



森林

科学

[特集]

REDD+ 熱帯林を保全する 新たな取り組み

シリーズ

森めぐり

九州大学宮崎演習林
奥会津森林生態系保護地域

うごく森

ヤクタネゴヨウの衰退と保全

現場の要請を受けての研究

岐阜県における作業路網計画支援システムの構築

No. **60**
October 2010

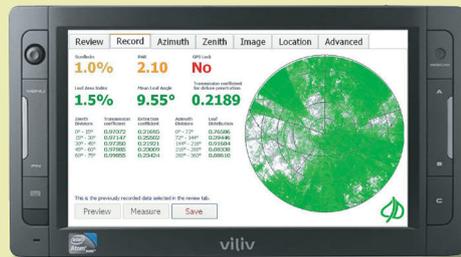


安価な LAI 観測が可能なプラントキャノピーアナライザー

CI-110

(シーアイ 110)

CID社製のCI-110は、森林内での上空を撮影する画角150度の魚眼レンズとCCDカメラ搭載の安価(従来製品の半値以下)なプラントキャノピーアナライザーです。本体を草木の下で持ちながら、接続した専用ターミナルでリアルタイムの高解像度魚眼イメージを撮影できます。任意のタイミングで静止画をキャプチャし、そのまま画像の葉面積指数(LAI)や光量子(PAR)解析が可能です。イメージをキャプチャした後、付属のソフトウェアで太陽光線の透過係数を、天頂角と方位角のグリッド数(設定可)により算出します。



専用ターミナル

スウェーデン製 成長錐 (インクリメントボア)



Haglof (ハグロフ) 社のインクリメントボア(成長錐)は成長・年輪・樹齢を高精度で測定できます。70年以上の歴史を持つ世界中で使用されている信頼ある森林調査用器具です。



長さ	価格(税込)	長さ	価格(税込)
10cm	16,821 円	60cm	54,390 円
20cm	20,475 円	70cm	78,855 円
30cm	23,856 円	80cm	94,857 円
40cm	27,573 円	100cm	106,281 円
50cm	46,242 円		

コア径は 5.15mm と 4.3mm (長さ 60cm 以上は 5.15mm のみ) 極太タイプ (コア径 10mm・12mm) も取り扱っております。



<http://www.gisup.com>

株式会社ジーアイサプライ
 〒071-1424 北海道上川郡東川町南町 3 丁目 8-15
 TEL 0166(73)3787 FAX 0166(73)3788
 info@gisup.com

フリーダイヤル カタログ請求・お問合せは

0800(600)4132

特集 REDD+ 熱帯林を保全する新たな取り組み

REDD+ の科学的背景と国際議論	2
松本 光朗	
REDD+ のために森林からの温室効果ガス 吸排出量をモニタリングする	6
清野 嘉之	
REDD+ におけるリモートセンシングの役割	10
平田 泰雅	
REDD+ と生物多様性	14
北山 兼弘	
REDD+ の制度・政策	19
百村 帝彦・横田 康裕	
コラム 森の休憩室 II 樹とともに	
根と勝負	24
二階堂 太郎	
シリーズ 森めぐり	
九州大学宮崎演習林	25
榎木 勉/矢部 恒晶	
奥会津森林生態系保護地域	28
松浦 俊也	
シリーズ 現場の要請を受けての研究	
岐阜県における作業路網計画支援システムの構築	30
松本 武/古川 邦明	
シリーズ うごく森	
ヤクタネゴヨウの衰退と保全	34
金谷 整一	

森林科学 No.60

2010年10月1日発行

領 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 田中 浩

発行人

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：00190-5-50836

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

表紙写真：無秩序な伐採によって劣化した
天然性の熱帯雨林
(マレーシア・サバ州にて
A. Langner 氏撮影)
特集「REDD+ と生物多様性」
より (15 ページ)

シリーズ 森をはかる

38 表層崩壊の発生に関与する
“脆弱層”の見つけ方

小山 敢

39 森林樹木の進化プロセスをはかる
— 遺伝子系統樹からわかること —

上谷 浩一

記録

40 第58回日本森林学会中部支部大会シンポジウム報告
森の研究 — 今とこれから —

山田 容三/小谷 亜由美

44 Information

ボックス

北から南から

REDD+ 熱帯林を 保全する新たな 取り組み

REDD+ の科学的背景と国際議論

松本 光朗 (まつもと みつお、森林総合研究所)

はじめに

貴重で豊かな熱帯林が次々に破壊され、その保全の必要性が叫ばれるようになったのは、1970年代のことであった。しかし、危機的な状況への警鐘や違法伐採防止への取り組みにもかかわらず、熱帯林の破壊は一向に止まらず、現在も続いている。近年、この熱帯林の保全について、地球温暖化への対策という新しい視点から、その仕組みの検討が国際的に進んでいる。それが REDD+ (レッド・プラス) であり、2009年12月にコペンハーゲンで開かれた気候変動枠組条約 COP15 (第15回締約国会合) においても、大きく取り上げられた。

このような背景のもと、今回、REDD+ について学会や一般への広い周知を意図し、特集「REDD+ 熱帯林を保全する新たな取り組み」を企画した。本特集においては、各論点、各視点からそれぞれの専門家が報告しているが、ここではその前段として REDD+ の背景や議論の現状について解説したい。

REDD+ とは何か？

REDD+ とは、気候変動枠組条約締約国会合 (COP) で議論されている気候変動の緩和活動のひとつであり、森林減少・劣化による排出削減、森林保全、持続可能な森林管理、森林炭素蓄積の増強 (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in Developing countries) の略称として呼ばれ、REDD+ あるいは REDD-plus と表記されている。REDD+ の活動のうち、「REDD」は森林減少・劣化による排出削減に当たるもので、「+」は森林保全以降の吸収の維持・増加の活動に当たる。

現在、REDD+ の国際議論は、森林減少・劣化の削減等の活動を行い、それにより温室効果ガス排出を削減あるいは吸収量を増加できれば、その量に応じて経済的なインセンティブ (報償) が得られるという、ポジティブ・

インセンティブの考え方が基礎になっている (図-1)。これは、森林減少・劣化は、農地や牧場、都市などの開発により進むのであるから、それよりも森林を維持した方が経済的に有利であれば森林は維持されるだろう、という社会経済的視点に立つものである。

REDD+ の科学的背景

REDD+ の科学的背景については、まず森林減少からの排出の削減に注目する必要がある。IPCC 第4次評価報告書 (2007a) は、CO₂ 排出量の8割は化石燃料・セメントからの排出であるが、残りの2割は土地利用変化つまり森林減少による排出であることを示した。また、世界農業機関 (FAO) は、ブラジル (アマゾン)、インドネシア、熱帯アフリカにおいて森林減少が激しいことを示した (FAO, 2006)。国別に見れば、2000～2005年における森林減少の世界合計 822万 ha/年のうち、ブラジルは310万 ha/年、インドネシアは187万 ha/年と、この2国のみで世界の60%を占めている。

加えて、スターン・レビュー (Stern, 2007) は、森林減少の抑制は温室効果ガスを削減する上できわめて費用対効果が高いとした。この特徴については、IPCC 第4次評価報告書 (2007b) においても注目しており、CO₂ 1トン当たり100米ドル以下のコストにおける削減ポテンシャルの65%は熱帯地域にあり、50%は森林

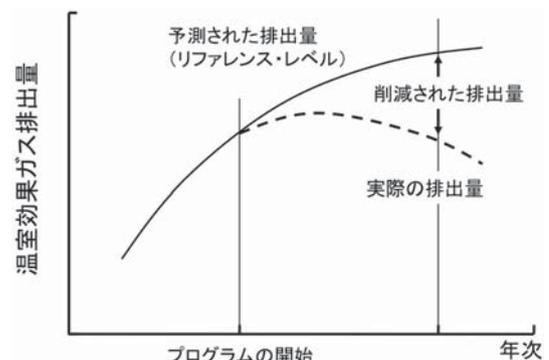


図-1 REDD+ における排出削減量

減少からの排出を削減することで達成されうる、と報告している。このように、科学的視点からは、森林減少・劣化による排出の削減の必要性が、経済的視点からはコストが他の対策よりも安くすむという期待があり、この認識が REDD+ を進める必要性の基盤となっている。

また、REDD+ の効果は温暖化対策に限られたものではない。例えば、熱帯の天然林は豊かな生物多様性を持ち、生産物、水資源、環境など、森林がもたらす恩恵は幅広い。REDD+ は森林を保全することにより、併せてこれらの生態系サービスの維持をもたらすことが期待されている。

しかし、このように森林減少・劣化を削減する必要性や経済性が認識されながらも、気候変動に係わる国際的な約束である京都議定書は、それを止める仕組みを持たないという現実がある。なぜなら、京都議定書は先進国の排出削減に係わる約束であり、途上国の排出削減や REDD+ に係わる約束や枠組みが全く無いのだ。わずかに、植林による CDM (AR-CDM) が京都メカニズムに含まれているが、これは植林のみを対象としており森林減少・劣化の削減は対象となっていない。このような背景から、2012 年以降の次期約束期間に向けて、途上国の森林減少・劣化による排出を抑制する仕組みとして REDD+ が議論されている。

国際議論の推移

REDD+ の議論は、2005 年の COP11 モントリオール会合においてパプアニューギニアとコスタリカが、Avoiding Deforestation (森林減少の回避) というキーワードを用い森林減少の削減による温室効果ガスの排出削減対策を新しい議題として提案したことから始まった。その後、他国からも類似した提案がなされ、それらを総称して REDD (Reducing Emission from Deforestation in Developing countries : 森林減少・劣化による排出削減) と呼ばれるようになった。当初は REDD の 2 つめの D は発展途上国を表す D であったのだが、その後、森林劣化 (Forest Degradation) の削減も同様に重要であると言う議論が広がり、2007 年の COP13 バリ会合において、REDD の DD には森林減少と並列して森林劣化も含まれることで合意された。

COP13 で合意された「バリ行動計画」には、森林減少・劣化による排出削減と並んで、「保全、森林の持続可能な管理、森林の炭素貯留量の増加」が明記された。この

考え方が 2008 年 COP14 ポズナン会合において決定案に含まれ、REDD+ と呼ばれるようになった。2009 年 COP15 でのコペンハーゲン合意においては、REDD-plus という表記で、その枠組みの早期構築の必要性に言及された。

このように、REDD+ の議論は基本的な森林減少の回避から始まり、森林劣化、そして保全活動について、段々と対象とする活動が増え、現在の REDD+ の姿となった。その背景には、森林減少だけを対象とすれば、ブラジル、インドネシア、熱帯アフリカ諸国以外の多くの途上国はこの枠組みに参加できないという理由から森林劣化が対象に加えられ、さらには REDD だけでは森林保全政策や植林政策を進めている途上国が参加できないという理由から + 部分の活動が加えられたという、各国それぞれの事情や主張があり、環境と経済の関係を扱う国際交渉ならではの展開を呈している。

REDD+ の論点

ここで、REDD+ を進めるにあたっての論点を、温室効果ガス排出量の観測手法や算定方法などの方法論と、REDD+ を進める枠組みや資金を中心とした政策論といったアプローチに沿って説明する。

・方法論

REDD+ が排出削減量に応じたインセンティブをもたらす仕組みであるためには、まず森林炭素蓄積量の変化を適切にモニタリングできなくてはならない。COP15 と並行して開かれた SBSTA31 において合意された方法論では、堅牢で透明性を持つ森林モニタリングシステムの構築の必要性が示された。加えて、算定手法として IPCC ガイドラインを用いること、そして炭素変化量はリモートセンシングと地上調査の組み合わせにより推定することが明記された (UNFCCC, 2009)。しかし、細かな方法までは示されているわけではなく、これらの合意の基礎の上に立ち、個別具体的な手法を検討していく必要がある。本特集では、モニタリング手法について清野と平田が詳しく説明しているので、参考にしていきたい。

モニタリング手法に加えて、参照レベルの設定方法が方法論のカギとなる。なぜならば、評価される削減量は、参照レベルの設定方法によって大きく変化するためである。図-2 には、天野 (2010) の成果を参考に、代表的な参照レベルの設定方法とそれにより評価される削減

量について、概念的に図示した。

図-2において、①基準年による参照レベルは、現在の京都議定書の基準年比と同様な考え方であるが、排出量の年々変動が大きい場合には有利・不利が大きく表れる。②基準期間による参照レベルでは、年々変動を平準化する効果がある。排出量の変化を一次回帰式で表した③簡易モデルによる参照レベルでは、求め方は比較的簡単だが、図のように極端な値が得られる恐れがある。また、回帰式を得るほどの過去の排出量の推移を推定できるのかという問題もある。④将来予測モデルによる参照レベルは、例えばGDPや農地面積などを説明変数として排出量を推定するモデルを開発し、それによる将来予測から参照レベルを設定する方法である。政策の効果が予測できるなど有利な点もあるが、過去の豊富なデータが必要であり、適用可能な国は限られるだろう。

このように、参照レベルは得られるインセンティブ量に大きな影響をもたらす。様々なアイデアが提案・議論されているが、国際交渉の中ではまだ具体的な議論には至っていないのが現状である。今後、実際の適用事例や比較研究が進めば、さらに激しい議論になるだろう。

・政策論

REDD+の政策論の主な論点としては、枠組み、資金源、境界、MRV(測定、報告、検証)、国内政策などが掲げられる。まず、どのような枠組みを作るのか、その資金はどうするのかは、REDD+の根幹に係わる論点である。当初より、資金は基金方式とするのか、市場クレジット型にするのかという議論は続いている。最近では、当初は国際的な資金で途上国の能力開発を行い、次の段階では基金方式により限定的な支払いを実行し、さらに次の段階で本格的な市場クレジット方式に移るというア

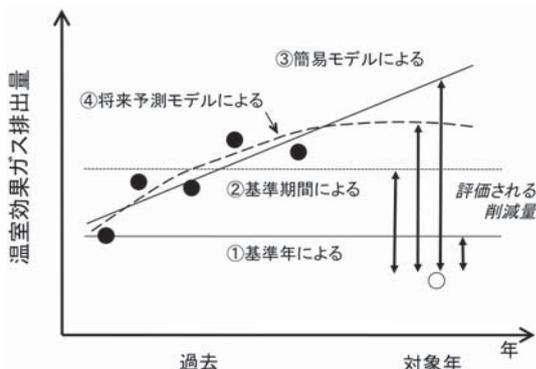


図-2 参照レベルの設定方法と評価される削減量の比較
天野(2010)を参考に筆者が作図した。

イデアが広く受け入れられている。このような、段階を踏んだ適用方法はフェーズドアプローチと呼ばれており、様々な議論で用いられている。

また、REDD+は、その議論の当初から、活動対象の境界を国境とすることとしている。これは、プロジェクトや狭い範囲での境界では、ディスプレイメントの恐れがあるため、それを排除するために境界を国境とすべきという考え方である。ちなみに、ディスプレイメントとは、京都議定書でのCDM(クリーン開発メカニズム)ではリーケージに当たるもので、境界内の排出削減活動のために、境界外で排出が発生することである。現在の交渉では、活動やモニタリングを国レベルで行うのは大変であるという理由で、準国(sub-national)レベルも認めるべきと主張している国もあるが、将来的には国レベルとなる見込みの上でのみ準国レベルも認めるべきという議論が中心である。なお、国をまたぐ国際的なディスプレイメントも議論が上がっている。

MRVは、REDD+だけに留まらず、緩和活動全体に広く用いられている略語である。これは、排出削減量・吸収量の評価は、測定可能(Measurable)、報告可能(Reportable)、検証可能(Verifiable)であるべきという考え方である。特に、排出削減量・吸収量に応じてインセンティブを与えるのであれば、MRVは当然であり、その考え方を表現した合い言葉となっている。

ところで、実際にREDD+を進めるには、対象国内の制度・政策を、REDD+を適切に推進できるように新設、あるいは組み替えていく必要がある。たとえ森林のモニタリングシステムを構築しても、森林減少・劣化の削減等の結果を生み出す政策を採らなければ、意味を為さない。施策では、まず、その国で森林減少・劣化が発生している理由を解明し、それに応じた対策を講じる必要がある。方法論に係わるSBSTA31合意文書(UNFCCC 2009)では、対象国は排出をもたらしている森林減少・劣化の原因(drivers)の特定、並びに排出削減および吸収量増加、森林炭素量の安定化をもたらす活動の特定、を要請している。そもそも、REDD+には各国のガバナンスが必須であり、適切なガバナンスをもたらす制度設計にすることも、REDD+の枠組みを設計する上で重要である。このような制度・政策の話題については、本特集において百村が詳説している。

・その他の論点

REDD+は、生物多様性など生態系サービスの面から

も期待が大きく、特に生物多様性条約との連携強化はシナジーという言葉で語られている。しかし、生物多様性の議論や視点を REDD+ にいかに組み込んでいくかという具体的な話題には至っておらず、まずはプロジェクトレベルなどの経験をふまえた提案が求められる。この話題については、本特集では北山が報告している。

また、国際交渉においては、REDD+ の中での先住民や地域住民の権利に係わる議論に、多くの時間と労力が割かれ、COP15 の決定書においても REDD 関連活動の測定・報告に関して先住民や地域コミュニティの関与の必要性が言及されている。

REDD+ の現状

このように REDD+ の国際議論は進んでいるものの、現状では UNFCCC においては国際制度構築には至ってはいない。しかし、REDD+ に関する自主的な活動はすでに広く始められている。2010 年 5 月 27 日に開かれた閣僚級会合「気候と森林に関するオスロ会合」において、REDD+ の活動や資金支援を促進するため、関心国による「REDD+ パートナーシップ」が構築された。これは条約上の公式なプロセスが決着していないなか、非公式な形ではあるが REDD+ を進展させていこうというものである。また、REDD+ に関する多国間・二国間のプログラムも進められており、世界銀行の森林炭素パートナーシップ・ファシリティー (FCPF)、食糧農業機関 (FAO) や国連開発計画 (UNDP)、国連環境計画 (UNEP) による UN-REDD、ノルウェーとインドネシアのパートナーシップなどが代表的な例である。

さらに、民間の Voluntary Carbon Standard (VCS) は REDD+ 活動によるクレジット化をいち早く制度化し、自主的なプロジェクトレベルでの REDD+ 活動で広く用いられている。これらの自主的な枠組みは、将来 UNFCCC における枠組みやその算定ルールに影響をもたらすことが考えられ、注視していく必要がある。併せて、わが国の自主的な方法論、算定ルールを構築することも考えていく必要もあろう。

おわりに

本報告では、科学的背景とこれまでの国際議論を交えながら、REDD+ について解説した。REDD+ は今まさに熱く議論されている案件であり、議論がどこに向かう

のか、五里霧中の状況である。個人的には、REDD+ という理想に対して、各国がそれぞれ違う夢を見ているのではないかという印象を持ち、森林と乖離した経済の議論を耳にして違和感を持つこともある。しかし、だからこそ、REDD+ を巡る国際議論が、科学的なアプローチの必要性を、そして何よりも森林や地球環境を守るといった目的を見失わないよう、学会や研究者が積極的に取り組んでいく必要性を強く感じる。

このような国際的な盛り上がりや背景に、我が国は REDD+ パートナーシップの共同議長国となり、外務省による環境プログラム無償「森林保全」など、REDD+ に係わる取り組みが始まっている。また、我が国での拠点として、(独)森林総合研究所は、2010 年 7 月に「REDD 研究開発センター」を設立した (<http://www.ffpri.affrc.go.jp/news/2010/20100804redd/documents/redd.pdf>)。同センターでは、政策やモニタリング手法の開発といった REDD+ に係る調査、森林技術の研修・普及、セミナー開催や情報発信などにより民間等による森林保全の取り組みの拡大を進める計画である。

引用文献

- 天野正博 他 (2009) 環境省地球環境研究総合推進費終了研究成果報告書 森林減少の回避による排出削減量推定の実行可能性に関する研究, 環境省, 31-50.
- IPCC (2007a) Climate Change 2007 - The Physical Science Basis, 996pp, Cambridge University Press.
- IPCC (2007b) Climate Change 2007 - Mitigation of Climate Change, 851pp, Cambridge University Press.
- FAO (2006) Global Forest Resources Assessment 2005, 320pp, FAO.
- Stern, N. (2007) Stern review on the economics of climate change, 692pp, Cambridge University Press.
- UNFCCC (2009) FCCC/SBSTA/2009/L.19/Add.1, 3pp.
- UNFCCC COP (2009) Copenhagen Accord, 2pp, UNFCCC.

REDD+ のために森林からの温室効果ガス 吸排出量をモニタリングする

清野 嘉之 (きよの よしゆき、森林総合研究所)

1. はじめに

REDD+ は、対策を取らないと森林が減少したり、劣化が進んだり、あるいは状態の改善が見込めないような途上国の土地（最大単位は国と考えられている）を対象に、生態系の炭素蓄積量の状態の改善をはかるしくみである。歴史的に見ると、森林減少の一番の理由は森林を農地や牧地など食料生産の場に作り変えてきたことにある。森林が減少・劣化する原因はその土地だけにあるのではなく、他の地域や他国との取引にあることが少なくない。また、農業の技術革新が遅れていたり、農林産物の輸出に依存したりする国では、単独で森林の減少・劣化の対策を図るのは容易なことではない。このため、国際的な枠組みの中で地球的規模の合理化を図ることで、途上国の森林の状態を改善しようとするのが REDD+ といえる。そして人為的活動に原因がある温室効果ガスの総排出量のうち森林の転用などによるものが2割もの量を占めていること、その大半が熱帯（途上国）林からであり、対策費が安上がりで済むとの情報（例えば、IPCC の第4次評価報告書）が、国連を中心とする REDD+ のしくみづくりを強く後押ししている。REDD+ は、森林を減らしながら行われている途上国の食料生産活動を、他の国や地域に移転（displace）させる働きかけと見ることもできるであろう。

本稿では森林の炭素蓄積量や温室効果ガスの吸排出量をモニタリングする手法の現状を解説する。REDD+ の実現に向けて、熱帯林が変化し、減少していくプロセスを科学的でかつ低コストの現実的な方法で把握することが求められている。筆者も、全ての森林を対象とする合理的な把握手法の開発に努めている一人であるが、どうしたら良いのか、まだよく分からない点も多い。ここでは熱帯林の人為的变化を土地利用変化の観点から一度整理したうえで、モニタリング手法について述べる。

2. 熱帯林の人為による変化と REDD+ が扱う部分

世界の熱帯地域に共通する森林減少の要因は天然林の農地転換である。植民地時代からサトウキビ、コーヒー、ヤシ、クローブ、コショウなどの農作物が作られてきた。地域的な特徴もあり、東南アジアでは天然林の商業択伐のための道路敷設を誘引とする開墾、アマゾンでは大規模牧場造成とそのための道路敷設を誘引とする開墾の影響が比較的大きい。アフリカ、南アジア、中央アメリカでは人口増加による過伐で天然林がじりじりと減っている。図-1 はカリマンタン（ボルネオ島インドネシア領）の熱帯雨林で、人為的活動が一次林をさまざまな植生に変えていく様式を示したものである。詳しくは原著（Kiyono *et al.*, 2003）をあたっていただきたいが、(1) 焼畑造成が一次林を著しく劣化させ、休閑期間の短期化が低木林を増やす、(2) 一次林や劣化林がゴム林や果

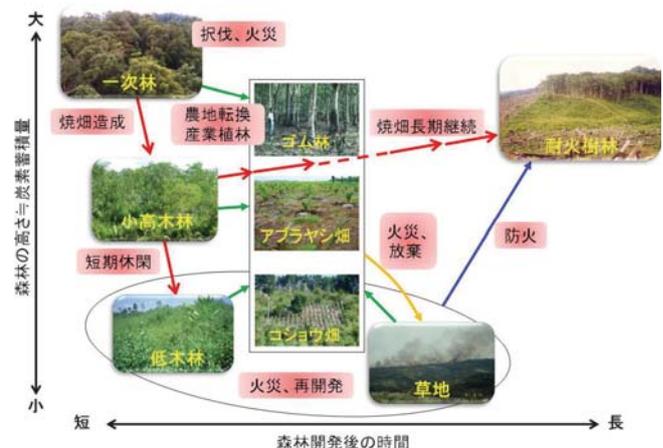


図-1 熱帯雨林の開発と森林の変化
赤の矢印は焼畑の作付け、緑の矢印は農地・産業植林地への転換、茶色の矢印は農地・産業植林地の放棄、青の矢印は防火をそれぞれ表す。

樹林、コショウ畑などの農地・産業植林地に転換される、(3) 転換地はしばしば火災や経営の失敗などにより放棄され、跡地に草地が成立する、(4) 草地は類焼しやすいため、草地に造成された農地や産業植林地は火災に遭い易いといった、不可逆な土地利用変化が起きている。このような土地利用変化は東南アジアの熱帯雨林でよく見られる。

