

森林技術



《特集》森林クラウドの活用
—スマート林業の実現に向けて
吉田城治／木本祥太／山野邊 隆／有富征洋

- 報告／山浦悠一・山中 聰・明石信廣
- 会員の広場／菅井徹人・渡部敏裕・佐藤冬樹・小池孝良
- 第28回『学生森林技術研究論文コンテスト』受賞論文の紹介

2018 No. 918

9

松枯れ予防
樹幹注入剤

マッケンジー

農林水産省登録 第22571号

有効成分：塩酸レバミゾール…50.0%
その他成分：水等…50.0%

好評 !!



専用注入器でこんなに便利 !!

- 作業が簡単 !
- 注入容器をマツに装着しない !
- 作業現場への運搬が便利で
廃棄物の発生も少ない !
- 水溶解度が高く、分散が早い !

■適用病害虫名および使用方法

作物名	適用病害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の 使用回数	使用方法	農薬の 総使用回数
まつ (生立木)	マツノザイ センチュウ	原液	1孔当たり 1ml	マツノマダラ カミキリ成虫 発生前まで	1回	樹幹部に8~10cm間隔で注入孔 をあけ、注入器の先端を押し込み 樹幹注入する	1回
			1孔当たり 2ml			樹幹部に10~15cm間隔で注入孔 をあけ、注入器の先端を押し込み 樹幹注入する	



保土谷アグロテック株式会社

東京都中央区八重洲二丁目4番1号
TEL:03-5299-8225 FAX:03-5299-8285

JAFEE

森林分野 CPD(技術者継続教育)

森林分野 CPD は森林技術者の継続教育を支援、評価・証明します

森林技術者であればどなたでも CPD 会員になれます !!

☆専門分野（森林、林業、森林土木、森林

環境、木材利用）に応じた学習形態

①市町村森林計画等の策定、②森林経営、③造林・
素材生産の事業実行、④森林土木事業の設計・施
工・管理、⑤木材の加工・利用
等に携わる技術者の継続教育を支援

☆迅速な証明書の発行

①迅速な証明書発行（無料）②証明は、各種資格
の更新、総合評価落札方式の技術者評価等に活用

☆豊富かつ質の高いCPDの提供

①講演会、研修会等を全国的に展開

②通信教育を実施

③建設系 CPD 協議会との連携

☆森林分野 CPD の実績

CPD 会員数 5,600 名、通信研修受講者
2,100 名、証明書発行 1,800 件（H29 年度）

☆詳しくは HP 及び下記にお問い合わせください

一般社団法人 森林・自然環境技術者教育会 (JAFEE)

CPD 管理室 (TEL : 03-3261-5401)

<http://www.jafee.or.jp/>

東京都千代田区六番町7（日林協会館）

森林技術 No.918 —— 2018年9月号

目 次

特 集	森林クラウドの活用—スマート林業の実現に向けて	
	「スマート林業」における情報共有の重要性	
	—森林情報の観点から—	吉田城治 2
	石川県における森林クラウドの導入とその効果	木本祥太 6
	茨城県における森林クラウドの導入とその効果	山野邊 隆 10
	森林クラウドを通じて高精度森林情報を活用する	有富征洋 14
連 載	新・誌上教材研究その43 子どもにすすめたい「森」の話 山を感じる心	山下宏文 18
統計に見る日本の林業	木材供給量と木材自給率の推移	林野庁 19
連 載	研修そして人材育成 第20回 これから研修～何を止め、何を始めるのか～	水野雅夫 20
連 載	チェンブレ！⑥ 岡山県における現場指導者への研修	安東義朗 22
連 載	パリ協定と森林 第十一回 BECCSの課題と見通し	大沼清仁・大川幸樹 24
報 告	研究から実践へ—タスマニアにおける保持林業—	山浦悠一・山中 聰・明石信廣 26
会員の広場	土壤踏圧と森林の科学—欧洲と札幌の事例から—	菅井徹人・渡部敏裕・佐藤冬樹・小池孝良 30
本の紹介	森づくりの原理・原則 自然法則に学ぶ合理的な森づくり	藤森隆郎 34
	H・フォン・ザーリッシュ 森林美学	小野良平 34
連 載	つなぐ、記憶 つなぐ、想い ③ 活動の原点	小池 潔 35
報 告	第28回『学生森林技術研究論文コンテスト』受賞論文の紹介	
	根圏のカリウム濃度がコナラ実生のセンチウム吸収に及ぼす影響	小林里緒奈 36
	青葉山スギ個体群の集団遺伝学的解析	小沼佑之介 37
	ミズナラにおける萌芽枝形成と抑制芽との関係	平方広大 37
ご案内等	森林総合研究所公開講演会 38 / 森林整備センター公開シンポジウム 2018 38 / 協会からのお知らせ (代議員選挙) 39	



〈表紙写真〉

にふなみずさわ
『仁鮎水沢スギ植物群落保護林』(秋田県能代市、米代西部森林管理署 田代沢国有林)

吉田城治 (日林協) 撮影 (文とも)

秋田県北部で大切に保護されてきた天然秋田スギの森。一本で家一棟が建てられるという巨木の立ち並ぶ森と、直前まで調査していたスギ人工林とのあまりの差に驚く。夕暮れ時の厳肅な雰囲気を何とか記録しようと、夢中でシャッターを切った。

(360°の全方位を撮影できる全天球カメラ「RICOH THETA S」で筆者撮影、一部トリミング。下段が360°のパノラマ画像、上段は天頂方向のパノラマ画像。)

「スマート林業」における情報共有の重要性 —森林情報の観点から—

吉田城治

一般社団法人日本森林技術協会 森林情報グループ
〒102-0081 東京都千代田区六番町7番地
Tel 03-3261-6635 Fax 03-3261-6849 E-mail: joyoshida@jafta.or.jp



はじめに

2012年12月の第2次安倍政権発足後、「大胆な金融政策」・「機動的な財政政策」・「民間投資を喚起する成長戦略」を三本の矢とする経済政策（アベノミクス）が進められてきました。特に第三の矢である成長戦略においては、IoT、ビッグデータ、人工知能（AI）、ロボットといった第4次産業革命の先端技術をあらゆる産業や社会生活に導入することで、経済発展と社会的課題の解決を両立する新たな社会（Society5.0）の実現を目指した取組が進められています。

2018年6月に発表された「未来投資戦略2018」では、Society5.0を実現するためのフラッグシップ（旗艦）・プロジェクトの重点分野の一つとして「農林水産業のスマート化」が掲げられ、“農業のあらゆる現場で、センサデータとビッグデータ解析による栽培管理の最適化、AIによる熟練者のノウハウの伝承可能化、ロボット、ドローンによる無人化・省力化や規模拡大・生産性向上を進めるとともに、バリューチェーン全体をデータでつなぎ、マーケティング情報に基づく生産と出荷の最適化やコストの最小化に向けた取組を推進する。このような取組を林業・水産業へと拡大する”ことが示されました。

本稿では、林業のスマート化に向けた取組を進めていく際の課題と対策について、森林情報の観点から論じてみようと思います。

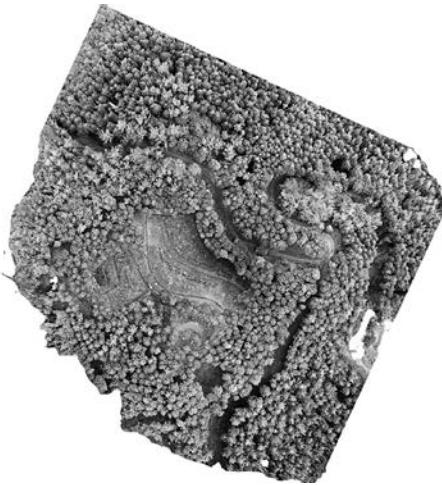
具現化が求められている「スマート林業」

（1）農業と比較した林業の特徴

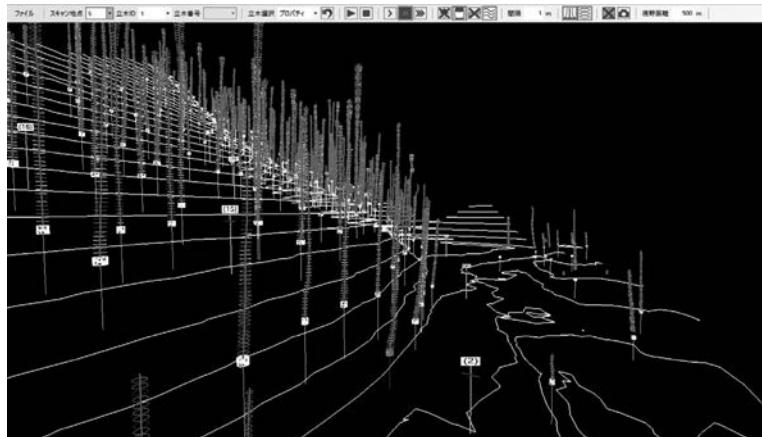
農林水産業のスマート化の取組のうち、林業で進められているのが「スマート林業」です。農業での取組を林業に応用する場合、どのような点を考慮する必要があるでしょうか。

例えば、生産の観点です。農業と違い林業は、アクセスの発達していない山間部で作物（植栽木）を生産しており、作物の生育に数十年単位の時間がかかります。また、作物が重く、大きく、かつ多くの場合傾斜地に生育しているため、収穫に大きな危険を伴います（労働災害発生率は全産業のうちワーストワン）。

流通や加工・販売においても農業との違いが見られます。野菜等と違い木材は重量物のため、道路の規格によって木材の輸送手段が制限されること、また、ユーザ（消費者）に



▲図① ドローン撮影空中写真からのオルソ画像の作成



▲図② 地上レーザによる立木位置・形状・地形情報の取得

届くまでに、需要に応じて様々な形状に加工されるという特徴があります。

具体的な取組を進める際には、上記のような特徴を踏まえたうえで、目指す「スマート林業の姿」を描くことが重要でしょう。

(2) 林業における情報通信技術 (ICT) の特徴

次に、農業だけでなく林業においても、スマート化を進める際に最も重要な力となる情報通信技術 (ICT) に目を向けてみます。今からおよそ 30 年前、1990 年代に起こったパソコンの急速な普及は、森林情報を「森林 GIS」により空間情報としてデジタル管理するという変革を林業界にもたらしました。そして、2010 年頃からの GPU (コンピュータグラフィックスの演算などを行う画像処理装置) の発達によるコンピュータの演算処理能力の急速な向上による AI の発展や、航空レーザによる精密な点群データやドローン、地上レーザといったリモートセンシング技術の商用化やセンサの小型化は、森林情報の管理を新たなステージに引き上げました。

この変化は、これまで熟練した技術者しか把握できなかった情報（広域にわたる林相の区分や立木の位置情報、立木形状等）を誰でも整備できるようになったことを意味するだけでなく、PC 等によるデータ処理を介して（つまり、人手をあまり介さずに）生産現場の情報をリアルタイムかつオンデマンドに整備できるようになってきたことを示唆しています（図①、②）。

(3) 林業のスマート化のために何をすべきか

AI やドローン、ロボット等の ICT は、自動車産業や医療、エンターテインメント等といった、林業とは直接的には関係のない業界を中心に日々急速に発展しています。

これらの技術を林業に応用するためには、前述した「林業の特徴」に応じた技術改良や利用方法の工夫が必要となります。

また、林業のスマート化には、伐採・集材用機械やトラック等が作業・移動するための路網や、所有者情報、境界情報、通信ネットワークといった、最新の ICT を受け入れるためのインフラ環境が必要不可欠です。特に林内における通信環境の整備は、ICT 導入による生産コストの低減につながるだけでなく、災害時のセーフティネットとしての効果も大

きいことから、国や地方自治体による公共サービスとして重点的に取り組むことが望まれます。

一方で、国土の約3割を占める人工林（約1,030万ha）の全てをスマート化するには相当な時間とコストがかかることから、「まずはやれるところからやってみる」という柔軟な姿勢で着実に取組を進めていくことが重要です。

林野庁では今年度、スマート林業に取り組む地域を選定・支援する事業（「スマート林業構築実践事業」）を開始しました。選定された5つの地域（愛知県北設地域・石川県地域・熊本県球磨中央地域・長野県地域・山口県地域）では、木材生産量の拡大や生産・流通コストの縮減を図ることを目指し、最新のICTの導入や境界情報等の整備を実施することとしています。

取組はまだはじまったばかりであるため、多くの解決すべき課題がありますが、その中でも生産者（供給側）と市場・工場等（需要側）との「需給のマッチング」は各地域で共通する課題として取り上げられています。需給マッチングは、個々の情報の精度を高めるだけでは実現しませんが、精度がそれほど高くなくても実現することができます。実現するかしないかの分岐点は、需要側が求めている情報を供給側が把握・提供できているか、つまり「情報共有」の仕組みがあるかどうかにあります。

そこでここからは、林野庁が森林情報の共有化や地域のニーズ等を踏まえた実効性の高い森林計画の作成を目指して構築・実証し、その後民間事業者によって商用化された「森林クラウド」が、需給マッチング実現のカギとなる情報共有にどのような効果をもたらすのか、またどのような課題があるのかについて深掘りしてみたいと思います。

■ 進む「森林クラウド」の導入

（1）森林クラウドの導入状況と効果

センサ技術等の発展により、輪尺等による現地調査結果とは桁違いの情報量が短時間で得られるようになった一方、取得したデータはその高精細さゆえに、時にTB（テラバイト）級のビッグデータとなるため、解析処理には専門的な知識と処理能力の高いPCが必要となります。一方、森林クラウドは、専門の事業者が大規模なクラウドサーバでデータを一元的に管理し、主題図（コンテンツ）として最適化処理したものをインターネット等を通じてユーザと情報共有する仕組みであるため、航空レーザ測量等で取得した大容量のデータを休眠させることなく、最大限活用することができます。

また、2016年5月の森林法改正によって、市町村が林地の所有者情報の整備・公表を行う「林地台帳制度」が創設されたことから、市町村は森林簿を管理する都道府県と、これまで以上に緊密に情報共有をする必要に迫られています。

このような背景をもとに、現在、森林計画制度を担う都道府県の関係部署や市町村を中心に、森林クラウドの導入が急速に進んでいます（表①）。森林クラウドの導入により、これまで都道府県の担当部署内で管理し、市町村や森林組合等とは年度毎等にDVD等のメディアで受け渡しをしてきた空中写真や森林簿、森林計画図等をリアルタイムに共有できるようになった他、伐採・造林届等の電子申請手続きの導入により、森林簿の更新作業の効率化が図られはじめています。

▼表① 森林クラウド導入・導入中の主体

都道府県	市町村
秋田県	・石川県：羽咋市、珠洲市、宝達志水町、七尾市、輪島市、金沢市、穴水町、輪島市、能美市、加賀市、小松市、志賀町、津幡町、能登町、かほく市
石川県	・茨城県 43 市町村
茨城県	・愛媛県西予市
岡山県	・岡山県：真庭市、美作市、鏡野町、美咲町、西粟倉村、津山市
岐阜県	・熊本県：和水町、人吉市
千葉県	・高知県：佐川町、本山町
東京都	・滋賀県米原市
鳥取県	・鳥取県三朝町
福岡県	・兵庫県佐用町
三重県	・福井県高浜町
山形県	・福島県田村市
	・北海道：津別町、中川町
	・三重県：伊勢市、尾鷲市、紀北町、津市

(2018年7月18日時点、五十音順 ※筆者把握分のみ)

(2) スマート林業での森林クラウド活用における課題

前述の通り、多くの森林クラウドは、行政の森林計画制度を支援することを目的に、都道府県、市町村および林業事業体との間で森林計画に関する情報を共有する仕組みとして構築されていることから、行政による施業集約化の計画や森林ゾーニングの策定等といった地域全体の計画づくりにその力を最も発揮します。

一方で、需給マッチングを行う際に必要な情報や機能は、需要側が求めているものとマッチしているものでは必ずしもなく、また、マッチング自体が“商い”の領域となる可能性があることから、システムの運営や利用体制といった面においても、行政中心で利用されている現在の森林クラウドとは異なった仕組みづくりが必要になると考えられます。

おわりに

「スマート林業」実現のためには、通信ネットワークや路網、境界情報といったインフラの整備が大前提となります。また、マーケットイン（需要に応じた生産）の体制を確立するためには、計測技術やAI、ロボット等による施業の省力化・自動化技術の開発だけでなく、需要側が求めている情報を供給側が素早く把握・提供できる仕組みが不可欠となるでしょう。

現在導入が進んでいる森林クラウドは、大容量の森林情報を複数主体間で効率的に共有することができる最先端の仕組みですが、森林計画以外の領域（需給マッチング等）にそのまま活用できるとは限らないことに留意が必要です。

今後は、持続的な森林計画の作成・管理を担う森林クラウドと、需給マッチングに必要な情報や機能を持ったクラウドサービスとをAPI（アプリケーション同士をつなげる機能）によって連携させながら、林業全体の情報を効率的に管理していくことが「スマート林業」実現のために必要になってくるのではないかでしょうか。

（よしだ じょうじ）

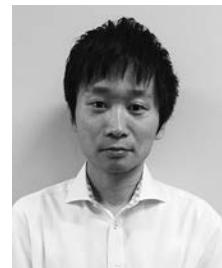
石川県における森林クラウドの導入とその効果

木本祥太

石川県農林水産部森林管理課 森林企画グループ 技師

〒920-8580 石川県金沢市鞍月1丁目1番地

Tel 076-225-1642 (内線 4822) Fax 076-225-1645 E-mail : kshot@prefishikawa.lg.jp



森林クラウド導入の背景

人工林資源が充実し利用期を迎えるにつつある中、石川県においても県産材供給量を拡大すべく、施業集約化の促進、林業の生産性の向上、木材の加工流通体制の強化等、各種の取組が行われています。

