



# 森林

# 科学

[特集]

## 原発事故と福島の森林再生

シリーズ

林業遺産紀行（新連載）

「林業遺産紀行」

新シリーズの開始にあたって

森めぐり

『歴史かおる潮騒の森』を訪ねる

—仙台平野沿岸部の海岸林—

現場の要請を受けての研究

北海道産ブナ種子採取の体制整備とその運用

—地域性苗木によるブナ林再生のために—

No. **72**  
October 2014





## 特集 原発事故と福島の森林再生

福島原発事故による森林汚染と除染	2
高橋 正通	
森林内の放射能汚染の現状と流出	5
金子 真司・坪山 良夫	
木材の放射能汚染	9
岡田 直紀	
きのこの汚染と対策	13
根田 仁	
森林土壌の汚染対策と森林利用	17
—ウッドチップによる除染の試みと里山再生—	
金子 信博	
福島 <small>の</small> 林業再建に何が必要か	21
—「公共の任務」を考える—	
早尻 正宏	
福島 <small>の</small> 森林と木材の発展的な将来をめざして	25
高橋 正通	

森林科学 No.72

2014年10月1日発行

頒 価 1,000円 (送料込み)

年間購読割引価格

2,500円 (送料込み)

編集人 森林科学編集委員会

発行人 一般社団法人 日本森林学会

102-0085 東京都千代田区六番町7

日本森林技術協会館内

郵便振替口座：00140-5-300443

電話 / FAX 03-3261-2766

印刷所 創文印刷工業株式会社

東京都荒川区西尾久7-12-16

表紙写真：二本松市東和の山林で実施した  
除染実験。広葉樹を伐採し、チッ  
プ化してナイロンネットに詰めて  
いる様子。(2013年5月3日、  
撮影：金子信博) 特集「原発  
事故と福島の森林再生」より(19  
ページ)

### シリーズ 森をはかる

森林の放射能をはかる 26

赤間 亮夫

### シリーズ 林業遺産紀行

「林業遺産紀行」新シリーズの開始にあたって 28

平野悠一郎

### シリーズ 森めぐり

『歴史かおる潮騒の森』を訪ねる 30

—仙台平野沿岸部の海岸林—

富田 瑞樹

### シリーズ うごく森

時系列リモートセンシングデータを 32

用いて森林の変化を図化する

村上 拓彦

### 研究トピックス

36 サクラの侵入害虫クビアカツヤカミキリ

*Aromia bungii* にご用心

加賀谷 悦子

コラム 森の休憩室Ⅱ 樹とともに

38 蜂の季節

二階堂 太郎

シリーズ 現場の要請を受けての研究

39 北海道産ブナ種子採取の体制整備とその運用

—地域性苗木によるブナ林再生のために—

阿部 友幸・寺田 文子

### 記録

43 日本森林学会第125回大会高校生ポスター発表の報告

中村 太士

47 Information

ボックス

北から南から

## 福島原発事故による 森林汚染と除染

高橋 正通 (たかはし まさみち、森林総合研究所)

### はじめに

2011年3月の東日本大震災は約千年に1度の周期で繰り返される巨大地震であった。あらためて自然の脅威を思い知らされるとともに、続いて発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故には、人智の限界を感じざるを得なかった。人間が作り出した技術の限界、巨大システムの管理の難しさを実感した。無限にあるように錯覚していた電力供給の問題も認識させられた。森林は水源林やレクリエーションなどで清浄なイメージがあるが、放射能汚染という深刻な事態にさらされた。森林の研究者は何に取り組んできたか、そして事故から3年半たった今、福島の森林はどうなっているのか、この特集で紹介したい。

今回、森林の放射能汚染の影響を考える上で重要な5つの研究テーマを選んだ。1つ目は、最も基礎的な情報として森林内の放射性セシウムの分布と流出の可能性、2つ目は木材を利用する消費者にとって関心が高いと思われる木材内部の放射能汚染、3つ目は山村の貴重な収入源となっているきのこ栽培への影響と対策、4つ目は原発事故が福島の森林経営へ及ぼした影響、そして最後に、具体的な対策としてウッドチップを利用した森林除染についてである。特集の終わりに、これらの報告を踏まえて、今後の主な課題について整理した。

