



季刊 森林総研 第17号

特集

持続可能な 林業経営を目指して

- ◆ 人工林からの木材生産の長期展望
- ◆ 森林所有者の思い描く木材生産の将来と持続性
- ◆ 森林作業道の路線選定を支援する
- ◆ 事故を減らして経営を安定させる ―防護用品の活用―

研究の“森”から

■ 二酸化炭素濃度が上昇すると
ブナの結実が増えるか

■ 高温高圧水を使って木材を高速糖化
―バイオエタノール製造の新技术―

東日本大震災への対応

■ きのこの放射性セシウムの
吸収・蓄積とその移行低減技術

■ 森林における放射性セシウムの
分布調査



独立行政法人
森林総合研究所

目次

巻頭言

◆「森林・林業再生プラン」実行下の森林科学研究

3

特集

持続可能な林業経営を目指して

◆人工林からの木材生産の長期展望

◆森林所有者の思い描く
木材生産の将来と持続性

◆森林作業道の路線選定を支援する

◆事故を減らして経営を安定させる
― 防護用品の活用 ―

4

研究の“森”から

◆二酸化炭素濃度が上昇すると
ブナの結実が増えるか

◆高温高圧水を使って木材を高速糖化
― バイオエタノール製造の新技術 ―

14

「第3期中期計画」の紹介(5)

◆森林への温暖化影響評価の高度化と
適応及び緩和技術の開発

18

生き物通信

◆ニホンノウサギ

19

東日本大震災への対応

◆きのこの放射性セシウムの吸収・蓄積と
その移行低減技術

20

◆森林における放射性セシウムの分布調査

何でも報告コーナー

22

巻頭言

「森林・林業再生プラン」実行下の森林科学研究

持続的に林業を経営するためには、森林の資源としての存在、それに働きかける林業労働者の存在、両者をつなぐ生産基盤と技術、そしてマーケットが必要です。しかし、戦後に造林された森林資源が利用可能となる一方で、二〇〇〇年代初めには木材自給率は十八%まで落ち込んでいました。その木材自給率を回復すべく、民主党政権の成長戦略に位置づけられたのが「森林・林業再生プラン」です。十年後に木材自給率五十%に引き上げることを目指し、またドイツ林業をモデルにして議論されました。今年度（平成二四年）から行政支援を受けるためには、森林を一定規模に団地化し、路網を整備して一定量以上の間伐材を搬出することが求められます。

このように「再生プラン」の実行段階を迎えた中で、森林科学研究には二つの視点が必要だと思っています。

第一は、「再生プラン」で議論された諸課題を研究面で深めることです。特に、林業の生産基盤の要である森林作業道の作設技術や労働安全に関する研究はとても重要です。夏が暑く、雨量が多いというアジアモンスーンの日本に合わせた生産基盤と労働環境の整備に対する提案が求められます。

第二は、「再生プラン」後を見据えた研究です。「再生プラン」

では、森林所有者が一樣に林業に無関心だという前提でその地域性の議論はなされず、また搬出間伐による木材供給が前提で計画が策定されました。しかし既に、九州や北海道をはじめとして大規模木材産業が立地している地域では、主伐材の割合が高まっています。持続的な林業経営を確立するためには、伐採のルール化を図り、資源の構成を多様なものにすることが求められます。本特集では所有者の主伐意向の地域差と百年後の人工林の齢級構成に関する興味深い研究成果が掲載されています。人工林と天然林の構成や適切な配置、そして人工林の齢級を平準化するための条件と方法に関する森林諸科学の横断的な研究が必要ではないでしょうか。



佐藤 宣子

九州大学大学院
農学研究院教授

持続可能な林業経営を目指して

人工林からの木材生産の長期展望

森林所有者の思い描く木材生産の将来と持続性

森林作業道の路線選定を支援する

事故を減らして経営を安定させるー防護用品の活用ー



駒木 貴彰
東北支所長

本誌の特集で林業問題を取り上げるのは、2009年3月の第6号（林業の再生に向けて）以来およそ3年ぶりとなります。この間、わが国の林業政策上の大きな変化がありました。それは2009年12月に公表された「森林・林業再生プラン」（以後、再生プラン）です。この「再生プラン」は、路網（林内作業のための道）を整備し機械力を活用する、小規模な林地を集約化（団地化）して作業や流通の効率化を図る、こうした活動を先導する人材育成を行いつつ、効率的で安定した林業経営の基盤づくりを進める、ということをも2020年をめどに行おうとしています。

今回の特集では、大きな転換期を迎えているわが国の林業について、まず木材供給の将来的な見通しはどのように描けるのか、また木材を供給する森林所有者はいかなる考えを持っているのか、ということを紹介します。こうした分析は、将来を見据えた効果的な政策を作るのに役立ちます。さらに、「再生プラン」でも重要な課題とされている丈夫な林内路網の効率的な設計方法と、林業作業の労働災害を防止して安全な作業を実現するための研究を紹介します。このような生産基盤整備と労働者の生命の安全に関わる研究は、林業経営の持続という点で非常に重要なものです。

持続可能な林業経営を実現するという目標に向かって、これらの研究成果を活用していきたいと考えています。



人工林からの木材生産の 長期展望



岡 裕泰

(林業経営・政策研究領域)

はじめに

日本の人工林面積は二〇世紀中に大幅に拡大して一〇〇〇万ヘクタールを超えました。これは国土面積の二八％に相当します。森林内の樹木の幹の体積の合計を蓄積量といいますが、人工林蓄積量は二〇〇七年には二六億立方メートルを超え、さらに増え続けています。ところが最近、丸太生産量は低迷しており、間伐材生産を含めて一年あたりの生産量は蓄積量の〇・五％以下に過ぎず、主伐面積も森林面積の〇・二～〇・三％程度と推定されます。一方、政府は森林・林業再生プランによって木材自給率五〇％（木材生産を二倍以上）を目指しています。では、昭和時代に多大な努力によって造成された広大な人工林を今後どのように活用していったらよいでしょうか。

人工林の伐採と将来構成

現存人工林の約八割は一九五〇年～一九八五年に植林されて、二〇一二年時点では二七年生～六

二年生となっています。将来も年〇・二～〇・三％の伐採ペースが続いて、かつ森林が破壊されるような自然災害が増加しなければ、今ある人工林の七～八割は一〇〇年後には一三〇～一六〇年生くらいになって残ることになります（図一）。

一方、今後一〇〇年間における一年あたりの主伐面積を現在の二倍程度増加することができれば、人工林の半分を主伐収穫することができます。

人工林経営の現状

このように考えると、森林・林業再生プランに掲げられているとおり、日本の木材生産量は長期的に大幅に増加させることが可能ですが、それを実現するためにはどのような問題があるでしょうか。

大きく見ると、一つは間伐の収益性の問題、もう一つは主伐後の森林の再生の問題があります。

日本では多くの地域で補助金なしでは人工林経営が成り立たなくなつたと考えられています。それでも健全に成長して成熟した人工林の立木を製材または合板用に売れば、主にパルプ・チップの用

途である雑木林を売るよりも高い値段で売れるのが普通です。しかし実際には、多くの人工林では、主伐収穫すればその時は収益を上げられるけれども、跡地に苗木を植えて再造林するとコストが高いため、赤字になってしまいます。



写真1 人工林材生産の長期展望

そのため、現状では当分の間、間伐材生産で林業経営を継続して、主伐と再造林を先送りするの
が一つのやり方になっていきます。しかしこれには
間伐材生産の採算性の問題があります。間伐によ
る単位材積あたりの素材生産費は主伐による素材
生産費よりも高いので、間伐で採算がとれる森林
の面積は、主伐で採算がとれる面積よりかなり
小さくなってしまいます。人工林の林齢の上昇と
素材生産技術の進歩によって、将来的に補助金に
頼らない間伐材生産をどの程度拡大できるかは、
価格と費用の関係によって大きく異なります。丸
太価格が低下せずに、素材生産費削減に成功すれ
ば、間伐材を主体にした大幅な生産拡大が実現す
るかもしれません。しかし、素材生産費が削減で
きなかった場合や、かりに削減できたとしても、
それ以上に丸太価格が低下した場合には、間伐で
は採算がとれないので、資源の活用のためには主
伐を重点にしなければなりません。

人工林主伐による生産拡大の鍵

では主伐による生産拡大の鍵は何でしょうか。
現在、森林総研でも研究が進められている大幅な
コスト削減を実現する伐採・再造林技術の開発・
普及が一番ですが、再造林費用のまかなえない人
工林でも育てた木は収穫して、そのあと天然更新
や播種更新による広葉樹林化が可能な場合は、そ
れを積極的に進めるのがよいと考えられます。

