



森林

科学

[特集]

これからの低コスト再造林技術
—地域によるカスタマイズと
現場からの提案—

シリーズ

森をたべる

ありふれたごちそう～山菜の魅力

林業遺産紀行

「いの町の森林軌道跡」による地域活性化

現場の要請を受けての研究

三重県の造林地におけるシカ被害対策

No.
June

80
2017



特集 これからの低コスト再造林技術—地域によるカスタマイズと現場からの提案—

再造林に向けた低コスト林業への挑戦	2
宇都木 玄・原山 尚成・上村 章	
北海道における育林作業機械化の現状と展望	6
渡辺 一郎	
徳島県におけるスギ実生コンテナ苗の育苗	10
藤井 栄	
ヒノキ実生コンテナ苗の改良による低コスト	14
再造林技術の開発	
渡邊 仁志	
コンテナ苗の効率的生産に向けた	18
技術開発と課題	
原 真司・飛田 博順・松田 修	

森林科学 No.80

2017年6月1日発行

頒 価 1,000円(送料込み)

年間購読割引価格

2,500円(送料込み)

編集人 森林科学編集委員会

発行人 一般社団法人 日本森林学会

102-0085 東京都千代田区六番町7

日本森林技術協会館内

郵便振替口座: 00140-5-300443

電話/FAX 03-3261-2766

印刷所 創文印刷工業株式会社

東京都荒川区西尾久7-12-16

表紙図: 林業の省力化・低コスト化の切り札「一貫作業システム」の概念図。搬出機械を用いた苗木の運搬(I)と地拵え(II)。いつでも植えられるコンテナ苗を利用した植栽(III)。伐ったら直ぐ植えて、下刈りを省略した保育作業(IV)。特集「これからの低コスト再造林技術—地域によるカスタマイズと現場からの提案—」の図を改変(3ページ)

シリーズ 森をたべる	
ありふれたごちそう～山菜の魅力	22
齋藤 暖生	
シリーズ 林業遺産紀行	
「いの町の森林軌道跡」による地域活性化	26
野村 考宏	
シリーズ 森めぐり	
琵琶湖竹生島	
～カワウの一大繁殖地となった島の今までとこれから～	30
石田 朗	
シリーズ うごく森	
地上レーザー計測による森林調査のこれから	32
千葉 幸弘	
シリーズ 森をはかる	
活火山でロール資材の地表流減少効果をはかる	36
小川 泰浩	

シリーズ 現場の要請を受けての研究	
三重県の造林地におけるシカ被害対策	38
福本 浩士	
記録	
日本森林学会企画シンポジウム報告	42
「収穫期を迎えた人工林における資源循環利用と水土保全との両立」	
谷 誠・玉井 幸治・鶴田 健二・野口 正二	
日本森林学会大会第4回高校生ポスター発表の講評	46
井上 真理子	
コラム 森の休憩室Ⅱ 樹とともに	
水が上がる音を聴く	50
二階堂 太郎	
Information	52
ボックス	
北から南から	
読者の声	

再造林に向けた低コスト 林業への挑戦

宇都木 玄 (うつぎ はじめ、森林総合研究所)

原山 尚成・上村 章

(はらやま ひさのり・うえむら あきら、森林総合研究所 北海道支所)

はじめに

初めに断っておかなければならない。本特集の最後に、様々な条件のもと、都道府県別に問題を整理し、日本での低コスト林業の可能性を提示する予定であった。しかし事情により、今回は掲載することができなかった。半年以内には研究論文の解説のような形で掲載するので、本特集号と合わせてご一読いただければ幸いである。

さて、かつての日本は一年間に 10 万 ha の人工林造成を行っており、拡大造林期（昭和 20 年後半から 40 年前半）には年間 40 万 ha の人工林を作っていた（図-1）。昭和 40 年中盤ころから鉄やコンクリート材料の開発により木材需要が大きく減り、造林面積（森林伐採面積）も急速に減少した。その結果、日本の人工林資源は 45-55 年生が中心の一山型の齢級（林齢）構造になり（林野庁 2013）、また利用できる木材が多くなってきた（森林の総蓄積量は 50 億 m³ で、毎年 2 億 m³ 弱増えている！）。一方で森林伐採面積は 2 万 ha/ 年を下回り（宇都木 2015）、このままでは高齢級の人工林面積が極端に多くなってしまふ。こうした問題の解決には、様々な林齢の人工林を作ることが重要で、今ある人工林を適切に利用し、新しく「再造林」する必要がある。逆に今の人工林は、「植えるために伐る」段階とも言える。しかしながら、林野庁の試算では造林と保育（植栽後約 10 年まで）に約 150 万円/ha もの経費が必要となり（林野庁 2010）、木材を販売した儲けがすべて失われてしまう。これは林業先進国と言われるスウェーデンに比べて約 4～5 倍の値であるため（LCS 提案書 2016）、造林・保育経費の圧縮や作業の省力化が求められる。

こうした背景の中、林野庁では、2110 年には平均伐採齢 90 年、造林面積 7 万 ha/ 年が指向される状態であると述べている（林政審議会 2013）。これに呼応するように、また国産材の利用率を平成 37 年までに 50% に引き上げるべく（林野庁 2016）、新しい林業技術・そしてその低コスト化に向けての開発が進行しているのである。

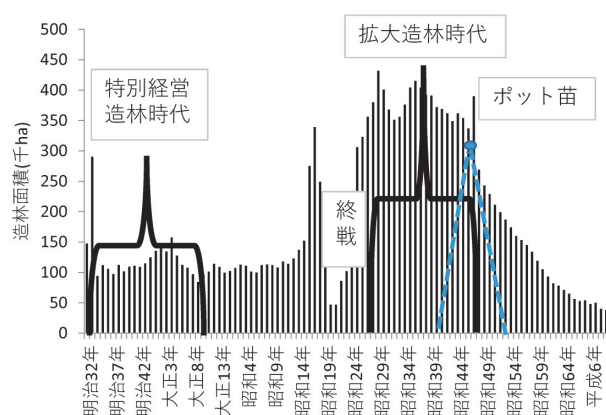


図-1 明治からの人工造林地造成面積の推移



図-2 先進型林業機械 ポンセ社 Gazelle (左) と Beaver (右)

再造林のコストの削減方法

次の更新に向けて、林業機械等を用いて樹木を「伐採」し、それらを森林の外へ「運搬」する作業を「主伐」と言う。日本は急峻な地形が多く機械作業が困難であるが、緩中斜面では非常に高度な「伐採・運搬」用先進型林業機械が活躍している（図-2）。その後「再造林」が行われるが、これは

1. 伐採された林地を、その後の作業が容易になるように整理する「**地拵え**」
 2. 苗木を作る「**育苗**」
 3. 林地に苗木を植える「**植栽**」
 4. 苗木と競合する雑草を排除する「**下刈り**」
- に分けることができる。その後、大きくなった競合植生（主に樹木）を整理する「**除伐**」、樹形を整えて節などを



図-3 一貫作業システムの流れ

隠す「枝打ち」、混み合った林地を一部伐採し、素性の良い木を大きく育てる「間伐」を行うが、これらの作業は本特集では扱わない。

再造林コストの削減に重要なキーワードは「一貫作業システム」である(図-3)。主伐で用いた機械を地拵や苗の運搬に利用し、省力化を狙うものである。造林において大型機械を使えるのは地拵工程だけであり、その後の工程は人力作業が多くなる。本特集では主に「地拵」に用いられる機械が紹介される。

地拵後、速やかに植栽作業を行うために「コンテナ苗」が重要な役割を持つ。コンテナ苗は、根の周りに培養土が着いた状態で植栽されるため、裸苗よりも植栽可能期間が延び、「伐ったらいつでも植えられる」ということから、年間作業の平準化にも役立つと考えられる(但し、植栽に不適な時期もあることがわかってきている。日本森林学会誌 Vol. 98 特集「低コスト再造林に向けたコンテナ苗の活用」を参照)。

ここで現状の地拵～下刈りまでのコストを全国平均で見よう(図-4)。野外の畑で育苗される裸苗(普通苗)を使った場合は下刈りコストと地拵コストが同程度であり(図-4左)、続いて植栽、そして苗木の値段となる。一方、コンテナ苗の値段は裸苗の倍であり、それを加味すると、下刈り、地拵、苗木の値段がほぼ同コストとなるため(図-4右)、コンテナ苗の効率的な育苗方法の開発も大きな課題となっている。

コンテナ苗は北欧を中心に1960年台から発展した技術で、キャビティーと言われる栽培孔の中で育苗される

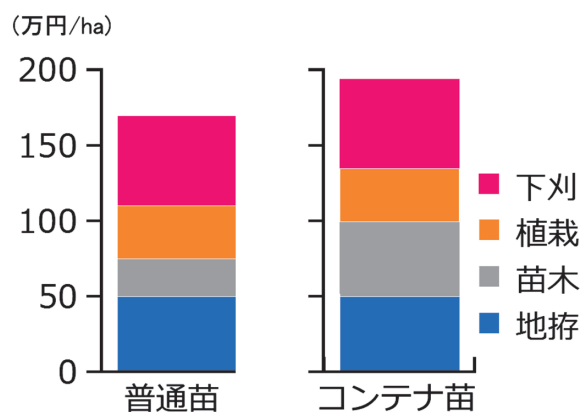


図-4 地拵～下刈りまでのコスト

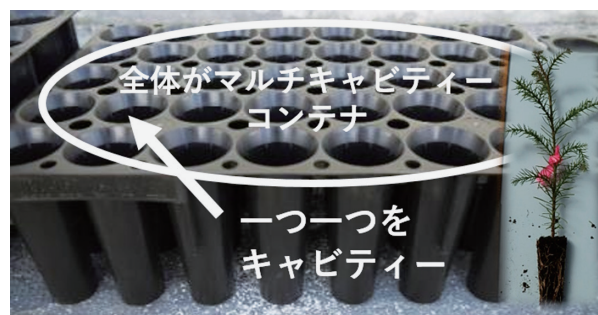


図-5 新しい苗種であるコンテナ苗

苗である。通常キャビティーが複数(マルチ)連結された容器(マルチキャビティーコンテナ)が用いられ、略してコンテナ苗と呼ばれる(図-5)。最大の特徴は、「根」が培地を包みながら強固となり、「成型性が良い(型崩れの無い)根鉢」が作られることである。ハウスなどを用いた集約的な栽培管理が可能で、ヨーロッパでは巨大



図-6 オーストリア LIECO 社のコンテナ苗生産施設

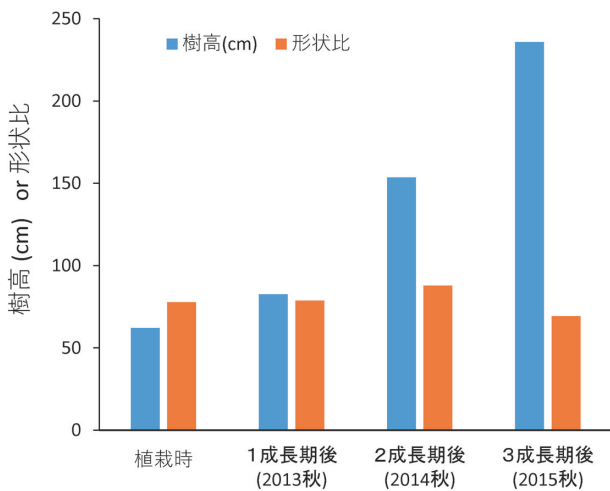


図-7 北海道下川町におけるクリーンラーチの3生育期間の樹高成長と形状比

な施設で大量生産が行われている（宇都木 2016）（図-6）。現在の日本の「植栽」作業が抱える大きな問題は、人手不足と技術の衰退である。しかしコンテナ苗は根の素性が良いため、「根の健全性を保ったまま誰でも簡単に」植栽できる。従って、「伐採」後の造林未済地に対しても、非常に有効な「造林の武器」となり得る。本特集ではこうしたコンテナ苗の「日本発の新技术」や、スギ・ヒノキでの「苗木生産方法」および「林地における利用方法」について紹介する。

次に、本特集では直接的には触れることのできなかった「下刈り」について少し考えてみよう。下刈り作業のコスト削減には3つの研究方向が見られる。一つは優良苗を用いた雑草との競争の低減、二つめが競争状況のレベル判別による除草作業回数の削減（下刈り省略基準）、三つめが除草作業の機械化である。除草作業の機械化は最も困難であるが、北海道において河川敷などの草刈りのために開発された小型機械の導入試験が行われており、これについては本特集で紹介されている。

グイマツを育種して開発されたクリーンラーチは優良



図-8 北海道下川町におけるクリーンラーチの4成長期後

苗の代表格であり、苗畑に植栽した場合、非常に旺盛な成長を示す（宇都木ら 2010）。筆者らが北海道下川町の山に植栽したクリーンラーチの3生長期間の樹高と形状比を見たところ（図-7）、植栽直後は60cmほどであったクリーンラーチは、3年目には2.5mに達し、4成長期後には競合植生であるササ高を完全に抜け出した（図-8）。当初80であった形状比は3成長期後には70まで減少し、生存率も96%と良好であった。最終的にこの立地では、2回下刈り（初年度と2年目）で成林させることができた。またカラマツの大苗を用いた場合でも同様な効果が認められている（原山ら 2015）。こうしたクリーンラーチや大苗を用いて低密度植栽（1,000～1,500本/ha）をした場合、下刈り回数の削減効果もあり、造林経費を20～30%削減できる可能性がある（原山私信）。苗高が約1.6-1.8mを超えると雑草木の強い被陰から解放される可能性も指摘されており（谷本 1982）、特定母樹等を利用した成長の早い優良苗の導入と、その活用のための立地条件の解明が待たれる。

下刈り省略基準では、植栽直後にスギの梢端部が覆われなければ、樹高成長の極端な低下が生じないこと、また樹高成長に対して側方からの被圧の影響は小さいこと（山川ら 2016）から、毎年の下刈り作業を避け、競合植生の種類と、植栽後の定期的な競争状態の観察により、下刈り回数を削減できると考えられている。

現在、農林水産省「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」のうち「優良苗の安定供給と下刈り省力化による一貫作業システム体系の開発（H28-30）」が森林総合研究所を代表機関とした12の大学、都道府県、企業によって進められている。本特集の筆者らも、このプロジェクトでの成果を基に執筆されている。このプロジェクトでは、苗木生産、地拵え～下刈りの各工程の低コスト・省力化を目指すだけでなく、

システム全体としての効率化を目指している。例えば、優良な種苗を用いれば、苗木と植栽のコストが高くてても下刈りが省略でき、システム全体のコストが下がるということである。将来の林業は、造林だけではなく、主伐から次の主伐までのシステム全体で、低コスト化を目指す必要がある。

日本には諸外国に比べて様々な自然環境や地域産業があり、それぞれの場所で「コアとなる技術」を「カスタマイズして現場に応用する」ことが重要である。本特集の筆者らは、日ごろから地域で活動されており、己で林業現場を感じていらっしゃる方々である。それぞれの主張には地域性が色濃くにじむが、読者には「全方位を統一的にカバーする技術は無く、様々な事例から必要な技術を取捨選択する」ことを認識して頂き、こうした誌面での情報が、ご自身や各地域における林業技術論の一助になればと思う。

本特集に出てくる用語の解説

ha：100 m×100 mの土地面積。

再造林：現存する人工林を伐採して植栽することであり、天然林を伐採して植栽することは拡大造林と呼ぶ。

一粒播種：コンテナの各容器に、一粒ずつ種子を撒くこと。多粒播種は各容器に2粒以上撒いて、複数芽が出てきたら、それらを間引く。

JFA150：林野庁と森林総研で開発したコンテナであり、キャピティー容積は150 ccである。300 ccのものはJFA300という。中側面に縦筋（リップ）が入り、根はその筋に沿って下方に伸びる。下面は穴が開いており、根はそこで空気に触れて成長を止める。

スリット入りコンテナ：キャピティーの底面だけではなく、側面にもスリット状の穴が開いており、根はそこで空気に触れて成長を止める。

Mスターコンテナ：片面が波状の縦筋の入ったシートを丸めて円筒形状にして、その中に培地を詰めて育苗するコンテナ苗で、容量の変更や育苗途中の配置替えが可能である。

露地栽培：屋外の畑状の場所で苗木を作ること。

苗木の需給調整：一年間の苗木の需要を見越して苗木生産の予定を立てる調整会議。

ココナツピート：ヤシ柄を粉碎し、繊維やチップを取り除いたものを原材料としており、数年間堆積させて苗木の培養土として用いる。

緩効性肥料：ゆっくりと溶出することで、長期間肥料効果を保つ肥料。

パーライト：火山岩を主体とした多孔質の土壌改良材であり、排水性を向上させる等の目的に用いる。

仮植：掘り取った苗木を、仮に土に埋めて保管しておくこと。苗木生産の場合は、発芽後成長した苗を掘り取って選苗した後、床替えを行うまでの保管であり、植栽作業の場合は、植栽現場に運搬された苗が、植栽されるまでの保管である。

裸苗：普通苗、ふるい苗とも呼ばれ、伝統的に野外の畑で育苗されてきた苗。

毛苗：床替え前の1年生苗木で、稚苗とも呼ばれる。

コンテナ苗の得苗率：播種したキャピティーの数に対する、製品になった苗数の割合。

形状比：比較苗高とも呼ばれ、[苗高 (cm) / 苗木の基部直径 (cm)] で表される。裸苗のそれは、60前後の値を示す。

末木枝条：幹の先端部や枝など、材として利用されない部位で、伐採時に林内に残置される場合が多い。

引用文献

- 原山尚徳・上村 章・韓 慶民・宇都木玄 (2015) 生分解性防草シートを施工したカラマツ大苗下刈り試験地の3年目の状況. 北方森林研究 63: 21-22
- LCS 提案書 (2016) 技術開発編 木質バイオマス燃料のコスト低減 (Vol.2) —林業素材生産コストの機械化推進による低減効果—. 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター
- 林政審議会 (2013) http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/26hakusyo_h/all/a13.html, 2017年5月15日確認
- 林野庁 (2010) 平成21年度森林・林業白書
- 林野庁 (2013) 平成24年度森林・林業白書
- 林野庁 (2016) 森林・林業基本計画のポイント http://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/plan/pdf/160524_02point.pdf, 2017年5月15日確認
- 谷本丈夫 (1982) 造林地における下刈、除伐、つる切りに関する基礎的研究 (第一報) スギ幼齢造林地におけるスギと雑草木の成長. 林試研報 320: 53-121
- 宇都木玄 (2015) これからの森林施業の道筋を考える. 山林 1570: 20-29
- 宇都木玄 (2016) オーストリアのコンテナ苗事情. 海外の森林と林業 96: 48-53
- 宇都木玄・飛田博順・上村 章・北岡 哲・黒丸 亮 (2010) クリーンラーチ (グイマツ雑種 F1) の初期成長と被陰の影響. 北方森林研究 59: 13-15
- 山川博美・重永英年・荒木真岳・野宮治人 (2016) スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響. 日林誌 98: 241-246

北海道における育林作業機械化の 現状と展望

渡辺 一郎 (わたなべ いちろう、北海道立総合研究機構林業試験場)

はじめに

まず、最初にお詫びしなければならない。タイトルには「育林作業機械化」を謳ったが、これから紹介する話は育林作業の中でも、ほぼ「地拵え（じごしらえ）」に関する機械化の話である。それは、林業の機械化は伐木作業や運搬作業など造材工程について先行し、ハーベスタを始めとする高性能林業機械が実用化・普及し、現在、日本国内で約 7,700 台が稼働している状況にあるのに対し、植栽・下刈りのような育林工程については、未だ試作機開発の段階にあり、普及には至っていないからだ。だが、育林工程のうち、地拵え作業については、造材工程で使用する機械の使い回しが可能な場合も多いため機械化が先行している。特に、北海道には林内走行可能な緩傾斜地が広く存在し、油圧ショベルを代表とする大型機械が普及している。現在、北海道における機械地拵え面積は、地拵え面積全体の 25% にあたる 2,000 ha に達しており、年々、増加傾向にある（平成 27 年度北海道調べ）。

北海道における地拵え作業の特徴

「地拵え（site preparation）」とは、植え付けや保育作業がしやすいように、その地にある障害物を整理する作業で、雑草木を刈り払い、刈り払われたものと伐倒木の末木枝条などの残廃材を除去する、森林造成のための準備作業である（太田ら 1996）。このうち、北海道における地拵えの特徴は、ササを主とする植生の除去が主作業となることである。北海道の森林の林床は、ササ類が国有林野面積の約 95% を占めているとされ（豊岡ら 1981）、大部分がササを主体とする植生で被覆されている。これらの植生は、例えば造材作業が冬季に行われるために雪で保護されることや、主伐から造林まで時間が空くことにより回復するため、林床に密生し造林作業の最大の障害となっている。北海道における地拵えの機械化は、このようなササを林地から除去することから始まった。当初は、造材工程の機械化の契機となったトラクター（以下、通称名「ブルドーザ」）を使用し、排土板による地剥ぎ、もしくはロータリーカッタなどを装着



写真-1 レーキドーザ（撮影：対馬俊之）

して地拵え作業が行われた時期もあったが、1970 年代頃よりレーキドーザ（写真-1）の利用が定着するようになる（青柳 1983; 松本ら 1984）。この地拵え方法は、チシマザサ（通称、ネマガリダケ）を根こそぎ除去するのに絶大な効果を発揮したが、同時に、土壌保全や更新木の成長に与える影響が危惧されるようになり、次第に利用されなくなった。1980 年代後半からは林地保全に配慮した地拵え方法が増えてゆき、多彩な地拵え機械が登場する。これらの多くは、油圧ショベルのアタッチメントを活用したものであり、1980 年代に登場したハーベスタなど油圧ショベルベースの高性能林業機械が普及してきたこととも関係していると考えられる。ここからは、現在使用されている地拵え機械について紹介する。

地拵え作業方法の種類

はじめに、地拵え作業方法の種類について、表-1 に示す。まず、「人力型」は現在ではほとんど行われていないと思われるが、長い柄のついた鎌を振って植生を刈り払う最も古典的な方法である。「準機械型」はいわゆる「肩掛け式刈払い機」を指す。エンジンを動力源に丸鋸刃を回転させて、人が手に持って植生を刈り払う軽作業機械で、現在最も普及している地拵え方法である。これらに対して、「機械型」は、ブルドーザや油圧ショベルのような大型機械を使用して地拵えを行う方法であ

表-1 地拵え方法の分類

分類	道具・機械の例	
人力型	大鎌	
準機械化型	肩掛け式刈払い機	
機械型	全剥ぎ型	ブルドーザ
	レーキ型	グラップルレーキ
	刈払い型	フレイルモア、シュレツダ



写真-2 レーキ爪装着ブルドーザ

る。機械型はさらに、全剥ぎ型、レーキ型、刈払い型に分類される。

多彩化する機械型地拵え

ここからは、現在、北海道で行われている大型機械による地拵えについて紹介する。

(1) 全剥ぎ型

地拵え機械化が始まった頃から行われている方法で、ブルドーザの排土板によって、表土ごと植生を剥ぎ取ってしまう方法である。林床を根こそぎ剥ぎ取ってしまうため、表土保全（土壌流出、地力維持）について注意が必要な方法である。

(2) レーキ型

レーキ爪（和訳は「熊手」）による地拵え方法で、現在は表土を剥ぎ過ぎないように、初期の頃（写真-1）よりレーキ爪を短くする傾向にある（写真-2）。また、油圧ショベルをベースとした作業機械も登場し、既製品としてグラップルレーキ（イワフジ工業（株））があるほか、自作したレーキ爪をグラップルローダで把持して作業する事例も各地で見ることができる（写真-3）。その他にも、ショベルの爪を長くするだけの事例など、多彩な方法で地拵えが実践されている。このレーキによる地拵え作業の主目的は植生除去というよりは、林地に散らばる枝葉など造材後の林地残材を整理することにある。そのため、表土を強度に剥ぎ取ることは無いが、植生はある程度残るため、植栽前には、再度、仕上げ刈り



写真-3 グラップルローダ用に自作されたレーキ爪

表-2 刈払い型地拵え機の分類

分類	説明
シュレツダ	水平回転軸に、鋭刃などの固定刃を取り付け、高速回転させて刈り払う。
フレイルモア	水平回転軸に、Y字形あるいはU字形の鋭刃（揺動刃）を取り付け、高速回転させて刈り払う。
ロータリーカッター	2～4枚の鋭刃を水平に取り付け、高速回転させて刈り払う。鋭刃の代わりにチェーンを取り付けたものはロータリースラッシュャという。
マルチャー	水平回転軸に、拳骨型の刃を取り付け、高速回転させて地表物を粉砕する。

（「補正刈り」と呼ぶこともある）と呼ばれる刈り払い作業が必要となる。また、表土を引っ掻くことにより、土壌を柔らかくする効果もある。牧場跡地の地拵えの例では、深さ 15cm 前後に形成されていた硬板層と呼ばれる不透水層を壊し、土壌の物理的改良に効果がみられた（渡辺ら 2009）。また、植栽スピードがわずかだが速くなる効果も報告されている（渡辺 2010）。ただし、デメリットとして、整理した林地残材などの置き場が必要となり、野ねずみなどの小動物の住処となるため、造林樹種によっては駆除を行うなど注意が必要となる。

(3) 刈払い型

鋭刃などを高速回転させて、植生を刈り払う地拵え方法で、刈払い方法により、さらに細分化される（表-2）。このうち、ロータリーカッターは 1970 年代まで記録があるが、現在もあるかどうかは確認できていない。

刈払い型で最初に導入されたのは、1990 年代初めにカナダのデニシマフ社より輸入されたシュレツダ型の刈払い機 TRH-100（日本での商品名は「ブラッシュカッター」）である（竹本 2002）。その後、回転モータを強化した後継機 DAH-100 が導入される（写真-4）。開発元のカナダでは林道などの草刈り機として使用されていたが、林地の植生除去作業が必要とされた北海道の事情に



写真-4 シュレッタ型刈払い機 (デニシマフ社 DAH-100)



写真-6 マルチャー型刈払い機 (seppi 社 MINI-BMS125)



写真-5 フレイルモア型 (アグリパートナー宮崎 BC195)



写真-7 刈り払い型による地拵え後の状況

合致し、20 数台が導入された。その他、同じシュレッタ型では、国産機（商品名：ロータリークラッシャ等）も開発され、普及している。その後、主に小型草刈り機に採用されているフレイルモア型の刈払い機が油圧ショベルのアタッチメントとして開発された(写真-5)。シュレッタ型に比べ、植生を細かく砕くことができ、刃の交換が容易であるが石に弱いデメリットもある。

導入された刈払い型の地拵え機械のうち、最も新しいのがマルチャー型である。根株も含む残材をある程度粉碎できる能力を持っている。2011 年に農業用トラクタのアタッチメントとして seppi 社製のマルチャーが導入されたが、ベースが農業用トラクタであるため傾斜などにより使用条件が限定される傾向にある。その後、森林総研北海道支所が油圧ショベルのアタッチメントとして試験導入している（写真-6）。現在、道内各地で実証試験を実施しており、良好な試験結果が得られているようであり、成果報告が楽しみである。