### 原発メルトダウン

福島第一原子力発電所は地震と津波で電源が喪失し、冷却できなくなった格納容器の圧力が上昇し、3機が連続して水素爆発した。原発から30km圏まで避難指示が出され、東京の水道水にも放射性ヨウ素が検出された。4月になってから、実は核燃料が熱で溶けるメルトダウンが早い段階で起きており、チェルノブイリと同じレベルの深刻な事故だったと報告された。30km圏外の飯館村にも追加で避難指示がだされ、これまで影響を過小に発信していた政府に厳しい批判があがった。多くの人が強制的にまたは自主的に避難し、その数は、

2014年6月時点で、福島県内外25万人とされている。

### 広域に広がった放射性物質

事故当時、放射性物質がどの方向にどのくらい広がったかはよくわからず林業関係者も不安に思った。航空機による上空からの観測結果が公表され、ようやく森林の汚染状況が確認できるようになった。それによると、福島県だけでなく、北関東から東北、そして茨城県や千葉県にも汚染が広がっていた。関東平野を囲む山沿が汚染の境界となっており、東日本の森林は広く汚染されてしまった(図-1)。

福島原発から放出された放射性物質の量は、およそチェルノブイリ事故の10分の1程度といわれる。そのうち7割ほどが西風に乗って海側に流れ、3割程度が陸側に吹き込んだ。大気中の放射性物質は雨で地面に落ちる。天気によっては汚染の分布は全く違った様相を呈したことであろう。

### 住宅や学校の除染と周囲の森林

福島からの避難者が増える一方で、残った者にとっての最大の関心は、放射性物質を除去して放射能影響のない環境を取り戻すことである。子供への影響を心配し、学校の雨どいを掃除したり、校庭の土をはぎ取ったりと

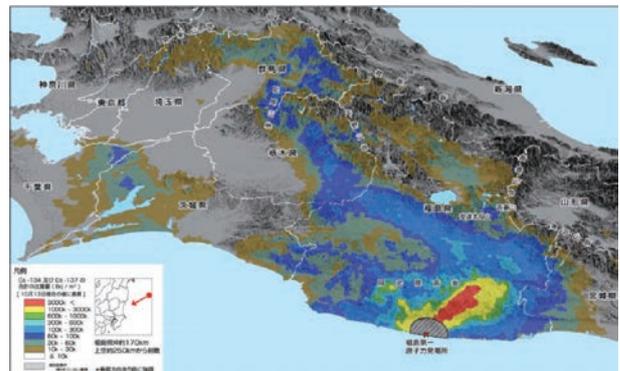


図-1 航空機モニタリングで測定された放射性セシウムの沈着量と地形との関係(文部科学省2011)。

手探りで除染が始まった。農作物や乳製品の放射能汚染が見つかり、施肥試験などが行われた。人間の安全が最優先なので森林の対策は進まなかったが、2011年8月には内閣府から住宅付近の森林の除染試験が森林総研に要請された。福島県林業研究センターの協力により落葉除去の効果などを実証した（坪山・大谷 2013）。いくつかの研究機関の試験結果を踏まえ、落葉除去や枝打ち等による除染方法が環境省から除染ガイドラインとして発表された。放射性物質汚染対処特措法がつくられ、民家や道路等の生活圏に接する森林は、その境界（林縁部）から20mまで除染されることとなった

## 林縁 20 m の攻防

除染が始まると、山村の住民から20mの範囲では狭すぎるという意見がたびたび出された。研究機関は試験データから10mまでの除染効果が大きく、余裕をもって20mという判断であった。それ以上広げても効果は小さく、除去物が増えるだけと考えられた。しかし要望は大きく、追加試験も行われた。結局、20m以上除染しても、林縁部分の空間線量率を低下させる効果はほとんどなかった（図-2）。