しかし、適切な森林整備や森林資源の有効活用を推進するために必要となる森林情報については、これまでの管理体制では十分とは言えず、有効な活用がなされてきませんでした。例えば、路網や効率的な搬出場所、間伐の実施履歴といった基礎的な情報が紙図面でしか残っていないなど、各主体が個別に保管していたりする状況で、行政や林業関係者が現状を把握し戦略を練るうえで、大きな足かせとなっていました。

また、当県では森林 GIS を平成 20 年度に導入し、森林計画図の林班・小班を電子図形として搭載していましたが、森林簿については森林 GIS と連動していない別個のシステムで管理していました。そのため、森林簿と森林計画図をうまく連携して管理できていませんでした。

さらには、当県や事業体が使ってきた森林 GIS はスタンダードアロン¹⁾であり、間伐等の施業履歴を関係者間でやり取りする際に多大な労力を必要としていましたし、県機関同士でも、本庁と出先機関とで、どの情報が最新なのかを確認するのが大変な状態でした。

平成 28 年の森林法一部改正により、市町村が森林所有者の情報を管理する「林地台帳」の制度が創設されましたが、林地台帳の作成・更新のため、県と県内市町とが森林情報をやり取りするにあたって、既存のシステム体制では、多大なる労力と著しく非効率な運用が予想されました。ちょうどその頃、林地台帳にも対応した森林クラウドが数社からリリースされたことや、石川県内で民有林を有する 17 市町のうち、森林 GIS 未導入の 12 市町にとって、森林クラウドであれば、林地台帳に対応するために独自に GIS ソフトを導入又は改修するよりも安価と考えられたことが、森林クラウド導入を進めるきっかけとなりました。

導入した森林クラウドの機能・形態

上記のように県の既存のシステムでは森林簿情報の管理に限界があったことと、県内の

1) ネットワークを介さず単独の端末で動作する環境のこと。

多くの市町が森林 GIS を導入しておらず、森林情報を管理する既存のシステムを有していないから、新たなシステムの導入を機に、森林簿や林地台帳をシステム上で更新し管理することができる「更新型」の森林クラウドを採用することとしました。

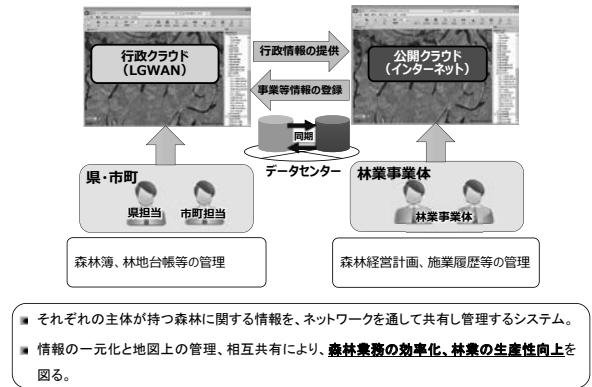
機能としては、森林簿や林地台帳を管理する機能のほか、間伐箇所等の森林情報を GIS で管理し共有することができるよう、施業履歴、森林経営計画、林道・作業道、保安林、市町村森林整備計画等を管理する機能を搭載しました。また、石川県及び県内市町が取り扱うデータは行政専用のネットワークである LGWAN 回線を利用し、林業事業体が利用するデータはインターネット回線を利用する構成としています（図①）。

森林クラウド導入にあたっての苦労

森林クラウド導入にあたり、以下に筆者が苦労した点を挙げてみます。

- (1) **森林簿と森林計画図の不整合**：既存のシステムから森林クラウドへ森林簿・森林計画図のデータを移行する過程で、森林計画図とリンクできない、つまり地図上でどこにあるのかわからない森林簿が存在することが判明しました。手書きの図面上では複数の小班が存在していても小班の電子図形が1つしかないなど、これまでの管理では森林簿と森林計画図に乖離があったことが明確になりました。森林クラウドでは、林業事業体等が森林簿・森林計画図の変更依頼を登録し、県が確認する機能が実装されているため、少しずつ森林簿と森林計画図の不整合を修正していきたいと考えています。
- (2) **データ移行と標準仕様への対応**：森林クラウドに搭載するデータの仕様として、林野庁の「森林クラウドシステム標準化事業」による標準仕様を採用したのですが、森林クラウドが多機能であったため、森林簿、施業履歴、林道、保安林等の既存のデータを森林クラウドへ移行する調整が大変でした。ここでもやはり、これまでの森林情報が必ずしも秩序立って作成されていなかったことが明らかになりました。既存の情報のうち、うまく移行できない部分も出てきますが、運用後に徐々に改善を図るようにする必要があります。
- (3) **ガイドライン・運用ルールの整備**：せっかく森林クラウドが完成し、関係者によるデータ共有・管理が技術的に可能となっても、どのデータを誰がいつ更新するのかという基本的な運用体制が整っていないと、結局は森林情報の更新がなされないことになります。そのため、森林クラウドの運用ルール作りが最も肝要な点と言えます。当県では、運用ルールとして森林クラウド運用ガイドラインをクラウド事業者が作成しましたが、どのデータを誰がいつ更新するのかについては、県、市町、林業事業体が協力し作成する必要があります。実際に機能を使ってみないとわからないので作成には苦労しましたが、県の出先機関、市町、林業事業体と調整しつつ、業務フローを作成しました（次頁図②）。実用面で課題が出てきた際には、改善が必要と考えています。

加えて、各主体が管理するデータのうち、他の主体と共有する部分とその範囲を決定す

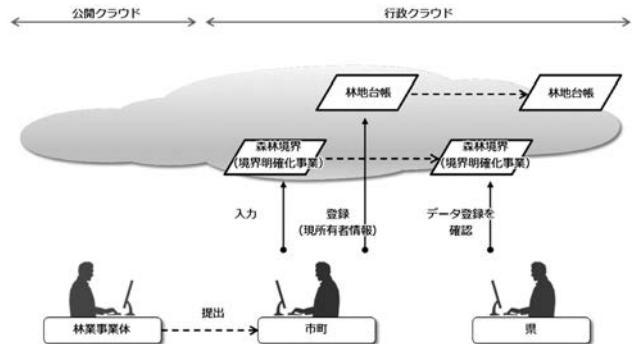


▲図① 石川県森林クラウドシステムの概要

森林境界明確化（森林整備地域活動支援交付金）

森林境界明確化の結果は本システムを活用し、以下の手順で行う。

主体	本システムでの作業	作業頻度
事業体	確定した境界・所有者の GIS データを市町に提出。	実績報告時
市町	事業体から提出のあった GIS データをシステムに登録。 林地台帳の記載事項を更新。	登録：実績報告受理時 林地台帳への反映：事業の翌年度内に林地台帳を更新
県	実績報告時に GIS データの入力を確認	確認：実績報告時に確認



▲図② 業務フロー（森林境界明確化の例）

るには、複雑な調整が必要です。特に森林クラウドが多機能になり、市町、事業体など参加する関係者が多くなるほどデータごとの細かい設定が必要となるので、県担当者が原案を作成し、クラウド事業者と調整する必要があると考えられます。

(4) 各種手順書の作成：林地台帳、森林簿、伐採届、施業履歴、森林経営計画等、森林クラウドを使った各種情報の管理について、クラウド事業者提供の操作マニュアルのみで実務を行うことは難しいと考えられます。それは、操作マニュアルはあくまで各操作を説明したものであり、実務上の流れを説明したものではないからです。そのため、各種情報の管理・更新方法について、ユーザが簡単な手順で使えるよう、県が順次作成しています。

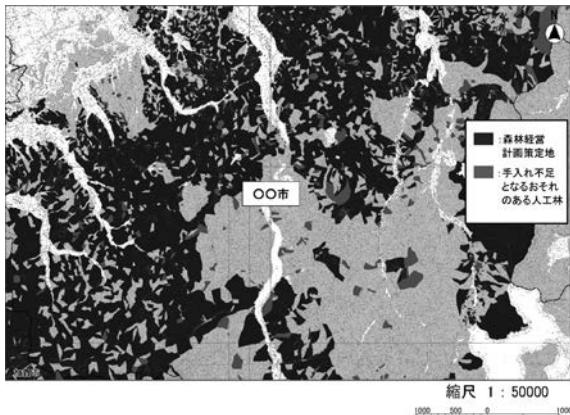
(5) 個人情報の取扱い：当県の森林クラウドでは、林業事業体がアクセスするデータはインターネット回線を利用したシステムとなっており、そこに個人情報を搭載することにはセキュリティ上のリスクがあります。当県では、森林クラウドにおける個人情報はLGWAN回線での管理・利用にとどめることとし、また、林業事業体が森林クラウドに個人情報を登録することを禁止しています。

しかし、実際の施業集約化業務では、森林経営計画の作成や森林境界の明確化等で、林業事業体が個人情報を参照する必要があります。森林クラウドの業務機能において個人情報を参照できないのは、多少なりとも不便を伴うことが予想されます。そこで、林業事業体が森林クラウド上の森林経営計画を作成・管理する画面において、別途入手し端末に保存した森林所有者の情報を突合することにより、各利用端末で森林所有者の氏名を表示するようにできないか、クラウド事業者と調整を続けています。

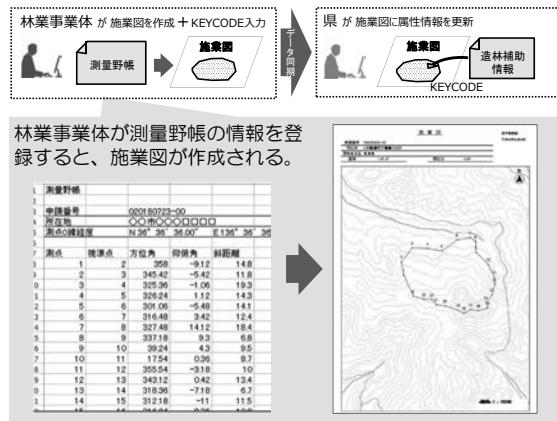
また、森林簿の個人情報を森林クラウドで管理し市町と共有することは、当県の個人情報保護条例の規定により、個人情報保護審査会への諮問が必要となりました。審査会では、林地台帳の作成への対応、及び各種森林情報の相互共有による森林業務の効率化と林業の生産性向上のために有効として、森林クラウドによる個人情報管理について一定のご理解をいただいたところです。

森林クラウド導入による効果

現在、県内市町や林業事業体に順次参加いただいているところで、森林クラウド導入による効果がそれほど具現化している段階ではありません。しかし、県庁内のユーザからは、森林情報を空中写真、森林計画図等と重ね合わせて位置を把握したり、庁舎間で共有したりすることが簡単で便利になったという声をいただいている。



▲図③ 森林経営計画策定箇所及び
森林整備を推進すべき箇所の図示例



▲図④ 施業履歴の GIS データ化の概要

大きな成果の一つと考えているのは、森林経営計画の「見える化」に近づいたことです。これまで、どこで森林経営計画が作成されているのか、県も市町もエクセルの表や個別の申請書類を参照しなければわからなかったのですが、森林クラウドへデータを移行したことにより視覚的に把握しやすくなり、さらに県庁内のユーザ同士で簡単に共有ができるようになりました。また、図③のように、手入れ不足となるおそれのある人工林を着色表示し、森林経営計画策定箇所と重ね合わせることで、今後、どこで森林整備を進めていくべきかの検討材料として使ってています。

施業履歴については、これまで GIS データが十分に整備されてこなかったのですが、林業事業体が森林クラウド上で測量野帳の情報を入力することで、補助金申請時に提出する測量図が出来るとともに、施業図の GIS データが作成されるような機能としました(図④)。県が造林補助申請の属性情報を GIS データに付与することで、施業履歴として管理します。この機能により、林業事業体が補助金を申請する際に GIS データが登録され、効率的に施業履歴の情報が蓄積されていくことが期待されています。

今後の展望

平成 31 年度より森林経営管理制度が始まり、森林所有者が経営管理できない森林を市町村が集積し、林業経営者による集約化を進める森林と公的管理する森林とに区分し効果的な森林整備を進めていくこととなります。制度の実効性を担保するうえでは、意向調査をすべき箇所や林業経営に適した森林か否かの判断、市町村による森林管理の現況把握を、一元化された各種情報をもとに合理的に行える体制を作ることが大変重要になってきます。

また、当制度を契機に我々地方自治体は、集約化を進め経済林として維持すべき人工林と、自然林へと誘導すべき人工林とを属地的に把握し、各地域で実効性のあるゾーニングを行い、森林資源管理の将来像を作成すべき段階に入っています。森林クラウド導入には苦労が伴いますが、上記の課題に対しソリューションをもたらす有効なツールとなりえます。県としては、森林クラウドを森林情報管理の基礎的なインフラととらえ、効率的な森林管理や森林資源の有効活用の促進につなげていきたいと考えています。

(きもと しょうた)

茨城県における森林クラウドの導入とその効果

山野邊 隆

茨城県農林水産部林政課

〒310-8555 茨城県水戸市笠原町978番6

Tel 029-301-4031 Fax 029-301-4039 E-mail : tyamanobe@pref.ibaraki.lg.jp



はじめに

茨城県では、平成29年度に県内の市町村（全44市町村のうち「地域森林計画対象民有林」が存在する43市町村）と共同で茨城森林クラウドシステム（以下、「森林クラウド」という。）を整備し、平成30年4月から運用をはじめました。

本県の森林クラウドは、県と市町村で構成する協議会による「共同整備運営方式」を採用しています。また、基盤となる森林計画情報を更新するデスクトップ型の森林GIS（スタンドアロン方式）と、データ共有を目的とする森林クラウドを組み合わせた「共有型」であることが大きな特徴です。

本稿では、これらの特徴を中心に、導入までの取組や、現在の利用状況、今後の課題等について紹介します。

導入までの森林情報管理

本県では、地域森林計画対象民有林の位置や資源量を示す森林計画図及び森林簿など、森林計画資料の管理を効率化するため、平成14年度に森林GISを導入しました。当初、GIS端末を保有していたのは本庁（県林政課）のみだったため、紙媒体の森林計画図を併用していました。電子データによる図面管理に完全移行したのは、県出先機関（農林事務所）への森林GISの配置、市町村への閲覧用ビューアープログラムの配布が完了した平成23年度のことです。ただ、その運用については、端末をネットワークに接続しないスタンドアロン方式としていたため、情報共有の手段としては、紙媒体の図面や林小班番号リストの提供を受け、県林政課がGISデータを更新し、CDやポータブルHDD等の電子記録媒体で配布していました（図①）。この方法は、事務所を経由するごとに図面等の複写、転記を繰り返すため、途中で情報が欠落しやすく、提供元に確認しなければ図化すべき位置、形状を特定できないこともありました。

平成25年度頃からは、森林計画資料以外の地図情報管理も森林GISの役割として求められるようになりました。

その1つは森林整備の履歴管理です。県の独自課税である森林湖沼環境税が平成25年度から第2期に入ったことを機に、税を活用した森林整備事業の実績や未整備個所を効率

的に把握するため、第1期（平成20～24年度）も含め、これまでの事業箇所を林小班単位で図化し、GIS上で管理しています。

もう1つは、林地開発などの開発行為に係る履歴管理です。平成24年度に経済産業省が導入した「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」を背景として、本県の広大な平坦地や充実した送電網を有するなどの地域特性から、太陽光発電設備の導入が集中しています（平成29年9月末現在228万kW、全国1位）。森林を対象とする開発案件も急増しており、林地開発許可制度における県の審査、指導を効率化するため、これまでの開発許可図面をトレースし、GIS上で履歴を管理しています。

一方、市町村が受け付ける伐採届については、紙媒体による図面の管理、共有にとどまっていたことから、十分に履歴を整理しきれない状況でした。制度上、近接する箇所で一定期間内に連続して開発が行われ、合計して1haを超える場合、一体性がある開発として林地開発許可制度の対象となります。このため、県と市町村が互いに開発情報を把握することが重要ですが、一体性の判断には過年度の届出も含めて複数の図面を比較する必要があり、非常に煩雑な作業でした。

このように、GISの役割が増していく一方で、情報の伝達過程で多くの労力と時間を費やしていたことから、「情報の発生元において日常業務の中で図面を電子化し、ネットワークで共有することが必要ではないか」と感じていました。

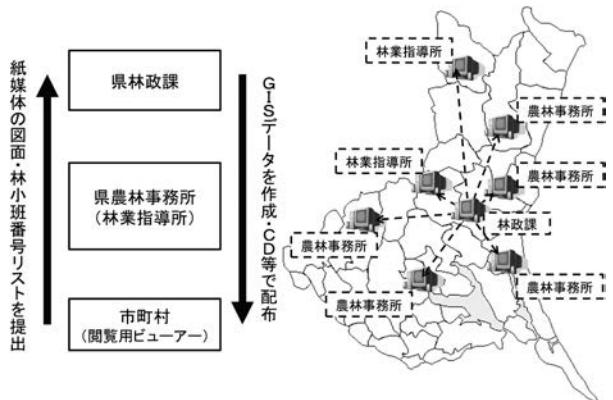
林地台帳制度創設を機に森林クラウドを提案

こうした中、平成28年5月の森林法改正により、「林地台帳制度」が創設されました。

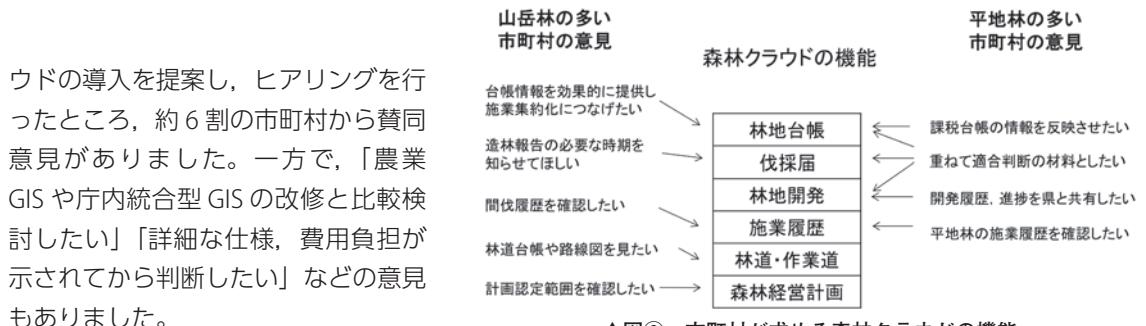
林地台帳制度とは、市町村が統一的な基準に基づき、森林の土地の所有者や林地の境界に関する情報を整備・公表する制度です。県が台帳及び地図の原案を作成し、市町村が確認、修正、公表し、森林簿にフィードバックさせる業務フローを想定しています。もともと森林情報の管理・共有に課題があったことから、大量の個人情報を含む林地台帳を県と市町村が相互に利用する業務は、当時の体制のままでは困難と考えられました。