REDD+ は森林減少・劣化の他に、保全 (conservation)、森林経営 (FM)、造林による森林炭素の蓄積増大 (enhancement) も対象とする。図-1 の例について見ると、一次林の利用を制限することは conservation、天然林での持続的な木材生産は FM にあたる。焼畑造成や休閑期間の短縮は森林減少・劣化の直接原因となる。また、草地の防火・造林は enhancement にあたる。農地転換や植林は、森林の定義しだいで森林減少、森林劣化、FM、enhancement になったり、単なる森林内あるいは農地内の変化と見なされたりする可能性がある。森林の定義は、京都議定書の第一約束期間では国ごとに定めているが、REDD+ ではルールが決まっていない。したがって、例えば、低木林やゴム林を林地と定義すると、低木林へのゴム林造成は林地内の変化になるので FM になる。また、低木林を森林、ゴム林を農地と定義すると、低木林のゴム林造成は森林減少にあたる。このように、ある植生の改変が REDD+ の対象になるかどうかは森林の定義によって変わることがある。

この熱帯雨林の地域の例では、森林減少・劣化につながる主要な人為的活動は択伐や農業、産業植林、火事であった。しかし、他のバイオームでは森林減少・劣化の主要な原因が異なると考えられる (表-1)。例えば、乾季の長い地域では農業よりも牧畜業の影響が強まり、火事の影響は弱まる。開発された泥炭湿地林では計画的な排水が施される結果、泥炭の水位が下がり、乾燥した時

期に泥炭火災が起きやすくなる。マングローブ林では養魚池の造成が森林減少をもたらす。

3. 森林からの温室効果ガス吸排出量をモニタリングする手法

森林から発生する主要な温室効果ガスは二酸化炭素、亜酸化窒素、メタンの三つである。森林減少・劣化に由来する主要な温室効果ガスとは、具体的にはこれらのガスを指す。二酸化炭素はおもに植物や落葉、土壌中の炭素が分解したり、燃焼したりすることにより発生する。また、森林火災が起こると亜酸化窒素やメタンが発生する。亜酸化窒素は土壌有機物の分解時に発生する。このように温室効果ガスの種類や発生様式にはいろいろあるので、地球温暖化影響の大きいものを優先して把握することが大切である。筆者らの試算によると、カンボジアの季節林では、バイオマスと土壌からの二酸化炭素、インドネシアの泥炭湿地林ではそれに加えて有機土壌からの亜酸化窒素の排出量も重要であった。大きな排出量が発生する可能性があり、モニタリングの対象として優先すべき炭素プールは、バイオームやそこで行われている主要な人為的活動の種類によって異なると考えられる。

REDD+ に対応した森林からの温室効果ガス排出量のモニタリングでは、一度に広域を対象にでき、かつ準リアルタイムにデータが得られる方法が求められる。熱帯では道が少なく、地上からのアクセスが困難なことが多い。このためリモートセンシング技術などを利用して系統的にデータを収集し、モニタリングやその結果の検証に必要な精度を備えた情報を整備する必要がある。先に述べたとおり、影響の大きい温室効果ガスは、森林減少・劣化の原因によって異なるので、農地転換や抜き伐りなど、地上の人為的活動の種類に合わせた把握手法を選び、必要に応じて開発もする必要がある。作業の効率化には対象国の既存データや、データの収集に利用できる既存

表-1 熱帯林の主要なバイオームと天然林の劣化・減少の直接原因となる人為的活動

	農業	牧畜業	漁業	産業植林*	択伐	燃材	火事
雨林	○			○	○	○	○
季節林	○	○		○	○	○	○
乾性林		○		○	○	○	
泥炭湿地林	△			○	○	○	○
マングローブ林			○		○	○	

* アカシア、ユーカリなどの植林の他にゴム林やアブラヤシ畑など木質多年生植物の栽培地を含む。

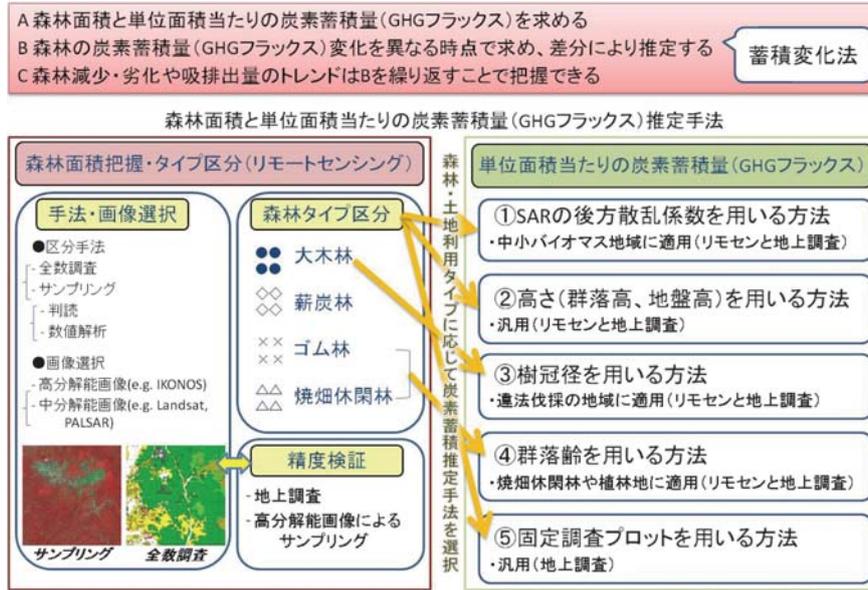


図-2 森林減少・劣化による吸排出量の推定手法
 GHG フラックス：温室効果ガスの吸排出量。

の組織・システムの利用をはかることが重要である。精密なデータは限られた地域でしか得られないことが多いので、それを広い地域を対象とする推定値と整合させつつ、活用する方法をよく検討する必要がある。京都議定書では、国レベルで森林面積の変化とそれに伴う炭素吸収・排出の算定、及び管理された森林の吸収量の算定が必要であった。REDD+ ではルールがまだ決まっていないが、持続可能な森林管理の見地から、途上国にも同様の算定が求められる可能性もあることから、議定書の方法に準じて、森林の面積と、単位面積当たりのバイオマスを用いる算定手法を採用するのが良いと考えている。図-2 は劣化・減少が進む東南アジアの湿潤林を対象に、生態学的視点にもとづき、また、IPCC 等での国際的合意に準拠して、衛星リモートセンシングと地上調査を組み合わせて、森林からの温室効果ガスの吸排出量をモニタリングする手法を示したものである。

(1) 吸排出量のモニタリングの手順

吸排出量を計測する方法には成長量 - 損失量法と蓄積変化法がある。前者は、成長による吸収量と伐採など攪乱による損失量との差を吸排出量とするもので、林地生産力や伐採量・森林火災などのデータを必要とする。しかし、違法伐採などによる森林劣化では伐採量の把握は難しい。このため、炭素蓄積量の変化を吸排出量と捉える蓄積変化法が適切と考え、東南アジアで実行可能と考

えられる複数の方法を選んで、取るべき手順を示した(図-2)。まず、森林タイプ・土地利用タイプをリモートセンシングなどで区分し、各区分の森林面積を把握する。つぎに、各タイプの単位面積当たり炭素蓄積量を①～⑤の5つの方法のいずれかで推定する。そして、両者を乗じてタイプ別の炭素蓄積量を把握して合計する(A)。これを、時間をおいて繰り返し、炭素蓄積量の差分から吸排出量を推定する(B)。さらに、計測を繰り返すことでトレンドを把握できる(C)。

(2) 森林の区分と面積のモニタリング

森林の区分や面積の計測は、中解像度以上のリモートセンシングセンサを用いて実施できる。ただし、光学センサ*は一年中雲が多い熱帯雨林などではあまり使えない。また、合成開口レーダ**も急斜面にある森林には使えないので、複数の方法を組み合わせ、弱点を補い合う工夫が必要である。

(3) 単位面積当たりの炭素蓄積量のモニタリング

単位面積当たりの炭素蓄積量のモニタリングは、森林タイプや森林減少・劣化の原因によって適切な手法が異なってくる。すなわち、抜き伐りが行われる大木林に対

* 太陽光の反射を計測して地上の状態を知る方法。一般のカメラなどと同じ原理。
 ** 上空からマイクロ波を発し、地上からの反射を計測して地上の状態を知る方法。

しては、一つ一つの樹冠を判読できる高解像度のリモートセンサを用い、樹冠をモニタリングすることによって炭素蓄積量の変化を把握できる(図-2③)。焼畑が盛んな地域では、休閑地に成立した二次林に対して、中解像度以上のセンサで焼畑の土地とサイクルを把握し、休閑年数(収穫後の年数)をパラメータにして炭素蓄積量を推定できる(同④)(例えば、Inoue *et al.*, 2010)。この他、条件は限られるが、合成開口レーダの後方散乱係数(同①)や群落高(同②)、固定調査プロットの毎木調査データ(同⑤)も炭素蓄積量の推定に利用できる。

樹冠径のアプローチは航空機や高解像度衛星センサの利用が必須で、コストがかさむ難点がある。また、光学センサなので、雲があると使えない。この方法は対象とする森林の状態によって成績が異なり、個々の樹冠を判別しやすい大径木林や疎林に適している。竹林や若い二次林ではこの方法の適用は難しく、したがって、この方法は焼畑休閑林には向かない。林冠下で行われる燃材採取などによるバイオマス減少もこの方法では検出できない。

群落齢を用いるアプローチは、焼畑や人工林造成など、群落の成立初期に裸地化する時期を持つ土地利用システムで有効である。中解像度以上のセンサを用いて裸地の発生時期と場所をモニタリングすることにより、群落齢と群落の炭素蓄積量の関係式を利用して炭素蓄積量変化を推定できる。こうした場所では土地利用は住民によってコントロールされており、変化の予測が比較的し易く、地上データ取得のためのアクセスも比較的良い。しかし、年1回以上のモニタリングが必要で、リモートセンシングによる裸地検出の失敗は炭素推定の精度を下げる。手法の実施コストは中程度である。

固定調査プロットを用いるアプローチは様々な森林タイプおよび森林減少・劣化形態に適用可能な汎用的手法である。系統的に設置された多数の固定調査プロットを利用することで精度の高い森林減少・劣化のモニタリングが可能となる。農地転換や択伐といった全ての事象に対して、他の手法よりも幅広く適応できる。しかし、設置が系統的でない場合は、プロットの代表性に難が出る。

*** プロットの存在が知られる結果、林産物が採取されなくなる、調査が妨害されるなど、プロット内の森林の生育が周囲と異なるものになる場合がある。プロットの存在が知られていないことが望ましい。

また、プロットの設置の仕方によっては、シークレット性に難が出る***。プロットの設置やモニタリングのアクセスの経費が高価になる場合は、広域を対象とすることが難しくなる。適切な簡素化手法の開発と訓練された住民のモニタリングへの参加は、この手法によるモニタリング精度の向上とコストの削減を可能にするであろう。

以上をふまえて、森林からの温室効果ガス吸排出量をモニタリングする手法として、現時点で筆者が最も現実的と考えているのは、中解像度のセンサによるリモートセンシングと固定調査プロットデータにもとづく蓄積変化法である。

4. おわりに

REDD+ のために森林からの温室効果ガス吸排出量をモニタリングするときには、生態系の特徴や、森林減少・劣化の原因、コスト、利用できるデータにもとづいて、最適の手法を選ぶことが重要である。本稿で示した手法は、いずれも開発の途上にあり、さまざまな森林での試用を通してブラッシュアップしていく必要がある。また、REDD+ の実施には、対象国自身がモニタリングを行う体制が不可欠であり、手法開発には対象国の研究者の参加が欠かせない。さらに国の森林・環境政策に深く関わっている人々が参加することにより初めて、研究で得られた知見が実地でも生かされると考えられる。

引用文献

- Inoue Y, Kiyono Y, Asai H, Ochiai Y, Qid J, Oliosio A, Shiraiwa T, Horie T, Saito K, Dounagsavanh L (2010) Assessing land-use and carbon stock in slash-and-burn ecosystems in tropical mountain of Laos based on time-series satellite images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 12: 287-297.
- Kiyono Y, Hastaniah, Miyakuni K (2003) Height growth relationships in secondary plant communities in Kalimantan for forestry projects under the Clean development mechanism of COP7. *Bull. FFPRI* 2(1) (issue 386): 43-51.

REDD+ におけるリモートセンシングの役割

平田 泰雅 (ひらた やすまさ、森林総合研究所)

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 4 次報告書などで地球規模での気候変動が指摘される中、森林の炭素固定機能が地球温暖化の緩和に果たす役割が期待されている。樹木は成長するときに、温室効果ガスの 1 つである二酸化炭素を吸収して、炭素をその体内に固定する。従って、健全な状態に森林を管理して成長を促すことにより、より多くの二酸化炭素を大気中から取り除くことができる。

一方、アブラヤシやトウモロコシのプランテーション造成のために森林が伐り開かれると、それまで樹木の体内に蓄えてきた炭素の大部分を二酸化炭素として大気中に放出することになる。発展途上国における森林減少からの二酸化炭素の排出は、人為起源の温室効果ガス排出の約 2 割を占めると言われている。従って、森林減少に歯止めをかけることが温室効果ガスの削減に大きく寄与することになり、国際的な取り組みが強く求められている。

このように気候変動の議論の中で森林は、二酸化炭素の吸収源とともに排出源としても取り扱われる。森林の成長を促進することにより二酸化炭素の吸収量を増加させ、森林減少を抑制することにより二酸化炭素の排出量を軽減させるためには、森林の状態とその変化を正確に把握し、適正な森林管理を実施する必要がある。しかしながら、地域レベルあるいは国家レベルといった広域での森林の状態とその変化を把握するには多大な労力を必要とする。

人工衛星や航空機に搭載されたセンサによるリモートセンシングは、広域での森林の状態を把握するのに適した技術であり、とりわけこれまでの森林情報が十分に得られない発展途上国における森林減少を把握するために有効な手段であると考えられている。そこで本稿では、REDD+ におけるリモートセンシングの役割について述べる。

2. COP で求められるモニタリングシステム

昨年 12 月にコペンハーゲンで開催された COP15 においては、発展途上国での森林モニタリングシステム構築の重要性が強調され、リモートセンシングと地上調査との組み合わせが有効であることが確認された¹⁾。

REDD+ は排出削減努力に対するインセンティブを前提としており、インセンティブを受ける以上、その方法論は透明かつ検証可能であることが求められる。そのため、REDD+ に参加する国には、計測可能、報告可能、検証可能な (MRV: Measurable, Reportable and Verifiable) 方法論が求められることになる²⁾。

まず、計測においては、国家レベルあるいはサブ国家レベルで森林炭素蓄積に関するデータを取得し、分析する必要がある。注意すべき点として、計測で求められるのは森林の炭素蓄積量の変化であって、面積の変化ではないという点である。リモートセンシング技術のみから森林の炭素蓄積量の変化を推定するのは困難であり、地上調査により得られた森林タイプ別の炭素蓄積量を、リモートセンシングデータを用いて国家レベルあるいはサブ国家レベルにスケールアップするような方法論が必要となる。また、サブ国家レベルでは、モニタリング対象地域での森林伐採といった活動が、モニタリングの対象地域外へと移動し (リーケージ)、実際には排出の削減になっていないにもかかわらずインセンティブを与えることのないようにしなければならない。

次に、報告については、IPCC のガイダンス・ガイドラインに準拠して算定した結果を、不確実性の評価も含めて報告する必要があり、このため関連するデータのデータベース化を図る必要がある。

最後に検証については、第三者機関により検証がなされる必要がある。COP の下に先進国と途上国の双方が次期枠組に向けて取り組む課題について検討する場として設けられた「条約の下での長期的協力の行動のための特別作業部会 (AWG-LCA: Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the

Convention)」での議論において、自国の算定結果を自国で作った委員会で検証するといった主張もあったが、他国からインセンティブを受け取るには検証のプロセスにも当然のことながら透明性が求められる。

3. リモートセンシングによるモニタリング

REDD+ において必要となるモニタリングは、森林減少のモニタリング、森林劣化のモニタリング、森林保全・持続的経営、炭素蓄積の増強に関するモニタリングの3つである。これらは、定義の上からは土地利用変化があるかないかに分けることができる(図-1)。なお、すでにAR-CDMとしてメカニズムが動いている「新規植林」、「再植林」については、現在のところ、その取り扱いをどうするかについて議論が進んでいないため、本稿では取り扱わないことにする。

当初の森林減少に加え、森林劣化および森林保全・持続的経営、炭素蓄積の増強がモニタリングの対象となったことにより、モニタリングにはより高度な技術が求められることになる(図-2)。

森林から農地や養殖地、居住地などへの土地利用変化

を伴う森林減少をリモートセンシングでモニタリングする場合、当然のことながら土地被覆に大きな変化が見られる。土地被覆の違いは、衛星センサが観測する各波長帯(バンド)での反射の違い、所謂、反射スペクトル特性の違いとして観測されるため、2時期の反射スペクトルの変化から比較的容易にとらえることができる(図-3)。ただし、雲により地上が観測できないといった問題や、季節の違いにより森林が異なって見えるといった問題に注意する必要がある。

森林減少のモニタリングと比較して、森林劣化をリモートセンシング技術により見つけ出すためには、より

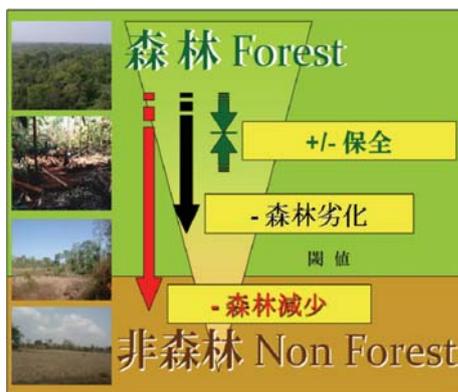


図-1 森林減少・森林劣化・保全の定義

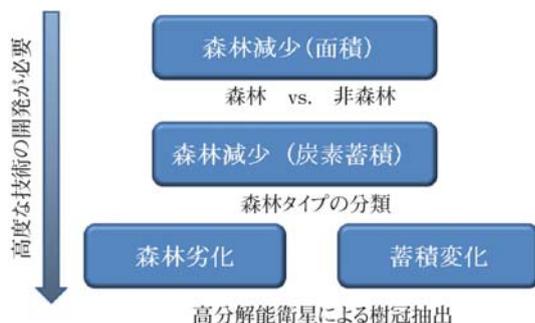


図-2 森林減少・森林劣化のモニタリングの難易度



図-3 Landsat 衛星による森林減少・森林劣化の把握(上: 1989年、下: 2001年)(メリーランド大学提供、農林水産計算センター配布)

高度な技術が必要となる。森林劣化は、価値の高い樹木の抜き伐りや過度の焼畑移動耕作、農地から飛び火した森林火災など様々な原因で起こる。例えば、違法伐採による抜き伐りを見つけ出すには、抜き伐り前後での高分解能の衛星データあるいは過去の空中写真が必要となる。この抜き伐り前後の衛星データの比較により抽出される林冠の状態の変化（ギャップの発生）から森林劣化を捉えることができる。しかしながら高分解能衛星データの取得が開始されたのは1999年からであり、これまでに観測された地域は限られている。

森林の保全・持続的経営、炭素蓄積の増強をリモートセンシングのみから定量的にとらえることは非常に困難である。これは森林の成長が緩やかであり、森林の保全・持続的経営といった活動による炭素蓄積の変化が衛星観測において反射スペクトル特性の違いとして現れにくく、また、荒廃林において補植を行うなどして炭素蓄積の増強を図るとしても、補植木が林冠に達して上空から観測可能となるには時間を要するためである。このためこれらの活動に対しては、衛星データでその範囲（面積）を明らかにするとともに、成長予測を可能とする地上での成長データの蓄積、あるいは、定期的な森林資源調査と組み合わせたモニタリングシステムを構築することにより、森林の保全・持続的経営、炭素蓄積の増強を定量的に評価することが可能になる。

発展途上国の中には、すでに衛星データを技術者が判読することにより、森林タイプを分類した地図を定期的に作成している国も見受けられる。従来の衛星データの自動分類では、画素（ピクセル）と呼ばれる衛星センサの観測単位により、それぞれのピクセルでの土地被覆の反射スペクトル特性を用いて分類を行っている。これに対し近年、ランドスケープ構造を捉えるため、ある程度まとまりを持ったピクセルの集合（オブジェクト）を画像分類の単位とするオブジェクト指向型分類が用いられるようになってきている。とりわけ、オブジェクト指向型分類において最初のステップである対象領域のセグメント化が容易なソフトウェアが登場したことにより、人間が判読するのと類似したセグメントを生成することが可能となった（図-4）。これにより、これまでの判読では技術者により分類クラスの境界の描画が異なるといった問題が改善され、また、分類クラスの曖昧なセグメントに対して判読で分類クラスを与える場合でも、従来の判読に比べて大幅な省力化が図れるようになっている。

4. 長期観測 vs. 新たな観測技術

森林の炭素蓄積量の変化のみならずその変化のトレンドを知るためには、長期にわたる多時期の観測データが欠かせない。Landsat 衛星シリーズは1972年の1号機の打ち上げ以来、一貫して衛星直下の定期観測を行っている唯一の衛星である。また、米国地質調査所(USGS)のアーカイブデータを無料で提供している (<http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>) という点でも REDD+ においての活用に対する期待は高い。但し、残念ながら現在は衛星センサの老朽化と不具合により、デジタル処理が可能なクオリティーのデータが取得されておらず、後継機の打ち上げが待たれている。

REDD+ によるインセンティブの付与では、これまでの活動に対して、大気中への炭素の排出がどのように削減されたかが重要となる。そのため過去から現在に至るまでの炭素蓄積の変化をモニタリングする必要がある。これに対して、各国の REDD+ における削減努力が評価されるのは、今後設定される将来のある期間に対しての削減努力の成果である（図-5）。気候変動枠組条約の交渉の中では、モニタリングを開始する基準年あるいは基準期間をどこに設定するのかという問題は、それぞれの国の利害に直接結びつくため議論が先送りされているが、いずれの時期に基準年あるいは基準期間が設定されたとしても、過去から将来にわたるモニタリングの方法

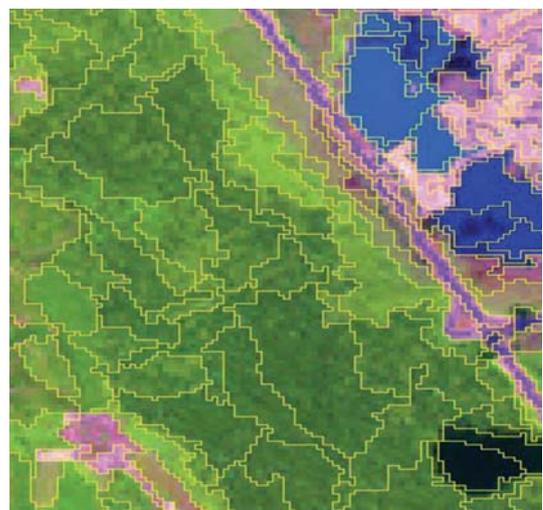


図-4 オブジェクト指向型分類による Landsat 衛星のセグメント
人間の判読と類似した領域分割を自動的に行える利点があり、大幅な省力化が図れる。

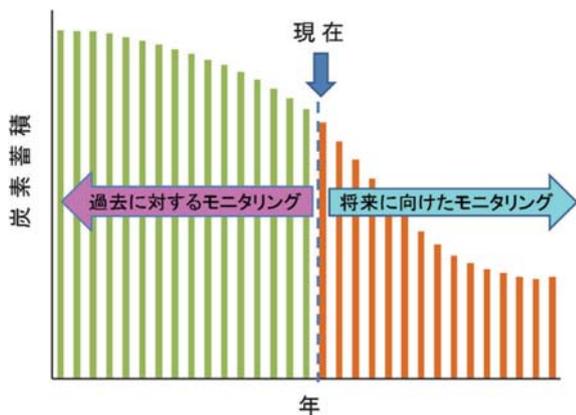


図-5 REDD+において必要とされるモニタリング

論においては一貫性が求められる。

森林減少のモニタリングに加え、森林劣化、さらには森林保全・持続的経営、炭素蓄積の増強に関するモニタリングが求められることになり、より高度なリモートセンシング技術の適用が検討されている。我が国が打ち上げた陸域観測技術衛星だいち（ALOS）に搭載された PALSAR センサを含む合成開口レーダによる森林観測は、雲を透過するマイクロ波という波長の光を用いて地上を観測するセンサが搭載されており、雲の多い熱帯地域での活用が期待されている。また、森林劣化のモニタリングへの高分解能衛星データや地上調査に替わるレーザー技術を利用した航空機 LiDAR についても、モニタリングシステムへの適用が模索されている。これらの新たな観測技術の導入に当たっては、過去のモニタリングとの一貫性を保持しながらどのように導入していけばよいのか検討していく必要がある。加えて、導入にかかる費用についても十分に吟味しておかなければならない。

5. おわりに

リモートセンシング技術は森林の二酸化炭素の吸収量や排出量をモニタリングする有力なツールである。しかしながら、リモートセンシングのみで森林の現状を正確

に把握することはできない。空から観測可能なものは基本的には林冠表面であり、二酸化炭素の吸収量や排出量を推定するためには、地上調査により得られるデータと組み合わせた解析による推定精度の向上が求められる。適正な森林管理に向けては、現在利用可能な手法を効果的に組み合わせて用いることが重要である。

また、REDD+ に取り組むそれぞれの国において、森林の状態が異なるのは勿論のこと、これまでの森林資源情報の蓄積も大きく異なる。インドにおける国家森林資源調査は長い歴史を持っており、また、ブラジルにおいては衛星を用いた森林モニタリングシステムが構築されていて、違法伐採の取り締まりなどに活用されている³⁾。しかしながら、多くの発展途上国では、森林資源モニタリングシステムの構築はこれからという国の方が多数を占めており、それぞれの国の森林の状態や体制に応じた有効なシステムを構築していく必要がある。

参 考 文 献

- 1) 平田泰雅 (2010) REDD プラスの最近の動きとその課題. 海外の森林と林業 78. 2-6.
- 2) Martin Herold and Margaret M. Skutsch (2009) Measurement, reporting and verification for REDD+: Objectives, capacities and institutions. In Arild Angelsen (ed.) "Realising REDD+: National strategy and policy options". CIFOR. 85-100.
- 3) GOF-C-GOLD (2009) A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining forests, and forestation: GOF-C-GOLD Report version COP15-1. GOF-C-GOLD. 196 pp.