これらの刈払い型のメリットは、肩掛け式刈り払い機に比べて 6～8 倍の効率で地拵え作業が可能で、作業

後の林地がきれいに仕上がることである（写真-7）。一方、作業機の価格が 300～600 万円と高額なため、十分な事業面積（筆者の試算では年間 10ha 以上）を確保しなければ、肩掛け式刈払い機での作業費用より高く付くことになる。

今後の課題と展望

北海道における育林作業機械の現状について述べてきた。地拵え機械については、植生を刈り払ったり、残材を除けたりすることに止まらず、根株を砕くところまで到達しつつある。だが、こうした機械は油圧ショベルをベースマシンとするなど、大型なものばかりである。実は、北海道林業事業体登録（北海道 2017）によると、平成 27 年度時点で、造林事業しか実施しない事業体が全体の約 3 割存在し、そのうちの 8 割の事業体が大型機械を保有していない。こうした事業体の機械化を進めるためには、運搬が容易で扱いも簡単な小型機械の開発・導入が必要である。そこで、現在、元々は河川敷などの草刈りのために開発された小型機械の導入試験が始まっ



写真-8 乗用型刈払い機による傾斜地での地拵え作業
(筑水キャニコム ブッシュカッタージョージ)



写真-9 歩行型刈払い機による下刈り作業
(筑水キャニコム ブッシュカッタージョージ Jr. 草薙)

ている(写真-8、9)。現状では、残材が多い現場で十分に能力を発揮できないなど使用には条件が付いてくるが、刈り払い能力についてはチシマザサを粉碎できるなど問題なく、斜面に対しても横傾斜30度まで作業可能である。特に、歩行型刈払い機(写真-9)は下刈り作業への利用に効果的であることが分かってきている。

一方、地拵えに続く植栽に関する機械については、冒頭で述べたとおり、普及するまで機械化が進んでいない。しかし、将来的には、規格が統一化され、機械化に向いているコンテナ苗の普及により、植栽機械の開発はしやすくなると考えられる。また、当初からこうした機械を使用することを前提とした高密路網整備や植栽仕様などを設計し、森林づくり計画を実施することも必要だと考えられる。今後は、様々な機械の利用と森林づくりがマッチした、安全で快適な林業を目指してゆくべきだろう。

引用文献

- 青柳正英(1983) 道有林の「かき起こし」の実態. 北方林業 35: 49-53
- 北海道(2017) 北海道林業事業体登録制度のホームページ <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/tourokuseido/tourokuseido-top.htm>, 2017年4月15日確認
- 竹本 諭(2002) 美瑛町森林組合の機械化の取組み. 機械化林業 587: 43-48
- 豊岡 洪・佐藤 明・石塚森吉(1981) 北海道におけるササ類の分布とその概況. 北方林業 33: 143-146
- 太田猛彦・熊崎 実・須藤彰司・藤森隆郎・北村昌美・鈴木和夫・只木良也(1996) 森林の百科事典. 丸善
- 松本米美・高橋孝介・勝部悟竹・吉田克美(1984) 大型機械地拵えの効果について. 機械化林業 363: 16-23
- 渡辺一郎・酒井明香・石川茂雄(2009) 牧場跡地の機械地拵え作業の事例. 日林北支論 57: 139-141
- 渡辺一郎(2010) 大型機械による地拵え作業と植栽工程に与える影響. 機械化林業 684: 23-28

徳島県におけるスギ実生 コンテナ苗の育苗

藤井 栄 (ふじい さかえ、徳島県立農林水産総合技術支援センター)

はじめに

徳島県では主伐後の造林・保育の負担軽減を図り、本県の森林資源の循環利用を進めるために必要な施策として、コンテナ苗を活用した苗木生産・植栽体制の再整備に取り組んでいる(藤井 2017)。本県でコンテナ苗を使用する大きな理由の一つとして、人手不足問題に対応するため、植栽期間の拡大(山川ら 2013)による労務負担の平準化を狙っている。不安定な需給調整に対して苗木を供給するためには、生産者は常に出荷できる苗木を保有する必要があり、苗木の出荷後に空いたスペースを速やかに補充し育苗を開始できれば効率的である。また、本県苗木生産者は林業用種苗のみの専業ではないため、苗木の生産現場においても労務負担を分散できる生産方法が望ましい。本稿ではスギ苗木の供給を安定的に行うためのスギ実生コンテナ苗育苗技術を、本県の例を中心に解説したい。

スギ実生コンテナ苗の育苗資材

天候に左右される裸苗生産について、本県のベテラン苗木生産者は毎年初心者の気持ちで育苗すると話しており、露地で天水に頼った育苗条件の年変動は大きく、毎年異なる苗木管理が必要である。一方、育苗施設で生産するコンテナ苗は灌水によって水の供給を制御するため、安定した水分状態を維持できるが、灌水を制御する技術が育苗の成否に大きく影響することも事実である。

徳島県立農林水産総合技術支援センターでは、2013年10月にガラス温室内でコンテナ(JFA150、培養土はココピートオールド(株式会社広洋商会))にスギ種子を直接播種(3粒/キャピティ)した。その後2014年2月に間引きと移植を行い、4月末までガラス温室で育苗した。5月に平均樹高が同程度になるようコンテナを選別し、それらをセンター内の露地育苗施設と、近隣生産者の露地育苗施設に移動した。両施設とも測定対象苗を含めて2万本程度のコンテナ苗を育苗した。本センターでは自動灌水装置を用い、10分/日(7月-8月は20分/日)の規則的な灌水を行った。生産者は培地の状態を確認しながら、生産者の判断で適量の灌水を行った。例えば、8月は雨が降らなかった日が計8日(継

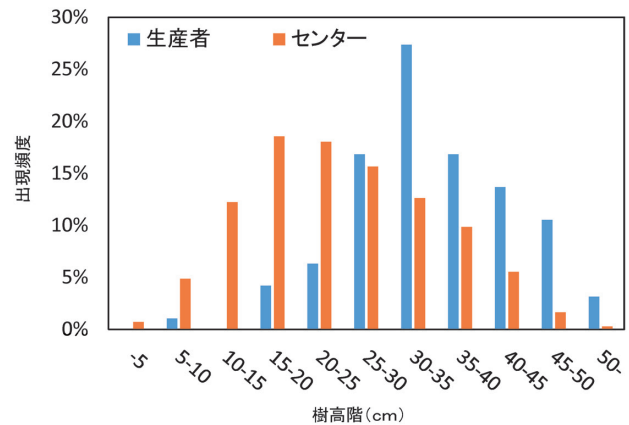


図-1 センターと生産者が育苗したコンテナ苗の播種1年後の樹高頻度分布

続無降水日数が2日)と降水が非常に多かったが、センターでは規則的な灌水を継続し、生産者は灌水を一度も行わなかった。10月に樹高を測定した結果を図-1に示す。センターでは樹高30cm以上の苗木が30%であったが、生産者では72%であり、灌水以外は同じ条件にもかかわらず、5月以降の成長量に大きな差が認められた。今回の育苗では肥料として水で溶出する緩効性被覆肥料(ハイコントロール、N-P2O5-K2O=16-5-10、肥効期間360日、10g/l)を使用し、培養土と混和しコンテナに充填していた。センターでは7月頃苗木の葉が黄変し、窒素不足と推定されたため、緩効性肥料(プロミック錠剤、中粒、N-P2O5-K2O=12-12-12)を1錠/キャピティ追加した。生産者では育苗期間を通して葉は黄変せず、育苗期間中に苗木が肥料不足になることは無かった。センターでは7月以前に緩効性被覆肥料がすべて溶出し、育苗途中で肥料切れの状態になったと考えられる。つまりセンターでは360日間で溶出する被覆肥料に対して過剰に水分が供給され、予定より早く肥料切れが生じたのに対し、生産者では予定通り継続的に肥料が溶出したことを意味する。育苗期間中の施肥量は追肥したセンターの方が多いが、灌水方法の違いによってその効果に差が発生した訳である。

一方、次に述べるように透水性や保水力の異なる育苗資材を用いた場合、結果が変わっていた可能性もある。

本試験の培養土はココナッツピート 100% であるが、培養土には透水性が良く乾燥しやすいものと、保水力、保肥力が高いが乾燥しにくいものがある。保水力、保肥力の良いココナッツピートと、透水性の高いパーライト等を混和することにより培地の乾燥の程度を調整することができる。ココナッツピートは原料の堆積期間の違いによって保水力が異なるため、堆積期間の異なる種類を用いて育苗時の水分条件を調整することも可能である。

育苗に使用するコンテナは側面にスリット（縦孔）が入っているタイプ（MT-150-40P、東北タチバナ社製）と入っていないタイプ（JFA150、林野庁、今回使用）があり、スリットが入っているタイプは培地が外気に触れるので乾燥しやすい。同じ灌水方法で育苗すると、スリット入りのみが乾燥によって枯死することもある。昨今は紙製ポットの使用も検討されているが、生産者によるとスリット入りコンテナ以上に乾きやすいとのことである。また培地の水分条件は苗木の樹高サイズによって変わり、樹高が高くなるほど培地が樹冠に遮蔽され、灌水される場所のばらつきが発生しやすくなる。このばらつきを緩和するため側方からの灌水を試みると、灌水資材に近いキャピティの苗木のみ黄変した（写真-1）。つまり灌水のばらつきを小さくするためには上方から灌水し、樹高が高くなるに連れて灌水時間を長くする方法が有効であると考えられる。培養土やコンテナによる乾燥速度の調整は、樹高（育苗段階）に配慮した灌水方法とも関連付けられる必要がある。

苗木の成長に必要な細根の発達には適度な酸素供給が必要だとされる（宮崎 1957）。水（肥料）と酸素の供給を効率的に行うためには、乾燥と湿潤の繰り返しによる培養土の物理的膨張と収縮が必要であり、本試験の生産者による手動灌水はこれに近い状況を作り出していたと想像される。センターのように自動的な灌水を行う場合は、灌水時間や使用する育苗資材を細かく調整し、乾燥と湿潤が繰り返される条件を作らなければいけないであろう。本試験のように施肥量が多いにも関わらず灌水方法によって成長量が小さくなることもあることから、育苗方法には一定の正解があるわけではなく、立地環境条件と育苗段階に応じて、資材、灌水方法を総合的に判断し、適切な選択をする必要がある。個別資材の良し悪しは、他の資材の選択によって条件が全く異なることに注意が必要である。新規参入者などの育苗経験が少ない生産者は培地が乾燥しやすい資材を選択し、長時間高頻度で灌水を行えば、苗木の状態を判断できなくても、灌水ムラや根腐れは発生しにくい。ただし、この方法だと肥料の流出が早いため、追肥が必要となるなど、育苗経費の負担が大きくなる。苗木や根鉢の状態を見て灌水の



写真-1 散水チューブに隣接する苗木のみ黄変している

必要性を判断できるのであれば、培地が乾燥しにくく、保水力、保肥力の高い資材を選択し、最小限の灌水で苗木を枯らさず、省力で苗木を成長させることが可能である。本県のベテラン生産者は、灌水する日は長時間行い、無灌水日を設ける方や、保水力、保肥力の高い資材を選択し、きめ細やかに灌水量を調整する方がおり、乾燥と湿潤のタイミング調整を自然に実行しておられるのであろう。ばらつきの少ない灌水を確実に行う方法は 1 キャピティごとに灌水する方法や底面吸水などが考えられるが、施設整備コストの点から本県では取り組んでいない。スギ実生コンテナ苗を良好に成長させる条件について述べてきたが、培地の重さは植栽時の労務負担に影響し、コンテナのタイプは植栽後の成長に影響する（落合 2016）とされることから、育苗方法の選択には出荷後の植栽条件と植栽成績にも配慮する必要がある。

スギ実生コンテナ苗の生産スケジュール

露地で育苗する裸苗に対して、ハウスや灌水施設を整備して育苗するコンテナ苗は生産スケジュールが異なり、コンテナ苗の生産方法もいくつかある。徳島県内の苗木生産者が行った生産スケジュールを表-1 に示す。

裸苗は生産期間を通して露地で育苗されるため、県内生産地によって若干の差はあるものの、徳島県の気候に合わせて概ねの作業時期が決まっており、それぞれの作業期間も限られている。出荷する苗木は掘取後に仮植されるが、その畑は出荷後に再利用されることから長期間苗木を仮植することができない。裸苗は主に 3 月から 4 月にのみ植栽されてきたので、その目的に応じた生産方法が確立しており、仮にそれ以外の時期に植栽が必要と

表-1 裸苗とコンテナ苗の苗木生産方法

苗木生産方法	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4				
1 裸苗				播種 (畑)									掘取 仮植 床替												掘取 仮植 出荷 (4月以降不可)							
2 コンテナ苗 1年生毛苗移植				播種 (畑)									掘取 仮植 移植												出荷 (4月以降も可)							
3 コンテナ苗 直接播種・間引				播種(ハウス・施設)																									出荷			
4 コンテナ苗 箱播種・移植				播種(ハウス・施設)																									出荷			

なった場合、特別な管理が必要である。

畑に播種され発芽した1年生毛苗をコンテナに移植する方法は、既存の苗木生産者が初めに取り組んだ方法である。コンテナに移植するまでの作業は裸苗と同様であり、土壌消毒や耕耘等の農地管理、天候に左右され発芽やその後の生育が不安定な播種、作業負担の大きい夏場の草取りを行わなければならない。掘取や仮植の都合から移植できる時期が決まっており、コンテナ育苗の開始時期や作業時期が限定される。

次に、コンテナへ直接播種して発芽させることができれば、最も省力された作業となる可能性がある。しかし、スギ種子は発芽率が低く、発芽時期や発芽時の樹高にばらつきがあることから、現状では一つのキャピティに複数の種子を播種し、数か月後に間引・移植が必要となる。また、播種は手作業で1キャピティごとに行うが、スギ種子は小さく扱にくい。こうした作業が煩雑であるため、徳島県の生産者は直接播種の取組を継続できていない。

現在、徳島県で普及している方法は、育苗箱(0.18m²、約W 50cm × 36cm × H 8cm)に播種を行い、発芽後にコンテナに移植する方法である(写真-2)。移植時の樹高を揃えることができ、1成長期で出荷可能な樹高に達するため、育苗期間の短縮が可能である(藤井2016)。露地では不安定だった発芽について、ハウスを活用すれば1年を通して効率良く行うことができ、育苗箱は自由に持ち運べるので、移植の作業効率も良い。無肥料の育苗箱に播種すれば成長が抑えられ、長期間に渡って苗を移植することも可能である。露地野菜において、苗の形態と植栽後の生育や収量性を維持できる苗貯蔵技術が求められ、本センターでは、ブロッコリーのセル成型苗において、育苗初期は培地内肥料により苗を育成し、その後、肥料を含まない水のみを与え、2ヶ月程

度の苗貯蔵が可能になる方法を考案した(村井2004)。キャベツでは植栽1週目の生育は劣るが、2週目以降は回復し、収量・品質ともに差がないことが分かった(村井ら2010)。さらに、肥料制限して長期貯蔵した苗は乾燥耐性があり(未発表)、苗立枯病に罹病しにくいことが分かっている(村井ら2006)。以上の技術を活用し、本県生産者は無肥料の育苗箱で発芽させて保管したスギ苗をコンテナに移植しており、発芽直後の苗移植と変わらない得苗率で生産できるとのことである。育苗箱に播種して発芽・保管しておけば、出荷の時期に関わらず速やかにコンテナに移植でき、継続的な苗木生産が可能となる。育苗箱への播種は、スギ種子の問題点である発芽日数や発芽時の樹高の不揃いに関する問題を解消できる。また育苗箱は段積みも可能であるため、省スペースで管理された環境条件で発芽のみを行うことも可能である。しかし、育苗箱を用いた方法では移植作業に労務負担があり、大量生産を目指した機械化に繋げることは難しい。そうした中、近赤外光を利用して、スギの充実種子を精度良く検出する技術が開発されている(Matsuda et al. 2015)。今後高い発芽率の種子を用い、発芽時期の同期化や機械的な播種が可能となれば、コンテナへの直接播種や省スペースでの発芽処理を行えるセルトレイへの播種が効率的な生産方法となる可能性がある。

主伐から造林の「森林サイクル」を取り戻すために

拡大造林期のお話を聞くと、山村で生活する方々は家族で山に苗木を植えに行き、子供のころから苗木の植え方、管理方法を経験していたとのことである。標準伐期齢ほどの時を経て、山村の人口は減少し、市街地から現場に通う林業者も少なくない。林業を取り巻く状況が変化しているのならば、同じ植栽作業でも現代の状況に適合する技術が必要である。主伐後の造林を行うために徳島県



写真-2 育苗箱に播種し、発芽したスギ実生苗。15gで1000本程度移植できる

で問題となっているのは、人手不足と植栽技術の低下である。華やかで収入に直結する主伐に対して、泥臭い植栽作業はこの人手不足に拍車をかけている。筆者は植栽予定箇所に苗木を並べて、日光に根をさらす作業者を何度も目にしている。

苗木の生産現場では、コンテナ苗の生産にのみ新規参入の希望がある。そうした状況の中で再造林を実行することを考えなければならない。本稿で紹介した技術は、裸苗やコンテナ苗の科学的な特性だけではなく、現場が直面する問題に対応するために検討されてきたものである。徳島県において現状のコンテナ苗根鉢で150ccを選択しているのは、苗木生産者にとって面積当たりの生産・在庫本数が多くなること、植栽事業者にとって運搬効率が良く、植栽時の掘削量が少なく済むこと、150ccのコンテナ苗に対して、300ccのコンテナ苗に大きな優位性が示されていないことが要因である。現代版の主伐から造林といった「森林サイクル」を実現するために、今後もこうした地域や現場の視点で、各状況に適合した技術開発を継続したい。

謝辞

本研究の一部は、農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」により実施した。

引用文献

藤井 栄（2016）実生スギコンテナ苗生産期間短縮の試

み。徳島農技セ研報 3: 15-20

藤井 栄（2017）シリーズ各都道府県の林業・林産業と遺伝育種の関わり（12）徳島県。森林遺伝育種 6(2): 81-85

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

宮崎 榊（1957）苗木育成法。高陽書院

村井恒治（2004）プロッコリーのセル成型苗における長期常温貯蔵が可能な育苗方法。農耕と園芸 59: 171-175

村井恒治・中野理子・米本謙悟（2006）プロッコリーの肥料制限育苗の期間がリゾクトニア属菌による苗木枯死に及ぼす影響。園学雑 別冊 75: 551

村井恒治・中西一郎・浄閑正史・箕作和彦・山崎識知・田中秀幸・小田雅行（2010）肥料制限による長期貯蔵したキャベツセル成型苗の特徴および定植後の生育・収量。園学研 9: 293-298

落合幸仁（2016）コンテナ苗導入の経緯とコンテナ苗の今後。山林 1590: 52-60

山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三（2013）植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後1年目の活着と成長に及ぼす影響。日林誌 95: 214-219

ヒノキ実生コンテナ苗の改良による 低コスト再造林技術の開発

渡邊 仁志 (わたなべ ひとし、岐阜県森林研究所)

はじめに

低コスト再造林を実現するため、全国的にマルチキャビティコンテナなどで育成したコンテナ苗の活用が検討されている。このコンテナ苗は形状を工夫したキャビティ（育成孔）の栽培容器と灌水・施肥などの集約管理により育成した高品質苗で、時期を選ばず通年で植栽でき、植栽効率が高く、造林用裸苗に比べて活着率が高いといわれている。コンテナ苗のこのような特長は、これまで平坦地～緩傾斜地におけるスギやカラマツの植栽などで高く評価されてきた。

一方、岐阜県の森林は約6割が傾斜30度以上の急傾斜地にあり、適潤性褐色森林土（偏乾亜型、 $B_D(d)$ ）が広く分布する。造林樹種は立地条件に適したヒノキが多く、その面積はスギの122千ha（人工林全体に占める割合31.7%）に対し、209千ha（同54.3%）である（岐阜県林政部 2017）。このため当県では、立地条件と樹種特性を加味した低コスト再造林技術を確立する必要がある。

これまでに、岐阜県でも緩傾斜地の適潤性の褐色森林土（ B_D ）や黒色土（ Bl_D ）では、表土が深いため、コンテナ苗を専用器具で植栽することにより植栽効率が上がることが確認されている。また、ヒノキの実生コンテナ苗を不適とされる時期に植栽しても、活着率が低下しなかったことから、コンテナ苗により植栽期間を拡大できる可能性が示されている。一方で、急傾斜地や表土が浅い植栽地では植栽効率の向上が限定的であること（渡邊ら 2016）や、夏～秋に植栽した苗木は植栽翌年までほとんど成長せず、成長低下の影響が長く続くこと（渡邊ら 2017）が報告されている。

岐阜県森林研究所では、県下の実情に合わせた低コスト再造林技術を確立するために、急傾斜地におけるヒノキ実生コンテナ苗技術の改良に取り組んでおり、県営育種場と共同でいろいろな育苗条件で試作した苗木を林地に植栽して評価してきた。ここでは、これまでの研究成果を紹介する。

根鉢形状の検討による植栽効率の向上

コンテナ苗の根鉢は小さく、植え穴も小さくできるため、植栽効率が高い（今富 2011）とされる。しかし、

植え穴が掘りにくい場所にヒノキのコンテナ苗を植栽する場合、期待ほどは効率が上がらない例がある（渡邊ら 2016）。これにはどのような要因が関係しているだろうか。一般的にヒノキの裸苗は植栽前に根切りをして根を短くするため、縦（深さ）方向にも横方向にも根の広がりが小さい。たとえば2年生苗を比べると、コンテナ苗の根鉢は裸苗の根より縦方向に1.5倍程度も長い（図-1）。この場合、コンテナ苗の植え穴が小さく済むという指摘はあたらない。また、ヒノキの植栽適地（ $B_D(d)$ ）は表土が薄く、A層の厚さが5cm以下のこともある。このような条件で植え穴を大きくすることが、コンテナ苗植栽に時間がかかる原因になっている（渡邊ら 2016）。つまり、コンテナ苗の植栽効率の低下には、ヒノキの樹種特性と立地条件の両方が関係していると考えられる。

このような林地でも、コンテナ苗の根鉢が小さければ植栽効率が向上するかもしれない。その半面、培地容量を少なくすることが、苗木の活着や成長に悪影響を与える可能性もある。そこで、根鉢形状の異なるコンテナ苗を用いて植栽試験を行った。

高さが15cm（容量約300cc）、10cm（同200cc）、5cm（同100cc）のMスターコンテナを用いて、根鉢の深さ（高さ）が異なるヒノキ2年生コンテナ苗を育成し（図-2）、これらを2015年4月に岐阜県中津川市のA試験地（平均傾斜13度）へ、2016年5月に下呂市のB試験地（同40度）へ植栽した。

植え穴掘りの時間は、両試験地とも15cm、10cm、5cm根鉢苗の順に短くなり、1本あたりの植栽にかかる時間も同様に短縮された（図-3）。また、植栽1年目期末の生存率はどの条件でも9割以上と高く、培地容量の違いが苗木の活着に及ぼす影響はなかった。傾斜地では積雪による苗木の引き上げが問題になるが、この試験地では根鉢が小さくても発生しなかった。一方、植栽時や植栽1年目期末の樹高（図-4）と根元直径は、培地容量が少ないと小さくなる傾向があった。これらのことから、ヒノキ実生コンテナ苗の根鉢の高さを小さくすることは、初期サイズをわずかに小さくするが、植栽効率の面からは有効な方法であると考えられる。なお、植



図-1 2年生ヒノキ・コンテナ苗 (左) と裸苗 (右)



図-2 根鉢高さの異なるコンテナ苗
(左から 15 cm 根鉢苗、10 cm 根鉢苗、5 cm 根鉢苗)

栽時の樹高が低かった B 試験地の方が A 試験地の苗木よりも植栽後の伸長成長量が大きかったことは興味深い。培地の容量以外にも伸長成長を規定する要因があるのであろう。今後は、苗木の生理特性と作業効率とのバランスをとりつつ、根鉢形状の最適化を図る必要があるだろう。

通年植栽に向けた苗木の育成

低コスト再造林の切り札は、「植栽時期を選ばない」というコンテナ苗の特性を利用した一貫作業システムの

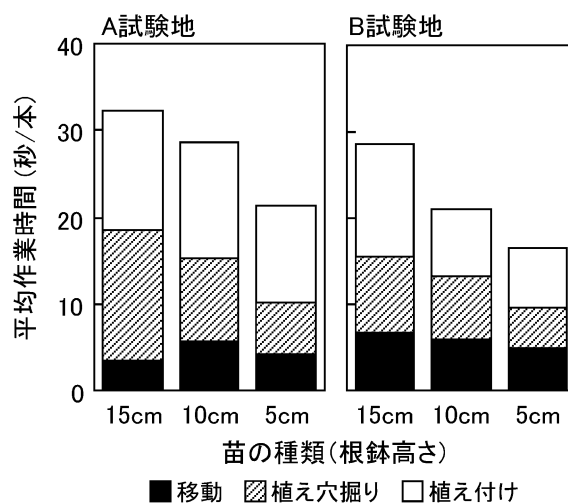


図-3 根鉢高さの異なるコンテナ苗の植栽効率

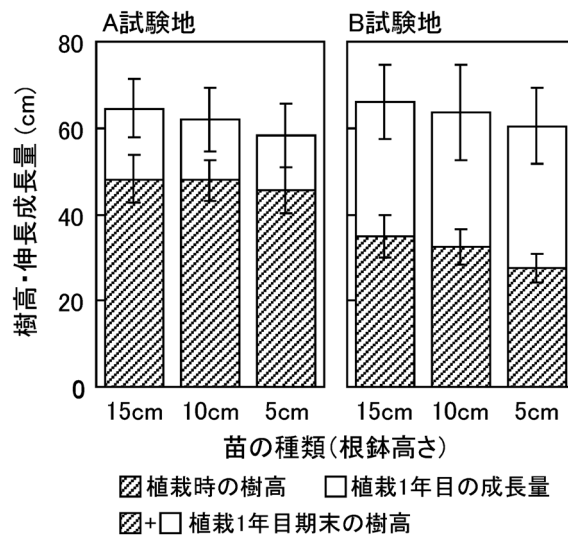


図-4 根鉢高さの異なるコンテナ苗の植栽時、植栽1年目期末の樹高、および植栽1年目の伸長成長量
バーは標準偏差を示す。

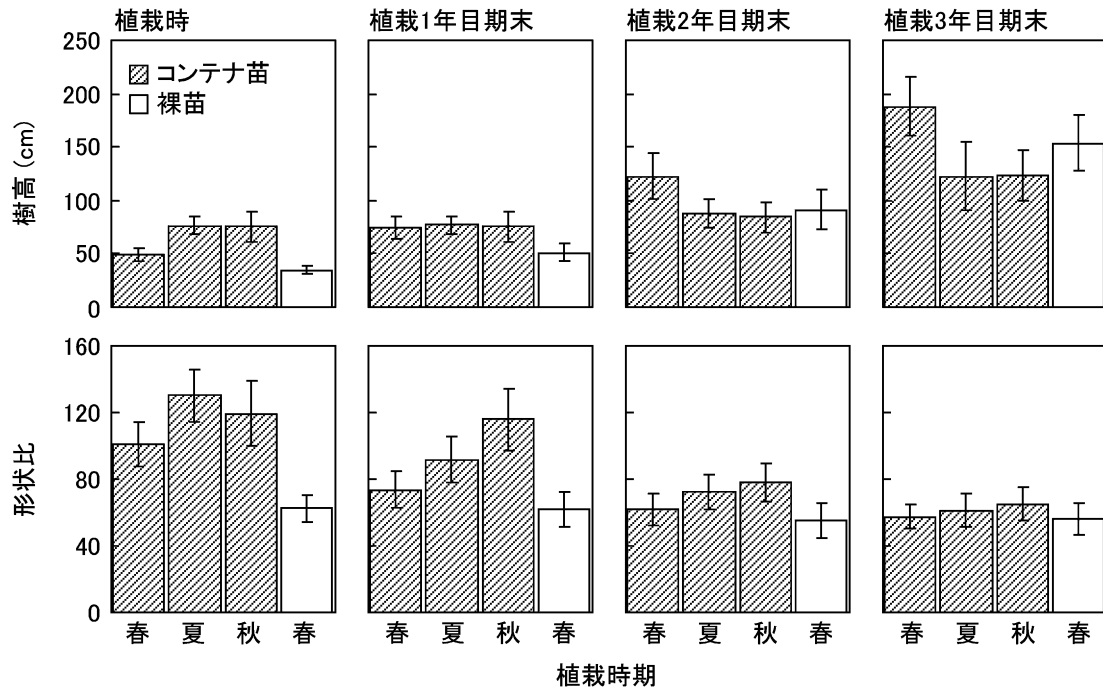


図-5 苗木の植栽時および植栽1年目～3年目期末の平均樹高と平均形状比
根元直径のグラフは省略。バーは標準偏差を示す。

採用である（梶本ら 2016）。コンテナ苗の植栽時期はいくつかの造林樹種で検証されており、活着率の点では植栽時期の拡大が可能であると考えられている（山川ら 2013）。しかし、初期保育費用の低減という目的に立ち返ったとき、適期以外に植栽した苗木がどのような成長を示すのかも同時に明らかにしておく必要がある。伸長成長が小さい場合、下刈り回数や下刈り停止時期の遅延に影響するからである。ここでは、比較的標高が高い林地にヒノキを季節別に植栽し、活着率と植栽後3年間の成長量を調査した。