そこで、県の情報セキュリティを所管する情報政策課（現：情報システム課）と対応を協議した結果、「林地台帳制度を安全かつ効率的に運用するためには、行政専用回線（LGWAN）を利用したクラウド方式のGISを導入するのが適当」との助言もあり、県林政課は市町村に対して、森林クラウドの導入を提案することとしました。当時、森林GISを独自に保有する市町村がなく、個別に林地台帳を管理するシステムを導入するよりも、トータルコストや事務量の低減を期待できたことも、森林クラウドを提案した理由の1つです。

平成28年6月に実施した市町村に対する林地台帳制度創設の説明会の際に、森林クラ



▲図① 森林情報管理の業務フロー（森林クラウド導入前）



▲図② 市町村が求める森林クラウドの機能

市町村の意見を反映させた機能の検討

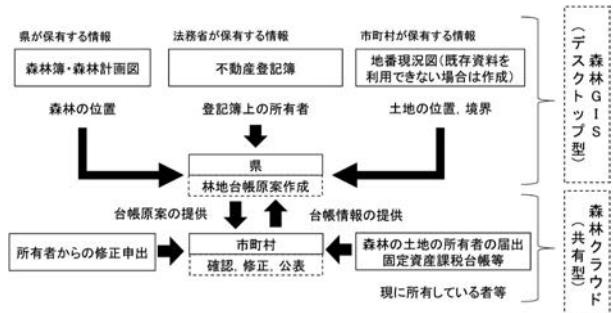
県林政課が提案した森林クラウドに対して市町村から一定の理解は得られましたが、より多くの市町村の参加を得るには、林地台帳制度や、台帳情報を活用する業務を想定した具体的な整備方針を示す必要がありました。そのため、平成 28 年 8 月、県と市町村の職員で構成するワーキングチーム (WT) を立ち上げ、仕様を検討しました。

WT の設置にあたっては、森林・林業の業務効率化だけでなく、情報セキュリティを確保する観点から、県と市町村双方の林務・情報担当職員を構成員としました。また、本県は林野率 32% (全国 46 位) と森林は少ないですが、素材生産量 43 万 m³ (全国 15 位) と林業県の一面もあります。林業の盛んな山岳林地帯と、都市部に近接する平地林地帯に大別され、市町村による民有林面積も 18 ~ 21,000ha と差が大きいことから、それぞれの地域性を反映できるよう、多くの市町村の参加を募りました。県からは本庁 3 課、出先 2 事務所、市町村からは 8 市町 16 課の参加があり、様々な立場から意見、要望があったことから、幅広い業務のイメージを機能に反映させることができました (図②)。

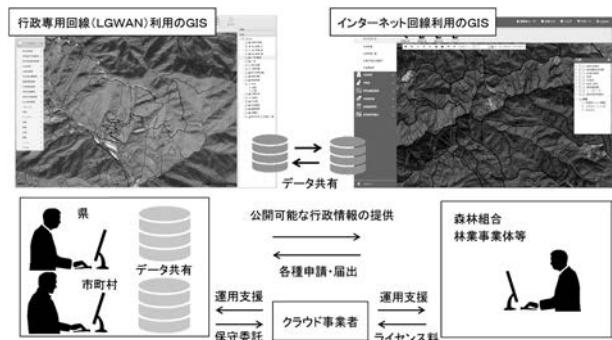
林地台帳制度の運用について、特に議論となったのは情報提供の方法です。制度上、一定の要件を満たす者に対して、書面または電子データによる情報提供が可能とされており、森林組合や林業事業体等による情報利用を促進するためには、電子データ、とりわけインターネット回線を通じたオンライン提供が効果的と考えられました。一方で、オンライン提供は情報漏えいのリスクもあり、不安を感じる市町村も少なくありませんでした。

このため、閲覧対象者の制限がなく公表資料とされている地番や地番図等の情報はオンライン提供を可能とし、閲覧対象者が制限されている森林所有者名、住所はその他の提供方法をとることとしました。また、"なりすまし" による不正ログインを防止するため、ID、パスワードなどの認証に加え、USB キーなどを併用する二要素認証も要件としました。なお、市町村によって、情報公開条例の運用、情報提供の頻度は大きく異なることが予想されたため、オンライン提供の採否は、運用時に市町村が判断するものとしました。

さらに、林地台帳の整備にあたり、県と市町村の役割分担や業務フローを明確にするため、林地台帳原案を提供するのは県の役割、届出に基づく森林所有者情報 (現に所有している者) 等の日常的な更新は市町村の役割と位置付けました。また、クラウド環境での作業効率は、ネットワークの回線速度に依存することが想定されたため、大量のデータを一括更新する必要のある森林簿、森林計画図、林地台帳原案については、既存のデスクトップ型の森林 GIS で更新することとしました。森林クラウドの導入パターンとしては、高度な編集に対応する「更新型」ではなく、情報共有に特化した「共有型」に位置付けられます (図③)。



▲図③ 林地台帳整備の役割分担と対応するシステム



▲図④ 森林組合、林業事業体等との情報共有イメージ

県と市町村の共同整備運営方式

システム管理の主体としては、既存の協議会の枠組みを利用しました。本協議会はもともと、県の情報政策課と市町村が共同して情報システムの整備運営を行うために設立したものです。また、負担額は県 50%：市町村 50%，市町村ごとの負担割合を均等割+民有林面積割としました。

平成 28 年 10 月、WT の検討結果をもとに改めて各市町村に森林クラウド導入に対する意向を確認したところ、地域森林計画対象民有林が存在する全 43 市町村が参加を希望し、結果として、県下で統一的に運用できる体制が整いました。

平成 29 年 5 月、プロポーザル方式による事業者公募を行い、県と市町村による共同審査の結果、株式会社パスコの森林クラウドシステム「PasCAL 森林」を採用しました。平成 29 年度末までにシステム構築、データ移行、仮運用、運用ガイドライン作成等の作業を経て、平成 30 年 4 月から県及び市町村向け「行政クラウド」の運用をはじめたところです。

データ移行の際には、もともと森林 GIS 上で管理していた森林計画図（森林簿）、林地開発許可履歴、森林施業履歴ばかりでなく、既存の治山施設位置図（CAD）、林道台帳（Excel、紙）、伐採届（紙）も GIS で管理できるデータ形式にしました。

運用状況と今後の展望

森林計画図（森林簿）、伐採届、林地開発、平地林整備、治山、林道など、一部の業務への利用をはじめ 5 か月余りが経過しました。利用頻度が特に大きいのは伐採届で、これまで、県全体で年間 1,000 件以上、コンテナ数箱分の書類が発生していましたが、市町村が入力した届出情報について県がパソコン上で履歴検索や統計調査の処理ができるようになり、対応は従前よりもスムーズになりました。現在整備中の林地台帳と組み合わせることができるようになれば、届出対象の地番や所有者確認の効率化も期待されます。

今年度中には、行政情報の提供と外部からの届出・申請（伐採届、森林経営計画等）を行えるよう、森林組合、林業事業体等が利用できる機能「公開クラウド」の導入を計画しています（図④）。今後、多くの利用者が「公開クラウド」に参加することで、情報の集積が進んで行けば、さらなる活用や業務の効率化が期待されますので、一層の普及活動に努めていく予定です。

（やまのべ たかし）

森林クラウドを通じて 高精度森林情報を活用する

有富征洋

真庭市役所 産業観光部 林業・バイオマス産業課

〒719-3192 岡山県真庭市久世 2927 番地2

Tel 0867-42-5022 Fax 0867-42-3907 E-mail : yukihiro_aritomi@city.maniwa.lg.jp



はじめに

真庭市は、岡山県北部、鳥取県との県境に位置し、平成17年3月31日に9町村の合併により誕生しました。人口は2015年の国勢調査の結果で46,124人となっています。

また、本市では、地域の文化や交通、自然環境といった中山間地域ならではの資源を見直し、組み合わせ、磨き、地域を経営する多彩で豊かな生活「真庭ライフスタイル」を実現するため、その地域資源の一つである森林に着目し、「木を使い切る真庭創出」、「バイオマス産業柱市^{とじ}の推進」を柱として地域内経済循環を生み出し、持続可能な森林づくりを目指しています。

林業・木材産業について

本市は、森林が市面積の約8割を占めており、そのうち約6割が人工林です。そして、人工林のうちの約7割をヒノキが占め、優良材「美作ヒノキ」の産地として古くから林業・木材産業が発展してきました。市内には3か所の原木市場と1か所の製材品を扱う製品市場、そして、約30か所もの製材所が存在しており、木材流通の川上から川下までのマーケットを地域内で形成しています。このことから、「西日本有数の木材集散地」とも呼ばれ、市内での製材・木製品分野の生産額は製造業全体の約4分の1（約270億円）に及んでいます。

ICT導入の目的とその経緯について

本市がICTを導入した目的は、「木を建築資材や燃料等に利用するうえでの課題は、安定供給体制の構築である」と考え、収穫するための資源量や土地情報等を正確に把握するためです。山から木を切り出してくるには、その山を持っているのは誰かを把握し、山の所有者と事業者の間で、収穫の規模や費用・収益の配分など、多岐にわたる調整を行います。そのため、森林資源や土地所有者の情報を示した地図等が必要ですが、資料は不正確であったり、紙ベースのため他の地図等と照らし合わせるのに手間が掛かったりと、情報を使いこなせる状況にありませんでした。そこで、こうした資料をデータ化（電子化）して蓄積し、「山に木がどれだけあって、それは誰が持っているのか」を明らかにし、そして、



▲図① 森林クラウドの活用

►写真① 森林クラウドの操作



地域の関係者でその情報を共有する、そういう仕組みを作っていくという機運が高まったのが平成23年頃でした。

ICTの導入について

本市が地域のICT関連事業者（一般社団法人岡山中央総合情報公社）とともに開発をしたのは、真庭市と真庭森林組合が利用・管理する「森林林業クラウド（以下「クラウド」という）」と、森林の現況調査の効率化を目的としてリモートセンシング技術を活用した「ロボットセンサー（ドローン）」の2つです。

クラウドは、地理空間情報技術を活用し、市と真庭森林組合が相互に持つ森林の所有者情報や現況情報、空中写真等を重ねて表示ができるため、所有者もすぐに把握することができます。また、木材の収穫（伐採）に関する過去の履歴や、現在の作業状況も真庭森林組合によって随時更新が行われているため、森林の現状を正確に把握することが可能となっています（図①、写真①）。

さらに、クラウドには、林道管理、分収林管理、治山台帳・砂防台帳等の防災対策等で市が主に利用する機能と、施業管理、作業道管理等の森林の施業効率化・高度化、空中写真等を活用した施業提案等の森林組合が主に利用する機能を整備し、市と真庭森林組合が共同利用することで、次のような事務の効率化が図れ、利用効果が表れています。

【真庭市役所での利用効果の検証】

（1）林道の受益を受ける区域（利用区域）の抽出と面積の計算

従来、紙地図やエクセルを使って実施し、林道一本につき約2人日を要していた作業が5分に短縮。

（2）保安林管理区域の抽出（施業前に森林組合等から問い合わせを受けて、施業可能かどうかの確認を行う）

従来、紙地図と台帳の突き合わせで確認に1時間を要していた作業が5分に短縮。

（3）市内に約3,800haある分収林管理（土地は市が保有し、森林管理は民間等団体が実施）

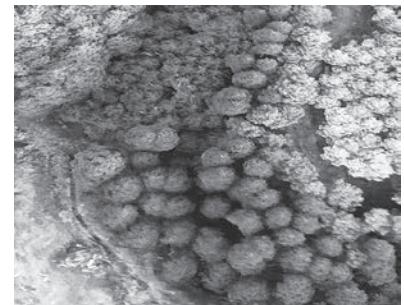
従来、年間数haの分収林施業面積を、約20～30haに拡大可能。



飛行中のドローン



撮影成果（全体像）



撮影成果（拡大）

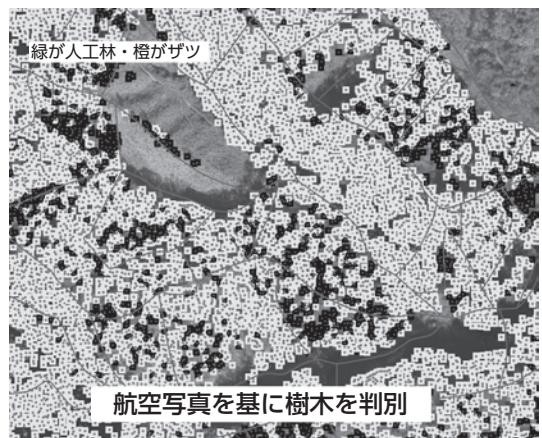
▲写真② ドローンによる空中写真の撮影

【真庭森林組合での利用効果の検証】

- (1) 従来は住民等への聞き取りや、古い地籍成果の発掘により把握していた森林所有者情報を、共通IDの地番現況図を活用することにより、迅速に把握。従来2人日／1区画を要していた作業が1分に短縮。
- (2) 空中写真やドローンを活用した森林現況把握（主に樹種別面積）が容易に可能。従来2人日／1区画を要していた作業が1分に短縮。
- (3) 従来は、森林所有者への打診や、これまでの施業経験から施業地を選定していたが、現況を把握することにより、従来の属人的な施業地選定から戦略的な施業地選定へ業務自体を変革することが可能になった。

クラウドには、市内全域の空中写真と、その情報に基づいて作成した樹種ごとの分布図もあわせて搭載しています。空中写真は森林の現状を把握したり、森林所有者等関係者に森林の状況を説明する際に用いたりするなど、極めて有効な情報ですが、樹木の成長や伐採、災害による地形の変化などによって、現状と写真とが経年によって乖離するという課題が明らかになりました。

そのため、こうした課題の解決方法として、クラウドとともにドローンを用いることで、必要に応じた空中写真の更新が可能になるのではないかと考え、導入実証を行いました。撮影した成果からは、樹木の位置や樹種等、森林管理に必要な情報を取得するのに十分な解像度であることを確認できました（写真②、図②）。ドローンには、事前に設定したルートを飛行しながら撮影して、元の場所に戻る機能が搭載されているため、基本的には大幅な調査の効率化が可能であることがわかりました。ただし、障害発生時の対応等、操縦者への一定の訓練の必要性や、目視できる範囲での飛行に限定する等の課題も明らかとな



▲図② ドローンの導入実証の成果

※本誌はモノクロ表示のため、「緑」→「薄いグレー」、「橙」→「黒」に変換されている。

りました。

また、ドローンに加え、平成27年度に真庭市美甘地区約5,700haにおいて、レーザー測量の実証を行い、林相ごとに樹種・林齢・面積・平均樹高・蓄積量・成長量・地位・地利などを算出し、データベースを構築しました。ここで得られた詳細な情報をクラウドに搭載し、現地調査の省力化を図るとともに森林組合と共有し、現在活用しています。

ICTの導入は、本市の森林資源活用の大きな契機ともなっています。平成27年4月から出力1万kW（真庭市の家庭電力需要を賄える規模）の木質バイオマス発電所が稼働しています（写真③）。この発電所では1日当たり300～350トンの木を使用するため、安定的に供給する必要があり、クラウドによって安定供給に向けた施業地の確保等を行い、供給管理の体制を構築しています。

課題及び今後について

本市がクラウドを導入して利用するにあたっては、これまでのバイオマス産業の育成を通じて、地域の林業事業者、行政機関が連携する土壤があったことが大きかったと思います。今後は蓄積データの充実を図るため施業履歴に加え、境界確認や地元協議などの情報も入力できるよう改修を予定しています。

また、現在、川上側に偏っているクラウドのメリットを川下側へも波及できるように見直し、また、システム利用が林業分野に限られるため、今後は他部署との連携を検討し、ICTの幅広い活用に取り組んでいきたいと考えています。

昨今、クラウド、ドローン等は著しい性能の向上、そして、価格の低下によって、森林分野でも導入が大きく広がってきています。ICT化の取組により、航空レーザー計測やクラウドによる森林情報の把握や共有が進むことで、森林施業の効率化、省力化が図れ、川上側の供給と川下側の需要に応じた木材生産が可能になると思っています。

（ありとみ ゆきひろ）



▲写真③ 真庭バイオマス発電所

皆さまからのご投稿を募集しています。編集担当までお気軽にご連絡ください。

[馬場・一 Tel: 03-3261-5518 E-mail: edt@jafta.or.jp]