REDD+ と生物多様性

北山 兼弘 (きたやま かねひろ、京都大学農学研究科)

はじめに

森林が持つ生態系サービスは気候帯に関わらず表-1のような5つのカテゴリーに分類される。このうち、供給サービス、文化的サービス、基盤サービスの3つにおいては、森林減少と森林劣化を抑止することによる直接的な受益者が地元住民であるのに対して、調整サービスと保全サービスの便益は地球上の全ての人々に広く薄く行渡る。REDD+の基本構造は気候調整サービスに対する先進国から熱帯途上国への資金供与なので、ドナーと受益者が一致する。生物多様性を人類共通の遺産あるいは生存基盤と考えると、保全サービスにおいてもドナーと受益者が一致する。このため、REDD+の枠組みにおいて、生物多様性保護を達成するための制度設計をしっかりと組み立てなければならない。生物多様性保護が組み込まれることによって、REDD+はより幅広い支持を受け、より長期に渡り持続する制度になるだろう。

REDD+は炭素排出抑制のメカニズムであるから、生物多様性や生態系サービスの保護はREDD+の実施に伴う副産物(コベネフィット)である。コベネフィットが達成されるのかどうかは、REDD+の実施方法に大きく依存しているので、それが達成されるための条件を考

察したい。

東南アジア赤道熱帯地域の森林利用と生物多様性保護の現状

まず、東南アジア赤道熱帯地域の森林利用と生物多様性保護の現状について概観したい。この地域の中心であるインドネシアとマレーシアの2カ国で森林減少が大きく進行している。2000年における、世界の森林利用と土地利用からの二酸化炭素排出量の実に42.8%がこれら2カ国に起因している(WRI, 2007)。1990年から2000年にかけての、年間森林減少率はインドネシアで1.5%、マレーシアで1.4%であった。この減少率が続くと2100年までには熱帯降雨林の90%が消失すると推測されている。炭素の収支からみると、REDD+が主に対象としなければならないのは、このような激しい森林減少が続いている東南アジアの赤道熱帯地域である。

東南アジアの赤道熱帯地域では、国立公園などの厳正な保護区の面積率が5%以下である。これに対して、木材生産の場として法的に指定されている天然性の生産林は非常に広い。ボルネオ島を例にとると、生産林の面積は3千7百万haにおよび(ブルネイを除く統計値)、

表-1 森林が持つ生態系サービスとその受益者

生態系サービスの種類	受益者
供給サービス (Provisioning services)	
原材料 (木材・繊維・天然樹脂・医薬原料)	地元生産者・消費者
エネルギー資源 (水力・バイオマス燃料)	地元生産者・消費者
調整サービス (Regulating Services)	
気候調整 (光合成による二酸化炭素吸収を含む)	地球上の全ての人々
洪水制御	地元住民
文化的サービス (Cultural Services)	
文化的・知的・精神的な刺激	地元住民
レクリエーション・エコツーリズム	地元 (海外) 住民
基盤サービス (Supporting Services)	
栄養循環・土壌形成	地元住民
保全サービス (Preserving services)	
生物多様性の維持	地球上の全ての人々

島面積の約50%を占める。木材の生産現場は生産性の高い低地に設定されているため、生産林の多くが低地性の中型・大型哺乳動物の生息地と重なっている。例えば、北ボルネオのマレーシア・サバ州では、絶滅危惧種であるオランウータン個体群の70%がいまだに木材生産の現場に生息しているとみられている。しかし、無秩序な伐採によって生産林では森林劣化が急激に進んでいる(図-1)。

生物多様性(生態系サービス)コベネフィットを達成するための実施策オプション

森林からの炭素排出抑制と生物多様性保護を調和的に達成するための実施策オプション(Harvey *et al.*, 2010)として、支援、基準、経済的動機付け、持続的森林管理の4つが考えられる。

支援とは、ドナーあるいは第三者から森林管理側への、コベネフィットを達成するための基盤整備に対して与えられる経済的・技術的支援を指す。これには、生物多様性観測技術の指導などの能力開発支援(capacity building)も含まれる。特に生物多様性コベネフィットの達成のためには、熱帯林における生物多様性の基盤データが不可欠であるため、熱帯諸国における自助努力によって基盤データの入手が困難な場合にはこれらの支援が欠かせないものとなる。例えば、高炭素・高生物多様性の森林を図示し、そこを優先的にREDD+の対象地とすることによりコベネフィットを高い費用対効果で達成できる。しかし、そのような基盤データは往々にして存在しない。このために、分類学、生態学、航空測量、地理情報など



図-1 従来型の伐採によって劣化した天然性の熱帯降雨林(生産林)
A. Langner 撮影。

から成る専門家チームによる支援が不可欠である。

以上のような支援があっても、効果的にコベネフィットが達成されるわけではない。拘束力や経済的動機付けがなければ、森林管理側には最も低いコストで森林減少・劣化を回避する力が働くので、天然林の保護よりも早生樹一斉植林の導入が優先される場合もあり得る。その場合に、天然林の生物多様性は犠牲になってしまう。このために、拘束力を伴う基準の導入や、森林管理側にとってより魅力的な経済的動機付けの導入が検討されている。

基準とは、森林管理において事前に設定された基準を満たした時に、初めてREDD+の条件が整ったと判断するための基準・指標を導入する制度である。基準は、通常、環境、周辺住民も含む社会、経済の3つの側面から成る。基準が達成されているかどうか診断されるために、基準は実際に測定可能な指標を伴う。森林管理の現場に最も広く導入されている基準の例として、森林認証協議会(FSC, Forest Stewardship Council)による基準がある。これと類似の基準を森林炭素管理プロジェクトの現場に応用した例として、Climate, Community and Biodiversity (CCB) 基準がある(CCBA, 2008)。いずれにしても、REDD+の現場に基準を導入する場合には、基準達成は炭素排出抑制努力に加わる“見返りのない余分な努力”とみなされる恐れがある。

これに対して、森林減少・劣化回避努力に対する炭素クレジット以外の追加的な経済便益の付与(経済的動機付け)が最もコベネフィット達成に向けた有望なオプションであろう。何らかの生物多様性保護効果が検出された場合、その森林の炭素価格が高まるのであれば、生物多様性保護に向けた経済的動機付けがなされることになり、炭素貯留と生物多様性保護は調和的に達成されるものと期待される。図-2は、森林保護と土地転換の分岐点を土地利用の機会費用との関係から説明したものである。森林管理の現場に配当される資金が土地転換の機会費用よりも大きければ、土地転換に経済的抑止が働き森林は保存される。もし、炭素貯留量が低くて炭素価格が機会費用よりも低くなるようであれば、土地転換に抑止が働かなくなり森林の土地利用が進行してしまう。しかし、そのような低炭素の森林であっても、多くの大型哺乳動物が生息しているかもしれない。例えば、草食性の大型哺乳動物は、森林劣化によって必ずしも個体数が減少するわけではない(Johns, 1997)。餌となる草本や低木が林冠の開放によって増加するからであ

る。そのような場合に、炭素単価を生物多様性で加重して補正することにより、炭素価格が機会費用を超過するように操作する制度が考えられる。しかし、このような制度は、低炭素の森林を守ることによって、正味の炭素貯留が低下することにもなるから、炭素排出抑制が本来の目的である REDD+ に対して、負の効果をもたらす危険性もある。

持続的森林管理によるコベネフィット達成：ベスト・プラクティスの例

それでは、一体どのようにして、REDD+ 本来の目的である炭素貯留効果を維持しながら生物多様性コベネフィットを熱帯地域で達成できるのだろうか？ それには、高炭素、高多様性の森林を持ち、かつベースラインとして森林劣化が歴史的に進行してきた地域を対象とするのが費用対効果の面から最も好ましいことになる。このような条件を満たすのが天然性の生産林である。生物多様性が他の地帯区分の森林と比べて高いかどうかは議論の余地があるが、中型・大型絶滅危惧動物種の依存度は天然性の生産林において最も高いと考えられる。これらの生産林における基盤活動は木材生産であるから、木材生産の持続性も担保されなければならない。

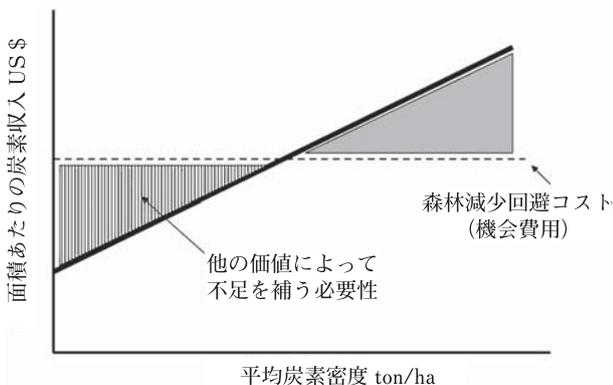


図-2 REDD+ における森林減少回避コストと炭素密度（単位面積当たりの炭素貯留量）の関係
減少回避コストは森林を農地転換した場合の機会費用に相当する。炭素密度が十分に高く、炭素による経済価値が森林減少回避コストを上回れば、森林減少（劣化）は回避される（図の灰色で塗った部分）。下回った森林（縦線部）では、これ以上の劣化を防ぐために生物多様性によって炭素価格を加重し回避コストを上回る収入が確保されるように工夫する必要がある。Miles & Kapos (2008) Science: 320 を改変。

木材生産、炭素貯留、生物多様性保護の一見相反するような3つの便益を同時達成するために、私は持続的森林管理の導入が最も効果的オプションの1つだと考えている。持続的森林管理は、元々、木材資源を永続的に生産するための概念である。マレーシアの一部の天然性の熱帯林では次世代型の持続的森林管理が導入されて、効果を挙げ始めている。このシステムから REDD+ の効果的運用へのヒントを学ぶことができる。

私が、ベスト・プラクティスの実例として挙げたいのが、マレーシア・サバ州のデラマコット管理区における持続的森林管理である（北山 2010）。デラマコット管理区は面積が5.5万 ha あり、サバ州政府が直轄経営する生産林である（図-3）。ここ一帯では1980年代までの無秩序な木材生産により森林荒廃が急激に進んだ。このような無秩序な森林利用は、歴史的に森林減少・劣化の大きな要因であるのでこの地域のベースラインと見なすことができる。サバ州政府は、無秩序な森林利用に歯止めをかけるために1989年から1995年にかけて一帯を禁伐とし、木材資源の回復を図った。この間に持続的森林管理のブループリントとなる持続的森林管理計画を作り、1995年からこれを実施した。持続的森林管理計画の中心は、低インパクト伐採（Reduced-impact Logging）の導入である。5.5万 ha の管理区を126の林班に分割し、1年間に2～3の林班を択伐することにより、40年かけて一巡するシステムとした。単位面



図-3 デラマコット管理区における低インパクト伐採後3年が経過した熱帯降雨林
手前の建物が営林署で、ここに職員が常駐し、低インパクト伐採のガイドラインが遵守されているのかを伐採に立ち会って確認する。

積当たりの木材収穫量を従来より減少させたことに加え、伐採対象木周辺の立木の巻き込み倒壊防止、伐採道路の事前計画、伐採木搬出の改善などの造林学的な配慮を加えた。さらに、鳥類・哺乳類の餌となるキーストーン種や大型果実種の伐採禁止、種子供給源となる大型樹木の伐採禁止、溪流沿いの緩衝帯の設置など、生態学的な配慮が随所になされたガイドラインを政府が定め、伐採業者がこれに従うように指導している。このような努力に対して、東南アジアで初めて森林認証協議会 FSC から森林認証が発行され、現在まで 2 回継続して森林認証が更新されている。低インパクト伐採を主体とする持続的森林管理の実施は、木材収穫量の低下に対して不釣り合いに大きなコストが発生するので、森林管理側にとって経済的に不利なシステムである。しかし、このコストを補う経済メカニズムが森林認証である。つまり、森林認証が発行されることにより、生産される木材にプレミアムが発生し、マーケットでは高い単価で取引されることになる。このような経済効果によって、デラマコットでは 2002 年から経営が黒字に転換している。

この管理区に隣接した管理区では従来の無秩序で破壊的な森林伐採が行われてきたので、デラマコットと比較することにより、持続的森林管理の効果を私たちが科学的に検証することが可能となった (Imai *et al.*, 2009)。広域評価した結果、2003 年時点での地上植生の平均 (±標準偏差) 炭素貯留量はデラマコット管理区において $178 \pm 15 \text{ ton/ha}$ なのに対して、隣接する従来型伐採の管理区のそれは $126 \pm 17 \text{ ton/ha}$ であった。2003 年は、1989 年から 6 年間の禁伐が実施され、その後持続的森林管理が導入されて 8 年が経過した年である。禁伐期間に森林が回復した効果もあるが、低インパクト伐採の導入によって収穫量の制御と不必要な立木倒壊が減少したことに加え、伐採周期の厳密な遵守によって伐採対象となる林班以外で森林が回復したため、炭素貯留量が増加したと思われる。従来型伐採はこれまで普遍的に行われてきたベースラインと見なせるので、持続的森林管理の導入により炭素貯留量は平均 52 ton/ha 増加したことになる。一方、定義上の森林面積には変化がない。このことから、森林面積だけを基準とした評価においては炭素クレジットは発生しないが、もし私たちのように広域において炭素貯留量変化を示せるのであれば炭素クレジットをもたらすことができる。

低インパクト伐採と持続的森林管理が導入されること

により、生物多様性はどのように変化したのであろうか？ 林冠を構成する高木種、中型・大型哺乳動物、土壌動物、土壌微生物など多岐にわたる分類群を調べた結果、各分類群の群集組成は低インパクト伐採後 3～8 年経過した森林と伐採影響がほとんど無い原生的森林との間で類似性が極めて高いことが示された。一方、従来型の伐採を受けた森林と原生的森林の間では類似性が低かった。群集組成は生物種と個体数の関係性に基づいて決められるので、種数や個体数を単独で使う指標よりも生物間の相互作用までも含んだ森林生態系の健全度を指標できるのではないかと考えられる。低インパクト伐採と持続的森林管理が導入されることにより、多くの分類群において群集組成は原生的森林の方向に回復してきたのではないかと推測される。このため、生物多様性においても炭素と同じように追加性効果が生じていた。

以上のように、デラマコット管理区をベスト・ブラックテイスの例として研究した私たちの結果から、低インパクト伐採と森林認証を中心とする持続的森林管理の導入により、木材生産の持続性、炭素貯留の追加性、生物多様性の追加性において正の効果が生じたことが検証された。デラマコットの森林管理の中では基準 (原則) を満たすことが義務付けられているが、これは森林認証の取得が目的であって、先に述べた REDD+ の指導的な基準の導入とは性格が異なっている。つまり基準 (原則) は指導的性格の意味合いだけではなく、森林認証によるプレミアムを発生させるメカニズムでもあるのだ。経済価値は木材に発生し、炭素に発生したわけではない。つまり、木材生産を主目的にしたメカニズムだけで、炭素排出の抑制や生物多様性保護において十分な効果が発揮されたことになる。しかし、このような持続的森林管理の導入はまだ黎明期であって、十分に浸透しているわけではない。従来型伐採がベースラインとして認められ、REDD+ に持続的森林管理が組み込まれることになると、木材プレミアムに加えて炭素にも価値が付与されることになり、持続的森林管理はより広く浸透するものと期待される。しかし、これが実現されるためには、従来型伐採をベースラインとみなし、これに対して炭素蓄積の追加性が認められるような制度が設計されなければならない。このためには、炭素密度を精度良く推定する技術の開発が前提である。

このような仕組みを表したのが図-4 である。図-4 では、森林面積の変化を基準とした炭素排出削減量の推

定に対して、面積当たり蓄積量（炭素密度）の変化を基準とした炭素排出削減量の推定法を比較している。前者は国や州などの大きな範囲を対象として REDD+ を実施する際に現実的な方法であるのに対して、後者は面積 5.5 万 ha のデラマコットのような森林管理区レベル（プロジェクト・ベースの REDD+ 実施と呼ばれる）で有効な実施策である。前者では「追加性効果」は発生しないが、後者では「追加性効果」により森林管理者にとってより大きな経済的動機付けが発生する。「追加性効果」を証明するためには炭素密度の広域評価が必要であるが、FSC のような厳しい森林認証を取得できるような森林管理者には既にその技能が存在するはずである。つまり、森林認証を取得するためには事前の木材資源調査や大型樹木個体の分布図作成を伴う包括的伐採計画が必須なので、炭素密度の空間分布図をこれらの資源調査データに基づいて作成することが可能なのだ。

生物多様性に配慮したきめ細かな森林管理に対して正当な報酬を与えるという目的からすれば、国ベースではなく、プロジェクト・ベースの REDD+ 実施が最も好ましい。森林認証を前提とした持続的森林管理により、管理者には木材のプレミアムと炭素価格という 2 つの経済的動機付けが働き、生物多様性は木材生産と調和的に保護されるからである。プロジェクト・ベースの

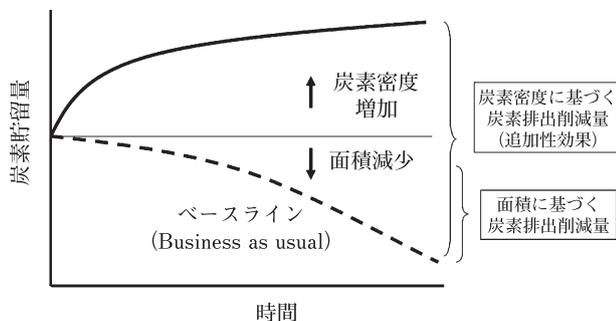


図-4 REDD+ において、広域に渡り炭素密度（単位面積当たりの炭素貯留量）が一定であると仮定し面積だけに基づいて炭素の排出削減量を推定する場合（つまり森林減少率だけに基づく場合）と炭素密度を高解像度で評価して削減量を推定する場合の比較

炭素密度に基づいた評価方法では、森林面積だけに基づいた場合に比べて、森林管理効果による炭素の増加分（追加性効果）を評価できる。これにより森林管理者に対して最も大きな経済的動機付けを与えることが可能となる。

REDD+ 実施によって、炭素のリーケージが生じる危険性はある。しかし、ボルネオを例にとると、持続的森林管理の対象となる天然性生産林の面積比率が最も広いこと、および厳正な保護と異なり管理区内で木材生産が継続するため、木材需要がプロジェクト区域外に振り分けられる危険性は少ないと思われる。

生物多様性保護のコベネフィットにとって最も好ましいアプローチは、このような森林管理区を単位とするボトム・アップの方法である。このようなボトム・アップのアプローチにおいては、国などの行政単位はどのような役割を負えばよいのだろうか。国の役割は、管理区同士を調整し、より大きな面積で生物多様性の保護効果が高まるようにすることである。例えば、隣接する管理区間で境界線をはさんで同時に森林伐採が行われることを回避すれば、森林の連続性が保たれ、移動性の高い動物の保護に効果を発揮することになる。さらに国を越境するような、より広い面積において森林のコリドーを確保できれば、より大きな生物多様性保護効果につながる。

参 考 文 献

CCBA (2008) 気候・地域社会・生物多様性プロジェクト設計スタンダード第 2 版日本語版. CCBA(<http://www.climate-standards.org>).

Harvey C, *et al.* (2010) Opportunities for achieving biodiversity conservation through REDD. *Conservation Letters* 3: 53-61.

Imai N, *et al.* (2009) Co-benefits of sustainable forest management in biodiversity conservation and carbon sequestration. *PLoS ONE* 4 e8267.

Johns AG (1997) *Timber production and biodiversity conservation in tropical rain forests*. Cambridge University Press.

北山兼弘 (2010) マレーシア・サバ州における持続的森林管理とその炭素貯留・生物多様性保護効果. *海外の森林と林業* 77: 2-8.

Miles L, Kapos V (2008) Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and forest degradation: Global land-use implications. *Science* 320: 1454-1455.