調査地は岐阜県下呂市にある、標高 750 m の試験地である。植栽前年の春にマルチキャビティコンテナ (JFA-300) にヒノキの1年生稚苗を移植し、13～19ヶ月間育成したコンテナ苗と、苗畑で育成した2年生裸苗を試験に用いた。植栽は2014年4月（以下、春植え）、同年7月（夏植え）、同年11月（秋植え）に行った。

現場での聞き取りでは、岐阜県におけるヒノキの植栽適期は4月、あるいは10月上旬のわずかな期間だという。しかし、今回の試験では植栽適期である春植えだけでなく、夏植えや秋植えのコンテナ苗も8割以上が活着し、それは春植えの裸苗と同程度以上であった。晩秋に植栽した場合、土壤凍結により苗木が倒伏したり活着率が低下したりする恐れがあるが、それらは発生しなかった。地域性や気象の年変動を考慮する必要があるが、活着率の点からみれば、コンテナ苗により標高が高い地

域でも植栽期間の拡大を図れる可能性がある。

植栽時と植栽1～3年目期末における苗木の樹高と形状比（樹高 / 根元直径）を図-5に示した。植栽時の形状比を比較すると、裸苗よりもコンテナ苗の方が高く、夏～秋植えのコンテナ苗は、春植えのコンテナ苗より高い傾向がみられた。夏～秋植えのコンテナ苗は、春の山出しを想定して育成した苗木のうち、出荷を見合わせた状態のものであり、コンテナの中で徒長していたからである。これらのコンテナ苗は植栽時の樹高が大きかった一方、生育期間が短かった植栽1年目だけでなく、翌年にもほとんど伸長成長しなかった。つまり、今回の山出し方法では、成長低下の影響が長く続く可能性があるため、下刈りなどの省力化も考慮する場合には、植栽時期を再検討する必要があると考えられる。

夏～秋に植栽したコンテナ苗は、形状比が裸苗のそれ相当（60付近）に収束したあと、植栽3年目になってようやく伸長成長がはじまったことが読み取れる（図-5）。徒長気味だったこれらの苗木は、まず肥大成長を優先させたあと、形状比が安定してから伸長成長を開始する（八木橋ら 2016）と思われる。ヒノキ実生コンテナ苗の生産現場は、主に春植えに向けたスケジュールで苗木を生産しているため、それ以外の時期に植栽する場合、春の残苗や翌春に植栽予定の苗を前倒して使うしかないのが現状である。しかし、植栽後の伸長成長を確保するには、本調査の結果から推測すると、苗木の高さと太さのバランス（形状比）に留意しなければならない。

したがって、コンテナ苗の通年植栽を事業的に展開するには、それぞれの植栽時期に苗木が適切な形状になるように、播種・移植の時期や管理方法を最適化した生産体制を確立することが重要であると考えられる。そこで、当研究所では植栽時期に合わせたコンテナ苗生産に関する実証試験を、今年度から種苗生産者と協働で進めているところである。

謝辞

本研究は、岐阜県と林野庁中部森林管理局との共同事業である。調査・研究の実施にあたり同森林技術・支援センターをはじめ、多くの方々のご協力をいただいた。本研究の一部は、農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」により実施した。ここに記して各位に厚くお礼申し上げる。

引用文献

岐阜県林政部（2017）岐阜県森林・林業統計書（平成

27年度版）

今富裕樹（2011）スギ再造林の低コスト化を目指した技術開発—伐採・地拵え・植栽の一貫作業による低コスト化。現代林業 542: 52-55

梶本卓也・宇都木玄・田中 浩（2016）低コスト再造林の実現にコンテナ苗をどう活用するか—研究の現状と今後の課題—。日林誌 98: 135-138

渡邊仁志・三村晴彦・茂木靖和・千村知博（2016）斜面傾斜が異なる造林地におけるヒノキ・コンテナ苗の植栽功程。岐阜県森林研研報 45: 1-5

渡邊仁志・三村晴彦・茂木靖和・千村知博（2017）植栽時期がヒノキ・コンテナ苗の活着と植栽後2年間の成長に及ぼす影響。岐阜県森林研研報 46: 1-5

八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・櫃間 岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和馬・山田 健・落合幸仁（2016）スギコンテナ苗と裸苗の成長と形状比の関係。日林誌 98: 139-145

山川博美・重永英年・久保幸治・中村松三（2013）植栽時期の違いがスギコンテナ苗の植栽後1年目の活着と成長に及ぼす影響。日林誌 95: 214-219

コンテナ苗の効率的生産に向けた 技術開発と課題

原 真司 (はら まさし、住友林業株式会社)

飛田 博順 (とびた ひろゆき、森林総合研究所)

松田 修 (まつだ おさむ、九州大学大学院理学研究院)

はじめに

林業先進国といわれる北欧諸国では、マルチキャビティーコンテナを用いた効率的な育苗技術により、苗生産にかかる労働力とコストの大幅な低減に成功している。現地の主要造林樹種（マツやトウヒ）においては、従来型の裸苗に代わり、コンテナ苗の市場占有率が100%近くに達している。一方の日本では、コンテナ苗の生産量は増加しているものの、裸苗と比べて価格設定が高い、日本の主要造林樹種（スギ、ヒノキおよびカラマツ；以下、3種をまとめて「スギなど」と記す）に適した育苗技術が確立していないなどの事情により、コンテナ苗の普及は大きく立ち遅れている。

スギなどにおいて、効率的なコンテナ苗生産が阻まれてきた原因の一つとして、種子発芽率の低さが挙げられる（図-1A）。マツやトウヒでは、平均的な発芽率が80%以上に達するのに対し、スギおよびヒノキでは20～30%、カラマツでは30～50%程度が相場である。北欧諸国では、マツやトウヒのコンテナ苗生産は、コンテナの各セルに種子を1粒ずつ直播することにより行われる。スギなどと同じ方法を適用した場合、多くのセルで種子が発芽せず、欠株が生じることになる（図

-1A）。このため、育苗に使用する培土や肥料などが無駄となるほか、生産におけるスペース効率も低下する。

発芽率に応じ、各セルに多粒を播種することにより、欠株の発生を抑えることは可能である。しかし、複数の種子が発芽したセルでは成長に競合が生じるため、間引き作業が不可欠となる。安定的な種子の確保が課題となっているカラマツや、スギおよびヒノキの少花粉品種において、間引きにともなう種子利用効率の低下は深刻である。

このほか、種子をコンテナに直播するのではなく、露地などで発芽させた苗をコンテナに移植することも可能である。この方法では、発芽率の変動が苗の生産性におよぼす影響を低減できる。しかし、煩雑な移植作業が必要となるほか、幼根を痛めることにより、苗の品質低下を招きやすい欠点がある。

筆者らは、種子発芽率の問題を克服し、苗生産の省力化と低コスト化を両立させる技術課題に取り組んでいく。その一貫として、光学的手法により発芽可能な種子を非破壊的に選別する技術（図-1B）を開発したので、本稿にて紹介する。加えて、本選別技術により得られた高発芽率種子を用いてなお、得苗率を大きく左右する初

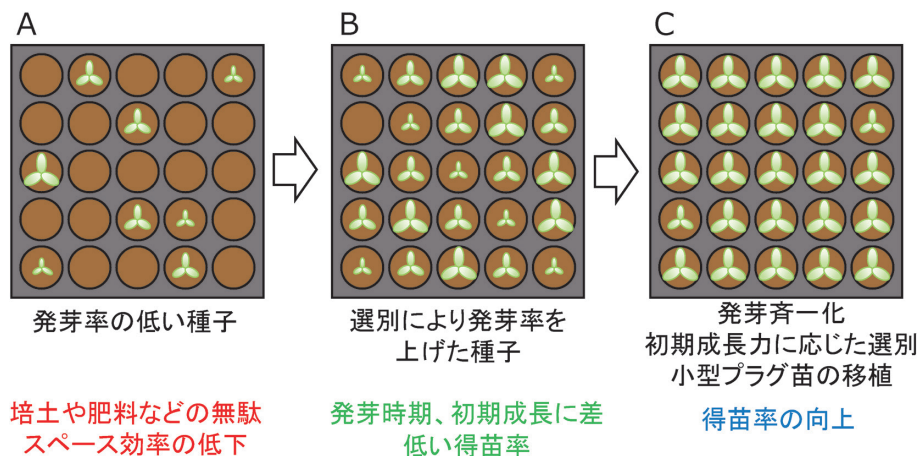


図-1 技術開発によるコンテナ苗生産の効率化

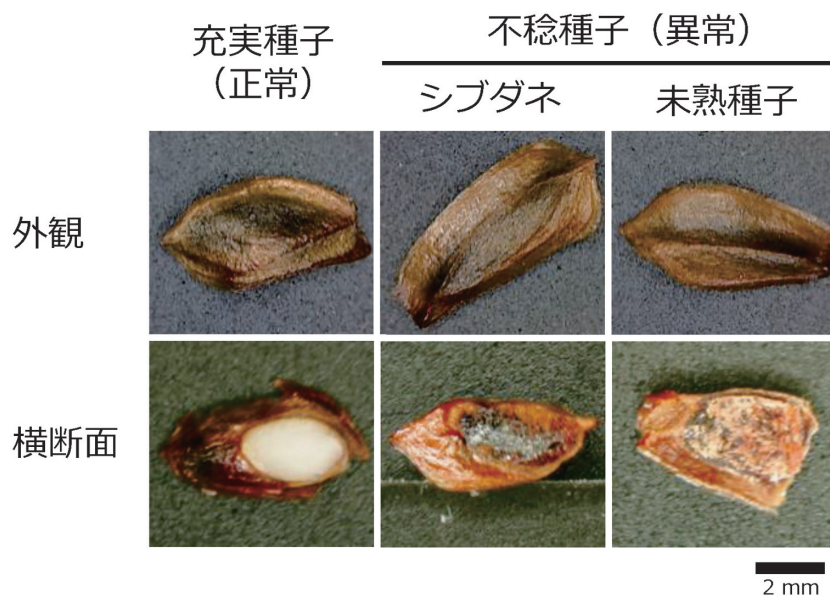


図-2 スギ種子の各類型の外観と横断面 (Matsuda *et al.* 2015 を改変)

期成長の個体間差にかかわる問題と、その克服に向けた展望 (図-1C) について概説する。

種子発芽率の低さの原因

スギなどにおける種子発芽率の低さの原因は、不稔種子が形成されやすいことにある。不稔種子とは、成体のもととなる胚や、胚の成長を支える胚乳が内部に存在しない、あるいは十分に成熟していない種子のことである。これに対し、健全な胚や胚乳を備えた種子を充実種子とよぶ (図-2)。スギなどにおいて、全種子に占める充実種子の割合と、採種直後の発芽率を比較すると、両者はほぼ一致する。このことは、保管にともなう劣化がない限り、充実種子のほとんどは発芽能を備えており、これらを選択的に利用すれば、コンテナ苗生産の飛躍的な効率化が実現しうることを意味している。

従来の種子選別技術

発芽能を備えた種子の選別は、農作物等の生産性を高めるための手段として、長きにわたり試みられてきた。種子選別の方法には、見た目 (色や形状) に基づく肉眼選、大きさに基づく篩 (ふるい) 選、重量に基づく風選、比重に基づく水選などがある。これらの方法は、スギなどの種子にも試されてきたが、発芽率の改善効果はごく限定的であった。

カラマツでは、水の代わりにアルコールを用いた比重選別により、充実種子を高い割合で回収できることが報告されている。しかし、種子を死滅させるリスクをとまなうなど、実用化には難題をかかえている (今・来田 2014)。スギやヒノキでは、種子の内容物が部分的ある

いは完全に欠損した未熟種子のほか、ヤニが詰まったシブダネとよばれる不稔種子が特徴的にみられる (図-2)。未熟種子は、風選や水選により比較的容易に取り除くことができる。一方、シブダネと充実種子では、大きさや重量、比重に明確な違いは無く、両者を精度よく選別することは困難であった (小沢 1962; 柳沢 1967)。

X線画像から、種子の充実具合を評価した事例も報告されている (辻・佐野 1970)。しかし、速度やコスト面において、多検体の処理には向いておらず、種子選別法としての実用化には至っていない。

近赤外光を用いた種子選別技術

従来技術では困難であったスギなどにおける効率的・高精度な種子選別法の実用化を目指して、筆者らは近赤外光を用いて種子の充実具合を非破壊的に評価する技術を開発した (Matsuda *et al.* 2015)。人の目に見える光は可視光とよばれるが、その波長範囲はおおよそ 380 ~ 780 nm である。近赤外光は、その長波長側に隣接する目には見えない光であり、その波長範囲はおおよそ 780 ~ 2,500 nm である。私達が赤い物質を赤いと感じるのは、対象物が赤色の波長の光を相対的に多く反射する (吸収が少ない) ためであり、物質の色の違いは、反射光の波長成分を反映したものである。近赤外域においても、波長ごとの光の吸収されやすさは物質により異なっている。また、近赤外光は可視光よりも、物質の内部深くに届きやすい性質をもつ。

図-3 は、スギの充実種子、シブダネおよび未熟種子における近赤外光の反射スペクトル (波長ごとの反射率) を示したものである。グラフ上の各系列は、個別の種子

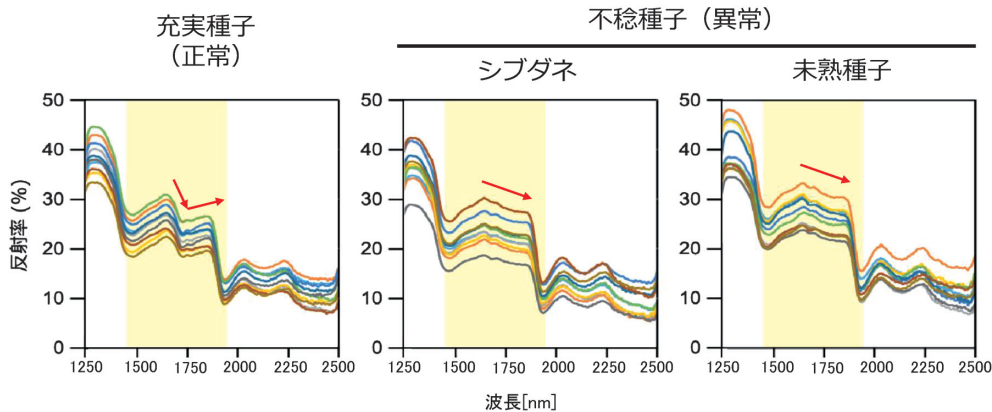


図-3 スギ種子の各類型における近赤外光の反射スペクトル (Matsuda *et al.* 2015 を改変)

から得られたデータである。

3つのグラフを比較すると、充実種子においてのみ、1,730nm 付近に特徴的な反射率の低下が認められる。図-2に見られる通り、充実種子は発芽に必要な栄養源として、白色の胚乳部分に多量の脂質を蓄積している。1,730nm 付近における反射率の低下は、脂質の光吸収による反射光の減少を反映したものである。一方、シブダネと未熟種子では、内部の様態こそ異なるものの、脂質の蓄積量は充実種子と比較して明らかに低い。これと対応して、これらの不稔種子から得られた反射スペクトルでは、1,730nm 付近の波形はなだらかである(図-3)。このように、外観からの視認が困難な、種子内部における成分の相違も、近赤外光の特性を生かすことにより検出することができる。

反射スペクトルの測定は、非破壊的であるだけでなく、瞬時に行うことができる。波形の特徴を数値としてとらえることにより、視認に基づく人間の判断を仰ぐことなく、充実種子と不稔種子を機械的に選別するのに好適な手段であるといえる。

以上の方法は、スギだけでなくヒノキやカラマツ、さらには種子の充実具合を反射スペクトルにより特徴づけられる、あらゆる植物種に対して適用しうる。スギなどでは、近赤外光を用いた選別により、発芽率を90%以上に高めることに成功している。現在は種子の投入から回収までの種子選別の全工程を自動化した機械開発に取り組んでおり、発芽率を大幅に改善した種子を全国の苗生産現場に供給できる体制の構築を目指している。

高発芽率種子を用いたコンテナ苗生産の課題

上述の通り、スギなどにおいても、マツやトウヒに比肩するか、それを上回る発芽率の種子を取得する手立ては整ったといえる。しかし、選別した充実種子を用いても、得苗率は発芽率ほどには高まらない。なぜなら、種

子の発芽時期や、発芽後の成長速度には、必然的に個体差が生じるためである(図-1B)。

たとえばスギの種子は、早いものは播種後1週間で発芽するが、2か月程度の時を経て、ようやく発芽に至るものもある。コンテナ苗は密植状態にあり、隣接する個体間では光競争が生じる。このため、発芽に要する日数を含む、初期成長力の小さな違いも、出荷時期の頃には、苗長や形状比など、苗の品質を左右する特性の大きな違いとして表れることとなる。

これら問題を解決するためのアプローチとして、次の2つが考えられる(図-1C)。第一には、選別した充実種子に適切な処理を施し、発芽時期を揃える(斉一化すること、あるいは、近赤外分光データを高度利用し、予測される初期成長力に応じて、種子をより精密に選別利用することである。第二には、小さな固形培地(プラグトレイ)で発芽させ(小型プラグ苗:写真-1)成長に応じてコンテナへ移植を行う方法である。短期的には後者の実現性が高いが、中・長期的には苗生産のさらなる効率化を可能とする、前者に関する技術の確立が望まれる。

発芽の斉一化に関しては、カイワレダイコンなどの植物種において実証が先行している、プラズマを用いた種子成分の部分的改質(林・柳生 2016)が、少なくともスギにおいて、劇的な効果をもたらすことを見出している。種子がもつ生来の初期成長力の予測については、試験結果に適合する統計モデルが構築されている。種子の分光特性と成長力とを関連付けたビッグデータの蓄積と、人工知能などを活用した高次モデルの構築により、出荷時期における苗の状態の予測精度も、実用的な域に高められるだろう。

小型プラグ苗においては、得苗に至らなかった場合でも、培土や肥料の損失は最小限に抑えられる。小型プラグ苗の移植は、最初に述べた露地などで発芽させた苗の



写真-1 小型プラグ苗のコンテナへの移植

移植に比べ、移植作業が容易であり、幼根への障害も回避できる。また、スペース効率の高さは、屋外の不適な天候から、屋内の制御環境へと苗を退避させる際に重宝する。種子の直播が行われている北欧においても、冷温による枯死のリスクと、環境制御に必要な光熱コストの低減を図るため、小型プラグ苗の利用が拡大している。小型プラグ苗を用い、成長に応じてコンテナへの移植時期を調整することにより、均質なコンテナ苗を生産することが可能となる。

まとめ

本稿では、省力的かつ低コストなコンテナ苗の生産に向けた筆者らの取り組みを紹介した。発芽率の問題を解決しても、初期成長の個体間差が得苗率を左右する制限要因となるなど、目的の達成には未だ道半ばである。しかし、直面しうる課題を事前からの確に予測し、それらを一つずつ解決することで、統合的な実用技術を完成させ、ひいては国内における木材の供給拡大、安定供給の実現にも貢献することができると筆者らは信じている。

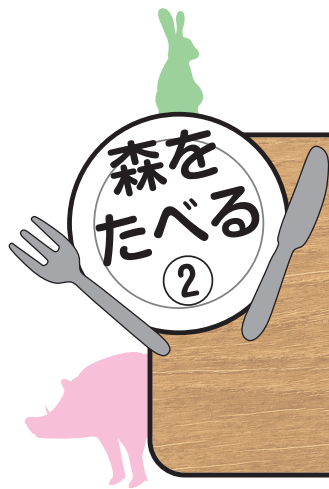
謝辞

本研究は、農研機構生研センターが実施する「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」および、キャノン財団研究助成「産業基盤の創生」によ

る支援のもとに実施した。

引用文献

- 林 信哉・柳生義人(2016) 高電圧・プラズマによる農業応用の基礎. 電気学会誌 136: 798-801
- 今 博計・来田和人(2014) カラマツとクリーンラーチ(グイマツ × カラマツ雑種 F1) のエタノール種子精選および発芽に及ぼすエタノール浸漬の影響. 日林誌 69: 187-192
- Matsuda O, Hara M, Tobita H, Yazaki K, Nakagawa T, Shimizu K, Uemura A, Utsugi H (2015) Determination of seed soundness in conifers *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* using narrow-multiband spectral imaging in the short-wavelength infrared range. PLoS ONE 10: e0128358
- 小沢準二郎(1962) 針葉樹のタネ—生産と管理—. 地球出版
- 辻 宏昌・佐野芳雄(1970) 軟X線利用による林木種子の発芽検定. 林木育種 63: 7
- 柳沢聡雄(1967) 針葉樹種子の採取・調整と貯蔵. わかりやすい林業研究解説シリーズ 23. 日本林業技術協会



ありふれたごちそう～山菜の魅力

齋藤 暖生

(さいとう はるお、東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林)



身近で確実な天然食材

山菜の旬は二つある。一つは、促成栽培（注1）と呼ばれる手法で生産され、流通するもので、ひな祭りの頃を山場とする。これは、季節の先取りとしての旬である。もう一つは、それからしばらくして、桜の花が終わる頃になって始まる天然の山菜の旬である。この小文が読者の手に届く頃は、北国・雪国の山菜の旬が続いている頃だろうか。こうした地域では、その年の雪の量にもよるが、雪解けに従って山菜の成長が始まるため、地形や標高のちょっとした違いで山菜の旬が長く続くことになる。

前者の促成栽培が本格的に行われるようになったのは、ここ30年ほどの出来事であろう。日本における農耕の歴史は縄文時代に遡るとされているが、それほどの歴史の中で、山菜が農作物の中に取り込まれることはまれであった。もちろんワサビやウドなど一部の例外はあり、かつて栽培されたものの、再び自然に任されるままになったものもあるが（青葉1991）（注2）、山菜の栽培化は一般的ではなかったと言ってよい。のちに触れるように、日本の山野には実に多様な、食用となる植物が自生している。それなのに、栽培される農作物（野菜）のほとんどが外国原産のものであるというのは、どういふことであろうか。筆者は、多様で豊富な山菜があったが故に栽培化する必要を感じなかったからではないかと考えている。季節になれば、順を追って様々な山菜が、しばしば大量に手に入る。いわば、山菜は収穫が約束された「ありふれた」食材であったと言えるのだ。

しかし、ありふれたものとして簡単に片付けてしまうのは、筆者の本意ではない。本稿では、ありふれたものであるけれども、同時にかげがえのないものでもあるということ突き詰めて考えてみたい。

ごちそうとしての山菜

これまで、筆者は、山菜は単に「食べられる植物」と同義ではないということを手張してきた（齋藤2015、2017）。これには2つの意味がある。一つは、単純に「食べられる」と割り切れない例があるためである。例えば、ワラビのように本来有毒で単純に「可食」とは言えない

ようなものが、山菜には含まれている。もう一つは、食用と認識されている植物の中でも、地域においてはごく一部しか「山菜」として認識されていない、ということである。後者の点について、少し詳しく紹介したい。

日本における山菜は多種多様であるが、特定の地域ごとに実際に利用されてきたものは、かなり限定的であるのも事実である。橋本（2007）によると、日本には実に1000種を超える「食べられる野生植物」がある。しかし現実には、全国的に山菜として日常的に利用されている植物はせいぜい10種未満である（表-1）。農山漁村文化協会の「日本の食生活全集」（日本の食生活全集編集委員会1984-1993）によれば、各地で利用されてきた山菜の種数は平均で7程度、もっとも多様な山菜を利用している地域であっても20種ほどである。加えて、ある地域では利用するのに他の地域では利用しない、というような地域差がある。一例として、ツクシ（スギナ）の利用分布を取り上げる（図-1）。ツクシは全国どこでもみられる極めて一般的な植物であるが、その利用は明らかに日本列島の南側に偏っている。このことは、自生しているだけで「山菜」として利用されるのではなく、数ある植物の中から選び取られて初めて「山菜」となっていることを示している。

表-1 日本で利用されている主要な山菜

1) 利用地域の多い山菜		2) 生産量（流通量）の多い山菜	
山菜の名称	利用地点割合 (%)	山菜の名称	2015年生産量 (t)
フキ (フキノトウ含む)	80.4	フキ (フキノトウ含む)	13,055
ワラビ	77.0	ワラビ	1,064
ゼンマイ	59.1	ネマガリタケ	367
タケノコ	53.6	ツワブキ	283
ヨモギ	51.2	タラノメ	195
ウド	44.8	ウワバミソウ	155
セリ	42.5	クサソテツ	92
タラノメ	34.5	ゼンマイ（乾燥）	37

注) 「利用地域の多い山菜」は、「日本の食生活全集」（日本の食生活全集編集委員会1984-1993）の調査地のうち、3割以上の地点で利用されているものを挙げた。「生産量（流通量）の多い山菜」は林野庁の「平成27年特用林産基礎資料」（林野庁経営課特用林産対策室2017）により、小数点以下は四捨五入した。