- 研究最前線のお話、新たな技術の現場への応用、地域独自の取組、様々な現場での人材養成・教育、国際的な技術協力、施策への提言など森林管理や林業の話題を募集しています。
- 催しの開催予定、新刊図書のご案内、開催したイベント等をレポートした原稿もお待ちしています。
- 表紙を飾るカラー写真の投稿をお待ちしています。紹介したい林業地や森林管理の現場の様子、森や林・山村の風景、森に生きる動植物など、皆さまのとっておきの一枚をお寄せください。

投「森
稿林
募技術
集」

子どもにすすめたい「森」の話
—1冊の本を通して

山を感じる心

やま した ひろ ぶみ
京都教育大学教授
山下 宏文



『山人奇談録』

●六条仁真・著
●発行 国土社
●対象 小学校高学年から
二〇〇九年

「あたし」のじいちゃんは、山のことなら何でも知っていて、ときどき不思議で妖しい山の秘密を教えてくれた。じいちゃんは若いころ、木を伐り出すために深い山を渡り歩き、山で生きた「山人」であった。じいちゃんの口癖は、「山にはいろんなモノがいる。優しいモノも。怖いモノも。けつして、心の分からぬモノも。山ではそんな、里の常識の通じない「なか」と、すれちがう瞬間がある。」である。このじいちゃんに導かれて、あたしは山で不思議な体験をしていく。

第一話「竹姫」は、四月の春休み、六年生になつたばかりのあたしが、竹林で竹の神様に出会う話。山間にひつそり横たわる町の竹林は、むかし敵が攻めてきたとき、山に掘つた穴の底で死んでいった城主の姫の骨から竹の根がのびて広がつたのだと聞く。

第二話「闇市」は、八月の夏休み、あたしの友達のサヨコちゃんが、山に迷い込んでしまつた飼い犬を捜したいと相談に来る話。じいちゃんとともに「山の妖しいモノたち」が集まる闇市に出かける。

第三話「雨祭」は、十月の祭りで組まれる山車の巨大な太鼓を叩くことができなかつたあたしが、じいちゃんに連れていかれた山の神社の深い岩穴で龍の神様を呼び出す話。この神社を管理しているヨリエさんは、「山にはいろんなモノがすんでいます。中でも力あるモノを、ヒトは神と呼ぶことがあります。」と言つて、この神様が「山の水が最後に集まる場所、山底を流れる大河のヌシ」と教えてくれた。

第四話「幻獣」は、十二月、山から町に巨体の虎が出るという妖しいうわざが流れた話。じいちゃんは山に行つてその正体を確かめてくる。次の日、じいちゃんはあたしとサヨコちゃんを連れ、それを捕まえに行く。じいちゃんが捕まえたのは子狸で、巨体の虎はこの子狸が化けた幻獣だったことが分かる。

第五話「神域」は、あたしが中学生になつた四月、ヨリエさんと二人で山に行き、山の神様を感じる話。あたしは、ヨリエさんに山の道を案内されたあと、一人で深い大樹の森に入つていく。そこで、まだ小さかつたころのじいちやんと会う。じいちゃんとめぐり合せたのは、そこにあつたひとくわ大きな木、「山のよう、偉大な樹」「山でいちばん永く生きつづけるモノ」「悠久の時を生きる古い魂」「山の、神さま」だとあたしは思う。ヨリエさんは、「あの場所は、山のいちばん深い場所：山の心にある森です。」と教えてくれた。

本書で語られる山の世界は、不思議で妖しい世界である。山や森と人とのかかわりに関する感性の世界とも言える。私たちの祖先は、こうした感性的な認識の中で森や自然との適切なかかわり方を知恵として蓄積してきた。そして、こうした知恵が、今でも私たちの文化の中にしつかり受け継がれていくことに着目したい。子ども達の山や森に対する豊かな感性を育てていくことは、文化の継承という意味でも重要なことである。

「あたし」が集まる闇市に出かける。そこで怖いおもいをしながらも、教えてくれた。じいちゃんは若いころ、木を伐り出すために深い山を渡り歩き、山で生きた「山人」であった。じいちゃんの口癖は、「山にはいろんなモノがいる。優しいモノも。怖いモノも。けつして、心の分からぬモノも。山ではそんな、里の常識の通じない「なか」と、すれちがう瞬間がある。」である。このじいちゃんに導かれて、あたしは山で不思議な体験をしていく。

第三話「雨祭」は、十月の祭りで組まれる山車の巨大な太鼓を叩くことができなかつたあたしが、じいちゃんに連れていかれた山の神社の深い岩穴で龍の神様を呼び出す話。この神社を管理しているヨリエさんは、「山にはいろんなモノがすんでいます。中でも力あるモノを、ヒトは神と呼ぶことがあります。」と言つて、この神様が「山の水が最後に集まる場所、山底を流れる大河のヌシ」と教えてくれた。

本書で語られる山の世界は、不思議で妖しい世界である。山や森と人とのかかわりに関する感性の世界とも言える。私たちの祖先は、こうした感性的な認識の中で森や自然との適切なかかわり方を知恵として蓄積してきた。そして、こうした知恵が、今でも私たちの文化の中にしつかり受け継がれていくことは、文化の継承という意味でも重要なことである。

木材供給量と 木材自給率の推移

(要旨) 国産材供給量は、平成 14(2002) 年を底として増加傾向にあり、平成 28 年は前年比 8.9% 増の 2,714 万 m³ であった。

木材自給率は、平成 28 年は 34.8% となり、6 年連続で上昇した。用途別にみると、製材用材は 46.6%，合板用材は 37.8%，パルプ・チップ用材は 16.7%，燃料材は 76.8% となっている。

我が国における国産材供給量は、森林資源の充実や合板原料としてのスギ等の国産材利用の増加、木質バイオマス発電施設での利用の増加等を背景に、平成 14(2002) 年の 1,692 万 m³ を底として増加傾向にある。平成 28(2016) 年の国産材供給量は、前年比 8.9% 増の 2,714 万 m³ であった(図①)。

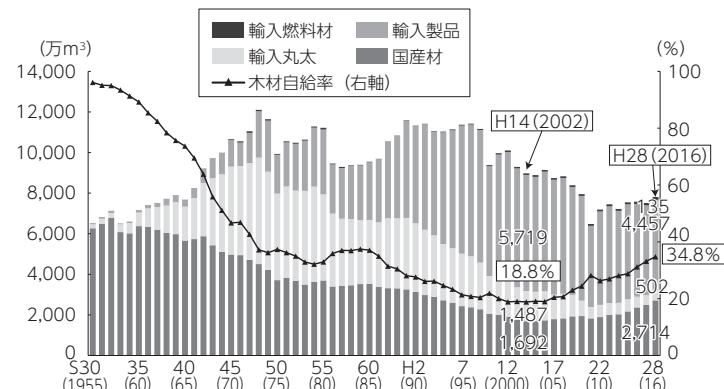
用材部門では、前年比 2.6% 増の 2,236 万 m³ となっており、その内訳を用途別にみると、製材用材は 1,218 万 m³、合板用材は 388 万 m³、パルプ・チップ用材は 527 万 m³ となっている。また、燃料用チップを含む燃料材は前年比 59% 増の 446 万 m³ となり、大幅な増加が続いている(図②)。

樹種別にみると、製材用材の約 8 割がスギ・ヒノキ、合板用材の約 8 割がスギ・カラマツ、木材チップ用材の約 4 割が広葉樹となっている。

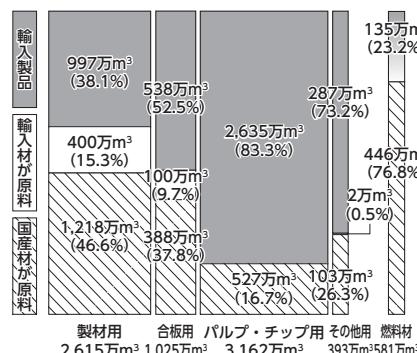
我が国の木材自給率は、昭和 30 年代以降、国産材供給の減少と木材輸入の増加により低下を続け、平成 7(1995) 年以降は 20% 前後で推移し、平成 14(2002) 年には過去最低の 18.8% (用材部門では 18.2%) となった。その後、国産材

の供給量が増加傾向で推移したのに対して、木材の輸入量は大きく減少したことから、木材自給率は上昇傾向で推移している。平成 28(2016) 年は、新設住宅着工戸数の増加等から総需要量が増加する中で、円高方向への推移等による調達コストの低下等もあり輸入量が増加するとともに、国産材供給量

も増加した結果、木材自給率は前年より 1.6 ポイント上昇して 34.8% (用材部門では 31.1%) となり、6 年連続で上昇した(図①)。木材自給率を用途別にみると、製材用材は 46.6%，合板用材は 37.8%，パルプ・チップ用材は 16.7%，燃料材は 76.8% となっている(図②)。



▲図① 木材供給量と木材自給率の推移
資料：林野庁「木材需給表」



▲図② 平成 28 (2016) 年の木材需給の構成

注 1：しいたけ原本については省略している。

2：いざれも丸太換算値。

3：計の不一致は四捨五入による。

資料：林野庁「平成 28 年木材需給表」(平成 29(2017) 年 9 月)

研修 そして 人材育成

第 20 回 これからの研修 ～何を止め、何を始めるのか～

昨年開発した Forestry Safety Research の伐倒練習機「Felling Trainer MTW-01」が、第 1 号ご成約に漕ぎつけた。この伐倒練習機のために考案したトレーニング「10 Steps Method for Felling Training」(本誌 No. 912, 914, 916 参照) と併せて各地に普及させたい！のだが、ホイホイと導入していただけるものでもないらしい。価格、稼働率、置き場所などがハードルのようだ。置き場所は物理的なことなので、行政の縦割りや官・民の違いにとらわれず、安全のための横断的な連携に期待したい。価格と稼働率は安全意識や研修の在り方に左右されるので、今回はその辺りを考えてみたい。

優れた機械（ハード）に、それを活かす練習（ソフト）が伴うことで研修効果は大幅に上がる。しかし、そういう指導が現場での主たる作業である伐倒においても体系化されてこなかった。それは、この業界の「命を守る取組」が不十分だった証だ。伐倒のミスは「死」に直結するにも関わらず関係者の認識は甘い。現場も経営者も日々の伐倒に問題点はないと根拠なく安心している。さらに、受け口で正確に狙いを定めることができる伐倒従事者が、実はほんの僅かであることを多くの関係者は知らない。だから、重大災害は減らない。基本技術が不十分なままでは、現場作業の禁止事項を増やし、規制を強化したところで根本的な改善はあり得ない。

では、どうすれば良いのか？ 大切なのは、「どのような目的の研修を、どのように行うのか？」の再考だ。まず、講師一人が受け持つ受講者数。座学なら何十人でも可能だが、「順番にやってみよう」と実習する場合、人数の設定は極めて重要だ。受講者が 2 名なら 1 名の時の半分しか練習できない。当たり前だが、3 名なら 3 回に 1 回で 1 名の時の 33%, 5 名なら 20%, 10 名なら 1/10 しか練習できないのだ。弊社が主催する研修会には、受講費、交通費など、総経費 10 万円近くを負担して参加される方が少なくない。皆さん、貪欲なので催行人数が 4 名なのか 5 名なのか、1 人の違いでも大問題、5 名の時は 4 名に対し 8 割しか実習できないからだ。カツ丼のカツでも 2 割小さかったら、文句を言いたくなるだろう。

次に日数。例えばチェーンソーの特別教育。あの 2 日間で伐倒できるようになると思っている人はいないはずだ。特別教育は関係法令や基礎知識を学ぶ場であり、伐倒技術を習得する場ではない。なので 2 日間で十分だし見学会なら 1 日でも良いが、技術を習得させたいのならそれなりの日数が必要だ。エントリークラスでのお勧めは 20 日間。講師 1 名、受講者 3 名で、チェーンソーの日常メンテナンスや補助具の使用も含め、低難度の伐倒・枝払い・玉切りを一人で正確に行えるようにする最短コースで、20 日間のうち 8 日間は MTW-01 を使い、緩やかな斜面から徐々に傾斜に慣れさせながら 10 Steps Method を行う。同等の内容を林内で行うことは困難だし、数十日は必要だろう。たとえ 20 日間でも、「そんなに時間はかけられない！」と言われそうだが、再考していただきたい。伐



ぜひ、ご覧ください

伐倒練習機 MTW-01 のプロモーションビデオができました！

<https://youtu.be/55Rq-pAtRIA>



▲受け口と追い口の切削作業を細分化し、一つひとつの作業精度を高めるために考案した 10 Steps Method は、伐倒練習機 MTW-01 の使用を前提にしている。受講者の習得度を判断しながら、林内では実施不可能な、同条件での反復、圧倒的に多くの回数の反復をデッキと立木の傾きで難度を調整しながら繰り返すことができる（画像は伐倒練習機 MTW-01 のプロモーションビデオより）。

倒に限らず、技術の習得は初期のトレーニングが肝心だ。「初めから正確さを求めるのは無理、追い追い覚えれば良い！」と、お考えの方が多い。では、追い追いとはいつか？ 現場では 3 か月もすればノルマを期待されるようになり、念入りに精度を確認しながらの作業などできなくなる。精度の向上よりも速さを求められ、一時的には量産に寄与するかもしれないが、不正確な技術のまま年月を重ねることになってしまう。

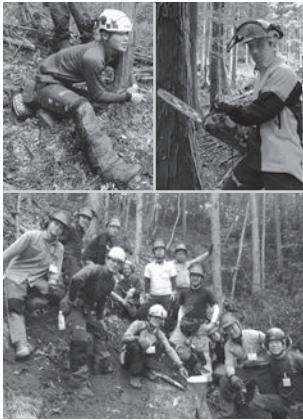
ほとんどの都道府県で、素材生産量を増やす号令がかけられ、そのためのインフラ整備には補助金が出る。だけど、「ちょっと待った！」と言わざるを得ない。増産の号令より先にすることがあるだろう。労災を減らさない業界と行政が、遮二無二増産を目指した結果、どれほどの作業者が傷つき、落命するのか。数千万円もする車両系林業機械に惜しみなく税金が投じられているが、ハーベスターなどが活躍しにくい地形、つまり、この国のはほとんどの林業現場における伐倒の主力はチェーンソーであり、不確かな技術ゆえに死亡災害の半数以上がチェーンソーによる伐倒に起因している。MTW-01 の本体価格 500 万円は巨額ではないが、それなりの投資である。これが高いか安いか？ 命の重さと比べていただきたい。増産だけではなく、安全のためにも税金投入の仕組みが整備されることを願う。

伐倒練習機「Felling Trainer MTW-01」の導入は、伐倒従事者のプロとしてのトレーニングを変えることができる。例えば、プロゴルファーは、日々ショットやパターの練習を繰り返し、野球選手は投打の調整に余念がない。1 回の本番は 100 回の稽古に勝ると言うが、プロは、日々努力を重ねているのだ。林業もプロなら、初心者だけでなくベテランも当たり前に練習できる環境が必要だろう。5 月に開催された日本伐木チャンピオンシップ (JLC) の伐倒部門で初出場ながら優勝した Y 君は、出場選手の中で唯一、MTW-01 を使って私と受け口と追い口の練習を重ねた選手だ。本人の頑張りとハスクバーナ社や岩手県の工藤選手（元・WLC 日本代表）の指導があってこそその栄誉だが、私と MTW-01 がその一端に関わることができたことを誇りに思う。

私は講師を務める際、いつも自分に「この受講者は、研修の翌日に一人で伐倒に向かうかもしれない」と言い聞かせる。だから、誤解のなきよう、背伸びし過ぎぬよう、一つひとつ作業精度に妥協せぬよう、考えさせる反復練習に重きを置いていた。都道府県の林政には、「林産は農林水産省、労災は厚生労働省」という縦割りなどは越えて、規制を強化するだけの対策ではなく、現場の事情を熟慮し、何よりも安全を優先する方策を形にしていただきたい。そのためには、^や してきたことを止め、していないことを始める勇気が要る。昨日までのレールを明日も辿るのではなく、今日が皆で新しいレールを敷く初日になることを切に願う。

●水野 雅夫（みずの まさお）

1962 年 3 月 2 日生まれ、56 歳。Woodsman Workshop LLC./Forestry Safety Research LLP. 〒501-4202 岐阜県郡上市八幡町市島 2210
Tel 090-2138-5261 E-mail : mizuno@yamaiki.com <http://www.yamaiki.com> <https://www.facebook.com/masao.mizuno.9>



【リレー連載】

チェンブレ! ⑥

岡山県における 現場指導者への研修

岡山県農林水産総合センター
安東義朗*



* Tel 0868-38-3151 (内線 22) Fax 0868-38-3152 E-mail : ringyo@pref.okayama.lg.jp

●はじめに

昨年 11 月号から開始されたこのリレー連載「チェンブレ！」は、昨年本県で実施した「現場指導者育成研修」をきっかけに、その受講生が中心となって企画し、タイトル名も研修中に徹底した「切る時以外は必ずチェンブレーキ！」から名付けられたと聞いています。

林業に携わる全国の仲間たちに自分の思いや情報を発信し、それを共有することで、今後の林業界を牽引する大きな力に育ってくれるよう期待しています。

今回は、研修を企画・実施する立場からこの現場指導者育成研修について紹介します。

●研修はなぜ必要か！

先日公表された平成 29 年の林業労働災害発生状況の確定値では、全国での死者数は 40 名、死傷者数は 1,314 名となっています。死傷者数は減少傾向にあるものの、死者数は近年 40 名前後で推移したままで、まさに異常とも言える状況が続いています。

本県では、平成 29 年には死亡事故はありませんでしたが、平成 27 年には 2 名、平成 28 年には 1 名と、過去 3 年間に 3 名が亡くなられています。ただし、この数値には自伐林家の方の死亡事故など、労災の対象とならないものは含まれていません。

