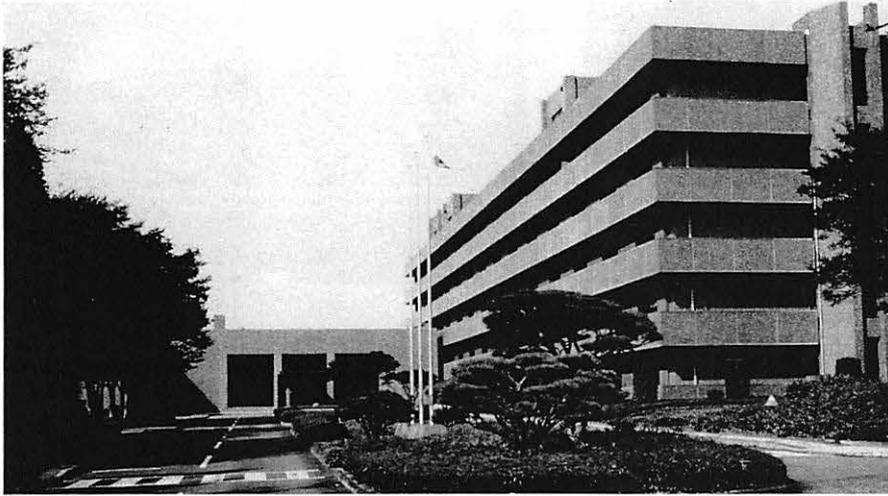
# 森林総合研究所九十年のあゆみ

平成7年9月

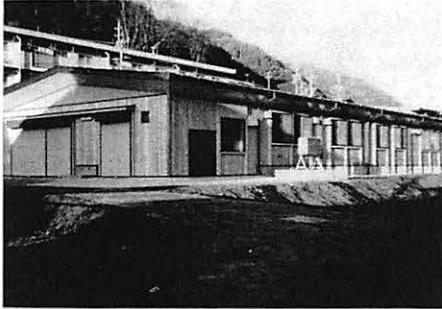
農林水産省森林総合研究所



上空から見た森林総合研究所全景



本所 本館全景



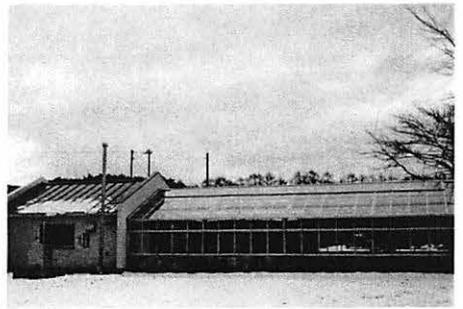
木曾試験地  
共同実験室



東北支所  
粗試料調整測定室



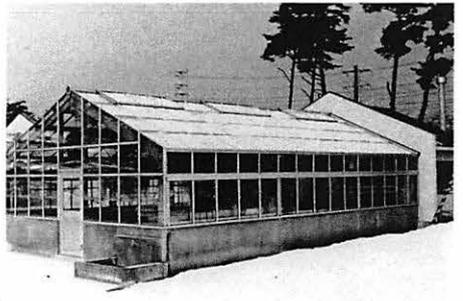
十日町試験地  
庁舎



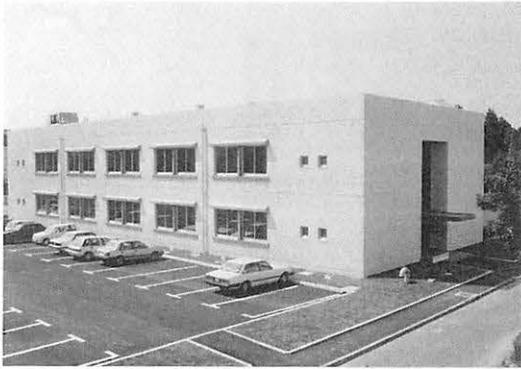
東北支所  
ガラス室



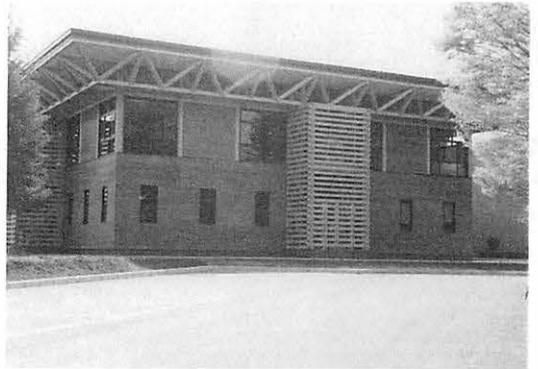
東北支所  
育林実験棟



東北支所  
隔離温室



本所 生物工学研究棟



本所 森林環境変動解析実験棟



関西支所  
粗試料調整測定室



四国支所  
造材研究棟



関西支所  
風致林管理実験棟



四国支所  
粗試料調整測定室



関西支所  
森林微生物生理実験棟



九州支所  
森林微生物実験棟



第18代 山口 博昭



第19代 小林富士雄



第20代 勝田 征



所 長 小林 一三

## 前誌（80年のあゆみ）以降における所長



秋篠宮殿下 多摩森林科学園ご視察



左上：「'94東京国際木工機械展」へ出展

右上：森林総合研究所研究成果発表会

左：科学技術週間における一般公開

## “森林総合研究所九十年のあゆみ”によせて

### 1) 森林総合研究所への改組と創立記念日

昭和63年(1988年)10月1日、それまでの農林水産省林野庁林業試験場は大幅な組織改編を行うとともに、その名称も森林総合研究所に変更した。この組織改編等については別項に詳しく述べられているように、極めて大幅なもので、当研究組織における過去の出来事のなかでも昭和23年前後の林政統一による大幅な編成替え、昭和53年の筑波移転に並ぶ重要事項であった。そして、その後三か月余りで終わりとなった昭和とともに林業試験場の時代も去り、平成の代の幕開けとともに森林総合研究所としての新たな旅立ちの時を迎えたと多くの人々が深い感慨を覚えたものであった。

この時の組織改編は農林水産省の研究機関全体に及ぶもので、今日でも俗に「63体制」への移行として語り継がれている大事業であった。農業技術研究所・植物ウイルス研究所・農事試験場の廃止、蚕糸試験場の縮減を含む大幅な組織再編が行われ、新たに農業研究センター・農業生物資源研究所・農業環境技術研究所の設立などが実施された。しかし、林業試験場から森林総合研究所への組織改編は、あくまで組織内部での大改編であって、森林・林業・林産業にかかわる唯一の国立研究機関という基本的な組織構造と使命は変わっていない。従って、明治38年11月1日に山林局林業試験所の官制公布をもって当組織の創立として記念され、明治43年10月に名称を林業試験場に改めた時にも組織としての創立はそのまま引き継がれたように、森林総合研究所になってもその流れを受け継ぎ、平成7年11月1日を創立90周年記念日とすることとした。63体制によって新たに設立された機関と同様に、昭和63年10月1日をもって森林総合研究所の創立としてはとの意見もあることは承知するものの、ひとつの組織として幾多の困難と変遷を経て90年の歴史を刻んできた伝統を今後に生かすためにも、この方向で大方の賛意を得られるものと確信する。

今、手元には昭和40年、50年、60年のそれぞれに発行された「林業試験場六十年のあゆみ」、同じく「七十年のあゆみ」と「八十年のあゆみ」の3冊がある。そして、その時々々の坂口勝美、上村 武、難波宣士元場長がそれぞれの前文を書いておられる。「六十年」は林業試験場の還暦記念出版として明治初期の林業試験の夜明けから試験場の創設、太平洋戦争前後の混乱期と林政統一による国立の試験研究機構の一元化、その後の発展の経過が記述されている。戦災によって多くの資料が失われた苦しい状況を多大の努力で乗り越えた労作で、これなくしては林業試験場の歴史を語れない貴重な文書になっている。「七十年」には昭和50年以後の経済成長の進展に伴う生産性向上、次第に顕在化する公害・環境保全対策、輸入量の増大する外材等に関する研究対応の様子と筑波移転の決定に到る経過が特徴的に記述されている。「八十年」では高度経済成長の終りとともに訪れた林業・林産業の危機、環境問題の高まり、そして筑波移転の顛末と昭和56年のIUFRO 京都大会をはじめとする国際研究交流の増大の様子等が昭和50年代の特徴的な動きとして描かれている。これらに引き続き、昭和60年以後今日までの10年を振り返り時代の潮流を見極め、平成17年に訪れる創立100周年を誤りなく迎えるための備えとして、名称を「森林総合研究所90年のあゆみ」と改めて本書をとりまとめることにした。

### 2) 過去10年の森林総合研究所をめぐる動向によせて

この10年間の主要な出来事として森林総合研究所への組織改編、研究レビューと研究基本計画改訂、海外研究対応の動きの三つを挙げることができる。しかし、いずれについても別項で詳しく述べられているので、ここで



はそれ以外のことについて思いつくままに述べる。

まずは筑波への移転後の目黒の跡地をめぐる動きである。昭和53年に移転が完了した目黒の林業試験場の跡地は14年間の空白期間を経て平成4年6月1日に東京都立の「林試の森公園」として全域が一般に解放された。目黒・品川両区にまたがって約15haに及ぶこの広大な土地には様々な公園施設等が作られているものの、クス、ラクウショウ、ヒマラヤスギ、プラタナス等の往時の大径木が多数残されており、貴重な自然とのふれあいの場、格好の憩いの場として、さらには緊急時の避難場所として近隣の人々に大いに喜ばれている。我が国における森林・林業・林産業研究の先導的役割を明治・大正・昭和にかけて果たしてきた林業試験場がこの地に72年の長きにわたり存在したことを後世に伝える記念碑を建てる動きが坂口勝美元場長、小林富士雄元所長、(財)林業科学技術振興所等の多数の関係者の努力で続けられた。これが平成4年7月11日に実を結んで日本館に近い大きなクスのわきに「林業研究発祥の地」の記念碑が建立された。目黒時代を身をもって経験した人々のほとんどが退職した今日、この記念碑が90年の歴史を偲ぶよすがとして一層の重みを感じさせる存在となっている。この記念碑の建つ「林試の森公園」とともに、「林試」の名称は当組織のOBで組織される「林試友の会」(会長：竹原秀雄元場長)に生きており、毎年の総会には100名を超す人々が集い、旧交を暖めていることも付記しておきたい。

次いで、目黒からの移転後すでに17年余りが経過した筑波の変遷である。この移転を体験した人々の多くがすでに退職し、また、時の流れの風化によって移転当時の大変な混迷はもはや昔の語り草になりつつある。「つくば学園都市」は当初の「研究のために作られたハード面だけが目立つ住みにくい町」のイメージが薄れて生活・定住の要素が17年間に自然と加わって、安定した生活と研究の行われる雰囲気になっている。現在では森林総合研究所の現職者・退職者の少なからずの人々がここを定住の地として生活している。構内の樹木も十数年の歳月を経て筑波の風土に馴染み、立派な建物とともに来訪者の賞賛するところとなっている。このような現状を見るにつけても、移転当時の先人達のご苦労がしのばれ感謝の意を新たにす次第である。ただし、17年の歳月は設備や機械の老朽化をもたらし、その更新が今後の大きな課題になってきている。また、公務員宿舍のあり方、庁舎の空調等、建設当時には最善と思われたシステムが今日の感覚に合わなくなっている状況も散見される。様々な問題を抱えながらも、筑波学園都市(つくば市と茎崎町)は試験研究、教育及びその支援のための国関係の約50の機関と約100に及ぶ民間機関を擁し、国際研究交流も盛んな科学技術発展の中核的存在として発展を続け、人口もつくば市と茎崎町を合わせると約18万人になり、膨大な国費投入による学園都市整備基盤と筑波の風土に

根ざした新たな文化がこの地に育ちつつあるように思える。

この10年を顧みてさらに記述しておくべき事項として森林総合研究所の職員構成の変化がある。昭和23年の林政統一以後の規模拡大期に若くして採用された方々の大量退職時代が現在ようやく終わろうとしている。十数年間にわたって毎年20～30名の退職とその数に近い若手の採用がなされ、人の出入り・世代交代が激しい時期であった。昭和59年4月1日における行政職（一）、行政職（二）及び研究職の実数と平均年齢はそれぞれ213名と37.8才、51名と47.6才、506名と46.3才であったものが、10年後の平成5年4月1日ではそれぞれ198名と34.2才、39名と43.5才、466名と39.7才に変化しており、実数の漸減とともに明らかな若返り傾向が見られる。また、研究職職員では、新規加入者のすべてが大学卒以上となって均一化が著しく進行した。定員削減の流れを受けて研究室あたりの平均人数は現在では3.4名になり、同時に研究室内においても研究の専門化、細分化が進行して研究者の価値観の多様化が起きている。一方では研究の総合化が現実問題の解決のために一層強く求められている。このような研究職構成員の変化が森林総合研究所の運営や全体の雰囲気にも大きな影響を及ぼすことになり、さらに、企画調整部関係の研究職員の人員配置に従来にない難しい問題を提起しつつある。

### 3) 21世紀と創立100周年を目指して

冷戦構造の崩壊と地球環境問題の台頭等の世界的な変動の波を受けて、国内的にも55体制の崩壊と政治的な不安定、バブル経済の崩壊と経済の長期低迷、ガット・ウルグアイ・ラウンド問題、食料管理制度の見直し等、まさに激動の10年間であった。このような社会経済的動きのなかで、我が国の農林業は一段と危機的状況を深めているが、一方、森林と木材に対する世界の人々の見方には大きな変化が起きつつある。木材は環境負荷の最も少ない先端的な未来型素材として見直されつつあり、森林は人類共通の環境・経済財としての認識に加えて、生物の多様性保全の観点からも、森林生態系の保全が地球的規模で国際的に対策が協議される時代になってきた。

「貿易と環境」がこれからの世界各国の共通課題となる潮流のなかで、生産と公益的機能の調和された森林生態系管理技術の確立が世界で、そしてそれぞれの地域で求められている。人間の社会は流動性を増しつつ今後も激しく変化していくであろう。一方、森林は地球生態系の進化のなかで備わったゆっくりとした時間の流れで変動する。この本来的な差異の本質を究明し、森林と人間の新たな関係を作り出すことが人類的課題として世界的に模索が始まっている現状にある。

このような新たな事態に適切に対応する研究をすすめるには森林・林業・林産業関係の研究者や技術者の意識や行動が従来路線の継続では不十分であって、現在進行中の大学農学部・林学科の改編、日本林学会のあり方の見直し、最近盛んに論じられる林業技術者問題等はすべて新たな事態への対応の苦悩の姿といえる。一方、森林そして森林と人間の関係を対象とする研究は様々な分野で従来にない盛況を呈している。このような動きのなかであって、間近に迫った21世紀、そして10年後の創立100周年に向けて森林総合研究所が十分にその使命を果たすよう一層の研究活性化を多面的に図っていく必要があり、関係各位のさらなるご支援・ご鞭撻をお願いする次第である。

平成7年9月1日

森林総合研究所長

小林 一三

# 目 次

## 目 次

“森林総合研究所九十年のあゆみ”によせて .....	1
I. 森林総合研究所80～90年の沿革 .....	9
1. 研究の背景とねらい .....	11
2. “林業試験場から森林総合研究所へ”組織改編 .....	17
3. 年 表 .....	23
II. 専門別試験研究の動向 .....	25
森林環境部門 .....	27
森林生物部門 .....	38
生物機能開発部門 .....	49
生産技術部門 .....	64
木材化工部門 .....	72
木材利用部門 .....	81
林業経営部門 .....	91
III. 地域林業に対応した試験研究の動向 .....	99
北海道支所 .....	101
東北支所 .....	114
関西支所 .....	125
四国支所 .....	134
九州支所 .....	141
多摩森林科学園 .....	150
IV. 総合研究の動向 .....	155
低位生産地帯のマツ枯損跡地におけるヒノキ人工林育成技術の確立 .....	157
生物資源の効率的利用技術の開発に関する総合研究（バイオマス変換計画） .....	161
酸性雨と森林衰退 .....	166

農林業における水保全・管理機能の高度化に関する総合研究 .....	173
マツ枯損防止に関する研究 .....	178
生態秩序計画 .....	180
木質系新素材による高強度・高耐久環境調和型架橋技術の開発 .....	185
地球環境変化に伴う農林水産生態系の動態解明と予測技術の開発 農林水産生態系を利用した地球環境変動要因の制御技術の開発 .....	188
熱帯林の変動とその影響等に関する観測研究 .....	190
地球科学技術研究のための基礎的データセット作成研究 .....	194
緑資源の総合評価による最適配置計画手法の確立に関する研究 .....	197
きのこ病害虫の発生機構の解明と生態的防除技術の開発 .....	199
V. 海外研究・国際協力 .....	205
VI. 付図・付表 .....	217
1. 森林総合研究所本・支所位置図 .....	219
2. 組織機構 .....	220
3. 定員の推移 .....	225
4. 歴代幹部 .....	226
5. 歳出予算年次推移 .....	232
6. 特許・実用新案 .....	236

## I. 森林総合研究所80～90年の沿革

## 1. 研究の背景とねらい

昭和60（1985）年から平成7（1995）年までの10年間は、「林業試験場」から「森林総合研究所」への組織再編整備という大きな出来事が含まれる重要な時期であった。

国際的には、ベルリンの壁の崩壊（平成元年）やソ連邦の崩壊（平成2年）といった戦後の冷戦構造が崩壊し新たな世界秩序の構築を模索しはじめた時代であり、国内的には、「昭和」から「平成」の御代に、また、政治的な55年体制が崩壊し新たな政治の在り方が求められる時代となり、戦後50年を節目として過去の歴史から学んだ理念をしっかりと打ち立て日本の新たな国際貢献の在り方が求められる時代となっている。

研究を取り巻く環境も大きく変化した。科学技術会議の答申「新たな情勢変化に対応し、長期的展望に立った科学振興策の総合的基本方策について（昭和59年11月）」とこれを受けての「科学技術政策大綱（昭和61年3月）」、さらには、諮問13号答申「国立試験研究機関の中長期的あり方について（昭和62年8月）」は、国立試験研究機関の方向付けを明確化した。これによると国立機関は、社会的、経済的ニーズの変化に対応し、民間等には期待し難い新たなシーズ創出等を目指す基礎的、先導的研究を拡充強化するとともに、国際的な面での十分な研究対応に配慮しその活性化を図ることが必要であるとされた。また、昭和60年7月に臨時行政改革推進審議会から、「行政改革の推進方策に関する答申」が出され、この中で、国立試験研究機関をおおむね3年以内を目に整理合理化することを義務づけた。このような背景の下で、林業試験場に昭和61年秋から総務庁行政監察局による総合実態調査や、農林水産技術会議における研究レビューが実施された。これを受けて、林野庁に設置された「林業試験場検討会（昭和62年1月）」による林業試験場の組織及び研究運営等の見直しの結果に基づき、総務庁行政管理局との調整を経て、林業試験場の組織体を再編整備し、昭和63年10月に「森林総合研究所」として発足した。

昭和62年秋から場内に「目標と運営の検討会」を設け、新たな組織体制のもとでの研究推進のための「研究基本計画」（昭和63年10月）と研究運営のための「研究運営要綱・同細則」（平成元年4月）を策定した。

一方、農林水産技術会議は、昭和58年の「農林水産研究基本目標」を見直すことにより、我が国の経済社会の成熟化・国際化に伴う、国民の生活様式の変化等農林水産研究を巡る状況変化を踏まえ、かつ、今後の科学技術の発展を見通して、国際化時代における農林水産研究の重点化方向を示す「農林水産研究基本目標」を改訂した（平成2年2月）。この改訂を踏まえ森林総合研究所「研究基本計画」を一部修正をした（平成2年10月）。

林政審議会は、我が国の森林林業及び木材産業が直面する危機的状況についての国民の理解と早急な対策の必要性を訴えた「森林の危機の克服に向けて」（昭和60年11月）を取りまとめた。さらに、平成2年12月「今後の林政の展開方向と国有林野事業の経営改善」についての答申を行い、今後の林政の展開方向として、①「緑と水」の源泉である多様な森林の整備と②「国産材時代」を実現するための林業生産、加工・流通における条件整備との二つの林政の基本課題を提示し、これらの課題を達成するため「森林の流域管理システム」という新しい森林管理の在り方を提示した。また、林野庁はこの新たな仕組みを実現するために、平成3年に森林法を改正した。このような更なる情勢変化と平成4年度に行われた農林水産技術会議による「森林総合研究所研究レビュー」により示された「試験研究の今後の推進方向」を受け昭和63年度の研究基本計画を改定し、平成6年度版森林総合研究所「研究基本計画」を策定した。

以上のような社会情勢や行政施策の変化に対応してこの10年間の研究・技術開発を展開した。

この半世紀の間に2倍に増えた世界人口、5倍に増加した世界経済生産、そして広がり続ける所得格差は、地球の自然システムに過剰な直接的圧力を加え、環境へのインパクトを大きくしている。温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、熱帯林などの世界の森林の減少と劣化、野生生物の減少、砂漠化等の地球環境問題の多くは、森林問題と深くかかわっており、今後、長期的視点に立って、早期に解決に取り組まねばならない人類最大のテーマの一つであることが国内的にも、国際的にも認識されるに至った。

世界の森林の減少は平成2年(1990年)までの10年間で2%にすぎないが、先進地域での2%の増加に対して、途上地域では5%の減少となっており、特に、熱帯林については年平均で170万haも減少し途上地域全体では9%とさらに速い速度で減少していることをFAOの「森林資源評価1990年プロジェクト」が報告している。熱帯林は既知の生物種(150万から170万種)の半分以上を含むと推定されているが、熱帯林の減少と劣化は野生生物種の減少とそれによる遺伝資源の消失を招くほか、「温暖化」の元凶である二酸化炭素濃度の上昇に拍車をかけ、さらに土壌浸食や洪水の発生、砂漠化の進行及び薪炭材の不足等を引き起こしており、それぞれの地域で大きな問題となっているばかりでなく地球規模での問題となっている。ところで、先進地域の森林は前述のようにこの10年間で2%増加したとはいえ、ヨーロッパの森林では中部、北部を中心とにその5分の1に酸性雨や大気汚染等による森林被害が顕在化していることが報告されており、また、米国、カナダや中国においても同様の被害がみられ、我が国でも全国的にpH4.3~5.3の酸性雨が観測されているような状況にある。

このような地球環境問題の深刻化を背景に平成4年6月に「国連環境開発会議(地球サミット)」が開催され、地球環境問題に対するあらゆる分野での行動計画をまとめた「アジェンダ21」、及び亜寒帯林から熱帯林までの、すべての森林の保全と持続可能な森林経営に関する世界で最初の合意である「森林に関する原則声明」が採択された。引きつづき地球サミットフォローアップのための「持続可能な開発委員会(CSD)」が設置され「持続可能な森林経営」の達成の度合いを図る国際的な「指標と基準」づくり等の取り組みが活発化している。このほかに、二酸化炭素の吸収源としての森林保全等を規定した「気候変動に関する国際連合枠組み条約」や、さらには「生物の多様性に関する条約」について、我が国を含めて150か国以上が署名した。

我が国においても、これら「アジェンダ21」や「森林に関する原則声明」等の実行に向けて、我が国の森林も世界の森林の一部と位置づけし、その森林を木材等の林産物の供給のみならず地域を含めた環境の保全・形成に役立つ総合資源として機能するよう整備していくことが重要である。環境材としての森林への認識が国内的にも定着し、国民の森林に対する期待・関心が大きくなり、森林への要請も多様化している。このように、①二酸化炭素の吸収・固定、酸素の供給、水資源かん養、森林土壌の形成、気候の緩和、湿度の維持及び野生動植物の保護や遺伝資源の保全を含む生物の多様性の確保等の「安定した環境」を形成する機能、②洪水の緩和、土砂崩壊の防止、土砂流出防止、なだれ防止、落石防止、風害の緩和等の「安全な環境」を形成する機能、③騒音防止、景観の提供、レクリエーション・保健休養・情操かん養・教育・学術研究の場の提供等の「快適な環境」を提供する機能等森林の持つ多面的な機能が十分発揮できるよう森林を整備し、適切に維持管理することが林業の大きな目的となっており、このような環境創造に貢献する森林を守るための林業の展開が要請されている。

このため、このような多面的機能と森林との関係を解明するとともに、前記の諸機能を適切に発揮できる森林の整備と森林及び森林空間の管理の在り方を明らかにすることが必要となっている。

我が国の森林面積は昭和20代半ば以降国土の67%、2千5百万haの水準を保っており、一人当たりの国内総生産量が1万ドル以上のOECD加盟国ではフィンランド、スウェーデンに次いで3番目、人口密度300人以上

の国では1番目の森林率を誇っており、我が国は多くの人口を抱え、かつ経済を高度に発展させながら豊かな森林を育ててきたといえる。これは戦後の復旧造林、昭和30年代からの拡大造林を山村の人々の努力により進めてきた結果であり、人工林は昭和26年に497万haであったものが、平成2年には、約2.1倍の1千万haまでに拡大している。我が国の森林蓄積をみると昭和41年に1887百万 $m^3$ であったものが、平成2年には3138百万 $m^3$ に増加した。人工林と天然林別にみると平成2年には昭和41年のそれぞれ2.9倍、1.2倍と伸びており、森林全体では年平均で7千万 $m^3$ の蓄積を増している。この量は平成4年の我が国木材需要量1億1千万 $m^3$ の63%に相当する。このように我が国の森林資源は1千万haの人工林を中心に成熟過程にあるといえる。しかし、人工林の約8割はいまだ保育・間伐を必要とする35年生以下の若齢林であるという育成途上の資源構成状況にある。

国内木材需要量(用材)は、昭和48年の約1億24万 $m^3$ をピークに減少に転じ、2度にわたるオイルショック等の大きな景気変動を受けて、昭和56年から昭和59年にかけては9千1百万 $m^3$ 前後で推移したが、その後、昭和62年の緊急経済対策に基づく内需拡大策の実施等により1億1千万 $m^3$ 台を回復し、以来1億 $m^3$ を上回って推移している。しかし、木材の供給は、外材主導型の木材供給構造が定着し、特に昭和60年のプラザ合意後の急速な円高の進行は外材輸入を一層容易なものとし、木材(用材)の自給率を25%までに低下させている。

木材価格は、海外の資源的制約や野生動物保護等の環境問題に起因する出材量の減少による外材価格の乱高下を伴う上昇にもかかわらず、近年のさらなる円高の進展も影響して長期的な低迷傾向が続いている。近年の木材価格と林業の収益性の動向を昭和55年を100とした指数でみると、平成4年の丸太価格はスギが59、ヒノキ77で、山元立木価格はスギが58、ヒノキ71となっているのに対し、平成4年度の伐出業種の平均賃金が134となっていることから、スギの造林投資利回り相当率は昭和55年度に3.4%であったものが平成4年度には0.9%と大きく落ち込んでいる。このような国内需要量の7割強を外材が占める状況の下での木材価格の長期低迷と人件費などの諸経費の高騰から林業経営の収益性は著しく低下を余儀なくされている。そのため、造林、伐採をはじめとした林業生産活動は停滞を続けている。

ところで、山村地域における昭和60～平成2年の人口減少率は前5年間の減少率(3.0%)を上回り4.3%となり、また、平成2年の65歳以上の高齢者の比率が全国平均(12%)を上回る20%に達するなど、林業の担い手の減少のみならず、林業労働力の高齢化が依然として続いている。さらに、農家林家の減少や農山村の過疎化等により私有林面積に占める不在村森林所有者の森林面積が昭和45年の15%から平成2年の22%に増加するなど森林管理の粗放化を顕在化させており、このままでは山村や零細・分散的に存在し間断的な生産構造にある国内林業をさらに衰退へと導きかねない状況にある。

このような状況下で、前記したように、林政審議会は、林政の今後の展開方向として「森林の流域管理システム」を提示した。この流域管理システムを実効あるものとするため、各流域における林業・林産業関係者が一体となって国産材を持続的、安定的に供給しうる、いわゆる流域林業を形成し、魅力とやりがいのある林業経営を取り戻し、林業の活性化と山村の振興を図るための研究展開が求められている。このためには、林業の担い手の育成と組織化、流域の実態に即した林業経営方式、及び低コスト作業システムの確立が急務となっている。とりわけ、長伐期施業、複層林施業など多様化する育林技術の体系化、人工知能などを応用した安全かつ高性能な機械の開発、及びそれらの機械の活用と路網を組み合わせた作業システムの構築、自然環境にインパクトの少ない病虫害管理技術の開発が必要である。

また、日本列島は自然が複雑多様であり、地誌的な背景とも相まって樹種や、森林タイプも多様で、さらに長い歴史を伴う社会的、文化的条件のちがいで、その地域特有の様々なタイプの林業が展開されてきた。このよ

うな実態の上に立って、自然と社会の地域的多様性を活かし、それぞれの地域の個性や魅力を活用した林業の展開、特色ある自然の維持、自然災害の少ない安全で快適な生活環境の創出が求められている。そのための森林管理技術、経営管理技術、施業技術、森林の維持・造成技術、森林の多目的利用技術の高度化、体系化が必要となっている。

我が国は世界有数の木材輸入国であり、その輸入量は丸太については世界の輸入量の約4割、製材及び合板については約1割を占め、平成4年の木材輸入額は、総輸入額の約4割、1兆4091億円を占めている。我が国木材輸入量は昭和62年以降順調に増加し、平成3年には約84百万 $m^3$ と国内の需要量の75%を占めるに至った。しかし、前記したように北米や熱帯地域などの主要木材輸出国における最近の環境保護運動の高まりや資源的制約により外材輸入は不安定な状況にある。また、産地国における木材振興策のもとで今後とも丸太輸出規制による丸太輸入の減少と製品輸入の割合の増加が予想される。一方、国内の森林資源は、平成2年のスギの総面積に対する標準伐期齢以上の面積割合は11%から17%に増加しているように、1千万haを超える人工林を中心に成熟度を加えつつあり、国産材時代に向けて国内資源は充実しつつある。21世紀に国産材時代の到来を現実のものとするためには、森林資源をきめ細かく整備していくことに加えて、質・量・価格の安定した国産材の供給体制を整備し、間伐材・工場廃材などを含めた地域産材を可能な限り利用する総合的木材産業システムを構築して、木材関連産業を活性化することが求められている。

さらに近年我が国ではゆとりある豊かな生活を実感できる社会を構築することが求められており、そのため、住生活の充実を図ることが重要な施策となっている。国民の木造住宅への志向は世論調査で92%と依然として根強いものがあり、加えて、建築基準法の改正（昭和62年度、平成2年度及び平成4年度）により大規模木構造や三階建て共同住宅の建築が可能になった。このような需要に応じて、安全性と耐久性に優れ、居住性の良好な木造建築物や建築部材を供給しうる技術体系を整備することが木材の需要拡大を促進する上からも求められている。また、再生産可能で、加工エネルギーが小さく、廃棄・リサイクルが容易な木質材料系が環境への負荷量が小さいことの重要性が見直され、低利用広葉樹材、林地残材、工場残材、建築解体材などを含めた木質系資源を各種の産業資材、化学工業原料やエネルギーなどとして合理的に利用するための技術開発が求められている。

生物を扱うライフサイエンス分野における近年の科学技術進歩は著しく、生物の持つ増殖、遺伝、物質代謝などの諸機能を利用した新たな技術開発の可能性が注目されている。これらの技術を開発することにより、乾燥、高塩、貧栄養などの劣悪環境や病虫獣害に耐える樹木、生物活性物質などの有用成分の産生効率の高い樹木などの作出と増殖法の開発が求められている。また、熱帯林等の天然林の減少・劣化により在来種・野生種等貴重な遺伝資源が急速に失われつつある中で、将来に向けて多様な森林植物及び微生物の遺伝資源を収集・保存及び遺伝資源の特性を評価する事が求められており、現地保存技術や原生保存地域の管理技術に関する研究が重要な課題となっている。このような状況から、森林生物の生理機能、発現調整機能等の諸機能をその基礎から解明するとともに、バイオテクノロジーなどの先端技術を活用して、遺伝子操作などによる新育種素材の作出はもとより、樹木や微生物の持つ増殖、物質の合成・分解などの機能を利用する革新的技術の開発が要請されている。

我が国は技術先進国として地球的規模の環境保全や海外の森林資源の再生と充実、木質系資源の有効利用技術の向上、森林遺伝資源の評価・保全・利用などのために、国際研究協力を努めることが強く求められている。「緑

の地球経営」に向けて我が国で得られた知識・技術などを基盤にした国際貢献を果たすとともに、これらの成果や国際交流によって得られる様々な情報・知見を我が国の森林・林業・林産業に生かすことも求められている。

以上のような研究を取り巻く情勢の下で、具体的には、経常研究のほか特定研究、指定研究等の森林総合研究所の所内プロジェクトに加えて、農林水産技術会議「大型別枠研究」、「一般別枠研究」、「特別研究」、「総合的開発研究」、「バイテク先端技術開発研究」、「官民交流共同研究」、環境庁「国立機関公害防止等試験研究」、「地球環境研究総合推進費」、科学技術庁「国立機関原子力試験研究」、「科学技術振興調整費・総合研究、生活・地域流動研究」、「地球科学技術特定調査研究促進費」等のプロジェクト研究に積極的に参加し研究対応を行った。その主なものは以下の通りである。

森林生態系の特性解明と森林の環境形成機能の増進並びに地球環境問題への貢献に関しては、「農林水産系生態秩序の解明と最適制御に関する総合研究」、「地球環境変化に伴う農林水産生態系の動態解明と予測技術の開発」、「熱帯林の変動とその影響等に関する観測研究」、「熱帯林生態系の環境及び構造解析」、「熱帯林生態系の修復」、「熱帯林生態系における野生生物種の多様性」、「森林破壊が野生生物の減少に及ぼす影響機構」、「熱帯林の環境形成作用の解明」、「シベリア凍土地帯における温暖化フィードバックの評価」、「地球の温暖化が植物に及ぼす影響の解明」、「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」、「気候変動が高山・亜高山地域の植物への影響の解明」、「酸性物質の生態系に与える影響」、「スギ林における酸性降下物等の動態解明と影響予測に関する研究」、「酸性雨等モニタリング・センターステーションの構築」、「紫外線の増加が植物等に及ぼす影響」、「緑資源の総合評価による最適配置計画手法の確立に関する研究」、「農林生態系利用による浅層地下水の水質浄化技術の開発」、「農林業における水保全・管理機能の高度化に関する総合研究」、「火山地域における土砂災害予測手法の開発に関する国際共同研究」等により多くの研究成果をあげた。

森林の資源の充実と林業における生産性の向上、地域林業の発展、森林の多面的利用技術の高度化に関しては、「農林水産業のもつ国土資源と環境の保全機能及びその維持増進に関する総合研究」、「低位生産地帯のマツ枯損跡地におけるヒノキ人工林育成技術の確立」、「都市近郊林等森林の公益機能の維持強化のための管理技術の開発」、「自然度の高い生態系の保全を考慮した流域管理に関するランドスケープ・エコロジー的研究」、「森林資源環境の維持管理支援システムの開発」、「主要マメ科樹木等の生理機能の解明と育苗技術の開発」、「有用天敵生物の機能向上と新害虫防除技術の開発」、「野生鳥獣による農林産物被害防止等を目的とした個体群管理手法及び防止技術」、「生物的防除手法を導入した松くい虫被害の激化防止新技術の確立」、「スギ・ヒノキ穿孔性害虫の生物的防除技術の開発」、「林業機械化のためのセンシング技術開発」、「林業機械性能向上」、「林業用ハイブリッドベアスマシンの試作開発調査」、「品質管理型林業のためのスギ黒心対策技術の開発」等により研究展開を図った。

木質系資源の有効利用技術の向上と新用途開発に関しては、「生物資源の効率的利用技術の開発に関する総合研究」、「国産針葉樹中小径材の構造部材への新利用技術開発」、「有機塩素化合物を排出しない化学パルプ漂白法の開発」、「新需要創出のための生物機能の開発・利用技術の開発に関する総合研究」、「木質系新素材による高強度・高耐久環境調和型架橋技術の開発」、「国産針葉樹材の適性乾燥技術と耐久性向上処理技術の開発」で多くの特許出願をも含め、実用的な成果を上げた。

森林生物機能の開発と利用による技術革新に関しては、「生物情報の解明と制御に関する農林水産技術の開発に関する総合研究」、「糖鎖の構造・機能解析のための共通基盤技術の開発」、「糖質の構造改変による高機能性素材の開発に関する総合研究」、「組み換え体の生態系導入のためのアセスメント手法の開発」、「最良木からの種苗増殖技術の開発、菌床栽培用きのこの育種と栽培技術の改良、菌根菌の人工接種技術の開発」、「きのこ病害虫の

発生機構の解明と生態的防除技術の開発」、**「細胞融合による林木新品種の効率的創出技術の開発」**等で成果を上げている。

以上この10年間、森林・林業・林産業をめぐる諸情勢の変化を踏まえ、これらに対する国民の多様なニーズに応じて幅広く、また、国内はもとより、北極域・シベリアから熱帯林までの地球的規模での研究対応を行ってきた。森林総合研究所の研究体制の特徴を生かして、より効率的・効果的な研究を推進するため、平成6年度版研究基本計画の中で次の六つの研究推進の方向を定めている。

1. 森林生態系の特性解明と森林の環境形成機能の増進
2. 森林資源の充実と林業における生産性の向上
3. 木質系資源の有効利用技術の向上と新用途開発
4. 森林生物機能の開発と利用による技術革新
5. 地域に根ざした林業の発展と森林の多面的利用技術の高度化
6. 国際研究の推進と地球環境問題への貢献

(大貫 仁人)

## 2. “林業試験場から森林総合研究所へ” 組織改編

### はじめに

前回の“林業試験場八十年のあゆみ”が出版された後の創立80年から90年の間に、林業試験場90年の歴史で最も大きな組織改編が行われた。すなわち、林業試験場をそのルーツから見れば、明治11年西ヶ原に設立された樹木試験所とそれに続く目黒試験苗圃をその前身として、明治38年に農商務省山林局林業試験場として設置されたのであるが、このたびその歴史の中で最も大規模な基幹組織の改編と名称の改正を行い、昭和63年10月1日付けで83年にわたる「林業試験場」は発展的に解消され、「森林総合研究所」として新しい歩みを始めることとなった。

「林業試験場」は、明治38年当初は林業試験所と称され、験測、保護、工芸、庶務の4掛から成っていたが、明治43年に林業試験場と改称され、その後業務の拡大と組織の充実を図ってきた。戦後昭和22年には林政統一により、それまで農林省、内務省、宮内省等各機関に分散していた試験研究機関が一本化されるとともに、内部組織の充実と支場の設置等試験研究体制の整備が図られ、林業試験場の基本的体制ができあがった。戦後から昭和30～40年代にかけては、緑化と拡大造林や生産力増強のための施業技術開発が主要課題となり、林政と研究が一体となってこれらに取り組む体制ができあがった。その後、我が国の社会経済の安定化に伴い木材資源の確保や水土保全機能の増進への期待、森林レクリエーション気運の発生とともに、林業経営の安定向上技術の開発が強く求められるようになった。また、森林の多目的利用のための基礎技術、公益的機能の維持増進技術、各種被害防除技術、機械化技術等の諸技術の開発実用化が進められ、林業技術の体系化と経営の近代化のための研究が進められるとともに、木材の輸入増大に伴い国内外産木材の加工利用技術の開発や高度化が進められた。

このように、林業試験場は常に我が国の林政に対し技術的基盤を提供するとともに、森林、林業、林産業にかかわる多方面の科学分野に貢献してきた。しかし、社会経済情勢の変化とともに国民の国立試験研究機関に対する期待、要望も変化しており、これら時代のニーズやサイズに対応するために林業試験場も組織の見直しと改編充実を図ることとなった。

以下に、林業試験場の組織改編の背景、経緯と新組織の概要等について述べる。

### 組織改編の行政施策上の背景

臨時行政調査会（昭和56年3月発足）の最終答申（昭和58年3月第5次答申）において、「省庁の附属機関等については、… 整理合理化方針により全面的な見直しを行い、整理・改編合理化を進める必要がある」が盛り込まれ、国の試験研究機関の整理合理化方針と行政事務の合理化に関連するもののほか、民間の研究開発に待つことのできないものを中心に研究開発を行うことを基本原則とするとして、次のような視点が明示された。

- ①設置目的とした試験研究の必要性が社会・経済情勢等の変化に伴って低下したものの整理合理化、
- ②民間機関（公立、研究組合等を含む）の能力活用等を前提とした国の直轄機関の機能の整序・純化による整理合理化、
- ③研究の総合化、研究管理の効率化、管理共通部門の簡素効率化を図るための同種類または相互に関連性を有するものの統合等及び小規模機関の他との統合、
- ④人事交流の促進、職務の特殊性に応じた人事管理の適正化

これらを受けて政府は「臨時行政調査会の最終答申後における行政改革の具体化方策について」（新行革大綱）

を昭和58年5月24日付で閣議決定し、「各省庁は、その組織及び事務・事業について見直しを積極的に行うものとし、特に付属機関等については、速やかに見直しのための年次計画を作成して、順次その組織、事業等の見直しを行うものとする」と、当面の改革事項に関する調整、立案の方針を明らかにした。

一方、我が国の科学技術行政について、昭和59年11月にいわゆる11号答申「新たな情勢変化に対応し、長期的展望に立った科学技術振興の総合的基本方策について」が科学技術会議によって出され、次いで昭和60年6月臨時行政改革推進審議会による科学技術行政の在り方の答申、7月には同じく行革審による行政改革の推進方策に関する答申がそれぞれ出され、答申を尊重して所要の施策を実施に移すことが9月に閣議決定された。これらにより、我が国は創造的・基礎的研究を重視した体制への転換を図ること、科学技術政策大綱を決め、科学技術振興の基本的方針を明らかにすること、国の研究機関の活性化を図るため各省庁は3年以内を目に所管研究機関の整理合理化計画の策定、実施を図ること等が打ち出された。これを受けて、昭和61年2月には「科学技術政策大綱」を閣議決定し、我が国が21世紀の来るべきより豊かな社会及び国民生活の創造に向けて、

①新しい発展が期待される基礎的、先導的な科学技術、

②経済の活性化のための科学技術

③社会及び生活の質の向上のための科学技術

を重点に研究開発を推進していくことが明示された。

さらに、国立試験研究機関の中長期的在り方についての諮問13号に対し、科学技術会議は昭和62年に国立試験研究機関はそれぞれの役割を踏まえて活性化を図ることを基本とする答申を行った。

このような情勢を踏まえて、総務庁行政監察局は昭和59年1月に閣議決定された行政改革に関する当面の実施方針（59行革大綱）に基づき、61年秋から林業試験場の総合実態調査に入った。

以上のような行政の方針や科学技術政策に基づいて、林野庁は林業試験場の組織及び事務・事業の見直しを行い整理合理化案を作成して、総務庁行政管理局と調整を行い新組織改編を進めた。

### 組織改編の社会経済情勢上の背景

森林、林業、林産業をめぐる情勢は、社会経済情勢の動きとともに変化してきた。我が国が戦後の混乱期から現在の経済大国に成長する過程で、増大する木材需要に応え、さらに森林の復興と森林資源の充実を図って進められてきた人工造林も、ほぼ1000万haに達し、この施策も着々と成果を上げてきていたが、一方では素材生産量は伸びず、木材自給率は35%と低下し、外材に対する国産材の価格競争力は極めて弱い状態になっていた。さらに、木造住宅建設の停滞、非木質系材料の進出等による木材需要の低迷、山村の過疎化や林業就業者の減少と高齢化等による林業、林産業における収益性の悪化は、間伐・枝打ちなどの適正な保育管理ができない森林の増大をもたらす等林業は厳しい局面に向かっていた。他方、国民の森林に対する期待・要請は、国土保全、水資源かん養、保健休養等いわゆる公益的機能にますます多様化、高度化してきた。さらに、海外の森林・林業を巡る状況も、地球的視点から資源、環境、エネルギー問題等の解決を要する段階に立ち至っており、これらに対応した試験研究を進めることが緊要となってきた。

このため試験研究においても、森林の多面的機能の解明やその維持・増進技術の開発・高度化、環境保全や自然保護に配慮した森林生態系の総合的管理技術の開発、バイオテクノロジー等を利用した森林生物の生体機能利用技術の開発、森林バイオマスの有効利用や森林の総合利用、コストダウン等による林業の活性化方策の確立、木材の需要拡大及び用途拡大のための技術開発等が強く求められるようになってきた。

## 組織改編の経過と主な内容

今回の組織改編に当たっては、昭和62年1月林野庁内に、指導部長を座長に、庁内の関係課長、林業試験場の場長、総務部長、調査部長、企画科長並びに学識経験者で構成される「林業試験場検討会」が設置され、林業試験場の現状と問題点の分析、今後の在り方等について真摯な議論が展開された。議論を通じて、

- ①森林資源は、林産物生産機能のみならず国土の保全、水資源のかん養、自然環境の保全、保健文化活動の場の提供等の諸機能を有しており、その適切な管理を通じて多面的な機能を総合的かつ高度に発揮していくことが一層重要となってきたこと、
- ②森林、林業、林産業は、自然との調和の上に成り立ち、しかも地域の社会経済的な条件の影響を受けるなど地域性が高い特性を有していること、
- ③森林、林業、林産業に関する試験研究は、広範な科学的な基盤が要求されること等から、自然科学から社会科学までの諸分野の進歩等を速やかに反映していくことが重要であること等が改めて確認された。

さらに、森林、林業、林産業に関する研究開発は、長期にわたる観測や調査資料の蓄積等が不可欠であり、研究分野も広範・多岐にわたること等から、今後とも、本支場体制の下で公立の試験研究機関等と一層の連携を図りつつ、林業試験場が中核となって組織的、一体的に研究開発を推進していく必要がある、との共通認識が得られた。

「林業試験場検討会」では、林業試験場が今後期待される役割を十分に発揮していくためには、次の諸点が重要であり、これらの視点から組織機構を見直した上改編整備し、その名称についても改編整備の方向にふさわしいものとするべきである、との結論に達した。

- ① 研究開発に関する企画調整機能の強化
- ② 森林、林業、林産業分野に関する基礎的、先導的な研究の推進と分野間にまたがる研究推進のための調整機能の強化
- ③ 海外林業に関する研究協力、調整機能の強化
- ④ バイオテクノロジー等の先端技術に関する研究分野の強化
- ⑤ 開かれた試験研究機関としての体制整備
- ⑥ 地域林業に関する研究の推進と支場機能の強化

これらの基本的考え方のもとに場内検討を重ねた結果、改編された新組織の主な点は次のとおりである。

### ①「林業試験場」を「森林総合研究所」に名称を変更

森林の持つ生産機能や公益的機能への期待等国民の森林に対する要請が多様化・高度化するなかで、森林、林業、林産業にかかわる広範・多岐にわたる試験研究を総合的に推進していく唯一の国の研究機関としてよりふさわしい名称とした。

### ②専門部門の改編整備

国立研究所に要請されている基礎的な研究をより着実に推進するため、森林、林業、林産業の各分野ごとに2部に研究体制を整備した。さらに、バイオテクノロジー等の先端技術部門の研究を強化するため、関連分野の研究を一元的に推進する「生物機能開発部」を設置した。

### ③企画調整機能の強化

多様化する研究ニーズの的確な把握と対応、研究の適正な進行管理等、企画調整機能の強化を図るため、調査部を「企画調整部」に改編整備した。

④研究管理官及び研究協力官の新設

専門部門間にまたがる研究課題を総合的、一体的に推進するため、研究管理官（2人）を設けるとともに、増大する海外からの研究協力の要請に積極的に対応していくため、研究協力官を新設した。

⑤「多摩森林科学園」の設置

森林の持つ多面的機能の重要性、そこにおける林業や林産業の役割等について、試験研究の成果を通して国民の理解を深めていくため、浅川実験林を改組し「多摩森林科学園」を新設し、研究成果等の普及・広報の充実を図った。

⑥地域特性を踏まえた地域研究体制の確保

各支所に、その地域の森林研究の特性を反映させた研究を推進するための研究室を整備する。

## 新研究部の概要

旧「林業試験場」と新「森林総合研究所」の組織を、昭和63年改編当時と平成7年3月31日現在で対比すれば、表1のとおりになる。また、各専門部設置の背景と業務の概要は次のとおりである。

### 【森林環境部】

森林の多面的機能を総合的かつ高度に発揮させることが社会的要請となっているが、これに応えるために、森林生態系とその諸機能を解明する基礎研究を深め、諸機能の評価法や維持増進技術を開発する必要がある。このため森林の立地環境の解析と評価、森林植物の生態構造と機能の解明、森林の防災機能、水保全機能の解明と評価等の研究を行う。4科16研究室。

### 【森林生物部】

森林生態系内で、それぞれの生態的地位を占めて生息する多種多様な微生物や動物の研究の深化は、森林病虫獣害の合理的な制御技術の開発にも不可欠である。また森林生物の資源的価値と、その利用開発の可能性を探る必要もある。このため微生物、昆虫、鳥獣等の生理、生態の解明を行い、森林生物の利用・制御技術の確立を図る。3科11研究室。

### 【生物機能開発部】

バイオテクノロジーを活用して林木育種、きのこ品種改良などの分野に新しい技術を開発することが期待されているとともに、生物機能の開発利用が強く望まれている。また森林生物の生物機能の活用法を開発する必要がある。このため森林群落の遺伝的構造の解析、種の地域分化及び環境適応機構の解明を通して遺伝資源として森林生物の評価を深めるとともに、生物機能利用技術、遺伝子操作技術、遺伝子保全技術等の開発を行う。4科12研究室。

### 【林業経営部】

森林資源の総合的かつ効率的活用を図ること、国産材の競争力を強化し、その安定的供給体制を確立するとともに、林業経営の改善を図ること等が重要課題となっている。このため森林の管理利用計画策定技術の開発、林業経営技術の開発と低コスト化のための技術体系の確立等の研究を進める。2科6研究室。

### 【生産技術部】

森林の生産性の向上、コストダウン等が強く求められている林業生産において省力的天然更新技術の確立、造林から伐出までの生産技術の高度化、林道網の整備と合理的な林業作業体系の確立、林業作業の機械化技術の確立等を図る。3科9研究室。

【木材化工部】

国産材の需要拡大を図るため、化学加工技術による木質材料の改質や新素材の開発、さらに木質成分の有効利用技術の開発が求められている。このため木材の化学特性の解明、化学的処理技術の開発、木質変換技術の開発等を行い、要請に応える。3科11研究室。

【木材利用部】

国産材の供給が今後増える見通しであり、建築資材としての木材には高品質かつ多様な特性が要求されてきている。さらに産業資材への木材の利用拡大も要請されている。このため加工利用技術の改良による品質の向上とコストダウン、新加工システムと木質材料の開発、新しい用途への適用技術の開発等を図る。3科11研究室。

おわりに

森林の科学的な解明を通して、森林の多面的機能の評価とその総合的な利用技術を開発することが「森林総合研究所」に対する社会のニーズといえるであろう。今回の組織改編は国の試験研究機関として、この要請にできるだけ効果的に応えるために行ったものである。森林・林業・林産業にかかわる唯一の国立研究機関としては、全方位的に研究を推進することも必要である。基礎研究の分野では大学等とも連携分担を行いながら研究の深化を図る一方、公立林業試験場等との密接な連携のもとに应用研究・技術開発分野における分担協力を明確にして、林業の基盤技術の開発・高度化あるいは総合技術としての体系化を図っていくことが一層求められることになろう。すなわち、新「森林総合研究所」は森林にかかわる幅広いそれぞれの研究分野で、総合的視点のもとに研究に取り組み、一層の研究の高度化・効率化を図っていこうというものであり、また森林総合研究所は、我が国の森林、林業、林産業に関する試験研究の中核的推進母体としての機能をより効果的に果たすべく設置されたのである。

(加藤 宏明)

表1. 組織改編の新旧対比

〔旧〕	〔新〕	〔新〕
昭和63年9月30日現在	昭和63年10月1日現在	平成7年3月31日現在
「林業試験場」	「森林総合研究所」	「森林総合研究所」
場長一次長	所長一次長	所長一次長
総務部	総務部	総務部
調査部	企画調整部	企画調整部
経営部	研究管理官(2名)	研究管理官(2名)
機械化部	研究協力官	海外研究協力官
造林部	森林環境部	森林環境部
土壌部	森林生物部	森林生物部
保護部	生物機能開発部	生物機能開発部
防災部	林業経営部	林業経営部
林産化学部	生産技術部	生産技術部

木材部  
木材利用部  
支場等 6  
(北海道・東北  
関西・四国・九州  
浅川実験林)  
木曾分場  
試験地 9  
(千代田・小笠原  
高萩・十日町  
宝川・赤沼  
多摩・山形  
岡山)

木材化工部  
木材利用部  
支所等 6  
(北海道・東北  
関西・四国・九州  
多摩森林科学園)  
—  
試験地 8  
(木曾・千代田  
小笠原・高萩  
十日町・赤沼  
多摩・山形)

木材化工部  
木材利用部  
支所等 6  
(北海道・東北  
関西・四国・九州  
多摩森林科学園)  
—  
試験地 7  
(木曾・千代田  
小笠原・高萩  
十日町・多摩  
山形)

### 3. 年 表

- 昭和60年（1985） ○9月4日林業試験場創立80周年記念式典挙行。  
 ○10月14～16日 IUFRO 国際研究集会「生物生産力」開催。  
 ○11月8日林業試験場創立80周年記念研究成果発表会開催。
- 昭和61年（1986） ○9月第18回ユフロ世界大会開催。  
 ○11月19日「研究交流促進法」施行。  
 ○12月1日山口博昭林業試験場長発令。
- 昭和62年（1987） ○1月16日田中林野庁長官本場視察。  
 ○2月4日 A.Madhavan 駐日インド大使本場視察。  
 ○4月21日三笠宮殿下浅川実験林ご視察。  
 ○12月九州支場創立40周年。  
 ○12月関西支場創立40周年。
- 昭和63年（1988） ○10月1日林業試験場から森林総合研究所へ組織改編。  
 ○10月1日小林富士雄森林総合研究所長発令。  
 ○10月1日宝川及び岡山試験地廃止。  
 ○10月1日木曾分場及び浅川実験林赤沼試験地が本所試験地に。  
 ○10月1日森林総合研究所研究基本計画策定。  
 ○10月森林総合研究所シンボルマーク制定。  
 ○10月北海道支所創立80周年。
- 平成元年（1989） ○3月14日森林総合研究所発足記念式典挙行。  
 ○5月29日多摩森林科学園を森林総合研究所多摩森林科学園に改める。  
 ○5月29日多摩森林科学園業務課に施設管理係を新設。  
 ○7月東北支所創立30周年。  
 ○8月1日HSTAフェロシップ制度による受け入れ開始。  
 ○8月4日豊林野庁長官本所視察。  
 ○8月28日～9月1日 IUFRO 第2部会地域集会「東北アジアにおける森林保護」開催。  
 ○9月12日鹿野農林水産大臣本所視察。
- 平成2年（1990） ○5月31日1970年度ノーベル平和賞受賞者ポーローク博士本所視察。  
 ○6月11日多摩森林科学園業務課に研修展示係を新設。  
 ○7月12日山本農林水産大臣本所視察。  
 ○10月1日森林総合研究所研究基本計画改定。  
 ○10月1日科学技術特別研究員を初めて受け入れ。
- 平成3年（1991） ○4月東北支所連絡調整室、九州支所連絡調整室及び多摩森林科学園業務課に育林専門官を  
 新設。  
 ○4月16日企画調整部に海外森林環境変動研究チーム及び海外森林資源保全研究チームを新設。

- 4月16日企画調整部海外林業調査科を海外研究情報調査科へ名称変更。
- 4月16日企画調整部海外研究情報調査科に海外調整係を新設。
- 4月16日企画調整部技術情報室を海外研究情報室へ名称変更。
- 4月16日企画調整部研究協力室を海外研究協力室へ名称変更。
- 4月16日生産技術部作業計画研究室をシステム計画研究室へ名称変更。
- 4月16日研究協力官を海外研究協力官へ名称変更。
- 4月19日「森の科学館」開館記念式典挙行。
- 4月23日秋篠宮殿下「森の科学館」ご視察。
- 4月多摩森林科学園創立70周年。
- 6月5日吉川参議院農林水産委員長本所視察。
- 7月17日近藤農林水産大臣本所視察。
- 8月1日勝田枢森林総合研究所長発令。
- 9月台風19号等被害緊急調査。
- 10月9日小澤林野庁長官本所視察。
- 平成4年(1992) ○4月1日「森の科学館」有料公開開始。
- 4月15日関西支所保護部に鳥獣研究室を新設。
- 7月11日「林業研究発祥の地」記念碑除幕式挙行。
- 10月29日東家国土庁長官本所視察。
- 平成5年(1993) ○4月1日企画調整部研究情報科に研究技術情報官及び情報係を新設。
- 10月1日小林一三森林総合研究所長発令。
- 平成6年(1994) ○4月1日森林総合研究所研究基本計画改定。
- 4月1日赤沼試験地廃止。
- 4月28日林野庁「林業関係研究推進方針」策定。
- 6月24日東北支所連絡調整室及び関西支所連絡調整室に研究情報専門官を新設。
- 10月20日北海道支所羊ヶ丘移転20周年記念式典挙行。
- 11月15日塚本林野庁長官本所視察。
- 平成7年(1995) ○1月阪神大震災被害緊急調査。
- 3月4～9日国際ワークショップ「樹木年輪による地球温暖化把握のための古環境復元と変動予測技術の高度化」開催。
- 4月1日北海道支所連絡調整室、四国支所連絡調整室及び九州支所連絡調整室に研究情報専門官を新設。

## II. 専門別試験研究の動向

## II. 専門別試験研究の動向

### 森林環境部門

昭和63年10月の森林総合研究所への組織改変により森林環境部が設立された。林業試験場時代の造林部の3研究室と土壌部の1研究室によって植物生態科が、土壌部の4研究室によって立地環境科が、防災部の2科の構成研究室を一部編成替えして水土保持科と防災科が誕生した。それぞれの研究室の研究課題を継承しつつ、部の創設の理念に沿った課題の枠組みを作り研究を展開してきた。その間、森林を取りまく環境問題も急速に高まり、また地球的規模の国際的な課題も増えてきた。そのため内外の環境問題にかかわるプロジェクト研究が急増し、それに対応した経常研究にも拍車がかかった。

環境と樹木の成長、群落の動態など森林生態系の要素を調べることは基本的に重要なことであり、それらの研究に鋭意取り組んできた。水、温度と樹木の成長との関係に関する研究を進展させるとともに、関東平野のスギの成育衰退現象を温暖化による水分ストレスの可能性で説明した。また樹種の生活史、台風などの攪乱要因と森林の動態・修復機構、森林生態系における菌根菌の機能の解明などに大きな研究の進展がみられた。立地環境の重要な要素である土壌の生成機構についての研究を継続するとともに、森林生態系における土壌の物理的、化学的機能の解明を積極的に進めてきた。すなわち、水の保全に関するメカニズム、土壌の酸性化への緩衝機能などに多くの知見を得、炭素などの物質循環の解析を通して森林の環境形成機能に多くの情報を提供した。また森林施業と土壌構造の変化について解析を進め、その成果は森林施業のあり方に多くの示唆を与えた。

森林流域の水保全機能の評価法への要請を受けて水収支の研究を続け、流域条件や地域の特性を評価できる水収支モデルを開発するなど一連の研究成果をあげてきた。森林内の気象の研究から森林を取りまく環境への森林の環境（気候）形成機能へと研究対象を広げつつあり、その成果が出始めている。また各種災害の発生予測法と防止技術の向上を目指した研究の成果が多く蓄積された。1985年頃から特に問題が大きくなってきた酸性降下物を含む森林衰退の問題や、地球温暖化にかかわるグローバルな森林問題などに積極的に取り組みかなりの成果をあげてきた。なお、森林環境に関する研究は生産技術の研究の基礎情報としても重要な役割を果たしてきた。

(藤森 隆郎)

### 植物生態分野

森林群落はそれを構成する種、個体群及び各種環境要因との相互の関係から成り立っており、その構成は時間的、空間的に多様である。こうした多様な森林群落が成立し維持されていく仕組みの解明、及びこれらの仕組みに与える自然及び人為インパクトの影響の解明は、森林生態系の環境容量の把握を通じて、持続的な林業経営と環境保全機能を重視した森林保全技術に必要な情報を与える。

そのため、種特性を養水分や気象などの環境要因に対する適応性及び繁殖特性・生活史から解明を行ってきた。また、これらの種で構成される群落の構造及び遷移機構の解明を進めるとともに、群落の維持と再生産に重要な養分の動態解明を行っている。さらに、森林群落に及ぼす気象変動などの自然攪乱及び伐採や地域開発、温暖化や大気汚染などの人為影響を総合的に解析している。ここでは、最近10年間で得られた主な成果について述べる。

## 1. 樹木の環境適応機構

水分環境は種の分布や一次生産に影響を与える最も重要な要因の一つである。水分環境への応答を解析するための葉の水分特性評価法を確立し、種特性評価から環境適応反応まで幅広い知見が得られた。

多くの樹木は葉内水分の低下に対して水ポテンシャルを下げ吸水能を高めるが、ある閾値を過ぎると、葉の圧ポテンシャルを失って萎れる。耐乾性の高い樹種はかなり低い水ポテンシャルでも圧ポテンシャルを維持する反面、耐乾性の低い樹種では、高い水ポテンシャルの値で圧ポテンシャルを失うことが明らかとなった。こうした耐乾性の維持機構に、水ポテンシャルと圧ポテンシャルの関係調節をつかさどる細胞の浸透調節機構 (osmotic adjustment) が関与することを提示した。同じ種内でも、若い葉では葉の水分低下に対する圧ポテンシャルの維持は難しく、また成熟葉では、これらの調節が乾燥や降雨といった乾湿条件に適応して起こることも分かった。

こうした種の水分特性は光合成生産とのかかわりも高い。例えば同じ属でも分布域に違いがあるヒノキとサワラの場合、土壤乾燥によって生じる光合成速度の減少開始時と光合成速度のゼロ到達時における水ポテンシャルはいずれもヒノキの方が低く、ヒノキがサワラに比べて水ストレスを受けにくいことが分かった。

さらに葉の水分特性は、スギの寒害の発生とのかかわりが深いことも明らかにした。晩秋期の気温低下に浸透ポテンシャルを下げ、圧ポテンシャルを失う時の水ポテンシャルを低下させる浸透調節機構が働くが、この機構が耐凍性と深いかかわりのあることを示した。すなわち、耐凍性の高いスギクローンでは浸透ポテンシャルの低下が気温変化に敏感に対応して著しく、またその数値もかなり低い値まで下げるが、耐凍性の低いクローンでは浸透ポテンシャルの低下が少なく、凍結に耐えられなくなることが分かった。従来、耐凍性の検定は、数度刻みの低温調節室で多くの試料を用い長期間を要していたが、葉の水分特性測定が耐凍性簡易検定法となることを提示した。

光合成機構への光環境適応についても解析が進められた。光前歴を変えて育てたダケカンバ苗の葉の光合成—光作用スペクトルでは、赤色光除去下 (自然の林床での散乱光の光質に近い) で育てた苗の場合、青色・緑色光に対する光利用効率が高いことなど、林内あるいは林床の光質環境変化に対する光合成適応反応を明らかにした。

## 2. 温帯落葉広葉樹林の構造と機能の解明

自然撓乱による森林の部分的破壊とその修復が重層的に展開する森林の動態を正確に把握するためには、時間・空間軸に沿った各レベルでの森林群集の挙動を調べる必要がある。この調査手法として、大面積プロットによる長期観測調査の有効性が認識され、我が国では先駆的に、北茨城の高萩営林署管内小川学術参考林 (100ha) 内に長期モニタリングサイトを設定し、調査を続けている。本サイトはコナラ、ブナ、イヌブナを中心とし、シデ、カエデ類を交えて種類数も多い天然林である。中心となる6haの調査地では、樹木の生活史全体を通じた個体群動態を明らかにするため、種子の生産量・散布量、実生の発生・生存、樹木の成長を毎年継続調査している。

コナラのような大きな種子を持つ樹種は、散布種子数が少ないが実生は比較的良く生き残る。ミズメのような小さな種子を持つ樹種は、種子や実生のほとんどが1年で枯死するが、多くの種子を遠方まで散布することで生存を図っている (図1)。コナラは大型の種子のため、そのほとんどが樹冠下に落下する。落下して虫害を受けていない健全種子のほとんどはネズミなどの小動物によって消費されてしまう。ネズミの運搬距離は、平均で21m、最大で約40mであることも明らかになった。サイト内でブナとイヌブナが混生している。アイソザイム分析の結果、イヌブナは複数の幹で1個体であった。両種の個体群のサイズ分布などの解析から、イヌブナの萌芽には栄養繁殖の役割のないこと、複数の萌芽幹があると一本が枯れても残りの太い幹が種子生産するので、繁殖

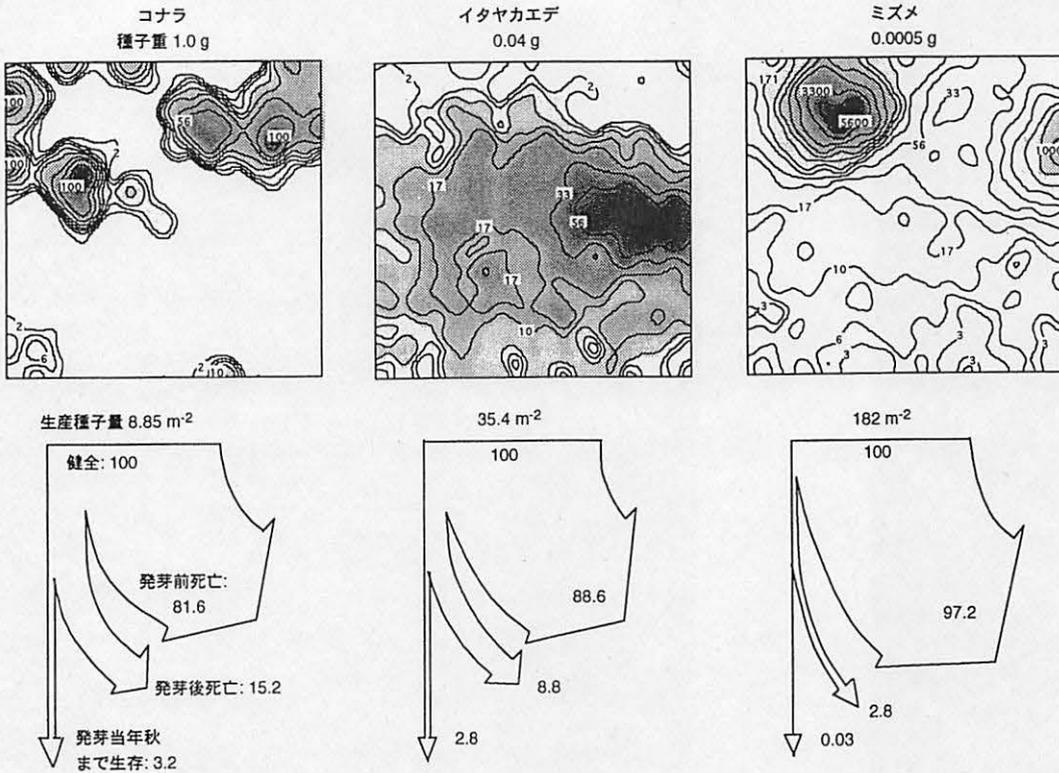


図1 種子の散布と生存率の例

表1 各樹種の成長特性

産地	樹種名	適 温 域				養分欠乏時の成長低下	
		伸長成長*	乾物成長*	根 系 成 長		窒素欠乏	燐欠乏
		(℃)	(℃)	条件1** (℃)	条件2*** (℃)		
温帯	<i>Alnus firma</i>	20-30	20-20	25	18-23	—	—
亜熱帯	<i>Acacia melanoxylon</i>	25-30	25-20	25-30	18-28	普通	普通
	<i>A. mearnsii</i>	25	25	25-30	23	—	—
	<i>A. pycnantha</i>	20-25	20-25	—	—	—	—
熱帯	<i>A. coreace</i>	35-	25-33	—	—	—	—
	<i>A. cowleana</i>	35-	28-33	—	—	—	—
	<i>A. mangium</i>	35-	30	25-32	23-28	特に大	大
	<i>A. auriculiformis</i>	35-	35-	30	28-	大	大
	<i>A. tumida</i>	25-35	25-35	—	—	—	—
	<i>A. albida</i>	30	30	25-35	18-23	—	—

\* 明期空気温度。明期は14時間。暗期温度は明期温度-7℃に設定した条件で育成した場合。

\*\* 地温。地温は明期温度と同じ場合。明期時間及び暗期温度は\*)に同じ。

\*\*\* 地温。地温は暗期温度と同じ場合。明期時間及び暗期温度は\*)に同じ。

根系成長の条件1は、植栽直後の条件に比較的近く、条件2は植栽木がうっ閉したときの条件に近いと思われる。

個体の割合がイヌブナで多くなっていることなどが明らかとなった。

この落葉広葉樹林の長期モニタリング結果との比較も兼ねて、マレーシアの丘陵フタバガキ林、タイの季節林にも同程度のモニタリングサイトを設定した。

### 3. 早生樹種の成長特性

瘠悪地に導入可能な緑化樹種は少なく、その選定が望まれている。特に、熱帯地域では森林の転用、過度の焼畑の繰り返しによる草地化のため、瘠悪化が進んだ場所が少なくない。そこで、熱帯、亜熱帯の劣化土壌で一次緑化として用いられているアカシア類及び我が国の緑化に用いられているヤシャブシなどについて、土壌水分、温度、養分などの環境要因と成長との関係などについて解析を進めた。

熱帯性の樹種は成長適温域が高く、伸長成長が35℃でも極めて良好であった。またこれらの樹種は、十分な栄養条件下で極めて旺盛な成長を行い、貧栄養条件下の成長と大きな差があり、その傾向は窒素欠乏で著しいが、窒素欠乏、燐欠乏いずれの条件でも高温条件である程度の成長を持つことが分かった。また、細根成長は、熱帯性樹種及び亜熱帯樹種では地上部の空気湿度の影響も受けるのに対し、熱帯性樹種では、ほぼ地温だけの影響を受け、さらに、30℃以上でも活発な成長を示した(表1)。

これらのことから、熱帯性マメ科樹木では、高温及び良好な養水分条件で極めて旺盛な成長を示し、これらの条件に敏感に反応を示すが、貧栄養や乾燥立地でも成長可能という特性が明らかになった。また、熱帯地域で経験的に用いられている一次緑化樹種の *Acacia auriculiformis* と *A. mangium* では、前者の方が乾燥及び瘠悪地に適応しやすく、導入に適した樹種であることが判明した。

これらアカシア類の高い環境適応能力は、共生微生物の作用によるといわれる。そこで、アカシア・メラノキシロンに対して、根粒菌とVA菌根菌を併用して接種し、養分吸収と成長に対する効果を調べた。同時に接種した苗は、根粒菌のみを接種した苗に比べ成長が良かった。また、燐の施用量が増加するに従って苗の成長量は増加したが、その反応はVA菌根菌を接種した苗の方が顕著であった。このように、菌根菌との相乗作用により、それぞれ単独で作用するよりも大きな成長促進効果のあることが明らかとなり、今後、こうした根圏環境の改善による乾燥地や瘠悪地での緑化技術への貢献が期待されている。

### 4. 森林、樹木に及ぼす人為影響

大気複合汚染ガスによる樹木の成長阻害と耐性の研究を進めた。亜硫酸ガス、オゾン、二酸化窒素の複合汚染に対する反応が樹種間で異なり、硫黄の吸収量が亜硫酸ガス単独の場合に多くなるボブラ、マテバシイ、アカマツ、スギなどがある。亜硫酸ガスにオゾンが加わったときに、硫黄の吸収量の大きくなるものにシラカシがあげられる。一方、イチョウは亜硫酸ガス、オゾン、二酸化窒素の三つの複合ガスの場合に硫黄の吸収量が大きくなる違いがあった。これらの違いは、気孔の開閉反応や葉肉組織の抵抗性によっていると判断された。不良土壌環境に対する影響を土壌水分の欠乏の視点から解析を進めた。土壌水分低下に対する耐性は、カツラ、アオギリが最も強くブナがこれについだ。一方、湿潤条件では、ハンノキ、タイワンフウが強く、これにブナがついだ。

丹沢山系大山地区のモミ天然林の枯損が著しいことから、その実態調査を現況調査及び既存の空中写真解析から行った。モミの梢端枯損はすでに1960年代後半から発生しており、今日まで枯損割合が増加してきたことを確認した。

(森川 靖)

### 立地環境分野

森林土壌を主な研究対象とし、我が国における森林土壌の分布と分類及びその成因を明らかにするとともに土壌が持つ諸機能を明らかにしてきた。昭和20年代から30年代にかけては、土壌の生成・分類や分布、また理化学的諸特性の解明などの基礎的調査・研究を通じて樹種選定に科学的根拠を与え、戦後の荒廃した林地の緑化や林業の復興に貢献した。高度成長期には林地生産力や公益的機能の数量的評価に貢献した。近年は、森林と環境あるいは地球環境と森林という視点からの問題提起が多くなってきており、土壌を中心とする森林生態系の構造と機能の解明を主目的に研究を進めるとともに、海外における森林研究にも積極的に参画している。

1988年の組織改編により、旧土壌部の2科6研究室は森林環境部の立地環境科（4研究室）、植物生態科（1研究室）及び森林生物部（1研究室）に再編された。しかし、土壌は緑資源育成の基盤であり、森林が持つ環境保全機能のなかで重要な部分を占めているので、各支所及び試験地の関連研究室と連携を密にして研究を推進している。この10年間の主要な成果は下記のとおりである。

#### 1. 森林土壌の生成及び分類

我が国の林野土壌の分類は、1975年にそれまでに得られた成果が取りまとめられたが、未解決の点がいくつかある。暗赤色土では、塩基系、非塩基系及び火山系の3亜群が設けられているが、それぞれの特性や生成条件は同じではない。このうちの蛇紋岩由来の暗赤色土はその諸特性からアリット化が卓越する土壌として、赤色土への編入が提案された。しかし、火山系暗赤色土については遊離酸化鉄の結晶化などの諸性質から、赤色土の1亜群として取り扱うことは困難と判断された。黒色土の生成については、土壌中の化石花粉及び珪酸体の分析結果から過去の植生を復元し、黒色土と褐色森林土の違いが明らかにされた。すなわち、過去数千年から千年の間スキヤイネ科の植物からなる草原が継続する条件下では黒色土が形成され、同じ母材でもブナ林等の森林下では褐色森林土が形成される。火山灰を母材とする土壌の分類については、1987年に開催された国際土壌分類ワークショップにおいて森林土壌分野で得られた成果を提示した。その結果は、1990年の国際土壌科学会議で集約され、火山灰土壌はこれまでのアンデプト亜目からアンディソル目に格上げされた。これにより、火山灰母材の黒色土と褐色森林土とが国際的な土壌分類のなかでも識別されるようになった。

#### 2. 森林の取り扱いが土壌に及ぼす影響

林業として避けられない森林の伐採等が土壌に与える影響について明らかにすることは、持続的経営や環境保全の上からも重要な課題である。皆伐が土壌に与える影響については、我が国の調査例にアメリカ及びブルネイの調査結果も加えて取りまとめられた。また、漸伐や複層林化あるいは伐採後の枝条処理が土壌環境や土壌理化学性に及ぼす影響についても調査された。これらの結果を総合すると、皆伐や伐採木の撤出により土壌の物理性が悪化する。これは、粗孔隙の減少、細孔隙の増加並びに透水性の低下に顕著に見られる。また、植生の欠如により地表の乾燥が進み、細粒状の土壌構造が発達することが確認された。これらの現象は表層土の流亡を促進すると予測された。枝条の残置は土壌を保全する効果があることが確認された。さらに、これら施業が土壌中の炭素収支に及ぼす影響が試算されている。

#### 3. 土壌の物質変換機構及び移動

堆積有機物の分解過程や土壌中における物質の変換・移動を明らかにすることは、生産力や公益的機能の解明の基礎となる。土壌の肥沃度にかかわり深い窒素及びリンについては、窒素の無機化量が明らかにされるとともに森林土壌中のリンの形態と各形態ごとの賦存量が明らかにされた。森林土壌に特有であり、生態系の物質循環のキーポイントである堆積有機物層の形態的特性、分解特性及びそれにかかわる微生物相について解析が行われ、

腐朽菌の分解能力が明らかにされた。また、土壌中の有機・無機複合体の分画が行われ、分解過程における質的变化やそれにかかわる微生物相についても解析が進められた。さらに、土壌酵素活性や生態系における窒素循環の上で重要な脱窒量の計測が行われ、微生物化学の深化が図られている。

#### 4. 酸性降下物が土壌に与える影響

近年、酸性雨と森林衰退は社会的に問題となっており、森林衰退の原因究明と影響予測は緊急を要する課題となっている。森林生態系における酸性降下物の動態解明では、林内外雨や樹幹流の特性が明らかにされるとともに、スギ樹幹流の酸性化の実態と樹幹周囲の土壌の酸性化が明らかにされた。また、土壌が持つ緩衝能についてはその測定法が開発され、土壌の緩衝能は炭酸塩の溶解、アロフェン等による塩吸着、陽イオン交換及びアルミニウムの溶出の4段階あることが明らかにされた。すでに酸性化が進んでいる土壌表層部やポドゾル等では緩衝能が低いことが明らかにされているが、影響予測については調査・解析が継続されており、全国的な視点からこれまでの国有林土壌調査結果の集約が進められている。さらに、林野庁の「酸性雨等森林被害モニタリング事業」の推進に協力している。

#### 5. 土壌が持つ水保全機能

洪水及び渇水緩和機能に代表される森林が持つ水保全機能は社会的にも注目をされている。最近、土壌が持つ保水容量や土壌中の水移動が水保全機能とかわりが深いことが明らかにされつつあり、その評価手法の確立に努めている。流域としての保水容量をより定量的に把握するために、理水試験流域等において表層部から下層部までの調査が行われている。その結果、保水容量は流域により異なるが100mm前後から数百mmになり、流出特性を説明する上で矛盾がないことが確認された。土壌中の水移動に関しては溶質の移動との関連で実験的にも調査・解析が進められている。一方、日流出の資料を用い流域の保水容量を推定する方法が試みられており、現在、多目的ダム等の流出資料を用い広域を対象に保水容量の解析が進められている。

#### 6. 森林流域の水質とその変動

我が国の森林流域における水質は良好であるため、これまで問題にされることが少なかった。これまで、伐採や施肥が水質に与える影響について調査され、これらの施業による水質の低下は水道水の取水基準に抵触するほどではないことが明らかにされた。しかしながら、近年水資源の高度利用と森林流域の各種の開発により、水質が問題になることが多くなってきた。森林流域における水質形成機構を明らかにするために、地形別深さ別の土壌中の水溶性成分や渓流水の溶存成分の動態が調査され、生物作用を受けにくい塩素イオンと硝酸態窒素等との濃度比を用いて解析された結果、水質は土壌中の水移動とかわりが深いことが明らかにされた。また、樹種や地質の異なる小流域の水質の多点調査も行われ、データの集積が図られている。さらに、最近問題となっている地下水汚染に対応するために、平地林における浅層地下水の水質変動が調査され、隣接する農地より硝酸態窒素等の濃度が低いことが確認されている。

#### 7. 表層地質構造の特性

林地の地形・表層地質は、森林土壌の生成や特性に反映されるだけでなく、山地における崩壊・地滑りの発生や地下水形成などに関与するところが大きい。詳細な噴出年代が明らかになりつつあるテフラをキー層として利用する、あるいは放射性炭素年代測定により埋谷性斜面堆積物中に挟在する有機物の年代を確定することにより、斜面の移動堆積年代及びその規模が解析されている。その結果、完新世初頭に斜面プロセスが変化し、斜面の削削や堆積様式が異なった可能性が指摘された。この結果は、表層崩壊や土石流の発生頻度に関する基礎的情報となる。テフラ層の上位に形成される細粒物質の層厚・量及び組成から、その起源と形成速度が解析された結果、

土壌表層部の細粒物質は風成塵である可能性が高いことが明らかにされた。造岩鉱物の風化過程については、変質・碧開等に起因する細粒化と鉱物組成の変化について検討が加えられた。

#### 8. 立地評価手法の開発

土壌調査結果を基に、林地生産力の解析、水保全機能の評価等が行われてきた。国土の保全と利用の高度化を図るために、より使いやすい土壌情報が求められている。地形、地質、土壌及び植生情報から、特定地域の立地区分とその機能を評価する手法が検討され、茨城県下大子を対象に立地マップが作成された。有用広葉樹であるミズナラ等の適地判定と成長量予測が数量化Ⅰ類により行われた。また、マツ枯損跡地に植栽されることが多いヒノキ林の適地判定技術の開発や海岸林の環境特性の解析が行われた。立地条件とかかわりが深い地形、微地形の解析手法についても基礎的な視点から検討が加えられ、立地区分の上での有効性が確認されている。一方、これまでに蓄積されている土壌調査資料については、その有効利用の観点から、データベース化が図られている。

#### 9. 地球環境問題及び海外研究への対応

地球的規模での環境問題の提起に伴い、温暖化が森林生態系に与える影響や森林の炭素収支あるいは海外における森林資源の造成・保全に関する研究のウエイトが高くなっている。温暖化が森林生態系に及ぼす影響については、早期に影響が顕在化すると予想される亜高山を対象にその土壌環境が精査されている。炭素収支については、土壌生態系内の炭素動態が長期に調査され、降水や地温等と土壌呼吸の関係が解析されている。海外研究については、国際農林水産業研究センターへの研究協力を行うとともに、JICAのプロジェクトへの協力を行っている。また、科学技術庁予算の総合研究「熱帯林の変動とその影響等に関する観測研究」が推進されている。この10年間における短期・長期派遣あるいは出張は、東南アジアを中心に延べ100名以上にのぼり、森林造成・保全に貢献するとともに森林とその立地環境にかかわる基礎的情報が収集された。

(堀田 庸)

#### 水土保全分野

昭和60年4月から林業試験場研究推進目標が実施され、大課題が「土地保全技術の向上」、「水保全技術の向上」の二つに課題編成された。

##### 1. 土地保全技術の向上

①山地災害危険地の予測では、多雪地帯の土砂災害は積雪・融雪期にしばしば発生しているため、関係の深い土壌水分について調査した。積雪期には根雪初期、融雪期に土壌水分の変化が大きく、融雪が連続する3月上旬以降には特に土壌水分が著しく増加している。無積雪期では20mm以上の連続降雨量によって、深さ10~20cmの土壌水分が変化するが、深さ50cm以上の土壌水分は、総雨量200mm以上でないと変化しないことが認められた。毎年のように発生する災害については昭和57年の豪雨による長崎災害、昭和60年の長野県地附山地すべり災害、昭和61年の三原山噴火災害などの調査を行い、災害と気象、地質、地形に基づく自然的要因及び山地開発などによる人為的要因の関係を指摘した。

②山地災害予防技術の確立では、これまでの現地調査によるデータの統計的処理と現地の根系引き抜き試験にさらに大型一面せん断試験が加わり、森林の崩壊防止機能の解明に進展がみられた。森林の崩壊防止機能を量的に評価するために、大型一面せん断試験機によって7年生スギの根系のせん断抵抗力を測定した。スギの根系を含む深さ30cmと50cmのせん断抵抗力は裸地と比べると11~42%増加することが明らかになった。また、樹木根系の効果は主としてせん断面以下の深さに進入している根系の引き抜き抵抗力によって発揮されることを確認し

た。

③山腹荒廃復旧工法の確立では、播種緑化時に木本植物が草本植物の被圧によって初期成長を阻害されることが多いため、試験によって、木本初期成長に有効な土壌活性化剤と草本初期成長緩効剤の併用が有効であることを実証した。調査例の少ない治山用樹草の根系の引張強度を明らかにするために試験方法を開発し、樹種別に根系の強度試験を行った。これらの樹草の根系強度は上長伸張が早く匍匐性のある方が大きく、根系の強度 $P$ は直径 $D$ のべき乗の関数として $P = \alpha + D^{\beta}$ で表示できるため、緑化用樹草種を選定する一つの目安となった。

④溪流荒廃地の復旧工法の確立では、溪流防災林の適正規模と配置に関して実態調査を行い、山腹斜面長、傾斜、地形、地質、林道及びダム施設の有無と位置、樹種、樹齢、本数密度、材積等の要因から10種類の林帯モデルを提案した。

⑤地すべり防止技術の確立では、昭和59年の長野県西部地震によって発生した御岳山大規模崩壊について山体モデルによる応力分布を検討し、地震加速度によって崩壊斜面上に大きな変位が発生した地点を指摘した。さらに、地震時に発生する崩壊と森林との関係についても検討した。また、地すべり発生原因となる地震発生時の間隙水圧の上昇や地すべり防止工として地すべり地に施工される集水井の排水効果等を明らかにした。

## 2. 水保全技術の向上

①森林の水保全機能の計量化では、樹木からの蒸発散量を直接測定することはなかなか困難で実測値が少ないため、フローティングライシメータを用いて単木状態での蒸発散量を測定した。コナラ幼齢木の平均日蒸発散量は春季3.5mm、夏季5.4mm、秋季2.8mmであった。ヒノキ幼齢木では6～8月が3.3mm、9～11月が2.3mmでコナラに比較して小さく、蒸発散量の変動も小さい。積雪地域では年流出量に対する融雪期の占める割合が非常に大きいため、群馬県宝川試験地において融雪期の流出量を中心に分析を行った。1号沢、初沢、本流では融雪流出が始まるのは日平均気温の移動平均（ $n=10$ 日）がマイナス1℃を越えた時期と一致し、ピーク流量は移動平均が5℃程度になり、比較的大きな降水があった場合に出現した。初沢流域では積雪水量の多い年には皆伐前と皆伐後では融雪流出量に差がないが、積雪水量が少ない年は皆伐後の流出量が多いことが明らかになった。2号沢流域では数値モデルによって流域流出量の推定が可能となった。

②水保全重要地域判定法の確立では、林地を他用途に転用した場合の水流出への影響を検討するために採石場（流域の16%）を含む加波山採石流域79haと林地だけの筑波山森林流域77haで直接流出量の比較試験を行った。その結果、採石流域の方が直接流出量及びピーク流出量ともに大きく、短時間で減水することが明らかになった。

③森林の水保全機能補完工法の開発では、長野県長野野町、岐阜県福岡町の水土保持機能強化総合モデル事業の施工地において、浸透促進溪間工の設置流域と無設置流域の増水時の流況曲線を比較した結果、設置流域は無設置流域に比べてピーク流量、直接流量のいずれも小さいことが明らかになった。

特別研究では大型別枠研究「農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究」、総合的開発研究「農林水産業の持つ国土資源と環境の保全機能及びその維持増進に関する総合研究」などに参画した。

昭和63年10月以降は新研究基本計画に基づいて科名が治山科から水土保持科に、5研究室が4研究室となり、組織別の研究課題が設定された。研究問題は「森林の水土保持・防災機能の維持増進技術の高度化」、大課題は「森林の水保全機能の解明と維持・増進技術の向上」、「土砂災害発生機構の解明と治山技術の開発」である。旧課題の大部分は大中課題に組み込まれて研究が行われた。平成6年度からは大課題を「森林の水土保持機能の解明と治山技術の向上」とし、水・水土保持研究の総合化を進めている。

## 3. 森林の水土保持機能の解明と治山技術の向上

①山地流域における水循環の解明と解析手法の高度化及び山地流域における水保全・管理技術の開発に関連して総合的開発研究「農林業における水保全・管理機能の高度化に関する総合研究」が実施された。地域性を考慮して積雪寒冷、温暖適潤、寡雨乾燥地域での水循環機構の解明と水保全技術の向上について研究が行われ、地域ごとの成果が得られた。分担した温暖適潤地域では宝川試験地、筑波共同試験地、常陸太田試験地を対象に、林地における水保全機能の解明及び森林の水源かん養機能を向上させるための森林施業技術について検討した。日蒸発散量の季節的变化は梅雨をはさんで二つのピークが認められた。樹冠遮断量はスギ37年林分11.7%、16年林分26.5%であり、一雨ごとの樹冠遮断量は両林分ともに温暖な4～9月は寒冷な10～3月を上回る傾向があった。森林水文調査資料をもとに、森林流域の流出量を再現できる水収支モデルを開発し、土地利用変化に伴う流域からの流出量を推定した。また、帯状伐採試験、間伐試験を行い、森林を量的に変化させることによって流出量の調節が可能であることを実証し、非皆伐施業が水保全機能を向上させるためには望ましい施業であることを確認した。経常研究では宝川試験地における長期間の流出資料をもとに森林施業と融雪流出の変化について解析を行い、水資源としての積雪の活用及び融雪による洪水災害発生防止のための融雪期の特性を明らかにした。さらに、多雪地帯における森林施業、特に森林の皆伐、部分皆伐と流出量との関係を検討し、流出量の推定を可能とした。また、29流域のデータを解析することによって、従来とは異なった地況を因子としたピーク流量推定式を提示した。その他、土層と水流出量との関係、高海拔森林流域における流出過程、流出モデルによる流域貯留量の推定、不均質土壌における水移動の予測、山地流域における土層と流出、地中流の解析手法等の研究を行っている。

②崩壊・侵食・土石流の発生子測法と防止技術の確立では、特別研究「農林地の持つ多面的機能の評価に関する研究」によって局所的な崩壊危険地判定基準を広域に適応させるためのデータベース化を図った。最近人手不足から省力化が進められ、山地での作業にも大型機械が導入されるようになってきているが、山地斜面に大型機械を導入した場合の山地斜面から流出する土砂を測定した結果をみると、裸地緩斜面では傾斜と単位面積当たりの流出土砂量との間には相関関係がみられ、機械化導入に当たっては斜面勾配を十分考慮する必要がある。また、崩壊における地形因子の影響評価、崩壊発生の要因分析と活用、土砂の生産・流出現象の実態把握と機構解明、復旧過程と生育基盤の変化などをテーマに研究を進めている。

③地すべり危険度の評価法と地すべり防止技術の向上では、林野庁地すべり対策協議会の2課題は静岡県由比町、新潟県安塚町に地すべり試験地を設定し地震時の地震加速度・間隙水圧の上昇と地すべり、積雪・融雪時の地表水・地下水と地すべりの関係を検討している。

特掲課題では科学振興調整費「火山地域における土砂災害予測手法の開発に関する国際共同研究」で福島県磐梯山を対象に山腹斜面に地震計、間隙水圧計を埋設し、野外観測を行っている。現地データ及び参加研究所のデータを参考にして山地崩壊以前の地形を数値モデルにより再現させ、それを基にした斜面の安定解析を進めている。また、特別研究「地盤の力学的特性を把握するための速度検層の立体的解析技術の高度化」に参画し、表面波探査による広域地盤の力学特性解析技術の高度化を担当し平成6年度から開始した。

④水保全技術の高度化では、沖縄県林業試験場と森林総合研究所の共同で合理的に水源林を管理するために沖縄本島中部の南明治山試験地と北部の辺土名試験地を対象に森林水文調査を行っている。沖縄県は台風の常襲地でこの時期に降雨量が集中し、しかも集水面積が小さいために水資源としての河川水の確保に悩まされており、水源かん養機能を持つ水源地帯の森林に対する期待は大きい。調査結果によると、辺土名試験地は南明治山試験地と比較して保水性に富む湿潤黄色土が広く分布している。しかも地下水逓減係数が小さいために流域貯留量が大きいと推定される。年降水量は辺土名試験地の方が約700mm多く、可能蒸発散量が約100mm少ないために、

供給される年流出量が多くなっている。従って、沖縄本島の北部地域は中部地域に比べて、水資源に対しては良好な環境にあるといえるため、北部地域の森林の管理は水保全の上からも重要であると考え。地球環境総合研究促進費「熱帯林の水流出に関する研究」ではマレーシアにおいて降水量、土壌水分、流域流量を測定し、年降水量、日降水量及び土壌水分の応答を明らかにした。同じく「修復過程における土壌の役割に関する研究」ではマレーシアの森林水文試験地内調査流域において観測を行い、非攪乱林地からの浮遊土砂を主とする土砂流出と水質の状況を、地表実験では林地及び裸地斜面の粗度係数等の水理特性を明らかにした。

(梁瀬 秀雄)

### 防災分野

防災科のこの10年間の内、大きな変化は、昭和63年10月における林業試験場防災部から森林総合研究所森林環境部への体制変革、所属移行に伴い、3研究室から山地防災研究室を加えた4研究室体制になったことである。また、実質的には、十日町試験地の研究者と防災科研究者とは旧来から密接な協力関係にあり、見方によっては4研究室から5研究室体制に拡張したともいえよう。

昭和60年度時点で防災科は「防災林・都市林及び都市近郊林の造成・維持管理技術の向上」と「気象被害防止技術の確立」という2大課題を担当し、前者は防災第1研究室と十日町試験地とが主に分担し、後者は気象研究室と防災第2研究室とが主に分担している。以下に昭和60年度から昭和63年10月までの研究の概要を述べる。

「海岸防災林の造成・維持管理技術の向上」では、各海岸の砂の気乾状態における飛砂始動速度が風洞実験により確かめられ、蓮沼村 5.1m/s、高萩市 9.3m/s、東海村 7.5m/s というように、構成材料と粒径によってかなり異なることが判明した。クロマツ海岸林の林冠の塩分捕捉能力は晴雨によって異なり、乾いた林冠の方が濡れた林冠よりも捕捉能力が高いことが測定された。護岸消波施設は海岸林林床への飛来塩分量に大きな変化はもたらさないが、林頂部の付着塩分量に減少をもたらしていた。これらは海岸林の持つ防災機能を細かく具体的に論ずるときに必要な成果である。

「雪崩防止林の造成・維持管理技術の向上」では、幼齡埋雪木の斜面積雪グライド抵抗力を連続的に測定し、スギの方が直立性の落葉広葉樹リョウブよりも抵抗力が大きくて雪崩発生防止効果の大きいことを確認した。新潟地方の豪多雪地帯の大部分は低木性の広葉樹林、いわゆるポイ山で占められ、これが豪雪時に倒伏して雪崩のすべり台としての危険な役割を果たしている。ポイ山を改良して、中径～大径の広葉樹林にすれば、雪崩防止林として機能を発揮するが、長期にわたる施肥、除間伐などのプロット試験では改良効果が認められなかった。豪雪が樹体に与える機械的損傷がポイ山の高木林への変化の障害になっている。

「都市林及び都市近郊林が周辺の微気候に及ぼす影響」では、関東平野において、スギ幼齡林(樹高4.2～4.5m)内外での冬期最高気温、最低気温(地上高1.4～2.0m)の比較によって、林外が非常に厳しい状況にあることを確かめた。すなわち、最高気温については林外>準高密度林>高密度林>ギャップという関係が、また、最低気温については、林外<準高密度林<ギャップ<高密度林という関係が認められた。さらに林縁に低温の気塊が停滞するなど、森林が冷気侵入に対する障害物として機能していることも測定によって確認した。

「森林の気象被害防止技術の確立」では、森林の寒害、雪害、林野火災の研究が展開された。冠雪害の研究では、従来自然の豪雪待ちの異常時データ収集法しかなかったのに対し、砕いた雪と霧水とを強制的に与える大降雪強度の人工冠雪実験システムが実用化のレベルにまで開発された。このシステムによってミョウケンスギ、サンブスギ、タテヤマスギの冠雪害抵抗性の検定実験が行われた。さらには、送風機をも加えて濡れ吹雪による

異常着雪を再現する装置を開発し、無葉期のカラマツの枝が、耐雪性スギ・カマブチ3号の枝よりもはるかに多くの雪が付着することを実験的に確かめ、北海道に多い強風下のカラマツ冠雪害の発生機構を明らかにした。なお、浅川実験林における冠雪害解析から、強風下でスギ人工林がドミノ状連鎖的に共倒れしたのではなく、東状に数本～十数本の隣接木が重なって折れた「東状共倒れ」を起こしていることを見いだした。

北海道では埋雪トドマツ幼齢木の大量脱葉被害が知られるが、新潟県のスギ幼齢木でも埋雪下で大量脱葉現象が起きている。そこで、スギ裏系18種、表系13種について精緻な針葉引張り試験を行い、裏系のスギが脱葉に対する抵抗力が大きいことを明らかにした。

土壌凍結によるスギ幼齢木の寒害については、現地比較試験により狭い幅の縦筋刈が対策として有効であることが分かった。水戸の苗畑における長期の凍害データ解析により、前年5月・8月の低気温、9月の高地温、当年1月の少降水が、スギ苗の凍害被害率を上昇させていることを見いだした。

昭和63年10月以降は森林総合研究所研究基本計画の「森林の防災機能の解明と森林災害防止技術の向上」に防災科の研究は収れんされている。森林の持つ災害防止、気象緩和などの環境保全機能発現の仕組みと効果を解明し、森林の気象被害の防止と併せて対策工事を含む森林の防災的維持管理技術を開発せんとするものである。

「森林が気候形成に及ぼす影響の解明」は、森林と大気の大気熱・物質（水、二酸化炭素等）交換機構による様々なスケールでの気候形成作用を明らかにせんとするもので地球環境研究の中心課題の一つである。超音波風速測定計とパソコンの発達により、渦相関法を用いた樹林周辺の顕熱フラックス直接測定がマレーシアでの熱帯林も含めた様々な条件下で展開されている。乱流変動法の森林群落への適用手法が確立され、森林-大気間のエネルギー交換特性が検討され、森林の気候形成機能に関する基礎的知見が得られた。雪上面でのエネルギー収支特性、落葉の堆積形態と熱伝導の関係、ギャップ開空度と地温の関係などについてモデル化が進展した。

また、宝川流域降水分布の解析により、水源山地の降水分布は表面地形そのものよりも大きいスケールの地形に支配されており、この考えにより年間の流域水収支の推移が求められることを示した。

「森林の山地災害防止機能の評価」では、根系のもたらす斜面安定度増強効果、落石衝撃に対する樹木の動的反応と衝撃吸収効果、山地豪雨災害警戒避難基準作成のための降雨継続時間と雨量のモデル検討、豪雨と地震動とを考慮した斜面崩壊危険地判定法などに進展が見られた。特に根系の研究では山崩れ防止効果において針葉樹<広葉樹とする樹齢と直径を無視した単純比較を排し、根の引き抜き試験結果から樹木根系による表層土層のせん断抵抗力の補強強度を導くモデルを開発した。

「森林の気象被害発生予察法及び被害防止技術の改善」では、日光白根山など山岳林衰退現場での酸性霧など降水物の量、時期、被害特徴、複合被害などの調査が進展した。凍害にあって8年を経過したスギの被害木の円盤を解析した結果、変色域は凍傷痕を起点として面積が7倍にも拡大している。変色には数種類のタイプが認められた。変色材部の化合物が、穿孔性害虫カミキリの誘引性を示し、凍傷が虫害という二次被害をもたらす危険性が示唆された。

我が国の林野火災発生は、月平均降水量と降水量平年比との関係が高く、日降水量値を調べることによって予測可能であることが分かった。火災跡地の植生復旧に関する研究では、跡地の地下の植物体には火災の影響が見られないこと、再生植物の過半は土中に埋まった種子から発生したことを明らかにした。現在、東京都神津島の林野火災跡地の植生回復経過を定期的に調査中である。

新潟県の十日町から苗場にいたる豪雪地帯の最深積雪深、積雪沈降圧、標高とスギ造林成績との関係を調べ、標高500m以上、最深積雪4m以上という2条件が揃った地帯でのスギ林造成は失敗する危険性が極めて高いこ

とを検証した。人工冠雪実験によれば、スギ品種の冠雪害抵抗性は、単木や葉量当たりの降雪捕捉率のほか、冠雪による梢端垂下量が関係することなどを指摘する成果をあげた。

「防災林の機能解明と造成・維持及び管理技術の開発」では、海岸林防風工法の開発、富栄養湖の水上環境保全林造成技術の開発、表層雪崩の予知などに関する研究が進展した。酒田営林署管内で間伐材を用いた合掌型防風柵を開発設置し、柵後背部の造林成績及び風洞実験から、この新型防風柵が旧来型の柵よりも有効に機能していることを確かめた。また、日本各地の海岸林調査から、海岸林の生育環境は汀線からの距離と平均風速とによってランク付けできることを示した。現在、海岸林が後背部に置かれた金属製の錆を防ぐ効果について調査を始めたところである。

雪の初期密度と降雪強度から表層雪崩の発生を予測するモデルを開発したが、このモデルは雪氷学上で画期的なものとして日本雪氷学会学術賞を受賞し、諸機関で予知システムの実用化が検討されている。雪崩予防柵に作用する斜面雪圧について、一般に用いられるスイス雪圧式の精度について再検討を加えるとともに、カヤ斜面、裸地斜面、溜木斜面における雪圧の比較を長期にわたり継続している。

(新田 隆三)

## 森林生物部門

昭和60～62年の間、保護部は樹病科、きのこ科、林業薬剤科、昆虫科、鳥獣科からなっていた。昭和63年機構改革に伴って新しい研究基本計画ができ、部の名称は森林生物部になり、森林微生物科、森林動物科、生物管理科と構成が変わった。きのこ科は生物機能開発部に移り、またそれまで土壌部に所属していた土壌微生物研究室が森林微生物科に移った。

それまでの研究問題は、「森林病害防除技術の向上」、「森林害虫防除技術の向上」、「森林害獣防除技術の向上」、「林業薬剤による防除技術の改善」、「野生鳥獣群集の保護管理技術の確立」、「きのこ類の生産技術の向上」であった。昭和63年に発足した研究基本計画では、研究問題は「森林生態系における微生物及び動物の機能の解明」と「森林生物管理技術の高度化」になり、さらに平成6年の研究基本計画では、両研究問題を一本化して「森林生物の生態系における特性及び機能の解明と生物管理技術の高度化」になった。

森林生物部の研究は森林のいろいろな機能を維持するために、微生物、昆虫、獣類などの森林、林業にとってマイナスのインパクトをコントロールする適切な手段を開発することであり、これまでの薬剤による病虫獣害の防除から生物的防除法や林業的、生態的防除法を組み入れた総合的防除法の確立を目指す方向に研究がシフトされた。また森林の生産力の維持、向上のための物質とエネルギーの循環に果たす森林生物の役割を解明することはこれまでになかった新たな研究課題になった。一方、経済生長や国民の生活向上のための森林の伐採や人工林の拡大などによる野生動物の生息域の縮小など、地域的な規模から地球規模に至る様々な環境変化が与えるインパクトからいかに野生動物を保護管理するかも研究課題に含まれるようになった。そのため林業と野生動物の保護との調和を図ることが重要な課題になった。