WRI. 2007. CAIT: Climate Analysis Indicators Tool. World Resources Institute. <http://cait.wri.org/>

REDD+ の制度・政策

百村 帝彦 (ひやくむら きみひこ、地球環境戦略研究機関 自然資源管理グループ)

横田 康裕 (よこた やすひろ、森林総合研究所)

はじめに

REDD+ を実現するためには、リモートセンシング技術やモニタリング手法など技術方法論の課題だけではなく、資金メカニズム、実施プロセス、取組みスケールといった制度・政策論に関する課題についても検討が必要である。現在 REDD+ は、国際交渉の場で議論が続けられ、また先駆的な取組みも始められつつある。本稿では REDD+ に関する制度・政策論について、現在の議論や取組みの動向を中心に紹介するとともに、森林の多面的機能との関連について触れる。また、途上国において REDD+ 事業を実施するにあたって、必要な国内制度・政策の整備について、ラオスにおける具体的な事例を紹介する。

REDD+ の資金メカニズム

REDD+ の基本的な考え方は、途上国での森林減少・劣化を抑制する活動や持続可能な森林管理や森林保全策によって、抑制した森林の炭素排出量や維持・増加した炭素蓄積量に応じて、経済的なインセンティブを与えようというものである。森林減少を 2030 年までに現行の半分に抑えるための機会費用(得られたはずの利益)は、年間約 170 億米ドルから 330 億米ドル (Eliasch, 2008) といわれ、これらのコストを賄うための資金メカニズムの構築が必要となる。

国連気候変動枠組条約の交渉で提案されている主な資金メカニズムは、基金方式、市場方式、そしてハイブリット方式の 3 つである。基金方式では、事業に先だって資金提供が可能であり、事業の準備・実施段階で途上国が資金を利用できるメリットがある。そして排出削減の成果に応じて、途上国が追加的な資金を得ることもできる。基金の供給源としては、国際的な基金、先進国と途上国の二国間基金、そして多国間基金などによる支援が考えられる。

市場方式は、排出削減した二酸化炭素をクレジット化

して炭素市場で取引を行うものである。炭素クレジットを先進国の排出削減分としてオフセットすることになれば、莫大な資金を先進国諸国の政府・企業等から集めることができる可能性が高い。市場での炭素取引の信頼性を確保するため、炭素排出削減行動の測定・報告・検証 (MRV) システムの確立した REDD+ 事業が実施されることとなる。資金調達面で優れる市場方式であるが、REDD+ 事業が市場優先に走ると、森林への関心が炭素のみに集まり、生物多様性保全や地域住民の生計確保など森林の持つ多様な機能が軽視される可能性があり、森林そのものが健全に管理されなかったり地域住民の生計に負の影響を与えるといった恐れもある。

ハイブリット方式は、基金方式と市場方式を組み合わせたものである。現在、最も有望と考えられているのがこの方式である。ハイブリット方式の基本的な考えは、事業初期段階では基金方式を取り入れ、途上国の政府・関連機関・地域住民等の能力育成を行うとともに REDD+ 戦略の確立や関連法制度の整備をおこない、事業実施段階では多額の資金を獲得できる市場方式を利用するものである。

すでに REDD+ の先駆的な取組みが進められているが、これらの資金調達方式は上述の分類に従って 3 つに分けることができる。まず、国際機関からの資金提供による基金方式である。これには、世界銀行による森林炭素パートナーシップ基金 (FCPF) と森林投資プログラム (FIP)、国連食糧農業機関 (FAO)・国連開発計画 (UNDP)・国連環境計画 (UNEP) による UN-REDD、そして国際熱帯木材機関 (ITTO) による REDDES などがある。これら基金に共通していることは、REDD+ 実施のために途上国の能力育成や実証活動という REDD+ 準備活動が主目的に据えられていることである。FCPF のみ、排出削減量に応じた試験的な支払いの実施まで含まれている。

次に二国間・多国間協力等による基金方式である。こ

れにはオーストラリア政府がインドネシア・パプアニューギニアを対象に設立した国際森林炭素イニシアティブ (IFCI)、ノルウェー・英政府出資によるコンゴ盆地森林基金や、ノルウェー政府などがブラジルに出資しているアマゾン基金などがある。また先進国の ODA・NGO・企業等の基金による REDD+ 実証活動の事例も、インドネシアを中心に見られる。このように先進国の政府・企業等が、森林からの炭素排出量の多い途上国を中心に活動を行っているのが特徴である。

三つ目が自主的な炭素市場からの資金調達による市場方式である。これは Voluntary Carbon Standard (VCS) などの自主的な炭素認証システムを取入れ、炭素市場で取引を行うものである。

気候変動枠組条約において REDD+ についての正式な合意がないにもかかわらず、このように多くの先駆的

な取り組みがすでに進行中である。これは将来の国際交渉での合意を見越し、各先進国・企業等が先行的に投資を行っているためと考えられる。

REDD+ の実施プロセス

国際交渉の場での REDD+ の実施プロセスは、段階的なアプローチが有力になっている。REDD+ の政策措置を検討する気候変動枠組条約の下の「長期的協力行動のための特別作業部会 (AWG-LCA)」の交渉を進めるための文書、いわゆる議長テキストでは、REDD+ の取り組みについて、段階的な実施に関して言及している。途上国は REDD+ 事業を直ちに実施することが困難な状況であり、まず能力育成、関連法制度の整備、REDD+ 戦略の策定等の準備活動を行なう必要がある。その上で REDD+ 戦略を実施し、実証活動を行い、MRV の確立

表-1 REDD+ の段階的な実施の例

フェーズ	実施内容	資金メカニズム
第一フェーズ (準備段階)	REDD+ 戦略の策定 (REDD+ の能力育成・構築、制度の強化、実証活動の実施: とくに参照排出レベル (REL) の検討、MRV システムの確立、地域住民の参加の検討)	自主的な基金方式 資金例: FCPF、UN-REDD
第二フェーズ (実施段階)	REDD+ 戦略の実施 (参照排出レベル (REL) の策定、MRV システムの改良、地域住民の参加の確立)	グローバルレベル・多国間レベルで設置した基金方式
第三フェーズ (完全実施段階)	REDD+ の完全な実施 (二酸化炭素排出削減量の結果に基づく活動の実施)	グローバルレベルで設置した基金方式から規制に合致した市場方式へ

出典: Angelsen *et al.* (2008a) をもとに筆者作成。



図-1 カンボジアにおける先駆的な REDD+ プロジェクト宣伝のための看板「森林があれば炭素があり、効果・利益をもたらす」と記載されている。筆者撮影 (2010年2月)。

REDD+ 熱帯林を保全する新たな取り組み

した REDD+ 事業を策定し、本格的な事業を実施する。そして最終的には成果ベースでの炭素の取引を行うという。このような段階的なアプローチは、途上国の現状に合致したものであるといえる。

段階的アプローチでは、準備段階において国際機関・先進国等の基金などの資金提供をもとに実施し、完全実施段階においては、莫大な資金が調達可能となる市場からの資金提供での実施としたハイブリット方式の資金メカニズムが有望である。

REDD+ の取り組みスケール

REDD+ の取り組みスケールも、さまざまな提案がある。提案されている主なものは、国レベル、準国（sub-national）レベル、そして国レベルと準国レベルを組み合わせた Nested（入れ子）アプローチの3つである。

準国レベルのアプローチでは、州・県・郡といった行政単位や保護地域・コミュニティ林業サイト・森林管理ユニットや流域といった限られた地域に REDD+ の事業対象範囲を絞るものであり、国レベルよりも小さな範囲での事業を検討することになる。対象面積が限られるため、炭素排出量の計測・モニタリングも行いやすく、森林減少・劣化の抑制や森林管理活動等も集中して実施することができる。しかし、対象地で森林減少・劣化が抑制されたとしても、その周辺地域などで伐採活動や土地利用転換など森林減少・劣化の場所が移ってしまう

リーケージ（漏れ）の課題がある。また、実施による炭素排出削減・蓄積の増加量も限られたものでしかない。

一方、国レベルのアプローチでは、国全体の森林を対象範囲として REDD+ 事業を設定する。対象範囲は国全体となるため、リーケージの問題を回避することができる。また準国レベルより圧倒的に広い面積の森林が対象となることによって、炭素の排出削減量も非常に多くなる。しかしながら、国全体として広範な森林が対象となるだけではなく、さまざまな自然・社会・経済条件の森林が混在しており、広範で複雑な炭素計測に対応できる高度な技術・機材・能力が必要となる。広範なステークホルダーに対して能力育成も必要となるであろう。

Nested アプローチでは、REDD+ 事業初期段階に、準国レベルのアプローチでの REDD+ 事業をおこなう“移行期間”を設け、その領域を徐々に広げ、最終的には国レベルでのベースラインの設定、炭素の測定、モニタリングの実施を目指すものである。AWG-LCA の議長テキストの未確定部分ではあるが、国レベルでのベースラインの設定・モニタリングシステム等を構築するだけではなく、準国レベルについても検討すると記述されている。現在の国際交渉では、REDD+ 事業は国レベルまで広げた実施に対して支持する声が多い。REDD+ の取り組みスケールにおいて、国レベルにまで広げることができる Nested アプローチが採用される可能性がある。

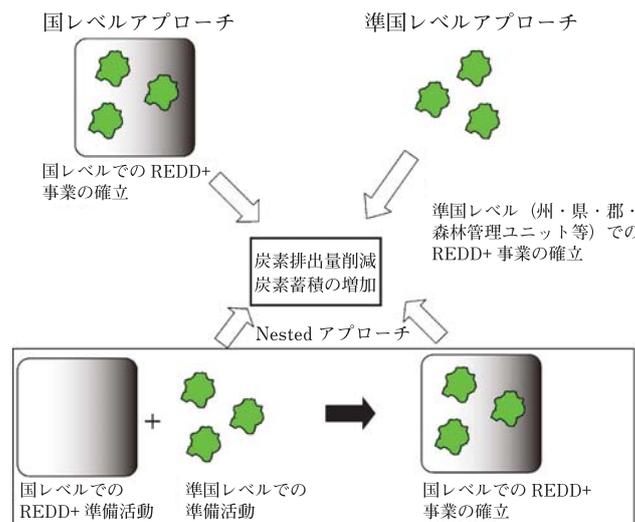


図-2 REDD+ の取り組みスケール

出典：Angelsen *et al.* (2008b) をもとに筆者作成。

REDD+ における森林の多面的機能の意義

REDD+ は、森林の持つ炭素蓄積機能に注目して議論が行われている。しかしもとより森林は、自然・社会・文化的側面でさまざまな機能を有している。議論が炭素のみに集中しすぎると、森林面積や炭素蓄積量は増えていったとしても、生物多様性が減退したり、地域住民の生計が阻害されるといった負の影響が起こり、また REDD+ 事業そのものにも悪影響が生じる可能性がある。そこで、REDD+ 事業を実施する際には、生物多様性の保全や地域住民の生計といったいわゆるコベネフィットに配慮した対策が必要となる。

気候変動枠組条約の議論でも、貧困の削減、生物多様性の保全などへの配慮・貢献が重視されはじめている。AWG-LCA の議長テキストでは、先住民や地域社会の人々の在来の知識や権利を尊重すること、天然林の転換を伴わないことや天然林の生態系サービスや生物多様性を保全するとしている。REDD+ の方法論について議論する「科学上及び技術上の助言に関する補助機関 (SBSTA)」でも、生物多様性の保全に留意することとしている。

既にこのような意向に沿った提案もなされている。なかでも「コミュニティ及び生物多様性への配慮に関する企業・NGO 連合 (CCBA)」が開発した「CCB (気候・地域社会・生物多様性) 基準」は、準国レベルで実施される REDD+ プロジェクトにおいて、地域住民の生計と生物多様性の保全を確保するため、第三者認証による審査を取り入れる形で開発されている。また、CCBA と CARE インターナショナルが主体となって開発した「REDD+ 社会・環境スタンダード」は、国レベルでの REDD+ 事業に対する社会的・環境的側面の評価基準を体系的に示したものである。

本来、生物多様性保全は生物多様性条約において、また地域住民の生計確保は先住民に関する国際連合宣言や国連ミレニアム開発目標といった、それぞれ既存の別の条約・イニシアティブで検討すべきものであろう。しかしながら、途上国における森林の議論は現在、気候変動枠組条約下の REDD+ に集約されている状況である。炭素に偏りすぎたいびつな議論とならないようにするため、REDD+ の国際交渉においても、森林の持つさまざまな機能を有効かつ公平に評価するためのシステム導入を検討する必要がある。

REDD+ の国内制度・政策 —ラオスの事例より—

途上国が REDD+ を実施するためには、国内の制度・政策を構築・整備していく必要がある。ここでは、REDD+ の準備活動を積極的に進めているラオスの事例を紹介する。

ラオス政府は、2007 年 12 月の COP13 において、REDD+ に先立つ REDD の議論が本格化しはじめた頃から、このイニシアティブに関心を持ち始めた。政府は森林回復と貧困削減を同時に解決できる絶好の機会として捉え、援助機関の支援を積極的に受け入れるよう努め、さまざまな REDD に関する準備活動をおこなっている。まず REDD の計画・運営を行うため、2008 年に農林省林野局を中心とした REDD タスクフォースを設立した。このタスクフォースには、農林関連機関だけではなく、法務省・水資源環境庁・土地管理庁などがメンバーに含まれており、土地・森林に関する関係省庁参加のもと、省庁横断的な議論を進める体制が取られている。農林省林野局がラオス政府での REDD+ の担当窓口であるが、このタスクフォースの事務局も務めている。この REDD タスクフォースにおいて、国レベルの REDD+ 戦略が検討されており、日本の国際協力機構 (JICA) の技術協力プロジェクト「ラオス森林戦略実施促進プロジェクト (FSIP)」がこの実施を支援している。

ラオスにおいても、国レベルと準国レベルでの REDD+ 準備活動が行われている。国レベルの REDD+ 準備活動として、FCPF の準備基金などをもとに REDD+ 戦略構築を予定している。また REDD+ 戦略を構築するため、森林関連法制度の整備 (SUFORD/世界銀行とフィンランド)、森林資源調査 (SUFORD)、森林資源情報センター整備 (JICA) や森林減少劣化の要因把握 (JICA) など、援助機関による支援もそれぞれ進められている (DOF, 2010)。

また準国レベルにおける実証活動も実施中である。JICA は 2009 年 8 月より、途上国の中でいち早くラオスにおいて REDD+ に関する技術協力プロジェクト「ラオス森林減少抑制のための参加型土地・森林管理プロジェクト (PAREDD)」を開始している。PAREDD の主な目的は、森林減少抑制システムに適用する住民支援プログラムツールの改善、森林減少・社会経済動向など基礎情報の整備、森林減少抑制システムの現場での試行、その成果の国家レベルの REDD+ 戦略への反映である。ドイツの援助機関である GTZ や KfW など、保護地域を森林劣化や土地利用転換から防ぎ、炭素排出を抑制す

るため、保護地域での REDD+ 実証活動 (CliPAD) を実施中である。またアメリカの NGO である野生生物保全協会 (WCS) は、保護地域において、生物多様性保全と地域住民の生計確保というコベネフィットを目指す REDD+ プロジェクトを設計し、自主的な炭素市場での取引を目指している。

上述のように、ラオス政府は REDD+ 戦略を策定するまでには至っていないが、援助機関の支援による実証活動、法制度の整備、森林資源調査、森林減少劣化要因分析等の結果を、戦略策定のためにフィードバックしている途上にあるといえる。

ラオス政府は、2009 年の COP15 において REDD+ について自国のポジションを表明している (Sawathvong, 2010)。それによるとラオス政府は、実施対象として森林減少・劣化のみならず、持続可能な森林管理等を含めた REDD+ を支持するとしている。また REDD+ の取組みスケールは、準国レベルの活動と、国レベルの REDD+ の枠組構築や政策の整備事業との Nested アプローチでの実施を支持している。また REDD+ の実施プロセスは、三段階の段階的アプローチを取るべきであるとしている。資金メカニズムとしては、ハイブリッド方式を推奨しているが、それも柔軟性を持たせるべきであるとしている。このため、援助機関・先進国政府の基金方式や市場方式に限らず、他の森林に関する資金メカニズムも取り入れることとしている。ラオス政府はまた、REDD+ 実施における森林の価値について、以下の声明を出している。「森林は温室効果ガスの緩和や気候変動の適応にとって重要であるばかりではなく、ラオスの人口のほぼ 80 パーセントを占める村落社会や森林に依存して生計を立てている人々ためのセーフティネットとしての役割がある」。ラオスでの REDD+ 実施において、森林の多面的な価値への配慮が期待される。

おわりに

これまで森林から提供される資源といえば木材や非木材森林産物であり、これらを利用することによって、政府、企業や地域住民は経済的な便益を受けてきた。しかし REDD+ では、森林資源を保全することで利益を得ることができる全く新たな仕組みである。さらに想像される資金規模から、その影響・効果は、保護地域管理政策・コミュニティ林業・造林事業など従来の森林保全策と比較して桁違いに大きくなると考えられる。

REDD+ に関する制度・政策論には、上述以外にも、実施対象 (森林減少のみ、森林減少・劣化、炭素蓄積の増加も含む)、MRV の確立、資金分配方式などさまざまな課題がある。REDD+ はどのような方向へと進むのであろうか。森林を研究対象とする研究者として、今後の国際交渉での合意内容、途上国で実施される REDD+ 実証活動の成果や REDD+ 戦略策定に注視していく必要がある。

引用文献

- Angelsen A., Brown S., Loisel C., Peskett L., Streck C. and Zarin D. (2008a) Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) : An Options Assessment Report, Meridian Institute, Norway, 100 pp.
- Angelsen A., Streck C., Peskett L., Brown J., Luttrell C. (2008b) What is the right scale for REDD?, Moving Ahead with REDD: Issues, Options and Implications, CIFOR, Bogor, Indonesia, pp. 31-40.
- Department of Forestry, Lao PDR (DOF) (2010) Annual Review of REDD+ in Lao PDR 2009, REDD Task Force of Lao PDR, Vientiane, Lao PDR, 25 pp.
- Eliasch J. (2008) Climate change: Financing global forests, London: Office of Climate Change, Government of the United of Kingdom.
- Sawathvong S. (2010) Progress in REDD+ Preparation in Lao PDR Presentation material for International Seminar on REDD 10-12 March 2010, Tokyo, Japan.
- UNFCCC (2009) Methodological guidance for activities relating to reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries, FCCC/SBSTA/2009/L.19/Add.1, 3 pp.
- UNFCCC (2010) Second iteration of the text to facilitate negotiations prepared by the Chair of the AWG-LCA, FCCC/AWGLCA/2010/8, 45 pp.

根と勝負

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)



造園会社での仕事の中に、樹木の移植がよくありました。土ごと根を掘り上げて樹木を別の場所に移動させる仕事なのですが、全部の根を掘り出すのではなく、根鉢というコンパクトなものを作ります。樹体の大きさなどに応じて掘り取る根の直径や深さを決め、そのサイズに整形するべく、まずは外周を、次いで底をとスコップで地中を掘り進め、出てくる根を全て切断します。そして根鉢が崩れないように、幅1mもある巨大な包帯状のもので覆い、わら縄で強固に巻き締めます。最後は掘った穴から吊るし出して終了。ここでよく使用されるのは2tまで吊り上げられるクレーン付きトラック。しかし、重量が数百kg程度の樹木なのにもかかわらず、いざ吊り上げようとすると車体が浮いてしまう事が多々ありました。そのような時は決まって、根鉢の下に切り忘れられた親指ほどの太さの根が一本、地面に喰らいついているのです。これらを体験するうちに私は根というものに非常に興味を持つようになり、いつか全体像を見られる機会に恵まれたいと思っていました。そして今から3年前、この上ないチャンスが訪れました。植物園内のある区画を更地にし、新しい区画を作る仕事を任されたのです。そこには幹の直径が30cmを超える樹木がたくさんあり、それらの全てを抜き取ることが求められていたのでした。

私はそれまで大きい樹の除根というものをしたことがなく、作戦として思いついたことは、より大きい力を用意することだけでした。敷地内への搬入経路、作業半径などの制約から、バケット容量が0.4m³、機体重量21tのバックホーが選択できる最大の力と判断しました。重量は力そのものであり、一般のミニバン(重量1.5t)約14台で引っ張ると同じ力があるということです。さて、根株とバックホーのパワー勝負。幹直径15cmまでの樹木なら一発で引き抜きに成功でした。ずるずると出てくる根は樹種によって独特で、コナラやシラカシは竹箒のようにすらったした姿、ヒサカキはガニガニと硬く曲がった抜けにくい形状、ヤマザクラの6mもある地表近くの根の長さ。これまで20年近く樹木に接してはいたものの、初めて目にするものばかりです。地中にあるがままの自然な様子に、何とも言えない美しさを感じました。しかし感動はここまで。幹直径20cm位になると力負けをすることがあり、21tのバックホー

の後部が浮いてしまうのです。こうなると根をそのまま引き抜くことはあきらめ、移植の掘り取りと同じ要領で作業を行います。根鉢をつくるように根元周囲を掘り、出てくる側根をバケットの爪にひっかけて引きちぎります。しかし、幹直径30cmを超えるものになると、側根といえども21tの力で切れなくなくなります。そうなるバックホーで根を少しずつ露出させ、その都度チェーンソーで切るという作業の繰り返しになります。これですべての側根を切り終えたら根株全体を引き抜けると思いたいのですが、そうはならないのが根の本当に凄いところ。親指1本ほどの太さで2tに耐えうる直根が大量に残っているのです。しかも根と土が一体化しているその部位はチェーンソーで切ることが出来ないため、しかたなくバックホーでひたすら下へと掘り進めます。そして、直径3m、深さ1.5mほどの巨大な穴ができる頃ようやく根と地中との繋がりが切れ、根株だかなんだかわからない土の塊が地上へと引き上げられるのです。

これら一連の作業は、私にとってはまさに格闘と言えるものでした。パワー勝負で突如激しく上下に揺れる21tのバックホー。中で操作する私も同じ衝撃をうけており、なかなか抜けない樹木との相対で、全身筋肉痛になるほどの力をもって操作レバーを握り締めていました。それに加え、車高1mの乗り降りを実数に繰り返してのチェーンソー仕事です。心身ともにクタクタになるほど一本一本のすべてが真剣勝負でした。結果、私の体にはいろいろなものが刻まれたようで、樹を見ただけでどれくらい抜けにくいのか、根はどのような状態で張っているかもある程度わかるようになりました。現在植物園で、私の右腕となっているバックホーは重量1.6tのかわいいやつです。この小さい力でどのようにしたら根に勝てるのかを考えるのはまるでゲームのようで、たまの除根の仕事では楽しみながら勝負を挑んでいます。

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。新潟市の株式会社らう造景(旧 後藤造園)に勤務。現在は筑波実験植物園の非常勤職員として植物管理部門に所属。樹木医、森林インストラクター。

九州大学宮崎演習林

榎木 勉・矢部 恒晶

(えのき つとむ、九州大学農学部附属演習林・
やべ つねあき、森林総合研究所九州支所)

九州大学宮崎演習林は宮崎県椎葉村に所在し、林地のほとんどが標高 1,000 m 以上にある。熊本県の五家荘とともに九州山地中央部の中山間地の代表的地域であり、日向灘に注ぐ一ツ瀬川源流地域に含まれる。三方岳 (2,282 ha)、津野岳 (487 ha)、萱原山 (146 ha) の三団地からなる森林の総面積は 2,915 ha で、各団地最低および最高海拔高は、三方岳 700 ~ 1,479 m、津野岳 1,000 ~ 1,607 m、萱原山 650 ~ 1,364 m である。

演習林庁舎 (標高 600 m) における年平均気温は 13.3℃で、年較差、日較差ともに大きい。年降水量は 3,472 mm であるが、台風や集中豪雨などに依存し、多い年には 4,000 mm に達する。

地質

西南日本外帯の四万十累帯に属し、延岡 - 紫尾山構造線をはさんで中生代四万十層群を基盤とする。三方岳団地には、強い変成作用を受けた千枚岩が分布し、津野岳団地には花崗岩が分布する。また、萱原山団地は変成作用をあまり受けていない四万十層群と花崗岩との境界付近に当たっている。地形は急峻で 30 度以上の傾斜地が 30% を占め、山ひだは複雑で溪流も屈曲している。急峻な地形ともろい地質条件を有し、集中豪雨に伴う斜面崩壊や土石流、地すべりの危険性が高い。

植生

演習林全面積の 80% 以上が天然生の森林となっている。ブナ、ミズナラ、カエデ類、シデ類などの落葉広葉樹と、モミ・ツガなどの針葉樹とが混生した温帯性落葉広葉樹林が主である。標高の低い場所ではカシ類などの常緑広葉樹の高木も見られる。演習林は標高やその他の地形においても大きな変異を有するため、多様な森林を見ることができる。津野岳団地では、九州脊梁山地の影響を受けたオヒョウやアサダなど北方系の樹木が分布南限を形成する。三方岳団地では、太平洋型分布すなわち

ソハヤキ (夔速紀) 要素の西南日本外帯の植物相を呈する。萱原山団地は両団地の中間的な林相を有する。

人工林のうち、96% が針葉樹で、主要植栽樹種はスギ (48%) とヒノキ (43%) であり、それ以外にカラマツ、コウヤマキなどがある。広葉樹の植栽樹種はクヌギ、ケヤキ、ミズナラ、ミズメなどである。これら人工林は、主に高冷地造林技術の研究開発に活用されている。

演習林では、様々な教育研究が実施されているが、以降は演習林としての基盤を整備するために推進している各種モニタリングを中心に述べる。これらの主だった結果については引用文献を参照されたい。

森林動態モニタリング

・天然林長期動態モニタリング

アカマツが優占する二次林 (広野プロット)、針広混交林の林床にスズタケが優占する林分 (合戦原プロット) (写真 -1) と存在しない林分 (丸十プロット) (写真 -2) の 3 カ所に 1 ha (100 m × 100 m) のプロットが設置されている。ここでは環境省の生物多様性プロジェクトモニタリングサイト 1000³⁾ の調査マニュアルに準じた方法で樹木の種、直径、位置が調べられている。合戦原プロットは 2009 年度よりモニタリングサイト 1000 の準コアサイトとして登録された。



写真 -1 森林動態モニタリング合戦原プロット

九州大学宮崎演習林

・学術参考保護林

特徴的な林相を有し、学術的にも価値の高い林分については、学術参考保護林として保護を加え、永続的な保存をはかっている⁷⁾。コウヤマキ、モミ・ツガ、サワグルミ・オヒョウなどの天然生の森林に加えて、人工林および二次林で特徴的な林相を持つ林分として、スギ人工林、アカマツ二次林なども見本林として同様の調査を行っている。

水質モニタリング

河川水の定期的なサンプリングと化学分析を実施するとともに、雨水、乾性沈着などによる森林流域への物質の沈着量の測定を行っている(写真-3)。シカによる下層植生の食害がある流域における土壌の理化学性と渓流水質の調査も行われた¹⁾。

野生動物モニタリング

・ニホンジカ

宮崎演習林では近年ニホンジカの目撃数の増加と下層植生の減少が目立つようになり、また、植栽木の被害防止のためシカ柵が不可欠な状況となっている。シカによる植生への影響や林業被害を考察する上でシカ生息密度に関する情報は不可欠であるが、九州山地では継続的に追跡した事例がなかった。そこで宮崎演習林をサンプル地域としてシカの生息密度指標を得るため、1999年から三方岳団地の基幹林道を調査路として、夜間に低速走行する車両からサーチライトによりシカを計数するスポットライトセンサスを、森林総合研究所が開始した^{9)、10)}(写真-4)。2005年からは演習林の業務として引き継ぎ、三方岳団地に加え津野岳団地の基幹林道でもスポットライトセンサスを開始した。また、両団地で2006年から、調査プロット内のシカの糞粒数からシカ

生息密度を推定する糞粒法調査も開始し、2つの方法によるシカ生息密度のモニタリングを行っている。三方岳団地における調査結果と、演習林の文書および職員への聞き取り調査から、1970年代以降の宮崎演習林におけるシカ生息密度と下層植生の変遷が推定されている⁸⁾。

・有害獣防護ネット

宮崎演習林では1985年頃から新植地の苗木に対するシカの食害が目立つようになり、市販の有害獣防護ネットの設置を継続している。スギやヒノキの新植地において形状の異なるネットを設置し、その獣害防除効果を比較している⁴⁾(写真-5)。

・その他哺乳類

2006年4月から職員が演習林内での業務や演習林への移動中に目撃した哺乳類の種と数を記録している⁵⁾。稀少種も記録されており、個体数の推定などが可能となるような、定量的なデータの取得方法を検討しながら実施している。また、演習林内には森林内の様子を定点で観測するためのカメラ台や、野生動物を撮影するための赤外線センサー付きの自動撮影カメラを複数台設置し、情報を収集している。

・魚類(河川生態系)

演習林内の河川にはヤマメやタカハヤなどの魚類が生育しており、これらの個体数調査が行われている。最近では、ハリガネムシに着目した河川と陸域生態系間での生物の移動や物質循環に関する共同研究も始められた。

・昆虫

ライトトラップによる定期的な昆虫の採取、種の同定、標本の作成、データベース化を行い、生物インベントリーが進められている。すでに400種以上の昆虫が確認されており、他の生物と合わせて演習林ホームページ上で公開している²⁾。



写真-2 森林動態モニタリング
丸十プロット



写真-3 水質モニタリング作業



写真-4 シカのスポットライト
センサス



写真-5 シカ防除ネット試験

宮演方式作業道

森林を有効利用するための基盤整備として林道や作業道は重要である。宮崎演習林のような急傾斜地における最適な林道開設方法を明らかにすることを目的として、四万十町方式に準じた作業道（宮演方式作業道）と試験地周辺で一般的な方式の作業道（従来方式作業道）を近接地に開設し、作業道の強度と耐久性、開設費用の比較などを行っている⁶⁾（写真-6）。

おわりに

以上のように九州大学宮崎演習林では、多様な立地環境に生育している多様な植生に加え、各種施業を行うことで、さらに多様な森林の保持を進めています。また、様々なモニタリングを継続し、利用可能な情報の蓄積と公開を推進しています。これらを活かすべく多方面、多分野からの利用をお待ちしています。

引用文献

1) 東 直子ほか（2008）シカ害のある流域における土壌の性質と溪流水質. 九州大学農学部演習林報告 89：29-39.