この20mの論争は地域住民とのコミュニケーション不足、科学や政府への不信感の象徴的な出来事と思う。都市の生活者はふつう森林に入ることはないが、山村の生活者は裏山も日常的な生活圏で、森林との間に境界線はない。山に出入りし山の恵みを得ることが里山のライフの神髄であり、森林と切り離された生活では意味がな

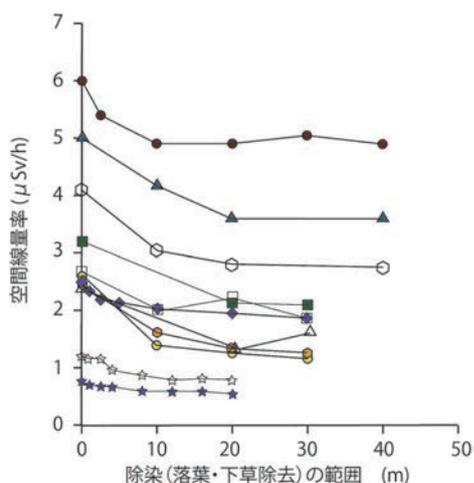


図-2 除染範囲と林縁部の空間線量率の低下傾向。林野庁、環境省等による各地の試験結果を参照。

いのだろう。一方、行政が除染事業を発注するには仕様の規格化が必要である。人口の多い市街地の除染に仕様を合わせると、山村の民意にこたえない。

また、安価な空間線量率計の普及は住民の武器になった。科学者が20m以上除染しても統計的に効果がないといっても、自前の線量率計を使って裏山の除染効果をモニタリングできる。科学者が独占していた知の一角は安価な線量率計で崩れた感じがする。

## 奥地の森林除染

20mまでの一線を超える森林をどう扱うか、現場で試験は行われているが（写真-1）、正式な対策は決まっていない。2012年9月、環境省の委員会では、「今後の森林除染の在り方に関する当面の整理について」として、従来の住居等近隣20mの森林をエリアA、それより奥地であってもキャンプ場やきのこ栽培などで利用される森林をエリアB、それ以外の奥地の森林をエリアCと定義し、エリアBも除染可能とした。一方、エリアCは今後の調査研究を踏まえて判断するとして保留となった。

シイタケなど原木きのこは山村の貴重な収入源であり、またキャンプ場は都市住民が森林に親しむ場となっている。林縁20mを超える部分にも対応できる柔軟性が出てきた。しかし、エリアCに属する森林もすべて除染するかどうかは、十分に考える必要があるだろう。汚染前の現状回復を求める地元の声は当然としても、除



写真-1 森林の除染実証試験（福島県飯舘村）。落葉除去のほか、間伐や表土除去の効果も調べている。

染のため全山の落ち葉や表土をはぎ取ってしまったのは、水源林に代表される森林の公益的な機能や持続的な森林経営が維持できるとは考えにくい。また汚染された除去物の処理方法も決まっていない。人里から離れた山奥の汚染物を具体的な処理の方策がないまま里にだそうとするのは矛盾がある。

もちろん経費も重要な論点である。産業技術総合研究所の中西準子氏、保高徹生氏は、国が直轄で除染する除染特別地域に限っても、その費用は1.8兆円、市町村が実施する範囲を入れるとさらに2～3兆円必要と見積もった(中西準子 2014)。それによると、森林の除染費用は汚染度によって幅があるが1ヘクタール当たり60～745万円となっている。さらに高額なのは仮置きや中間貯蔵施設の保管費用であり、1ヘクタール当たり2000万円近くもかかる。中間貯蔵の経費の妥当性は私にはよくわからないが、高額な経費である。ひとたび原発事故が起これば、環境回復には多額の経費がかかることを示して議論を呼んだ。