死亡災害の 3 分の 2 は伐木作業中に発生しており、伐木作業をいかに安全に行うかが重大事故を減少させるための大きな鍵となっています。このため、本県では昨年度から、現場指導者を対象に、安全で的確な伐木作業の理論、技術を復習し、新人や後輩への指導方法を習得してもらうことを目的とした「現場指導者育成研修」を実施しています。

● “頭を働かせる” 研修

Woodsman Workshop LLC. の水野雅夫氏に講師を依頼し、本年度は 5 月 30 日から 6 月 29 日までの期間中に前期・中期・後期の 3 期に分け、延べ 8 日間の日程で実施しました。

研修内容は、「労災事故をとにかくなくす」という強い意識のもとで、座学、実習、ワークショップにより構成されており、どの場面でも常に“頭を働かせる”ことが要求されます。例えば、伐木作業の指導実習ではプレーヤー（教えられ役の新人）を相手に、「受け口」の目安線を作らせる指導から始めますが、上手くいかなかった場合には、その原因を指摘し、修正するにはどうしたらよいかを的確に伝えなければなりません。そのためには、自身が目安線の正しい作り方を理解したうえで、プレーヤーの動作（安全操作、立ち

連載タイトル『チェンブレ!』：チェーンソーがキックバックしたときに自動でかかるチェンブレーキは普段はまったくかけないのが常識でした。だけどこれからは「使用時以外は常にチェンブレーキをかけることを習慣にしよう！」先輩から新人への呼びかけのコトバ『チェンブレ!』。全国にいる仲間にも同じ気持ちで呼びかけたい、そんな想いを連載タイトルに込めました。



◀◀研修中、研修生（中央）の指導方法をチェックする水野さん（右）

◀緑の雇用集合研修において「受け口」の作り方を指導する研修修了者（中央）

位置、鋸断位置など)を注視し、改善点があれば、その修正方法を具体的でわかりやすい言葉にして伝えることが求められます。頭をフル回転させていなければできないのです。

受講者からは「頭で感じたことを言葉にして伝えることは大変だ」「日頃の現場作業よりも研修のほうが疲れる」「とっさに言葉が出てこない」といった声が聞かれました。

このように「現場指導者育成研修」は、講師の話を一方的に聴く受け身型の研修ではありません。指導者として必要なことは何か、どのようなことを教えないではならないのか、相手が理解してくれるにはどうすればよいのかなど、研修を通して自らが考え、実践していきます。そして、研修最終日には、研修で学んだこと、感じたことを今後の抱負や決意表明として発表してもらう「成果発表会」を開催しています。

受講者はそれぞれの職場で指導的立場にあり、日頃から新人や後輩の現場指導を担っていましたが、これまでこの研修のように時間をかけ問題点や課題を突き詰めて考える機会はなかったようです。研修により指導者としての自覚が一層強まったものと信じています。

●修了者の活躍に期待！

現在 16 名がこの研修を修了されており、その皆さんには、まずは自らの職場において研修で学んだ指導ノウハウを発揮し、労災事故の防止に努めてもらいたいと思います。

また、昨年の修了者の多くは、緑の雇用集合研修で実施している間伐作業研修の講師として招かれ、安全で的確な伐木作業方法について熱心に指導を行うなど、早速活躍されています。今年の修了者についても、講師に招かれる予定と聞いており、修了者の活躍の場が今後も拡がっていくものと期待しています。同時に、修了者同士が気軽に相談や情報交換ができるような機会を設けるなど、今後も繋がりを持ち続け研鑽を重ねてほしいと考えています。こうした修了者の活動が次第に周囲に波及し、やがては“労災ゼロ”に向けた中心的な役割を担うことができるよう、研修主催者として強く願っているところです。

●おわりに

今後、本県においても新たな森林管理システムのもと、間伐等の事業量が増大するものと考えられます。このため、林業の担い手を育成・確保することが重要な課題となります。人口減少が進む中での他産業との競争は非常に厳しいものがあります。現在のような労災発生状況ではなおさらです。林業という職場を安全で快適なものに変革させなければなりません。一朝一夕というわけにはいきませんが、今後も現場指導者への研修を継続し、変革のための一助となるよう人材育成に取り組んでいきたいと思います。

最後に、研修で教わり感銘を受けた“林業の ABC”に岡山では“D”を独自に付け加え、安全作業のための教訓としていることを紹介して終わります。

A……当たり前のことを

B……バカにせず（バカにされても）

C……ちゃんとする

D……どこまでも

（あんどう よしあき）

第十一回 BECCS の課題と見通し



林野庁森林整備部森林利用課 森林吸収源情報管理官

林野庁森林整備部森林利用課 森林保全推進官

大沼清仁*
大川幸樹**

1 はじめに

本稿ではパリ協定における2度目標への貢献が期待される技術の一つであるCO₂回収貯留とバイオマスの処理または燃焼を組み合わせた技術であるBECCS¹⁾について、CO₂回収貯留(CCS)技術の一つとして、また大気中のCO₂を削減するネガティブエミッション技術(NET)の一つ(図①)としての位置づけを説明します。

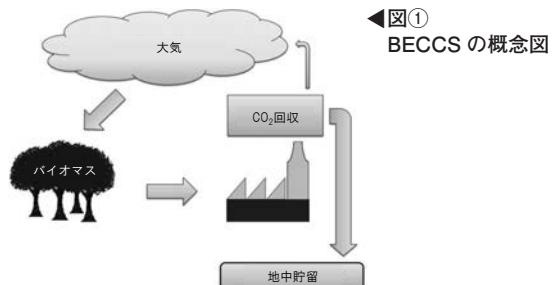
2 CCSとBECCS

図②のようにCCSは天然ガス合成等の大規模事業所で実証事業が進んでおり、経済協力開発機構(OECD)の国際エネルギー機関(IEA)の報告書²⁾によれば大規模なCCS案件は2017年時点で19件にのぼります。2016年までの17件の回収可能量を合計すれば3千万t-CO₂を超えますが、2度目標のシナリオでは2025年に4億t-CO₂を毎年回収する想定となっており、このシナリオには足りない状況です。

運用中の17件の国別内訳は米国9件、カナダ3件、ノルウェー2件、ブラジル、サウジアラビア、UAE各1件です。この他、豪州に本部を置く世界CCS機関(GCCSI)の報告³⁾によると中国において計画・建設中の案件が8件と増加しています。

図②に1件だけ含まれるバイオ燃料CCS(BECCS)は年間100万t-CO₂の回収を行う米国イリノイ州の実証事業です。これはトウモロコシ由来のエタノール生産の発酵過程で生じるプロセスガスを脱水し、高濃度のCO₂を回収するものです。CCSは回収したCO₂に経済的価値を持たせるべく EOR(石油増進回収法)⁴⁾等を組み合わせる場合がありますが、本案件は地中の深部塩水層へ注入するものです。

本案件以外の中規模案件や計画中のBECCSについて

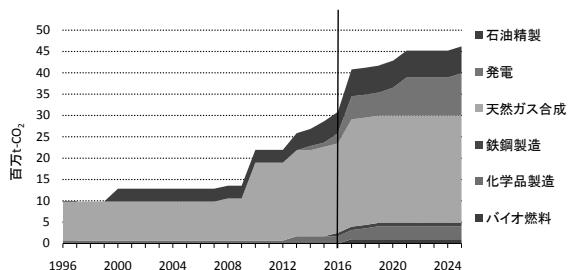


では、スウェーデンのBiorecro社がGCCSIからの委託により2010年にまとめた報告書⁵⁾があります。これによると14件のBECCSプロジェクトのうち適用分野としてはエタノール生産が10件と多く、地域は米国とスウェーデンが多くを占めています(表①)。

これらの年間CO₂貯留量規模は年間数百tの小規模のものから、数十万tの中規模のものまで様々です。米国ではバイオエタノール生産とEORの組み合わせで3件のプロジェクトがありました。これは原油価格が高騰している条件下で、石油製品と競合できるバイオエタノール生産、追加的原油生産につながるEORの両者が経済的に成立するため導入が進んだものと言われています。別の分野を見るとパルプ工場も大量のバイオマス由来のCO₂が発生するためBECCSと見なされています。製紙産業を含むバイオマス由来のCO₂排出はスウェーデンで3千2百万t-CO₂、フィンランドで4千万t-CO₂あるとされ、北欧地域におけるBECCSへの期待が見られます。

この時点のBECCSにおいてエタノールやパルプ工場の分野が先行しているのは、バイオマス専焼発電では原料の収集・運搬コストが増加するため設備の規模を大きくすることが現実的でなく、CO₂の分離・回収まで含めるとコスト高になる影響が考えられます。

*・** 〒100-8952 東京都千代田区霞が関1-2-1 Tel 03-3502-8111 (内線6213) Fax 03-3502-2887
E-mail : kiyohito_onuma460@maff.go.jp (*) koki_okawa860@maff.go.jp (**)



一方で最近、福岡県の三川発電所において、2020年にバイオマス発電所によるCCS実証運転が計画されているとの発表がありました^⑤。2018年2月に建設工事が開始された実証設備は同発電所（出力5万kW）から1日に排出されるCO₂の50%にあたる500t以上のCO₂を分離・回収するとしています。また同施設はパーム椰子殻（PKS）によるバイオマス発電も行っているため、国際的にもまれなBECCSの実証事業となります。

3 ネガティブエミッション技術（NET）の比較

IPCC第5次評価報告書では2度目標を達成するシナリオの多くにおいてNETとして植林及びBECCSが想定されました。一方でIPCCの報告書サイクルを経るにつれ、下記のように植林やBECCS以外のNETに関する研究も増加しています。

- (1) 植林
- (2) 土壤炭素吸収
- (3) BECCS
- (4) バイオ炭（Biochar）：バイオマスを乾留して得られるバイオ炭を、燃焼させることなく土壤に混ぜたり地中に埋めたりする。
- (5) 風化促進（Enhanced Weathering）：土壤へのアルカリ物質の散布等により、非常に長い地質学的時間スケールで地球が大気中のCO₂を吸収する化学風化という仕組みを加速する。
- (6) 直接空気回収（DAC）：アルカリ物質などを用いた化学工学的手法でCO₂を大気から吸収し、地中（塩水層）などに隔離する。
- (7) 海洋吸収の促進：海洋栄養素である鉄・リン・窒素を散布し、光合成による大気中からのCO₂吸収を増やす。

以上の7つを大きく分類すれば、自然界の光合成を直接活用する植林・土壤炭素吸収とそれ以外の二つに分けられます。他の技術に比べれば植林及び土壤炭素吸収は低いコストで進めることができる一方、吸収した炭素貯蔵量の永続性についてはリスクがあります。

▼表① 世界のBECCSプロジェクト（2010年）

プロジェクト名	国名	状況	適用分野	貯留方法
Russel	米国	完了 2003-2005年	エタノール	EOE
Liberal	米国	運用中 2009年-	エタノール	EOE
Garden City	米国	運用中 2011年-	エタノール	EOE
Rotterdam	オランダ	運用中 2011年-	エタノール	温室
Decatur	米国	運用中 2011-2017年	エタノール	塩水層
Värö	スウェーデン	評価中	パルプ	塩水層
North Dakota	米国	評価中	汎用的ガス化	塩水層
Artenay	フランス	評価中	エタノール	塩水層
Domsjö	スウェーデン	計画中	パルプ	塩水層
Norrköping	スウェーデン	計画中	エタノール	塩水層
Skane	スウェーデン	計画中	バイオガス	塩水層
Greenville	米国	中止	エタノール	塩水層
Wallula	米国	中止	エタノール	塩水層
Rufiji cluster	タンザニア	中止	エタノール	塩水層

出典：黒沢ほか（2013）バイオエネルギー CCS. 日本エネルギー学会誌. 92, 211-215 (本文献のTable2を和訳して作成)

逆にその他の技術は、吸収した炭素は安定的ですが広く実用できる段階にない技術が多いという評価です。

4 おわりに

今後、BECCSを実現していく課題は何でしょう。

Biorecro社によれば、BECCSが経済性を発揮するためには一定規模の施設が必要とされ、大量のバイオマスが入手可能であれば1t-CO₂当たり100ドル以下のコストも実現可能、規模としてはパルプ工場であれば年間2百万t-CO₂、エタノール工場であれば年間1百万t-CO₂規模の施設があり得るとしています。他のNETとの比較でもBECCSが想定するコストは1t-CO₂当たり100～200ドルと高く、イリノイ州で実施中の案件も追加的資金がなければ2020年に運用終了とされています。したがって、三川発電所のBECCS実証事業やそれに続くBECCS案件についてもその事業規模とコストに注目すべきです。

また一方で、大規模にバイオマスを調達する場合には、森林減少に伴う排出や食糧供給とのバランスも懸念材料となります。先日ドイツで開催された気候変動枠組条約の補助機関会合（SB48）中のサイドイベントでは、BECCSは2度目標へのシナリオに採用されているにも関わらず太陽光発電や風力発電に比べて政治的関心が低いため、技術的課題と平行して社会経済的側面の検討も必要との意見がありました。また、政策関係者よりも環境NGOにおいてBECCSに対する懸念が強いといった傾向も紹介されました。

今後のIPCC第6次評価報告書のプロセスにおいて、より突っ込んだBECCSのポテンシャル評価が行われることが期待されます。

（おおぬま きよひと・おおかわ こうき）

- 1) Bioenergy with carbon capture and storage の略
- 2) OECD/IEA (2017) Energy Technology Perspective 2017 (図②のデータを含む)
- 3) GCCSI (2017) The Global Status of CCS : 2017
- 4) 油層内にガス等を圧入し、油の回収率を高める方法
- 5) GCCSI/Biorecro (2011) Global Status of BECCS Projects 2010
- 6) https://www.toshiba-energy.com/info/info2017_1215.htm

研究から実践へ —タスマニアにおける保持林業—

山浦悠一^{1) 2)}・山中 聰³⁾・明石信廣⁴⁾

はじめに

木を伐りながら生き物を守る——この課題に応えるための手法として、主伐時に樹木を残す「保持林業 (retention forestry)」が1980年代にアメリカで編み出された。現在、保持林業は森林認証の要件として採用されるなど、世界中で注目を浴びている (柿澤ほか 2018)。日本国内でも、戦後造成された人工林が伐期を迎えるつあり、人工林を主伐しながらいかに森林の多面的機能を維持向上させるかが重要な課題となりつつある。こうした状況で、私たちは北海道有林で日本型の保持林業実証実験を行っている (Yamaura et al. 2018, 尾崎ほか 2018)。

実験は、北海道中央部の旭川市から南西に25kmほど離れたイルムケップ山塊で行っている。人工林が広がる本地域で私たちは、トドマツ人工林を主伐する際に混交する広葉樹を伐らずに実験的に維持している。北米や北欧における保持林業はすでにいくつか報告されているが (森 2009, 尾崎 2012), 海外の先行事例は保持林業の国内への導入にあたって、大いに参考になると思われる。今回、オーストラリア連邦のタスマニア州 (以降、タスマニア) の現場を訪れる機会があったので報告したい。

なお、北海道の実験では retention forestry を「保残伐」と呼んでいるが、天然更新を念頭に主伐の際に母樹を残す保残木作業との混同を避けるため、本稿では「保持林業」と呼ぶ。保残木作業では、母樹は天然更新が成功するといずれ伐採・収穫される。しかし、保持林業では生物多様性の保全を目的に、残された樹木は少なくとも次の伐期までは維持されるため、保残木作業と保持林業はその発想や目的、手法が大きく異なる (柿澤ほか 2018)。

タスマニアの森林・林業

タスマニアはオーストラリア本土から南東に240km離れた場所に位置する、北海道よりやや小さな島である。その半分は森林 (冷温帯林) で覆われており、そのうちおよそ半分が保護区で、保護区外の残りの森林が林業の主な対象である。タスマニアの森林の主要な擾乱は山火事 (雷や人為由来で、ユーカリの更新を促進する) であり、その頻度によって構成する樹種が異なる。最も山火事の頻度の高いのが乾燥ユーカリ林で (5~25年間隔), 森林の45%を占める。乾燥林は40m以下の丈の低い多様な林齢のユーカリから構成されている。湿潤ユーカリ林は山火事の頻度が低く、樹高40mを超える *Eucalyptus obliqua* (stringybark) や *E. regnans* (mountain ash) から構成される。両種はタスマニアの最重要林業樹種であり (タスマニアンオークと日本で呼ばれている), 建築材や家具材、パルプ・チップ材として用いられる。両種ともに400年生を超える大型個体は樹高90m以上に達することもあり、地球上でも最大樹種の一つである。湿潤ユーカリ林は森林の24%を占めるにすぎないが、林業の重要な対象となっている。

湿潤ユーカリ林の29%は老齢林 (老齢林に達するには一般に120年必要だという) であり、湿潤老齢林の71%が保護区に、14% (33,000ha) が伐採計画に組み込まれている。伐採後は山火事に依存したユーカリの更新を促進するため、皆伐して秋に火入れを行い、ヘリコプターで種を蒔く手法が1960年代から行われてきた (写真①)。計画伐期は90年で、皆伐面積は30~50haほどである。しかし、皆伐、特に老齢林の皆伐に対する社会的な批判が1980~90年代に高まった。湿潤ユーカリ林を伐採・更新する新たな