写真-6 宮演方式作業道の開設作業

- 2) <http://www.forest.kyushu-u.ac.jp/miyazaki/old/Database/mdb-list/db-list.html>
- 3) 石原正恵ほか（2010）モニタリングサイト 1000 森林・草原調査コアサイト・準コアサイトの毎木調査データの概要. 日本生態学会誌 60：111-123.
- 4) 鍛冶清弘ほか（2010）形状の異なる三種の獣害防除ネットにおけるスギ苗木保護効果の比較. 九州大学農学部演習林報告 91：19-23.
- 5) 壁村勇二ほか（2010）宮崎演習林における哺乳類目撃数のモニタリング. 九州大学農学部演習林報告 91：29-33.
- 6) 壁村勇二ほか（2008）新方式作業道の開設および耐久試験. 九州大学農学部演習林報告 89：63-74.
- 7) 久保田勝義ほか（2008）宮崎演習林の学術参考保護林と見本林（I）九州大学農学部演習林報告 89：137-146.
- 8) 村田育恵ほか（2009）九州大学宮崎演習林におけるニホンジカの生息密度と下層植生の変遷. 九州大学農学部演習林報告 90：13-24.
- 9) 矢部恒晶・小泉 透（2003）九州中央山地小流域の造林地周辺におけるニホンジカのスポットライトセンサス. 九州森林研究 56：218-219.
- 10) 矢部恒晶・小泉 透（2010）九州中央山地におけるニホンジカの生息密度指標. 森林総合研究所九州支所年報 21：16.

奥会津森林生態系 保護地域

松浦 俊也

(まつうら としや、森林総合研究所)

「奥会津森林生態系保護地域」は2007年に指定された新しい保護地域である。福島県会津地域の西南部を流れる只見川・伊南川流域の4町村（只見町、金山町、桧枝岐村、南会津町の旧伊南村と旧舘岩村）にまたがる国有林に位置している（図-1）。指定地は広大な山地で構成され、南部には燧ヶ岳、帝釈山、会津駒ヶ岳、北部には御神楽岳、浅草岳、会津朝日岳などがそびえている。現在、全国に29ヶ所ある森林生態系保護地域のうち、本地域は国内最大（総面積838.9km²）の面積を誇る。人手を加えずに自然の推移に委ねる「保存地区」は標高の高い稜線沿いを中心に77.1km²、保全を優先しつつも限定的利用を認め、保存地区の緩衝の役割を果たす「保全利用地区」には761.8km²が指定されている。つまり、「保全利用地区」が総面積の9割以上を占めている点が、他の森林生態系保護地域と異なる際立った特徴となっている（図-1）。また、周囲の国有林は、保全に配慮しつつ利用制限を設けない「緑の回廊」に指定されている。なお、本地域は、同じく2007年に新たに国立公園に指

定された「尾瀬国立公園（総面積252.0km²）」とも部分的に重複している。

本報告では、多雪山地のブナ帯に位置する本地域の特徴的な植生と生物多様性の高さ、地元の人々による多様な森林利用などについて紹介し、最後に本地域の森林を見学する上で参考となる情報を記したい。

多雪山地の森林植生と生物多様性

本地域の植生は、日本海側気候における冬の豪雪に強く特徴づけられている。積雪期間は12月から5月連休明け頃までのほぼ半年近くにも渡り、積雪深は、谷底沿いに散在する集落でも2～4m、山地では6mを越える。標高の高い沢沿いでは7月頃まで雪渓が残る。標高は、只見川・伊南川沿いの300m台から燧ヶ岳の2,356mまで幅広く、標高差は実に2,000mを超える。植生は、麓の集落付近にはミズナラ・コナラ二次林などの里山が広がり、集落周辺から奥山まで大面積のブナ林、沢沿いにはトチノキ、サウグルミ、カツラなどにブナが混生する溪畔林が広がる。また、1,600m以上の高標高地には、オオシラビソなどの亜高山帯針葉樹林も見られる。

本地域の植生で最も特徴的といえるものは、豪雪による頻繁な雪崩により形成された低木林や草地からなる雪崩植生であり、やせ尾根上にマツ林（キタゴヨウを主体に、低標高地にはアカマツが混生）が線状（モヒカン刈り状）に残り、やや傾斜の緩い所などにブナ林がモザイク状に分布する景観は圧巻である（図-2）。また、本地域の植生は、日本海要素と太平洋要素の移行地域となっている点も興味深い。かつては拡大造林のためにブナ林が伐採されることも多かったが、現在でも比較的原生的な森林が広く分布している。

このような多様な植生景観を反映した生物多様性の高さも特筆される。ニホンカモシカ、ツキノワグマ等の大型哺乳類や、イヌワシ、クマタカなどの生息密度も高い。

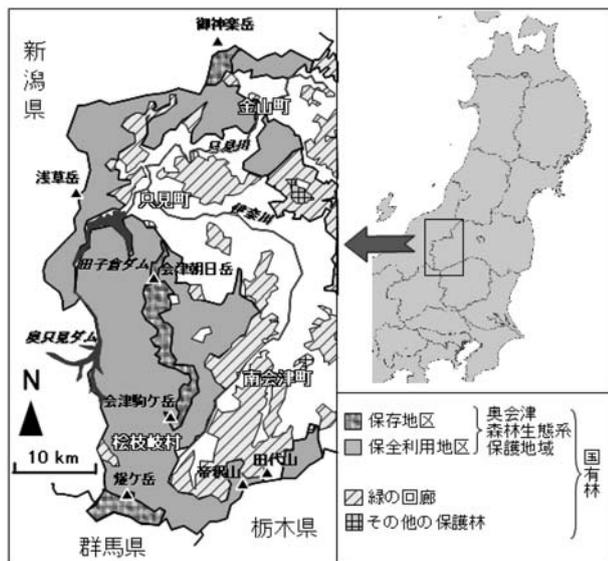


図-1 奥会津森林生態系保護地域の位置

しかし、近年、積雪量の減少の影響のためか、ニホンジカの越冬が確認され、地域南部の尾瀬付近では食害などの問題も生じつつある。

古くからの森林利用

本地域は、地元の人々を中心に、5月の連休明け頃から初夏までは山菜採り、春から秋にかけては溪流釣り、秋はキノコ採り、冬は狩猟と、古くから季節に応じて一年中多様に利用されてきた。特に、地域北部の只見町では、かつて干しゼンマイを主な収入源としていた集落（「ゼンマイ集落」と呼ばれる）が多く、奥山の国有林内の沢筋に1ヶ月程度の泊まりがけで採取するためのゼンマイ小屋が近年まで多数散在していた。現在では、採取者の減少や高齢化により日帰りが中心となっているが、高齢者を中心に山に頻繁に出かける世帯は多い（図-3）。また、集落に近い里山（主に、町村有林や各集落の共有地など）では、薪炭林、茅場、焼畑なども高度成長期に入る頃までは広く散在していた。奥山でも、



図-2 プナ林と雪崩植生、やせ尾根上にキタゴヨウ林



図-3 雪崩地でのゼンマイ採りの様子

椀などの木工品をつくる木地師の集落跡が見られ、プナ二次林が散在することから、古くから様々な森林利用が行われてきたことが分かる。

このように様々な人と森林のつながり（森林生態系サービスの享受）の歴史があることが、「保全利用地区」が9割以上という本地域のゾーニングに反映されている。山菜・キノコについては、古くからの共有資源として、共用林野組合などを通じて集落毎の住民のみが伝統的に利用できる場合が多い。そのため域外の人による乱獲などを防止するために入山料を取るなどの対応をしている集落もみられる。狩猟については、かつては秋田からのマタギ（会津地域では「鉄砲撃ち」と呼ばれる）が本地域まで来ていた記録があり、それに基づく直木賞小説の舞台にもなっている。

森林の見学

この地域のプナ林や雪崩植生、キタゴヨウの尾根などの特徴的な森林景観は、国道沿い（沼田街道や六十里越の田子倉ダム湖畔など）や、JR只見線沿い（2008年に日経新聞の「紅葉の美しい鉄道路線ベストテン」で第1位に選ばれた）などから眺めることができる。地元の方々による山案内なども盛んになってきているので、実際に森に入る折には、地元の方々との良好な関係をもつ上でも利用すると良いだろう（各町村の観光協会などに問い合わせるとよい）。そうすれば、地元の人しか知らない山の自然や古くからの利用について、興味深い話を聞きながら林内を散策することができる。また、各町村には多数の民宿があり、市場に出回ることが少ない天然山菜・キノコ料理を季節に応じて楽しむことができる。加えて良質な温泉も散在しているため、現地での宿泊を見学の行程に入れることもお勧めである。このように、奥会津森林生態系保護地域は、豊かな生物多様性を保全しながら森林生態系サービスを季節に応じて五感を通じて享受できる場として、大変重要な地域である。

参考文献

- 林野庁関東森林管理局（2007）奥会津森林生態系保護地域及び会津山地縁の回廊—会津の大切な自然を保全するために—。8pp.
- 福島県只見町教育委員会（2004）会津只見の植物（只見町文化財調査報告書第11集）。143pp.

岐阜県における作業路網計画支援システムの構築

松本 武 (まつもと たけし、東京農工大学大学院農学研究院、前岐阜県立森林文化アカデミー)
古川 邦明 (ふるかわ くにあき、岐阜県森林研究所)

1. はじめに

岐阜県では数年前から間伐作業の機械化と集材コスト低減のため、間伐事業地集約化と低規格作業路の高密度開設が進められている。その主な施策である「健全で豊かな森づくりプロジェクト」(平成19年～)(岐阜県林政部県産材流通課2010)では、森林組合や民間企業が自ら500ha程度のモデル団地を取りまとめ、間伐材生産計画や作業路開設等のプランニングを行っている。このプロジェクト開始時点から、筆者らは技術支援を行ってきた。

岐阜県内の森林は急傾斜地が多く、地形・地質とも多岐にわたり、作業路開設条件は一様ではないため、県下全てを定型的な開設方式で開設することは難しい。作業路の線形を計画する際には、開設適不適の判断、開設にともなう下流の水系への影響の程度を判断し工法を決定することも重要である。さらに、団地内に広く分布している間伐材をできるだけ効率的に搬出できる路網配置となるよう考えなければならない。すなわち、作業路計画には、土木技術だけでなく作業工程管理なども含む総合的な技術が必要となる。

そこで、誰もが適切な路線の線形計画ができるよう、作業路網開設支援ツール(松本・古川2007)と作業路網計画支援マップを作成し、それらを組み合わせた作業路網計画支援システムの構築に取り組んだので報告する。

2. 作業路網計画支援ツールの作成

路網を開設する際、全体の集材距離(道路から林地への到達距離)を短くし、集材効率がよくなるように配置するということが重要になる。集材距離や路網配置の効率性を定量的に表す指標として、これまで道路から林内までの平均集材(到達)距離(Segebaden, 1964)や

路網の配置効率を示す路網密度修正係数(Segebaden, 1964)および道路から一定の距離内の面積割合を示す開発率(堀1988)が提示されている。

これらの指標は路網の特徴を良く現してはいるものの、実際の林業生産の現場では必ずしも一般的とはいえない。というのも、これらの指標は手作業で求める場合には非常に労力を必要とし、コンピュータを使用する場合にはプログラミング技術が必要となる。また、開発率はGISの基本機能であるバッファリング機能により簡易に求められるが、平均集材距離および路網密度修正係数を求めるには専用の機能を実装したソフトが別途必要となる。しかし、平均集材距離や路網密度修正係数および開発率は、路網開設のうえで非常に重要な指標であり、作業路網を計画・施工する担当者に広く普及を図るべきものと考えられる。

そこで、実際の路網の整備を担う森林組合や林業事業体の職員、技術指導を行う都道府県の普及担当職員を対象として、様々な環境で簡易に操作できることを基本方針に、作業路網の配置を評価するとともに、測量などの現地調査を支援するツールを作成した。このツールは一般に広く普及している表計算ソフトであるMicrosoft Excel(バージョン2003および2007)上で動作する。作成はマクロ言語であるVBA(Visual Basic for Applications)によって行った。

本ツールでは、ユーザーは図-1のように、ワークシート上に読み込んだ森林基本図や森林計画図等の地図画像上に、Excelの図形描画機能(フリーフォームでの描画)を利用してマウスクリック操作で作業路を描くことができる。そして、描かれた作業路の延長距離などの基本情報に加え、前述した平均集材距離、路網密度修正係数、開発率を計算し出力することができる。

本ツールは路網配置の評価機能だけでなく、GPSの活用も想定した機能を備えており、読み込んだ地図画像の位置情報を設定することで、描画された図形を緯度経度に数値座標化することが可能となっている。また、tif画像とその位置情報を格納したワールドファイル(*.tfw)に対応しており、複数の画像の位置を自動的に調整し、図-2のようにシート上に連続表示することが可能となっている。さらに、変換した緯度経度の位置情報はフリーソフトのカシミール3D(杉本 2010)に対応した形式で出力できるので、カシミールを経由してハンディGPSに計画した路線の位置情報をアップロードし、現地でのナビゲーションが可能となる。

図-3に図-1で計画した路網の位置情報をカシミールに取り込んで表示した例を示す。通常、計画路線の現地踏査を行う場合は、周囲の地形状況と地形図とを対応させながら通過位置を確認する。このため、ある程度の経験が必要になる上に、調査精度にも限界がある。その点、本ツールが備えているGPSのナビゲーションシステムを利用することによって、現地での計画路線位置の確認はかなり容易に行うことができる。逆に、現地で測定したGPSデータをカシミール経由で本ツール内に取り込むことで、位置情報を図形化することも可能である。

本ツールを開発していく過程で岐阜県林政部と協議した結果、追加機能としてGISとの連携が挙げられた。そこで、本ツールにGISの標準フォーマットであるESRI社のシェープファイル形式の入出力機能を実装した。現時点では一部制限があるものの、描画した図形だ

けでなく、過去のコンパス測量データについてもシェープファイルに出力可能となっており、データ作成編集ができないフリーGISソフトウェアとの連携も可能となっている。

3. 作業路網計画支援マップの作成

3-1. 指針図(基本情報図)の作成

上述の支援ツールを用いた研修や、森林組合および林業事業者への支援を行う中で、路網計画時に配慮が必要とされる危険箇所を示した図面についての強い要望があった。このことから、傾斜、水系、崩壊危険度から作業路開設の要注意箇所を判断するための作業路網計画支援マップの作成に取り組むこととした。

まず、各種の図面の作成にあたり、①傾斜分布図、②水系網図、③溪畔100m区域図、④崩壊危険度分布図、⑤航空機デジタルオルソの5種類の指針図を用意した。以下、各指針図の概要を紹介する。

①傾斜分布図

傾斜角は、危険箇所と開設経費を判断するうえで最も重要な因子の一つである。岐阜県が整備してきた航空レーザー測量による数値標高モデル、通称DEM(Digital Elevation Model)を用いて全県域の傾斜角を5m×5mメッシュで解析し、傾斜分布図を作成した。

②水系網図

作業路が谷を横断する場合、谷の集水面積に応じた適切な工法があり、経費にも影響する。そこで上述DEMを用いて集水面積を5m×5mメッシュで解析し、

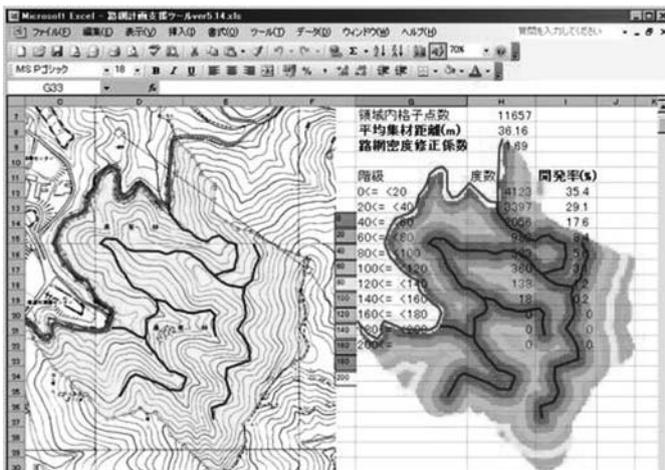


図-1 路網計画の例
左の図はExcelの描画機能によって作成した計画図。右の図はツールによって出力された作業路からの距離分布図。

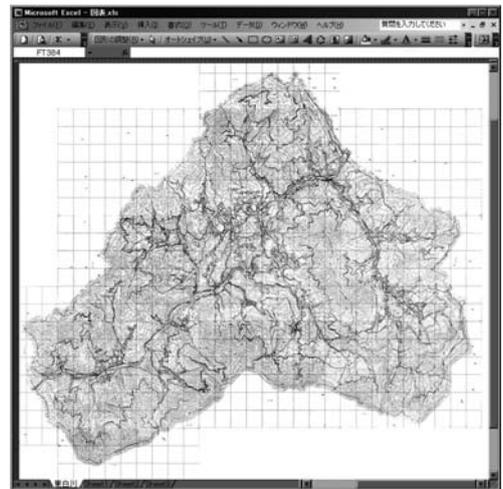


図-2 複数画像を取り込んで連続表示した例
岐阜県東白川村全図。A0版相当の森林基本図画像を12ファイル取り込んだもの。

0.5ha以上の集水面積を地表水の流下線として抽出し、水系網図を作成した。また横断面箇所の集水面積が判るよう、流下線に沿って集水面積を表示した。

③溪畔 100m 区域図

作成した水系網図のなかで、集水面積が10ha以上ある流下線について100mの範囲でバッファリングを行い、溪畔100m区域図を作成した。路線が溪流に近い場合、濁った路面水が直接溪流に流れ込み、下流域の水利用者と間でトラブルとなることがある。岐阜県森林研究所で調査した事例では、作業路で発生した濁水は、林内を60m以上流下すると、濁度は問題の無いレベルに下がるとの結果を得ている(杉山ら2009)。この事例では限られた流域が調査対象であったことを考慮し、今回基準とした範囲は60mから十分な距離を確保した100mとした。

④崩壊危険度分布図

岐阜県林政部が実施した「森林斜面危険度評価(2009)」の結果を用いて作成した。県内の既存の崩壊地周辺の地形、地質、土壌等の項目を統計解析した結果から、森林の単位斜面毎に崩壊危険度が示されており、このうち崩壊の危険性が高いと見なされる単位斜面を抽出して表示している。

⑤航空機デジタルオルソ

岐阜県では、地域森林計画策定の基礎資料として、県内の5森林計画区を対象に、5年に1回の周期で空中写真撮影を行っている。平成19年度から、空中写真の撮影方式をデジタル式(カラー写真)に切り替え、オルソ写真もデジタルオルソとなった。航空機等から撮影された空中写真は、標高や撮影方向の違いで歪んだ画像と

なっている。この歪みを補正し、森林基本図などの地図と重ね合わせて使うことができるようにしたものがオルソ写真である。デジタルオルソ写真は補正精度が高く、水系網図などと重ねて表示しても位置のズレはほとんど無い。またカラー写真となったことで樹種も見分けやすくなり、資源分布を確認するための指針図とした。

3-2. 作業路網計画支援マップの作成

上記の①～⑤の指針図をもとに「危険傾斜分布マップ」(図-4)、「崩壊・濁水流出危険度マップ」(図-5)および「資源分布マップ」(図-6)を作成した。

「危険傾斜分布マップ」(図-4)は①傾斜分布図から、傾斜角が32～37度未満と37度以上の箇所を抽出して色分け表示し、②水系網図と③溪畔100m区域図とを重ね合わせて作成した。32度を超えると路線開設時に配慮が求められ、37度を超えると開設経費が大きくなり、開設に伴う崩壊等の危険性も高くなるため、できるだけ開設を避ける場所としている(大橋2001)。加えて、谷の横断面箇所や路面水の排水位置等の検討のために水系網図等も重ねている。

「崩壊・濁水流出危険度マップ」(図-5)は④崩壊危険度分布図と、②水系網図および③溪畔100m区域図を重ね合わせて作成した。崩壊危険度が高い斜面に作業路を開設する場合は注意を要する。さらに溪畔で崩壊が発生すると、小規模であっても降雨時には容易に濁水や土砂が下流に流出する。下流で水道水の取水や溪流魚の

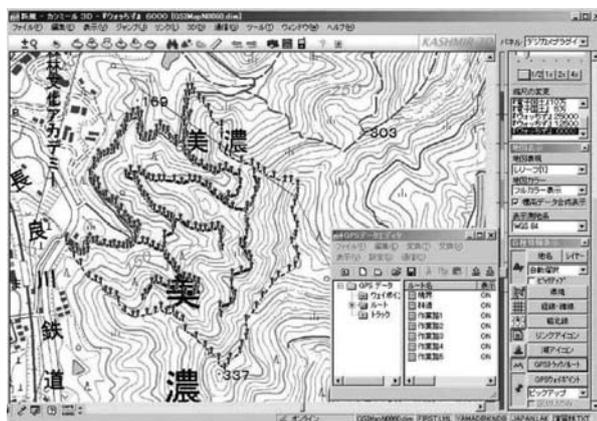


図-3 路網計画支援ツールの計画路線(図-1)をカシミール3Dに出力した例

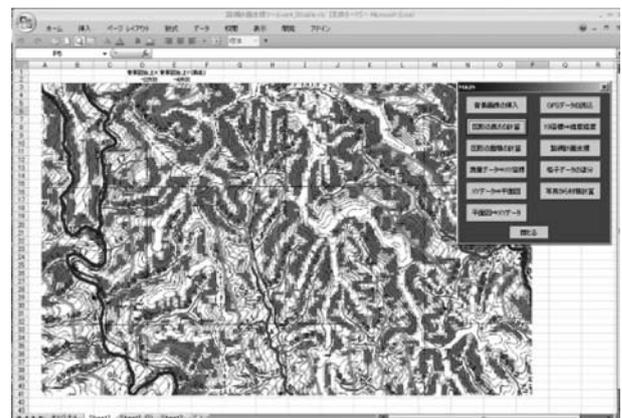


図-4 「危険傾斜分布マップ」を支援ツールに読み込んだ例

傾斜角が32～37度と37度以上とに区分して色分け表示している。水系網は集水面積に応じて太さと色を変え、集水面積も併せて表示している。

養殖を行っている場合は、大きな問題となることもある。この危険度図は、これらの発生を事前に判断する際に活用できる地図として作成した。

「資源分布マップ」(図-6)は ⑤航空機デジタルオルソに、②水系網図を重ねて作成した。作業路網は木材生産用の道であり、できるだけ効率的に集材できる線形を計画する必要がある。そのためには、生産対象林の配置と資源量を知る必要があり、当マップはその際に活用できるマップとして作成した。オルソからは植生の違いは判読できるが、一般的に地形は判断しにくい。しかし、等高線を重ねると画像が等高線に埋もれてしまい、今度は植生が見にくくなってしまふ。そこで、沢の位置を示

す水系網図を重ねることで、植生と地形の双方を読み取りやすくした。

作成した支援マップは全て、位置情報を持ったデジタル画像として作成しており、作業路網計画支援ツールの他にも、GIS やカシミール等の地図ソフトの背景図としての提供が可能となっている。

4. 作業路網計画支援システム普及への取り組み

以上のように作成した作業路網計画支援ツールと作業路網計画支援マップからなる作業路網計画支援システムは、現在、「IT を活用した作業路管理研修」に活用されている。これは平成 19 年から岐阜県立森林文化アカデミーが実施している「短期技術研修」の講座として開始し、平成 20 年からは岐阜県が実施している「施業プランナー養成基礎研修」の一部として行われており、これまで延べ 60 名以上が受講している。

恒常的な支援ツール・マップの改良および研修の継続と内容の改良という形で、今後も作業路網計画支援システムの維持改良に努めたい。

引用文献

- 杉本智彦 (2010) 改訂新版カシミール 3D 入門編. 192pp. 実業之日本社, 東京.
- 岐阜県林政部 (2009) 森林斜面危険度評価. 岐阜県森林斜面危険度評価検討委員会業務資料.
- 岐阜県林政部県産材流通課 (2010) 健全で豊かな森づくりプロジェクト. 岐阜県林政部県産材流通課 HP (<http://www.pref.gifu.lg.jp/pref/s11545/moripro/index.htm>). 2010 年 9 月 15 日参照.
- 堀 高夫 (1988) バックムントの開発率を利用した路網定数の推定方法. 日林誌 70 : 75-79.
- 松本 武・古川邦明 (2007) 作業路網計画支援ツールの作成. 森林利用学会誌 22 : 181-186.
- 大橋慶三郎 (2001) 道づくりのすべて. 159pp. 全国林業改良普及協会, 東京.
- Segebaden, G. (1964) Studies of cross - country transport distance and road net extension. Stud. For. Suec. 18: 1-68.
- 杉山正典・古川邦明・横井秀一・白田寿生・松本 武 (2009) 山地小流域における作業路開設時の濁水発生について. 中部森林研究 57 : 169-172.