## 森林の研究者の対応

原発の事故後、多くの研究者が放射能に関する調査に協力したり、強い関心を持って研究会に参加した。原発関連の報告会といえば必ず多くの市民やマスコミが押しかけた。森林学会は、事故直後の大会こそ中止したが、翌2012年3月には、「福島第一原発事故による森林生態系の放射能汚染の実態」と題したセッションが開かれ多くの研究が発表された。また、ウクライナの国立大学から来日されたジプチェフ博士によるチェルノブイリ報告などもあり、この時の様子は森林科学65号に特集さ



写真-2 除染実証事業で集められた除去物のフレコンバッグや木材の仮置き場(福島県飯館村)

れている(大久保ら 2012)。翌年以降も、毎年放射能関係のシンポジウムやセッションが生まれ、会員の活発な議論が続いている。最近ようやく、森林や木材における放射性セシウムの動き方や影響に関する理解が深まってきたように思う。しかし一方で、私たちの研究が、本当に成果を待ち望んでいる福島の住民や林業・木材の関係者に届いているか、やや心配なところがある。この特集により、放射能研究の最新の成果が研究者から一般の読者に届くことを期待するものである。

## おわりに

原発事故が二度と起きないことを願うが、放射能汚染の影響は丁寧に調べ、記録に残すべきである。海外からも福島の経過についての情報が期待されている。世界には400機以上の原発が稼働している。もしも事故が起きた場合は、チェルノブイリと同様、福島のレポートも役立つだろう。

避難指示の解除や原発の再稼働に向けた準備が進んでいるが、森林や林業に関しては事故当時の状況とそれほど変わっていない。放射性セシウムの半減期は30年という長さであり、影響は長期化する。チェルノブイリ周辺では今でも事故影響の回復に取り組んでいることを思うと、私たちは放射性セシウムによる環境汚染の影響評価と対策のほんの入り口に立ったばかりなのである。

## 引用文献

- 文部科学省(2011) 文部科学省による、愛知県、青森県、石川県、及び福井県の航空機モニタリングの測定結果について、平成23年11月25日発表、資料参考5
- 中西準子(2014) 原発事故と放射線のリスク学、日本評論社
- 大久保達弘・金子真司・金子信博・田中 浩(2012) 第123回日本森林学会関連研究会「福島原発事故の森林生態系への放射能汚染影響を考える」、森林科学65, 24-44
- 坪山良夫・大谷義一(2013) 森林の放射能汚染と除染(2) 一下草や落ち葉を取り除くと空間除染率はどの程度下がるのか?一、学術会議叢書20, 33-39 放射能除染の土壌科学一森・田・畑から家庭菜園まで一、日本学術協力財団

# 森林内の放射能汚染の現状と流出

金子 真司 (かねこ しんじ、森林総合研究所)

坪山 良夫 (つばやま よしお、森林総合研究所)

## 放射性セシウムによる森林の汚染

2011年3月の東京電力福島原発事故では東日本の広い地域が放射性物質によって汚染された。福島県は県土の約7割が森林で、汚染地域の多くも森林となっている。チェルノブイリ原発事故の調査では、森林にもたらされた放射性セシウムは長期間森林内に留まるとされている。加えて森林は、農業用水や水道水の水源として下流の人々に利用されている。そのため、森林内の放射性物質が河川水とともに流出するかどうかに関心ももたれている。チェルノブイリでは今でも放射能汚染が問題となっているが (IAEA 2006)、わが国はチェルノブイリ原発のある地域に比べて気温が高く降水量も多いうえに、地形は急峻であり、地質や土壌、樹木の種類も異なる。日本の研究者が精密に事故影響を調査して、その結果をもとに対策を進めることが重要である。

このような背景から、森林総合研究所では2011年夏以来、福島県内に調査地を設けて、森林内の放射性セシウムの分布状況やその変化について定期調査を行ってきた。また、森林の渓流水についても、福島県内の複数の地点で渓流水を連続採取し、放射性セシウムの流出実態を調べてきた。これらの調査の概要を紹介する。