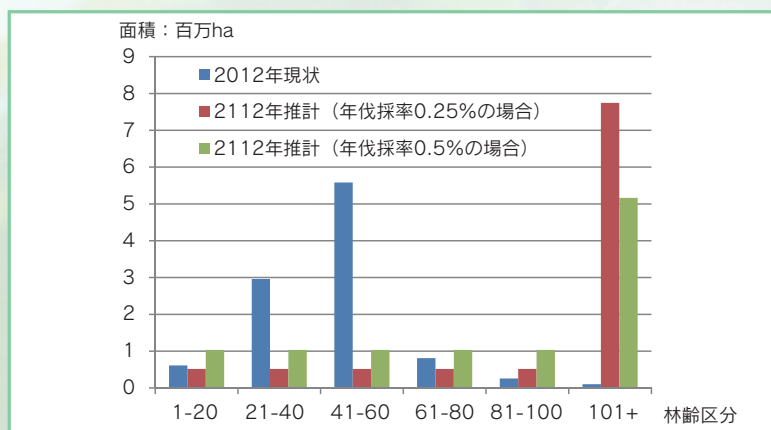


図1 人工林の2012年の年齢構成と2112年の年齢構成
赤は概ね現状の年伐採率0.25%の場合、緑は二倍の0.5%に上昇した場合
で、ともに造林面積が伐採面積に等しい(再造林が100%実施された)場合。
人工造林面積が伐採面積よりも小さい場合には、その比率に応じて、2112
年の100年生以下の面積がグラフよりも小さくなります。伐採面積が現状の
二倍以内ならば、80年後には人工林の半分以上が100年生以上になります。



写真2 高齢級樹の伐採

今の人工林の資源状態を考えれば、広葉樹林化
による人工林面積のわずかな減少を恐れる理由は
ありません。たとえ一部を広葉樹林化しても、経済
的に収穫可能な人工林の蓄積は膨大です。むしろ、
人工林経営の適性のない林地にまで伐採後の再造
林を義務づけると、伐採も再造林もできない林地
が増えて、生産力を維持するつもりで設けた規制
が逆に生産水準を抑制するおそれがあります。ま
たかなりの人工林は過去の努力に反して、費用ば
かりがかかる負の遺産になってしまいます。

したがって、立地条件によっては、天然更新な
ど低コストの更新を視野に入れることによって、
収穫しても経済的に成り立つ森林の範囲が広が
り、地域全体としての木材生産水準が高まると同
時に、天然更新した広葉樹林によって生物多様性
を高める可能性が開けます。さらに造林補助など
の公的負担を減らし、林業の経済的自立性を高め
る可能性も開けてきます。このような研究を通じ
て、森林・林業再生プランの実現に向けて貢献し
ていきます。

森林所有者の思い描く 木材生産の将来と持続性



田中 亘

林業経営・政策研究領域
主任研究員



林 雅秀

(東北支所 主任研究員)

はじめに

木材価格は長期的に低迷したまま、なかなか上昇する兆しが見えません。そういった状況下、多くの森林所有者は人工林の皆伐実施を先送りする傾向が見られ、資源的に成熟する中で生産量の増加に結びついていません。また林業経営への意欲の衰えから、皆伐した後を放置する「再造林放棄」も見られるようになりました。日本の人工林は成熟、伐採、その後に再造林と継続していくことで林業経営が持続可能となるわけで、再造林されることは持続性の大きな要件です。

では、森林所有者は将来の皆伐と再造林の実施について実際にどのように考えているのでしょうか

か。それを具体的な数字で知るために、ここでは、全国五地域の森林所有者を対象として実施したアンケート結果の一部を紹介しながら、皆伐実施時期と再造林の意向について示します。

アンケート実施概要

本アンケートは全国各地域から選んだ森林組合に所属する組合員一、〇〇〇名を対象に郵送で実施したものです。対象森林組合と回収率は、表1のとおりです。なお、東北の二県は資源量が豊富で今後の伐採増加が期待される地域、和歌山は都市郊外の里山的地域、九州の二県は現在進行形で木材生産が実施されている地域という位置づけです。

想定する皆伐実施時期と伐期齢

何年後に保有面積をどれだけの割合ずつ皆伐しようと考えているか(図2)、および皆伐後にどれだけの割合を再造林しようと考えているかを尋ねた結果は表2のとおりです。秋田と宮崎では現在から四十年後までに皆伐が想定される面積が過半であり、「皆伐しない」と想定される面積は比較的小さいこと、一方和歌山と熊本では二〇年以内に皆伐される意向の面積は比較的小なく、「皆伐しない」と想定される面積が多いことが指摘できます。再造林の予定面積に関しては、四割強から七割強までと五割をまたいで地域によって大きくばらつきが見られますが、いずれも大きな数字

です。

将来想定する伐期齢、つまり「どのくらいの林齢になったら伐採するか」について尋ねた結果は図2のとおりです。最も多かった回答は岩手、秋田、和歌山、熊本で六一〜八〇年生、宮崎で四一〜六〇年生でした。宮崎では他地域と比較してより早い林齢で伐採する、つまり短伐期志向であることがうかがわれます。

以上の結果を合わせると、大勢では人工林が六一〜八〇年生程度に成長した時期に皆伐される部分が多いと見込まれること、その一方で皆伐されない人工林、および再造林予定のない皆伐跡地も一定程度あると見込まれることが読み取れます。

つまり、現時点での森林所有者の意向のみによれば、日本における人工林は減少していくということになります。しかし、人工林の全てが必ずしも再造林されるわけではない、ということは必ずしも悪いことではなく、逆に生産条件の良い場所を選んで経済的に持続可能な林業経営を実現させていく可能性に繋がります。

現在、進められている「森林・林業再生プラン」では施業の集約化や機械化等によって木材生産コストの低減を図っており、主に間伐による増産が期待されています。しかし、将来的にはアンケート結果に示された時期に皆伐が見込まれます。そして皆伐後には再造林することが資源の持

表1 アンケート実施概要

	岩手	秋田	和歌山	熊本	宮崎
実施年度	2007	2007	2008	2009	2009
対象 森林組合	東磐井	仙北東	4つの 森林組合 ^{注)}	菊池	南那珂
回収率 (%)	46	53	44	22	32

注) 和歌山は那賀広域、高野町、かつらぎ町、和海の4組合で、各250名に送付

表2 アンケート実施概要

	岩手	秋田	和歌山	熊本	宮崎
回答者の保有 森林面積合計	1,506	1,178	4,359	2,244	1,626
伐採跡地での 再造林予定	61.9	42.7	45.5	75.2	57.4

注) 再造林予定の数値は伐採予定面積に対する再造林予定面積の割合

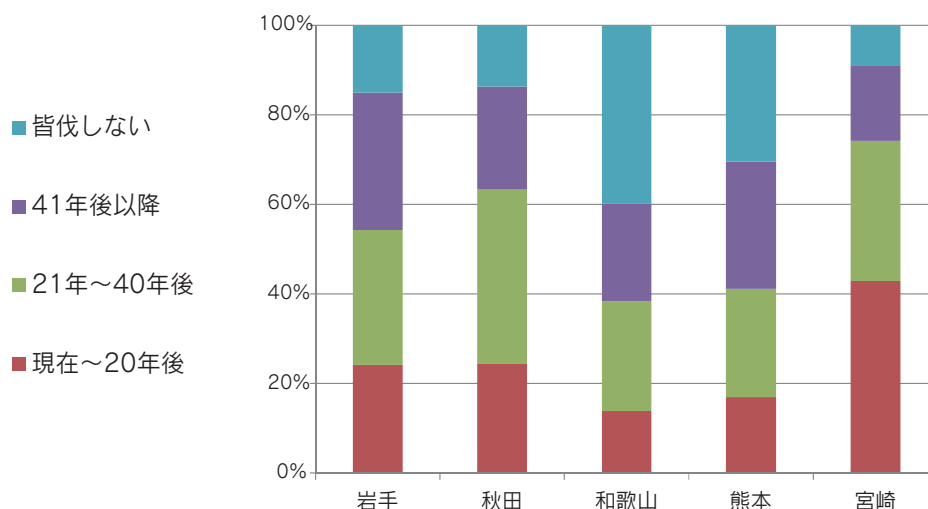


図2 伐採を想定する将来時期と再造林

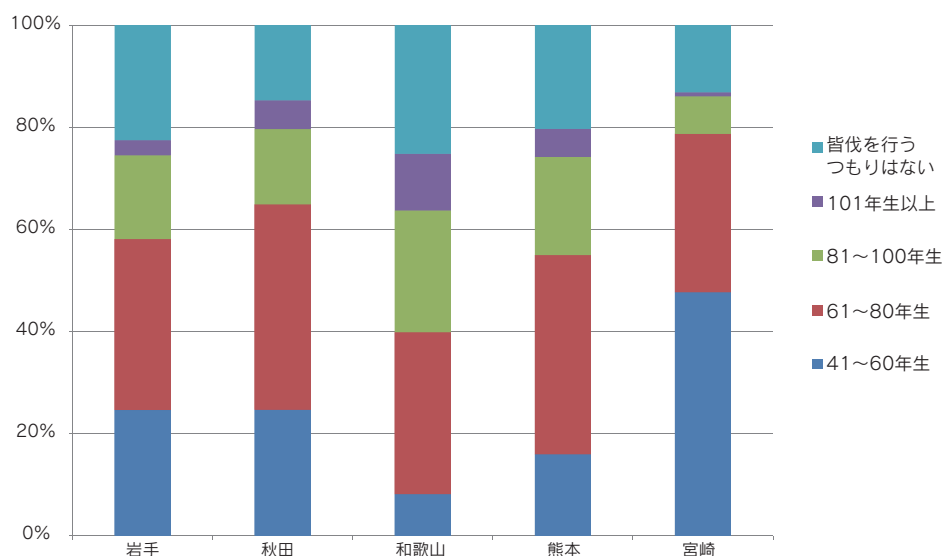


図3 想定する伐期齢(回答者の割合)