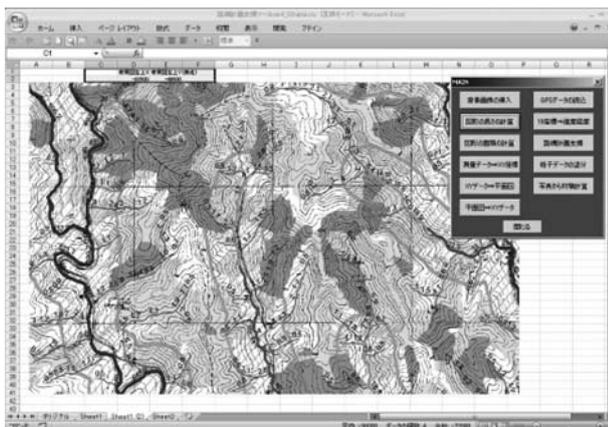


図-5 「崩壊・濁水流出危険度マップ」を支援ツールに読み込んだ例

図-4 と同じ箇所。崩壊危険度に応じて色分け表示している。溪流から 100m 以内の溪畔図も表示している。水系網の表示は図-4 と同様。

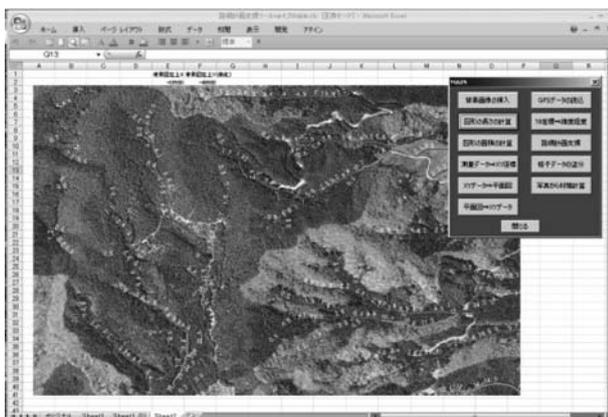


図-6 「資源分布マップ」を支援ツールに読み込んだ例
水系網図を重ねて表示。表示方法は図-4 と同様。

ヤクタネゴヨウの衰退と保全

金谷 整一

(かねたに せいいち、森林総合研究所)

シリーズ
うごく森 14

ヤクタネゴヨウ

「近年、絶滅するのが惜まれる」と牧野（1961）の植物図鑑に評されるマツがある。それは鹿児島県の屋久島と種子島のみで自生し、胸高直径は2m以上、樹高は30m以上にも達するヤクタネゴヨウ（屋久種子五葉：*Pinus armandii* var. *amamiana*）である（写真-1）。現在、日本のマツ属樹種で唯一「絶滅危惧IB類（EN）」として日本版レッドリストに記載されている。

ヤクタネゴヨウのように絶滅危惧種に対して適切な保全策を実施するためには、全生残個体数や分布位置等の情報を整理することが急務である。これまでヤクタネゴヨウの推定生残個体数は、屋久島で1,000～1,500、種子島で100ほどとされてきたが（山本・明石 1994）、各自生地における詳細な分布状況は十分に把握されていなかった。こうした状況を打破し、科学的情報に基づいた保全策の立案に資することを目的に、地元住民グループによって平成11（1999）年に「屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊」、平成14（2002）年に「種子島・ヤクタネゴヨウ保全の会」が結成され、全生残個体のサイズ（胸高直径と樹高）や分布位置の調査が開始された。平成

21（2009）年までに、これらのグループと（独）森林総合研究所の調査によって、屋久島では約2,000個体、種子島では約300個体が確認された。現在、地元住民グループを中心とする活動は、生残個体の分布調査のみならず後述する公的機関が実施する事業への協力や保全作業にも及んでおり、ヤクタネゴヨウの将来を左右するうごきとなっている。

ヤクタネゴヨウの衰退

ヤクタネゴヨウの衰退要因として、過去においては丸木船（写真-2）や建築材への利用による伐採があげられる。江戸時代、種子島におけるヤクタネゴヨウは、藩の御用木等として管理されており、宝暦5（1755）年



写真-1 屋久島西部地域におけるヤクタネゴヨウ
写真は胸高直径が2mを超える巨木。この地域には、胸高直径が1mを超える個体がまだ多く分布している。

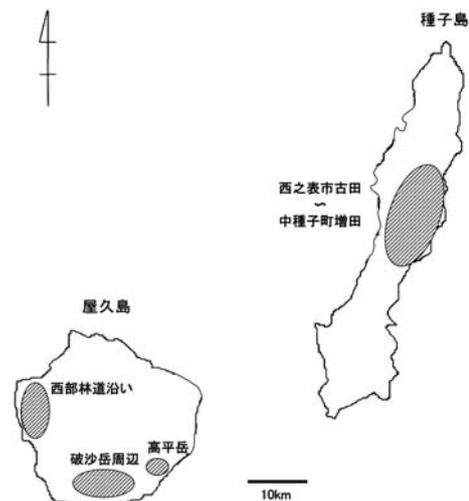


図-1 ヤクタネゴヨウの自生地

屋久島における自生地は、西部の瀬切川から国割岳西斜面、南部の破沙岳周辺および高平岳の3地域が確認されている。一方、種子島では、中央部の西之表市古田から中種子町増田にいたる山林に散在する。それらの場所の大部分は、傾斜が30°以上の急峻な尾根筋や基岩上であり、地形的に非常に厳しい場所に限定されている。稀に種子島では、川沿いにも分布している。

には、安城村（現：西之表市安城）付近に幹回り5尺（約1.5m、胸高直径で約50cm）以上の428個体が記録されている（表-1）。5尺以下の個体の記録は無いが、これらを含めると、約250年前の種子島では、多くのヤクタネゴヨウが分布していたと推察される。明治時代以降は、沿岸漁業や海上交通に使用される丸木船へ利用の影響は大きく、その数は大正時代に400隻を超えていた。丸木船一隻を作るには、最低でも幹周囲が9尺（約2.7m、胸高直径で約90cm）、長さ21尺（約6.3m）ほどの丸太が必要であったことから、相当数の大径個体が伐採されたと考えられる。また戦後の復興期には、建築材へ利用するために多くの個体が伐採されたようだ。なお、現在の西之表市安城付近におけるヤクタネゴヨウの生残個体数は、200にも満たない。

近年では、マツ材線虫病の影響が大きいことが、自生地におけるモニタリング調査（Nakamura *et al.*, 2001；金谷ら 2005）およびマツノザイセンチュウの接種試験（Akiba and Nakamura, 2005）から明らかとなってきた。マツ材線虫病は、体長1mmほどの植物寄生性の線虫の一種であるマツノザイセンチュウ

（*Bursaphelenchus xylophilus*）が、マツノマダラカミキリ（*Monochamus alternatus*）によって媒介される北米原産のマツ属樹種の伝染病で、日本や世界各地のマツ林に甚大な被害をおよぼしている。自生地に限られ生残個体数が少ないヤクタネゴヨウにとって、マツ材線虫病被害をそのまま放置することは、地域個体群の消失ひいては種の絶滅へ至る危険性を含んでいる。

屋久島や種子島においては、昭和50年代以降にマツ材線虫病被害が生じたようだが、ヤクタネゴヨウへの影響は把握されていない。私たちの研究グループのモニタリング調査によれば、種子島ではクロマツ（*P. thunbergii*）にマツ材線虫病被害が生じていた平成10（1998）年頃、ヤクタネゴヨウにその被害が及んでいることが確認され（Nakamura *et al.*, 2001）、平成14（2002）年以降は顕著に増加している。最近までに100個体程が枯死し、そのほとんどがマツ材線虫病に因る。現在、ヤクタネゴヨウにとってマツ材線虫病は、最も憂慮すべき衰退要因と考えられる。

保全へのうごき

現在、絶滅の危機に直面しているヤクタネゴヨウであるが、その希少性や保護の必要性が認識され始めたのは、約90年前にも遡る。大正時代には、屋久島のヤクタネゴヨウ自生地を保護林に設定することが提案されている（田代 1995）。また熊本営林局（現：九州森林管理局）（1937）が、屋久島および種子島における国有林内のヤクタネゴヨウが衰退の兆候を示していることを報告し、保護（保続）と増殖法を確立する必要性を述べている。

その後の保全へのうごきは、どのように進められたのであろうか。まずヤクタネゴヨウ林分を対象とした自生地内での保全として、種子島では、昭和21（1946）年に中割国有林の一部が学術参考保護林（現在は種子島植物群落保護林）に指定された。また平成18（2006）年にも、早稲田川流域の自生地が植物群落保護林に設定されている。一方、屋久島では、ヤクタネゴヨウ林分のみを対象とした保護林等は設定されていないが、最大の自生地である西部地域が、森林生態系保護地域、国立公園特別保護地区および世界自然遺産地域に含まれている（写真-3）。また植栽個体ではあるが、西之表市および中種子町によって、3個体が「名木・古木」および「町指定天然記念物」に指定されている。

自生地外での保全としては、平成12（2000）～15



写真-2 丸木舟
西之表市開発総合センター（鉄砲館）に展示されているヤクタネゴヨウで製作された丸木舟（撮影：久保島吉貴）

表-1 古文書にみられたヤクタネゴヨウの個体数と幹周囲

元号（西暦）	個体数	幹周囲
貞享2（1685）	247	—*
寛延元（1748）	355	七尺～一丈四尺
宝暦5（1755）	218	七尺～一丈四尺
	210	五尺～六尺
天明2（1782）	28	—

*記載無し

(2003) 年度に九州森林管理局によって実施された『ヤクタネゴヨウ増殖・復元緊急対策事業』がある(塩崎ら 2005)。この事業では、自生個体より穂木を採取し、ストロブマツ (*P. strobus*) を主な台木としたつぎ木苗を基に、採種林・見本林が屋久島と種子島で造成されている(写真-4)。

先に紹介した2つの地元住民グループによる活動は、すでに10年ほどが経過した。これまでに関係諸機関との連携も深まり、現在実施しているヤクタネゴヨウの保全における中心的な役割を担っている(手塚 2006)。

マツ材線虫病対策

さて絶滅危惧種の保全のためには、現在問題となって



写真-3 国割岳西斜面

国割岳(標高1,323m)の西斜面は、屋久島における植生の垂直分布を間近にみることができる。標高400m以上の照葉樹林の林冠層から、ヤクタネゴヨウが突出しているのが散見できる。



写真-4 屋久島の採種林における植栽個体
植栽後7年を経過している。地際部の金網は、シカによる食害の防止用に設置した。

いる衰退要因を早急に取り除く作業が不可欠である。マツ材線虫病のような深刻な被害が生じている場合には、公的機関の事業はもちろんのこと地元住民による活動が大きな力となる(吉田 2006)。

例えば種子島においては、江戸時代の古文書に「虫あり。松葉を喰らひて、樹まさに枯れんとす。故に庶民をして虫を駆らしむ。」という一文がある。内容は、「マツカレハ (*Dendrolimus spectabilis*) のような食葉性害虫が大発生し、住民総出で駆除してマツ(ヤクタネゴヨウかどうかは不明)に対する被害を抑え込んだ。」とのことであろう。今から200年程前の種子島では、住民による病虫害被害駆除の実績がある。このような過去の成功事例をひも解くことは、現在の保全策の策定や保全作業に対する示唆に富む。

マツ材線虫病によるヤクタネゴヨウの枯死が確認されはじめていた種子島では、平成15(2003)年より、種子島・ヤクタネゴヨウ保全の会を中心にして被害拡大を阻止する努力が民官学の協働で進められている(金谷ら 2005)。自生地においてマツ材線虫病により枯死したマツ(クロマツも含む)には、マツノマダラカミキリの幼虫が生息しており、翌年の感染源となる。そのため枯死したマツは伐倒後、長さ30~50cmの丸太に玉切りにした主幹をはじめ、直径1cm前後の細い枝までも林外に搬出している(写真-5)。搬出した丸太や枝は、窯元で薪として利用することで材中のマツノマダラカミキリの幼虫を駆除している。また搬出できなかった丸太や枝は、現場で薬剤によるくん蒸処理を実施している。さらにヤクタネゴヨウの生残個体には、侵入してくるマツノザイセンチュウのマツ樹体内における生息を阻止するため、試験的に殺線虫剤の樹幹注入が実施されている(金谷ら 2008)。これらの対策により、現在では、当該林分におけるマツ材線虫病被害の発生は着実に減少している。しかしこれらの活動は、ヤクタネゴヨウの自生地あるいはその周辺のみで実施されているだけであり、対象地域外のクロマツ林ではマツ材線虫病被害が発生し続けている。この状況が改善されなければ、将来的にヤクタネゴヨウに対するマツ材線虫病の脅威が消失することはないため、クロマツ林に対する恒常的な対策も検討する必要がある。

一方、屋久島でのモニタリング調査では、マツ材線虫病によるヤクタネゴヨウの枯死は確認されていない。しかし最近、島内ではクロマツに対するマツ材線虫病被害

a)



b)



c)



写真-5 種子島における枯死木の搬出作業

- (a) 搬出を前に、作業に参加した地元住民へ、マツ材線虫病および活動の内容を説明している。
 (b) 搬出は、背負子を用いて人力で行っている。写真の丸太の重量は、30kgを超える。
 (c) 林道まで運び出した丸太や枝は、軽トラックで種子島焼の窯元まで運搬する。

が生じており、ヤクタネゴヨウへの被害の飛び火が懸念されている。そうした中、平成20(2008)年度より、屋久島町が島内で枯死したマツ全般の情報を集約し適切な処理を実施するために、「マツ枯れ110番」と称して町報を通じて住民にマツ枯れ情報の提供を呼びかけている。この活動は「世界自然遺産の屋久島をマツ枯れ0(ゼロ)の島にすること」を目指しており、成功すれば将来的にヤクタネゴヨウにマツ材線虫病被害が及ばなくなることが期待される。屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊は、この活動の開始以前から関係機関との協力体制を構築しており、被害枯死木の駆除作業は着実に進められている。

以上のように、屋久島と種子島における地元住民グループの力は、絶滅危惧種ヤクタネゴヨウおよびそれを含み森林生態系を保全するうごきを加速させる原動力であることは間違いない。今、それらの活動は、ヤクタネゴヨウの未来を拓きつつある。

引用文献

Akiba M, Nakamura K. (2005) Susceptibility of adult trees of the endangered species, *Pinus armandii* var. *amamiana*, to pine wilt disease in the field. *J. For. Res.* 10: 3-7.

金谷整一・荒田洋一・水之浦義輝・池亀寛治・手塚賢至・秋庭満輝・中村克典・川口エリ子・吉丸博志(2008) 絶滅危惧種ヤクタネゴヨウにおける殺線虫剤の樹幹注入1年後の効果. *森林防疫* 57: 28-35.

金谷整一・中村克典・秋庭満輝・寺川眞理・池亀寛治・長野広美・浦辺菜穂子・浦辺 誠・大山末広・小柳 剛・

長野大樹・野口悦士・手塚賢至・手塚田津子・川上哲也・木下大然・斉藤俊浩・吉田明夫・吉村充史・吉村加代子・平山未来・山口恵美・稲本龍生・穴井隆文・坂本法博・古市康廣(2005) 種子島木成国有林におけるマツ材線虫病で枯死したヤクタネゴヨウの伐倒駆除. *保全生態学研究* 10: 77-84.

熊本営林局植生調査課(1937) アマミゴエフマツ *Pinus amamiana* Koidz. の分布に就て. *研修* 5: 70-79.

牧野富太郎(1961) 牧野 新日本植物圖鑑, 1060pp. 北隆館.

Nakamura K, Akiba M, Kanetani S. (2001) Pine wilt disease as promising causal agent of the mass mortality of *Pinus armandii* Franch. var. *amamiana* (Koidz.) Hatusima in the field. *Ecol. Res.* 16: 795-801.

塩崎 實・石井正氣・西村慶二・冬野劭一(2005) ヤクタネゴヨウ増殖・復元緊急対策事業を終えて. *林木の育種* 215: 34-42.

田代善太郎(1995) 鹿児島県屋久島の天然記念物調査報告(大正十二年六月)(復刻版). 122pp. 屋久島産業文化研究所, 鹿児島.

手塚賢至(2006) 絶滅危惧種ヤクタネゴヨウの保全活動一民・官・学協働の取組み一. *林木の育種* 220: 13-15.

山本千秋・明石孝輝(1994) 希少樹種ヤクタネゴヨウの分布と保全について(予報). *日林講要* 105: 750.

吉田成章(2006) 研究者が取り組んだマツ枯れ防除—マツ材線虫病防除戦略の提案とその適用事例—. *日林誌* 88: 422-428.

表層崩壊の発生に關与する“脆弱層”の見つけ方

小山 敢 (こやま かん、鳥取県農林総合研究所林業試験場)

はじめに

表層崩壊は、豪雨時に先行現象を伴わず突発的に生じることが多い現象です。崩壊危険箇所を予測するためには、崩壊箇所特有の地盤構造を把握することが重要です。筆者は、すでに地盤調査を行った箇所で、調査後に表層崩壊が生じるという現象と遭遇する機会を得ました。この、幸運から見出された、表層崩壊の発生に關与する特殊な軟弱土層を見つける方法を紹介します。

簡易貫入試験で地盤構造を調べる

穴を掘らずに地下数 m までの地盤構造を調べるには、写真-1 に示す簡易貫入試験が有効です。簡易貫入試験とは、5 kg のおもりを 50 cm の高さから落下させ、直径 25 mm の先端コーンを有するロッドを地面へ打ち込むものです。試験結果は、おもりの落下回数 N と貫入量 d (cm) から $10N/d$ で求められる Nd 値で表されます。一般的に、表層崩壊のすべり面は Nd 値が 10 程度の表土層と、それよりも堅固な基盤層の境界で生じるとされています。しかし、筆者が遭遇した表層崩壊は、図-1 に示すように、 Nd 値が 2~3 程度の表土層中に存在した Nd 値 < 1 という極めて軟弱な層をすべり面としていました。そこで、この Nd 値 < 1 の軟弱層が 50 cm より深い所に存在す

る場合、表層崩壊の発生に關与する可能性の高い土層として“脆弱層”と名付けました。 Nd 値 < 1 と言われても現場では分かりづらいので、1 回のおもりの落下で 10 cm 以上貫入すれば脆弱層だと覚えておけば良いでしょう。また、脆弱層は同じ深度に連続する場合が多いので、数 m 程度離れて簡易貫入試験を行い、複数地点でその存在を確認した方が良いでしょう。さらに、古い崩壊が近くに存在する場合は、その崩壊深度と脆弱層の深度が一致するかを確認すれば、脆弱層がその斜面の潜在的なすべり面であるかどうかを判断する上で役立ちます。脆弱層がこれまでに多く見つかっている斜面は、①風化花崗岩、②傾斜 40~45 度、③遷急点 (下方を見て縦断勾配の急増地点) の下方側、という特徴が挙げられます。

脆弱層はなぜすべり面になるのか？

持ち帰った深度別の土の不攪乱サンプルに水を加えると、脆弱層のサンプルだけが急激な体積収縮を生じました。土の間隙 (すきま) に毛管現象で存在する少量の水の表面張力は周りの土粒子を引きつけ合う働きをしますが、多量の水を加えるとこの力は失われて、コラプス沈下と呼ばれる現象が生じることがあります。間隙の大きな土では、土の粒子が相対的に移動しやすいため、間隙の破壊が生じて著しく体積が収縮し、強度を失い

ます。持ち帰った脆弱層と脆弱層より 10 cm 下層の非脆弱層に水を加えながら顕微鏡で観察すると、写真-2 のように脆弱層がコラプス沈下の特性を持つことがよく分かりました。自然含水状態 (水を加える前) では脆弱層は大きな間隙が多く弱々しい構造をしています。非脆弱層は間隙が小さく粒子が堅固に接触しています。飽和状態 (水を加えた後) を見ると、脆弱層は土の構造が破壊し大きな間隙がつぶれた状態になっていることが分かります。非脆弱層は飽和しても土の構造に変化は見られません。豪雨時に脆弱層が飽和するとコラプス沈下が生じてすべり面が形成されるのです。 Nd 値 < 1 の土層を簡易貫入試験で見つけた場合は、可能ならば穴を掘り不攪乱サンプルを採取し、飽和時にコラプス沈下が生じるのかを確認すると、より確かな潜在的すべり面の存在確認が出来ると思います。

このようなコラプス沈下の特徴を有する脆弱層が、全ての表層崩壊現象に關与しているわけではありません。この他にも未知なる表層崩壊の特徴が存在すると思われま。今後も崩壊危険箇所を予測するための鍵となる知見を求めて、現地調査を進めたいと思います。

参考文献

小山 敢・三森利昭・落合博貴・奥村武信・本田尚正 (2005) 風化花崗岩斜面の表層崩壊発生に關与する脆弱層. 日林誌 87 (4) : 304-312.

小山 敢・西郡彩菜・三森利昭・落合博貴・奥村武信・本田尚正 (2005) 風化花崗岩斜面の表層崩壊発生に關与するコラプス沈下. 日林誌 87 (6) : 457-464.