## 森林内の放射性セシウム汚染調査地の概要

森林内の放射能汚染の状況を把握するために、事故から半年後の2011年8～9月に、原発からの距離の異なる福島県内の3箇所(川内村、大玉村、只見町)の国有林に調査地を設けた(図-1)。この3箇所に共通する樹種としてスギ人工林を選ぶとともに、樹種の違いを見るために、大玉村ではアカマツと落葉広葉樹の混交林からアカマツが優占するエリア(アカマツ林と呼ぶ)と落葉広葉樹が優占するエリア(コナラ林と呼ぶ)の2箇所に調査地を設けた。各調査地では、樹木の大きさや生育を調査し(毎木調査)、調査地内の空間線量率を測定した。調査プロットの外から3本の調査木を選び、伐採して部位別(葉、枝、樹皮、辺材、心材)の試料を

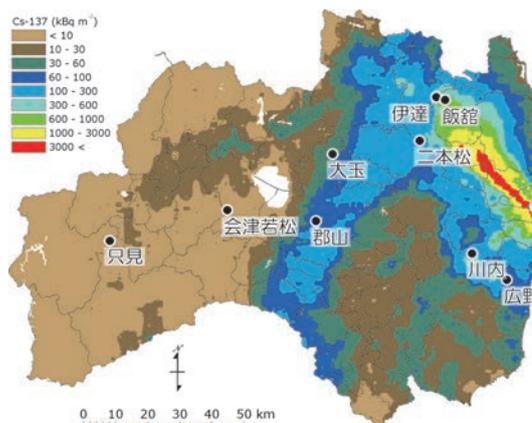


図-1 福島県内の森林総合研究所の調査サイト  
背景は航空機モニタリングによるCs-137沈着量の分布  
(2012年6月28日換算値、出典：<http://radioactivity.nsr.gov.jp/ja/index.html>)



写真-1 樹皮の剥離作業。木材の試料を採取する前に汚染度の高い樹皮を剥離する。

採取した。また、林床の落葉層(堆積有機物層)と土壌(0～20cm)を採取した。放射性セシウム濃度の測定はゲルマニウム半導体検出器で行った。

## 放射性セシウムの初期沈着

2011年調査時の川内、大玉、只見のスギ林内高さ1mの空間線量率はそれぞれ毎時3.3、0.3、0.1マイク



写真-2 樹皮を剥いだ丸太を切断し試料を採取している様子

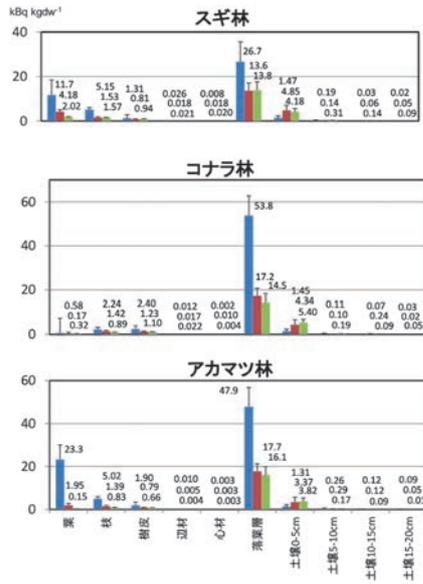


図-2 大玉調査地のアカマツ林、コナラ林、スギ林の部位別の放射性セシウム濃度 (Cs-137 と Cs-134 の合計。キロベクレル /kg) の経年変化

ロシーベルトであり、福島県の汚染状況には幅があった。樹木の部位および落葉や土壌の放射性セシウム濃度は、放射性物質の沈着量（降り注ぎ蓄積した量）が多いほど樹木や土壌の汚染度も高く、調査地の空間線量率とほぼ比例していることがわかった（林野庁 2013）。