今日、人工林の面積が1 000万haに及び、森林施策方針が長伐期化して良質な材を生産する方向にある。そのため、病虫獣害による林木の材質劣化が重要な問題になってきた。マツ材線虫病によるマツの被害は依然毎年100万 $m^3$ を超えており、その防除法の新たな開発と確立が求められている。

(田村 弘忠)

## 森林微生物分野

この10年間の森林微生物についての研究のうち、病原体としての研究では、依然として猛威をふるっているマツ材線虫病の防除技術の向上に向けての基礎研究、スギ・ヒノキ人工林における材質劣化病害の発生機構などを中心に研究が展開された。さらに、従来から引き続いて行われている病原菌の分類、発生生態に関する研究とともに、森林総合研究所への再編改組に伴い、森林に生息する多様な微生物の森林生態系のなかでの機能解明に関する課題の重要性が増してきているのが特徴といえよう。海外問題では、パラグアイ、フィリピン<sup>1)</sup>、バプアニューギニア、インドネシア、中国、韓国、マレーシア、パキスタン及びロシアなどへ研究員を派遣し、研究支援及び調査を行ってきた。

主要な研究の経過及び成果を整理すると次のとおりである。

### (1)森林微生物の分類・同定

昭和50年代に活発に行われた、病害防除の基礎としての樹木寄生菌類、木材腐朽菌類、土壤菌類などの分類学的研究は、研究の主体が他の研究分野に移っていったとは言え、森林生態系における微生物種類相の解明に向けて着実に行われた。それらは、五葉マツ類発疹さび病菌などを中心とする各種樹木のさび病菌類<sup>2-3)</sup>、緑化樹に寄生する不完全菌類<sup>4)</sup>、*Pythium*などの土壤菌類<sup>5)</sup>、及びサルノコシカケ科を中心とする木材腐朽菌類であった。培養株を得た多くの菌類に関しては、ジーンバンク事業として登録・保存し、将来の有効利用に備える体制が完全に整ったのは大きな収穫であった。現在は、乾燥保存標本からもDNAなどが取り出せる技術が完成しているため、今までの研究で得られている膨大な乾燥菌類標本の価値も、生きている培養菌株と同様に将来の研究にとって非常に大きいことが明らかである。そのために、今後も微生物の分類及びその体系的保存に関する分野の研究が停止することなく継続されることが期待される<sup>6)</sup>。森林に生息する線虫類についても分類・同定が進められるなかで、コガネムシ類に強い寄生性を示す線虫 *Steinemema kushidai* も新種の線虫として命名記載され、その後の研究に発展した。これら一連の研究のなかで、クロマツ、テーダマツ溝がんしゅ病、リュウキュウマツの漏脂胴枯病<sup>7)</sup>、ツツジ類芽枯病、ユーカリ黒粉病など糸状菌による病害や、マイコプラズマによるケケンボナシのてんぐ巣病など多数の新病害が報告された。

### (2)森林における微生物機能の解明

主な課題としては、各種樹木病原菌の生理的性質の解明、マツノザイセンチュウの生理・生態的特性の解明、菌根菌類などを主とする土壤微生物の生態解明などがあげられる。病原菌類では、アカマツ枯損木から青変菌類の仲間である *Ceratocystis*、*Leptographium* 属菌などを分離し、これらの菌は極めて弱い病原性を持つことを確認するとともに、培養菌体から新規の化学物質を単離したが、これらの化学物質は病原性とは関係がないことが明らかになった。マツこぶ病菌担子胞子の発芽生理、宿主・非宿主上での反応を明らかにするとともに、培養が難しいこれらこぶ病菌類の人工培養株を得て、その生理的特性を解明した。また、ヒノキなどの針葉樹体内健全部には、特定の糸状菌類が高い頻度で生息していることが明らかにされ、室内試験では他の病原菌類に対して拮抗的に働くことが確認された。今後これら健全部に生息している菌類が樹体内でどのような働きをしているかを明らかにすることが、未解明な重要な分野として残されている。

土壤微生物では、リター分解菌の生態、外生菌根菌類の培養による栄養要求性の差異に基づく類型化などが試みられるとともに、実験的な酸性降物の影響に関する試験から、環境の変化に反応しやすい土壤微生物群の存在が明らかになり、環境指標生物としての重要性が指摘された<sup>8)</sup>。

その他、日本では未解明な部分が多いならだけ病菌類の種の判別及びそれらの病原性に関する試験や、樹木寄

生性マイコプラズマの特性についても研究が実施されてきている。

### (3) 森林病害問題

#### ① マツ材線虫病

病原体であるマツノザイセンチュウの特性に関する研究及び発病機構についての研究が取り組まれた<sup>9-16)</sup>。線虫については、培養個体群間で大きな病原力の差異があることが明瞭になり、さらに、日本産と欧米産のマツノザイセンチュウとニセマツノザイセンチュウの種間関係を交配試験によって調べた結果、種間関係がこれまで理解されていたよりも複雑であることが示唆された。また、マツノザイセンチュウを人為的に分散型Ⅲ期幼虫、Ⅳ期幼虫に移行させる手法を開発し、マツノマダラカミキリとの化学生態学的結びつきを解明する研究の新たな進展を期待できる状況になった。また、線虫はマツ組織を直接摂食することも明らかにされた。発病機構の問題では、枯損には侵入初期の線虫の増殖及び分散が必要であることが示唆された。さらに、病原力の強い線虫を接種する前に、病原力の弱い線虫を前接種しておくこと、樹体に誘導抵抗性が現れることが確認され、そのメカニズムの解明が期待されている。接種試験によって、感染木の細胞レベルでの樹体反応についても解明がなされつつある。

#### ② 材質劣化病害

スギ・ヒノキを主体とする人工造林地では、穿孔性害虫の加害に伴う材質劣化病害やヒノキの漏脂性病害が問題となってきた。前者については、特別研究「スギ・ヒノキ穿孔性害虫による加害・材質劣化機構の解明」(昭和58～61年)において、健全材及び変色材の微生物相と材質劣化機構について研究が実施され、変色部には *Fusarium*, *Cryptosporiopsis*, *Phialophora* 属菌などの占有率高く、材の変質に関係する担子菌で特に腐朽力が強いのはカワラタケ、ニガクリタケなど10種であった。材質劣化機構として、害虫の加害とそれに伴う変色菌・腐朽菌の侵入、そしてそれに反応する立木側の機能とが関連していることが示唆された<sup>17)</sup>。

多雪地帯のヒノキ造林地では、昔から漏脂病が多発して問題となってきたが、近年はヒノキの造林地拡大に伴い他の地域でも本病の発生が顕在化してきた。本課題については特別研究、指定研究などで、本病の分布、発生環境、発生機構について精力的に研究が行われてきた。その結果、本病は積雪・寒冷地域以外でも多発していること、何らかの刺激により傷害樹脂道ができ、それが拡大するとともに幹部の形成層の壊死が起こることが確認されたが、特定の病原菌の関与については確定するまでには至っていない。また、枝葉部では、ヒノキ樹脂膵枯病が全国的に発生していることを確認し、ヒノキ科の樹種による感受性の違いを明らかにした。

#### ③ 腐朽性病害

シイタケとその害菌クロコブタケの菌糸の成長には材の含水率が大きく関与しており、クロコブタケはシイタケの成育しがたい乾燥条件でもよく成長することから、ほだ木管理への応用でその発生を抑制できることが明らかになった<sup>18-19)</sup>。スギの非赤枯性溝腐病については、品種間での感受性の差異を接種試験によって明らかにし、特にサンプスギは特異的に本病害にかかりやすいことを実証した。さらに、石垣島等で農地防風林として重要なモクマオウの集団枯死の原因がシマサルノコシカケであることを明らかにして、枯損防止法開発への糸口を得た<sup>20-21)</sup>。

#### ④ サクラの病害

特定研究「サクラ主要病害防除対策」のなかで、てんぐ巣病、幼果菌核病、ならたけ病などの防除対策について試験が行われてきた。幼果菌核病は病原菌の生態、品種による感受性の差異も解明されていたが、従来の薬剤に対する耐性が出ていることも示唆されたため、新たな防除薬剤の検討が必要となっている。北海道においては、

エゾヤマザクラの胴・枝枯を起こす最も重要な菌は、胴枯病菌 (*Valsa ambiens*) 1種であることも明らかになった。

#### ⑤ナラ類の集団枯損

近年、日本海側の山形県、新潟県、福井県、兵庫県、鳥取県、島根県及び九州の宮崎、鹿児島県などで、ミズナラ、コナラ及びアカガシなどの集団的枯損が起り問題となってきた。この枯損原因を明らかにするため、穿孔しているカシノナガキイムシ及び各地域の枯損木からの菌類の分離試験とそれらの菌類を用いた接種試験などが実施されてきたが、枯損原因を解明するには至っていない。虫体及び枯損木からは *Ophiostoma* 属菌及び *Acremonium* 類似属菌などが分離される。今後環境要因の解析、病原性の弱い土壌生息性の菌類との関係などとともに、直接枯損に関係している病原菌の解明と枯死機構の解明が早急に必要とされている。

#### ⑥病害発生情報の収集

全国の林業関係者から森林病害の発生情報を収集し、データベース化することに着手した。データは逐次公表され、年度ごとの集計も行われている。今後もデータの集積とともに、発生予察体制へも組み込まれるようなシステムの充実が期待されている。

#### (4)微生物の有効利用

林木の根と共生関係を持つ各種菌根菌や、病原菌などに対して拮抗性を示す微生物の探索と有効利用技術の開発を目的とした研究が実施されてきた<sup>22-23)</sup>。菌根菌に関しては、*Gigaspora*、*Glomus* などのVA菌根菌胞子を増殖したり菌を固定化し、効果的に接種する技術を開発し、胞子の土壌への接種が作物の成育に良好な影響をもたらすことを実験的に確かめた。固定法として、*Gigaspora margarita* はタドンのなかに胞子を封ずるタドン法、*Glomus fasciculatum* は、胞子を形成させたモミガラを接種するモミガラ法を開発した。スギ林から得たVA菌根菌の人工接種による成長促進効果も認められ、特にその効果は湿潤な条件より乾燥条件下で大きかった。さらに、アカシアなどのマメ科樹木に対して根粒形成能力を持つ有用細菌を分離し、これらの菌の人工接種用の吸着資材としてパーミュキュライトが有効であることが明らかにされた。これらの根粒菌の接種によって、菌との共生が乾燥に対する苗の耐性・適応性を高めていることが示唆された。アカシアへVA菌根菌と根粒菌とを一緒に接種した場合には成長が著しく促進され、相乗効果が確認され、現地適応試験へと研究が展開している。

拮抗微生物では、*Sordaria* 菌がナラタケ及び苗木枯病菌などに対して強い拮抗作用を示すことが明らかにされるとともに、*Taeniolella phialosperma* の胞子懸濁液にクロマツ種子を浸漬処理することにより病害発生を抑制する技術が開発された。線虫では、マツノマダラカミキリに寄生する線虫を用いて松枯れ防除の一助とする実験で、*Steinernema bibionis* と *Heterorhabditis* がマダラカミキリ幼虫に対して高い殺生力を示した。被害丸太への施用では、*S. feltiae* の施用が最も効果が大きく、高めの温度で70%近い死亡率を示すことが明らかになった。

(金子 繁)

## 文 献

- 1) 小林享夫：熱帯の苗木病害 (3) 白絹病，熱帯林業，3，(1985)
- 2) 金子 繁：Taxonomy of *Cronartium quercuum*, Proc. Second China-Japan International Cong. Mycology (1992)
- 3) ———：ハイマツ発疹及び病菌 *Endocronartium sahoanum* の生活史と人工培養，日植病報，58，(1992)
- 4) 小林享夫，窪野高徳：Materials for the fungus flora of Japan(38)，日菌報，27，(1986)
- 5) 渡辺恒雄：土壌糸状菌一培養株の検索と形態一，ソフトサイエンス社 (1993)
- 6) ———，林 弘子：樹木病原糸状菌の保存，微生物の長期保存法農林水産関連 (農水技会・農環研)，(1987)

- 7) ———, 村本正博: リュウキュウマツの新病害—漏脂胴枯病, 森林防疫, 38, (1989)
- 8) 岡部宏秋: スギ林における硫酸化菌の分布, 日林論, 100, (1989)
- 9) 黒田慶子, 真宮靖治: マツノザイセンチュウの無菌クロマツ稚苗内における行動, 日林論, 97, (1986)
- 10) 真宮靖治: Initial pathological changes and disease development in pine trees induced by the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*., 日植病報, 51, (1985)
- 11) ———: Interspecific hybridization between *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus* (Aphelenchida: Aphelenchoididae). Appl. Ent. Zoo., 21, (1986)
- 12) ———: The effect of unsaturated fatty acids added to culuture media on the growth of the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*., 日線虫研誌, 16, (1986)
- 13) 庄司次男: カーバム剤 (NCS) の冬季樹幹散布によるマツノザイセンチュウとマツノマダラカミキリの駆除, 日線虫研誌, 15, (1985)
- 14) ———: アカマツ苗に対するマツノザイセンチュウ接種後の温度変化と発病, 日林誌, 99, (1988)
- 15) ———, 陳野好之: マツノザイセンチュウの接種時期と枯損発生との関係, 日林論, 96, (1985)
- 16) ———ほか: マツ材線虫病年越し枯れ木におけるマツノザイセンチュウの分布, 日林誌, 97, (1986)
- 17) 林 弘子: スギ・ヒノキ穿孔性害虫の生態と加害 (VI) 加害に伴う材変色・腐朽に関与する微生物 (2) 穿孔性害虫から分離・検出される糸状菌, 森林防疫, 38, (1988)
- 18) 阿部恭久: Effect of moisture on the colonization by *Lentinus edodes* and *Hypoxylon truncatum* in wood. Eur. J. For. Pathol., 19, (1989)
- 19) ———: クロコブタケによる材質腐朽に及ぼす水分と酸素の影響, 日菌報, 32, (1991)
- 20) ———ほか: 石垣島において広葉樹の枯損をおこす新病害—南根腐病の病原菌とその接種試験, 日植病報, 56, (1990)
- 21) 服部 力: 2種の薬剤に対する南根腐病の低感受性変異の発生, 日植病報, 58, (1992)
- 22) 渡辺恒男: Rhizomorph production in *Armillaria mellea* in vitro stimulated by *Macrophoma* sp. and several other fungi, 日菌誌, 27, (1986)
- 23) ———: ナラタケの根状菌糸束からの分離菌を含む *Nectria* 属の3種について, 日植病報, 56, (1990)

### 森林動物分野

この10年間における昆虫・鳥獣等の森林動物の研究については、地球環境問題の招来とともに大きな変化があり、従来の管理・防除研究に加えて、生態系における地位及び役割を明らかにする研究が新たな重要課題として取り上げられた。森林に生息する多種多様な昆虫類、土壤動物を含む小動物、鳥類、及び哺乳類などは森林生態系を維持する重要な構成要員であり、これらの種及び生態的、遺伝的多様性をいかに保全するかが今日の重要課題となっている。そのため、動物種の分類と生理・生態的特性と機能、群集構造、及び生物間相互作用を解明する研究が遂行された。また、これら動物の生存にかかわる病原微生物についても同様の視点で研究が遂行された。

1) 昆虫類及び小動物の分類と生態に関する研究では、従来から継続されてきたキクイムシ、カミキリムシ、コマユバチに加えて、ミミズ、ヤスデ、チリカブリダニ、クマムシ等の多種・多様な土壤動物、キノコ類に寄生する食菌性昆虫類、及びクモ類を対象とした研究に大きな進展が見られた。

・熱帯産及び日本産キクイムシ類については、収集・分類・記載を始めた分類学的研究はほぼ完成に近い状態にまで進展した<sup>1-2)</sup>。

・カミキリムシについては14属の検索図を作成し、地理的変異の著しい4種のカミキリムシについて分類学的整理を行った<sup>3)</sup>。

・土壤湿性動物の中で最も重要なグループであるクマムシ類について関東地方の主要な森林における生息状

況、環境と群集構造との関係及び系統分類学的研究を行った結果、合計59種を記録し、5種を新種として記載した。また、8種を日本に生息する種として始めて認定した。また、林分に生息するチョウメイムシ類とノドヤマクマムシ類との間の相対的な個体数の割合が、林分に加わる人為的な環境の度合いをよく反映しており、森林環境の指標として有効であることが分かった。また、土壌生態系におけるササラダニ群集を比較した結果、種や分類群によって環境要因に対する反応はそれぞれ異なることが明らかとなり、環境指標生物としての利用の可能性が生まれた。

・コマユバチについてはシギゾウムシ類、シイタケオオヒロズコガ等に寄生する種を同定し、生態の一部を明らかにした。

・ヤスデについてはこれまでほとんど不明であったヤンバルトサカヤスデの生活史と土壤に与える影響を明らかにした。また、伐採後のスギ林におけるミミズ及びヤスデの種類組成は、放置された枝条の有無によって変動し、特に、ヤスデ類は枝条除去区では回復に5年を要することが分かった。

・キノコ胞子の分散にトビムシ、キノコバエ<sup>4)</sup>、ダニ類が関与していることが示された。

・シイタケ菌床栽培におけるキノコバエ科、ショウジョウバエ科、ノミバエ科の加害虫の種類、加害実態、発生消長を明らかにした<sup>4)</sup>。

・キノコに寄生する代表的な甲虫であるセモンホソオオキノコムシ及びニホンホソオオキノコムシの生態はこれまでほとんど知られていなかったが、その多くが明らかにされた。それらは、両種的生活環、摂食行動とその日周性、発音行動、天然林内における生態、シイタケへの誘引性、さらに前者の配偶行動、後者の成虫休眠等である。

・マツノマダラカミキリの誘引物質を検索同定して誘引器を開発した<sup>5-6)</sup>。マツノマダラカミキリに対する予防散布薬剤フェニトロチオンの作用機作<sup>7)</sup>及び土壌細菌による同剤の分解を解明した<sup>8-9)</sup>。マツノマダラカミキリによってマツの被害が発生している中国、台湾、韓国、及び各地の日本産カミキリムシ、さらに近似種であるアメリカ産 (*Monochamus carolinensis*) の生理・生態的比較を行った。発育零点は本州と九州産は11~12℃、沖縄と韓国産は13℃でやや高い傾向が見られたが、中国産(広州, 15.7℃)、及び台湾産(16.5℃)は極めて高く(1年2化)、温帯産(1年1化)とは明らかに遺伝的な差異が認められた。休眠性の比較では、中国産と台湾産は類似の傾向があり、日長に関係なく高率で非休眠個体が出現(26℃, 93-97%)するが、韓国産及び日本産は同条件下で終齢幼虫後に萎縮し、生理障害を起こして死亡し、羽化率は極めて低いことが判明した。また、アメリカ(ミズーリ)産は台湾産非休眠個体と類似の挙動を示した<sup>10-13)</sup>。

・植生と昆虫相との関係については、これまで蓄積された灯火に飛来するコガネムシ類の種類と個体数に関するデータを解析した。その結果、コガネムシ群集の構造の貧弱化が植生の単純化と相関関係にあることが分かった。

・スズメバチ科に属するコアシナガバチとキボシアシナガバチの生態研究の一環として、巢の密度及び発達経過、採餌量及び給餌行動を主とした成虫行動を明らかにした<sup>14)</sup>。

・クモ類については種別の個体数、生息域の変動を中心とした分類・生態研究を各地に調査地を設定して継続しており、天敵としての役割を評価している。

2) 昆虫類及び小動物の生理的特性の解明に関する研究は、主として害虫の飼育法の開発を通じておこなった。

・ドングリキクイムシ、クリノミキクイムシの人工飼料による飼育法を確立した。

・スギカミキリ、スギノアカネトラカミキリ、ヒノキカワモグリガについては人工飼料による飼育法の開発・

改良を重ね、飼料組成、発育経過、生存率等に関するデータを蓄積した。

- ・マツノマダラカミキリ寄生蜂であるクロアリガタバチの人工飼育を開始した。
- ・静岡県下で検出した昆虫寄生性線虫を同定し<sup>15)</sup>、培養法を開発して<sup>16)</sup>、実用試験に供した。
- ・一連のマツノマダラカミキリに関する研究過程で発見されていた生殖器に寄生する線虫の形態的特徴及び昆虫寄生期の生態的特徴を解明し、本種を *Contortylenchus genitalicola* と命名し新種として記載した。また、この線虫の感染態雌成虫の形成機構、感染様式を明らかにした<sup>17)</sup>。

3) 昆虫病原微生物の分類及び生態と機能の解明では、新たにキノコ類関連研究が加わった。

- ・全国各地で採集した病死虫から、昆虫寄生性糸状菌を分離・収集し、分布特性及び宿主選択特性を調査している。
- ・シイタケの害虫であるキノコムシ類から寄生菌を探索・分離し、これまで3種を発見・同定した。
- ・マツ枯損中のマツノマダラカミキリに対するボーベリア菌の駒打ち法による防除法を開発した<sup>18)</sup>。
- ・漢方薬材料や高級食品として珍重される冬虫夏草属 (*Cordyceps*) 昆虫寄生菌類の採集・分離・培養及び子実体形成を試みた<sup>19)</sup>。

4) 森林動物の群集構造と生物間相互作用の解明については主として鳥類群集をとり扱った。

- ・種子散布に果たすムクドリの役割解明の一環として、排泄物分析によりムクドリの食性、特に季節ごとの採食種子が明らかとなった。また、齧歯類としてニホンリス、アカネズミ、ヒメネズミの行動圏、堅果類の貯食・分散行動の一部を明らかにした。

・茨城県下筑波山における鳥類群集の特性と動態を調査し、78種を同定した。それらは留鳥29種、夏鳥14種、通過鳥12種、冬鳥23種であるが、個体数の年変動は著しく大きいことが分かった。

地球環境にかかわる研究課題は最近増加の傾向があり、生物関連では、酸性雨の森林昆虫相に与える直接的・間接的影響を評価するモニタリングシステムの構築を目指した研究、希少野生動物の遺伝的多様性の減少機構解明に関する研究が新たに始まっている。

(池田 俊弥)

## 文 献

- 1) 野淵 輝：熱帯の森林害虫（1）現状と手引書，熱帯林業，11，(1988)
- 2) ————：キクイムシ類の同定のための文献，森林防疫，36，(1987)
- 3) 楨原 寛：カミキリ科，日本の昆虫（侵略と攪乱の生態学），東海大出版会，(1986)
- 4) 後藤忠男：キノコバエ科，ノミバエ科，「日本産昆虫総目録」，九大農学部昆虫学教室・野生生物研究センター編，(1989)
- 5) 池田俊弥：マツノマダラカミキリの誘引物質とその利用，森林防疫，35，(1986)
- 6) ————ほか：マツ伐倒木揮発成分のマツノマダラカミキリに対する誘引性，日林誌，68，(1986)
- 7) 松浦邦臣：マツノマダラカミキリの後食防止に関するフェニトロチオンの作用，応動昆，32，(1988)
- 8) 佐藤姚子，松浦邦臣：林地等由来土壌細菌によるフェニトロチオンの分解，日林論，100，(1989)
- 9) ————ほか：空中散布されたフェニトロチオンの土壌及び落葉中での分解・消失，日林論，99，(1988)
- 10) 遠田暢男：台湾におけるマツ材線虫病の被害，森林防疫，37，(1988)
- 11) ————：韓国におけるマツ材線虫病の現状と対策，森林防疫，38，(1989)
- 12) ————，北島 博：人工飼料による台湾産マツノマダラカミキリの飼育，日林論，101，(1990)

- 13) ———, 竹谷昭彦: 中国におけるマツ材線虫病の被害と対策, 森林防疫, 41, (1992)
- 14) 牧野俊一: スズメバチ類の生態と林野作業における刺傷害, 森林防疫, 39, (1990)
- 15) 串田 保ほか: 静岡県下畑土壌から検出された昆虫寄生性線虫 *Steinemema* sp. のコガネムシ類幼虫に対する殺虫性, 応動昆, 31, (1987)
- 16) 小倉信夫: コガネムシ類幼虫の天敵クシダネマの実験法, 森林防疫, 39, (1990)
- 17) 小坂 肇, 小倉信夫:
- 18) 鳥津光明ほか: Microbial control of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae) by implanting weat bran pellets with *Beauveria bassiana* in infested tree trunks., 日林誌, 74, (1992)
- 19) ——— ほか: *Cordyceps brongniartii* sp. nov., the teleomorph of *Beauveria brongniartii*., 日菌報, 29, (1988)

### 生物管理分野

当分野では、森林生態系における様々な生物間相互のバランスを維持・管理する技術開発に関する研究の推進が主たるねらいである。ここでは新体制前の研究を一部含む研究経過と主要な成果について述べることにする。

生物管理科における過去10年間の研究は、1 000万haに及ぶ人工林のうち、約70%を占めるスギ・ヒノキ造林地で材質劣化を引き起こすスギカミキリ、スギノアカネトラカミキリ、ヒノキカワモグリガ、スギザイノタマバエやキバチ類等の穿孔性害虫の生態解明と防除技術の開発に引き継がれてきたといえる。

その研究の中心は昭和58年から61年まで推進された農水省の特研「スギ・ヒノキ穿孔性害虫による加害材質劣化機構の解明」に続いて、再度特研として平成元年から4年までの4か年にわたって推進された「スギ・ヒノキ穿孔性害虫の生物的防除技術の開発」である。これまでの研究は、穿孔性害虫の化学的防除が主体であったが、その後、薬剤の地球環境への影響を考慮して、天敵や天敵微生物、さらには性フェロモンやカイロモン等の生理活性物質を利用した生物的または生物学的防除技術の開発に研究の重点が置かれ、日本林業の根幹にかかわる重要な課題は新たな展開をみた。

マツ枯損関連研究においても、これまでの薬剤防除技術の開発研究に変わって、天敵微生物や生理活性物質の利用技術の研究に主体が移行した。なかでも、特定研究「生物的防除手法を導入した松くい虫被害の激化防止新技術の確立」では、生物的防除手法の確立として、①天敵微生物の利用法の確立、②昆虫捕食性鳥類等の利用方法の確立、③生理活性物質等の施用方法の確立、防除効果の評価及び総合化として、①松林の健全性の評価、②各種防除手法の防除効果の数値的把握さらには微害地における各種防除手法の防除効果の評価、③各種防除手法の統合的な組み立てが推進されている。ここでは、枯損率1%未満の微害林の総合的な維持管理手法のマニュアル作成が基本的なねらいとされている。

この他の特掲研究課題としては、森林害虫の生理活性物質利用に関する課題では、森林害虫の行動制御物質の探索と利用（重点基礎、昭和60～平成2）、マツ枯損防止における樹幹注入剤開発課題では、大径木に対する単木マツ枯損防止処理剤の適正注入法の確立（特定、昭和59～62）がある。そのほか、昆虫病原性糸状菌による苗畑・森林害虫の防除法（根圏環境、昭和61～平成2）、最近クローズアップされてきた樹木の衰退に関した「昆虫群集に及ぼす酸性雨の影響解析」（平成2～6）や森林動物の分類と生理・生態及び生物間相互作用の解明に関する「落葉広葉樹の更新阻害・促進要因としての昆虫・土壌動物の影響評価」（大型別枠、平成5～7）、「新潟県におけるナラ類の枯損原因の究明」（指定、平成5～6）が実行されている。さらに、キノコ害虫の行動制御物質利用技術の開発では、シイタケオオヒロズコガ、オオキノコムシ、クロバネキノコバエの発生環境要因の

解明、行動制御物質の探索や性フェロモンの単離・同定等に関する研究（特別，平成3～5）が実施された。

以上、述べたような特掲研究のほかに、経常研究として、害虫発生情報の収集と解析、松くい虫被害やマツカレハの発生予察、スギ・ヒノキ穿孔性害虫の個体群動態と被害条件、クモ類の生態と役割評価や森林小動物群集に与える人為的影響の解明、カミキリムシ類幼虫における栄養要求性、食菌性昆虫類の寄主選択性要求の解明、林業薬剤の森林環境に及ぼす影響の解明、林業薬剤の剤型と生態系での挙動の解明等が行われ、これらの多くの経常研究の研究成果の蓄積が、既述した特掲研究の推進母体となっている。

一方、我が国には112種の陸生哺乳類が生息している。豊かでかけがえのない野生生物を保全していくためには、森林生態系の維持や森林の管理がきわめて重要であり、森林生態系における野生生物管理には、①ハビタットの保全と管理、②狩猟管理、③希少種の保護を軸にした研究を構築することが重要である。

これまでの研究は、新植造林地における野ネズミやノウサギに対する加害様式や被害防除を中心とした研究、例えば野ネズミ防除技術の向上では、アカネズミ類による天然更新阻害の究明<sup>1-2)</sup>、ノウサギでは忌避剤や物理的防除技術の確立等の研究であった。また、野生鳥獣の保護管理技術に関する研究では、カモシカ等の行動習性及び生息環境の解明<sup>3)</sup>と食害防止法やニホンジカの生息場所選定と幼齢造林地の位置づけ等の研究が主体となっている。

しかしながら、近年では森林が野生生物の生息場所として、また森林の公益的機能の維持・管理等の面から、森林における野生生物の保全のための研究が大きな展開をみせてきた。最近の研究課題を眺めると、獣類では、ノウサギの植物選考性に関与する化学成分の解明やニホンジカ個体群の齢構成と繁殖活動調査、さらには環境収容力推定のための植生動態解明等、野生鳥獣群集の構造と動態の解明による管理技術の開発研究が行われている。特にニホンジカ、野外個体数のエアースensasによる個体群密度の把握と個体群管理に関する研究は大きな進展をみせた。また、鳥類では鳥類群集保全のための森林環境評価に関する研究が実施されている。

外部対応では、主に森林害虫の同定依頼・防除指導・普及啓蒙、指導を行った。また、防除薬剤についても公立林試や関連協会の防除試験に協力し、効果試験成績の評価・検討を行った。海外対応では、インドネシア、タイ、マレーシア、中国、韓国に研究員を送って、害虫や獣類の問題の解決に協力した。

主要な研究成果についてまとめると次のようである。

#### (1)スギ・ヒノキ穿孔性害虫

スギ・ヒノキの主要な穿孔性害虫であるスギカミキリ<sup>4-5)</sup>、スギノアカネトラカミキリ<sup>6)</sup>及びヒノキカワモグリガ<sup>7)</sup>の被害発生予察技術の開発と、天敵微生物及び害虫の行動を制御する生理活性物質を利用した防除法の確立を行った。すでに、本種の生態や化学的防除による被害防止・軽減技術の開発に関する研究成果はおおむね得られている<sup>8-9)</sup>。

##### ①スギカミキリ

スギカミキリの人工飼育では、スギ輪切り丸太で飼育すれば成虫が得られることが分かった。得られた成虫を低温処理後、加温する方法で、休眠打破すれば良好な孵化率の産下卵が得られることが明らかとなった。この人工飼育法では、スギ内樹皮片、脱脂大豆末、セルロース、サッカロース等を主成分にした人工飼料により、短幼虫期間・高羽化率の成虫が得られることが分かった。この人工飼育法で継代飼育が可能となった。

丸太にボーベリア菌を散布し、放飼・回収したスギカミキリ成虫の感染、産卵消長、産下卵と幼虫の感染を調べた結果、回収した成虫は全て感染・死亡した。感染した成虫と交尾した非感染の成虫も高い感染率を示した。回収した成虫の卵も高い死亡率を示したが、老熟幼虫では感染・死亡個体は少なかった。

### ②スギノアカネトラカミキリ

スギノアカネトラカミキリの交尾行動は午前9時から午後3時にかけて行われることが分かった。本種の配偶行動や性フェロモンに関する風洞実験では、雄がフェロモンを放出して雌を誘引することが分かったが、その性フェロモンの同定までには至っていない。スギノアカネトラカミキリの誘引物質ではメチルフェニルアセテートが最も誘引効果が高いことが明らかとなった。この生理活性物質を利用した誘引トラップによる被害抑制効果は約30%であったが、誘引器をモニタリング手法として用いる場合には十分利用可能であることが分かった<sup>10-11)</sup>。

### ③ヒノキカワモグリガ

ヒノキカワモグリガ性誘引物質の生物検定法に関しては、同属の昆虫性誘引物質の野外試験において活性が認められた数種化合物がGC/EADにおいて雄成虫の触覚に反応を誘起することが分かったことから、本種の性フェロモンの生物検定にGC/EADが使用できることが判明した。

ヒノキカワモグリガの人工飼育では、大豆粉末とスギ内樹皮を主成分とする人工飼料では少頭飼育は良好であったが、多頭飼育は羽化率が低下し、問題が残った。

ヒノキカワモグリガから分離したNPVを簡便に増殖させる方法を検討し、老齢幼虫に注射して発病させることができることを明らかにした。他の昆虫ウイルスでは病原性が低いかもしれないことが判明した。*P.fumosoroseus*を各種の方法でヒノキカワモグリガに施用したが、その効果は低く、わら半紙処理区で、処理部以下の幼虫のみが感染・死亡する程度であった。

### (2)キノコ害虫

シイタケオオヒロソコガでは産卵管の抽出物に性フェロモンが存在することや線形オルファクトメータを利用して生シイタケやもどしシイタケの抽出物中にセモンホソオオキノコムシを誘引する生理活性物質が存在することを明らかにした。また、クロバネキノコバエの性フェロモンやセモンホソオオキノコムシの飼育法<sup>13)</sup>についても基礎的な知見が得られた<sup>12)</sup>。

### (3)カシノナガキクイムシ

近年、日本海側の山形県、新潟県、福井県、兵庫県、鳥取県、島根県等の地域で、コナラ・ミズナラの集団枯損が増大し、重大な問題となってきている。この集団枯損にはカシノナガキクイムシとその随伴病原菌が関与していることが推定されているが、明確な原因は分かっていない。また、鹿児島県や宮崎県でみられるシイ・カシ類の枯損もカシノナガキクイムシが関与しているが、枯損原因の究明は残されたままである。本課題については、今後の精力的な研究の発展が望まれる。

### (4)虫害発生情報の収集

日本全国の森林病虫獣害の発生情報を収集し、これを本・支所でデータベースに逐次収録し、利用者にオンラインまたはフロッピーディスクにコピーして、公開した。情報は定期的、または年度毎に集計解析を行い、速報、研究情報などの形で情報提供者に手渡される。今後もこのシステムを充実させ、虫害の発生予察体制を確立し、害虫管理モデルの開発に役立てる。

### (5)ノウサギ

スギに含まれるノウサギの食物選択性関与成分について、選択性の高い阿哲4号と他のクローンの嗜好性の違いを検討した結果、嗜好性はテルペン類のようなスギの匂い成分の違いによるものではなく、分子量の大きな成分の味覚物質が関与していることが推測された。また、ノウサギの摂食促進に関与する物質はメタノール可溶性で、水に難溶性成分であると考えられた<sup>14-15)</sup>。

#### (6)ニホンジカ

近年ニホンジカ等大型獣類の農林木被害が激増し、その早急な被害防除対策が望まれてきている。そのために狩猟及び有害駆除によって捕殺されたニホンジカの下顎骨による年齢査定、個体群の年齢構成、年齢別死亡率、年齢別繁殖率を分析し、これによって適正な個体群管理手法を確立することが重要である。

岩手県、宮城県、千葉県の野生のニホンジカ個体群について、年齢別自然死亡率や年齢別妊娠率を推定した。野生個体群は1産1仔で、2仔出産は餌条件のよい場合にのみ生じ、その発生率は5%以上にはならないことが明らかとなった。繁殖間隔は最短1年であり、初産齢は2~4歳で、これも生息地の餌条件や前年の積雪条件によって変動することが分かった。一方、年齢別繁殖率も餌条件、前年の積雪条件、生息密度によって変動し、餌条件が良好な場合は初産齢が2歳で約30%、3歳で約80%、4歳以降10歳までの成獣では100%で毎年繰り返し繁殖することが判明した。また、最長寿命と平均寿命は雌では10~18歳と2.8~3.8歳、雄では8~12歳と1.5~3.0歳で、雄のほうが短命で生存曲線には明確な性差があることが分かった。年齢別死亡率をみると、特に1~3歳の死亡率が高く、その地域差も大きい。その原因は積雪条件によるものと推定された。死亡率をおおまかにみると、若齢で40~60%、雄成獣で20~30%、雌成獣で15~20%であることが分かった。以上のことから、野生ニホンジカの生活史特性は生息環境によって著しく異なり、その個体群動態には初産齢である2歳の妊娠率と1~3歳の初期死亡率が最も重要な因子であることが明らかとなった。また、個体数把握にはヘリコプターによるエアースensasが最も有効であり、個体群管理手法の確立にはこのエアースensasによる個体数把握と生活史特性の把握が不可欠であることが判明した<sup>16)</sup>。

#### (7)鳥類

都市域林の鳥類相の把握では、シジュウカラを対象として林相別に巣箱を架設して、その利用状況から生息場所としての環境評価を行った。また、都市公園など緑地帯、平地や丘陵地の鳥類の種類、個体数の年次変動を調査した。また、食餌木の植栽による野鳥の誘致についても検討した。その結果は次のとおりである。巣箱を利用した鳥類はシジュウカラが最も多く、その営巣場所は全体に明るく、特に一方が開けた明るい場所であることが分かった。森林総合研究所多摩試験地での調査では、記録された鳥類の種数は51羽であった。これらの出現頻度はヒヨドリ、シジュウカラ、メジロが優占種で、オナガ、ハシブトガラス、コゲラの順であった。これらの半数以上は留鳥で、他の種類は夏鳥、冬鳥、漂鳥で、出現型は平地林型を示した。これらの生息環境をみると、上空、疎林+草地+人家、広葉樹壮齡林+広葉樹低木、広葉樹壮齡林+常緑広葉樹低木の順に多いことが明らかとなった。一方、野鳥の誘致に関しては、ガマズミ、トキワサンザシ等食餌木を植栽することによって誘致された野鳥はヒヨドリ、オナガ、ツグミ、メジロ、アカハラ等16種であった。また、鳥類の採餌行動は12月下旬~1月上旬に集中することが分かった<sup>17)</sup>。

以上のほかに、最近では昆虫類及び小動物の群集構造の解析、熱帯林の破壊に伴う野生生物種の減少の機構解明、ニホンカモシカの環境利用実態の解明、ニホンジカに対する環境収容力に関する課題、希少野生動物の遺伝的多様性の減少機構の解明等の研究が推進されている。

(田畑 勝洋)

## 文 献

- 1) 曾根晃一ほか：アカネズミの胃内容物、日林論 61, (1986)

- 2) ——— : Functional responses to food resources of wood mice *Apodemus speciosus* Temminck and *Apodemus argenteus* Temminck. 日林誌 72, (1990)
- 3) 奥村栄朗: テレメトリー法によるニホンカモシカの行動研究, 植物防疫 42, (1988)
- 4) 藤田和幸ほか: 関東地方の平地スギ林におけるスギカミキリ脱出孔の年次変動, 日林誌 70, (1988)
- 5) ——— ほか: スギ人工林におけるスギカミキリ成虫の移動, 日林誌 72, (1990)
- 6) 五十嵐正俊: スギノアカネトラカミキリの被害量の表し方と被害発生環境の解析, 日林論 99, (1988)
- 7) 山崎三郎・倉永善太郎: ヒノキカワモグリガの生態と防除, わかりやすい林業解説シリーズ91, (1987)
- 8) 野淵 輝: スギ・ヒノキ穿孔性害虫による被害と防除, 研究ジャーナル 8, (1985)
- 9) 山崎三郎ほか: スギ・ヒノキ穿孔性害虫によるスギ品種別被害実態, 日林論 96, (1985)
- 10) 大谷英児ほか: スギノアカネトラカミキリの訪花樹種の反射スペクトル分析, 日林論 98, (1987)
- 11) 榎原 寛ほか: スギノアカネトラカミキリの生態 (V) - 成虫の脱出時期, 訪花する花の環境条件, 訪花滞在時間, 天敵一, 日林論 96, (1985)
- 12) 後藤忠男ほか: シイタケオオヒロズコガの羽化, 配偶行動および産卵, 日林誌 10, (1988)
- 13) 大谷英児・池田俊弥: 干しシイタケによるセモンホソオオキノコムシの大量継代飼育法, 応動昆虫誌 34, (1914)
- 14) 平川浩文: 飼育下のノウサギの摂食活動, 野兎研究会誌 16, (1989)
- 15) 堀野真一: ノウサギの食害を受けたスギ, 森林防疫 37, (1988)
- 16) 三浦慎悟: 二つのニホンジカ地域個体群の人工学的検討, 哺乳類科学 29, (1989)
- 17) 阿部 学: 鳥類用巣箱の哺乳類による評価, 哺乳類科学 29, (1989)

## 生物機能開発部門

この10年間に、当部門の研究推進体制は組織再編の前後で大きく異なった。前半部においては、主として造林部門の「森林の遺伝的管理技術の向上」と「林木の生理機能の解明」、保護部門の「きのこ類の生産技術の向上」、林産化学部門の「森林資源の化学的加工と利用」のうち微生物・酵素利用技術の開発と「森林植物成分の検索と利用」のうち環境形成物質の解明にかかわる分野を、それぞれの部門で研究推進してきた。ところが、1970年代から始まった生命科学のめざましい発達に伴って、林業分野においても、バイオテクノロジーなどの先端的な技術を導入することによって、森林植物やきのこなど微生物が持っている、これまで未利用であった生物機能を利用する技術を開発できる見通しが得られるようになった。こうしたことから、森林に存在する植物や微生物の生物機能について研究してきた前記の研究分野を統合、強化して、1988年に生物機能開発部門として新たに発足させた。

組織再編後においては、①森林植物の遺伝資源の保全や遺伝の仕組みについての研究、②林木の生理機構を分子レベルから解明し、遺伝子導入等により新しい形質が付与された林木育種素材の作出、増殖をする研究、③森林植物の持つ成分で他の動植物、微生物の生命活動に影響を与える環境形成物質の利用、木材の形成及び腐朽機構の解明と利用の研究、④きのこ類の生理生態、遺伝資源保全、遺伝育種に関する研究の四つの専門分野からなり、当所の中では比較的基礎研究を重視した部門となった。これらの分野において現在研究推進を図っている主な研究課題は、希少植物の遺伝資源保全、天然林集団の遺伝的変異と繁殖構造、DNA マーカーを利用した連鎖地図の作製、花芽や木部などの形態形成機構の解明と関与遺伝子の探索、針葉樹における遺伝子導入法の確立、主要樹種における不定胚形成や個体再生系の確立、環境形成物質の探索と利用、腐朽菌を利用した木材産業廃棄物分解、きのこ・腐朽菌のバイテク育種研究、きのこ病害の病理と防除などである。

### 遺伝育種分野

**量的形質の変異と遺伝：** ポリゾーンで支配される量的形質の遺伝率や遺伝的寄与の大きさを推定し、改良効果を予測する研究が精力的に進められている。模型的な精英樹選抜実験や2世代にわたる交配試験から遺伝率を推定し、実現された選抜効果とも比較して、精英樹選抜による育種効果の有効性を実証している<sup>1)</sup>。また、スギのつぎ木クローンを混植して個体間競争の現れ方を調べるとともに、遺伝率や遺伝獲得量などの推定にゆがみを与える個体間競争分散を取り除く方法が提案されている。スギの幹の完満性や枝張り、枝の太さなどは、胸高直径で修正したデータでみると、クローン固有の特性で、植栽密度の影響をあまり受けないことを確認した<sup>2)</sup>。同じ母樹群に由来する実生家系とさし木増殖クローンで、実現された遺伝率及び遺伝獲得量を検討し、実生個体で示される遺伝的素質が、さし木増殖でそのまま引き継がれない可能性があることを指摘している。

幹生産の効率のよいクローンの選抜の可能性が検討され、地上部全物質生産量のうち幹の生産量が占める割合(生産指数)は、親子相関が高く遺伝的寄与が大きい形質であることを認めている。森林バイオマスとして、シラカンバを超短伐期で栽培した結果、3成長期までの地上部生産力で産地・系統間に顕著な差異を認め、選抜の有効性が示唆された。スギ精英樹の次代検定林で雄花着生量の遺伝変動を調べ、雄花の少ないスギの育種がタネ繁殖でも可能であること、また、スギの分岐性がポリゾーン支配の形質で、その遺伝的寄与は極めて大きいとの結果を得ている。さらに、野外試験で得られる個体の量的形質のデータから、マクロな立地効果を除去してデータの解析精度を向上させる方法として、重回帰式の利用や反復区分の変更を提案するとともに<sup>3)</sup>、反復のない試験地から遺伝率を求める方法を考案し、その有用性を確認している<sup>4)</sup>。

**質的形質の遺伝解析：** 林木における遺伝子分析については、スギを中心に幼齢で識別可能な色素や形態異常など、主働遺伝子支配とみられる質的形質の遺伝子分析が引き続き進められている。スギのほうき状苗と短葉苗の形質は単一劣性遺伝子支配であること、中国産柳杉でも日本のミドリスギと同一の遺伝子が存在すること、スギの着花性が小数の主働遺伝子支配の可能性があると<sup>5)</sup>等を明らかにするとともに、スギの葉緑素変異や形態変異を支配する多くの遺伝子について、既知の遺伝子との異同を明らかにしている。アイソザイム遺伝子を含む遺伝情報量が豊富になり、アイソザイム遺伝子座と表現形質を支配する遺伝子座間の組換え価を効率的に算出する方法や、遺伝子分析の適合度検定に新しい統計量、情報量規準AICを適用する方法が提案されている<sup>6)</sup>。

**アイソザイムの遺伝及びDNA多型解析：** 林木個体の遺伝解析だけでなく、集団の遺伝解析にアイソザイムが標識遺伝子として広範に利用されている。クロマツでは、雌性配偶体を用いて30余のアイソザイム遺伝子座の主働遺伝子を明らかにするとともに、遺伝子座間の連鎖分析を行い、6群からなる連鎖地図を作製した<sup>7-8)</sup>。スギ及びヒノキのアイソザイムの遺伝<sup>9-10)</sup>、アイソザイム遺伝子と胚致死遺伝子の連鎖、フタバガキ科カブールでのアイソザイム多型の遺伝等が明らかにされている<sup>11)</sup>。

この10年間は、植物における分子遺伝学の研究が世界的にめざましい発展を遂げた時期であり、林木でも遺伝子の本体であるDNAを直接取り扱う研究が急速に進展している。スギの葉緑体DNAの物理地図が作製され、20の光合成関連遺伝子の位置が確定された<sup>12)</sup>。また、葉緑体DNAの多型バンドパターンを用いてオオシラビソの天然林集団を解析し、特定バンドの出現頻度が緯度及び経度によってクライン変異を示すことを明らかにした<sup>13)</sup>。一方、核DNAのRFLP(制限酵素断片長多型)解析研究の手法開発が進められるとともに、DNA増幅(PCR)装置を用いてDNA多型を見つけるRAPD法の利用が検討され、スギやヒノキのクローン識別では、アイソザイム手法に比べて識別能力が格段に向上することを明らかにしている。

スギの交配家系で、RFLPやRAPD法によるDNA多型マーカーを利用して連鎖地図の作製を行い、現在まで

に100個のマーカーで18の連鎖群からなる地図が報告されている。また、熱帯林の主要樹種であるフタバガキ科植物10属の属間の系統類縁関係を、葉緑体DNAにコードされている8遺伝子の塩基置換の程度から明らかにしている。

**集団の変異と遺伝構造：** 林木を集団としてとらえ集団内の遺伝変動量や集団間の遺伝的差異を明らかにする研究では、従来の形態形質を標識とするものほかに、アイソザイムを遺伝標識とする研究が進展し、森林遺伝資源の保全に関する基盤情報が格段に増加している。形態形質の比較では、コナラ属数種が混生している林分で個体間変異を調べ、中間タイプが多く出現すること、また、富士山の高標高に自生するサクラ類の集団でも、雑種とみられる変異の大きい個体群があることを報告している。植栽による実証試験では、ミズナラとミヤマナラの次代を苗畑で育成し、両分類群間の遺伝的差異を確かめている。さらに、カラマツ産地試験地の植栽30年後の成績が取りまとめられ、産地ごとの遺伝的特性が評価されている。

アイソザイムによる集団解析では、ヒノキの天然林及び人工林の遺伝的変異と集団間の遺伝的分化の程度を調べ、変異の大部分が集団内に保有されていること、全国に分布する人工林では林分間変異が認められないことを明らかにした<sup>14)</sup>。また、天然生林でブナとイヌブナ個体群の繁殖様式をアイソザイムで調べ、イヌブナの株を形成している各幹は同一クローンであり、ブナでは近親交配の可能性が示唆された<sup>15)</sup>。さらに、同じ林のアカシデ個体群では、任意交配集団と見なせることを示した<sup>16)</sup>。

伊豆半島から四国までの西日本のスギ天然林集団のアイソザイム分析では、変異の大部分が集団内に保持されており、集団間の遺伝的分化はないと考えられた<sup>17)</sup>。また、西日本のスギと比較して屋久島のスギの遺伝変異がむしろ大きいことを認めている<sup>18)</sup>。熱帯林樹種のアイソザイム分析では、林冠上層を構成する両性花のカプルー(フタバガキ科)の他殖率や<sup>19)</sup>、アガチス(ナンヨウスギ科)集団の遺伝変異と任意交配の実態が調査されている<sup>20)</sup>。

**遺伝資源の保全：** この時期には、かねて緊急性が主張されていた森林遺伝資源の保全事業が、農林水産省のゾーンバンク事業に歩調を合わせ、国有林でも本格的に着手されることとなり、遺伝資源保全に関する解説や動向の紹介、希少樹種の保全対策に関する論議などが行われている。また、スギの遺伝子情報、関連文献に関するデータベースが試作されている。さらに、農林水産に関わる膨大な植物遺伝資源について、植物学的記載、遺伝的特性と品種改良及び保存の現状等を集大成した全5巻の大冊が出版され、第4巻には、おおむね属単位で50余種類の林木の記載がある<sup>21)</sup>。

個別の樹種では、コウゾ品種100余株の収集と形態特性の調査、インドネシアのチョウジ遺伝資源の保全と育種戦略についての提案等が行われている。また、地域的に隔離され希少樹種となっているヒメコマツで集団間の人工交配を行い、近親交配による致死遺伝子の集積の可能性を推察している。

**抵抗性の遺伝要因：** スギの冠雪害抵抗性の要因解析が人工冠雪実験で試みられ、降雪の補足率が冠雪害抵抗性の重要な指標になりうること、樹冠頂角、枝葉乾重の垂直分布が冠雪抵抗性に影響する重要な要因であること等を明らかにしている<sup>22)</sup>。また、スギカミキリ抵抗性の間接検定法として利用されているスギ内樹皮の樹脂道の形成状況を調べるとともに<sup>23)</sup>、樹脂道形成能力の評価についてはさらに検討の必要があることを認めている<sup>24)</sup>。スギの耐凍性の遺伝的要因に関しては、秋から冬にかけての針葉リン脂質の脂肪酸組成における不飽和化の進行が、耐凍性獲得に役割を果たしているとの示唆を得ている。また、サイセンチュウ激害アカマツ高樹齢林分から抵抗性個体群を選抜し、母樹別実生家系を育成して対照の精英樹家系群と比較することで、選抜効果を予測している<sup>25)</sup>。

材質及び広葉樹の遺伝：アカマツの材質育種に関する研究では、岩手試験地における植栽15年目の家系と母樹のデータから、材質形質、成長形質等の遺伝率や遺伝相関を調べている<sup>26)</sup>。広葉樹育種の基礎情報を得るための調査では、ケヤキ人工林における生長量の林分変動量を調べるとともに、ケヤキつぎ木クローンで、成長や分岐性におけるクローン間差を認め、遺伝的要因の関与を明かにしている。

倍数性と花粉・種子：倍数性に関しては、ハンノキ属植物で長期にわたる細胞遺伝学的調査と人工交配の結果を集大成し、倍数性による種分化の経路を推定した<sup>27)</sup>。スギの倍数性では、精英樹家系に高い頻度で三倍体や四倍体苗が出現することを観察している<sup>28)</sup>。カシワとミスナラが混生する個体の中に、雑種性を示す減数分裂の異常個体があることを認めている。サクラ亜属の品種群については、これまでの形態特性の記載に加えて遺伝的側面からの検討がなされ、種及び品種の花粉の稔性や形態、倍数性や雑種性から類縁関係が考察されている。200種に近いサクラ品種の開花期を6年間にわたって調べ、開花速度に及ぼす温度の影響や品種ごとの開花特性を明らかにしている<sup>29)</sup>。

樹木花粉の最適発芽検定条件が調べられ、コウヨウザン及びハイマツでは他の多くの針葉樹花粉と類似していたが、ナギでは高温、カヤでは長い保温期間を要求する点で特異であった<sup>30)</sup>。種子関係では、サクラの種子の乾燥方法、まきつけ時期、冷湿処理、ジベレリン処理、温度処理、果肉の有無等と発芽との関連が詳細に調べられた<sup>31)</sup>。短期間に大量の種子生産を行う上で、スギのミニチュア採種園が多くの利点を持っていることを実証している<sup>32)</sup>。スギ林の雄花の着生状態とその林で実際に生産される雄花数との関係から翌春の花粉量を予測し得ることを示した。また、スギ林の雄花の生産量が、前年7月の日照時間、降水量と高い相関があることを認めている。

近親交配と種間雑種：クロマツの近親交配では、植栽15年までの生存率や成長量で、近交係数の程度に応じた明確な弱勢の発現を認めている<sup>33)</sup>。また、アカマツでは、自家受粉率の高低が、種子の充実率に顕著に反映することを確認している。さらに、自家受粉率と自殖種子率との関係を表す理論式を誘導し、人工交配の結果からアカマツの接合体致死遺伝子数は平均5～6と推定している<sup>34)</sup>。一方、スギの幼苗期における自殖弱勢を人工気象環境下で調べ、弱勢の発現時期や程度が形質や家系によって変動することを確認している。また、ヒノキとサワラの種間雑種の稔性と雑種の識別が取りまとめられている<sup>35)</sup>。

この間、林木の遺伝育種に関する最近の研究と事業の成果を折込んだ教科書「林木育種学」が公刊されている<sup>36)</sup>。(印刷、公表された150余りの研究成果に目を通したが、内容の記載と文献の引用がごく限られたものになったこととお断わりする。)

(山本 千秋)

## 文 献

- 1) 明石孝輝：スギの遺伝母数の推定に関する研究，林試研報，349，(1987)
- 2) ————ほか：スギの幹と枝の諸形質に対する植栽密度とクローンの影響，日林誌，69 (4)，(1987)
- 3) 植木忠二，明石孝輝ほか：乱塊法による植栽試験地の反復区の再区分によるマクロな立地効果の除去，日林誌，73 (1)，(1991)
- 4) 明石孝輝ほか：反復のない系統別列状植栽のデータから遺伝率を求める方法，日林誌，75 (1)，(1993)
- 5) 鶴見和恒，村井正文ほか：スギの3世代材料を用いたジベレリンによる着花性の遺伝，日林誌，69 (2)，(1987)
- 6) 河崎久男ほか：情報量規準 AIC を用いたヨレスギ自殖家系における遺伝子分析の適合度検定，日林誌，67 (5)，(1985)

- 7) SHIRAIISHI, S.: Inheritance of isozyme variation in Japanese black pine, *Pinus thunbergii* Parl. *Silv. Genet.*, 37, (1988)
- 8) ———: Linkage relationships among allozyme loci in Japanese black pine, *Pinus thunbergii* Parl. *Silv. Genet.*, 37, (1988)
- 9) 奥泉久人, 白石 進ほか: スギのアスパラギン酸アミノ転移酵素アイソザイムの遺伝, *日林誌*, 72(1), (1990)
- 10) 白石 進ほか: ヒノキ針葉および花粉のアスパラギン酸アミノ転移酵素アイソザイムの遺伝, *日林誌*, 68(12), (1986)
- 11) KITAMURA, K. et al: Isozyme variations and inheritance of six putative loci on *Dryobalanops aromatica* Gaertn. f. (Dipterocarpaceae). *森林総研研報*, 366, (1994)
- 12) TSUMURA, Y. et al: Physical map of chloroplast DNA in sugi, *Cryptomeria japonica*. *Theor Appl Gen et*, 86, (1993)
- 13) ———et al: Geographical cline of chloroplast DNA variation in *Abies mariesii*. *Theor Appl Genet*, 89, (1994)
- 14) SHIRAIISHI, S. et al: Genetic variation and differentiation recognized at two allozyme loci in hinoki (*Chamaecyparis obtusa*). *J. Jpn. For. Soc.*, 69 (3), (1987)
- 15) 北村系子ほか: アイソザイムによるブナ・イヌブナ個体群の繁殖様式の検討, *日生態会誌*, 42, (1992)
- 16) KITANMURA, K. et al: Hardy-Weinberg Equilibrium with allozyme loci among natural population of *Carpinus lasiflora* in Ogawa Forest Reserve, central Japan. *J. Jpn. For. Soc.*, 74 (4), (1992)
- 17) TSUMURA, Y. et al: Allozyme variation of five natural populations of *Cryptomeria japonica* in western Japan. *Jpn. J. Genet.*, 67, (1992)
- 18) ———et al: Genetic structure of geographical marginal populations of *Cryptomeria japonica*. *Can. J. For. Res.*, 23, (1993)
- 19) KITAMURA, K. et al: Estimation of the outcrossing rate on *Dryobalanops aromatica* Gaertn. f. in primary and secondary forests in Brunei, Borneo, Southeast Asia. *Plant Species Biol.*, 9, (1994)
- 20) ———et al: Genecological study on *Agathis borneensis* Warb. in Brunei Darussalam using isozyme electrophoresis. *森林総研研報*, 366, (1994)
- 21) 松尾孝樹監修: 植物遺伝資源集成 (全5巻), 4, 講談社, 東京, p.1323~1792(1989)
- 22) 中島 清ほか: スギ冠雪害抵抗性の要因解析—人工冠雪装置による実験, *森林総研研報*, 356, (1989)
- 23) 金指達郎ほか: スギ内樹皮における人為的な傷害樹脂道形成の確認に要する期間と形成年輪, *日林誌*, 70(12), (1988)
- 24) ———ほか: スギ内樹皮における樹脂道の分布と人為的傷害処理による樹脂道の形成, *日林誌*, 69 (1), (1987)
- 25) 明石孝輝ほか: マツ材線虫病抵抗性個体選抜における選抜効果と選抜効果予測の手法, *日林誌*, 73(1), (1991)
- 26) 材質育種研究班: 材質育種に関する研究 (Ⅲ) 岩手試験地のアカマツ家系, *林試研報*, 355, (1989)
- 27) 染郷正孝: ハンノキ植物の細胞遺伝—樹木進化の一断面, *林木育種協会*, 東京, pp.132 (1985)
- 28) 菊池秀夫ほか: スギ精英樹の自殖家系に出現した倍数体苗, *日林誌*, 67 (4), (1985)
- 29) 石井幸夫: 多摩森林科学園サクラ保存林の開花期, *森林総研研報*, 357, (1990)
- 30) 斉藤幹夫ほか: ナギとカヤの花粉発芽, *日林誌*, 68 (4), (1986)
- 31) 石井幸夫: ヤマザクラ種子の乾燥方法の違いが発芽におよぼす影響, *日林誌*, 68 (12), (1986)
- 32) 伊藤信治, 勝田 証: スギのミニチュア採種園における種子の生産性, *日林誌*, 68 (7), (1986)
- 33) 斉藤幹夫ほか: クロマツの近親交配に関する研究—15年間の生存率, 樹高及び直径における近交弱勢, *林試研報*, 339, (1986)
- 34) KANAZASHI, A. et al: The relationship between the proportion of self-pollination and that of selfed filled seeds in consideration of polyembryony and zygotic lethals in *Pinus densiflora*. *J. Jpn. For. Soc.*, 72 (4), (1990)
- 35) 福原裕勝: ヒノキとサワラの種間雑種の稔性と雑種の識別, *林試研報*, 354, (1989)
- 36) 大庭喜八郎, 勝田 証編: 林木育種学, 文永堂出版, 東京, pp.337 (1991)

## 生物学分野

ここ10年間の林木生理・生物学関連分野における最も大きな変化は、森林総合研究所の発足に伴う生物学部門の開設である。ライフサイエンスにおける遺伝子操作技術等の急速な発展が、林木においても新たな研究分野を切り開く原動力となり、新しい研究方向を推進するために、4研究室からなる生物工学科が新たに開設され、DNA組み換え実験等のための生物学棟と関連する大型の分析機器等が設置された。この科は林木の生理機能を生体物質のレベルから解明し、種々の機能に関与する遺伝子を単離、構造決定し、その発現機構を明らかにすることを主な目的とした研究室（生理機能研、遺伝子発現研）と組織培養技術を利用した大量増殖や遺伝子組み換え林木の作出等を目的とした研究室（細胞操作研、組織培養研）からなる。組織再編前の林木生理関連分野及び再編後の4研究室における主な研究成果は次のとおりである。なお、文献は代表的なものだけを引用した。

### 1. 生理機能

林木の成長を支配する種々な要因のなかで窒素代謝は特に重要であるが、樹皮において蛋白質が合成、分解される現象は、他の農作物等ではあまり見られない林木に特有なものである。この樹皮で活発に代謝される蛋白質にレクチンがある。レクチンは糖鎖を特異的に認識し、これと可逆的に結合する能力を備えた蛋白質の総称であるが、ニワトコの樹皮に蓄積するレクチンは特にユニークな糖鎖に対する結合能を持つことが示された<sup>1)</sup>。次に、マメ科樹木であるニセアカシアの樹皮に蓄積するレクチンのcDNAがクローニングされ、塩基配列が決定された<sup>2)</sup>。塩基配列から推定されるレクチンの分子量は31,210Daで286個のアミノ酸からなり、31アミノ酸からなるシグナルペプチドを持つことが示された。このレクチン及びそれをコードするmRNAは初秋から翌年の春中ごろまで樹皮に蓄積し、6、7月にはほとんど検出不可能なレベルにまで低下していた。

熱帯・亜熱帯に生育するアカシアの成長に関する特性が環境調節施設を使って調べられた。その結果、熱帯と亜熱帯に属する樹種では成長特性に違いのあることが明らかになった。また、マングロープ類の生育条件、特に最適塩濃度などが明らかにされた。さらに、アカシア類の高塩濃度環境に対する反応を調べたところ、樹種により塩に対する耐性に大きな違いのあることが明らかになった。塩処理によりアミノ酸であるプロリンの含量が顕著に増加することも示された。

### 2. 遺伝子の構造・発現制御

クロマツの芽生えは暗所で発芽させても黄化することなく、クロロフィルを持ち、未成熟ながら葉緑体が発達する。これは、被子植物では光により発現が誘導される光合成関連遺伝子群がクロマツでは光の誘導なしに発現しているためであると考えられている。この推定を証明するために、クロマツの光合成に関連した遺伝子のcDNA及び核遺伝子をクローニングし、蛋白質及び核酸のレベルで発現を確認した<sup>3)</sup>。クローニングで得られた遺伝子はリブソーム二リン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼの大小サブユニット遺伝子 (*rbcL*, *rbcS*) 及び集光性クロロフィル蛋白質遺伝子 (*cab*) である。クロマツ *rbcL* は被子植物のものと同塩基配列で85%以上、アミノ酸配列で90%以上相同であった。プロモーター部分には光の誘導を受ける葉緑体遺伝子に共通な配列が見られた。次に、タバコの形質転換体を利用して *rbcS* 及び *cab* のプロモーター領域の特性を調べた。クロマツの *rbcS* 及び *cab* のプロモーターは光の存在に関係なくレポーター遺伝子を発現させ、さらに *cab* のプロモーターは葉肉細胞に特異的な発現を支配した。クロマツの暗所芽生えから調製した光化学系II複合体は酸素発生能を備えていないが、活性中心を構成する蛋白質や集光性クロロフィル蛋白質等を持っている。しかし、酸素発生に関係する23kDと17kDの2種類の蛋白質を欠いていた<sup>4)</sup>。

核DNAを特定の制限酵素で切断して得られるDNA断片が多型 (RFLP) を示し、この多型が遺伝的に支配さ

れていることを利用して、遺伝的な連鎖地図をつくることが可能である。日本の代表的造林樹種であるスギについてRFLPを基にした連鎖地図の作成を試みた。これに先立ち、多型を示すDNA断片を核DNAから38個及びcDNAから335個クローニングした。これらを基に、すでに知られているアインザイムマーカ等の情報を加えて、18個の連鎖地図を作成することが出来た。また、ヒトの生殖原基から精巢の発達に関する遺伝子(SRY)と相同性を示す3種類のDNA断片がヤナギの核DNAからクローニングされ、これらのうち、1クローンは雄花や雄ずいで特異的に発現していた。

### 3. 細胞操作

ポプラの品種であるギンドロとヤマナラシのフラスコ内幼植物の葉からプロトプラストをセルラーゼ及びペクチナーゼの処理により遊離させた。得られたプロトプラストをムランゲ・スクーグの基本培地から硝酸アンモニウムを除き、0.6M マンニトール、3% 蔗糖、 $1 \mu\text{M}$  2,4-ジクロロフェノキシ酢酸、 $0.1 \mu\text{M}$  ベンジリアデニンを加えた液体培地で培養することでコロニーを形成させた。この培養時の細胞密度はヤマナラシで $2 \times 10^4/\text{ml}$ 、ギンドロで $5-7 \times 10^4/\text{ml}$ が適していた。次に、コロニーを前記の培地からマンニトールを除いた液体または寒天培地に移植し、カルスを増殖させた。さらに、カルスからシュート及び根を誘導し個体にまで再生することができた。このほか、シラカンバ、ヤシャブシ、コナラ<sup>5)</sup>等で葉または培養細胞からのプロトプラストの単離、培養系の確立を行った。培養系の誘導が困難な針葉樹(ヒノキ、トウヒ)やマングローブ構成樹種(ミズガンビ、ヒルギダマシ)についてもプロトプラストの単離と増殖系の誘導を行った。ポプラプロトプラストの各培養段階における各種内生ホルモンの定量法について検討し、さらに、プロトプラストでの細胞融合、マイクロインジェクションによる遺伝子の導入を試みた。

### 4. 組織培養

ヒノキとクロマツの組織培養を利用した大量増殖技術の開発について検討した。ヒノキの芽生えをベンジリアデニン(BA)やナフタレン酢酸(NAA)とともに培養すると、13か月で平均150本のシュートを得ることが、さらに得られたシュートは70%の発根率で個体に再生することができた。再生個体は鉢出し後、外部環境に順化させ、苗木として一年以上の生存が可能であった<sup>6)</sup>。ヒノキ成木からの組織培養による大量増殖では外植体に当年生葉条の先端部を用いることで多くのシュートが得られた。クロマツの成熟胚を継代培養することで、一つの胚から9~13本のシュート及び再生個体を得た。クロマツ6~7年生木の心止め誘導葉東芽の外植体からも培養によりシュートを得た。南米の重要樹種であるセドロの茎頂培養で発根個体を得ることができた。シラカンバの葉柄を培養することで大量増殖が可能になったが、これを利用して、腋芽の人工種子的取り扱いを目指した技術開発に着手した。高濃度の蔗糖を含むアルギン酸カプセルに包埋した腋芽が発芽し、苗として使用可能な大きさまで成長させることができた<sup>7)</sup>。

### 5. 林木生理

マツノザイセンチュウ病の発病機構、特に感染初期のマツ樹の発病生理を詳しく調べた結果、従来の光合成や蒸散に異常が起こる以前に樹液通道組織の障害やエチレンの大量発生が認められた<sup>8-9)</sup>。一方、ザイセンチュウは体外にセルラーゼを排出し、これが木部柔細胞に障害を与え、樹液通道組織を破壊することが本病初期症状発現の原因となりうることを提案した。このことは市販のセルラーゼの投与により、樹液流動障害やエチレン生成がおこることでも裏づけられた<sup>9-10)</sup>。人工気象室を利用して光や温度など環境要因にたいする樹木の成長分化反応がより詳しく研究された。特に、スギの花芽形成は長日・高温条件で雄花が、また短日・低温(20℃程度)条件で雌花が分化すること、ヒノキは長日(15時間以上)・高温条件で花芽が分化することを明らかにした<sup>11)</sup>。

さらに、花芽分化前にGA代謝阻害剤として知られているウニコナゾールを投与すると花芽の形成が抑えられることが示された。そのほか、カンバ、ブナなどの種子産地と光周性反応の違い、温度・光に対する熱帯樹の成長反応、光質条件と光合成反応などが幅広く明らかにされた。

(田崎 清)

## 文 献

- 1) TAZAKI, K. and SHIBUYA, N.: Purification and partial characterization of a lectin from the bark of Japanese elderberry (*Sambucus sieboldiana*), *Plant & Cell Physiol.*, 30, 899-903 (1989)
- 2) YOSHIDA, K., BABA, K., YAMAMOTO, N. and TAZAKI, K.: Cloning of a lectin cDNA and seasonal change in levels of the lectin and its mRNA in the inner bark of *Robinia pseudoacacia*, *Plant Mol. Biol.*, 25, 845-853 (1994)
- 3) YAMAMOTO, N., MUKAI, Y., MATSUOKA, M., K-MURAKAMI, Y., TANAKA, Y., OHASHI, Y., OZEKI, Y. and ODANI, K.: Light-independent expression of *cab* and *rbcS* genes in dark-grown pine seedlings, *Plant Physiol.*, 95, 379-383 (1991)
- 4) SHINOHARA, K., MURAKAMI, A. and FUJITA, Y.: Biochemical characterization of thylakoid membranes in chloroplasts of dark-grown pine cotyledons, *Plant Physiol.*, 98, 39-43 (1992)
- 5) SASAMOTO, H. and HOSOI, Y.: Callus proliferation from the protoplasts of embryogenic cells of *Quercus serrata*, *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 29, 241-245 (1992)
- 6) ISHII, K.: In vitro plantlet formation from adventitious buds on juvenile seedlings of Hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*), *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 7, 247-255 (1986)
- 7) KINOSHITA, I. and SAITO, A.: Propagation of Japanese white birch by encapsulated axillary buds. I. Regeneration of plantlets under aseptic conditions, *J. Jpn. For. Soc.*, 72, 166-170 (1990)
- 8) SASAKI, S., ODANI, K., NISHIYAMA, Y. and HAYASHI, Y.: Development and recovery of pine wilt disease studied by tracing ascending sap flow marked with water soluble stains, *J. Jpn. For. Soc.*, 66, 141-148 (1984)
- 9) 森 徳典, 井上敏雄: マツノザイセンチュウによるマツ樹幹のエチレン生成とその誘導因子としてのセララーゼ, *日林誌*, 68, 43-50 (1986)
- 10) ODANI, K., SASAKI, S., NISHIYAMA, Y. and YAMAMOTO, N.: Early symptom development of the pine wilt disease by hydrolytic enzymes produced by the pine wood nematodes.—Cellulase as a possible candidate of the pathogen, *J. Jpn. For. Soc.*, 67, 366-372 (1985)
- 11) NAGAO, A., SASAKI, S. and PHARIS, P. P.: *Chamaecyparis*, *CRC Handbook of flowering*, 6, 170-188 (1989), *Cryptomeria japonica*, *ibid*, 6, 247-269 (1989)

### 森林化学分野

#### 1. 環境形成物質

成分的に未知な樹種の枝葉の抽出成分特性の解明を目的として、国内に生育する針葉樹、ヒノキ科、マツ科、コウヤマキ科、イチイ科、スギ科の13属29樹種の葉油の構成成分を同定し、量的に検討するとともに、ケモタキソノミー上から考察を加えた<sup>1-2)</sup>。

種間交雑木を含むヒノキ、サワラ、ローソンヒノキ36種の針葉の親樹と雑種の間での精油、抽出物の成分的特性を解明し、形態的に識別不可能な雑種を化学的に識別する手法を見出した。

殺ダニ、防カビ、快速性増進作用等の多機能性を持つ樹木精油の新しい用途開発を目的として、精油をプリント合板などの建材や、合成鞘芯型短繊維の芯部に含ませ、その徐放特性を検討し<sup>3)</sup>、いずれの場合も良好な徐放

性を持ち、実用可能であることを明らかにした。

小笠原地方で固有植生を駆逐して繁殖し、アレロパシーの疑いの持たれているアカギ葉からステロール、トリテルペン類を単離し、そのうちフリーデリンに強いアレロパシーを見出した<sup>4)</sup>。4種類の検定植物を用いてフェノール類等のアレロパシー活性を検討し、その活性がブラインシュリンブ幼生致死活性と相関性があることを見出し、ブラインシュリンブ幼生を用いた生物検定法がアレロパシー物質の検定に有効であることを見出した<sup>5)</sup>。

アオモリトドマツ樹皮から新規トリテルペン、ネオアピエスラクトン<sup>6)</sup>、シロダモ心材から新規化合物セリセオール<sup>7)</sup>及び(24S)-24-エチルコレステ-4エン-1 $\beta$ -オール-3-オン<sup>8)</sup>を単離、構造を決定した。超臨界流体抽出によりアオモリトドマツ、トドマツ、ベイスギ等から抗菌性物質、植物成長制御物質等の有用成分を効率的に抽出する方法を開発した<sup>9-11)</sup>。

ヒノキ科サワラ葉に含まれる樹脂酸ピシフェリン酸、及びその類縁体に強い抗酸化作用、殺ダニ作用、抗菌作用を見出した<sup>12)</sup>。特にピシフェリン酸メチルは強い抗酸化活性を持つ合成品BHTよりも強い活性を示した。家ダニの一種ヤケヒョウヒダニに対するピシフェリン酸の殺ダニ活性は、化合物の酸化の度合いが進むほど高くなる傾向を示し、また、フェノール性水酸基は活性にそれほど影響を与えないが、カルボキシル基は活性に大きく寄与していることが明らかとなった。

樹木精油、及びその精油成分のヤケヒョウヒダニ等家ダニに対する行動制御作用、殺ダニ作用が調べられ、ユーカリ属、クロベ属、ヤクスギ精油、ピペリトン、シトロネラール等に強い活性が認められた<sup>13-14)</sup>。

ラット肝臓ミクロソーム分画を用い、テルペン類を肝薬物代謝酵素が代謝する時の酵素消費速度を検討した結果、ダニに対する効果とほぼ比例関係が見られることから、ダニを含めた一般的な簡易生物検定法として本方法が利用可能であることを明らかにした<sup>15)</sup>。

## 2. 木本植物細胞の伸長・分化機構

木本植物の中でも成長速度が早く、成熟時の木化度の高いタケノコを試料とし、フェノール酸を定量し、伸長成長している上部からはフェノール酸を検出しなかったが、下部になるに従って、フェノール酸量が多くなること、成熟度が進み、硬くなった下部でフェルラ酸重合体であるジフェルラ酸が存在することを見出した。また、若いタケノコの細胞壁を多糖類分解酵素で処理し、非セルロース系多糖類にフェルラ酸、またはP-フマル酸がエステル結合した数種の化合物を単離<sup>16-19)</sup>することによって、細胞壁多糖類に結合したフェノール酸同士が *in vivo* で重合するという仮説を実証し、一次壁の伸長停止に直接関与するフェノール酸-オリゴ糖複合体の存在を明らかにした。

スギ形成層細胞壁中のペクチン系多糖類の構造を明らかにした<sup>20)</sup>。

細胞壁の異常分裂によって生じるクラウンゴールの構成成分の分析・組織学的観察を行い、正常細胞との差異を明らかにした。

## 3. 木材ヘミセルロース類の生物活性

樹葉36種のうち、12種類の粗糖類がマウスに移植した Ehrlich 腫瘍細胞の増殖を70%以上抑制し、高活性多糖類としてはアラビノガラクトランを主成分とするものが多かった。ネズミモチの樹葉多糖類は、宿主の免疫増強作用によって抗腫瘍活性を発現していることが分かった。

20%以上の抗補体活性を示したクスノキの粗糖類を分画精製し、抗補体活性は、酸性画分より中性糖画分の方が、また、分子量の大きい画分ほど高いことが明らかとなった<sup>21,22)</sup>。

#### 4. 微生物による樹木成分分解機構

白色腐朽菌 *Phanerochaete chrysosporium* のリグニン芳香環開裂酵素を初めて抽出・精製した。この酵素はカテコールやプロトカテキユ酸に対する酸化活性は示さずヒドロキシキノールに活性を示し、芳香環開裂にかかわっていることが分かった。この酵素は分子量40000と52000Daltonの異なる大きさのサブユニットから成り、活性中心に2価鉄が関与していること、酵素反応の最適pH値は6.0~6.5であること等を明らかにした<sup>23-24)</sup>。

木材腐朽菌の樹種選択性を検討し、サクラ属にはカワウソタケ、エゴノキにはエゴノキタケ、シラカンバにはカンバタケやカバノアナタケ等の選択性が高いことを見出した。カワウソタケの胞子発芽促進作用を持つサクラ材、樹皮の熱水抽出物に含まれるフラボノイドとその配糖体に発芽促進、菌糸の成長促進作用があること、この熱水抽出物には菌寄生菌の分生胞子発芽抑制効果があることを明らかにした。発芽適温40℃、最適成長温度35℃の高温菌であるカワウソタケは夏期にキノコを作るが、胞子がサクラに付着後、高温下とサクラ成分の相乗効果で発芽し、抽出物のカワウソタケ以外の菌に対する抗菌効果により他の菌に優先して繁殖することが分かった<sup>25)</sup>。

#### 5. 保健休養機能の解明

森林内のテルペン濃度は、午前中、中腹部で最も高く、頂上に向かうにつれ低くなる傾向を示した。テルペン濃度は年間を通じ変化し、夏季に高く、冬季に低かった。夏季、スギ、ヒノキ等針葉樹林でのテルペン濃度は数十~数百ppbで高い場合でも1ppm前後であった。林内のテルペン濃度は気温の上昇とともに拡散され、また、風速1m/s以下の風でも大きな影響を受けることが分かった。

ヒノキ、トドマツ等の葉油においては、林内濃度に近い場合には実験動物として用いたマウスの運動量を増加させ、快適性を増大させるが、極度に高い濃度のもとでは、逆にストレスを引き起こす可能性があることがわかった<sup>26)</sup>。

樹木が大気中に放出するテルペン量は、照度が高く、気温が高い場合に大きかった。葉と葉を接触させて刺激すると自然に放置した場合の4倍ほどに放出量が増大し、接触刺激が、テルペン放出を促進させる効果が大いことが分かった。

各種精油のヒトの心理面に及ぼす影響が調べられ、オレンジ油はさわやか感、タイワンヒノキ材油は自然感があることなどが明らかとなり、木材の匂いは自然感と強い相関があることが明らかとなった。精油あるいは精油成分のヒトの生理面に及ぼす影響も調べ、オレンジのにおいては瞳孔の縮瞳加速度的減少、血圧の低下をもたらす、ストレスの無い安らいだ状態を創出することや、タイワンヒノキ材のにおいては血圧の低下、作業能率の増大をもたらすこと、睡眠時におけるラベンダーの吸入は、指先の皮膚温を上昇させ、安らいだ気分をもたらすこと等を実証し、香り物質の吸入による気分の変化を生理学的に捉えることが可能であること、においによる心理反応と生理反応が互いに連動していることを明らかにした<sup>27-28)</sup>。

ヒノキ精油をラット腹腔内に投与すると、肝臓のシトクロムp-450含量が増大し、強い解毒作用を持つといわれているシトクロムp-450分子種2B1, 2B2が増大することを明らかにした<sup>29)</sup>。

#### 6. 木材炭化

U字型波型鋼板二個を上下に組み合わせたO字型簡易炭化炉<sup>30)</sup>、及び炭化炉本体の壁を二重構造とし、壁間に保温材を内蔵させ、かつ移動可能なように車輪を付けた移動式簡易炭化炉<sup>31)</sup>を試作した。いずれも短時間に容易に炭化可能で、林地残炭材、工場廃材、農産廃棄物等多様な炭材に使用可能である。

各種炭材から得られる木酢液・木タールの物性、及びその構成成分を明らかにした。木酢液が植物の発芽・成

長に及ぼす影響を検討し、成長を促進する木酢液の種類、濃度、成分を明らかにした<sup>32)</sup>。

物性の異なる数種の木炭を畑、水中、悪臭源に近い土壌に埋設し、木炭に増殖可能な微生物の種類、木炭の物性と微生物増殖との関連性を明らかにした<sup>33)</sup>。

少量の栄養源を添加した木炭に数種の担子菌、酵母を接種し、木炭内外表面での微生物の生育状態を調べたところ、木炭表面での生育は良好だが、木炭内部への菌子の侵入はほとんど認められなかった。木炭を担体とする回転円盤型バイオリアクターを作成し、微生物吸着能を調べた。また、木炭リアクターに活性汚泥を吸着させ、生活排水の浄化能を測定し、木炭担体がリアクターとして良好な働きをすることを明らかにした。

(谷田貝光克)

## 文 献

- 1) YATAGAI, M., SATO, T. and TAKAHASHI, T.: Terpenes of Leaf Oils from *Cupressaceae*, *Biochem. Sys. Ecol.*, **13** (4), 377-385 (1985)
- 2) ——— and ———: Terpenes of Leaf Oils from Conifers, *ibid.*, **14** (5), 469-478 (1986)
- 3) 谷田貝光克, 折居一憲, 嶋田幸二郎: ヒノキ林が放出する精油成分とその繊維への利用, 41回木材学会講要, p.185 (1991)
- 4) OHIRA, T. and YATAGAI, M.: Extractives from the Wood and Leaves of *Bischofia javanica Blume*, *Mokuzai Gakkaishi*, **38** (2), 204-208 (1992)
- 5) ——— and ———: Allelopathic Compounds Produced by Forest Plants II, *ibid.*, **40** (5), 541-548 (1994)
- 6) ——— and ———: Extractives of *Abies mariesii*, *ibid.*, **38** (2), 180-185 (1992)
- 7) SHARMA, M. C., OHIRA, T. and YATAGAI, M.: Sericeol, a cycloartane triterpene from *Neolitsea sericea*, *Phytochemistry*, **33** (3), 721-722 (1993)
- 8) ———, ——— and ———: Extractives of *Neolitsea sericea* A new hydroxy steroidal ketone, and other compounds from the heartwood of *Neolitsea sericea*, *Mokuzai Gakkaishi*, **39** (8), 939-943 (1993)
- 9) OHIRA, T. and YATAGAI, M.: Extractives of *Abies mariesii* II, *ibid.*, **39** (2), 237-242 (1993)
- 10) TERAUCHI, F., OHIRA, T., YATAGAI, M., OGUMA, T., AOKI, H. and SUZUKI, T.: Extraction of Volatile Compounds from Coniferous Woods Supercritical Carbon Dioxide, *ibid.*, **39** (2), 1421-1430 (1993)
- 11) OHIRA, T. and YATAGAI, M.: Extractives from the Bark of *Abies sachalinensis*, *ibid.*, **40** (7), 751-757 (1994)
- 12) YATAGAI, M. and NAKATANI, N.: Biological Activities of Pisiferic Acid and Its Congeners, *ibid.*, **40** (12), 1355-1362 (1994)
- 13) 宮崎良文, 谷田貝光克: 家の中のダニと木材, *木材工業*, **45** (3), 113-118 (1990)
- 14) 谷田貝光克, 宮崎良文, 森田慎一: ヤクスギ土埋木材の抽出成分とその殺ダニ・植物成長制御活性, *木材誌*, **37** (4), 345-351 (1991)
- 15) 宮崎良文, 谷田貝光克: 木材微量成分と肝薬物代謝, 39回木材学会講要, p.345 (1989)
- 16) Ishii, T., HIROI, T. and THOMAS, J.: Feruloylated xyloglucan and p-coumaroyl arabinoxylan oligosaccharides from bamboo shoot cell-walls, *Phytochemistry*, **29**, 1999-2003 (1990)
- 17) ——— and ———: Isolation and Characterization of a diferuloyl arabinoxylan hexasaccharide from bamboo shoot cell-walls, *Carbohydr. Res.*, **206**, 175-183, 297-310 (1990)
- 18) ———: Acetylation at O-2 of arabinofuranose residues in feruloylated arabinoxylan from bamboo shoot cell-walls, *Phytochemistry*, **30**, 2317-2320 (1991)
- 19) ———: Isolation and Characterization of a diferuloyl arabinoxylan hexasaccharide from bamboo shoot cell-

- walls, Carbohydr. Res., **219**, 15-22 (1991)
- 20) EDASHIGE, Y. ISHII, T. and KAKEGAWA, K.: Cell Wall polysaccharides in cambial tissues of conifer *Cryptomeria japonica*, Plant Physiol. supp., **102** (1), p.91 (1993)
- 21) 土師美恵子, 稲垣祥子: 林産物多糖類の抗補体活性, 38回木材学会講要, p.255 (1988)
- 22) ———, 谷田貝光克, 竹下隆裕: 樹葉多糖類の生物活性, 36回木材学会講要, p.208 (1986)
- 23) 西田篤実, 中村雅哉, 中川麻理子: *Phanerochaete chrysosporium* の芳香環開裂酵素について, リグニン討論会講要, **37**, p.13 (1992)
- 24) 中村雅哉, 西田篤実, 中川麻理子: 同上(II), 同上, **38**, p.68 (1993)
- 25) 西田篤実, 阿部恭久, 中川麻理子, 中村雅哉, 広居忠量: 木材腐朽菌の樹種選択性(2), 42回木材学会講要, p.506 (1992)
- 26) 谷田貝光克, 土師美恵子: 精油のマウスの運動量に及ぼす影響とその揮散度について, 木材誌, **31** (5), 409-417 (1985)
- 27) 宮崎良文, 竹内佐輝子, 谷田貝光克, 小林茂雄: 精油の気分に及ぼす効果, 味と匂のシンポジウム論文集, **24**, 35-38 (1990)
- 28) ———: 森林浴と健康増進, 山林, 1284, 18-29 (1992)
- 29) ———: 植物香り成分の生体影響, 人間と環境, **15** (2), 33-42 (1989)
- 30) 雲林院源治, 杉浦銀治, 谷田貝光克: 組立式U字型炭化炉の試作と製炭, 木材誌, **33** (1), 71-76 (1987)
- 31) ———, 谷田貝光克: 可搬式炭化炉の試作と製炭, 同上, **35** (6), 549-554 (1989)
- 32) YATAGAI, M. and UNRININ, G.: By-Products of Wood Carbonization I - VI, *ibid.*, **32** (6), 467-471 (1986); **32** (8), 626-631 (1986); **33** (6), 521-529 (1987); **34** (2), 184-188 (1988); **35** (6), 564-571 (1989); **35** (11), 1021-1028 (1989)
- 33) 大平辰朗, 谷田貝光克, 広居忠量: 木炭の土壤中における微生物担体としての機能, 防菌防黴誌, **20** (10), 511-517 (1992)

## きのこ分野

この十年は激動期で, 円高と中国の安いきのこの大量輸入, 原木から菌床栽培への転換, 後継者難と高齢化の問題等できのこ産業は大きく変革した。この中で森林総合研究所は各分野で産業の基盤となる研究を進めた。

### 1. 分類・生態

分類は形態研究が中心だが, DNA の検討も始まった。落葉分解菌や木材腐朽菌を検討し, *Xeromphalina granulosa* Neda 等の4新種, ネットイカワキタケ等8日本新産種を発見・命名した<sup>1-2)</sup>。新種 *Pulveroboletus pseudo-*

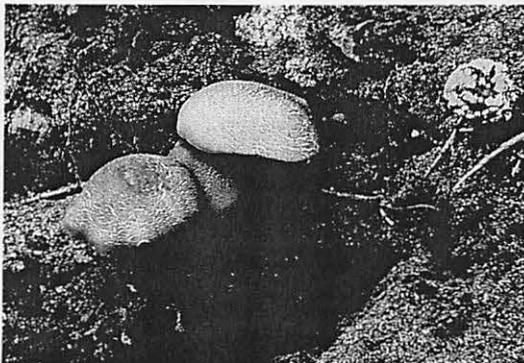


写真1 新種ザイモクイグチ

*lignicolus* Neda (ザイモクイグチ, 写真1) では栽培基礎技術を開発した。日本のきのこの学名再検討のため米国ハーバード大学標本館で幕末期の標本を検討し, ハツタケの学名を正すなど多くの知見を得た。小笠原諸島のきのこを始めて系統的に調査し, 熱帯系のきのこが中心なことを解明し, 4日本新産種を発見した。ニュージーランドの *Nothofagus* 属林のきのこを検討し, 日本と違いも大きいガナメコの近縁種等日本のブナ林のきのこに近い種があることを見出した<sup>3)</sup>。

リボソームDNAの塩基配列に基づく系統分類の検討

や各種のフェノールオキシダーゼ活性等生理的特性の検討を始め、タマシヨレイタケとケガワタケ属が極めて近縁なこと等、画期的知見を得た<sup>4)</sup>。

生態研究では地域バイオテクノロジー研究を中心に検討した。ホンシメジ (*Lyophyllum shimeji* (Kawam.) Hongo) とその近縁種について70系統を収集しそのアイソザイム、及びDNAの塩基配列による系統の分類を検討した<sup>5)</sup>。つくば市内のアカマツ林に林地施業を行い、きのこ発生の推移を検討した。

## 2. 栽培・生理

今後の山村振興に重要な新しい腐生性きのこの栽培技術の検討を進めた。新種ザイモクイグチに関して生理的性質、栽培方法を検討し、子実体形成に成功した<sup>6)</sup>。カンゾウタケ、アミガサタケ、アカキクラゲ等について栽培の検討を行い、カンゾウタケは小子実体まで、アミガサタケは子実体原基の形成に成功した。

栽培基質の不足を克服するため、バイオマス変換研究で未利用広葉樹、ササによるきのこ生産を検討した<sup>7)</sup>。タモギタケのドロノキ原木栽培で、2年間に28.6kg/m<sup>3</sup>の子実体発生を見た。菌床栽培ではシラカンバ、ドロノキ木粉でマイタケが、シラカンバでヤナギマツタケがよく発生した。アズマネザサのチップ栽培ではニオウシメジの子実体原基形成に成功し、ウスキモリノカサ、ヒラタケでは無滅菌ササ培地で子実体が発生した。

菌床栽培が発展し、種々の材料がきのこ栽培に利用される現在、安全な栽培を保障する基礎データとして、きのこの物質吸収能、特に重金属や農薬等の吸収を解明することが重要である。重金属吸収とその影響についてシイタケ、ヒラタケ、エノキタケ等主要6栽培きのこのカドミウム、銅、亜鉛、水銀、鉛、ヒ素などの吸収の検討を行った<sup>8)</sup>。吸収された元素の分布は子実体中ではヒダで濃度が高かった。又、重金属元素の吸収にカルシウム、マンガン等他金属元素の存在が大きく影響することを発見した<sup>9)</sup>。これらは今後バイオリメダイエーションの観点からも興味を持たれる。きのこ栽培では農薬の使用が厳しく制限されているが、病害等で止むを得ず使用するケースもあり、チアベンダゾール、スミチオンのヒラタケ、シイタケにおける吸収を検討した。

## 3. 病虫害

きのこ栽培において病虫害の問題は基本的に重要な課題であるが、近年の菌床栽培の発展により、従来研究の少なかった菌床栽培における病害の問題が重要になったため、特別研究を組んで実施し種々の成果を上げたが、これについては特別研究「きのこ病虫害の発生機構の解明と生態的防除技術の開発」の項で詳しく述べる。また、耐病性系統の開発研究の一部は育種法の項で述べる。

きのこ栽培における病虫害発生情報を継続して収集しているが、近年は菌床栽培の報告が増えている。また、最近、ヒラタケ原木栽培の線虫被害の報告が多い<sup>10)</sup>。

## 4. 遺伝資源

国内を中心に野生きのこや栽培きのこの標本採集を行い、同時に純粋培養により菌株を得、毎年約100菌株収集した。小笠原諸島や沖縄県等の亜熱帯地方を含め全国的に収集し、海外ではニュージーランド、インドネシア等の野生きのこを収集、また、ATCCやIFOなど内外の菌株保存施設から基準種の菌株など必要な菌株の購入を行った。

菌株の保存技術に関し、マツタケ、ショウロ、ホンシメジ、チチアワタケなど9種12菌株の菌根菌の凍結保存を検討した。7種類の保護剤を用い-85℃と液体窒素温度の検討を行い、5%DMSOや10%スキムミルクを用いた-85℃の1か月保存でよい成績を得たが、1年間保存の成績は落ちた。流動パラフィン重層法で先の4種を含む7種10菌株を検討したが半年後の生存率はアカモミタケを除き良かった。以上の成果を踏まえマニュアル化を行った<sup>11)</sup>。

腐生菌では凍結保存法を検討し、シイタケ、ナメコ、マイタケ等9種11系統を用い13種の保護剤を検討した結

果、10%グリセリン、5%DMSO、10%PEGが良かった。次に23種61系統を用い-20℃、-85℃、液体窒素温度の長期保存を行い、-85℃と液体窒素温度が適するが、-85℃のDMSOは長期保存で良くない例が有ること、これまで未使用の10%PEGの成績が良いこと等を見出し、また、栽培試験による検討を行った<sup>12)</sup>。腐生菌についてもマニュアル化を行った<sup>13)</sup>。

きのこの多くの品種が育成されてきたが、同時に品種に関するトラブルが増加し、品種の分類や品種の判別技術開発が必要になった。シイタケの流通種菌の菌系分類調査を引き続き実施する一方、品種判別法としてアインザイム法を開発し<sup>14)</sup>、対峙培養法を簡便化し、また、シイタケの交配で近縁度の異なる40系統を作り、従来の対峙培養と新手法の識別力を比較した<sup>15)</sup>。最近DNAを用いる品種判別法を検討したが、これについては後述する。

### 5. 育種法の開発

プロトプラスト調製・培養法、細胞融合技術、雑種選抜技術の開発、融合菌の安定性検討、その他細胞融合の問題点を検討し、きのこの細胞融合による育種法を開発した<sup>16-18)</sup>。ヒラタケで本法により新品种「森林総研PO1号」を育成したが、肉質がしっかりして現在の品種の持つ軟質、日持ちの悪さを補う性質を持つため、品種登録を行った。この技術を県や民間に普及し、地域バイオテクノロジー研究で県との共同研究を実施した。

プロトプラスト技術を基に、突然変異育種法を開発し、γ線照射でヒラタケの種々の形態変異株やトキイロヒラタケの薬剤抵抗性株を作出した<sup>18-19)</sup>。この技術も県や民間に普及し利用されている。バイオマス変換に関連し、シイタケの高効率リグニン分解菌の育種を行った。ブナ木粉法等によりシイタケ470株を検討しFMC208株を選抜し、その紫外線照射による突然変異でリグニンを選択的に分解する能力の高い菌株を作出した(図1)<sup>20)</sup>。

菌床栽培用きのこの育種の一環として、ヒラタケの耐病性菌株の育種を行った。主要な病原細菌*Pseudomonas tolaasii*に対する耐病性検定法を開発した。本法によりヒラタケ32菌株を検討し、高耐病性菌株を数株選抜し、さらに、これらの株のプロトプラスト再生株、紫外線照射株から耐病性の高い菌株の選抜を進めた<sup>21)</sup>。

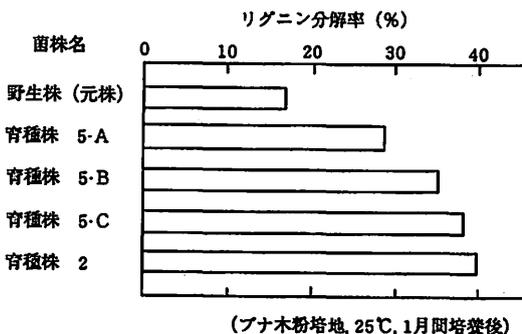
シイタケ、ヒラタケについて交雑育種における親株の選定法に関する検討を進めた。

### 6. 分子遺伝学的研究

食用きのこの木材腐朽遺伝子としてセルラーゼ遺伝子を検討した。シイタケの液体培養からセルラーゼI、IIを精製したが、Iは耐熱性酵素であった。さらに、ジーンライブラリーからイムノスクリーニングを試みた。

食用きのこの木粉培養で生産される糖質分解酵素を精製し、シイタケ、ナメコでそれぞれ2種の酵素を精製した。それらの酵素学的性質を解明し、また、それらの間の相互作用を検討した。

シイタケ、ナメコ、エノキタケ、マイタケなど9種のきのこのミトコンドリアDNAの簡易調製法を開発した<sup>22)</sup>。



このDNAのRFLP分析によりきのこの細胞質の識別が可能になった。本法により日本のナメコのミトコンドリアDNAのRFLPパターンに3タイプ存在することを明らかにしその分布を調査した<sup>23)</sup>。また、シイタケ、エノキタケでRAPD法の開発を行い、シイタケの遺伝子地図作製の準備を進めた。これらの技術は品種判別技術として極めて有力であることを明らかにした。

図1 元株(FMC208)の紫外線照射により得た高効率リグニン分解菌

(大政 正武)

## 文 献

- 1) 根田 仁, 横山竜夫, 古川久彦: A new lignicolous *Pulveroboletus* from Japan, 日菌学会報, 28, 319-323 (1987)
- 2) ———, 古川久彦: 新栽培きのこクロアワビタケ (新称) について, 日菌学会報, 28, 69-73 (1987)
- 3) ———: 平成2年度微生物遺伝資源探索収集調査報告書, 農業生物資源研究所, 15-25 (1992)
- 4) ———, 中井孝雄: *Lentinus* 及び近縁属の18SrRNA 遺伝子による類縁関係の解析, 日菌学会第38回大会講要, p101 (1994)
- 5) 浅輪和孝, 根田 仁, 中井孝雄: ホンシメジ菌株間および近縁種間の類縁関係の解析, 日菌学会第38回大会講要, p102 (1994)
- 6) NEDA, H. and FURUKAWA, H.: A Japanese lignicolous *Pulveroboletus*, Mushroom Science XII (Part II), 493-501 (1989)
- 7) 根田 仁, 谷口 實, 安藤正武, 日高忠利, 久保田暢子, 角田光利, 浅輪和孝: きのこ生産による未利用林産資源の有効利用システムの確立(1), バイオマス変換計画研究報告第20号「高能率リグニン分解菌の検索とその利用技術Ⅱ」, 34-49 (1989)
- 8) 関谷 敦, 菅原冬樹, 佐野富康, 増野和彦, 川端良夫: 主要栽培きのこの重金属の取り込みについて (I) -Cd-, 43回日本学会研発要, p79 (1993)
- 9) ———: ヒラタケ菌糸体へのカドミウム吸収に及ぼす栄養塩類の影響, 日菌学会第38回大会講要, p107 (1994)
- 10) 浅輪和孝: きのこ栽培の病虫獣害発生情報について, 特産情報 (きのこ etc.) 93年8号(1993)
- 11) 根田 仁: 菌根性きのこ, 微生物の長期保存法—農林水産関連—(農林水産省), 147-150 (1987)
- 12) 大政正武, 阿部恭久, 馬場崎勝彦, 平出政和, 岡部貴美子: Preservation of cultures of mushrooms by freezing, 日菌学会報, 33, 467-479 (1992)
- 13) ———: 栽培きのこ, 微生物の長期保存法—農林水産関連—(農林水産省), 151-157 (1987)
- 14) OHMASA, M. and FURUKAWA, H.: Analysis of esterase and malate dehydrogenase isozymes of *Lentinus edodes* by isoelectric focusing for the identification and discrimination of stocks, 日菌学会報, 27, 79-90, (1986)
- 15) ———, BABASAKI, K. and OKABE, K.: Differentiation of strains of *Lentinus edodes* based on antagonism in paired culture on agar media, Mushroom Science XIII (Vol. I), 93-98, (1991)
- 16) ———, ABE, Y., FURUKAWA, H., TANIGUCHI, M. and NEDA, H.: Preparation and culture of protoplasts of some Japanese cultivated mushrooms, 林試研報, 343, 155-170 (1987)
- 17) ———: Intraspecific protoplast fusion of *Pleurotus ostreatus* using auxotrophic mutants, 育雑誌, 36, 429-433, (1986)
- 18) 最新バイオテクノロジー全書編集委員会編: 「きのこの増殖と育種」(農業図書), 149-161 (1992)
- 19) 馬場崎勝彦, 大政正武: 食用きのこプロトプラストのγ線照射による薬剤耐性株の作出, 日菌学会第31回大会講要, p 12 (1987)
- 20) BABASAKI, K. and OHMASA, M.: Breeding of 'Shiitake' mushrooms, *Lentinus edodes*, with high ligninolytic activity, Mushroom Science XIII (Vol. I), 99-103 (1991)
- 21) 平出政和, 宮崎和弘, 大政正武: ヒラタケに与える *Pseudomonas tolaasii* の影響, 日菌学会第38回大会講要, p.40 (1994)
- 22) 馬場崎勝彦, 大政正武: RFLP 分析のためのきのこミトコンドリアDNA の簡易調製法, 第2回樹木分子・細胞生物学シンポジウム講要, 60-63 (1992)
- 23) ———, ———: ナメコミトコンドリアDNA のRFLP 解析, 日菌学会第37回大会講要, p.84 (1993)

## 生産技術部門

今までの用材生産を目的とした画一的な森林施業から、森林の持つ多様な機能を発揮させる森林施業への転換を図るため、森林の生態的特性の解明とそれらを基礎とした施業技術の体系化の研究が求められている。また、林業の活性化に向け、造林から伐採・搬出までの各森林作業の機械化による高効率・低コスト作業システムの確立と森林路網など基盤整備技術の高度化に関する研究への要請が強まっている。

1) 育林技術研究：広葉樹林の研究として、ブナの天然下種更新機構の解明や、落葉広葉樹林におけるギャップサイズと更新の研究、広葉樹天然林での有用広葉樹の更新機構の解明などに取り組んだ。また複層林の研究として、林内光環境と下木の成長の関係を明らかにし、その中で光環境測定法の改良を行った。雑草木群落の成長抑制法の開発に関する研究では、ササ類などの生態的防除法と関連させた除草剤の最適使用法の指針を示した。また育林技術と生産力に関する研究として、成長制御モデル理論を構築し、間伐や枝打ちの理論化を可能とするなど、多様で質の高い森林への整備を図るための研究を行ってきている。

2) 作業技術研究：高性能林業機械作業についての評価法や作業計画法を開発し、現地に適応する作業システムの確立に関する研究を進めた。また安全で低負担の作業方法の設計、作業強度の評価法や快適な運転操作性、高齢林業労働者の適正作業量の研究を進め、安全確保のために人間—機械—環境系から労働災害要因を解明した。

森林路網は、森林作業の効率や経済性のほか自然環境や景観にも影響を及ぼすことから、自然的、社会的条件と調和させる必要がある。そのため路網作設の具体的計画法や、作業道の最適勾配決定法、路網の林業的な機能評価法、路面侵食防止工法の改善点、木製ブロック積工の耐久性などを明らかにした。