継続には必要ですが、その際には次代の収支を精査し、経済的に見合う範囲を予測して再造林を推進していくことになるでしょう。このような持続可能な林業の実現に向けて、森林総合研究所では

「機械と路網による低コスト生産システム」や「集約化のための伐出見積もりシステム」、「再造林の低コスト化を目的とした育林コスト予測手法及び適地診断システム」などにより、将来の収

支を予測し、造林コストを低減して再造林を促進する手法の開発を行っています。今後も将来における林業経営の再構築に向けて、私たちも貢献していきたいと思います。

森林作業道の 路線選定を支援する



鈴木 秀典

（林業工学研究領域
森林路網研究室）

森林作業道

森林作業道は、間伐等の森林整備や木材の集材・搬出作業を行うために継続的に利用される道幅二・五〜四・〇メートル程度の道であり（写真3）、丈夫で簡易なものであることが求められます。そのため、どこに道を開設するか、つまり路線選定が重要となりますが、その際いくつか気をつけなければならない点があります。開設した道が崩れにくく、濁水や土砂流出などで環境に悪影響を与えないこと、土工量（工事で取り扱う土の量）を減らし、切土と盛土の量をできるかぎり均等にすること、搬出作業などに使用する機械の性能に合った構造とすることなどです。そのためには、地形、土質だけでなく、搬出作業に関する広範な経験や知識を必要とするので、路線選定は簡単ではありません。森林総合研究所では、このような難しい路線選定作業をなるべく簡便なものにするための対話型の支援ソフトウェア（図4）を開発

しました。このソフトウェアでは、利用者がマウスで予定路線を描くと、縦・横断面図を表示して視覚的に縦断線形（路線の形状）や横断面を確認できるようにだけでなく、横断面の面積を計算して、数値的に土工量を検討することも可能となりました。

ソフトウェアの使用にあたっては、まず国土地

理院の基盤地図情報などの数値地図（DEM）と、等高線が書き込まれた地図（森林基本図など）を用意します。前者は土工量を計算するため、後者は予定路線を描くために必要です。最低限必要なものはこれだけですが、DEMから傾斜分布図（図5）などを作成すれば、適・不適地判定の目安として非常に有用です。地理情報システム（GIS）をベースとしているので、様々な図面を重ねて表示することができます。

路線選定

次に路線選定作業に入ります。計画する作業道の道

幅、のり面の角度などを設定し、予定路線を描いていきます。路線の描画が終わると、縦・横断面図が作成され、土工量が算出されます。これらを参考にして、予定路線の平面線形や縦断線形を修正していきます。またこれらの情報を使って、複数の候補路線を客観的に比較することもできます。



現地踏査



バックホウによる施工



完成



林内作業車による運材

写真3 作業道の施工

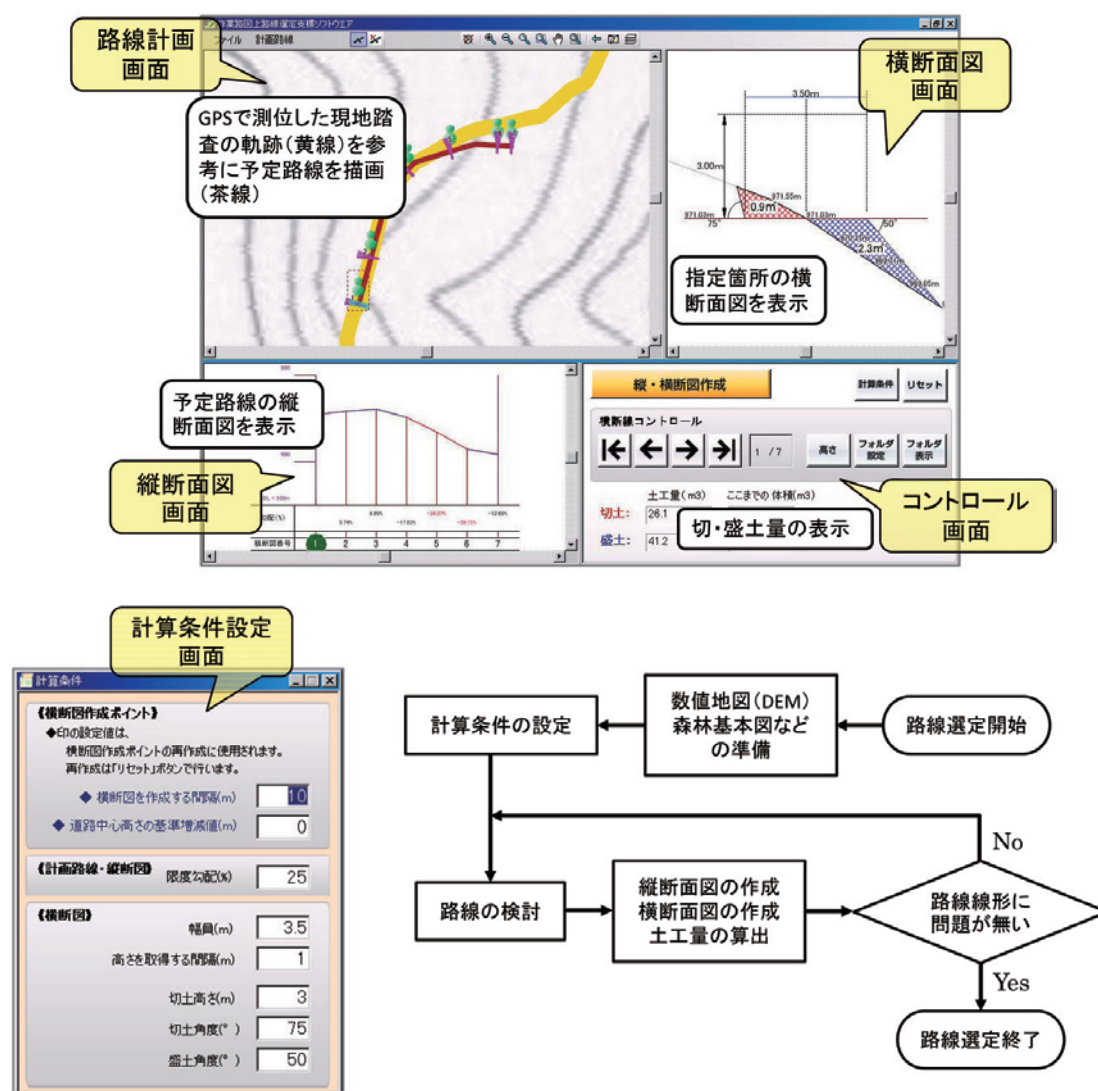


図4 森林作業道の路線選定支援ソフトウェアおよび路線選定のフローチャート
路線計画、横断面図、縦断面図、コントロール、および計算条件設定の5つの画面で構成される。

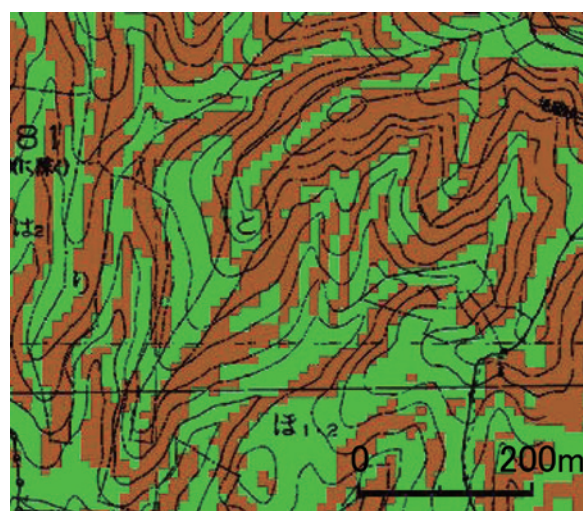


図5 傾斜分布図
茶は30度以上の急傾斜面を、緑は30度未満の相対的緩傾斜面を表す。

図上での検討が終わったら現地で開設予定地を踏査し、現地の地形が地図のとおりになっているか、地図に表れていない崩壊地や大きな岩、湧水などがないかといったことを確認します。ソフトウェアにはGPS機器との接続機能があるため、踏査で歩いた軌跡をソフトウェアの路線計画画面に表示することができ、予定路線の変更などを簡易かつ正確に行うことができます。逆に、ソフトウェアで描いた路線の位置情報をGPSに出力することもできるので、現地で予定路線の位置を正確に確認することもできます。これらの室内作業と現地踏査を繰り返しながら、路線選定を行っていきます。