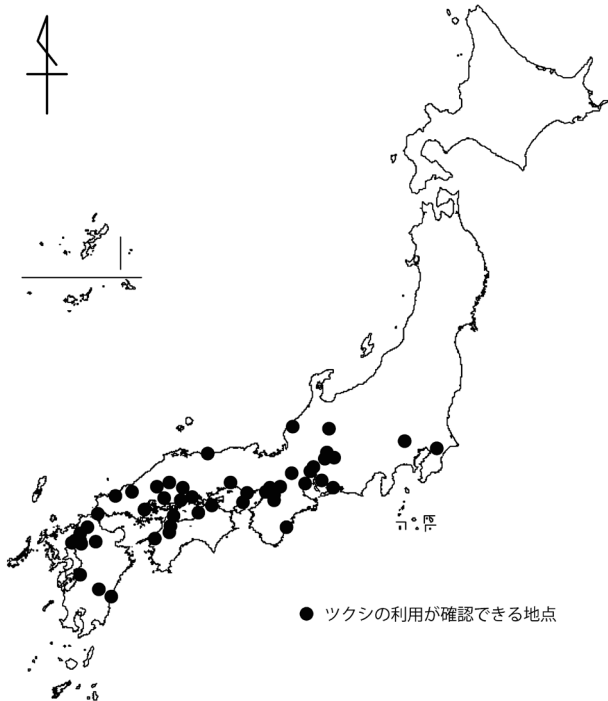


図-1 ツクシを利用する地域の分布
「日本の食生活全集」を元に GIS ソフト MANDARA により作成

では、山菜とはどのような基準で選び取られたものなのだろうか。ごく簡潔に言えば、それは「うまい」と地域あるいは家庭の中で評価されているかどうか、という点にあると筆者は考えている。救荒植物あるいは「かてもの」と呼ばれ、食べられるかどうか、腹を満たしてくれるかどうか、という視点で地域の中で多様な利用をされてきたものとは大きく異なる点である（注3）。以下で詳しく見るように、いわば、山菜はごちそうとなる食材なのである。

地域の中での山菜の魅力

山菜の魅力についてより具体的に迫るために、筆者が2000年から継続的に調査をしてきた岩手県西部の豪雪地帯・西和賀町における山菜利用について紹介したい（写真-1）。

この地域では、フキやワラビなど全国的に利用される山菜に加え、モミジガサ（方名：シドケ）、イヌドウナ（同：ボンナ）、ウバミソウ（同：ミス）など20種近い山菜が利用され、全国的に見るとかなり多い部類に入る。これらのなかでも、香り、ぬめりを持つものが高く評価される。さらに、形状も重要で、基本的には、大きくてボリューム感のあるものが珍重される。こうした形状に優れたものを、人々は「りっぱ」であると表現する。例えば、ワラビでも集落周辺や牧草地の脇などに生育するものを「ノッコワラビ」、集落からやや離れて樹木の陰



写真-1 岩手県西和賀町での山菜採りの一コマ
堆積した雪がずれ落ちる斜面は、山菜の宝庫であると同時に、採取の危険も伴う。

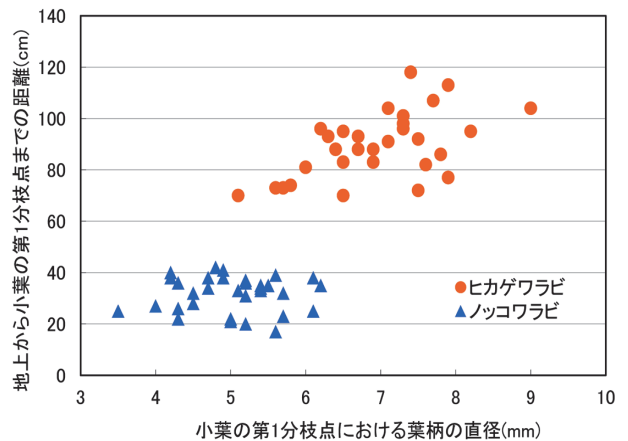


図-2 ヒカゲワラビとノッコワラビの形状比較（齋藤2005を改変）

になるような場所に生育するものを「ヒカゲワラビ」と呼び分け、「りっぱ」なヒカゲワラビを採取対象とする人が多い。図-2に示すように、同じワラビでもノッコワラビとヒカゲワラビの形状差は歴然としている。「りっぱ」でないものは、雑草と扱いはほぼ変わらない。

料理法にも、ごちそうとしてのこだわりを垣間見ることができる。最も一般的な食べ方はおひたしであるが、これは、ただ簡単であるということを超えて、香りやぬめりなど山菜の個性を、最もストレートに味わうものとして認識されている。加えて、山菜の種類に応じて、じゅうね（エゴマ）あえ、身欠きニシンの煮物など、特有の調理法も多い（写真-2）。こうした特有の調理法は、油脂やタンパク質に富む食材と山菜との相性の良さと、それゆえにごちそうとして珍重される山菜の特徴を示しているように思える。さらに、色へのこだわりもある。



写真-2 ウドとニシンの味噌煮

ワラビは発色を良くするために、アク抜きをする際に銅の鍋を使うなどの工夫が見られる。

保存が可能な山菜は、なるべく大量に保存して、一年中食べられるようにしている。とりわけ、お盆や正月の料理、いわゆるハレの食には、山菜は欠かせない食材となる。今となっては、式場が提供する料理や仕出し料理を利用することが多いが、かつては地域の冠婚葬祭の集まりには、各家で作られた料理が持ち寄られ、ここでも山菜は欠かせないものであった。持ち寄られた料理を前に、話に花が咲いたという。なぜなら、そこにはたくさんのこだわりと楽しみが詰まっているからである。

山菜を採ることは大事な食材獲得の手段であると同時に、大きな楽しみである。新緑の明るい木漏れ日のさす山を縫い、春の香りを味わいながら山菜を採ること自体が楽しいことは言うまでもない。その年の雪解けの具合と、前年までの山の様子から、良い収穫にありつくための推理をすることも、山菜採りの大きな楽しみの要素である(写真-3)。もちろん、「りっぱ」なものへのこだわりを持ちながら採る。珍しいもの、「りっぱ」ものを採れる人は、地域の中で一目置かれる。したがって、持ち寄られる料理の中に「りっぱ」な山菜が使われていれば、それを糸口に、採った人を褒めたり、さらには山で見聞きした情報などに話が展開したりするのだという。

こだわっているのは、料理の作り手も同様なので、女性たちの間でも話は盛り上がる。やはり、調理法がうまいと一目置かれ、どのようにすれば色よく仕上がるのか、どのように保存すれば良い味が保たれるのかについて、盛んに情報交換がなされるのだという(写真-4)。

村の人々は、よくおすそ分けをするが、その中でも山菜は重用される。その地域では「ありふれた」ものであり、その気になれば誰でも採れるものであるのに、近所のもの同士でのおすそ分けに山菜が使われる。山に行ける機会や山の知識はそれぞれの家庭で事情が違うという



写真-3 カレンダーに書き込まれた山行の記録
写真中の拡大した囲み(5月9日の例)に見るように、各日にちの横に、誰とどこに行き、何がどれだけ採れたのか、天候と山行の時間帯が記録されており、この情報は、のちに採取戦略を立てる際の参考にされる。

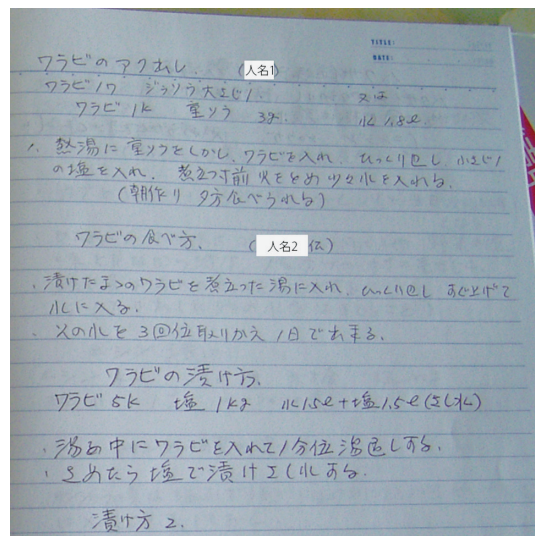


写真-4 主婦同士での情報交換で得た山菜調理法を書き留めたノート

こともあろうが、採り手、作り手のこだわりが反映された山菜・山菜料理は、評価すべきごちそうなのであろう。この近所のもの同士でのおすそ分けの際にも、上記の共食の場と同様に、山菜のあれこれについて話がはずむのだという。

このように、山菜には食べる人の舌を満足させるだけにとどまらない魅力が隠されている。採る楽しみや、人にあげる楽しみ、採り手や作り手としての誇りなど、地域で暮らす中での喜びの源泉になる。同時に、地域社会に視野を広げれば、郷土の食文化維持や、コミュニケーションの媒介として、大きな役割を果たしている。

ごちそうとしての山菜の復権・発見を

都市への人口集中、その一方で山村を中心に地方の衰退が言われて久しい。これは、山菜がありふれたものであると言える人々は、もはや少数派となっていることを意味している。こうした状況にあって、山菜を得難いものとして地域外の人々に評価してもらうことは、山村活性化の活路となりうる(栗山 2017)。山菜そのものが、食味を重視して選び取られてきたものだけに、飽食の時代にあっても、その価値は高く評価されるものであろう。さらに、天然物を採取したり、林地栽培したりする場合は、大きな投資をする必要がないことも好材料である。筆者も地域資源を活用した山村活性化プロジェクトに参画しているが、こうした点で山菜に大いに期待している。しかし、そこには大きな問題が横たわっていることを指摘しなければならない。

それは、山菜食文化そのものの衰退である。山菜は、ワラビのアク抜きのように下処理が必要であったり、独特の風味から料理法をよく考慮する必要があったりする。ありふれた存在として利用されている場合には問題にならなかったが、基本的な知識や技法が途絶えてしまうと、なんとも面倒な食材と捉えられるものでもある。実際に、このところ国産品、輸入品ともに山菜の需給量が如実に減少し続けているのは、大変気がかりである(齋藤 2015)。

いま突きつけられている大きな課題は、山菜の食文化をいかに残すか、あるいは再構築するか、ということである(注4)。残すという点では、地域で培われてきた山菜食に関わる知識と技法を記録にとどめ、あるいは掘り起こして地域の将来世代や他地域の担い手と共有することが求められる。これには、研究者が一定の役割を果たせるだろう。再構築する場合には、新たな発想も取り入れる必要があるだろう。山菜は、数ある植物の中から美味しいものとして選び取られたものである。それは、その地域・時代の食文化あるいは調理技法に照らして美味しいと評価されてきたことが前提にある。食文化自体変わるものであるから、今の時代にあった山菜を新たに見出したり、新たな料理法を探ったりする発想も重要であろう。本稿で紹介した調理例にみるように、山菜はしばしば油脂やタンパク質との相性が良いことから、日本料理の枠を超えた活用には大いに期待できる。新たな山菜の魅力を見出すためには、料理人などの協力を仰ぐことや、都市住民の参画が大きな助けになるだろう。

野山に恵まれた日本においてありふれていた山菜には、人々の営みを投影した魅力が詰まっている。この先もいかにその魅力を享受し、活かしていけるかは、私た

ち一人一人の山菜への「うまい！」のこだわりにかかっているのではないだろうか。

謝辞

本稿の一部は、科学研究費補助金(24710044)による成果である。

(注1) 低温で休眠させておいた根株あるいは親木を、施設内で加温することによって出荷時期をコントロールして山菜を生産する方法。

(注2) かつては、ギンギシやナズナなど山野に自生する植物が野菜として畑で栽培されることがあった。

(注3) 救荒植物とされるものが、山菜とされる種と同一であることもある。しかし、山菜として利用される場合とは、利用部位や調理体系が異なる。例えば、ワラビは救荒食として根茎の澱粉が利用されるが、山菜として若い葉柄が用いられる。その他、山菜でも救荒食として利用される場合には、かさ増しを目的として粥に混ぜるなどして使われた。

(注4) 本稿では立ち入らないが、ほかにも、山菜の生育に適した環境の減少や、地域外からの採取が問題を引き起こしている例も多数あり、こうした問題への対処も今後の課題として挙げられる(齋藤 2017)。

引用文献

- 青葉 嵩(1991) 野菜の日本史. 八坂書房
橋本郁三(2007) 食べられる野生植物大事典 草本・木本・シダ 新装版. 柏書房
栗山奈津子(2017) 天然山菜採り代行サービス～山のめぐみをおすそ分けっ!. (森林環境 2017. 森林環境研究会編, 森林文化協会). 90-99
日本の食生活全集編集委員会(1984-1993) 日本の食生活全集. 農山漁村文化協会
林野庁経営課特用林産対策室(2017) 平成27年特用林産基礎資料. 林野庁
齋藤暖生(2005) 山菜採取地としてのエコトーン—兵庫県旧篠山町と岩手県沢内村の事例からの試論—. 国立歴史民俗博物館研究報告 123: 325-353
齋藤暖生(2015) 特用林産と森林社会—山菜・きのこの今日—. 林業経済 67(12): 2-6
齋藤暖生(2017) 山菜・きのこのこにみる森林文化. (森林環境 2017. 森林環境研究会編, 森林文化協会). 12-21

林業遺産紀行 第8回



「いの町の森林軌道跡」による地域活性化

野村 考宏 (のむら たかひろ、いの町森林政策課)

はじめに

いの町は、高知県のほぼ中央部に位置しています。2004（平成16）年10月に平成の大合併により、高知県で「いの一番」に3町村（伊野町、吾北村、本川村）が合併して誕生した町です。当町の総面積は47,097ha、森林面積は42,334ha（民有林30,440ha、国有林11,894ha）、森林率90%となっています。そして、1886（明治19）年6月に高知大林区署下八川派出所が開設されて以来、国有林野事業とともに歩んできた長い歴史を有し、特に、旧本川村はその区域面積の57%を国有林が占めています。かつて、当町中部に置かれていた小川営林署には、国有林で伐採された材が森林軌道により運搬されていました。この森林軌道は、1927（昭和2）年に着工され1964（昭和39）年まで使用されていました（図-1）。現在、役割を終えた森林軌道は、その遺構のみとなっていますが、地域資源としての活用が始まっているところです（写真-1、2）。

森林軌道跡を活用した取組

当町の人口は、2015（平成27）年の国勢調査によると22,767人で、2010（平成22）年の国勢調査時から2千人余りが減少しており、過疎が深刻化しています。特に旧本川村及び旧吾北村では、その傾向が顕著です。国有林野事業とのつながりが強かった両地区において、主に昭和初期を通じて敷設された森林軌道跡は当時の活況の記憶を留めているものです。

地元有志が『「吾北の森林軌道を歩こう」事業実行委員会』を設立し、旧吾北村内の森林軌道跡の踏査や整備を実施したのは2003（平成15）年のことです。その活動期間は約1年と短いものではありませんでしたが、その後の森林軌道跡を活用した活動の草分けとなる取組となりました。その後、総務省の事業により当町で活動して

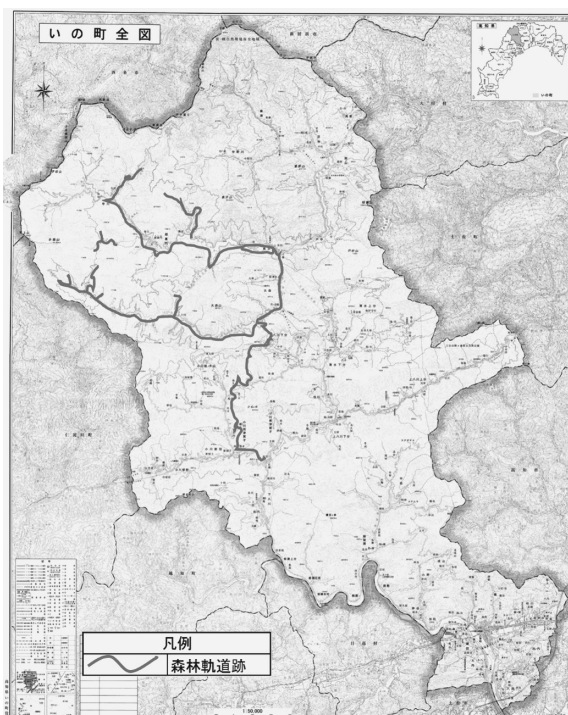


図-1 いの町の森林軌道跡位置図



写真-1 石積みの橋台跡



写真-2 レールと枕木



写真-3 森の宝探し 林業遺産ピクニック (橋脚跡を背景に記念撮影)

いる「地域おこし協力隊」やいの町観光協会などの地元有志による「いの町森林軌道探検隊」が2012（平成24）年11月に結成され、森林軌道跡を地域活性化に結びつける様々な活動を展開しています。主な活動内容ですが、2014（平成26）年10月には「森の宝探し 林業遺産ピクニック」を実施しました。このツアーでは、参加者の皆さんに森林軌道跡を歩いてもらうことはもち

ろんですが、森林軌道跡周辺にひっそりと埋もれている炭焼き窯跡を訪れてもらうなど、山が元気だった頃をツアーガイドの案内により体感してもらいました（写真-3）。また、2015（平成27）年11月と12月には、旅行会社の企画により『いの町「森林軌道」探検ツアー』を実施し好評を博したところです。直近では、2017（平成29）年4月28日に、いの町教育委員会事務局主催



写真-4 もっと「いの」を知ろうシリーズ 新緑の森林軌道探検

の平成29年度春の生涯学習講座の一つとして、『もっと「いの」を知ろうシリーズ 新緑の森林軌道探検』を実施しました(写真-4)。

森林軌道自体は、珍しいものではなく、国有林野が存在しているところにはその跡が多く残されています。ここ高知県では馬路村の魚梁瀬の森林鉄道が有名です。ただ、当町の場合、朽ち果て埋もれていたままの姿、その野趣あふれる森林軌道跡を、地域の方たちが中心となって大切に想い、そして地域を元気づける活動に利用しています。実際、この地域に根ざした活動の評価が、2014(平成26)年に林業遺産の認定に結びついたらと理解しているところです。

今後の展望

「いの町の森林軌道跡」は、その存在自体が歴史的遺産としてのみならず地域活性化のための貴重な資源です。そして、これまでの活動を、今後とも継続発展させ

ていくためには、地域住民の主体性ととも、行政の後方支援が欠かせないものと考えています。また、消極的にとられるかもしれませんが、あまり無理せずできる範囲でというのが息の長い活動にはとても大切なことだと認識しています。このことを踏まえて、森林環境教育への活用や山岳観光資源との融合に向けた取組を、地域の方々と行政との協働で地道に進めて参りたいと考えています(写真-5)。

最後に、この森林軌道により運ばれた木材が、かつては我が国の経済を支えていたと言っても過言ではありません。このことは、現在こそ過疎が進行している当町の山間地域ですが、住民の方々がもっと誇りを持つべき事柄であり、次世代の子ども達にも伝えていくことが必要です。また、いわゆる都市住民の方達にも、この森林軌道跡の意味を様々な機会を通じて、ご理解いただけたらと考えています。



写真-5 森林軌道探検隊による軌道跡の草刈り（後方にトンネルが見えます）

琵琶湖竹生島～カワウの一大繁殖地と なった島の今までとこれから～

石田 朗 (いしだ あきら、愛知県森林・林業技術センター)

はじめに

滋賀県琵琶湖の北部に浮かぶ竹生島は、周囲2kmの小さな島です(写真-1)。湖面から切り立った崖で囲まれ、最高点までの標高差は112mになります。寺や神社のある南部地区や尾根部に狭い平地がある以外は、傾斜40度を超える急峻な斜面がほとんどです。西国三十三所観音霊場の第三十番札所である宝蔵寺があり、多くの人を訪れる観光地として有名ですが、実はもうひとつの顔を持っています。それは、日本最大級のカワウの営巣地(コロニー)があることです。

カワウは、くちばしから尾羽の先までの長さが80cmほどの水鳥です。主に内湾や河川などで餌の魚をとり、近くの水辺にある樹上に集団でねぐらやコロニーを作って生活しています(写真-1左上)。カワウがねぐらやコロニーを作った森林では、糞の飛散や巣材集めによる枝の折り取りによって、樹木や一部の種類を除く草本植物は衰弱・枯死していきます(石田2002)。また、餌場では放流したアユ等が食べられる漁業被害も問題となっています。

筆者は、カワウの営巣が増え始めた1990年頃から約15年あまりにわたって、カワウが竹生島の森林に与える影響を調査してきました。ここでは当時の様子やその後の状況について紹介したいと思います。

竹生島でのカワウの営巣再発見とその後の増加

カワウは今でこそ国内のどこでも見かけられる普通の鳥ですが、1970年代に全国的に数が減少した時期がありました。これは主に餌場となる水辺の水質悪化等が原因と考えられています(福田ら2002)。琵琶湖のカワウは1930年代を最後にしばらく記録が途絶えていましたが、1982年に島北部のサギの繁殖地の中にカワウの巣が5巣確認され、1992年には590巣まで増加しました。この頃からカワウが営巣している樹木が衰弱し、それに伴って植生の衰退が目立つようになりました。その衰退の範囲は営巣域が拡大するとともに、島の北東部から北西部の斜面、さらには西部から南部の斜面へと広がっていきました(カワウ環境研究会1997、写真-1)。

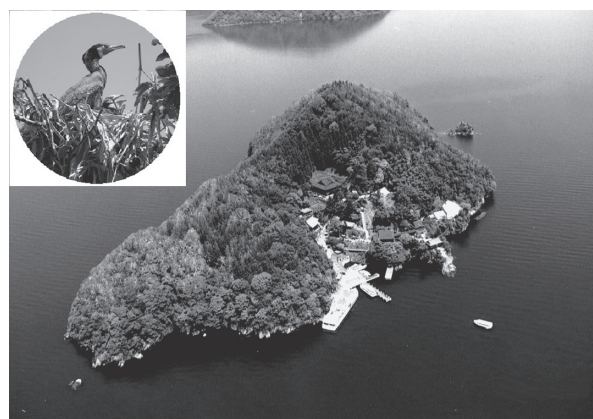


写真-1 竹生島の外観と巣内のカワウ親子(左上)(1996年5月)。建物がある地区以外はカワウの営巣地が広がり、糞で木が白く見える。



写真-2 物音に驚いて森から飛び立つカワウの大群(2005年9月)

当時、調査のために船で島に近づくと、繁殖の最盛期には島全体から雛のピーピーという大合唱がわき上がるような状況でした。また、物音に驚いたカワウが一斉に飛び立つと空一面に広がるありさまでした(写真-2)。観光客の立ち入りが禁止された山に入ると、上層木が枯れて強烈な直射日光が直にあたるようになった林床が広がっていました。カワウの影響で枯れて倒れた木の幹や枝を乗り越えて、カワウの糞の栄養で人の背丈を超えるまでに成長したヨウシュヤマゴボウやイタドリ等の群落をかき分けて、道なき道を進んで調査を行いました。蒸し暑くサウナのように、熱中症になりかけて動けなくなる

こともしばしばありました。あたり一面、カワウの糞が付着して真っ白な林の中を進むと時折、巣にいる雛が吐き出す半分消化された魚の塊が降ってくることもあり、糞や魚の生臭さに咽たりすることもありました。

調査の結果、多い場所では1本のタブノキの成木に20もの巣が作られていて、照葉樹等が鬱蒼と茂っていた森林が早い場所では5年ほどで木が枯れて草地になっていることがわかりました。さらに、カワウの営巣が長期化すると、植生の衰退だけでなく、急峻な斜面の土壌が流れて母岩が露出する場所も現れ始めました（写真-3）。ひとつの種類の生き物がこれほどまでに島の環境を変えてしまうのかと驚かされました。

これらの森林への影響や湖・河川での漁業被害を解消するために、ヘリコプターで森の上にロープを張り巡らしてカワウが木に留まりにくくするようにしたり、卵に孵化抑制の効果がある油を散布したり、散弾銃で駆除したりと様々な対策が行われてきました。しかし、これらの対策に目立った効果はなく、竹生島のカワウの個体数は2008年秋には6万羽近くにまで増加してしまいました（滋賀県2015）。それまで日本で最大のコロニーは1～2万羽だったこと（福田ら2002）からも、この地の個体数がいかに突出したものであるかがわかります。

シャープシューティング体制によるカワウの個体群管理

散弾銃を使った駆除では、ひとたび銃器の発砲音が鳴り響くと周囲のカワウが飛び立ってしまい、再び巣やとまり木に戻ってくるまで待たなければいけないというジレンマがありました。そのため、駆除は巣に残った雛が対象となりましたが、繁殖に失敗したカワウが再度産卵して繁殖を行うことで、結果的に繁殖期間が長期化する等、対策は困難を極めました。

そこで、滋賀県は大きな方針転換を行い、カラーと呼ばれる専門的・職能的捕獲技術者が中心となる科学的、戦略的かつ効率的な捕獲を開始しました（須藤2016）。新たに導入されたこの捕獲体制は当時、日本で初の試みで、「シャープシューティング体制」と呼ばれました。高性能な空気銃を用いることで発砲音を抑えたり、周りのカワウが飛んで逃げださないよう計算して捕獲を進めたりすることにより、これまでの何倍も高い効率で捕獲を行うことが可能になりました。この体制は現在まで継



写真-3 植生の衰退によって母岩が露出した斜面（2008年6月）

続され、2012年秋には約5千羽までカワウの個体数を減らすことができました（滋賀県2015）。

おわりに

全国でも屈指の水鳥の生息地である琵琶湖。そこに浮かぶ竹生島では、カワウの個体数が急増して、一時は森林の衰退から土壌流出まで起こりました。しかし、日本で初めて導入したシャープシューティング体制によって、カワウの個体数管理に一定の目処が立ち、衰退していた島の森林植生にも回復の兆しが見られます。現在では、アカメガシワ等の低木林が新たに形成され、枝が枯れて幹だけになったタブノキからも新たな芽吹きが見られます（須藤2016）。これらの森林が今後どのように回復して、かつての島の面影を取り戻していくのか、見守りたいと思います。

引用文献

- カワウ環境研究会（1997）カワウによる竹生島植生影響調査報告書．滋賀県
- 石田 朗（2002）カワウのコロニーや集団ねぐらによる森林生態系への影響．日本鳥学会誌 51: 29-36
- 福田道雄・成末雅恵・加藤七枝（2002）日本におけるカワウの生息状況の変遷．日本鳥学会誌 51: 4-11
- 滋賀県（2015）滋賀県カワウ第二種特定鳥獣管理計画
- 須藤明子（2016）認定鳥獣捕獲等事業者制度における野生動物医学の役割—カワウ管理における科学的・計画的捕獲—．日本野生動物医学学会誌 21: 81-90

地上レーザー計測による森林調査の これから

千葉 幸弘 (ちば ゆきひろ、森林総合研究所)

シリーズ
うごく森 32

はじめに

森林資源を育成・利用する人、あるいは森林そのものを研究対象とする人にとって、森林の調査は基本中の基本である。目的によって調査内容や方法は様々だが、森林の材積やバイオマスを推定したり、森林の構造などを調査分析するものである。ほとんどの場合、林木の一本一本について、胸高直径を手作業で計測し、あるいは立木位置を測量し、そうしたデータから様々な集計・分析を行っていく。このときの「毎木調査」の基本的なスタイルは、昔からほとんど変わっていない¹⁾。