3) 林業機械研究：傾斜地や不整地の走行性の向上が期待できる林業用ベースマシンとして、地形の変化に応じた姿勢が可能な連結装軌式車両及び車体を常に水平に保つ機構を持った段軸式車両を試作開発し、実用性の高いことを確認した。また脚式ベースマシンの試作開発、伐倒機の自動化のための制御装置と制御プログラムの開発、プロセッサなどに組み込まれる材測尺装置の開発、タワー集材機の高性能化の研究、掻き起こし・耕うん・植付けなど自走式造林機械の作業機の試作開発、大型機械を活用した天然更新法の研究のほか、振動・騒音など機械の安全性や操作性の向上、集材架線の設計計算の効率化に関する研究に取り組んだ。

以上、2)、3)では高性能機械化を始めとする様々な研究需要に対応した林業機械化研究に取り組んできている。

(奥田 吉春)

## 育林技術分野

人工林時代を迎え、各林業地帯において生産目標に対応した育林技術の体系化を進める必要があり、各地域の自然条件や経営の集約度・省力度に応じて選択できる多様な育林技術の体系化が強く望まれた。また、生産面ばかりではなく、環境保全をも配慮した施業体系の開発も期待されるようになった。

1) 広葉樹林に関する研究：国産広葉樹用材の需要が根強く、国産広葉樹資源の積極的育成が望まれた。しかし、広葉樹林の育成技術は針葉樹人工林に比べて研究が遅れているので、更新・初期保育の技術開発に資する研究を進めた。

①ブナ林の伐採跡地の更新状態を、新潟県、秋田県、富山県、静岡県などの試験地で調査した結果をみると、更新不成績地に共通した要因は、母樹が不足していること、メバエや稚樹が雑草木に被圧されて消失していることのいずれか、または両方であった。従って、母樹をできるだけ多く残すこと、適切な下刈りを実行することが重要であるという結論を得た<sup>1)</sup>。また、25年経過したブナ更新試験地での調査結果で、天然更新補助作業として最も有効な方法は、刈り払い+掻き起こしであることがわかった<sup>2)</sup>。

太平洋側のモミヤツガの混生するブナ林では、伐採跡地には風散布型の樹種が多く発生したが、耐陰性で重力散布型のブナなどの稚樹は非常に少ないかあるいは見られなかった。このことは重力散布型の樹種の構成を維持していこうと思えば、母樹を適切に残さなければならないことを示唆するものであった。

②広葉樹の天然下種更新樹の消長は環境条件に大きく影響されるが、ミズナラ、コナラなどの広葉樹天然林で調べた結果、林内よりもギャップ内の稚樹の生存率が高いことを明らかにした。その理由を調べたところ、従来から明らかにされていたギャップ内の方が光環境が良好であるということの他に土壌の水分環境も良好に働いているということが明らかになった。すなわち、開業前は林内もギャップ内も土壌水分に大きな差がみられないが、生育期間中の夏にはギャップ内の土壌水分の方が大きいことが認められた。これは上木の根の吸水の影響が林内の方により大きく現れたためであると推測された。

③広葉樹施業では単に成長量を吟味するだけではいけない。樹形の良否が目的とする幹の形質に影響するため、それについてケヤキ人工林施業試験地で調査を行った。広葉樹の中でもケヤキは初期保育がその後の成長の重要な要因となるが、他樹種との混交及び植栽間隔の違いなどによっても樹形の発達過程が異なることが明らかになった。

2) 複層林に関する研究：複層林施業は、太陽エネルギーを効率的に利用しながら木材生産ができる、土壌保全や水源涵養など森林の持つ環境保全的機能を有効に生かせる、景観の保持が図れる、下刈り作業の軽減化が図れるなどの利点があることから注目されるようになり、その造成保育技術の開発に資するための研究を進めた。

①複層林施業の生態的理論の基本は林内の光環境と下木の成長であるが、光環境の測定法にはなお様々な改良が要求されている。すなわち、林内相対照度は天候によって値が異なりやすく、天候に合わせた測定位置の検討が必要などの制約がある。しかし、アントラセン法で測定した結果、天候によってほとんど差がないこと、1日の積算値を求めることができることなど、すでに示された利点に新たな利点が加わった<sup>3)</sup>。また、晴天日が光測定に適さない理由について検討した結果、林内相対照度は散光状態のものが圧倒的に多いために、快晴の日の平均相対照度は曇天の日のその半分近い値となることが分かった<sup>4)</sup>。

②ヒノキ間伐林、無間伐林及び落葉広葉樹林下に植栽したスギ・ヒノキの生存率及び樹高成長は、全体的には相対照度の大きいところほど大きかったが、必ずしも相対照度の順にはなっておらず、上木と下木の樹種の関係がかなり強く関係していることが分かった。また、二段林の上木除去後の下木の成長は、二段林時代の遅れを取り戻せない。しかし、地力の高い所での成長の回復は迅速で、下木が若い時代に上木を除去した場合年輪幅の狭い材部はわずかしが取れず、二段林の長所とされる年輪幅の揃った材の生産は困難であることが分かった。これらの成果は施業体系を確立する上で重要な情報となる。

3) 雑草木群落の成長抑制法の開発に関する研究：人工林育成過程での省力化技術として、これまでの完全殺草を目指した技術から、環境汚染や林地保全を考慮した抑草的技術への転換を目指し、造林木や雑草木の生態的特性を利用した技術体系を確立するための研究を進めた。

①雑草木類のうち、特に森林の更新に大きな影響を与えるササは開花するとその稈は枯死してしまうため、開花の前兆現象が分かれば、それに併せて防除処理が可能になり、また的確なササ群落の制御ができる。さらに開花の際の生理的変化が分かれば、なんらかの植物ホルモン処理による開花の誘導が期待できる。1988年に部分開花がみられたアズマネザサ群落で、稈の動態を中心に調べた結果、開花の前兆として5 mm以下の細い稈が非常に多く発生してくることが明らかになるとともに、アイソザイム分析により個別識別が可能となった。また、チマザサとチマキザサの光合成能力の違いについても検討した<sup>5)</sup>。

②除草剤成分の定量分析にあたって、テトラピオンを用いて前処理の方法について検討した結果、アルコールとのエステル化による処理が最も明確に分離できた。この分析方法を用いていくつかの樹種で体内での残留量を測定した結果、抑制効果のない広葉樹の体内においても個体内残留がみられることから、広葉樹体内でも除草剤の移動・集積が起っていることが明らかになった。この方法を用いて除草剤の残留量を把握することにより、より適切で低散布量での薬剤処理を行うための手がかりを得た<sup>6)</sup>。

③シラカバの下種更新に際しての除草剤によるササ処理では、一定量以上のNaClO<sub>3</sub>やGlyphosateの場合、処理が発芽時期と重なれば発芽への悪い影響が予想される。しかし、散布が発芽時期に重ならない場合は実用的には支障が少ないことが分かった。また発芽後の稚樹の生育には各剤とも多少悪い影響が考えられた。従って、種子の落下季節の前にササ制御用除草剤の処理を済ませることが適当であるといえる<sup>7)</sup>。

4) 育林技術と生産力に関する研究：種々の生産目標に対応した幹材生産の質的量的制御技術の向上を図るために、間伐、枝打ちなどに伴う樹冠構造の変化が幹の成長・樹形に及ぼす影響の定量化についての研究、また、バイオマス資源として集約的超短伐期栽培法の開発などの研究を行った。

①間伐や枝打ちなどの施業によって、林木レベルから林分全体の成長を制御して目的とする生産を図るために、いくつかの実験的手法をもとに成長制御モデルを構築した。その結果、枝打ちの繰り返しによる樹幹の完満度の変化が理論的に明らかになり、また、間伐後の林分葉量はロジスチック成長曲線に従って閉鎖していくことが認められ、定性的ではあるが間伐後の林内相対照度の変化も推定できるようになった<sup>8-11)</sup>。

②バイオマス資源として有用なポプラ属植物の関東地域における超短伐期多収穫技術の開発のために、北海道産ドロノキを異なった密度 (ha 換算で50 000, 75 000及び100 000本) に植栽し、密度別に総収量、密度効果等を調べた。4年間の収量は処理間で大きな違いはなかったことから、さらに低密度でも同じ収量が得られる可能性があり、また施肥に関しては極めて敏感であることなどが明らかになった。これらの成果は、ドロノキを関東地域で栽培する際の指針となろう<sup>12)</sup>。

(河原 輝彦)

## 文 献

- 1) 谷本文夫, 飯田滋生, 田中信行: 人工林内のブナ二次林の構造と成長過程, 100回日林論, (1989)
- 2) 酒井 武, 桜井尚武: 25年目の苗場山ブナ天然更新試験地, 104回日林論要, (1993)
- 3) KURACHI, N., HAGIWARA, A. and HOZUMI, H.: Canopy photosynthetic production in a Japanese larch stand, Ecol. Res., 7, (1992)
- 4) 大野和人, 桜井尚武: 相対照度の測定法, 101回日林論, (1990)
- 5) 奥田史郎, 佐藤 明: チシマザサとチマキザサの光合成能力 (予報), 103回日林論, (1992)
- 6) ———, 落合幸仁, 浅沼晟吾, 佐藤 明: 雑草木個体内におけるテトラピオンの残留量について, 104回日林論, (1993)
- 7) 浅沼晟吾: アズマネザサのバイオマス生産と施肥効果, 森林と施肥, 143, (1990)
- 8) CHIBA, Y., FUJIMORI, T. and KIYOMNO, Y.: Another interpretation of the profile diagram and its availability with consideration of the growth process of forest trees., J. Jpn. For. Soc., 70, (1988)
- 9) 千葉幸弘, 藤森隆郎: スギ樹冠の垂直的分布構造について, 99回日林論, (1988)
- 10) ———: 樹高と樹幹断面積の相関生長, 101回日林論, (1990)
- 11) CHIBA, Y.: Plant form analysis based on the pipe model theory. 1 A statical model within the crown. Ecol. Res., 5, (1990)
- 12) 桂田ひとし, 清野嘉之, 藤森隆郎, 千葉幸弘: ポプラ幼齢林2年間の密度と生産力, 98回日林論, (1987)

## 作業技術分野

林業労働者の減少と高齢化、木材価格の低迷など、厳しい林業情勢が進むなかで、林業の生産性向上を目指した作業計画、労働科学、林道に関する研究を進めた。森林の役割に対する国民の要請の多様化と高度化も強く認識されるようになった。木材生産の作業における最近の最も顕著な変化は、従来の作業システムに代わって、高性能林業機械の導入、開発、普及が進んだことである。これに伴い高性能林業機械を用いる作業技術に関連した研究の取り組みが多くなった。

1) 機械作業システムに関する研究：森林作業情報の把握と評価に関する研究では、森林作業において最大の制約条件である地形、地表条件の定量化の基礎的研究を進めた。地形評価システムとしては、車両系機械に対する走行難易度を表現し、これを尺度とした地形分類法を示した<sup>1-2)</sup>。また、地形情報を簡易に収集するため、移動車両の走行軌跡から地形の三次元情報を得る測定装置を開発した<sup>3)</sup>。これにより対象区域の地形情報の連続的な収集と図化処理が一連の作業として実行可能となった。作業能率及びコスト分析の研究では、機械と伐出方法の選択システムを確立するため、伐出機械や伐採方法及び集材方法の異なる各種の事例について時間分析、工期調査を実施し、伐倒方向が木寄せ・荷掛け作業の能率に及ぼす影響や、集材路の勾配・集材方法・積載量等が車両の走行速度に及ぼす影響の程度を明らかにした<sup>4-5)</sup>。また、フェラーバンチャやハーベスタ等の高性能林業機械による伐倒作業に対する、地形傾斜・林内の地表障害物や地形凸凹・林地支持力の影響、伐採方法・伐倒木の樹種や径級・分布状態が作業時間に及ぼす影響を明らかにした<sup>6-7)</sup>。架線系伐出機械では、タワーヤードを用いた集材方式の作業能率について検討を行い、集材時間を集材距離・横取り距離・積載量・地形条件等の因子で表す関係式を導き、上げ木集材の方が主・副作業時間とも短くなり、生産性が高いことを明らかにした<sup>8-9)</sup>。高性能林業機械の導入に対する経済性の評価のため、故障率や稼働率等について経時的な調査を試み、機械の投資効果や機械損料の算定法について検討を試みた<sup>7), 10-11)</sup>。

作業計画法と作業システムの確立に関する研究では、機械の選択や組み合わせの適否あるいは作業条件と伐出方法や作業仕組みの適否の検討を進めた。伐出作業の多工程作業における待ち時間のシミュレーション分析から、工程間の生産能力のバランスを保つ適正な機械の組み合わせと集材距離を明らかにした<sup>7), 12-14)</sup>。また、グラフ理論や計算幾何学分野の手法を用いた集材路網の導入法や作業土場の配置計画法について提案し<sup>15-16)</sup>、タワーヤードとプロセッサからなる伐出システムについて、土場間隔や伐区レイアウトについても検討を行った<sup>17)</sup>。人工知能技法を用いた作業計画法の開発では、作業者の安全教育訓練法や林道法面工法の選択に対するエキスパート・システムを試作した<sup>18)</sup>。また、ニューラルネットワーク手法を用いた工期予測等についても検討した<sup>19)</sup>。この外、森林環境保全と調和した効率的、経済的な技術の要求に応じて、トラクタ集材跡地保全の立場から植生回復の状況を明らかにし<sup>20)</sup>、天然林や複層林の伐出調査により立木や稚樹の損傷や林地の土壌攪乱の程度等について定量的な分析を試みた<sup>21-23)</sup>。

2) 林業労働科学に関する研究：労働負担の軽減を図る研究では、作業仕組の検討を伐木造材作業の工期、要素作業系統図などから解析した<sup>24)</sup>。高齢林業労働者の身体計測や体力調査を行い、敏捷性や平衡性の低下を指摘<sup>25)</sup>、さらに最大酸素摂取量調査等から加齢に伴う生理的機能に対応した適正労働量や労働時間を推察した<sup>26)</sup>。森林作業のキネシオロジー研究では、森林作業の1作業中に占める主要な姿勢、動作の時間分析<sup>27)</sup>や、枝払い動作と植栽動作の生体力学モデルの作成とバイオメカニクス手法による主要動作部位の反力の試算を行った<sup>28)</sup>。林業機械器具類の人間工学的研究では、チェーンソーや刈払機作業中における把持力と手指への振動伝達、振動感覚閾値、皮膚温などより操作性のよいハンドル形状を検討した<sup>29)</sup>。新しく導入されつつある林業機械の運転に

関して、スキッドオブレータの運転情報の解析として、注視点と注視対象物の立体角の解析を行い<sup>30)</sup>、横積み式クローラ型林内作業車についてのヒヤリハット事故分析や走行実験から、視界評価や障害物乗り越え特性を検討した<sup>31)</sup>。ハーベスタに関しては、オペレータの注視対象物への平均注視時間と凝視度から注視の集中度合を検討し<sup>32)</sup>、マニピュレータの操作性を検討した<sup>33)</sup>。オペレータの作業ストレス評価指標として、心拍R-R間隔時間の標準偏差と変動係数、0.1Hz付近の周波数スペクトル値の有用性を示した。

林業労働安全の研究では、災害要因の分析に関して、災害報告書を新しく整備し、ヒューマン・エラーの側面から災害の背景要因を分析、被災者の意識水準を推定した<sup>34)</sup>。また、小形集材車、集材機集材作業の災害発生状況の推移をCTA手法と災害要因要素間の影響確率で検討した<sup>35)</sup>。さらに、安全管理への信頼性などを入れた安全態度調査表から、安全管理者と作業者の安全意識の違いを分析した<sup>36)</sup>。伐倒作業の安全性を高めるために伐倒木の挙動を3次元分析し、伐倒木の大きさやつるの有無、伐倒初期角度などを変化させた2次元運動方程式を導いてシミュレーション解析を行った<sup>37)</sup>。保護具に関しては、炎天下の作業を守るためのヘルメットの改良を検討し試作しその性能を確かめた<sup>38)</sup>。

3) 森林路網に関する研究：路網計画に関しては、我が国の急峻な山岳地域における主要な集材法である架線集材法を中心として、集材システムに適合した路網計画法の研究を進めた<sup>39)</sup>。また、林道を開設していく上での優先順位の決定法に関連して、林道の多方面にわたる開設効果の算定法の開発を行った<sup>40)</sup>。適正な路網計画を作成するためには、地形が路網作設に及ぼす影響を多角的に把握する必要があり、地形と開設費、工種選択、幾何構造の諸関係を解明した<sup>41)</sup>。また、規格の異なる路線による林道網形成を図るため、路網の林業的機能の数量的評価を行ない、HACKの法則と類似の関係式が林道延長と利用区域森林面積の関係に見い出され<sup>42)</sup>、林道規格による作設基準を示した<sup>43)</sup>。路網の縦断勾配に関しては、作業道の最適縦断勾配の決定法と土工量予測法<sup>44)</sup>の開発を行った。林地保全の観点から、林道路面流の適切な管理は不可欠であり、合理的な路面流の排水を行う施設の計画・設計に資するため、路面上の流量の測定、流出解析を行った<sup>45)</sup>。また、作業道、集材路の路面侵食と路面緑化<sup>46)</sup>の調査、分析を行った。景観に関しては、橋梁と道路のり面の景観分析と景観評価法<sup>47)</sup>の研究を行った。

擁壁等林道の構造物には、コストの低減化、環境保全、景観保全を考慮した工法の開発が求められているが、このような視点から、1985年に開発された木製ブロック積み土留め擁壁を対象として、土留めのメカニズムの解明<sup>48)</sup>、擁壁部材の耐朽性の調査<sup>49)</sup>を行った。力学的な面に関しては、模型実験及び理論的解析を行い、ブロックの控え材の土留め効果等を明らかにした。また、部材の耐朽性に関しては、防腐処理の効果を定量的に明らかにした。

(柴田 順一)

## 文 献

- 1) 井上源基：トラクタ集材のための地形区分，林試研報，348，(1987)
- 2) ——ほか：森林林地の地形地表計測と数量的表現法に関する基礎的研究，平成元年重点基礎研究成果報告，(1989)
- 3) 田中良明ほか：三次元位置測定装置の開発（Ⅰ），日林関東支論，40，(1989)，同（Ⅱ），日林論，101，(1990)
- 4) 今富裕樹ほか：地域性を考慮した集材方法の最適化（Ⅱ），63年度国有林技発試報，(1988)
- 5) 井上源基（共著）：トラクタと集材路，機械シリーズNo. 74，(1986)

- 6) 岡 勝ほか：高性能林業機械の伐出作業システムに関する研究（Ⅰ），日林論，103，（1992）
- 7) 井上源基ほか：高性能林業機械による作業システムの定着・実用化に関する調査，平成5年度素生協報告書，（1994）
- 8) 田中良明ほか：機械利用共同化促進調査報告書，林災防協会，（1993）
- 9) 吉田智佳史ほか：高性能林業機械の伐出作業システムに関する研究（Ⅱ），日林論，103，（1992）
- 10) 岡 勝ほか：林業機械損料率の現状と問題点，日林関東支論，45，（1994）
- 11) ——（共著）：改訂林業機械ハンドブック，732，（1991）
- 12) 井上源基：車両系機械と路網，機械化林業，476，（1993）
- 13) 奥田吉春（共著）：機械化のデザイン，全国林業改良普及協会，（1993）
- 14) ——ほか：ササ刈取・収穫技術の体系化，農林水産会議，（1986）
- 15) 井上源基ほか：集材作業における複合路網の合理的配分（Ⅰ），日林論，101，（1990）
- 16) ——ほか：集材土場施設の適正配置に関する研究（Ⅰ），（Ⅱ），日林関東支論，39，（1988）
- 17) 吉田智佳史ほか：高性能林業機械の伐出作業システムに関する研究（Ⅲ），日林論，104，（1993）
- 18) 田中利美ほか：安全教育のためのCAI（Ⅰ），日林論，100，（1989），同（Ⅱ），101，（1990），同（Ⅲ），102，（1991）
- 19) ——ほか：伐出経費予測システムの開発（Ⅰ），日林関東支論，43，（1992），同（Ⅱ），103，（1992），同（Ⅲ），104，（1993）
- 20) 遠藤利明ほか：トラクタ集材作業による裸出地における植生の回復（Ⅰ），日林論，98，（1987），同（Ⅱ），99，（1988），同（Ⅲ），103，（1992），同（Ⅳ），104，（1993）
- 21) 岡 勝ほか：車両系集材による複層林伐出技術に関する研究（Ⅰ），（Ⅱ），日林論，101，（1990）
- 22) ——ほか：高性能林業機械による林業環境への影響（Ⅰ），日林関東支論，45，（1994）
- 23) 井上源基ほか：高性能林業機械による新たな作業システムの確立に関する調査，平成4年度素生協報告書，（1993）
- 24) 石井邦彦：民有林におけるチェーンソー伐木造材作業（Ⅰ）～（Ⅲ），日林関東支論，38，（1986），同（Ⅳ），39，（1987）
- 25) 今富裕樹ほか：林業労働者の身体特性と運動能力，日林論，100，（1989）
- 26) ——ほか：林業労働者の身体能力に応じた下刈作業法に関する研究，日林論，103，（1992）
- 27) 山田容三ほか：伐木・造材作業の動作分析，日林論，102，（1991）
- 28) ——ほか：林業労働者の腰部負担，森林利誌，9(2)，（1994）
- 29) 石井邦彦：刈払機操作中の把持力（Ⅰ），日林関東支論，37，（1986），同（Ⅱ），38，（1986）
- 30) NABO, A. and YAMADA, Y.: Accident analyses and capability to surmount obstacles of Side-loaded mini-forwarders, J. Jpn. For. Soc. 74(1), (1992)
- 31) 豊川勝生ほか：ハーベスタの運転作業環境に関する研究，森林利誌，8(2)，（1993）
- 32) ——ほか：トラクタ運転手の視野情報，日林誌，74(3)，（1992）
- 33) 山田容三ほか：ハーベスタに関する人間工学的研究，日林誌，75(1)，（1993）
- 34) 奥田吉春ほか：林業労働における災害の分析（中間報告），60年度技発報告，（1986），62年度技発報告，（1989）
- 35) 豊川勝生ほか：林業労働災害要因の評価と予測，4年度技発報告，（1993）
- 36) ——ほか：林業労働者の安全意識に関する調査（Ⅰ），日林論，102，（1991），同（Ⅱ），103，（1992）
- 37) 朝日一司：伐倒木の物理量，日林論，99，（1988）
- 38) 辻井辰雄ほか：通気機構付き保護帽の開発，日林論，101，（1990）
- 39) 大川畑修：架線集材における路網計画に関する研究，林試研報，351，（1988）
- 40) ——：国有林林道の新設にかかる優先順位の判定基準について，4年度国有林技発試報，（1993）
- 41) SAWAGUCHI, I.: Effects of rugged terrain on the cost of forest road construction in Japan, IUFRO X IX Congress Proceedings Division 3, (1990)
- 42) 澤口勇雄ほか：林道延長と利用区域森林面積の関係，日林誌，73，（1991）
- 43) ——ほか：路網規格の合理的配置（Ⅰ），日林誌，75，（1993）

- 44) 市原恒一：作業道の縦断勾配設計法および地形図による土工量推定法，日林誌，67，(1984)
- 45) ————：作業道の路面上を流れる雨水量の解析，日林誌，69，(1987)
- 46) ————：トラクタ作業道の荒廃とその防止法，林業技術，569，(1989)
- 47) ————ほか：ファジィ AHP による森林風景に調和した橋梁デザインの評価，造園雑誌，57，(1994)
- 48) 梅田修史ほか：木製土留工の機能に関する模型実験，平5年度砂防学会概要集，(1993)
- 49) ————ほか：木製土留工の腐朽に関する実態調査，日林論，103，(1992)

### 林業機械分野

林業機械の開発・改良研究は，これまでも時代のニーズに対応して絶えず新しいテーマや研究手法を取り入れ，実効をあげる努力を重ねてきた。

この期間においては，高性能林業機械の開発・導入が打ち出されるなどの新たな研究需要の高まりの中で基礎的・応用的研究の充実が求められたこともあって，林業機械の自動制御技術の開発をテーマとする新たな研究分野が強化されるとともに，従来からの機械の安全性や操作性を向上させるための試験研究についても一層の進展を図ってきた。

1) 造林機械等の開発・改良に関する研究：代表的な林業機械の一つであるチェーンソーや刈払機など手持ち機械の振動並びに騒音その他の安全性については，労働安全衛生法・チェーンソーの規格として法文化に資したこれまでの研究蓄積を一層充実させ，長期にわたる研究結果を取りまとめ，基礎資料を提供した<sup>1)</sup>。さらに，チェーンソー，刈払機については，機械の改良と性能向上をねらいとして，振動・騒音などの測定法の改善やキックバック現象の解明などの進展がみられたほか，近年顕在化しつつある排ガス問題にも対応して，排ガス成分の分析方法の検討を行った<sup>2-3)</sup>。このほか，自動枝打機についても，開発改良・導入の進展に即して各種市販機の機械性能，作業性能，材質への影響などを調査分析し，問題点や改良点の提案と研究結果を通じた技術指導を行った<sup>4-6)</sup>。

トラクタをベースマシンとする造林用作業機については，地ごしらえ用のレーキドーザ爪，排土板着脱式レーキの実験・改良，また普通苗（裸根苗）植付用のつめ付円板コルクタ形，L形植付け爪，ラダーチェーン形などの装置の開発改良のための研究を進めた<sup>7-8)</sup>。さらに，ブナ天然林ササ型林床の種子着床，発芽促進を図るため，バックホウ用リッパを開発し，その実用性を確めた<sup>9-10)</sup>。

同時に，大型車両を導入した林地の土壌攪乱について，測定手法や攪乱の度合，表土移動の機構などや，フォレストシュレツダの動力性能などを明らかにした<sup>11-13)</sup>。

2) 伐出機械の開発・改良に関する研究：伐出用機械，特に，これまでに幾多の成果があげられているワイヤロープを用いた架空線集材機械の関係においては，架空線集材の索張り特性を明らかにする中で，集材架線の設計計算の効率化をねらいとしたパーソナルコンピュータを利用したプログラムを開発した<sup>14)</sup>。それとともに，新たに導入が進められているタワーヤードについては，早急に解決を必要とする索張り方式の選択や安全対策上の技術指針を得るため，ワイヤロープの使用状況や張力特性など使用実態の解明を進めた<sup>15)</sup>。

ワイヤロープと附属器具類の性能については，基礎資料の収集の必要性和外部からの依頼試験などの要請もあって性能試験や各種検査を継続してきたが，使用ロープの変化や新素材の普及に対応するために試験方法の見直しと試験機の改良を進め，試験方法の提案や集材機作業の安全管理の指針となる基礎資料を提供した<sup>16-19)</sup>。そのほか，新しい間伐材集材方式としてモノチェーン方式の考案も行った<sup>20)</sup>。

また，タワーヤードに視点をおいて集材機の自動化，高性能化を図るため，その主な構成要素であるタワー・

台車、索駆動部、搬器などの機構、機能に特徴を置いた試験装置を試作し、各種の実験によってタワーヤード開発指針となる性能特性を明らかにした<sup>21-22</sup>。

3) ベースマシンと自動制御技術の開発に関する研究：車両系伐倒機械については、林業用トラクタの附属装置としてグラブソー式伐倒機の試作、ブーム式の動作範囲やシミュレーション分析などを行い、伐倒機開発の基礎資料を提供した<sup>23-25</sup>。これらは自動制御技術の開発研究へ移行して継続され、伐倒機の自動化、インテリジェント化の前段階として、フェリングヘッドの3次元ジョイスティック操作による位置制御プログラムを開発して移動量や制御成績を確認した<sup>26-27</sup>。また、機械開発の前提となるセンシング技術適用の可能性の検討を進めてきた<sup>28-30</sup>。

一方、小形運材車や集材トラクタなど林業用車両については、基礎実験によって重心位置や車体の挙動、走行安定性など運動特性を明らかにし、基礎資料の集積を図った<sup>31-33</sup>。

傾斜、不整地を克服する新しい機構の林業用車両のベースマシンの開発研究については、大型別枠研究の終了後も引き続き行われ、斜面での車両の安定を図るためコンピュータ制御によって、車軸を上下させて車体を水平に保つ段軸式車両を開発し、実用性の高いことを確認した<sup>34-35</sup>。また、4自由度を持った関節で結合した構造の連結装軌式不整地走行車両の開発については、傾斜地における運動特性を明らかにするとともに、これまでに8号機にいたる改良開発を重ねてきた<sup>36-37</sup>。そして、運転操作性を高めるための連結部の自動制御化に向けた研究を継続している。

さらに、車両系に代わる新しい機械として、テーブルスライド型歩行式機械の試作提案や、傾斜地への適応が優れた脚式機構の特徴と平坦地の移動を考慮したクローラ式の足まわりを備えた、いわゆるハイブリッド・ベースマシンを開発するため、基本となる足まわりの仕様の設計試作と、これらの機構、歩容、制御方法などの検討を行ってきた<sup>38-39</sup>。

今後も自動化、無人化など林業機械をさらに発展させるため、機械の開発改良に必要な基礎資料の蓄積と理論の展開、実験による裏づけなど研究の深化が一層期待されている。

なお、研究成果の概要に記載した文献は、学会発表を主にした一部のものをお断りしたい。

(辻井 辰雄)

## 文 献

- 1) 平松 修ほか：林業機械の振動・騒音の防止に関する研究，60年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書，(1987)
- 2) ————ほか：刈払機のキックバック現象（Ⅱ），40日林関東支論，(1988)
- 3) 陣川雅樹ほか：2サイクルエンジンの排ガス分析に関する研究（Ⅰ），104日林論，(1993)
- 4) 平松 修ほか：自動枝打機の基礎性能（Ⅱ），97日林論，(1986)
- 5) ————ほか：自動枝打機による枝打木の割材調査，39日林関東支論，(1987)
- 6) HIRAMATSU, S.: Present status of pruning by automatic pruning machines and its future tasks, Farming Japan Vol. 24, (1990)
- 7) 三村和男：造林用自動植付機の開発に関する研究（Ⅰ）(Ⅲ)，96，98日林論，(1985，1987)
- 8) ————：造林用自動植付機の開発に関する研究（Ⅱ），37日林関東支論，(1986)
- 9) ————ほか：天然下種更新とトラクタ造林機械（Ⅰ）(Ⅴ)，98，100日林論，(1987，1989)
- 10) ————ほか：ササ掻起し3本爪リッパの試作と現地試験，日林誌，73(6)，(1991)

- 11) ————ほか：フォレストシュレッダの刈払い動力性能，日林誌，72(6)，(1990)
- 12) 山田 健ほか：機械導入跡地における土壌攪乱 (I)(II)(III)，101，102，103日林論，(1990，1991，1992)
- 13) 佐々木尚三ほか：模型ヘリコプタからの低空写真を用いたトラクタ集材後の地表攪乱状態の観測，103日林論，(1993)
- 14) 柴田順一ほか：架線の設計計算をめぐる最近の話題から，100日林論，(1989)
- 15) 上村 巧ほか：タワー集材機の索張力特性，4年度資源・素材学会秋季大会ワイヤロープ研究会資料，(1992)
- 16) 小沼順一：根株強度の回帰式，40日林関東支論，(1988)
- 17) 柴田順一：非自転性ロープの自転特性，40日林関東支論，(1988)
- 18) 上村 巧ほか：12mm ワイヤロープのS曲げ疲労試験 (I)，104日林論，(1993)
- 19) ————ほか：曲げ疲労試験時のワイヤロープの伸びについて，5年度資源・素材学会ワイヤロープ研究会，(1993)
- 20) 冨永 貢ほか：モノチェーン集材法 (I)(II)，100，101日林論，(1989，1990)
- 21) 広部伸二ほか：集材機の自動化・高性能化の研究 (I)，(II)，(III)，(IV)，(V)，103，104日林論，(1992，1993)
- 22) ————：タワーヤードとその技術開発の方向，研究ジャーナル，17(3)，(1994)
- 23) 朝日一司ほか：ブーム式伐倒機の動作範囲，38日林関東支論，(1986)
- 24) 市原恒一ほか：ブーム式伐倒機の動的シミュレーション，38日輪関東支論，(1986)
- 25) 鈴木皓史：立木伐倒機の開発 (I)(II)(III)，97，100，101日林論，(1986，1989，1990)
- 26) 毛綱昌弘ほか：伐倒機アームの移動制御 (I)，43日林関東支論，(1991)
- 27) ————ほか：フェリングヘッドの移動制御 (II)(III)，103日林論，(1992)
- 28) 福田章史ほか：林業機械化のためのセンシング技術，元年度森林総研成果選集，(1899)
- 29) 朝日一司ほか：林業機械へのファジィ理論の適用の可能性の検討，2年度森林総研成果選集，(1990)
- 30) 福田章史：超音波センサを用いた材木の位置測定，101日林論，(1990)
- 31) 佐々木尚三：小形運材車の傾斜地安定性について，99日林論，(1988)
- 32) 山田 健：履帯形足回りの軟式懸架装置の性能について，99日林論，(1988)
- 33) 辻井辰雄ほか：集材トラクタの転倒・転落事故防止のための力学的研究，2年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書，(1991)
- 34) 福田章史：段軸式車両の姿勢制御，日林誌，73(3)，(1990)
- 35) 市原恒一：最適サーボシステムを用いた模型段軸式トラクタの姿勢制御，日林誌，72(4)，(1990)
- 36) 佐々木尚三ほか：林業用連結装軌車両の開発，テラメカニクス No. 9，(1989)
- 37) SASAKI, S. et al.: Articulated tracked vehicle with four degrees of freedom, Journal of terramechanics Vol. 28, (1990)
- 38) 毛綱昌弘：林業用歩行機械の検討 (I)，42日林関東支論，(1991)
- 39) 福田章史ほか：急傾斜地に対応した林業用脚式移動機械の開発，105林学会大会講演要旨集，(1994)

## 木材化工部門

木材化工部は，昭和63年10月の林業試験場改組の折，木材成分の有用物質への変換法や材質改良法を開発して木質系資源の高度利用法を確立することを目的として，林産化学部からの成分利用分野及び化学加工分野と木材利用部からの材質改良分野をとり入れ編成された。

木材はセルロース，ヘミセルロース，リグニン及び抽出成分からなる。紙，パルプをはじめ，食料，飼料，燃料，化学工業原料として潜在的に高い価値を持っている。成分利用分野では，これらの木材成分をより有効に利用するために，それらの効率的分離法を確立し，それぞれの成分の特性を生かした利用法を開発することを目的

にしている。生分解法などの特性を持つ自然循環系に適合する各種の産業資材や機能性素材を開発するとともに、その変換プロセスの省力化をはかるための微生物・酵素を活用するバイオテクノロジーに関する研究を推進している。また、材、葉、樹皮などに含まれる抽出成分に関しては、その化学構造と生理活性の因果関係を解明して、有効利用法を開発することになっている。

木材は、細胞壁の微細構造、細胞形態、年輪構造、樹体構造、異常組織に基づいて多様な物理的、化学的、生物学的特性を発現する。化学加工分野では、この木材の材質特性を高度に利用した新しい産業素材、環境素材を開発するために、その性能の向上、機能の付与を図るための化学加工技術を開発することを目的にしている。また、セルロースから電子機能性などの特性をもつ高機能素材を開発することも重要な課題の一つになっている。さらに、木質材料の製造には、高性能の接着剤が不可欠となっているため、種々の接着剤の劣化機構を解明し、高耐久性接着剤の開発に資するための基礎研究を行うとともに、接着が困難な材料の接着性能を改善するための技術開発を推進している。

長年にわたる樹木の生命活動の結果築き上げられた生物材料である木材は人の感性と調和する素材である。しかし、その反面、腐る・燃える・狂う・風化する・方向によって強さが異なる等の欠点を持つ。材質改良分野では、木材が持つ特性を保持したまま、これらの欠点を改良するため、木材の生物劣化、燃焼、風化等の機構や木材内における液体や気体の拡散・浸透等の機構解明などの基礎的研究を推進するとともに、誘導体化、セラミックス化、グラファイト化などの化学加工技術を開発することを目的にしている。また、各種の大きさの木材の削片と他材料との複合化により高性能ボードを製造する技術の開発研究を推進している。

(志水 一允)

### 木材成分利用分野

1985年以降、地球環境問題が大きくクローズアップされ、省資源、省エネルギー、リサイクル利用などにより、地球環境を保全するための研究開発が要請されるようになった。同年、マレーシア林産研究協力プロジェクト (IJICA) がスタートし、成分利用関連で初めて海外研究協力が実施された。

この10年間、木材成分利用研究は主成分のセルロース、ヘミセルロース、リグニンの高度利用技術の確立、無公害パルプ化に向けた技術開発や微生物・酵素などのバイオテクノロジーを利用して糖質資源の利用を図るための研究を推進した。さらに、樹木抽出成分の新規用途開発を進めるため、有用成分の検索を行った。

この間のプロジェクト研究として「バイオマス変換計画」、「新需要創出」を中心に、「糖鎖工学」、「無公害パルプ化」などの課題を実施してきた。以下に、経常研究を中心に研究のあゆみを総括する。

#### 1. リグノセルロースの利用

リグニンを熱化学的変換法により、気体燃料などに変換するための基礎資料を得るため、装置の改良、ガス化条件の検討、生成ガスの分析などを行った。6-ヨーソ化セルロースを脱ハロゲン化水素処理することにより二重結合を導入し、新しいセルロース誘導体調製のための基礎資料を得た<sup>1)</sup>。また、蒸煮・爆砕処理過程でのリグニンの分解挙動を調べ<sup>2)</sup>、これらの爆砕リグニンに官能基を導入しウレタン樹脂を製造し、幅広い温度領域で粘弾性吸収を持つ材料を開発した。さらに、リグニンをフェノール化処理し、性能的に市販樹脂を上まわる接着剤を開発した。

未利用熱帯資源の成分特性を調べ、有用成分の存在量などを明らかにした。オイルパームは澱粉、キシラン、p-ヒドロキシ安息香酸などが豊富な資源であった<sup>3)</sup>。また、低質材のパルプ原料適性の評価を目的とし、アカ

マツ枯損木、スギ穿孔性害虫被害材、熱帯材<sup>4)</sup>、超短伐期材等の主成分特性やパルプ化特性を分析し、幼齡樹、腐朽材、樹皮などの混入による利用上の問題点を明らかにした。さらに、古紙の新たな有効利用を図るため、新聞紙などの機械パルプ古紙を原料とし、乾式解繊、オゾン処理、繊維の化学修飾などにより、コンパネ代替用ボードなどの製造を試みた。

パルプ漂白廃液中のダイオキシンなどの有機塩素化合物による環境汚染を防止するために、パルプ中に残存するリグニンの構造や反応性を調べ、これらを効率よく分解する条件を検討した。これにより、触媒を含む硫酸処理法を提案し、塩素漂白と同等の漂白効果を有する無塩素漂白法を確立した<sup>5-6)</sup>。さらに、オゾン<sup>7)</sup>や酵素処理を組み合わせたシーケンスについて研究を進めた。成分総合利用を図る新たなパルプ化法の確立のため、各種有機酸による、常圧・連続抽出法の効率的な成分分離条件を検討し、脱リグニン機構やパルプ化特性などを明らかにした<sup>8)</sup>。また、省エネルギーパルプ化法の確立を目的として、各種白色腐朽菌により木材チップを処理し、TMPにおける解繊エネルギーの低減化への効果を明らかにした<sup>9)</sup>。

## 2. 微生物・酵素利用

木材腐朽菌の生産する各種酵素を選別し、キシランの側鎖遊離酵素の特性及び最適酵素処理条件などを明らかにした<sup>10)</sup>。また、結晶性セルロースの分解機構を明らかにするため、*Phanerochaete chrysosporium* の菌体外タンパク質より、アピセラゼ活性を有する酵素を分離精製し、その性質を解明した<sup>11)</sup>。さらに、酵素加水分解を可視化することによりセルラーゼの作用機作を解明することを目的とし、細胞壁形成過程でのリグニンの包埋効果や酵素処理による結晶構造の変化などについて検索した<sup>12)</sup>。また、位置選択的セルロース誘導体を合成し、酵素反応の特異性について究明した<sup>13)</sup>。

ヘミセルロースの酸や酵素による加水分解物から得られる各種オリゴ糖の効率的な生産システムを確立し、オリゴ糖の機能を明らかにすることを目的とし、広葉樹キシランから得られた各種キシロオリゴ糖の化学特性と生理活性の検索を行った<sup>14-15)</sup>。さらに、各種の精製キシラナーゼを作用させたときに得られる酸性及び中性オリゴ糖の成分組成を明らかにするとともに、これらのオリゴ糖が植物の伸長促進や発根性などの生物活性を持つことを明らかにした。これらは糖質資源の新たな用途開発の基礎となっている。

シラカンバ樹皮などに多量に含まれるトリテルペンであるベチュリンを出発物質として、有機溶媒中での酵素反応により種々の糖類を結合させて、多種類の配糖体を合成した。天然にない新しい配糖体を合成するとともに、糖鎖構造と生物活性の相関の解明を行った<sup>16)</sup>。これらの成果は未利用の樹木成分の新たな有効利用に道を開くものとして期待される。

## 3. 抽出成分利用

野ウサギの食害やマツ材線虫に対する抵抗性に関与する成分を明らかにするとともにカラマツ素材の付加価値を高めるため、抽出成分の挙動を分析し葉枯らしによる材質変化を化学的に評価し、適正な葉枯らし技術を確立した<sup>17)</sup>。スギ材の利用上大きな障害となる黒心材の対策として、黒心原因成分・関与因子の分析とそれに基づく早期検定法の開発を進め、黒心成分の化学構造及び生成要因を明らかにした。さらに、針葉樹及び広葉樹材抽出成分のデータベース化を進めるため、多種の材の抽出成分を分析し、標品化合物を調製し、それらのスペクトルデータを整備した<sup>18)</sup>。

製材、加工、接着、塗装、パルプ化などにおける輸入材の利用障害を解明する上で材に含まれる抽出成分の定性、定量が欠かせない課題であり、アンチアリス材から毒性成分、テトラベルリニア材、チーク材からシミ状変色原因物質、グアムシル材からなめし成分、リナカンタス材から抗菌性物質及びタウン材<sup>19)</sup>から生理活性物質

などを分離同定した。また一部について、化学構造と生理活性の相関について研究を行った。さらに、中国との二国間研究協力で輸送過程におけるキリ、ナラ材の変色原因成分とその防止法についても研究を行った。

樹木に含まれるサポニンの有効利用を図るため、タウン材、エゴノキ材、エゾヤナギ材、ハリギリ材<sup>20)</sup>などから新物質を含む多種類のサポニンを分離・同定した。これらの成分の抗酸化性、抗菌性、殺蟻性などの生物活性について検索し、サポニンの糖鎖と活性の関係を明らかにした。

樹皮や幹に多量に含まれるタンニンの有効利用を図るため、モリシマアカシア材を中心に、縮合タンニンの構造解明、化学的改質、各種生物活性試験などを実施した<sup>21)</sup>。また、改質タンニンより重金属吸着材、生分解性樹脂などの機能性素材の開発を進めた。また、樹木の抗菌性成分を解明するため、バイオオートグラフィーを用い、全国の多種の樹木についてスクリーニングと成分分析を行った<sup>22)</sup>。さらに、植物培養細胞の生体NMR測定条件を確立し、嫌氣的条件、無酸素条件などのストレスに対する代謝応答の経時変化を測定し、非破壊条件で植物培養細胞の代謝活性を観察することを可能とした。

#### 4. 繊維利用

アカシヤマンギウム、メリナ、アルビジア、パラゴム<sup>23)</sup>、オイルパームなどを原料とし、それぞれの樹種特性を明らかにするとともに中比重ファイバーボード(MDF)性能の評価を行った。これらの成果は熱帯未利用資源の新用途として期待されている。

屋外暴露試験、促進耐候性試験を実施し、外装用ボードの性能評価を行うとともにボードの性能を向上させるため、ボード表面のフラン樹脂処理、配向性ボードの製造<sup>24)</sup>、接着剤使用の低減化、良質削片の製造条件などに関して研究を進めた。

さらに、MDFの中心層部に炭素繊維を用い、ボードの機械的性質を補強するとともに、電磁波遮蔽性を付与した新しい機能性ボードを開発した。

(島田 謹爾)

## 文 献

- 1) ISHII, T.: Facile Preparation of Deoxyiodocellulose and Its conversion into 5,6-Cellulosene, Carbohydrate Research; 154, 63-70 (1986)
- 2) 菱山正二郎, 大原誠資, 須藤賢一: 蒸煮爆砕処理におけるリグニンの分解機構, 木材学会誌, 38(10), 944~949 (1992)
- 3) TOMIMURA, Y.: Chemical Characteristics of Oil Palm Trunk, Bull. For. & For. Prod. Res. Inst., 362 133-142 (1992)
- 4) 高野 勲他: パプアニューギニア産カメレ材のパルプ化, 林試研報, 347, 170-175 (1987)
- 5) HOSOYA, S., TOMIMURA, Y. and SHIMADA, K.: Acid Treatment as One Stage of Non-Chlorine Bleaching, Proc. 7th ISWPC, 206-213 (1993)
- 6) 細谷修二: アルカリパルプの漂白法, 特許出願, 特願平5-64317
- 7) MAGARA, K., IKEDA, T. and HOSOYA, S.: Accelerated Degradation of Cellulose by Lignin during Ozonolysis, 木材誌, 40(10), p.1 152 (1994)
- 8) SHIMADA, K., HOSOYA, S. and TOMIMURA, Y.: Delignification with Organic Acids, Proc. 6th ISWPC, Vol 2, 183-188 (1991)
- 9) 西田篤実: バイオロジカルパルピング, 繊維誌, 43(8), 312-317 (1987)
- 10) ISHIHARA, M. and SHIMIZU, K.:  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 2)-Glucuronidase in the Enzymatic Saccharification of Hardwood Xylan, 木材誌, 34(1), 58-64 (1989)

- 11) UEMURA, S., ISHIHARA, M. and SHIMIZU, K.: Exo- $\beta$ -Glucanases in the Extracellular Enzyme System of the White-Rot Fungus, *Phanerochaete chrysosporium*, 木材誌, 38(5), 466-474 (1992)
- 12) HAYASHI, N., FUJII, T. and SHIMIZU, K.: Enzymatic degradation of cell walls in the xylem developing zone, 木材誌, 39(5), 503-508 (1993)
- 13) 野尻昌信, 石原光朗, 近藤哲男: 位置選択的置換メチルセルロースの酵素分解特性, 44回木学会講要, p.34 (1994)
- 14) ISHIHARA, M., UEMURA, S. and SHIMIZU, K.: Use of Woody Biomass for Production of Cellulase by *Trichoderma viride*, 木材誌, 35(6), 572-577 (1989)
- 15) ——— et al: Adsorption and Desorption of Cellulase Components during Enzymatic Hydrolysis of Lignocelluloses, J. Ferm. and Bioeng., 72(2), 96-100 (1991)
- 16) OHARA, S. and HISHIYAMA, S.: Utilization of Triterpenoids, 木材誌, 40(4), 444-451 (1994)
- 17) 林 良興ほか: スギ葉枯らし材生産過程における材成分と材色の変化, 木材誌, 34(11), 934-941 (1988)
- 18) HAYASHI, R.: Isolation of New 3-Hydroxylated Flavonoid C-Glycosides from the Heartwood of *Zelkova serrata* Makino and Other *Zelkova* Species, 木材誌, 33(6), p.511 (1987)
- 19) 加藤 厚ほか: タウン材のサポニン成分 (Ⅲ), 40回木学会講要, p.278 (1990)
- 20) ——— ほか: ハリギリ材のサポニンの構造, 42回木学会講要, p.531 (1992)
- 21) OHARA, S.: Condensed Tannins; J. Wood Chemistry and Technology, 11(2), 195-208 (1991)
- 22) 伊藤由紀子, 林 良興, 加藤 厚: カキノキ属樹木の抗菌性成分およびそのNMRデータの完全帰属, 木材誌 41(7), 694-698 (1995)
- 23) TOMIMURA, Y.: Chemical modification of rubberwood for medium density fibreboard, J. Tropical Forest Science, 1(4), 312-317 (1989)
- 24) 富村洋一, 松田敏登, 鈴木岩男: 間伐材利用による配向パーティクルボードおよびウエファーボード, 木材誌, 31(12), p.1 047 (1985)

### 木材化学加工分野

木材及び木質資源を高性能・高機能材料に変換するために、木材の表面改質、木材の複合化工、木質系機能性材料、木材の接着に関する研究を行った。

#### 1. 木材の表面改質

木材表面の美観性、力学的特性、耐久性の向上並びに新たな機能性の付与のために、表面改質技術に関して研究を推進した。染色の前処理として、木材にトリメチルアンモニウム基を導入したりキトサンを塗布することにより、染色木材の発色性、均一性、耐光性を改善した<sup>1-2)</sup>。木材のプラズマ処理による重量減少は、出力及び供給ガス量が大きいほど、また処理ガスの種類ではアルゴン、窒素に比べて酸素の場合に著しかった。プラズマ処理により生成するラジカルは、セルロースとリグニンに由来すると同定された。プラズマ処理の深さは0.03mm程度である。一方、テトラフルオロメタンでプラズマ重合すると、木材表面にフッ素系の重合皮膜が生成して撥水性・撥油性を示し、ESCAにより、CF<sub>3</sub>、CF<sub>2</sub>、CF基で覆われていることが分かった<sup>3-5)</sup>。Pdヒドロゾル及び天然繊維用市販めっき浴を用いて木材の無電解めっきをする際、めっきの地下処理としては、30%PEG有機溶液及び50%PEGMA水溶液が効果的であったが、WPC化は不十分であった<sup>6)</sup>。

#### 2. 木材の複合化工

木材に異種材料を複合化することにより、木材の性能向上や新機能の付与を行った。木材に金属箔とレジンコンクリートを積層することにより、30~500MHzの領域で30~60dB (鉄箔) 並びに50~80dB (銅箔, アルミニウム箔) と高い電磁波シールド性を持つ耐水、防火性の複合材料を開発した<sup>7)</sup>。また、スティック状のエレメン

トにMMA系のモノマーを含浸し、型枠中に配向させて加熱重合/接着同時成形法でボードを製造した。配向方向の曲げ強度は1 500kgf/cm<sup>2</sup>、曲げヤング率は150tf/cm<sup>2</sup>に達するが、直交方向は1/10以下であった。モノマー改質効果はフタル酸ジアリルとPEGMAが顕著であり、スティックの無水マレイン酸処理はボードの寸法安定性を向上させた<sup>8)</sup>。

### 3. 木質系機能性材料

木材セルロースを誘導体化あるいは溶液化して機能性材料を開発し、その特性及び機能性発現機構を解明した。

セルロースエステル及びエーテルに、アルキル鎖長の異なる含フッ素アクリレートグラフト共重合させて熱圧成形したフィルムは、撥水性、耐湿性を示し、さらに、モノマーの化学構造及びグラフト率を調整することにより、広い範囲の誘電率を持つ誘電性材料に変換できた<sup>9)</sup>。非イオン性界面活性剤水溶液に疎水化したヒドロキシエチルセルロースを添加すると相分離を起こすが、分離した各層のそれぞれの濃度を測定して描いた相図から、相分離を引き起こさない限界濃度を判別した<sup>10)</sup>。CMCとキトサンとの複合化により、水・アルコールの優れたパーバパーレーション特性を有する積層膜及びブレンド膜を開発した<sup>11)</sup>。各種の木材パルプをN-メチルモルフォリン-N-オキシドに溶解し、流延法により調製したゲルフィルムを延伸してリグノセルロースフィルムを調製した。このフィルムはセルラーゼにより分解し、延伸方向に配向していた。その引張強度は延伸倍率に比例して増加し、1.4倍に延伸すると市販セロファン<sup>12)</sup>の1.5倍の強度に達した<sup>12)</sup>。木材パルプをベンジル化して、溶解性、溶融性、光崩壊性のあるベンジルセルロースを調製し、その反応効率の改善を図った<sup>13)</sup>。セルロースから単分子膜を調製するために、膜形成物質として位置選択的に官能基を導入したアルキルセルロースの合成法を確立し、それらの水素結合形成機構を解明した<sup>14)</sup>。

### 4. 木材の接着

木質構造における部材の接合の信頼性を高め、木質廃材等から高性能木質材料を開発するために、木材用接着剤、難接着木材の接着、現場接着、接着耐久性、接着剤の劣化機構、機能性木質面材料に関する研究を行った。カラマツ樹皮をフェノール化し、低温メチロール化法で樹脂化することにより、市販フェノール樹脂と同等の性能を持つ接着剤を開発した。また、フェノール化反応はリグニン、ヘミセルロース、セルロースの順に起こることを確認し、特にセルロースのフェノール化の反応機構を解明して木質系液化物の生分解性樹脂原料としての可能性を示した<sup>15-16)</sup>。針葉樹材の中にはアミノ樹脂接着剤による接着性に劣るものがあり、その一部はブラッシング処理によって改善できた。また、ピーリングチェッカーにより、合板の仮接着性を定量的に評価することができた<sup>17-18)</sup>。木材に1液型ポリウレタン接着剤を帯状に塗布して接着後、スキマゲージで測定した接着剤の広がり面積と破壊荷重との間には高い相関があることを見出し、現場接着の信頼性評価の指針を提供した<sup>19)</sup>。合板を屋外暴露試験すると、フェノール樹脂接着剤の場合は、木材の劣化により接着強さは一般に15年間で半減する。水性高分子イソシアネート系接着剤の場合の接着耐久性はメラミン・ユリア共縮合接着剤と同等であった。また、合板の促進劣化処理と1年間の屋外暴露を組み合わせて求めた劣化曲線から、屋外暴露1年間に相当する促進劣化処理サイクル数が求められ、合板の耐久性能を予測することができた<sup>20-21)</sup>。パーティクルボードからのホルムアルデヒド放散量について、デシケータ値から気中濃度への換算式を求めた<sup>22)</sup>。メラミン・フェノール樹脂接着剤がメラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤よりも煮沸繰り返し試験に強いのは、熱水処理中にメラミンとフェノールとの共縮合が進み、新しい結合を形成することによることを推定した<sup>23)</sup>。接着剤の粘弾性を利用して、振動減衰機能木質材料の開発に着手した<sup>24)</sup>。

(黒須 博司)

## 文 献

- 1) 基太村洋子, 津久井哲夫, 長谷川益夫: 木材の染色性能の向上について—trimethylammonium 基の導入—, 39回日本学会研発要, 沖縄, p.310 (1989)
- 2) 平林靖彦: キトサンによる木材表面の改質 (I) 水溶性染料に対する均一染色性の改善効果, 塗装工学, 22 (10), 440~445 (1987)  
———: キトサンによる木材表面の改質 (II) キトサン前処理染色材と素地染色材の色調の比較, 塗装工学, 23(12), 470~477 (1988)  
———: キトサンによる木材表面の改質 (III) キセノンアーク照射によるキトサン前処理染色材の変退色, 塗装工学, 24(5), 176~185 (1989)
- 3) 瀬戸山幸一, 黒須博司, 加藤昭四郎: プラズマ重合による木材表面の改質, 36回日本学会研発要, 静岡, p.195 (1986)
- 4) 松井宏昭, 瀬戸山幸一, 黒須博司: 含フッ素ガスプラズマによる木材の表面改質 (第1報) テトラフルオロメタンプラズマ処理, 木材誌, 38(1), 73~80 (1992)
- 5) 瀬戸山幸一: 木材表面のプラズマ処理, プラズマ重合, 木材工業, 49(8), 348~353 (1994)
- 6) 長谷川益夫, 瀬戸山幸一, 黒須博司: 木材への無電解メッキ, 39回日本学会研発要, 沖縄, p.311 (1989)
- 7) 加藤昭四郎, 黒須博司, 村山敏博: 多積層木質系複合材料の製造とその電磁波シールド特性及び二三の性質, 森林総研研報, 360, 171~184 (1991)
- 8) 黒須博司, 加藤昭四郎: WPC化スティックボードの調製, 37回日本学会研発要, 京都, p.248 (1987)
- 9) 松井宏昭, 白石信夫: セルロースへのパーフルオロオクチルエチルアクリレートのグラフト共重合, 木材誌, 39(10), 1 188~1 193 (1993)  
———, ———: パーフルオロオクチルエチルアクリレートをグラフト化したセルロースの性質, 木材誌, 39(10), 1194~1200 (1993)
- 10) WILLIAMS, P. A., 田中良平: セルロース・界面活性剤系における相分離, CELLUCON'93予稿集, p.1 (1993)
- 11) 平林靖彦, 志水一允, 藤井智之: セルロース系複合膜とその製造法, 特開平2-86821
- 12) 戸川英二, 近藤哲男, 平林靖彦: 木材から生分解する高強度フィルムを作る, 新需要創出計画第I期成果報告書, 農林水産技術会議事務局, p.41~42 (1995)
- 13) 平林靖彦, 戸川英二: リグノセルロースフィルムのセルラーゼ分解, 40回高分子討論会予稿集, 40, No.8, p.2 649~2 651 (1991)
- 14) 近藤哲男: 位置選択的に置換されたセルロース誘導体中の水素結合, J. Polymer sci., Part B, Polymer Physics, 32, 1 229~1 236 (1994)
- 15) 小野擴邦: 環境にやさしい液体木材, 続・森林の100不思議, 日本林業技術協会, 218 (1992)
- 16) 山田竜彦, 小野擴邦, 山口 彰: セルロースのフェノール化反応, 42回日本学会研発要, 名古屋, p.299 (1992)
- 17) 井上明生, 小野擴邦, 大黒昭夫, 唐沢仁志: 単板のワイヤブラッシによる接着性の改良, 日本加工技術協会第7回講要, p.48~49 (1989)
- 18) 大黒昭夫, 井上明生, 唐沢仁志, 本橋健司, 長沢長八郎, 田村靖夫: ピーリングチェッカーによる合板の仮接着性の評価, 木材工業, 44(2), 69~72 (1989)
- 19) 井上明生: 1液型ポリウレタン接着剤を帯状に塗布して接着した接合部における接着剤の広がり幅の非破壊的測定法, 木材誌, 37(2), 142~150 (1991)  
———: 帯状塗布された接着剤の釘打ちによる接着層形成状態の予測, 木材誌, 37(9), 802~809 (1991)
- 20) 唐沢仁志: 試作合板の屋外ばくろ試験 (1), 合板工業, No.123, 141~143 (1984)  
———: 試作合板の屋外ばくろ試験 (2), 合板工業, No.126, 130~131 (1985)  
———: 試作合板の屋外ばくろ試験 (3), 合板工業, No.128, 140~142 (1986)  
———: 試作合板の屋外ばくろ試験 (4), 合板工業, No.130, 108~110 (1987)
- 21) 井上明生: 接着耐久性の予測法—耐候性の予測—, 41回日本学会研発要, 松江, p.205 (1991)

- 22) ———, 小野擴邦, 千葉保人: デシケータ法によるホルムアルデヒド放散量と気中濃度との相関, 木材工業, 45(7), 14~20 (1990)
- 23) 唐沢仁志, 井上明生: メラミン・ユリア共縮合樹脂接着剤の接着耐久性試験, 森林総研研報, 369, 153~163 (1995)
- 24) 桑野恭典: 高い振動減衰性を有する木質系面材の開発, 日本加工技術協会第12回講要, p.63~64 (1994)

## 木材材質改良分野

構造材としての木材の欠点や不利点を改良し, 高性能化することを目指してきたこの分野は, 防腐・防虫, 難燃化, 及び耐候性向上処理など保存技術に関する研究と複合化による面材の開発に関する研究に分けられる。

### 1. 木材の防腐・防虫

防腐・防虫の研究は生物劣化機構の解明, 安全な防腐・防虫法の開発, 及び薬剤注入技術の開発の三つを柱として行われてきた。劣化機構の解明においては軟X線顕微密度測定により材内密度の分布幅が腐朽の進行とともに拡大すること, 及び腐朽による材内密度の減少が主に木繊維細胞壁の分解によって起こされることなどを明らかにした<sup>1)</sup>。さらに, 木材の比重及び熱水抽出物量が大になるほど, 吸水性及びpHが小さくなるほど腐朽しにくいことを定量的に明らかにした。また, 白色腐朽の機構解明に必要としているリグニン分解酵素の高感度検出法を確立した<sup>2)</sup>。虫害の面ではシロアリの樹種に対する嗜好特性を明らかにした。これら実験室内の研究とは別に, 屋外設置の杭の観察及び木造建築物の調査を行い, 天然条件下における木材樹種の劣化特性, 防腐処理の効果, 実用条件下における木質材料の劣化の進行過程と水分滞留の劣化促進効果を明らかにした。安全な防腐・防虫法の開発の面では, 低毒性のAACの防腐効果を硫酸銅を添加することによって高める技術を開発した。また, 環境汚染するクロルデンの後継薬剤, 有機リン防蟻剤の効果を明らかにするとともに, 環境汚染の防止に必要な薬剤の木材内での固定化機構を解明した<sup>3)</sup>。実験室段階であるが, 薬剤に頼らずカビによるシロアリの駆除法を開発した<sup>4)</sup>。CCA処理材の焼却に関しては, 温度が低く, 酸素が少ないほど毒素がガス化しないことを明らかにするとともに<sup>5)</sup>, その安全性の評価を行った。薬剤注入技術の面ではインサイジングによるカラマツなどの難注入材の注入性の向上を明らかにした。さらに, 加減圧交代法による注入技術の開発が進められている<sup>6)</sup>。

### 2. 木材の難燃化

難燃化に関する研究は燃焼機構の解明, 防火材料及び耐火工法の開発の三つを目標として進められてきた。燃焼機構の解明に関しては, 木材の燃焼速度がある値を超える, または酸素がある濃度以下になると室内のCOが急激に増加することを明らかにした。ガス発生性については, C-N結合を含む物質がNだけを含むものより多くシアン化水素を発生することを明らかにした<sup>7)</sup>。また, 炭化速度が加熱放射強度の増加につれて大きくなることを示した。さらに, 木材比重が大きくなると着火が遅れ, 発熱量と炭化速度が小さくなることを明らかにした<sup>8)</sup>。防火材料の開発に関しては, 簡単な薬剤処理による合板の難燃化及び発泡性薬剤の減圧注入による木材の難燃化の技術を開発した。耐火工法に関しては, 加熱によるスギ材の曲げ挙動<sup>9)</sup>及び構造部材の接合に使用される金物の断熱被覆の必要性を明らかにした<sup>10)</sup>。また, 集成材の耐火性に関して水性イソシアネート接着剤が従来のレゾルシノール接着剤に匹敵する性能を有すること, 干割れは耐火性に影響を与えないことなどを明らかにするとともに, 耐火性能を有するFRPガセット接合法を開発した<sup>11)</sup>。

### 3. 木材の耐候性向上

耐候性向上に関する研究は木材の屋外劣化機構の解明及び耐候処理技術の開発を中心として進められてきた。

電子顕微鏡による観察から屋外暴露後数か月で割れが先ず膜孔に、続いて放射組織に、次いで軸方向細胞に発生して、中間層が剥がれることを明らかにした。スギの場合1年の屋外暴露によってヤング係数が低下するのは表層8mmまでであり、赤外分光分析によりこれが木材鎖分子の切断によることを明らかにした。このような劣化の防止にポリウレタン樹脂やPEGMAによる保護処理が有効であった<sup>12)</sup>。気象因子と屋外劣化の関係については、夏期では水平な、冬季では南向きに垂直な面が最も劣化を受けやすいこと、木材の寸法変化は年間約2%で降雨に支配されること、紫外線による風化(可溶性低分子の生成)は7~9月に最も大きいことなどを明らかにした<sup>13)</sup>。耐候処理技術の開発は塗装と木材の化学修飾の両面から進められてきた。種々の塗膜の耐久年数とそれが道管の密度と大きさ、膨潤率及び塗膜付着力によって支配されことを明らかにした<sup>14)</sup>。また、台板にフェノール樹脂含浸紙を貼ることによって塗膜耐久性を大きくする技術を開発した。さらに、透湿による塗装木材の劣化を防ぐのに、重ね塗りが有効であることを示した<sup>15)</sup>。化学修飾による耐候処理技術の開発は木材水酸基のアリル化、ベンジル化、及びシアノエチル化によって進められてきた<sup>16-17)</sup>。これらのエーテル化された木材を熱圧縮することによって、寸法安定性と耐水性に優れ、高強度を有するボードが開発された。

#### 4. 木質複合材料の開発

複合化に関する研究は木材と合成高分子その他の材料との複合化による機能性材料と木材の有効利用をはかる技術の開発、並びに複合材料の機械的性質その他の性能の評価法の開発を主要な柱として進められてきた。機能性材料については、釘側面抵抗及び防火性の大きい石膏フレークボード、電磁波シールド性、耐火性及び機械的強度に優れた鉄箔積層パーティクルボード<sup>18)</sup>、木質衝撃緩衝ボード<sup>19)</sup>、高蓄熱性木質ボードなどを開発した。木材有効利用については林地放置材からのハードボード、ネマガリダケや短伐期ポプラ等の低質材と炭素繊維からのパーティクルボード、樹皮、樹葉、木片、ポリプロピレン混合物からの射出成型品、熱処理による種々の廃材からの寸法安定化パーティクルボード、未成熟材と廃材からの配向パーティクルボード<sup>20)</sup>などを製造する技術を開発した。さらに、厚ものボードの製造や省エネルギーに有効な蒸気噴射プレス法や気相硬化法などによるボードの成板技術の開発を行った<sup>21)</sup>。木質複合材料の性能評価については種々の開発製品(針葉樹LVL、コンボジットパネル、OSB、MDFなど)の機械的性質や寸法安定性<sup>22)</sup>、及び外装用ボードの耐候性などを明らかにした。また、機械的性質の非破壊試験法の開発のため、応力波の伝搬性をアコースティック・エミッション波やアコースト・ウルトラソニック波<sup>23-24)</sup>その他の信号によって研究を進めてきた。

(平田 利美)

## 文 献

- 1) 山本幸一ほか：軟X線顕微密度測定法による腐朽木材の2次元密度減少の定量的評価方法，木材誌，33(2)，151~156(1987)
- 2) 桃原郁夫，松本 雄，石津 敦：P. chrysosporiumが漂白非液脱色過程で分泌するパーオキシダーゼ類の検出，41回木学会購要，p.144(1991)
- 3) YAMAMOTO, K., SONOBE, H. and RUDDICK, J. N. R.: The formation of chromium (V) during normal and accelerated fixation of CCA in treated lumber, Proc. 14th Ann. Meet. Can. Wood Preservation Assoc., p.54-65(1993)
- 4) 鈴木憲太郎：シロアリのバイオロジカルコントロールについての室内試験，しろあり，86，2~8(1991)
- 5) HIRATA, T., INOUE, M. and FUKUI, Y.: Pyrolysis and combustion toxicity of wood treated with CCA, Wood Sci. Technol., 27(1), 35-47(1993)
- 6) 鈴木憲太郎：小型OMP装置による薬剤注入性，木材保存，20(3)，118~124(1994)

- 7) HIRATA, T., KAWAMOTO, S. and OKURO, A.: Pyrolysis of melamine-formaldehyde and urea-formaldehyde resins, *J. Appl. Polymer Sci.*, 42(12), 3 147-3 163 (1991)
- 8) 原田寿郎, 平田利美: 放射加熱による木材の炭化 (第1報), *木材誌*, 40(2), 204~212 (1994)
- 9) 上杉三郎: スギ材の180℃以下加熱における曲げ性能, *木材誌*, 38(11), 985~994 (1992)
- 10) ———: 集成材の耐火性能 (第1報), *木材誌*, 39(1), 58~68 (1993)
- 11) 原田寿郎, 宮武 敦, 上杉三郎, 藤井 毅: FRP板挿入ガセット接着接合集成材の耐火性能, *木材誌*, 40(4), 372~379 (1994)
- 12) 川村二郎: 加熱・屋外暴露による素材及び薬剤処理剤の劣化, *木材誌*, 35(5), 447~454 (1989)
- 13) 木口 実: 木材の気象劣化と耐候処理1, *木材保存*, 19(6), 262~271 (1993)
- 14) 川村二郎: 木材塗装における塗膜割れに関する研究 (第5報), *木材誌*, 32(10), 808~812 (1986)
- 15) 今村浩人, 川村二郎: 塗装材の吸湿に及ぼす塗膜厚さと重ね塗りの影響, 41回木学会講要, p. 298 (1991)
- 16) 木口 実: エーテル化による木材の表面化学修飾 (第一報), *木材誌*, 36(8), 651~658 (1990)
- 17) 大越誠: 表面熱可塑性による木材の接合 (第2報), *木材誌*, 37(10), 917~923 (1991)
- 18) 畑 俊充, 海老原徹, 長沢定男: 鉄箔積層積層パーティクルボードの製造と性質, 40回木学会講要, p.330 (1990)
- 19) 海老原徹, 末吉修三, 外崎真理雄, 高麗秀昭: 振動吸収性ボード, 特許281062 (1993)
- 20) 高麗秀昭: 3年生ヤナギを原料としたパーティクルボードの材質, 43回日木学会講要, p.423 (1993)
- 21) HATA, T. and EBIHARA, T.: Production of particleboards by a gassing process, *Proc. Pacific Rim Bio-Based Composites Symp.*, p.64-72 (1992)
- 22) 海老原徹: OSB, ウェファーボード, *木材工業*, 42(2), 27~30 (1987)
- 23) 川元スミレ: 木材乾燥過程で発生するAE波の減衰 (第1報), *木材誌*, 40(7), 694~702 (1994a)
- 24) ———: 木材中のAU波の減衰, *木材誌*, 40(7), 772~776 (1994)

## 木材利用部門

昭和59年まで数年間9千万<sup>3</sup>と低迷してきた我が国の木材需要は, 昭和60年以降増加し, 平成元年には1億1千万<sup>3</sup>を超え, その後のバブル崩壊に伴い後退したが, それでも現在なお1億<sup>3</sup>の大口は堅持している。原木供給面では輸入材の比率がなお年々増え, 75%にも達している。世界的な地球環境保全の世論の高まりから, 天然林の伐採が規制され, 人工林への移行が進んできており, 原木事情も優良材から低質材へと変化してきている。また原木産出国の丸太輸出規制, 製品輸入の拡大などの傾向が明確になってきている。国内の森林資源は, 造林木の蓄積が次第に進み, 小径間伐木の時代から中径木の時代に移行してきた。一方, 国民の木材に対する愛着には根強いものがあり, 木材の最大の需要先である建築分野において, 木材への見直しが進み, 大規模木構造, 三階建て共同住宅, 木造橋などの建築が可能となった。

このような情勢の中で, 木材利用部門においては主として針葉樹造林木を対象に, 木材特性を究明するとともに, 適正な加工条件, 建築への利用技術の確立に取り組んできた。特別・別枠研究として, 針葉樹造林木の単板積層加工利用技術の確立, 国産針葉樹中小径材の構造部材への新利用技術開発, 木質系新素材による高強度・高耐久環境調和型架構技術の開発, 品質管理型林業のためのスギ黒心対策技術の開発, などを完了したほか, 居住性向上のための木質系ハイブリッド部材の開発に関する研究, 新需要創出のための生物機能の開発・利用技術の開発に関する総合研究などを進めている。木材利用部の最近10年間の歩みを木材特性, 加工技術, 構造利用の3専門分野別に述べる。

(中野 達夫)

### 木材材料特性分野

日本の木材需要は1985年の92 901 000m<sup>3</sup>から、1993年の104 638 000m<sup>3</sup>（見込み）に推移している。その間1989年には113 850 000m<sup>3</sup>のピークを示した。供給側から見ると、国産材の供給は1985年の33 074 000m<sup>3</sup>から一貫して減少を続けており、1993年の見通しでは、25 335 000m<sup>3</sup>になっている。従って、外材の輸入率は、1985年の64.4%から1993年の見通しでは75.8%になっている。量的な変化だけではなく、輸入材の内容にも大きな変化が認められる。日本の合板工業を支えてきた南洋材

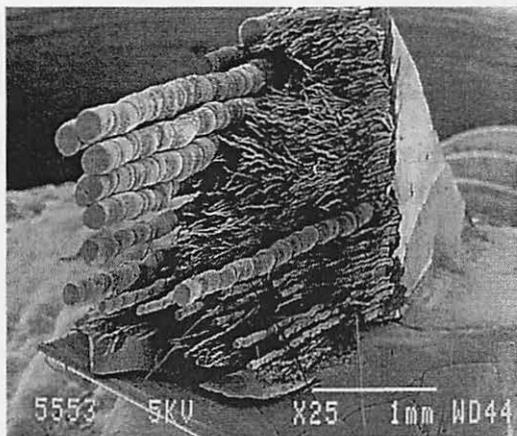


写真1 イタジイ (*Castanopsis sieboldii*) の木材から作製したスチレン樹脂鑄型

の供給は、その絶対量を減らしつつ、かつてのフィリピン、インドネシアからの輸入は激減し、かわってマレーシア、パプア・ニューギニアに依存するようになってきている。地球環境を考慮して、サステイナブルな森林経営が国際的に求められるようになり、サラワクなどでは伐採量を減らす努力を継続している。また近年では、アフリカ材や南大洋州からの輸入も目立つようになった。針葉樹の輸入についても、北米の環境保護運動等の影響を受け、北欧諸国からの輸入が始まっている。

国産材は、供給の弾力性が乏しいことを反映して、スギなどの人工造林木の森林における蓄積は増え続け

ており、最近では特にスギ中目材の有効利用が大きな課題となってきている。

#### 1. 木材の識別と組織構造

南洋材の輸入が、優良大径木からいわゆる未利用材に移行した経緯を反映して、木材利用部組織研究室が1988年までの8年間で記載した数は58科、230属、1 100種に及んだ<sup>1)</sup>。この中には、パプア・ニューギニア産材の針葉樹3科、8属、10種と広葉樹57科、169属、270種も含まれている<sup>2)</sup>。これらとは別に、熱帯アフリカ産材、フィジーなど大洋州産材、東南アジア産材等の識別拠点の木材組織学的解明が引き続き継続されている<sup>3)</sup>。また遺跡発掘に伴う出土材などの識別要請が増加しており、主要樹種以外の木本植物の解剖学的研究<sup>4-6)</sup>の必要性がたかまっている。これらの木材識別の研究及び樹種鑑定業務の基礎資料として必要不可欠な木材標本及び植物誌などの関係書物の収集・蓄積が継続されている。植物分類学的に多様な暖帯産及び温帯産広葉樹の採集を14回実施し、現在当所の木材標本庫は収蔵標本数で日本最大になり、日本産木本植物に限れば世界有数の収集となった。収蔵木材標本数は1985年4月における12 528点から1994年9月現在で15 492点に増えている。コンピュータによる木材識別の試みに際して重要な入力項目の国際的統一を図り、世界的に共通の識別方法を確立する国際研究に参画し、広葉樹について検討の結果得られた統一基準による木材解剖学的記載を提案した<sup>7)</sup>。この成果は、将来の木材識別用データ・ベース構築に対して大きく貢献するものと期待されている。木材の組織構造に関する研究では、カラマツの壁孔の開閉状態、スギ心材の有縁壁孔の開鎖率等が、乾燥時の気体や水分の移動性との関連で調べられたほか各種の異常組織の詳細が明らかにされた。このほか、野球バットの折損と組織構造との関係が明らかにされた。

ポリスチレンなど3種の樹脂を木材に注入して硬化させた後、木材を溶かして除去する事によって、導管や細胞間隙等の樹脂鑄型をつくる方法を開発した<sup>8)</sup>。この方法によって、導管の立体的配置や細胞間隙などの形態的

特徴を容易に観察できる（写真1）ため、木材中の水分通導経路の解明等に役立つと期待されている。

## 2. 木材の材質評価

本邦産主要樹種の材質評価に関する研究が継続して行われた。材質指標としては、密度、心材率、心材色、心材含水率、ヤング係数、繊維長、マイクロフィブリル傾角、細胞形態<sup>9-10</sup>、晩材率などがあげられるが、これらの材質指標が遺伝、環境及び施業などによって影響される程度を個別に解析し材質変動の要因を特定する研究が進められた。その結果、まず、スギの生材における心材含水率の樹幹断面における分布を4タイプに分類できることを明らかにした。次に、検定林による繰り返し試験の解析や産地試験林の解析によって密度、心材含水率、丸太ヤング係数等は遺伝性が高いことが判明した。さらに、スギの場合、検定林内での標高差の影響を求めめるために行った解析結果では、ヤング係数に差が認められず、立地の影響は小さいとの結果が得られた<sup>11-13</sup>。施業による材質変動に関しては、ケヤキ等の造林広葉樹の立木密度と材質の関係、トドマツの枝打ちの影響<sup>14</sup>、スギの間伐による影響等が明らかにされた。国産広葉樹の有効利用のために、資源賦存及び利用実態調査を行い、暖帯産広葉樹（シイ、タブ、カシ、クス）について材質評価を行い、それらの材質特性を明らかにした。このとき特にこれらの材の乾燥時に生じる割れと組織構造との関連を究明し、実用的な乾燥スケジュールの提案に寄与した。熱帯造林木の材質評価に関する研究では、カメレレとアカシアマンギウムが対象とされ、前者は合板に適するとの結果が得られた。後者に関する報告の一部はその迅速なこともあって、国際的にも注目された。

環境変動と木材の年輪幅や密度との関係を解析して、過去の環境復元を試み、地球規模の将来の環境予測に資するため、樹木年輪の経年変化を、デンシトメトリー法で検討している<sup>15</sup>。全国1200か所から試料を収集し、現在もなお検討を継続中である。今までのところ、環境変化の影響による局部的また一時的な年輪幅、材の密度の減少、寒冷害や干害の影響を検出したが、酸性雨等の著しい環境悪化による長期変化の例は検出していない。この分野で、安定同位体比を測定する方法が導入された。この方法によるスギ、クロマツの調査結果から硫黄の同位体比が時代が新しくなると小さくなっていることが明らかになり<sup>16</sup>、化石燃料の燃焼によって同位体比の小さい硫酸酸化物が大気中に放出されたものと推定されている。炭素の同位体比は、炭酸ガス濃度の増加に伴って、小さくなっていることが認められている。

木材内部の欠点や水分の非破壊的検知方法として、超音波とガンマ線による検討を加えた結果、ガンマ線を使うと、立木中の水分分布や、節などの欠点の検出が実用的に可能であることを明らかにした<sup>17</sup>。

## 3. 木材の物性

木材が人間の手足や肌に触れるとき、他の工業材料とは著しく異なった感触を与える。特に絨毯を床に使用してダニなどの発生が居住者の健康に影響を与えていることが明らかになった後、木質床板の採用が増大した。床板表面の熱伝導特性に関する研究では、他の材料と比較するために、単なる熱コンダクタンスなど物質固有の熱定数だけではなく、木材表面に放熱容器を接触させ、その放熱経緯から各樹種あるいは各種床材料の接触温冷感特性を測定する方法を開発し、簡易に接触温冷感を示す物理量を提案した<sup>18</sup>。床衝撃音による騒音に対して木質床板はその密度が低いために必然的に芳しくない評価を得た。そのため、特に使用例が多く問題となったコンクリートスラブに直貼りされた複層構成の木質床板の軽量床衝撃音を低減するために、各層の厚さと最適組み合わせ条件、木質床板の振動特性等を検討した<sup>19-20</sup>。ここで得られた知見は、新しい木質床板の開発に役立てられた。住宅の居住性の評価の一つに温度特性があげられる。コンクリート住宅と比較して、木造住宅は「暖まりやすく冷めやすい」ために、早朝の室温低下が大きく、寒く感じられる反面、暖房開始後の温度上昇も速く、かつ室内の上下間での温度差が少ない等の良質な温度特性を示すことを明らかにした<sup>21</sup>。

木材の電気的特性について行った研究では、木材の圧電特性はセルロース等の結晶領域に由来し、樹種の違いによって圧電スペクトルに差異が認められること<sup>22)</sup>、含水率によってスペクトルの出現の仕方が変化すること等を明らかにした。この結果を利用して、木材の強度、欠点、含水率の分布などの非破壊試験方法、あるいはセルロースから出力の高い圧電性フィルムを作成し、センサーとして活用する可能性が考えられる。次に生材あるいは乾燥過程での水分挙動を電気的に測定するために、各種水分状態での直流電気的挙動を検討した。直流印加電圧反転後の電流特性が樹種によって異なることに着目し、スギ、カラマツその他数十種類の広葉樹を用いて測定を行い、電流法による通導性評価法を検討した。その結果、直流印加電圧反転後の電流量の経時変化は樹種間で著しく異なり、電流値のピークと空気透過量との間に相関を認めた。電流法を用いることによって、非破壊的に木材の通導性を評価する可能性を得た<sup>23-24)</sup>。

木材の気体、液体透過性に関する研究では、スギの黒心、赤心材を対象とした針葉樹及び広葉樹の透過性に及ぼす組織構造の影響と透過経路について検討をした。特に、半径、接線方向の透過性について重点を置き、カラマツとスギでは放射組織の関与が異なることが明らかになった<sup>25-26)</sup>。広葉樹では、導管径より計算で求めた透過効率が、実験による空気透過率とよい相関を示した結果が得られた。

(中井 孝)

## 文 献

- 1) 緒方 健：南洋材の識別，日本木材加工技術協会，pp. 206 (1985)
- 2) 須藤彰司：パプア・ニューギニア産材の解剖学的識別，林試研報，350，1～199 (1988)
- 3) 藤井智之：熱帯産広葉樹材の放射乳管およびタンニン管の構造，林試研報，352，113～118 (1988)
- 4) NOSHIRO, S. and SUZUKI, M.: Vegetation of the late-latest Jomon period at the Inashiki-yashiki-ato site, Saitama Prefecture, central Japan, *Jpn. J. Histro. Bot.*, 1, 11-19 (1992)
- 5) ———, ——— and YAMADA, M.: Species selection for wooden artifacts by prehistoric and early people in the Kanto plain, central Japan, *J. of Archaeological Science*, 19, 429-443 (1992)
- 6) ——— and ———: Forest development during 6,300-600 yBP (early to late Jomon periods) at the Akayama site, central Japan, *J. of Plant Research*, 106, 256-277 (1993)
- 7) BAAS, P., ALFONSO V.A., CARLQUIST, S., CHIMELO, J. P., CORADIN, V. T. R., DETIENNE, P., GASSON, P. E., GROSSER, D., ILIC, J., KURODA, K., MILLER, R. B., OGATA, K., RICHTER, H. G., WELLE, B. J. H. T. and WHEELER, E. A.: IAWA list of microscopic features for hardwood identification, *IAWA Bull.* 10, 219-332 (1989)
- 8) FUJII, T.: Application of resin casting method to wood anatomy of some Japanese Fagaceae species, *IAWA J.* 14, 273-288 (1993)
- 9) 藤原 健：広葉樹木部繊維の分化中における伸長成長と繊維形態の変化 (第1報)，木材学会誌，39，509～513 (1993)
- 10) ———：広葉樹木部繊維の分化中における伸長成長と繊維形態の変化 (第2報)，木材学会誌，39，1 219～1 225 (1993)
- 11) FUJISAWA, Y., OHTA, S., NISHIMURA, K. and TAJIMA, M.: Wood characteristics and genetic variations in sugi I, Clonal differences and correlations between locations of dynamic moduli of elasticity and diameter growths in plus-tree clones, *Mokuzai Gakkaishi*, 38, 638-644 (1992)
- 12) ———, ——— and ———: Wood characteristics and genetic variations in sugi II, Variation in growth ring components among plus-tree clones and test stands, *Mokuzai Gakkaishi*, 39, 875-882 (1993)

- 13) 藤沢義武, 太田貞明, 西村慶二, 戸田忠雄, 田島正啓: スギの材質と遺伝 (第3報) 精英樹クローンによるヤング係数に関する要因別変動の評価, 木材学会誌, 40, 457~464 (1994)
- 14) 中川伸策: 枝打ちと陽光量がトドマツ材の年輪構造に及ぼす影響, 林試研報, 345, 81~100 (1987)
- 15) 太田貞明: 樹木年輪の研究と年輪から見た日本の小氷期, 地理, 古今書院, 37, 49~55 (1992)
- 16) 岡田直紀, 太田貞明, 佐々木昭: 樹木硫黄の安定同位体比, 環境科学会誌講演要旨集, p. 163 (1993)
- 17) ———, 平川泰彦, 藤原 健, 高田克彦: 立木の非破壊水分測定への $\gamma$ 線の応用, 43回木材学会大会要旨, p. 463 (1993)
- 18) 末吉修三, 斎藤寿義, 葉石猛夫: 木質床板への接触による熱伝導 (第1報), 熱流密度による木質床板の断熱評価, 木材学会誌, 33, 367~375 (1987)
- 19) ———, ———, 星 通: 木質床板の軽量衝撃音 (第1報) 木質床板の緩衝性と軽量衝撃音との関係, 林試研報, 352, 97~111 (1988)
- 20) ———, ———, ———: 軽量衝撃に対する木質床板の緩衝性, 木材工業, 43, 112~116 (1988)
- 21) 葉石猛夫, 末吉修三, 斎藤寿義: 木造試験住宅の温熱的性能 (第2報) 暖房時における木造住宅とPCコンクリート造住宅の温熱的特徴, 林試研報, 345, 15~42 (1987)
- 22) 鈴木養樹, 平井信之, 池田正行: 木材の圧電緩和 (第1報) 圧電緩和に及ぼす樹種および微細構造の影響, 木材学会誌, 38, 20~28 (1992)
- 23) 黒田尚宏, 鈴木養樹, 三輪雄四郎: 生材状態における直流印加電圧反転後の電流特性, 42回木材学会大会要旨, p. 115 (1992)
- 24) 鈴木養樹, 斎藤寿義, 井上 衛, 長尾博文: 電気抵抗式含水率の指示に及ぼす無機塩の影響, 木材工業, 48, 369~372 (1993)
- 25) 黒田尚宏, 堤 壽一, 渡辺洋徳: 水中に貯蔵されたカラマツ材の空気透過性と組織・構造, 木材学会誌, 36, 602~608 (1990)
- 26) 鈴木 養樹: スギ材およびカラマツ材の横方向の空気透過性, 41回木材学会大会要旨, p. 69 (1991)

## 木材加工技術分野

各種木製品の製造において必要とされる加工技術を大きく分けると、製材、乾燥、刃物による切削加工、接着剤を用いた集成加工になる。使用される原木の樹種の多様化が進み、その品質は低下するにもかかわらず、製品の製造においては高い製造能率及び製品品質と低価格が要求される。これらの要求に対応するためには、使用される材料の特性及び目的とする製品に応じた効率的な加工技術の開発が必要とされる。最近10年間における木材の加工技術に関する研究の概要を述べると次のようになる。

### 1. 製材

製材機械及び帯鋸歯の改良・開発: 製材における生産性を高め、挽き材精度を向上させるために、メカトロニクス技術の導入をはじめとするより高性能な製材機械・装置の開発が必要になる<sup>1)</sup>。また、これまであまり使用されていなかった重硬材や各種木質材料等の新しい材料を加工するためには、耐摩耗性等の性質の優れた帯鋸を開発しなければならない。製材機械の開発については、角材とチップを同時に生産するための機械(チップキャント)を開発した。機械の開発に当たっては、角材及びチップの製造能率を低下させずに主製品である角材の品質を向上させることに重点を置き、特に角材表面に生ずる逆目ほれを抑制するための刃物の設計を行った<sup>2)</sup>。なお、帯鋸機械に対しては高速、高精度の挽き材がますます要求されるようになってきており、このような要求に耐えられるような耐摩耗性に優れた帯鋸の開発とその鋸断性に関する研究が必要とされる。この問題を解決するため、挽き材における帯鋸歯の寿命の延長を目的として開発された新しい歯先処理帯鋸について鋸断性試験を行

い、従来から多く使用されてきたステライト熔着帯鋸との比較試験を行うことによりその効果を明らかにし、実用化への道を開いた<sup>3-5)</sup>。

効率的な製材生産方式：国産材を対象とした製材工場の効率的な工場運営を行い、国際競争力を高めるためには、使用される原木の形質や工場規模等に適した設備、工程、生産技術の調和が要求される。国産材の中でも代表的な樹種であるスギ材を対象とする製材工場の効率的な生産方式を求めするために、階層、地域別の製材工場の調査、原木及び製材品の流通調査、関連する木材工業の調査等を通じて得られたデータの分析を行うことにより、原木の形質、工場規模、経営戦略などに応じた最適製材生産方式の提案を行った<sup>6-8)</sup>。また、スギ一般材の利用拡大を図るため、製材業を中心とする地域木材産業のシステム化等について具体策を提案した。なお、これらの一連の研究の延長として、現在製材生産管理に関する研究、つまり作業改善と作業の標準化、機械の効率的な稼働方式、効率的な生産スケジュール等に関する研究を行っている。

製材における最適木取り・最適加工条件：国産針葉樹造林木の効率的な製材方式を確立するには、原木形質別の高歩止まり、高品質、低コスト化を達成するための木取り技術及び最適木取りを目指したコンピュータ制御による自動製材技術の開発が必要になる。これに対応するため、挽き材試験により原木の形質と歩止まり及び形量歩止まりの関係を明らかにした。この研究から得られた成果は、製材における原木の形質別木取り方法のパターン化及びコンピュータ制御の自動製材方式、さらに効率的な生産ライン等についての検討を行う場合の基礎資料として役立てることができる<sup>9-10)</sup>。また、経済的に最適な帯鋸速度の設定方法について検討し、その基礎となる理論を構築した。つまり、帯鋸の寿命方程式を生産評価関数に組み込むことにより、鋸歯の摩耗特性と帯鋸交換時間を考慮した経済面からみた最適帯鋸速度の設定方法を明らかにした<sup>11-13)</sup>。

## 2. 乾燥

木材の高周波加熱式減圧乾燥：従来から最も多く採用されてきた熱風乾燥に代わる乾燥方法として減圧乾燥が注目され、その特徴として乾燥速度が速く、乾燥材の損傷が少ない点が挙げられる。ただ、設備費が高く、運転経費が高い欠点があり、採用条件に問題があるが、建築用材を大量に乾燥処理する場合、あるいは乾燥が困難な厚板を低コストで乾燥する場合の処理条件を明らかにし、実用化への道を開いた<sup>14-16)</sup>。

コンピュータによる乾燥操作の自動化：木材の乾燥操作はこれまで含水率計によって行ってきたが、含水率計を乾燥室内で正確に、安定して作動させることができないため、乾燥装置の自動化を進める場合のネックになっていた。木材乾燥装置の自動化を図るためには、適切な制御用情報の選択とそれに必要なセンサーの開発が不可欠である。これまで乾燥応力や乾燥に伴って発生するひずみを測定するためのセンサーを含めて、タイプの異なる数種類のセンサー試作し、その性能を検討してきた。なお、これまで多くの樹種について乾燥スケジュールを作成してきたが、そのうち南洋材については一定の形式に類型化して整理し、コンピュータに入力して乾燥操作の自動化が図れるようにした<sup>17-18)</sup>。

建築用針葉樹材の乾燥：建築用の乾燥材の需要が多くなっているが、これまで針葉樹材の乾燥の歴史は浅く、乾燥技術面でも未解決な問題があり、その供給が円滑に行われていなかった。この問題を解決するため、現在多く採用されている蒸気式乾燥法及び除湿式乾燥法について乾燥コストの積算を行うことにより乾燥に要する経費を低減させるための方法を検討し、さらに樹種や材種別の標準的な乾燥方式を明らかにした。なお、針葉樹材の中でも国産の主要な樹種であるスギの乾燥が非常に難しいことが分かり、現在引き続いて高温乾燥や高周波減圧乾燥法などの方法も含めてスギ材に対する効率的な乾燥法を検討している<sup>19-22)</sup>。

### 3. 切削加工

カッタによる成形加工：短尺材，あるいは節や腐れ等の欠点部分を切断して取り除いた短い板材から無欠点の長尺材を製造する技術にフィンガー加工がある。これまで接合強度に対する信頼性が低く，たてつぎ材を構造用材として使用する場合問題があったが，接合強度のばらつきを小さくするとともに，その強度を高めるための研究を行い，実用上支障のないレベルまでの技術を確立した<sup>23-24)</sup>。また，コンピュータによって制御された木材加工機械の中でもルータは家具製造をはじめ多くの分野で使用されているが，ルータを使用して曲面加工を行う場合のコンピュータプログラムを作成し，さらに多様な材料の加工における加工精度及び加工面の品質向上に対する適正加工条件を明らかにした<sup>25)</sup>。

針葉樹単板製造：日本においてこれまで合板製造に使用されてきた原木は南方産の広葉樹であるが，森林資源の有効利用の見地からみれば針葉樹造林木への材料転換が望まれる。しかし，南方産広葉樹材と比較すると針葉樹合板は製品品質及び製造歩止まりの低下が大きく問題がある。主要な南方産針葉樹造林木及び国産針葉樹材について，合板の品質及び歩止まりを大きく左右する単板の適正条件を明らかにし，合板製造に利用できる樹種の拡大を図った<sup>26-28)</sup>。

### 4. 集成加工

集成接着技術の高度化：未利用の低質小径の国産材から，効率よく，安定した品質の材料を製造するための技術開発の一環として，スギ，ヒノキ，アカマツ等の小径木からの単板の高速接着法を開発した。つまり，これらの材から得られた単板を乾燥し，接着剤を塗布した後積層し，熱圧及び高周波加熱したところ，両方式の併用による接着時間は熱圧だけの場合の1/3～1/5に短縮できた。また，スギやヤナギの50mm以下の小径木を割裂し，細片化してストランドにし，乾燥，接着剤散布，積層成形後熱圧及び高周波加熱圧縮したところ，製品(SST)の歩止まりは90%となり，その強度も製材品の2～3倍程度を示した<sup>29-32)</sup>。

大断面部材の集成加工技術の開発：大規模な木造建築物に用いられる柱，梁，床版等の大きな断面の部材を，比較的径の小さな国産材から製造する目的で実験を行い，次の成果を得た。ホットプレス等で加熱した挽き板と接着剤を塗布した挽き板を交互に積層して直ちに圧縮することにより，従来1昼夜要していた接着時間を10～20分間に短縮することができた。また，大断面部材の端部に鋸で幅2～3mmのスリットを多列加工し，このスリットにエポキシ樹脂接着剤を塗布したFRP板を挿入することにより部材同士を接着・接合したところ，大断面部材を剛性及び強度を低下させることなく接合できることが明らかになった<sup>33-36)</sup>。

集成加工材の信頼性の評価：構造用縦継ぎ材，構造用単板積層材，構造用集成材，複合集成材，2～4プライ積層材，集成材用ラミナ，OSB，PB，MDFなどについて，実大曲げ，引張り，圧縮，せん断，水平せん断，衝撃，接合強度，疲労等の試験を行い，その強度発現機構と強度分布特性を明らかにし，また強度分布を予測するための確率モデルやモンテカルロシミュレーションを開発した<sup>37-41)</sup>。

(木下 敏幸)

## 文 献

- 1) 村田光司：丸太形状の自動計測，木材工業，42(6)，43～44(1987)
- 2) 藤原勝敏：小径木用チップキャンタにおける逆目ぼれの抑制，林試研報，345，43～80(1987)
- 3) 村田光司ほか：熱帯造林木の材質，林試研報，347，149～155(1987)
- 4) ——ほか：新しい歯先処理帯鋸の鋸断性(第1報)，(第2報)：木材学会誌，39(11)，1 231-1 238，

1 239 ~1 245 (1993)

- 5) ——— : Sawing properties of band saw with various tooth materials. IUFRO, Voluntary Paper, All-Division 5 Conference, Nancy, France, 1-11 (1992)
- 6) 西村勝美 : 製材工場の標準レイアウト, 木材工業の標準的レイアウトに関する報告書, 全国木工機械工業会, 7~36 (1987)
- 7) ——— : 加工技術面からのスギ並材需要拡大の課題, 山林, 1 275, 21~27 (1990)
- 8) ——— : 国産材製材の低コスト化について, 林業コスト問題の現状と展望, 森林総研研究会報告書, 11, 152~165 (1993)
- 9) 村田光司ほか : スギ中丸太の製材, 木材工業, 44(1), 13~18 (1989)
- 10) ——— ほか : スギ全幹材の製材歩止まり, 木材工業, 46(2), 72~77 (1991)
- 11) 藤原勝敏 : 高効率帯鋸製材のための条件整備と実用的帯鋸速度の設定, 木材工業, 44(10), 12~16 (1989)
- 12) ——— : 帯鋸速度制約条件下における単一工程製材の経済的最適化解析, 木材学会誌, 35(3), 197~200 (1989)
- 13) ——— : 多段分岐型製材システムの経済的最適化, 木材工業, 49(5), 214~218 (1994)
- 14) 久田卓興, 齋藤周逸 : スギ正角・平割の高周波減圧乾燥, 37回木材学会大会要旨, p88 (1987)
- 15) 齋藤周逸, 久田卓興 : 心持ち柱材の急速乾燥, 41回木材学会大会要旨, p.365 (1991)
- 16) 久田卓興 : 高周波加熱減圧乾燥による乾燥材の大量供給法, ウッドミック, 11(10), 34~36 (1993)
- 17) ———, 佐藤庄一, 鷺見博史 : 南洋材乾燥スケジュールの類型化, 林試研報, 340, 121~167 (1986)
- 18) 小林 功, 久田卓興 : 乾燥過程における木材の表面ひずみの検出, 43回木材学会大会要旨, p. 217 (1993)
- 19) 鷺見博史, 久田卓興 : 産地の木材乾燥, 林業改良普及双書, 109, 22~85 (1992)
- 20) ——— : 木造建築における木材乾燥の役割, 木材工業, 47(5,6), 200~206, 255~260 (1992)
- 21) 久田卓興 : 建築用針葉樹材の乾燥, 木工機械, 157, 9~12 (1992)
- 22) ——— : 建築用木材の乾燥コスト, 森林総研研究会報告, 11, 142-151 (1993)
- 23) 星 通 : 加工材の保証荷重による品質評価手法の開発, 農林水産技術会議事務局研究成果, 253, 36~48, (1991)
- 24) ———, 林 知行 : 構造用たてつき材の強度特性 (第1報), 木材学会誌, 37(3), 194~199 (1992)
- 25) 小松正行 : ルータビットにおける外周切削の刃角条件と切削性能 (第1報) (第2報), 木材学会誌, 39(6), 628~635 (1993), 40(2), 134~141 (1994)
- 26) 木下敏幸, 高野 勉 : 針葉樹材のロータリー単板切削 (第1報) ~ (第4報), 森林総研研報, 356, 63~86 (1989), 356, 87~132 (1989), 361, 17~35 (1991), 362, 143~154 (1992)
- 27) 高野 勉, 木下敏幸 : 針葉樹単板の品質に及ぼす年輪及び含水率の影響, 木材工業, 47(1), 14~19 (1992)
- 28) ———, ——— : スギ単板面粗さに及ぼす仮道管径および細胞壁厚の影響, 木材学会誌, 39(5), 514~520 (1993)
- 29) 藤井 毅, 林 知行, 宮武 敦 : 軸材料 (LVL) の製造技術, 研究成果, 220, 55~77 (1989)
- 30) ———, ———, ——— : 高周波・熱圧併用法によるLVL製造, 木材工業, 43(12), 20~25 (1988)
- 31) ———, 宮武 敦 : SSTの製造と性能 (I), 43回木材学会大会研究要旨, p.552 (1992)
- 32) ———, ——— : 割裂片積層材・製造方法・機械, 日, 米, EC, マレーシア, インドネシア特許出願審査中
- 33) ———, ——— : 高速接着に関する研究 (I), 39回木材学会研究要旨, p. 200 (1989)
- 34) 宮武 敦, 藤井 毅 : FRP板挿入ガセット接着接合 (I), 42回木材学会研究要旨, p. 265 (1991)
- 35) 藤井 毅, 宮武 敦 : 表面加熱による高速木材接着法, 日, 米特許取得
- 36) ———, ——— : 木材接着接合法と接合構造, 日, 米特許取得, EC特許出願審査中
- 37) 林 知行, 宮武 敦 : Z プライ積層材の強度特性 (第1報) (第2報), 木材学会誌, 38(11), 1 026~1 034 (1992), 39(9), 980~984 (1993)
- 38) ——— : 構造用LVLの引張強度分布, 材料, 41(2), 115~120 (1993)

- 39) ————：構造用 LVL の曲げ強度分布，木材学会誌，39(9)，985～992 (1993)
- 40) ————，宮武 敦：機械等級区分されたラミナで構成されたスギ集成材短柱のたて圧縮強度，材料，42(2)，138～141 (1994)
- 41) ————，———，長尾博文：構造用 LVL 短柱の圧縮強度特性，木材工業，49(6)，264～268 (1994)

### 木材構造的利用分野

木造建築をめぐる状況が昭和62年を境に大きく変化し始めた。昭和60，61年のMOSS協議を経て62年に建築基準法が改正され，3階建て木造建築が可能となった。これは，石膏ボードを多用するツーバイフォー工法（枠組壁工法）の耐火性を前提とした改定であった。

平成元年にはスーパー301条項適用問題が生じ，「建築基準に係わる日米林産物専門家会合」による協議が始まり，平成2年に合意をみた。その主たる内容は，①枠組壁工法の技術基準に構造計算規定を入れ，設計の自由度を拡大する，②防火性能の高い大断面木造建築物及び枠組壁工法建築物を簡易耐火建築物に位置づける，③内装の制限をうける居室の壁に木材の使用を認める，④防火，準防火地域以外で，木造3階建て共同住宅を認める，などである。大断面木造や枠組壁工法の建築物を簡易耐火建築として認めるなど，長年壁となって存在した建築基準が木造に門戸を開いた，と評価される大きな出来事であった。

これらと関連して，昭和62年以降，製材規格改定の動きが始まり，構造用製材規格が生まれた。従来は用途の規定がなく，断面形状，節，木理などの評価による規格から，構造用途に基づく規格への移行を意図したものである。構造的利用の基となる木材資源をめぐる環境も大きく変化し，世界的にも大径木の供給は望めなくなった。地球環境保全のための持続可能な森林経営という認識が広がって，南洋材を始め木材輸出国は丸太輸出の規制を強化し始めた。優良大径材の逼迫は，針葉樹合板や集成材の利用拡大となって現れ，構造用途において集成材利用はいまや市民権を得たといつてよい。従って，スギ材をはじめ我が国の針葉樹中小径木の集成的利用を推進する必要性はますます高まってきている。

この状況に対し，構造利用科は，昭和63年の組織改変をはさみながら，62年以降，技術会議の特別研究3課題を連続して担当し，木材のエンドユースに直接間接的に結びつく研究を推進してきた。

これら社会の要請を反映した特別研究を中心に，主だった研究成果を要約すると以下のようであった。

#### 1 特別研究「国産針葉樹中小径材の構造部門への新利用技術開発」

この研究の目的は，大中型建築物に対応できる構造部材など多様な需要に答えるため，新しい品質評価手法による国産針葉樹中小径木の強度の保証，防耐火性能の向上を図り，信頼性の高い構造部材を提供する技術の開発である。研究の内容は，1)材料の品質評価と品質保証のための新技術開発，2)構造部材の開発と新評価法の確立，の2本立てで構成された。