1) 森林総合研究所森林植生研究領域 2) オーストラリア国立大学環境社会学部
3) 森林総合研究所北海道支所 4) 北海道立総合研究機構林業試験場



▲写真① 皆伐区に更新するユーカリの稚樹

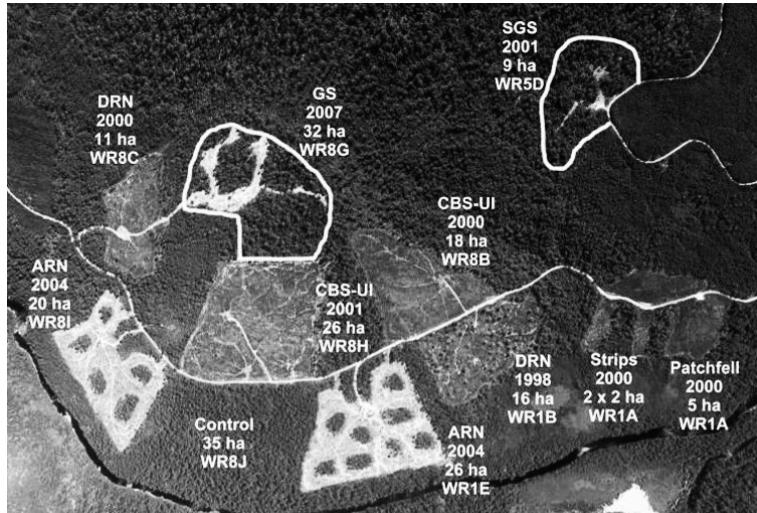


▲写真② 保持区の遠景

保持区の周囲は防火帯として木枝条が除去されている。伐区周囲と連結した保持区（中央）と島状の保持区がある。

※詳細は表②を参照。

(S. Baker 氏提供)



◀図① ワラ実験区

CBS-UI = 皆伐

ARN = 群状保持

DRN = 単木保持

GS = 群状抾伐

SGS = 単木抾伐

Strips = 線状伐採

Patchfell = パッチ伐採

Control = 非伐採の対照区

(WR から始まるのは処理区の名前)

※詳細は表①を参照。

(S. Baker 氏提供)

手法の開発が必要だと認識され、州有林を管理するタスマニア林業公社は「Warra 長期生態研究サイト」（以降、ワラとする）で 1997 年から保持林業（写真②）の実証実験を開始した。

ワラでの実証実験

ワラはオーストラリアの陸域生態系研究ネットワーク (TERN) や国際的な長期生態研究 (LTER) サイトに参加しており、ブラックスターを用いた気象の計測や枯死木性生物の発生調査などが継続的に行われている。標高 50 ~ 350m、傾斜 20 度未満の場所で実験が行われており、年間降水量は 1,450mm ほどである。ユーカリの密度は 100 ~ 300 本 /ha、樹高は 40 ~ 65m、胸高断面積合計は 60 ~ 90m² /ha である。

ユーカリは山火事後に更新するため、山火事が生じないとナンキョクブナ属の仲間であるマートルなど、ユーカリ以外の種に取って代わられ、レインフォレス

トと呼ばれるようになる。山火事は広域的に延焼することもあるが、その程度は一様ではない。遷移後期種や生立木、立ち枯れ木や、まとまった非延焼区が通常山火事跡地には残っている。繰り返し皆伐を行うと、こうした要素、すなわち太い倒木や立ち枯れ木、樹洞木が存在しない森林になってしまう（ちなみにオーストラリアにキツツキは分布しないので、樹洞を利用する生物は形成に時間がかかる自然樹洞に依存している）。そこで、皆伐区、群状保持区（0.5 ~ 1.0ha の非伐採区を伐区内に 30% 残す）、単木保持区（断面積合計で 10 ~ 15% のユーカリの上木を残す）、非伐採区をはじめとする複数の処理区（「replication: 繰り返し」と呼ばれる）が多くの場合それぞれ 2 か所設けられ、成熟した林に依存した生物が伐採区で維持されるか調べられている（図①）。対象とされた分類群は、鳥類、地表性甲虫、維管束植物、せんたい 蘭苔類、地衣類、菌類である。

▼表① ワラ実験区での処理間比較

基準	処理						
	皆伐 ^a	パッチ伐採 ^b	線状伐採	単木保持	群状保持	単木抾伐 ^c	群状抾伐 ^d
安全性 ^e	1	2	2	3	2	3	2
木材生産性 ^f	1	1	1	1	1	3	1
経済性 ^g	1	2	2	2	2	3	2
老齢林の生物多様性	3	3	2	2	1	2	2
育林 ^h	1	1	1	2	2	3	3
社会的受容性 ⁱ	3	2	2	2	1	1	1
合計	10	11	10	12	9	15	11

Neyland et al. (2012) の Table 7 を著者と Taylor & Francis Ltd. から許可を得て和訳・転載した。

数値は 1 ~ 3 の値を取り、値が小さいほど優れていることを示す。評価は伐採初期の 3 年生時点までの結果により、可能な限り野外調査の結果に基づいているが、困難な場合は専門的な判断に基づいている。

a : 下層植生の保持区を含む。

b : 伐区は 240m × 200m。

c : 75%以上の樹冠を常に残し、樹高以上の疎開地を作らずに 20 年ごとに 40m³/ha を伐採する (火入れはしない)。

d : 70%以上の樹冠を残し、30 年ごとに 30%の樹冠を収穫する。疎開地は樹高の 2 倍まで作り、弱度の火入れを行う。

e : 伐採前の安全性調査、懸念事項の記録や事後の考察に基づく。

f : 生産木材重/週/人。

g : 地拵えなど各種作業を考慮し、1ha の森林で同じ処理を繰り返した時に期待される投資家の収益。

h : 実生の密度と被食率に基づく。

i : 更新作業 1 年後の静止画から受けける印象。

実験のとりまとめ

本実験に関しては、すべての伐採区で 3 年が経過した 2010 年代の初めに成果の取りまとめが行われている。複数の伐採方法が、研究の結果と専門的な観点からスコア付けされた (Neyland et al. 2012)。その結果、研究グループは、皆伐に代わる手法として群状保持が様々な点から最も優れていると結論付け (表①)、群状保持の採用を提言している。北海道の実験や北半球の施業地では樹木を単木的に残す単木保持も採用されている (柿澤ほか 2018)。しかし、樹高 50m を超える湿潤老齢林では、ユーカリの樹冠は他個体と大きく重なっており、複数の枯れた枝があるのが普通である。そのため、伐採する際に 10%以上の樹木を単木的に保持するのは作業的に難しいと考えられた。生物多様性に関しては、様々な分類群で、単木保持よりも群状保持のほうが優れていると判断された (Baker and Read 2011)。湿潤老齢林を伐採する場合、群状保持では手つかずの林床や階層構造が維持されるので、老齢林に依存した生物が維持されやすいと考えられた。Baker 氏によれば、次の調査は伐採後 10 年目を予定しており、その後も 10 年周期で調査を行い、保持林業の長期的な効果を検証したいとのことであった。

評価システムの開発

この実験の結果を受けて、タスマニア州政府は

2010 年までに老齢林の年間伐採面積の少なくとも 80% で皆伐を行わないと宣言し、保持林業は皆伐に代わる手法として州全体で採用されている。研究と実践が連携した成功例と言えよう。研究チームは保持林業を現場で普及させ望ましい結果を導くために、管理者と現地作業員と議論を重ね、保持林業の評価システムを作成した (表②)。紙面の都合からここでは記載しないが、それぞれの項目で目的、スコア付けの基準が明確に定められている (Baker et al. 2017)。

おわりに

タスマニアで 2006 年に保持林業が最初に実施された際には、保持林業は決して長続きせず、時間の無駄だと思われていた。しかし、2009 年の森林計画者の会合で、保持林業の施業上の課題 (火入れの際の保持区の延焼防止や実生の更新など) はすべて克服されたと結論付けられ、この成功には管理者、研究者、作業員間の連携が不可欠であった。この点を Baker 氏が現地で強調していたのが印象的だった。

背の高い湿潤ユーカリ林では、生産林と周囲の非生産林の構成樹種が同じである (伐採後、播種によって成立したユーカリ林は「native forest : 在来林」と呼ばれる)。この点で、針葉樹人工林が主たる生産林であり、保全対象は広葉樹主体の天然林である日本とは大きく異なる。また、タスマニアでは山火事によって維持されるユーカリの更新手法として火入れを取り入

▼表② タスマニア群状保持林業の評価システム

目的	基準	最大点	基準を満たすために必要な得点			
			A	B	C	D
森林の影響 ^a		20	20	15	10	5 or 0
	保持区から樹高分の距離内に含まれる伐区の割合	15				
保持の量と選択	保持区から樹高の2倍の距離内に含まれる伐区の割合	5				
		10	9-10	6-8	4-5	0-3
	保持区の割合	4				
保持区の健全性	保持区の代表性 ^b	3				
	保持区の位置 ^c	3				
		10	9-10	6-8	4-5	0-3
伐区の状況	林縁 vs. 島状の保持区 ^d	2				
	1 ha 以上の島状の保持区の割合	2				
	風倒に対する脆弱性 ^e	1				
	延焼しない保持区の割合	5				
		20	19-20	15-18	10-14	0-9
防火帯の影響を受けていない伐区の割合		6				
	土壤と粗大有機物への攪乱は最小化されているか？	4				
	索道の牽引の影響を受けていない伐区の割合	10				

Baker et al. (2017) の Table 1 を著者と Elsevier から許可を得て和訳・転載した。

各基準の評価は次の通り。A か B と評価された伐採地は各目的の条件に適っていると判断される。

A = 目的を明確に満たしている。

a : 伐区が保持区に隣接すれば、成熟林性の生物が伐区に定着しやすい。

B = 目的を満たしている。

b : 保持区が伐採前の生態系を代表している度合い。

C = 目的を満たしているか明確ではない。

c : 保持区が生物の生息地となる樹木や立ち枯れ木、大径倒木(直径 1m 以上)などの成熟した森林の要素を含むように設定されているか。

D = 目的を満たしていない。

d : 伐区周囲の林分に連結した「林縁」保持区のほうが、成熟林性の生物を維持しやすい。

e : 風倒が多い地域で風倒被害を受けにくい場所に保持区を設置しているか。

れていたが、天然林の構造や組成に大きな影響を及ぼす自然攪乱も日本とは大きく異なっている。例えば、タスマニアの評価システムでは延焼に関する項目が評価に取り入れられているが(表②)、日本では火入れに関する項目の重要性は低いだろう。それでも、風倒リスクの考慮や保持区の代表性などについては、大いに参考になると思われる。

*

なお、現地の案内、資料の提供に関して、Sue Baker, Tim Wardlaw, Tom Baker の三氏には大変お世話になった。本稿は聞き取りや論文、各種統計資料をもとに作成しているが、現地の森林・林業の知識は限られているので、多少の曲解や意訳はご容赦願いたい。

(やまうら ゆういち・やまなか さとし・あかし のぶひろ)

《引用文献》

- Baker, S. C., S. J. Grove, T. J. Wardlaw, D. J. McElwee, M. G. Neyland, R. E. Scott, and S. M. Read. Monitoring the implementation of variable retention silviculture in wet eucalypt forest: A key element of successful adaptive management. *Forest Ecology and Management*. 2017, 394:27-41.
- Baker, S. C., and S. M. Read. Variable retention silviculture in Tasmania's wet forests: ecological rationale, adaptive management and synthesis of biodiversity benefits. *Australian Forestry*. 2011, 74:218-232.
- 柿澤宏昭, 山浦悠一, 栗山浩一(編). 保持林業—木を伐りながら生き物を守る—. 築地書館, 2018, 東京, 印刷中
- 森 章. スウェーデンにおける生物多様性の保全に資する森林管理の試み. 保全生態学研究. 2009, 14:283-291.
- 尾崎研一. 生物多様性に配慮した天然林管理の大規模実験—カナダ, アルバータ州のEMENDを訪れて—. 北方林業. 2012, 64:273-276.
- 尾崎研一, 明石信廣, 雲野 明, 佐藤重穂, 佐山勝彦, 長坂晶子, 長坂 有, 山田健四, 山浦悠一. 木材生産と生物多様性保全に配慮した保残伐施業による森林管理—保残伐施業の概要と日本への適用—. 日本生態学会誌. 2018, 68:101-123.
- Neyland, M., J. Hickey, and S. M. Read. A synthesis of outcomes from the Warra Silvicultural Systems Trial, Tasmania: safety, timber production, economics, biodiversity, silviculture and social acceptability. *Australian Forestry*. 2012, 75:147-162.
- Yamaura, Y., N. Akashi, A. Unno, T. Tsushima, A. Nagasaka, Y. Nagasaka, and K. Ozaki. Retention Experiment for Plantation Forestry in Sorachi, Hokkaido (REFRESH) : A large-scale experiment for retaining broad -leaved trees in conifer plantations. *Bulletin of Forestry and Forestry Products Research Institute*. 2018, 17-1:91-109.

土壤踏圧と森林の科学 —欧州と札幌の事例から—

菅井徹人¹⁾・渡部敏裕²⁾・佐藤冬樹³⁾・小池孝良⁴⁾

1) 北海道大学大学院農学院 植物栄養学研究室 博士後期課程 1年

〒060-8589 北海道札幌市北区北9条西9丁目 Tel 011-706-3845 E-mail : tsugai@for.agr.hokudai.ac.jp

1. はじめに

2018年度から北海道大学北方生物圏フィールド科学センター札幌研究林（以下、北大研究林）では、林業の重要な課題である森林土壤の踏圧に関する研究を行っている。同年5月21日から25日にかけて菅井と小池は、イタリア・フィレンツェで開催された国際学会に参加した。その際にフィレンツェ（以下、F）大学の森林科学科を訪問し、欧州で行われた森林土壤踏圧の影響評価に関する最先端の研究や、試験地の見学を行った。この貴重な見学の機会が実現したのには、2015年、F大学のEnrico Marchi教授を北大に招待し、変動環境下におけるイタリアの路網開設と、それに伴う諸問題に関して講演を受けたことが背景にあった。

本稿では、土壤踏圧が森林生態系や植栽苗木に与える影響について、欧州・イタリアや札幌での事例紹介を交え、昨今の動向を紹介する。

2. なぜ今、土壤踏圧か？

持続的な森林経営の推進に向けた経営採算性の向上や、今後増加が予想される再造林面積の増加に対処するため、造林をはじめとする森林施業の低コスト化が必要となっている（林野庁）。一方で、これまでの林業における機械化の進展は、労働生産性の向上、生産コストの削減、労働強度の軽減などに貢献してきた経緯をもつ。近年では、間伐材等を、より効率的に生産するべく、列状間伐等

の林内作業にハーベスターやフォワーダを組み合わせた低コスト・高効率作業システムの採用も推進されている（たとえば北海道森林管理局）。従来型作業システムと高性能機械作業システムの実証比較によれば、生産コストは最大で50%も低減しつつ、生産性は最少でも189%にまで増加している。このように、林業の機械化は低コスト化の需要を満たすのみならず、生産性の向上にも大きく寄与していることがわかる。

低材価や従事者数の低迷、また高齢化などを背景に、今後の低コスト造林に対して、林業機械の導入に一層の期待が高まっているが、こうした状況は、総じて、林内に重機に入る回数や、その走行回数の増加等によって、森林土壤に踏圧現象が生じることを危惧させる。

こうした踏圧は、植生回復の場でもある土壤に、一体どのような影響を与えるのか。また、国内の森林は、再造林期を目前にしている。限られた土地面積を前に、今後は踏圧土壤における植栽苗木の生育評価も重要な課題となる。

本稿では、まずははじめに森林土壤への踏圧に関する従来の研究を概観し、その後、これらの課題解決に向けた糸口を探っていきたい（湊・小池2010, Cambiら2015）。

3. 世界の森林土壤踏圧に関する研究

林業機械が土壤に与える影響は、1950年代から研究が盛んに行われてきた。21世紀に入ると、

2) 北海道大学大学院農学研究院 植物栄養学研究室
4) 北海道大学大学院農学研究院 造林学研究室

3) 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター 札幌研究林



▲写真① フィレンツェ大学の踏圧実験で使用されたトラクター
(重さ約 2t, タイヤ幅は約 20cm)

林業機械による踏圧が、最も土壤環境を劣化させる影響として報告された (McNabb ら 2001)。これまでの研究により、土壤の踏圧は、一般に根系の嫌気化、根系成長抑制、水分利用性の低下を介して、森林の生産性を低下させることを指摘している (Kozlowski 1999, Agherkakli ら 2010)。

こういった林業機械による踏圧の影響は、(i) ホイール型やキャタピラ型といった重機タイヤの種類、(ii) 路網上の往復回数や集材システムといった施設方法、また、(iii) 褐色森林土や火山灰土壤などの土壤の種類等、によって大きく異なることが整理された (Cambi ら 2015)。なお、(iii) 土壤種類による踏圧影響の違いにおいて、粘土性土壤を対象にした事例が少なく、特に火山灰土壤の事例は非常に少ないという (Ampoorter ら 2012)。

一方、踏圧された土壤では、(i) 空隙率や保水力といった理化学性の劣化、また、(ii) 樹木や実生更新、土壤動物や無機化に関する微生物等の生物圏の劣化、(iii) 一酸化二窒素やメタンなど、温室効果ガスの放出量増加、さらに、(iv) 水源涵養、土砂保持力や炭素循環といった生態系機能に対する様々な影響、が指摘された (Cambi ら 2015)。

他方、林業機械による森林土壤の「攪乱」防止と管理の重要性は、世界的に注目を浴びて久しい (FAO 2004)。踏圧による林業のリスクアセスメントを行った近年の研究では、土壤踏圧の影響を低減する効果的な取組として、(i) 走行する土壤表層への木材残渣の残置、(ii) 土壤と林業機械との接触回避、(iii) 乾燥環境での走行、そして、(iv)



▲写真② ホイールで踏圧された土壤表面
(走行回数が増すことで、タイヤ跡が消える)