毎木調査は手間暇のかかる作業である。調査林分をポケットコンパスで周囲測量をしながら、周囲木に赤いペンキを塗り、立木の直径を輪尺で測定して廻って、もう一人が野帳に記入する。事務所に戻ったらデータ入力と計算作業、作図と報告書の作成が待っている。時には計算が合わず、計測ミスや入力ミスの確認に手間取ったりもする。こうした外業と内業を含め、森林調査は多くの時間と労力を要する。その割に、調査で得られる情報は少ないのである。林業のトータルな収益性で考えれば、森林調査に掛ける人手と経費はできるだけ減らしたい「出費」ということになる。

森林調査を効率化するには新しい技術が必要である。いま最も有望な技術としては地上レーザー計測が現実的である²⁾。導入コストが高いと指摘されるかもしれないが、それは導入する機材の選択と、導入後の利用の仕方(森林の管理・経営のやり方)次第と思われる。単に調査の手間が省けるだけでなく、従来の毎木調査のやり方やデータでは考えられない“利用価値”に気づくはずである。本稿では、時間を早送りすれば実はダイナミックに動いている森林の瞬間を記録し、そのときどきの森林の価値や状態を分析するための地上レーザー計測技術について紹介する。

地上レーザー計測

レーザーで3次元データを取得するLiDAR (Light Detection and Ranging) による森林計測は、1980年代から試みられ、衛星や航空機によるLiDARで広域



図-1 レーザー計測装置OWL
1脚式、軽量(4kg)で片手で支えられる

の森林資源の推定や森林構造の計量、そしてそれらの広域スケールのマッピングなどが行われている^{3,4)}。こうした手法の有効性・利便性が理解されるようになると、より詳細な情報が欲しくなるのは当然の成り行きである。レーザーセンサーが改良され解像度が向上するとともに、森林の詳細な構造や個体レベルのデータを得ようとして、地上設置型のレーザー装置による“地上LiDAR”の可能性に期待が寄せられている^{5,6,7)}。

地上LiDARとしては、計測装置を地上に据置くタイプが一般的だが、設置の際に水平を調整したり、装置の移動位置を確認するために標識マーカを設置する必要がある。足場が良くない林地では、些細な作業さえも面倒だ、厄介だと感じてしまうものであり、林地での設置や操作が簡便な機器が望まれる。

地上レーザー装置を設置する際のこうした面倒な作業をできるだけ回避しようとして開発された装置に“OWL”(「アウル」と読む)がある(図-1)。操作方法などは後述するが、この装置はレーザーを発射する“測域センサー”(北陽電気製)を使用し、これを回転させて森林をレーザーでスキャンするものである^{8,9)}。次節では、この装置による森林調査について、その使い勝手や今後の利用可能性などについて紹介し、森林調査を効

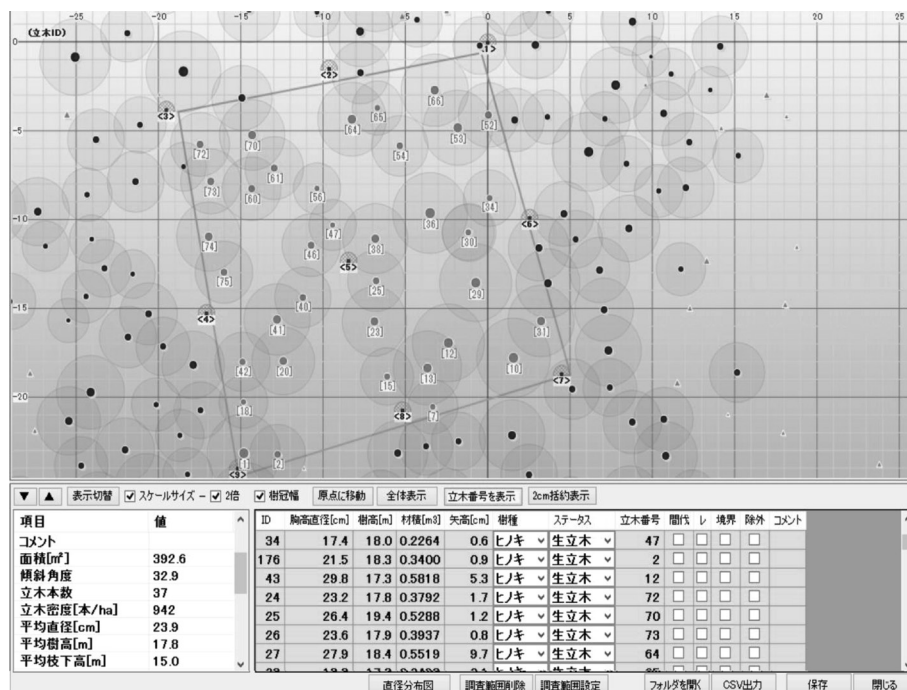


図-2 OWLによる毎木調査結果の出力例
立木位置図（上）、林分データ（左下）、毎木データ（右下）

率化・省力化する可能性も含めて概観する。

森林3次元計測の手順概要

斜面の傾斜、下層植生などがあって林地は足場が悪い。その調査に地上レーザー装置を導入して、森林調査を楽にしたいのであれば、その装置に望まれる要件は、

- ・一人でも計測可能であること
- ・足場が悪くても設置に手間取らないこと
- ・計測操作が容易で専門知識が必要ないこと
- ・計測データの処理が容易であること

であろう。OWLの主な特徴は、現地での装置の設置に手間取らない“1脚式”、レーザー計測は“ボタン操作ひとつ”、データ処理では“専門知識不要”である。さらにもうひとつの特徴は、計測装置を設置した位置を決めるための測量やマーカー設置などの作業が一切不要ということである⁹⁾。実際の計測作業は次のように行う。

調査プロットの中を、約10m間隔で移動しながら、OWLでの計測を繰り返す。1地点でのスキャン所要時間は45秒である。1脚式なので、もともとこの装置を水平に設置することは想定していない。逆に言えば、傾斜地のような場所でも、装置の設置をそれほど慎重にする必要はない。地面に一脚を立てて開始ボタンを押し、片手でOWLを軽く支えておけばよい。次の計測地点では、10mほど場所を移動して同じ操作を繰り返して、調査地を一巡すればよい。スキャンした計測データはUSBメモリに自動的に記録される。そして、専用解析

ソフトをインストールしたPCにこの計測データを読み込ませれば、計測地点のデータがひとつのデータセットとして自動的に編集され、調査地立木の胸高直径、幹曲り（矢高）、立木位置、枝下高、樹高などが出力される（図-2）。

計測事例と出力データ

測域センサーによるレーザー光線の反射データひとつひとつが3次元の座標を持ち、それらすべてが森林の構造や樹木の形状を構成する点群データである。OWLでは、その膨大な点群データの中から、特定の樹木の地上高1.2m付近のデータを抽出して、幹断面を円形近似して、胸高直径を測定している。このとき、複数方向からのレーザー光線によって幹全周の点群データが得られていれば、直径の測定精度が高くなるが、部分的な点群だけで近似すると、直径の推定誤差が大きくなってしまふ。できるだけ複数の方向から測定木をスキャンするように注意が必要である。

これまでにスギやヒノキなどの針葉樹のほか、落葉広葉樹林でもOWLによるレーザー計測を行っている。スギおよびヒノキ林で、従来の巻尺や輪尺との計測結果と比較したところ（図-3）、胸高直径の誤差はほぼ±2cm以内であった。個々の計測結果で誤差が大きくなる場合があるがその多くは、幹周辺で下層植生が繁茂していたリツル類が巻き付いている場合か、幹周を囲むような点群が得られなかった場合である。計測項目ごとの

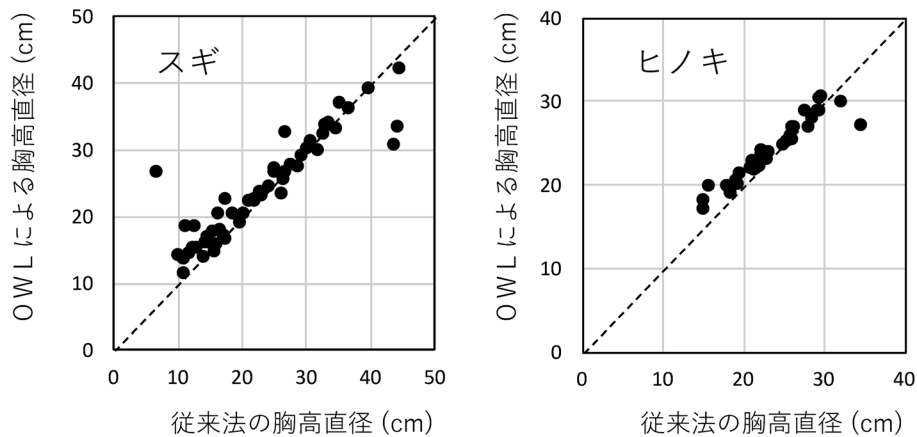


図-3 胸高直径の計測結果の比較



図-4 OWLで計測された立木と林分構造の概観
ウォークスルー機能を使えば林内を巡回できる

精度は、立木位置で ± 4 cm、胸高直径で ± 2 cm、平均樹高で ± 1 m、平均枝下高で ± 1 m、平均斜面傾斜で $\pm 3^\circ$ 以内であった⁹⁾。現在の解析アルゴリズムは、地際からほぼ真っ直ぐ上に伸びる針葉樹を想定している。そのため、幹の曲がりが多い、あるいは斜立している木の場合は、樹高を誤判定することがある。調査区域内の立木データは一覧表でパソコン画面上に表示され、立木位置や径級分布なども画面上に表示することができる。これらデータは CSV 形式でも保存可能である。

OWL に付属の解析ソフトウェアで非常に便利な機能に「ウォークスルー」がある⁹⁾。測定地点の間を移動しながら、林内を周回しているように動画で見て回ることができる(図-4)。この画像には、個体識別されたすべての林木に、通し番号、胸高直径、樹高が表示されるので、現地でパソコンの動画を見ながら、個々の林木の確認作業ができる。また、見る角度も自由に変えられるので、樹冠を見上げたり、上から俯瞰してみたり、あるいは

はギャップの中を覗いてみたり、幹に沿って見上げれば幹の曲り具合なども確認できる。このウォークスルー機能は、間伐の選木判断など、広く活用できる。

技術的特徴：ロボット技術の応用

前述したように、OWL では、計測地点の相互の位置関係を把握するための杭やマーカなどの設置がまったく必要ない。その理由を簡単に説明しておく。移動ロボットの世界では、ロボット自らがセンサーで周囲の「環境」を計測し、自己位置を認識しながら移動していく。ロボット自身の周囲環境を認識するための技術が SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) であり、このロボット技術を森林計測装置に応用したのである⁹⁾。ある位置でその周囲の対象物(森林の場合は周りの立木)の形状データを測域センサーで取得し、そこから移動したら、またその場所で周囲の形状データを取得して、この2地点で得られるいくつかの対象物のうち

の重なる部分を探し出すことで（この操作をスキャンマッチングという）、自分の位置がどれだけ移動したか判定することができる。移動するたびにスキャンマッチングを繰り返せば、次々に周囲の形状データを取得しながら、自分がどういう経路でどこに移動したかがわかり、同時に周囲の形状（森林ならば立木）データが取得されていく。そのため、OWLを使って計測地点を次々と移動して行くときに、移動距離や方向などをいちいち測量する必要はなく、標識杭のようなマーカー等を設置する必要もないのである。いわば、立木そのものが標識杭となって、計測位置を教えてくれる。

技術的特徴：レーザー計測であるということ

測域センサーが発するレーザーの到達距離は公称30mである。しかし、森林のように複雑な空間で反射物が多いと、到達距離は30mよりも短くなる。特に林内では、レーザーを遮る枝葉が多く、立木そのものも他の木と重なってしまうと、後ろの木が見えなくなるので、計測地点の間隔を長くせず、10m間隔程度とするのが望ましい。

基本的には、測域センサーが回転しながら林内をスキャンするので、レーザー光が到達しにくくなる状況を避けなければならない。留意点としては、(1)計測対象木にあまり近づきすぎない（立木から1.5m以上離れる）、(2)計測地点の直上に枝葉などが垂下していない場所を選ぶ、(3)ササなどの下層植生が極端に密生している場所は避ける（または事前にある程度刈り払っておく）、などである。これまでの経験では、ヒサカキが密生するヒノキ壮齡林や落葉広葉樹二次林などでも、下層植生をさほど気にせずに計測できている。計測に影響する下層植生の密生度合いは気になるところであるが、明快な計測条件を提示するのはむしろかしい。実地での計測経験を積みながら、現地で留意すべき状況を体感して、その都度判断せざるを得ないように思われる。

おわりに

冒頭で述べたように、収穫調査などで行う毎木調査は、全国各地で延々と続けられてきたが、そこで得られる調査データはごく僅かな項目に集約されてお役ご免となる。あれだけの労力と時間をつぎ込んだのに、である。しかも従来の毎木調査では、現実に測定できる項目も限られ、毎木データの一覧表以上の情報は得にくい。だがレーザー計測であれば、やり方次第で森林の構造、樹木の位置や形状などを丸ごとデータ化できる。同じ場所で時間を変えて計測しておけば、前回からの森林の変化がわかる。どの木が枯死したか、どこにどれくらいのギャッ

プができたかなど、森林の動きを知ることができる。ここで紹介したような計測技術であれば、林内を一人で計測でき、ミスが犯しがちなデータ入力も不要である。調査結果の図表やデータ一覧も自動的に出力され、大幅な省力・コスト削減になるであろう。計測データそのものがデジタルなので、データベース化にも二の足を踏む心配はない。森林の在庫管理に必要な情報基盤の整備にもひと役買えるようなデータの収集とデータベース化に利用できれば、今後の林業を支えるこの上ない働きをしてくれるであろう¹⁾。

引用文献

- 1) 千葉幸弘・速水 亨・佐々木浩二 (2014) レーザ計測装置による森林スキャンと林業経営への応用. 森林技術 871: 26-29
- 2) 加藤 顕・石井弘明・榎木 勉・大澤 晃・小林達明・梅木清・佐々木剛・松英恵吾 (2014) レーザーリモートセンシングの森林生態学への応用. 日林誌 96: 168-181
- 3) Lefsky MA, Harding D, Cohen WB, Parker G, Shugart HH (1999) Surface lidar remote sensing of basal area and biomass in deciduous forests of eastern Maryland, USA. Remote Sens Environ 67: 83-98
- 4) Lefsky M, McHale MR (2008) Volume estimates of trees with complex architecture from terrestrial laser scanning. J Appl Remote Sens 2: 023521
- 5) Bosse M, Zlot R, Flick P (2012) Zebedee: Design of a spring-mounted 3-d range sensor with application to mobile mapping. IEEE Trans Robot 28: 1104-1119
- 6) 大政謙次・浦野 豊・小熊宏之・藤沼康実 (2002) 可搬型 Scanning Lidar を用いたカラマツ林の樹林マッピングと胸高直径及びバイオマスの推定. 日本リモートセンシング学会 22: 550-557
- 7) Bauwens S, Bartholomeus H, Calders K, Lejeune P (2016) Forest inventory with terrestrial LiDAR: A comparison of static and hand-held mobile laser scanning. Forests 7: 127
- 8) 特許第 5269729 号「樹木情報計測方法、樹木情報計測装置、プログラム」
- 9) 坪内孝司・佐々木浩二・速水 亨・千葉幸弘 (2017) 移動ロボット技術の森林計測への応用. 木材情報 2017年3月号: 9-13

活火山でロール資材の地表流減少効果をはかる

小川 泰浩

(おがわ やすひろ、森林総合研究所)

はじめに

火山は人々に温泉や雄大な景色などの恵みをもたらしますが、ひとたび噴火が始まると“生きている火山”すなわち活火山の恐怖を多くの人に実感させます。噴火活動を終えて“休んだ火山”になっても地表の土壌侵食は終わらず、時には山の地形が大きく変わってしまいます。

土壌侵食が発生している山腹斜面では植物が定着できず裸地状態が続き、さらに土壌侵食で発生した土砂が、濁水となって、河川や海の動植物の生息環境に長期間にわたり悪影響を及ぼします。そこで、山腹斜面の土壌侵食を抑止するために、火山の噴火跡地を元の森林に再生する山腹工などの治山対策が必要となります。治山対策を推進するために噴火跡地の土壌侵食の実態や治山緑化資材の侵食抑止効果を調べることは、噴火で荒廃した活火山の森林再生を検討するうえで重要です。

今回は、三宅島雄山の高濃度ガス環境下でも適応可能な三日月型の治山緑化資材を考案し、土壌侵食抑止効果のひとつである地表流の減少効果を現地検証した時の様子を紹介いたします。

三宅島噴火跡地の土壌侵食

三宅島では2000年に数ヶ月間噴火した時に、山の植生が降灰や火山ガスで大きなダメージを受けました。噴火終息後も続いた火山口からの高濃度火山ガスの大量噴出は想定外で、人々が生活していた海岸付近まで10年以上にわたり、高濃度火山ガスが到達しました。長期間の火山ガス噴出によって、噴火当時に生き残っていた森林植生が徐々に衰退し、被害を受けた噴火跡地では土壌侵食が活発になりました。

土壌侵食で裸地状態となった中腹では、緩傾斜地にもかかわらず2002年からの5年間で年間平均18～36mmの深さの地表面が削られました¹⁾。上流の急傾斜地ではさらに深刻な事態となり、土壌侵食を受けて筋状の深い溝状地形ができました(写真-1左)。



写真-1 三宅島上流域に発達した溝状地形(2004年) (左) と三宅島の地表流 (2005年) (右)

三宅島は黒潮という暖流が通過する海洋島であるため、気象庁降水量データによると、年間降水量の平均値(1950-2016年)は2,991mmとなり、東京都心(1,517mm)よりも約2倍多い環境です。温暖多雨の噴火跡地に豪雨があると、地面に水が浸透する速さ(浸透能)を超えて浸透しきれない水が地表を流れるようになる自然現象(地表流)が発生します(写真-1右)。これが凹地に集水されて土壌を侵食することで溝状地形が形成されます。山の流域全体が荒廃した噴火跡地の治山対策は上流域から行うことが効果的ですが、残念ながら再噴火など2次災害の危険により立ち入り規制が継続する上流域では、作業員が実施できる土木・緑化工事などの治山対策は限定的です。

ロール資材について

筆者ら²⁾は高濃度火山ガスに対応した山腹斜面の土壌侵食防止を目的として、2002年から現地試験を続けてきました。場所は、中流域の高濃度火山ガスで裸地化した噴火跡地です。ここでは、火山ガスにより濃霧が硫酸ミストになる酸性環境で、通常使われる治山緑化資材(シートやマット)の耐久性が課題でした。

そこで考案した資材が今回紹介する三日月型のロール資材(東京クレセントロール®、特許第6037518号)です(以降、供試資材とする)(写真-2)。この供試資材は凹凸のある地面に密着するため、設置前の整地が必要なく、上流側に水や土砂を受け止める凹地(ピット)ができる特長があります³⁾。こうした特長が地表流の減少にどのくらい効果があるのか、現地観測で検証しました。

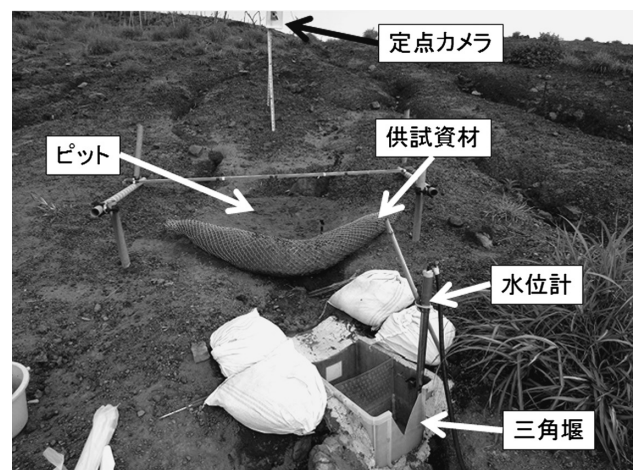


写真-2 供試資材と流量観測施設



写真-3 対照区の満砂した三角堰

地表流減少効果をはかる

筆者ら⁴⁾は、10年以上高濃度ガスで裸地状態の中流域斜面に供試資材を1個設置し、すぐ隣の裸地斜面に対照区を設定しました。両斜面に発生する地表流の流量を三角堰と水位計で計測し(写真-2、-3)、雨量計を1台設置しました。市販のプラスチックボックスに三角形の切り欠きを入れて三角堰を自作し、ここから流れ出る地表流の水位をはかりました。事前に三角堰の水位を流量に換算する式を作り、観測水位を式に当てはめて流量を求めます。また上流側に設置した定点カメラから、ピットに流れ込む地表流を30分間隔で昼間に撮影しました(写真-2)。

三角堰の水位計が土砂で埋まると水位が正しく計測できません。その場合、三角堰の上流に土砂受け用の沈砂池を設置すれば、三角堰に土砂が流れ込まなくなります。しかし、ガスマスク着用に伴う窮屈な設置作業が想定されたため、作業時間の短縮を優先し、一部の期間は観測できないことを前提に、沈砂池は設置しませんでした。

予想通り資材がない対照区は、三角堰が土砂で一杯(満砂)となって水位が測定できない場面が多く起こりました(写真-3)。両方の斜面で水位が測定できた地表流を比べると対照区よりも資材設置区で地表流の総流出量が減少する結果になりました(図-1)。

次に資材設置区のピットで撮影した2014年11月24日午前の貯水状況(最大1時間雨量16.6mm、最大10分間雨量9.4mm)です。貯水開始から30分後に濁水の地表流が供試資材を通過し(写真-4左)、豪雨が終わるとピットの水位が低下し、貯水開始から3時間30分後に濁水が透明に変わりました(写真-4右)。

これらの結果は、ピットの土砂を定期的に取り除く実験条件で得られたものであり、取り除かない場合の地表流減少効果を検証しなければなりません。

しかし、地表流が発生する噴火跡地に水が一時貯留するピットを作ると地中への水の浸透や濁水が沈砂できる

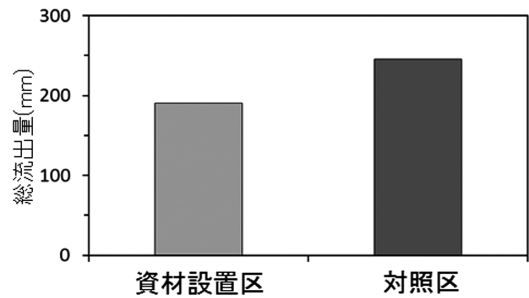


図-1 資材設置区と対照区における地表流の総流出量



写真-4 降雨時のピット画像(各写真の上方が下流側)左は貯水開始30分後、右は3時間30分後の様子

場所を確保できることがわかりました。

おわりに

活火山の上流域に発生する地表流を制御できるようになれば土壌侵食の拡大を抑制することが期待できます。この資材が上流域の様々な設置環境(気象、地質、地形、植生など)に適応できるかを検証することが今後の課題です。本成果の一部は環境省環境研究総合推進費D-1106、森林総研政府外受託研究F21S20、JSPS科研費15H04507によるものです。

引用文献

- 1) 黒川 潮・小川泰浩(2010) 東京都三宅島雄山噴火災害跡地における土砂流出量の観測. 砂防学会誌 63(4): 59-62
- 2) 小川泰浩・原田佳代子(2017) 高濃度火山ガス環境の噴火跡地における自然回復緑化の取り組み. グリーンスピリッツ 12(1): 12-16
- 3) 小川泰浩・岡部宏秋・石森良房・西澤敦彦・広瀬光一郎・足利陽史(2014) 治山緑化に寄与する環境保全型ロール資材の開発. 日本緑化工学会誌 40: 191-194
- 4) 小川泰浩・上條隆志・菊池輝海・岡部宏秋・石森良房(2016) 三日月形治山緑化資材(ToCR)を設置したリルにおける地表流調節に関する現地観測. 日本緑化工学会誌 42: 248-251

三重県の造林地におけるシカ被害対策

福本 浩士 (ふくもと ひろし、三重県林業研究所)

はじめに

近年、全国的なニホンジカ（以下、シカ）の分布域拡大と個体数の増加に伴い、植栽苗の食害、成木の樹皮剥ぎ被害などの林業被害や過度の採食による自然植生への影響が深刻な問題となっています。三重県では、1978年に低標高域を除く多くの地域でシカの分布が確認されていましたが、2003年の時点で都市部を除くほぼすべての地域へと分布が拡大しました。

林業被害のうち、植栽苗の食害は森林所有者の再造林への意欲を大きく低下させます。また、樹皮剥ぎ被害は原木の商品価値を低下させます。林業の現場では持続的な林業経営のための効果的なシカ被害対策が求められています。

そこで三重県林業研究所は、再造林におけるシカ被害対策として、シカの侵入防止効果が高い柵の探索とその維持管理手法、樹皮剥ぎ被害を軽減する資材の探索や施工方法について調査を実施してきました。さらに、最近では新植地において、効率的なシカの捕獲方法に関する研究に取り組んでいます。本稿ではこれらのシカ被害対策について紹介します。

侵入防止効果の高いシカ柵とは？

三重県では、シカ侵入防止柵として金網柵（亀甲網タイプ、格子タイプ）とポリエチレンネット柵（以下、PEネット柵）（ステンレス入り、ダイニーマ入り）が使用されています。まず、どの種類の柵がシカの侵入防止に効果的であるのか調べるため、亀甲金網柵（写真-1）、PEネット柵（ダイニーマ入り）、PEネット柵（ステンレス入り）の3種類の柵について、その耐久性と植栽苗の被害状況を調査しました。

その結果、亀甲金網柵は他の柵よりもシカの潜り込みに対する抑止効果が高く、破損も少ないことが明らかとなりました。また、支柱間隔を短くすると、倒木、強風、シカの衝突等の外力に対する抵抗力が増すこと、自重によるネットの垂下も小さくなることが分かりました。当



写真-1 県内で設置されている亀甲金網柵

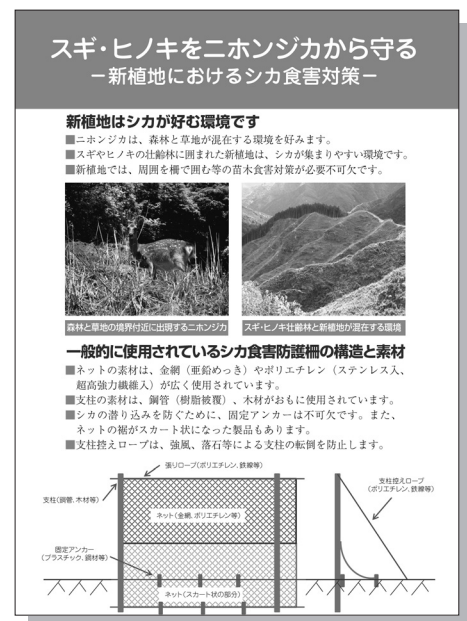


図-1 新植地対策リーフレット

研究所では、これらの調査結果をとりまとめて、シカ侵入防止柵の効果的な設置方法を示した普及リーフレット「スギ・ヒノキをニホンジカから守る—新植地におけるシカ食害対策—」を作成し（図-1）(<http://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000173602.pdf>)、森林所有者や林業事業者へ配布しました。さらに、林業普及