1)の主な成果：①スギ，ヒノキの製材のヤング係数は静的・動的両方法で同一値が得られ，このヤング係数から縦引張り，圧縮強度も推定できた<sup>1)</sup>。②超音波伝播速度，弾性波伝播，及びピン打ち込み深さから強度を推定するのは困難であった<sup>2)</sup>。

2)の主な成果：①釘接合は初期剛性がドリフトピン接合に比べて極めて大きい，剛性が時間経過とともに減少する傾向を持ち，ドリフトピン接合は剛性低下は少ないことが分かった<sup>3)</sup>。②接合金物を木材で被覆することで，接合部の耐火性能を飛躍的に向上させることができた。ボルト穴を充填する上で発泡性ケイ酸ソーダ系無機

接着剤が効果があった。③接合具の許容耐力と荷重—変形曲線、構造部材の設計法をマニュアル策定した<sup>4)</sup>。昭和62年に建築基準法が改正され、木造建築物が法的に構造計算できるようになったが、計算の基礎にそのマニュアルが取り入れられた。

この特研で明らかになった問題点は、集成材の品質と価格の競争が激化している折から、表面熱盤加熱方式による効率的な集成材製造システムの確立が望まれることであった。モーメント抵抗接合の場合は、許容設計法の確立、長期載荷性能の定量化、などの必要性が認識された。

## 2 特別研究「木質系新素材による高強度・高耐久環境調和型架構技術の開発」

平成2年から4年にかけて、前記特研には構造利用科の材料性能研、接合研、構造性能研の3研究室が参加した。本特研の研究目的は、国産針葉樹人工林材の需要拡大を図るため木材使用量が多量と見込まれる大建築物や橋梁等の大架構構造物を対象に、高強度・高耐久性の付与を目的とした素材加工、防腐、接合技術、完成後の維持管理のための非破壊評価法など、木構造の性能を一層向上させる大架構技術を開発することであった。

主な研究成果は以下の通りであった。①大断面素材の曲げ破壊係数に及ぼす断面形状の影響として、丸太、たいこ材 (edgewise)、たいこ材 (flatwise)、正角との間に、1.0, 1.0, 0.92, 0.82の関係が得られた。丸太・たいこ材は製材品に対して約20%大きい設計強度を持つことが分かった<sup>5)</sup>。②集成材に設けたスリットに孔明け鋼板を挿入し、エポキシ樹脂接着剤を流し込んで集成材—鋼板間を3次元的に接合するハイストレングスティンバージョイント (HSTJ) を開発した。曲げ強度の接合効率率は樹脂ダウエル数の増加に比例して向上した。③合板を集成材枠材にポリウレタン樹脂で釘打ち接着したダイアフラムは、釘打ちだけのダイアフラムに比べて最大応答荷重で10%高く、最大応答変位は30%小さく、2～3回の地震にも弱体化しない高強度のダイアフラムユニットになった<sup>6)</sup>。以上のうち、大断面素材の強度の確定は大規模木構造の構造部材としての用途を開くデータとして貴重であり、平成5年度研究成果発表会でも報告された。また、モーメント抵抗接合を基本原理とするハイストレングスティンバージョイントは、現場施工性が優れた高強度接合法として木橋の継手接合部への適用性が高いものと評価され、その成果は日本で初めて完成した20tトラック通行可能な集成材の一等橋に活かされた<sup>7)</sup>。

## 3 特別研究「居住性向上のためのハイブリッド部材に関する研究」

接合研、構造性能研、及び昭和63年10月構造利用科に新設された木質環境研の3研究室に、他部3研究室と大学が参加して、平成5年(～7年)から前記特研がスタートした。

本特研の目的は、前述のスーパー301条項の発動を契機とする日米林産物協議の結果、建築基準法で規制されていた木造3階建共同住宅の建設が認められたことを踏まえ、主に木造住宅の「遮音性向上」を図る研究である。すなわち、既存の工法による木造住宅では、コンクリート住宅と比較して遮音性をはじめとする居住性の面で問題があると危惧されることから、構造性能研、接合研、木質環境研の3研究室は、①床構造のたわみ低減化技術の開発、②接合部の振動減衰機構の解明、ハイブリッド部材の振動・遮音予測手法の開発、③ハイブリッド床の蓄熱特性の解析、④ハイブリッド部材の歩行安全性向上技術の開発、⑤ハイブリッド構造床開発、⑥ハイブリッド構造システム開発のためのマニュアル作成等の課題に鋭意取り組んでいる。

その他では、コンクリート集合住宅のダニアレルギー問題が端緒でブームとなった床板の騒音対策として、床板の遮音メカニズムを解明し<sup>8)</sup>、今日の遮音床板の隆盛に寄与したこと、コンクリート・木造等の早朝の室温変化の評価のため理論的根拠のある簡単な現場測定法を開発し、それが居住性改善の指針となり得ること<sup>9)</sup>、住宅の床下の高湿度化が廃材粒状木炭の施用によって防止されること<sup>10)</sup>等の成果が木質環境研によって得られた。

(葉石 猛夫)

## 文 献

- 1) 中井 孝, 田中俊成, 長尾博文, 三好誠治: 実大材における動的ヤング係数と静的ヤング係数との関係, 40 回木材学会大会研発表, p.384 (1990)
- 2) 田中俊成, 中井 孝, 長尾博文, 近藤和幸: 各種非破壊試験によるヒノキ正角の曲げ・縦引張・縦圧縮強度の推定, 40回木材学会大会研発表, p.40 (1990)
- 3) 川元紀雄, 金谷紀行: スギ集成材におけるドリフトピン接合部の耐力, 建築学会学術講演梗概集C, 99~100 (1988)
- 4) 小松幸平: 建設省総合技術開発プロジェクト新木造建築技術の開発—モーメント抵抗接合技術, 建築研究所(所収) 622~626 (1990)
- 5) 中井 孝, 長尾博文, 田中俊成: スギ中径丸太の強度性能に及ぼす含水率の影響, 42回木材学会大会要旨, p.140 (1992)
- 6) 神谷文夫, 杉本健一ほか: 木質ダイアフラムに関する研究 (1~9), 建築学会学術講演梗概集C, 97~114 (1992)
- 7) 小松幸平, 川元紀雄, 原田真樹: 木構造のための高強度・高靱性接着接合法の開発(1), 日本建築学会学術講演梗概集(新潟)C分冊, 63~64 (1992), 日本住木センター編著(小松幸平, 鈴木憲太郎): 「木橋設計施工の手引き」, ぎょうせい, (1995)
- 8) 末吉修三, 斎藤寿義, 星 通: 軽量衝撃に対する木質床板の緩衝性, 木材工業, 43, 112~116 (1988)
- 9) 葉石猛夫, 末吉修三, 外崎真理雄: 外気温低下時における室温変動率の推定, 木材学会誌, 38(1), 6~12 (1992)
- 10) 中野達夫, 葉石猛夫: 木炭の床下湿度調節機能, 木材ノート, 16, (1992)

## 林業経営部門

昭和60年のプラザ合意とその直後に始まった急速な円高の進行, 高度経済成長による世界一の人件費, バブル経済の崩壊, 国連環境開発会議, ガット・ウルグアイ・ラウンドの合意, 第二次産業を主とする生産拠点の海外移転等, 国際的な経済と環境保全の進行の荒波を受けた過去10年であった。都市部への産業・人口の集中と農林業生産活動の停滞が引き続いたにもかかわらず, 森林の持つ公益的機能の発揮に対する国民の多様な期待は増幅した。すなわち従来の木材生産機能を重視した森林管理にかかわる研究よりも, むしろ国民の生活環境や文化資源として, 又, 生物資源としての機能を考慮した新しい森林管理にかかわる研究が強く求められた。

このため森林資源及び森林環境に関する各種の情報をデジタルデータとして効率的に収集処理するシステムの研究を促進するとともに, 資源の変動を観測モニタリングする技術, 及び森林の消失のモデリングを行いつつ予測する技術の高度化にかかわる研究を深化させた。また, 植生図の作成等面的な森林調査には従来から航空写真を用いてきたが, 各種地球観測衛星の出現により広域同時観測能と周期性に優れた衛星リモートセンシングを利用した森林監視技術を確立しつつあり, このうち森林位置図や伐採地の把握については実用化レベルにあること, さらにGISやGPSとの融合による利用技術の向上, 開発途上国への研究協力や国際的なデータベースの構築等の研究に成果がみられた。また, 森林の快適性の評価やレク利用に伴う森林管理方式のあり方, 開発と保全の合意形成法など多面的な機能発揮のための総合的な森林利用計画方式の確立に向けた研究を進展させた。

一方, 国際化の進展による安価な外材の大量輸入により国産材が従前にも増して厳しい状況に追い込まれ, またそれに連動した立木価格の低下に象徴されるように林業・林産業の経営の収益性, 生産コストは危機的状況を呈し始めた。当面する問題として, 後継者不足, 森林の不在村所有者の急増, 不採算・無関心による放置森林の

増加等に見られるように、生産活動の停滞が森林・国土・環境保全等の機能低下に及ぼす影響が懸念され始めた。このため「国産材時代」を現実のものとする支援研究として、林業生産及び経営情報のデータベース化にかかわる研究及び労働力・林政・木材需給構造の変化にかかわる研究を進行させるとともに、森林・林業・木材産業の活性化を図り地域の社会・経済条件に適合した持続的な「流域管理システム」を確立させるための総合的・体系的な研究を開始した。

(高田 長武)

## 森林の総合的利用計画分野

### 1 森林の調査・モニタリング

昭和60年代はランドサット TM, MOS1, SPOT, SAR, NOAA のような新規衛星が次々に開発され、その性能・精度の検討や適用範囲の研究に集中した時期であった。その背景としては、熱帯林の破壊、地球温暖化など地球規模での問題が表面化し、その観測・モニタリング技術の開発が求められていることがあった。各種のプロジェクト研究が実行されたが、「アセアン諸国とのリモートセンシングの応用の共同研究」(昭和61～63年度)は我が国が初めて行った海外協力プロジェクトとして画期的なものであった。マレーシア半島では森林型区分ではランドサット TM が SPOT 衛星より精度がよいこと、ノア衛星によりマレー半島の蒸発散能を推定する方法を開発したことなどの成果があった。またリモートセンシングデータと既存の各種の地理情報(地形、地質、降雨量、流域界)を重ね合わせて熱帯林の環境特性を解析し、現在の地理情報システム(GIS)の基礎を築いたといってもよく、その後焼畑による森林劣化の地帯区分、ランドサット TM を用いた森林位置図の更新手法などを開発した。<sup>1)</sup>この研究の成果を受けて林野庁の熱帯林管理情報整備事業が開始されている。

引き続き行われた「熱帯林の変動とその影響の観測研究」(平成2～11年度)ではタイの落葉樹林にリモートセンシング技術を適用した場合の解析、また「マイクロ波センサーデータ利用によるリモートセンシングの高度化」(平成4～6年度)では、雲を透過できる合成開口レーダ(SAR)を用いた森林資源・環境の解析を進めた。北方林への関心も高まり、温暖化に伴う植生変動の研究が進んでおり、シベリアでは、「シベリア凍土地帯の植生研究」(平成3～5年度)で森林植生の分類手法を、また「北極域における気圏、水圏、生物圏の変動と相互作用」(平成2～6年度)では、フィンランドで植生変動の解析手法を開発した。<sup>2)</sup>「アジア太平洋地域の温暖化対策モデル」(平成3～5年度)では、太平洋地域の森林消失モデルの研究を行い、ノアの植生指数データをはじめ、FAO, NDGC などの土壤図、標高データのほか、人口、伐採、山火事のような社会的な要因を組み込んだモデルで、いくつかのシナリオのもとに予測している。

一方国内では、リモートセンシングと GIS の融合化の技術開発で成果があった。台風の前後2時期の MOS・MESSR のデータを用いて、これに国土数値情報(標高、市町村界)を重ね合わせ、市町村別や傾斜方位別の被害度を分析する方法を開発した。<sup>3)</sup>また特定研究「森林資源環境の維持管理支援システムの開発」(平成2～6年年度)では、次期森林資源調査システム構築をめざしてリモートセンシング技術と GIS を融合した環境アラームシステムを開発した。これは2時期のデータを用い、土地分類と植生指数の分類によりスコアを算出し、三段階の森林変化を予測し、一種のアラーム(警告)を発するものである。地上調査ではバイオマス利用可能量の評価法の開発や、回転カメラやメジャリングカメラによる新しい森林計測システムの開発が進んだ。

### 2 森林の動態解析

研究および実用的な両面からみて、80年代にスギ、ヒノキ、カラマツなど主要樹種の国有林、民有林別の密度

管理図がソフト開発により全国規模で作成されたことは特記すべきことであろう。これらの密度管理図は現在でも施業指針、収穫予測、森林計画など広範に使用されている。この密度管理図は下層間伐を前提としているが、実際の林分に適用した場合の特徴や問題点についても解析が進められた。生態的な視点に基礎をおき、平均直径、平均樹高など平均値レベルの指標を用いた林分の成長予測方法のコンピュータ化とシステム化の研究はこれで一定の集大成を行ったと見てよい。

一方理論的なモデルの深化もみられる。単木、林分レベルでの森林成長モデルに生態的な要素を取り入れた、また間伐方法の変化に対応できるモデルを開発した。すなわち単木レベルでは、パイプ理論を数式化した幹形変化のモデルを、また林分成長では密度管理を入れた間伐方法に応じた微分方程式のモデルを開発した。<sup>4)</sup>また複層林については、平2年技術開発課題では国有林に所在する二段林の全国規模での実態（樹種構成、設定目的、施業経過、地況、林分内容）を明らかにするとともに、全支所共同のもとに複層林の成長予測モデルの開発を行った。<sup>5)</sup>

成長予測や収穫集計の基礎となる材積表及び利用材積表に関して、集大成的な研究が行われた。<sup>6)</sup>従来材積は、直径や樹高から回帰式により求めていたが、幹曲線を用いて材積、利用材積を算出する新しい方法が考案され、材種別の素材（丸太）材積が求められるようになった。これと並行して重点基礎研究「数理モデルによる林分成長の樹種別地域特性」（平成3年度）が全支所共同のもとに行われた。これは密度管理図と異なり、ワイブル分布、レスリーモデルなどによる直径分布の当てはめの手法を用いて樹種別の林分成長の地域特性を明らかにした。このような研究を背景に、地域の素材供給予測システムの研究<sup>7)</sup>が実行に移された。この研究は今までの研究の総決算ともいえるべきもので、地位指数曲線、幹曲線による利用材積表、林分成長へのワイブル等の直径分布の当てはめ、素材の供給予測などの手法が関連づけられた。

### 3 環境保全を重視した計画管理手法

アメリカ、カナダなど先進諸外国の環境保全計画制度について、多角的な解析を行った。例えば、アメリカの環境保全制度であるRPA法（Renewable Resources Planning Act）や森林の量的な規制の一つであるMPS（譲渡性開発制度）をはじめ、アメリカ、カナダで行われている伐採制限、択伐を主とした施業の動き、斑フクロウなど野生生物保護の動きに伴う森林規制の仕組みを明らかにした。<sup>8)</sup>「農林水産業の持つ国土資源と環境の保全機能及び維持増進」（昭和58～61年度）では環境保全に関する諸機能を総合化する手法の研究を行ったが、その後森林景観、アメニティの機能評価にAHP法を用いた手法を開発するとともに、都市近郊等レクリエーション林の森林管理方式の研究を進めている。<sup>9-10)</sup>

施業、特に主間伐の意志決定のための人工知能の応用研究が科技厅の重点基礎「間伐計画のための知識ベース構築手法の基礎研究」（平成4年度）で試みられた。<sup>11)</sup>主間伐林分の摘出手法、個々の林分での成長予測、伐出経費予測のそれぞれの分野でエキスパートシステムを適用するもので、プロトタイプ的な支援システムであるが、続いて行われている重点基礎「ニューラルネットワークによる森林計画の手法開発」（平成6年度）とともに、森林計画の分野での今後の先端的先導的な技術開発研究の先例として注目される。資源計画科3研究室が共同で行った「森林資源環境の維持管理支援システム」では地域の森林資源及び環境の維持管理のためのデータベース化手法が検討され、各種情報の収集方法と格納、利用方法が明らかになり、各種の支援システム（①森林及び環境変化に対するアラームシステム、②GISを利用した木材供給予測支援システム、③景観評価支援システム、④野生生物保護地域設定支援システム）のプロトタイプが完成した。

森林資源のデータベース化手法の点では、林野庁が57年から行った広葉樹賦存量調査データをデータベース化

し、地図情報を用いて全国の主要な樹種別の蓄積や樹種割合を示した研究が完成した。<sup>12)</sup>またパソコンによる全国の収穫試験地のデータベース化が現在指定研究で支所協力のもとに行われている。林野庁が行っている酸性雨モニタリング事業に当たって、その基礎となるデータベース、特に行政界、海岸線などの国土数値情報を取り入れた地理情報システムを構築した。このシステムは、現在も継続して使用されており、全国の調査地点の pH、衰退度などの各種計測値の図化、解析に有効に活用されている。

(西川 匡英)

## 文 献

- 1) SAWADA, H., NAKAKITA, O., AWAYA, Y. and Khali Aziz Hamzah : Development of monitoring system for tropical rain forest management in the Peninsula Malaysia, IGARSS, 1 153~1 156 (1991)
- 2) AWAYA, Y., HAME, T. and TANAKA, N.: Vegetation change detection for mapping the effects of global climatic change: A test case in northern Finland using Satellite remote sensing., Jour. of Agri. Meteolo., 48(5), 839~842 (1993)
- 3) TAKAO, G.: Detection of the windfall damage to forests caused by the typhoons 9117 and 9119, Proc. of the 13 th Asian conference on remote sensing ,a281~a286 (1992)
- 4) 白石則彦：新たな幹曲線式の理論的導出，日林誌，71(11)，435~441 (1989)
- 5) 林野庁：複層林の収穫予測手法の開発，204pp，(1991)
- 6) 樋渡ミヨ子：幹曲線による利用可能材積の推定方法，林試研報，357，29~67 (1986)
- 7) 家原敏郎，樋渡ミヨ子，西川匡英：地域の素材供給量の予測システム (V) 経級別の丸太生産量の推定方法，97回日林論，173~175 (1986)
- 8) 餅田治之，三澤靖平：アメリカの森林・林業，225~288 (1988)
- 9) 香川隆英：里山二次林そして自然性の高い森林におけるアメニティ，造園雑誌，55(5)，(1992)
- 10) 農林水産技術会議：都市近郊樹林等森林の公益的機能の維持強化のための管理技術，158pp. (1992)
- 11) NISHIKAWA, K., MATUMURA, N. and SHIIBAYASHI, T.: Knowledge-based design for supporting forest management planning in Japan, Pro. of Integrating forest information over space and time, IUFRO, Canberra., 219~225 (1992)
- 12) MATSUMOTO, M.: Geographic estimation of broad-leaved forest resources in Japan, Proc. of Integrated forest management information systems, IUFRO, JSFPP., 330~339 (1991)

### 林業経営・経済分野

1985年から現在に至る10年間は、経済の安定成長期に続くバブル期とその崩壊に伴う不況期といった目まぐるしい変化の時代であった。そのような経済変動のもとで、経済の国際化は一層の進展をみせ農林業をはじめとする一次産業と自動車、半導体など二次・三次産業との格差が一層拡大した時期でもあった。特に、貿易収支における対米インバランスは、1985年のプラザ合意による円レートの切上後も縮小せず、引続き円高の進行をみてきた。このような経済基調のもとで、農林業についても国内市場の解放が求められるなど比較劣位にある農林業はさらに停滞を余儀なくされるとともに、農林業を基盤とする中山間地帯・市町村における人口の減少・高齢化が進展してきた。林業については、資源の成熟化にもかかわらず自給率の著しい低下にみられるように、林業就業者の減少・高齢化など林業経営体としての内実の空洞化の進展から林業生産活動は停滞の度を加えてきた。このような林業を巡る目まぐるしい環境変化のもとで、1985年代から現在に至る研究は、1980年代前半に引続く「林

業の社会経済構造の解明」に向けた、(1) 林産物の需給構造の解明、(2) 山村の経済構造の解明、(3) 林業経営構造の解明、(4) 林業政策の分析に関する研究、1988年度の林業試験場から森林総合研究所への組織改組を契機に、これまでの研究成果に立脚しつつ林業の合理的な生産・流通システムの再構築による「林業経営管理方式の確立」を目指して、(1) 林業生産のシステム化技術の開発、(2) 林業経営の組織化方策の究明、(3) 木材の需給・貿易構造の解明に関する研究を実施してきた。さらに1994年度の研究基本計画の改訂に際して、生態系や種の多様性の保続など環境保全型の「持続的な林業経営管理システムの確立」を目指した研究の枠組みを設定し、(1) システム化手法の開発・高度化、(2) 林業経営の組織化と森林管理主体の育成方策、(3) 森林資源の利用構造の経済分析、に関する研究を進め現在に至っている。

## 1 木材の需給構造

林産物の需給構造の解明については、住宅建築様式の変化に伴う木材需給構造の実態解明に関する研究のほかに、「森林資源に関する基本計画」や「重要な林産物の需給に関する長期見通し」など行政面での長期計画策定の基礎となる計量モデルの作成を目指して研究を継続してきた。このうち木材需給の予測については、GNPや建築着工戸数などを外生変数とする在来の木材需要モデルと伐採性向(減反率)による木材供給モデルとを木材価格を媒介にして新たな需給モデルを開発するなどの成果を得てきている<sup>1)</sup>。また、1980年半ば以降、我が国の木材貿易構造は製品輸入の拡大や新たな産地国の台頭など大きく変化してきた。こうした木材貿易に構造変化をもたらす諸要因を明らかにし、我が国の林業・林産業に及ぼす長期的な影響を明らかにしていくことも国内林業の振興方策を構築していくうえで極めて重要な研究課題となってきた。このため、1985年以降、環太平洋地域におけるマクロ的な木材貿易の動向を把握するとともに、主要な対日木材輸出国を中心に、森林資源の管理・利用の現状、林産物の生産量と輸出向け供給余力、対日戦略などの分析にかかわる研究を実施してきた。この研究により、カナダからの製品輸出の拡大、熱帯広葉樹の丸太輸出の減少と製品輸出の増大、東南アジア諸国での国内消費の増大といった1980年代以降の木材貿易の構造変化を明らかにしながら、今後の貿易を左右する要素として、①北米における環境問題による伐採水準の変化、②北米における内陸部への資源開発の進展、③ロシア極東地域の資源開発の進展と製品加工・輸出体制の整備の動き、④熱帯広葉樹産出国での大規模造林事業、⑤新たな針葉樹産地国(ニュージーランド、チリ)の製品加工体制の整備、⑥OBSやMDFなど低質材を原料とした製品の需要拡大、などを資料分析、現地調査などから指摘してきた<sup>2-7)</sup>。また、外材産地国における木材生産や輸出戦略は、国内における森林利用・管理の諸制度と大きくかかわりを持つことから、アメリカ、カナダをはじめとする産地国における森林・林業に関する諸制度にかかわる研究を実施し、その成果は公刊図書などとして公表してきている<sup>8-9)</sup>。なお近年の環境保全問題に対応した経済研究として、自然資源・環境などの状態を「勘定」の形式で記述し、環境保全と経済成長のつながりを明示することを目的とした「森林資源勘定策定手法の開発」に関する研究に着手し、成果を得つつある<sup>10)</sup>。

## 2 林業経営

経済及び木材貿易の国際化の進展は、零細な森林保有構造のもとで小量・分散・間断的に営まれてきた国内林業に直接的間接的に影響を及ぼし、自給率の低下に端的にみられるように、生産活動の停滞化をもたらしてきた。ここ10年間の林業経営に関する研究は、(1) 激化する経営環境のもとで林家をはじめとする個別林業経営体がどのような構造変化を余儀なくされ、その構造変化が林業生産活動にどう反映されているかといった林業経営体の動向を明らかにすること、(2) 経営内実の空洞化が進む林家など個別事業体を森林組合などが中核となってどう組織化していくかという組織化方策の究明、(3) 林業が営まれる中山間地帯の社会経済構造の容容実態の

解明, という枠組みのもとで進めてきた。林家など個別経営体の構造変化や生産活動の実態解明については, 農林業センサスや林家経済調査, 林業動態調査などの分析と現地調査により, 収益性の著しい低下とそれに伴う長伐期化など経営・施業方式の多様化, 就業者の減少・高齢化などに伴う生産活動の鈍化や委託・請負化の進展など林業経営における構造変化の諸実態を把握し, 公刊図書や個別論文としてその成果を公表してきた<sup>11-14)</sup>。このような個別経営体の実態を下敷きにしなが, 森林組合などの協業組織体の動向分析とこれらを中核とした地域あるいは流域を単位とした林業地の形成・組織化方策について先進地域における事例の調査分析から, 組織化の中核として期待されている森林組合が果たすべき役割と体制整備などを明らかにしてきた<sup>15-21)</sup>。この組織化にかかわる研究成果は, 1991年度(平成3年度)より実施に移された「流域管理システム」による林政の推進にかかわる各流域での流域林業の活性化方針書の策定などに活用されてきている。この流域林政の推進とともに, 林業経営の組織化にかかわる研究は, 流域林業の形成・活性化を図るうえでネックとなっている諸課題の抽出と解消方策の解明など流域林業の定着化を支援するための研究に重点を移してきている。また, 山村の社会経済構造の解明に関する研究では, 目まぐるしい社会経済の変化のもとでの林業集落の変貌, とりわけ「リゾート法」の制定に伴うゴルフ場の開設など森林地帯への開発の進展が山村社会や林業経営にどのような影響を与えてきたか, また, I, Uターンなど都市住民を山村社会に取り組み不在村所有森林などの森林管理・育成の担い手として確保し育成していくための条件の解明などに関する研究を実施してきた。この研究過程において, 中山間地帯の山村社会の活性化には産業政策にとどまらず社会政策も必要とされる現況にあることから, ECの共通農業政策における林業助成施策にかかわる諸制度などについても比較研究を実施し所要の成果を得てきている<sup>22-27)</sup>。

### 3 林業生産のシステム化

林業生産のシステム化に関する研究は, 在来の短伐期施業から長伐期, 複層林, 育成天然林施業などへと多様化する森林施業を経営技術としてどうシステム化していくか, また, 電算機器の発展に即応した情報管理システムの導入についての手法の開発といった林業内部の研究のほかに, これまで研究を継続してきた混牧林, すなわち林地の林畜複合利用技術のシステム化をもその内容としているものである。このうち, 林業内部のシステム化に関する研究では, 在来の施業方式が個別経営のもとでどう再編されつつあるかを東三河など各地域でその実態を明らかにしたほか, 資源情報, 経営情報を電算機処理することによって効率的な経営活動が展開し得る林業情報システムを開発するなどの成果を得てきている<sup>28-31)</sup>。林畜複合利用技術のシステム化については, これまで幼齡人工林を対象としてきた混牧林施業を, 社・高齢林, パルプ・チップ林, 大径広葉樹林を対象としたものへと拡大し, それぞれのタイプごとに実施すべき施業と放牧密度など飼養マニュアルを作成するなどの成果を得ている。また, バイオマス変換計画における研究では, シラカンバなど木材の粗飼料化技術を核とした夏山冬里方式による地域利用システムの設計と評価に関する研究を実施し, いくつかの地域システムを提案してきている<sup>32-33)</sup>。最近では, 雪害, 風害, 病虫害など長期にわたる林業経営において生じるリスクを回避するためのリスクマネジメントの体系化, 林業生産コストの低減などのため導入されつつある高性能林業機械による林業経営のシステム化にかかわる研究を進めてきている<sup>34)</sup>。

(坂口 精吾)

## 文 献

- 1) 天野正博, 熊崎 実, 野田 巖: 「林産物の供給モデル」, 林産物の長期需給モデルの開発に関する研究

- (IIASA モデルとの連結), 60年度農林水産業特別試験研究補助金による調査報告, 15~45 (1986)
- 2) 加藤 隆: 戦後アメリカの林業・林産業の構造変化とわが国への影響に関する研究, 林試研報, 342, 1~40 (1987)
  - 3) ———: カナダ, プリティッシュ・コロンビア州における森林資源管理と伐採権付与制度, 森林計画会報, 313号, 8~12 (1988)
  - 4) 岡 裕泰: 環太平洋地域における木材生産と貿易, 100回日林論, 53~56 (1989)
  - 5) 加藤 隆: チリにおけるラジアータパイン材の生産構造, 102回日林論, 25~28 (1991)
  - 6) ———: アメリカ南部のサザンパイン林の資源構成の変化とその影響, 104回日林論, 73~76 (1993)
  - 7) ———: カナダBC州における伐採権制度の見直しと原木供給構造の変化, 林業経済, NO.543, 21~29 (1994)
  - 8) 餅田治之: 先進国林業関係制度調査報告 (アメリカ合衆国), 先進国林業関係制度調査報告 (II), 林野庁, 148~169 (1987)
  - 9) 加藤 隆: 先進国林業関係制度調査報告 (カナダ), 先進国林業関係制度調査報告 (II), 林野庁, 119~140 (1987)
  - 10) 古井戸安通, 山本伸幸, 加藤 隆: 森林資源勘定の作成に関する研究 (I), 104回日林論, 117~120 (1993)
  - 10-2) ———, ———, ———: 森林資源勘定の作成に関する研究 (II), 105回日林論, 205~207 (1994)
  - 11) 熊崎 実, 坂口精吾, 餅田治之, 柳幸広登, 堀 靖人: 林業を担う主体の動向, 全国農林統計協会連合会, 167pp. (1987)
  - 12) ———: 林業経営統本, 日本林業調査会, 237pp. (1989)
  - 13) 柳幸広登: 専門的林家の育林省力化への取組み—鳥取県智頭町の事例—, 森林整備技術省力化システム推進調査報告書, 林野庁, 49~77 (1990)
  - 14) 餅田治之, 柳幸広登: 日本林業の生産構造—1990年林業センサス分析— (赤羽 武編), 農林統計協会, 307pp. (1992)
  - 15) 堀 靖人: 森林組合の規模拡大と事業量の確保に関する一考察, 42回日林関東支論, 1~4 (1991)
  - 16) ———: 不在村所有対策と森林組合の事業展開—岐阜県白鳥町森林組合を事例として—, 102回日林論, 111~113 (1991)
  - 17) 餅田治之: 国内林業のコスト低下の現状と課題, 林業情報, 68, 11~15 (1989)
  - 18) ———: 素材生産事業体の育成強化に関する施策, 素材生産事業体育成強化実態調査報告書, 林野庁, 8~45, (1989)
  - 19) 柳幸広登, 駒木貴彰: 国有林地帯における原木市売市場の構造と国有林材の位置, 国有林地帯における原木市場のあり方に関する調査報告書, 林野庁, 130pp. (1992)
  - 20) 天野智将, 遠藤日雄, 野田英志: 国有林地帯における原木市場の現状と課題, 103回日林論, 83~86 (1992)
  - 21) 餅田治之: 国内林業のコスト問題と解決の方向, APAST, 森と木の先端技術情報, 8, 4~8 (1993)
  - 22) 小菅 久: 社法・公益社社有林におけるゴルフ場開発の得失—群馬県T村の事例—, 41回日林関東支論, 9~12 (1989)
  - 23) ———: 林地開発事業と山林事業の動向—北関東山地におけるJ興発(株)経営林の事例—, 43回日林関東支論, 17~21 (1991)
  - 24) 柳幸広登: 不在村所有の動向と今後の焦点, 林業経済, 527, 1~7 (1992)
  - 25) ———, 堀 靖人: ECのデカップリングの農業政策と林業助成, 44回日林関東支論, 33~36 (1993)
  - 26) ———: ECにおける林業政策の展開, 林業経済, 544, 12~22 (1994)
  - 27) 堀 靖人: ドイツにおける林地平衡給付金制度, 104回日林論, 85~90 (1993)
  - 28) 駒木貴彰: 私有林所有者の施業構造の分析—アコマツ林地帯の森林経営について—, 森林総研所報, 41, 4~5 (1992)
  - 29) 堀 靖人, 天野正博, 野田 巖: 森林組合の林業情報の利用について—林家経営システムを中心として—, 98回日林論, 33~36, (1987)

- 30) 黒川泰亨：森林組合労務班の就労配分の最適化について，43回日林関東支論，67～70 (1992)
- 31) 古井戸宏通，加藤 隆，柳幸広登，駒木貴彰：森林施業合理化のためのシステム化手法について—間伐適期判断システムの一手法—，日林関東要集，19～22 (1991)
- 32) 岩波悠紀：シイタケ原木林における林畜複合的土地利用技術，森林総研所報，29，4～5 (1991)
- 33) ———：混牧林，新畜産大辞典 (大久保 且監修)，養賢堂，(印刷中)
- 34) 久保山裕史：林業経営とリスクマネジメント，林業技術，632，8～12 (1994)

### Ⅲ. 地域林業に対応した試験研究の動向

### Ⅲ. 地域林業に対応した試験研究の動向

#### 北海道支所

森林総合研究所は創立90周年を迎えるが、この間北海道支所も数度の庁舎移転や林政統一等による名称変更など幾多の変遷を経てきた。この10年を振り返ってみても大変大きな変化があった。すなわち、昭和63（1988）年10月の森林総合研究所の組織改編に伴い、北海道支場から北海道支所に名称変更がなされたこと及び研究運営をより円滑に進めるための体制が改組されたことである。この年はまた、北海道支所が札幌郡江別村字志文別に内務省所管野幌林業試験場として明治41（1908）年6月に設立されて満80年を迎えた記念すべき年でもあった。さらに、平成6（1994）年は洞爺丸台風（1954）から40年、豊平から羊ヶ丘への移転（1974）後20年という節目の年でもあった。このような動きの中で諸先輩各位によって常に北海道の森林、林業、林産業の振興発展のために努力されてきた大きな目標を継承するとともに、急激に変化する社会経済情勢の動きを的確にとらえ、多様な要請にも対応するような研究を推進しているところである。

北海道は本州、サハリン、千島列島の交点をなしており、地質時代を通じてアジア系、シベリア系、北米系生物の移入、種分化、絶滅が繰り返されてきた。そして北海道の生物的自然を最も特徴づけているのは針広混交林と呼ばれる森林植生である。このような針広混交林は北海道からサハリン南部及び沿海州などの極東アジアに見られるばかりでなく、スカンジナビア半島南部から東ヨーロッパ北部の地域、北米大陸東北部にも広く見られ、これらの地域を独立した一つの植生帯として汎針広混交林帯と呼んでいる。北海道の針広混交林には、エゾマツ、トドマツを主とする亜寒帯性針葉樹とミズナラ、ハルニレ、シナノキ等の温帯性広葉樹がモザイク状に分布している。こうした森林を多く有する北海道は、森林構成も多様で日本列島では極めて特異な地域を形成している。

北海道の森林、林業を振り返ってみたとき、平地林にあっては明治初期に始まる開拓のための伐採、山地林にあっては択伐によって良質・大径材が戦中の軍用材、戦後の復興用資材として大量に使用されることはあっても、耕地防風林の造成や御料林の国家事業がわずかにあった以外には人工造林は行われていなかったといえる。しかし、昭和30年代以降の拡大造林政策の推進によって、現在（以下平成4年度）では151万haに及ぶ人工林が造成されるに至ったが、その6割は5齢級以下の除間伐等の保育を必要とする材分が多い。このことから分かるように北海道における造林の歴史は本州各地に比べて浅く、造林技術の体系化も遅れていたことから、経営管理技術の確立のための研究に積極的に取り組んできた。また、拡大造林が積極的に進められたとほいうものの北海道では天然林が森林面積の64%、蓄積で75%（4億36百万 $m^3$ ）を占めており、天然林は北海道の森林、林業、林産業にとって極めて重要な位置づけにあり、針広混交林を主とする北方系天然林を持続的に利用・維持していくために、自然力を高度に利用した森林管理技術の確立が求められている。そのため、最近の10年間は天然林施策問題や多様な樹種によって構成されている針広混交林の構造や動態の特性に研究の重点を置いてきたほか、各種機能の解明を図るための諸課題を設定し、積極的に研究を推進してきた。

さらには、環境財としての森林への国民の関心の高まりから、保健休養や水土保全、野生鳥獣の保護管理等の公益的機能の発揮のための森林管理技術の向上に関する研究にも取り組んできた。以下、各部門毎にここ10か年間の（昭和60年以降）試験、研究の動向とその成果を概説する。

### 1. 北方系天然林の構造・動態の解明と保続

針広混交林を主とする北方系天然林を持続的に利用・維持していくために、自然力を高度に利用した森林管理技術の確立が求められている。最近の10年間は、多様な樹種により構成されている針広混交林の構造や動態の特に重点をおき、遺伝・生理・生態・立地の各研究領域が互いに深化を図りながら、北方系天然林という共通の土俵を作り上げる時期であったといえる。

#### (1)天然林の遺伝

アイソザイムを利用した遺伝子マーカーの利用なども進み、遺伝変異に関する研究を中心に進めた。

##### ①天然林の遺伝変異

トドマツの遺伝変異について、産地別の球果や針葉の長さ、幅、長幅比を調査し、球果長は西から東の産地にいくに従って短くなる傾向を明らかにした<sup>1)</sup>。また、トドマツ精英樹の種子の雌性配偶体を用いたアイソザイム分析から、天然林のトドマツは高い遺伝変異（遺伝的多様性）を保有していることが推定できた。トドマツの自殖率について採種圃の材料で検討した結果では1.7%と極めて低かった。

自殖率や近交係数等の天然林の遺伝構造にかかわる問題として、道内の天然林25林分について母樹の樹冠状態とその下の稚幼樹の更新状態を調べ、母樹1個体当たりが残り子供の数の検討を行った。天然林に共通する傾向として、トドマツの稚幼樹は自樹種とイタヤカエデの樹冠下に、イタヤカエデは自樹種よりトドマツやミズナラの樹冠下に、シナノキはイタヤカエデの樹冠下に多い傾向を示している<sup>2)</sup>。広葉樹の自殖率については虫媒花樹種を試料木として検討を開始している。

##### ②ウダイカンバの材質変異

ウダイカンバ系統変異の地域性調査と材質検定林を設定するため素材調査と検定林用材料の収集を進めた。ウダイカンバはその心材率の違いから素材市場ではマカバとメジロに分けて販売されている。心材率の頻度分布は

表1 広葉樹の光利用特性

光補償点(lux)	稚 苗	成 木
2000~1200	ドロノキ、ケヤマハンノキ、ダケカンバ、ウダイカンバ、シラカンバ、ハルニレ、イヌエンジュ、キハダ	オニグルミ、ケヤマハンノキ、シラカンバ、ウダイカンバ、ナナカマド、ハリギリ、ヤチダヨ
1200~700	ヤマナラシ、エゾノバッコヤナギ、オニグルミ、ブナ、ミズナラ、エゾヤマザクラ、シウリザクラ、アズキナシ、ナナカマド、ミズキ、アオダモ	ドロノキ、ヤマナラシ、ハンノキ、エゾノバッコヤナギ、ダケカンバ、サワシバ、ブナ、ミズナラ、ハルニレ、カツラ、ホオノキ、エゾヤマザクラ、シウリザクラ、アズキナシ、イヌエンジュ、シナノキ、オオバボダイジュ、ミズキ、オヒョウ、アオダモ
700~200	アサダ、サワシバ、カツラ、ホオノキ、イタヤカエデ、ヤマモミジ、シナノキ、オオバボダイジュ、ハリギリ、オヒョウ	イタヤカエデ、ヤマモミジ

光補償点：植物が酸素あるいは炭酸ガスの吸収も放出もまったくないときの光の強さ。補償点の低い植物ほど弱光をよく利用できる。

マカバで80%, メジロで50%に正規分布に近いピークがあり, 産地による差が明らかであった。メジロは初期から成長が非常によく, 肥大成長は年平均7 mm 前後, 60~70年で直径60cm に達しているのも珍しくなく, 樹齢は100年以下である。マカバは年平均2~3 mm, 50~60年で20cm 程度のもが多く, 直径60cm 前後で樹齢は150年以上になっている<sup>3)</sup>。このような材質の産地間変異を検定するために13産地の母樹の苗木を材料とした検定林を支所構内に設定した。

(2)天然林構成樹種の環境生理

落葉広葉樹の光合成特性, 苗木のストレス耐性や重量成長解析, カンバ種子の発芽条件, アカエゾマツの晩霜害調査などに特色がみられる。

①落葉広葉樹の光合成特性とストレス耐性など

天然林では各階層を構成する樹種が異なることが多く, 光の利用特性も樹種によって異なる。主要広葉樹30種以上についてその光合成特性や葉の構造などから強光利用型, 弱光利用型, 中間型の3タイプに分類し, 同一樹種でも稚苗と成木では光補償点に変化し, 光の利用タイプが変化するものがある(表1)<sup>4)</sup>。広葉樹6種の苗木について融雪期, 伸長期, 夏期の滞水条件下での生理的な耐性の比較を行い, 樹種によっては気孔の開閉機能にかなりの障害を受けることを明らかにした<sup>5)</sup>。また, シラカンバ, ヤチダモ, ミズナラ苗木について器官別重量成長の季節的特徴を明らかにし, 移植時の留意点を検討した<sup>6)</sup>。

人工気象室で発芽床5種類と昼夜温の組み合わせにより, ウダイカンバ種子(堅果)について高い発芽率の得られる条件を検討した結果, 粒径が粗く, 赤玉土のような保水性・通気性に優れた表土がウダイカンバ堅果にとって好適な発芽床であることが実証された。また, 気温は夜温20~25℃, 昼温25~30℃で高い発芽率が認められ, 夜温が低い場合は日較差が大きくなるほど発芽率が高くなるが, 夜温15℃ではかなり発芽が抑制された。

②アカエゾマツの晩霜害

1985年6月に道東に発生した晩霜害により一般的には晩霜害に強いとされていたアカエゾマツ造林地で激害が発生した。この被害地の調査から, 現地では大きな冷気湖が発生していたこと, 虫害も含め残存木の被害の進行は数年で止まるが, 枯死個体は当初の残存葉量で推定できること, 低温実験から開芽期のアカエゾマツは晩霜に弱く, 針葉も落葉してしまうことなどを明らかにした<sup>7)</sup>。このことは, 天然林の分布や遷移を検討する際に留意しておく必要がある。

(3)天然林の植生遷移など森林の構造や動態

国有林の固定調査プロットや支所の試験地のデータを中心に天然林におけるトドマツの優占立地, 成長経過, 寿命に関する知見をとりまとめた。また, ミズナラの幹形形成の特徴, 広葉樹稚樹の更新特性, 光環境式の開発, 風倒後の植生遷移の調査などで成果が得られた。

①天然林におけるトドマツ, ミズナラの成長過程

3樹種の上木をモデルとして樹冠下の相対照度とトドマツの稚幼樹の樹高成長の関係をシミュレートする

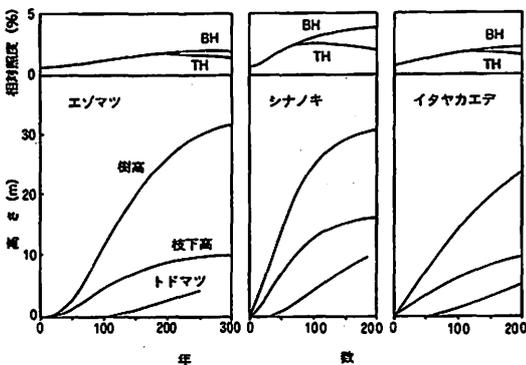


図1 樹冠下の相対照度の変化とトドマツの樹高成長のシュミレーション例  
BHは地上1.3m, THはトドマツ頂端部の相対照度の推定値を示すトドマツの寿命は, 150~200年程度である

と図1に示すようにシナノキ樹冠下は早い時期から明るくなり、トドマツ稚幼樹の成長が最も早いことが示され、天然林の実態とよく符合していた<sup>8)</sup>。また、トドマツ優占木の樹齢は120～190年で200年を超える個体はまれであった。ミズナラの成長過程については、幹の通直性を保つための条件を探った。幹の通直性を保つためには樹高の初期成長が早いこと、幹材積成長が盛んになる時期は樹高が力枝の高さに達した後であることなどを明らかにした。

### ②広葉樹の更新特性

混交林における広葉樹の種子落下数と発生稚樹の関係は樹種により特徴があることを、ミズナラ、アサダ、イタヤカエデ、シナノキについて明らかにした(図2)。実生の成立数は種子の豊凶に左右されるが樹種により異なるパターンを示す。ミズナラの実生発生数は前年の種子落下数に、シナノキは2年前の種子落下数にほぼ比例しているが、アサダは発芽が2年以上にわたるため実生の発生数は積算値となってくる。

### ③光環境の測定法

光測定法の簡便化を図るために、全天写真とイメージスキャナーを利用した光量解析システムを開発した。この手法を基に、周辺木の高いもの3本への仰角( $\sin \theta$ :高さと距離から求められる)を測ることにより、ある地点の相対光量( $D_u$ )を $D_u = 1 - K \sin^2 \theta$ で推定できることを証明した。この光の推定量と樹下植栽されたエゾマツの伸長成長との間では極めて高い相関が得られた<sup>9)</sup>。

### ④風倒後の植生遷移

風倒後の植生遷移の長期モニタリングを行っている大雪山麓層雲峡の固定試験地では、34年間の調査結果<sup>10)</sup>や関連研究室による40年目の総合調査により、植生の変化、原生保護林の老齢化によるギャップの発生や虫害の進行、前生樹が多い林分の安定化、成長の遅れていた人工林が回復してきたことなどが明らかとなった。樽前山麓のトドマツ・アカエゾマツ・エゾマツ前生樹が密生している林分では、初期成長の早かった個体が現在も林冠を形成しており、一般化している植生遷移のパターンとは異なった経過をたどっている<sup>11)</sup>。

### (4) 森林立地

環境変化に伴う森林土壌の変化、樹木の生育と土壌特性の関係など、森林攪乱後の土壌の変化、土壌の保水メ

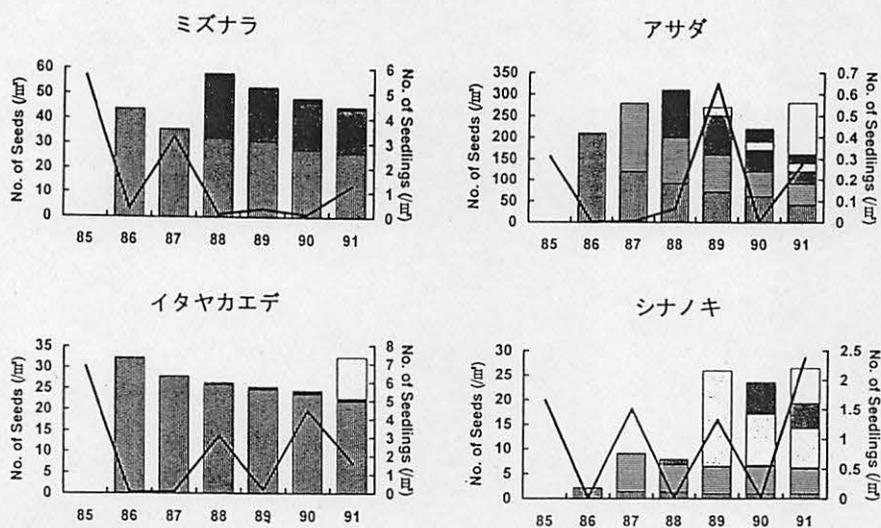


図2 種子の落下量と実生の成立数

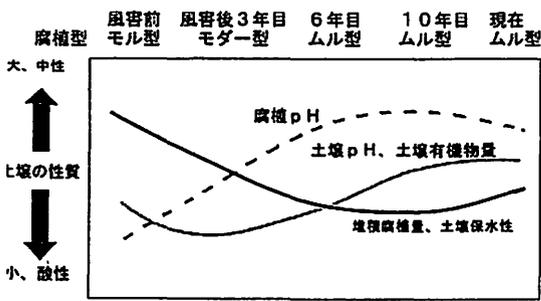


図3 風害地の土壌変化の模式図

に近くなった。A<sub>0</sub>層の保水性は減少したが、土壌の保水性は増加した。この変化は急速で、風倒後3～6年の間に表層5cmの深さまでにみられた。現在、この土壌上にはトマト、エゾマツが群状に更新しているが、まだ風倒前の状態には戻っていない。

#### ②積雪寒冷地の保水メカニズム

積雪寒冷地における土壌構造と水移動・保水メカニズムを検討するため、定山溪の流域試験地の土壌について平均保水率と渓流水として流出した流出水量の季節変化を測定した。その結果、春期の流出水量の多くは融雪水などによる直接流出が多く、夏期は土壌の保水率に依存した基底流出が多く、夏期は蒸発散量が多いため春期や秋期に比べて保水率は小さくなることが明らかとなった<sup>12)</sup>。

#### ③土壌特性と有用広葉樹の成長

pH3.4～8.0の土壌で有用広葉樹4種の苗木の成長と養分吸収特性を実験的に確かめた。ヤチダモ、ハリギリでは低pHでK、Ca、Mgの吸収阻害が、ウダイカンバは低pHでのCaの吸収阻害と高pHでの過剰吸収が特徴として指摘できる。ミズナラは処理の差が明確でなく、適応範囲が広いと考えられる。ヤチダモの成長はpHによる差が大きく、高pHほど成長がよくなる<sup>13)</sup>。また、ヤチダモ人工林の土壌調査から、成長のよい林分の土壌は根圏土層が厚く、相対的にpHが高く、窒素の無機化の促進が認められ硝酸体窒素の比率が高い傾向を示した<sup>14)</sup>。

#### ④環境問題関連課題

この10年間で地球環境問題関連課題の設定が増加しているが、北海道の地域課題としても酸性雨、地球温暖化についての調査・研究が進められている。酸性雨についてはモニタリングの地域分担を行っており、羊ヶ丘の雨のpHはわずかながら年々低下の傾向にある<sup>14)</sup>。樹幹流のpHは樹種により異なり、アカエゾマツが3.99で最も低く、カラマツ、シラカンバ、トマト、ウダイカンバの順に高くなり、エゾマツは5.62と最も高い値を示す。温暖化関連では高層湿原の陸化過程の予測<sup>15)</sup>やシベリア凍土地帯での国際共同研究が実施されている<sup>16)</sup>。

(高橋 邦秀)

## 2. 北方系天然林の施業・保全

北海道の森林の約64%が天然林であり、その大部分は針広混交林である。近年、森林の公益的機能、特に水土保全機能に関する研究が強く要請されている。また、天然林は同時に木材を生産する重要な機能を併せ持っている。しかし、風害による森林被害や天然林の過伐による天然林資源の減少等から天然林施業のあり方、特に、択伐施業システムの確立が望まれている。このような観点から天然林をバランス良く管理する研究を進めてきた。

カニズム、ヤチダモの生育立地特性、苗木の成長と土壌pHの関係等を主要課題として進めたが、酸性雨などの環境問題関連課題にも対応してきた。

#### ①風倒後の土壌の変化

大雪山麓の針葉樹天然林の風倒後の土壌の変化を40年間追跡調査し、その特徴を明らかにした。風倒前の土壌はA<sub>0</sub>層の厚いモル型であったが、風倒後、A<sub>0</sub>層の分解により土壌はモル型→モダ型→ムル型と変化し現在に至っている(図3)。腐植の分解に伴いCaなどの供給を受け、土壌の酸性は弱まり、pHは中性

### (1) 水土保全及び山腹緑化

積雪地帯に属する北海道の最大の公益的機能は水の確保と国土の保全である。樹木等地被物が水収支に及ぼす影響を平面ライシメータによって調べた。その結果、各種の植生の違いによって水流失率に差が生じることが分かった。また、羊ヶ丘実験林及び小樽内川流域試験地から得られたデータ解析の結果<sup>17)</sup>をもとに、短期水収支法による月別蒸発散量の季節変化を明らかにした(図4)。林地の荒廃防止のために治山工事を行うが、この効果について調査を行った結果、溪間工による溪床勾配緩和作用の効果、山腹緑化工による表面流出、侵食防止効果や斜面安定効果の判定法を開発した<sup>18)</sup>。また、林道作設の際、切り取り法面の安定が必要であるが、切り取り法面への木本の侵入と土壌の侵食量について調査を行った結果、法面に芽生えたカンパ類の稚樹の生存率は極めて低く、その原因は晩秋の凍上融解と春期の乾燥であることが分かった<sup>19)</sup>(図5)。また、侵食土砂量についてみると植被区は裸地区に比べ著しく少ないことが分かった。さらに、荒廃斜面への木本導入を図るため木本種子吹き付け緑化工による最適な木本の導入法を開発した。昭和63年12月に十勝岳が突然噴火したため、災害防止復旧のため緊急実態調査を行った。これにより治山計画策定に役立つ成果がえられた<sup>20)</sup>。

### (2) 森林気象の子測法

昭和30-40年代にトドマツの拡大造林が実行されたが、多雪地帯にトドマツの脱葉現象の著しい被害木が発生した。このため、被害木の回復試験を試みた。その結果、冬期に埋雪するトドマツに作用する雪圧を軽減すれば脱葉被害木の成長を回復させることが分かった<sup>21)</sup>。また、枝枯病被害地資料と積雪資料を併用して脱葉の発生する危険地帯の推定を行った<sup>22)</sup>。環境保全や気象被害の防止に役立てるため、林内気象の推定法を開発した。森林の内部の全天空写真を撮り、開空度を計算した。この値と林内の日最高気温、日平均気温、日最低気温の測定値を対応させたところ、開空度と林内気温には直線関係が得られた。この計算式と標高による気温減率及びアメダスのデータを用いて、任意地点における林内気温を推定する方法を開発した<sup>23)</sup>(図6)。これは、伐採や植栽によって林相(開空度)が変化した場合の林内気温の子測が可能になることを示している。

### (3) 防災林の機能と定量化

広大な北海道は立地条件が種々で海岸部、内陸耕地、市街地等それぞれの機能を果たす防災林が設定されてきた。今後更に造成と管理が望まれる海岸林について研究を進めている。一方、海岸林は風雪や塩分等により厳しい生育環境にある。従って、海岸林を伐開するには特に注意が必要である。海岸林に関するこれまでの研究成果をもとに、海岸林を開発する場合の開発手順を作成した<sup>24)</sup>(図7)。この考え方は海岸林に限らず他の森林開発に際しても応用可能である。

現在、森林における水循環過程の解明のため、降雪期の樹冠遮断蒸発量の観測<sup>25)</sup>やササ地の蒸発量、降水の浸透過程に関する研究や、森林における土砂流出過程の解明のため、斜面における土壌パイプの機能や降雨時及び融雪出水時の浮遊土砂量に関する研究を進めている。

### (4) 天然林の効率的な調査法

広領域の天然林を効率よく管理していくためには、地上調査に加え空中写真を利用することが不可欠である。札幌営林署管内奥定山溪約1万haの林分調査結果をもとに、林型別の写真材積式を作成し、空中写真による林分材積推定の方法を開発した。また、施業実行上の簡略化を図るために、蓄積の似た林型をまとめて類型区分を行い、類型区分による天然林の蓄積推定の方法を開発した<sup>26)</sup>(図8)。

### (5) 天然林の成長子測モデル

天然林は樹種も多く林齢も多様であるため、人工林のような地位や林齢による成長子測の方法を利用すること

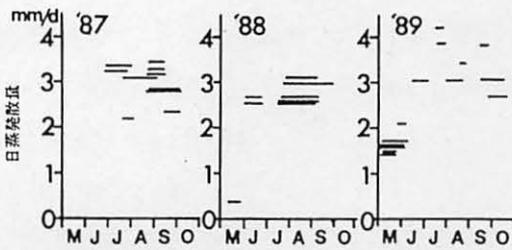


図4 短期水収支法による蒸発散量の算出結果

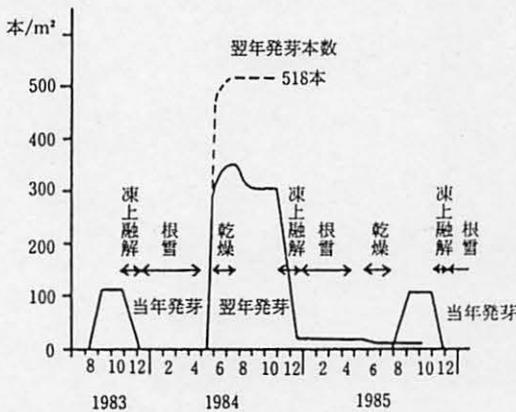


図5 カンパ類発芽稚苗の消長 (1 m²あたり)

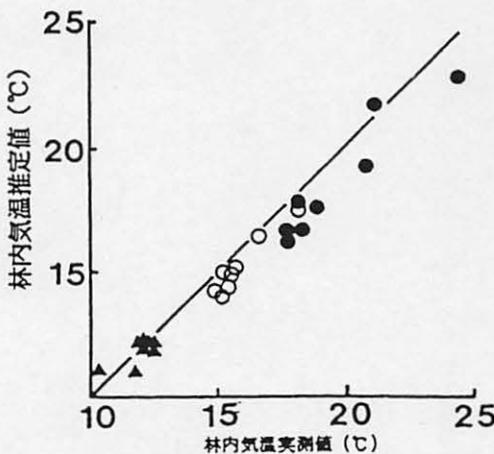


図6 林内気温の推定値と実測値

●：日最高気温，○：日平均気温，▲：日最低気温  
注) 図中の実線上では、推定値と実測値とが等しい。

が困難である。このため、樹種別・直径階別の本数分布の動きを解析し、林分によって直径階別の上位級への遷移確率に一定の傾向を示すことが分かった。この樹種別直径階別の遷移確率をもとに、直径分布の動きを予測できる遷移確率の行列モデルを作成した<sup>27)</sup>。この方法により天然林の成長予測が基本的には可能になることが分かった(図9)。

(6) 択伐林分の施業効果の予測

北海道は天然林の割合が高く、公益的機能の維持拡大のためにも、皆伐施業によらない択伐施業による保続システムを確立する必要がある。北海道営林局管内夕張地方に設けられた天然林固定試験地の長期観測結

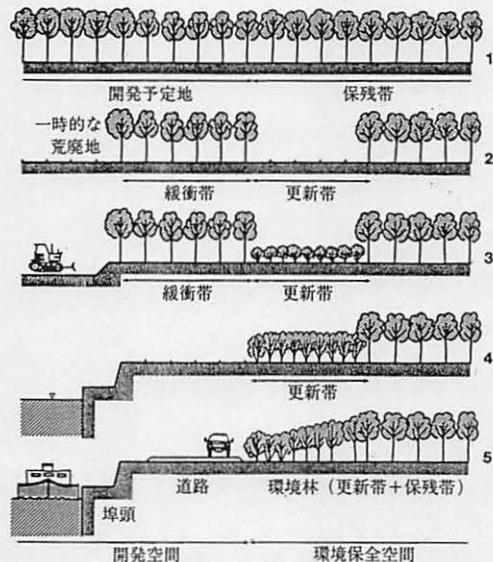


図7 海岸林開発の手順 (港湾開発の例)

- 1：林帯の区分 (開発予定地と保残帯)
- 2：保残帯の前線部を前縁林形に変えるために更新帯として伐採する  
開発予定地の保残帯側を一時的な荒廃地からの緩衝帯として残し、その残りを伐採する
- 3：開発工事，更新作業を進める
- 4：前縁林帯が完成した段階で，緩衝帯の開発を始める
- 5：開発の完了と環境保全空間の設定

果から、択伐後の天然林の成長経過を解析した。その結果、樹種の混交歩合によって成長傾向の異なることが分かった<sup>28)</sup> (図10)。また、択伐後の更新樹の発生はササ等に阻まれ十分には保続されていないことから、伐根植栽等林内植え込みの方法について研究を進めている。

(猪瀬 光雄)

### 3. 林業経営技術の改善

北海道における林業経営は、厳しい立地条件、樹種構成の多様さ、林産物の価格条件等他地域に比べ不利な条件下にある。近年は外材の輸入が増大し材価の低迷が進む一方、生産費は上昇している。これらの不利な条件を克服するために、林業経営の活性化が強く求められている。また、人工林においては昭和30年代に植栽された造林木が間伐期を迎えているため、収穫予想及び本数管理等人工林の管理技術の高度化が強く要請されている。このため、これらの問題点を解決するための実践的な研究課題を設けて研究を行ってきた。

#### (1) 林業経営の活性化手法

##### ① 林床植生の利用技術の開発

近年、生活の多様化の中で食生活の自然指向が進行し、山菜・山草の利用が盛んになってきている。しかし、

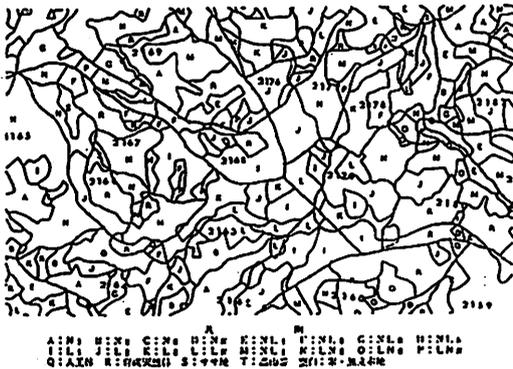


図8 類型区分図

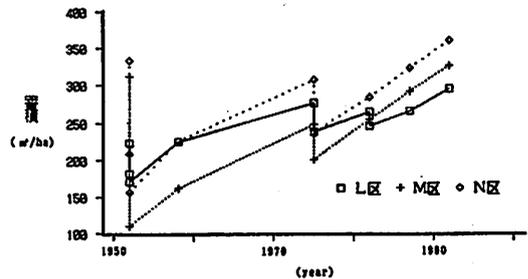


図10 蓄積の推移 (夕長択伐試験地)

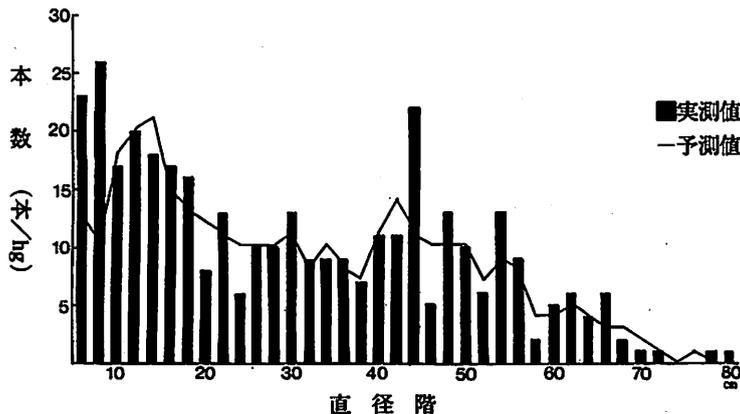


図9 直径階別本数分布の実測値と予測値の比較

林地開発や乱獲等から山菜資源の減少が憂慮されている。そこで、重要な山菜であるユキザサ、クサソテツ、モミヂガサ、オオバギボウシ等について、その生態と増殖に関する実験を続けてきた。その結果、各山菜の生育に適した立地環境が明らかになった。特に、ユキザサについては、異なった環境における増殖の差異を明らかにした<sup>29)</sup> (図11)。

②混牧林の役割と成立条件

混牧林は樹林下の下草を対象として家畜を林内に放牧する林である。このためカラマツ林の間伐の度合いを変えた場合の下草の草量の差異を検討した。この結果、バイオマス資源としてカラマツと下草の総量を比較すると樹林帯と草生帯を分離して生産する方がやや高い収量が得られることを明らかにした<sup>30)</sup>。また、混牧林が成立・発展するための条件を穂別町の混牧林経営調査をもとに解析した結果、牧欄の費用をどの程度低く押さえられるかにかかっていることが分かった<sup>31)</sup>。

③林業活性化と森林の多面的な利用

北海道林業を取りまく環境は木材価格の低迷、林業生産費の高騰等益々厳しい状況になっている。特に、国有林採率の高い北海道においては国有林野事業の経営悪化の影響を受けやすい。そこで、林業活性化方策を求めめるため、国有林請負事業を対象にその実態を調査・分析した。その結果、各請負事業体が事業分野の多角化と労務の固定化が進んでいることが分かった。また、活性化のため、国有林側における長期的な事業量の把握と計画的・効率的発注そして請負事業体側における協業化等新しい体制の整備、各事業体における事業の効率化、経営の多角化による剰余労働力の他事業への活用、他地域への流動化等が考えられた<sup>32)</sup>。美幌町において、農地造成を目的とした林地転用地の1970～1980年の間の所有権の移動分析を行った。最も林地転用の盛んだった2集落の調査結果によると、前所有者の経済的性格は、林地のある集落に住む農家が8%と少なく、農業と全く切れた形の非農家で市街地に住む者が21%と最も多くなっている。また、これらの非農家の出身をみると離農して移転したものが多いたことが分かった<sup>33)</sup>。

最近の研究傾向としては、北海道内の広葉樹資源の減少や外材輸入の増加に伴い、広葉樹材産業を巡る状況に

著しい変化が見られるため、広葉樹材の加工・流通構造の解明を進めている<sup>34)</sup>。また、林地の多面的な土地利用形態の経済学的分析を行うため、リゾート開発に伴う地元の個別農家への社会経済学的な影響や森林レクリエーション利用の実態を解明す

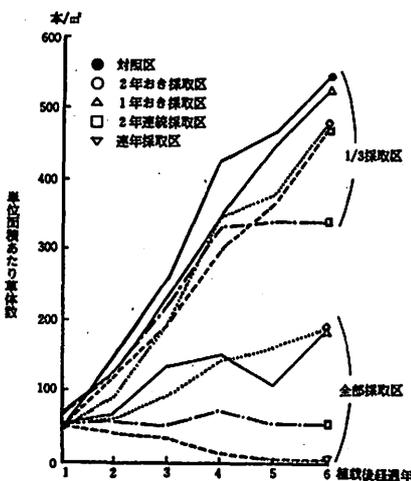


図11 採取割合・採取回数別ユキザサの増殖

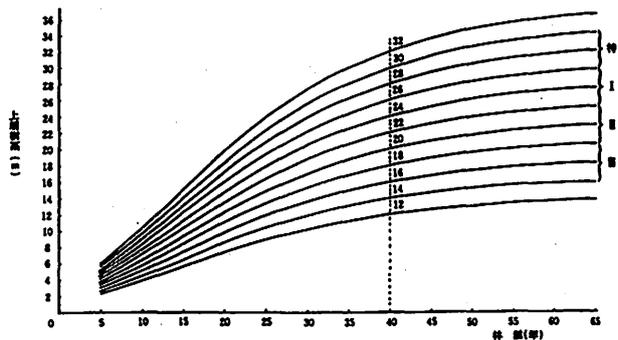


図12 林齢40年を基準としたカラマツの地位指数曲線と地位区分

るため、保健休養林の整備方式のあり方等について実態調査を進めている<sup>35)</sup>。

(2)人工林管理技術の改善

①人工林の収穫予想

北海道の人工林は昭和30年代の拡大造林以降に植栽されたものが多い。現在、間伐を要するトドマツ林、カラマツ林が増大している。トドマツ、カラマツ人工林の収穫予想に関しては、両樹種の密度管理図が作成され、地位指数と収量比数による収穫量の予測が可能になった。しかし、最初に作成された、トドマツの管理図は林齢が50年を超えるデータが少なかったため、今回、新たに高齢のデータを追加して密度管理図を作成した<sup>36)</sup>。カラマツ及びトドマツについて、高齢のデータを追加して新たに地位指数曲線を作成した<sup>37)</sup> (図12)。ほか、これらについて、密度管理図と地位指数曲線を組み合わせてトドマツ及びカラマツの収穫予想表を作成した。さらに、広葉樹については、ウダイカンバ、シラカンバ、ダケカンバの密度管理図と地位指数曲線を作成し、本数管理の指針を提示した<sup>38)</sup>。人工林収穫試験地については設定後30年が経過したのでこれまでの調査の総合解析を行っている。アカエゾマツは針葉樹の中でも寿命が長く、材質も優れている。しかし、アカエゾマツの枯れ枝は自然落枝がしにくく、無節良質材を生産するために、枝打ち保育試験を行った。その結果、枝打ち時期にかかわらず樹脂の流出は着葉量が多く成長の盛んな枝ほど多かった。また、1回目の枝打ちで枝を多少残し、期間をおいてからその残枝を落とす2段打ちを実施した。この結果、2段打ちの場合、残枝の長さは4~5cmで、2年間据え置き時1回目の枝打ちを2年早く行う必要のあることが分かった。

②水食材の早期判定手法

トドマツの材質変化を引き起こす水食材については、立木のままで識別することが困難とされている。トドマツの長伐期施業技術向上のためにも立木のまま水食立木を判定する手法が必要である。水食材はそれに着生する枝の心材にも水食部分が存在するものがある。この現象に着目して、間伐予定木の枝を軟X線写真を利用して水食材の判定を行った。間伐後の判定結果によると、判定率は80%と高かった<sup>39)</sup>。この方法を利用すると間伐実施前に水食材の判定が可能になる。

(猪瀬 光雄)

4. 生物被害回避及び生物管理技術の改善

最近10年間の大きな変化は、針葉樹の人工造林から育成天然林施業への移行である。針葉樹に比べて、研究蓄積の少ない広葉樹が研究対象になり、未記録の病虫獣害の発生が増えつつある。この森林施業の変化に伴って発生する被害を制御または回避する技術が早急に求められている。また、近年の特徴として、

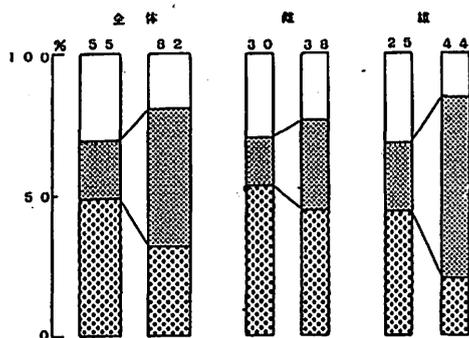


図13 除去と侵入個体群におけるエゾヤチネズミの幼亜成体構成の変化 (1988~1992年)

左、除去個体群； 右、侵入個体群。上段、幼体； 中段、亜成体； 下段、成体。図上の数字は個体数を示す。

表2 エゾヤチネズミにおける除去前後の最長移動距離 (m)

性	除去前の行動距離	除去後の侵入距離
雌	28.8± 6.7 (14)	90.0±15.2 (38)
雄	60.5±28.8 (14)	110.6±12.2 (44)
平均	44.7±15.1 (28)	101.1± 9.7 (82)

平均値±95%信頼限界。( )は個体数を示す。

森林に生息する生物種の多様性を維持・保全する技術及びそれぞれの生物種の役割の解明という視点からの研究が要請されている。この生物種相互間の役割を解明するためには、従来の研究室の枠内では解決できない場合があり、複数の研究室が共同で問題解決に当たってきた。

### (1) 林況変化に伴う野鼠被害防除

拡大造林により急増した造林地では、殺鼠剤の大面積散布により、高い防除効果をあげてきた。しかし、最近では、立地条件に応じた、きめ細かい森林施業が求められ、1 ha以下の小面積造林地が増えてきた。この小面積造林地では、大面積造林地に比べると、周辺からのエゾヤチネズミの侵入が速く、防除効果が低下する<sup>40-41)</sup>。そのため、大面積造林地における周辺防除幅30mという基準を見直す必要が生じた。

この基準見直しに不可欠な野鼠個体群の移動・分散様式、すなわち、移動距離と個体数の回復状況、性差を、実験柵内の限られた空間と、解放下の造林地で調査した。その結果、次のことが明らかになった。①エゾヤチネズミを除去する前の最長移動距離の平均値は44.7mであったが、除去後の侵入距離は2倍以上の101.1m(表2)で、造林地からの直線距離でみると平均60mであった。従って、現在の造林地周辺30mの防除幅を2～3倍に広げる必要がある。②エゾヤチネズミを除去することによって生じた新天地に侵入してくる個体は、雄の亜成体が多かった(図13)。この移動・分散行動における性差は、「近親交配回避」仮説を支持するものといえる<sup>40-41)</sup>。

幼齡カラマツ造林地での野鼠被害とともに、近年では、中・高齡カラマツ造林地でも、野鼠被害が多発する傾向が認められる。特に列状間伐の場合は、間伐跡地に草が生えるため、野鼠の生息環境が向上し、その結果被害が間伐幅に比例する<sup>41)</sup>。

野鼠食害痕から侵入した腐朽菌による腐朽の進行は比較的ゆっくりであるため、食害を受けた林をあわてて伐採整理する必要はない。しかし、食害後10年以上経過すると、腐朽が進み、強度の食害を受けた場合は、成長も低下することが明らかになった。従って、野鼠被害の多い中・高齡カラマツ林は、大径材生産地としては不適である<sup>41-42)</sup>。

### (2) トドマツ枝枯病の防除法の確立

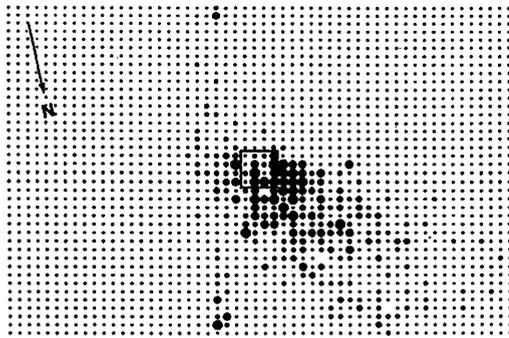
1970年に発見されたトドマツ枝枯病は、1980年代後半、下川、美深、余市、喜茂別などの多雪地帯を中心に、トドマツ造林地に壊滅的な被害を与え、全道の被害面積も1万haを超える大被害となった。そのため、本病の防除法の確立が求められた。

本病は積雪下で進展する雪腐病の一種である。感染苗木を様々な越冬条件下に置いた実験により、本病は雪圧を受けなくても、また、積雪と直接接触しなくても、自然条件下と同様に発病することが確かめられた。従って、積雪が作り出す環境として重要な点は、多湿と0℃付近の温度と考えられる<sup>43)</sup>。

造林地内での枝枯病の広がりには、降雨時の風が強く関与する。図14により、雨によって排出された柄胞子が風に乗って飛散し、風下に次々に伝染していく様子がよく分かる。造林地では従来行われていた6月の下刈り時期を、柄胞子の飛散が終了した8月に遅らせると、被害程度が軽減される。これは、造林木の間に生育するササ・雑草が胞子の飛散を物理的に阻害しているためである。実用性の高い林業的防除法として評価が高い<sup>44)</sup>。

### (3) カラマツヤツバキイムシに随伴する青変菌とその病原性

被害林分から採取したカラマツヤツバキイムシの成虫をカラマツの樹皮下に埋め込んで圧殺する方法で、カラマツを枯死(萎凋)させることができた。成虫から分離した青変菌を接種した場合にも、カラマツの枯死を再現できた。外国では、青変菌によって針葉樹が萎凋枯死する現象が広く知られている。我が国では、初めて実験的に青変菌による針葉樹の萎凋枯死が確かめられた<sup>45)</sup>。



□ 感染源 ・健全木 ○●微～被害木

図14 トドマツ枝枯病の蔓延試験 (1986年)

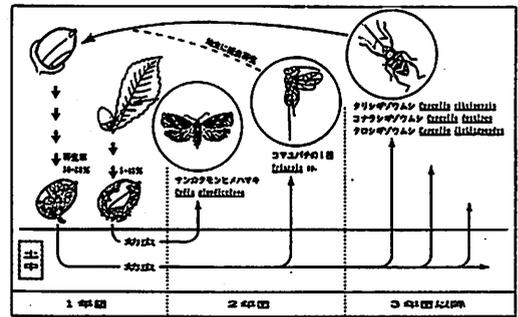


図15 ミズナラのおもな種子食昆虫の生活環

青変菌接種後の樹体の反応を、変色域の拡大、水ポテンシャルの変化、走査電子顕微鏡による解剖学的観察から調べた。①変色域は接線方向よりも、放射方向に大きく広がった。②内樹皮変色域と直下の木部から青変菌が再分離された。③反道管の壁孔の閉塞により水分通導が阻害されていることが観察された<sup>46)</sup>。

#### (4)更新阻害虫の生活史と影響評価

種子食昆虫はミズナラの種子と実生の生存率を大きく低下させることが分かった。また、落下前の堅果に食入する昆虫種の生活環と産卵習性がほぼ明らかになった(図15)。サンカクモンヒメハマキは1年1世代で経過し、シギゾウムシ類は2年1世代であった。虫害率の高い林ではサンカクモンヒメハマキとシギゾウムシ類の食入率は相補的に変動し、両者の間に相互干渉のあることが示唆された。

一方、種子生産量の変動に対する反応は、両者で大きく異なっていた。すなわち、シギゾウムシ類による被食種子数は種子生産量と羽化成虫数の増加に伴って上昇した。しかし、サンカクモンヒメハマキにはこの傾向が認められなかった。樹木種子生産の豊凶に伴って生じる被食率の変動パターンを理解するには、従来のように、「昆虫食害」として一括して扱うのではなく、重要な昆虫種(群)ごとのパターンを解明しなければならない<sup>47)</sup>。

#### (5)野生鳥類の森林環境利用の実態解析

必要性は叫ばれていても、森林の構成要素である鳥類、特にその役割の解明に関する研究はほとんど行われていなかった。鳥類専門の研究者を得て、この分野の研究が進んだことは、この10年間の保護関係の研究動向として特筆すべきことである。

過去の択伐による林況変化に伴う鳥類群集構造を調べた結果、鳥類の餌として重要な鱗翅目昆虫を安定的に供給できる林が鳥類群集にとってよい環境であることが分かった。育成天然林施業においては、トドマツの材価の低迷に伴い、針葉樹を伐り、有用広葉樹を残すという指針を出している。しかし、一部に行き過ぎがあり、広葉樹の疎林になっているところがある。鳥類の種の多様性の維持・増進という公益的機能を重視した林分においては、広葉樹と針葉樹をバランスよく残すことが鳥類群集を維持するために必要である<sup>48)</sup>。

(田中 潔)

文 献

- 1) 岸田昭雄, 中村和子, 松崎智徳: トドマツ球果の産地別変異, 日林学会発論集, 103, 313~314 (1992)
- 2) 中村和子, 向出弘正, 岸田昭雄: 北海道の天然林の構造に関する研究 ((V)) —上層樹種の組み合わせの違いと稚幼樹の分布—, 日林学会北海道論集, 36, 60~62 (1988)
- 3) 岸田昭雄, 中村和子, 田中京子: ウダイカンバの変異性, 北海道の林木育種, 32(1), 19~23 (1989)
- 4) 小池孝良: 落葉広葉樹の光の利用の仕方—光合成特性—, 森林総研北海道支所研究レポート, 25, 1~8 (1991)
- 5) 高橋邦秀, 藤村好子, 小池孝良: 北海道産落葉広葉樹の冠水耐性((Ⅲ)) —開葉期における耐性—, 日林学会北海道論集, 37, 7~8 (1989)
- 6) 藤村好子: シラカンバ, ヤチダモ, ミズナラ苗木の重量成長特性, 森林総研北海道支所研究レポート, 21, 1~4 (1989)
- 7) 高橋邦秀, 藤村好子, 小池孝良: Frost damage of Akaezomatsu (*Picea glehnii* Mast.) plantations by a cold air lake. 「Human Impact and Management Forests」, 167-175 (1987)
- 8) 石塚森吉, 金澤洋一: 針広混交林におけるエゾマツ・シナノキ・イタヤカエデ樹冠下のトドマツの成長過程, 日林誌, 71 (7), 281~287 (1989)
- 9) 金澤洋一, 九島宏道, 石塚森吉: 林分構造と林内の光環境, 平成5年度森林総研成果選集, 12~13 (1994)
- 10) 豊岡 洪, 石塚森吉, 大澤 晃, 九島宏道, 金澤洋一, 佐藤 明: 石狩川源流地域における風倒後34年間の森林植生の变化, 森林総研研報, 363, 59~151 (1992)
- 11) 大澤 晃: Development of a mixed-conifer forest in Hokkaido, northern Japan, following a catastrophic windstorm, A "parallel" model of plant succession. Keltz, M.J. ほか編 「The ecology and silviculture of mixed-species Forests」, 29-52 (1992)
- 12) 塩崎正雄, 北原曜, 真田悦子: 林地斜面土壌における保水率と流出水量の経時変動, 日林学会発論集, 103, 263~264 (1992)
- 13) 大友玲子, 太田誠一, 真田 勝: 土壌pHの違いと苗木の成長, 日林学会発論集, 104, 331~332 (1993)
- 14) 真田 勝, 大友玲子, 真田悦子: 札幌市内羊ヶ丘における過去10年間の降水のpHについて, 日林学会北海道論集, 42, 261~263 (1994)
- 15) 金澤洋一, 九島宏道, 北原 曜, 斎藤武史, 太田誠一, 大友玲子, 田淵隆一: 高層湿原の植生及び陸化過程に及ぼす環境変動の影響予測, 平成4年度森林総研成果選集, 20~21 (1993)
- 16) 高橋邦秀編: Interim Report of Joint Research Project "Carbon Storage and Carb on Dioxide Budget in Forest Ecosystems" between Japan and Russia., 森林総研北海道支所, 105pp.(1994)
- 17) 真島征夫, 清水 晃, 北原 曜: 羊ヶ丘実験林・小樽内川国有林での森林水文研究の現状, 昭和62年度林試北海道年報, (1989)
- 18) ———, 北原 曜, 清水 晃: 治山工事の判定法(1) —有珠山小有珠川溪間工の効果—, 日林学会北海道論集, 35, (1987)
- 19) 北原 曜, 真島征夫, 清水 晃: 林道切取法面における木本侵入の初期過程(2) —法面造成後2~4年の結果, 日林誌, 70(6), (1988)
- 20) 真島征夫, 北原 曜, 清水 晃, 坂本知己, 斎藤武史, 太田誠一, 真田 勝, 真田悦子: 十勝岳噴火に伴う治山対策に関する緊急調査研究, 平成元年度森林総研北海道年報, (1991)
- 21) 吉武 孝, 斎藤武史, 坂本知己: 雪圧軽減によるトドマツ脱葉被害の回復試験, 昭和62年度林試北海道年報, (1989)
- 22) 杉井昭夫, 坂本知己, 斎藤武史, 吉武 孝, 片寄 謙: 北海道多雪地帯のトドマツ幼齡人工林に発生する脱葉・枝枯れ現象(2), 森林科学, 12, (1944)
- 23) 斎藤武史: 全天写真を利用した簡便な林内気温の推定法, 森林総研北海道研究レポート, 27, (1991)
- 24) 坂本知己: 海岸林の開発における林帯保全に関する研究, 森林総研研報, 358, (1990)
- 25) 中井裕一郎, 北原 曜, 坂本知己, 斎藤武史, 寺嶋智巳: トドマツ人工林における降雪の樹冠遮断, 北海道

- の雪氷, 11, (1992)
- 26) 小木和彦, 猪瀬光雄, 佐野 真: 空中写真による天然林の類型区分図の作成と蓄積推定, 日林学会北海道論集, 39, (1990)
  - 27) 佐野 真, 猪瀬光雄, 小木和彦: 天然林における直径遷移と稚樹の成長, 平成元年度森林総研北海道年報, (1991)
  - 28) 石橋 聡, 渡辺 惇, 佐野 真, 猪瀬光雄: 天然林における択伐施業方法に関する研究(1) —夕張固定試験地における成長解析—, 日林学会北海道論集, 41, (1993)
  - 29) 柴田弥生: エキザサの栽培, 森林総研北海道研究レポート, 28, (1991)
  - 30) 馬場強逸, 柴田弥生, 高畑 滋: モデル混牧林における木と草の生産量, 北方林業, 38, (1986)
  - 31) 柳幸広登, 土屋俊幸: 林間放牧の地代負担力—穂別町の事例を中心に—, 日林学会北海道論集, 35, (1987)
  - 32) 亀下英次郎: 北海道における国有林請負事業体の動向(2) —北海道営林局(直轄)管内における造林請負事業体について—, 日林学会北海道論集, 39, (1991)
  - 33) 土屋俊幸, 柳幸広登: 1960年代以降における林地移動の時系列的分析—網走地域における事例—, 日林学会発論集, 100, (1989)
  - 34) ———, ———: 苫小牧周辺における広葉樹製材工場の現況—原木消費構造を中心に—, 日林学会北海道論集, 41, (1993)
  - 35) 八巻一成, 土屋俊幸: 森林レクリエーション行動分析についての一考察—時間地理学概念の適用—, 第6回日ロ・北海道極東シンポジウムの記録, (1991)
  - 36) 佐野 真, 猪瀬光雄, 小木和彦, 真辺 昭: トドマツの林分密度管理図の改訂, 日林学会北海道論集, 38, (1990)
  - 37) 小木和彦, 猪瀬光雄, 佐野 真, 真辺 昭: トドマツの地位指数曲線, 日林学会北海道論集, 38, (1990)
  - 38) 猪瀬光雄, 小木和彦, 佐野 真: カンパ類3種の地位指数曲線と林分密度管理図, 平成元年度森林総研北海道年報, (1991)
  - 39) 高橋邦秀: 枝円盤の軟X線写真によるトドマツ水食立木判定法, 最新技術情報シリーズ, 国立編, (1987)
  - 40) 中津 篤ほか: 開放区における除去後のエゾヤチネズミとヒメネズミの周辺からの侵入と回復, 日林学会発論集, 103, 543~544 (1992)
  - 41) 北海道内林業林産試験研究機関連絡協議会野鼠防除専門部会: 林況変化に伴う野鼠被害の防除に関する研究, 野鼠防除専門部会研究成果報告書, 1~177 (1994)
  - 42) 山口岳広, 佐々木克彦: エゾヤチネズミ食害痕に起因するカラマツの腐朽・変色被害(I) —腐朽・変色の侵入程度—, 日林学会北海道論集, 41, 76~78 (1993)
  - 43) 佐々木克彦: 各種越冬処理がトドマツ枝枯病の発生に及ぼす影響, 日林学会北海道論集, 36, 140~141 (1988)
  - 44) ———ほか: トドマツ枝枯病の発病機構と防除, 平成3年度森林総研成果選集, 18~19 (1992)
  - 45) 前藤 薫ほか: カラマツヤツバキクイムシに随伴する青変菌によるカラマツの萎凋, 日林学会北海道論集, 39, 79~82 (1991)
  - 46) 山口岳広: 青変菌 (*Ceratocystis piceae*) のカラマツ苗木に対する接種試験(I) —苗木への全周剥皮接種と水ポテンシャルの推移—, 日林学会北海道論集, 104, 615~616(1993)
  - 47) 前藤 薫: 羊ヶ丘天然林のミズナラ種子食昆虫—主要種の生活史と発芽能力への影響—, 日林学会北海道論集, 41, 88~90 (1993)
  - 48) 川路則友: 天然林類型区分と繁殖鳥類群集との関係, 日林学会北海道論集, 40, 9~11 (1992)

## 東北支所

東北6県の面積は約669万haで、全国面積の約18%を占める。そのうち森林面積は472万ha(71%)で、全国森林面積の約19%である。一方、人口は約974万人で、全国の約8%にとどまり、人口密度も全国平均の327(人

／km<sup>2</sup>) に対し146と低い。このことから、我が国のなかではまだ自然が比較的多く残された地域といえる。事実、中央部を東西に走る奥羽山脈沿いの山地をはじめ、北上、阿武隈、出羽山地などに広い森林地帯が存在する。また気象的にみれば、日本海型気象に支配される多雪地帯（奥羽・出羽山地等）と、太平洋型気象の少雪・寒冷地帯（北上・阿武隈山地等）とに分けられるが、いずれも厳しい自然環境下にある。

戦後の拡大造林政策により、東北地方でも1950年代半ばより人工林化が急速に進展し、人工林率は42%とほぼ全国レベルに近づいている。しかし、西日本の先進林業地域に比べ35年生以下の保育期林分の割合が高く、“生育途上林業地域”とされるゆえんである。それとともに、国内林業の不振、労働力の高齢化、林業労働者不足を反映して除・間伐対策の遅れが目だちはじめている。人工林の樹種別構成は、スギ66%、マツ類（アカマツ、クロマツ）21%、カラマツ11%で、マツ類の割合が高いこと、ヒノキの割合の少ないことが特色である。国産材時代の到来が特望される中で、優良用材林への誘導と木材流通システムの改善が求められ、その研究を進めている。

人工林の増加と引き換えに、東北地方で古くから知られてきた能代地方を中心とする秋田スギ、下北・津軽のヒバ、南部地方のアカマツなど優良天然林資源が急速に減少し、この10年間をみても天然林の木材生産量は年々落ちていく。しかし、拡大造林に対する反省、長伐期大径優良材生産指向、複層林施業の諸利点などから、最近ではこれら天然林の価値が見直されつつある。マツ類については、材線虫病が北上し、太平洋側では岩手県南部、日本海側では秋田県北部にまで達しており、これの防除法の研究が急務となっている。

また、1991年9月の19号台風は、九州及び東北地方北部の森林に大きな災害をもたらした。その被害要因を解析するとともに、森林の国土保全、水源涵養機能の向上、自然景観維持、木材生産の面からも、災害や病虫獣害に強い森林造成技術、広葉樹林施業技術の確立に関する研究を進めている。

最近の10年の動きの中で最も注目されるのは、地球環境問題とそれに果たす森林の役割についての世界的関心の高まりである。この情勢において、林野庁は平成元年に国有林の保護林制度について抜本的な見直しを行っているが、その中でも「森林生態系保護地域」の設定は画期的なものといえる。全国26指定箇所のうち、東北地方では「白神山地」、「葛根田川・玉川源流部」、「飯豊山周辺」、「早池峰山周辺」、「栗駒山・栃ヶ森山周辺」、「恐山周辺」、「吾妻山周辺」の7か所が含まれており、他の地域に比べて面積的に多くの割合を占めている。また、青森・秋田県にまたがる白神山地が屋久島と並んで「世界遺産条約」に登録された（1992）。

当支所においても、森林気象、積雪・融雪特性、森林群落の構造と動態、森林の維持・修復機構、森林の環境保全機能、荒廃景観の修復、酸性雨、森林の流域保全機能、野生動物及び希少生物種の保護管理など、森林環境問題に関する研究課題が10年前と比較して飛躍的に増加している。

## 1. 育林部門

多雪・寒冷環境の地域における森林の特性解明と育成法向上に関する研究の進展

### (1) 東北地方における森林立地環境

東北地方の森林土壌を中心とする立地環境研究について、次のような視点を主にして研究を行ってきた。すなわち、多雪地帯の土壌特性と林木の生育に関する研究、山火事が土壌をはじめとする森林生態系に及ぼす影響、樹幹流の特性把握を中心とする酸性雨モニタリング試験、培養試験による土壌有機物の分解特性、及び地球温暖化が高山・亜高山地域の植物に与える影響に関する研究などである。

多雪地帯の土壌特性と林木の生育では、多雪地帯における確実な人工林造成を目的として、山形県肘折のスギ

造林地をはじめとする調査地において、生産基盤となる森林土壌を地形・根系・理化学性・粘土鉱物などの観点から総合的に調査した。その結果、斜面下部の緩斜面及び平坦面は集水地形を呈し、融雪時は停滞水型になりやすく、Pw(i)型土壌の生成にもつながるため、このような場所での伐採は避けるべきことを指摘した。

山火事が森林土壌に及ぼす影響では、1987年4月に岩手県釜石半島のスギ林で発生した山火事跡地を対象に調査した。火災跡地土壌の特徴として、有機物層の燃焼によってもたらされる灰により土壌中の塩類濃度が高まること、水分条件が改善されれば窒素無機化が著しく高められることなどを明らかにした。

酸性雨モニタリングについては、全国的に実施されている事業のなかで、当支所では姫神山カラマツ林の試験地を中心に各種の試験を行っている。盛岡市周辺の代表的森林を対象とした調査では、雨水は樹体に触れることにより質的に変化し林内雨や樹幹流として林地に供給されること、その変化は樹種ごとに固有のものであることなどを明らかにした。さらに、広葉樹のいくつかの樹種では、樹幹流が土壌の酸性化を抑制する作用のあることを明らかにし、樹幹流や林内雨が林地の土壌に及ぼす影響などについても研究を進めている。

培養試験による土壌有機物の分解特性については、東北地方北部の亜高山帯の土壌を対象とした反応速度論的な解析を行った結果、北上山地と奥羽山地との違いよりも、アオモリトドマツ—チシマザサといった植生の違いが大きく現れていることなどを明らかにした。

地球温暖化が高山・亜高山地域の植物に与える影響では、温暖化した場合の予測のために、北上山地の亜高山地域を対象として、現在の植生と過去の温暖期の植生との関係、あるいは土壌生成開始期との関係という観点から調査した。これによると、現在、アオモリトドマツ林が成立しているところは、安定した立地で土壌生成開始期が早いこと、約5500年前の温暖期には広葉樹林であったこと、しかし気温と植生の変化は必ずしも対応していないことなどを明らかにした。また、奥羽山地の土壌凍結と植生との対応を明らかにしつつある。

## (2) 冷温帯森林の生態、育成技術

東北地方の拡大造林はほぼ終わり、限界地帯を除いては広い面積で針葉樹人工林が育成しつつある。従って、今後はこのような針葉樹人工林の質的な充実が課題となっている。この地域の代表的造林樹種であるスギ、カラマツ、アカマツについては、より良質な材の生産を目指した人工林の施業法を解明するために、密度管理や間伐種と節の出現や年輪幅との関係、標準伐期を超えた高齢林の成長量の推移について解析を行った。複層林については上木の被陰により、樹下植栽木の初期の過大な成長を抑制できること、寒害の回避策になる可能性があることから、(上木)アカマツ・カラマツ—(下木)ヒノキ、(上木)スギ—(下木)スギの組み合わせで造成し、上木の密度による上木・下木の成長の関係、寒害回避効果、保育方法などを検討した。良質材生産を目指した林分を造成する上で重要な時期と考えられる若齢期の林分の保育方法を確立するために、若齢のスギ人工林における構成個体の形質のばらつき、若齢期に影響の大きいツル被害の実態を明らかにした。

また、東北地方では有用な広葉樹資源の育成技術の開発が望まれている。冷温帯の代表的有用樹種であるミズナラやウダイカンバの天然林施業に関する基礎的研究として、母樹の配置及び種子散布、実生の更新特性把握に基づく天然更新法の解明と適切な保育管理についての検討を行った。また、シラカンバのバイオマス生産力を利用した超短伐期による最多収量を得るための植栽密度、施肥量、刈り取り法、保育方法などを検討した。シラカンバの蒸煮処理材は、肉用牛の粗飼料として好適であることが認められた。

近年、森林に対して木材生産機能のみならず公益的機能の解明が期待されている。この対応として、当地方の環境資源として重要な都市近郊の人工林、二次林を含む各種の林分の実態を明らかにした。さらに、森林の施業に伴う野生鳥獣の生息環境の変化を調査した。一方、自然度の高い天然林の保全も重要かつ今日的な課題である

ため、公益的機能も高く多様性に富んだ森林である山地ブナ帯の溪流沿いに発達する溪畔林、すなわち、トチノキ・サワグルミ・カツラなどからなる特徴的な群集を対象に、溪畔林の面積かつ長期にわたる動態と、主要な構成種の生活史の解明を目指して総合的な研究を展開している。さらに東北地方亜高山帯の代表樹種であるアオモリトドマツについて、成長様式や球果生産様式の研究を行っている。また、東北地方全域を対象にしてブナ林の種子生産量の変動を調査している。

### (3) 冷温帯地域の林木の生理特性と更新技術

厳寒期、林木の樹幹が縦方向に割れる、いわゆる凍裂という現象は古くから知られている。東北地方では、凍裂が比較的高齢なスギ造林木に出現する傾向にあることから林業上の大きな問題であるため、その発生実態、発生機構を解明する研究を進めた。これまで経験的には、凍裂は幼齢木ではほとんどなく、壮・高齢木に多いことが知られてはいたが、この具体的な発生時期について、スギでは40年生半ばから始まることを明らかにした。また、被害の推移についての秋田県小坂町70年生スギ林の調査結果では、ある樹齢で一度に発生するのではなく、一旦発生が始まった林分ではそれ以降も新たに発生が続き、凍裂木が累積されていく状態にあることが判明した。さらに、180年生の高齢林においても新しい凍裂木があり、かなり長期にわたって出現することを明らかにした。凍裂の発生機構は、縦に走る割れが地際部から2～3m上方にかけての一番玉の部位に出現すること、樹幹南側に発生が多い傾向にあること、傾斜地では谷側に多く発生していることなどを明らかにした。凍裂が発生した部位の樹幹部では、凍裂そのものの割れ以外に、材内部だけにとどまる多数の放射状の割れやいくつかの目回り(年輪に沿った割れ)が存在し、それらは地際付近から上方へかけて発達し胸高部付近で最も顕著となり、さらに上方へいくにつれ再び減退することを明らかにした。この原因は、凍裂木の材内含水率の高さにある。凍裂木は凍裂部位の心材含水率が異常に高く、しばしば200%を超える。従って、凍裂は樹幹内心材に異常な水分の集中があり、材内に発生した目回り等の傷害部の水分が厳寒期に凍結・膨張して発生するものと推察された。これらの研究成果は、凍裂の回避・防除技術に重要な示唆を与える。高含水率材や目回りの原因は未だ不明なところがあり、今後の研究の進展を必要とする。

東北地方の冬季に降雪の少ない地帯では、ところによりスギ及びヒノキの幼齢植栽木は寒さの害を受け、激しい場合には皆伐一斉造林が困難となる。特にスギ林の造成に当たっては寒害の回避対策が必須となる。このような寒害発生地帯における育林技術の改善を図る目的から立地環境と被害要因の解明を進め、寒害回避技術の開発についての研究を行った。岩手山北麓の試験地における20数年間にわたる調査からは、既存の林分を保護樹として利用する樹下植栽法及び帯状植栽法によるスギ林造成が、寒害多発地帯の有効な被害回避手段になりうることを検証した。この樹下植栽法は、16年生のカラマツ林及びアカマツ林に対し、機械的に30、50及び70%の間伐を行って、スギを樹下植栽し、5年後と15年後に再び間伐し、最終的には70%区の上木密度にそろえた。スギ植栽木に対する寒害は、70%区カラマツ林を除いては低い被害レベルになった。また、植栽木の生存率と成長状態あるいは間伐の手間を考慮すると、50%間伐で実施する方法が推奨される。帯状伐採植栽法では、14年生のカラマツ林及びアカマツ林に対し、南北方向に幅30m—長さ60mを単位として、帯状伐採—帯状保残処理を行い、帯状伐採地にスギを植栽した。その結果、カラマツ林よりはアカマツ林を利用した方が植栽木の寒害回避に有効であることが分かった。

東北地方における主要樹種の一つであるヒバ(ヒノキアスナロ)は、資源を保続し成長量を増大させるための施業法の確立が課題となっているが、更新法の基礎的情報についてもまだ十分に明らかにされてはいない。このヒバ林の更新と成長の動態に関する研究においては、下北半島等の長期固定試験地で択伐の伐採種と林分成長や

稚樹の動態に関する解析，群落構造や林内稚樹の生理・成長特性の解析を行ってきた。既往の研究業績を整理して「ヒバに関する文献レビュー」として刊行した。

1991年，台風19号が引き起こした東北地方北部の大規模な森林風害に関して，緊急に被害実態の調査と要因の解析を進め，人工林の耐風性を低下させない森林施策方を検討した。危険予想地帯での壮・高齢林の間伐・枝打ちや複層林造成の取り扱いに関して，適切な密度調節と林縁木の管理が最も重要であることを指摘した。

#### (4)多雪地帯における森林の特性と育成

積雪環境は，林木を良好に生育させる条件も，生育を制限・拒否する条件も，さらに，林地を荒廃させる条件も兼ね備えていて多様である。従って，東北地方の脊梁山脈を中心とする日本海側の積雪地帯は，スギの適地であると同時に，森林雪害の常習地でもあり，豪雪地帯には成績不良の造林地がみられる。

このため，雪害常習地帯における適地判定のための環境解析に関する研究を進め，森林雪氷害の実態把握と被害発生環境要因を解析して，東北地方の6県を対象とした1km<sup>2</sup>メッシュ単位のスギの雪圧害危険地帯区分図を作成し，広く林業関係者に普及した。また，現場で積雪環境を判定することができるように，植物指標を利用した簡便な積雪環境把握の方法を開発した。

この研究を進める過程で，雪圧害・冠雪害・雨水害に関する発生要因を解明し，雪氷當力に対する樹種特性や，被害の受けやすい林分の構造を明らかにして，雪害回避方法を検討した。さらに，樹木雪害に加えて，積雪グライドや雪崩に伴う林地の荒廃についても実態把握と発生機構の解明を行い，林地雪害として森林雪氷害のなかに体系づけた。

積雪地帯の樹木に共通する根元曲がりや匍伏形態は，積雪環境に適応した生活様式であるとの視点にたつて，林木の積雪環境に対する外部形態的，内部構造的，生理・生態的な適応性など，林木の多面的な耐雪性の解明に関する研究を進めている。すなわち，スギについて，支持根の発達と根元曲がりの回復機構との関係，雪圧によるアテ材形成の消長過程と成長との関係を解析し，耐雪性スギ品種の特性，及びアテ材形成量と積雪環境傾度との関連を明らかにした。同様に，広葉樹類では，樹種間の特性の差異の大きいことが判明した。これらの積雪環境に対する樹木の適応戦略を明らかにすることは，東北地方の天然林の分布を解明し，また，豪雪地帯に広く分布する不成績造林地の林分改良に必要となる技術開発と，多雪地帯の広葉樹林施策の体系化に結びつく研究として期待される。

多雪地帯に特有の育林技術を基にした雪害回避技術の効果を評価するため，各種の実験的手法及び長期の現地適用試験を行って，その合理性の検証と技術改善の体系化について研究を進めてきた。その一つとしての多雪地帯における複層林施策や棚積み地ごしらえ法は，斜面積雪の移動を緩和し，下木に加わる雪圧が軽減できることから，環境保全上有効な育林技術であることを指摘した。

## 2. 経営部門

### (1)森林資源管理・計画

戦後の拡大造林による人工林の大部分が間伐期に達しているが，長期にわたる木材価格の低迷や林業従事者の減少等により，これまでの施策目標に沿った林分管理が困難な時代になり，施策目標の転換とそれに基づく林分管理が重要な課題になっている。秋田県鹿角市，宮城県津山町，岩手県岩泉町で採択されているスギ人工林の間伐方法と目標林型への誘導法を分析すると，除伐不実行林の初回間伐は，出材の質的内容が悪く，間伐実行が不採算となるため，収益性を考慮した間伐法の開発が求められる。これにかかわる間伐法の研究では，間伐の種類