写真-1 簡易貫入試験の状況

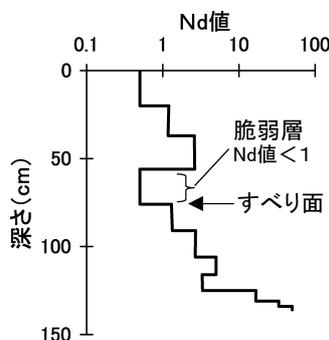
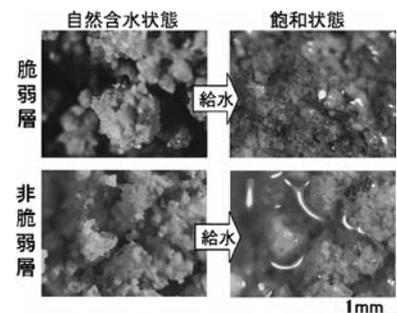
図-1 Nd 値の深度分布から見た脆弱層の存在深度とすべり面深度

写真-2 飽和化に伴う土の構造の変化

森林樹木の進化プロセスをはかる —遺伝子系統樹からわかること—

上谷 浩一 (かみや こういち、愛媛大学農学部)

生物集団中には遺伝的な多型が多数存在します。種内の遺伝的変異の存在は、種が遺伝的に多様な実体であることを示しており、生物多様性の保全にあたっては、このような種内の遺伝的変異も考慮されなければなりません。集団遺伝学は遺伝的変異のパターンを調べ、自然淘汰・突然変異・繁殖様式・集団構造などについて研究する学問分野です。生物進化と多様性の遺伝機構を明らかにすることがその目的です。樹木種においても、複数集団・複数個体のDNA配列を決定し、集団遺伝学的手法に基づいて解析した例が多くあります。

遺伝的な多型とは、ある遺伝子領域において異なったタイプの遺伝子が二つ以上存在する状態のことをいいます。この

ような同一領域内に見られる種類の異なる遺伝子はハプロタイプと呼ばれます。実際、ハプロタイプは遺伝的に連鎖している多型の組み合わせとして示されます。図に6個体から得られたある相同遺伝子の塩基配列を示します。これらの配列を比較した時に一塩基でも異なっていれば、違うハプロタイプとして取り扱われます。ハプロタイプ間の配列の違いを最小の突然変異で説明できるように結んだものをハプロタイプネットワークといいます。塩基配列データを見ると、塩基の違いによってサンプル1と2はハプロタイプ a、3は b、4は c、5は dそして6は e に区別できることがわかります。そして、(A) に示したような系統ネットワークによって、ハプロタイプ a から

一つの突然変異によって b が、そして b から一つの突然変異によって c が生じ、さらに a から別の突然変異によって d と e が生じたと推定されます。このように、ハプロタイプネットワークを作ることにより、a が祖先的な配列を示し、それ以外は a から生じた派生的な配列であることがわかります。

ハプロタイプネットワークの示すパターンから、種が過去に経験した分断と分散の歴史について推論することができます。ここでは、図に示したような四つの特徴的なネットワーク図から推測される歴史生物地理学的な要因について考えてみます。

(A) の例では、二つのハプロタイプ群が多く突然変異によって区別され、同一地域集団のハプロタイプは同じ群内に見られます。このようなパターンは、遺伝的交流が長期間妨げられるような外的障壁(例えば海峡や山脈)の存在によって説明されます。

(B) は (A) と同じ形ですが、すべてのハプロタイプが異なる地域集団間で共有されています。このようなパターンから、異所的に進化した2集団が、二次的に接触し、融合したと考えられます。

(C) は頻度の高い中心に位置するハプロタイプから、低頻度のハプロタイプが複数個生じた例です。このようなパターンは、比較的最近になって分布域を拡大しながら個体数が爆発的に増加したような種において観察されることが期待されます。

(D) は (A) と (C) を組み合わせたようなパターンです。異所的な2集団それぞれが、最近になって集団サイズを増加させたと考え、このようなパターンは説明できます。

このように種の分布域の変化の歴史は、遺伝的変異の系統地理学的な分析によって推論することができます。

参考文献

ジョン・C・エイビス (西田睦・武藤文人 監訳) (2008) 生物系統地理学種の進化を探る。東京大学出版会。

サンプル1 ATTCGATGCATCATGAA ← ハプロタイプ a
 サンプル2 ATTCGATGCATCATGAA ← ハプロタイプ a
 サンプル3 ATTCGATGCATAATGAA ← ハプロタイプ b
 サンプル4 ATTCGATGCATAATGAA ← ハプロタイプ c
 サンプル5 ACTCGATGCATCATGAA ← ハプロタイプ d
 サンプル6 ATTCGAGGCATCATGAA ← ハプロタイプ e

(A)

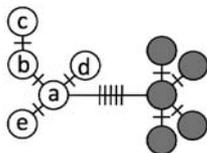
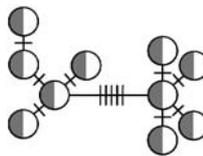


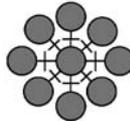
図 ハプロタイプネットワーク

丸で示されたハプロタイプは各枝に棒で示された数の突然変異によって区別されます。丸の色の違いは、異なる地域集団から得られたハプロタイプであることを示しています。

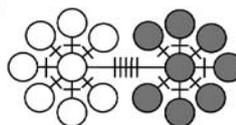
(B)



(C)



(D)



記録

第58回日本森林学会中部支部大会シンポジウム報告 森の研究 —今とこれから—

山田 容三・小谷 亜由美

(やまだ ようぞう・こたに あゆみ、名古屋大学大学院生命農学研究科)

第58回日本森林学会中部支部大会シンポジウムが、2009年10月11日に名古屋大学豊田講堂内のシンポジウム会議室で開催された(写真-1)。このシンポジウムは、森林に関わる研究の現状と最先端の成果を、幅広く一般市民に伝えることを目的として、GBP/iLEAPS日本小委員会、生物多様性条約COP10支援実行委員会、名古屋大学大学院生命農学研究科、名古屋大学地球生命圏研究機構の後援、ならびに平成21年度科学研究費補助金(研究成果公開促進費)の補助を受けて開催された。

シンポジウムは、日本森林学会中部支部の竹中千里支部長(名古屋大学大学院生命農学研究科)から開会挨拶と趣旨説明があり、基調講演とパネルディスカッ

ションを行う午前の部、研究者と市民が直接交流できるブース展示を行う午後の部の2部構成で行われた。

基調講演では、東アジアを緯度方向に見た森林の違い、すなわち北方林から温帯林、熱帯林といった異なる森林に焦点を当て、それぞれの森林における研究の最先端の成果を3人のパネリストが紹介した。

パネルディスカッションでは、コーディネーターと2名のコメントーターを加えて、これらの森林の現状と将来について、温暖化や生物多様性といった視点から議論した。

ブース展示では、研究者が森林研究の現場の苦労や楽しさを直接市民に伝えることによって、一般市民の森林に対する

理解と興味をさらに高めてもらうことを目的として、日本森林学会中部支部管内の16教育・研究機関から23のブース展示があった。以下に基調講演の要旨とブース展示のテーマを記し、シンポジウムの概要を報告する。

I. 基調講演

コーディネーター挨拶：名古屋大学大学院生命農学研究科 山本進一

北東アジアと東南アジアを含めた広義の東アジア地域では、熱帯から亜寒帯まで「緑のベルト」が連続している世界でもまれな地域である。そこでは世界でも生物多様性が高いと考えられている東南アジアの熱帯林から、温帯林を経て亜寒帯の北方林まで連続して森林が出現する。さらにこの地域は、非常に古くから人為的変化が進むとともに、近年の急速な経済発展により自然環境が劇的に変貌しつつあり、地球環境変化の影響を大きく受けつつある。基調講演では、この東アジアを代表する3タイプの森林、すなわち熱帯林、温帯林、北方林について地球環境変化と生物多様性の視点から話題提供していただく。特に地球環境変化と関わりが深い二酸化炭素に代表される炭素の循環と、降水の地理的・地域的配布パターンと密接に関係する水循環の側面を強調して講演していただく(写真-2)。その後、基調講演者をパネリストにコメントーターから主として生物多様性に関わるコメントをいただきながら、「東アジアの森林の現状と将来について」のテーマでパネルディスカッションを行う(写真-3)。



写真-1 基調講演会場



写真-2 コーディネーターとパネリスト
左からコーディネーターの山本先生、パネリストの熊谷先生、三枝先生、太田先生



写真-3 コメンテーター
左から松村先生、小見山先生

基調講演 1

「凍る大地と森林の共生—東シベリア・タイガ林での水循環—」：名古屋大学大学院生命農学研究科 太田岳史

東シベリアのタイガ林の分布地域は永久凍土の分布地域と重なっており、森林と永久凍土の間に、“共生”関係があることが考えられる。講演者らのグループでは、タイガ林での水・エネルギー・炭素循環を明らかにするため、1994年から現地観測を実施してきた。一般に、降水量が少ない地域では降水量の増減に蒸発散量の増減が追随するが、東シベリアの観測結果では、年蒸発散量の変動は年降水量の変動に比べて安定していた。そして夏季の蒸発散量は土壌水分量の影響を強く受けるが、ある年の土壌水分量は前年の夏の降水量との相関が大きいことがわかった。すなわち、冬季に土壌が凍結することによって、凍結前までの降水量の多寡の状態が、次の年の夏まで持ち越されるといえる。酸素安定同位体を用いて、樹木体内の水と降水、土壌水との関係を調べた研究からは、夏季降水の多い年には樹木は降水を利用している一方で、降水の少ない年には凍土の融解水を利用していることが明らかになった。これらの結果より、降水量が少なく、年による変動が大きい東シベリアのタイガ林

では、永久凍土の存在が植物への安定した水供給を可能にしていると考えられる。このように永久凍土とのバランスによって維持されている東シベリアの森林が、今後の環境変動に対してどのような応答をみせるのか、注意を払う必要がある。

基調講演 2

「日本の森林による二酸化炭素吸収量は年によってどれだけ違う？—冷夏や猛暑の影響を受ける中緯度の森林—」：国立環境研究所地球環境研究センター 三枝信子

森林をはじめとする陸上生態系では、植物や土壌の働きにより二酸化炭素が吸収、放出され、日射や気温など気象条件や、展葉や落葉といった植物の季節的推移に伴って時時刻々変化している。講演者らのグループでは国内外の研究機関とともに、微気象学的な手法を用いて二酸化炭素の吸収・放出量を観測する技術を研究し、世界中の生態系に適用して観測を実施するネットワークの構築を進めている。現在では世界で200ヶ所以上の観測地があり、異なる気候帯や機能タイプの森林によって、吸収・放出量の日変化や季節変化が異なるパターンを持つことがわかってきた。例えば中高緯度の落

葉性森林では、冬から春にかけての気温が展葉開始時期を決定し、初夏の光合成吸収量に大きく影響すること、2003年の日本付近での記録的な日照不足は、森林の二酸化炭素吸収量を広範囲で低下させたことなどが明らかになった。また、火災や伐採による影響についての研究も進められている。このような観測ネットワークに基づく研究の蓄積により、現在の陸上生態系による二酸化炭素の吸収・放出の地球規模の変動だけでなく、将来の気候変動に対する陸上生態系の応答を予測することが可能になると考えられる。

基調講演 3

「東南アジア熱帯林における水・炭素循環」：九州大学大学院農学研究院 熊谷朝臣

森林での水循環は樹木の根からの吸水や葉からの蒸散を通して植物の光合成活動と関わっており、樹木の生育を左右する。高温潤湿な熱帯地域とくに東南アジアの森林では、比較的一定な温度は植物の生育に大きな影響を与えない一方で、雨の降り方、植物が利用できる水の在り方は様々であり、特徴的な水と森林の関係があらわれる。東南アジアの熱帯林地域には、年間を通して降水のみられる熱

帯雨林域と、明確な乾季と雨季のあらわれる熱帯季節林域があり、熱帯雨林域ではエルニーニョの影響を受けて、降水量の年々変動が大きく、強い乾燥が大量の樹木枯死の原因となることがある。講演者らのグループでは、ボルネオの熱帯雨林域やカンボジア熱帯季節林域での現地観測を実施してきた。これら東南アジアの熱帯林では、森林からの蒸散量はほぼ太陽放射エネルギーによって決まり土壌の乾湿にかかわらず蒸散が継続すること、落葉季節林では、落葉など樹木の活動のタイミングが降水や地中の水分で決まることがわかった。また、自然状態では観測しづらい、強度の乾燥に対する樹木の応答をみるために、強制的に設定した乾燥条件での実験も行っている。数値モデルを用いた研究では、熱帯雨林では土の水分保持能力が、熱帯季節林では根の深さと雨季の降水の地下水への供給量が、植物活動に大きな影響を与えることが明らかになっている。

コメント1

「東アジアにおける森林の研究—北から南へ—」：岐阜大学応用生物科学部 小見山 章

3人の研究者が見事な森林情報を与えてくれた。南から北まで、森林の水環境、炭素固定について、緯度に沿う3つのパターンを示された。それらのパターンから、森林の地域性が存在する、すなわち環境と生物が結びついた生態系のシステムとして多様性が存在することがわかる。しかし、森林にはまだまだ研究すべき多様性が控えている。例えば、マングローブ林では、

$$NEP = \text{吸収速度} - \text{放出速度}$$

(森林の炭素収支) (純生産速度) (異化呼吸速度)

炭素で9トン 11トン 2トン

独特な生物相もこのプロセスに荷担している。潮、カニや貝が分解する落ち葉など。生物相、環境と生産のプロセスは、一つのシステムとして、何千万年もかけてできたものである。また、これが変化してゆくのがシステムとしての生態系の宿命でもある。生態系と人間社会の間の

関係を、我々は論じていく必要がある。これは、学理だけではできない。現代社会では、もっと多くの人が森林研究を行って、様々な生態系と人間社会の関係を理解してゆく必要がある。

コメント2

「森林管理の成績表と住民参加—持続可能な森林経営と生物多様性保全のためのルール作り—」：三重大学大学院生物資源学研究所 松村直人

「持続可能な森林経営」の具体的な到達度を客観的に評価する「基準と指標」が国別グループで定められてきた。これらの動きは、森林管理のチェックリストを作成し、共通の評価視点から、国レベルあるいは事業体レベルにおいて、定期的なデータ収集、比較分析、評価を行い、森林管理の持続可能性を客観的に判断し、世界標準に達しているか共通認識を得ようとする試みである。また、先進国でも途上国でも、森林の保護や造成、管理において、地域住民の参加と共通理解、ならびに自主的で継続的な取り組みが重要である。生物多様性保全への理解・配慮についても、経済的発展や地域振興などの経済的誘因に関する議論と合意形成が不可欠である。さらに、「持続可能性」のチェックには、「資源」、「環境」、「生物」、

「社会」などの各領域において、各種指標のモニタリングが重要であり、研究成果の共有、情報提供、地域住民など関係者の能力開発が今後の課題である。東アジアにおいてODAや環境基金の創設など日本が連携することが期待される。

II. パネルディスカッション

以上の基調講演とコメントを受けて、パネルディスカッションが行われ、パネリストとコメンテーターへの質疑応答があり、会場の大学生や大学院生から活発な質問があった。また、海外の現地で研究を進める上での苦労話などがパネリストから披露され、保安上の問題や相手先の政府や機関との交渉など、プリミティブな課題を乗り越えながら行われる森林研究の大変さに理解が深まった。

III. ブース展示

ブース展示においては、森林研究の現場体験の紹介、観測機器類の展示と実演、標本類の展示を行った（写真-4）。以下にブース展示を行った教育・研究機関とテーマを示す。各機関が工夫をこらした興味深い展示が並び、森林に興味のある参加者に大変好評を博した。

01. 森林・林業技術センターの取り組み：



写真-4 ブース展示会場

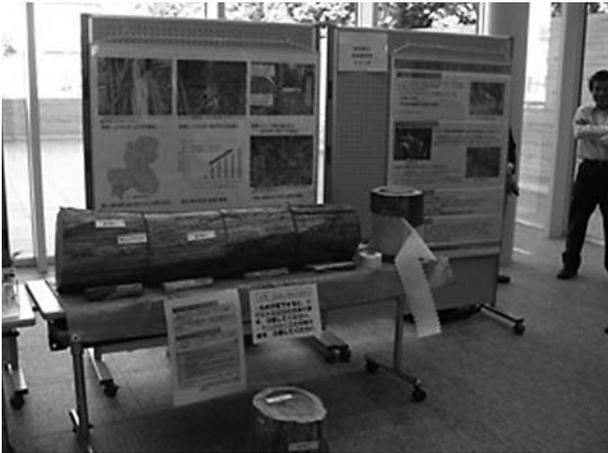


写真-5 岐阜県立森林研究所ブース
クマハギされた木材の実物を展示

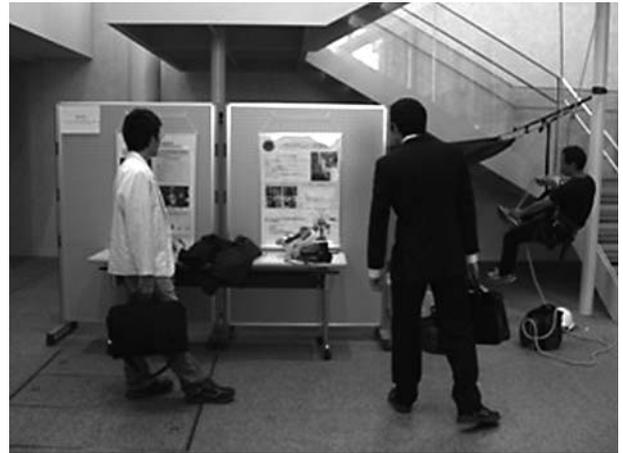
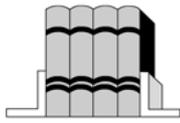


写真-6 名古屋大学生命農学研究科ブース
ツリークライミングの実演

- | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>愛知県森林・林業技術センター</p> <p>02. 無花粉スギのデータベースの作成：富山県農林水産総合技術センター森林研究所</p> <p>03. いろいろな林木の育種：石川県林業試験場</p> <p>04. 林業試験部の取組み「森の研究—今とこれから—」：福井県総合グリーンセンター林業試験部</p> <p>05. ニホンジカによる森林被害の実態把握と防除技術の開発：長野県林業総合センター</p> <p>06. 森林の資源から有用な成分を取り出す：岐阜県森林研究所</p> <p>07. 岐阜県におけるクマハギ被害防止技術の研究：岐阜県森林研究所（写真-5）</p> <p>08. 広葉樹の遺伝子解析と増殖時術の開発：静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター</p> <p>09. ブナの葉緑体 DNA の解析結果、静岡県の絶滅危惧種ジゾウカンバの組織培養</p> <p>10. ヒノキ人工林における広葉樹林再生</p> | <p>の取組み：三重県林業研究所</p> <p>11. 長野県西部地震による御岳山岩屑流荒廃地の植生回復状況：森林総合研究所木曽試験地</p> <p>12. 森を知ること、それは測ることから始まります：信州大学農学部</p> <p>13. 岐阜大学における森林に関する教育と研究の今とこれから：岐阜大学応用生物科学部</p> <p>14. 里山のサテライト生態学—三重県立津西高校と三重大学のスーパーサイエンスハイスクール（SSH）プログラムの紹介—：三重大学生物資源科学部</p> <p>15. 源流の森探検—三重大学附属平倉演習林における教育と研究：三重大学生物資源科学部</p> <p>16. 河川上流の源流域で発生する石礫型土石流の自動観測：静岡大学農学部</p> <p>17. 森林管理・造林技術への応用を目指した樹木生理生態メカニズムの解明：静岡大学農学部</p> <p>18. 広域生態系の機能解析・評価を目指したりモートセンシングの導入：静</p> | <p>岡大学農学部</p> <p>19. 温室の樹芸体験・山の樹芸体験：東京大学樹芸研究所</p> <p>20. 岐阜県立森林文化アカデミーにおける教育の理念と特徴：岐阜県立森林文化アカデミー</p> <p>21. 東海地方の里山保全を目指して？シデコブシの生態と遺伝を明らかにする？：名古屋大学生命農学研究科</p> <p>22. 名古屋大学グローバル COE プログラム—地球学から基礎・臨床環境学への展開—：名古屋大学環境学研究所・生命農学研究科</p> <p>23. ツリークライミングと環境教育：名古屋大学生命農学研究科（写真-6）</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

当日は天気の良い連休の中日で、しかも生物多様性条約 COP10 の大きなイベントが名古屋市内で行われたため、一般市民の参加が予想よりも少なく、シンポジウム参加者は 130 名にとどまった。しかし、中部地区と近隣の大学生と大学院生が参加者の 44% を占め、活気のあるシンポジウムとなった。



ブックス

基礎から学ぶ森と木と人の暮らし

共存の森ネットワーク企画、鈴木京子・赤堀楠雄・浜田久美子共著、農山漁村文化協会、2010年3月、143ページ、1,365円（税込）、ISBN978-4-540-09194-0（4-540-09194-8）

「これまで木や森と直接向き合う機会が少なかったけれど、もっと知りたいと思っている人、そんな人達の気持ちに伝えるための本」と著者が冒頭で述べるように、本書は、古くて長く密であった人と森との関係を、暮らし、科学、そして生業としての側面からトピックごとに平易に解説した入門書である。各トピックは図や写真を多用しながら、2～4頁で簡潔に解説され、専門的な内容も視覚的に表現することにより、理解しやすい工夫がなされている。また、トピックごとに完結しているため、読者はその興味に赴くままに、どこからでも自由に読み始めることができるだろう。

全体は4章から構成され、1章では、暮らしに焦点をあて、私たちの身の回りの「モノ」を通して、人と関わりの深い木や森やその恵みについて歴史や文化を踏まえて紹介している。衣・食・住にと持続的な営みの中で、私たちの生活が如何に山と密接な関係を持ち、依存してきたか、再認識することができる。2章では、木に焦点をあて、光合成の仕組みや組織構造、物理的特性や生物材料としての特質など、木や材としての性質を多角的な観点から易しく解説している。3章では、多様な樹木から構成される森に焦点をあて、森の種類やその働き、そして森の作り方などを解説している。4章では、ある農林家における営みの変遷を通じて、日本林業の歴史を見るとともに、生業としての山と人との関係を生の声で伝えてくれる。中でも、機械的に山を作るのではなく、木と山をよくみて自分の山を工夫して育てる、という林業家の理念と、森づくりと家づくりの連携から川

上と川下の出会いと創造を経て新たな視点を見出ししていく姿には、昨今の林業を取り巻く厳しい状況に柔軟な思考と山に対する真摯な思いで取り組む力強さを感じた。

著者は後書きの中で、「森との直接的なかかわりを急速に失った現在は、過剰な利用ではなく、あるいは単純な木材生産の場でもなく、森と人が互いに豊かであるための新たな森とのかかわり方が模索される時代」とし、「ただ遠くから眺めているだけの、直接的かかわりのない関係からは豊かな森はつくり出せない」と指摘する。著者のいう、森との新たなかかわりを見出す「森に近づく一歩」には様々な形があるが、この本がその一歩を後押ししてくれることは想像に難くない。木や森について初めて興味を覚えた人も、改めておさらいしたい人も広く利用できる1冊である。

宮本麻子（森林総合研究所）

森林経営の新たな展開 — 団地法人経営の可能性を探る —

林業経営の将来を考える研究会編、大日本山林会、2010年3月、251ページ、2,000円（税込）、ISBN4-92435-00-5-C0060

平成21年12月25日に今後10年間を目途に我が国の森林・林業を早急に再生していくための指針として「森林・林業再生プラン」が公表され、平成22年6月10日に「森林・林業の再生に向けた改革の姿（中間とりまとめ）」が取りまとめられました。①適切な森林施業が確実に行われる仕組みを整えること、②広範に低コスト作業システムを確立する条件を整えること、③担い手となる林業事業体や人材を育成すること、④国産材の効率的な加工・流通体制づくりと木材利用の拡大をすることとし、現行の森林計画制度を廃止して、意欲と実行力のある者が最小流域単位に面的なまとまりをもって集約化や路網整備等に関する計画を作成する森林経営計画（仮称）制度が検討されています。本書を手にして読み

始めると、まさに「森林・林業再生プラン」の中心とすべき概念がここにあるのではないかと感じさせられます。読み進めれば読み進めるほど、その思いはさらに熱くさせられることでしょう。

本書では、我が国の林業問題の根本原因を「森林の小規模所有問題」にあるとして、その解決法として「森林の所有と経営を分離する団地法人化」を提起しています。団地法人とは、雑誌「山林」の2003年6月号（No.1429）で藤澤秀夫氏が提案された、森林所有者が立木だけを現物出資することによって設立される法人であり、この団地法人はその出資された団地森林について利潤追求的・企業的かつ持続可能な森林経営を行い、出資者はその経常利益から出資額に応じた配当金を毎年受け取ることができるという新しい森林管理・経営の形態です。