このように、このソフトウェアは対話的に路線選定や線形の修正を行いながら、より適性が高いと思われる路線を利用者自身が判断していくもので、路線選定作業をより簡便で適切なものにするための強力な支援ツールといえます。

この研究は農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」「間伐促進のための低負荷型作業路開設技術と影響評価手法の開発（課題番号：21038）」により行われています。

事故を減らして経営を安定させる ―防護用品の活用―



鹿島 潤

林業工学研究領域
安全技術研究室長

はじめに

林業は以前から労働災害の多い仕事です。機械化が進み災害数はかなり減少しましたが、それでも他の産業に比べて労働災害発生率が高い業種です。傾斜地で足場の不安定な作業現場、重い木材

の伐採と搬出など、林業の作業には危険を伴う要素がたくさんあるからです。わが国の林業労働者は、平成一七年には約四万七〇〇〇人と、四〇年前の一八%にまで減少しています。しかも高齢化率（六五歳以上の高齢者の占める比率、全産業の高齢化率は九%）が高く約二六%です。一方で、喜ばしいことに三五歳未満の新規就労者数は近年増加傾向にあります。とはいえ、一般に高齢者と経験の少ない者が事故に遭いやすいとされていますので、林業は事故の起こりやすい状況になってきたともいえます。

労働災害の予防は、労働者自身やその家族を守ることが第一の目的ですが、組合や会社にとって

も災害に伴う支出を抑え、貴重な熟練力を維持し、魅力ある職場とする点で経営的にもとても重要です。

ケガと事故を防ぐ防護服

産業活動の場では、ケガや事故を予防し、万一ケガをしてもその程度を軽くする目的で防護用品を利用します。ところが、林業の現場では、着ると動きにくい、価格が高いといった理由に加えて、積極的に使用する習慣がなかったため、以前は防護用品が十分に利用されてきませんでした。しかし、林業労働災害を減少させる必要から、その手段としてチェーンソー用防護服（写真4）に今期待がかかっています。

チェーンソー用防護服とは、内側に防護材を仕込み、チェーンソーの刃が当たっても身体が切れないようにした衣服型の防護具のことで、刃が当たると長い繊維が引き出され、繊維がチェーンソーに絡まる抵抗で強制的にチェーンソーの動きを止める仕組みが一般的です。（写真5）

チェーンソーで身体を切る事故は、四日以上以上の休業を伴う林業労働災害の約一五%を占めます。被災箇所は下半身に多く発生していますが（図6）、負傷の約六割が防護服を着ていれば防げた可能性のあることが私たちの調査でわかっています（図6の網掛けの範囲）。この数字は、全災害数の約一割に相当しますので、防護服一つでこれ

防護服の普及に向けて

だけの可能性があるとすれば、労働災害防止の観点からは期待も高まります。ただし、これはチェンソーを使う作業者全員が常時着用していれば、の話です。わが国では着用が義務化されておらず着用率も高くないので、今のところ防護服による災害減少の効果は十分に現れていません。

では、どうすれば着用率が上がるのでしょうか。

まずは、防護服が作業の安全性を高めることを作業者に十分に認識してもらい、使うことが当たり前と思う意識を持ってもらうことです。そのため、私たちは、被災事例や防護実績(図7)などのデータを提供して防護服の有用性を理解してもらうよう努めてきました。現在ではこうした資料が安全衛生講習などで活用され、作業者の意識改革に役立っています。

次に、林業事業体に個人装備防護用品の重要性をもっと認識してもらうことです。事業体为主导して防護用品を普及させるには作業者に無償で配付することが理想です。しかし、一着一万円以上する、しかも消耗品である防護服を十分に準備できるほど日本の林業の経営環境は良くありません。そのため、作業者が個人負担で購入し使用している場合も多いようで、防護服がなかなか普及



写真4 様々な防護服
上段：スボンタイプ、下段：チャプスタイプ



写真5 防護服内の繊維の引き出し(上)と
チェーンソー内部の絡み付き(下)の例

しない理由がここにあります。外国では防護服を使用せずに事故が起きると雇用者が罰せられる国もあります。日本でも、労働者保護の観点からこのような規則が整備されると、ぐっと普及も進むでしょう。

おわりに

スウェーデンでは防護服着用を義務化して

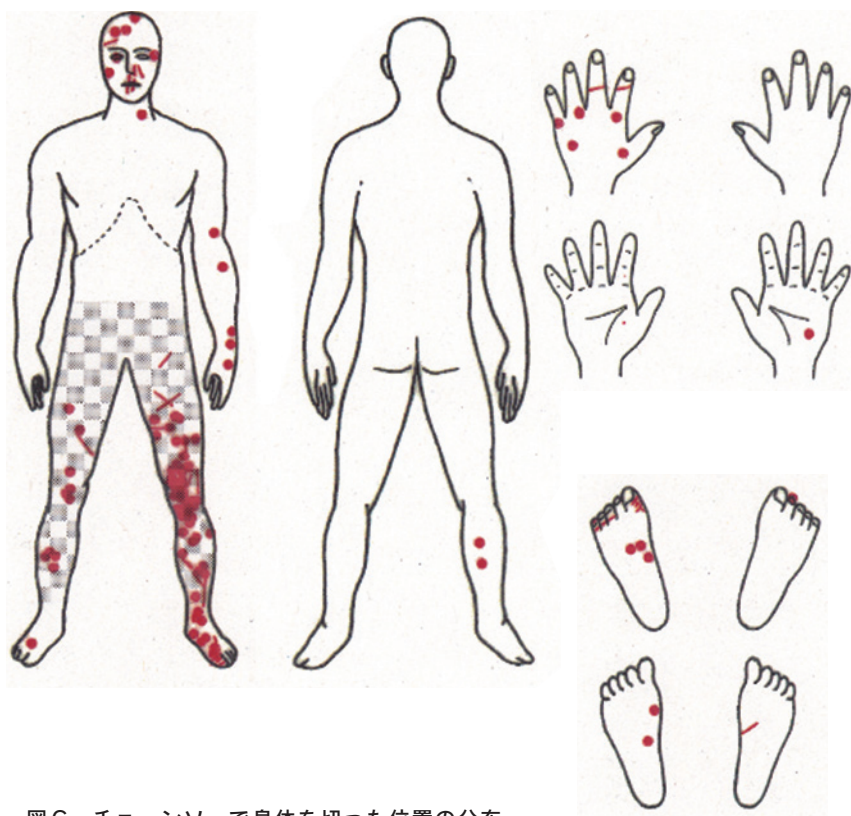
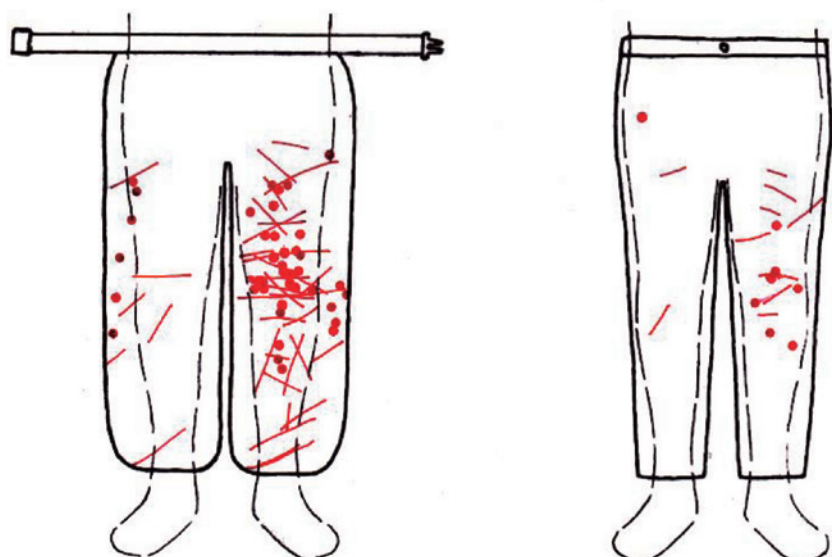


図6 チェーンソーで身体を切った位置の分布
(調査結果)と防護服の防護範囲(網掛け部分)

チェーンソーによる下肢の災害数を大きく減少させた実績があります。日本でも、防護服やその他の防護用品を積極的に活用してより多くのリスクを回避できれば、災害数をもっと少なくできるはず。そして、災害数の減少は災害コストの削減にもつながり、経営改善効果も期待できるので