別（上層・下層間伐等）による特性を把握するため、成長量・間伐収穫量・最終収穫量などの要因を基に多次元解析を行い、間伐種は材積成長への影響が小さいこと、地位級と間伐後の密度は成長支配要因であることを明らかにした。スギ人工林の長伐期施業に関する研究では、林齢80年前後の人工林収穫試験地31林分を対象に、林分構造の分析、材種別丸太生産量の解析手法及びそれに基づく林分施業への影響などについて解析を行った。

天然生広葉樹林を対象に自然条件や林分条件に応じた適正な林分管理指針、収穫予測法を明らかにする研究を行った。ブナ林の択伐作業地におけるブナ後継稚幼樹の確保、育成のための最適生育環境条件を解明するため、固定試験地で地位・林床植相などの条件の違いによる更新実態を調査した。ブナ稚樹の発生と生育は択伐作業により疎開されるギャップ（孔状空間）と密接な関係があり、このギャップの大きさとブナ稚樹の本数・樹高の関係を図式化した。これにより後継稚幼樹の確保には、200m<sup>2</sup>以上のギャップが望ましいことが分かった。純度の高いブナ及びミズナラの二次林を大径用材林へ誘導する間伐基準を検討するため、ブナでは生育環境因子を用いた地位指数判定スコアー及び林分密度管理図を作成するとともに、ミズナラでは林分密度管理図を作成し、広葉樹の施業管理指針を提示した。また、コナラを主とする旧薪炭林の用材生産林への誘導法の研究では、広葉樹密度管理図との対比を基に、特色のある66のコナラ林分を抽出し、平均胸高直径に対応する成立本数・直径階別本数・樹高の関係を解析し、伐期におけるしいたけ原木用ほだ木の収穫量を推定した。この結果、約15 800本/haが期待できることが判明した。このほか、広葉樹林施業のあり方にかかわる樹種・径級による市場価格形成の実態を把握するため、広葉樹原木市場での価格形成要因を分析し、落札価格の分析手法を提案するとともにその検証を行った。

近年、水源かん養機能や保健休養機能など、人間生活とかかわりの深い森林の持つ機能が重要視され、森林の取り扱いが注目されるようになった。こうした動向を受け、保健休養機能増進のための施業技術の開発を行っている。また、画像処理技術等を取り入れた研究手法を導入するなど、今後のマルチメディア時代に対応した新たな研究にも取り組んでいる。

## (2) 森林防災・国土保全

東北地域の地形・地質、気象条件、森林伐採、草地開発などの諸要因が林地の水土保全機能に及ぼす影響の解明と有効適切な林地保全対策に資する研究を行ってきた。

東北地域では少雪寒冷な地域に位置づけられる北上山地で、林地の畜産用草地への転用、荒廃地の成立・自然復旧過程などについて研究を行った。溪岸林を配置した放牧草地は、沢沿いまで皆伐した放牧草地よりも水の流出率は小さく、ピーク流量も減少し、流出土砂量もわずかで、溪岸林の水土保全機能が大きかった。また、転用前の林地が保持していた土壌の物理性は、草地造成時の大型機械の転圧や放牧家畜の踏圧によって失われ、地表水流下量や流出土砂量が増大した。従って、草地造成の際は地表攪乱の少ない工法を採用することが望ましいと考えられた。北上山地の稜線沿いの西側斜面のシバ草原に発生した荒廃地は、シバを枯らすアキヤマタケ菌輪病が荒廃の端緒であり、凍上・融解・風・家畜の攪乱などが裸地拡大の要因であった。こうしてできた荒廃地の先駆植物はエゾヌカボ・エゾコゴメグサなどであった。

多雪地帯の奥羽山地では水文観測、トラクタ集材、ブナの根系強度・根鉢の大きさ、地球温暖化に伴う高山・亜高山の植生移動などに関する研究を行った。

釜淵理水試験地における水文観測の結果、釜淵1号沢の厳冬期間の平均最小流量は1.14mmで、これは山形試験地の積雪底面（地面）の1冬期間の平均融雪量とほぼ一致し、厳冬期の流出量は積雪の底面融雪量だけとみられる。融雪盛期の水源流域の日流量を予測するには、気温と雨量の2変数を用いた重回帰分析で可能である。

1965～1987年までの20冬季の雪質観測結果を公表した。一方、トラクタ集材地では、集材時の攪乱の著しい路床は植生の自然回復が遅々として進まないが、攪乱の少なかった場所は集材後4～5年で植生が回復した。伐採後4年経過したブナ根系の引張強度は、生立木の30～50%に低下し、飽水状態では気乾状態の30～70%程度に低下した。また、細根の方が太根よりも単位断面積当たりの引張強度が大きかった。台風19号被災地におけるブナ・スギ根返り木の根系の土壌緊縛範囲（根鉢体積）は、ブナ天然林（185年生）・スギ天然林（220年生）が最大約60 m<sup>3</sup>、スギ人工林（41～71年生）は最大24 m<sup>3</sup>であった。根系の土壌緊縛範囲は、胸高直径との一次回帰式で推定が可能であった。高山・亜高山地帯の雪田の土壌は、数百年～千年オーダーの過去の小さな気象変動に対応して、ゾーニングが変化してきたことが分かった。融雪量の計算から、この変化のための気候変動を求めると、気温だけでなく積雪深も変動してきた可能性が示された。

このほか、霧・雨水害、竜巻害、異常降雪害などによる林木被害の実態と発生機構、保護樹帯の寒害防止機能、海岸林の保全機能などについて解明した。

今後も地域に密着した課題を設定して研究を推進する。

### （3）林業経営経済

昭和60年代に入って、我が国の森林・林業を取り巻く社会経済的環境は大きな転換を見せている。特に、円高を伴った急激な経済の国際化によって、外材、特に米材製品の輸入が一段と進行し、また、特用林産物においても東南アジア、中国等からの木炭・シイタケ輸入が増加し、国内林業・林産業を圧迫するようになった。こうした中において、スギやヒノキを中心とする戦後造林資源が徐々に成熟しつつあり、この資源の有効活用を基軸とした国産材産地の形成によって、疲弊著しい農山村経済あるいは個別農林業経営を再建する方策の樹立が焦眉の課題になっている。特に、東北地域のこれまでの林業・林産業は、国有林に大きく依存する形で展開してきただけに、国有林の丸太供給能力の低下に対し、民有林材で穴埋めする方策の樹立が東北地域の国産材時代の幕開けとかわかって重要になっている。このため、森林経営の実態を農業経営との関連で分析し、その課題と問題点を明らかにするとともに、素材業や製材業の抱えている課題と問題点を森林所有形態の違いを含む森林資源の賦存状況との関連で分析・考察し、農山村の窮状の打破、製材業・木材業の振興策を提示する研究を推進してきた。

農山村経済の再建、特に森林経営の活性化のためには、製材業生産力の向上が不可欠であり、外材が木材需要の7割強を占める中においても、スギを中心とする国産材製材は、地域によってそれぞれの独自性を発揮しながら活発な展開を行っていることが確認できた。しかし、こうした製材生産力の拡大にもかかわらず、山元の森林経営者には利益がほとんど還元されていないという決定的なマイナス要因が存在していることも分かった。これらを解決するためには、森林組合共販事業を中心とした森林所有者に対する伐採促進活動と正常な木材価格形成機能の創出が急務であり、そのための必要条件や諸対策を提示した。また、シイタケや木炭などの特用林産物の生産を農林業経営の中に組み込みながら、森林経営者の所得の向上を図ることが肝要であり、そのために整備すべき諸要件を提示した。

東北地域で戦前から行われている林畜複合経営としての林野利用に関し、林地の牧養力や林内放牧地での林木の天然更新等について長期にわたり研究を進め、多くの研究成果を公表してきた。この混牧林施業に関する研究は、新たな森林総合研究所研究基本計画に基づく研究体制への移行に伴い、昭和63年度をもって終了したが、新たに東北農業試験場が平成5年度に開始した場内プロジェクト研究「公共草地を基盤とした地域複合型肉牛生産方式による活性化方策」に参加し、「林地の畜産的利用による繁殖農家の改善」の研究課題を設定して、これまでの研究蓄積を活用しつつ、新たに取り組みを開始した。

ガット・ウルグアイラウンドの交渉終結により、国内農業政策、特に中山間地域の活性化対策が国政の重要課題になり、平成6年度から一般別枠研究「中山間地域の活性化条件の解明に関する研究」が開始された。この中の「限界中山間地域における地域資源活用による定住基盤形成方策の解明」の小課題「木炭・木酢液等山村資源の有効利用による中山間地域活性化方策の解明」を担当することになった。

### 3. 保護部門

#### (1) 樹病害の発生実態と防除

東北地方におけるマツ材線虫病の研究は引き続き重要な問題として継続され、いくつかの新事実が明らかになった。年越し枯れ発生要因の解析では、線虫の感染時期が遅いほど多発し、いわゆる低温期感染が要因となる。通常、部分枯れは年越し枯れに移行するが、針葉全体が若干変色した個体や光条件が不良で光合成機能が低下した個体も年越し枯れに移行する率が高い。線虫が分離されない年越し枯れ木から分離した新たな菌 *Leptographium truncatum* (外国ではマツの病原菌の一種) は、マツ苗木に若干病原性があるものの成木では認められず、我が国ではマツの枯死原因とはならない。生物的防除法の一手法である弱毒線虫を用いた誘導抵抗性の検討が行われ、寒冷地方でも有効なことが認められた。しかし、抵抗性の誘導は夏期の気温に左右され、高温ほど効果が高い。

スギ枝枯性病害の研究では、スギ黒粒葉枯病の発生生態、病原菌の生理・生態的性質及び病原性が解明された。すなわち、春形成の病原胞子は発芽が極めて容易で直ちに感染発病へと移行するが、秋形成のそれは越冬後のみ発芽するなど、季節に対応した特異な性質を有する。発芽菌糸は気孔を利用して組織内に侵入し、気孔を通過して子実体を形成する。また、本病に抵抗性または感受性スギ品種が存在することなど、防除法樹立のための基礎資料が得られた。黒点枝枯病では、長年不詳とされていた病原菌(分生子世代)が分類され *Gloeosporidina cryptomeriae* と同定された。さらに近年、感染源となる完全世代が発見され、分類同定及び菌の生理・生態的諸性質、発生生態の解明が進んでいる。

カラマツの材質腐朽を起こす根株心腐病は、当地方の伐期に達したカラマツ林分の重要病害であり、カイメンタケ・ハナビラタケが主要な菌である。平均腐朽率が20%に達する林分もあって、大きな問題となっている。病害発生と環境との関係では、過湿な沢筋や土壌水分が停滞する台地上、峰筋の風しょう地形で根に傷害を受ける場所では特に被害が多く、このような地形では造林を避けるなどきめ細かい施策が望まれる。近年、病原菌の生理・生態的性質の解明などが進み、菌叢発育と温度、pH、各種栄養素との関係が明らかにされた。

ヒノキ病害では漏脂病が最も重要である。従来の諸説から病原菌説が一步先行して浮上してきた。盤菌類の *Pezizula livida* や *Cistella japonica* がそれである。これらの菌の病原性の確認が行われている。発生環境との関係調査が進み、傷害樹脂道形成の主要因として、風害・雪圧・極低温などの気象要因、枝打ちによる人為的傷害、昆虫食害などが明らかとなっている。

東北地方のキリ栽培は古く、良質材生産が行われてきた。しかし近年、てんぐ巣病(病原菌マイコプラズマ様微生物 MLO)の蔓延から、栽培意欲が失われつつある。当地方は温暖地方と異なり典型的な病徴が発現しないため、病害診断が困難であった。そこで、MLOのリボソームタンパク質遺伝子の塩基配列を基に作成した合成ヌクレオチドをプライマーとしてキリの樹皮、葉からMLOを検出する技術が開発され、本法はてんぐ巣病の早期診断に役立つことが明らかとなった。

## (2) 森林害虫の生態と防除

昭和50年にマツ材線虫病が初めて宮城県下で発見されてから、急速に進められてきた一連の松くい虫の研究は、特定研究「マツ枯損防止新防除技術適用化促進調査」(昭和58～平成3年)に引き継がれ、寒冷地における媒介者の生態、誘引剤によるマツノマダラカミキリのモニタリング、寒冷地における松くい虫被害推移の実態の解析、及び被害拡大先端地域における松くい虫被害推移の実態と解析などの研究項目で進められてきた。この研究は、さらに特定研究「生物的防除手法を導入した松くい虫被害の激化防止新技術の確立」(平成4～8年)に引き継がれ、天敵微生物の利用法の確立の研究項目で現在まで続いている。この研究では、天敵微生物ポーベリア菌を利用してマツノマダラカミキリを防除するもので、この菌を運ばせるキイロコクイムシの大量増殖法などが確立された。さらにこの間、経常研究では「マツ枯損防止技術の確立」(昭和60～平成5年)において、松くい虫被害発生予察、マツノマダラカミキリの誘引剤使用による防除法、材線虫病の媒介カミキリ類の生態解明、及び材線虫病の感染源、特に発生環境の解析などの研究が進められ、多くの成果が得られている。

スギ・ヒノキ穿孔性害虫の研究は、特別研究「スギ・ヒノキ穿孔性害虫による加害、材質劣化機構の解明」(昭和58～61年)において、スギノアカネトラカミキリの行動習性、スギノアカネトラカミキリの被害発生条件の課題について研究が行われた。この課題は昭和61年に終了したが、経常研究で昭和62年から「とびくされ等材質劣化防止技術の開発」において、スギ及びヒバ林のとびくされ発生環境解析(昭和62～平成3～6年)により研究を続けてきた。この間に再び特別研究「スギ・ヒノキ穿孔性害虫の生物的防除技術の開発」(平成元～4年)が始まり、スギノアカネトラカミキリ被害発生予察技術の開発を行い、被害分布図の作成及び被害拡散の実態解析について研究が進められた。この研究では、東北地域の約800か所の調査が行われ、広域的な被害分布図が作成された。また、スギノアカネトラカミキリ成虫移動の調査法として、黄色誘引器に誘引剤としてメチルフェニルアセテートを利用する方法が確立された。

特掲課題では、「公害防止」(都市近郊林)において、冷温帯地域の昆虫相及び昆虫要因の評価(昭和61～平成元年)、また、「大型別枠」(生態秩序)では、食葉性昆虫の個体群動態と樹冠の変動解析技術の開発(平成元～4年)、溪畔林における昆虫の生態的地位(平成5～7年)などの研究が進められている。さらに、「公害防止」(野生鳥獣・平成2～6年)では、クマガラの餌内容及び餌現存量の解明、有益鳥類群の害虫捕食特性の解明の研究が行われた。その他の経常研究では、マツカレハに関する研究(昭和60～平成5年)、ブナアオシャチホコに関する研究(昭和60～平成6年)、ブナ・ミズナラの種子害虫に関する研究(昭和62～平成7年)、及びキクイムシに関する研究(平成3～6年)など、多くの課題の研究が続けられている。

## (3) 野生鳥獣の保護と防除

鳥類関係：森林性鳥類の代表であるシジュウカラの巣箱架設試験を長期にわたり実施してきた滝沢試験地が都合により廃止となり、試験地を変更した。新たな試験地2か所に巣箱を架設した結果、シジュウカラは3年目までは急激に増加するが、その後は頭打ち状態になることが判明した。日本の森林性鳥類群集の林相別類型化と密度・多様度の解析を行った。また、マツ材線虫病の伝播者であるマツノマダラカミキリ幼虫の天敵としてのキツツキ類、特にアカゲラによる捕食実態の試験を実施した結果、松枯れの微害地での効果が特に大きいことが明らかとなった。しかし、松林は一般にアカゲラの生息密度が低いので、松林へのアカゲラの誘致方法を検討した。その結果、繁殖用はカンバ製巣丸太が有効であることが判明した。また、ねぐら用に底無型巣箱を考案し、その試験結果は良好であった。この巣箱は、底板がないためキツツキ以外の鳥類には利用されず、天敵に襲われた場合でも、巣箱の上下から逃げられるという利点がある。現在、この巣箱はマツ材線虫病被害地で試験的に活用さ

れている。また、国の天然記念物であるクマガラの東北地方における生息調査を行い、十和田において繁殖を確認した。同時に、食性についても観察し、内部が腐朽したカラマツに生息しているムネアカオオアリも重要な餌資源になっていることが判明した。

獣類関係：近年、ノウサギは著しく個体数が減少し、被害もほとんど見られなくなった。ハタネズミも同様に、小規模な被害が時折発生する程度である。また、ニホンカモシカによる被害も減少してきている。これら被害が減少した原因は、大面積造林が行われないこと、成長した造林木は餌に不適当なこと、樹冠の被圧による下層植生が減少したことなどにより、餌資源及び生息地環境として不適になったことなどが挙げられる。新しい獣害としては、ニホンジカによる農林作物被害が問題になってきており、特に、岩手県五葉山を中心とした市町村で著しい被害が発生している。造林木被害を見ると幼齢造林木に対する枝葉の摂食害、若齢造林木に対する剥皮被害とツノコソリ被害が著しい。防除対策としては、防除ネット、忌避剤の塗布が行われている。忌避剤については、それぞれの被害発生期を特定し、有効な塗布時期を明らかにした。また、ニホンジカの保護管理のための基礎資料を得るため、ヘリコプターによるセンサスを2年間にわたって実施した。センサスは、目視・ビデオカメラ・赤外線センサーによって行い、得られた成果を逐次報告している。なお、ヘリコプターセンサスでは、ニホンジカ以外の大型哺乳類の情報も得られた。ツキノワグマによる造林木剥皮被害が、東北地方では山形県に次いで岩手県でも発生した。被害木は造林地の上部ほど多く、成長がよい木ほど被害を受けていることなどが明らかになった。ツキノワグマの齢構成調査を有害駆除で得られた秋田県産・岩手県産の資料で行った。両県とも3才以上の個体の捕獲平均年齢は、7才前後であった。天然林更新の見直しに伴い、ノネズミの林木種子摂食量を調査した。また、林木種子を主食とするアカネズミとヒメネズミの個体数変動調査を継続している。

## 文 献

- 相澤州平：林齢の異なるスギ人工林における表層土壌の化学性，日林論，105，(1994)
- 大丸裕武，池田重人：雪田の消長からみた高山～亜高山の気候変動，森林立地，35，(1993)
- 遠藤日雄，牛丸幸也，牛丸和人，橋場忠則，草階京子，越前谷康：「特殊秋田型産工場」の実態分析（Ⅰ）－原木集荷の特徴－，日林東北支誌，46，(1994)
- ，———，———：宮城県津山の産地構造，日林東北支誌，46，(1994)
- ，佐藤龍司，越前谷康：スギ並材直送と森林組合共販事業の役割，日林隣集，105，(1994)
- 樋口裕美，小野寺弘道：高木性落葉広葉樹の耐雪性の解明（Ⅰ），日林誌，75(1)，(1993)
- 堀野眞一，大井 徹，三浦慎悟：赤外線によるニホンジカ空中センサス法の開発，哺乳類科学，33，99～107 (1994)
- 五十嵐正俊：スギノアカネトラカミキリの生態（Ⅱ）－異なる飼育条件下での幼虫の体重変化および一代に要する年数－，日林論，97，(1986)
- 五十嵐登：ブナ種子の害虫ブナヒメシンクイの生態，森林防疫，41，(1992)
- 池田重人，大丸裕武：北上山地の亜高山地域における土壌の形態的特徴と生成開始期，日林論，104，(1993)
- 今川一志，及川伸夫，三上 進：スギ造林地における凍裂の発生実態（8），発生開始とその後の経過，日林論，100，(1989)
- 糸屋吉彦，河原輝彦：伐採方法を変えたヒバ林の稚幼樹の実態，森林総研成果選集，(1991)
- 鎌田直人：ブナアオシャチホコ，林業と薬剤，110，(1989)
- 神長每夫，小川 澄：広葉樹伐採跡野草放牧地における植生遷移，林試東北支場たより，286，(1985)
- 金子 繁，陳野好之：異なる光条件におけるアママツ苗木材線虫病の進展の差異，日林誌，68(5)，208～209 (1986)
- 片岡健次郎：東北地方におけるスギの雪圧害危険地帯区分図，林試研報，344，(1987)
- 衣浦晴生：昆虫誘引器で捕獲されたキクイムシ類（Ⅰ）－誘引剤のちがいによる比較－，日林東北支誌，44，(1992)

- 北田正憲：ブナ根系の土壤緊縛範囲，日林論，104，(1993)
- 金豊太郎，小坂淳一：スギ複層林施業試験地の成長と収穫（Ⅰ），日林東北支誌，39，(1987)
- ：広葉樹丸太の市場価格実態について（Ⅴ）—秋田県雄平原木市場の市場価格—，日林東北支誌，40，(1988)
- 小坂淳一：収益性を考慮した間伐が材積成長に及ぼす影響，日林東北支誌，38，(1986)
- ，金豊太郎，小西 明：ブナ林の間伐効果分析（Ⅴ），日林東北支誌，37，(1985)
- KUBONO, T. : *Gloeosporidina cryptomeriae* sp.nov. causing twig blight of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) , Trans. Mycol. Soc. Japan, 34, (1993)
- 栗田稔美，遠田 武：多雪地帯のスギ植栽方法が根系の発達に及ぼす影響，日林東北支誌，38，(1986)
- 楨原 寛：東北6県のスギノアカネトラカミキリ被害分布の特徴，日林論，103，(1992)
- 三上 進，及川伸夫，伊藤喜悦：スギ造林地における凍裂の発生実態（Ⅰ）岩手県安代地区スギ造林地における凍裂の発生状況，日林東北支誌，38，(1986)
- 森麻須夫，大住克博：秋田地方における高齢級カラマツ林の成長，森林総研研報，361，(1991)
- 中村充博，鈴木祥悟，由井正敏：アカゲラによるマツノマダラカミキリ樹皮下幼虫の捕食について，日林東北支誌，43，(1992)
- ，———：アカゲラによる材線虫病の防止対策，森林総研東北支所年報，33，(1992)
- 中村松三，西林寺隆：1991年台風により被害を受けた桃洞スギ林の林分構造と齡構造，日林論，104，(1993)
- 小川 澄：岩手混牧林試験地の四半世紀，森林航測，154，(1988)
- 大原偉樹：広葉樹保残帯と交互に造成されたスギ人工林の成長と積雪深の関係，日林論，104，(1993)
- 大井 徹，鈴木一生，堀野眞一，三浦慎悟：ニホンジカの空中カウントと地上追い出しカウントの比較，哺乳類科学，33，(1993)
- 大住克博，桜井尚武，齋藤勝郎：ウダイカンバ二次林の更新課程（Ⅰ）新植地に侵入したウダイカンバの分散構造と生長，日林論，96，(1985)
- 及川伸夫，中村松三，太田敬之：カラマツ・アカマツ帯状伐採区／列状間伐区に植栽されたスギの試験結果，日林東北支誌，44，(1992)
- 小野茂夫：釜淵の森林水文研究，第1回雪氷防災研究発表会講演予稿集，(1987)
- 小野寺弘道，大原偉樹：積雪地帯のスギに形成されるアテ材の解析から得られる積雪情報，日林論，99，(1988)
- ：雪と森林，林業科学技術振興所（東京），(1990)
- 佐橋憲生，中村 仁，吉川信幸，窪野高德，庄司次男，高橋 壮：東北地方におけるキリてんぐ巣病の遺伝子診断，日林東北支誌，46，(1994)
- 斎藤勝朗：寒冷地帯におけるアカマツ—ヒノキ二層林の初期保育に関する研究，森林総研研報，365，(1993)
- 桜井尚武，齋藤勝郎，大住克博：ミズナラ稚樹の成立過程に関する研究（Ⅴ）閉鎖した林内に発生したメバエの4年間の消長，日林論，96，(1985)
- 佐々木茂，後藤和秋，佐々朋幸，長谷川浩一：山火事が森林生態系におよぼす影響（Ⅰ）土壌理化学性の変化，日林論，99，(1988)
- 佐々朋幸，高橋忠幸，長谷川浩一：特定樹種の樹幹流による土壌の酸性化抑制作用（Ⅱ）センノキ，オニグルミについて，日林誌，75(4)，(1993)
- 佐藤昭敏，大住克博，瀬川幸三：スギ幼齡林の成長と樹冠形態，日林東北支誌，38，(1986)
- 瀬川幸三，齋藤勝郎，桜井尚武・岩崎正明：若齡シラカンバ植栽林の本数密度と生長及び施肥効果，バイオマス変換計画研究報告(34)カンバ類の短伐期収穫における多収穫技術Ⅰ，農林水産技会事務局，(1992)
- 森林総合研究所東北支所：ヒバに関する文献レビュー，森林総研東北支所，(1988)
- 森林総合研究所：森林総合研究所における環境研究推進基本構想，(1994)
- ：森林総合研究所における環境研究推進基本構想，関連研究課題一覧（1994）
- 庄司次男：スギ黒粒業枯病の発生生態に関する研究—特に病原菌の生理・生態的性質と病原性—，森林総研研報，368，(1994)

- , 城野有希子: カラマツ根株心腐病菌 (ハナヒラタケ・カイメンタケ) の生理的性質, 日林東北支誌, 46, (1994)
- 鈴木祥悟, 由井正敏, 中村充博: 柳沢鳥獣調査地の繁殖期の鳥類群集 (Ⅳ) - 巣箱繁殖鳥類の年次変動と繁殖生態 -, 日林東北会誌, 43, (1991)
- 高橋和規: シイタケ原木林の林分構造と収穫予測, 日林学会東北支誌, 40, (1988)
- 竹内美次, 岩崎勇作: 林木根系の強度, 日林論, 99, (1988)
- 滝沢幸雄ほか: 寒冷・高地地方におけるマツ材線虫病の特徴と防除法, わかりやすい林業解説シリーズNo86, 林業科学技術振興所, (1987)
- 山本 肇, 佐々木茂, 後藤和秋: 多雪地帯における森林土壌の特性と造林木の生育 (Ⅰ) 調査地の地形と土壌, 日林東北支誌, 38, (1986)
- 柳谷新一, 金豊太郎: プナ天然更新地における林床植生の繁茂とプナ稚樹の成長, 日林論, 96, (1985)
- 山家敏雄: 東北地方におけるマツカレハ被害の発生と被害予測のための幼虫密度推定法に関する研究, 森林総研研報, 365, (1993)
- 安ヶ平精三, 駒木貴彰: 岩手県種市町における乾椎茸生産の展開, 日林東北支誌, 46, (1994)
- 横沢良憲, 金子 繁, 窪野高德: ヒノキ漏脂患部からの分離菌による接種試験 (2) - 接種五年目までの経過 -, 日林東北支誌, 41, (1989)
- 由井正敏: 森に棲む野鳥の生態学, 創文, 237pp. (1988)

## 関西支所

関西支所が対応する地域は, 石川, 滋賀, 三重から以西, 山口県までの近畿・中国地方の2府12県に及び, その自然的・社会経済的条件はきわめて多様である。

気候は, 大きくは冬季多雪の日本海型と温暖寡雨の瀬戸内海型の気候区に大別され, 一部紀伊半島南部は温暖多雨の南海型気候区が出現する。管内には, わが国の最多雨地域と最寡雨地域が共存しており, 地形的には, 全体として, なだらかな丘陵地や低山地帯と沖積平野を主体とするが, 標高2,700mの白山を含む両白山地のような高山帯が含まれている。この地域の土壌は, 豊かな森林褐色土も広く分布する一方では, 過収奪されたための受食土, 未熟土地域が広く分布している。また, 花崗岩山地は砂質の「マサ土」となり, 山地崩壊, 土砂流出などの原因となっており, このような劣悪な土壌の分布は, 育林や治山・治水に問題を投げかけている。

関西地域は, 歴史的に非常に早くから開発の進んだ京阪神地域, 工業化, 都市化の著しい瀬戸内地域を管内に有している。これらの地域では, 貴重な自然生態系が, 長期間にわたる開発によって, 断片化・孤立化している。また, 都市近郊林では, 最近の都市のスクロールなど無秩序な開発による森林自体の減少に加え, 林業の低迷による放置人工林の増加が生じ, 荒廃する林地が目立つようになった。しかしながら, これらの地域では, 都市住民の森林に対する諸要請は極めて大きくなっており, これらの多様な要請に答える都市近郊林管理手法の確立が急務となっている。都市近郊林育成管理技術の開発を目指して多くの研究成果をあげてきたが, 今日の都市近郊林などの機能に対する多様な要請に答えていくためには, その機能の解明に基づいた総合的な研究を, なお一層強化する必要がある。一方, 白山, 大台ヶ原, 大山, 氷ノ山などには豊かな自然生態系が存在し, 貴重な文化, 環境資源としての機能の発揮が期待されている。これらを無秩序な開発から守り, 次世代に継承するため, 森林生態系の構造と機能を解明し, その上に立った保全技術の確立が必要になっている。

この地域では, 人工林化が古くから進められ, 北山, 吉野, 尾鷲などの先進林業地を含む多様な林業経営が生みだされた。しかしながら, 畿陽アカマツ林帯での松くい虫被害, スギ・ヒノキ人工林での材質劣化性病虫獣害

や気象害、あるいは機械化への対応を求められている。また、中国・北陸地区に代表される戦後造林による並材生産地帯では生産、流通、担い手など経営の諸側面に未解決の深刻な問題を抱えている。これらの諸要請に答えるため、種々の研究を実施しているが、安価な外材輸入による国産材低迷による問題の深刻さは研究の一層の深化と拡大、あるいは総合的・体系的な対応を必要としている。

こうした社会的要請を受け、また地域における国立試験研究機関の役割を改めて認識し、林業試験場から森林総合研究所へと移行する際に、地域林業に関する基礎的・基盤的研究の強化と、森林環境研究の強化を基本にして、研究基本計画を見直した。さらに、平成5年度には、地域研究における総合化・体系化研究を重視する立場から、あらたに森林資源の総合的利用と地域森林資源管理計画手法の開発を目指す課題を取り上げて、これらにかかわる試験研究を開始した。なお、国立研究機関公害等防止研究「緑資源の総合評価による最適配置計画手法の確立」は、支所の総力を結集した総合研究に先鞭をつけるものとして実施され、多大な成果を上げた。

前記のような関西地域の地域性に応じて、当支所がこの10年間にわたって取り組んだ研究の成果を要約すると以下の通りである。

(林 寛)

## 1. 風致林・都市近郊林などの機能の解明に関する分野

### (1) 都市近郊林の機能解明と保護・管理技術の向上

関西地域における都市近郊林に対する都市住民の要請は極めて多様化しており、こうしたニーズに答えるために、関西支所では都市近郊林の機能を科学的に解明し、それに基づいてその機能を高度に発揮するための維持管理技術の開発に資する研究開発を行っている。

過去10年間におけるこの分野の研究は、以下のように進められ、幾多の重要な成果をあげてきた。

関西地域の都市近郊にみられる孤立した常緑照葉樹林の構造特性については、林冠形成木、下層植生ともに極めて多様性が低く、Fisherの $\alpha$ 値でみると、九州の6~12に対して、関西では2~3であることが明らかになった。こうした傾向は、人為によるものと推定された<sup>1)</sup>。このような孤立した常緑広葉樹林においては、昆虫相が更新に重要な役割を果たしていることを明らかにした<sup>2)</sup>。また、都市近郊に広く分布するコナラ・クヌギなど落葉広葉樹林の取り扱い方法を明らかにするため、コナラ・クヌギの萌芽整理、間伐試験を行い、断面積間伐率50%程度までなら成長は可能だが、成長量、形質ともに悪化することを明らかにした<sup>3-4)</sup>。風致を重視した都市近郊林の管理のために、ヒノキ幼齢林を群状伐採し、ヤマザクラ、ヤマモミジなどを植栽する試験により、こうした施業に伴って発生する鳥獣・昆虫害の回避技術などを含めて、針広混交林誘導技術を開発した<sup>5-9)</sup>。

都市近郊林における生産林の林相管理のために、ヒノキ単純林のスギ・ヒノキ二段林化とその形質への影響や<sup>10-13)</sup>、ヒノキ天然更新稚樹の発生消長と間伐率・相対照度、林況などとの関連から、天然更新成功の条件を明らかにした<sup>14-15)</sup>。さらに、関西地域の都市近郊林に多いアカマツ・ヒノキ複層林について、生態学的に明らかにされた下木成長の法則性を取り込んだ収穫予測モデルを開発した<sup>16-18)</sup>。

有用広葉樹であるミズメについては、氷ノ山において、結実、種子散布、芽生えの挙動、過去における更新過程の推定などに基づいてその更新機構を解明し、ミズメ林の保続経営を可能とするための基礎的知見を得た<sup>19-20)</sup>。

都市林・都市近郊林の環境下では、特有の病虫害が発生し、その維持に問題を投げかけている。関西地域では各地のサクラ植栽地における衰退が問題となっている。これらの原因を調査した結果、衰退の原因は、てんぐ巣

病、材質腐朽病、ならたけ病などの病害、及び光環境の悪化などであることが明らかになった<sup>21)</sup>。嵐山国有林で大発生したケヤキの害虫、ヤノナミガタチピタムシについては、その個体群動態と生活環を解明し、その動態からすれば無処置でも数年で終息することを明らかにした<sup>22)</sup>。

## (2) 竹林の生態と管理技術の向上

当関西地域では、竹林が都市近郊林に拡大しつつある。これを適切に管理することは、利用・環境保全・風致上重要な課題である。そこで、竹林の生産力を左右する土壌条件を明らかにし<sup>23-24)</sup>、また竹林生態系における物質生産、炭素循環などを全面的に解明した。竹林の群落純生産量は低いが、地下部の維持に光合成産物のかなりの部分を消費しており、このことがモウソウチクにみられるように、他の群落を侵略する上で、きわめて有利に作用していることを明らかにした。さらに、これらの結果の上に立って、各種のタケ・ササ類の群落レベルでの物質生産モデル・物質循環モデルを開発し、これによって竹林管理のシミュレーションが可能となった<sup>25-35)</sup>。また、竹林・竹材害虫モウソウタマコバチやタケトラカミキリの生態と防除に関する知見を得た<sup>36-38)</sup>。

## (3) 都市近郊林の水土保持機能の解明と管理技術の向上

都市近郊林は、特に寡雨地域においては水源として重要であり、その水土保持機能の維持・向上を図るため、水土保持機能の評価手法の開発を行ってきた。

竜の口山量水試験地において、林況の長期変化が水流出特性、水循環に及ぼす影響を明らかにし、さらに少雨地帯における土壌水分不足が蒸発散に及ぼす影響も明らかにした<sup>39-41)</sup>。一方、この地域の広葉樹都市近郊林の水土保持機能評価を行うため、個別水文現象の解析に基づく水収支実態から広葉樹林の水収支特性を明らかにし、これに水流出モデルを組み込むことによって、未開発であった広葉樹林の水土保持機能を評価するモデルを新たに開発した<sup>42-44)</sup>。また、こうしたモデルの精度を向上させる目的で、林内の地面蒸発散量推定モデルの開発を行った。本モデルは、鉍物質土壌からの蒸発散を推定する従来モデルとは異なり、落葉層の堆積する林床面からの蒸発に適用できるモデルであり、高い精度を与えるものであった<sup>45-46)</sup>。また寡雨地帯の森林の保水容量を、土壌構造、土壌の水ポテンシャルから明らかにし、流域の保水量の地図情報化を行った。この研究の過程において、土壌中の水移動を測定する装置の開発を行った<sup>47)</sup>。

都市近郊林の水土保持機能に関しては、緑化工施工30年後の斜面安定化効果を定量的に把握した。施工地は、土壌の物理性・化学性ともに改善が認められた<sup>48)</sup>。林地の侵食に対するA<sub>0</sub>層を樹種ごとにみると、ヒノキ林は広葉樹林の約10倍に及んだ。広葉樹混交の効果は、リターそのものの流亡防止、雨滴衝撃緩和などの作用を有することが明らかになった<sup>49-50)</sup>。

関西地域の都市近郊林では、山火事が多発し、災害の直接的な影響のみならず、土保全上重要な問題となっている。山火事による植生の攪乱とその回復過程について調査を行った。アカマツ林は火災後、ベニバナボロギク主体の植生、アカメガシワハギ優先植生を経てアカマツ林に戻る。植生回復ステージ間の関係をマルコフ過程として記述し、山火事後の植生推移の時間を推定するモデルを構築した<sup>51-53)</sup>。山火事頻発地帯では、防火林の設定とその管理が必要になっている。防火林・防火帯樹種を選択するため、耐火性の比較を行った結果では、ヤマモモ、メラノキシロンアカシアが最も推奨されることが明らかになった。林床可燃物は各種マツ林分が最多で、少ない林分は、フサアカシヤ、ヤマモモ、ウバメガシなどであった。また、ヒノキ造林地は植栽5年後までが危険であることが判明した。焼け止まり線は、ソヨゴ、クロバイ、ヒサカキ、アラカシ、オオバヤシャブシ、アカシア類が優先する箇所であった<sup>54-55)</sup>。

#### (4) 風致林の機能評価と管理手法の高度化

風致林の風致機能を評価することは、風致林の配置、育成・管理技術の開発のために不可欠である。特に風致に対しては、住民や訪問者の意識が重要な要因となってくる。こうした社会的需要や、人々の選好性、あるいは被視ポテンシャルをとりこんで、京都市をとりまく風致林の風致機能を客観的に計量評価する手法を開発した<sup>56-60</sup>。また、社会需要調査に基づいた嵐山の景観管理案を3種類作成し、この案に対する意識調査を行った結果を、嵐山国有林管理の方向性として提示した<sup>61</sup>。この嵐山の風致林の林分構造を、3次元樹冠形状モデリングによって計算機に取り込み、太陽高度を考慮した成長モデルを組み込むことによって、将来の変化を予測するシミュレーション手法を開発した<sup>62-64</sup>。

(小谷 圭司)

## 2. 林業の活性化に関する研究分野

### (1) 伝統的林業生産技術の確立

関西地域では、吉野、北山、尾鷲などの有名林業地で、商品価値に着目しての銘柄材の生産など技術水準の高い先進的な林業が行われてきた。一方、戦後造林地では拡大造林による並材生産が行われている。また、低位生産地帯のマツ枯れ跡地の多くで、ヒノキの新植がみられるなど、多様な林業が行われている。しかし、木材価格の低迷と造林費用や管理費用の上昇が続いている。そのため、多くの経営主体と、その経営基盤の圧迫を余儀なくされている。そうした中、森林の持つ諸機能に期待する社会的機運を受けて、長伐期施業、複層林施業など多様な森林づくりをめざす研究が進められた。

管内各地の収穫試験地の測定データを基に、材の成長解析が進められた。その中で、間伐の直径成長に及ぼす影響が検討され、白見スギ収穫林の間伐では、ワイブル分布による分布型が正規分布に移行したが、滝谷スギ人工林収穫試験地の上層間伐には、その傾向はみられなかった<sup>65</sup>、などが報告された。また、間伐したあと、一定の期間は直径成長がおさえられることが明らかになった。これは、間伐による立木密度の減少によって起こる樹冠成長のために、直径成長が抑制されるためと推察された<sup>66</sup>。高齢なスギの樹高成長の近似関数を検討したところ、ミッチャーリッヒ式が最適であった<sup>67</sup>。直径成長の季節変化を調査したところ、その年の4～6月の成長量が年間成長量の過半を占めること、また、当年の成長量は、前年の8月の平均気温との間に負の相関関係にあることを明らかにした<sup>68</sup>。畿陽アカマツ林帯といわれる管内の多くの森林土壌は生産性が低く、そこではマツは重要な森林資源である。ところが、松くい虫被害は、この10～20年で瀬戸内側から内陸あるいは日本海側まで拡大し、防除に力を入れた一部のマツ林を除き、ほとんどの地域が50%以上の被害率に達している。被害跡地に造林したヒノキ林で成長のよいのは、 $B_D$ 型土壌、地位指数15以上の谷筋を含む斜面下部、あるいは $B_D(d) \sim B_D$ 土壌や地位指数11～15の範囲に限られた<sup>69</sup>。ヒノキの天然更新の可能性は林床型>土壌型>標高の順にスコアの高い順であった<sup>70</sup>。ヒノキ幼齢木への低位生産地帯の施肥後9年目での施肥効果をみると、対照区に比べ、1～2年分の成長に相当する成長増加がみられる<sup>71</sup>、などが報告された。1990年9月に紀伊半島に上陸し、三重県の造林地などに多大な被害を与えた大型台風19号、及び九州中・北部、中国地方に未曾有の被害をもたらした、1991年9月の19号台風、の森林被害調査結果が報告された<sup>72-74</sup>。

### (2) 多様な森林造成のための生物管理技術の高度化

戦後造林地の多くで、スギ・ヒノキ材質劣化性病虫獣害による被害が顕在化してきているが、管内での材質劣化性病虫としては、スギカミキリの被害が大きい。スギ幼齢林におけるスギカミキリの発消長を数学モデルで

表し、スギカミキリ成虫個体数の典型的な変動パターンを再現した。このモデルを用いて防除効果の推定を行ったところ、個体群密度の増加期では効果は得られないが、侵入後10年目（減少期）に1回だけの90%防除を行うことで、高い防除効果が期待できることを明らかにした<sup>75)</sup>。材質劣化性病害としては、当地域ではヒノキ漏脂病の被害発生が多い。その被害の発生には、積雪と低温条件が関与している場合が多いが、その他に、枝打ち痕やスギカミキリの加害の関与が考えられる場合も多かった<sup>76)</sup>。この他に、スギ・ヒノキ暗色枝枯病やスギ黒心材及びボタン材被害の発生が報告された。しかし、それらの発病機構の解明は、今後の問題として残された。材質劣化性病害としては、ノウサギ、ニホンジカ、ツキノワグマなどによる被害が報告された。ノウサギでは、ヒノキ苗木の主軸や側枝に切断型、あるいは根元に剥皮型の被害を生じ、そのための樹形の変形や材質劣化がみられ<sup>77)</sup>。ニホンジカでは、従来からいわれている雄成獣による角とぎの他、滋賀県下では、雌雄の樹皮食によるスギ・ヒノキ成木の剥皮害がみられた<sup>78)</sup>。ツキノワグマによるスギ・ヒノキ造林木の剥皮害（クマハギ）が福井県下などでみられた<sup>79)</sup>。シカ、クマ、ノウサギによる剥皮害の発生時期はいずれも5～7月であること、剥皮がスギ・ヒノキ造林木に致命的な腐朽被害を与えること、など獣害に共通するところがみられた。マツ枯れ跡のヒノキの新植地では、ヒノキ樹脂洞枯病によるヒノキ若齢木の被害が増加した。本病は、樹齢の低いほどかかりやすい特長があることから、本病を防ぐのには植栽直後の感染を避けることが重要と考えられた<sup>80)</sup>。この病気では、病斑数と折損・枯死との間に高い相関性がみられ、北牟婁-7号では病斑数が少なく、幹や枝の折損・枯死はみられなかった<sup>81)</sup>。ヒノキ造林地でのノウサギによる剥皮害以外の被害回避策として、林床植生をなるべく残す方法<sup>82)</sup>が考えられた。マツノザイセンチュウによるマツの発病機構に関しては、マツノザイセンチュウの侵入により引き起こされるマツ樹体の異常生理について取り組み、マツノザイセンチュウの侵入により発生する通水阻害<sup>83)</sup>は、材内に拡散したテルペン類が木部水分を排除するためと推察された<sup>84)</sup>。枯損動態に関しては、雌雄5頭のマツノザイセンチュウをマツ苗木に接種することで、枯損が発生することを明らかにした<sup>85)</sup>。マツノマダラカミキリの天敵に関しては、マツノマダラカミキリ幼虫に対するオオコクヌストの高い捕食能を明らかにし、キイロコキクイムシ、コクヌストモドキ及びクリシギゾウムシ幼虫を用いる飼育法を確立した<sup>86)</sup>。マツノマダラカミキリ幼虫は、他のマツ類穿孔性昆虫のそれに比べて、天敵による密度低下が少ないことを明らかにした<sup>87)</sup>。その他の病虫獣害としては、暗色枝枯病の突発的な発生によるスギの集団枯損がみられたが、この病気の発生には夏季の高温・少雨との関係が考えられた<sup>88)</sup>。集団枯損したナラ類枯死木を精査したところ、少数のカシノナガキクイムシの樹幹への穿入と、それに続いてのマスアタックがみられるなど、ナラ類の集団枯損への本種の関与<sup>89)</sup>が示唆された。それとともに、枯損に関する病原菌類関与の可能性も考えられた<sup>90-92)</sup>。大型有害動物の駆除時の捕獲データなどを活用し、野生動物管理に役立てるシステムを確立した<sup>93)</sup>。ハタネズミとヤチネズミは交尾誘発排卵タイプであるため、一度増加傾向になると急激に増え、高密度状態が長く維持されることが分かった<sup>94)</sup>。また、腎臓の髄質部分の大きさから、水分保持力の優劣を比較すると、スミス>ヤチ>ハタの順になり、スミスネズミが最も水分欠乏に強いことが分かった<sup>95)</sup>。ニホンジカの捕獲情報システムによると、調査メッシュの約60%で捕獲場所の重複が認められた<sup>96)</sup>。

### (3) 地域林業の活性化のための経営組織の強化

林業経営の主体を育成・強化することが、林業の持続的生産体制を確立する上で不可欠である。そこで、各地の林業経営主体の経営分析が行われた。徳島県木頭川林業地域においては、林家総所得に占める林業所得の割合が20%程度にまで減少してきており、経営意欲が低下しているとともに、林業労働が森林組合に大きく依存してきている実状を明らかにした<sup>97)</sup>。日本林業は、現在の規模の4倍以上の生産余力がありながら国際競争力が弱く、

外材による市場支配を余儀なくされている。しかも、短期間で国産材に競争力がつくとは考えられないことから、森林資源の木材生産以外への有効利用についても、開発していく必要があるとの指摘がなされた<sup>98)</sup>。こうした中、西日本の後発林業地帯では、シイタケなどの特用作目の振興や、各種の地域産業の掘り起こしに活路を見出そうとしている<sup>99)</sup>。京都府亀岡市などの竹材生産業者の伐出方法・時期・間隔年数には、地域的差異がみられる。この差異は、竹材の用途・販売先・価格などの要因によることを明らかにした<sup>100)</sup>。福井県下の足羽川流域における林業振興対策としては、育林型主体から材の利用を主体に考える林産加工型の森林組合事業へ転換すべきことを示唆した<sup>101)</sup>。また、木造住宅着工戸数などから、国産材の価格の変動を予測するモデルを開発した<sup>102)</sup>。DIY材の市場規模は600億円程度であるが、そこではEOSの導入などの先進的流通システムがとられていることを明らかにした<sup>103)</sup>。岡山県下の製材工場では、自動製材機械の導入などにより国産並材の製材規模の大型化が進み、製品のプレカット工場への供給で、国産材の大量生産・大量流通体制の構築が、現実のものとなっていることを示した<sup>104)</sup>。

ところで、林業経営組織での電算システムの導入は、今後の経営合理化、生産の計画化にとって不可欠なものになってきている。そこで、森林組合などへの林業経営システムの導入についての研究が行われた。最小支払賃金で期間内に作業をこなすことを目的として、数理計画手法による森林組合作業班の就労配分のシステム化モデルを作成した。これにより、従来の試行錯誤的労務配分作業を電算化することができた<sup>105)</sup>。多段階線形計画法によって最適伐期が明らかになり、育林経営に関する有用な情報の提供を可能とした<sup>106)</sup>。経営の安定を命題とすると、伐期齢の選択をその時の材価で行うよりも、材積収穫量が安定する方向で行う方が普遍性を持つ。収穫期待材積量は、大きくとるほど分散が大きくなり、安定した収穫が期待できなくなるとの計算結果を得た<sup>107)</sup>。100年生ヒノキを売り払った時の収入額から、育林・収穫にかかった全経費を現在の価格に換算し直して、内部収益率を求めたところ、4.41%とかなり有利との結果が得られた<sup>108)</sup>。森林の持つ各種機能の最大発揮に最適な資源利用方法を、数理計画手法を用いて数学モデル化し、国有林における新しい経営規定に適用するための森林計画作成システムを完成した<sup>109)</sup>。

(松浦 邦昭)

### 3. 森林機能の総合化手法と地域森林資源管理手法に関する研究分野

関西における地域住民の森林に対する要請は、きわめて多様化しており、生産、環境、文化など森林資源の持つ機能を総合的に発揮していくことが求められている。そのため、森林機能の総合化を図る手法の開発と、それに基づく資源管理手法の開発が急務となっている。都市林・都市近郊林などの機能の解明と、多様な保続的林業経営・施業技術の体系化の上に乗って、総合化を進めていく必要がある。

本分野に関しては、平成3年度から3年間にわたって「緑資源の総合評価による最適配置計画手法の開発」という課題を支所をあげて取り組み、大きい成果を上げてこの新しい分野に先鞭をつけた。本課題の成果は、別項に詳細に記載したのでそれを参照されたい。

(小谷 圭司)

## 文 献

- 1) 井鷲裕司：暖温帯地域の都市近郊林など森林の特性、技成成果シリーズ、269、43～46 (1992b)
- 2) 上田明良、五十嵐正俊、伊藤賢介、小泉 透：アラカシ・シラカシ・マテバシイの堅果に対する虫害 (I)，

- 103回日林論, 529~532 (1992)
- 3) 加茂皓一, 河原輝彦, 山本久二雄: コナラ萌芽試験林の林分構造と現存量, 日林関西支講, 37, p.12 (1985)
  - 4) ———, ———: コナラ・クヌギの萌芽更新に関する研究 (II), 38, 153~156 (1986)
  - 5) 井鷲裕司, 山田文雄, 河原輝彦: ヒノキ壮齡林の林床に植栽した広葉樹に対するノウサギの食害, 日林関西支講, 38, 339~342 (1987)
  - 6) ———, 加茂皓一: ヒノキ壮齡林の群状伐区内における立体的光環境, 日林関西支講, 41, 183~186 (1990)
  - 7) ———: コナライクビチョキリ, ヒメクロオトシブミによる広葉樹の被害と光環境との関係について, 日林誌, 69, 482~486 (1987)
  - 8) 山田文雄, 井鷲裕司: 広葉樹苗木に対するノウサギの食害, 野兎研究会誌, 15, 9~17 (1988)
  - 9) ———, ———: ノウサギによる広葉樹苗木の食害に対する防止例, 野兎研究会誌, 16, 21~26 (1989)
  - 10) 清野嘉之: ヒノキ二段林における林内相対照度の経年変化と下木樹高成長経過との関係, 林試関西支場年報, 29, p.25 (1987)
  - 11) ———: ヒノキ人工林の下層植物群落, 遺伝, 43(10), (1989)
  - 12) ———, 藤森隆郎: ヒノキ人工林における下層植物群落の制御モデル, 昭和61年度林試成果選集, 10~12 (1987)
  - 13) 加茂皓一: スギ, ヒノキ樹下植栽木の生残と成長, 森林総研関西支所年報, 31, p.24 (1990)
  - 14) ———, 河原輝彦, 山本久二雄, 井鷲裕司: 間伐後のヒノキ天然生稚樹の成立過程, 林試関西支場年報, 27, p.16 (1985)
  - 15) 河原輝彦, 加茂皓一, 井鷲裕司: ヒノキ天然更新の適地区分に関する要因分析, 林試関西支場年報, 29, p.24 (1987)
  - 16) 天野正博, 近藤洋史: 林分密度の変化と年輪幅の関係, 林試関西支場年報, 31, p.37 (1987)
  - 17) 家原敏郎: アカマツ・スギ・ヒノキ複層林の成長について, 99回日林論, 127~128 (1988)
  - 18) ———: スギ天然林の成長と林分構造の推移, 101回日林論, 51~52 (1990)
  - 19) 清野嘉之: 水ノ山のミズメ林, 100回日林論, 327~328 (1989)
  - 20) ———, 河原輝彦: ミズメ埋土種子の母樹周囲における分布, 100回日林論, 327~328 (1989)
  - 21) 田村弘忠, 峰尾一彦, 山田利博, 黒田慶子: 吉野山におけるヤマザクラ衰退に関する基礎調査, 森林総研関西支所年報, 29, p.43 (1988)
  - 22) 細田隆治, 田畑勝洋, 伊藤賢介: こも巻き処理および誘引剤によるヤノナミガタチビタムシの捕獲試験, 101回日林論, 545~546 (1990)
  - 23) 西田豊昭: 竹林土壌の化学的性質 (II) 洪函地の竹林土壌, *Bamboo Jour.*, 6, 3~46 (1988)
  - 24) ———: 竹齡に伴うマダケの化学的成分の変化, *Bamboo Jour.*, 7, 1~4 (1989)
  - 25) 河原輝彦: ササ群落の現存量推定法と刈り払い後の再生, *Bamboo Jour.*, 6, 22~28 (1988)
  - 26) ———, 加茂皓一, 井鷲裕司: 伐採後のモウソウチク林の再生状況, *Bamboo Jour.*, 5, 63~74 (1987)
  - 27) 井鷲裕司: ヤダケ群落の地上部現存量と群落構造, *Bamboo Jour.*, 8, 9~16 (1990)
  - 28) ———: モウソウチクのタケノコの呼吸活性, 9, 1~8 (1991)
  - 29) ———: ミヤコザサの炭素蓄積量, 10, 20~23 (1992)
  - 30) ———: Carbon stock and cycling in a bamboo *Phyllostachys bambusoides* stand, *Ecol. Res.*, 9, 47-55 (1994)
  - 31) ———, 河原輝彦: マダケ林における間伐後2年間の再生竹の直径分布, *Bamboo Jour.*, 5, 75~78 (1987)
  - 32) ———, ———: モウソウチクの稈の分解特性, *Bamboo Jour.*, 6, 37~42 (1988)
  - 33) ———, ———: タケの稈の呼吸速度の季節変化と経年変化, 99回日林論, 363~364 (1988)
  - 34) ———, ———: マダケ林におけるリターフォールパターンの解析, 100回日林論, 387~388 (1989)
  - 35) ———, ———, 加茂皓一: Biomass and net production in a bamboo *Phyllostachys bambusoides* stand, *Ecol. Res.*, 8, 123-133 (1993)
  - 36) 五十嵐正俊: タケゼットの加圧注入によるタケトラカミキリの防除, 森林防疫, 41, 206~208 (1990)

- 37) ———, 細田隆治, 伊藤賢介: 竹林・竹材害虫の生態(I)ーベニカミキリの寿命と産卵数ー, 日林関西支講, 41, 69~70 (1990)
- 38) ———, ———, 浦野忠久: 竹林・竹材害虫の生態(II)ータケトラカミキリの被害実態, 102回日林論, 265~266 (1991)
- 39) 阿部敏夫, 谷 誠: 松くい虫による松枯れが流出に及ぼす影響, 日林誌, 67, 261~170 (1985)
- 40) 谷 誠, 阿部敏夫: 林況変化の流出に及ぼす影響の流出モデルによる評価, 林試研報, 342, 41~60 (1987)
- 41) 服部重昭, 玉井幸治, 阿部敏夫: ヒノキ林における土壌水分と飽差が蒸発散に及ぼす影響, 日林誌, 5, 216~224 (1993)
- 42) ———, 小林忠一, 玉井幸治: 落葉広葉樹林の水循環特性, 森林総研関西支所年報, 31, p.34 (1990)
- 43) ———, ———, ———: 樹冠流下量の予測, 森林総研所報, 41, p.3 (1992)
- 44) ———, ———, ———: 落葉広葉樹林の蒸発散量の推定, 森林総研関西支所年報, 33, p.32 (1992)
- 45) 玉井幸治, 服部重昭: Apportionment of evapotranspiration of a deciduous broad-leaved forest in the Yamashiro catchment, IAHS Publication, 212, 61-65(1993)
- 46) ———: 落葉広葉樹林における林床面蒸発のモデル化と流域への適用, 日林誌, 76, 233~241 (1994)
- 47) 鳥居厚志, 金子真司, 吉岡二郎: 寡雨乾燥地域の森林土壌の保水機能と水移動, 平成3年度森林総研成果選集, 26~27 (1992)
- 48) 服部重昭, 小林忠一: 植生回復に伴うはげ山からの浸食土砂の経年変化, 水利科学, 200, 1~36 (1991)
- 49) ———, ———, 阿部敏夫: 落葉被覆の浸食防止効果に関する実験的研究(1), 日林関西支講, 39, 415~418 (1988)
- 50) ———, 阿部敏夫, 小林忠一, 玉井幸治: 林分条件が異なるヒノキ林の浸食土砂量(II), 40, 382~385 (1989)
- 51) 井鷲裕司, 河原輝彦: 山火事跡地の植生回復, 日林関西支講, 39, 87~90(1988)
- 52) ———, 加茂皓一: 宮島国有林の山火事跡地における植生回復, 101回日林論, 317~419 (1990)
- 53) ———, 中越 信和: A Markov approach for describing post-fire succession of vegetation, Ecol. Res., 5, 163-171 (1990)
- 54) 小林忠一, 服部重昭, 阿部敏夫, 谷 誠: 樹葉(生葉)の水分と燃焼, 森林総研関西支所年報, 29, p.29 (1988)
- 55) 玉井幸治, 小林忠一, 服部重昭: 地表火から樹冠火への拡大に関する一考察, 日林関西支講, 41, 293~296 (1990)
- 56) 杉村 乾: 森林の公益的機能に対する需要の計量化, 日林関西支講, 43, 2~4 (1992)
- 57) 野田 巖: 人工グラヴィティモデルを用いた森林の風致景観機能評価, 農林水産試験研究における情報研究会講演集, 1, 41~44 (1992)
- 58) ———, 天野正博, 澤田耕作: 森林の風致機能の計量評価(I), 100回日林論, 93~96 (1989)
- 59) ———, ———, ———: 森林の風致機能の計量評価(II), 101回日林論, 157~160 (1990)
- 60) ———: 森林風致機能の計量評価(III), 102回日林論, 229~232(1991)
- 61) 内村雅一, 野田 巖, 杉村 乾, 天野正博: 嵐山の風致解析と風致施業(4), 森林総研関西支所研究情報, 20, p.2 (1991)
- 62) 天野正博, 野田 巖: シミュレーションによる林分構造の3次元表示(I), 101回日林論, 192~192 (1990)
- 63) 野田 巖: 隔測による立木樹冠の3次元空間形状モデリング, 日林誌, 74, 194~202 (1992)
- 64) ———, 天野正博, 杉村 乾, 内村雅一: 数値樹冠モデルに基づく樹冠形状の分析(I), 日林関西支論, 1, 51~54 (1992)
- 65) 家原敏郎: 収穫試験地の成長経過と林分構造の推移(I), 林試関西年報, 28, p.45 (1987a)
- 66) ———: 上層間伐における直径分布の形状についてー滝谷試験地の直径分布の経年変化ー, 日林学会関西講集, 37, 16~19 (1987b)
- 67) ———: 高齢なスギの樹高成長曲線の検討, 森林総研関西年報, 31, p.52 (1990)
- 68) 加茂皓一, 伊東宏樹, 井鷲裕司: スギの直径成長と気象要因の関係, 森林総研関西支所年報, 34, p.34 (1993)

- 69) 大山浪雄, 河原輝彦, 丸山明雄, 白井喬二, 長谷川敬一, 都築和夫, 小林忠一, 峠田 弘, 佐々木義則, 段林弘一, 古池末之, 得居 修, 西村五月: 松くい虫被害跡地の森林造成技術, わかりやすい林業研究解説シリーズ88, 林業科学技術振興所, 103pp. (1988)
- 70) 河原輝彦, 井鷲裕司: ヒノキ天然更新の適地区分に関する要因分析 (中間報告), 大阪営林局技発報, 17, 2~23 (1988)
- 71) 白井喬二, 西田豊昭: ヒノキ幼齡木に対する施肥効果, 森林総研関西支所年報, 30, p.51 (1989)
- 72) 陶山正憲, 加茂皓一, 吉岡二郎, 田畑勝洋: 平成2年台風19号による東紀州地方の森林被害調査報告書, 森林総研関西支所・三重県農林水産部林業事務局, 81pp. (1991)
- 73) 家原敏郎: 台風19号による滑山スギ収穫試験地の被害, 森林総研関西支所年報, 34, p.46 (1993a)
- 74) 加茂皓一, 井鷲裕司, 奥田哲夫, 前田芳宏, 朝倉嗣雄: 平成2年台風19号による東紀州地方の森林被害, 日林関西支論, 2, 143~146 (1993)
- 75) 伊藤賢介, 小林一三: スギ若齡林におけるスギカミキリの大発生 I - 脱出成虫の年次変動と被害木の発生経過 -, 日応動昆誌, 35(1), p.94 (1991)
- 76) 鈴木和夫, 伊藤進一郎: ヒノキの漏脂性病害 (ヒノキの環境ストレスに対する特性及び漏脂性病害の発生環境の解析), 63年科研報 (一般B) 6148061, 4~9 (1988)
- 77) 山田文雄: ニホンノウサギ (*Lepus branchyurus*) の生態, 特にヒノキ造林木への食害とその防止に関する研究, 九大農博論, 178pp. (1989)
- 78) 北原英治: カモシカとシカによる造林木食害の発生機構について, 森林防疫, 36, 159~165 (1987)
- 79) 山田文雄, 小泉 透, 北原英治ほか: 京都市におけるツキノワグマによる林木剥皮と捕獲状況, 日林学会講集, 101, 569~570 (1990)
- 80) 山田利博, 黒田慶子, 峰尾一彦, 田村弘忠: ヒノキ樹脂腺枯病の幼齡林内における拡大, 日林誌, 71(7), 288~292 (1989a)
- 81) ———, 伊藤進一郎, 黒田慶子, 峰尾一彦, 田村弘忠: 樹脂腺枯病に対するヒノキ系統の抵抗性の比較, 日林学会発論, 100, 627~629 (1989b)
- 82) 山田文雄: 林床植生改変によるノウサギのヒノキ造林木食害に対する防止効果, 森林防疫, 40, 84~88 (1991)
- 83) 山田利博, 黒田慶子, 峰尾一彦, 田村弘忠: マツノザイセンチュウ接種によるクロマツの水分生理異常 I - 線虫の分布, 含水率及び組織の変化 -, 日林学会講要, 99, p.127 (1988)
- 84) 黒田慶子, 山田利博, 伊藤進一郎: アカマツにおけるマツ材線虫病の進行と通水異常, 日林誌, 73(1), 69~72 (1991)
- 85) 峰尾一彦: マツノザイセンチュウの少数接種とマツ苗木の発病, 森林防疫, 37(2), 15~17 (1988)
- 86) 細田隆治, 伊藤賢介, 浦野忠久, 藤田和幸: マツノマダラカミキリの捕食者オオコクヌストの飼育, 森林総研関西支所年報, 35, p.37 (1994)
- 87) 浦野忠久: マツ樹皮下穿孔虫の寄生バチ2種の生活史及び寄主選択, 森林防疫, 41, 114~118 (1992)
- 88) 鈴木和夫, 合原裕人, 山田利博: 気象環境を誘因として生ずるスギ・ヒノキの病害, 東大農演林研報, 77, 39~48 (1987)
- 89) 浦野忠久: カシノナガキクイムシのナラ健全木における穿入密度及び捕獲数と枯損発生の関係, 日林学会講要, 105, p.489 (1994)
- 90) 伊藤進一郎, 山田利博, 黒田慶子: 関西地域におけるナラ類集団湖損被害の発生実態, 日植病報, 58, p.545 (1992)
- 91) ———, 黒田慶子, 山田利博, 三浦由洋, 井上重紀: ナラ類の集団枯損被害に関与する菌類, 日植病報, 59(3), 290~291 (1993)
- 92) 黒田慶子, 山田利博, 伊藤進一郎: ナラ類の集団枯損に見られる辺材の変色と木部通導阻害の進行, 日植病報, 58, p.545 (1992)
- 93) 小泉 透: ニホンジカの捕獲情報収集システムの開発, 森林総研所報, 18, p.3 (1990a)

- 94) 北原英治：飼育下の紀伊半島産ヤチネズミにおける繁殖習性について，1992日哺学会講要，p.50 (1992a)
- 95) ———：紀伊半島産ヤチネズミにおける生息環境と腎臓の水分保持力との関連性（英文），森林総研研報，364，115～124 (1992b)
- 96) 小泉 透：ニホンジカの捕獲場所の分布とその特徴，森林総研関西支所年報，31，p.47 (1990b)
- 97) 黒川泰享：木頭林業地域における林業経営の実態と課題，森林総研関西支所年報，27，p.23 (1986)
- 98) 天野正博：木材供給予測の研究を通してみた日本林業の将来展望，森林総研関西支所年報，32，p.69 (1991)
- 99) 岩水 豊：西日本地方における林業振興と木材利用活性化事業の実態，森林総研関西支所年報，28，p.30 (1987)
- 100) 田村和也：竹材生産業者の現状分析—伐出方法・技術の地域的差異—，森林総研関西支所年報，34，p.47 (1993)
- 101) 黒川泰享：福井県足羽川流域における林業振興対策の課題，森林総研関西支所年報，31，p.54 (1990a)
- 102) 天野正博，野田 巖：経済環境の変化に対応した材価の変動予測モデル，平2国有林野事業特区技発報，207～242 (1991)
- 103) 野田英志：DIY材の市場と流通，森林総研関西支所年報，35，p.47 (1994)
- 104) 野田英志：大型国産材製材工場の現状と課題—岡山県津山地区を対象として—，森林総研関西支所年報，34，p.46 (1993)
- 105) 黒川泰享：森林組合作業班の就労配分に対する日程計画法の適用，日林学会発論，99，9～11 (1988)
- 106) 黒川泰享：多段階線形計画法による最適伐期の決定，森林総研関西支所年報，30，p.47 (1989)
- 107) 黒川泰享：2次計画法の利用による最適伐期の決定，森林総研関西支所年報，31，p.53 (1990b)
- 108) 家原敏郎：ヒノキ長伐期施業の収益性と経営的評価，日林誌，75(1)，34～40 (1993b)
- 109) 天野正博：新たな国有林の森林計画システムの開発，森林総研関西支所年報，33，p.34 (1993)

#### 四国支所

四国の総面積は188万haで，そのうち74%に相当する140万haが森林であり，林業は四国における重要な産業の一つになっている。

四国地域の山岳部は，極めて急峻な地形と脆弱な地質構造からなり，梅雨前線による集中豪雨や台風による暴風雨に見舞われる頻度が高い。その結果，土壌流失による林地の地力低下とともに，侵食・崩壊・地すべりによる山地災害の頻発が危惧され，林野庁が実施する全国26か所の民有林直轄治山事業区域のうち，四国地域に6地区が集中している。従って，地力維持に有効な森林施業法の確立と，森林の機能評価に関する実用的な研究が強く要請されている。

また，四国地域の森林は，おおむね温暖多雨地帯に属し，林地の生産力が高いので，スギ・ヒノキを中心とする拡大造林が盛んで，人工林率は61%に達し，全国平均の41%を大きく上回っている。従って，産地間競争力を付与する経営技術の確立や，穿孔性害虫をはじめとする森林の病虫獣害防除技術の開発が求められている。

一方，林業における「流域管理システム」がスタートして3年を経過し，四国地域では三つの特徴的な広域流域ごとに，その実現に向けた取り組みが開始されている。しかしながら，これら三つの広域流域に共通の自然条件は，「急峻な地形と脆弱な地質構造からなる高度に人工林化の進んだ地域」として位置づけられるので，このことを念頭に置いて，四国支所における今後の研究の推進方向と目標を検討する必要がある。

以上のような四国地域の特性を背景に，最近10年間，当支所では，豪雨急傾斜地域における森林施業技術の体系化を図るため，「環境保全的森林施業技術の向上」及び「高度に人工林化した地域における林業経営技術の向上」の2大課題を設定し，「森林施業と土壌保全効果との関係解明」，「スギ・ヒノキ等による複層林施業技術の開発」，

「高生産力林地におけるスギ・ヒノキ林の施業技術の改善」, 「温暖多雨地帯における病虫害防除技術の開発」, 「多様な施業形態に対応した林業経営技術の改善」, 「有用広葉樹林の施業技術の開発」等に関する試験・研究を実施してきた。当支所がこの10年間に取り組んだ試験・研究の成果を要約すると以下のようである。

(陶山 正憲)

## 1. 林地保全分野

皆伐施業の繰り返しによる地力(生産力)の減退は経験的にみとめられている。また、ヒノキ造林地では皆伐直後の地力減退だけでなく、成林過程においても地力減退が生じる可能性の大きいことが明らかになってきた。ヒノキ林をはじめとした造林地での地力減退は表層土壌の流失に起因することが大きいと考えられる。そこで、林地土壌の移動実態を解明するため、林地のA<sub>0</sub>層の堆積量、落葉の移動及び地表侵食に関する調査を各種の林分で行った。

そして、土砂移動を計る方法として「土砂受け箱」を考案した<sup>1)</sup>。土砂受け箱とは受け口が幅25cm、高さ15cm、奥行き20cmの木枠で、移動物質を捕捉し水は抜けるよう背面には目の細かいサランネットを張り付け、また箱を地表面に接地させたとき、移動物質が箱の底面に潜り込まないよう受け口の下辺には平らなブリキまたはステンレス板を取付けたものである。

ヒノキ単純林で調査した結果、ヒノキの落葉は地表面では極めて不安定で、その移動は下層植生の有無や、降雨強度が影響していることが明らかになった<sup>2)</sup>。すなわち、林床の下層植生を除去した試験区の年間移動量は下層植生をそのままにした試験区に比べて、全リターで1.6~2.4倍、ヒノキ落葉で1.9~2.8倍、土砂では2.8~3.6倍であった。ヒノキ落葉、土砂の移動量は、降水指数(降水量×60分最大降水量)との間に高い相関関係がみとめられた。移動したヒノキ落葉のサイズとC/Nをみると、2mm以下に細かく砕かれた鱗片葉の割合は秋の落葉期に最小で、春から夏にかけて次第に増大し、8~9月にかけて最大になり、落葉期にむかって減少した。また、C/Nは落葉期に最大で、翌春から夏にかけて低下した。また、移動した細土のC、N含有率を表層土のそれと比較すると、下層植生を除去した試験区では移動細土のC、Nともに明らかに高く、比較的肥沃な土壌が移動していることがうかがわれた<sup>2)</sup>。

また、ヒノキ林林床の定期的な写真撮影から、ヒノキ落葉の細片化、表層土への混入という林床の裸地化のメカニズムが明らかになった<sup>3-4)</sup>。

ところで、四国地域の森林・林業の特徴の一つに複層林施業があげられる。複層林施業地では下層植生が繁茂し、林地の表面が露出する割合が小さく、地表面が雨滴侵食から保護されているため、土壤保全効果が大きいとみられている。しかしながら、複層林施業の持つ土壤保全効果に関する実証的な調査研究は非常に少ない。そこで、複層林化施業に伴う表層土壌の変化を研究した結果を紹介する。これは、土壤(現林地保全)研究室が昭和59~62年に参画した総合的開発研究「農林水産業の持つ国土資源と環境の保全機能及びその維持増進に関する総合研究」とその後の研究成果である。

ヒノキ一斉林を間伐した後、地ごしらえの仕方をかえた試験区を設定して、表層土壌の移動を6年間にわたって調査した。地ごしらえは、残存枝条を1m程度に切断して地表に均等に散布する(散乱区)、枝条を5m間隔で棚積みする(棚積区)、枝条をすべて除去する(除去区)という3種類の処理を行った。その結果、散乱区や棚積区では除去区や間伐も行わず何もしなかった試験区に比べて土砂移動が非常に少なく、枝条散布や棚積みといった地表処理が土砂移動を抑制する効果があることが実証された<sup>5-7)</sup>。

以上のように、表土の状態は、森林管理の仕方如何によって大きく変わることが明らかになり、森林管理の重要性はますます増大しているといえよう。しかし、一方では山村の過疎化、高齢化に伴い森林の管理水準の低下が懸念されている。そこで、今後は森林がもっているとされている水質保全といった環境保全機能に森林土壌が果たしている役割について研究を強化していく予定である。

(森貞 和仁)

## 2. 複層林等森林管理技術分野

80年代半ばからの環境保全的な森林管理技術に関する研究は、人工林を扱ったものと、天然林を扱ったものとに大別される。まず人工林関連では、大きく分けて、複層林施業と、枝打ちに関する研究が実施されてきた。

複層林施業は、環境保全面からのみならず、経営面でも保続性の向上などの長所が広く認識されてきた。研究面では、長期的な資料こそまだ蓄積中であるが、この10年間ほどは複層林施業にとって基本的に重要な、林内光環境の把握・解析が進展をみせた<sup>8)</sup>。また下木の耐陰性についての研究では、合計65系統・クローンのスギ稚樹の林内植栽によって、それぞれの生存率、被陰下での形状比など、耐陰性に関する因子が明らかにされ<sup>9)</sup>、植栽木選定のめやすが与えられた<sup>10)</sup>。耐陰性については、機能面からの解析を進めるために、下木の水分生理の実態と能力についての試験が、林分及び実験室レベルで行われている。林内の雑草木についての研究<sup>8-9)</sup>では、生産構造の解析により、陽性のカラスザンショウ、アカメガシワ、ヌルデなどの、下木と競合する樹種が抽出された。また、雑草木との関係では、下木の将来の品質に直結する曲がりの実態と原因についての解析が行われた<sup>11)</sup>。また、これまで情報が得られなかった上木伐採後の下木の取扱いに関する研究<sup>12)</sup>など、長期的な視点にたった研究が始められている。人工林に関してはこれら以外にも、間伐方式の違いが林分の発達に及ぼす効果を解明するため、年輪解析や林分構造の解析が行われている<sup>13)</sup>。

枝打ちに関しては、若齢段階のスギ、ヒノキ林で、葉量減少がもたらす個体の成長減が、立地条件や植栽密度差により異なる実態が示された。理論的には枝・葉の垂直分布など生産構造の違いが、同強度の枝打ちでも葉量減少率に差をもたらした結果、成長減の程度に差を生じさせることが解明された。その成長減からの回復は、葉量の増加によりおよそ2年後にはかなり明瞭になるなど、枝打ち後の成長経過の実態が明らかにされている<sup>14)</sup>。

材質に関しては、枝打ちはスギ、ヒノキの穿孔害虫ヒノキカワモグリガによる食害を促進しないことが判明した<sup>15)</sup>が、形状比が高まることで冠雪害を起こしやすいなどの危険性も示唆された。材の変色防止や、無節性を高めるための指針、適正な枝打ち強度と頻度など、枝打ち実施にあたっては、立地条件、林齢、密度などにより左右される個体成長に応じて決定すべきことが明らかになった。

天然林を扱った研究では、ヒノキなど天然林伐採後の更新問題や、広葉樹林施業に伴う更新問題解決のための技術開発に対して要請が高い。しかし長期的観測例が少なく、なかでも林分の成立過程や、林分構造の時系列的変化に関する資料が乏しい。天然更新技術確立には、種子生産から稚樹の消長、林木の成長など、林分発達の様々な段階での動態を把握することが急務である。1980年代には、白髪山ヒノキ天然更新試験地における稚樹の成立過程が研究された<sup>16)</sup>。スズタケ林床で、更新が困難なヒノキ林において、刈り払ったスズタケを放置した区、除去区、除去と地表かき起こし、の3地表処理区間で、稚樹の発消長を観察、比較した。種子豊作年の翌年は発生稚樹数は多く、発芽率も高かったが、凶作年の翌年は発芽率も低かった。処理間での稚樹の生存は、地かき区が最高で、ついで除去区、放置区の順となった。また刈り払い後3年目の地かき区の発生稚樹の多さから、刈り払い地かきの効果が少なくとも3年間は継続することが分かった。

広葉樹の天然更新に関しては、ミズメの種子生産の年変動が観測され、豊凶予測にとっての重要な情報が得られている<sup>17)</sup>。また林分の齡構造からは、ミズメ林分が一斉的な更新の結果成立したことが明らかとなった。

暖地の常緑広葉樹林の典型であるスタジイ林では、葉群の空間的構造が研究された<sup>18-19)</sup>。シュートの伸長、開葉、落葉の葉群動態と、葉群内での光環境などクラスターの実態が把握された。また葉の光合成・呼吸能など機能面が併せて解明され、ワイブル分布によりモデル化されたスタジイ林の葉面積密度垂直分布を用いることによって、林分の枯れ上がりなどの現象についての解析が著しく進んだ。

平成5、6年の「四万十川流域の森林資源管理に関する基礎的研究」では、源流域のヒノキ、ツガを交えた天然生針広混交林から溪流への、土砂流出実態が把握され、林分構造との関係が明らかになりつつある。また、今後の経常研究として、土砂流出に関し多様な流域内の立地と、林分の構造、動態との関係の長期観測体制が整えられた。

(田淵 隆一)

### 3. 林分の構造解析と林業経営技術の改善

四国地域においては、スギ、ヒノキの人工林化が進んでおり、中山間地域の基幹産業として、林業の果たす役割は大きい。また、戦後造林された森林が成熟期を迎えつつあるなか過疎化が進行し、後継者不足という問題を四国においても抱えている。一方、経営対象としての森林だけでなく、近年は緑と水の源泉として、多様な森林資源の整備を目的とした、適正な森林管理技術の確立に向けて、森林計画技術の研究が要求されている。このような四国地域を対象として、人工林・天然林に関する成長量をはじめとする基礎データの収集、分析から最近のニーズに沿った応用研究を実施している。

人工林の構造解析と施業法の解明については、森林総合研究所の本支所経営関係研究室で共同研究的に取り組んでいる。特に地域別の森林成長データの集積については、国有林内に収穫試験地を設定し、全国的に固定試験地における長期の継続調査を実施している。四国支所独自の試験地としては、高知営林局と共同で施業標準地を設定し、20年間の継続調査を目標に、10年来の調査を実施している<sup>20-21)</sup>。現在中間報告を取りまとめつつあるが、成長資料のデータベース化についてはすでに報告している<sup>22)</sup>。データベース化によって、樹種、林齢、営林署、森林計画区、旧施業計画区等をキー情報として検索が容易になった。

また、地域別、森林計画区別に樹種、経営目標、間伐方法等を考慮しながら、林分密度管理図の利用や成長モデルの構築、直径分布の変化の解析等に取り組んでいる。スギ、ヒノキの四国地方国有林分密度管理図を用いて、材積推定を行う場合の補正法について検討し、平均誤差率を12%から4%まで減少させた<sup>23)</sup>。また、施業標準地資料を用いて、直径・樹高分布がほとんどの齡級において、2次元正規分布ではなく推移していること、間伐木の分布がスギでは全層的に、ヒノキでは下層に分布していることを認めた<sup>24)</sup>。四国地域の12の森林計画区については、試験地の平均樹高の成長からおおよそ3グループに分類可能なことを示した。

広葉樹施業については、コナラ、クヌギ、タイワンフウなどを対象に、材積表、細り表、収穫表の調製と合理的施業法の解明を目的として取り組んだ。特に高知県を対象に、コナラ、クヌギの立木材積表について検討した。クヌギについては、徳島県池田地方クヌギ立木材積表が適用可能と判断されたが、コナラについては高知県独自のものを調製した。シイタケ原木の枯死木発生については、最多密度曲線についての研究を進めている。また、森林バイオマス資源について、佐川町のシイ林分を対象に分布図を作成し、利用可能量を推定した<sup>25)</sup>。

スギ天然林における択伐作業法については、スギ、ヒノキ、モミ、ツガ、広葉樹からなる天然生林に対して、

択伐を実施し、天然下種更新を図るとともに、その林分構造の時系列的変化の分析と択伐更新作業に伴う事業量の評価を行った。魚梁瀬営林署管内のスギ択伐天然更新試験地での調査の結果、天然更新作業終了までに必要な下刈り作業はおおむね9年、また、後継樹の成長には相対照度10%以上が必要であるとの知見を得た。収益性については200年伐期で利回り1.93%と推定し、人工林の42年生並材スギ林での2.2%と大きな差異はない試算結果となった。更新作業の事業投入量では、天然更新を100とすると、人工林スギで76、ヒノキで86となり、改めて天然更新の作業量の多さが確認できた<sup>26)</sup>。

近年、従来の一斉皆伐、一斉造林という人工林経営から、間伐方法の多様化、複層林施業など、多様な森林の造成を推進する動きが広がっている。また材価低迷と伐出コストの上昇から、間伐作業の遅れや大径材生産を指向した施業の長伐期化が進行している。間伐の採算を事前判定するシステムについて、一定額の間伐収益の確保を考慮させたり、エキスパートシステムを用いて判断させる方法を検討した<sup>27)</sup>。また、複層林施業については、スギ、ヒノキ下木の成長モデルを作成し、対照区のモデルに対し、直径、樹高とも100年生時に10~20%減の成長になるとの予測結果を得た<sup>28)</sup>。また、主伐事例における収益性の検討では、スギで70年生以上、ヒノキで65年生以上の場合に3~4%の比較的高い収益をあげている事例が判明した<sup>29)</sup>。今後は長伐期施業や複層林施業に対応した収穫予測手法の開発、森林資源の評価手法の検討、川上から川下まで一体となった林産物流通システムの解明を進めたい。

(松村 直人)

#### 4. 病虫獣害防除技術分野

四国地方の森林病虫獣害の研究では、スギ・ヒノキ人工林の病虫害の防除技術、特に穿孔性害虫による材質劣化被害の軽減に関する研究が重要な位置を占めているが、マツ材線虫病によるマツ枯損も依然として大きな問題である。これらに加えて近年、クヌギ、シキミ、サカキ等の特用広葉樹の病虫害が増加しており、この分野の研究も重要になっている。一方では野生動物による造林木や林産物の被害も多く発生している。このような状況のもとで、過去10年間に以下のような研究を実施した。

病害に関しては、ヒノキ漏脂病とヒノキ樹脂腺枯病の研究を主として行い<sup>30)</sup>、併せて四国地方の主要な林木病害のリストを作成した<sup>31)</sup>。指定研究「ヒノキ漏脂性病害の漏脂原因の解明及び被害地の環境解析」を分担し、被害木の樹脂流出原因の調査を行った結果、一部の被害木の傷害部から *Cryptosporiopsis* 及び *Cistella* 属菌が分離された。除伐時の傷やヒノキカワモグリガの加害痕からの異常樹脂流出と推定された被害も存在した。ヒノキ樹脂腺枯病の研究では、被害林の実態調査を行うとともに、ヒノキのクローン間の感受性の違いを検討した<sup>32)</sup>。また、四国地方の被害地から採集された樹脂腺枯病菌を検討した結果、四国地方の樹脂腺枯病菌はいずれも *Seiridium unicome* であることが確認された<sup>33)</sup>。ヒノキ苗を使った人工接種試験では、*S. unicome* を接種した場合にのみ被害が再現され病原性が確認された。

虫害に関しては、キバチ類をはじめとするスギ・ヒノキ穿孔性害虫、マツノマダラカミキリの生物的防除、食葉性害虫、特用広葉樹の害虫に関する研究を主として行った。近年、四国地方で顕在化しているキバチ類によるスギ・ヒノキ材質劣化被害は、ニホンキバチによることが明らかになった。ニホンキバチの羽化脱出は6月上旬から10月上旬にわたり、ピークは6月下旬であった。雌は材の中に1回に平均2~3個産卵し、幼虫は10回前後の脱皮を行って蛹、成虫となり1世代を完了する。伐倒木・衰弱木では1年で1世代が完了すると考えられた<sup>34)</sup>。ニホンキバチの生息密度の上昇は、除・間伐木の林内放置が大きな原因と考えられた。キバチ類の天敵寄生蜂と

してオオホシオナガヒメバチ等がみとめられた。くん煙剤によるニホンキバチ成虫の殺虫試験では、短時間の被煙で効果があった<sup>35)</sup>。誘引剤(ホドロン)を使用したキバチの誘殺試験では効果がみとめられ、トラップを地上2 m付近に設置した時に最も誘殺数が多く<sup>36)</sup>、成虫の体サイズに地域差は認められなかった<sup>37)</sup>。

特別研究「スギ・ヒノキ穿孔性害虫の生物的防除技術の開発」では、ヒノキカワモグリガ被害発生林分の解析を行った。南国市のスギ林でライトトラップを使って成虫の発生消長を調査した結果、発生期間は6月上旬～7月中旬であった<sup>38)</sup>。被害実態調査の結果、ヒノキカワモグリガの被害率は高知県ではスギよりもヒノキが高いことが明らかになった。

松くい虫関係では、ポーベリア菌の孢子等の浮遊液をマツ枯損丸太に散布し、マツノマダラカミキリの死亡率を調査した結果、効果が認められた<sup>39)</sup>。特定研究「生物的防除手法を導入した松くい虫被害の激化防止新技術の確立」では、薬剤を空中散布した林分としない林分における松の枯損動態を比較検討した。その結果、散布区ではおおむね被害率が低かったが、地域により結果に違いがみられた。

食葉性害虫の研究では、マツカレハ成虫の誘蛾灯による発生消長調査、マイマイガの2亜種間の交雑試験、マイマイガの幼虫放飼による天敵調査を行った。マツカレハは5～10月に成虫が発生し、4年毎に増減がみられることが再確認された。高知産マイマイガは、幼虫期の体長、蛹重、成虫の大きさとも沖ノ島産よりも大きく、雑種はその中間であった<sup>40-41)</sup>。寄生性天敵としてはブランコヤドリバエ等が、捕食性天敵としてはアシナガバチ類や小鳥類が重要であることが明らかになった。緑化樹害虫としてイボタノキ、ネズミモチなどに寄生するクロボシトビハムシの成虫の生活史と樹上での行動習性、ヘリグロテントウノミハムシの発生経過を明らかにした。

特用広葉樹の害虫としては、シキミに穿入加害するクスアアナキノウムシとタラノキに寄生するトウガネツヤハムシの生態を調査した。クスアアナキノウムシは高知の山間部では2年1世代の生活史を持つことが確認され、さらに指定研究「四国地方のシキミ栽培地におけるクスアアナキノウムシの生態の解明と被害回避技術の確立」の中で研究を継続している。

獣害に関しては、特に四国山地東部のスギ・ヒノキ造林地に野生動物の食害が多発し問題となっている。被害は植栽4年後頃までの幼齢造林地に多く、シカ・カモシカの他、初期の主軸切断にはノウサギの被害が目立った<sup>42)</sup>。シカの胃内容物からみた食物組成では、グラミノイド(イネ科植物)やヒサカキ等の広葉樹が大半を占めていたが、スギの含有率、出現頻度も比較的高かった。被害回避試験では、忌避剤は効果が認められたが、さらに施用方法、施用時期の検討が必要である。漁網や遮光ネットによる防護柵には設置後1年間は破損・侵入が全く認められなかったが、耐久性の高い素材の選択とコストの削減が問題として残された。

(阿部 恭久)

## 文 献

- 1) 岩川雄幸, 石塚和裕, 井上輝一郎: ヒノキ林の地表侵食, 林試四国支所年報, 22～23 (1984)
- 2) 井上輝一郎, 岩川雄幸, 吉田桂子: ヒノキ単純林における落葉および土砂の移動, 林試研報, 343, 171～186 (1987)
- 3) 酒井正治, 井上輝一郎: 粗大有機物の土壌への混入量(V) 林床写真によるヒノキ落葉落枝の経月変化, 林試四国支所年報, 24～27 (1987)
- 4) ———, ———: ヒノキ林の林床の季節変化と落葉量, 降水量等との関係解析, 森林総研成果選集, 62～63 (1988)

- 5) 岩川雄幸, 井上輝一郎, 酒井正治: 複層林施業の土壤に及ぼす影響, 昭和61年度国有林野事業に関する技術開発研究考案発表集, 高知営林局, 129~131 (1987)
- 6) 井上輝一郎: 四国ヒノキ人工一斉林の複層林化施業による土壤変化, 「国土資源」研究成果, 242, 農林水産技術会議事務局, 171~173 (1990)
- 7) 平井敬三, 岩川雄幸, 吉田桂子, 加藤正樹, 酒井正治, 井上輝一郎: 複層林施業初期段階における表層土壤の移動, 日林関西支論, 1, 91~94 (1992)
- 8) 竹内郁雄, 川崎達郎, 森 茂太: 低コスト育林の事例 (I) 下刈を省いた二段林の造成, 日林論, 103, 455~456 (1992)
- 9) ———, 安藤 貴, 落合幸仁: 長期間低照度下におかれた四国産スギ精英樹の耐陰性と成長, 日林関西支論, 39, 75~78 (1988)
- 10) 安藤 貴: 複層林施業のなかのスギの育種, 林木の育種, 141, 1~3 (1986)
- 11) 竹内郁雄, 森 茂太, 川崎達郎: スギ-ヒノキ二段林下木の傾き, 森林総研四国支所年報, 31, 12~14 (1990)
- 12) ———, 落合幸仁, 川崎達郎, 安藤 貴: 短期二段林の上木伐採後における下木の成長, 森林総研研報, 362, 155~169 (1991)
- 13) 川崎達郎, 竹内郁雄, 落合幸仁: 上層間伐後の陽樹冠表面積の変化と幹材積成長, 森林総研成果選集, 28~29 (1992)
- 14) 竹内郁雄: 枝打ちを見直す, 林業技術, 611, 8~10 (1993)
- 15) ———, 森 茂太, 落合幸仁: 枝打ち林分におけるヒノキカワモグリガの加害, 日林論, 101, 379~380 (1990)
- 16) 落合幸仁, 竹内郁雄, 安藤 貴: 白髪山ヒノキ天然更新試験地における種子生産と稚樹の動態, 林試四国支所年報, 27, 32~33 (1986)
- 17) ———: ミズメの落下種子数と稚樹の発生, 森林総研研報, 2, 2~3 (1988)
- 18) MORI, S., KAWASAKI, T. and TAKEUCHI, I.: Non-destructive measurement of the growth of leaf area by means of a portable copying machine, J. Jpn. For. Soc. 73, (1991)
- 19) ——— and HAGIHARA, A.: Crown profile of foliage area characterized with the Weibull distribution in a hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) stand, Trees, 5, (1991)
- 20) 宮本知子, 都築和夫: 施業標準地の成長解析と予測法, 昭和58年度技術開発研究発表集, 高知営林局, 191~202 (1984)
- 21) 松村直人: 定点観測網による多目的資源管理-データベースの作成と森林簿の補完システム, 平成5年度次期森林資源調査システム開発調査報告書, 林野庁, (1994)
- 22) ———, 宮本知子: 施業標準地資料のデータベース作成と利用例, 日林関西支論, 2, 39~40 (1993)
- 23) 佐竹和夫: 林分密度管理図による材積の推定について, 日林関西支論, 35, 28~31 (1984)
- 24) 松村直人, 宮本知子: 施業標準地における直径・樹高分布の推移について, 日林関西支論, 1, 65~66 (1992)
- 25) TAKAHASHI, F.: Biomass statistics and properties. in Biomass handbook edited by O. Kitani & C.W. H all, Gordon and breach science publishers, (1989)
- 26) 吉田 実: 林業収益からみた天然更新-収穫試験地の調査を基にした事例報告-, 森林総研四国情報, 10, 1~2 (1993)
- 27) 高橋文敏, 松村直人: 間伐の採算性と間伐後の林分の評価, 森林総研研報, 38, 4~5 (1991)
- 28) 松村直人: ミッチャーリッヒ式によるスギ・ヒノキ複層林の成長予測, 平成2年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書, 森林総合研究所, 182~189 (1991)
- 29) ———, 吉田 実: 長伐期化に伴う育林経営の変動態様と経営的評価 (II) -長伐期施業における素材価格評価と収益性-, 日林論, 103, 141~142 (1992)
- 30) 峰尾一彦: ヒノキ樹脂枯病と漏脂病—4年間の病害診断の結果—, 森林総研四国情報, 5, p.5 (1991)
- 31) ———: 四国地方における主要な林木病害, 森林総研四国支所年報, 33, 26~27 (1992)
- 32) ———: ヒノキ樹脂枯病に対する四国産ヒノキ耐寒性クローンの罹病傾向, 森林総研四国支所年報, 32,

p.25 (1991)

- 33) 田端雅進：ネズミサシにご用心 -ヒノキ樹脂胴枯病-，森林総研四国情報，13，2～3 (1995)
- 34) 奥田素男：ニホンキバチの生態と加害，森林防疫，38(8)，12～16 (1989)
- 35) ————：ニホンキバチの防除試験 -くん煙剤による成虫の殺虫試験-，日林関西支論，40，50～53 (1989)
- 36) 井上大成，山崎三郎：誘引剤によるニホンキバチの誘殺 -誘引器の最適設置高の推定-，森林総研四国支所年報，34，34～35 (1993)
- 37) 山崎三郎，井上大成，宮田弘明：誘引剤によるニホンキバチの誘引と発生消長 (Ⅱ)，日林関西支論，1，281～283 (1992)
- 38) 山崎三郎，井上大成：四国地方におけるヒノキカワモグリガの発生経過，森林総研四国支所年報，33，28～30 (1992)
- 39) 峰尾一彦，奥田素男：天敵微生物の散布によるマツノザイセンチュウ防除試験と増殖抑制効果，森林総研四国支所年報，31，p.18 (1990)
- 40) 五十嵐豊：高知県沖ノ島に産するマイマイガ亜種 (*Lymantria dispar postalba*) の發育経過と高知産亜種 (*L. dispar japonica*) との比較，日林関西支論，36，286～289 (1985)
- 41) 五十嵐豊：高知県に生息する2つのマイマイガ亜種の亜種間雑種の發育経過と両亜種との比較，日林関西支論，37，260～263 (1986)
- 42) 山崎三郎，山田文雄，小泉 透，北原英治：魚梁瀬地方におけるシカ・カモシカの分布と造林木被害，日林関西支論，2，205～208 (1993)

## 九州支所

暖温帯・亜熱帯性気候に属する九州地域の自然を特徴づける常緑広葉樹天然林は，伐採等によって資源としての賦存量は減少し，残された資源の保全と適切な利用のための技術開発が強く求められている。一方，人工林率55%に及ぶスギ・ヒノキを中心とした人工林については，木材生産に対するニーズの多様化によって従来からの一斉林の短伐期による並材生産だけでなく，環境保全に配慮した多様な森林の育成と良質材生産への要請が強くなっている。また，林業経営の低迷が長期化するなかで山村の振興策は本地域にとっても重要な問題であり，平成3年には地域林業の活性化を目指して流域管理システムが導入され，流域を単位とした森林管理と林業経営の技術開発が重要な課題となっている。さらに台風や豪雨等による自然災害の多い本地域では，森林の持つ環境保全機能の発揮による森林流域の保全に対する期待は大きく，また，森林の取り扱いや酸性雨が森林生態系に与える影響についても社会的関心の大きな問題となっている。

こうした背景をふまえて九州支所では，森林の管理技術と利用技術の向上を目指した研究を進めてきた。最近10年間に実施した研究を，①技術の基礎となる森林生態系の特性に関する研究，②森林生物の制御と利用に関する研究，③森林流域の保全管理と経営管理に関する研究として整理した。①の研究では，主要樹種の生理生態的特性，更新特性，立地環境特性の解明を進めた。特に，常緑広葉樹林については九州地域では初めての大面积の長期固定試験地を平成元年に設定して，生態系の仕組みと動態について森林群落だけでなく動物，微生物相を含めた総合的な研究として推進してきた。また，施業が立地環境に及ぼす影響や酸性雨による森林影響のモニタリングの研究を進めるとともに，沖縄地方における赤土流出による河川や沿海域の汚濁防止に果たす森林の機能やマングローブ林の保全等の問題に対応すべく南西諸島の森林生態系を対象にした研究にも取り組んできた。

②の研究では，本地域で問題となるスギザイノタマバエ等の材質を劣化させる病害虫，あるいはマツ材線虫病等の有害な森林生物の制御の研究を重要な課題として取り上げ，特にその防除については薬剤に依存しない生物

的あるいは林業的手段による技術開発を目指して病害虫の発生生態等の研究を進めてきた。多様な森林の育成へのニーズを背景に広葉樹の病害虫に関しても育成技術の開発に欠かせない研究として重要性が高まるとともに、最近では獣害防除についての研究ニーズに対応して獣害の研究にも着手した。また、森林生物の利用の面ではきこの類の生産を阻害する病害虫の防除法の開発を行うとともに、食用きのこの生産技術の向上及び野生きのこの分類と栽培化に向けた研究を進めた。

③の研究では、森林の水源かん養機能を解明するため従来からの広葉樹流域の理水試験地に加えて、スギ林を主体とした試験地を平成2年に新たに設定して水文観測を開始し、降水の流出過程や伐採の影響の解析を進めた。また、豪雨災害の発生機構、風害発生要因等の研究に取り組むとともに、雲仙普賢岳における土砂移動や降灰の影響に関する研究にも着手した。一方、施業技術と経営技術の研究では、天然林の用材林誘導、混牧林施業、収穫予測等の研究を進めるとともに、主要林業生産地における経営経済分析や九州産材の需要分析を行い、地域林業経営の改善に向けた研究に取り組んだ。今後、これらの研究成果をふまえて森林流域の保全管理と一体となった地域林業システムの構築を目指した研究を進めていく必要がある。

主要研究成果等の概要は以下のとおりである。

(井上敬雄)

## 1. 九州地域の森林生態系の特性解明

この10年間に実施した研究は、主要樹種の生理生態的特性に関するもの、常緑広葉樹林の更新特性に関するもの、森林の立地環境特性に関するものに大別され、それぞれ次のような成果を挙げている。

### (1) 主要樹種の生理生態的特性

ヒノキ壮齡林の種子生産を調査し、種子の豊凶が前年7～8月と当年5月の気温と樹体生理に関係することを明らかにした<sup>1)</sup>。また、九州産さしきスギの発根促進について、硝酸銀による発根阻害物質除去、IBA処理、十分な水管理が効果的であること、発根性の高いグループにタンニン含有率が高いことを明らかにした。

ヒノキ精英樹苗木の耐凍性を調査して、-26～-30℃を示すこと、一般に凍害は少ないが、初冬、早春に1～5年生林分に発生し、マツ類の混植に防止効果があることを指摘した。また、ヒノキの既存のさしき・実生苗造林地を比較調査して、さしき造林地にとっくり病である幹基部肥大・根元曲がりの少ないことを明らかにした<sup>2)</sup>。

ヒノキ複層林における光環境と下木の成長を解析して、下木のスギ・ヒノキとも、弱光環境で形状比が大きくなること、スギ下木はクローンによる成長差が光環境にかかわらず、根曲がり品種は弱光下で傾向が強まること、ヒノキ下木は幹への配分率が強光環境ほど大きく、葉への配分率が弱光環境ほど大きいこと、相対照度10%以下では、スギ下木は傘型樹形となり、ヒノキ下木は着葉量が減って、下枝が枯れ上がることなどを明らかにした。

カシ類堅果の発芽について、低温処理で発芽促進されること、休眠の浅い樹種はより低温で発芽すること、低温抵抗性は子葉表層の水分状態に影響されていること、アラカシ果皮の発芽抑制作用は機械的強度や吸水阻害によること、アラカシ等では、後期落下種子の発芽率が高く、果皮除去により発芽率が向上すること、乾燥抵抗性の低い種子は繊毛を持つ種皮が子葉の脱水を容易にしていることなどを明らかにした<sup>3)</sup>。

### (2) 常緑広葉樹林の更新特性

常緑広葉樹林の樹種と埋土種子を調査して、埋土種子の種類数は林冠下で多く、種子量はギャップ内で多いこと、ギャップ内の先駆種に高木種は少ないこと、林冠構成種の多くが埋土種子・実生として存在すること、重力散布型種子は全て林内種、動物散布型は林外種が大半、風散布型はほとんど林外種であること、種子のサイズが

散布型と関係があることなどを明らかにした。特に鳥類による持ち込み種子が多く、食料となる果実の多少、止まり木としての適不適が天然林施業にとって重要であることを指摘した。また、多くの被食散布性種は単木的に低密度で分布しており、それらが常緑広葉樹林の種多様性を高めていること、堅果は昆虫による被食率が高く、成木密度の高い樹種ほど被食率が高いが、多肉果は成木密度ではなく、果実密度と関係あること、種子食昆虫が種特異的であるのに対して、鳥類は樹種に無関係なことなどを明らかにした<sup>4-5)</sup>。

常緑広葉樹林を調査して、葉リターが5月、枝リターが8月に落下のピークを持つこと、イスノキは稚樹の高い生存率により、タブノキは大量の種子生産により林内更新が可能であること、カシ類、シイ類は林床の稚樹が成長せず、林内更新が困難なことなどを明らかにした<sup>6)</sup>。また、光環境を調査して、稚樹がギャップに依存せず生育するためには、極めて弱い光や短時間のサンフレックを活用する必要があることを明らかにした<sup>7)</sup>。

コジイ林の更新を調査して、種子の豊凶が著しいこと、種子の大部分が冬季間に消失すること、上木伐採により稚樹は急激に消失するので、伐採前に疎開し、稚樹を健全化する必要があること、更新は萌芽を主、下種を従とした皆伐放置で可能なことなどを明らかにした<sup>8)</sup>。また、コジイ壮齢林を調査して、年生産量、リターフォール量、林床への養分還元量、高齢化に伴いコジイが減少してイチイガシ林に遷移すること、伐採による稚樹損傷が50%にも達することなどを明らかにした<sup>9)</sup>。さらに、ツブラジイ光合成の季節変化を調査して、成木単葉の光-光合成関係が樹冠内の着葉位置によって異なり、秋季の気温低下と光合成最適温度の低下とが一致すること、生育時の気温によってその後の光合成最適温度が異なることなどを明らかにした。

カシ極相林を調査して、稚樹がギャップ内で生育し、異齡モザイク集団となること、成長の早いコジイ等に被圧された場合でも被陰下で長期間生存し、上木疎開後に成長するので、更新には前更・強度の択伐施業が有効であることなどを指摘した。また、イチイガシ林を解析して、コジイ・スダジイ等の林内の斜面下部～谷部の土壌の深い適潤地に成立すること、被陰下の稚樹は成長せずに長期間生存可能であること、高齢級人工林では樹高範囲が広がり、時に複層林型を呈することなどを明らかにした。さらに、アカシア類について、凍結試験による耐寒性やモリシマアカシア人工林が平均幹材積成長量 $25\sim 30\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{年}$ を期待できることなどを明らかにした。

スギ林内外に植栽した広葉樹を調査して、一般に林外の成長が良いが、タブノキ、センダン等は林内がやや良好であること、林外区はノウサギ等の食害が著しいことを明らかにした。また、高海拔地域の広葉樹混交人工林を調査して、造林木の寒風害等による衰退枯死過程での近隣天然林からの広葉樹侵入と、ササ除去・補植ないし広葉樹林化等の施業を加える必要があることなどを指摘した。