大玉調査地で樹種の違いを比較すると、事故の3月に着葉していたスギやアカマツの常緑樹では、葉の濃度が最も高く、ついで枝、樹皮の順であった。一方、コナラは芽吹き前で葉がなく、枝や樹皮の濃度が高かった。夏の調査時のコナラの葉の濃度はスギやアカマツの10分の1程度であった（図-2）。また、樹種に関わらず樹

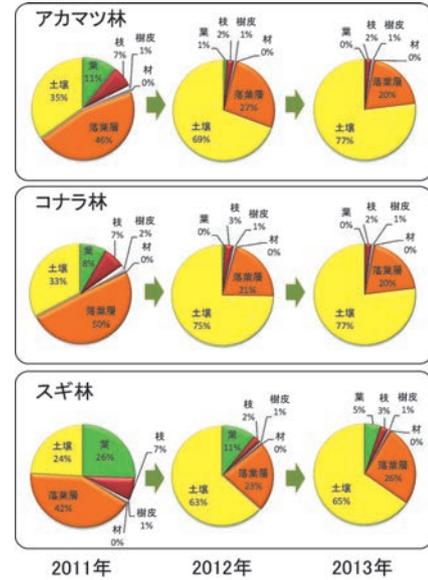


図-3 アカマツ林、コナラ林、スギ林における放射性セシウムの分布割合の経年変化（大玉調査地）

木の幹内部（辺材や心材）の放射性セシウム濃度は、樹皮に比べてかなり低濃度であり、放射性セシウムの多くは樹皮など樹木の表面に付着していた。また、林床の落葉層の放射性セシウム濃度は高く、その下の土壌（0～5 cm）の濃度は低かった。土壌5 cm以下はきわめて濃度が低く、放射性セシウムは落葉層付近に留まっていた。このように、落葉や樹皮、常緑樹の葉など、外から降り注いだ放射性物質が最初に触れた部分が高いことが明らかになった。

次に、放射性セシウム濃度に部位ごとの重量をかけて蓄積量を求めた。森林全体の放射性セシウム蓄積に対する部位ごとの割合で示すと、スギ林では葉に分布する割合は25%と、アカマツ林に比べて葉の割合が高かった。コナラ林では落葉層や表層土壌（0～5 cm）の割合が大きかった（図-3）。スギはアカマツより葉量が多く降下した放射性セシウムは樹冠で多くトラップされたことや、葉のなかったコナラ林では多くが林床まで到達したものと推察された。

事故後に伸長したコナラの葉から放射性セシウムが検出された。根からの吸収も否定できないが、葉面や樹皮に付着した放射性セシウムからの吸収移動の可能性も考えられる。また、予想に反して事故から半年しか経っていない木材の中心部で放射性セシウムが検出された。放射性セシウムの侵入経路や木材組織中の移動メカニズム

については不明な点があり、研究者の間で議論されている。

## 事故後1年半以降の変化

その後、毎年夏に同じ森林で調査を行っている（林野庁 2013, 2014）。林内の地上1mの空間線量率は2012年には2011年の95%までしか下がらなかった。2013年になると2011年の平均78%に低下した。放射性セシウムの半減期からは1年間で初期の80%、2年間で64%に低下すると予想されたが、森林内の空間線量率は下がりにくいことがわかった。

樹木の葉の放射性セシウム濃度は大幅に低下した。アカマツでは2012年、2013年とも前年の10分の1以下と大幅に低下した（図-2）。枝や樹皮の濃度も2012年までの1年間で大きく低下した。この濃度低下は、半減期の影響に加えて、樹体に付着した放射性セシウムが雨によって洗い流されたことや、常緑樹では放射能が付着した旧葉が新しい葉と入れ替わったことによる結果と考えられる。その後、2013年にかけては濃度変化が小さかった。洗い流されやすい放射性セシウムは初期の1年半程度で流されつくしたとみられる。落葉層の放射性セシウム濃度も樹木と同様で、2012年にかけて大きく低下し、その後はほとんど変化していない。