チャプスタイプ(写真4参照)の見開き

ズボンタイプ(写真4参照)を
正面から見た状態

赤線は防護服を切った長さや方向のわかっている事例、赤点は防護服を切った場所の中心付近。

図7 防護服による災害防止実績
(防護服は切ったが負傷を免れた例)

す。そのために、私たちは、防護用品を活用した作業の安全性をアピールし積極的に防護用品を使ってもらえるようなデータを示しながら、防護用品の活用が、災害予防を通じて林業経営の安定に寄与できるように研究を進めていく予定です。

研究の“森”から No.215

二酸化炭素濃度が 上昇するとブナの 結実が増えるか



韓 慶民

(植物生態研究領域 主任研究員)

はじめに

植物の種子の量（結実量）は、いろいろな原因で年ごとに大きく変動します（結実豊凶）。この現象を説明する仮説として、気温や降水量など気象条件の年変動などによって植物が利用できる資源量が年によって異なるためという「資源適合仮説」があります。しかし、ブナをはじめとする多くの樹木では、結実豊凶の開きが数百倍にも及ぶため（図1）、気象条件などの環境の変動だけでは説明がつかず、結実豊凶は、気象条件だけでなく、光合成で得られる炭素や主に土壌養分から得られる窒素などの資源の使い方を、植物自らがコントロールしているために起きる現象と考えられます。

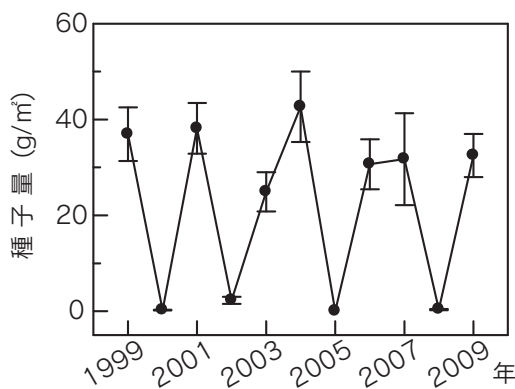


図1 スイスにおけるヨーロッパブナの種子生産量の年変動

樹木の種子生産と樹体成長のバランス

ブナなどの樹木は、種子を生産するために大量の炭素を消費します。ここで言う炭素とは光合成で生産され樹木のからだをつくるセルロースなどの炭素化合物です。豊作年には種子に多くの炭素が使われるので、幹の肥大成長が低下したり、枝の伸長成長が減少します（図2a）。一方、産業革命以降、大気中の二酸化炭素濃度は急速に上昇を続けています。二酸化炭素濃度が上昇すると、一般に樹木の光合成生産は増加し、炭素化合物の生産も増えることが知られています。それでは、二酸化炭素濃度が上昇し光合成生産が増えると、樹木は種子の生産を増やすのでしょうか。また、幹や枝の成長を増大させるのでしょうか。答えを得るには、種子をつける大きさに成長した成木で実験しなければならず、これまで誰も調べることはできませんでした。そこで、それが可能な世界唯一の施設、スイス・バーゼル大学のweb-FACE実験施設でヨーロッパブナを使った共同研究を行いました。

FACE（注）とは、ある植物の生態系が二酸化炭素濃度の上昇に対してどのように応答するのか調べるために、その周りの大気中に高濃度の二酸化炭素を直接放出して、そのエリア全体の二酸化炭素濃度を上昇させる施設です。草地のような背の低い生態系のFACEでは、高濃度の二酸化炭素を常時草地の上に放出し続けますが、成熟した森林となると、全

体の二酸化炭素濃度を上げるには相当の量の二酸化炭素を放出せねばならず、たいへん費用がかかります。そこでバーゼル大学では樹冠内に細かい穴をあけたマイクロチューブをクモの巣 (web) のように張り巡らし、そこから高濃度の二酸化炭素ガスを放出することで、二酸化炭素ガスを節約しつつ樹冠全体の二酸化炭素濃度を上げることができるように改良しました。この施設が web-FACE です (写真)。

結実豊凶によらず二酸化炭素濃度上昇の影響は？

八年間にわたる実験の結果、二酸化炭素濃度を高くしても豊作年の種子生産量は変化しませんでした (図3)。また、一本の一年枝に付く葉の枚数も通常の二酸化炭素濃度の場合と比べて差がありません

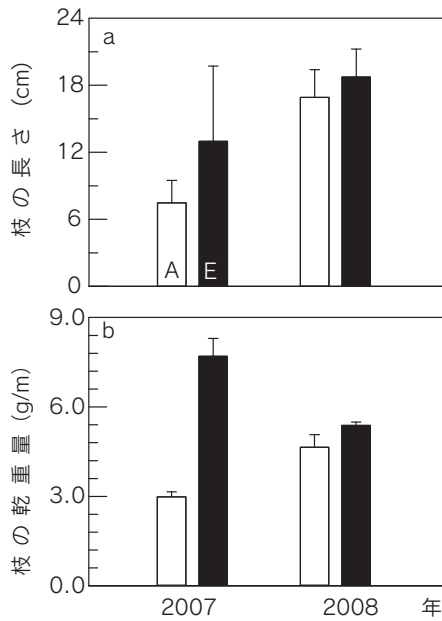


図2 二酸化炭素濃度 (CO₂) の上昇によるヨーロッパパナの枝成長への影響。a)主軸枝の長さ b)主軸枝長さあたりの乾燥重量。A: 通常のCO₂濃度 360ppm (白抜き)、E: 高CO₂濃度530ppm (黒塗り) 2007年は豊作年、2008年は凶作年。

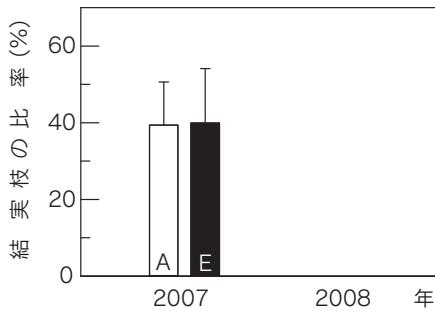


図3 二酸化炭素濃度 (CO₂) の上昇によるヨーロッパパナの結実への影響。A: 通常のCO₂濃度 360ppm (白抜き)、E: 高CO₂濃度530ppm (黒塗り) 2008年は不作年。

でした。しかし、豊作に伴う枝の成長低下は、通常の二酸化炭素濃度の場合と比べて小さいことが分かりました (図2)。これは、高い二酸化炭素濃度下では、豊作年での成長低下が緩和されることを示しています。

この研究によって、パナは二酸化炭素濃度が上昇すると、種子生産と栄養成長のバランスを変化させることが世界で初めて明らかになりました。大気中の二酸化炭素濃度は上昇傾向にあるにもかかわらず、高濃度の二酸化炭素が樹木の種子生産と成長のバランスに及ぼす影響は見落とされてきました。今回の実験は、大気中の二酸化炭素濃度の上昇が森林の成長に及ぼす影響の予測研究に新しい視点をもたらしました。

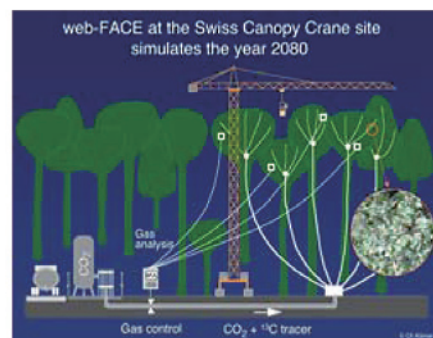
この研究は、日本学術振興会科学研究費補助金およびOECD共同研究プログラムにより行いまし

た。

(注) Free Air CO₂ Enrichmentの略。「空中の二酸化炭素を増大させる」の意味。



写真 スイス・バーゼル大学のWeb-FACE実験施設



研究の“森”から No.216

高温高压水を使って 木材を高速糖化

ーバイオエタノール製造の新技术ー



松永 正弘

(木材改質研究領域
機能化研究室 主任研究員)



写真1 森林総研で所有している高温高压水処理ベンチプラント

水と熱で木材を糖分に変換

石油や石炭といった化石資源の代わりに、再生可能な循環型資源である木質資源からバイオエタノールを製造し、有効利用することで、地球温暖化軽減に大きく貢献することができます。木材からバイオエタノールを製造するには、木材を構成しているセルロースやヘミセルロースという成分を分解して、アルコール発酵できる糖分に変換することが必要です。ところが、セルロースは木材の細胞壁中でリグニンという成分と非常に強固な構造体を形成しているため、同じバイオエタノール

原料のトウモロコシなどに含まれているデンプンと比べると簡単に糖化することができません。そのため、酵素や硫酸を使って分解する方法がこれまで研究され、一部では実証規模での製造が行われています。