適切な集材計画のデザイン、を挙げている (Kimsey ら 2011)。また、近年では一度踏圧された土壤は一定の期間を過ぎた後、踏圧前の物理性を復元するといった現象が注目され、世界各地から報告がある (Zenner ら 2007, Goutal ら 2013, Hartmann ら 2014, 倉本 ら 2017)。この興味深い現象について、原因は環境条件なのか生物要因なのか、どの程度土質による差があるのか等、発生メカニズムは明らかになっていない点が多く、今後の踏圧に伴う森林土壤管理に向けた研究が期待される。(写真①、②)

4. フィレンツェ大学と北海道大学の試み

ここでは、近年の研究事例として F 大学の森林科学科 (Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali, GESAAF) と、北大研究林における取組を紹介したい。

Cambi ら (2017) は、黒土で構成された実験苗畑に二段階の踏圧条件を設定し、土壤物理性、土壤節足動物の多様性、土壤呼吸、そして、植栽苗木の生理と成長を評価した。踏圧実験の主な物理的指標である土壤容積密度 (Bulk density) や、貫入抵抗値の有意な上昇に加え、質的多様性や苗木成長量の著しい低下が確認された。一方、土壤呼吸量は踏圧による有意な差が検出されず、むしろ、土壤温度による制限が強く反映された。一般に踏圧された土壤では、土壤水分の増加や空隙率の低下に伴って嫌気的条件が形成されることが想定される。嫌気的条件は根呼吸や微生物活性への影響を介して、土壤呼吸量を低下させることが数多く報告されている (Conlin and Van Den



◀写真③ 踏圧試験用の特殊なポット

◀写真④
内部の塩化ビニル管を
裁断し、踏圧土壌中の
根系を可視化する

Driessche 2000)。土壤水分量や空隙率は土質によって大きく異なり、微生物組成の違いにも反映されることから、乾燥した地中海性気候下の土壤では、嫌気的条件が土壤呼吸量を大きく変動させない可能性が示唆された。

F大学のBarbara Mariotti博士らは、土壤踏圧が実生更新に与える短期的な影響評価を、ポットを用いた踏圧実験から試みている。ポットを用いた踏圧実験デザインは、苗畑や実際の野外試験地と比べ、人為的に踏圧できる面積としてポット口径は非常に小さい(写真③)。さらに、踏圧処理を施すことで水平方向への加重が不均質に生じ、ポットの変形や、ポット内土壤の硬度が不均質になることも危惧される。しかし、彼らが開発した特殊なポットでは、塩化ビニル管を基本に膨圧強度を高め、水平方向の加重を分散させることを試みた。結果として、狭い面積にのみ、人為的に加重しても、ポットに目立った損傷はなく、厳密に土壤踏圧条件を再現することができたという。実験では、踏圧土壤において種子を散布し、主に根系の初期発達を評価することを目的としていた。さらに、特殊なポットは、実験終了後、囲いを外し切断することで、測定が困難な地下部の詳細も評価できる点で非常に優れた装置と思われる(写真④)。

北大研究林では、2018年5月から試験地の設定と苗木の植栽を行った。高い粘土性をもつ、B_D型(適潤性褐色森林土)に近い褐色森林土壤が広がる実験苗畑で、3段階の踏圧強度を設定し、主に根系動態の評価を検討している(写真⑤、⑥)。

また、本課題では土壤物理性の変化に加え、化学性の変化にも着目した。これまでに北大造林学研究室が取り組んだ課題の一つに、大気を介した

窒素酸化物の沈着影響評価がある。人口増加や産業活動の激化に伴い、北半球の大気中の窒素酸化物濃度の増加が近年でも続いている(Gallowayら2004)。全球モデルによって予測された将来の窒素酸化物濃度も、日本を含む北東アジアで高い値となることが指摘されている(Ainsworthら2012, Akimoto 2017)。土壤に沈着する窒素酸化物は、森林の主な制限要因である窒素を供給することで、初期段階では施肥効果を発揮する。しかし、過剰量や長期にわたる窒素沈着は、土壤pHの低下や他の養分との不均衡化を介して、むしろ森林の生産性や地下部の成長を低下させることとなる窒素飽和現象として知られている(Aberら1989)。

このような窒素飽和現象は、これまで日本国内でも報告されているが、もとより国内の土壤は酸性土壤を形成しているため、現時点では明確な悪影響の評価は難しい。一方で、樹木根系は土壤養水分を求めて成長する。特に傾斜地に根を張る森林には、治山治水をはじめとした生態系サービスに期待が寄せられている。他方、近年ではゲリラ豪雨をはじめとした突発的災害が二次的に山林崩壊を誘発し、甚大な被害が増加している。国内に広がる管理の不十分な山林では、特に根系の機能を評価する必要があるだろう。また、今後想定される再造林期においても、増加し続ける窒素沈着が、踏圧土壤下に植栽された苗木の根系動態に、どのような影響を与えるのか、という点に注目する必要がある。

5. 今後の展望

重機利用の増加が見込まれる森林管理では、こ



▲写真⑤ 北大研究林における踏圧試験地（写真右手前から左奥にかけて杭を境に踏圧強度を増加させている）

これまで以上に森林土壤が踏圧される状況は必至であろう。さらに、昨今では登山やトレイルランニング等のアウトドア活動に人気が集まっている。2016年には8月11日が山の日として制定されるなど、山林域を人や社会が活用する機会も増えている。窒素沈着やゲリラ豪雨をはじめ、変動し続ける大気環境の影響も無視できない。これらの状況を鑑みたとき、今後の森林科学に対する期待として、樹木の根系動態を栄養生理学的に評価することが挙げられる。

Cambiら（2015）は、踏圧による土壤物理性の劣化が土壤栄養に与える影響を評価する研究事例が極端に少ないことを指摘している。肥沃な土質を見込まれた国内の森林土壤は、踏圧や窒素沈着によって、どのように変化し、また生育する樹



▲写真⑥ 試験地の設置に汗を流した造林学研究室の皆さん

木の根系にどのような影響を与えるのか。持続的な森林経営や治山や治水といった森林の生態系機能を管理するうえで、森の土と“泥臭く”向き合っていく必要を感じる。

（すがい てつと・わたなべ としひろ・さとう ふゆき・こいけ たかよし）

《謝 辞》

本稿の作成にあたり多くの方からご支援・ご指導をいただきました。記して感謝申し上げます。特に試験地の設置に尽力いただいた北大造林学の横山聰子氏をはじめ造林学研究室の学生一同、北大北方生物圏フィールド科学センター技術職員の市川一氏、藤戸永志氏、多くの情報と議論をしていただいたフィレンツェ大学のEnrico Marchi博士、Barbara Mariotti博士、イタリア植物保護研究所のYasutomo Hoshika博士、また研究背景を解説していただきました森林総合研究所の倉本恵生氏、山田健氏に厚く御礼申し上げます。

《参考文献》

- Aber, J. D., Nadelhoffer, K. J., Steudler, P., Melillo, J. M. (1989) BioScience. 39 (6), 378-386.
Agherkakli, B., Najafi, A., Sadeghi, S. (2010) Journal of Forest Science. 56, 278-284.
Ainsworth, EA., Yendrek, CR., Sitch, S., Collins, WJ., Emberson, LD. (2012) Annual Review of Plant Biology. 63, 637-661.
Akimoto, H. (2017) JICA Research Institute Working Paper No.137.
Ampoorter, E., Schrijver, A., Nevel, L., Hermy, M., Verheyen, K. (2012) Annals of Forest Science. 69, 533-542.
Cambi, M., Certini, G., Neri, F., Marchi, E. (2015) Forest Ecology and Management. 338, 124-138.
Cambi, M., Hoshika, Y., Mariotti, B., Paoletti, E., Picchio, R., Venanzi, R., Marchi, E. (2017) Forest Ecology and Management. 384, 406-414.
Conlin, T.S., Van Den Driessche, R. (2000) Canadian Journal of Soil Science. 80, 625-632.
FAO Forest Products and Economics Division (2004) Forest Harvesting and Engineering Working Paper No. 1.
Galloway, J.N., Dentener, F.J., Capone, D.G., et al. (2004) Biogeochemistry. 70, 153-226.
Goutal, N., Renault, P., Ranger, J. (2013) Geoderma. 193-194, 29-40.
Hartmann, M., Niklaus, P., Zimmermann, S., Schmutz, S., Kremer, J., Abarenkov, K., Luscher, P., Widmer, F., Frey, B. (2014) The ISME Journal. 8, 226-244.
Kimsey Jr., M., Page-Dumroese, D., Coleman, M. (2011) Forests. 2, 797-813.
Kozlowski, T.T. (1999) Scandinavian Journal of Forest Research. 14, 596-619.
McNabb, D., Startsev, A., Nguyen, H. (2001) Soil Science Society of America Journal. 65, 1238-1247.
湊 克之, 小池孝良 (2010) “北海道における林業工学の歴史”. 森への働きかけ—森林美学の新体系構築に向けて. 湊ら編著. 海青社, 13-28.
Zenner, E.K., Fauskee, J.T., Berger, A.L., Puettmann, K.J. (2007) Northern Journal of Applied Forestry. 24, 177-183.
倉本恵生, 津山幾太郎, 橋本 徹, 石橋 聰, 佐藤弘和 (2017) 第66回北方森林学会大会 要旨集, p.2

BOOK 本の紹介

正木 隆 著

森づくりの原理・原則 自然法則に学ぶ合理的な森づくり

発行所：全国林業改良普及協会
〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 三会堂ビル2F
TEL 03-3583-8461 FAX 03-3583-8465
2018年5月発行 A5判 200頁
定価（本体2,300円+税）ISBN 978-4-88138-357-5

この本は、森林の生態と森づくりに関する著者自身の研究と観察に、これまでの科学的根拠と経験則を照らし合わせて、森づくりの原理・原則を考察したものである。

そう書くと何か難しいようだが、個々の原理・原則が体系的にしっかりと整理され、森づくりの実際とよく関連付けられていて分かりやすく読みやすい。

著者は、例えば、大切な森林の構造の発達段階の原理・原則を論じる時にも、樹木の成長特性に関する原理・原則などともうまく関係づけており、奥深いことも分かりやすく伝わってくる。常に過去、現在、未来の時間軸と、全体と部分のやり取りを通して議論がなされており、森林生態系の原理・原則から森づくりの原理・原則まで

がしっかりと階層性を持って語られており理解しやすい。

著者は、常になぜなのかを問う姿勢、定説をも疑ってみる姿勢を強調している。これは森林・林業にとって非常に大事なことである。分かっていることばかりの仕事は面白くない。分かっていないことばかりの仕事も面白くない。この本からは「森林・林業は面白い」ということが伝わってくる。このメッセージは極めて大事だ。

まだ分かっていないところは多くあるが、これまでに得られた知識の最大公約数がよく整理されていて、さまざまな立場の人たちに大いに役立つ。研究者は普段の研究姿勢においても教えられるところが多いだろう。現場で森づくりに携わっている人達は、それぞれ

BOOK 本の紹介

小池孝良・清水裕子・伊藤太一・
芝正己・伊藤精悟 監訳

H・フォン・ザーリッシュ 森林美学

発行所：海青社
〒520-0112 滋賀県大津市日吉台2-16-4
TEL 077-577-2677 FAX 077-577-2688
2018年6月発行 A5判 384頁
定価（本体4,000円+税）ISBN 978-4-86099-259-0

名前だけは知っていても、その実その内容はよくはわからないというものがどの世界にもあります。ザーリッシュの森林美学は林学分野におけるその例かもしれません。筆者も以前、在籍していた研究室で原書を見つけ開いてはみたものの、ひげ文字のドイツ語を前に挫折した思い出が強いですが、今回その初の日本語版が出たことは、

それだけでも深い感銘を禁じ得ません。本書は英訳書からの重訳ですが、その分、英訳者の長めの序文や米国への影響に関する論文なども集録された意欲的な内容です。近代美学は19世紀に最盛期を迎えたようですが、その応用が盛んだったわけではなく、本書で対比される造園についても、庭園美学などの議論は乏しかったようで

す。それだけに「森林」に「美学」を合わせたこの書の当時のインパクトの大きさが想像されます。

ただし、森林美学はザーリッシュの独創ではなく先達が複数おり、本書では彼らからの多くの引用も交えて論が進められているので、その影響関係なども知ることができます。一方で、ザーリッシュの論は縦横無尽に展開するので、若干難解なところもあります。しかし、全体を大きく掴んで読めば、あとがきとも重なりますが、森林美学が森林を単に美ということだけでなく、今でいう多面的、公益的機能を備えた存在として包括的に捉えようとする先見性をもっていたことが窺えます。

その意味では、本書にも少し登場する、ザーリッシュの数世代前



の場に応じた真に合理的な管理・施業とはどういうものかを考えるのに役立つだろう。行政の人達は、持続可能な森林管理に向けて、どのように法律・制度を運用していくか、さらには将来の法律・制度はどうあるべきかまでを考えるのに役立つだろう。

本書は場当たり的になりがちな今の時代にこそ必要な本であり、次世代以降が新しい力を生む推力となるだろう。

(元・森林総合研究所／藤森隆郎)



に活躍したフンボルトが、自然を科学的かつ芸術的に捉えようとしていたその総合性の影響も感じられ、フンボルトの現代性にも関心が集まる中、森林美学への注目はさらに高まるのではないかでしょうか。

日本に森林美学を導入し、唯一現代まで継承してきた北大が生んだ新島善直・村山釀造『森林美学』からちょうど百年の節目の出版であることも感慨深く、多くの方にお読みいただきたい書です。

(立教大学観光学部／小野良平)

活動の原点



◀活動の原点、
津波を後世に伝える石碑
この役割を桜に担ってもらえる
よう植樹活動を続けています。

「高き住居は児孫の和楽 想へ慘禍の大津浪」此處より下に家を建てるな——これは、岩手県宮古市重茂姉吉地区で昭和8年（1933年）の昭和三陸地震の津波到達地点に建てられた記念碑の碑文です。姉吉地区では、明治29年（1896年）の明治三陸大津波で60人以上が亡くなり、生存者は2人だけ。昭和三陸津波では、100人以上が犠牲になり、生き残ったのは4人。二度とも壊滅的な被害に遭いました。

「此處より下に家を建てるな」という石碑の言葉を代々言い伝えてきたこの集落では、東日本大震災の津波は、漁港から坂道を800m上った場所にある石碑の70m手前まで迫ったそうですが、一人も犠牲者を出すことはありませんでした。ワカメや昆布の養殖のため、日々、標高差60m、距離にして900mの坂道を上り下りする住民たちは、平穏な日々が続くと海の近くに仕事場や住居を作りたくなります。この誘惑に負けなかつた姉吉の自治会長は、「これからも津波の恐ろしさを伝えなくてはいけない」と我々に語ってくれました。この姉吉の住民の取組がさくら並木ネットワークの活動の原点となっています。

もう一つの原点は、明治と昭和の津波の教訓から高台への集団移転を試みた、大船渡市三陸町吉浜地区住民の方々です。山を切り開いて宅地を造成し、低地の集落跡地を水田として活用、県道も海拔20mの高さに移しました。今回の津波で亡くなつた方は一人。この県道が多くの住居を守りました。吉浜地区には3つの石碑があり、地区全体で大切に守り続けています。

三陸では150を超すこのような石碑が建てられていますが、多くは砂をかぶって苔むし、書いてある言葉が読み取れなくなっています。

さくら並木ネットワークでは100年、150年と津波を伝えるために、年が経てば経ほど大きくなり、毎年花を咲かせてくれる桜にその役割を担ってもらうことにしました。桜の品種も長寿を誇る「江戸彼岸桜」で、100年200年の命は実証済みです。

当会では2013年の春にこの二つの地域でも東日本大震災の津波を後世に伝える桜を植樹させていただいています。

(NPO法人さくら並木ネットワーク 共同代表 小池 潔)

第28回

学生森林技術研究論文コンテスト

受賞論文の紹介

日本森林技術協会では、森林技術の研究推進と若い森林技術者育成のため、大学学部学生を対象として、森林・林業に関する論文（政策提言を含む）を募集し、優秀と認められる方々を表彰しています。2018年5月に行われた厳正な選考の結果、各賞を受賞された3名の方の論文を、推薦文をもとに紹介します。なお、受賞者の皆さんの所属は、コンテストにご応募いただいた時点のものです。

林野庁長官賞

東京大学農学部森林環境資源科学専修

こばやしりおな
小林里緒奈

根圏のカリウム濃度が コナラ実生のセシウム吸収に及ぼす影響

あぶくま
阿武隈山地一帯は全国有数のシイタケ原木の生産地だったが、2011年の福島第一原子力発電所事故で放出された放射性セシウムに汚染されたため、現在も原木を販売できずにいる。筆者の研究は、土壤に降り積もったセシウムの吸収を抑え、原木の放射能を低減する手段として林床へのカリウム散布に着目し、シイタケ原木の代表樹種であるコナラを実験材料とし、根圏のカリウム濃度とセシウム吸収量の関係を調べたものである。

コナラ実生を用いた水耕実験により、培養液中のカリウム濃度が高いと根からのセシウム吸収量が減少することを示し、また、その吸収抑制には細胞膜でのセシウム吸収を司る輸送体の変化よりも、拮抗阻害の寄与が大きいことを示した。土耕実験では、10mg／100g程度（酸化カリウム換算）の塩化カリウムを培土に添加すると、実生地上部へのセシウムの移行が半減することを明らかにした。

一方で、全国で採取した106組の自生の実生と土壤のセシウムとカリウムの定量分析を行い、セシウム吸収にはカリウム濃度以外の立地条件などの影響が大きいことを示唆する結果も得ている。

これらの研究成果は、学術的新規性があるだけでなく、福島県および周辺県でのシイタケ原木生産の再開に向けた対策と事業計画を立てるうえで、極めて有用な知見であり、放射能汚染を受けた山間地域の復興に大きく貢献することが期待できるものである。