写真-2 現地でのシカ柵設置の指導



写真-4 伸縮性ポリエチレンネットの被覆による対策

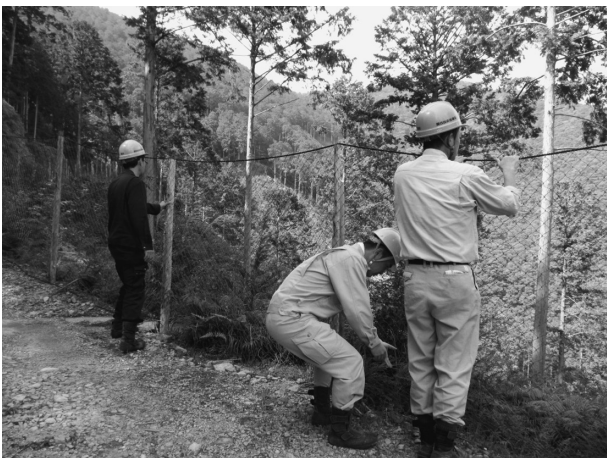


写真-3 優良施工事例の見学



写真-5 ポリ乳酸製テープ巻による対策

改良指導員や林業事業者の職員を対象に開催した現地研修会の教材として使用しました。現地研修会では実際にシカ侵入防止柵の外周を歩いて、見つかった問題点とその対策方法について全員で議論しました（写真-2）。また、シカ侵入防止柵の正しい施工方法を習得するために、優良施工事例を見学しました（写真-3）。

樹皮剥ぎ被害を軽減するために

近年、三重県ではスギ、ヒノキの樹皮剥ぎ被害が発生しています。とくに、商品価値の高い元玉部分の樹皮が剥がされると、被害を受けた部分を造材時に切り捨てるため、被害を受けない場合に比べて収穫材積が小さくなり、その分収入が減ります。被害木の量が多くなると、林業経営に支障をきたすこともあります。そこで、被害の軽減に向けて、被害抑制効果が高く、かつ安価で容易に施工できる資材の探索を始めました。

ポリエチレンネットを根張り部分を含めた根元の部分に巻き付ける方法、運搬や加工が容易な伸縮性ポリエチレンネットを巻き付ける方法（写真-4）、根張りからの樹皮剥ぎ被害が樹幹へ拡大しないようにポリ乳酸製テ

ープを樹幹の最下部に巻き付ける方法（写真-5）を検証しました。

その結果、伸縮性ポリエチレンネットによる巻き付けは、樹皮剥ぎ被害の発生率を約1/10に軽減することが分かりました。また、ポリ乳酸製テープを巻き付けることにより、根張りから樹幹部への被害の拡大を阻止できることが分かりました。

これらの結果は、普及リーフレット「スギ・ヒノキをニホンジカから守る（改訂版）一剥皮害防止対策のポイント」の中にまとめられ、三重県林業研究所のホームページで公開されています（図-2）（<http://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000617410.pdf>）。伸縮性ポリエチレンネットによる対策方法は、県内の森林所有者や県外の林業事業者で採用されています。

被害を引き起こすシカを捕獲する

これまで当研究所は、新植地でのシカ食害対策として、シカ侵入防止柵の正しい設置方法と維持管理の重要性について、森林所有者や林業事業者を対象に指導を行ってきました。しかしながら、三重県におけるシカの生息密

スギ・ヒノキを二ホンシカから守る (改訂版)
— 剥皮害防止対策のポイント —

二ホンシカの生態

- 二ホンシカは、おもに昼間は森林内、夜間は開けた場所で活動します。
- 二ホンシカは樹木の葉、草本、ササ、どんぐり、樹皮などを食べます。

二ホンシカによる剥皮に伴う材の変色害

- 三重県では、根張り部から剥皮が拡大する被害が多く地域で発生しています。
- 剥皮部分から木材腐朽菌が侵入すると変色害が生じ、木材価格が低下します。

剥皮の高さと材変色の高さの関係

- スギにおいて剥皮最上部の地上高から材変色最上部の地上高を推測することが可能です。

$$\text{変色最上部の高さ (cm)} = 1.325 \times \text{剥皮最上部の高さ (cm)} + 35.291$$

地上高ごとの木材腐朽菌による変色状況

※ 上の写真では、剥皮は200 cm、材変色は130 cmの高さまで確認できます

※ 剥皮後の経過年数と変色の上方伸長に明瞭な関係はありません

図-2 剥皮害防止対策リーフレット



写真-6 柵内に侵入したニホンシカ

度は高く、柵内へのシカの侵入と食害も頻繁に発生しています (写真-6)。そこで柵内へのシカの侵入を想定して、新植地を餌場として利用するシカの効率的な捕獲手法を検討しました。森林所有者や林業事業者が自らシカの捕獲作業を行なうことを念頭に置き、捕獲方法は設置が比較的簡単で扱いやすい囲い罾、くくり罾を採用しました。

まず、捕獲効率を上げるためシカだけを確実に誘引できる餌の種類を検討しました。誘引餌として定評のあるハイキューブ、無償で入手可能なキノコの廃菌床、そして醤油の搾り糟を使用しました (写真-7)。その結果、まずキノコの廃菌床は誘引効果が認められませんでした。一方、ハイキューブに醤油の搾り糟を添加すると、誘引効果が大きくなることが分かりました。

近年、情報伝達技術 (ICT) を活用した遠隔監視・操作によるシカの捕獲システムが開発されています。例え



写真-7 囲い罾への誘引試験

森林所有者・林業事業者のためのニホンシカ捕獲マニュアル

造林地のシカ被害を軽減するために、森林所有者・林業事業者が自らニホンシカを捕獲し、密度を管理することが必要です。

造林地で使用できる罾の種類と特徴

移動組立式囲い罾

組立式の囲い罾で、資材が分解可能なため、運搬も容易です。
 一般に造林地のシカを捕獲することが可能です。
 ICT 機材を取り付けることで、遠隔監視しながら手動でゲートを開いたり、捕獲頭数を設定して自動でゲートを開閉することができます。

箱罾

囲い罾に比べて、低価格で導入することができ、広い設置スペースが必要ありません。
 ICT 機材を、一般に捕獲することが可能です。
 赤外線センサーや温度センサー等の機材も取り付けることができます。

くくり罾

囲い罾や箱罾に比べて、機材の価格が安く、軽便であることから森林内への持ち運びも容易です。
 シカ直上に設置する場合、シカを誘引する必要はありません。
 一つの罾で 1 頭のシカしか捕獲することができないため、警戒心を高めるようにする必要があります。

図-3 ニホンシカ捕獲マニュアル

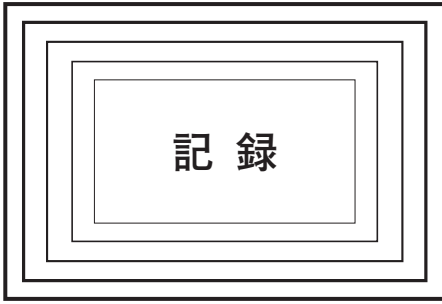
ば「まる三重ホカクン」と呼ばれる捕獲システムでは、現地の赤外線カメラで撮影した映像を携帯電話の回線を通じてパソコンやスマートフォンで見ることができ、上、囲い罾のゲートを遠隔操作で閉じることができるので、シカを効率的に捕獲することができます。ところが、森林内は携帯電話の通信状況が悪い場所も多く、このような捕獲システムを導入できない場合があります。そこで、当研究所は低コストで携帯電話回線を使用しない現地滞在型の遠隔監視・操作システムを開発しました。このシステムでは、捕獲現場の近くに待機し、市販の無線防犯カメラを用いて囲い罾へのシカの侵入状況を観察し、無線で小型動力を作動させることでゲートを閉じることができます。また、囲い罾以外の部材を約 5 万円程度の安価で作製することも大きな特徴です。

捕獲効率が上がっても、日没以降シカが出没するまでずっとモニターを見ながら待機するのは、大変な労力で

す。そこで人工知能（AI）を活用した捕獲システムの実証試験を行いました。このシステムでは、囲い罫入口の外側と内側の両方に赤外線センサーを取り付けることで、シカの侵入・退出数を自動計測して最適捕獲数を算出します。あらかじめ設定した侵入頭数に達したらゲートを閉じるようにプログラムすることで、自動で効率的にシカを捕獲することができます。このため、携帯電話の通信状況が悪い場所でも、自律的に捕獲システムを作動させることが可能です。一方、通信状況が良い場所では、各種設定を遠隔で操作できるほか、侵入状況や捕獲状況などリアルタイムの情報をメールで受信することが可能です。この捕獲システムの導入により、夜間に監視

する必要がなくなり、労力をかけずにシカを捕獲することが可能になりました。これらの捕獲システムに関する研究成果は、「森林所有者・林業事業者のためのニホンジカ捕獲マニュアル」としてホームページで公開されています（図-3）（<http://www.pref.mie.lg.jp/common/content/000715121.pdf>）。

林業におけるシカ被害対策は、柵を設置してシカの侵入を防ぐ「守り」と、シカを捕獲する「攻め」の両方が重要です。これまでに得られた研究成果を現場に還元できるよう、今後も森林所有者や林業事業者と密に連携していきたいと思えます。



日本森林学会企画シンポジウム報告 「収穫期を迎えた人工林における資源循環利用と 水土保全との両立」

谷 誠 (たに まこと、人間環境大学)
 玉井 幸治 (たまい こうじ、森林総合研究所)
 鶴田 健二 (つるた けんじ、京都大学農学研究科)
 野口 正二 (のぐち しょうじ、森林総合研究所)

はじめに

地球規模の森林減少による環境劣化が問題となっている現在、国土の2/3を森林が占める日本にとって、今後どのように森林を取り扱っていくのかは重要な課題である。例えば、森林面積の約4割にあたるスギ・ヒノキ人工林は、天然林に比べて環境保全機能が低いのではないかという懸念があり、それに加えて花粉症問題もあって、広葉樹への転換を望む声も多い。森林の利用・管理方針は合意に至っていない現状である。

さて現在の人工林は、戦後復興によって伐採された後、1960年を中心とした期間に植栽されたものがほとんどを占める。伐採が奥山に及んだこの拡大造林の時期は、燃料・肥料の里山への依存が少なくなった燃料革命の時期と重なり、多くの里山も人工林化された。この時期を過ぎると外材輸入の増加等の社会的変化もあって伐採・造林が行われなくなった。その結果、人工林の林齢は極端に集中し(図-1)、現在60年生近くに成長して森林飽和といわれる時代になっている。政府は2016年の森林・林業基本計画に基づき、主伐期に達した人工林の循環利用を推進する方針である。しかし、そのためには林齢の不均衡を緩和する必要がある、樹木の成長には50年かかることをふまえると、その政府の方針を実現するためには非常に長い年月を要する。果たしてこの事実は行政関係者や研究者に本当に深刻なものとして認識されているのだろうか。図-1には、ドイツにおける森林の林齢構成も示している。林齢分布は比較的平準化されており、持続的林業の前提は維持されていると言える。これに対し、日本においては、林齢のいび

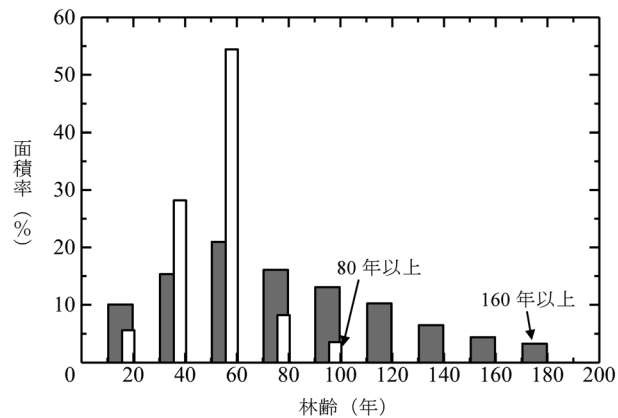


図-1 日本の人工林とドイツの森林(針葉樹林と広葉樹林の合計)の林齢分布

白色は日本の人工林、灰色はドイツの森林を示す。日本のデータは、ドイツのデータにおける20年単位の表示に合わせて集計し直した。日本の人工林とドイツの森林において、それぞれ90年、160年を超える林齢のものは一括りに集計されている。林野庁(2013)とFederal Ministry of Food and Agriculture, Germany(2016)をもとに改変。

つさを平準化する世紀を超えた長い道のりが必要になる。持続的で強靱な計画を国家レベルで打ち立てるための指針作りがこれからの森林管理にとって不可欠であろう。

ただ、日本の森林は、家や田畑には利用しにくい急勾配の斜面にあることが多い。不用意な森林伐採により、山くずれが発生しやすくなることが実験で指摘されている(図-2)。それゆえ、伐採を伴う林業を行いつつ、土壌保全機能を維持することは容易ではない。また、土壌保全や洪水緩和などの環境保全機能は森林生態系の生命力の発露によるレジリエンス(回復力)に基づいており、科学技術の発展によって置き換えられるような性格のものではない。したがって、林業等の森林利用と森林の

環境保全機能との両立は、世代を超えた基盤的な社会目標である。

以上のような問題意識に基づき、2017年3月に鹿児島大学で行われた第128回日本森林学会大会において、筆者らがコーディネータとなり、企画シンポジウム「収穫期を迎えた人工林における資源循環利用と水土保全との両立」を27日午前に開催した。予想を超える参加があり、関心の高さを実感できた(写真-1)。ここに、企画シンポジウムの発表と討論について報告する。

企画シンポジウムの発表概要

まずコーディネータのひとり玉井が趣旨説明を行った。そこでは、人口あたりの風水害による死者数が燃料革命以降に減少してきた研究結果

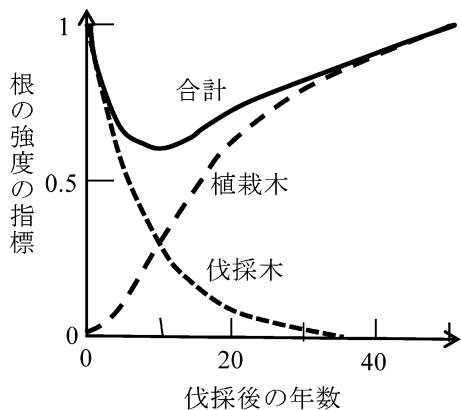


図-2 抜根抵抗力測定に基づいて推定された、スギの根の持つ伐採木の強度低下と植栽木の強度増加、およびその合計強度の経年変化
スギ人工林を伐採して再びスギを植林した場合、伐採したスギの根が腐朽して土壌を補強する強度が低下するため、植栽木が成長するまでの50年程度の間、山くずれが起りやすくなると推定される。北村・難波(1981)をもとに改変。



写真-1 会場写真

を基に、森林が持つ防災機能が充実してきた一方、伐採等の森林利用によってその機能が低下する可能性があることを指摘した。以下に9件の発表概要を示す。

(1) 木材生産と水土保持との両立に向けた森林流域試験の取り組み

野口正二(森林総研)・金子智紀・飯田真一・和田 覚・村上 亘・清水貴範・大丸裕武

秋田県長坂水文試験地の類似した自然条件を持つ3流域において、詳細な植生と土壌調査に基づき、森林と土壌が水文特性に及ぼす影響を実証的に評価した。その結果、流域間の立木材積量の違いが流域からの蒸発散量を決定する重要な要因となっており、その蒸発散量の差が流況と損失雨量に影響を及ぼしていた。また、流域の土壌貯留量が大きいほど流域貯留量が大きいことが示された。本試験地では、木材生産と水土保持

との両立に向けた研究として、材積量を把握するためにUAV(ドローン)技術による森林調査と、森林施業に必要な不可欠な作業道作設の水文学的な影響評価を実行している。

(2) 人工林における林分構造の変化が蒸散量に及ぼす影響評価に向けて

鶴田健二(京大)

ヒノキ単木の樹液流測定に基づいて、林分構造による蒸発散の違いを評価した。蒸発散による水消失量が林齢や立木密度によってどのように変化するかは、水資源を考えた人工林管理の基礎になる。これまでは、伐採による蒸発散の減少量を評価するような流域試験が多かったのに対して、本研究は樹液流測定と多層モデル(森林群落を多層に区切って、群落内の空気・熱・水蒸気・二酸化炭素の移動を扱うことにより、大気とのそれらの交換量を評価するモデル)の適用によって詳細なメカニズ

ムに基づいた評価を行っている。単木から林分レベルへのボトムアップについて、各地の林分収穫表を活用するアイデアが示されたが、収穫表の精度の問題が質疑において指摘され、多様な林分での長期にわたる調査が今後必要になると考えられた。

(3) 森林の水土保持機能向上への流域人工林管理技術実装へ向けて

五味高志(東農工大)・恩田裕一・山本一清

栃木県唐沢山で流域水文観測を行い、50%の強度列状間伐が水循環に及ぼす影響を調査した。本研究では、入れ子状に複数の流域を組み合わせることで、細分化された個別観測結果を、森林影響評価の地域毎のニーズに応じたゾーニングや林分管理のシナリオ作成に統合化するという方法論の構築が目標とされた。従来行われてきた流域水文観測やプロセス理解のための実験的研究は、基礎資料ではあっても、森林管理方針を提案するものとはなっていない。例えば、伐採によって洪水流出量と渇水流出量がともに増加することは明確な試験結果としてすでに得られているが、木材利用と水土保持の利害関係が対立する場合もある。そこで、流域内の多様な利害関係を調整して管理方針を立てるために、新たな統合化ステップが必要になると考えられた。

(4) 斜面における土層発達・崩壊と人工林の資源循環利用

下川悦郎(鹿児島大)・寺本行芳

鹿児島県紫尾山の花崗岩山地における斜面の崩壊履歴を調査した。その結果に基づいて、数百年から数千年の時間スケールにおける、崩壊後の土層の発達と再度の崩壊に至る周期性について説明した。崩壊後の土層回復期では、原位置の岩盤風化と周囲からの移動によって集積した土が、植生によって固定されて土層の厚みが増してゆくプロセスが生じる。ニュージーランドの牧草地では表層崩壊面積率が9.7%と大きい(Crozier et al. 1980)のに対し、日本の森林斜面での崩壊面積率は最大でも5~6%くらいである。この違いからわかるように、土層発達崩壊の繰り返し

返しプロセスにおいて、樹木による根系が崩壊抑止に果たす役割は重要である。したがって、林業においては皆伐を小面積に限定することが必要であるのだが、鹿児島県内では大面積皆伐と再生林の放棄が防災上の大問題となっている。

(5) 次世代の森林整備に向けた九州国有林での取組

一人工林での資源循環利用に向けて—
大政康史（九州森林管理局）
大型製材工場の需要やバイオマス発電の展開、さらには中国等への輸出による木材の需要増加を背景にして、九州地方で人工林の主伐が進行している現況が報告された。プレカットや集成材が多用されて木材が工業製品化されている現在では、かつて優良材であった大径材がむしろ忌避されるなど、しわ寄せが木材を供給する林業現場に集中している。その結果、民有林では伐採跡地の再生林が進まずに放棄されていることが最大の問題となっている。また、木材利用者側は低コストの中短伐期をめざす林業を期待しているが、管理局では環境保全へのガイドライン作成に取り組んでいる。行政担当者としては研究サイドに、利用と保全のゾーニング手法の開発を期待している。

(6) 資源循環利用と生物多様性・水土保全を両立させる伐区配置の検討

伊藤 哲（宮崎大）・光田 靖・平田令子・高木正博・山岸 極・溝口拓朗・清水優斗
従来の大面積皆伐方式の弊害を回避し、立地条件をふまえ環境保全に配慮した森林配置が必要であるとして、伐区配置についての研究経過が概説された。各種森林計画におけるゾーニングの空間スケールは、微地形等に配慮して水土保全の効果を上げるには大きすぎるため、施業実施の経営計画の指針としては、より小さいスケールでのゾーニングの検討が必要になる。林地生産力、生物多様性、土砂流出リスクのポテンシャル評価をもとに、集水域内部の森林再配置を検討すべきと考えている。小面積皆伐によって林齢の異なるパッチを作ることが望ましいが、個人所有者等で区分された実際の区画

と各種生態系サービスを重視したゾーニングとの間に生じる不整合をどのように解決してゆくかが、今後の大きな課題となろう。

(7) オーストリア・チロル州の市町村林務職員による野溪監護 (Wildbachbetreuung)

古井戸宏通（東大）
金属精錬や製塩のため、15～16世紀にかけて大面積皆伐が行われたオーストリア・チロル地方の荒廃地における森林回復過程について、森林管理と砂防対策の両面から検討した。日本と同じように、土砂害の多発する急峻な地形条件では、森林利用と砂防対策の両立は重要な課題である。19世紀には択伐による林業へ移行し、砂防対策も進んだが、国家が管理する砂防事業と市町村が担ってきた森林管理が一体となって行われるようになったのは、21世紀にはいった最近である。こうした事例を参照したとき、日本における森林管理、治山事業、砂防事業、環境行政の縦割りを、地域における山地流域の利用と保全の観点から見直す必要性が感じられる。

(8) 獣害問題に学ぶ

小泉 透（森林総研）
戦後の森林変遷過程における獣害の質的变化を概説した。伐採が多く行われていた1970年頃までは、草原を好むノネズミやノウサギの被害が多かったのに対して、1970年以降は伐採面積が縮小したため林縁部を好むニホンジカが増加し、主な害獣の種類が見事に入れ替わった。シカ被害の増加には、妊娠率の高さ等の生理生態特性のほか、メスジカの厳格な保護対策が戦後長く維持されたことも原因となっている。今後主伐が進むことによって再度ネズミ・ウサギの被害も懸念される。一方、シカ害に関しては、研究者と森林管理者と捕獲者の合意形成による個体群管理の成功事例も最近得られており、関係者間の協調対策の重要性が指摘された。

(9) 石油が不足すると森林管理で何が問題になるか？

小松 光（京大）

現在問題となっている森林の過小利用は日本の歴史において一時的なものではないかとの問題を提起し、戦後日本で維持されてきた安価な石油価格と森林利用の因果関係について考察した。石油価格の高騰は、森林そのもののバイオマス資源としての利用を高めるほか、食糧増産のために森林の農地への転換を促進する。また、その高騰は、地球規模での生態系圧迫の原因になっているとの研究 (Eisner *et al.* 2016) もあり、無秩序な森林伐採を促すことによって、利用と保全の両立を阻害する要因になる。石油等の化石燃料の総埋蔵量は明確ではないにしても、森林を含む生物資源が再生できるのとは異質の問題がある。化石燃料が有限で資源残量が減る一方であるという認識は、森林管理において無視できないと考えられた。

森林利用と環境保全の両立に向けた総合討論

発表に続いて総合討論が行われた。まず、森林生態学や水文学から得られてきた研究は、森林管理や林業実践の問題とは必ずしもつながらない状況が指摘された。例えば、下層植生を失った過密人工林が地表面流や土壌侵食を増加させること、あるいは、森林伐採後は根が腐って植栽木の根が成長するまで崩壊抑止力が低下すること (図-2) は、科学的知見として既に得られている。よって間伐を行って下層植生の成長を促し、人工林の皆伐をできるだけ避けるのが望ましいこと、それは確かに環境保全にとって理想と言える。しかしながら、樹木の成長にかかる半世紀ほどの時間スケールで考えると、間伐しても、皆伐しなくても、あるいは多様性の高い原生林を保全したとしても、土層の崩壊を完全に防げるわけではない。それゆえ、理想を提示するだけでは不十分なのであって、貴重な木材資源を伐採して利用しながら、なおかつ、森林の環境保全機能の低下を最小限にとどめるような、現実的な森林管理システムを見いだすことこそが研究において必要である。そのためには、五味や伊藤をはじめとする多くの発表が指摘したように、自然科学的知見の集積を統合

化することが重要と考えられた。

最近、大政も指摘したように、南九州などでは民有林の伐採が急速に進んでいるにもかかわらず、苗木不足や林業の将来への悲観的展望から、再造林が行なわれずに放置されている問題が深刻になっている。こうした最近の情勢、及び、小松の指摘した木材の需要供給バランスの変化に関する問題提起を受けて、社会経済的な変化が森林研究や森林管理のあり方に影響を及ぼす点について話し合いが行われた。樹木の成長には50年程度を要するが、その期間における社会変化は著しい。戦後70年を顧みると、森林政策は、高度経済成長による木材需要に応じた伐採・造林推進の方針から、国民の期待に応じて環境保全機能を重視する方針へ変更された。そして、人工林が主伐期に達してきた近年では、林業の成長産業化も掲げられるようになった。

このような社会変化をふまえた政策の移り変わりは、樹木成長の時間スケールから見て、あまりにもめまぐるしい変化と言える。そこで、森林を対象とするかぎり、短期の社会変化に左右されない持続的な姿勢が、研究においても社会实践においても不可避だとの認識が重要である。今後、利用と保全の両立を目標にした議論の深まりが期待される。

最後に、シンポジウムに貴重な研究を発表してくださった方々に感謝します。

引用文献

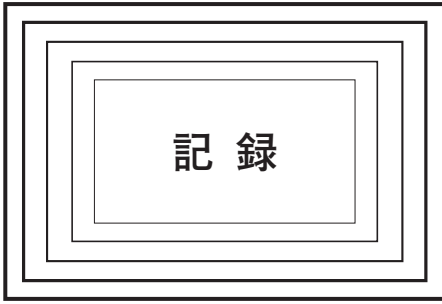
Crozier MJ, Eyles RJ, Marx SL, McConchie JA, Owen RC (1980) Distribution of landslips in the Wairarapa hill country. *N Z J Geol Geophys* 23: 575-586
Eisner R, Seabrook LM, MacAlpine

CA (2016) Are changes in global oil production influencing the rate of deforestation and biodiversity loss?. *Biol Conserv* 196: 147-155

Federal Ministry of Food and Agriculture, Germany (2016) The Forests in Germany http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/ForestsInGermany-BWI.pdf?__blob=publicationFile, 2017年4月10日確認

北村嘉一・難波宣士 (1981) 抜根試験を通して推定した林木根系の崩壊防止機能. *林試研報* 313: 175-208

林野庁 (2013) 人工林 齢級別 面積. 林野庁ホームページ http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h24/pdf/jinkou_h24.pdf, 2017年4月9日確認



日本森林学会大会第4回高校生ポスター発表の講評

井上 真理子 (いのうえ まりこ、中等教育連携推進委員会 委員長)

講評

日本森林学会 100 周年を記念して始まった「高校生ポスター発表」も 4 回目を迎えました。今年の発表は 16 校 19 件でした（専門高校 9 校、普通科等 7 校）（表-1）。2016 年に震災のあった熊本県から 2 校が参加し、当日は多くの高校生達が会場に来てくれました（写真-1）。企画者として大変ありがたく思います。全国の災害地の復興をお祈り致します。