一方、私たちの研究室では、高温高压にした水の中に木粉(細かい粉にした木材)を混ぜ合わせて糖分に変換する方法を研究してきました(写真1)。高温高压水の中では木材成分をはじめとした有機物が格段に溶けやすくなり、セルロースを短時間でグルコース(ブドウ糖)に分解することができます。水と熱しか使わないクリーンな反応なので、環境にも十分配慮した糖化方法です。

短時間で木材から約七割の糖を回収

実験にはスギ心材の木粉を使い、二五〇〜三二五℃で一〇〇〜一五〇気圧の高温高压水で一五〜二五分間、木粉を処理しました。その結果、木粉に含まれるセルロース・ヘミセルロースのうち、約五五%が水に溶ける状態の糖分として回収することができました。さらに、分解反応を効率よく進行させるための工夫として、水と木粉を混ぜ合わせた後に超音波をかけて、木粉の中から空気を追い出す(脱気)、という簡単な前処理を施しました。これは、水と木粉を混ぜ合わせたときに、木粉の中にたくさん残っている空気を追い出し、水と木粉が十分に接するようにして、反応を促進させよう、という狙い

で行ったものです。また、水よりも表面張力の小さいメタノールなどのアルコール中に木粉を浸してから水に置換し、脱気処理する方法も試してみましたが、その結果、糖収率は大きく増加して、七〇%近い糖収率を得ることができました(図一)。

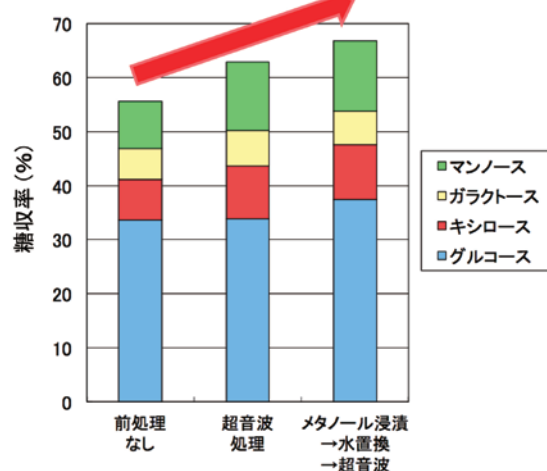


図1 高温高圧水処理でスギ木粉から作られた水溶性糖分の収率

木粉を混ぜて大幅に省エネ・低コスト化

高温高圧水を使って木粉を分解する場合、たくさん的高温高圧水を使ってしまうと、水を加熱するためのエネルギーもたくさん必要になってしまいますので、使う水の量を減らすことが重要な課題となります。そこで、より多くの木粉を水の中に混ぜ

合わせることが出来る方法を開発しました。普通、水一〇〇に対して木粉を五以上混ぜ合わせると泥のように固まってしまい、配管の中をスムーズに流すことが難しくなります。そこで、図2のように、まず常温常圧で水と木粉を混ぜ合わせた後、温度を一〇〇〜二五〇℃に上げて、圧力をかけてさらに木粉を追加することで、これまでの二倍以上の木粉を水に混ぜても泥のように固まらなくなることになりました。これによって、使う水の量が常温常圧で混ぜ合わせたときの半分ですむので、水

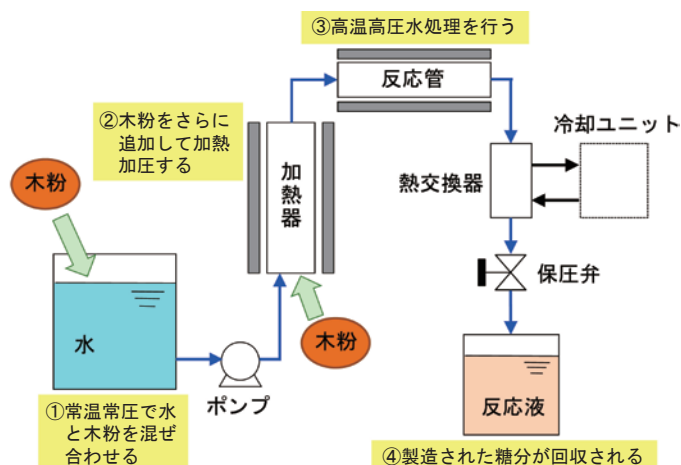


図2 高温高圧水処理による木粉分解・糖分生産の概略図

の加熱に必要なエネルギーやコストを四〇%近くまで削減できるようになります。このように、高温高圧水処理では酸触媒などが不要なうえ廃液処理の問題もなく、木材から糖分を短時間で生産することができます。また、例えば高温高圧水の八〇℃までの加熱に工場やゴミ焼却場などの廃熱を利用すれば、必要なエネルギーのおよそ二割を賄えるので、そういった施設に併設して中小規模でプラント化するのに適しています(図3)。

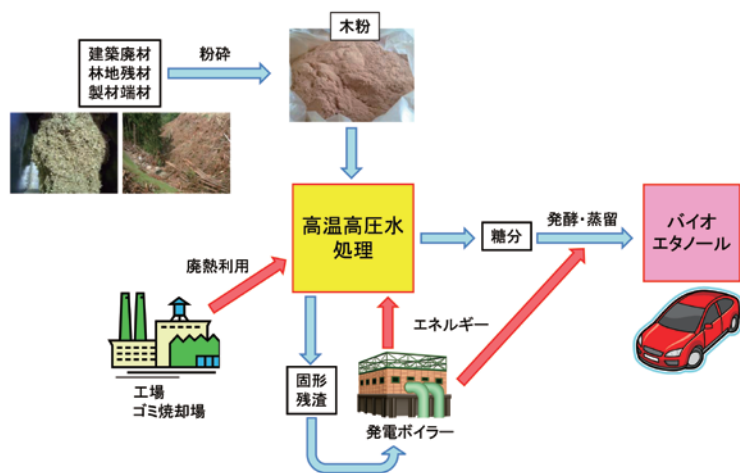


図3 高温高圧水処理で想定されるバイオエタノール生産フロー

「第3期中期計画」の紹介(5)

森林への温暖化影響評価の 高度化と適応及び緩和技術の開発

森林総合研究所は、平成二三年度からの五ヶ年間で計画期間とする、第三期中期計画を策定しました。新たな中期計画では、産業と科学技術の発展に貢献するため九つの課題を重点的に進めることとしています。

今回は、「森林への温暖化影響評価の高度化と適応及び緩和技術の開発」について、松本光朗・研究コーディネータ（温暖化影響研究担当）に聞きます。

研究開発の背景はどのようなことですか？

◆ 地球温暖化により、このままでは二〇〇年には平均気温が約四℃上昇すると予測されており、その影響が懸念されています。温暖化を緩和する対策としては、主因である化石燃料の利用による温室効果ガスの排出を削減することが第一ですが、森林を上手に利用し、二酸化炭素を吸収・固定することも大切です。また、木材を積極的に利用すれば、化石燃料の利用を抑制し排出を削減できます。温室効果ガスの排出削減に関する国際約束である京都議定書では、目標達成には森林による吸収量が利用できる、間伐の推進などの温暖化対策が進められています。

熱帯林の破壊も温暖化に関係していると聞きますが？

◆ 二酸化炭素排出量の六割は化石燃料からのものですが、森林減少や劣化によるものも排出量全体の二割を占めます。そのため、REDDプラスと呼ばれる、熱帯林の保全を通じた排出削減の枠組みを作ることが国際的に期待されています。

具体的にはどのような研究を行うのですか？

◆ 森林による二酸化炭素の吸収と木材利用による排出削減を個別に取り扱うのではなく、一貫した総合的な温暖化対策を進める必要があります。その前提として、森林と二酸化炭素の関係を正確に観測する必要があります。そのため、森林の炭素動態に関する観測

ネットワークを国内から東アジアまで広げ、精度向上を図るとともに、温暖化が森林生態系にもたらす影響評価を行います。そして、森林・林業・木材利用を繋げた温暖化対策の効果予測する技術を開発し、効果的な対策を探ります。

熱帯林についてはどう計画でしょうか？

◆ REDDプラスのため、森林の炭素量の変化を観測する技術を開発します。これは、人工衛星による観測と、森林の地上調査を組み合わせる必要があり行われるものですが、途上国で利用できる実用的な手法である必要があります。また、技術の開発とともに、REDDプラスのための制度・政策を提案していきます。

森林への温暖化影響評価の高度化と適応及び緩和技術の開発



「うさぎ追いし、かの山・」と歌われてきたのはノウサギのこと
で、わが国には本州・四国・九州のニホンノウサギと、北海道のエゾ
ユキウサギの二種がいます。どちらも里山から奥山に住み、普通に見
られる動物ですが、ニホンノウサギは、わが国にだけ生息する「固有
種」といわれるものです。