以上の変化とは逆に、2012年の表層土壌（0～5cm）の放射性セシウム濃度は2011年の2～3倍に増加した。地上部から流れ落ちた放射性セシウムが土壌表面で捕捉されたためと考えられる。ただし土壌5cmより深い部分の濃度変化が小さく、土壌深部へはほとんど浸透していない。チェルノブイリでも、事故6年後の1992年から5年間、森林土壌の内部の放射性セシウム分布はほとんど変化せず、地表付近に留まり続けたことが報告されている（IAEA 2006）。水に溶けた放射性セシウムは土壌に含まれる雲母やパーミキュライトなどの粘土鉱物の内部に強く固定され、土壌下部へ移動は起こりにくいと考えられている。福島も土壌でも同様な経過をたどるものと考えられる。

以上のような濃度変化と同様に、森林内部の放射性セシウム分布は、2012年に大きく変化した（図-3）。葉や枝などの樹木、落葉層の分布割合が低下し、土壌の割合が大幅に増加した。葉の低下は顕著で、2012年の大玉アカマツ林ではわずか1%となった。スギ林も2012年は11%に、2013年には5%にまで低下した。大玉

以外のスギ林も同様の傾向を示し、おおむね地上部の放射性セシウムは1年間で土壌に移動したことが確認された。ただし、2012年から調査を始めた川内村上川内のスギ林は他の調査地とかなり様相が異なっていた。2013年になっても落葉層に47%あり、土壌の割合は26%と土壌への移動は進んでいなかった。このスギ林の分布を決める要因については今後検討するが、森林によっては特殊な分布をしめすことには森林除染を行う場合など留意が必要である。

木材内部の放射性セシウムは2011年以降大きな変化はなかった。ただ、2013年の調査ではこれまで放射性セシウムがほとんど検出されなかった只見のスギ材で検出された。微量ではあるが徐々に放射性セシウムが根から吸収された可能性が考えられる。木材中の濃度や蓄積量が今後変化していくかどうかは、木材利用から重要な課題であり、今後も調査を継続して確認する必要がある。

以上の調査をもとにして、放射性セシウムの部位別蓄積量を積み上げると森林全体の蓄積量が求められる。2年半の蓄積量の変化は放射能の自然減衰を超えるものではなかった。2011年に森林に降り注いだ放射性セシウムはその蓄積量をほとんど保ったまま、2年半が経過していた。

## 渓流水による放射性セシウム流出

森林から流出する渓流水にどの程度の放射性物質が含まれているか、福島県内の6箇所（飯舘、伊達、二本松、広野、郡山、会津若松）の森林において、一定時間毎に渓流水を自動的に採取する装置を設置し分析した（図-1）。調査を始めたのは事故翌年の融雪期、2012年の3月である。この時期の溪流は主に午後から夕方にかけて増水するので、毎日1回午後2時に採水を行った（以降、この方法で採取した試料を「定時採水試料」と呼ぶ）。このうち二本松の調査地では7月まで同様の採水を続けた。また、伊達と飯舘の調査地では採水を10月まで続け、さらに8月からは採水地点の近くで雨の強さが一定値を越えた時から1時間毎に採水した（以降、この方法で採取した試料を「降雨時採水試料」と呼ぶ）。現地で回収した水試料の放射性セシウム（Cs-134とCs-137）の濃度をゲルマニウム半導体検出器により、検出限界が1Bq/L未満の条件で測定した。また、放射性セシウムが検出された水試料は、ガラス繊維フィルター（捕留粒子径0.5 $\mu$ m）で濾過し、懸濁物質濃度（SS）