青葉山スギ個体群の集団遺伝学的解析

天然スギは、その多くが有用材として伐採されてしまっているため、遺伝子保存林への指定など、スギ天然林の保全が急務である。最終氷期最盛期の大規模な逃避地のうち、日本海側で最大の若狭湾沿岸部のみ、まとまったスギ天然林が見つかっていないなかったが、3年前に福井県高浜町の青葉山に天然スギの可能性が高い個体群が見つかった。筆者は、このスギ個体群の生育状況や樹齢、遺伝的解析を通して天然生個体であるかの調査を行った。

調査は、フィールドでの DBH（胸高直径）測定、成長錐による年輪コア採種だけでなく、遺伝的解析では DNA 解析として、採取した針葉から DNA の抽出・遺伝子型決定を行い、その遺伝子型データを用いて、遺伝的多様性解析・遺伝構造解析・近縁性解析といった高度な解析を行った。

解析の結果、これらの個体は若狭湾沿岸における天然生個体である可能性が極めて高いと判断されるとともに、稀少なスギ天然林の保全のための、特に最終氷期の逃避地である若狭湾沿岸における極めて貴重なデータとなった。

今後の筆者のさらなる研究成果が期待されるところである。

ミズナラにおける萌芽枝形成と抑制芽との関係

筆者の研究は、里山林の維持管理上の大きな問題となってきた、ミズナラの萌芽数がある個体サイズを超えると急減する現象を、従来の資源制限仮説の問題点を整理したうえで、「個体成長の過程で萌芽に成長する芽の数そのものが足りなくなる」とする、抑制芽（潜芽）制限仮説を新たに提示し、X 線 CT による 3D 画像解析などを用いて検証した画期的なものである。

従来、ミズナラの萌芽形成の研究は、伐倒した個体を複数断面で切断して抑制芽のたどった痕跡（bud trace）を再構成していた。しかし、個体切斷によって観察を行う方法では、切斷枚数に限度があり、三次元に伸びる bud trace の成長・死亡を見るためには情報量が不足し、定性的議論の枠に留まってしまう。ここで、筆者が目をつけたのは 2010 年に発

表された、X線CTスキャンを用いた3Dでの樹体内部の可視化の論文であった。筆者は、サンプルとなるミズナラの演習林内での採取と樹皮剥ぎによる抑制芽計数という地味な作業を1年間かけてこなしながら、国内で使用可能な工業用X線CT撮影装置の所在を調べ、自ら利用交渉し、見事にbud traceの3D計測・解析を成功させた。

3Dで捉えたbud traceの情報量は圧倒的であり、ミズナラの成長過程で資源制限とは無関係に抑制芽の多くが成長を止めて死んでいく様子が、高い説得力を持って示されたのである。

このテーマは、筆者が小さい頃から実家の里山林で両親のシイタケ栽培の仕事を手伝ってきた体験から、本人の申し出により実現したものである。林業現場とかけ離れた生活を送る学生が大半となった現在において、筆者の研究モチベーションは極めて健全であり、並外れて強力であったことも評価できる。

平成30年度 森林総合研究所公開講演会『水を育む森林』

- 主 催：国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所
- 日 程：平成30年10月16日（火）13：20～16：40 ●入場無料、予約不要
- 場 所：ヤクルトホール（東京都港区東新橋1-1-19 ヤクルト本社ビル）
- プログラム：招待講演 「水と生きる 持続可能な水資源を目指して」
サントリーグローバルイノベーションセンター（株）水科学研究所 近藤平人氏
前半の部 「森林流域からの水流出—わかったこと、これから課題—」玉井幸治氏
「森林が積雪・融雪に及ぼす影響—水資源の確保に向けて—」野口正二氏
ポスター発表
後半の部 「森林のきれいな水を育かす大気からの多量の窒素流入」小林政広氏
「森林に降る雨の旅路を科学する」南光一樹氏
- お問い合わせ先：森林総合研究所企画部広報普及科広報係 Tel 029-829-8372

森林整備センター公開シンポジウム2018

- 主 催：国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林整備センター
- 後 援：宮崎県、九州森林管理局、宮崎大学農学部、公益社団法人宮崎県森林林業協会、宮崎県森林組合連合会、宮崎県木材協同組合連合会、宮崎県造林素材生産事業協同組合連合会、宮崎県緑化樹苗農業協同組合、宮崎県林業公社、公益社団法人宮崎県緑化推進機構
- 日 程：平成30年10月30日（火）13：00～17：00 ●入場無料、事前申込不要
- 場 所：宮崎市民プラザ オルブライトホール（宮崎市橘通西1丁目1番2号）
- テーマ：次世代へつなぐ森林の恵み ●内 容：以下の講演・報告ほか
基調講演：「主伐期における森林整備の課題」宮崎大学農学部教授 藤掛一郎氏
報告：「資源循環型林業の確立を目指して～宮崎県の取組～」福満和徳氏
「低コスト再造林についての研究動向」宇都木 玄氏
「エリートツリー及び特定母樹の植栽試験地について」倉本哲嗣氏
「水源の森林づくりの取組」吉江和紀氏
- お問い合わせ先：森林整備センター九州整備局総務課 Tel 092-433-1422

01 代議員選挙のお知らせ

●現在の代議員の任期が平成31年2月末で満了となるため、平成30年度において代議員選挙を行います。代議員選挙は、選挙管理委員会を設置して執り行いますが、詳しくは準備が整い次第、当協会のWebサイト等でお知らせします。

02 森林情報土研修始まる

●田中和博氏（京都府立大学）を講師に迎え、「森林GIS2級」（8/20～24）、「同1級」（8/27～31）を開講しました。また、栗屋善雄氏（岐阜大学）を講師に迎え、「森林リモートセンシング2級」（9/3～7）を開講しました。
引き続き、「森林リモートセンシング1級」（10/1～5、講師：栗屋善雄氏）を開講予定です。

03 日林協のメールマガジン・会員登録情報変更について

- メールマガジン 当協会では、会員の方を対象としたメールマガジンを毎月配信しています。ぜひご参加下さい。配信をご希望の方は、メールアドレスを当協会Webサイト《入会のご案内》→《入会の手続き》→《情報変更フォーム》にてご登録下さい。
- 異動・転居に伴う会誌配布先等の変更 これについても、上記《情報変更フォーム》にて行えます。なお、情報変更に必要な会員番号は会誌をお届けしている封筒の表面・右下に記載しています。
- メールアドレスの変更 メールアドレスが変わられた場合も、上記《情報変更フォーム》にて変更をお願いします。

お問い合わせはこちら → mmb@jafta.or.jp (担当：吉田 功)

04 協会のうごき

●人事異動【平成30年9月1日付け】

採用 管理・普及部主任調査員（委嘱）

飯田裕一

編集後記

mtnt

森林クラウドの導入が各地で広がっています。森林情報の把握・共有の効率化など、魅力的な機能を持つ森林クラウドですが、新しいものを見入するとなると、利用のための仕組み構築・手順の作成、利用開始後に明らかになる課題への対応等、多くの労力も必要です。

今号では、すでに導入をされた経験者の方々にその実際と今後の展望についてご紹介いただきました。

Contact

●会員事務／森林情報土事務局

担当：吉田（功）

Tel 03-3261-6968

✉ : mmb@jafta.or.jp

●林業技士事務局

担当：飯田（高）

Tel 03-3261-6692

✉ : jfe@jafta.or.jp

●本誌編集事務

担当：一、馬場

Tel 03-3261-5518

（編集）✉ : edt@jafta.or.jp

●デジタル図書館／販売事務

担当：一 Tel 03-3261-6952

（図書館）✉ : dlib@jafta.or.jp

（販売）✉ : order@jafta.or.jp

●総務事務（協会行事等）

担当：見上、関口、佐藤（葉）

Tel 03-3261-5281

✉ : so-mu@jafta.or.jp

●上記共通 Fax 03-3261-5393

会員募集中です

●年会費 個人の方は3,500円、団体は一口6,000円です。なお、学生の方は2,500円です。

●会員特典 森林・林業の技術情報等をお伝えする『森林技術』を毎月お届けします。また、森林・林業関係の情報付き『森林ノート』を毎年1冊配布、その他、協会販売の物品・図書等が、本体価格10%offで購入できます。

森林技術 第918号 平成30年9月10日 発行

編集発行人 福田 隆政 印刷所 株式会社 太平社

発行所 一般社団法人 日本森林技術協会 © http://www.jafta.or.jp

〒102-0085 TEL 03(3261)5281(代)

東京都千代田区六番町7 FAX 03(3261)5393

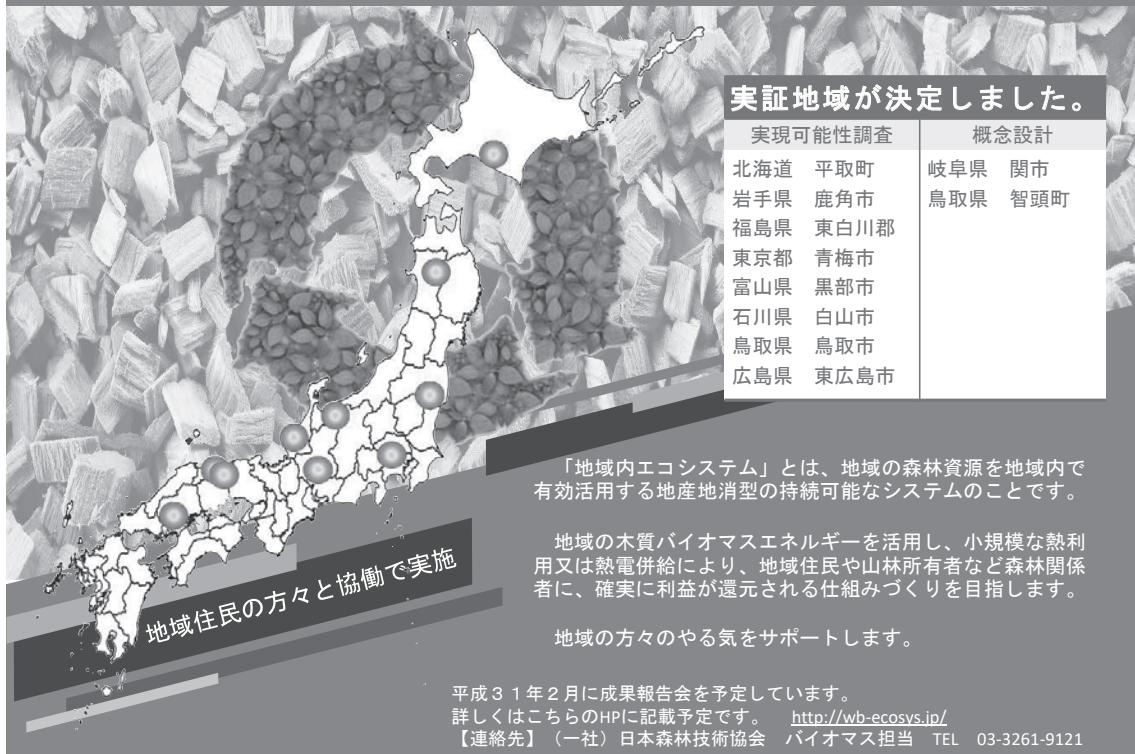
三菱UFJ銀行 銀行 船町中央支店 普通預金 0067442 郵便振替 00130-8-60442番

SHINRIN GIJUTSU published by
JAPAN FOREST TECHNOLOGY ASSOCIATION
TOKYO JAPAN

〔普通会費3,500円・学生会費2,500円・団体会費6,000円／口〕

「地域内エコシステム」構築事業

平成30年度林業成長産業化総合対策補助金木材需要の創出・輸出力強化対策事業



実証地域が決定しました。

実現可能性調査	概念設計
北海道 平取町	岐阜県 関市
岩手県 鹿角市	鳥取県 智頭町
福島県 東白川郡	
東京都 青梅市	
富山県 黒部市	
石川県 白山市	
鳥取県 鳥取市	
広島県 東広島市	

「地域内エコシステム」とは、地域の森林資源を地域内で有効活用する地産地消型の持続可能なシステムのことです。

地域の木質バイオマスエネルギーを活用し、小規模な熱利用又は熱電併給により、地域住民や山林所有者など森林関係者に、確実に利益が還元される仕組みづくりを目指します。

地域の方々のやる気をサポートします。

平成31年2月に成果報告会を予定しています。
詳しくはこちらのHPに記載予定です。 <http://wb-ecosys.jp/>
【連絡先】 (一社)日本森林技術協会 バイオマス担当 TEL 03-3261-9121

地方公共団体の皆様の 「地域づくり・森林創生」をサポートする 地域森林創生支援室 を開設しました！

私たち日本森林技術協会は、森林環境譲与税を活用し地方公共団体の皆様が主体となって進める、森林の整備や人材の育成、地域産木材の活用等、さまざまな取組をトータルでサポートすることで、「地域の夢」の実現を支援します。

支援に関するお問い合わせは、
地域森林創生支援室 ヘルプデスクへご連絡ください。
また、専用のお問い合わせフォームもご用意しています。

【お問い合わせフォーム】

当協会 Web サイト TOP
「地域森林創生支援」の
ボタンをクリック！



一般社団法人日本森林技術協会 事業部 【地域森林創生支援室 ヘルプデスク】

TEL:03-3261-9112(三宅) または 03-3261-6783(宗像) FAX:03-3261-3044 E-mail:sousei@jafta.or.jp

ひろがれ!
みらいの
農林水産

登米町森林組合
(宮城県 登米市)
FSC® C132109

生まれた、木々が、 見える木材。

「森が永く続るために、安全・安心な取引をするのが
私たちの責任」。こう語るのは、登米町森林組合の
事務組合長。違法伐採された安い木材が流通し、
日本の林業系官公署や森林環境への悪影響が深刻となっている。
そんな中、登米市は環境と地域社会に配慮した
森林経営を証明する国際的な非営利団体FSC®の
『FSC認証』を取得した。「わが組合は、認証木材の適正な加工、
流通を消費者に保証する『CoC認証』も取得しました。
『さらに、ICT技術による“統合システム”的構築を計画中です』
と続けるのは、竹中参事。これまでアナログ作業で出していた木材の
産地や伐採日などのトレーサビリティ情報を、
山での作業履歴と森林GISのデータを統合することで、
人為的ミスを防ぎ、適正に自動生成するしくみだ。
「これから時代、信頼できる情報の提供が、地域木材の
ブランド化にもつながると信じています」。森の未来を変える挑戦が、
宮城県で一番小さな森林組合で始まっていた。

*組合員所有森林面積

農林水産業みらい基金は、助成金を通じて、
登米町森林組合のICTを活用したシステム構築と、原発事故の影響からの
脱却を目指す広葉樹林の更新事業をサポートしています。

みらい基金

一般社団法人
農林水産業みらい基金

未来は、いつだって、現場から生まれる。私たち農林水産業みらい
基金は、JA(農業協同組合)・JF(漁業協同組合)・J Forest(森林組合)
グループの一員である農林中央金庫によって設立されました。



もりったい

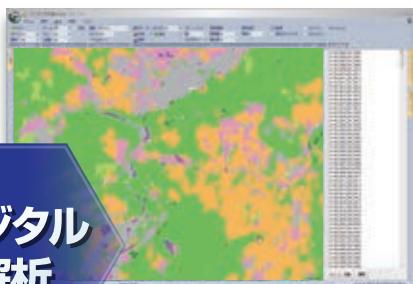
まるで本物の
森林がそこにある



3Dメガネで
立体に見える!

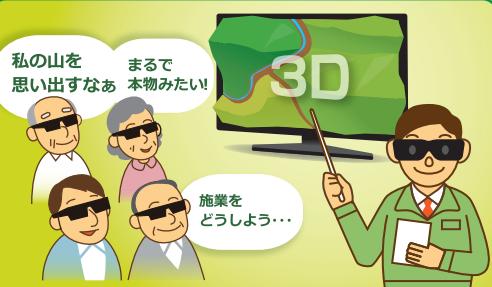
3D

デジタル
解析



ここまで進化した
デジタル森林解析

空中写真を100%使い尽くす!
立体視と専門的な解析を簡単操作!



境界の記憶がよみがえる?

過去の空中写真を立体視することで、所有者が山に入っていた当時の記憶を引き出すきっかけとなります。指し示された境界をGISデータ(シェーブルファイル形式)として保存できます。

現地調査の替わりになる?

事前に立体視で、林相、地形等を考慮した適切な調査地点を選定しておくことができます。立体視による材積推定と組み合わせることにより、現地調査地点数を減らすことも可能です。



実態に即した林相区分が効率的にできる?

空中写真から半自動で林相区分を行うことができます。人工林に広葉樹、竹が侵入しているなど、計画図に反映されていない林相の変化をGIS上で確認できます。

森林簿の資源量を見直さなくて大丈夫?

森林簿の材積は実態と異なる場合があります。空中写真から作成したDSM(表層高)データを使い、半自動で広域の資源量を把握し、様々な計画に役立てることができます。

お問い合わせ先

もりったい

検索

E-mail : dgforest@jafta.or.jp

http://www.jafta.or.jp/contents/publish/6_list_detail.html

日本森林技術協会ホームページ HOME>販売品・出版物>森林立体視ソフトもりったい よりご覧下さい。

「もりったい」は林野庁の補助事業「デジタル森林空間情報利用技術開発事業」(現地調査及びデータ解析・プログラム開発事業)により開発したものです。

サポート契約の料金

(税別)

種別	価格/ライセンス
一般価格	100,000円/年
アカデミー価格	30,000円/年

※サポート期間は1年ですが、継続されない場合でも、契約を終了された時点のバージョンは引き続きお使いいただけます。