このノウサギ、かつては新植地などの苗木をかじる「害獣」として
目の敵にされ、森林総合研究所でも被害軽減のために生態の研究を
行ってきました。ところが一〇～二〇年前から、被害報告が少なくな
りました。また生息数調査によっても、その生息数は減少傾向にあり
ます。とくに、佐渡島のノウサギ（サドノウサギという亜種）は、あ
まりにも減少してしまい、環境省のレッドデータブックで「準絶滅危
惧種（NT: Near threatened）」にランクされています。食害対策の
ために人為的に導入されたホンドテンの影響なども考えられます。

全国的にこんなに減ってしまった原因は何でしょうか。ノウサギが
餌として好む柔らかく新鮮な植物は、林縁部や草原のような明るい場
所に豊富に生えています。一方、そうした場所では捕食者（キツネや
イタチなど肉食獣やクマタカなどの猛禽類）に狙われやすいので、ノ
ウサギは身を隠し、危険を素早く察知し、走り逃げる能力や、植物を
上手に栄養にする能力を身につけてきました。つまり、ノウサギに
は、林縁部から草原にかけての環境が最適な訳です。

しかし、ここ一〇～二〇年ほどの間、新植地が減って高齢級の林が
多くなったため、暗い森が一面を覆ってしまい、柔らかく新鮮な餌と
なる植物や適度に身を隠せる草の生えた林が無くなっています。つま

り、生息環境が変化し、ノウサギたちにとって住みづらい場所が多
くなったために、数が減ってしまったのです。かつての「害獣」時代の
生息数の多さも異常ですが、今日の
の少なさもどうかと思います。

ノウサギが減ると、それを
餌にする猛禽類も無関係

というわけにはいきま
せん。自然に与える人
間の営みが、動物た
ちの数に影響を与え
てきた例です。

山田文雄
（上席研究員）

ニホンノウサギ

Lepus brachyurus



災への対応

きのこの放射性セシウムの吸収・蓄積とその移行低減技術

根田 仁（きのこ・微生物研究領域きのこ研究室長）

きのこは、植物よりも放射性セシウムを吸収・蓄積しやすいことが知られています。原木で栽培されたシイタケから基準値を超える放射能が検出され、出荷停止となった例も報道されています。また福島県では野生きのこの摂取や出荷が制限されています。

森林総合研究所は、汚染の実態と今後の対策に貢献する観点で、福島県および関東地方の野生きのこに含まれる放射性セシウムの濃度を調査しました。また放射線医学総合研究所と協力して、栽培きのこの放射性セシウムの移行を低減させる方法を開発しました。

野生のきのこを調査した結果、原発からの距離、きのこの種類により、放射性セシウムの放射能はさまざまであることがわかりました。例えば各地に見られるカワラタケ（木材腐朽性のきのこ）に含まれている放射性セシウムの放射能は、二五km地点では六千三百〜一万三千ベクレル/kg（乾重以下同じ）でしたが、六六km地点では二七八〇ベクレル/kg、二二〇km地点では九〇六ベクレル/kg、二五〇km地点では七七ベクレル/kgと、遠距離になるほど少なくなり（図1）、空間放射線量とも相関関係が見られました。野生きのこの放射能の調査は今後も続けていくことにしています。

栽培きのこの菌床培地に添加剤を加え、培地からヒラタケへのセシウムの移行を調べました。実験には放射性セシウムと同様の性質を持つ安定セシウムを用いました。その結

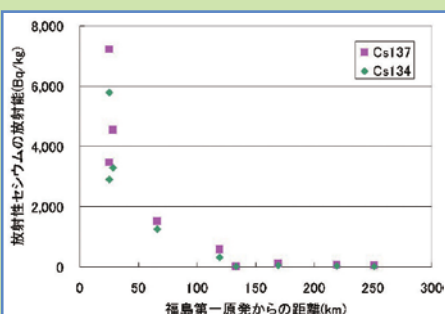


図1 カワラタケ子実体に含まれる放射性セシウム

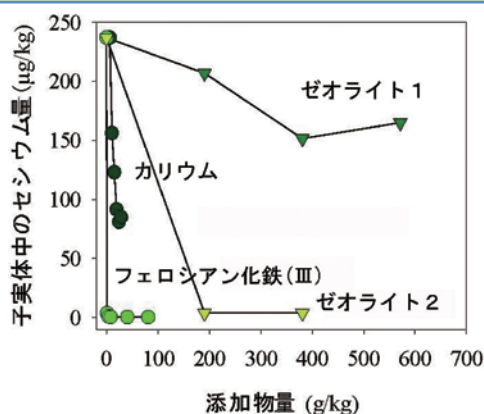


図2 安定セシウムの移行を妨げる培地添加物

		フェロシアン化鉄(III)の添加量 (g/kg)			
		0	4.1	8.1	40.5
培地の放射能 (Bq/kg)	Cs-134	276	193	249	335
	Cs-137	331	253	333	459
	合計	607	445	582	794
子実体の放射能 (Bq/kg)	Cs-134	745 (62)*	< 3.3	< 3.8	< 2.6
	Cs-137	933 (81)*	< 3.8	< 3.0	< 2.6
	合計	1,678 (143)*	-	-	-

表1 フェロシアン化鉄(III)の放射性セシウムの移行量低減効果
それぞれの数値は乾燥重量あたりの放射能でかつこの内は湿重量あたりの数値

果、培地からのセシウムの移行を最も妨げる添加物はフェロシアン化鉄(III)（*であることが明らかとなりました（図2））。さらに、フェロシアン化鉄(III)が実際に、放射性セシウムのきのこのへの移行を妨げるかを検証するため、放射性物質に汚染された木粉を用いて栽培試験を行いました。無添加の培地ではキログラムあたり乾燥重量基準で一六七八ベクレル/kg、湿重量基準一四三ベクレル/kgのきのこが得られましたが、同物質を添加した培地では、きのこの放射能は検出限界以下でした（表1）。移行量低減効果は今のところヒラタケについてのみ検証しましたが、他のきのこ類についても同様の効果があるか調べる予定です。

*フェロシアン化鉄(III)は、ヘキサシアノ鉄(III)酸鉄(III)とも呼ばれ、セシウムと結合するため、放射性セシウムの消化管からの取り込みを防ぐ薬品として利用されることもあります。

森林における放射性セシウムの分布調査

金子 真司 (立地環境研究領域長)

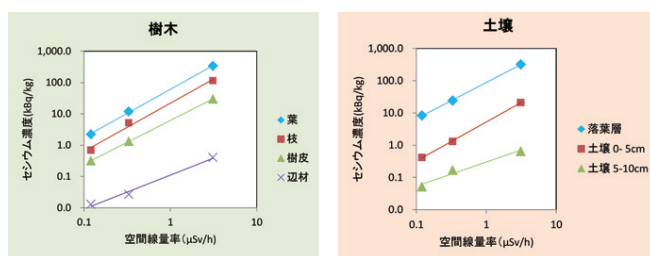
平成 三年八〜九月に福島県内の三箇所(川内村、大玉村、只見町)の森林に調査地を設けて放射性物質の分布調査を行いました(図一)。大玉村スギ林の結果は季刊森林総研一五号で紹介しました。ここではコナラ林やアカマツ林の結果も含めて林内での汚染度の違いについて説明します。

スギ林内の樹木の放射性セシウム濃度を見ると、最も濃いのが葉、ついで枝、樹皮の順となり、これに比べると幹材部(木の幹)は非常に低い値でした。林床では落葉層(落ち葉が地表に積もった部分)で最も高く、次いで深さ五センチメートルまでの表層土壌、それ以降は深くなるにつれて急激に濃度が低下します。川内、大玉、只見の試験地では原発からの距離に応じて、空間線量率(一メートル高)が毎時三、三、〇、三、〇、一マイクロシーベルトと変化していました。そこで、樹木と土壌の放射性セシウム濃度と空間線量率を比べたところ、どの部位でも放射性セシウム濃度は空間線量率に概ね比例することが分かりました(図二)。

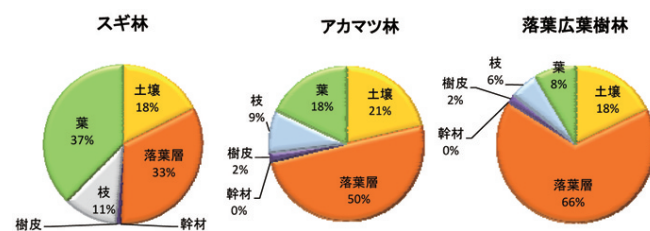
大玉試験地ではスギ林に加えて、アカマツ林や落葉広葉樹林でも調査を行いました。常緑樹のアカマツはスギと同様、葉の放射性セシウム濃度が高かったですが、落葉樹のコナラでは葉の放射性セシウム濃度は一キログラムあたり六〇〇ベクレル程度とスギやアカマツの葉の十分の一以下でした。多くの放射性物質が降り注いだ三月、常緑樹であるアカマツやスギには葉が付いていましたが、コナラには葉が付いていませんでした。葉の放射性セシウム濃度が大きく異なったのはそれが原因でしよつ。