今年の受賞校は、次以降に紹介する 6 校になりました。今年の特徴は、実践に根ざした取り組みが多い点です。調査活動（山梨英和中学校・高等学校：富士山麓のササラダニ群集、東京都立小笠原高等学校：父島の河川の生物、群馬県立中央中等教育学校：赤城山のマツ林、岐阜県立岐阜農林高等学校：ニホンジカの生態、京都府立嵯峨野高等学校：校有林の動物・土壌動物、東京都立江北高等学校：荒川の水生生物）、森林の保全・整備（東京都立大島高等学校：ツバキ園の活用、山梨県立農林高等学校：実習場の整備、熊本県立芦北高等学校：地域の環境保全、北海道岩見沢農業高等学校：トドマツ林の間伐）、林業・林産物関連（岡山県立勝間田高等学校：美作松の PR、横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校：パーム油、青森県立五所川原農林高校、スギのコンテナ苗の生育）、森林と関わる活動（熊本県立芦北高等学校：森での教育活動、熊本県立八代農業高校泉分校：森林でのアウトドア活動、北海道旭川農業高校：木育、三重中学校・高等学校：名人への聞き書き）がありました。活動実践では、活動の評価も試行していました。高校生の実直な取り組み姿勢や地域に根ざした活動は、学会員にも刺激になっています。今後の取

表-1 日本森林学会大会第4回高校生ポスター発表結果

発表番号	学校名	発表題目
KP01	東京都立大島高等学校	ツバキを守って島おこし —島の伝統文化の継承・発展—
KP02	岡山県立勝間田高等学校	松丸太生産 4 年連続日本一の美作松の PR
KP03	山梨英和学院山梨英和中学校・高等学校	富士山北麓におけるササラダニ類の多様性評価
KP04	東京都立小笠原高等学校	川の姿が変わってもたくましく生き残っている生物たち—世界自然遺産小笠原諸島・父島の河川に生息する固有種・絶滅危惧種— 実習場の整備
KP05	山梨県立農林高等学校	—授業で活用できる実習場を目指して—
KP06	熊本県立芦北高等学校	【最優秀賞】 森を楽しむための森育活動の実践 —森を歩き・森に学び・森で癒される— 林業技術を活かした森・川・海の地域環境保全の実践 - 森から海を見つめ、海から森を見つめる -
KP07	熊本県立芦北高等学校	—
KP08	北海道岩見沢農業高等学校	【優秀賞】 トドマツ人工林における巻き枯らし間伐の効果についての調査・研究
KP09	群馬県立中央中等教育学校	赤城山のマツ林の研究—枯死した県木クロマツの今後
KP10	三重中学校・高等学校	三重の森林と私たち学生
KP11	三重中学校・高等学校	高校生による名人の聞き書き
KP12	北海道旭川農業高等学校	【特別賞】 木の大切さを伝えようパート 6 —木育でつながる森と人と人—
KP13	岐阜県立岐阜農林高等学校	【最優秀賞】 地域の野生動物問題を探る —ニホンジカに関する生態調査—
KP14	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校	パーム油の可能性
KP15	京都府立嵯峨野高等学校	【優秀賞】 校有林への動物侵入による林内生態系への影響
KP16	京都府立嵯峨野高等学校	校有林における物質循環 —土壌生物の役割—
KP17	熊本県立八代農業高校泉分校	森林内でのアウトドア活動と私たちの変化
KP18	東京都立江北高等学校	【特別賞】 荒川上・中・下流の水質調査 —下流の水生生物を中心に—
KP19	青森県立五所川原農林高校	コンテナ苗栽培におけるスギの移植時期による生育の違いについて



写真-1 高校生ポスター発表の会場風景

り組みも期待しています。

本企画は、国土緑化推進機構「緑と水の森林ファンド」助成事業で、発表ポスター集の作成と参加支援を行っています。また今年も、当日に表彰式を行いました(写真-2)。大日本山林会にご支援頂き、受賞校に記念の楯(鹿児島産の屋久杉製)、発表者に参加賞(木製ストラップ)を贈呈し(製作:京都府立北桑田高等学校森林リサーチ科)、参加した高校生達には森林・林業を学べる大学・大学校の紹介も行いました(林業大学校の紹介ポスターを会場に掲示)(写真-3)。参加ができなかった学校には、ポスター集と参加賞等をお送りしています。

発表に参加頂いた高校関係者の皆様、ご支援を頂いた各団体や大会実行委員会等関係者の皆様、そして会場に足を運んで頂いた会員の皆様に感謝申し上げます。今後ともよろしくお願い申し上げます。

受賞校の感想

1) 最優秀賞

熊本県立芦北高等学校

林業科3年 倉本あやめ

本校林業科では、「地域と共に森を育て、川と海を育む」をスローガンに掲げ、森林・林業の知識と技術を活かした森・川・海の地域環境保全活動に取り組んでいます。今回のポスター発表では、2つの研究活動を発表させていただきました。その中で、森の研究活動が最優秀賞という素晴らしい賞を頂き、大変嬉しく思います。

今回初めて参加したので、ポスターの構成や説明方法など多くの場面で悩みました。ポスター発表前日までは、班員とともに説明や質問に対する練習を繰り返しました。当日は、他校のレベルの高いポスターを見て大変緊張しましたが、ポスターの説明を繰り返すなかで視聴者から温かい助言等を頂き、笑顔で説明ができるようになりました。また、コアタイムになると会場は人で溢れ、学会の規模の大きさや研究者の熱気を肌で感じ、大変貴重な経験となりました。

私たちの研究は、人と森との関わりが希薄化している現在において、森の素晴らしさや木のよさを引き出



写真-2 表彰式(自己紹介:北海道岩見沢高等学校)



写真-3 楯とポスター集



写真-4 最優秀賞 熊本県立芦北高等学校の発表

すことで森の良き理解者が増えれば、森林・林業が活性化し、木質材料の有効活用と健全な森林育成の循環につながると仮定し、「森育」・「木育」をキーワードに研究活動を行っています。本校演習林を活用して森の楽しさを伝えるために学習プログラムを考案し、地域の小学生から一般の方々を対象にした森林教室の実践及び森の癒し効果についての科学的検証を行う森育活動。また、遊具や福祉用具といった幼児から高齢者までを対象にした木材製品の開発、木材利用の素晴らしさを伝えるために福祉施設や保育園と連携した木育活動

について発表しました。

今回、多くの専門家の方々から様々な助言を頂くことができました。評価していただいたところは励みにし、助言をいただいたところは改善に繋げていきます。そして、今後も森の良き理解者を増やすための研究活動に努力していきます(写真-4)。

2) 最優秀賞

岐阜県立岐阜農林高等学校
森林科学科 松波亜美・田代悠里
この度、高校生ポスター発表に参加し、最優秀賞を受賞できたことを大変嬉しく思います。当日は、貴重

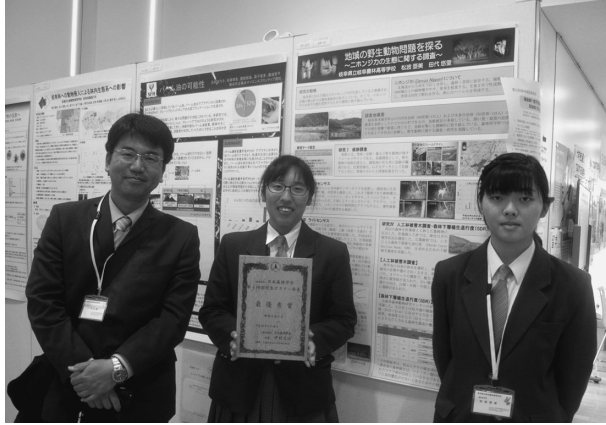


写真-5 最優秀賞 岐阜県立岐阜農林高等学校の発表

なご意見やアドバイスを伺うこともできました。この経験をもとに、今後の研究活動を推進していきたいと考えております。

野生動物に関する研究は、2年前から本格始動しました。岐阜県では、ニホンジカの生息数や分布域が拡大し、鳥獣被害や森林被害など深刻な問題を引き起こしています。高校生としてそれらの諸問題にどう貢献ができるかということを念頭に置き、現在は地域の現況を把握し分析する手法を身に付けていきたいと考えています。

調査は学校近隣である本巢市の川内・木倉自治会のご協力のもと、実施しています。現地を訪れ、田畑の周囲に張り巡らされた電柵や数多くの痕跡をみると、住民の方々の多大な苦勞が感じ取れます。時には夜間を通じたシカの分布を探るため学校に泊まって調査を実施することもあります。市街地にある学校から、わずか車で40分程しか離れていない場所でも大きなシカの群れが観察され、いつも驚かされます。これまでの調査で、人里に依存した夜行性であるシカの行動習性が確認できました。研究の課題はありますが、調査を継続するなかで解決していければと考えています。

研究をより多くの皆さんに伝えたいと思い、ポスター発表会に参加させて頂きました。発表を熱心に聞いて下さり、ご理解頂いたことで自信にも繋がりました。他校の皆さんの工夫された発表を拝見したり、専門家の方々からの質問に十分に答えられなかったりするなかで、地域の自然生態系について理解を深める必要

性を感じるなど具体的な課題を発見できました。また、他県の実情を知ることができ、勉強になりました。今後このような機会があれば、是非参加していきたいと思っています。

私たちの調査・研究を行うにあたり、ご理解とご協力して頂いている地域の皆様、岐阜県森林研究所の先生、ご支援ご指導して下さいました皆様方に感謝申し上げます(一部抜粋)(写真-5)。

3) 優秀賞

北海道岩見沢農業高等学校
森林科学科2年 一條幸一・河合純佳

この度、高校生ポスター発表において優秀賞をいただくことができ、大変感謝しています。私たちの研究は先輩たちから引き継がれた内容であり、研究が始まってから3年が経過しました。そのため、今回の受賞は私たちだけではなく、過去に成果を残された先輩たちの努力が評価されたようで本当にうれしく思います。

私たちは「トドマツ人工林における巻き枯らし間伐の効果についての調査・研究」をテーマとして活動を進めてきました。この研究は、間伐遅れ等によって放置されてしまったトドマツ人工林をそのまま放置するのではなく、巻き枯らし間伐を施して林内の生育環境を改善させることで樹木の天然更新を促し、森林の持つ公益的機能を維持させていこうという目標をもって取り組んでいます。

今回、日本森林学会大会高校生ポスター発表に参加させて頂き、今後の研究活動を進めるうえで参考になることや知らなかった調査手法や考察の仕方など、様々な方に貴重

なアドバイスをいただき多くの新しい発見をすることができました。研究内容以外にも、「ポスターは人を立ち止まらせる内容にすると良い。見せるポスターを作成することはとても大切である。」というアドバイスをいただいたとき、基本的なことですが忘れがちなことに気づかせていただきました。また、ある方からは「非常に完成している研究ですね。」とお褒めの言葉をいただきました。これを聞いたとき、今まで頑張ってきたことが認められたようでとてもうれしかったです。

最後になりますが、私たちがこの研究を実施するにあたり多くのご指導やご協力をいただきました。そのすべての皆様に対して心より感謝申し上げます。本当にありがとうございました。そして、私たちの研究が実り、将来的に北海道における次世代への新たな更新方法の1つとして、この成果が有用な基礎資料になることを願っています。

4) 優秀賞

京都府立嵯峨野高等学校
校有林調査ラボ教諭
谷口悟・山脇正資

この度は、高校生ポスター発表において優秀賞を頂きありがとうございました。残念ながら、当日ポスター発表はできなかったものの、受賞は生徒にとって大きな励みとなります。

本校は、文部科学省よりスーパーサイエンスハイスクールに指定され、授業として課題研究活動を行っています。校有林調査ラボ所属の生徒9名は、自らの興味・関心をもとに研究課題を設定し、調査・分析・解析を行い、これから日本語論文を取りまとめます。

本校校有林は、京都市内嵐山周辺の里山地域に位置し、60数年前のスギ・ヒノキの植林地です。本研究では、林内への哺乳類侵入、植生、表面土壌環境、土壌断面調査を行うとともに、現在下層植生の多くを占めるシダ類のシカなどによる食害を想定した土壌侵食実証実験を試みました。

赤外線自動撮影カメラを用いて7種の哺乳類の侵入を確認しました。胸高直径20cm程度の樹齢70年余りのヒノキが多く、間伐があまり行わ

れていないと考えられました。下層植生のほとんどがシダ類（ウラジロおよびコシダ）でした。土壌は適潤性褐色森林土に分類され、土壌透水性は調査したすべての地点で優良であり、また、土壌貫入強度は、50 cm 付近まで植物根を阻害する硬い層はみられませんでした。現在まで、土壌侵食試験区において、土壌粒子の流出は確認されず、透水性が高いことから、今後も土壌侵食の可能性は低いと考えられました。

高校生にとって、課題の設定は非常に難しく、ある程度の教員による誘導が必要でした。生徒は、1-2人でひとつの課題に取り組み、課題設定や現場調査の大変さを実感するとともに、研究の楽しさを知りました。本年度は、ラボ全体で一つの研究に関するストーリーを教員が取りまとめたことから、生徒は自分の課題の位置づけがしやすかったと考えられました。

今後も、日本森林学会など学術団体の高校生ポスターセッションでの発表を一つの目標に課題研究活動を進めていく予定です（一部修正）。

5) 特別賞

北海道旭川農業高等学校
森林科学科3年 渡邊大地

この度日本森林学会大会高校生ポスター発表において、特別賞を頂いたことを聞き、とても嬉しいです。私の所属する森林資源活用班では、木の町「旭川」の子供達にもっと木に親しんでもらおうと「木育」活動を実践してきました。「木育」とは、幼い頃から木に触れることで、木のぬくもりや素晴らしさを知ってもらうこと、そして活動を通じて、たくさんの人と触れ合うことで豊かな地域社会を作っていくというものです。

私達は主に旭川大学附属幼稚園年長組の園児を学校に招き、季節ごと

に年5回の木育活動を行っています。具体的には、植樹から、下枝払い、落ち葉遊び、冬芽の観察や木工体験など川上から川下までの林業を子供達に体験してもらっています。この活動を行うにあたり事前準備に一番時間がかかりますが、毎回の活動をととても楽しみにしている子供達の笑顔や園児保護者の私達に対する感謝や期待の声が力となり、班員全員で精一杯準備にあたっています。さらにこの活動に取り組むことで、私達の林業に対する知識も高くなり、また子供達を含め異世代の方々と接することでコミュニケーション能力も高めることができます。

私自身、今回のポスター発表に実際に参加し自分達の言葉で活動について紹介しなかったのですが、遠方のため参加できず、すごく残念でした。しかしこの度特別賞受賞という嬉しい知らせが届き、班員全員で取り組んでいることに対して評価をいただき本当に嬉しく思います。私達3年生は高校を卒業しましたが、これまでの木育活動は今後社会人としてすごく生きていくと思います。後輩達には、地域に根ざした活動を長く続け、地域の子供達に木の素晴らしさを伝えていって欲しいと思います。

最後になりますが、私達の活動にご協力いただいた全ての皆様に心より感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

6) 特別賞

東京都立江北高等学校
生物部部長 宇野理衣子

私たちは、荒川の水生物について調べた結果をポスターにまとめ、発表しました。昨年の夏に行った荒川の上流・中流の調査では、「きれいな水」に住むカワゲラ・カゲロウなどが多く採集されました。食性を調べると、小動物や落葉枝、石に生え

ている藻類などを食べていることがわかりました。

私たちの学校の近くの荒川下流では、扇大橋下と木根川橋下の干潟で調査を行いました。どちらも「きたない水」だったのですが、木根川橋下の干潟は土の混じった砂で、扇大橋下の干潟は泥でできていました。ゴカイのすんでいる穴の数を調べると、扇大橋下の方がとても多くいました。「なぜこんなにたくさんゴカイがいるのだろう」と疑問に思い、仮説を立てて実験をし、その結果をもとにまた仮説を立て…を繰り返し行いました。この実験は真冬に行ったので、ゴカイや、泥混じりの水を採集するときはとても寒くて大変でした。

さて、この実験の結果から考えられたことは、ゴカイの体重増加に必要なえさは、すみかの泥ではなく、潮が満ちるときに打ち寄せてくる水・泥に含まれていること、泥の中から観察されたケイトウ類等の数もゴカイの数に影響を与えているのではないかと、いうことでした。今回は、採集できたゴカイの数が少なく、また、実験が長引いてかなりのゴカイを死なせてしまったことが反省点です。次は、暖かくてゴカイがたくさんいる季節に、ゴカイの数を多くして、ゴカイを死なせないように実験を行いたいです。ゴカイの体重を増やす（栄養源となる）えさも突きとめたいと思います。できれば、ゴカイの個体の区別もしたいと思います。

この度は、特別賞をいただき、とても嬉しく思っております。今回の実験、ポスター発表で学んだことや、発表の際にいただいたご質問やアドバイスを今後の研究に活かしていきたいと思っております。また課題がありますので、後輩達のより一層の活躍を期待しています。

水が上がる音を聴く

二階堂 太郎

(にかいどう たろう、国立科学博物館 筑波実験植物園)



私が大学生だった約25年前、聴診器を樹木の幹に当てると水の上がる音が聴こえると話題になりました。購入して試してみると「ザザーゴォー」とラジオのノイズみたいな音がします。これが水の音?と思いましたが、物言わぬ樹木の声を聴けたようで嬉しくなり、その後も色々な機会に聴診器を当てていました。ところが今から十数年前、聞こえる音の正体は振動する枝葉の音や、樹皮の表面にあたる風の音であることが分かりました。私自身、内部をゆっくり上がる水の音が本当に聞こえるのかと疑心暗鬼だったので、すんなり納得したのを憶えています。しかしその時こうも思いました。聴診器を幹に当てていた時間は私に幹の中を流れる水を想像させ、地上から100m以上も水を上げる維管束について色々考えさせてくれたなど。事実、大学卒業後に造園会社で働く決断をさせ、森林インストラクターで活動することを促したのは、まさにそんな樹木との触れ合いだったのですから。

樹木が水を根から葉まで上げる仕組みは、根・葉・茎といった維管束によるもので、それは機械的な構造と言えなくもありません。実際に樹木の移植で大事なものは、その構造を壊さないように掘り上げ、移植後も機能を維持させる事です。つまり、移植の失敗とは、その種特有の構造や個体の調子を理解しないままに行った結果、その構造を壊すか機能低下に至らせてしまう事が原因といえます。それを痛切に実感したのが、当園の温室で栽培していた蔓性木本のヒスイカズラの移植でした。幹直径5cmの小さい個体について、移植のストレスを減らすべく、掘り上げ前に根と葉の量を4カ月かけて減少させました。そして移植の時は、残しておいた根を丁寧に追い掘りし、植え付けまで5分と迅速に作業をしたのですが、後に3カ月かけて衰弱死させてしまいました。移植をする事になった理由は、20年前から他の温室で大きく育てているヒスイカズラの幹半分が腐朽が入っていることが分かり、枯死前に次世代個体を近くに植栽するのが目的でした。元からある個体の幹直径は12cmで、根の大半はだいぶ前から既に消失しています。しかし、上方の蔓を掛けるワイヤーから1面に下がっている葉の量は、幅20m、高さ3m、面積60m²ともものすごい量です。痛んだ幹と根から、どのような構造があつてその葉量が維持されているのでしょうか。私は移植前から今に至るまで十分な推測が出来ていません。これでは枯らして当然であったと痛感しています。

鉢栽培においても維管束について考える事は大変重要

です。当園では関東の屋外で栽培展示できない植物を鉢植えにして圃場で育てていますが、自生地と異なる環境下であることや用土の経年劣化から衰弱する個体が出ます。大抵は土を新しくして水を十分にやれば元気になりますが、中には衰弱が止まらない個体もあり、その場合は水を上げる仕組みを人為的にコントロールしようと考えられます。基本的な考えとして、根が元気になるためには葉に十分な光が当たって光合成が旺盛に行われなければなりません。しかし葉に強い光があたると蒸散が促され、根に不具合があると大きな負担を強めます。反対に弱い光で栽培すると蒸散は抑えられて根の負担は小さくなりますが、回復に必要な光合成産物の生産量は少なくなってしまいます。そこで強い光が当たっても蒸散が抑えられるように、明るくて湿度が高い場所を作ることがあります。ところがその環境はちょっとした太陽光の加減で一気に高温の蒸れを生み出すので、深く注意し続けなければなりません。この他にも光の量や当てる時間などを色々試し、良い条件が見つければ葉色は濃くなり脇芽が生まれてきます。うまくいかない場合は最後の手段で葉と根の距離を縮めるべく根を切ったり、幹を切り詰めたりします。そして全ての甲斐なく枯死してしまった時、根や枝葉を切り分けて断面を凝視しながら原因について考えます。どこかに腐朽があればある程度理由は付けられますが、漠然と衰弱死した個体については想像と推測だけが頼みです。しかしその積み重ねの中に答えが見つかる事があるので、モヤモヤと考える時間を大事にしています。

生命の進化において植物は約4億年前に陸上へ上がり、維管束を発達させて多くの場所での生育を可能としました。私にとって植物の栽培管理は、植物の進化と向き合う仕事であり、生命の大きな流れがあることを実感できるところが魅力です。7年前に、青色の聴診器を新しく購入しました。今でも時々樹木の幹に当て、風で揺れる枝の振動にきつと混ざっているであろう水の音を探しています。そして根から葉まで水が流れる様子を想像しています。

著者プロフィール

二階堂太郎：1970年生まれ。山形大学農学部林学科修士課程修了。新潟市のらう造景(旧後藤造園)に入社、後藤雄行氏に師事する。現在は筑波実験植物園の技能補佐員。屋外エリアの管理と教育普及に携わる。樹木医、森林インストラクター。

「森林科学」への投稿について

「森林科学」投稿要領

(2016年12月22日改訂)

1. 投稿できるのは日本森林学会会員および「森林科学」購読者のみとする。ただし筆頭者以外の共同執筆者および依頼による記事の執筆者についてはこの限りではない。
2. 原稿は、解説、記録、研究トピックス、読者の声、その他とし、和文とする。
3. 原稿の採否は編集委員会が決定する。
4. 原稿の長さは原則として、すべてを含む刷り上がり解説、記録は4頁以内、研究トピックス、読者の声、その他は2頁以内とする(2,000字/頁を目安とする)。
5. 投稿原稿は執筆要領にしたがって作成し、電子メールで提出する。
6. 著者校正は原則として初校に限り、誤植の訂正にとどめる。
7. 解説・記録・研究トピックスの著者は別刷50部を希望により無料で受け取ることができる。無料分以上(50部単位)およびpdf別刷りを希望する場合は、著者の負担とする。
8. 原稿の送付および編集についての問い合わせは森林科学編集主事あてとする。
9. 著者は最終原稿を提出する際に、著作権譲渡承諾書を提出しなければならない。

著作権について

(日本森林学会学会誌等刊行規則(2011年6月15日制定)
第15条より抜粋、一部修正)

1. 本会の刊行物への掲載が受理された記事、論文等の著作権は、本会単独であるいは本会の定める出版社と共同で、本会に帰属するものとする。
2. 著者に許容される権利については、刊行物ごとに別に定める。

「森林科学」執筆要領

(2016年12月22日改訂)

1. 原稿の書き方
専門分野以外の読者が理解しやすいように、図表や写真を多くし、わかりやすく、簡潔な表現を用いる。図にできる場合はなるべく表を使わない。目安として、少なくとも1頁に1つの図や写真を入れるようにする。
2. 投稿原稿の種類
解説：特定の研究テーマや話題に関する解説
記録：シンポジウムや研究会の記録
研究トピックス：プロジェクトや国際共同研究、特徴ある研究の紹介
読者の声：読者の意見や主張
ブックス：書評、出版物の紹介
その他：上記以外の内容についての投稿。編集主事まで問い合わせること。
3. 原稿の形式
原稿の種類に合わせて、以下の内容をそれぞれページを分けて記載すること。
①投稿連絡票(表題、著者名、所属先、原稿種類名、連絡先(住所、電話番号、電子メールアドレス))、②本文、③引用文献(「解説」・「記録」・「研究トピックス」で必要な場合のみ。最大10点を目安に。)、④図表、⑤図表の説明、⑥紹介する印刷物の書誌情報(ブックスのみ。著者・出

版社・出版年・頁数・価格・ISBN。)

4. 原稿の体裁

原稿は電子メールに添付しての提出を基本とする。ファイル形式などの詳細については編集委員会が定める「原稿執筆ガイドライン」を参照のこと。

図表の表題にはそれぞれ通し番号をつけ、1点ごとに別ファイルとする。各ファイルには筆頭著者名と通し番号を含む分かりやすい名前を付ける。

5. 引用文献

引用文献は必要最小限とする。本文中での引用は、①引用順に(1)、(2,3)のように上付きの通し番号を振る、②該当人名に(年号)あるいは事項に(人名 年)をつけて引用する。混用はしないこと。引用文献の記載は、①では通し番号順、②ではアルファベット順に行う。誌名の略記法は和文の場合は慣例により、欧文の場合は日本森林学会誌に準じる。巻通しページがある場合は巻のみとし、ないときは巻(号)を併記する。

<引用文献記載例>

a. 雑誌の場合

笠井美青・丸谷知己(1994)山地河川における立木群による土砂の滞留機構. 日林誌 76: 560-568

Ochiai Y, Okuda S, Sato A (1994) The influence of canopy gap size in soil water conditions in a deciduous broad-leaved secondary forest in Japan[†]. J Jpn For Soc 76: 308-314

b. 書籍の場合

Levitt J (1972) Responses of plant to environmental stresses. Academic Press

渡邊定元(1994)樹木社会学. 東大出版社

c. 書籍中の場合

小林繁男(1993)熱帯土壌の瘦悪化.(熱帯林土壌・真下育久編, 勝美堂). 280-333

Wells JF, Lund HG (1991) Integrating timber information in the USDA Forest Service[†]. In: Proceedings of the Symposium on Integrated Forest Management Information Systems. Minowa M, Tsuyuki S (eds) Japan Society of Forest Planning Press. 102-111

[†] 紙幅が足りない場合は、タイトルの省略を認める。

原稿の送付および編集についての問い合わせ先は下記あてとする。

森林科学編集主事 小長谷啓介

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

森林総合研究所

きのこ・森林微生物研究領域微生物生態研究室

Tel 029-829-8244

e-mail obasek@affrc.go.jp

学会事務についての問い合わせ先

一般社団法人 日本森林学会

〒102-0085 東京都千代田区六番町7

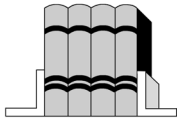
日本森林技術協会館内

Tel/Fax 03-3261-2766

https://www.forestry.jp/

複写をされる方に：一般社団法人学術著作権協会へ複写権委託済み

許諾・連絡は、〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F (e-mail: info@jaacc.jp, URL: https://www.jaacc.jp/)



ブックス

林業がつくる日本の森林

藤森隆郎 著、築地書館、2016年10月、200ページ、1944円（税込）、ISBN-10: 4806715263、ISBN-13: 978-4806715269

長年、研究そして技術指導の立場から全国の森林管理の現場を歩いてきた著者による警世の書である。著者は何を警めているのか？それは、今のような森林管理では、この先国内の森林そして育成林業は劣化し、やがて困難な状況に陥るのではないかと、ということである。大きな潜在力を持った森林生態系と充実しつつある人工林資源がありながら、どうしてそれらを生かした持続的な森林管理が立ち上がらないのか？それは、我々が森林管理や林業について、なぜそれを行うのかを考えることを怠り、ビジョンを持ってないからではないか・・・と著者は問いかける。