### (3) 立地環境特性

施業に伴う地力変動を把握するため、スギ壮齢人工林で皆伐後の土壌溶液養分濃度の経年変化を調べた結果、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、Ca、K で皆伐による影響が顕著であること、斜面位置によって影響の発現深度や発現時期が異なることを明らかにした。また、土壌カラムを用いた施肥成分の溶脱現象解析実験により、黒色土壌から溶出した無機態N濃度がA層、B層とも森林褐色土に比べて高く、K、Ca、Mgの溶脱が両土壌とも認められることを明らかにした<sup>10)</sup>。

林地肥培効果及び施肥成分の動きを明らかにするため、ヒノキ林で施肥後の土壌溶液及び土壌の経年変化を調べて、施肥後5年目まで土壌溶液に施肥の影響が認められ、Nの移動に伴い土壌溶液中のCa、Mgが溶出し、施肥による土壌からの養分溶脱が認められた<sup>11)</sup>。また、ヒノキ苗木の連作・輪作障害について、連作14年以降に急激な成長低下として発現するが、土壌消毒剤の施用により連作・輪作障害を回避することを明らかにした<sup>12)</sup>。

森林伐採後の土壌を調査して、表層土壌A層の削剝、脱色・灰白化、炭素含量・粘土含量の減少、土壌水分張

力の日変動が下層まで及ぶことを明らかにした。また、理水試験地等からの日流出量を用いて流域の保水量を推定し、それを用いた流出モデルにより解析して、流出特性を表現できる結果を得た。

カシ類の分布と立地について、一般に土層の比較的浅い傾斜変換点周辺に成立していること、アカガシはウラジロガシより乾燥する土壤に分布し、皆伐による土壤理化学性の劣化が著しいこと、ウラジロガシは山腹中～下部の適潤性土壤に分布すること、イチイガシは斜面下部から谷部の土壤深い適潤地に成立することなどを明らかにした。また、アカシア類の適地について、粘板岩母材の土層は薄くても無機質供給が十分な箇所が適し、石英質の堅い砂岩や安山岩母材は不適なことを明らかにした。

沖縄本島にのみ分布する表層グライ灰白化赤・黄色土と黄色土の特性を比較検討した結果、成因に母材が深くかかわっていること、前者の方がSiに富み、Fe、Mnともに含有濃度に明確な差が認められることを明らかにした。また、沖縄北部の代表的流域の保水容量を算定して、流域全体では56.3mm、そのうち基底流出に寄与する保水容量は33.4mmと少ないことを明らかにした。さらに、西表島のマングローブ林が、主として相対的海水準変動に支配されて、その成立場所を移動させてきたことを明らかにした。

酸性雨モニタリング調査において、1降雨ごとに採取した林外雨、林内雨、樹幹流の成分分析の結果、年平均pH4.5以下の酸性雨が降っていること、樹冠は酸性雨を緩和する機能を有すること、スギ、ヒノキの樹幹流は酸性度が高く、根元の土壤が酸性化していることなどを明らかにした<sup>13)</sup>。

(杉井昭夫)

## 2. 森林生物の制御技術と利用技術

### (1) 主要病虫獣害の防除技術

九州のスギ・ヒノキの病虫獣害は依然として重要な研究テーマである。しかし、1990年前後に、それまでのスギ・ヒノキ人工林一辺倒への反省から広葉樹が見直されるようになり、広葉樹病虫獣害の研究も主要なテーマとなってきた。

#### 1) 病虫獣害発生情報の収集

昭和62年から九州管内の各営林署、各県の林業試験場等にはがきタイプの調査票を配布し、森林病虫獣害情報収集を行ってきた。これによって、管内の病虫獣害発生が迅速かつ系統的に把握できることとなった。

#### 2) 主要病害の防除技術

マツ材線虫病防除は薬剤施与や枯損木伐倒駆除により一定の効果をおさめているが、さらに新たな観点からの防除法開発の基礎知見を得るためマツ材線虫病の発病・枯死機構の解明に取り組んだ。一つは誘導抵抗性である。弱病原性線虫の前接種によりマツ材線虫病への抵抗性が誘導されるという誘導抵抗性の現象を発見し<sup>14)</sup>、二つ目はマツの生態生理学的観点からの枯死機構の解明である。水ストレス下での弱病原性線虫に対する発病から枯死にいたる過程の幹と根の水分通導性、木部の解剖学的観察によりマツ樹体反応の違いを明らかにした<sup>15)</sup>。樹木の通水組織中の水切れ現象であるキャビテーションの検出方法にアコースティック・エミッション法という非破壊的手法が適用可能であることを示し、この方法によるマツ材線虫病の病態解析を行った<sup>16)</sup>。

スギ・ヒノキの樹幹部材に変色や腐朽を引き起こす材質劣化病害は高品質材の生産志向の阻害要因として注目を集めている。九州地域において問題になる材質劣化病害として採り上げたものはスギ赤枯病、スギ暗色枝枯病、ヒノキ漏脂病、スギ・ヒノキ根株腐朽病であった。赤枯病についてはスギ抵抗性品種の利用による被害回避の可能性を示した。暗色枝枯病による材の変色被害は黒心化被害を引き起こすひとつの原因となっていることを明ら

かにした<sup>17)</sup>。ヒノキ漏脂病については病原菌の侵入にヒノキカワモグリガの食害痕が関与している可能性や病害が発生しやすい環境条件を明らかにした<sup>18)</sup>。根株腐朽病については被害実態調査を行うとともに、新病害としてヒメカバイロタケモドキによるかば色根株心腐病を発見した<sup>19)</sup>。これらの材質劣化病害のうち、外観から判断不能な病害については立地環境条件の調査解析が必要であるが、変色と腐朽被害の非破壊的検出が困難であることが調査と防除の障害となっている。

樹木を材料とする新素材の開発研究である大型別枠研究「新需要創出のための生物機能の開発・利用技術の開発に関する総合研究」(1991～)(略称：新需要創出)で、天草地方のモリシマアカシアの衰退要因として漏脂性病害と根株腐朽被害が明らかになった。両被害とも病原菌の検索を行っている段階である。

### 3) 主要虫獣害の防除技術

スギザイノタマバエについては特別研究「スギ・ヒノキ穿孔性害虫による加害・材質劣化機構の解明」(1983～1986)終了後、経常研究として継続してきた。本種は薬剤による防除が極めて困難なため、間伐や枝打ちなどの施業によって林内環境を改善して防除をはかる方法が従来から提唱されてきたが、この10年間ではその可能性の是非を明らかにする研究が中心になってきた<sup>20)</sup>。間伐については必ずしも一定効果がないことが分かったが、湿度をはじめとする林内環境と生息密度との関係について多くの資料が得られた。その他、抗原抗体反応による幼虫捕食者の探索手法の開発と役割の評価<sup>21)</sup>、内樹皮厚と被害との関係などが調べられた。

高品質材の生産を志向する場合、材質劣化害虫としてのヒノキカワモグリガの重要性は大きい。本種の生息密度調査は標準的な成虫用ライトトラップの確立<sup>22)</sup>によって大きく前進した。特別研究「スギ・ヒノキ穿孔性害虫の生物防除技術の開発」(1989～1992)において、密度推定法の開発、樹脂流出と幼虫の樹幹移動との関係解明、施業的防除法の検討<sup>23)</sup>などがなされた。これらの成果全般については特別研究の成果集にまとめられた。特研後は経常研究で、個体群変動要因の解明を行っている。平成3年の台風19号による風倒に伴い、風倒後に発生する虫害の調査を行った。問題となる虫として生立木に加害するマダダクロホシタマムシと倒木に穿入するオオゾウムシが検出された。オオゾウムシはよく知られた害虫でありながら生態が不明であったことから、越冬様式、成虫寿命等生活史に関する調査を行っている。平成4年から捕食性天敵としてのスズメバチ類の研究が始まった。また、獣害については、大型別枠研究「新需要創出」の中で造林初期の広葉樹のウサギ害回避法について検討した。平成6年からは経常研究のなかでニホンジカを中心とする草食性哺乳類の研究を始めた。

### 4) 南西諸島の病虫害

これまで亜熱帯地方の病虫害問題は研究する機会が少なかったが、この10年間に数件が採り上げられた。生活・地域流動研究「マングローブを中心とした生態系の解明に関する研究」(1988～1992)の病虫害の調査で、マングローブの胎生種子に対する害虫の影響は小さいことが明らかになり、病気はほとんどないことが分かった<sup>24)</sup>。イヌマキの害虫キオビエダシヤクについて、音響による防除の基礎研究を行った。モクマオウを主体とする耕地防風林と海岸防風・防潮林で、日本で新記録の南根腐病による枯損被害が起こっていることが発見された。特に宮古島と石垣島で枯損被害が激甚であることが明らかになった。薬剤による防除効果は認められたが経済的に適用は難しく、また病原菌のシマサルノコシカケ (*Phellinus noxius*) は土壌伝染性でいったん発生した被害の駆除は難しい。未発生地への移出入を阻止する対策が必要である<sup>25)</sup>。

### (2) きのご類等の利用技術

九州におけるきのご栽培は、乾シイタケが全国の42%、エノキタケが20%の生産量に達し、重要な産業となっている。しかし生産コストの増大、需要の頭打ち、価格の低迷、輸入量の増大、労働力不足などの問題の解決に

迫られている。このためシイタケ栽培中心から多品目のきのこ栽培へ産業構造が変化してきた。昭和63年の機構改革に伴い菌類研究室を特用林産研究室と改名し、キリ、竹、山菜類など特用林産物も研究対象とした。

シイタケ栽培技術の改良のために、林内ほだ場、人工ほだ場及び野伏せ内の微気象の違いを明らかにした。また採地伏せ地におけるシイタケ伏せ込み木の温度管理及び水分管理とほだ付き率について調査し、伐採適期の判定、ほだ化促進技術開発に関する基礎データを得た<sup>26)</sup>。

野生きのこを採集・分離し、20数種の純粋培養菌株を得、それらの培養特性、栽培の条件を調べた<sup>27)</sup>。コジイなどの未利用常緑広葉樹及びスギ、ヒノキなどの間伐材を基質として食用きのこ類を生産する技術を開発するため、原木による各種食用きのこの栽培試験を行い、コジイ原木、スギ間伐材に適する食用きのこを明らかにした。スギ、ヒノキおがこの温水抽出物の菌糸伸長に与える影響を調べた<sup>28)</sup>。

きのこの病害については、「シイタケほだ木の黒腐病」の発生機構の解明をするため、ほだ木にヒポクレア・ニグリカンス、トリコデルマ属菌の病原菌を接種し、病徴再現試験を行った<sup>29)</sup>。ほだ木の重量減少率が少なく、含水率が高いことがこの病害の発生要因になっていることが示唆された。ヒラタケ及びシイタケ菌床栽培におけるトリコデルマ及びペニシリウム菌の伸長抑制を調べ、ペニシリウムがきのこに対して影響を及ぼさないこと、トリコデルマは培養初期では侵害力があるが、培養後期では影響がないことが判明した。シイタケほだ木の害菌であるニマイガワキン、シトネタケ、クロコブタケの子座の形成条件を解明した<sup>30)</sup>。ニマイガワキン菌では、子座占有率がシイタケ子実体発生量に反比例するため、被害程度の測定方法として有効であることが明らかになった。また本菌の子のう胞子は秋季から翌年の春季にわたり放出され、原木の伐倒、葉枯らし、玉切り、シイタケ菌接種、伏込みの一連の作業行程において傷等から原木内に侵入することが推察された。さらに菌間相互作用を解明し、防除法を確立することを目標に研究を進めている。

特用林産物については、大型別枠研究「新需要創出」の中でキリについての樹下植栽試験を行った。また、九州各県の研究情報をまとめ、栽培状況を調査した。

### (3)生態系に果たす生物相の役割

広葉樹天然林の研究、大型別枠研究「農林水産系生態秩序の解明と最適制御に関する総合研究」(1989～)では従来の病害虫・益虫といったとらえ方ではなく、広葉樹天然林の生態遷移に果たす役割を把握する研究が求められた。今後、環境としての森林をとらえることが多くなると考えられ、病虫獣害といったとらえ方から生態系のなかでの役割評価を行うタイプの研究が増えるものと考えられる。

樹病では南九州地域天然林の上層優占木であるコジイ林で病害要因として幹腐れ病、根株腐朽病及び絹皮病が大きい役割を果たしていることを明らかにした<sup>31)</sup>。なかでも量質ともに大きな被害を与えるのは枯れ枝から侵入した病原菌が樹幹部を心材腐朽させる幹腐れ病であるが、この場合林齢が40から50年生に被害が急激に増加することを明らかにした。これらの病害がコジイ林がカシ林へと植生遷移する際の遷移促進要因のひとつであることが明らかになった。害虫では、遷移途中のコジイ林でシロスジカミキリ、極相林ではカシ・シイ類に寄生するカシノナガキクイムシが抽出された。これらの虫の生態遷移における評価研究を行っている<sup>32)</sup>。

(吉田成章)

## 3. 九州地域の森林流域の保全管理と経営管理技術

この10年間に実施した研究は、森林流域の保全管理に関するものと森林施業技術・林業経営技術に関するものに大別され、それぞれ次のような成果を挙げている。

## (1) 森林流域の保全管理技術

理水試験地において、気温、湿度、降水量、溪流水位、地下水位等を通年観測して、降雨流出過程を定量的に明らかにした。また、森林の皆伐前後における年流出量を解析した結果、年流出量増加は伐採後3年で最大となり、9～13年後まで続くこと、個々の降雨の影響は積算雨量の少ない部分に限られ、積算雨量一定以上の場合、森林よりも流域固有の影響を受けることなどを明らかにした。さらに、森林の部分伐採前後における降雨流出を解析して、伐採後は、4、11月を除き流出率が高まり、年流出率で3%程度高まること、年損失量、蒸発散量は減少し、特に7～9月の蒸発散量が著しく減少することなどを明らかにした<sup>33)</sup>。そのほか、フィルター分離AR法により、降雨を地下水流出成分と表面中間流出成分とに分離推定し、実測との良好な適合が得られた。

既往の豪雨による山地災害事例を解析し、実効雨量による方法とタンク貯留量モデルによる方法を検証して、実効雨量による土砂災害発生時間の予測が可能であることを明らかにした。また、阿蘇地方の豪雨災害について、黒ボク・褐色火山灰層内のすべり面からの浅層崩壊、カルデラ上部の火砕流・火山灰堆積層への降雨が外輪山内壁に集中したための深層崩壊に大別されることを明らかにした<sup>34)</sup>。さらに、風害と地形との関係をコンピュータ・グラフィックにより解析して、風害を起こしやすい地形を抽出し、土層の厚い地形で折損型、薄い地形で根返り型被害を受ける傾向を明らかにした。台風被害地では健全林地に比べ、表層土壌の移動量が、降水量と関係して激増すること、上木の根返り地に多く、折損地に少ないこと、棚積み処理により表層土壌の移動抑制効果が大きいことなどを明らかにした<sup>35-36)</sup>。

雲仙普賢岳における地表面変動について、火砕流による土砂供給量の多寡に対応して、ガリー発生域や土砂堆積域が変動すること、堆積火山灰の移動は降水量と降灰量とに密接に関係することを明らかにした。また、周辺の森林被害について、衛星画像解析による植生指数を用いて分析し、火砕流被害よりも、火山性ガス・降灰被害が大きいこと、降灰分布も植生指数により把握できることを明らかにした。さらに、林地への火山灰堆積により土壌透水性が極端に悪化し、通気性が1/3に減りガス交換が悪くなる結果、土壌中のCO<sub>2</sub>濃度が高くなること、小雨で表面流去水が発生し、林地にリル、ガリーが生ずる結果、林地崩壊が起きていることなどを明らかにした<sup>37)</sup>。

微気象観測試験地における放射収支量等のデータを用いて、森林の蒸発散量を熱収支法により推定した。また、林内の観測塔における気温の垂直分布等を用いて、渦相関法により蒸発散量を推定し、実測データと良く適合する結果を得た。また、純放射量等を用いて、熱収支法による蒸発散量の日変化を推定し、蒸発散量と顕熱伝達量の日変化が純放射量の変化とおおむね一致することを明らかにした。さらに、雲仙岳周辺における地上気象観測データから月別の雲底高度累積頻度曲線を作成し、任意地点の雲霧に覆われる時間を推定するとともに、気温・蒸気圧の日変化が夏期に顕著で、冬季は日変化よりも長周期で変化することを明らかにした。

海岸防風林の機能調査の結果、最前線林帯造成の基準巾は、日本海側は400m、太平洋側300mを必要とすること、内陸防風林帯の巾は日本海側30～40m、太平洋側20～30mを必要とすることなどを明らかにした。また、一ツ葉海岸林において、林帯巾400～900mの林帯を調査し、10m/s以下の風速では防風機能に差が認められないこと、空中塩分補足機能では、400mがやや劣り、観測高が高いほどその傾向が強まることを明らかにした<sup>38)</sup>。さらに、松くい虫被害等の海岸マツ林で、落葉堆積・腐植化が進んでいる場合、広葉樹稚樹が見られ、広葉樹林に移行すること、一方、落葉層・腐植層が見られず、下層植生貧弱な箇所では、天然更新が進んでいることを明らかにした。

## (2) 施業技術と経営技術

スギ・ヒノキ人工林の材種別収穫予測について、樹幹長比、直径・樹高比が材質の測定因子として有効であること、地位に応じた柱材以上の用材の収穫量と本数密度管理の目安などを明らかにした。また、既存の収穫表をその地方の標準的な密度管理方式とし、これからの隔たりを直径成長と関連づける白石の方法を利用し、熊本地方スギを対象としたシステム収穫表を作成した。

ヒノキ林分の樹高成長曲線を作成して、地位指数推定のためのスコア表を作成し、造林適地区分図を作成した。また、複層林の収穫予測について、ミッチャーリッヒの基礎方程式に下木の成長抑制を表す係数を導入して、下木の樹高成長モデルを作成した。収穫試験地の立木配置図を用いて間伐木の図上選木を行い、成木適伐では間伐材の収穫量増大や販路の確保に優れているものの、主伐期の収穫量はかなり低下することを明らかにした<sup>39)</sup>。

シイ林について、地位指数曲線、密度別の用材本数率、細り率の推定式を作成し、密度効果を明らかにした。また、コジイの誘導施業林と無施業林を比較し、施業の効果は認められるものの、経費的に問題あることを指摘した。さらに、林分密度管理図において直径の上ヒンジ値を示す手法を開発し、用材利用を目的としたコジイ林の密度管理計画を示した。アカケヤキ・アオケヤキについては、樹皮と打音による判別の有効性を明らかにした。

全国の広葉樹資源について、樹種別の資源量分布や粗飼料化による利用可能量分布を推定した<sup>40)</sup>。九州地域における地域林産物利用システムの候補としてモリシマアカシア林業を取り上げ、その成立可能性を調査し、適地では生産力10~18t/yと極めて高く、毎年の必要伐採量も熊本県天草地方で確保可能と考えられるが、採算性を確保するには、育林・素材生産のコストダウンや樹皮成分の利用技術の開発が必要であることを指摘した。

ブルネイにおける二次林について、択伐後25年で立木密度10 000本/haと高く、胸高直径に対して樹高が著しく高いこと、胸高直径・樹高の分布は温帯天然林の分布と相似すること、相対成長式による現存量推定法が適用可能であることを明らかにした。また、タイにおける経済樹種人工林の初期成長について、樹高成長はシタンがカリンより良く、カリンは斜面上部で良好、直径成長はカリンが良好であることを明らかにした。

クヌギ混牧林について、伐根直径が萌芽の成長に相関すること、放牧牛の食害は樹高1~2mの範囲が最も危険であり、伐採後2年目くらいまでは放牧の時期等に配慮の必要があること、肥培により一時的な可食草量増加が認められるが、その後減少することなどを明らかにした。また、放牧や施肥によりネザサ率が低下するため、継続的使用には3年ごと刈り取りの必要性を指摘した。さらに、林分密度と牧養力の関係を基礎に、南小国地方を対象に牧養力を併記した収穫予想表を作成し、同地方におけるクヌギ混牧林の標準的な管理方式を示した<sup>41)</sup>。

熊本県球磨地方を対象に林業の採算性を調査し、技術水準を一定とした場合、木材価格の低迷と林業労賃の高騰から昭和60年の造林投資の内部収益率は各種補助金を含めても2~3%台と大きく低下したことを明らかにした。そして昭和40年代初めと同じ水準を確保するためには、造林・保育に対する補助金支給額の大幅な改善、林道・作業道の抜本的整備等の必要であることを指摘した<sup>42)</sup>。

活発な林業活動地域として全国的に有名な宮崎県諸塚村において集落調査を実施し、木材価格の低迷と外国産輸入による乾シイタケ価格の低迷が林家経済に大きな打撃を与えており、ことに森林所有規模の小さい林家層では後継者も確保できておらず、世帯員の高齢化等から、いずれ自家農林業からの離脱が予想されることを明らかにするとともに、既存作目の見直しと林家の経営条件に合致した新たな有望作目の発掘の必要性を指摘した。

全国的に大きな問題となっている林業労働者の確保対策について、九州地域内での成功事例として第三セクター方式の林業請負組織及び民間の素材生産業者の実態を調査した。その経営分析から、これらの事業体では労働条件の大幅な改善が行われているが、現在の林業の経済条件のもとでは民間ベースのみで経営の自立は容易で

はなく、地元自治体や国等の財政支援が不可欠であることを明らかにした<sup>43)</sup>。また、首都圏等、木材消費地の木材販売業者を対象にアンケート調査し、九州産スギ材の販売拡大を図るためには、乾燥不足・曲がり・等級区分不統一の解消、安定した品質材の安定的供給等が強く要請されていることを明らかにした。

(杉井 昭夫)

## 文 献

- 1) 上中作次郎：ヒノキ壮齡林における20年間の落下種子量，日林九支研論，45，103～104（1992）
- 2) 高木哲夫，西山嘉彦，上中久子，中島精之：ヒノキさし木造林木の樹冠形質（Ⅱ），日林九支研論，42，95～96（1989）
- 3) 西山嘉彦：カシ類堅果の発芽，日林論，100，393～394（1989）
- 4) 竹下慶子，田内裕之，真鍋 徹：宮崎県綾町の常緑広葉樹林における埋土種子集団，日林九支研論，44，93～94（1991）
- 5) 小南陽亮：鳥類の果実食と種子散布，動物と植物の利用し合う関係，平凡社，207～221（1993）
- 6) SATO, T., TANOUCHI, H. and TAKESHITA, K. : Initial regenerative processes of *Distylium racemosum* and *Persea thunbergii* in an evergreen broad-leaved forest, Journal of Plant Research, 107, 331-337 (1994)
- 7) 田内裕之：コジイぼう芽林内の光環境とそこに植栽したアラカシ，イチイガシ，コジイ稚樹の成長変化，日林誌，71(5)，435～440（1990）
- 8) 田内裕之：コジイぼう芽林の更新過程（Ⅰ）～（Ⅲ），日林論，100～102（1989～1991）
- 9) 佐藤 保，竹下慶子，上中作次郎：攪乱を伴ったコジイ壮齡林におけるリターフォールの季節変化と養分還元量について，日林論，104，581～584（1993）
- 10) 川添 強，森貞和仁，河室公康，長友忠行：スギ壮齡林の皆伐前および皆伐後2年目における土壤溶液中の容存成分濃度の比較，日林九支研論，43，185～186（1990）
- 11) 長友忠行，河室公康，川添 強，森貞和仁：ヒノキ林に施した肥料成分の経時的変化，日林九支研論，42，217～218（1989）
- 12) 長友忠行，河室公康，川添 強，森貞和仁：ヒノキ，クロマツ苗木の連作・輪作試験，森林総研九州支所年報，2，9，（1990）
- 13) 酒井正治，大賀靖浩，藤本潔：コジイ，スギ，ヒノキ林における酸性雨モニタリング，日林九支研論，47，197～200（1994）
- 14) 清原友也：マツ材線虫病における誘導抵抗性について，森林防疫，34，6，2～5（1985）
- 15) 池田武文：樹木に発生するキャビテーションのアコースティック・エミッション法による検出，日林誌，76，4，364～366（1994）
- 16) IKEDA, T. : Effect of environment and pathogenicity of pine wood nematode on development of pine wilt disease., Abstracts of 6th International Congress of Plant Pathology, 240 (1993)
- 17) 河辺祐嗣，楠木 学，讚井義孝，清原友也，池田武文：スギ暗色枝枯病から派生するアンコ（スギ材のくろじん様変色被害），日植病報，56，3，387～388（1990）
- 18) 楠木 学，河辺祐嗣，池田武文，清原友也：ヒノキ人工林における漏脂性病害の発生生態（2）九州地域におけるヒノキ漏脂病の誘因と発生環境，森林防疫，40，3，7～11（1991）
- 19) 河辺祐嗣，橋本平一：九州におけるスギおよびヒノキ造林木の根株腐朽，森林防疫，32，14，2～8（1985）
- 20) 大河内勇：孤立木の枝打ちがスギザイノタマバエ密度に与える影響について，日林九支研論，40，195～196（1987）
- 21) 岡部貴美子，大河内勇：スギザイノタマバエの天敵類に対する免疫学的評価法の開発，日林九支研論，44，155～156（1991）
- 22) 吉田成章，佐藤重穂：可搬型ライトトラップの改良（Ⅱ），日林九支研論，43，147～148（1990）
- 23) 佐藤重穂：枝打ちと虫害—ヒノキカワモグリガ，林業技術，611，11～13（1993）

- 24) 国府田佳弘：マングローブ林を中心とした生態系の解明に関する研究，平成4年度調査研究報告書，(1993)
- 25) 河辺祐嗣，小林享夫，宇杉富雄：沖縄県における南根腐病の被害実態，森林防疫，42，9，12～15 (1993)
- 26) 日高忠利：シイタケ原木の伏せ込み温度環境とほた付きの関係(Ⅱ)，日林九支研論，42，291～292 (1989)
- 27) 久保田暢子，安藤正武：ヌメリスギタケ *Pholiota adiposa* (Fr.) Quel. およびマツオウジ *Lentinus lepideus* (Fr.) Fr. の培養試験，日林九支研論，38，263～264 (1985)
- 28) 砂川政英，谷口 賢，角田光利，林 良興：スギ，ヒノキ間伐材を用いた食用きのこ類の菌床栽培—おがこ温水抽出物の菌糸伸長に与える影響—，日林九支研論，47，275～276 (1994)
- 29) 谷口 賢，角田光利，日高忠利，久保田暢子：シイタケほた木の黒腐病について，日林九支研論，44，283～284 (1991)
- 30) 角田光利，日高忠利，久保田暢子：ニマイガワキン菌およびシトネタケ菌のシイタケほた木に対する接種試験(Ⅶ)，日林九支研論，44，285～286 (1991)
- 31) 楠木 学，河辺祐嗣，池田武文，清原友也：絹皮病の接種試験，日林九支研論，45，117～118 (1992)
- 32) 佐藤重徳，吉田成章，岡部貴美子：緩管林署部内におけるカシノナガキイムシの加害実態，日林九支研論，45，133～134 (1992)
- 33) 竹下 幸，河合英二，水谷完治：山地小流域の流出機構(Ⅵ)，日林論，100，637～638 (1989)
- 34) 清水 晃，竹下 幸，水谷完治：7.2阿蘇災害における浅層崩壊について，日林九支研論，45，177～178 (1992)
- 35) 酒井正治，藤本 潔，大貫靖浩，長友忠行：ヒノキ林における台風被害跡地の表層土壌流亡，日林九支研論，46，281～282 (1993a)
- 36) 酒井正治，大貫靖浩，藤本 潔，長友忠行：地形立体表示による森林の台風被害解析，日林九支研論，46，283～286 (1993b)
- 37) 酒井正治，大貫靖浩，藤本 潔，長友忠行：雲仙噴火に伴う降灰の森林土壌への影響調査，日林論，104，351～354 (1993c)
- 38) 竹下 幸，大谷義一，河合英二，陶山正憲，細山田典昭，管 道教：一ツ葉海岸林の環境保全機能について，日林九支研論，36，323～324 (1983)
- 39) 松本光朗：複層林における下木の樹高成長モデル，日林九支研論，46，41～42 (1993)
- 40) MATSUMOTO, M. : Geographical Distribution of Biomass Resources in Japan, 農水技会研究成果集, BCP-90-1-2-1, 59-71 (1991)
- 41) 本田健二郎，黒木重郎，松本光朗：クヌギ混牧林収穫予想表，日林九支研論，46，43～44 (1993)
- 42) 鶴 助治：九州地域における林業採算性と活性化((Ⅰ))，長期金融，67，12～28 (1987)
- 43) 鶴 助治：熊本県小国町における労働力確保対策の現状，素材生産労働力モデル指針作成調査報告，10～37 (1991)

## 多摩森林科学園

多摩森林科学園は大正10年に帝室林野局林業試験場として発足し，昭和22年の林政統一によって農林省に移管された。その後も幾多の変遷を経て，昭和63年の組織改編に伴い森林総合研究所多摩森林科学園となって今日に至っている。その間，昭和53年に農林省告示規定官署として支所となったが，昭和63年の組織改編では他支所とは異なる役割を与えられた。すなわち，他支所がそれぞれの地域特性を生かした森林・林業研究の推進と地域における研究センター機能の発揮を使命としているのに対し，多摩森林科学園もその立地条件を生かした研究の推進を担当する一方，他支所が持つ地域センター機能の代わりに，森林総合研究所全体の研究成果の普及・広報の場として位置づけられている。

当園は東京の都心から西に約50km，高尾山や多摩御陵に隣接した位置にあり，面積は約57haである。その内訳は，帝室林野局時代にその基いが築かれた樹木園，試験林がそれぞれ7ha，41ha，昭和41年から整備が始まっ

たサクラ保存林が約8haなどとなっており、試験林の内約13haが天然林で暖帯林北部の林相をなしている。

当園に課せられた普及・広報機能をより充実させるため、昭和61年の雪害によりほぼ壊滅状態となったスギ人工林跡地等のサクラ保存林や樹木園への転換を計画的に進めつつ、これらの資源及び平成3年に完成した木造2階建ての「森の科学館」における研究成果の展示を活用し、平成4年4月から有料による園内の一般公開を開始した。さらに、一般の方々を対象にした森林講座や森林教室を開催して森林総合研究所の研究成果の国民へのPRに努めている。入園者もサクラの開花期である4月を中心に年々増加の一途をたどり、平成5年度の総入園者は97 650名で平成6年度は114 788名に達した。

研究面では、現在樹木研究室と森林生物研究室が設置されており、平成5年度までは本所が中心となって推進していた関東・中部地域の森林・林業にかかわる研究問題の一部を分担するかたちでサクラの特性や都市近郊林や関東・中部の山岳地帯の動植物の生態に関する研究を進めてきた。しかし、平成6年度から施行された新しい研究基本計画では、多摩森林科学園が置かれているような大都市周辺の開発地域に残存する森林を「島状生態系」と位置づけ、当園の森林を主たるフィールドとして二つの研究室が協力しつつこのような生態系の解明の保全と利用に関する研究に主体的に取り組むこととし、研究問題X I「首都圏周辺・山地帯・高海拔地域の森林管理技術の高度化」の中に独立した中課題「首都圏地域の島状森林生態系の保全及び教育的活用技術の高度化」をたて、新たな歩みを始めた。

以上のような研究環境の中で、最近の10年間には多くの貴重な研究成果が得られたが、その中から主要なものを紹介すると以下の通りである。

(廣居忠量)

## 1. サクラ保存林

サクラ保存林には各地から収集された栽培品種を主体に約250の品種や種が植栽されている。これらの形態的・生理的特性を記載して品種同定の基準を確立し、また、品種の起源や類縁関係を探るための研究を推進した。

花粉の大きさの測定<sup>1)</sup>と花粉母細胞の減数分裂過程の観察<sup>2)</sup>を行い、花粉に異常がみられる品種を検索した。不稔花粉の出現率と粒径変異の大きさから判断すると、調査した186品種のうち34%に花粉の異常があった。全品種の花の形態について詳細な測定を実施してデータの蓄積を行ってきた。開花時期については数年間の観察に基づいて品種ごとの開花時期を明らかにし、開花時期の年次変動と気象条件との関係について解析した<sup>3)</sup>。

保存林で品種を維持していくために必要な増殖技術について研究を進めた。接ぎ木による繁殖法<sup>4)</sup>、種子繁殖のために品種ごとの結実性、結実時期、種子の発芽習性、種子の貯蔵条件などを研究して種子の取り扱い法を明らかにした<sup>5)</sup>。発芽適温は5～15℃であり、含水率を13%程度まで下げて低温に置くと7年程度の貯蔵が可能であった。

サクラ保存林の維持管理技術を確立するため成育障害と維持管理全般についての指定研究を実施した<sup>6)</sup>。植栽後20年の平均樹高は7.5mであり、全個体数の約14%に成育障害を認めた。樹皮及び材中に穿入するコスカシバの被害率は全体では45%であり、なかでもエドヒガン系品種の虫害率の低いことが注目された。フェロモントラップによる調査によると、コスカシバ雄成虫は5月から11月に発生し、9月が最も多かった<sup>7)</sup>。スミチオンを連年散布するとコスカシバの発生数は減少した。枝の剪定後の巻き込みを調べて適正な剪定法を確立した。

サクラ保存林内には4番のシジュウカラが生息しており、ビデオカメラによる観察の結果、食葉性昆虫の被捕食量は巣立ちまでの19日間で18 000個体以上になる。この捕食圧により、鱗翅目幼虫の大発生が抑えられている

可能性が高いことが分かった。

保存林植栽品種台帳の電算機化を進めるとともに、保存林造成後27年以上が経過し、枯損や補植、新品種の導入などによって植栽木の変更が累積してきたため、植栽木の品種や位置と台帳との照合を実施した。品種特性についての調査結果についてもデータベース化を図っている。遺伝子保存の目的が十分に果たせるよう研究室と管理現場との密接な連携のもとに調査・研究・管理を実施している。

(横山敏孝・新島溪子)

## 2. 都市域の島状森林生態系の保全

科学園は首都東京の郊外に残された貴重な森林であるとともに、70年にわたる森林・林業の研究の場としての歴史を有している。そのなかで維持・造成されてきた園内の天然林、樹木園、試験林を研究の場として、都市域に点在する島状森林生態系の保全に関する研究を実施してきている。科学園の森は研究フィールドとしてだけではなく、森林と林業に対する啓蒙の場としての活用、また、都市近郊の環境保全林としての効用の発揮が求められている。

大正初期に植栽された人工林の成長を調査し、ケヤキ、オニグルミ、クヌギ、トチノキ、カツラなどの広葉樹ヤツガなどの成長について貴重な資料を得た<sup>8)</sup>。また、キハダの生育特性<sup>9)</sup>について調査した。樹木園植栽木については開花や結実などの生物季節についての調査を継続している<sup>10)</sup>。

進行する都市化による包囲が年々厳しくなる園内森林についてその変化を調べた。天然林のモミヤシイ・カシ林における植生の状況を25年前の調査記録と対比して調べ、変遷の状態を明らかにした<sup>11)</sup>。アカマツがほとんど消滅し、またモミヤスグジイが減少して、アラカシが高木層を形成する区域が増加し、ナンテンやシュロなど都市化を指標する植物の侵入が観察された。帰化植物の園内への侵入状況について調べた<sup>12)</sup>。スギ、ヒノキの壮齡人工林は1986年の雪害によって壊滅した<sup>13)</sup>。

多摩森林科学園の鳥類相はヒヨドリ・シジュウカラ・メジロ型で、30科74種が確認され、都市近郊林としては種類、数ともに多かった<sup>14)</sup>。獣類はキツネ、タヌキ、ムササビ、ノウサギ及びイタチが確認された。昆虫類は甲虫目122種、チョウ目86種をはじめとして323種が確認された。野生鳥獣の誘致と増殖を計るため、園内にガマズミ、シャリンバイなど鳥類の好む木を植栽するとともに、樹種別の利用頻度を調べ、架設巣箱による繁殖状況を調査した<sup>15)</sup>。

樹木種子の散布と動物との関わりについて研究を進めた。コナラ属の堅果やオニグルミの果核に小型の無線発信機を装着して森林棲ゲッコ類による運搬および貯食行動を追跡し、斜面上方への運搬が多く、種子源から最大100mまでの範囲に貯食されることがわかった<sup>16-17)</sup>。貯食されたオニグルミの果核からの実生の発生についても研究を進めている。ウワミズザクラの果実の熟期にはヒヨドリ、メジロなど7種類の鳥類が樹上に集まり、ムササビ、タヌキ、イタチなどのフン中にも果核が含まれていた。ウワミズザクラの種子散布にはこれらの哺乳類も関与している実態を明らかにした<sup>18)</sup>。

萌芽更新で維持されてきた都市近郊に残るコナラ林は加齢に伴って萌芽が困難になっている。「武蔵野の雑木林」の景観を維持するためには実生更新を加味しての若返りが有効であることが分かった<sup>19)</sup>。都市近郊のスギ人工林は多量の花粉を飛散させることから花粉症の元凶としてその存在が問題にされている。花粉抑制の可能性を探るためスギ人工林における花粉生産の実態を解明するとともに花粉生産量の推定法開発について研究を進めた<sup>20)</sup>。

(横山敏孝・新島溪子)

### 3. 樹木の諸特性

コナラ属における種間雑種の問題を取り上げ、榛名山火口原のカシワ・ミズナラ混生林において、カシワとミズナラの中間的な形態をもつ個体群の実態を明らかにし、雑種形成の要因を探った<sup>21-22)</sup>。稀少植物の保全に関する特定研究のなかでヤツガタケトウヒなどトウヒ属を担当し、分布、更新、分類について研究を進めてきた<sup>23)</sup>。

キリの栽培に関する研究として、タンソ病抵抗性、成長特性、天狗巣病検定用台木の養成方法<sup>24)</sup>、種子産地と発芽<sup>25)</sup>、除草剤による薬害を明らかにし、また東南アジアのキリの栽培の現状を報告した<sup>26)</sup>。和紙原料として知られていたコウゾの多くの品種が失われつつあることから、品種を収集・保存するとともに、形態変異の面から品種分類について調査した<sup>27)</sup>。

針葉樹花粉の形態、特にほとんど報告のない発芽初期の形態を電子顕微鏡によって観察した<sup>28)</sup>。アズマネザサ類の地上部現存量や繁殖特性を調べた<sup>29)</sup>。ハンノキ属の倍数性<sup>30)</sup>、大気複合汚染のケヤキなどへの影響についての研究を実施した。

(横山敏孝)

### 4. 森林動物の生態と機能の解明

富士山麓の人工林では90余種の鳥類が記録され、このうち約30種が繁殖していた。水場の増設や溜木帯を残すことによって人工林でも鳥類群集が豊かになることが明らかとなった<sup>31-32)</sup>。落葉落枝の分解者である土壤動物について、種類、個体数、現存量及びその機能が明らかにされ、これらの研究成果をふまえ、難分解性の敷料が混入した家畜排泄物の堆肥化を促進する技術の開発に取り組むこととなった<sup>33)</sup>。

このほか、録音による鳥類個体数の調査法、キイロコキクイムシの餌を通したマーキング法の開発、ジャコウアゲハの交尾生態などが明らかにされた<sup>34)</sup>。

(新島溪子)

## 文 献

- 1) 染郷正孝, 石井幸夫, 二宮茂子: サクラ亜属の種および品種の花粉 (Ⅲ), 日林論, 97, 427~428 (1986)
- 2) 染郷正孝: ヒマラヤザクラ (*Prunus cerasoides* D. Don) の花粉母細胞減数分裂, 日林論, 98, 269~270 (1987)
- 3) 石井幸夫: 多摩森林科学園サクラ保存林の開花期, 森林総研研報, 357, 95~152 (1990)
- 4) 石井邦作: サクラの接木方法に関する研究, 日林関東支論, 39, 41~42 (1987)
- 5) 石井幸夫: サクラ種子の取扱いに関する研究 (Ⅸ) (Ⅹ), 日林関東支論, 40, 77~78, 79~80 (1988)
- 6) 石井幸夫: 多摩森林科学園サクラ保存林におけるサクラ品種衰退の実態解析, 日林論, 100, 317~318 (1989)
- 7) 薬袋次郎, 岩田善三: 桜保存林に発生したコスカシバのフェロモントラップによる誘引試験, 森林防疫, 435, 6~9 (1988)
- 8) 薬袋次郎, 石戸忠五郎, 斉藤幹夫: 浅川実験林内のクヌギ人工林の生長について, 日林関東支論, 38, 57~58, 59~60 (1986)
- 9) 武藤 惇, 福泉ヤス: キハダの生育特性, 日林関東支論, 39, 79~80 (1987)
- 10) 桂田ひとし, 石井幸夫, 横山敏孝: 多摩森林科学園内広葉樹の開花時期と開花期間, 日林関東支論, 44, 47~48 (1993)
- 11) 豊田武司, 大河原利江: 浅川実験林の植生変遷 (Ⅰ), 日林関東支論, 37, 57~60 (1986)
- 12) 豊田武司, 飯田滋生, 大河原利江: 都市近郊林地における燻化植物率, 日林関東支論, 39, 75~76 (1987)
- 13) 斉藤幹夫, 薬袋次郎, 石戸忠五郎: 昭和61年3月23日の降雪による浅川実験林内の被害, 日林関東支論, 38,

125~128 (1986)

- 14) 土方康次：浅川実験林の鳥類相，日林関東支論，39，143~144 (1987)
- 15) 成田忠範，御府正治，土方康次：多摩試験地内の食餌木を利用した鳥類，日林関東支論，39，145~146 (1987)
- 16) 曾根晃一，高野亜紀：アカネズミ属によるドングリの分散・貯食，日生態会講演要旨，40，178 (1993)
- 17) 田村典子，芝崎栄子：ニホンリスによるオニグルミ種子の運搬と貯蔵，日生態会講演要旨，40，154 (1993)
- 18) 勝木俊雄，横山敏孝，高野 隆，土方康次：ウワズミザクラの果実に対する鳥類及び哺乳類の食餌行動，日林関東支論，44，139~140 (1993)
- 19) 豊田武司，谷本丈夫，飯田滋生：都市近郊樹林の萌芽更新の実態と管理法，日林論，100，351~352 (1989)
- 20) 横山敏孝，金指達郎：着花率によるスギ人工林の雄花生産量の推定，日林論，103，327~328 (1992)
- 21) 染郷正孝：榛名山カシワ・ミズナラ混生林における個体の細胞遺伝学的究明，日林論，99，265~266 (1988)
- 22) 豊田武司，小林佐保里：榛名山火口原のカシワ，ミズナラ林における林分構成の推移，日林関東支論，42，43~44 (1991)
- 23) 勝木俊雄，井出雄二，鈴木和夫：日本産トウヒ属におけるグルタミン酸脱水素酵素アイソザイムの遺伝変異，日林論，102，391~392 (1991)
- 24) 飯塚三男：キリのでんぐ巢病検定用台木の養成方法，林試研報，339，117~122 (1986)
- 25) 飯塚三男，福泉ヤス：キリの種子産地と発芽，日林関東支論，37，263~266 (1986)
- 26) 飯塚三男：東南アジアのキリ栽培の現状と問題点，熱帯林業，3，45~50 (1985)
- 27) 豊田武司，大河原利江：コウゾ類の形態変異，日林関東支論，39，83~84 (1987)
- 28) 斉藤幹夫：走査型電子顕微鏡によるツガ花粉粒の形態と発芽の観察，日林誌，68，380~383 (1986)
- 29) 林 敬太，石井邦作：アズマネザサ類の地上部現存量，日林関東支論，38，77~78 (1986)
- 30) 染郷正孝：ハンノキ植物の細胞遺伝，日林論，99，1~4 (1988)
- 31) 高野 隆：鳥類群集の水場の共有性，日林関東支論，39，147~148 (1987)
- 32) 高野 隆：鳥類の灌木帯利用，日林関東支論，40，171~172 (1988)
- 33) NIJIMA, K.:The effect of feeding activity of soil-inhabiting invertebrates on litter decomposition in Cryptomeria forest in Japan, in Structure and Function of soil communities ed. C. A. Edwards et al., 京大学術出版会，70~79 (1995)
- 34) MATSUMOTO, K. and SUZUKI, N.:Effectiveness of the mating plug in *Atrophaneura alcinous* (Lepidoptera:Papilionidea), Behavioral Ecology and Sociobiology, 30, 157-163(1992)

## IV. 総合研究の動向

## IV. 総合研究の動向

### 低位生産地帯のマツ枯損跡地におけるヒノキ人工林育成技術の確立

#### 1. 研究目的と経過

本州、四国、九州の広大な面積に及ぶマツ枯損跡地は、一般に地力等の自然条件が劣っているため、有用樹種による経済林造成が既して困難であり、天然植生の回復が遅いこともあって、環境保全上も大きな問題になっている。西日本を中心とする低位生産地帯のマツ枯損跡地ではヒノキ造林地が増加しつつあるが、厳しい立地条件のため必ずしも成林していない。このため、本プロジェクトでは以下の研究を行って成林させるための技術開発を行った。低位生産地帯のマツ枯損跡地について、立地特性の解明及び造林適地判定基準の作成とそれに基づくヒノキ人工林育成技術の開発や地力維持増進技術の改善を行い、病獣害回避のための保護管理技術、育種的手法による乾燥害・病害回避技術の開発と併せて経営的評価法を開発し、これを踏まえたヒノキ人工林育成技術の体系化を図る。また、ヒノキ造林が困難と判断されたマツ枯損跡地については、マツ枯損に対する抵抗性の強化、抵抗性個体の増殖など、マツ人工林保護技術の開発を図る。

本プロジェクトは、昭和60年度から63年度までの4年間、農林水産技術会議特別研究として実施され、研究組織としては本所、関西支所、四国支所、九州支所のほかに、兵庫県林業試験場、島根県林業技術センター、岡山県林業試験場、広島県林業試験場、長崎県総合農林試験場の協力によって行われた。

#### 2. 研究成果

##### 1) 低位生産地帯の立地特性の解明と適地区分法の開発

県別にマツ枯損被害の分布に関する資料を収集し、200万分の1の全国的な被害分布図を作成した。この図と既存の同様の図とを比較すると、数年前に比べて被害がさらに内陸部に侵入し、北上したことが判った。被害発生限界標高は九州では700mで、北に向かって漸次低下し、新潟・福島県以北では300mであった。被害の北限は岩手・秋田両県であった。

西南日本の低位生産地帯及びその周辺のヒノキ人工林について、近畿・山陽花崗岩、山陽流紋岩、山陰花崗岩、四国和泉砂岩、西南沿岸火山地、西海沿岸片岩の各地域別に、成長状態と自然立地条件との関係を解析し、地位指数曲線・樹高成長推定基準表を作成した。自然立地要因のうち樹高成長にもっとも相関が高いものは地域により異なるが、土壌型・標高は各地域に共通して高かった。成林可能限界は、伐採時の採算性を考慮すれば、地位指数9～10に相当すると考えられた。この地位指数は多くの地域で、風当たりが強い尾根筋のB<sub>A</sub>～B<sub>B</sub>型土壌に対応していた。

##### 2) 低位生産地帯におけるヒノキ人工林育成技術の開発

低位生産地帯の自然立地条件に合わせてヒノキ人工林を育成するための施業体系について検討した。

ヒノキ純林の成立に必要な下刈り年数が、土壌型別の林齢と平均樹高との関係から求められ、例えば3,000本/ha 植栽の場合の下刈り年数は、B<sub>B</sub>型土壌で13年、B<sub>D</sub>型土壌で9年と推定された。ヒノキ純林の育成にはこのように永い期間の下刈り必要であり、この期間は植栽本数の増加により短縮できないことがわかった。一般に低位生産林地では、ヒノキ人工林の育成にあたり天然木が混ざるとは避けられない。高木の混交によりヒノキ幼齢木の成長は多少衰えるが、幹の形質は低下しなかった。むしろ価値のある天然木の混交を積極的に図る必要が

あろう。

枝打ち後の幹成長は、立地条件の良いところでは、葉量除去率の増加とともに直線的に低下し、立地条件の悪いところでは、葉量除去率40%まではあまり低下せず、これを越えると急激に低下した。枝打ち直後の枝下直径6cmがほぼ葉量除去率50%に相当するので、これ以上強度の枝打ちは避けた方がよい。

立地条件別に間伐試験地を設定したが、本研究の実施期間内では、立地条件による成長率の差は明瞭ではなかった。ただ、地位の低い林分では強度間伐により材積成長率が低下するので、地位の高い林分より間伐強度を低くする必要が認められた。

ヒノキ林におけるアカマツ混交や林床植生の導入による土砂流亡防止の効果はきわめて大きかった。すなわち落葉堆積量が500g/m<sup>2</sup>以上になると土砂流亡は急激に減少し、年間1/7~1/8程度まで減少させることが可能と考えられた。林齢40年生以上のヒノキ林で、アカマツの混交率が15~25%のときに幹材積総生産量が最大になる。しかし、この混交率では落葉堆積層が厚くなり過ぎ、ヒノキの天然更新が困難になると思われた。すなわち、林内の全地表を被覆して土砂流亡を軽減し、しかも更新可能なアカマツの混交率は、本数割合で約10%と考えられた。

### 3) 低位生産地帯におけるヒノキ人工林保護管理技術の開発

#### ① 漏脂性病害について検討した結果、漏脂病、樹脂胴枯病、樹脂溝腐病の3つのタイプであることが判った。

漏脂病は若齢~壮齢林で被害が目立ち、莖幹上に黒色の樹脂の流下面結が特徴である。この病原は長い間不明であったが、病患部からの分離実験および人工接種実験から *Pezicula livida* が病原菌であるとの結論を得た。発生誘因としては雪害・虫害等による幹への付傷が考えられ、また九州地域ではヒノキカワモグリガの食害が大きく関与していることが判った。

樹脂胴枯病(病原菌 *Seiridium unicorne*) は10年生以下の幼齢林で被害が甚だしく、莖枝上の白色の樹脂固結が特徴である。病苗木の持ち込み及び隣接汚染林よりの伝播のち林内で拡大する。伝播は被害枝葉上の胞子によって行われ、分散と感染は降雨に伴って周年行われることが判った。分散のピークは4~6月頃で、伝播樹の周辺における伝播距離は、常風の風下方向に伝播源樹高の1.5~2.5倍位の範囲内であった。発病最盛期は4~8月頃で、潜伏期間は4~6月間以内であった。樹脂溝腐病は九州を除く全国に分布していた。患部から流出した樹脂は黒変・固化し、その上に *Sarea Resinae* の子のう盤と柄子殻が多数生じた。この菌はヒノキ樹脂上での発芽、子実体形成が良好であり、好樹脂性であることが判った。また、培地・殺菌枝での柄子殻形成、子のう盤・柄子殻から胞子放出、子のう胞子・柄胞子発芽の条件が明らかになった。宿主範囲は針葉樹3科8属13種に及んだが、ヒノキの検出率が高かった。発生誘因としては、不適正な時期や方法の枝打ちとスギカミキリ幼虫による食害とが考えられた。

② ヒノキ造林木のノウサギによる食害の防止法を確立するため、林床植生の管理による防止効果について、現実林分の調査と飼育個体による実験から検討した。

現実林分での試験では、植栽時の林床植生を2~3倍に増加させるような地ごしらえ法をとることにより、植栽後1~2年間に発生する食害を1/3~1/10に低減させ、枯死や再生不可能な食害を半減させることができ、防止効果が認められた。すなわち、過度の下刈りを行わないなど林床植生の適正な管理により、造林地の食害の低減が可能であると考えられた。

スギ・ヒノキ・サワラについて樹種別・系統別・時期別・部位別の選好性を飼育個体について調査した。ヒノキとサワラはスギより摂食されやすく、ヒノキとサワラの間には明確な差は認められなかった。部位別にはスギ・

ヒノキとも樹幹部は葉部より摂食されやすかった。これらの選好性の高さは、ヒノキ樹幹部>ヒノキ葉部>スギ樹幹部>スギ葉部の順であった。スギ系統間の比較では、千葉ジスギが高い選好性を示した。一方、野外で激しい食害を受ける阿哲4号の高い選好性は初期には認められた。化学分析した結果によれば、この選好性には精油量の多少が関与している可能性が示唆された。

### ③乾燥及び樹脂腺枯れ病に対する抵抗性の機構解明と早期検定手法の開発を試みた。

鉢植えヒノキ苗及び切り枝を用いて乾燥に対する抵抗性を調べた結果、クローン間に違いが見られたが、両者の結果が一致しないクローンもあった。また、P-V曲線法によりヒノキの乾燥抵抗性を検討した結果、抵抗性の機構として、乾燥に伴い膨圧を失うときの水ポテンシャル、十分吸水したときの浸透ポテンシャルが抵抗性個体では低くなっていること、この違いは葉細胞の浸透調節機構にあることを明らかにした。P-V曲線法によりクローン間で水分特性を比較し、この方法によりクローン間差の検定が可能であることが判った。しかし、検定前の乾燥処理条件に多少の問題点が残った。

樹脂腺枯れ病抵抗性の検定には、病原菌分生子の無傷接種が有効と考えられ、この方法で抵抗性のクローン間差を検定した結果、病斑数に差が認められた。病斑数の多少により抵抗性が判定でき、その判定は単年度の調査でも可能であるが、数年間の結果によるのが望ましい。

### 4)ヒノキ人工林の経営的評価法の開発と育林技術の体系化

低位生産林地におけるヒノキ人工林造成を長期投資の観点から捉え、採算性評価モデルを提示し、このモデルに従って労賃・搬出費・地位指数の3つをパラメータとして採算性について検討した。そして、現地における標準的な投入と算出を基準として内部収益率を求めた結果、投資限界は地位指数10~12の範囲であることが明らかになった。

この投資限界は、地位・賃金単価・伐出費単価・造林補助金等の与件の変化に伴って変動するが、投資採算性に与える地位の影響が特に大きく、地位を無視した人工造林には、採算性の点で危険な要素が多いことが判った。地位差の克服には、賃金単価や伐出費単価の大幅な節減、多額の造林補助金の支給が必要である。従って低位生産林地におけるヒノキ人工林造成にあたっては、これらの諸条件を充分考慮し、地位を指標としてヒノキ人工造林の経営的限界を事前に明確にする必要がある。

さらに、立地条件別に林分の成長量や立木密度の変化を推定し、本数密度管理を含んだ育成技術の体系化に関する研究を進めた。地位指数曲線から求められる樹高成長と立木本数を変数として、直径分布など林分構造や利用材積、素材価値を予測する収穫予測モデルを作成し、立地条件別に素材材積と素材価値合計の増加は地位の良い林分では初期に著しいが、地位が悪い林分では緩やかであり、長時間持続することなどが明らかになった。

新育成技術として検討した中でとくに経営的側面から評価できるのは、下刈り期間と土壌条件・植栽本数の定量的関係の解明である。この技術により、成林に必要な下刈り期間が事前に判定でき、下刈り労働が節約され、不必要な労働投下が可能である。そこで現行の標準的な育林体系をもとに、与件変化シミュレーションを行い、下刈り労働投下量を変動させた場合について通常施業との内部収益率の差異を求め、新育成技術の経営的評価を行った結果、大きな効果を持つことが明らかになった。

### 5)低位生産地帯におけるマツ人工林保護管理技術の開発

マツに抵抗性を獲得させるため、まずマツノザイセンチュウの弱病原性系統の選抜・作出を試みた。すでに確立されている弱・強病原性系統の相互の交配で生じた子孫は、強病原性であった。強病原性線虫を長期間継代培養を続け、さらに流動パラフィンで長く保存した場合、病原力の低下が起った。しかし、培養条件に基づき弱病

原性系統の作出には至らなかった。

アカマツ・クロマツの2年生苗木及び7年生アカマツについて、弱病原性線虫の前接種により、強病原性線虫の後接種に対する抵抗性の誘導性が再確認された。誘導抵抗性発現の機構を明らかにするため、線虫の接種によりマツ樹体内に産出された抵抗性物質の検出を試みた。強病原性線虫あるいはニセマツノザイセンチュウを接種後の樹体及び傷のみを付けたマツ樹体からの抽出物について一次元及び二次元クロマトグラフを比較すると、強病原性線虫の接種により枯れたマツにのみ抵抗性物質と思われるものが検出された。

抵抗性を獲得したマツを大量に増殖するため、種々の方法の適用を試みた結果、以下の3つの方法が個体の再生と増殖に有利であるとの見通しを得た。

①クロマツ成熟胚の場合は、3mg/lのBAPを含有するWS培地に置床することにより、供試した全てのクロマツで不定芽を誘導できた。

②和華マツの芽生えの場合は、BAPを2.25mg/l、NAAを0.005mg/l含有するCD培地で培養したところ、子葉の基部の頂芽の部分より不定芽が生じた。

③7年生クロマツのザイセンチュウ接種検定済みの抵抗性個体の場合は、新梢を5月に切除し、1年生の葉東内部に誘導した不定枝を7月に採取した。これを外植体として、70%エタノール、0.1%塩化第2水銀溶液、1%次亜塩素酸ナトリウム等で表面殺菌し、BAPを2.25mg/l含有する1/2LP培地で培養した。これより新たに不定枝が得られ、さらに活性炭含有の1/2LP培地で継代培養し、伸長と増殖が可能になった。

### 3. 今後の展望

4年間という限られた期間内に各専門分野とも新しい知見が得られ、低位生産地帯でのヒノキ林の適地区分・施業法については林業の現場に適應できる指針が得られた。

しかし、プロジェクト研究がスタートした時点では、マツ林の跡地のような低位生産林地にヒノキの壮齡林分がきわめて乏しかったことなどから充分なデータが得られなかったこともあり、追試を必要とするものも少なくなく、今後も検討を続け補完していく必要がある。

(河原 輝彦)

## 文 献

- 1) 服部重昭, 阿部敏夫, 谷 誠: 林分条件が異なるヒノキ林の侵食土砂量, 37回日林関西支講, (1986)
- 2) ———, 小林忠一, 阿部敏夫: 落葉被覆の侵食防止効果に関する実験的研究(1), 39回日林関西支講, (1988)
- 3) 林 弘子, 小林享夫: ヒノキ漏脂病の病原学的研究(2) 主要分離菌の各種針葉樹に対する病原性, 96回日林論, (1985)
- 4) ———, ———, 窪野高德: ヒノキ漏脂病の病原学的研究(4), 主要分離菌の各種針葉樹に対する病原性(続), 98回日林論, (1987)
- 5) 林 良興, 大原誠資, 加藤 厚, 平川浩文, 桑畑 勤: ノウサギのスギに対する食害と針葉成分(2) スギクロウンの抽出成分量と食害, 38回木材学会講要, (1988)
- 6) 平川浩文, 桑畑 勤: 食物選択機構解明のための自動秤量装置, 野兎研究会誌, 13, (1986)
- 7) ———, ———: 飼育ノウサギに対するスギの食害抵抗性の解明(2) エーテル抽出物中3画分の嗜好差検定, 98回日林講要, (1987)
- 8) ———: 産地の異なるヒノキ実生苗木のノウサギに対する選好性とその変化, 40回日林関東支講, (1988)
- 9) 家原敏郎: 低位生産地帯におけるヒノキ人工林の經營的評価法の開発(1) 林分生長および直径, 樹高分布の推定方法, 38回日林関西支講, (1987)
- 10) ———: 低位生産地帯におけるヒノキ人工林の經營的評価法の開発(2) 細り曲線の検討, 39回日林関西

- 支講, (1988)
- 11) ———: ヒノキ林の利用材積と素材価格の推定に関する検討, 100回日林論, (1989)
  - 12) ———, 黒川泰亨: 低位生産林地におけるヒノキ人工造林の経営的評価法, 日林誌, 71, (1989)
  - 13) 石井克明: クロマツ成熟胚からの組織培養による個体の形成, 日林誌, 71, (1988)
  - 14) 河原輝彦, 井鷲裕司: アカマツ・ヒノキ混交林に関する研究 (5) 混交林におけるヒノキ天然更新, 39回日林関西支講, (1988)
  - 15) ———: アカマツ・ヒノキ混交林に関する研究 (6) 苗畑混交林の物質生産, 日林誌, 70, (1988)
  - 16) 河室公康, 吉永秀一郎: パソコンによる自然立地的ゾーニング (1) システムの設計と構築, 38回日林関東支論, (1986)
  - 17) 小林享夫, 林 弘子, 楠木 学, 窪野高德: ヒノキ漏脂症の病原学的研究 (1) 漏脂症病患部からの糸状菌の分離, 96回日林論, (1985)
  - 18) ———, 窪野高德, 林 弘子, 楠木 学: ヒノキ漏脂症の病原学的研究 (3) 患部の *Pezicula* 属菌とその不完全世代, 97回日林論, (1986)
  - 19) ———, 林 弘子, 窪野高德, 楠木 学: ヒノキ漏脂症の病原学的検討 (1), 日植病報, 53, (1987)
  - 20) ———, 伊藤進一郎, 田端雅進, 窪野高德: 樹脂胴枯病によるヒノキ若齢林の被害, 被害の発生状況と防除試験, 99回日林論, (1988)
  - 21) ———, 林 弘子, 伊藤進一郎, 田端雅進, 窪野高德: ヒノキ漏脂症の病原学的研究 (5) 関東地方における被害の実態, 99回日林論, (1988)
  - 22) 黒川泰亨: 低位生産林地に対するヒノキ造林の採算性と投資限界について, 39回日林関西支講, (1988)
  - 23) 楠木 学, 河辺裕嗣, 清原友也, 堂園安生, 橋本平一, 倉永善太郎: ヒノキに漏脂性病害を起こさせる一要因について, 98回日林論, (1987)
  - 24) 丸山 温, 森川 靖, 井上敏雄: ヒノキ・サワラ葉水分特性の比較, 97回日林講要, (1986)
  - 25) 峰尾一彦, 山田利博, 田村弘忠: ヒノキ樹脂胴枯病の抵抗性選抜手法の試み, 38回日林関西支講, (1987)
  - 26) 中村松三: 雲仙山麓におけるヒノキ林の林床植生, 99回日林論, (1988)
  - 27) 大山浪雄編: 松くい虫被害跡地の森林造成技術, わかりやすい林業研究解説シリーズ, 88, (1988)
  - 28) 竹内郁雄, 落合幸仁: 立地条件の異なる同齢ヒノキの枝打ち後の成長, 39回日林関西支講, (1988)
  - 29) ———, ———, 森 茂太, 安藤 貴: 和泉砂岩地帯におけるヒノキ林の光環境と下層植生, 40回日林関西支講, (1989)
  - 30) 山田文雄, 北原英治, 小泉 透: 林床植生とノウサギの食害, 20回野兎研究会記録, 日林誌, 70, (1988)
  - 31) 山田利博: 樹脂胴枯病菌分生胞子の無傷接種によるヒノキの発病, 森林防疫, 37, (1988)
  - 32) ———, 黒田慶子, 峰尾一彦, 田村弘忠, 国分義彦, 塩見晋一: ヒノキ樹脂胴枯病の幼齢林内の拡大, 日林誌, 71, (1989)

### 生物資源の効率的利用技術の開発に関する総合研究 (バイオマス変換計画)

1972年ローマクラブは、その警世の書「成長の限界」を発表して、現在、我々が、豊かさと貧しさが極端なまでに地域的に偏在している時代、開発途上国地域で人口が爆発的に増加している時代、人類の生存基盤を揺るがす程に地球環境が荒廃しつつある時代に生きていることを浮彫りにした。ローマクラブの警告は翌年の石油危機によって現実のものとなったが、この石油危機を契機として、我々は化石資源の有限性、地域偏在性を深く認識するようになった。それとともに、化石資源に依存した大量生産・大量消費・大量廃棄の社会経済システムにより、地球規模で環境が荒廃しつつあり、早急にこのシステムを改めることが必要であることを実感するようになった。

こうした背景のもとで、太陽エネルギーの蓄積物であり、再生可能な資源である生物資源いわゆるバイオマス

が注目されるようになり、その資源評価、造成、利用に関しての技術開発が多くの国で緊急の課題としてとりあげられるようになった。

農林水産技術会議事務局では、このような状況を踏まえ、昭和56年度より10か年計画で「バイオマス変換計画」プロジェクト研究を開始した。このプロジェクトの全体計画については「林業試験場30年のあゆみ」で述べられているので、ここでは省略し、これまでに得られた研究成果を総括する。

### 1. 生物資源利用可能量の評価法の開発

衛星リモートセンシング、空中写真、地上での測樹データを利用した多段抽出法をやパイプモデルの利用等により里山広葉樹林の現存量を評価するとともに、北海道におけるササ資源分布図を作成し、その現存量を明らかにした。林地生態系保全と利用の調和を目指して、地上バイオマス量、落葉量、堆積有機物量などを経時的に調査し、バイオマス収支を算出して、林地保全に必要な林床の有機物量を求めた。生態系維持のために必要な有機物還元量及び現存量の評価手法を開発して、生物資源の適正利用のための生産力・有効利用量分布図を作成した。民有林、国有林の森林簿と広葉樹賦存状況調査データに基づき、広葉樹の資源量、利用可能量及び樹種に関して、市町村単位の詳細な分布図を作成した。全国の広葉樹資源の蓄積量は10億tで、北海道、東北各県、新潟県、長野県、鳥根県、宮崎県、鹿児島県で蓄積量が高かった。林道からの距離が500m以下の林分にある低質広葉樹材を利用可能資源量とすると、全国での総量は2億8千万tで、北海道、岩手県、福島県、鳥根県、宮崎県、鹿児島県において高かった。樹種別の蓄積比率はコナラのが最も高く、続いて、ミズナラ、シイ類、カシ類、カエデ類、クリ、クヌギ、ブナの順であった。

### 2. 林産資源の導入と生産技術の開発—広葉樹資源の増大—

利用度の低い広葉樹資源やササの種別、地域別分布状況など既存資源の現況を整理し、既存資源の中で比較的成長の旺盛なユーカリ類、ギンネム類の環境適応性やコジイ、ササ類の生産性を詳細に明らかにした。広葉樹資源を積極的に生産するために、集約的超短伐期育成法を確立することを目的にして研究を推進した。この育成法は、基本的には、早生樹を高密度に植栽し、施肥、灌水、薬剤散布など集約的施業により年間平均成長量15t/ha以上を目標とする造林法である。早生樹としては、①初期成長が早く、単位面積当たりの量的成長量が大さい、②挿し木増殖や萌芽更新など省力的な再生産ができる、③我が国の生態系に調和する、④変換・利用の観点から優れた特性を持っているなどの条件を満たす樹種を選択し、それらの超短伐期林施業による多収穫法を開発し、その経済性を評価した。

対象樹種として、ポプラ類、カンバ類、ヤナギ類、アカシア類を取り上げ、優良個体の選抜、クローン化、植栽法など多方面にわたって研究を行った。その中で、シラカンバの葉柄培養による増殖と苗条原基の人工種子化によるマイクロプロパゲーション法を開発した。また、シラカンバに関しては、山地に1haの超短伐期林を造成し、それまでの研究成果を事業的規模で検証し、併せて、その経済性を評価した。超短伐期育成法は技術的に可能であるが、経済面で生産性の向上等なお検討すべき課題が残されている。

森林バイオマスを有効に利用していくには、それが低密度で分散して分布しているため、収穫・搬出にコストがかさむことが大きな障害になっている。そこで、収穫・搬出を効率化するため、複雑な地形と傾斜の山地に対応して自走する段軸式車両と連結装軌車両の2台のベースマシンとこれらに装着するカンバ、ポプラなどの小径木やササを伐倒・収穫する収穫機を開発し、それらによる収穫・搬送システムを確立して、収穫コストを試算した。

連結装軌車両は4自由度ジョイント及びアクティブコントロール機能によって、急傾斜不整地でかなり良好な

走行性を示し、これに80馬力の収穫機を装着した場合の作業能率は、ササ密度 $5\text{kg}/\text{m}^2$ の場合、刈り取り速度 $0.3\text{m}/\text{s}$ 、収穫量 $3.2\text{t}/\text{h}$ 程度となり、単位収穫量当りの作業コストはおおよそ $1\,700\sim 2\,000\text{円}/\text{t}$ と試算された。従来技術 ( $7\,000\sim 16\,000\text{円}/\text{t}$ ) に比較してかなり有利なものとなった。

段軸式車両の基礎性能はほぼ計画仕様どおりで、急傾斜不整地での走行速度は $0.2\text{m}/\text{s}$ が上限であった。これに収穫機を装着した場合、対象とする林分を林分密度 $2\,000\text{本}/\text{ha}$ 、平均胸高直径 $10.8\text{cm}$ 、平均樹高 $10.3\text{m}$ 、蓄積量 $90.64\text{m}^3$ と想定すると、生産量はおよそ $14\text{m}^3/\text{日}$ 、搬送作業用のトラクターを組み合わせたシステムではその生産性は $17.4\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ と予測された。

### 3. 林産資源の素材化、変換技術の開発

木質系資源は食糧、飼料、燃料、化学工業原料として潜在的に高い価値をもっているにも関わらず、現在のパルプ工業を含めて、それを十分活用しているとはいえない。現在、有効利用が望まれている木質系資源としては、針葉樹人工林の除・間伐材、旧薪炭林を主体とする里山広葉樹林、タケ・ササ、林地残材、工場残材、きのこの廃ぼた木、住宅解体材などがある。これらの低利用資源から有用成分を効率的に分別し、それぞれの特性を生かして、食料、飼料、化学工業原料、エネルギー原料、ファインケミカルス、繊維、肥料などに変換・利用する木材成分総合利用プロセスを確立することを目的とした。これまで経済性で問題のあった木質系資源の変換技術に、バイオテクノロジー等の先端技術を導入して、新しい可能性を開いていかなければならない。

分別法としては、白色腐朽菌を活用して脱リグニンする生物的処理法、 $\gamma$ 線照射、微粉碎、蒸煮・爆砕などにより細胞壁構造を破壊する物理化学的方法、有機溶媒、塩素、オゾンなどを用いて脱リグニンする化学的方法、フッ化水素 (HF) などセルロース、ヘミセルロースを可溶化する方法などを検討した。生物的処理技術に関しては、高能率リグニン分解菌を選抜し、木材中のリグニンを選択的に分解するための培養条件を確立した。これらの技術を実用化するには、より高能率のリグニン分解菌が必要であり、そのため、突然変異操作、細胞融合や遺伝子組換え等のバイオテクノロジーを導入して、その作出を試みた。物理的処理技術に関しては、針葉樹材の細胞壁を効率的に破壊するため、 $\gamma$ 線照射と微粉碎処理あるいは蒸煮・爆砕処理との組み合わせを検討した。蒸煮・爆砕処理はシラカンバ、ヤマナラシ、モリシマアカシアなどリグニン含量が低く、しかもシリングル型リグニンの比率が高い樹種のリグニンを可溶化するのに効果があり、それと同時に、高収率でキシランを可溶化することができる利点を持つ処理法であることを明らかにした。化学的処理技術に関しては、酢酸やプロピオン酸による蒸解が広葉樹をはじめ、ヒノキ、スギ等の針葉樹の脱リグニンに有効であることを見いだした。HFによる糖化法では、ほぼ理論値の収率でグルコースが得られるが、リグニンは強度の縮合反応をうけて変質すること、オゾン処理はリグニンを分解するのに有効であるが、反応が均一に進行しない難点があった。

蒸煮・爆砕処理による木材飼料化工業や蒸煮・爆砕処理あるいは酢酸やプロピオン酸蒸解処理により成分を分別し、分離成分を有用物質に変換する木材成分総合利用システムを確立し、さらに、それらの経済性を分析し、実用化の可能性を評価した。

蒸煮・爆砕処理した広葉樹材は、国立畜産試験場、地域農試、県畜試での長期飼養試験の結果、嗜好性、安全性に問題はなく、その消化率が表示されれば十分に飼料として利用できることが明らかにされ、普及のためのマニュアルを作成した。蒸煮木材飼料は牧草サイレージに添加すると、発酵品質が向上することが見いだされ、実用上大きな利点を持っていることが明らかにされているが、その普及における問題点はそれが経済的に成り立つかどうかと畜産農家に受け入れられるかどうかである。

蒸煮・爆砕処理や有機酸蒸解処理によって得られる糖類やリグニンの新しい有効利用法を開発し、セルロース

のアルコールへの変換と併せて、木材成分総合利用システムを設計した。蒸煮処理材から得られるオリゴ糖はイオン交換樹脂、合成吸着剤で脱色・精製し、甘味料や食品添加物としての用途を開発した。リグニンでは現在市販のピッチ系炭素繊維と同程度の強度を持つ炭素繊維に変換する方法を開発した。そのほかに、ヘミセルロースやリグニンから市販フェノール樹脂に比べ遜色のない接着性能を持つフラン系及びフェノール系樹脂を開発した。低温下でメチロール化することで、塗工性や貯蔵性に影響を及ぼす各物性を改良したリグニン接着剤を開発した。

一部のリグニンやヘミセルロースを含む crude なセルロースを原料として、機能性セルロースの調製法を種々検討した。均一反応によるサクシノイル化セルロースの合成法を確立し、キトサンとの複合により、高効率のアルコール分離膜を開発した。蒸煮・爆砕繊維から可溶性のヘミセルロース、リグニンを抽出除去した後、ゼンタート化してビスコース液を調製し、遠心分離で不溶部を除去して成膜することで4～8%リグニンを含有する透明なリグノセロファンを製造した。この膜の引張強度は  $5.26\text{kgf/mm}^2$  でセロファンのおよそ1/4であるが、膨潤度は8.2%とセロファンの約1/4で寸法安定性に優れ、紫外線吸収能を有し、水-エタノールの混合液から水のみ選択的に透過させる性質を示した。食品包装資材や農業資材として利用できることが見いだされている。セルロース中のグルコース残基のC-5と6位への二重結合導入法を確立し、新しい機能を持つセルロース誘導体である5,6-セルロセンを開発した。

セルロース及び木粉のプラスチック化技術に関しては、ビニルモノマーの光によるグラフト化や、ヒドロキシプロピル化、ベンジル化などによる新しいセルロース系物質のプラスチック化技術について検討を加え、それらの誘導体の熱流動性、染色性等の基礎的特性を調べた。また、異種材料との複合化による高強度・高弾性プラスチックの開発を試みた。

抽出成分の利用技術に関しては、接着剤、粘着剤などへの変換技術の開発と生理活性物質としての利用法を検討した。シラカンバ外樹皮のペチュリンについてはその配糖体の合成法を確立し、それらの生理活性を調べた。ユーカリや針葉精油成分については抗菌作用、植物成長阻害作用、脱臭作用等を調べるとともに、精油以外の針葉成分についても利用法を検討した。

各種の未利用広葉樹、針葉樹間伐材、ササ類を栽培基質として、食用きのこ生産技術を確立するため、基質に適合したきのこの選定、系統選抜を行い、最適培養条件、栽培法を検討した。タモギタケ、ヤナギマツタケはシラカンバ、ドロノキに対する高い活着率と原木重量減少率を示し、これらの材での原木栽培が可能であることを見いだした。アズマネザサチップ培地での滅菌袋栽培ではウスキモリノカサ、ヒラタケの子実体を発生することができた。適正環境下でのスギ、コジイ原木の路地栽培でマツオオジ、ヤギマツタケ、ナメコの生産が可能となった。

木材の表面を化学修飾することによって、熱可塑性、熱溶解性、高反応性などの機能を付与し、木材の性能を向上することができる。木材表面をシアノエチル化、ベンジル化、アリル化などエーテル化することによって耐朽性、撥水性、耐紫外線性、熱融着性、反応性などの機能を付与し、表面硬度や光沢の向上した木質材料を開発した。木材エレメントと金属や無機材料と複合化による木質系新素材の開発を目的とした研究では、イソシアネート系接着剤を用いることにより高強度の鉄箔積層パーティクルボードを開発することができた。

#### 4. 林産システムの確立—林産資源の生産・利用技術の向上—

北上山地・平庭地区の森林1047haを選定し、その資源構成を精査し、当地域の資源を保続的に収穫する場合の収穫量を試算した。伐期齢30年、面積18ha/yでは、年伐採量は  $2000\text{m}^3$  となり、年間300日供給するとすれば、 $6.7\text{m}^3/\text{d}$  の収穫量となった。また、ここでのトラック・クレーン集材と架線法を組み合わせた収穫法によ

る収集・搬送コストは、林道密度が 20m/ha では 8 535円/m<sup>3</sup>、30m/ha では 8 108円/m<sup>3</sup>となった。

きのこ産業を農山村に定着させるためには、培養基質の安定供給が不可欠である。これまで未利用であった広葉樹材、針葉樹材あるいはササ類の原木や鋸屑の食用きのこの栽培基質としての適正を評価し、数種類の相互に適合する基質と食用きのこの組み合わせを開発し、その最適培養条件や栽培方法を確立した。未利用広葉樹材としては、シラカンバ、ドロノキ鋸屑でのヤナギマツタケ、タモギタケ、マイタケ、コジイ原木でのナメコ、ヒラタケの栽培方法を確立した。スギ原木でマツオウジ、スギ鋸屑でヤナギマツタケが十分栽培可能で、この他にもナメコ、ヒラタケ、ウスヒラタケはスギ原木での栽培で子実体の発生がみられ、栽培実用化の可能性がみられた。

ササでの栽培試験では、滅菌した場合にはヒラタケ、ヤナギマツタケ、タモギタケ、トキイロヒラタケの栽培が可能であった。6月に刈り取ったアズマネザサで菌床を調製し、自然発酵させた後、菌床温度が外気温まで下がったときに、種菌を摂取し、培養する無滅菌栽培法ではウスキモリノカサが有望であった。

木材成分総合利用システムについては、その経済性を分析し、企業化の可能性を評価した。工場規模を100t(乾材)/dと想定し、プラントの設計、イニシャルコスト、製造コスト、得られる製品の価格の試算を行った。モデルプロセスで生産される製品の生産コストは、還元キシロオリゴ糖が422円/kg、炭素繊維が1 440円/kg、アルコールが221円/kgとなった。それらの市場価格はそれぞれ450円/kg、2 500円/kg、172円/kgである。この試算はまだ多くの仮定のもとで行われているが、その経済性は極めて厳しい。おのおののプロセスで大幅なコストダウンを図らねばならない。特に、セルロースの燃料アルコールへの変換プロセスの経済性は、石油価格の低落した現在、極めて厳しい。セルロース加水分解用酵素の生産コスト削減、アルコール発酵・濃縮技術の省エネルギー化が必要であり、この分野では、最近のバイオテクノロジーを基盤として、高効率の微生物・酵素の作出、あるいは、それらを有効に活用するためのバイオリクターの開発などが強く望まれる。オリゴ糖類の精製、キシリトールの生産、炭素繊維生産プロセスでもより効率的な技術の開発が必要であり、おのおのの成分のより有効な利用法を開発して、その経済性を改善して行かなければならない。

飼料化に関しては、我が国の広葉樹資源の実態や畜産農家の経営規模と分布状態等についての資料をもとに、最も具体性を持つ1プラント当たりの生産規模を12~24t/dと設定し、その生産コストを算出した。絶乾チップ価格を20円/kgとした場合、製品1kg(絶乾)の製造コストは48~57円/kgとなっている。1頭1日当り3kgを給与するとすれば、これらの工場では1日当り4 000~8 000頭分の飼料を供給する能力があることになる。この木材飼料化工業を地域に定着させるため、広葉樹資源の豊富な北海道や岩手県で綿密なケーススタディーを行い、原料の入手から飼料生産までの最適システムを検討した。北海道では、一例として、シラカンバ材の製箸工場に飼料化装置を併設して、そこから排出されるシラカンバ材チップも併せて利用する小規模経営が提案されている。また、岩手県を対象にしては、広葉樹林の分布、資源構成を基にして、保続的に収穫する森林管理方式と、この地方の夏山冬里の畜産方式を前提として、混牧林経営と木材粗飼料化工業を組み合わせた地域システムを検討した。畜産農家を対象にした調査では価格次第であるが、半数が木質飼料を使用してもよいと回答した。

## 5. 微生物・酵素の利用技術の開発

木質系資源に含まれるリグニンを微生物を用いて効率よく分解・除去し、残存する炭水化物を食・飼料・化学工業原料に変換することを目的にして、10 000株以上に及ぶ立木や倒木の腐朽菌、落葉落枝分解菌、土壌微生物等から採集した菌株や保存菌株からリグニン分解能の高い菌をスクリーニングにかけ、選別した菌株を用い、リグニンを効率よく分解・除去する培養法、培養条件を検討した。<sup>14</sup>Cでリグニンだけをラベルした木粉と全成分をラベルした木粉を用いるリグニン分解菌の鋭敏なスクリーニング法を開発するとともに、有望菌種として、マ

イタケ、マンネンタケ、ヒラタケ、シイタケなどを選抜した。また、窒素源の添加がリグニンの分解に及ぼす影響や各種の抽出成分が菌の成長に及ぼす影響を調べた。そのほかに、ラッカーゼやメタノールオキシターゼなどのリグニン分解酵素を分離・精製し、その酵素的諸性質を明らかにした。

木質系バイオマスの糖化に適する高活性のセルラーゼ、ヘミセルラーゼ生産菌の探索を目的とし、以下の二項目について検討した。

①トリコデルマ及びヒボクレア（トリコデルマの完全世代）の18菌株を用いてリグノセルロースを基質としたときのセルラーゼの生産力を比較検討した。トドマツ針葉を基質としたときの *Trichoderma* と *T. longibrachiatum* 及びキノコ栽培カスを基質としたときの *T. aureoviride* と *T. koningii* の固型培養抽出液（1gのバイオマスあたり10mlの緩衝液）は市販の *T. viride* セルラーゼの0.1%液のセルラーゼ活性に匹敵する値を示した。トリコデルマ及びヒボクレアのセルラーゼの生産はリグノセルロースの種類により大きく変化した。

②褐色腐朽菌は本質的にリグニン分解力を持たないにもかかわらず、リグニンに包埋された木材細胞壁中のセルロース、ヘミセルロースを選択的に分解する。そこで、褐色腐朽菌オオウズラタケによるセルラーゼ、ヘミセルラーゼの生産を目的として、液体培養法及び固型培養法で酵素生産条件を検討し、さらに得られた酵素で木材多糖の糖化を試みた。液体培養においてCx-セルラーゼやヘミセルラーゼの生産性を高めるためには、培地のpHを2.0以上に制御することが必要であった。β-グルコシターゼは培養方法に関係なく、また低いpH条件下でも一定のレベルで産生された。C<sub>1</sub>-セルラーゼは、産生されなかった。褐色腐朽菌の生菌レベルの結晶セルロースの分解は菌体外の H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>2+</sup>系または・OHラジカルなど非酵素的因子による酸化作用が基本となって進むと考えられる。

リグノセルロース資源を大規模に連続糖化することを目的として、生成した糖類の分離とともに、セルラーゼの回収・再利用を可能にする限外濾過機能を有する10L容量のバイオリアクターを設計・試作した。このリアクターで、2~2.5kgの基質（蒸煮シラカンバ材と広葉樹クラフトパルプ）及び2万単位の濾紙分解酵素（FPase）を使って、8~10日間の連続運転を試みた。

このバイオリアクターで1gの還元糖を生成するのに必要な酵素量は、蒸煮シラカンバ材で27.3FPaseIU/gRS、広葉樹クラフトパルプで7.4FPaseIU/gRSであった。加水分解生成物の糖組成は、連続運転の過程で酵素が徐々に失われたにもかかわらず、糖化の開始から終了時点までほとんど変化は認められなかった。糖化過程での反応系の溶液部に存在する酵素成分の変化を液体クロマトグラフで追跡したが、エキソ型のβ-グルコナーゼの主要な成分であるCBHIが糖化の進んだ段階で残渣に選択的に吸着されていることが見いだされた。

（志水 一允）

## 酸性雨と森林衰退

「スギ林における酸性降下物等の動態解明と影響予察に関する研究」：公害防止（昭和62年~平成元年）

「スギ林における酸性降下物等の動態解明と影響予察に関する研究」：地球環境（平成2年~平成4年）

「酸性雨等モニタリングセンターステーションの構築」：特定研究（平成2年~6年：7年度以降改編・拡充）

「環境酸性化の指標となる蘚苔類・地衣類に関する研究」：地球環境（平成5年~7年）

「樹木-酸性土壌系における重金属の動態に関する研究」：地球環境（平成5年~7年）

- 「山岳地帯における酸性降下物の樹木影響に関する研究」 : 地球環境 (平成5年~7年)  
 「森林土壌における酸性物質の臨界負荷量の評価に関する研究」 : 地球環境 (平成5年~7年)

#### 目的

酸性雨によるとされる森林衰退や湖沼の酸性化が欧米では社会的にも問題となっている。我が国においても、原因が明らかでない森林衰退の情報が各地からもたらされている。これら衰退林の分布は水平的にも垂直的にも限定されていない。また、衰退している樹種も限定されていない。これらの森林衰退のなかには気象害や病虫害、動物の害等が衰退原因である場合もあるが、原因が確定されていない衰退も多く、酸性雨が原因ではないかと危惧されている。

酸性雨は化石燃料の燃焼に起因する低濃度の広域汚染である。欧米では国境を越えた問題となっているようにその影響は広範囲に及ぶ。森林生態系に与える影響は慢性的・蓄積的であり、未解明な部分が多い。その影響は広範囲にわたると土壌に不可逆的な影響を与えるので、一旦影響が顕在化した場合には回復が困難である。このため、酸性降下物が森林生態系に及ぼす影響を明らかにするとともに、影響の顕在化を未然に防止することが強く要望されている。

#### 1. 研究の経過

我が国において、酸性雨の森林生態系への影響あるいは森林衰退に関する研究が本格的に開始されたのは1980年代の半ば以降である。1985年に関東地方におけるスギ林の衰退が酸性雨に起因するのではないかとの問題提起がなされた。この前後より、行政も研究機関も酸性雨問題を重視するようになった。森林総合研究所の前身である林業試験場では、1985年に経常研究にて「酸性雨に対する林木の反応とこれに関与する要因」を開始し、環境庁と林野庁では第一次緊急調査として「関東地方におけるスギ林の衰退と酸性降下物の影響に関する緊急実態調査」を開始した。その後、1987年からは、環境庁の公害防止予算にて「スギ林における酸性降下物等の動態解明と影響予察に関する研究」が5年の研究計画で開始された。このプロジェクトには農業環境技術研究所、群馬県林業試験場及び富山県林業技術センターが参画した。このころ以降、我が国においても全国各地から森林衰退に関する情報がマスコミ等で報道されるようになった。林野庁ではこれらの酸性雨と森林衰退についての基礎的情報を組織的に収集する重要性を認め、1990年より「酸性雨等森林被害モニタリング事業」を全都道府県の協力を得て開始した。森林総合研究所では林野庁のモニタリング事業と協力分担するために、特定研究「酸性雨等モニタリングセンターステーションの構築」を同じく1990年に開始した。一方、環境庁では地球環境問題を重視し、1990年より「地球環境研究総合推進費」による研究を開始し、このなかで酸性雨問題も重要な課題として位置づけた。前記の「スギ林における酸性降下物の動態」の課題も総合推進費で推進されることとなった。3年を一期とする地球環境研究総合推進費による課題は、現在二期目が実施されており、国立環境研究所や農業環境研究所及び大学など他の研究機関とともに「酸性物質の生態系影響」及び「酸性物質の臨界負荷量」のテーマのもとで研究を推進している。また、林野庁の「モニタリング事業」と森林総合研究所の本・支所で推進している「モニタリングセンターステーションの構築」は平成6年度にて一期目が終了となったが、7年度以降も改編・拡充され継続される。

酸性雨の実態やその森林生態系への影響や森林衰退にかかわる研究は、国公立の研究機関、大学及び民間の研究機関でも多く行われている。これまでの調査研究により、降水に森林生態系によりもたらされる酸性物質の量や特性は明らかになりつつあるが、森林衰退との関係は未解明な部分が多い。

これまでの研究により得られた研究成果の概要を以下に述べる。

## 2. 樹木衰退の実態

大気汚染が激しかった1970年代には関東平野で樹木衰退が広範囲に確認された。当時は近年問題となっているスギのみでなくケヤキも衰退しており、その原因は大気汚染ではないかとされている。1970年代の半ば以降は、排ガス規制がなされ、自動車の排ガス基準を達成するための技術革新や火力発電所の脱硫装置の整備等が行われた。その結果、排ガス中の硫黄酸化物の排出量は減少し、大気汚染問題も論議されることが少なくなった。また、樹木衰退も問題とされなくなった。事実、ケヤキは衰退から回復傾向になった。しかしながら、大気環境が改善されたにもかかわらずスギ林の衰退は進行していた。

すなわち、1987年に関東地方のスギ林の衰退状況を調査した結果、衰退は1970年代より進み、その区域が広がっていることが確認された。また、航空写真を利用して衰退の経過を解析した結果でも、衰退が継続して進行していることが確認された。関西地方においても都市周辺でスギが衰退していることが確認された。スギの衰退は平野部に限られ、山間部のスギ林の衰退は認められない。また、高齢、高樹高のスギが衰退しており、若齢木では衰退していない。衰退の状況を林分単位で見ると、孤立木や林縁木で衰退が激しく、林分状態になっているところでは衰退が極めて少ない傾向にある。個体としての衰退は樹冠上部の着葉量の減少からはじまり、先端部から枯れ下がる。さらに衰退が進む枯死にいたる。

近年、平野部のスギ以外の森林衰退の情報が多くもたらされており、主なものだけでも大山のモミ、丹沢のブナ、赤城山のダケカンバ、奥日光のダケカンバやオオシラビソ等々がある。いずれの衰退も気象害やシカの食害、繭枯れ現象、ナラタケ病等いくつかの衰退因子があげられているが、衰退原因やそのメカニズムが明らかになっていないものも多い。

## 3. 酸性降下物が樹木に与える直接の影響

酸性雨が樹木に与える影響を明らかにするために人工酸性雨の散布実験が行われることが多い。人工酸性雨や人工酸性雨とオゾンの暴露試験を行い、可視被害の発生状況、成長、光合成・呼吸、蒸散速度などに与える影響を解析した結果は以下のとおりである。

pH2.0の人工酸性雨の散布では、光合成活性の低下や気孔開閉調節異常などの不可視被害も現れるとともに、葉に明らかな可視被害が現れ、葉量や成長量の低下が生じることが明らかとなった。また、0.5ppm以上の濃度のオゾンに数時間以上暴露されれば、葉の変色等の可視被害のみならず水ストレスを受けやすくなり、葉の枯死や新しい葉の展開阻害のため、衰退の契機になると推定された。しかし、現在の降雨のpHであるpH4台では可視被害は現れず、成長速度や光合成活性及び気孔開閉調節への影響は少なく、枯死・衰退に結びつくほどの直接的影響は受けていないと評価された。同様に、現在の関東地方の年平均オゾン濃度は0.04ppm以下、SO<sub>2</sub>濃度は0.01ppm程度以下、NO<sub>2</sub>濃度は0.03ppm程度以下であるが、この程度では大気汚染ガスが原因で可視・不可視被害は発生しにくいと判断された。

苗木を用いた人工酸性雨の散布実験は他の研究機関でも行われているが、それらの結果からも、現在観測されている程度の酸性雨の直接の影響はないと判断されている。

## 4. 林外雨、林内雨、樹幹流

森林は樹冠で閉鎖されているので、降水は葉の層に一旦とらえられた後に地表に到達する。また、一部は樹幹を伝わって地表に到達する。森林はその樹冠層で大気中の粒子状やガス状の乾性降下物を捕捉するので生態系への物質の負荷量を推定するために、一般に降雨（林外雨）、林内雨及び樹幹流の量とその溶存成分が測定される。当然のことながら、林内雨や樹幹流には樹体より溶出する成分も含まれる。

林外雨、林内雨及び樹幹流の観測は全国8か所に設定された「モニタリングセンターステーション」において観測が行われており、観測を早くから行っていた北海道支所では10年以上のデータが蓄積されている。これらの観測結果を総合すると、降水のpHの年平均はおよそ4.3～5.0前後となり、環境庁のモニタリング調査結果と極端な違いはない。ECは都市圏よりはなれた御嶽山に設定されたモニタリングステーションでは低い値を示し、都市圏近くのステーションでは高い傾向にある。御嶽山の負荷量は、環境庁が観測している全国平均とそれほど大きな違いはない。森林地帯への負荷量の地域的な違いや経年変化等は今後詳細に検討する予定である。

林内雨は樹冠に付着している乾性降下物を洗い流すためと、樹体より成分が溶出するため各成分とも濃度が上昇する。この濃度上昇が乾性降下物に起因するとすれば酸性物質の負荷量として計算される。観測結果では、林内雨のpHは林外雨と大きな違いはないが溶存成分の濃度は高くなり、負荷量は多くなる。特に、カリは樹体から溶出するため濃度が高くなり、林外雨より10倍前後多くなる場合がある。

樹幹流のpHについては興味ある現象が明らかとなった。特にスギの樹幹流のpHが林外雨や林内雨に比較すると極端に低いことが明らかとなった。大気汚染の程度が低く酸性物質の負荷量が少ないと考えられる東北地方においてもスギ樹幹流のpHが低い傾向にあることが認められたので、これは樹種としての特性と推定された。いろいろの樹種の樹幹流のpHを測定した結果、樹幹流のpHには樹種特性があることが明らかとなった。特に、スギ樹幹流のpH3.7前後と低く、ブナやユリノキではpH6以上と高い。樹幹流の量は林外雨や林内雨より少ないが、樹幹周囲の狭いところに流下するのでその土壌への影響は大きいと考えられる。

## 5. 土壌の酸性化

酸性雨による広範囲にわたる森林土壌の酸性化は現在のところ確認されていない。しかしながら、pHが極端に低いスギの樹幹流の影響を受け、樹幹周囲の土壌の酸性化が進行していることが明らかとなった。スギ樹幹周囲の土壌のpHを調査した結果、土壌のpHの等値線は樹幹を中心とする円を描き、樹幹を中心にリング状を呈する。樹幹の近くと樹幹より離れたところのpHの違いはおよそ1前後あり、樹幹近くではpH4以下となり、pH3台の強酸性になっている場合も見られる。この現象は、老齢木で顕著であり、同じ場所に生育していても若齢木ではみられない。pHが低いスギ樹幹流の影響を長期間受けたためと考えられる。土壌の酸性化が著しい場合は、土壌中に水溶性アルミニウムが数ppm存在することや水溶性の硫酸イオンや硝酸イオンの濃度も高くなっていることが確認されている。

関東地方において衰退林、非衰退林の樹幹周囲の土壌のpHを調査した結果では、衰退林の方が低い傾向にあったが、関西地方において多点調査をした結果では、衰退とpHの間には相関が認められなかった。このことから、樹幹周囲の土壌の酸性化は衰退の主要な因子ではないと判断された。ただし、pH4以下という強酸性が樹木に何らかの悪影響を与えている可能性は否定できない。

樹種により樹幹流のpHや溶存成分は異なるので、その影響を受け樹幹周囲の土壌特性は樹種により異なるが、その影響は未解明な部分が多い。今後の課題であろう。

## 6. 衰退要因の解析

人工酸性雨の散布実験やオゾンの暴露実験の結果から、現在の降雨の酸性度や大気環境の状況では、スギの衰退をそれらの因子から説明することは困難と考えられた。樹木の生理特性や気象条件等の環境変動との関係から衰退要因を解析した。

スギの衰退と光合成能力の関係を調査した結果、晴れた日の衰退木の光合成速度の日変化は、健全木に比べ大きな日中低下が認められた。その最も大きな原因は、気孔開度の低下であった。しかし、スギは健全な個体であっ

ても気孔開度の日中の低下のために光合成の低下が生じ、種としても水上げの遅れが生じやすい樹種であることが明らかになった。一方、関東平野の主要樹種における、最大水蒸気拡散コンダクタンスを比べた結果、スギは水を最も消費しやすい樹種であることが明らかとなった。しかも、水利用効率の指標となるP/T比（単位蒸散当たりの光合成比）の比較の結果、光合成生産に関する水利用効率が最も悪い樹種であることも明らかになった。さらに、水分通導抵抗を比較した結果、広葉樹や同じ針葉樹であるサワラやヒノキに比べても大きな値を示し、吸水に遅れが生じやすい特性を有していることが明らかになった。これらのことは、スギは本来、乾燥に弱い樹種であることを示している。近年の関東平野における気象環境の変化をみると蒸散速度に大きく影響する水蒸気飽差は、この40年間にわずかつつ増大していることが分かり、年降水量の減少傾向とともにスギの生育に不利な環境へと移行していることが明らかになった。

一方、関西地方において、大気汚染常時監視測定局から3km以内の社寺林を選び（253地点）、スギの衰退度と孤立の程度、舗装や踏み固めの程度、8月の月平均気温、二酸化窒素の年平均濃度、オキシダント指数との関係を解析した。その結果、スギの衰退に対して有意で最も影響の大きかった要因は、8月の気温であり、続いて舗装や踏み固めの程度、二酸化窒素、樹冠の孤立の程度、オキシダントの順となった。また、年肥大成長量と気象条件との関係を調べた結果、スギの肥大成長は7、8月の平均気温が共に27℃以上の高温の年に衰える傾向があり、夏の高温がスギの衰退に関係しているという結果と符合した。

以上のことより、スギの生理的特性と環境変動が都市周辺の平野部におけるスギの衰退要因の一つと考えられた。

養分吸収と栄養生理から解析した結果では、土壌の酸性化にともないpHは低下し、水溶性カルシウム、マグネシウムは増加する。マンガンは水溶性、交換性ともに増加する。アルミニウムも、ローム土壌では水溶性及び交換性ともに、またマサ土壌では交換性が増加した。硫酸添加により酸性化が進むとスギのカリウムの含有率が低く、アルミニウム含有率が高くなり、生長は抑制された。また、塩基の吸収は蒸散速度と対応がみられ、この蒸散速度の調節機構がアルミニウムによって影響を受ける傾向が水耕による実験的解析により認められた。衰退しているスギの葉分析の結果ではカリウムの減少やアルミニウムの増加が認められた。

年輪構造から過去の生育状況を解析した結果、大気汚染が著しかった地域では年輪幅や最大密度の低下が一般的にみられ、大気汚染による年輪構造の変化はかなり顕著であったことが明らかとなった。また、年輪構造指標の中で年輪幅と最大密度が樹木衰退の兆候を示す指標として最も適することが明らかとなった。

衰退林の土壌環境を調査した結果、衰退林のなかには土壌表層のpHや塩基飽和度が低だけでなく土壌表層や樹体の重金属含有率が高い例、下層にグライ斑が確認されたが土壌は乾燥しており最近になって土壌水分環境が急変し乾燥化が進んだと推測された例、スギカミキリ等の被害が多く土壌の物理性も悪化している例が確認された。これらのことは複数の衰退原因がある可能性を示唆している。

さらに、酸性降下物が種子の結実・発芽に及ぼす影響や微生物に及ぼす影響についても解析が進められ、基礎的情報の蓄積が行われた。

## 7. 土壌の緩衝能と既存の土壌情報のデータベース化

土壌には酸を加えても直ちに酸性化しない特性がある。これを酸に対する土壌の緩衝能と呼んでいる。土壌の緩衝能のはたらきにより、酸性降下物の影響が直ちには顕在化しないがその影響は蓄積され、閾値を超えると一気に問題が生じる。このため、森林生態系あるいは溪流や河川、湖沼への酸性降下物の影響を解明するためには土壌が持つ緩衝能の大きさやその発現機構を明らかにする必要がある。また、広域を対象として酸性物質の影響

を予測するためには、既存の土壤情報を活用する必要がある。

土壤の緩衝能の測定については公定法が確立されているわけではない。ここでは、土壤カラムに人工酸性雨を連続散布し流出水のpH自記録するとともに、流出水を連続的に採取しその溶存成分を分析する方法を開発し、土壤の緩衝能とその発現機構を解析した。また、この手法を用い、主要森林土壤の緩衝能を測定し、その特性を解析した。

その結果、流出液のpHは段階的に変化することやpHと溶出する成分には密接な関係があることが明らかとなった。解析の結果、酸にたいする土壤の緩衝作用としては炭酸塩、塩吸着（アロフェンによる陰陽両イオンの同時吸着）、交換性塩基（主にカルシウム、マグネシウム）及び酸可溶アルミニウム（交換性を含む）の段階が認められた。土壤の総合的な緩衝能をアルミニウムが溶出するpH4までに低下させる酸の量とすると、火山性黒色土と暗赤色土を除く土壤では交換性塩基量と相関が認められた。また、森林土壤では有機物を多く含む表層土壤は一般にpHが低く緩衝能が低いこと、すでに酸性化が進んでいるポドゾルやスギ樹幹周辺の土壤の緩衝能は低いことが明らかとなった。

これまでに蓄積されている林野土壤調査報告等の土壤調査情報を整理し、全国を対象に2000点以上の代表的な土壤の物理化学性と林野庁モニタリング事業で得られた土壤情報のデータベース化を行った。これらの情報を解析した結果、同じ土壤型であっても化学特性値はかなり変異に富んでいることが明らかとなった。今後さらなる解析を行い、既存の土壤情報を活用しつつ精度の高い影響予測を行う必要がある。

## 8. 現在推進中の課題について

現在、環境庁地球環境研究総合推進費「酸性雨」の2課題に参画している。

課題「酸性物質の生態系に与える影響に関する研究」では次の3サブテーマの研究を推進している。

「環境酸性化の指標となる藓苔類・地衣類に関する研究」では、土壤条件の影響から隔離され大気環境のみに依存して樹皮上で生育し、大気環境の指標としてその有用性が認められている藓苔類・地衣類に焦点をあて研究を推進している。すなわち、広域的な指標として用いることが可能な種を選出するために、その分布や消長の実態調査を行っている。また、実験的な手法を用いて汚染物質の種類と濃度に対する反応を調査し、藓苔類・地衣類の環境ストレスの指標として有効とされているSOD活性を迅速に測定する手法を確立した。

「樹木—酸性土壤系における重金属の動態に関する研究」では、土壤の酸性化に伴うMnの過剰障害に焦点をあて、水耕法を用いMn過剰障害の研究を推進している。

「山岳地帯における酸性降下物の樹木影響に関する研究」では、最近問題となっている奥日光の白根山、男体山、太郎山等の高海拔山岳林の衰退現象に焦点をあて、衰退の観察を行うとともに、これまで霧水・雨水の化学成分を測定した記録のない日光男体山の海拔2100m地点で霧水、雨水、樹幹流等を採取し、pH及び溶存成分の分析を行うなど、現地における実態調査と解析を行っている。

課題「酸性物質の臨界負荷量に関する研究」では、サブテーマ「森林土壤における酸性物質の臨界負荷量の評価に関する研究」の研究を推進している。本課題では、(1)塩基の欠乏に伴う樹木のストレス耐性と生理活性の変化の解明、(2)臨界負荷の判定手法の開発、(3)広域の臨界負荷量推定手法の開発、の細部課題を設定して、精度の高い森林土壤の臨界負荷量を明らかにすることを目標に調査・研究を行っている。