図一 福島県内の三箇所の調査地



図二 空間線量率と樹木(左図)および土壌(右図)の放射性セシウム濃度との関係(スギ林の場合)



図三 大玉試験地のスギ林、アカマツ林、落葉広葉樹林の放射性セシウムの分布割合

森林の放射性セシウムの分布に関しては、スギ林では葉や枝等の樹木に森林全体の半分が蓄積し、落葉層や土壌に残りの半分が蓄積していましたが、アカマツ林や落葉広葉樹林では落葉層や土壌で放射性セシウムの割合が高いことが分かりました(図三)。アカマツはスギに比べて葉量が少ないため、上空から降った放射性セシウムの多くが林床に沈着した一方、葉の無かった落葉広葉樹では林床への沈着量が大きかったと考えられます。

このように同じ森林でも、林内での放射性物質の分布の様子は、樹種によつてずいぶん違うのです。森林内の放射性物質の分布は徐々に変化していきます。除染などの対策を考える場合でもこの点も頭に入れておかなければなりません。

森林総研では、引き続き森林における放射性セシウムの動きや変化について、調査を継続することとしています。

中国林業科学研究院と科学技術協力に関する覚書を更新

平成二四年五月一五日に、中国林業科学研究院チャン・ショウグン院長と当所鈴木和夫理事長が両機関の森林研究分野の協力を促進するため五年間を期限とする覚書の更新に署名しました。両機関は「中国における木材市場と貿易の拡大が我が国の林業・木材産業に及ぼす影響の解明」プロジェクトにおいて共同研究の実績がありますが、今後も更新された覚書に基づいて、共同の研究活動や研究者の相互訪問について協力を求めて行くこととなります。



▲中国林業科学研究院チャン・ショウグン院長と当所鈴木和夫理事長



▲中国林業科学研究院と当所の理事長ならびに共同研究推進者

日本木材学会技術賞、同論文賞を受賞

平成二四年三月一五(一七)日に北海道大学で開催された第六二回日本木材学会大会授賞式において、樹木抽出成分研究室長大平辰朗と主任研究員松井直之、共同研究者の金子俊彦(日本かおり研究所株式会社)が「樹木精油を利用した環境汚染物質除去剤の開発」により、第二三回日本木材学会技術賞を受賞しました。

また、同授賞式において、林木育種センター基盤技術研究室特別研究員三嶋賢太郎、主任研究員井城泰一、育種研究室主任研究員平岡裕一郎、探索収集課分類同定研究室主任研究員宮本尚子、基盤技術研究室長渡辺敦史が「関東育種基本区におけるスギ精英樹クローンの立木材質の評価」により第五回日本木材学会論文賞を受賞しました。



▲左から、論文受賞者の渡辺敦史、三嶋賢太郎、学会長と井城泰一



▲服部学会長と技術賞受賞者の大平辰朗(後列左)、松井直之(前列左)、共同研究者の金子俊彦(日本かおり研究所株式会社:後列右)

日本森林学会賞を授賞

平成二四年三月二六(二九)日に宇都宮大学で開催された第二三回日本森林学会大会授賞式において、植物生態研究領域長梶本卓也が「Root system development of larch trees growing on Siberian permafrost」により、また森林植生研究領域植生管理研究室長杉田久志が「ブナ皆伐母樹保残法施業試験地における三十二年後、五十四年後の更新状況―東北地方の落葉低木型林床ブナ林における事例―」により日本森林学会賞を授賞しました。



▲鈴木和夫理事長をはさんで、受賞者の杉田久志(左)と梶本卓也(右)

平成二四年度 一般公開 開催される

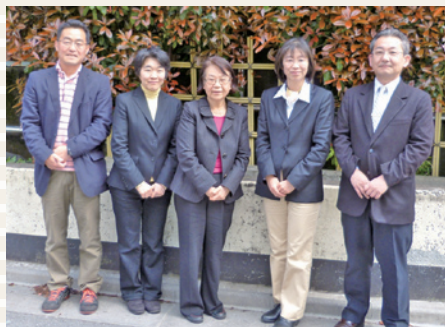
四月二〇(金)～二二(土)の二日間、一般公開を行いました。昨年は、東日本大震災の影響で中止となりましたが、今年は天候にも恵まれ、無事に開催することが出来ました。正面玄関ロビーでの研究成果などの説明展示、研究施設見学(モデル木造住宅・津波実験)、樹木園案内、もりの展示ルーム見学などを行い、両日あわせて一、二七九名と大勢の方にお越し頂きました。



平成二四年度 男女共同参画推進の取組み

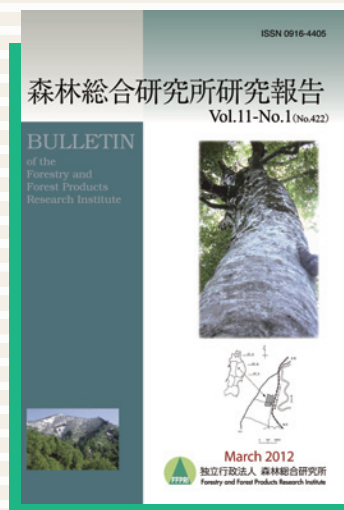
森林総合研究所は、文部科学省科学技術振興調整費女性研究者支援モデル育成事業「応援します！家族責任を持つ女性研究者」(平成一九～二二年度)で男女共同参画の取り組みを本格化させ、事業終了後も、「森林総研男女共同参画宣言」(平成二三年一月)、「第三期中期計画期間の男女共同参画に関する推進策」(平成二三年六月)を発表するなど推進してきました。平成二四年度は、四月から推進本部の事務局をつとめる男女共同参画室に新メンバーを迎え、男女共同参画の推進とワーク・ライフ・バランスの実現を目指して積極的な取り組みを始めます。推進本部アドバイザーについては、引き続き城西国際大学客員教授の原ひろ子先生をお願いいたしました。早速四月一八日に原先生と室長等で懇談会を行い、森林総合研究所における男女共同参画推進に関し、広い視野からご指導いただきました。

二四年度の事業の一つとして、介護に関わる情報提供を実施します。その手始めとして、六月一日には介護をテーマにしたエンカレッジ推進セミナーを開催します。また、意識啓発として男女共同参画意識調査や、キャリアアカウンセリング等も実施します。皆さんのご支援、ご参加をよろしくお願いします。



▲原ひろ子先生(写真中央)と男女共同参画室のメンバー

森林総合研究所研究報告



Vol. 11-No. 1 (通巻422号)
2012年3月発行
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/>

論文

国際パネルデータを用いた林産物需要関数の推定
関 庚鐸・岡 裕泰

ヒノキの単板乾燥工程で排出される揮発性有機化合物(英文)
石川 敦子・大平 辰朗・宮本 康太・井上 明生

研究資料

滝沢鳥獣試験地(岩手県滝沢村)における繁殖鳥類群集の四〇年間
(一九七〇～二〇〇九)の記録

鈴木 祥悟・由井 正敏・中村 充博



編集後記

木々の新芽も芽吹き、風薫る新緑の季節になりました。本所(つくば市)の一般公開もこれまでの最高の来場者を迎え、成功裏に終了しました。

今回は、「持続可能な林業経営」という特集を組みました。2009年12月に公表された「森林・林業再生プラン」により大きな転換期を迎えているわが国の林業について、木材供給の将来的な見通し、木材を供給する森林所有者の考え、丈夫な林内路網の効率的な設計方法と林業作業の労働災害を防止して安全な作業の実現を紹介します。「研究の森から」では、二酸化炭素濃度の上昇によるブナの実への影響と、高温高圧水を使った木材の高速糖化の研究を解説しました。東日本大震災から1年が経ちましたが、今回も当所のさまざまな取り組みの一端を紹介しました。

(企画部 研究情報科 秦野恭典)

編集委員：牧野俊一 市田憲(認定・NPO法人 オの木) 秦野恭典 関 充利 飯塚 淳 松本陽介 川崎達郎 西園明広 戸川英二 升屋勇人 北村兼三、伊原徳子

(表紙の写真) 上からイヌカラマツ、ウチワノキ、ムクゲ(誌名の背景)カリンの木目

(裏表紙の写真) フジイバラ：バラ科の落葉低木。径は10センチ以上、太いものは20センチ以上に達する。長さは2～3メートル。富士、箱根を中心とした山地に多く分布するためフジイバラと呼ばれているが、奈良県や四国の山地にも少々分布している。標高の最も高い自生種の1種とも考えられている。



「フジイバラ」 *Rose fujisanensis* Makino

季刊 森林総研 Vol.17

独立行政法人 森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
TEL.029-829-8134
FAX.029-873-0844
URL <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>

2012(平成24)年5月31日発行
編集：独立行政法人 森林総合研究所 広報誌編集委員会
発行：独立行政法人 森林総合研究所 企画部研究情報科
※本誌掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。