本書の現状解析は技術から教育まで多岐に及ぶが、ここでは一つだけ取り上げよう。著者は、近年のドグマともなっている先進的生産モデルがはらむ、林業としての危うさを指摘する。間伐への集中は、木材生産の回復という成果を残した一方で、その流れにどっぷり浸かって、間伐の先にどんな森林、資源を作っていくのかという想像力を持ってない現場も、多く生んでしまったのではないかと。いわば、路網と機械のみで完結した密やかな楽園である。このような状況は、補助制度が現場の自立した思考を封じたために拡大したというのが著者の見方である。ただし補助金が悪いという短絡的な議論ではない。補助金が、地域や経営者の自律的な林業を支え、その質を高める方向で運用されているかどうかの問題なのだ。

では、森林管理のビジョンを持つというのは、どのようなことである

うか？著者は、まず現状を科学的に理解することから始めようという。21世紀の林業の世界的基準は、生態系としての持続性、健全性に支えられた木材生産である。しかし生産機能と公益的機能はしばしば相反する。そこで著者は、予定調和論を厳しく排除したうえで、科学的な検討に基づき、両機能の調和的な発揮を期待できる森林管理として、天然林のような構造を持たせた長伐期林経営を提案する。

これには生産サイドからの異論があるだろう。現在でも否応なく人工林の高齢級化は進んでいるが、大径材が高く売れる時代は終わり、採算が合わなくて困っている現実があるからだ。しかし著者はひるまない。林業を木材生産と環境の両方に資するものとして位置付けるのであれば、長伐期化にこそ科学的合理性がある。それを成立させるためには、大径材の経済的評価向上が必要となる。だから林業界は、集成材ばかりでなく、良質な大径材の評価や利用にもっと意を注ぐべきであるという。これが唯一の正解かどうかは書評子には分からない。しかし、このような生態学的視点と経済的視点の摺合せが、今の林業再生の議論に圧倒的に不足していることは確かであろう。

本書の示す危機感は、今や少なからぬ関係者が共有するものだと思う。しかし、学究と現場の巡礼を誰よりも重ねてきた著者から、厳しい言葉が発せられたことの意味は重い。書評子は思う。我々はそろそろ近年のエンジニアリング主体の林業革命の熱気から少し身を離し、冷静に足元を見つめ行く先を考える時期に来ているのではないかと・・・と。熱気だけでは乗り切れない困難も、現実には多くあるのではないかと？本書を、そのような困難な時代の予感に向き合うための林学原論として読むことも、また可能である。

大住克博（鳥取大学農学部附属フィールドサイエンスセンター）

植物医科学の世界 —植物障害の診断を極め、食料・ 環境の未来を拓く— 植物医科学叢書 No.4

西尾健 監修、堀江博道・橋本光司・鍵和田聡 編著、大誠社、2017年4月、391ページ、6999円（税込）、ISBN: 978-4-86518-073-2

本書は、法政大学応用植物科学科植物医科学専修の「植物医科学概論」の教科書として編集されたものである。入学したばかりの1年生が、これから大学で学ぶ「植物医科学」について、まず基礎を固め、なおかつ全体像を俯瞰できるように編纂されている。

さて、「植物医科学」とはあまり聞き慣れない言葉である。「植物病理学」なら大学の講義や教科書や研究室名としても聞いたことがあるだろうが、「植物医科学」とはいったいどんな分野なのであろうか。

本書では、植物医科学を次のように定義し、「植物病理学」と区別している。「植物学・微生物学・植物病理学・応用昆虫学・植物生理学・雑草学および農薬学など、既存の植物保護関連学問分野の中から、植物保護に直接関係する実践的かつ実用的領域を横断的に複相させて統合した学問であり、その主たる目的は、実際の個別生産現場から地球環境規模までの広範な対象範囲を念頭に置きながら全ての植物障害（病害、虫害、生理障害など）の診断・予防・治療に取り組むことにある」（ここで「植物」としているのは主に農作物と果樹で、残念ながら森林植物は含まれていない）。

植物の生育に悪影響を及ぼす要因は、栽培（植栽）方法や土壌・気象条件の不適、あるいは他の生物（病原微生物・害虫・雑草等）に起因するものなど様々である。これまでは、それぞれの分野毎に基礎・応用研究が行われてきた。専門が細分化されすぎた結果、専門外の症状について

はなかなか分からない場合も多くなりました。また、実際の現場においては、これらの諸要因が相互に関連し合っているケースも多い。「植物医科学」とはおおざっぱに言うと、人間の医療の世界でも設置が進んでいる「総合診療科」を、植物病害でも目指したものといえるだろう。

本書の構成は13章からなる。第1章 植物医科学とその重要性、第2章 植物の生育障害と症状の特徴、第3章 微生物病の種類およびその病原体、第4章 微生物病の発生生態および被害解析、第5章 生理障

害の種類・原因および対処法、第6章 害虫の生態的特徴とその被害、第7章 雑草の生態的特徴とその被害、第8章 植物の生育障害診断の意義と工程、第9章 病原体の同定、血清学的診断・遺伝子診断の手法、第10章 防除薬剤の特徴および安全な使用方法、第11章 植物病害・害虫の防除対策、第12章 植物医科学の社会的役割と実際、第13章 植物医科学教育プログラム。

本書の特徴は、常に「現場」を意識した内容となっていることである。例えば第10章の農薬に関する章では、農薬の種類とその化学構造や作

用機作などの植物病理学の教科書には必ずある基礎的・専門的知識に加えて、農薬の選択、安全な使用方法といった、より現場で役に立つ情報が記述されている。

本書は、教科書として編集されたものであるが、はじめてこの分野の「現場」に携わる技術職や行政職の方々に役立つと思われる。

教育の現場においても、科学的基礎知識だけでなく、より現場で役立つ知識と考え方を学べるように工夫する必要があると考えさせられた1冊である。

太田祐子(日本大学生物資源科学部)

北から

Abies 2016 の札幌開催に携わり

矢野 慶介

(やの けいすけ、森林総合研究所 林木育種センター 北海道育種場)



2016年9月21日から24日にかけて、第15回モミ属の生態と施業に関する国際会議 Abies 2016 が北海道大学で開催され、私も大会の実行委員として参加しました。私にとって国際学会への参加は2回目であり、いきなり運営を行うことになるとは思っていませんでした。海外には何度も行っているのに、当初語学は多分大丈夫と思っていましたが、やはりいざ近づいてくると不安でした。

私の主な役割は、大会3日目午後に行われるフィールドツアーとして、私の所属する北海道育種場と、隣接する野幌森林公園を案内することでした。野幌森林公園は札幌市東部から江別市、北広島市にかけて広がる約2000haの広大な森林公園です。日が長くなってきた5月からは、晴れた日の仕事帰りに公園内の遊歩道を踏査し、大会当日に案内するコースを検討するのがほぼ日課となりました。

野幌原始林とも呼ばれる森林公園ですが、歩いて回ると人工林がかなり多いことに気がきました。そこで色々調べてみると、人が利用してきた歴史が分かってきました。明治の後半、この森林は分割で払い下げられる事が一度決められました。しかし、ため池の造成を進め水源涵養林などとして利用していた新潟県からの入植者の代表、関矢孫左衛門らが反発し、北海道長官に直訴の末、これを阻止したのです。その後は林業試験場の試験林となり、公園の東側には、現在もグイマツやヨーロッパトウヒ、ストロブマツなどの異郷土樹種を植栽した試験林が残されています。

このような経緯で石狩平野の中に広大な森林が残されたのですが、戦中には防空などのため、戦後には農地として開墾されるなど、伐採が行われたようです。1950年の地図には、森林公園を南北に縦貫する一般道が記されており、人が利用してきたことが伺えました。森林公園はこのように人の手が加えられた歴史を経て、1968年に道立自然公園として指定され、現在の形が作られました。同年には北海道百年記念式典が開催され、その後に北海道百年記念塔などが建設され、北海道開拓のシンボルとして整備が進められました。人手が加えられたとはいえ、胸高直径1mを超える巨木が残されており、約110種とも言われる多様な樹木、クマガラなど約100種の野鳥が生息する豊かな森林です。林相も多様で、私も森林公園に通うにつれ、多くの人

訪れる理由が分かるようになりました。

さて、話を学会に戻すと、スロベニアやポーランド、イタリア、カナダなど遠方からも多くの方が来られ、最終的には60名近くの参加がありました。2016年は雨が多い夏でしたが、フィールドツアーの日も残念ながらあいにくの天気となりました。最初に滞在した北海道育種場ではトドマツを中心に、接ぎ木による優良クローンの増殖や保存などを見学しました(写真-1)。モミ属で本格的に造林や育種が進められているのは世界でもトドマツだけと聞いていましたが、ほとんどの参加者は接ぎ木による優良クローン増殖を見るのは初めてらしく、育成に何年かかるのかなど質問を受けました。また、ヨーロッパではモミはブナと混交することが多いようで、ブナにも興味を示していました。

その後、野幌森林公園に移動する頃には雨脚は更に強まったのですが、参加者のほとんどが見学の続行を希望し、予定通り見学を続けました。巨木の残る大沢園地や、豊かな植生に参加者の方々には興味深そうに見入っていました。他の方のお力もお借りして、無事案内できたのには、ほっとしました。その後学会主催の懇親会ではジンギスカンに、カニやイカなどの海産物も用意され、日本酒も多くの方が楽しまれていました。振り返ると準備は大変でしたが、気さくな方が多い楽しい4日間でした。またいつか参加したいです、次は一参加者として。



写真-1 トドマツの接ぎ木を説明する筆者

カラマツ林業の発展に向けた取り組み

清水 香代 (しみず かよ、長野県林業総合センター)



5年前の春、私は現研究機関に行政職から異動してきました。当初は、研究の基礎から分からないことばかりで、どうにか日々を過ごす状態でしたが、諸先輩方からたくさんご指導いただいた結果、今では現場作業や調査を一人でだいぶこなせるようになってきました。まだまだ、勉強不足で分からない事ばかりですが、「日々精進」の信念で、楽しく仕事をさせてもらっています。そんな私が現在、担当しているのは種子生産及び育苗分野と、広葉樹林の更新関係を中心とした研究です。一見違うようにみえる各分野ですが、長野県の森林の今後数十年にわたる変化の出発部分に深く関わっているという意味では近いテーマだと感じています。

近年、長野県では、将来にわたって継続的にカラマツをもっとたくさん使ってもらえるような体制を構築するべく、行政と試験場が一体となった取り組みが行われています。私が担当する育苗分野では、カラマツコンテナ苗の育苗技術の確立に力を入れています。コンテナ苗は、長野県では平成24年頃から生産が増加し、平成28年度の生産量は全樹種で約30万本/年となっている苗木です。とはいえ、現時点では、コンテナ苗の植栽場所は国有林がほとんどで、民有林で使用される量はわずかです。しかし、よい苗木を作ることによってコンテナ苗の利用は広がっていくと思います。そのためには、「よい苗木（コンテナ苗）とはどんな苗木なのか」がとても重要になります。もちろん、「よい苗木」は、苗木生産者側にも、山の所有者側にもメリットがある苗木でなくてはなりません。そこで私たちは、「よいコンテナ苗」は「林地に植栽された後も成長がよいコンテナ苗」と考え、それを目指した育苗方法の技術開発を各地の苗木生産者の方々と協力して模索しています（実際には、これまで何十年と苗木を作られてきた生産者の方々から、教わってばかりな気もしますが）。また、新しい苗木を作る技術の確立や普及も大切ですが、コンテナ苗を通じて苗木生産の現場の技術に触れるにつれ、これまで培われてきた育苗技術の伝承も考えなくてはならない課題だと感じました。

他にも、苗木増産に伴い種子の確保も求められてい

ます。県内で生産されている造林用苗木のほとんどは、種子から苗木を生産する実生苗木です。ここ数年は、国有林を中心にカラマツの主伐と再造林が進められるようになってきていることから、特にカラマツの需要が高まっています。しかし、カラマツは豊凶周期が5～7年と長く、種子の安定供給は難しいのが現状です。ヒノキやスギのジベレリン処理のような、簡易で、採種木（種子を採取する対象木）の樹勢にも過度の負担がかからない着花促進技術の確立が求められています。

加えて、長野県内の採種園は造成から年月が経過し、少し樹高が高く、種子の採取が困難になっている箇所が多くあります。行政サイドでは、採種園の若返りと品質向上を目的に、森林総合研究所林木育種センターで新たに開発された「カラマツ特定母樹」を導入した新規採種園を造成する計画が進行中です。私は研究サイドの一員として、地域戦略プロジェクト「カラマツ種苗の安定供給のための技術開発」の中で、新たに造成された採種園で、できるだけ早期に着花させる技術開発に取り組んでいます。昨年度は、着花促進のために、光環境を改善させる受光伐や、環状剥皮技術について試験を行い、今後その効果を検証する予定です。

採種園や伐採後の更新作業を行っている森林に通ったり、苗木生産者の苗畑に伺ったりしていると毎日があっという間に過ぎていきます。そんな中でもフィールド調査を行う時には楽しみがたくさんあります。今の時期（原稿を書いているのは4月）で特に楽しみにしているのが、カラマツ採種園で雌花を愛でることです。以前は、カラマツに花が咲くというイメージ自体が無かったのですが、研究を始めてからは、その雌花の黄色と黄緑色と桃色のあでやかな花の虜です。採種園は、造林地と異なり目線の高さで雌花を觀賞することができるので、得した気分で仕事をしています。

研究に携わるようになって僅か5年のまだまだ未熟な私ですが、これからも、長野県の林業（特にカラマツ）を発展させるため、日々精進の心意気を忘れず、そしてフィールドでのちょっとした喜びや感動を味わいながら、研究を続けていきたいと考えています。

森林利用と環境保全の両立 に関する研究の必要性

谷 誠
(たに まこと、人間環境大学)

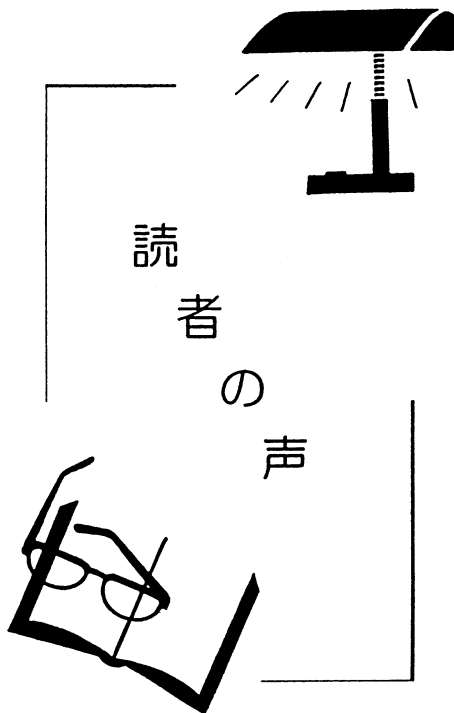
はじめに

2017年3月に鹿児島大学で行われた第128回日本森林学会大会において、筆者と玉井幸治(森林総合研究所)、鶴田健二(京都大学)がコーディネータとなり、「収穫期を迎えた人工林における資源循環利用と水土保全との両立」と題する企画シンポジウムを開催した。また、この大会の期間においては、このテーマに関連したイベントとして、公開シンポジウム「木質バイオマス利用の現状と将来」(26日午後)が行われたほか、関連集会として森林利用学会シンポジウム「次世代の森林づくりに向けて—その最前線で課題を問う—」(29日午後)が開催され、筆者は、これらのシンポジウムにも参加した。そこで、本稿では、2つのシンポジウムに参加した時の印象を簡単に記述し、本誌の「記録」として掲載された企画シンポジウムの報告(谷ら2017)と合わせて、森林の利用と両立に関する研究の必要性について考察したい。

シンポジウム参加感想

日本森林学会主催の市民公開シンポジウムでは、最近の木材利用技術の進展が集成材の大型建築への利用や木質バイオマスへの利用を促していることが報告・議論された。利用と保全の両立の観点からみたとき、植栽から伐採までが50年よりも短い短期の森林施業を推進させるという製材側の要請は、林地保全に関する問題を引き起こす懸念がある。それは、若齢林分は老齢のものと比較して根系の土壌層補強効果が低いという研究結果があり(北村・難波1981)、短伐期林業によって根系の土壌層補強効果が低い状態が相当期間継続すると考えられるからである。こうした問題の改善について、科学研究からどのような提案が可能なのか、今後検討してゆく必要性が大きい。

森林利用学会のシンポジウムでは、最前線で日夜林業に携わっている方々からの発表に多くを学ばせていただいた。とくに、人工林の伐採事業とその後の造林事業が分離している現実があって、それをどうやって結合させるかに、林業関係者が腐心しておられることが強く印象に残った。もしも、数十年にわたる林業が一貫した作業体系としてシステム化されていれば、こうした分離はあり得ないはずである。しかし、次世代の持続的な林



業経営が可能かどうかの不安や、苗木そのものの不足などの問題が山積しており、成熟した人工林を伐採して売り出すことだけが進行している。この動きが先進的に進んでいる宮崎県では、県民の山地荒廃への危惧が拡大する中、NPO法人「ひむか維森の会」では、事業者が環境に配慮して守るべき伐採搬出ガイドラインを作成するなどの対策を推進しており(薛ら2015)、その活動の進展が期待される。

森林利用と環境保全の両立に向けた研究の必要性

日本国内には主伐期に達しても人工林が伐採されずに放置されていることが問題となっている地域が多いのに対し、南九州などでは、伐採が急速に進み、苗木不足や林業の将来への悲観的展望から再造林が為されず放置される問題が大きくなっている(村上ら2011)。今回の学会では、筆者はこの大きな地域差に衝撃を受け、不勉強を認識させられた。樹木の成長には50年程度を要し、その期間には社会経済的な変化が著しいことを考えたとき、伐採しない「放置」も伐採後の「放置」も、恵まれた国土を「放棄」してしまうことにつながり、将来への管理責任を回避する無責任な姿勢だと言える。少子高齢化が進むこれからの時代において、国土の大半を占める山間地域を荒れるに任せてはならず、長期持続的な森林管理計画の樹立が望まれる。

そのため、藤森(2016)も指摘している日本の森林林業の将来の展望を拓く

ため、欧州各国のような均等な林齢分布を達成するための方針を、森林関係者から提起してゆくべきだろう。そこでひとつ提案がある。十分広い面積を持つモデルフォレストを設定し、持続的林業を行う森林と環境保全機能を最大限発揮できるような森林をまずゾーニングする。前者では、毎年の成長量に見合う分の立木を伐採・植林することで、持続可能な森林経営を実践する法正林施業計画を実施する。日本には法正林が少ないが、奈良県護摩壇山では長期にわたって造成されてきた例も存在し(徳地2010)、これに取り込む価値はあろう。同時に、モデルフォレスト全体で、利用と保全の両立を目標としたさまざまな試験研究を行う。日本の多様な気候や地形・地質などの自然条件に照らして、こうしたモデルフォレストは多数設定する必要があるが、当面少なくとも一カ所を設定して、民有林における危機的状況と森林長期管理計画の重要性を国民にアピールするべきだと考えられる。現在、民有林では複数の山林所有者の所有区域の境界が相続などを通じて不明瞭になってしまい、施業計画を円滑に進めることができない場面が多く見られる。これに対して、国有林では所有者が単一という利点があるから、林野庁には、直接管理している国有林にモデルフォレストを設定し、100年以上を見据えた長期計画の模範を示すことを求めたい。

おわりに

日本の森林は、人々の生活を支え続け、破綻に脅かされつつも、恵まれた自然条件と丁寧な管理のおかげで、なんとか破壊をまぬかれてきた(タットマン1998)。しかし、現在、山をおおっている森林の多くは、戦後の拡大造林時代に植えられたもので、きわめて集中した林齢構造となっている。このことは、社会経済的な要請があれば伐採が強制され、森林の林齢構造は短期間に大きく変化してしまうことを、また同時に、持続的林業に必要な平準化された林齢の森林を育てるのには、短期間の変化に流されない100年以上の長期間の持続的な計画が必要だと言うことを意味している。森林の利用と保全の両立を目標とし、長期の森林林業計画を支える研究展開を強く望むものである。

引用文献

- 藤森隆郎(2016) 林業がつくる日本の森林。築地書館
- 北村嘉一・難波宣士(1981) 抜根試験を通して推定した林木根系の崩壊防

止機能. 林試研報 313: 175-208
村上拓彦・吉田茂二郎・太田徹志・溝上
展也・佐々木重行・桑野泰光・佐保
公隆・清水正俊・宮崎潤二・福里和
朗・小田三保・下園寿秋 (2011)
九州本島における再造林放棄地の発
生率とその空間分布. 日林誌 93:
280-287
谷 誠・玉井幸治・鶴田健二・野口正二

(2017) 日本森林学会企画シンポジ
ウム報告「収穫期を迎えた人工林に
おける資源循環利用と水土保全との
両立」. 森林科学 80: 42-45
徳地直子 (2010) 求められる長いスパ
ンと広い視野—森の保全と物質循環
—. 水の文化 34: 14-19
タットマン コンラッド (1989) 日本
人はどのように森をつくってきたの

か (熊崎実訳). 築地書館
薛 佳・大地俊介・藤掛一郎 (2015)
素材生産業界による環境配慮の意義
と課題—NPO 法人ひむか維森の会
による事業体認証制度創設までの取
り組みについて—. 林業経済
68(2): 1-14

特集

注目の新素材 セルロースナノファイバー (仮題)

森林科学 81 は 2017 年 10 月発行予定です。ご期待ください。

本会は、複写権の行使について、下記の一般社団法人学術著作権協会に委託しています。本誌に掲載された論文の複写をご希望の方は、公益社団法人日本複写権センター（一般社団法人学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括的許諾契約を締結されている企業等法人の社員による社内利用目的の場合を除き、日本森林学会が複写に関する権利を委託している下記の団体から許諾を受けて下さい（社外領布用の複写は許諾が必要です）。電子的複製についても同様です。

一般社団法人学術著作権協会
107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F
info@jaacc.jp https://www.jaacc.jp/

お知らせ

- ・「森林科学」では読者の皆様からの「森林科学誌に関する」ご意見やご質問をお受けし、双方向情報交換を実践したいと考えております。編集主事まで e-mail でお寄せ下さい。
- ・日本森林学会サイト内の森林科学のページでは、29 号以降からの目次および 56 号以降のオンライン PDF がご覧いただけます。また、紙媒体のバックナンバー（完売の号あり）の購入申し込みもできます。
- ・刊行から一年間は、森林学会会員の方は別途お送りするパスワードでオンライン版をご利用になれます。その後はどなたでも閲覧できます。パスワードに関するお問い合わせは編集主事へどうぞ。

森林科学編集委員会

- 委員長 太田 祐子 (日本大)
委員 小長谷啓介*(保護/森林総研)
古川 拓哉*(植物生態/森林総研)
山浦 悠一(動物/森林総研)
深山 貴文(防災/森林総研)
江口 則和(保護/農水事務所)
田中 一生(経営/日本森林技術協会)
長倉 淳子(土壌/森林総研)
平野悠一郎(林政/森林総研)
磯田 圭哉(育種/森林総研)
田中 恵(土壌・造林/東京農大)
斎藤 仁志(利用/信州大)
田中 憲蔵(造林/森林総研)
大橋 伸太(木材/森林総研)
宮本 敏澄(北海道支部/北海道大)
松木佐和子(東北支部/岩手大)
逢沢 峰昭(関東支部/宇都宮大)
松浦 崇遠(中部支部/富山県森林研)
上谷 浩一(関西支部/愛媛大)
川崎 章恵(九州支部/九州大)
(*は主事兼務)

編集後記

本号の特集記事は「これからの低コスト再造林技術—地域によるカスタマイズと現場からの提案—」です。

多くの森林が収穫期を迎えるなか森林資源を活用し持続的な森林経営を行うには、伐採収穫の費用だけでなく、造林保育費用を含むトータルでのコスト削減が求められており、コンテナ苗を利用した低コスト再造林技術の実証研究の全国規模のプロジェクト等が行われ、各地で低コスト再造林技術の開発が進められています。日本森林学会誌 vol.98 でも、「低コスト再造林に向けたコンテナ苗の活用」の特集が生まれ、様々な研究成果が紹介されました。これらの技術を普及させていくためには、コアとなる要素の普及と同時に地域での適応が欠かせません。これらで紹介された成果以外にも、各地で新しい技術の試行錯誤が進められており、様々な現場に対応した技術や新しい情報を共有したいという思いから、特集に取り上げました。

コーディネータの宇都木玄氏(森林総研)が中心となり、なるべく多くの情報を紹介するため、地域性、作業種が異なる内容で著者に執筆頂き、多様な内容となっています。これまでの低コスト林業に関する話題は、間伐や搬出作業の費用に目が向けられがちでしたが、再造林のため種子の選別を含む育種から、地拵え、植付け等の保育、トータルコストの把握と多くの分野の方々が一丸となって、林業の将来を見据えた技術開発を進めていることを改めて認識しました。今後も分野の垣根を越えて、現場に生きる研究を進め、各地で行われている新しい取り組みを支援していきたいと感じました。

森林科学では、特集の内容について随時募集しています。今後取り上げて欲しいという内容がありましたら、編集部までご連絡いただければ幸いです。

(編集委員 斎藤 仁志)

信頼と実績

- ▶ 海外トップジャーナルへアクセプト
実績圧倒的多数!
- ▶ ノーベル賞など海外の高名な賞を受賞
された先生方々から「丁寧」で「高品質」と
評価を頂き繰り返しご利用頂いています。

丁寧なサポート

- ▶ 日本人スタッフがお客様のご要望
にきめ細やかに対応
- ▶ 米国オフィスには日本人のスタッフ
が常駐! 原稿の依頼等の問合せは
日本語で対応

経験豊富なエディターに よる高品質で丁寧な校正

- ▶ 高い教育と経験を積んだエディ
ターが、アクセプトされる英文に
校正します。

安心のワンプライス

1,700円(税抜)/ページ
1頁200ワード
追加料金無しで納期調整

アクセプトを その手に

トップジャーナルへの
実績多数!

英語論文校正のKNインターナショナル

アメリカと日本に拠点を持ち、研究者の為に質の高いネイティブ・エディターによる英文校正/英文校閲サービスを提供しています。

お客様から
感謝の声ゾクゾク!

丁寧に校正していただきありがとうございます。今回は完成度が悪くご迷惑おかけしました。同時に2つ依頼がきて2つとも受けたので大変でした。お蔭様で両原稿とも期日内に送れそうです。

国立大学医学部放射線学
A.J様

今回の校正には、大変満足しております。エディターのコメントは参考になりました。後輩が英文校正で悩んでおりますので、紹介させていただきたいと思います。

国立大学病院 循環器内科
講師様

このたびは、丁寧な英文校正をしてくださり大変感謝しております。自分では気が付かなかった文法の間違いや、分かりにくい文章になっていた箇所を指摘していただき、非常に参考になりました。しっかり修正をして投稿しようと思います。

国立大学
教授様

校正原稿いただきました。ありがとうございました。料金は、本日振り込みました。期日に合せて頂き助かりました。次の機会にも利用させていただきます。

国立大学
歯学部



KN INTERNATIONAL INC

〒152-0002 東京都目黒区目黒本町4-16-7 SWビル

www.kninter.co.jp

お問合せ先/東京オフィス

● TEL: 03-5704-7887 ● FAX: 03-4496-4307
● info@kninter.co.jp

ご依頼先/アメリカオフィス

● order@kninter.co.jp