本書では、団地法人に求められる条件を整理し、現在の日本の林業を取り巻く厳しい環境の中で採算の合う形で経営していけるのか、山形県金山町民有スギ人工林3,359haを1つの団地法人が経営することを想定して、施業計画や収穫計画を扱う「森林経営モデル」と、低コスト生産システムを扱う「素材生産モデル」、川上から川下に至るトータルな経済循環システムを扱う「木材利用モデル」の3つのモデルをリンクシミュレーション手法を用いて検討しています。「森林経営モデル」では、人工林資源の成熟度という新しい概念を提示し、「総成熟量」（年齢と面積の積の総和）という指標の変化に着目して、普通伐期から長伐期まで弾力的に組み合わせた収穫計画を可能にしています。「素材生産モデル」では、並行した高密度作業道ネットワークにロングリーチタイプのハーベスタとグラップルローダを組み合わせた作業システムなど我が国の素材生産技術の中で採用し得る最も合理的な技術を想定しています。「木材利用モデル」では、システムダイナミクス的手法を用いて、カネとモノの流れを示す木材経済循環の長期推計モデルを作成し、丸太の生産量や森林管理の経費、団地の収益性等を算出し

ます。以上から、森林経営の「見える化」に挑戦し、団地法人経営の可能性を探っています。

本書で提起された「団地法人」は、森林・林業の再生の特効薬になることが期待されます。また、巻末に付属している「団地法人に対する意識調査結果」や「諸外国における森林経営の現状」を示した補章も非常に貴重な資料となるでしょう。シミュレーションによる研究手法にも目を見張るものがあり、林業に興味のある学生や研究者だけでなく、行政マンにとっても一読の価値がある書と言えます。

中澤昌彦（森林総合研究所）

小笠原諸島に学ぶ進化論 一閉ざされた世界の特異な 生き物たち―

清水善和著、技術評論社、2010年7月、
215ページ、1,659円（税込）、ISBN
978-4-7741-4268-5

小笠原諸島は、東京都心の約1,000km南に位置する絶海の孤島である。火山列島以外の地域は、約4,800万年前に現在の赤道付近に相当する海域で海底火山として誕生したのち、数百万年前までに海上にその姿を現し、一度も大陸と地続きにならないまま現在に至ったと考えられている。

こうした島々は「海洋島」と呼ばれ、孤立した状態が長らく続いたため、他の地域では見られない独自の生物相を擁していることが多い。小笠原諸島も例外ではなく、例えば島の在来植物のうちの約40%、樹木に限定すれば実に約70%が当地域に固有の分類群である。また、彼らの生態は時として一般的な日本の植物とはかけ離れたものだ。キク科にもかかわらず高さ数mの木本になるワダンノキは、その最たるものだといえよう。こ

うした背景のため、当地域は「世界自然遺産」への登録に向けての審査中である。

その一方で、海洋島の生態系は大変脆弱なものだ。人為的に持ち込まれた外来生物が振るう猛威に対して、島の動植物はしばしば対応するすべを知らない。同じく海洋島であり、世界自然遺産への指定第一号でもあるガラパゴス諸島が、主に外来種問題のために最近まで「危機遺産」への指定を受けていたことは、記憶に新しい。小笠原でも、グリーンアノールに代表される外来捕食者の侵入にとともに、在来の昆虫の多くが激減していることが分かってきた。また、母島の湿性林などでは、かつて島外から導入されたアカギの繁茂が著しい。林床の実生から林冠を構成する高木層まで、森林を構成する要素のほぼすべてがアカギで占められるという異常な光景は、今やありふれたものとなってしまった。小笠原が自然遺産に指定されるためには外来種対策の更なる進展が至上命題だとの意見が出るのも至極当然のことであろう。

前置きが長くなったが、本書は技術評論社から多数出版されている自然科学の解説本「知りたいサイエンスシリーズ」の1冊である。小笠原諸島の特殊な歴史性とそれがもたらす上記のような光と影が、30年以上にわたり現地の植物を観察してきた研究者の視点から解説されている。島の動植物や観光スポットなどの表層的な紹介にとどまっているものがしばしば見受けられる小笠原関係の一般向けの書籍の中では、出色の存在だといえるだろう。語り口は柔らかく、必要以上に専門的な用語の使用は避けられている様子なので、すらすらと読み進むことができる。それでいて、島で見られる2種類の在来ハイビスカスの複雑な進化の歴史や、いくつかの樹種における隠蔽種の存在など、最近の研究成果についても紹介されているのが心憎い。そういった意

味で、進化学・生態学・保全生態学に興味をもっている大学生にもお勧めしたい一冊である。

本書の内容は5章構成である。第1章「海洋島の生物相と進化の法則」では、海洋島の定義やその性質にはじまり、そこに生物がどのように侵入してどのように進化するかなどについて、一般的な説明がなされている。第2章「小笠原諸島の歴史と生物の由来」では、小笠原諸島の地理的な特性や、成立してから人間が定着して現在に至るまでの歴史についての知見がまとめられている。そして本書の核心ともいえるべき第3章「小笠原諸島のユニークな生物たち」では、島の在来の動植物たちがもつ様々な興味深いトピックが紹介される。その対象は植物だけでなく哺乳類、鳥類、爬虫類、貝類、魚類などとても幅広い。続く第4章「脆弱な島への生物の侵入と保護」では、小笠原において問題視されている外来生物たちの現状とともに、外来種対策の進展状況がレビューされている。後者については、西島におけるクマネズミの駆除事業の一部始終など、原稿執筆時における最新の情報が反映されている。締めとなる第5章「世界自然遺産申請とこれからの小笠原」では、自然遺産への立候補にあたり、どのような点が世界にアピールするにふさわしいと考えられたのか、登録申請のために現地でどのような対応策がとられたかについて紹介している。

小笠原の固有生物には、写真で見ても、現地ですべてに手にとってみても、総じて地味な印象をもたせる種類が多い。とくに植物はその傾向が強く、淡緑色などの目立たない色をした小型の花を咲かせるものが目立つ。しかし、本書を読んで彼らの背後にある波乱万丈の進化の歴史に思いを馳せれば、小笠原への旅行は数倍楽しいものになるであろう。

大谷雅人（森林総合研究所）

裏方からみた15年目の東北森林科学会

白旗 学 (しらはた まなぶ、岩手大学)

東北森林科学会は、発足以来15年目を迎えた。筆者は、岩手に赴任直後から所属していたのであるが、当時は林学会東北支部であり、たまに大会に参加する程度でありあまり接点もなく過ごしていた。東北森林科学会の新規立ち上げ、その後の日本学術会議登録団体の申請と身近な方々が大変苦労されていたのを横目に、どこか他人事でのうのうと暮らしていた訳である。それが2005年に前任の方の転勤によるピンチヒッターとして会誌の編集委員になったのを皮切りに、企画主事、総務主事と、ここ数年すっかり「はまってしまった」状態になった。今思えば、編集委員、企画主事をやらせてもらったおかげで、学会の主な事業である会誌発行・大会運営を知り、総務主事で全体的な運営を勉強させて頂いたという、ある意味ステップバイステップで関わっていった事は、ナントカの幸이었다ように思う。特に、大会運営は、それまで参加するだけだった大会がどのように運営されているか、予算や準備、関係団体の方々の援助協力を知ることができて、たいへん勉強になった。参加人数は百数十名程度と規模的にそんなに大きな大会ではないが、毎回、開催県の関係者の方々をはじめ、多大なご協力を頂いた。その中で多くの方と顔見知りになれたことは、普段出不精(?)な私にとって、たいへん意味があったと感じている。

東北森林科学会の会則の第2条には、「本会は、東北地域における森林・林業に関する科学の総合的な発展を通じ、地域社会の生活向上と地域環境の保全をめざすことを目的とし(以下略)」とある。目的に賛同するのであれば、会員は東北地区に在住している必要はまったくない。実際、東北地区以外の会員も多数存在している。つまり、「東北の森林」をキー

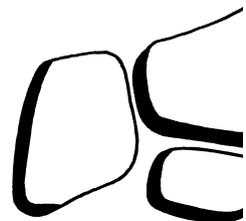
ワードに集まった学術的な集団というのが東北森林科学会の実際の姿であり、各個人の研究を個別におこなう一方で、それらを持ち寄り互いに議論しながら情報交換する場が会誌であり大会ということになる。特に顔を実際に合わせて議論をする、または実際に議論をしないまでも発表や他の方の議論を間近に聞くことができる大会は、年に一度のお祭りではないが、近いものがあるように感じる人が多い。ただの参加者から、運営する立場になって、そのことは以前よりも大きく感じるようになった。

周知の通り、東北地方は6県で構成されており、大会は反時計回りで各県持ち回りの開催となっているため、6年でちょうど一周となる。ちなみに東北地区には、ある程度の規模で森林系のまとまった組織をもつ大学は2校なので、学会の事務局はそれぞれの大学が6年交代で担当している。現在はこの6年周期からみれば3周目のなかばであり、事務局が二巡目に入ったところにあたる。総務主事の時に以前の活動記録を色々見ることがあったが、特に最初の数年間の記録を見ると独立した学会になるための様々な努力の跡が伺えて、遅まきながら当時担当された方々に感謝の念を持ったものだった。筆者は、ちょうど安定期に入るあたりで運営に参加したため、大きな問題もほとんどなく、かなり楽をさせてもらったと思う。筆者がおこなった数少ない変更点で、大会のテーマ別セッションの運営に関するものがある。通常の研究発表だけではなく、地域性の強い話題などを一般の非会員の人々も同席して話し合える場を提供する、という趣旨で、コーディネーターのみが会員であれば可とし、話題提供者をコーディネーターが会員・非会員問わず自由に選択で

きることを明文化し、わずかではあるが招待者の謝金・旅費の補助を大会経費から認めることとした。会員の方々には、ぜひとも積極的に利用して頂きたいと思っている。

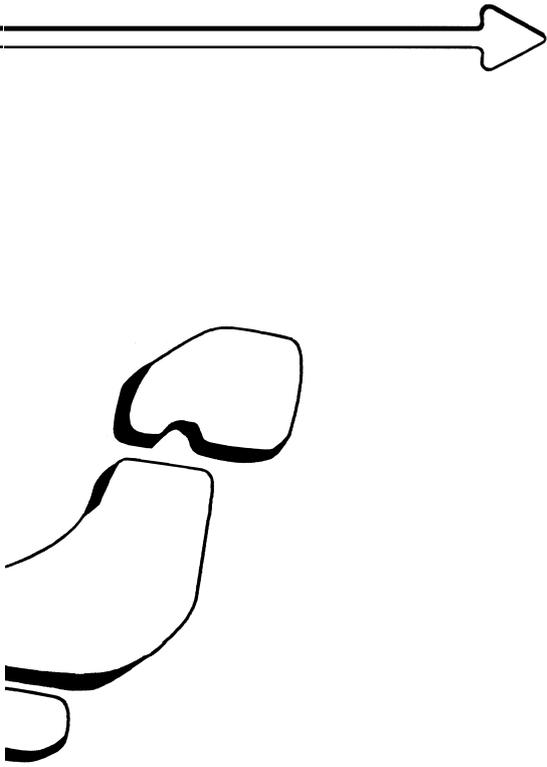
筆者の東北森林科学会とのかかわりは

北から



今年(2010年)は国際生物多様性年。CBD-COP10が名古屋を主会場として開催されますが、石川県でもいくつかのプログラムが実施されます。この機会に、石川県林業試験場(以下、石川県林試)にお

今年の第15回大会（岩手大会）の運営委員が終わればひとまず一段落で、正直少しほっとしているところではあるが、今後とも東北森林科学会が有意義な活動の場として機能するように、できる範囲で協力していきたいと考えている。



南から

日本森林学会支部だより

などの書籍を発行してきました（地域の専門家への委託事業）。これらの情報集積は、県内の森林の生物多様性保全のための基礎資料として、大変意義あるものであったと思います。そして、『石川県樹木誌図譜』、『石川県樹木分布図集』の情報は、石川県林業試験場のホームページ『いしかわ森林図鑑』の中の『いしかわ樹木図鑑』に整理しなおして掲載しています。なお、『いしかわ森林図鑑』には、その他樹木関連では『紅葉図鑑』と『花粉図鑑』を掲載しているほか、きのこやへび類の図鑑、そして地域の固有品種を含む『さくら品種図鑑』などを掲載しています。インターネットの普及により、コストをかけずに情報を公開できるようになりました。地域の生物多様性の姿を広く紹介する手立てとして、今後も活用が望まれます。

最近では、地域の森林の生物多様性に関する横断的な調査にも取り組んでいます。ラファエリア菌とカシノナガキクイムシの共生により発生する樹木の枯死被害に伴う森林の生物多様性の変化について、本県で被害が最初に発見された加賀市刈安山で2001年から2003年の3年間、植生・昆虫・鳥類・きのこについて調査を実施しました。また、2006年に白山麓の被害林分でも植生の回復状況を調査しました。これらの調査の範囲では多様な樹種の更新が見られ、特に森林の維持という観点からは、大きな問題はないものと考えられました。

また、現在里山の生物多様性を脅かす要因として注目されている、竹林における生物多様性の状況について、2009年から調査を開始しました。現在も調査は継続中ですが、植物・昆虫・きのこの多様性が低い傾向が明らかになりつつあります。竹林環境を好む種も確認されてお

り、竹林も里山生態系の多様性の一部であることは確かなのですが、竹林の拡大が続いている現状はやはり、生物多様性保全の観点からも危惧すべき状況であると言えるでしょう。

石川県では、2007年よりいしかわ森林環境税による強度間伐事業を実施しており、石川県林試では、強度間伐による下層植生の回復状況に関するモニタリング調査を、2008年より実施しています。今年度からは、昆虫と鳥類についての調査も開始しました。

さて、人工林と言えば全国一律スギ・ヒノキと考えられがちですが、石川県の能登地方には、アテ（ヒノキアスナロ）の造林地が多く見られます。石川県の木にも指定されているアテは、本県の人工林の多様性を特徴づける貴重な樹種ではありますが、手入れ不足に起因する諸問題や漏脂病被害の激化など課題も多く、アテ林業を活性化するための様々な試験研究を行っているところです。そのなかで、遺伝的多様性に配慮しながらより優れた品種を選抜していくための基礎資料を得るために、石川県林試では、1980年代からアイソザイム分析による調査を開始し、1990年代にはDNA分析による調査も行ってきました。アテにはもともと20以上の呼び名（品種）がありましたが、現在は、主要3～5品種の名前が広く知られています。実際には品種（個体）の確実な識別法はなく、確実な結果を得るためには、分子分類学的なアプローチが必須です。今後とも県内外の専門家のご助力も頂きつつ、地域の貴重な遺伝資源を活かしていきたいと思いません。

石川県林業試験場における生物多様性調査研究

矢田 豊（やだ ゆたか、石川県林業試験場）

ける生物多様性調査研究の歴史を振り返ってみることにしました。

石川県林試では、1972年に発行した『アテ造林史』を皮切りに、『石川県の植生』、『石川県樹木誌』、『石川県の巨樹』

森林科学 61

予告

特集

森とシカの関係を考える (仮)

記録

森林総合研究所において日本—フィンランド国際
林業研究セミナーを開催 —森林・林業・木材研究
の現状と将来を考える— (仮)

森林科学 61 は 2011 年 2 月発行予定です。ご期待ください。

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。手紙、fax、e-mail で編集主事までお寄せ下さい。
- ・日本森林学会サイト内の森林科学のページでは、創刊号からの目次がご覧いただけます。また、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。
- ・56 号以降については、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。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	田中 浩 (森林総研)
委員	高橋 興明* (経営/森林総研)
	田中 憲蔵* (造林/森林総研)
	藤田 曜 (動物/自然環境研究セ)
	黒川 潮 (防災/森林総研)
	谷脇 徹 (保護/神奈川県自然環境保全セ)
	井上真理子 (経営/森林総研)
	橋本 昌司 (土壌/森林総研)
	宮本 基杖 (林政/森林総研)
	磯田 圭哉 (育種/森林総研林育セ)
	菅原 泉 (造林/東京農大)
	吉岡 拓如 (利用/日本大)
	斎藤 秀之 (北海道支部/北海道大)
	白旗 学 (東北支部/岩手大)
	戸田 浩人 (関東支部/東京農工大)
	相浦 英春 (中部支部/富山県森林研)
	芳賀 弘和 (関西支部/鳥取大)
	津山 孝人 (九州支部/九州大)

(*は主事兼務)

編集後記

今号の特集は REDD+ (レッドプラス) という聞きなれない用語が入っていたので戸惑われた方も多かったのではないのでしょうか。実はこの REDD+ という制度が、温暖化の緩和や生物多様性維持の切り札の一つとして、森林科学分野で注目されつつあります。

熱帯林は世界の森林の中でも、その生物多様性や炭素の貯蔵庫として、ずば抜けた重要性を持っています。そのため、これまで色々な媒体を通して熱帯林の破壊や劣化問題について関心を持たれた方も多かったと思います。「森林科学」でも、1992 年に発行した第 6 号で特集を組むなどして何度か取り上げて来ました。しかし、これだけ昔から大きな問題となっているのに、熱帯林の劣化を食い止めるための有効な対策がとられて来たとは言えない状況でした。これまでの対策が功を奏さなかった背景の一つに、地域住民や現地国の経済的な問題がありました。つまり、地域社会にとって、熱帯林を先進国の環境保全団体が言うようにサンクチュアリーとして残すよりも、アブラヤシ農園などに開発したほうがお金を儲けることができ、より豊かになれるということです。今回特集で取り上げた REDD+ という概念は、森林を森林として保全することで、先進国

から途上国にお金を還元するという分かりやすいコンセプトなので、今後の熱帯林を保全する切り札になることが期待されているのです。

しかし、特集を読まれた方はもうお気づきでしょうが、実際 REDD+ を実施するとすると、解決すべき様々な問題があります。平田氏や清野氏が指摘しているように、REDD+ を実施するために最も基本的情報となる森林が蓄積している炭素の推定ですら、国レベルで正確に行なうのが困難なのが実情です。また、百村氏、横田氏が問題視しているように、肝心の先進国からのお金の支払い方法や、使い道についてもまだまだ具体的なことは決まっていません。さらに、北山氏の報告に見られるように、炭素蓄積だけでなく、生物多様性も保ちながら森林経営を行うことは至難の業です。高い科学技術力を持つ日本の森林技術者や科学者が REDD+ を健全に実施するための具体的な取り組みやルール作りには貢献できれば素晴らしいと思います。

最後になりましたが、「森林科学」に執筆いただいた著者の方々、査読の労を取っていただいた方々にお礼申し上げます。

(編集主事 田中 憲蔵)

「森林科学」への投稿について

「森林科学」投稿規定

(2009年3月26日改定)

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ページ以内、研究トピックス、読者の声、その他は2ページ以内とする。解説と研究トピックスについては、やむを得ない場合は規定ページ数の1.5倍まで認め、超過分は著者の負担とする。
5. 投稿原稿は執筆要領にしたがい作成し、電子メールまたは郵送で提出する。郵送で提出する場合は、オリジナル原稿(1部)を書留便で送付する。
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)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。

著作権規定

(2009年3月26日改定)

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

(2009年3月26日改定)

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ページに1つの図(イラストを含む)や写真を入れるようにする。

2. 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

解説・記録・研究トピックス：以下を別紙①～⑤にそれぞれ記載する。①表題、著者名、所属先、原稿種類名、別

刷数(希望する場合のみ、50部単位)、連絡先(住所、電話番号、FAX番号、電子メールアドレス)、②本文、③引用文献(必要な場合のみ、目安として最大10点程度まで)、④図、表、⑤図の説明

読者の声・その他：以下を別紙①～④にそれぞれ記載する。

①表題、著者名、所属先、原稿種類名、連絡先(住所、電話番号、FAX番号、電子メールアドレス)、②本文、③図、表
ブックス：紹介する印刷物の書誌情報(書名、編著訳者名、総ページ数、出版社名、発行地、発行年、定価、付与されている場合はISBN)、本文、紹介者名、紹介者連絡先(住所、電話番号、FAX番号、電子メールアドレス)

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「原稿作成の目安」を参照のこと。

図、表の表題にはそれぞれ通し番号(図-1、表-1など)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。

手書き原稿も受け付ける。手書きの場合は400字詰め原稿用紙(A4版、縦型、横書き)に黒ペンで書き、図表や写真などの扱いは慣例に従う。

5. 引用文献

引用文献は必要最小限とし、アルファベット順に記載する。本文中での引用はアルファベット順で記載した通し番号で(1)、(2)、(3)のように引用するか、該当人名に(年号)あるいは事項に(人名、年号)をつけて引用する。混用はしないこと。誌名の略記法は和文の場合は慣例により、欧文の場合はForestry Abstractsにならう。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。単行本の場合は総ページもしくは引用ページを記載する。記載例は「日本森林学会誌執筆要領」を参照のこと。

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 高橋與明

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

森林総合研究所

森林管理研究領域

Tel 029-829-8314

Fax 029-873-3799

e-mail tomokun@ffpri.affrc.go.jp

学会事務についての問い合わせ先

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

http://www.forestry.jp/

(日本森林学会)

http://www.forestry.jp/contents/publish/publish.html

(森林科学)

複写をされる方に：☑ 学協会著作権協議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 学協会著作権協議会 (Tel./Fax 03-3475-5618)

安心・安全な 樹幹注入式の松枯れ防止剤 グリーンガード®ファミリー Greenguard® Family



だから
安心です！

グリーンガードファミリーは、樹幹注入剤で唯一、
原体・製品ともに「普通物」「魚毒性A類」に属していますので、
安心してご使用いただけます。



新登場

松枯れ防止・樹幹注入剤

グリーンガード®NEO

Greenguard® NEO

Pfizer ファイザー株式会社
〒151-8589 東京都渋谷区代々木 3-22-7

松枯れ防止に関するホームページ

www.greenguard.jp

日本環境計測株式会社

葉面積指数センサー

MIJ-15

400~700nmのPARと700~1100nmの近赤外線データを計測し、比を算出する事でLAIを計測します。LAI~8。



光合成有効放射センサー

MIJ-14

PPFDセンサーで問題となる長期ドリフトを抑える設計思想。小型堅牢。0~4,000 μ E (アンプ使用時10000 μ Eまでリニア)

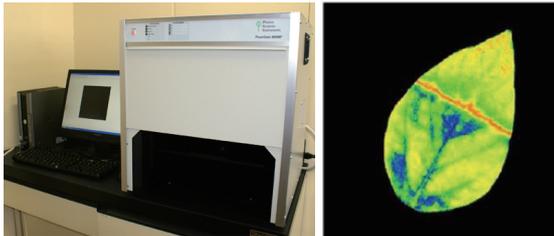


二次元クロロフィル蛍光測定器

EMFluorCam800MF

二次元蛍光測定はこれで完結。高分解能カメラ、照射光波長、受光波長など、オプションも充実。

測定項目:F0, Fm, Fv, F0', Fm', Fv', Fv'/Fm', AbsPAR-value
計算項目:NPQ, Fv/Fm, Fv'/Fm', Rfd, qN, qP, PAR吸収率、他



携帯型蛍光測定装置

OS-5p

屋外での蛍光測定(一次元)はこの機種。内蔵電池で連続20時間稼働し、測定パラメータも充実しています。オプションのリーフクリップで、PARや葉温度も計測できます。

測定項目:F0, Fm, Fv, Fv/Fm, Fod, Fms, Fs, qP, qN, NPQ, Ft, ETR, PAR, T



蒸散測定器

AP4

気孔開口部は葉表面の拡散コンダクタンスにより植物葉からの蒸発散、光合成用のCO₂吸収の両方をコントロールする重要な役割を持ちます。拡散コンダクタンスの測定は植物の水分状態の重要な指標で、環境変数への植物適応や植物成長に対する貴重な情報を供給します。



土壌水分センサーと読取装置

ML2x、HH2

ML2xは、土壌、混合土や生育媒体等の広い範囲にわたって使用できます。コンパクトなので植木鉢に挿入したり、苗床(最低50mm)に水平に入られます。農薬や化学肥料を使用する土壌にも対応しています。



樹体内体積含水率測定プローブ MIJ-16

MIJ-16

専用治具を用いることで、感部であるニードルを樹体に正確な位置に、正確な深さに貫入が可能です。ML2xに装備したバネとボールが入ったプランジャを介して、ロッドに電気的接続を行う構造ですから、1つのプローブで、複数箇所の計測が可能です。この場合、専用読取器HH2を組み合わせると便利です。連続モニタリングを行う場合、ニードルをプローブ本体と結合できます。プランジャの側面にある1.3mmイモネジを締め込むことで、ネジがニードルの溝に食い込み、締結可能です。プローブ配線をMIJ-12データロガーなどに接続可能です。



Environmental Measurement Japan



日本環境計測株式会社
〒811-0215
福岡県福岡市東区高美台二丁目52番42号
電話：092-608-6412
FAX：092-985-7844
www.environment.co.jp