これらの課題では、これまでにいくつかの注目すべき成果が得られているが、現在推進中なのでここでは割愛したい。

## 9. 今後の研究展開

酸性雨は化石燃料の大量消費に起因する広域汚染であり、原因である化石燃料の消費は今後も増大すると予測されている。我が国では、酸性雨による森林衰退は確認されていないが、その影響は蓄積するので近い将来に顕在化する可能性は否定できない。森林生態系は複雑な系であり、また、生物としての樹木は巨大で成長や生命維持機構も複雑である。寿命も人間よりはるかに長い。このため、樹木・森林への影響とそのメカニズムを解明するには多くの視点より解析・究明する必要がある。地球環境保全に重要な役割を果たしている緑資源である森林を維持するためには、生理学や生態学等の専門分野での研究の深化を図るとともに、より精度の高い環境と生態系のモニタリングシステム構築することが重要と考えられる。

(堀田 庸)

## 文 献

- 1) 赤間亮夫, 西本哲昭, 溝口岳男: 衰退したスギの葉の窒素と硫黄の濃度, 森林立地, 33(1), 16~18 (1991)
- 2) 相澤州平, 高橋忠幸, 佐々朋幸: 樹幹流の土壤陽イオン交換における役割, 日林東北支誌, 45, 193~194 (1993)
- 3) 後藤和秋, 佐々朋幸: 樹幹流の酸性度ならびに溶存成分に関する河川法則論的解析 (2), 日林東北支誌, 43, 85~86 (1991)
- 4) 原 光好, 荒井国幸, 小沢孝弘, 仙石鐵也: 亜高山における酸性雨の影響に関する研究 (I), 40回日林中支論, (1992)
- 5) 堀田 庸, 森川 靖, 埜田 宏, 松本陽介, 松浦陽次郎, 石塚和裕: 森林の衰退—酸性雨は問題になるか—, わかりやすい林業研究解説シリーズ No.100, 林業科学技術振興所, 102pp. (1993)
- 6) 池田重人, 佐々朋幸: 樹幹流の酸性度ならびに溶存成分に関する河川法則論的解析 (3), 日林東北支誌, 43, 87~88 (1991)
- 7) 石塚和裕, 高橋正通, 高橋美代子: 人工酸性雨による土壌のpH緩衝能, 101回日林論, 249~252 (1990)
- 8) ———, 松浦陽次郎, 的場節子: 森林の表層土壌の酸性化とpH緩衝能, 102回日林論, 343~346 (1991)
- 9) ———: 森林の衰退と酸性雨, ぶんせき, 765~768 (1991)
- 10) ———: 土壌の緩衝能の実態と評価, 森林立地, 34(1), 26~35 (1992)
- 11) 金子真司, 鳥居厚志: パーク浸出液のpHとカチオン濃度, 日林関西支論, 1, 95~96 (1992)
- 12) 清野嘉之: 近畿地方の平野部を中心とするスギの衰退について, 砺波散村地域研究所紀要, 9, 1~9 (1992)
- 13) 小池孝良, 真田 勝, 太田誠一: 酸性雨2 植物生態系はどのような影響を受けるのか, 日土肥誌, 64, 704~710 (1993)
- 14) 窪野高德, 佐橋憲生, 庄司次男: 姫神山カラマツ人工林の酸性雨等モニタリング試験地の菌類相 (I), 日林東北支誌, 44, 209~210 (1992)
- 15) 野呂忠幸, 佐々朋幸: 主な落葉広葉樹樹幹流の酸性度比較, 日林東北支誌, 44, 137~140 (1992)
- 16) 松本陽介, 丸山 温, 森川 靖: スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動 —樹木の衰退現象に関連して—, 森林立地, 34(1), 2~13 (1992)
- 17) ———, ———, ———, 井上敏雄: 人工酸性雨(霧)およびオゾンがスギに及ぼす影響と近年の汚染状況の変動—樹木の衰退現象に関連して—, 森林立地, 34(2), 85~97 (1992)
- 18) ———, ———, ———: スギ衰退の原因を考察する —水ストレス説—, 資源環境対策, 公害対策技術同友会, 東京, 29(2), 51~56 (1993)
- 19) 松浦陽次郎, 荒木 誠, 堀田 庸: 関東地方におけるスギ林表層土壌のpH低下, 森林立地, 32(2), 65~69 (1990)
- 20) ———: 樹幹流と土壌の酸性化の実態, 森林立地, 34(1), 20~25(1992)
- 21) 森川 靖, 丸山 温, 松本陽介: 酸性雨等による植物衰退現象の実態 —関東平野のスギ—, 資源環境対策, 公害対策技術同友会, 東京, 28(14), 1 311~1 315(1992)

- 22) MORIKAWA, Y., MARUYAMA, Y., TANAKA, N. and INOUE, T. : Forest decline in Japan.—Mature Cryptomeri a japonica declines in Kanto plains., Proceedings of XIX IUFRO World Congress (Montreal), Div. 2, 397-405 (1990)
- 23) 森田佳行, 阿久沢和夫, 田中永晴, 荒木 誠: 群馬県北群馬郡の平地林におけるスギ衰退の実態とその要因, 日林関東支論, 42, 89~92 (1991)
- 24) SAKAI, M. et al: The effects of throughfall on soil acidity of temperate forests in Japan, Proceeding of The VI INTECOL, 305, (1994)
- 25) 酒井正治, 大貫靖浩, 藤本 潔: コジイ, スギ, ヒノキ林における酸性雨モニタリング, 日林九支研論, 47, 197~200 (1994)
- 26) 真田 勝, 太田誠一, 真田悦子: 森林内における降水の性質と土壤への影響 (I), 日林論, 104, 381~382 (1993)
- 27) 真田悦子, 太田誠一, 真田 勝: 森林内における降水の性質と土壤への影響 (II), 日林論, 104, 383~384 (1993)
- 28) 真田 勝, 大友玲子, 真田悦子: 札幌市羊ヶ丘における過去10年間のpH, 日林北海道論集, 42, 261~263 (1994)
- 29) 佐々朋幸, 後藤和秋, 池田重人: 展示林内の外国産針葉樹6種にみられる樹幹流下水の酸性度と溶存成分, 日林東北誌, 42, 262~263 (1990)
- 30) ———, ———, 長谷川浩一, 池田重人: 盛岡市周辺の代表的森林における林外雨, 林内雨, 樹幹流の酸性度ならびにその溶存成分, 森林立地, 32, 43~58 (1990)
- 31) ———, 高木勇吉: 樹幹流の酸性度ならびに溶存成分に関する河川法則論的解析 (I), 日林東北支誌, 43, 83~84 (1991)
- 32) ———: 1991年秋季に盛岡市周辺地域で観測した雨水のpHおよび溶存イオン (I), 日林東北支誌, 44, 131~132 (1992)
- 33) ———: 1991年秋季に盛岡市周辺地域で観測した雨水のpHおよび溶存イオン (II), 日林東北支誌, 44, 133~134 (1992)
- 34) ———, 後藤和秋: 3種の広葉樹林内雨の林外雨に対するpHの上昇, 日林東北支誌, 44, 141~143 (1992)
- 35) ———, 長谷川浩一: 特定樹種の樹幹流による土壤の酸性化抑制作用, 日林誌, 74, 437~440 (1992)
- 36) ———, 高橋忠幸: 特定樹種の樹幹流による土壤の酸性化抑制作用 (II), 日林誌, 75, 321~330 (1993)
- 37) 仙石鐵也, 荒井国幸, 小沢孝弘, 原 光好: 亜高山地帯における酸性雨影響に関する研究 (II), 40回日林中部支論, (1992)
- 38) ———, 原 光好: 亜高山地帯における酸性雨影響に関する研究 (III), 40回日林中部支論, (1992)
- 39) ———, ———, 森澤 猛, 石塚和裕: 亜高山針葉樹林における酸性雨の観測と実態, 森林立地, 36(2), 2, 64~72 (1994)
- 40) 鳥居厚志: 表層土壤の樹幹周囲での酸性化について, 日林関西支論集, 41, 201~202 (1990)
- 41) ———, 清野嘉之: 近畿地方の平地におけるスギ根元周囲の表層土壤のpH低下, 大気汚染学会誌, 27-6, 325~328 (1992)
- 42) ———: スギの衰退とその周辺 —大気汚染学会等での研究動向—, 森林科学, 9, 34~38 (1993)
- 43) 山家敏雄: 姫神山カラマツ人工林酸性雨モニタリング試験地の昆虫相, 日林東北支誌, 43, 146~147 (1991)

## 農林業における水保全・管理機能の高度化に関する総合研究

### 1 研究の背景と目的

農山村地域での国産材需要の低迷等による林業生産活動の停滞や過疎化が進行する中で土地利用形態の多様化

は林地、農用地の水保全・管理機能に大きな影響を及ぼしてきている。国土の82%を占めている林地・農用地は農林業を営む中で、地域の水保全に重要な役割を果たしており、農林業土地利用形態での水保全・管理機能を維持・増進させる技術を向上させることが急務となっている。これまでに林地、農用地の水保全機能については研究が進められてきているが、不明な点の多い林地・農用地の土壌中の水動態メカニズムや土壌の構造、植生等が水保全に与える影響を明らかにし、それらを高度化する管理技術を開発するために、農業工学研究所を主査場所として、森林総合研究所をはじめ、農業環境技術研究所、草地試験場、北海道農業試験場、四国農業試験場及び岩手大学、日本農業土木総合研究所が参画して、農林業を営む上で林業関係は森林施業技術、農業関係は水資源開発技術、土地改良技術に関する問題解決のために研究を進めてきた。

## 2 研究経過と成果

この研究は農林水産技術会議の総合的開発研究として昭和63年～平成5年にわたって行われたものである。森林総合研究所は地域性を考慮して積雪寒冷、温暖適潤、寡雨乾燥地域を対象に樹種、地形、土質などの流域条件と水循環過程との関係を明らかにして、水源かん養機能を流域単位で評価する手法を開発し、森林の水源かん養機能を向上させるための森林施業の検討を行った。参加研究室は森林環境部立地環境科立地評価研、土壌物理研、地質研、水土保全科水流出管理研、水資源保全研、防災科気象研、北海道支所・関西支所の各土壌研、防災研の10研究室で15小課題を分担した。

固定試験地として積雪寒冷地域：定山溪試験流域（針広混交林）北海道支所、温暖適潤地域：宝川試験地（広葉樹林）・筑波共同試験地・常陸太田試験流域（針葉樹林）森林環境部、寡雨乾燥地域：京都営林署管内北谷国有林試験流域・関西支所桃山実験林（常緑、落葉広葉樹の混交林）関西支所を選定した。

### 1) 林地・農用地における土壌中の水動態メカニズムの解明

#### (1) 林地土壌の水移動メカニズムの解明

森林に降った雨や雪は樹木や地表面などから蒸発・蒸散作用によって一部が失われ、林地斜面に到達した降水は一部地表流となるが、かなりの量が土壌中に浸透・貯留され、やがて地下水や河川水として流出する。我が国の林地は地形、地質、気象、植生等によって林地の土壌の厚さや構造特性が異なるため、水移動もそれぞれ異なった形態をとる。これまでに林地、伐採跡地などで遮断雨量、蒸発散量、流出量等地表面の状態にかかわる諸因子の研究は行われてきているが、複雑な条件下にある林地での各種土壌や構造等の土壌特性に対応した水移動のメカニズムに関する報告は少ない。

林地の洪水緩和、または渇水緩和機能は土壌の保水機能によるところが大きく、そのためには気候条件の異なる山地小流域を対象に土壌中の水移動及び孔隙分布特性や土層の厚さ等から土壌の保水容量の変動を検討することが重要である。積雪寒冷、温暖適潤、寡雨乾燥地域の小流域を対象に土壌構造、孔隙特性、微地形に対応した土壌中の水移動、保水メカニズムについて検討した結果、林地土壌の保水容量（ $pF1.7\sim3.2$ に相当する孔隙量）は土壌型、土壌の孔隙特性、土層厚並びに母材などで規制されることが明らかになり、これらを基にして流域の保水容量の推定を試みた。積雪寒冷地域の定山溪試験流域では尾根部に分布するポドゾル土壌の保水容量は200mm未滿、斜面の中腹や下部に分布する褐色森林土は300mm前後であった<sup>1,2)</sup>。温暖適潤地域の常陸太田試験流域では土壌の分布から推定した流域土壌の平均保水容量は150mmであった<sup>1),3)</sup>。寡雨乾燥地域の北谷試験流域は未熟土ないし未熟土に近い褐色森林土の多い試験地で、その保水容量を算出した結果、土層の薄い尾根筋に分布する乾性土壌は100mm未滿、沢筋の適潤性土壌は200mm以上、斜面中部は100～200mmであった。北谷試験流域の保水容量は最小時期は8～9月で97mm、最大時期は3月下旬で238mm、おおむね150mm以上であった<sup>1),4)</sup>。

## (2) 地下水の流動と流出メカニズムの解明

林地の保水機能は主として表層土層によるものと考えられてきたが、簡易貫入試験による貫入抵抗値と現場調査及び室内試験による土壌の孔隙率や透水係数などから評価すると、表層土層の下部風化層も  $pF1.8\sim 3.0$  相当の孔隙量が強風化層で10~20%、中風化層で5~10%存在しており、林地の保水機能については風化層も大いに寄与している。筑波共同試験地の調査結果を見ると強風化層以浅の土層が有する保水容量はB小流域298.6mm、C小流域337.4mmであり、強風化層中下部はその25%、39%を分担していることが分かった<sup>1),3)</sup>。

以上のことから山地流域に降雨があると森林土壌は速やかに浸透・透水させる。そして、無降雨時には貯留された水を長期間にわたって移動、流出させるため森林の水保全機能に果たす役割の大きいことが明らかになった。

## 2) 農林業土地利用系における水保全・管理機能の解明

### (1) 森林特性が林地の水源かん養機能に及ぼす影響の解明

山地流域の降水量は一時期に集中すると洪水・土砂災害の発生原因となり、少な過ぎると水不足となって渇水で悩まされる。この降水量は地形や風の影響を受け易く、降水量を決定するにはいろいろな問題はあるが、できるだけ容易な方法で山地流域の降水量を推定していくことも必要である。宝川試験流域では7か所に自記雨量計を設定し観測を実施するとともに、1952~1953年に得られた流域内23か所のデータを整理して、山地の雨量分布の推定方法を検討した。その結果、観測点雨量と標高の相関関係から雨量を求めるよりも、切峰面標高との相関関係から求める方が推定精度が上がる事が明らかとなった<sup>1),3)</sup>。

水資源の供給の場として大きな役割を担っている各種林地の水保全機能は土壌、地質などの流域条件や積雪寒冷、温暖適潤、寡雨乾燥地域といった地域特性の影響を受け易いため、普遍的な評価方法が模索されている。ここでは、3地域を対象に水文観測を行い、林地における降雨特性を解明し、森林が水循環と水収支に及ぼす影響を気候別に検討した。積雪寒冷地域の定山溪試験流域では水循環過程を融雪期と無積雪期に分けて検討した。無積雪期の蒸発散量は460mmで本州中部と比べて6割と少なく、その内訳は遮断蒸発散量77mm、地面蒸発量86mm、河道蒸発量1mm、蒸散量296mmである。樹種別の積雪の遮断蒸発量はトドマツ35%、バンクスマツ45%、カラマツ15%、落葉広葉樹4%で樹種によって大きな差があり、常緑針葉樹林においては冬期降雪の遮断蒸発量を無視することはできない。また、冬期の積雪下面融雪量は一日当たり0.266mm、積雪期間では44mmあり、冬期渇水時には貴重な水資源となる。年間を通してみると降水量1193mmのうち蒸発散量506mm、流出量687mmで流出量の67%は雪によるものであった<sup>1),3)</sup>。温暖適潤地域の筑波共同試験地（主にスギ、ヒノキ）では年流出量は年降水量の42~56%、年蒸発散量は44~58%と推定された。また、年樹冠遮断量は年降水量の9~26%となった。これは年蒸発散量の18~45%に相当する<sup>1),3)</sup>。寡雨乾燥地域の北谷試験流域では流域の年間水収支は降水量の48%が蒸発し、残り52%が流出した。流出の内訳は直接流出が13%、基底流出が39%である。また、樹冠遮断量は本邦の針葉樹林が降水量の20%程度であるのに対し落葉広葉樹林は約11%と少なく、常緑樹が混交すると4%程度高まった<sup>1),3)</sup>。以上3地域の年間水収支を示すと図1の通りである。

### (2) 森林流域の水収支モデルと評価手法の開発

従来から林地の水源かん養機能の定量的評価が検討されてきているが、各種因子が複雑に関連しているため、現地調査の資料が中心とならざるを得ない。そこで、既存資料の活用を図るため、既存の資料である多目的ダム管理年報を用いて関東以西の地域について夏期~秋期の無降雨時のダムへの日流入量（流域からの流出量）から基準減水曲線を決定して地質別の流域保水容量を求めた。その結果、変成岩256mm、花崗岩221mm、火山岩198mm、中古生層150mm、第三紀層147mmとなった。現地調査資料を用いて土壌の孔隙解析より求めた降雨貯留量は火山

岩209mm, 花崗岩203mm, 変成岩193mm, 中古生層171mm, 第三紀層142mmであった。変成岩地域における流域保水量は降雨貯留量に比べて高いが, 概略的には流出特性から流域の保水量を推定した値と土壤の孔隙解析データから降雨貯留量を計量, 評価した値とほぼ一致しており, 流域の保水特性を評価する上で有効な推定方法であると考える<sup>1), 5-7)</sup>。

これまで降雨・流出関係を中心に行われてきた研究成果に基づいて水収支モデルの開発がされ, 特定の試験流域の観測データの解析による有林地・無林地別や土層条件別等に基づく水収支のモデル化を進めてきた。さらに, 広域のかつ一般性のあるモデルの開発とそれに基づく水保全機能の評価手法の研究を進めるために, 雨水流法及び貯留法に基づく水収支モデルを開発した。雨水流法に基づく水収支モデルは従来, 洪水流出に用いられてきた

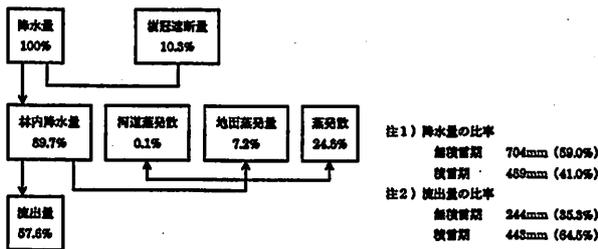


図-1-1 積雪寒冷地域の森林における年間水収支  
針広混交林 (北海道支所・防災研)

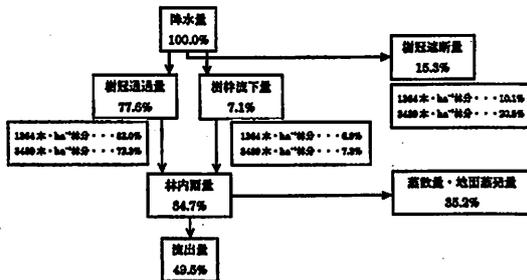


図-1-2 温暖適潤地域の森林における年間水収支  
針葉樹林 (森林総研・水資源研)

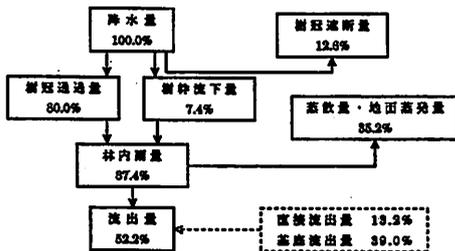


図-1-3 寡雨乾燥地域の森林における年間水収支  
落葉広葉樹林 (関西支所・防災研)

図1 地域別の森林における年間水収支

キネマティックウェーブモデルに最近の山腹斜面水文学を取り入れて, 雨水流法による直接流出の推定法と斜面の表層土壌における水収支を結合した斜面側方流に基づく長期流出モデルであり, 斜面長や勾配, 土壌の物理性, 表土層の厚さなどの流域の諸条件が水流出に及ぼす影響の評価に有効である<sup>8)</sup>。貯留法に基づく水収支モデルは樹冠遮断試験, 土壌調査(土層厚, 孔隙特性), 森林水文観測の結果をパラメータとする水収支モデルで遮断貯留槽及び表面流出発生機構に関するパラメータの操作により, 流域規模の土地利用変化が水流出に及ぼす影響の評価に有効であり, 開発した水収支モデルは森林流域の流出量を再現できることが確認された<sup>1), 9)</sup>。

### 3) 農林業における水保全・高度管理技術の開発

#### (1) 森林の水源かん養機能向上のための施業技術の開発

環境保全が強く叫ばれるようになると, 水保全を目的とした森林の持つ多様な機能の発揮と調和した施業技術を向上させるための研究が特に要請される。それには森林施業に伴う森林の成立経過を長期的に調査する必要があるが, 各種の森林土壌についてみると保水・浸透能に対しては森林土壌によるところ大で, 堆積腐植と土壤構造を維持・保全することが保水・浸透能を高くするための重要な因子である。堆積腐植の面からみると, 分解の形態によって異なり,

モル型、モダー型、ムル型の順に、土壤構造からは団粒構造、堅果状構造、無構造の順に保水性が高い。人的行為の面からは伐採方法で皆伐、漸伐、択伐、搬出方法はブルドーザ搬出、タワーヤーディング、架線集材の順で、また、地拵えは火入れ、無地拵え、巻落し・枝条散布の順で土壤攪乱の影響が大きく、土壤の物理性を悪化させている。60年伐期の森林における土壤（3層位）中の水収支モデルによって流出量をシミュレートした結果、年降水量1,400mmの地域ではA層の孔隙量が水高換算で50mm減少すると1日の直接流量は70~100mm増加した。間伐施業を実施すると基底流出量が1.5~2.0mm/dの割合で増加した。この傾向は年間雨量1,000mm以下の寡雨条件下で顕著であった。従って、森林土壤が持っている保水・浸透能機能は堆積腐植や表層土壤を保全することによって維持が可能である。しかし、森林施業を実施すれば少なからず土壤の保水・浸透能の低下をまねく。従って、適切な伐採・搬出や地拵えを行い、最低限の機能低下に止めることが、土壤の保水・浸透能を森林再生過程で早期に回復へと導く方法であり、そのためには、森林型や森林施業の差異による機能回復速度を明らかにし、持続可能な施業方法を確立する必要がある<sup>1),10)</sup>。一方、森林施業が水流出、水収支などの森林水文環境に及ぼす影響を明らかにするために間伐試験、帯状伐採試験を実施した。モデル林分での間伐試験によると年降水量に対する樹冠通過雨量と樹幹流下量の割合は間伐を実施する前ではそれぞれ77.7%と5.2%であり、間伐後は86.1%、4.3%となった。樹冠遮断率は約44%の減少となったが、これは間伐率とほぼ同じ値である。流域単位での帯状伐採試験の場合は期間流出量に対する平水、低水、高水流出量の割合は伐採前より大きくなって、直接流出率（直接流出量/一連続降水量）は6~13%の増加が認められた。ピーク比流量は一連続降水量が100mmを越えると伐採以前に比べて1.16~1.41倍となり、皆伐の場合の1.36~1.81倍より小さい値を示した。従って、森林の量的な変化によって流出量のコントロールが可能である（図2）。高水時に増加する流量を許容範囲内に抑え、水需要の高まる低水時には流出量の増加を図るためには間伐などの保育、帯状伐採などの非皆伐施業を実施することが必要であり、これらが水保全機能機能を向上させるためには望ましい森林管理技術であることが確認された<sup>5),11)</sup>。

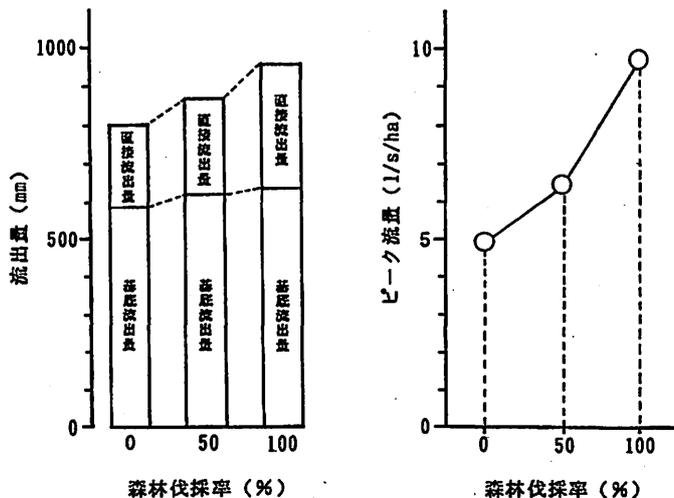


図2 森林伐採率と流出成分の変化

### 3 今後の展開

森林が水保全機能を発揮するために重要な役割を演じているのは森林土壤であり、浸透、透水性に優れ、かつ厚い土層を保持している森林が水保全機能の高い森林といえる。森林は伐採、搬出などによって機能低下をきたすが、適切な取り扱い方法を実施することによって早期回復は可能である。従って、森林の適正管理が水保全機能に及ぼす影響をさらに定量的に解明することによって、水保全を主体とした森林流域管理の一層の前進が期待できる。

(梁瀬 秀雄)

## 文 献

- 1) 農林水産技術会議，農業工学研究所：水保全管理（成果情報シリーズ）（1992～1994）
- 2) 塩崎正雄，真田悦子：斜面土壌の保水能と水移動，水保全管理資料No8，1～11（1990）
- 3) 農業工学研究所：総合的開発研究 農林業における水保全・管理機能の高度化に関する総合研究（平成3年度推進会議資料），pp.159（1992）
- 4) 吉岡二郎：斜面土壌の乾湿と水移動，水管理資料No8，37～45（1990）
- 5) 堀田 庸：林地土壌の保水性，水保全管理資料No3，20～30（1989）
- 6) 加藤正樹：流出特性からみた流域の保水特性の評価（地質条件の違い），水保全管理資料No14，1～14（1992）
- 7) ———：森林土壌が持つ水源かん養機能とその保全，水保全管理資料No17，1～12（1994）
- 8) 谷 誠，岸岡 孝，野口正二：斜面側方流に基づく長期流出モデル，水保全管理資料No7，1～10（1990）
- 9) 藤枝基久：森林流域の水保全機能の評価，水保全管理資料No13，1～7（1992）
- 10) 農業工学研究所：総合的開発研究 農林業における水保全・管理機能の高度化に関する総合研究（平成5年度推進会議資料），pp.65（1994）
- 11) 志水俊夫：森林における水循環と水保全的施業技術の検討，水保全管理資料No17，46～57（1994）

### マツ枯損防止に関する研究

昭和58～62年度に行われた特定研究「マツ枯損防止新技術適用化促進調査」の成果をもとに昭和63年度から5年間新たな視点から研究課題を組み直して行った。

この特定研究の成果のうち，生物的防除に関する分野をより深化させ，平成4年度から「生物的防除手法を導入した幅広い虫被害の激化防止新技術の確立」が始まった。

マツノマダラカミキリの雌雄成虫の生殖器に寄生する線虫の存在は知られていたが，飼育できなかったために研究が未着手であったのが，この線虫が菌食期と昆虫寄生期の生活環を持つことと菌食期の栄養源になる糸状菌が判明した<sup>1-2)</sup>。また，マツノマダラカミキリの単純な組成の人工飼料による無菌飼育法を開発した<sup>3)</sup>。これらの成果に基づいてこの線虫の生活史と寄生の程度とマツノマダラカミキリの繁殖力への影響を明らかにした。また，この線虫の分布がカミキリの分布とほぼ一致することを確認した<sup>4)</sup>。この線虫が摂食する糸状菌はクロマツに対して病原性がない。この線虫を生物的防除に利用するために大量培養法の開発が急務であるため，10種類の培地で実験を行った結果，線虫数はほとんどの培地で接種後30日目に最大数になり，45日目に減少し始めた。この線虫の増殖に適した培地と温度，さらに保存に適した温度を明らかにした。

アカゲラの生息環境の解析が進展するとともに，ねぐら用と繁殖用巣箱の効果が実証され，また，アカゲラの誘致によるマツノマダラカミキリ捕殺効果向上の資料を得た<sup>5-6)</sup>。岩手，秋田，宮城県下の44か所の森林でキツツキ類の生息密度調査を行った。アカゲラは岩手県下に多く，中・下層に広葉樹の混入したアカマツ，カラマツ人工林及び広葉樹二次林で密度が高いこと，及びコゲラは宮城県に多く，アカマツ人工林で密度が高かった。また，アカゲラ用丸太の材料としてスギ，カラマツ，トウヒ，サクラよりもシラカンバが特に好まれた。年間を通してアカゲラなどのセンサスを行い，生息環境を分析した。また，キツツキ類の誘致・増殖の基礎資料を得るため，天然林での営巣状況を調べ，樹皮下の幼虫の捕食率を調べた。アカゲラは天然林内の中下層に広葉樹の混入した壮齢林に多く，全体に密度が高い傾向があった。誘致用の巣箱としてはカンバ類やサクラ類などの広葉樹に対する選好性が強く，架設の高さは3～4 m，直径18～23 cmが妥当であった。捕食率は材内幼虫の場合90.3%，

樹皮下幼虫の場合63.2%とかなり高かった。

キイロコキクイムシ成虫に昆虫寄生性糸状菌 *Beauveria bassiana* の胞子を適正に付着させる実用的手法及び本成虫のマツ小径丸太を用いた効率的な人工増殖法を開発した<sup>7-8)</sup>。室内及び野外網室の実験で、マツノマダラカミキリ産卵期に *Beauveria bassiana* の胞子を付着させたキイロコキクイムシ成虫を放すと、被害木の樹皮下に菌が導入されて幼虫が感染・死亡する率が高かった<sup>9-10)</sup>。キイロコキクイムシの飛翔距離は標識・再捕獲法で約80 mであることが分かった。また、クロマツ樹皮下におけるマツノマダラカミキリとキイロコキクイムシの生息場所は比較的よく一致していた<sup>11)</sup>。キイロコキクイムシの人工飼料による大量増殖法を開発した<sup>12)</sup>。一方、野外で増殖したキイロコキクイムシを処女雌がマツの材に穿入するとき放出する集合フェロモンで捕集する方法を開発するため、フェロモンの室内生物検定法を開発し、活性成分の単離・同定を行っている。キイロコキクイムシの合成誘引剤の誘引試験を行ったが、マツノマダラカミキリ成虫の後食時の誘引成分である $\alpha$ -ピネンより強い活性を示す物質はなかった。また、キイロコキクイムシを誘引するとされている合成フェロモンも誘引しなかった。キイロコキクイムシの行動様式を解明するために、人工飼料に各種染料を混入して羽化した成虫にマークする方法を検討し、着色できる染料を特定した。保菌キイロコキクイムシの放虫数とマツノマダラカミキリ幼虫の死亡率との関係を解析し、防除に必要な放虫数、放虫点数、距離の概略を得た<sup>13)</sup>。伊豆大島と秋田県で行った野外試験では、殺虫効果は約10%から70%とバラツキは大きかったが、微害地での施用が期待できた。*Beauveria* 菌を培養した種駒を被害木に打ち込み、マツノマダラカミキリ幼虫に感染させる野外実験を行った<sup>14-15)</sup>。その結果、従来行われてきた被害材の表面から散布する方法に比べバラツキはあるが、省力性、確実性とも向上できた。キイロコキクイムシの無菌飼育法の試験で、マツ内樹皮40%の人工飼料をガラス管に詰めて無菌飼料を作成し、それに成虫を接種して増殖し、これを種個体にしてフラスコに移して植え継ぎする効率のよい方法を見いだした。野外試験で種駒法ではバラツキはあるが、種駒数の多い場合は感染率が高かった。また、不織布法では種駒法以上の感染率が得られ、施用の容易さと殺虫効果から種駒法より優れている。キイロコキクイムシの菌自動付与装置を用いた多点放虫試験ではカミキリ幼虫の感染死亡率は平均55%であったが、立地条件によるバラツキがあった。直線状1点放虫試験では感染死亡虫は5~80m地点までみられ、死亡率は23~35%であったが、放虫点からの距離と死亡率との関係は顕著でなかった。放虫1~2年後の感染調査では死亡率は約15%で、菌が定着繁殖していた。秋田県における試験でも良好な結果が得られたが、風の影響が大きかった。

桑葉に付着したフェニトロチオンの経過日数による減少とカイコの中毒症状の出現の関係を明らかにした<sup>16)</sup>。樹高の高いマツ林に薬剤を効率的に散布でき、また散布者の安全を図り易い高木防除機によるフェニトロチンの散布実験を行い、林内の枝下の薬剤付着量を調べた結果、バラツキはあるが全体的によく付着していた。高木散布機を用いてフェニトロチオンを散布し、地上高8、10及び12mの枝に付着する薬量を分析し、次に8方位に林縁からの距離毎にシャーレを配置して落下薬量を計測して数量化して回帰式を得た。

東北地方における松くい虫被害には恒常的被害型、単発的被害型及び小面積被害型に区分できた。また、東北地方におけるマツ樹体内の時期別分布状態を把握し、年越し枯れとの関係の解析を進めている。被害先端地におけるマツ樹体内の線虫潜入時期と線虫の消息を明らかにし、年越し枯れ発生要因を究明し、マツノマダラカミキリの保線虫率と枯損発生の関係、立地条件及び気象条件との関係を解析した。年越し枯れは盛夏を過ぎてからの気温に左右される。また、ほとんどの線虫の越年は侵入部位近くで行われる。マツノマダラカミキリ成虫の誘引捕殺による被害軽減効果を判定するために、カミキリの脱出、線虫の離脱、カミキリの産卵など組み込んだモデルの作成を始めた。

## 文 献

- 1) KOSAKA, H. and OGURA, N. : *Contortylenchus genitalicola* n. sp. (Tylenchida:Allantonematidae) from the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera:Cerambycidae)., Appl. Ent. Zool., 28,423-432 (1993)
- 2) OGURA, N. and KOSAKA, H. : Biology of a tylenchid nematode parasitic on the Japanese pine sawyer *Monochamus alternatus*., Nematologica, 37, 455-469 (1991)
- 3) KOSAKA, H. and OGURA, N. : Rearing of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* (Coleoptera : Cerambycidae) on artificial diets.,Appl. Ent. Zool., 25, 532-534 (1990)
- 4) 小坂 肇, 小倉信夫, 遠田暢男: マツノマダラカミキリの生殖器に寄生する線虫の分離と培養, 日林論, 100, 539~540 (1989)
- 5) 中村充博, 鈴木祥悟, 由井正敏: マツ枯れ対策としてのアカゲラ誘致用巣箱の開発, 3年度森林総研成果選集, 20~21 (1991)
- 6) 由井正敏, 鈴木祥悟: マツノマダラカミキリの天敵としてのアカゲラの役割とその誘致法, 62年度森林総研成果選集, 22~23 (1987)
- 7) 野淵 輝: キイロコキクイムシを運搬者とした天敵微生物によるマツ枯損防止の試み, 森林防疫, 38, 133~138 (1989)
- 8) 榎原 寛, 山家敏雄, 五十嵐 豊, 鎌田直人, 藤岡 浩, 神山安生, 船越日出夫, 具志堅允一: キイロコキクイムシの大量増殖の試み, 日林論, 102, 279~280 (1991)
- 9) 遠田暢男, 五十嵐正俊, 福山研二, 野淵 輝: キイロコキクイムシを伝播者としたポーベリア菌によるマツノマダラカミキリの防除 (予報), 日林論, 100, 579~580 (1989)
- 10) ———, 後藤忠男, 福山研二, 土屋大二: 伊豆大島におけるキイロコキクイムシを媒介者としたマツノマダラカミキリの天敵微生物防除試験, 日林論, 102, 281~282 (1991)
- 11) 船越日出夫, 作山 健, 神山安生, 藤岡 浩, 加茂谷常雄, 山家敏雄, 榎原 寛: アカマツ, クロマツ伐倒木におけるキイロコキクイムシ穿入部位, 孔数の調査, 日林論, 101, 511~512(1990)
- 12) 小倉信夫: キイロコキクイムシの人工飼育法の確立, 6年度森林総研成果選集, 6~7(1991)
- 13) 衣浦晴生, 榎原 寛, 山家敏雄, 五十嵐豊, 島津光明, 藤岡 浩: 天敵微生物付着キイロコキクイムシを用いたマツノマダラカミキリ防除試験—多点放虫試験と種駒打ち試験結果の比較, 日林論, 103, 541~542 (1992)
- 14) SHIMAZU, M. ,KUSHIDA, T., TSUCHIYA, T. and MITSUHASHI, W.: Microbial control of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera : Cerambycidae) by implenting wheatbran pellets with *Beauveria bassiana* in infested tree trunks.J. Jpn. For. Soc.,74, 325-330 (1992)
- 15) 島津光明: 種駒に培養した天敵微生物ポーベリア菌を利用するマツノマダラカミキリの防除法, 森林防疫, 42, 232-236 (1993)
- 16) 鈴木繁実, 榎原 寛, 藤岡 浩: *Beauveria bassiana* 付着キイロコキクイムシの野外放虫試験地における蚕への影響調査, 東北蚕糸研報, 16, 13~14(1991)

## 生態秩序計画

農林水産生態系の秩序と調和にかかわる諸機能を解明し, その最適制御を図ることを目的に, 平成元年から10か年計画で研究が始まった。森林生態系チームは主として広葉樹天然林を対象にその森林生態系の持つ構造と機能を解明し, その成果を通して蓄積と成長量の大きい広葉樹林を誘導して林産資源の安定生産と森林生態系の保全技術の開発に資することを目的とする。

チームは森林遷移制御サブチームと森林生物制御サブチームからなり, 前者では森林の更新を種個体群動態と環境との関係からとらえ, 長期観測から解明するとともに, 森林の更新・維持・安定機構を数理的に取り扱った

めのモデルの開発を行い、後者では森林における菌類や昆虫類、ほ乳類などの小動物からなる生物と植物との相互作用を明らかにする。

長期的な観測、調査の拠点となる試験地を、北海道（北方落葉広葉樹林）、茨城県（温帯落葉広葉樹林）、岩手県（溪畔林及びブナ林）と鹿児島県（常緑広葉樹林）に設置した。

#### 森林遷移制御サブチーム

研究課題「生物群の形成機構と構造・機能の解明・制御系」と「異種生物集団の構造と安定性の解明・制御系」及び「共通基盤技術系」の中で樹種の分布、林分構造などそれぞれの地域や立地における種の分布様式の特徴を把握した。その主な成果は以下のとおりである。

北方広葉樹林の更新に影響する林床の水分環境は地形や $A_0$ 層の程度によって大きな差があった。また、林内稚樹のガス交換機能は弱光によく適応していた。上木の肥大成長経過の計測から季節の変化に間欠性があり、サイズによる個体差があった。 $A_0$ 層における水熱環境などの物理的要因解析手法の向上とその役割の評価ができた<sup>1)</sup>。ヤチダモの幹の肥大成長は下部から中部・枝への開始時期やピークが移り、光合成速度は水分条件がよければ上部で大きかった。前年冬芽を形成し、次年に葉原基をつくる落葉広葉樹のヤチダモは前年伐採にもかかわらず陰葉の性質を示し、伐採による環境変化がすぐに大きな成長変化を与えなかった<sup>2)</sup>。

東北地方のブナ帯の天然林の林床構成樹種の分布は刈り払いなどの人為的影響を受けたところより不均一であった。ブナ帯の7年生スギ造林地の林床構成種の光合成は高齢林分下のものの方が若齢林分下のものより弱光環境に適応していた。岩手県の溪畔林では、トチノキ、サワグルミ、カツラなど主要構成樹種の植物季節を明らかにするために、器官別、季節ごとのリターフォールを母樹との位置関係で計測した<sup>3)</sup>。消長に関与する生物的要因を明らかにするための磁石利用のナラ類堅果移動追跡手法を開発した。コナラ堅果の発育と脂肪が受粉により大きく影響された。また、シードリングバンクの組成には年による種子の豊凶が影響した。主要構成種のトチノキ、サワグルミ、カツラなどと気候の極相要素のブナ・ミズナラなどの成立する場所の特性を明らかにした。また、実生稚樹が氾濫原に多かった。種子重の大きいものに実生の発生・生残率の高いものが多いこと、種子の豊凶と実生発生の良否にズレのある樹種にシードリングバンクを形成するものが多かった。溪畔林で林冠ギャップ面積の解析とともに特徴的に出現するトチノキの根返りピットとマウントに発生した稚樹の調査を行った<sup>4)</sup>。雪に影響されて高木性広葉樹種群叢と草本類が優占する植生群のモザイク的棲み分けを認めた<sup>3)</sup>。高木種の最大個体と直径分布型を指標するHubbel's Skewnessを用いた二次元座標分析から、溪畔林には中位のサイズに達する種で小径の多数の個体のある種が特徴的に含まれており、通常のギャップ依存でなく、洪水や土石流などの攪乱に適応していることが分かった。種多様性は段丘上で低く、溪畔域で局所の変動が大きかった。

茨城県小川試験地のブナ林のアイソザイム分析から、ブナに自殖ないし近親交配があり、イヌブナでは株が同一クローンであることを確認した<sup>5)</sup>。アイソザイム分析から、アカシデ（風媒花）とコシアブラ（虫媒花）とも任意交配により成立した集団であるが、風媒花であるアカシデ集団では種子散布あるいは花粉飛散の過程で親木の近くに次の世代が集中して生育している可能性が示唆された<sup>6)</sup>。ブナ集団の遺伝的変異をより詳しく解析する手法として、RAPD法によりDNA多型を個体レベルのマーカーとして使えることを確認した。コナラとミズナラの3酵素、3遺伝子座分析では、各集団が遺伝的変異をもっていた。コナラは任意交配集団であること、ブナ成木2本の周囲の稚樹群には特定遺伝子の集中分布が認められた。繁殖様式の異なる近縁のブナとイヌブナの違いを生活環グラフと推移行列で整理でき、個体群の変動を推定・予測する手法の開発の手がかりを得た。また、コナラの開花以降実生にいたる消長が明らかになった。同試験地のギャップ形成に台風が関係しており、形成速

度は0.43個/ha/y, 28.2m<sup>2</sup>/ha/yであった。高木・亜高木別の直径分布による個体群構造分類と分布相関のクラスター分類から、主要構成樹種の生態的地位を整理するとともにギャップ形成を中心とする現存量の収支、微細環境の把握などギャップダイナミクス理論を総合的に組み立てる知見を得た。ギャップ形成実態と更新稚樹の組成や出現パターンの解析を行い、ギャップと周辺の気温環境を支配する要因として日射と放射冷却を指摘した。森林の回転率を決定する要因として重要なギャップを空中写真を利用して広範囲、時系列的に把握・推定する手法を開発し、森林の安定性解析に応用した<sup>7)</sup>。また、A<sub>0</sub>層が森林の微気象に与える影響をモデルによって解明した<sup>8)</sup>。

個葉光合成モデルの各種パラメータ決定のための生理的・形態的要因解析手法が向上し、光、水熱環境への順化・適応過程のモデル化が進んだ<sup>9)</sup>。林内の太陽光由来のエネルギー放射スペクトルを作成した波長別放射伝達モデルを基に高精度で推定できた。木本と草本での最大光合成速度の窒素含量依存性RuBPカルボキシラーゼ含有量の解析で、木本種の方が光合成速度が小さく、それは細胞間隙からRuBPカルボキシラーゼの二酸化炭素拡散抵抗が大きいことが原因であった。

広葉樹の中で特徴的な生態系であり、また資源としても有用なミズメ林の更新過程解析でミズメ純林の成立にササを中心とする林床が関与している。タブノキ、シラカバ、ポプラの休眠特性から産地間に生態変異の存在が分かった。先駆樹種であるミズメ林は特殊な条件の中で安定して存続するが、中国、近畿、北陸、東海の14の山岳では氷ノ山と異なり、いずれも小群生であった。氷ノ山の湿原で花粉分析とプラント・オパール分析を行って山頂周辺の植生の変遷を推定し、ミズメ林の成立利用を考察した。

クラスターを構成するスグジイの樹冠構造解析で、葉量の垂直分布量を非破壊的方法で推定できた。葉量垂直分布をワイブル分布によりモデル化し、葉面積サイズと相対光強度の大きさがほぼ比例した。また、同じスグジイ林の斜面上に分布する林床植生間に養分含有率の顕著な差があった。樹木の分枝構造を反映した樹形モデルで林床の光環境を推定した。樹冠の枝・葉でつくられるクラスターは明るいところほど大きく落葉率も高かった。光合成速度の温度依存性測定システムを開発した。高知県のスグジイ林で林床植生の養分特性変動パターンを主要養分ごとに把握した<sup>10)</sup>。常緑広葉樹林伐採後の出現種数は尾根より斜面下部で多く、萌芽性樹種の割合は尾根で高かった。

基盤技術では、総合測樹装置を用いて樹冠形の立体画像を作成する手法を開発し、林内照度、樹冠表面積の算出、隣接木の影響の把握といった天然林の動態に関する事象の分析が容易になった。また、リモートセンシング技術を利用した開葉、落葉の時期の推定ができることが分かった。森林の構造、変動を数理的に取り扱うモデルの開発では、樹冠を立体表示し、任意の方向から陽陰樹冠に分けてシミュレートする手法を開発した。また、熱帯雨林に種数が多いことを説明する仮説を更新モデルに適用して、季節性のあることが多数種の共存に寄与し、生育不適期間が長いことが共存を困難にしていることを明らかにした。生物集団情報の処理技術では、三次元データ表示手法を用いて林冠木伐採によってできたギャップ及び残存木を立体表示すること、これら林木をつくる任意の入射光による林床に投ずる影の表示、樹種別・光条件別成長率を考慮した4、8年後の群落の成長シミュレーション結果の表示技術を開発した。広葉樹の適応における最適制御モデルでは、亜高山帯の縞枯れモデル、種多様性、森林変動パターンにゲーム理論を応用して数理モデル化した。森林生態系の測定情報処理のため、地形測量情報と樹冠分布情報の三次元BASIC処理プログラムを作成した結果、調査地上の立木の立体的配置図と主要樹種個体群の各種パラメータを効率的に得るなど良好な成果を得た。23%択伐により林床の相対照度は1.3%から20%となったが、伐採木の分布の偏りにより林内の光環境にバラツキがみられた。綾試験地の微地形と土壤

型の分布を明らかにした。ギャップ内の夏期の光子密度の到達率はギャップサイズにはほぼ比例し、生育期間中の大半を占め、ギャップ内の実生や低木叢も光子密度に対応した樹高成長をすること、萌芽由来のものは前生樹より光環境の影響を受けにくいことが分かった。

#### 森林生物制御サブチーム

森林遷移制御サブチームと同じ研究課題の中で研究を行い、その成果は以下のとおりである。

北方広葉樹林で重要なミズナラの堅果に寄生する主要昆虫はシギゾウムシ類、サンカクモンヒメハマキで、種子生産の乏しい林分での寄生率が高く、種によって食害の程度に差があった<sup>3)</sup>。ミズナラの堅果の発芽能力を著しく低下させるヒメハマキとゾウムシ類の発生の周年経過を明らかにした。ヒメハマキは土中で二冬以上過ごし、成虫出現が3年目以降であって、その長期間の不揃いな休眠性とミズナラ種子生産量の年変動の同調が示唆された。イタヤカエダの当年生実生は上木に同種の木があることにより食害を多く受けた。ヤチダモの稚樹はアブラムシの加害により枯死、上半枯れを起こし、アオダモの稚樹は上木から離れるにつれてアブラムシのゴール発生が減少した。

東北のブナの成熟果実に感染しているいくつかの菌類は果実の未熟落下と関係がある。ブナ林の稚樹の本数密度が高くなるほど糸状菌による立枯病が影響している。ブナ林では、1年生稚樹は当年生稚樹に比べて枯損率は少ないが、積雪による折れ、冬芽の枯死、小動物による幹の切断などが消失原因であった。また、ブナシャチホコが樹冠部を破壊する重要な役割を果たした<sup>3)</sup>。ブナの当年生実生は芽生え直後の2か月に集中して枯死し、枯死要因は当年生で4種類、1年生で3種類に類別され、病気では立枯病が主要であった。トチノキ当年生実生の枯死原因を明らかにした。ブナノキ当年生実生の立枯病個体から分離した *Collectotrichum dematium* の病原性を確認した<sup>3)</sup>。土壤環境特性として谷上部で窒素無機化速度が高かった。土壤酵素活性の測定で、沢沿いでのβ-グルコシダーゼの分泌は主に細菌によることが分かった。広葉樹9種の落下前種子の虫害率を明らかにした。ブナ・イヌブナの虫害による種子落下時期は開花から種子の結実過程が種子により異なるためそれぞれ異なることが分かった。伐採地の土壤動物は原生林のほぼ半分のグループ組成で、多様性が劣っていた。オヒョウの種子をエゾノミゾウ、ホウノキの花芽をナカジロネグロエダシヤク、種子をオオナミモンマダハマキ・イボアナアキゾウムシがそれぞれ食害した。

小川試験地では、外生菌根菌50種が確認された。これらには垂直的なすみわけのほか、F、H層での種間競争がみられた。また、外生菌根菌で水溶性栄養塩類濃度が高く、植物の成長に寄与していることが示唆された。広葉樹林内で養分吸収に重要な役割を果たしている菌根菌の種類を明らかにした。

樹種選択性が強いエゴノキタケ、カワウソタケについて寄生樹であるエゴノキ、サクラのメタノール抽出成分が菌類の成長促進に効果があることが分かった<sup>3)</sup>。ネズミによる種子運搬距離はギャップの外よりもギャップ内で短く、活動は不活発であった<sup>11)</sup>。白色腐朽型コロニーをつくる菌を持つ有機層では、夏秋に陽イオン濃度が極めて高く、陰イオン濃度が低かった。カワウソタケは高温で発芽率が高く、サクラ木部の熱抽出物で発芽が促進された。この抽出物はカワウソタケの寄生菌 *Trichoderma harzianum* 分生胞子の発芽抑制に効果があった。寄主特異性の高いエゴノキタケの保存菌株と野生株を使用した成長試験、担子胞子の発芽試験の結果、エゴノキタケの温水抽出物、その後のメタノール抽出物に菌糸の成長促進効果、また温水抽出物に発芽促進効果を認められた<sup>3)</sup>。落葉広葉樹林の土壤微生物バイオマス及び土壤溶液に含まれる栄養塩類濃度を考案した測定法で調べた結果、攪乱の程度により大きく変化した。異かけ法による記号放逐法で野ネズミ相、頭数、繁殖期などを把握した<sup>3)</sup>。外生菌根菌の広がりを4年間追跡し、根粒の分布とともにマップ化した<sup>3)</sup>。

孤立化した森林の更新は林内で生産される種子だけに頼っているが、シラカシ、アラカシでは種子の成熟を遅らせ、多量に結実することによって、マテバシイでは堅い果皮の発達によって種子昆虫の侵入を軽減させる。

生態系における微生物や小動物は森林の更新にとって重要であるが、常緑広葉樹林でみられた腐朽菌の60%が未同定のものであった。また、絹皮病がうっぺいした環境下では樹木の淘汰に重要な影響を与えていることが推定された<sup>3)</sup>。シイ、カシ林での昆虫による立木被害には大きなバラツキがみられ、シギゾウムシ類が種子を加害していた。コジイを主とする遷移途上の常緑広葉樹では、絹皮病やアナタケ、成熟林分ではコフキサルノコシカケなどが関与している。常緑広葉樹林では、ギャップ形成に重要な腐朽菌である絹皮病の病原性を実験的に確認した。台風19号による風倒では、虫害痕のあった風倒木は全体の2%程度で、今回のような極端な強風の場合は生物要因はあまり関与しないなどの知見を得た。九州の綾試験地における立木害虫ではカシノナガキクイムシが最も多く、加害樹種はウラジロガシ、アカガシ、マテバシイが特に多く、加害樹種の80%を占めた<sup>3)</sup>。カシ・シイ類種子を小種子多産タイプと大種子少産タイプに分け、動物による被害の影響を比較した結果、小種子多産タイプでは種子の結実量が大型種子少産タイプでは種子サイズが個体群の再生産に関与していた。常緑広葉樹種子の散布確立は成木の多さと同様でないこと、種子被害率は成木が多い種で高いことが分かった。生立木を加害するカシノナガキクイムシの発生消長、繁殖率、性比など明らかにした。絹皮病の接種試験で地際直径10mm以下のコジイは接種後5か月で約12%が枯死し、6か月後の苗木に対する被害は日庇陰条件下で高かった。

鳥類による種子散布が精査された<sup>11)</sup>。

基盤技術では、以下のような成果を得た。

ブナ林で食葉性昆虫の被害を評価する方法として、林内相対照度による推定が可能であること、またランドサットデータの近赤外バンドを利用してブナ大量枯損地域の判別ができることが分かった。種子食ネズミ類の行動は夜行性であることを実験的に確かめた。ブナ林帯での食葉性昆虫であるブナアオシャチホコの食害度の判別に林床の積算照度が有効である。ブナアオシャチホコの食害地判定で、ランドサットデータが有効であり、全天空写真では開空度が約15%以上までの食害が進まないと判定できない。また、ブナ林の食葉性昆虫が葉を食いつくした時の落下糞量は200~250g/m<sup>2</sup>であった。

小川試験地で、ネズミ類の人工巣穴を設置して行動を調査して、貯蔵種子量(主としてコナラ類)、行動範囲(少なくとも20m)が明らかになった。

(田村 弘忠)

## 文 献

- 1) 太田誠一, 真田 勝, 真田悦子: 堆積腐植層が表層土壌の水熱環境に及ぼす影響評価, 日林論, 104, 375~376 (1993)
- 2) KOIKE, T., TABUCHI, R., FFJIMURA, Y., KITAO, M. and LEI, T.: Ecophysiological differences between the seedlings and saplings of ash and kalopanax, two mid successional species., International Workshop on Forest Dynamics and its Mechanism, Abstracts, 41, September 7-9 (1993)
- 3) 「生態秩序」森林生態系チーム: 現在の森林, そして将来の予測—長期モニタリング研究—, 森林総合研究所, 47pp.(1993)
- 4) OSUMI, K., TAKAHASHI, K. and SUZUKI, W.: Regeneration of a riparian forest, regarding its natural disturbance regime. International Workshop on Forest Dynamics and its Mechanism, Abstracts, 25, September 7-9 (1993)
- 5) 北村系子, 奥泉久人, 関 剛, 新山 馨, 白石 進: アイソザイムによるブナ・イヌブナ個体群の繁殖様

- 式の検討, 日生態会誌, 42, 61-69(1992)
- 6) KITAMURA, K., OKUIZUMI, H., SUZUKI, W. and SHIRAISHI, S.: Hardy-Weinburg equilibrium with allozyme loci among natural population of *Carpinus laxiflora* in Ogawa Forest Reserve, Central Japan. J. Jpn For. Soc., 74, 346-349 (1992)
  - 7) 森沢 猛, 大谷義一, 溝口康子: ギャップとその周辺の気象特性 (I) - 日射と地温・気温の変化について -, 日林論, 104, 723-724 (1993)
  - 8) 溝口康子, 大谷義一, 森沢 猛: A<sub>0</sub>層が地温に与える影響について, 日林論, 104, 751-752 (1993)
  - 9) HIKOSAKA, K., OKADA, K., TERASHIMA, I. and KATOH, S.: Acclimation and senescence of leaves: Their roles in canopy photosynthesis. Photosynthetic responses to the environment (H. Y. Yamamoto & C. M. Smith, eds), Amer. Soc. Pl. Physiologists, 1-13 (1993)
  - 10) 平井敬三, 川崎圭造, 加藤正樹: スダジイ二次林の立地環境 (I) - 土壌微生物相による検討 -, 日林論, 104, 355-356 (1993)
  - 11) KOMINAMI, Y., TANOUCHI, H. and SATOH, T.: Seed dispersal by birds and seedling survival of *Daphniphyllum macropodum* in an old-growth evergreen broad-leaved forest., International workshop on Forest Dynamics and its Mechanism, Abstracts, 16, September 7-9 (1993)

## 木質系新素材による高強度・高耐久環境調和型架構技術の開発

### 1. 背景と目的

国民の消費傾向における高級化, 自然志向により, 「木」に対する嗜好は近年高まりつつある。一方, 戦後の計画的な造林によるスギ等針葉樹人工林はいよいよ成熟期を迎え, 21世紀初頭における供給可能量は, 国内需要の約40%を賅いうる約4 400万m<sup>3</sup>に達しようとしている。このような情勢のもとで, きたるべき「国産材時代」を現実のものとするため, これら人工林材の需要拡大を図ることが急務となっている。

本研究では, 都市景観のアメニティ向上に寄与し, かつ, 1件当たりの木材使用量も多大となる大建築物, 橋梁等の大架構を研究対象に, 高強度・高耐久性の付与を主な目標とした素材加工・防腐・接合技術や, 完成後の安全な維持管理のための非破壊評価法等, 木構造の性能を一層向上させる大架構技術を開発し, 国産針葉樹人工林材の需要拡大を図ることを究極の目的とした。

### 2. 経過

本研究は平成2~4年度の3か年間, 農林水産技術会議特別研究として実施され, 研究組織としては森林総合研究所木材利用部の材料性能, 構造性能, 接合, 集成加工の4研究室, 木材化工部の防腐研究室, 並びに生産技術部の林道研究室の計6研究室が参加した。

研究は次の三つの大項目から成り立っている。

1. 高強度・高耐久性部材及び接合法の開発
2. 高強度・高耐久構造の開発
3. 高強度・高耐久, 環境調和型架構の設計指針の作成

### 3. 研究成果

#### 1) 高強度・高耐久性部材及び接合法の開発

自然景観等の周辺環境に調和した大架構を構築するためには, 丸太, 製材品, 集成材, 複合材など多様な材料の供給と確実な接合方法の整備が要求される。このため, 丸太や製材品の使用状態に応じた強度性能評価技術,

集成材や複合材の効率的な製造技術と耐久処理技術、並びに高強度・高耐久性の接合技術など大架構の基盤となる技術について検討を加えた。

写真1に示すような大断面素材の含水率1%の変化に対する曲げヤング係数係数の変化は、平角で1.06%、丸太で0.78%であった。また、含水率1%あたりの曲げ強さの平均値の変化率は、平角で0.77%、丸太で0.71%であった。大断面素材の曲げヤング係数は、丸太：たいこ材 edgewise：たいこ材 flatwise：正角との間に1.13：1.20：1.03：1.00の関係が得られた。丸太、たいこ材縦使いでは製材の30%～20%程度増しの許容応力度が与えられる可能性が示された。なお、乾燥による割れが曲げ強さに及ぼす影響は認められなかった<sup>1)</sup>。

ひき板を直交させて積層接着した床版の寸法安定性及び強度性能は極めて良好であり、ひき板の予備加熱を適用すれば、従来にない高速で直交積層板を製造することが可能であった。大断面部材をFRP板挿入ガセット接着法によって接合すると、従来のボルトや金物の接合に比べて、変形・強度両面で格段に効率のよい接合が可能であり、接合部の設計・施工方法を工夫すれば、従来にない新しい意匠・構造を創造することができる可能性が見いだされた<sup>2)</sup>。

ラミナの防腐処理が接着性能に与える影響としては、クレオソート油では接着力の低下、CCA（クロム・銅・ヒ素化合物）では接着耐久性の低下が認められたが、DDAC（アルキルアンモニウム化合物）では明確な接着性能の低下は認められなかった。また、CCAでは薬剤注入によりラミナに狂いが生じ、厚いラミナでは従来の圧縮圧力で圧縮しきれない様子が観察された。このラミナの狂いを矯正するとともに、防腐薬剤に付着したほこり等の接着阻害物質を除去し接着性能を向上させる方法としては、プレーナー処理が有効であった<sup>3)</sup>。

炭素繊維複合材料ケーブルを木口から木材中に挿入し、エポキシ樹脂を充填する接着接合部の引張強度は最大9200kgfで、ケーブル末端をほくして樹脂とケーブルの接着面積を増やすと、最大荷重がさらに増大した。引張力を受ける柱脚、トラス部材などの接合に有効な方法となることが確認できた。

孔明き鋼板をエポキシ樹脂接着剤で接合する方法で、実大規模の集成材継手試験体を作成し、写真2のような曲げ強度実験を行った。初期剛性、強度性能は高かったが、粘りは認められなかった。曲げ強度に関する接合効率は、鋼板に開ける孔の数の増加に比例して向上し、孔なしで54%、1列開孔で59%、2列開孔で69%、3列開孔で73%であった<sup>4)</sup>。

## 2)高強度・高耐久構造の開発

大荷重、動的荷重に対して、強度的に安全な大架構の設計法を検討し、実大部分実験によって設計手法の妥当性を検証した。また、設計した架構の強度を長期的に持続させるために、施工時及び完成後における防腐処理法

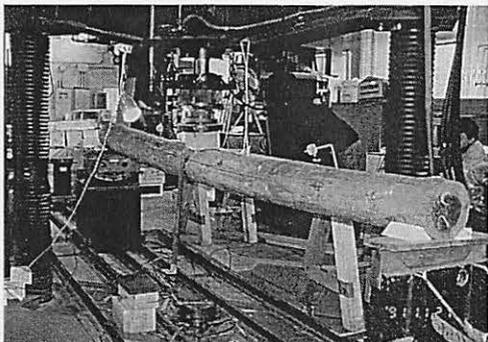


写真1 大断面素材（丸太）の実大曲げ強度実験

を開発するとともに、超音波等を用いた非破壊的手法による劣化診断技術の適用を検討した。

交差デッキボードを床版とし、集成材の主桁と接着して全体を合成桁とする歩道橋（スパン10m）を試設計したところ、従来の方法と比べて主桁の断面は55%に節約できることが分かった。また、集成材のフランジと合板のウェブからなるボックスビームを主桁に用いる自動車橋（2等橋）は、約35mのスパンが可能であることが分かった。この場合、充実断面の集成材の桁と比べると、集成材は約50%の節約が可能となる。

ダイアフラムの強度は、例えば厚さ18mmの合板を使用した場合、約5tf/mの許容せん断耐力が得られ、それを水平構面に利用すると、強度的には300mを超える耐力壁間距離とすることが可能であることが分かった。ダイアフラムを3次元的に構成した折板屋根や半円筒形シェルの基本的構造設計法を策定した。

写真3に示す実大半円筒形ダイアフラムシェルの水平加力試験の結果、その剛性・強度は非常に優れており、それらは解析的に予測可能であることが分かった<sup>5)</sup>。さらに高強度ダイアフラムユニットの仮動的応答実験の結果、釘打ちの場合は実際の地震に対して優れた耐震性を有すること、また、接着剤併用の場合は、エネルギー吸収性は劣るものの、それをカバーするだけの強度を有しており、耐震性に関しては釘打ちの場合より優れていることが分かった。

木材の劣化診断へのサーモグラフィ法の適用を調べた結果、試験体を十分冷却あるいは加熱することによる熱流発生過程の下で、表面穿孔や割れの検出は可能であるが、内部空洞、White pocket腐朽(程度大)、褐色腐朽(程度中・大)の検出には限界があることが分かった。

木材の腐朽速度は温度上昇によって増大するが、温度変化があると、一定温度の試験結果よりも腐朽速度が遅い場合が多かった。木材を水平にコンクリート上に置いた暴露条件は、野外杭試験における接地条件と耐用性に大差なかった。構造的には、水の滞留をできるだけ避け、コンクリート埋め込みはしないこと。やむを得ず埋め込む場合はCCAのような効力の高い防腐剤を使用する必要がある。塗布系薬剤では、割れの影響で耐用限界以前に効果を失う場合があった。また、全ての塗布系薬剤で一定期間後の再処理が必要であると考えられた。その場合の再処理サイクル(2~7年)を薬剤ごとに整理した。加圧用防腐剤であるDDACの場合、金属腐食量がCCAよりやや高い値を得た。

### 3)高強度・高耐久、環境調和型架構の設計指針の作成

屋外での使用を前提とし、あるいは、従来の構造規模を超える高強度・高耐久木質架構の材料選別、部材加工、接合加工、設計、施工等にかかわる個別の技術問題を抽出し、それに対処するための方策を策定した。これより、標準設計・施工指針の骨子ができあがるとともに、必要な資料が整備された。

合成写真と官能テスト法を用いて環境に調和したデザインを持つ木橋のあり方を検討した。コンピュータによる合成写真の画像は、実際の風景に比べ若干リアルティに欠けるが、景観評価試験には十分使用できた。橋の色彩に関しては、明度が低い色彩では無彩色から緑色が、明度が高い色彩では黄色が森林風景と良く調和しているとの結論を得た。橋梁の形状と森林風景との調和については、木橋と吊り橋は、他の鉄橋等に比べて美的評価

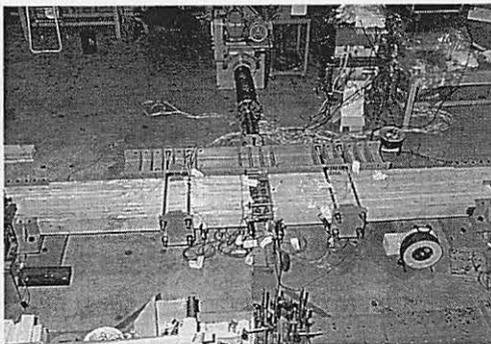


写真2 高強度接合法で接合された集成材継手の実大曲げ強度実験

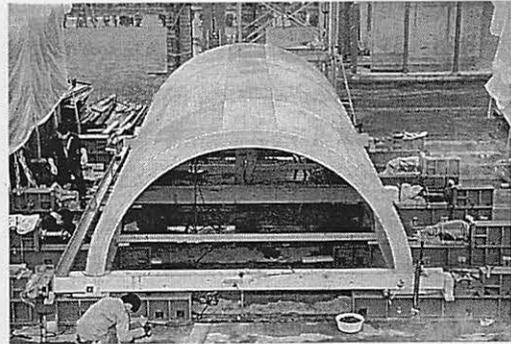


写真3 実大半円筒形合板ダイアフラムシェルの水平加力試験

が高いことが明らかになった<sup>6)</sup>。

#### 4. 今後の展望

現行の木構造計算規準では、大断面素材の強度性能に対しては何も言及していないが、本研究で得られた大断面素材の強度性能に関するデータは今後この方面での活用が期待できる。

今後、木橋や屋外構築物といった厳しい環境下で使用される木質系構築物の需要が増加するものと考えられるが、そのためには、本研究が口火を切った集成材のラミナ段階での防腐処理に関する研究を、更に発展させてゆく必要がある。

環境に調和したデザインを持つ屋外構築物並びに木質系大架構を実現するためには、本研究で示された研究成果を実際の設計、施工に利用できる内容に簡素化し、かつマニュアル化してゆく必要がある。

(小松 幸平)

## 文 献

- 1) 中井 孝, 田中俊成, 長尾博文: Non-destructive evaluation of bending properties of the flat square sawn timber, Proceedings of the 1991 ITEC, Vol.2, 236-241 (1991)
- 2) 宮武 敦: FRP 板挿入ガセット接着接合, 13回木材接着研究会合同シンポジウム講要, 7~13 (1992)
- 3) 鈴木憲太郎, 宮武 敦, 杉本吉正: インサイジング処理したカラマツ集成材ラミナのクレオソート油注入試験, 41回日本木材学会研発要, p.406 (1991)
- 4) 小松幸平, 原田真樹, 川元紀雄: 木構造のための高強度・高靱性接着接合法の開発(2) 実大継手試験体による強度性能の確認, 日建学会梗概集, 961~962 (1993)
- 5) 神谷文夫: 開口を有するダイアフラムのせん断応力計算法, 日建学会学講梗概集, 119~120 (1991)
- 6) 市原恒一, 山田 健, 豊川勝生: 森林風景に調和した橋梁の色彩, 103回日林発論, 213~214 (1992)

## 地球環境変化に伴う農林水産生態系の動態解明と予測技術の開発 農林水産生態系を利用した地球環境変動要因の制御技術の開発

### 目的

近年、二酸化炭素等の温室効果ガス濃度の上昇による地球の温暖化等、地球規模での急激な環境変動が懸念されている。このため、「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」が設置され、また気候変動枠組条約も締結された。こうした状況下で、問題解決に対する我が国の国際的貢献が強く求められている。

地球環境変化は、直接的・間接的に農林水産生態系に影響を与え、世界全体における農林水産物の供給変動等をもたらす恐れがある。このため、地球環境変化の地域性を踏まえ、地球環境変化に伴う農林水産生態系の動態を解明し、これに基づいた農林水産物の生産量・生産地域変動予測技術を開発し、対応施策に資することが緊急の課題である。

本一般別枠研究では、現在までに得られた知見・データの整理・見直しによって日本及び世界の農林漁業生産の変動予測を行う。また、地球環境変化にかかわる種々の要因のうち、光合成等において農林水産生態系と直接のかかわりを持つ二酸化炭素についてその動態を解明するとともに、環境変動に起因する農林水産生態系の変動が二酸化炭素収支に及ぼす影響の解明を行う。さらに、地球環境変化が農林水産物の生育・成長や遺伝子並びに土壌環境等に与える影響を解明する。これらで得られた知見を踏まえ、地球環境変化に伴う主要穀類等の生産量・

生産地域変動予測技術を開発することにより、対策技術の開発に資する。

本研究は、平成2年度から7年度の予定で始められたが、平成5年度から新規課題を加えて再編し「農林水産生態系を利用した地球環境変動要因の制御技術の開発」とし、終了年度を平成8年度とした。

森林総合研究所が担当する実行課題を以下に示す。

- 「林業生産物の変動予測技術」
- 「土壌-森林系二酸化炭素における炭素循環過程の動態解明」
- 「大気-林地における二酸化炭素収支の動態解明」
- 「環境変化に伴う土壌-森林系の炭素循環過程の変動予測」
- 「環境変化に伴う大気-林地における二酸化炭素収支の変動予測」
- 「デンドロ・クロノロジーによる樹木の成長変動の解明」
- 「樹木の生理機能に及ぼす影響の解明」
- 「森林及び林業生産力の変動予測技術の開発」
- 「人工林施業による土壌炭素貯留量の解明」
- 「天然林施業による土壌炭素貯留量の解明」
- 「人工林施業による炭素貯留の維持・拡大技術の開発」
- 「天然林施業による炭素貯留の維持・拡大技術の開発」
- 「林業の展開と地球環境変動の相互関係に関する社会経済的予測」

## 成果

気候要素として月平均気温、降水量、積雪量、暖かさの指数、寒さの指数を取り上げ、さらに、日本の森林を包含するおよそ3,000の市町村について樹種の地理的分布をデータベース化した。図1は現在の地理的分布を示し、図2は気候の将来予測モデルGFDLによって、森林の将来分布を示したものである。これらの図から、コナラは人為による攪乱のため日本のどこにでも見られる樹種であるが、現在の気候下では森林の優占種とはならなかった。しかし、温暖化によるブナの消滅後の森林では支配的な種となりうる。しかし、さらに将来的にはコナラ林もやがてシイ/カシ林に移移する可能性が高い、ことなどが予測された。また、花粉分析の結果、縄文時代には2000年に200kmの早さでブナの分布域が北偏していたことが明らかとなった。

スギとヒノキを材料とした育成実験から、二酸化炭素の上昇による成長促進は樹種、空気湿度によって異なった。スギのように湿潤を好む樹種では空気湿度が低い場合には気孔が閉鎖し、高二酸化炭素濃度による成長促進程度が小さいのに対し、ヒノキのように比較的乾燥に強い樹種は空気湿度が低くても気孔が閉じることなく、低湿度でも二酸化炭素濃度の上昇による成長促進が明らかだった。

森林の二酸化炭素固定量を自然状態で直接測定することは困難であったが、渦相関法の導入によって信頼度の高いデータを得ることが可能となった。クヌギ林において、樹冠上及び林床から補給される二酸化炭素の固定量は夏季の晴天日で $40\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ で、従来の間接的な予測値より大きかった。

森林から間伐などバイオマスの除去を伴う物質循環モデルを作成し、スギ林の間伐施業による現存量の不連続性を再現させた結果、実測データと良く一致した。このモデルから、スギ人工林の炭素固定量は1981年で1,399万トン、1986年では1,347万トンであった。

樹木の環境変動による成長変化を年輪内の炭素同位体比から解析した結果、過去300年間のうち、1700年代後半と1900年代初頭の2回、成長の良い時期があったと推定した。



図1 現在のブナとシイ・カシの地理的分布



図2 GDFLシナリオでの将来の各樹種地理分布

### 熱帯林の変動とその影響等に関する観測研究

当研究は科学技術庁・海洋開発及地球科学技術調査研究促進費による大型プロジェクト研究であり、その研究期間も平成2年度から平成11年度まで10年間を要するものである。言い換えれば、当研究所が90周年を迎えた今年度は前期5年を終了した後期初年と位置づけることができる。科学技術庁・研究開発局による当研究の主旨は以下のように明記されている。

熱帯・亜熱帯諸国の人口増加や生活水準の向上により、熱帯・亜熱帯林が広範囲にわたり利用され、自然環境の破壊が加速的に進んでいる。

熱帯林の減少は焼畑移動耕作、伐採、薪炭材採取、大規模な農業・鉱業開発、過放牧などが原因となっている。これらの人為的な原因により森林破壊が進行し、このため、洪水など自然災害による被害の増大、表土流出による土壌環境の悪化が進行している。さらには、これらの環境の破壊により野生動物・植物の減少などの生態系の破壊が深刻化している。また、熱帯林は森林による二酸化炭素の吸収・放出、熱・水収支に重要な役割を果たしており、地球温暖化や気候変動などの地球規模の環境変動に影響を及ぼしていると考えられている。

しかし、熱帯林の減少に伴うこれらの変動機構の解明はいまだ十分にはなされておらず、植林などの熱帯林の保全・再生技術を効果的に活用するための熱帯地域に関する科学的なデータ及び知見も不十分である。このため、植生・気候・土壌・水文等を合わせた総合的な研究を必要としており、現在進行している森林破壊が地球的規模の環境に及ぼす影響を長期にわたる観測により明らかにする必要がある。

我が国は東南アジアから丸太及び製材品を多量に輸入しており、森林資源保全の観点からも東南アジアにおける熱帯林の研究を推進し、国際的な貢献が求められている。

こうした状況を踏まえて、本研究は以下の3大課題のもとで行われる。

- I 熱帯林における植生の変動に関する観測・解析的研究
- II 熱帯林地域における諸環境の変動に関する観測研究
- III 熱帯林の変動及びその影響に関する評価研究

それでは次に、前記大課題とそれぞれの大課題に組み込まれている小課題の研究内容について簡単に紹介し、同時に研究の年次計画についても図示しておく。

#### I 熱帯林における植生の変動に関する観測・解析的研究

リモートセンシングによる植生分布の長期的変動のモニターを行うと同時に、天然林の維持機構、破壊されつつある森林及び破壊が進行した森林の変動・再生機構の解析を現地調査に基づいて実施する。

##### ① 熱帯地域の広域にわたる植生の変動に関する解析研究

広域植生データを用いて東南アジア地域の広域植生実態を解析し、植生の季節変動及び経年変動を解明する。

##### ② 熱帯林の植生の維持・更新機構に関する観測研究

開発の影響がない熱帯多雨林、熱帯季節林の更新・維持機構を現地調査・観測により解明する。

##### ③ 熱帯林の植生の変動機構に関する観測研究

伐採等の開発を受けた熱帯林の植生変動を現地調査・観測により解明する。

##### ④ 熱帯林消滅による植生の変動に関する観測研究

伐採等により森林が消滅した草原及び耕地において、生態系の変動を現地調査・観測により解明する。

#### II 熱帯林地域における諸環境の変動に関する観測研究

熱帯林の変動に伴う河川の流域変動など水文環境の変動や土壌の分解・集積・流出などの土壌環境の変動、及び二酸化炭素等の収支の変動についての機構を解明する。

##### ① 水収支の変動に関する観測研究

熱帯林の変動に伴う河川、降水、流域地表条件等を現地及び衛星データにより水収支及びその変動を解明する。

##### ② 河川、土砂等の水文環境の変動に関する観測研究

熱帯林の変動に伴う水・土砂流出等の水文環境の変動機構を解明する。

##### ③ 二酸化炭素等の収支機構に関する観測研究

熱帯林地域における二酸化炭素等の収支を地上及び航空機により観測し、その機構と変動を解明する。

##### ④ 土壌有機物の分解及び物質循環に関する観測研究

熱帯林地域における土壌物質の分解・集積を現地で観測し、森林における物質循環とその変動を解明する。

##### ⑤ 土壌環境の変動に関する観測研究

熱帯林地域での森林消滅に伴う土壌の流出、土壌成分の変動等を現地で観測し、土壌環境の変動を解明する。

# 年次計画

課題名	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	10年度	11年度	
<b>I 熱帯林における植生の変動に関する観測・解析的研究</b>											
1. 熱帯地域の広域にわたる植生の変動に関する解析研究	← 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
2. 熱帯林の植生の維持・更新機構に関する観測研究	← 森林構造, 林内気象観測, 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
3. 熱帯林の植生の変動機構に関する観測研究	← 伐採前森林調査, 林内気象観測 → 伐採後森林調査, 気象観測, 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
4. 熱帯林消滅による植生の変動に関する観測研究	← バイオマス, 植生, 気象観測, 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
<b>II 熱帯林地域における陸環境の変動に関する観測研究</b>											
1. 水収支の変動に関する観測研究	← 衛星データ解析 → 地形, 地質, 土地利用調査 → 現地観測, 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
2. 河川, 土砂等の水文環境の変動に関する観測研究	← 河川特性の調査 → 河川, 土砂等の観測, 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
3. 二酸化炭素等の収支機構に関する観測研究	← 観測システム検討 → 航空機観測 → 地上観測, 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
4. 土壌有機物の分解及び物質循環に関する観測研究	← 観測, 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
5. 土壌環境の変動に関する観測研究	← 観測, 解析, データベース化 →									← 総括 →	6年度に中間評価
<b>III 熱帯林の変動及びその影響に関する評価研究</b>											
1. 熱帯林の植生の変動の評価・予測に関する研究	← モデル開発 → 数値シミュレーション →									← 総括 →	7年度に中間評価
2. 熱帯林を中心とする炭素循環, 水循環等の変動の評価・予測に関する研究	← モデル開発 → 数値シミュレーション →									← 総括 →	7年度に中間評価
3. 熱帯林の変動による地球規模の気候へのインパクト評価・予測に関する研究	← モデル開発 → 数値シミュレーション →									← 総括 →	7年度に中間評価
<b>IV 検討委員会の開催</b>										← 総括 →	6年度, 7年度に中間評価

### Ⅲ 熱帯林の変動及びその影響に関する評価研究

I及びIIで得られた観測調査データに基づき、熱帯林の変動やそれに伴う水・炭素循環、気候への影響の評価を行う。

#### ① 熱帯林の植生の変動の評価・予測に関する研究

I及びIIで得られた観測調査データに基づき、熱帯林の植生及び環境変動について総合的評価を下し、開発の進行による変動を取り入れた熱帯林変動予測モデルの構築に向けた研究を行う。

#### ② 熱帯林を中心とする炭素循環、水循環等の変動の評価・予測に関する研究

I及びIIで得られた観測調査データに基づき、森林を中心とした水収支、炭素循環の総合的評価を下し、開発の進行による変動を取り込んだ予測モデルの構築に向けた研究を行う。

#### ③ 熱帯林の変動による地球規模の気候へのインパクト評価・予測に関する研究

I及びIIで得られる観測調査データ及びIII-①、②で得られる評価・モデルの成果を取り入れつつ地球規模でみた気候への影響を評価し、気候予測モデルへの取り込みについての研究を行う。

以上が当プロジェクト研究の大枠であり、森林総合研究所以外にも科学技術庁・防災科学技術研究所、建設省・土木研究所、通商産業省・工業技術院・資源環境技術総合研究所、運輸省・気象庁・気象研究所、農林水産省・国際農林水産業研究センター及び農業環境技術研究所など多くの省庁の研究機関が参加している。しかし、森林総合研究所はこのプロジェクト研究の主査機関を務めていることもあり、全体で12ある小課題のうち半数の6課題を担当している。そこで、これら6課題のこれまでに得られた主な成果について述べることにする。

#### I-① (現担当者：林業経営部・遠隔探査研究室長 沢田治雄)

チェンマイ西部地域における植生の垂直分布を過去数年間に撮影されたランドサットTMデータから作成されたNAVI画像を用いて調べた。一方、縮尺5万分の1の地形図の等高線から標高データを作成し衛星データとオーバーレイすることでこの地域における落葉樹林と常緑樹林の移行帯が標高700~800m地点であることを明らかにした。

#### I-② (現担当者：森林環境部・群落生態研究室主任研究官 田中 浩)

カンチャナブリ州の熱帯季節林における直径5cm以上の幼木分布実態を調査し、その密度が極めて低いこと(180本弱/ha)、また種数が非常に多いこと(100種以上/ha)を明らかにした。なお、これは熱帯多雨林と比較して、面積当たりの種多様性が低いにもかかわらず、樹木本数当たりではほぼ同等に高いことを意味している。

#### I-③ (現担当者：森林環境部・立地評価研究室長 小林繁男)

カンチャナブリ州の熱帯季節林において土壌調査を行い、当地域の土壌が通常の熱帯森林土壌と比較してA層が厚く肥沃なものである一方、表層土が硬く透水性の極めて低いという特徴を明らかにした。また、植生群落調査の結果、野生バナナ型-スターキュリア型-パウヒニア型-コロナ型-ユーパトリウム型-竹型の6タイプに類型化した。

#### II-④ (現担当者：森林環境部・土壌化学研究室長 石塚和裕)

バイオマス中の養分測定の際に基礎データとなるイネ科植物、バナナ、草本、木本の生体中水分含量を調査し、全体としてはごく通常の50%前後であるが、バナナの幹では10%以下と極めて低含水率であることを明らかにした。また、表層土壌中の根系分布量を調査し、チークの根の分布量が他のすべての植生と比較して極端に少ないことを明らかにした。

Ⅲ-① (現担当者：林業経営部・生産システム研究室長 天野正博)

国内4か所の集落を訪問し、過去の森林減少に関する村民面会調査を行った。その結果、政府が地方農民に住居用土地と農地を提供しても、土地の生産性が低く十分な食糧が得られないため、大都市へ移住する者や再び移動耕作民となる者がほとんどで、彼らが離農する際にはかつての農地を産業資本へ転売していることを明らかにした。

Ⅲ-② (現担当者：生産技術部・物質生産研究室長 石塚森吉)

熱帯モンスーン林の生育期間を5～11月、5～12月というように2種に想定した上で、年総生産速度を算出した。その結果、前者で70Mg強/ha、後方で80Mg弱/haという値が得られたが、これは日本南部における温帯林と比較してやや大きく、タイやマレーシアにおける熱帯降雨林と比較してかなり小さな値であることを明らかにした。

これ以外に主査場所として、年間数回の検討委員会を開催することとなっているが、検討委員には研究課題参加代表者以外、学識経験者として松井光瑠大日本山林会長(委員長)、佐々木恵彦東京大学農学部長、塚本良則東京農工大学農学部長、内嶋善兵衛お茶の水大学教授、大島康行早稲田大学教授、及川武久筑波大学教授、荻野和彦愛媛大学教授の方々のご出席を頂いている。

(佐々 朋幸)

### 地球科学技術研究のための基礎的データセット作成研究

当研究は科学技術庁・科学技術振興調整費総合研究「グローバル・リサーチ・ネットワーク・制度」の下で、平成5年度から5年間をかけて行われることとなっており、森林総合研究所90周年の今年は丁度その中間年と言うことになる。科学技術庁・研究開発局による当研究の全体計画及びその主旨は以下のようなものである。

地球温暖化、砂漠化、熱帯林減少等の地球環境問題の解決のためには、これらの地球環境変動のメカニズムを解明し、より正確な将来予測に基づき適切な対策を講じていくことが必要である。その地球環境変動のメカニズム解明のためには、地球科学技術研究にかかわる広範な地域における多種多様な観測データを継続的に蓄積するとともに、地球科学技術研究を行う研究者の多様なニーズに対応できるように、それら広範な地域の地球観測データを時間・空間的に統合、解析、加工し、データセットとして整備し、その流通を促進することが重要である。

特に、アジア・太平洋地域は、全地球的な気象に関する大気や海洋の諸現象が発生するほか、熱帯林、砂漠等も広く存在しており、全地球的な環境変動メカニズムを解明する上で重要な地域である。しかしながら、地球環境変動メカニズムの解明研究を推進する上で必ずしも利用し易い形で観測データ等が整っていないのが現状である。従って、我が国がイニシアティブを取って、関係諸国との協力の下に、この地域における衛星観測データ、地上観測データ、海洋観測データ等を活用して、地球科学技術研究の共通基盤となるグローバルなデータセットの作成のための研究に取り組むことが必要である。

本研究においては、このような状況を踏まえ、アジア・太平洋地域における衛星観測データ、地上観測データ、海洋観測データ等の地球観測データ等を時間・空間的に統合、加工し、地球温暖化、砂漠化、熱帯林減少等の各種地球環境変動メカニズムの解明研究等に携わる各研究者の多様なニーズに対応できるよう、地球科学技術研究の共通基盤となる水文、植生、砂漠、海洋に関するグローバルなデータセットを作成するための研究を関係諸国

との協力の下に実施することとする。

将来的には、南北アメリカ地域、欧州・アフリカ地域におけるデータセットと連携し、全地球を覆うデータセットが整備され、流通することにより、全地球レベルでの環境変動メカニズムの解明、長期気候予測の実現に資することが期待される。

次に、標記研究問題の概要及び大・中・小課題名を列挙すると同時に、森林総合研究所が担当している課題の内容について簡単に記すこととする。

## 研究の概要

アジア・太平洋地域の諸国と協力して、人口衛星等による観測データ、海洋観測データ、地上観測データ等を収集するとともに、データセット作成のためのアルゴリズム（データ処理手順）の研究開発を行い、地球科学技術研究に資するグローバルなデータセットを作成するための研究を行う。

課題の構成（森林総合研究所以外で行われるものについては課題名のみ）

### 1. 水文データセット作成研究

#### (1) 月平均降水量データセットの作成研究

- ① 月平均降水量データセットの作成及び衛星データから月平均降水量を算出する手法の開発研究
- ② 中国の降水量データの収集、デジタル規格化
- ③ オーストラリアの降水量データの収集、デジタル規格化

#### (2) 流出量データセットの作成研究

- ① 流出解析等によるデータ規格化及びデータセットの作成
- ② 衛星データによる流域特性の分析
- ③ 中国における流出量観測データの収集
- ④ タイにおける流出量観測データの収集

### 2. 植生データセット作成研究

地球温暖化において未解明な二酸化炭素等の温暖化物質の循環・収支の把握、森林変動の実態把握、森林変動が地球環境に及ぼす影響の解明・将来予測等の研究に資するために必要な森林被覆度に関するデータセットを作成するとともに、森林における炭素蓄積量の算出手法の開発、温暖化物質発生量の評価手法の高度化を図る。

#### (1) 森林被覆度データセットの作成研究

各種の衛星データを用いたリモートセンシング技術の多段処理、既存の地図データ、地上観測データによる高分解処理技術の確立を図りつつ、森林被覆度データセットを作成するための研究を行う。

##### ① 森林被覆度データセットの作成

アジア、オセアニアの数カ国を対象とし、過去の各種衛星データ及び森林分布関連情報をデータベース化するとともに、リモートセンシング技術の多段処理、既存の地図データ、地上観測データによる高分解処理を通じて解析アルゴリズムの高度化、一般化に向けた研究を行い、森林被覆度の時系列的な動態を明らかにするためのデータセットを作成する。

##### ② タイにおける衛星データ等の収集と基準点情報のデータベース開発

タイにおける最近の衛星データ等の受信・収集、地上基準データの収集を行うとともに、地図や現地踏査による座標変換パラメータ取得及びデータの変換処理を行い、データベース化を継続

する。

③ タイにおける森林の林相別分布状況及び立体構造の把握

タイにおける最近の森林の林相別分布状況を地図、現地踏査により把握する。また、大気中の炭素固定能が高い人工林資源については広範囲にわたる調査を行い、ナショナル・レベルで炭素固定能を推定できるような情報を収集する。さらに、森林被覆情報にかかわる空中写真判読及び現地調査資料のデータベース化を行い、衛星データ解析用資料も作成する。

④ 中国における衛星データ等の収集

中国における最近の衛星データ等の受信・収集、地上基準データの収集を行うとともに、地図や現地踏査からのデータについてデータベース化を行う。

⑤ オーストラリアにおける衛星データ等の収集

オーストラリアにおける最近の衛星データ等の受信・収集、地上基準データの収集を行うとともに、地図や現地踏査からのデータについてデータベース化を行う。

(2) 森林における炭素蓄積量の算出手法の開発

各国における地上観測により、林相別森林生態系のバイオマス及び土壌中における炭素蓄積量を算出する手法の研究開発を行う。また、得られたデータのデータベース化を図る。

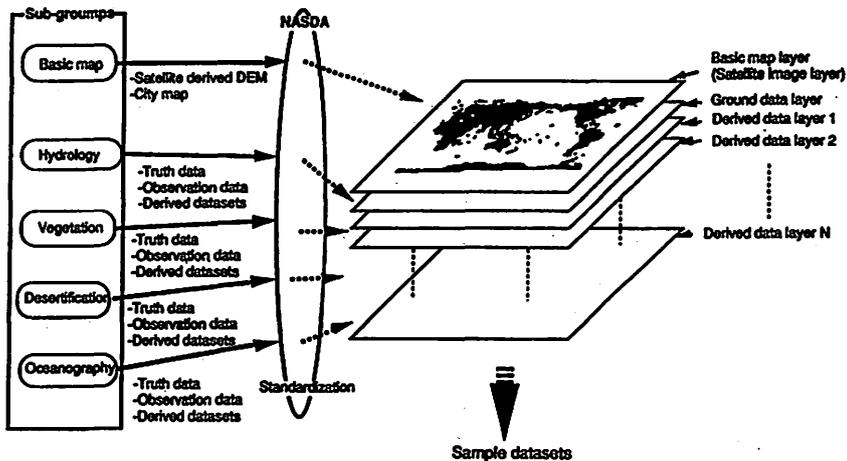
① 林相別森林生態系における炭素蓄積量等の算出手法の開発

各国の林相別森林生態系のバイオマス、土壌中における炭素固定速度、炭素蓄積量を算出する手法の開発を行う。また、得られたデータのデータベース化を図る。

② タイにおける林相別森林生態系の炭素蓄積量の基準化

林相別森林生態系における炭素蓄積量とそれに関連する既存データの収集及び現地踏査を通じた炭素貯留データの集積を行い、林相別炭素蓄積量の基準化を行う。

**Basic concept for making GRN dataset**



③ タイの森林生態系における炭素貯留の評価手法の開発

地理情報システムを用いて、地形—土壤—大気の相互作用による炭素循環のシミュレーションを行い、森林生態系における炭素貯留分布図を時系列的に作成する手法の開発を行う。

(3) 温暖化物質発生量評価手法の高度化

① 非生物的発生源における温暖化物質発生量評価手法の高度化

② タイにおける発生源別の温暖化物質発生量の把握

3. 砂漠変動データセット作成研究

① 土壌安定度等を算出する手法の開発及びデータベース化

② オーストラリアにおける砂漠に関する実態把握

③ 砂漠変動評価手法の開発

4. 海洋データセット作成研究

(1) 海色評価手法の開発

① 海洋観測の実態、衛星データ等の解析アルゴリズムの開発

② インドネシアにおける衛星データの収集、観測

③ オーストラリアにおける衛星データの収集、観測

(2) サンゴ礁診断評価手法の開発

① サンゴ礁の水質判別手法の開発

② サンゴ礁の底質判別手法の開発

③ オーストラリアにおけるサンゴ礁分布等の把握

なお、グローバル・リサーチ・ネットワーク制度による当プロジェクト研究は海外研究機関と科学技術庁からの委託を受けた宇宙開発事業団が共同研究契約を結び、宇宙開発事業団が研究全体の調整機関となって日本側研究機関と海外研究機関との間での情報及び人的交流を担保するというシステムを採っており、その概念図を前ページに示す。

(佐々 朋幸)

## 緑資源の総合評価による最適配置計画手法の確立に関する研究

森林管理計画においては、森林に対する国民の多様な要請に答えることが必要であるが、現実の森林は、多様な立地、利用目的のもとで複雑に入り組んでおり、地域の社会経済的条件も多岐にわたっている。このような中で、森林を緑資源として最も効率的に利用するための配置、管理などを計画的に行っていくための手法は未確立である。そこで、森林の持つ生産資源、環境資源、及び文化資源としての機能が相互にトレードオフ関係にあるものとして、緑資源の機能評価を行い、それに基づく緑資源の最適配置計画手法の開発を行った。

研究の対象地域は、兵庫県内の六甲地域と宍粟地域とし両地域を1kmメッシュに分割、メッシュごとの森林の個別機能の評価を行い、最終的にこれらを前記3機能に総合化をし、もっとも効率的に利用するための緑資源の配置を求めた。

各メッシュの立地環境の持つ機能の評価は、以下のように行った。緑資源のアメニティ機能は、住民や専門家

等が、緑資源の異なる質（天然林、二次林、人工林）について評価したものを機能評価式に取りまとめ、さらに実際の森林簿等のデータを評価因子に置き換え評価図を作成した。

生産資源としての立地環境評価のために、兵庫県環境基本情報データベースから地形・地質・土壌などに関連する項目を選び評価式を作成し、これらの評価値によって六甲地域、宍粟地域の生産力メッシュ地図を作成した。

水保全の観点からの評価として、水資源賦存量を取り上げ、これを算定するのに必要な蒸発散モデルを作成、これを六甲地域と宍粟地域に適用し、水資源賦存量評価値のメッシュ地図を作成した。

土保全機能は、植生区分ごとに面積当たりの抜根抵抗力を求め、崩壊防止機能の評価を行い、表層地質と斜面傾斜等を考慮した相対的な評価値を求めて、土保全としての立地環境を評価するモデルを作成し、土保全評価図を作成した。

植生自然度は、各メッシュの植生の遷移の程度と自然原生の程度及び植生の豊かさをあらわす種の多様性を推定し、植生の遷移、自然原生程度と豊かさを反映した自然植生度を求め、植生自然度評価図を作成した。

また、地域特性に応じた緑資源の最適配置及び利活用手法の研究開発に先だって、評価に必要な情報を提供できるように既存の自然環境情報（森林資源、立地環境）と社会環境情報を統一的に扱える地図情報を中心としたデータベース化技術の確立を行い、立地環境評価に担当者がデータをGIS上で取り扱えるようにした。

緑資源の地帯区分では、都市近郊林地域、里山林地域、奥地林地域の区分を、生産・環境・文化資源の観点からそれぞれの特徴をきわだたせて区分するため、森林資源情報、環境情報データ、及び緑資源到達難易度などにより、多変量解析によって機能的な地帯区分を行った。

緑資源の機能別類型区分では、森林の各機能に対する住民の評価をもとに算出したウェイト値、ならびに各機能ごと及び1kmメッシュごとに算出された立地環境評価値を用い機能別に面積配分を決定した。

緑資源の最適配置のために、メッシュごとの各個別森林機能の立地環境評価結果に基づき、シミュレーテッド・アニーリングにより近似解を得て、それに応じた最適配置計画図を作成する手法を開発した。

以上の成果に基づいて、六甲地域、宍粟地域について同地域の緑資源利用計画のあり方をまとめた（図1）。

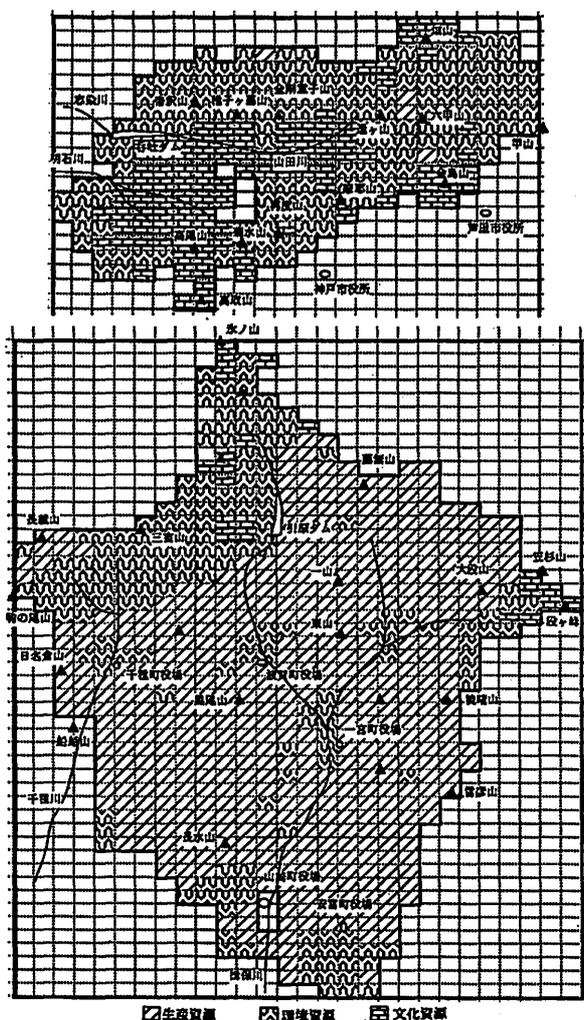


図1. 緑資源の配置計画（六甲山系(上)、宍粟郡(下)）

この研究成果は、関西支所を中心に蓄積してきた個別知識をもとに立地環境評価を行い、その総合化によって緑資源の最適配置計画を行う手法を開発したものであり、自然科学系、社会科学系のトータルな共同作業によって得られたものであって、行政機関、各種事業体の意志決定を支援するためのソフト系科学技術の集大成である。なお、本手法のマニュアルは、「緑資源の総合評価による最適配置計画手法—手法の解説」として刊行されている<sup>1)</sup>

(小谷 圭司)

## 文 献

- 1) 森林総合研究所関西支所編：緑資源の総合評価による最適配置計画手法—手法の解説，p.57 (1995)

## きのこ病害虫の発生機構の解明と生態的防除技術の開発

### 1. 研究目的

きのこは健康食品としてのイメージが定着し、シイタケをはじめ、エノキタケ、ヒラタケ、ナメコ等の生鮮きのこの需要が増大しつつあるが、これに応えるため、きのこの栽培は従来の原木栽培から周年栽培が可能で計画生産の容易な菌床栽培に移行しつつあり、今後急増する見通しである。菌床栽培は栽培舎等の閉鎖環境内で集中的に行われるため、一度病虫害が発生すると急速に拡大し壊滅的被害を受ける事例が多く、現在、ベンレート等数種の薬剤の限定的使用が許可されている。

一方、きのこは薬剤を蓄積する傾向があり、また、健康食品のイメージを持つきのこ栽培は薬剤の使用を極力抑制する消費者ニーズもあり、薬剤の使用を前提とした病虫害対策は得策でない。このため、薬剤を使用する防除技術に代わり、栽培環境の制御や天敵微生物等による生態的防除技術の開発が緊急の課題となっている。

本研究では、きのこの中でも消費量が多く、病虫害の被害が問題になっているシイタケ及びヒラタケ等を対象に耐病性検定法を開発するとともに、病虫害の発生機構を解明し、それに基づく生態的防除技術を開発する。

### 2. 経過及び成果

#### 1) きんこの耐病性検定法及び生態的防除技術の開発

##### (1) 耐病性検定法の開発

##### A. シイタケ・ヒラタケの耐病性検定法の開発

菌床栽培シイタケの害菌としてトリコデルマ類、特に、*Trichoderma harzianum* がしばしば発生しており、この菌に対する耐病性を検討した。シイタケはトリコデルマの侵害を受けると害菌に対する抗菌性物質を産生する(写真1)。その生産性とシイタケの害菌に対する抗菌性の関係を調べ、まず、シイタケの産生する抗菌性物質に未知の新成分を発見し、その単離を行い部分構造を明らかにした<sup>1)</sup>。次いで、簡易な定量法を開発し、シイタケの木粉培養と液体培養で生産性が大きく異なることを解明し、さらに抗菌性物質生産性の系統間差の検討を進めている<sup>2)</sup>。

シイタケのトリコデルマに対する耐病性の生物的検定法として、シイタケ小菌床にトリコデルマ胞子を噴霧接種し、病害の発生程度を調べる噴霧接種法<sup>3)</sup>と両口試験管の木粉培地を用いる対峙培養法とを検討した。前者では胞子量や菌床の組成、胞子噴霧後の条件等を検討し、かなり安定した結果が得られる様になった。後者では接種の仕方、測定の方法等を検討している。両方で得られた結果は一部で食い違いもあるが、大略一致した。

ヒラタケでは細菌 *Pseudomonas tolaasii* の起こす子実体等の病害害が重要である。*P. tolaasii* は培地中に毒素

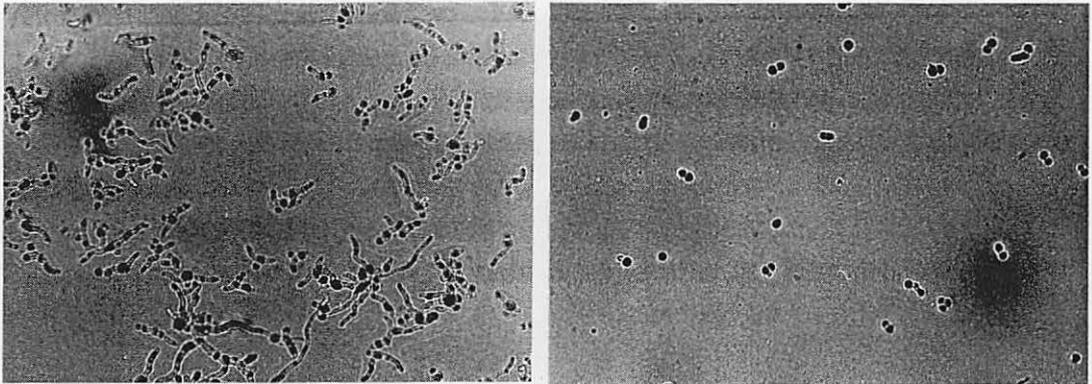


写真1 シイタケ (*Lentinus edodes*) にトリコデルマ (*Trichoderma harzianum*) を感染させて得られた培養ろ液の *T. harzianum* 胞子の発芽抑制試験 (36時間後)  
無処理の培養ろ液には胞子発芽を抑制する効果はないが、感染処理した培養ろ液 (右) には抗菌性物質が含まれているため胞子発芽が抑制される。

を生産し、この毒素処理により、細菌処理と類似した病斑を形成することが知られている。そこで菌糸の毒素処理による成長阻害の程度を調査し、子実体発生初期における細菌の噴霧接種による子実体生産量の減少量との関係を調べた結果、相関性が認められ、毒素によるスクリーニングが可能なが分かった<sup>4)</sup>。

## (2) 害菌の生態解明

### ア. 真菌類の病害の同定、生態の解明及び簡易診断法の開発

シイタケ菌床栽培から *Trichoderma harzianum* 及び *T. sp* が分離された。*T. harzianum* は接種室、培養室から浮遊落下菌として分離され、菌床からも分離されたが、埃等の落下浮遊物に付いて混入したものと推定された。*T. harzianum* は他の分離されたトリコデルマ属やペニシリウム属の害菌に比べシイタケに対する病原性が強かった<sup>5)</sup>。

ヒラタケの菌床からは *Penicillium brevicompactum* 等のペニシリウム属菌、*Cladosporium cladosporioides*, *Botrytis cinerea*, *Apiospora montagnei* 等が分離され、エノキタケの菌床からは *Cladobotryum varium*, ペニシリウム属菌、*Cladosporium cladosporioides*, ケカビ目の菌等が分離された。

ヒラタケ、エノキタケ、ブナシメジ、シイタケの栽培施設の浮遊落下菌として *P. brevicompactum* などペニシリウム属菌や *Cladosporium* 属菌が浮遊落下菌として高い頻度で分離された。また、前三者の菌床からは *P. brevicompactum* が共通して分離された。

対峙培養ではヒラタケやエノキタケを侵害する害菌は見られなかった。

## (3) 病害の生態的防除技術の開発

### ア. きのこと害菌の相互作用の物理的・化学的要因による変動の解明

菌床栽培シイタケのトリコデルマ病害について検討を行った。初めに菌床栽培の病原菌の収集を行った。次いでシイタケの菌糸伸長の温度依存性、トリコデルマの胞子発芽率の温度依存性、pH 依存性、菌糸伸長の温度依存性を明らかにした。シイタケ菌床の皮膜の表面におけるトリコデルマ菌の伸長を各種条件下で検討した結果、19℃までは胞子発芽が抑えられること、22℃でも胞子発芽がわずかに有ることが明らかになった。また、栄養剤として米糠を含む菌床の方がふすまを含むものより胞子発芽を抑えること、菌床表面の子実体発生痕で害菌が伸

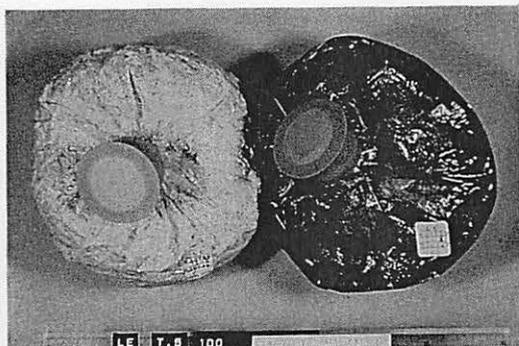


写真2 トリコデルマによるシイタケ菌床の病害  
左：健全菌床 右：罹病菌床

長し易いこと等が分かった。

#### イ. 環境制御等による病害防除技術の開発

シイタケのトリコデルマ病害とヒラタケの子実体黄褐色変色病（病原菌 *Pseudomonas tolaasii*）の病害について、これまでの生理的、生態的検討結果を踏まえて環境制御等による病害防除技術を開発した。

シイタケ菌床にトリコデルマ胞子を噴霧接種後、湿度と炭酸ガス濃度を変えて病害の発生程度を調査した。

ヒラタケ子実体黄褐色変色病病害の環境依存性を細菌接種後の条件を温度（13～25℃）、湿度（80～95%）、

炭酸ガス濃度を変えて検討したが、病徴発生の違いは見られなかった。また、細菌の培養条件による毒素生産性の違いを明らかにした。さらに、本細菌の種々の性質を解明した<sup>6)</sup>。

## 2) きのご害虫の生物的防除技術の開発

### (1) 害虫の生態と発生環境要因の解明

#### ア. 害虫の生態及び病害との関連性の解明

クロバネキノコバエの発育と温度（15～26℃）の関係を調査した結果、26℃で卵と蛹の発育の遅滞が認められたが幼虫は高温ほど早く発育した。また、雄は雌より早く発育する傾向が見られた。発育の有効積算温度を求めた結果雌では405.10日℃、雄では368.45日℃だった。

産卵行動を調べると、ニホンホソオオキノコムシの二回越冬した一化成虫は三月上旬から七月上旬まで産卵し、八月上旬死亡し、セモンホソオオキノコムシの二回目の越冬を終えた二化成虫は産卵せず三月下旬に死亡した。前記二種のオオキノコムシは柵場のコナラ樹皮下で越冬する事が観察され、ニホンホソオオキノコムシはコナラ樹皮下で夏眠する事が分かった<sup>7-8)</sup>。冬眠、夏眠中の虫は病原糸状菌の感染を高率に受け死亡していた。

きのご害虫の虫による媒介の可能性を検討するため栽培舎中のハエの体表面の微生物量と浮遊落下物中の微生物量との関係を調べ、細菌・糸状菌ともに両者が相関していることを見いだした。糸状菌では *Penicillium* 属菌、*Verticillium* 属菌が多く検出された。

#### イ. 害虫の発生環境要因の解明

マッシュルームの栽培農家でシート付ライトトラップによりクロバネキノコバエ (*Lycoriella mali* と判明) を捕獲し、ハエの発生量の経時変化を調べ、同時に栽培舎の温度変化を調査した。これらの結果の解析から、このハエの発生動態を明らかにすることが出来た。また、ハエの野外における消長を明らかにして、このハエの被害が千葉県では十二月においても発生の可能性があることを明らかにした。また、シート付ライトトラップがこのハエの防除に使用し得ることを明らかにし、このトラップの特許出願の契機となった。

菌床シイタケの栽培舎においても、同様にトラップによるクロバネキノコバエ成虫の発生消長と発生舎の温度の変化を調査した。この場合には、同時に、菌床中の幼虫の数とその分布を調べた。これらの結果より、このハエの発生動態を明らかにした。又、菌床の休養中に多くの虫が侵入することが推定された。

以上の結果から、このハエの防除指針の作成が可能になった。



写真3 セモンホソオオキノコムシ(成虫)

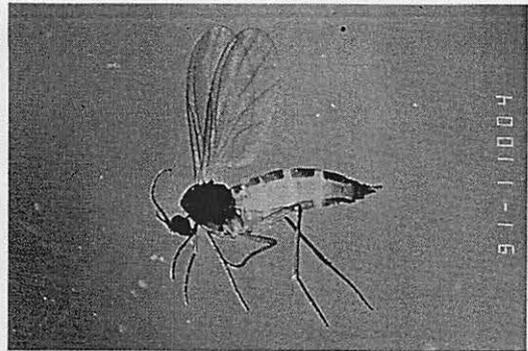


写真4 ツクリタケクロバネキノコバエ

## (2) 害虫の生物的防除技術の開発

### ア. 性フェロモン等生理活性物質の単離・同定

シイタケオオヒロズコガの未交尾雌成虫へキササン抽出物をFID, EADを検出器としてGC分析し、フェロモン活性を持つ画分を得た。未交尾雌の産卵官抽出物を検討し、炭素数16の一級アルコール酢酸エステルが溶出する時間帯に反応を検出した。試作した改良オルファクトメーターを用いセモンホソオオキノコムシの誘引物質の検討を行った。生シイタケ、戻し乾シイタケの酢酸エチル抽出物はそれぞれ特定の量で強い誘引性を示した。生シイタケの主要揮発成分である1-octen-3-olも誘引性を示したが、主要誘引成分とは決定できなかった<sup>9-10)</sup>。

クロバネキノコバエのマッシュルームによる飼育は線虫の発生や腐敗により成功しなかった。ミズゴケを加えた酵母抽出物培地で培養したヒラタケでは三代にわたって継続飼育できたが大量飼育には至っていない。*Lycoriella mali*の性フェロモンと同定されているヘプタデカンの効力は確認されなかった。また、*Lycoriella mali*の雌成虫のへキササン抽出物にはヘプタデカン検出されなかった。

### イ. 天敵微生物の検索と病原力の検定

シイタケオオヒロズコガから*Paecilomyces sp.*, *Mariannaea sp.* など9菌株の糸状菌が分離され、セモンホソオオキノコムシから病原菌*Paecilomyces lilacinus* 一株が分離された。これらのうち、*Paecilomyces* 属菌3株、*Mariannaea* 属菌1株についてシイタケオオヒロズコガに対する病原性を調査した結果いずれも病原性を示した。さらに、*Mariannaea sp.* の分類学的検討を行った<sup>11)</sup>。

*Beauveria bassiana* の一菌株はセモンホソオオキノコムシに全く病原性を示さなかった。

オオキノコムシ類の成虫の死体から、不完全菌*Hirsutella jonesii* が分離された。この菌はニホンホソオオキノコムシ、セモンホソオオキノコムシの雌雄成虫から分離された。死体のほぼ半数以上からこの菌が分離され、オオキノコムシ類の主要な天敵微生物と考えられた。

### ウ. 生理活性物質・天敵微生物の利用による害虫防除技術の開発

マッシュルーム栽培舎栽培ベッドからクロバネキノコバエ*Bradysia paupera* が初めて確認された。

シイタケオオヒロズコガ未交尾雌成虫によるトラップを用いたところ多数の雄成虫がトラップされ、性フェロモンが非常に有効なことが分かった。

試験地で夏眠中のニホンホソオオキノコムシから高頻度で*Hirsutella jonesii* が分離された。8月中旬から10月中旬まで野外で採集された死亡虫はほとんどこの菌によるものであった。

### 3. 今後の展望

現在、中国等の安いきのこが大量輸入されているがこれらは品質が劣り、国内で高品質のきのこを生産することが輸入きのこに対抗する道と考えられている。輸入きのこの品質で懸念されることに農薬等薬剤による汚染の問題があり、国内生産では是非それを避けることが望まれ、その意味で本研究は誠に時宜を得たものであった。

本研究により、病害では真菌類、細菌による病害の生態が解明され、生態防除の基礎が作られた。また、耐病性検定法も開発され、今後の耐病性育種に大いに活用されよう。また、虫害についても発生生態等の解明が進められ、主要害虫クロバネキノコバエの生態的防除の見通しが得られた。そのほかシイタケオオヒロズコガやオオキノコムシ類のフェロモンや天敵による防除の基礎的知見が得られ、今後の生態防除の進展が期待される。

成果は成果集にまとめられるが、その他に技術の普及を図るため、マニュアルの作成を行った。

(大政 正武)

## 文 献

- 1) 平出政和, 大政正武: シイタケの生産する抗菌性物質, 43回日本学会研発表, p.80 (1993)
- 2) ———, 宮崎和弘, 大政正武: シイタケの生産する抗菌性物質 (II), 44回日本学会研発表, p.266 (1994)
- 3) 大政正武, 平出政和, 角田光利: トリコデルマ胞子の噴霧接種によるシイタケ菌床の発病の品種間差, 日菌学会38回大会講要, p.42 (1994)
- 4) 平出政和, 宮崎和弘, 大政正武: ヒラタケに与える *Pseudomonas tolaasii* の影響, 日菌学会38回大会講要, p. 40 (1994)
- 5) 宮崎和弘, 砂川政英, 根田 仁, 角田光利: トリコデルマ属菌及びベニシリウム属菌の病原性の判別 (I), 50回日林学会九支論 (投稿中)
- 6) 村田 仁: きのこと病原細菌 *Pseudomonas tolaasii* の増殖過程後期に誘導される特質, きのこと技術集談会第6回年会, 第10回シンポジウム講要, p. 29 (1994)
- 7) 大谷英児, 佐藤大樹, 佐藤隆士: Hibernation and aestivation of *Dacne japonica* and *D. picta* (ニホンホソオオキノコムシとセモンホソオオキノコムシの越冬及び越夏場所), 日林誌 (投稿中)
- 8) ———, 佐藤隆士, 中牟田潔, 中島忠一: ホソオオキノコムシ類は傷ついたシイタケにより多く飛来する, 日昆学会54回大会・38回日応動昆学会講要, p.215 (1994)
- 9) 中牟田潔, 中島忠一: セモンホソオオキノコムシの寄主植物由来匂い物質に対する反応, 日昆学会53回大会・37回日応動昆学会講要, p.12 (1993)
- 10) 佐藤隆士, 中牟田潔, 中島忠一: セモンホソオオキノコムシの寄主加害に関する匂い物質への反応, 日昆学会54回大会・38回日応動昆学会講要, p.214 (1994)
- 11) 鳥津光明, 佐藤大樹, 石谷英二: シイタケオオヒロズコガ幼虫に寄生する *Mariannaea* sp. について, 日昆学会52回大会・36回日応動昆学会講要, p.199 (1992)

## V. 海外研究・国際協力

## V. 海外研究・国際協力

地球的規模の環境問題に対する国際的関心の高まりのなか、特に我が国に対する国際的役割が強調され、研究、技術の両面で、森林総合研究所への期待が今までにない大きな位置づけとなった10年間といえる。

昭和60年に科学技術庁の資源調査会は「熱帯林の開発と保全に関する調査報告」、同年7月に出された科学行政のあり方に関する臨時行政改革推進会議の答申、同年12月の科学技術政策大綱に関する科学技術会議の諮問12号答申にも国立研究機関における基礎的、先導的な研究開発の拡充・強化とともに、体制の見直しを強く求めている。これらを踏まえ、熱帯林減少の現状と背景、熱帯林減少の影響を分析するとともに、熱帯林の適正な開発と保全のあり方を、特にこれが単に熱帯諸国の問題にとどまらず、全地球的な視野に立った問題としてとらえる必要があることから、我が国の対応の一つとして、熱帯林研究の強力な推進をうたっている。

平成4年の「環境と開発に関する国連会議（地球サミット）」において合意された「21世紀に向けた環境と開発に関する行動計画」や「森林に関する原則声明」を受けての具体的な動きの一つとして、「森林の保全及び持続的な森林経営」の達成の度合いを測る国際的な「指標と基準」作りの作業が精力的に進められている。

さらに、「地球サミット」における森林原則や「気候変動枠組み条約」、「生物の多様性条約」等の国際的取り決めに対して、地球的規模での森林の評価、森林と気候変動との相互関係の解明、生物多様性保全のための研究促進など、地球的視点にたった海外森林・林業・林産業研究に対する積極的な国際的貢献も我が国に求められている。このためには、寒帯から半乾燥地帯、熱帯までの地域を含む研究展開を国際的にネットワーク構築も含めて図っていく必要がある。

### 1. 海外森林研究

海外森林研究は、研究体制・組織がこの10年間で大きく変わった。昭和63年10月に林業試験場の組織体制が再編整備され、森林総合研究所として発足することとなり、新たに「研究基本計画」が策定された。この中で海外森林研究を推進するための研究基本方向として「国際研究協力の推進と世界林業への寄与」が柱として設定された。

森林総合研究所の発足に伴い、「研究基本計画」とともに見直しの検討が行われてきた「研究運営要綱、同細則」が平成元年4月から改正、施行され、研究の基本方向にそった研究推進を組織体制の面から強化することになった。海外研究の強化の一環として海外研究協力官が新設された。平成3年4月に海外研究の推進、強化のため、森林環境変動チームと森林資源保全チームが新設されるに至った。さらに、海外研究の推進を一元化するために、同年6月に海外研究協力官をヘッドとする「海外研究センター」が所長通達により設置されることになった。両チーム長のもとに各研究分野から多数の研究者を兼務者とし、平成2年度から始まった環境庁、科学技術庁等の他省庁プロジェクト研究の効率的な推進に対応できる態勢整備が行われた。さらに、平成6年には海外研究チームが一層の機能を発揮できるように、チームとして海外研究課題を独自に設定し、推進することとなり、平成3年に制定された所長通達の一部が改定された。

海外研究の国際的対応は必須のものとなり、平成5年10月には農林水産省として、従来の熱帯農業研究所を拡充強化する形で、国際農林水産業研究センター（JIRCAS）が発足し、同時に林業部も新設された。この時点から、国際農林水産業研究センターが農林水産業に関する海外で行う研究を一元的に担当することになった。森林総合

としては、その後は環境研究など“業”と直接関係のない分野、国内で行う木材、林産分野の研究を推進することになる。当所は先進国を含む森林研究を推進するため、森林資源情報の体系化、森林の造成・保全方法の解明、森林資源の有効利用方法の解明及び林地の複合利用システムの解明などを重要な研究問題として位置づけて研究を進めている。なお、森林総合研究所と国際農林水産業研究センターとの密接な連携協力は、より一層強固なものとなった。

いわゆる「63体制」までの林業試験場時代には、研究基本目標は5本の柱のもとに推進されてきた。海外関連の研究は「海外における森林資源の維持・造成技術の開発」のなかで、三つの課題からなる「熱帯・亜熱帯等における森林資源の把握と造成技術の改善」及び二つの課題からなる「アグロフォレストリーに関する技術の改善」に関する研究が行われてきた。昭和63年10月に森林総合研究所となった時点で、新たに策定された研究基本目標の六つの基本方向のなかで、海外研究は「国際研究協力の推進と世界林業への寄与」を踏まえて推進されることになった。この時期における海外研究の背景は、熱帯圏における森林の消失や、大気汚染・酸性雨等による先進諸国の森林の衰退など森林にかかわる地球規模の問題が増大し、特に開発途上国から我が国に対する研究・技術協力の要請は増加の一途をたどっており、このような二国間協力にとどまらず、FAOによるTFAP（熱帯林行動計画）への協力参加が開始され、ITTO（国際熱帯木材機関）本部の横浜への誘致が決まるなど、熱帯林にかかわる多国間規模の研究・技術協力がスタートした時期であるといえる。

研究の推進においても、海外林業部門の研究範囲は極めて多岐にわたるようになり、現地調査を必要とする研究課題に対しては外部からの調査研究等の依頼に対応しながら、研究推進を可能ならしめるように努力が続けられた。このため、実施する調査や内容が必ずしも毎年同一でないことが多く、当然、得られる成果も、また異なってくる。

昭和63年から主として研究問題X X IV「地球規模における森林資源の特性及び保全方法の解明」のなかで、一つの大課題「海外の森林資源情報の体系化及び森林資源の保全方法の解明」を中心に、次の四つの中課題(1)海外の森林資源情報の体系化、(2)地球環境保全のための森林の造成・保全方法の解明、(3)海外の森林資源の有効利用方法の解明、そして(4)複合的林地利用システムの解明のもとに推進されてきた。この時期、特に平成2年までの海外研究課題の構成は、JICAによる研究協力課題にほとんどを占められており、それらの研究内容の多様化、協力課題数の増大に特徴を見いだすことができる。特に、中課題(2)及び海外林産研究分野である、(3)の課題構成の全てがJICA課題で占められることになる。このような傾向も平成2年度からは、次第に変化がみられるようになる。すなわち、地球環境の保全への世界的関心の高まりとともに、科学技術庁、環境庁等をはじめとする他省庁予算による海外プロジェクト研究がその数を増していく。この時期から地球規模での森林環境・生態系保全研究の増大に伴って本中課題の肥大化がみられ、効率的な研究管理が困難となってきた。そこで、これを解消するために、これら中課題を中心に研究基本計画の見直しが進められ、平成6年度からは新しい研究基本計画の下で研究が進められることになった。この研究基本計画の改定を契機に、海外関連研究は研究問題X Vとして「海外における森林特性の解明及び環境保全技術、持続的利用技術の開発」のもとに二つの大課題、すなわち、1)海外における森林生態系の特性解明及び環境保全技術の開発、2)海外における森林の変動予測及び持続的利用・管理技術の開発、を柱にしてそれぞれ三つの中課題のもとに研究推進を図ることとなった。

このようなグローバルな環境変動に対応できるように、研究推進体制の移り変わりも変化してきた10年間といえる。地球規模の視点から環境を守っていくとする要望、必要性はますます強くなるなかで、海外研究推進の組織や体制から見ると、昭和63年9月まで、昭和63年10月～平成5年度末まで、さらに現在までの各時期に分けら

れるが、研究、技術協力の基本は変わることなく、継続されてきたといえる。これを大きく分けると、①JICAを通じての技術協力の時期、②「熱帯林変動」や「グローバルリサーチ」など科学技術庁によるプロジェクト研究をはじめ環境庁予算による「シベリア凍土」や「熱帯林環境」等の全所的な推進が増えた時期、③国際農林水産業研究センターとの共同研究等、熱帯、亜熱帯、亜寒帯を中心とした農林水産業研究が農林水産省として窓口一本化の国際研究プロジェクトの推進がはじめられた時期に分けられる。

### (1) 森林生態系の特性解明及び環境保全技術

#### ① 生物相と環境の相互作用

森林環境特性及び土地利用法の解明に関連して、植物生態については、マレー半島西部熱帯林の環境特性と種子の発芽、及び実生苗の成長と温度との関係の解析、タイの主要造林樹種であるアカシア、ユーカリほか数樹種の耐乾性と水分消費特性の比較を行うとともに、森林土壌の養分環境と土壌の成分動態解析及び理化学的分析に関する貴重な結果が得られている。インドネシア東カリマンタンでは、フタバガキ科林のアクリソルの土壌酸度、塩基交換容量及び交換性陽イオン含量、特にアクリソルの断面形態とその理化学的の解明やチガヤ草原における土壌養分の存在様式、土壌の物理特性、特に水分環境の調査に関して見るべき成果があがっている。マレーシア・サバ州のアカシヤマンギウム造林地の土壌分析等に関する研究成果が得られている。ブルネイのフタバガキ科二次林の林床植生調査では、熱帯泥炭の物理化学的性質を明らかにし、石灰を加えて中性化し、鶏フンを混ぜて堆肥化することで好成績が得られ、その後の造林技術として活かされている。また、フタバガキ科カプルー属の3種につきアイソザイム分析を行い、種間の類縁関係を明らかにした。組織培養の関係では、タイにおいてアカシア等のプロトプラストの分離・培養を行い、インドネシアではフタバガキ科の数樹種について外植体を用いた組織培養を行い、有効な殺菌方法を見出した。

#### ② 生物相の保全技術

病虫害の生態と樹木に対する被害防除方法に関する研究を中心に進められた。特に、熱帯地域での人工林造成地が増すにつれて病虫害研究が重要な位置づけとなり、この分野の研究が多くなされた。この分野の研究は、幅が広く、生態、分類、同定などを含めて、多くの国に対して積極的な協力が実施された。タイにおける木材腐朽菌、病虫害の同定、天敵昆虫調査、チーク造林木に対する食葉性害虫類とビーホールボラーの生態に関する共同研究、フィリピンにおける樹木病虫害調査、バラグアイのキリとアブラギリ立枯病の病理学的調査研究が行われた。さらに本年度から南米諸国で造成されているスウィーテニア (*Swietenia macrophylla*) やセドロ (*Cedrela mexicana*) を加害するマホガニーマダラメイカの実態調査、防除法等の研究が始められた。パプア・ニューギニアのカメレレ (*Agrilus opulmentus*) について、またマダン地域からゴゴール地域にかけて実施された土壌調査に基づく結果から、この地域のユーカリ (*Eucalyptus deglupta*) の人工林に発生しつつある孔性害虫の発生と立地や土壌の相関性を求め、土壌水分が潤沢で排水性の良好な地域は乾燥し易く、pHの高い土壌より被害の少ないことを明らかにした。ペルーアマゾンでのマホガニーしんくい虫 (*Hypsipyla grandella*) の生態と薬剤効果に関する調査が行われている。さらにインドネシアの造林地におけるマホガニーのしんくい虫 (*Hypsipyla rubusta*) とアルビジア (*Albizia falcata*) のカミキリムシの問題が表面化し、その防除法として枝打ちが効果的であることを明らかにし、主要造林樹種の害虫リストと生態に関する成果が取りまとめられている。病虫害防除の分野では、ペルーアマゾン熱帯林におけるカオーバ等の有用樹の新梢を食害するマホガニーマダラメイカの防除にピレスロイド系乳剤の適期散布が有効であること、また、タイにおけるチーク人工林の立地環境における

害虫ビーホールボラーの生態、散乱された卵の密度変化、幼虫分散の実態等が明らかになった。マレーシア国サバ州のアカシアマンガユムの立枯病とすす病の発生対策、6年生以上の植栽木の芯腐れの被害率が高いことを明らかにした。

### ③森林造成技術

森林造成と管理技術の改善に関しては、有用樹種の生理的・生態的特性について、フィリピンではアカネ科のアンソセファルス (*Anthocephalus chinensis*, 13年生)、グメリナ (*Gmerina arborea*) の現存量や林分成長量測定が行われたほか、フタバガキ科樹木の天然林の更新状況の調査結果から、林内補助処理効果の大きいことが明らかになった。また、チークやマツ類のアイソザイムのパターン、アカシア (*Acacia auriculiformis*) とホペア (*Hopea odorata*) の光合成測定をはじめ、気象観測についての技術指導を実施し、同時に北部ルソンの雨量分布に関する解析に着手し、さらに立地診断技術の開発と地力変動の実態把握のため、各地の土壤特性を明らかにした業績も今後、各分野における研究推進にとって重要な位置づけとなる。

人工林造成と保育技術については、バラグアイで育苗管理技術人工林に関する成長量測定結果の解析、土壤母材の分布が地形や地域と密接な関連性を持つこと、なかでも赤褐色碎屑堆積物、火成岩、第四紀層を母材とする土壤でその関係が明確であること、また地域全般に炭素や窒素の含有率が低く、表層の発達が不良であること、理化学性や微細形態学的特徴が母材や地形によって異なり、これらは、植生からも判断できることを明らかにした。これらの結果から土壤の分類、命名と立地条件に応じた造林樹種の検討が加えられ、地力変動の実態把握についても同一地域内に植栽されているアカシア (*Acacia auriculiformis*) 林下の土壤調査が実施され、理化学性の改善と土壤有機物分解の促進に関する知見が得られた。天然林下の土壤と草原状無立木土壤との比較では表層の理・化学性ともに前者の方が優れており、有機物量に富み、C/N比も低い結果が得られている。交換性塩基含有量も多い傾向が認められている。

森林生態系の管理・保全方法の解明については、ブルネイの択伐跡二次林の林分構成を調査し、現存量を把握するとともに、択伐施業後の天然更新状態を明らかにし、択伐施業が生態系に及ぼす影響を解明した。また、フタバガキ科の稚樹を活かして、二次林の質的向上を図るための基礎的研究では、フタバガキ科二次林のギャップ内の稚樹の成長には十分な光が必要であり、樹種ごとに菌根菌5種を採取と分離培養を実施し、菌根形成が苗木の成長に必須であることをつきとめた。タイにおいてはマングローブの更新技術の確立を目指して、主要樹種の更新機構の解明のための調査では、マングローブ2樹種について種子散布休止期、漂流種子の定着率・活着率、稚樹の分布とその動態等を明らかにした。主要造林樹種であるユーカリについて、間伐方法の違いが林分成長に及ぼす影響を解明するための施業試験、各種造林樹種の成長と落葉の季節性の解明が行われた。また、主要造林樹種の純生産量が温帯の同タイプの森林と比べ多いこと、及びユーカリ林において、間伐1年後上木と萌芽の成長に間伐の効果が認められること等を明らかにした。これらの他、フィリピンでは早生樹人工林を在来樹種であるフタバガキ科の森林に転換するための樹下植栽試験を行った。また、バラグアイではカピバリ地方の砂質土壤に対する試験林計画を提案した。ナイジェリア半乾燥地域における機械化地ごしらえ作業に関する調査等を行い、半乾燥地の造林にはリッツバによる耕起が有効であることを明らかにした等、多くの分野で貴重な成果が著実にあがっている。

### ④水土保全研究

水土保全方法の解明の分野では、熱帯亜熱帯の森林の劣化と大型ダムの開発との間に密接な関係があることを明らかにし、ブラジル国サンパウロ州の森林水門試験では、年降水量と年流出量の間に良好な相関関係が得られ

た。

## (2) 森林の変動予測技術及び持続的利用・管理技術

### ① 技術情報の収集と予測技術

熱帯森林に関する技術情報として、これまでに文献目録の編纂を継続実施してきた。この一環として、フタバガキ科及びマングローブに関する情報を整理し、「熱帯林業関係文献目録10集」及びODC方式による文献カードを作成するとともに「熱帯林業関係文献目録第Ⅱ集」として取りまとめられている。また、JICA 関連の研究・技術協力に関する業績を当所が行った貴重な記録として明示するため、「海外林業部門業務報告書」の刊行が昭和60年から毎年行うこととなり、毎年多くの業績がこの中に収録されている。その数は平成6年度までに第10巻にのほり、各プロジェクト、各分野の掲載論文数は136編を数える。さらに、地球環境問題について世界的関心の高まりとともに、森林とりわけ熱帯林の持つ役割がますます重要視されてきており、それに応じて多くの研究が各国で実施されるようになった。しかし、英語論文は文献収録だけで研究者は十分活用することが可能であるが、フランス語圏での研究論文を十分理解することは、多くの研究者にとって多大の困難を伴う。そこで熱帯地域を対象とした研究文献、特に熱帯研究・技術協力、途上国援助の先進国といえるフランスの論文内容の抄訳が継続的に実施され、その成果として刊行された。アフリカ等途上国の森林資源情報、経営・管理に関する調査の貴重な情報として大いに役だっている。

### ② 林産物資源の利用技術

これまでに木材利用部、木材化工部ほか関係各分野で熱帯産樹種64種について刊行されている「森林総合研究所研究報告」の成果を中心に、英文のスプレッドシートを作成し、取りまとめを完了した。

### ③ 森林利用・管理技術

「森林資源の解析手法の開発」に関しては、土地利用計画の基礎資料に必要とされる局所地形分類法の試験を60年度にブラジル国サンパウロ州で実施し、空中写真判読による地形分類とメッシュ交差点及び中央点の標高データを用いた地形分類法を比較検討して取りまとめた。リモートセンシング分野ではデータ解析システムの開発がインドネシア及びマレーシアで始められ、今後の成果が期待されている。

地球環境保全のための森林造成・保全方法の解明の分野では、まず「森林資源及び森林資源の解析及びモニタリング手法の開発」の課題の下に、ブルネイの森林資源調査計画と調査マニュアルの作成及び、フィリピンの早生樹種アカシア・アウリカリフォルミスの収穫予想表と立木材積表の作成、地位指数の推定等を行った。

また、ペルーアマゾンの森林土壌図に基づいて土壌分類の細区分化も試みられており、さらにこの地域の土壌と立地特性ならびに造林木の生長調査データをコンピューターにより解析した。つぎに地力変動の実態を知る一つの方法として、遷移過程にある草原から森林の成立に伴っておこる土壌環境の変化を土壌物相により判断しうることが明らかとなった。

## 〔他省庁プロジェクト〕研究の推進

近年、地球的視点で自然環境を保全し、森林資源を維持、育成することが重要な問題になっている。熱帯地域を中心とした森林の消失と劣化、半乾燥地域での砂漠化の進行、大気炭酸ガスの高度化や酸性雨などの大気汚染による影響などは、地球的規模での自然環境の悪化と森林生物の遺伝資源の減少を引き起こすことが強く懸念されている。このような地球的視点での森林環境と森林資源の保全、育成について、その基盤となる研究、技術開

発を推進するために、所内に「気候変動の影響」と「熱帯林の消失、劣化」の二つの研究会を設置して、既往の研究成果を集約し、今後の研究の推進方向を検討してきた。今日まで行ってきた開発途上を中心にした研究、技術協力を一層強化するとともに、前記の研究会での検討をふまえて、地球的視点での森林環境の保全と森林資源の維持、育成のための研究、技術開発を今後積極的に進めていく必要がある。

#### ・科学技術庁関連

(平成1年)森林資源及び森林環境の解析の分野では、まず、科振調費による「アセアン諸国との協力によるリモートセンシング技術の高度化に関する研究(略称:アセアン・リモセン)」が平成元年～3年までマレーシアとの国際共同研究によって熱帯降雨林地帯における衛星データ利用法に関して、ランドサットTMデータを用い、天然林・二次林・伐採後放置林、あるいは、マングローブ林の識別を可能とする波長域(バンド)を組み合わせた判読手法を開発し、また、衛星データと地図データを重ね合わせた図の作成を行った。

平成2年度より発足した環境庁のプロジェクト「地球環境」は相手国であるマレーシア側の協力も得られてほぼ順調に観測機器類を設置するとともに観測を開始した。

平成2年度より発足した科技庁プロジェクト「地球科学:熱帯林の変動とその影響に関する国際共同研究(略称:熱帯林変動)」においては、当所が主査場所となり、相手国であるタイ側の理解のもとに研究が開始され、熱帯季節地帯における森林の生態的活動を衛星データから観測し、その変動を明らかにすることを目的として推進されている、約10年間に及ぶ観測研究であり、貴重な成果が順次得られている。

さらに、「北極域」研究も進められており、これに「マイクロ波」に関する研究も開始されたことによって、非常に広範な成果が期待されている。グローバルリサーチネットワーク(科学技術庁):「森林被覆度データ作成研究」が平成5年度から新たに開始された。ここでは中国、タイ、オーストラリア殿国際共同研究によって森林被覆度データセット作成が推進されている。

環境庁関連:環境庁「地球環境」プロジェクトは相手国の協力が得られ、順調に進展し始めた。今年度はタワーによる観測が始まり、平成6年度以降の研究進展が期待される。成果としては樹木の乾燥抵抗性や耐陰性、植物の遺伝特性、昆虫調査法、哺乳動物の密度・行動などについて検討が進められている。また、「シベリア凍土」では、ロシアとの関係が順調に始まり、CO<sub>2</sub>濃度について過去から現在への解析が推進された。このプロジェクトは、シベリア永久凍土の樹木の成長、炭素収支等に関して予想以上の貴重なデータの収集、分析が進み、さらに3年間の研究の延長が認められ、現在も続けられている。

## 2. 国際協力の推進

JICA 関連の技術、研究協力を含め、海外林業研究部門は「海外における森林資源の維持・造成技術の開発」に位置づけて推進されてきた。

石油価格の急騰後、特に熱帯地域の開発途上国を中心に、森林の焼失、劣化が顕在化してくるとともに、これらは、その国の地域産業や国土の水資源確保等に直接反映することとなり、地域住民の生活環境の悪化をもたらすことになる。さらに、極端な場合には「砂漠化」の原因となる。この様な状況を踏まえて、日本は経済協力、技術協力を積極的に進め、森林の減少速度を抑制する責務が国際的にも強く求められるようになった。我国唯一の国立研究機関である当時の林業試験場としても種々の努力を続けてきたが、研究協力の中心となるJICAを經由した研究は、当所(場)独自の考え方で研究や協力を推進するのではなく、相手国も含め、その他の機関を含めた協力(研究)体制で実施する性格であるために、計画的実行が困難になる場合も起こる。そのために、研究

の実行に際して、研究者にとっては「大きすぎる」とも考えられる課題の下で随時、短期的対応を強いられる実行方式をとらざるを得なくなり、結果としてその年度内に終了する課題が多くなる。従って、研究成果も研究基本計画で設定されている、中課題あるいは小課題ごとに記述すると、ややもすると成果が断片的に受け取られることが懸念される。

昭和64年頃までは、JICAによる海外林業協力や研究がほとんどであり、古くは、昭和51年に開始されたフィリピンのパンタバンガンプロジェクト「フィリピン パンタバンガン林業開発計画（フェーズⅠ：昭和51年～62、フェーズⅡ昭和62年～平成4年）を皮切りに、年々増加の一途をたどっている。森林総合研究所主導の研究的色彩の濃いプロジェクトだけでも、ペルーアマゾン「ペルー国アマゾン林業開発現地実証調査（平成56年～平成3年）」、タイ「タイ国造林研究訓練計画（フェーズⅠ：昭和56年～61年、フェーズⅡ：昭和61年～平成3年）」、マレーシア、中国黒竜江省「中国黒竜江省木材総合利用研究計画（昭和59年～平成元年、フォローアップ2年間、さらに平成7年度から2年間を予定）」、黄土高原「中国黄土高原治山技術訓練計画（平成2年～平成7年）」、さらに寧夏、バブア・ニューギニア「バブア・ニューギニア森林研究計画（平成元年～平成6年～）」、インドネシア「インドネシア熱帯降雨林研究計画（フェーズⅠ：昭和60年～平成元年、フェーズⅡ：平成2年～平成6年、さらにフェーズⅢ平成7年開始）」、ブラジル「ブラジル国サンパウロ林業研究計画（昭和54年～昭和61年、アフターケア2年間）」平成6年度からは「マレーシア林産研究計画（アフターケアが2年間）」の予定で開始されており、さらに、平成4年度には、新たに「マレーシア・サラワク木材利用研究」及び「ブラジル環境保全研究」が当所の主体で開始された。前者の研究プロジェクトの協力は木材利用部と木材化工部が主として担当し、後者に対しては森林環境部主体で推進されており、ともに順調に推進されている。援助国、協力分野ともに多様化し、協力内容も技術移転にとどまらず、最近ではますます研究的色彩（研究プロジェクト）が強くなっているのが特徴といえる。さらに平成7年度に開始された「ブラジル・アマゾン森林研究計画」などは、相手国研究機関であるINPAでは、世界の先進各国の研究者との交流が盛んに行われており、研究者のレベルも極めて高い。

#### ①海外派遣と研修生の受け入れ及び海外からの見学者

海外森林センターの重要な業務の一つに研修生（集団研修を含む）の受け入れと見学者を含めた外国研究者等の対応がある。昭和60年度から平成5年度に国際協力事業団を通じて森林総合研究所で受け入れた、海外研修生の推移を表に示す。

また、JICA及び農水省、他省庁予算（科学技術庁科学技術振興調整費を含む）によるプロジェクト研究関連、重点基礎研究等に関する海外派遣、出張者数は図1.2に示すように、増加しており、特に平成2年以降は急増している。

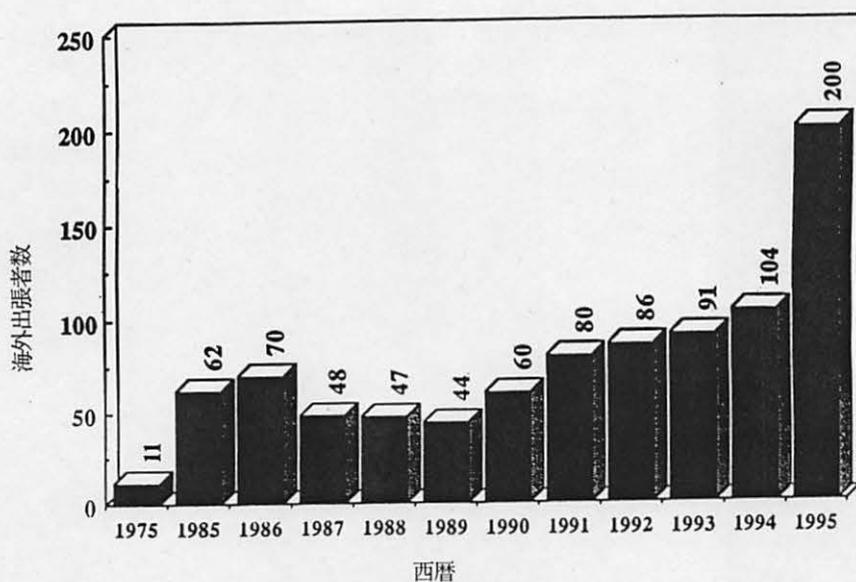
#### ②国際会議及び二国間科学技術協力

##### ・日米会議

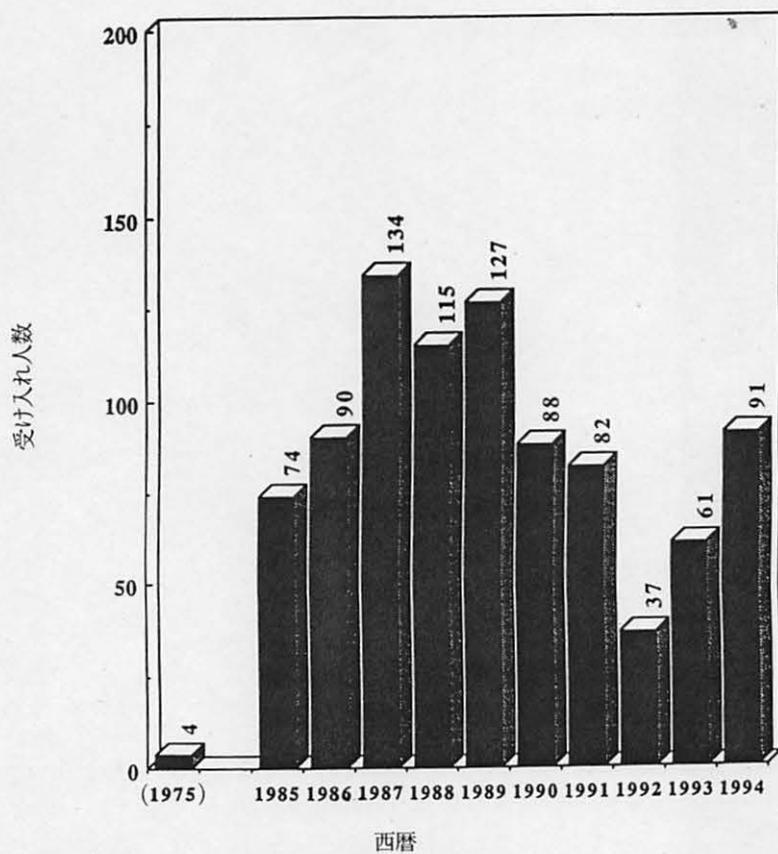
日米会議（UJNR）は、森林、林業、林産業に関連した重要課題の解決、意見交換等、両国にとって重要な会議として位置づけられている。昭和60年～平成6年の間に8回の会議が開催された。開催年次、それぞれの会議で中心となったトピックスを以下にあげる。

第10回 昭和60年（6. 10～6. 15、東京）、「民有林経営とその施策（森林資源の減少の著しい地域における森林の造成と保全）」

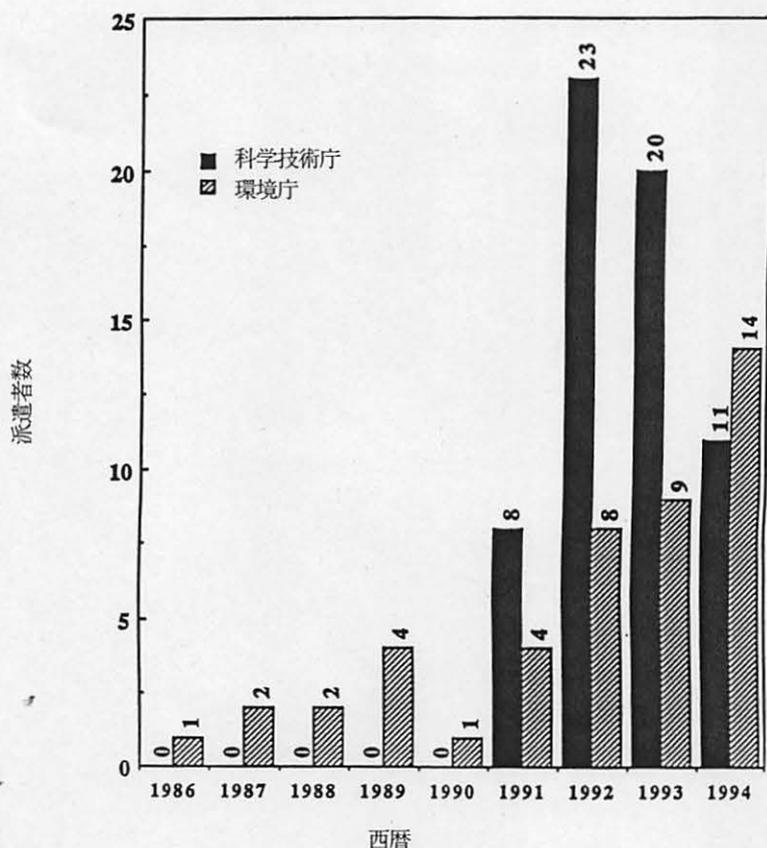
第12回 昭和61年（9. 21～9. 29、ワシントン）、「森林保護」



森林総合研究所からの海外出張者数の推移 (\*見込)



JICAによる研修員の受け入れ人数の推移



科学技術庁、及び環境庁プロジェクト関連派遣者の推移

第13回 昭和63年（9. 19～9. 24, 東京）、「国公有地を中心とした森林の管理経営」

第14回 平成元年（9. 18～9. 23, ワシントン）、「小径低質樹種の開発と利用」

第15年 平成2年（9. 22～9. 29, 東京）「林業におけるバイオテクノロジー」

第16回 平成3年（8. 26～8. 31, ワシントン）「林業における機械化」

第17回 平成5年（5. 17～5. 21, 東京）「世界規模の持続可能な林業—森林再生」

第18回 平成6年（10. 24～10. 29, ワシントン）「森林生態系を重視した森林の管理」

特に、第18回の日米会議に関しては、「森林生態系を重視した森林管理」を課題として、森林総合研究所でブレセミナーが7月に日米の専門家の参加の下に、セミナーと現地検討会（北海道東京大学富良野演習林や「生態秩序」のフィールドとしている小川学事津参考林）が実施されている。この二国間ブレセミナーは好評であり、今後とも同じ様な形式で続けられる可能性がある。

### ③国際森林研究センターの開設と研究協力

国際森林研究センター（Center for International Forestry Research）設立は、1991年11月にワシントンで開催されたCGIAR総会で、その傘下にCIFORを新設することが決定されたもので、1992年には具体的な骨格作りのために、理事会が設立された。日本も加わった理事会で、CIFORの所在地はインドネシアのボゴールに置

くこと、初代所長としてJ.セイヤー氏が決定されている。CIFORは途上国を対象とした国際森林研究所であり、研究領域としては、林業政策、天然林の持続的経営管理（天然林保護）、荒廃森林地の修復（森林再生）、木質及び非木質製品の生産と流通（林産物と市場）、研究支援と情報の収集と発信などに関する研究等となっている。1993年からは研究スタッフ募集に入った。当所としては、CIFORに積極的に協力することを約束しており、平成6年8月には日本からもCIFORを正式に訪問し、「劣化熱帯林の再生修復機構の解明に関する研究」分野で研究を推進する用意のあることで一致し、協力準備に入った。平成7年度にはCIFORに対する外務省予算も新たに認められることとなった。ポゴールにおいても、新しく本部の建設が進んでおり、平成7年度末を目途に研究者派遣に向け、人選を含めて具体的な対応がなされている。今後の国際視野にたった森林研究の成果が期待されている。

#### ④国際会議、セミナー等の開催

平成4年度に当所が関係する国際シンポジウムとしては、IUFRO-SPDC/IUFRO-JAPAN主催「フタバガキ科樹木の種生態と増殖」（5月）、熱研センター主催「熱帯における荒廃地の回復—その技術的アプローチ」（9月）が開催された。また、オランダとマレーシアで行われた「熱帯未利用樹種の材質に関するワークショップ」がある。

日本開催の国際的な研究集会としては、平成5年8月に横浜で開催された国際植物学会（IBC）及びこの機会を利用して農水省の大型別枠「生態秩序」関係者を中心としたワークショップが森林総研で開催された。

また、平成6年度には科学技術庁による「重点国際交流」として「樹木年輪による地球温暖化把握のための古環境復元と変動予測技術の高度化に関する国際ワークショップ」、「エルニーニョ現象による熱帯森林生態系変動が地球温暖化に及ぼす影響解析に関する国際ワークショップ」の2つの国際ワークショップの開催が認められ、それぞれ平成7年3月（森林総合研究所）及び2月（タイ国）において開催された。

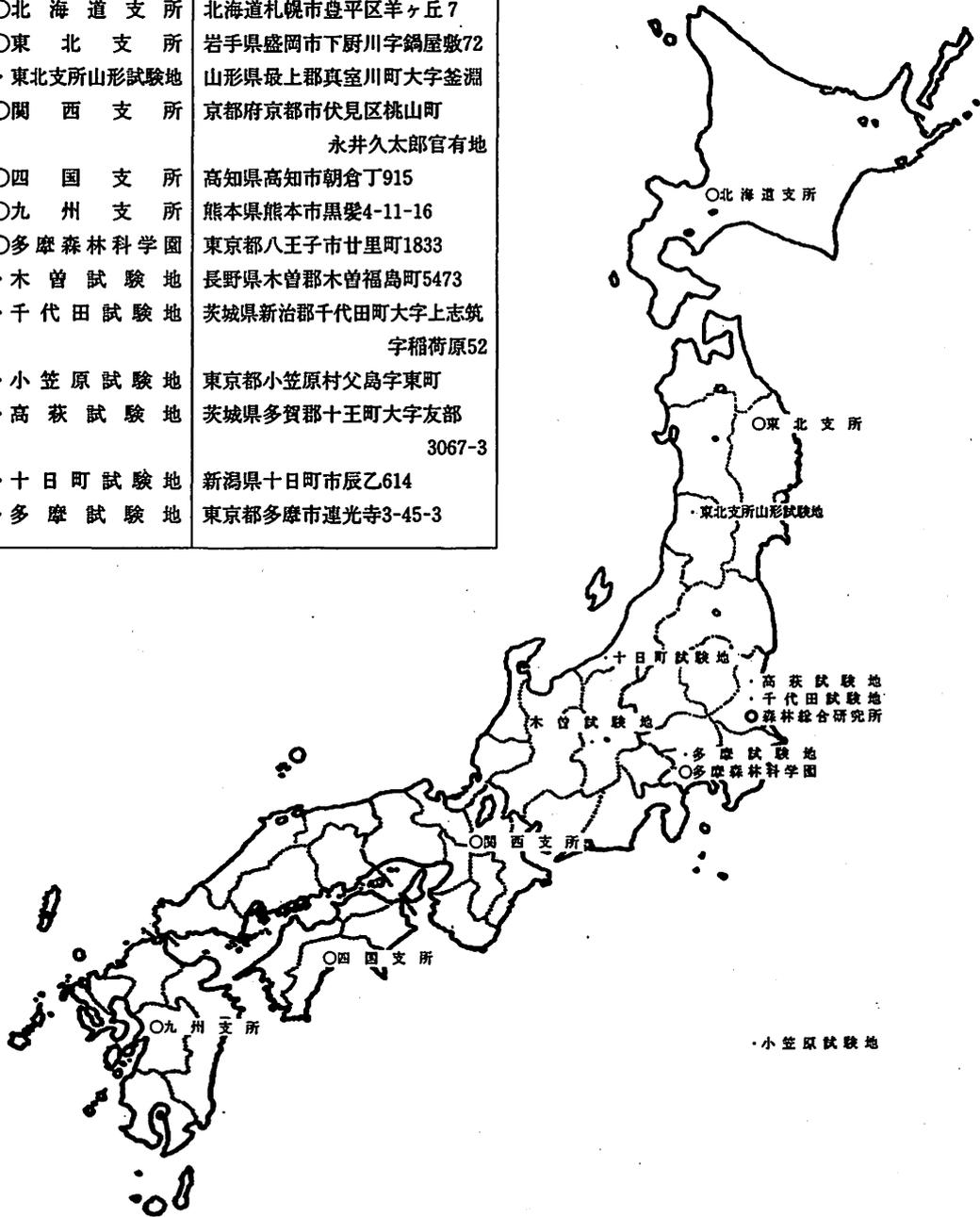
IUFRO（国際林業研究機関連合）世界大会は、第19回大会がカナダ（モントリオール）で開催されている。また、平成4年（1992年）はIUFRO創設100周年に当たるため、記念大会がベルリンで開催された。平成7年8月にはフィンランド（タンペレ）で開催され、各研究分野でもそれぞれの専門分科会が開催され、当所からの参加も多数にのぼる。特に、IUFRO-J（Japan）の本部（機関代表、所長）が、1981年の京都大会開催対応に際して1976年に結成されて以来森林総研におかれており、IUFROニュースの刊行等、途上国からの参加者、日本人会員の参加者助成などにたづさわっており、組織の強化にも大きな役割を担っている。

（太田貞明）

## VI. 付図・附表

1. 森林総合研究所本・支所位置図

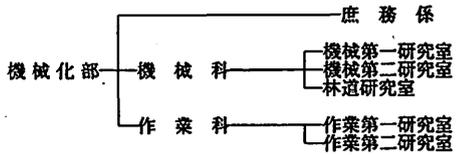
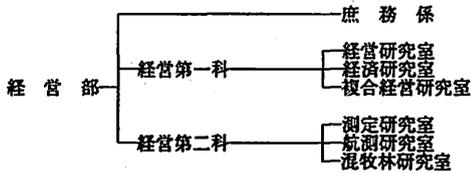
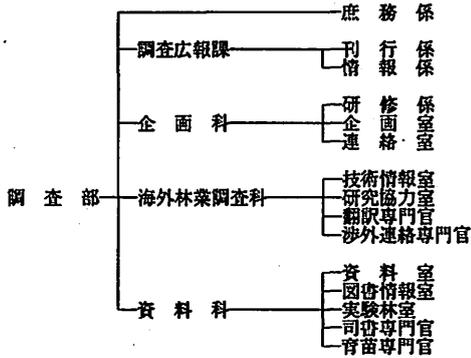
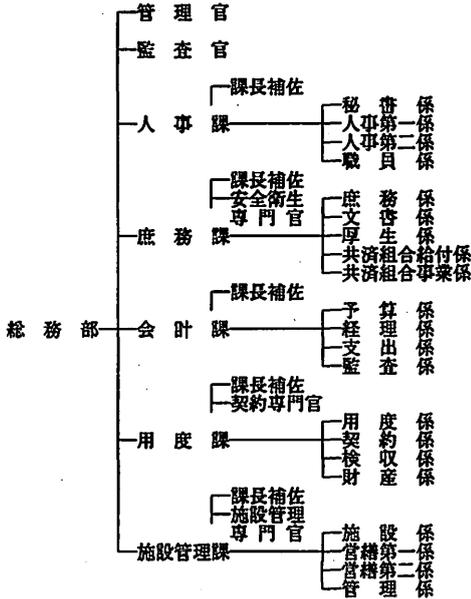
名称	所在地
◎森林総合研究所	茨城県稲敷郡茎崎町松の里1
○北海道支所	北海道札幌市豊平区羊ヶ丘7
○東北支所	岩手県盛岡市下厨川字鍋屋敷72
・東北支所山形試験地	山形県最上郡真室川町大字釜淵
○関西支所	京都府京都市伏見区桃山町 永井久太郎官有地
○四国支所	高知県高知市朝倉丁915
○九州支所	熊本県熊本市黒髪4-11-16
○多摩森林科学園	東京都八王子市甘里町1833
・木曾試験地	長野県木曾郡木曾福島町5473
・千代田試験地	茨城県新治郡千代田町大字上志筑 字稻荷原52
・小笠原試験地	東京都小笠原村父島字東町
・高萩試験地	茨城県多賀郡十王町大字友部 3067-3
・十日町試験地	新潟県十日町市辰乙614
・多摩試験地	東京都多摩市連光寺3-45-3



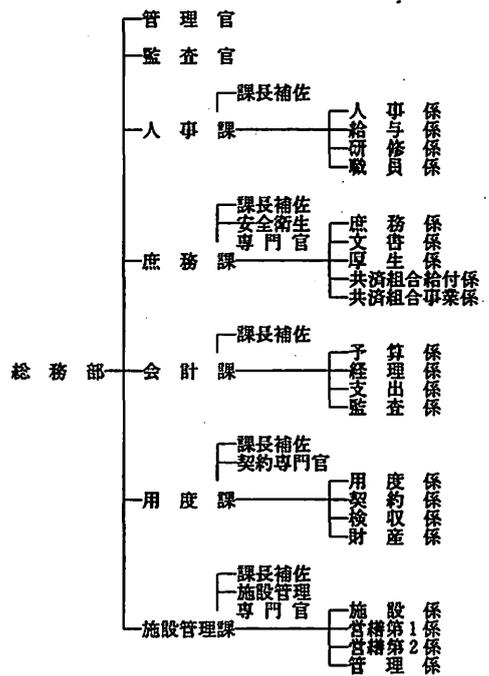
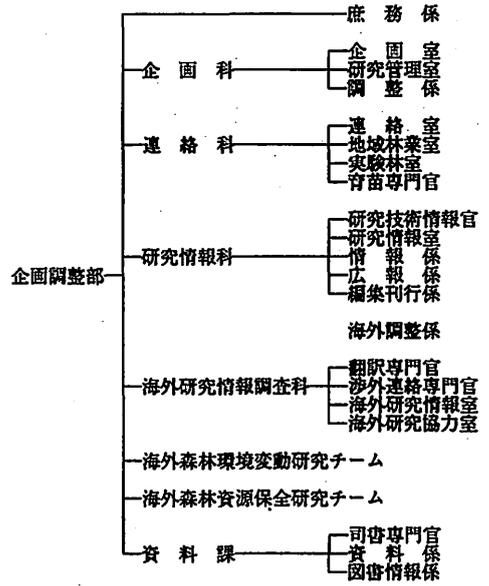
## 2. 組織機構

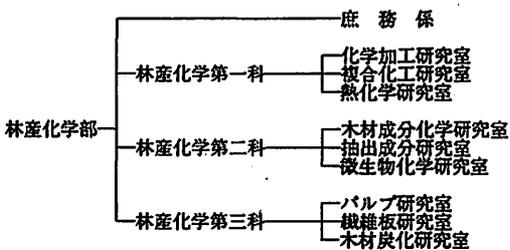
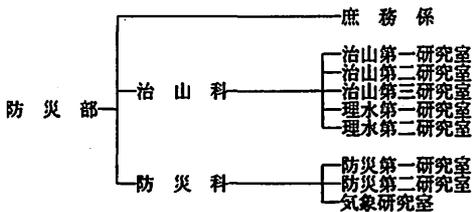
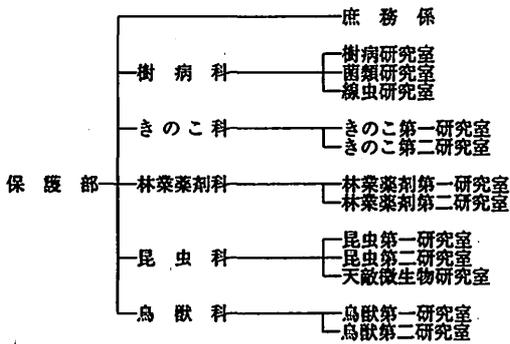
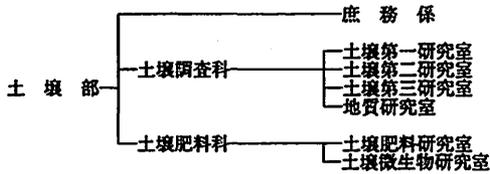
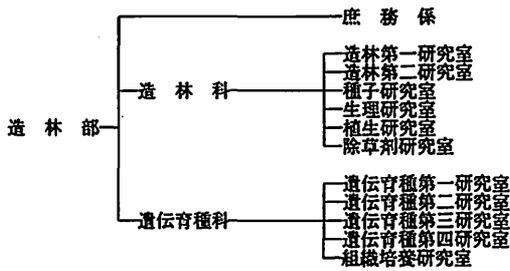
### 本 所

昭和63年9月30日現在

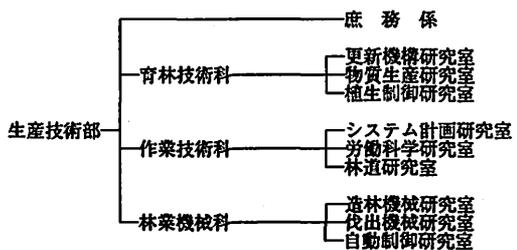
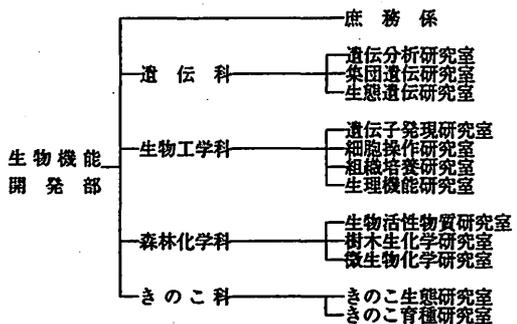
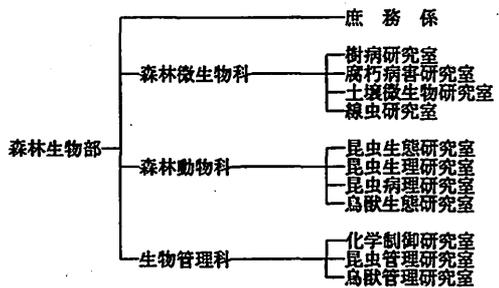
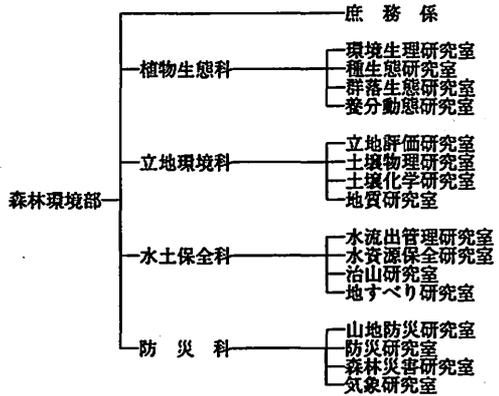


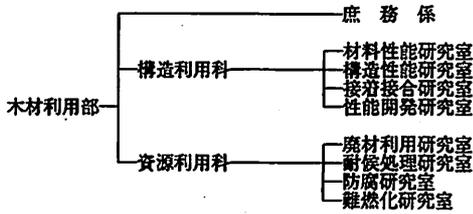
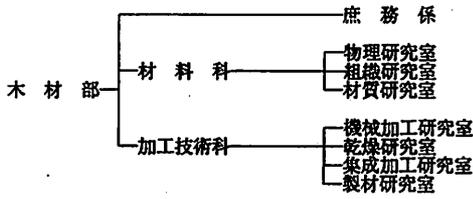
平成7年4月1日現在



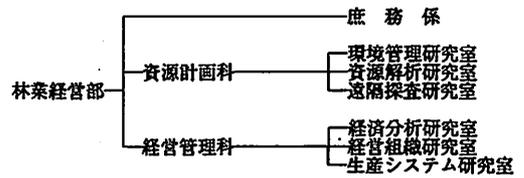
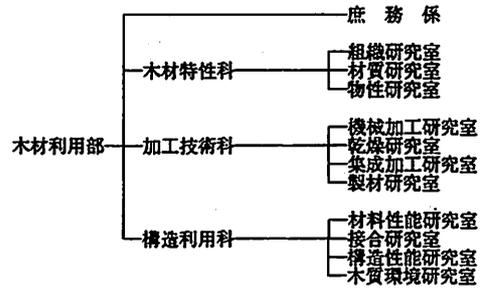
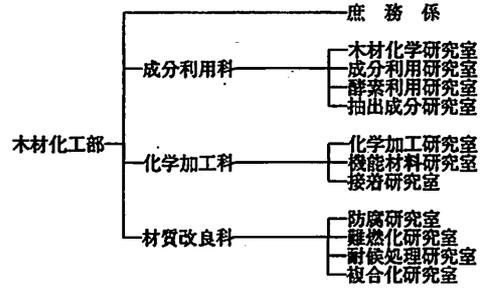


研究管理官  
研究管理官



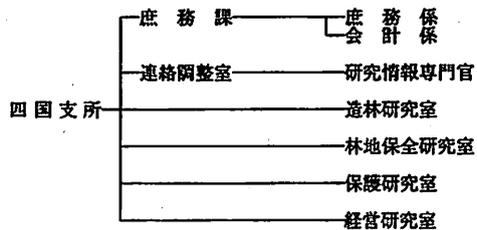
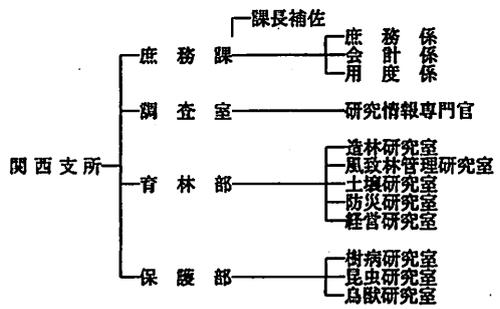
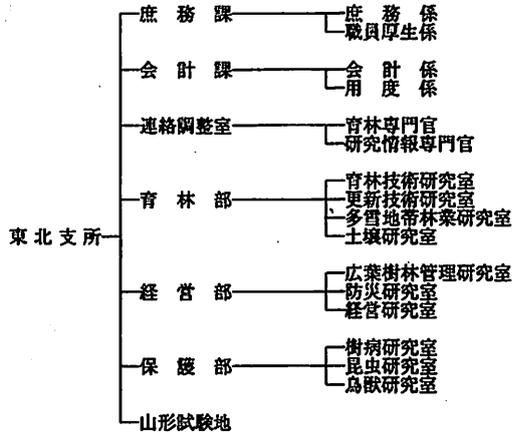
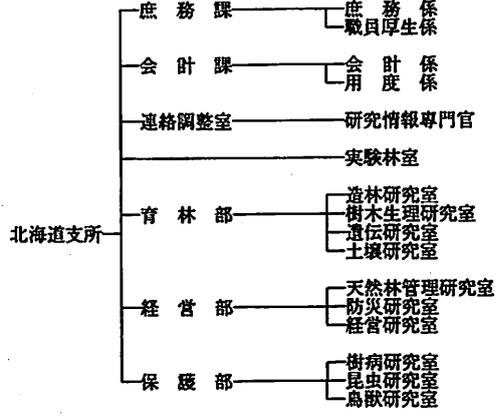
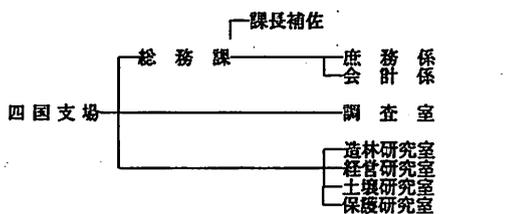
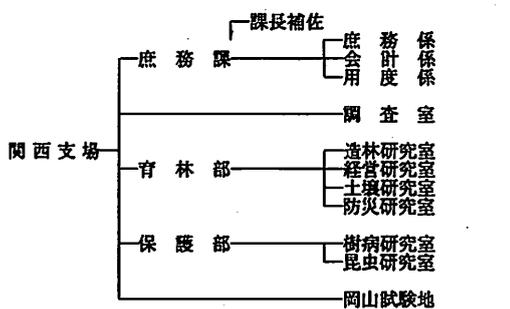
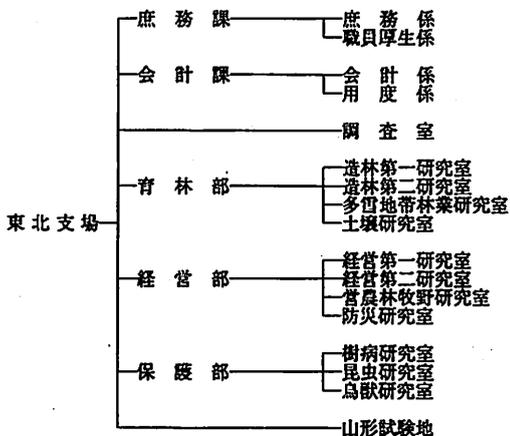
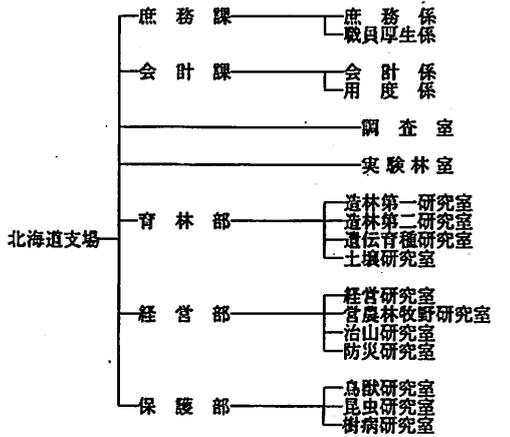


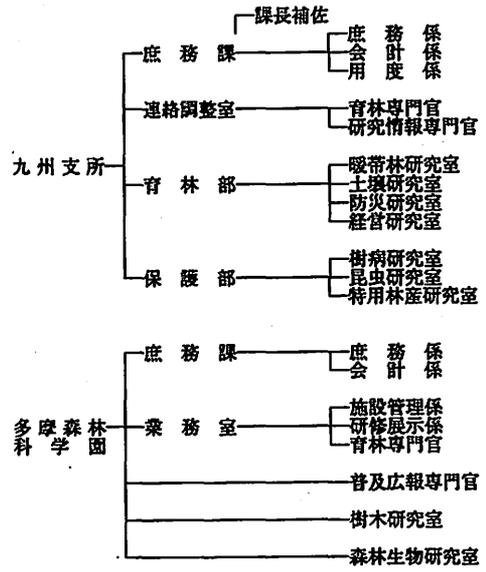
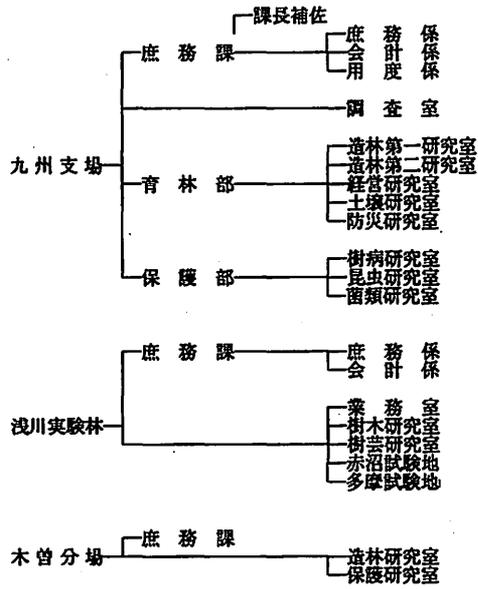
千代田試験地  
小笠原試験地  
高萩試験地  
十日町試験地  
宝川試験地



木曾試験地  
千代田試験地  
小笠原試験地  
高萩試験地  
十日町試験地  
多摩試験地

# 支 所





### 3. 定員の推移

(昭和61年以降)

年 度	職 種 別 内 訳					摘 要
	指 定 職	行政職(一)	行政職(二)	研 究 職	計	
61.	1	215	48	508	772	定員削減 行(二) △1 計1名
62.	1	215	45	509	770	定員削減 行(二) △3 定員増減振替 研 1 計2名
63.	1	213	43	507	764	定員削減 行(一) △2 行(二) △2 研 △2 計6名
元.	1	211	43	505	760	定員削減 行(一) △2 研 △3 定員増減振替 研 1 計4名
2.	1	210	43	503	757	定員削減 行(一) △1 研 △2 計3名
3.	1	208	43	502	754	定員削減 行(一) △2 研 △1 計3名
4.	1	207	42	500	750	定員削減 行(一) △1 行(二) △1 研 △2 計4名
5.	1	205	41	495	742	定員削減 行(一) △2 行(二) △1 研 △2 定員増減振替 研 △3 計8名
6.	1	203	40	492	736	定員削減 行(一) △1 行(二) △1 研 △3 定員増減振替 行(一) △1 計6名
7.	1	202	39	489	731	定員削減 行(一) △1 行(二) △1 研 △3 計5名

### 4. 歴代幹部

#### 〈林業試験場長及び森林総合研究所長〉

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
林業試験場長	農林水産技官	難波 宣士	昭和60. 4. 1～ 61.11.30	8	
		山口 博昭	61.12. 1～ 63. 9.30	1. 10	
森林総合研究所長	〃	小林富士雄	63.10. 1～平成 3. 8. 1	2. 10	
	〃	勝田 柁	3. 8. 2～ 5. 9.30	2. 1	
	〃	小林 一三	5.10. 1～		

#### 〈次 長〉

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
次 長	農林水産技官	蜂屋 欣二	昭和60. 4. 1～ 61.11.30	1. 8	
		石原 達夫	61.12. 1～ 63. 2.28	1. 3	
		小林富士雄	63. 3. 1～ 63. 9.30	7	
		松本 庸夫	63.10. 1～平成 3. 1.15	2. 4	
		勝田 柁	3. 3.16～ 3. 8. 1	5	
		安永 朝海	3. 8. 2～ 5. 2.28	1. 7	
		小林 一三	5. 3. 1～ 5. 9.30	7	
		小沼 順一	5.10. 1～ 7. 2.28	1. 5	
		大貫 仁人	7. 3. 1～		

#### 〈研究管理官（森林・林業）〉

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
研究管理官(森林・林業)	農林水産技官	安永 朝海	昭和63.10. 1～平成 3. 8. 2	2. 10	
		小林 一三	3. 8. 2～ 5. 3. 1	1. 7	
	空 席	5. 3. 1～ 5. 3.31	1		
	農林水産技官	加藤 宏明	5. 4. 1～ 7. 3. 1	1. 11	
		河原 輝彦	7. 3. 1～		

《研究管理官（木材）》

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
研究管理官（木材）	農林水産技官	志水 一允	昭和63.10.1～平成4.4.2	3. 6	
	〃	金谷 紀行	4.4.2～ 5.3.2	11	
	〃	今村 浩人	5.3.2～ 6.10.1	1. 7	
	〃	太田 貞明	6.10.1～		

《研究協力官及び海外研究協力官》

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
研究協力官	農林水産技官	小沼 順一	昭和63.10.1～平成3.3.16	2. 6	
海外研究協力官	〃	緒方 健	3.3.16～ 5.3.1	2	
	〃	大角 泰夫	5.3.1～ 5.10.1	7	
	〃	太田 貞明	5.10.1～ 6.10.1	1	
	〃	池田 俊彌	6.10.1～		

《各部長》

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
総務部長	農林水産事務官	伏見 一明	昭和58.8.1～ 61.3.31	2. 8	
	〃	蒲沼 満	61.4.1～平成元.3.31	3	
	〃	佐々木行夫	元.4.1～ 3.3.31	2	
	〃	兼松 功次	平成3.4.1～ 5.11.30	2. 8	
	〃	矢崎 潤一	5.12.1～ 7.8.1	1. 8	
	〃	村岡 哲而	7.8.1～		
調査部長	農林水産技官	山口 博昭	昭和60.4.1～ 61.11.30	1. 8	
	〃	小林富士雄	61.12.1～ 63.2.28	1. 3	
	〃	片桐 一正	63.3.1～ 63.9.30	7	
企画調整部長	〃	勝田 柁	63.10.1～平成3.3.15	2. 6	
	〃	有光 一登	3.3.16～ 4.9.30	1. 7	
	〃	大貫 仁人	4.10.1～ 7.2.28	2. 5	
	〃	井上 敏雄	7.3.1～		
経営部長	〃	舟山 良雄	昭和58.4.1～ 61.3.31	3	
	〃	粟屋 仁志	61.4.1～ 63.3.31	2	

職 名	官 名	氏 名	在 職 年 月 日	在職期間	摘 要	
林業経営部長	農林水産技官	熊崎 實	63. 4. 1~平成元. 3.31	1		
	〃	柳 次郎	元. 4. 1~ 2. 9.30	1. 6		
	〃	加藤 宏明	2.10. 1~ 5. 3.31	2. 6		
	〃	高田 長武	5. 4. 1~ 6. 9.30	1. 6		
	〃	西川 匡英	6.10. 1~			
機械化部長	〃	福田 光正	昭和59.11.16~ 62. 3.31	2. 5		
	〃	林 寛	62. 4. 1~ 63. 9.30			
生産技術部長	〃	〃	63.10. 1~平成 3. 3.15	4		
	〃	小沼 順一	3. 3.16~ 5. 9.30	2. 6		
	〃	奥田 吉春	5.10. 1~			
造林部長	〃	浅川 澄彦	昭和59. 3.16~ 62. 3.31	3		
	〃	勝田 枉	62. 4. 1~ 63. 9.30	1. 6		
生物機能開発部長	〃	坂上 幸雄	63.10. 1~平成 2. 3.15	1. 6		
	〃	三上 進	2. 3.16~ 5. 2.28	2. 11		
	〃	森 徳典	5. 3. 1~			
土 壤 部 長	〃	原田 洸	昭和59. 7.16~ 63. 9.30	4. 2		
	防 災 部 長	〃	石川 政幸	昭和57. 1. 1~ 62. 3.31	5. 3	
〃		秋谷 孝一	62. 4. 1~ 63. 9.30			
森林環境部長	〃	〃	63.10. 1~平成 3. 9.30	4. 6		
	〃	井上 敏雄	3.10. 1~ 4. 9.30	1		
	〃	有光 一登	4.10. 1~ 5. 3.31	6		
	〃	藤森 隆郎	5. 4. 1~			
	〃	〃				
保 護 部 長	〃	横田 俊一	昭和60. 4. 1~ 63. 9.30	3. 6		
	森 林 生 物 部 長	〃	小林 一三	63.10. 1~平成 3. 8. 1	2. 10	
〃		真宮 靖治	3. 8. 2~ 5. 3.31	1. 8		
〃		田村 弘忠	5. 4. 1~ 7. 8. 1	2. 4		
〃		竹谷 昭彦	7. 8. 1~			
林産化学部長	〃	石原 達夫	昭和59. 3.16~ 61.11.30	1. 9		
	〃	田中 治郎	61.12. 1~ 63. 9.30			
木材化工部長	〃	〃	63.10. 1~平成 3. 3.15	5. 4		
	〃	〃	3. 3.16~ 5. 2.28	1. 11		
	〃	志水 一允	5. 3. 1~			
木 材 部 長	〃	筒本 卓造	昭和56. 4. 1~ 63. 9.30	7. 6		
	木 材 利 用 部 長	〃	雨宮 昭二	57. 4. 8~ 62. 3.31	5	
		〃	松本 康夫	62. 4. 1~ 63. 9.30	1. 6	
		〃	中野 達夫	63.10. 1~平成 6. 9.30	6	
		〃	鷺見 博史	6.10. 1~		

## 〈支場長〉

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
北海道支場長	農林水産技官	遠藤 泰造	昭和59. 7.16～ 63. 3.31	3. 9	
	〃	田口 豊	63. 4. 1～ 63. 9.30		
北海道支所長	〃	田口 豊	昭和63.10. 1～平成 2. 3.15	1. 11	
	〃	坂上 幸雄	2. 3.16～ 5. 2.28	2. 11	
	〃	佐々木 紀	5. 3. 1～ 7. 2.28	2	
	〃	金谷 紀行	7. 3. 1～		
東北支場長	〃	早稲田 収	昭和59. 7.16～ 63. 9.30		
東北支所長	〃	〃	63.10. 1～ 63.11.30	4. 5	
	〃	三上 進	63.12. 1～平成 2. 3.15	1. 4	
	〃	真宮 靖治	2. 3.16～ 3. 7.31	1. 5	
	〃	佐々木 紀	3. 8. 1～ 5. 2.28	1. 7	
	〃	緒方 健	5. 3. 1～ 7. 2.28	2	
	〃	加藤 宏明	7. 3. 1～		
関西支場長	〃	小林富士雄	昭和60. 4. 1～ 61.11.30	1. 8	
	〃	安永 朝海	61.12. 1～ 63. 9.30	1. 10	
関西支所長	〃	有光 一登	63.10. 1～平成 3. 3.15	2. 6	
	〃	林 寛	3. 3.16～ 6. 9.30	3. 7	
	〃	陶山 正憲	6.10. 1～		
四国支場長	〃	辻 隆道	昭和57. 4. 1～ 61. 3.31	4	
	〃	久保 哲茂	61. 4. 1～ 63. 3.31	2	
	〃	脇 孝介	63. 4. 1～ 63. 9.30	6	
四国支所長	〃	佐々木 紀	63.10. 1～平成 3. 7.31	2. 10	
	〃	陶山 正憲	3. 8. 1～ 6. 9.30	3. 2	
	〃	高田 長武	6.10. 1～		
九州支場長	〃	尾方 信夫	昭和59. 7.16～ 61. 3.31	1. 9	
	〃	田口 豊	61. 4. 1～ 63. 3.31	2	
	〃	橋本 平一	63. 4. 1～ 63. 9.30		
九州支所長	〃	〃	63.10. 1～平成 3. 3.15	2. 11	
	〃	大貫 仁人	3. 3.16～ 4. 9.30	1. 7	
	〃	井上 敏雄	4.10. 1～ 7. 2.28	2. 5	
	〃	高橋 邦秀	平成 7. 3. 1～		
浅川実験林長	〃	加藤 亮助	昭和57. 8. 1～ 61. 3.31	3. 7	
	〃	石戸忠五郎	61. 4. 1～ 63. 9.30		
多摩森林科学園長	〃	〃	63.10. 1～平成 6. 2.28	7. 11	
	〃	廣井 忠量	6. 3. 1～		

〈管理官・監査官〉

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
管 理 官	農林水産事務官	作宮 啓	昭和59. 4.12~ 61. 3.31	1. 11	
	◇	富岡 芳男	61. 4. 1~ 63. 3.31	2	
	◇	山崎 勝夫	63. 4. 1~平成 2. 3.31	2	
	◇	酒谷 正憲	2. 4. 1~ 5. 3.31	3	
	◇	妹尾 博文	5. 4. 1~ 7. 7.31	2. 4	
	◇	吉田 英夫	6. 8. 1~		
監 査 官	◇	富岡 芳男	昭和59. 4. 1~ 61. 3.31	2	
	◇	近 勇次	61. 4. 1~平成 2. 3.16	3. 11	
	◇	斎藤眞寿夫	2. 4. 1~ 5. 3.31	3	
	◇	古澤 拓雄	5. 4. 1~ 6. 7.31	1. 4	
	◇	加藤 秀春	6. 8. 1~		

〈各課長〉

職名	官名	氏名	在職年月日	在職期間	摘要
人 事 課 長	農林水産事務官	菅 利雄	昭和57. 4. 1~ 62. 3.31	5	
	◇	貝守 重視	62. 4. 1~平成 2. 3.31	3	
	◇	山崎 安久	2. 4. 1~ 6. 7.31	4. 4	
	◇	酒谷 正憲	6. 8. 1~		
庶 務 課 長	◇	金丸 隆夫	昭和59. 2. 1~ 60. 7.16	1. 6	
	◇	吉田 敏	60. 8. 1~ 62. 3. 1	1. 7	
	◇	徳光 脩	62. 4. 1~平成元. 7.31	2. 4	
	◇	高橋 秀雄	元. 8. 1~ 4. 3.31	2. 8	
	◇	北田 徹	4. 4. 1~ 6. 3.31	2	
	◇	米望 孝男	6. 4. 1~		
会 計 課 長	◇	貝守 重視	昭和58. 4. 1~ 62. 3.31	4	
	◇	椎橋 勝	62. 4. 1~平成 2. 3.31	3	
	◇	山崎 勝夫	2. 4. 1~ 3.10.31	1. 7	
	◇	三國 昇	3.12. 1~ 5. 3.31	1. 4	
	◇	酒谷 正憲	5. 4. 1~ 6. 7.31	1. 4	
	◇	妹尾 博文	6. 8. 1~		
用 度 課 長	◇	椎橋 勝	昭和58. 8. 1~ 62. 3.31	3. 8	
	◇	山崎 安久	62. 4. 1~平成 2. 3.31	3	
	◇	三國 昇	2. 4. 1~ 3.11.30	1. 8	

職 名	官 名	氏 名	在 職 年 月 日	在職期間	摘 要
施設管理課長	農林水産事務官	上野 武敏	3.12.1~ 6.2.28	2. 3	
	◇	西野 忠廣	6.4.1~		
	◇	引地 重一	昭和53.4.6~ 61.2.28	7. 11	
	◇	斎藤 哲爾	61.3.1~ 63.9.30	2. 7	
	◇	和出 喜重	63.10.1~平成 5.3.31	4. 6	
	◇	森木 敏夫	5.4.1~	2. 3	

### 5. 歳出予算年次推移

歳出予算年次推移 (林業試験場運営費・森林総合研究所運営費については農林水産業技術振興費からの移用分を含む)

年次	予算項目区分	予算額	備考
昭和60年	林業試験場運営費	6 327 060 000	人件費 4 294 227 000 事業費 2 032 833 000
	国立機関原子力試験研究費	15 209 000	
	科学技術振興調整費	56 365 000	
	国立機関公害防止等試験研究費	30 756 000	
	環境保全総合調査研究促進調整費	4 159 000	
	農林水産業技術振興施設費	31 975 000	四国支所 造林研究棟
	農蚕園芸振興費	13 205 000	
	農林水産本省	323 000	
	林野庁	1 510 000	
	土地改良事業費	100 000	
	特定地域農業開発事業費計	6 481 162 000	
昭和61年	林業試験場運営費	6 479 452 000	人件費 4 499 317 000 事業費 1 980 135 000
	国立機関原子力試験研究費	10 161 000	
	科学技術振興調整費	121 651 000	
	国立機関公害防止等試験研究費	31 762 000	
	環境保全総合調査研究促進調整費	4 300 000	
	農林水産業技術振興施設費	89 880 000	東北支所 育林実験棟
	農蚕園芸振興費	8 126 000	
	農林水産本省	1 094 000	
	農林水産本省(検査指導所)	4 456 000	
	林野庁	4 564 000	
	国有林野事業費	18 606 000	
治山事業費計	6 786 862 000		
昭和62年	林業試験場運営費	7 317 245 000	人件費 4 577 471 000 事業費 2 739 774 000
	国立機関原子力試験研究費	12 615 000	
	科学技術振興調整費	118 436 000	
	国立機関公害防止等試験研究費	50 370 000	関西支所 森林害虫実験棟・隔離温室
	農林水産業技術振興施設費	142 348 000	北海道支所 生物環境棟改修

年次	予算項目区分	予算額	備考
	農林水産本省 農林水産本省(検査指導所) 林野庁 国有林野事業費 治山事業費 計	496 000 11 691 000 4 425 000 17 700 000 16 670 000 7 691 996 000	東北支所 隔離温室・粗試料調整測定室 四国支所 ガラス室・網室
昭和63年	林業試験場運営費  国立機関原子力試験研究費 科学技術振興調整費 国立機関公害防止等試験研究費 農林水産業技術振興施設費 農林水産本省 農林水産本省(検査指導所) 林野庁 国有林野事業費 治山事業費 計	6 539 293 000  11 046 000 99 294 000 41 754 000 75 747 000 546 000 11 165 000 4 400 000 16 200 000 16 670 000 6 816 115 000	人件費 4 604 835 000 事業費 1 934 458 000   九州支所 森林微生物実験棟 木曾試験地 共同実験室
平成元年	森林総合研究所運営費  国立機関原子力試験研究費 科学技術振興調整費 国立機関公害防止等試験研究費 農林水産業技術振興施設費 農林水産本省 農林水産本省(検査指導所) 林野庁 国有林野事業費 治山事業費 科学技術振興調整費(総理府所管) 計	6 793 413 000  11 361 000 94 532 000 33 971 000 34 651 000 1 354 000 11 078 000 4 202 000 15 400 000 18 920 000 2 311 000 7 021 193 000	人件費 4 705 251 000 事業費 2 088 162 000  関西支所 粗試料調整測定室 四国支所 暖冷房改修 宝川試験地 量水施設改修
平成2年	森林総合研究所運営費  国立機関原子力試験研究費 科学技術振興調整費 国立機関公害防止等試験研究費 海洋開発及地球科学技術調査研究促進費 地球環境研究総合推進費 農林水産業技術振興施設費 農林水産本省	7 117 399 000  12 045 000 130 662 000 14 611 000 20 947 000 61 969 000 47 380 000 1 133 000	人件費 4 923 284 000 事業費 2 194 115 000   九州支所 森林水文観測施設 〃 暖房設備改修 四国支所 粗試料調整測定室

年次	予 算 項 目 区 分	予 算 額	備 考
	農林水産本省 (検査指導所)	10 824 000	
	林 野 庁	3 800 000	
	国 有 林 野 事 業 費	16 000 000	
	治 山 事 業 費	18 920 000	
	科学技術振興調整費 (総理府所管)	5 410 000	
	計	7 461 100 000	
平成 3 年	森林総合研究所運営費	7 187 583 000	人件費 5 047 081 000 事業費 2 140 502 000
	国立機関原子力試験研究費	10 631 000	
	科学技術振興調整費	125 028 000	
	国立機関公害防止等試験研究費	21 920 000	
	海洋開発及地球科学技術調査研究促進費	44 074 000	
	地球環境研究総合推進費	102 311 000	
	環境保全総合調査研究促進調整費	3 835 000	
	農林水産業技術振興施設費	77 617 000	関西支所 風致林管理実験棟
	農 林 水 産 本 省	685 000	十日町試験地 庁舎建替
	農林水産本省 (検査指導所)	11 116 000	
	林 野 庁	4 300 000	
	国 有 林 野 事 業 費	11 000 000	
	治 山 事 業 費	18 920 000	
	科学技術振興調整費 (総理府所管)	26 627 000	
	計	7 645 647 000	
平成 4 年	森林総合研究所運営費	7 423 271 000	人件費 5 163 504 000 事業費 2 259 767 000
	国立機関原子力試験研究費	10 648 000	
	科学技術振興調整費	134 795 000	
	国立機関公害防止等試験研究費	21 343 000	
	海洋開発及地球科学技術調査研究促進費	41 267 000	東北支所 低温室改修
	地球環境研究総合推進費	118 379 000	九州支所 害菌培養実験棟建替・構内下水道改修
	農林水産業技術振興施設費	109 421 000	多摩森林科学園 庁舎暖房施設改修
	農 林 水 産 本 省	1 546 000	北海道支所 樹病隔離温室空調改修 (補正)
	農林水産本省 (検査指導所)	11 045 000	
	林 野 庁	4 800 000	
	国 有 林 野 事 業 費	5 000 000	
	治 山 事 業 費	18 920 000	
	科学技術振興調整費 (総理府所管)	54 769 000	
	計	7 955 204 000	

年次	予算項目区分	予算額	備考
平成5年	森林総合研究所運営費	7 704 642 000	人件費 4 986 686 000 事業費 2 717 956 000
	国立機関原子力試験研究費	18 868 000	
	科学技術振興調整費	169 059 000	
	国立機関公害防止等試験研究費	18 318 000	
	海洋開発及地球科学技術調査研究促進費	53 520 000	北海道支所 生物環境棟改修
	地球環境研究総合推進費	149 447 000	関西支所 森林微生物生理実験棟改修(補正)
	農林水産業技術振興施設費	586 933 000	本所 林産化学製造実験棟改修(補正)
	農林水産本省	1 200 000	本所 森林環境変動解析実験棟改修(補正)
	農林水産本省(検査指導所)	11 045 000	
	林野庁	4 800 000	
	国有林野事業費	3 000 000	
	治山事業費	18 920 000	
	科学技術振興調整費(総理府所管)	45 370 000	
計	8 785 122 000		
平成6年	森林総合研究所運営費	7 437 208 000	人件費 5 112 359 000 事業費 2 324 849 000
	国立機関原子力試験研究費	9 054 000	
	科学技術振興調整費	186 312 000	
	国立機関公害防止等試験研究費	22 592 000	
	海洋開発及地球科学技術調査研究促進費	54 351 000	
	地球環境研究総合推進費	145 365 000	
	農林水産業技術振興施設費	434 521 000	
	農林水産本省	1 047 000	
	農林水産本省(検査指導所)	12 316 000	
	林野庁	4 800 000	
	国有林野事業費	1 900 000	
	治山事業費	18 920 000	
	科学技術振興調整費(総理府所管)	11 250 000	
計	8 339 636 000		

## 6. 特許・実用新案

森林総合研究所の研究成果に基づく工業所有権等の所有及び出願手続き中のものは次のとおりである。

### (1) 国内特許 (平成7年4月1日現在)

番号	名 称	出願番号 出願年月日	登録番号 登録年月日	発 明 者	所 属
1	無機質複合木毛ボード製造法	51-98359 51. 8.18	1067515 56.10.23	村山 敏博	林産化学部
2	木質系水銀イオン吸着体の製造法	51-138665 51.11.18	1054317 56. 7.23	平林 靖彦 村山 敏博	林産化学部 ◇
3	水位計付量水槽用連通管上下式自動排水装置	52-81673 52. 7. 8	1121355 57.11.12	荒木 真之	防 災 部
4	水位計付量水槽用サイフォン管上下式自動排水装置	52-81674 52. 7. 8	1236405 59.10.17	荒木 真之	防 災 部
5	松くい虫誘引剤	54-128573 54.10. 5	1171729 58.10.17	池田 俊弥 山根 明臣 遠田 暢男 宮崎 信 尾田 勝夫	保 護 部 ◇ ◇ 林産化学部 ◇
6	天然繊維素体系複合流体燃料及びその製法	55-156859 55.11. 7	1217568 59. 7.17	村山 敏博	林産化学部
7	簡易圧縮集材ブロック接着加工法	56-11865 56. 1.29	1348672 61.11.28	森屋 和美	木 材 部
8	木材の処理方法	56-99310 56. 6.26	1348681 61.11.28	杉浦 銀治 遠藤 正男	林産化学部 ◇
9	幅はぎ板コンポーザ	57-79732 57. 5.12	1384316 62. 6.26	千葉 保人	木材利用部
10	広葉樹の蒸煮による粗飼料	57-189931 57.10.28	1609844 3. 7.15	志水 一允 長沢 定男 石原 光朗 須藤 賢一 針生 程吉 寺田 文典	林産化学部 ◇ 木材利用部 ◇ (畜産試験場) ◇
11	浮鉢式自動灌水装置	58-140702 58. 8. 1	1633045 4. 1.20	吉本 衛	土 壌 部
12	植物精油採取装置	58-248101 58.12.24	1487261 元. 3.23	尾田 勝夫 林 良興 田中 治郎 谷田貝光克	林産化学部 ◇ ◇ ◇
13	簡易型植物精油採取装置	58-248102 58.12.24	1487262 元. 3.23	谷田貝光克 林 良興 尾田 勝夫 田中 治郎	林産化学部 ◇ ◇ ◇

番号	名 称	出願番号 出願年月日	登録番号 登録年月日	発 明 者	所 属
14	木質系資源からの粗飼料化法	59-062956 59. 3. 30	1620550 3.10. 9	須藤 賢一 志水 一允 長沢 定男 石井 忠	木材利用部 ◇ 林産化学部 ◇
15	蒸煮・解繊式粗飼料製造装置	60-170210 60. 7. 31	1724565 4.12.24	志水 一允 長沢 定男 須藤 賢一 (岡元 卓蔵) (河本 光弘) (内田 一行) (森越 範芳)	林産化学部 ◇ 木材利用部 (日立造船㈱) ◇ ◇ ◇
16	熱回収式粗飼料製造装置	60-170211 60. 7. 31	1724566 4.12.24	志水 一允 長沢 定男 須藤 賢一 (岡元 卓蔵) (河本 光弘) (内田 一行) (森越 範芳)	林産化学部 ◇ 木材利用部 (日立造船㈱) ◇ ◇ ◇
17	リグニン炭素繊維の製造法	60-247793 60.11. 5	1725158 5. 1.19	須藤 賢一 志水 一允	木材利用部 林産化学部
18	4自由度型連結構造をもつ連結車両	60-277341 60.12.10		辻井 辰雄 豊川 勝生 佐々木尚三	機械化部 ◇ ◇
19	キシリトールの製造方法	61-119375 61. 5.26		志水 一允 (飯島 望碩) (島田 規男) (大貫 義政)	林産化学部 (東和化成 工業㈱) ◇
20	還元キシロオリゴ糖を用いた飲食物の製造方法	61-120165 61. 5.27	1842690 6. 5.12	志水 一允 (飯島 望碩) (島田 規男) (大貫 義政)	林化学部 (東和化成 工業㈱) ◇
21	飲食物の製造方法	61-120164 61. 5.27		志水 一允 (飯島 望碩) (飯島 望碩) (大貫 義政)	林産化学部 (東和化成 工業㈱) ◇
22	キシロースおよびキシロオリゴ糖の製造方法	61-122184 61. 5.29		細谷 修二 志水 一允 (飯島 望碩) (島田 規男) (大貫 義政)	林産化学部 ◇ (東和化成 工業㈱) ◇
23	可搬型組立て式炭化炉	61-207610 61. 9. 3	1846620 6. 6. 7	雲林院源治 杉浦 銀治 谷田貝光克	林産化学部 ◇ ◇

番号	名 称	出願番号 出願年月日	登録番号 登録年月日	発 明 者	所 属
24	ケミカル爆砕法によるパルプ化方法	61-267929 61.11.11		宇佐見国典 須藤 賢一 (茵田 一晴)	林産化学部 木材利用部 (大機ゴム工業㈱)
25	チェーンを用いた間伐木搬出装置	63-16335 63. 1.27	1748465 5. 4. 8	富永 貢	機械化部
26	可搬性炭化炉	63-37257 63. 2.19		雲林院源治 谷田貝光克 大平 辰朗	林産化学部 ◇ ◇
27	木質系物質からなる樹脂原料の製造方法	63-43981 63. 2.26		小野 祐邦 須藤 賢一	木材利用部 林産化学部
28	炭素繊維紡糸用リグニンの調整法	63-13874 63 6. 6	1633112 4. 1.20	須藤 賢一 志水 一允	林産化学部 ◇
29	セルロース系複合膜とその製造法	63-23854 63. 9.22	1771808 5. 7.14	平林 靖彦 志水 一允 藤井 智之	林産化学部 ◇ 木 材 部
30	木材の無接着剤熱圧接合法	63-278243 63.11. 2	1765019 5. 6.11	大越 誠	木材化工部
31	油圧式差動機構を有する履帯型連結車両	1-97079 元. 4.17		豊川 勝生 佐々木尚三 辻井 辰雄	生産技術部 ◇ ◇
32	キイロコキクイムシを伝播者としたポーベリア菌によるマツノマダラカミキリの防除法	1-105506 元. 4.25	1861370 6. 8. 8	遠田 暢男 島津 光明 野淵 輝	森林生物部 ◇ ◇
33	表面加熱による集成材の製造方法とその装置	1-134286 元. 5.26		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 ◇
34	スギノアカネトラカミキリ誘引剤	1-327984 元.12.18		池田 俊弥 中島 忠一 大谷 英児 楨原 寛 (織田 博之) (中西 通隆) (松村 徹)	森林生物部 ◇ ◇ 東北支所 (サンケイ化学㈱) ◇ ◇
35	木材等の自動応力測定装置	2-44789 2. 2.26		千葉 保人	木材化工部
36	木材内部の黒色染色法	2-66499 2. 3.16		基田村洋子	木材化工部
37	天然抗酸化剤	2-66500 2. 3.16		谷田貝光克	生物機能開発部
38	紫外線吸収リグノセルロース膜	2-138916 2. 5.29		平林 靖彦	木材化工部

番号	名 称	出願番号 出願年月日	登録番号 登録年月日	発 明 者	所 属
39	スギノアカネトラカミキリ固形誘引剤	3-47802 3. 2.20		池田 俊弥 中島 忠一 大谷 英児 楨原 寛 (織田 博之) (中西 通隆) (松村 徹)	森林生物部 〃 〃 東北支所 (サンケイ化学㈱) 〃 〃
40	パルプとその製造方法および木材成分分別方法	3-82842 3. 3.25		島田 謹爾 林 徳子 志水 一允	木材化工部 〃 研究管理官
41	スギ等の植栽苗木識別方法およびこれに用いる装置	3-61521 3. 3.26		平松 修 福田 章史 広部 伸二 毛網 昌弘	生産技術部 〃 〃 〃
42	樹皮下に生育する害虫の防除法	3-67089 3. 3.29		島津 光明	森林生物部

(2) 外国特許

番号	名 称	出願番号 出願年月日	登録番号 登録年月日	発 明 者	所 属
1	ザンテイト化された木質材料による水銀イオン吸着体の製造法 (アメリカ)	16792 54. 3. 2	1981-4258136 56. 3.24	平林 靖彦 村山 敏博	林産化学部 〃
2	天然繊維素体系複合流体燃料及びその製法 (カナダ)	388990-4 56.10.29	1175653 59.10. 9	村山 敏博	林産化学部 〃
3	炭素繊維紡糸用リグニンの調製法 (アメリカ)	361,860 元. 6. 6		須藤 賢一 志水 一允	木材化工部 〃
4	炭素繊維紡糸用リグニンの調製法 (カナダ)	601,952 元. 6. 6	1320484 5. 7.20	須藤 賢一 志水 一允	木材化工部 〃
5	表面加熱による木材高速接着方法 (アメリカ)	527,118 2. 5.22	5133822 4. 7.28	藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 〃
6	「木材の接合構造」親出願 (アメリカ)	08/037,008 5. 3.25		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 〃
7	「木材の接合方法」分割出願 (アメリカ)	08/126,127 5. 9.23		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 〃
8	木材の接合構造と木材接合方法 (ドイツ, フランス, イギリス)	93 400 785,7 5. 3.26		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 〃
9	割裂片積層材とその製造方法および装置 (ドイツ, フランス, イギリス)	94 400 191,6 6. 1.28		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 〃
10	「割裂片積層材」親出願 (アメリカ)	08/195,750 6. 2.14		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 〃

番号	名 称	出願番号 出願年月日	登録番号 登録年月日	発 明 者	所 属
11	割裂片積層材の製造方法」分割出願 (アメリカ)	08/277,795 6. 7.20		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 ◇
12	割裂片積層材の製造装置」分割出願 (アメリカ)	08/277,892 6. 7.20		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 ◇
13	割裂片積層材とその製造方法および装置 (インドネシア)	P-941342 6. 8.16		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 ◇
14	割裂片積層材とその製造方法および装置 (マレーシア)	PI.9402024 6. 8. 3		藤井 毅 宮武 敦	木材利用部 ◇
15	ラグスクリューボルトを用いた木材の柱 —梁接合構造 (アメリカ)			小松 幸平	木材利用部
16	ラグスクリューボルトを用いた木材の柱 —梁接合構造 (カナダ)			小松 幸平	木材利用部
17	ラグスクリューボルトを用いた木材の柱 —梁接合構造 (オーストラリア)			小松 幸平	木材利用部
18	ラグスクリューボルトを用いた木材の柱 —梁接合構造 (ニュージーランド)			小松 幸平	木材利用部

(3) 実用新案

番号	名 称	出願番号 出願年月日	登録番号 登録年月日	考 案 者	所 属
1	自動測高器	59-008789 59. 1.25	1918201 4. 7.22	森田 栄一	九州支場
2	材色値の判定用チャート	61-047379 61. 3.31	1860602 3. 8. 7	基太村洋子	林産化学部
3	キツキ類ねぐら用の底無型巣箱	4-4245 4. 2. 6		由井 正敏 中村 充博	東北支所 ◇

(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	考 案 者	所 属
1	ひらたけ：森林総研 P O 1号	2. 9.28	3,451 5. 3.10	大政 正武 馬場崎勝彦 浅輪 和孝 根田 仁 岡部貴美子 谷口 実 (古川 久彦)	生物機能開発部 ◇ ◇ ◇ 九州支所 ◇ (大分県)

平成7年9月29日 印刷  
平成7年9月29日 発行

森林総合研究所90年のあゆみ

編集 農林水産省森林総合研究所  
発行 茨城県稲敷郡基崎町松の里1  
〒305 電話 0298-73-3211  
印刷 株式会社 イセブ  
茨城県つくば市天久保2-11-20