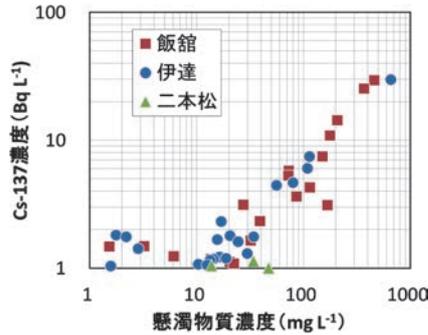


図-4 渓流水の懸濁物質濃度と放射性セシウム濃度の関係

と濾液の放射性セシウム濃度を測定した。

その結果、融雪期の3月～4月の定時採水試料のうち、汚染度の低い会津若松、郡山、広野町の3箇所では採取した試料からは放射性セシウムが検出されなかった。一方、飯館の調査地では59試料中3試料、伊達では59試料中4試料、二本松では56試料中2試料から最大5.9 Bq/L (Cs-134とCs-137の合計値、以下同様)の放射性セシウムが検出された。梅雨期の5月～7月の定時採水試料については、飯館では92試料中1試料、伊達では92試料中2試料、二本松では80試料中1試料から最大13.1 Bq/Lで放射性セシウムが検出された。秋の台風が通過する8月～10月の定時採水試料については、飯館では83試料中3試料、伊達では92試料中3試料から最大6.8 Bq/Lの放射性セシウムが検出された。以上の観測から、水源となる森林の汚染度が高い場合、ごく限られた試料ではあるが放射性セシウムが検出された。

定時採水で放射性セシウムが検出された試料は雨が降っている場合が多かった。降雨時に1時間間隔で採水した試料からセシウムの流出の状況を検討した。伊達では降雨時の84試料中12試料から最大48.5 Bq/L、飯館では84試料中12試料から最大47.3 Bq/Lの放射性セシウムが検出された。放射性セシウムが検出された試料は濁っていた。ガラス繊維フィルターで濾過して懸濁物質の濃度と濾過後の放射性セシウム濃度を調べた。その結果、懸濁物質濃度が高い試料ほど放射性セシウム濃度が高く(図-4)、また、大部分の試料(43試料中41試料)では濾過後には放射性セシウムは検出されなかった。このことから、濾過前に検出された放射性セシウムは主に懸濁物質に由来するものであることが明らか

になった。このことから放射性物質の流出は、降雨時の増水にともない発生する懸濁物質に由来することがわかった。

#### まとめ

森林に降り注いだ放射性物質は、当初樹木の葉や樹皮に付着した部分が多かったが、その後1年以内に大半が流れて土壌に移動した。しかし森林全体に蓄積している放射性セシウムの量はほとんど変わってなかった。また、福島から流れ出る渓流水から放射性セシウムはほとんど検出されなかった。このことから、森林内部の放射性セシウムの分布は変化したが、森林内に全量留まり、渓流水を通じてほとんど流出していないことがわかった。ただし、微量ではあるが降雨時に発生する懸濁物質によって放射性セシウムが下流へ移動していた。将来にわたる長期の放射性セシウムの動態に見通しを立てるには、微量な変化であっても継続的な調査を行うことが重要であり、福島の気候、地質、土壌、植生を考慮した予測モデルを構築する必要がある。

なお、本稿は、林野庁委託事業「森林内における放射性物質実態把握調査事業」および農林水産省委託プロジェクト「森林から流出する水等に含まれる放射性物質の挙動の解明」による成果である。

#### 引用文献

- IAEA (2006) Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience, Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment', Radiological Assessment Reports Series, IAEA, Vienna
- 林野庁 2011. 森林内の放射性物質の分布状況調査結果について(第二報) [http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hozen/111227\\_2.html](http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hozen/111227_2.html)
- 林野庁 2013. 森林内の放射性物質の分布状況調査結果について <http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kenho/130329.html>
- 林野庁 2014. 森林内の放射性物質の分布状況調査結果について [http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/ken\\_sidou/140401.html](http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/ken_sidou/140401.html)

# 木材の放射能汚染

岡田 直紀 (おかだ なおき、京都大学大学院地球環境学堂)

## はじめに

福島第一原発の事故によって広大な面積の森林が放射性物質で汚染された。放出された放射性物質のうちセシウム 137 は半減期が 30 年を超えるので、その影響は将来に及ぶ。事故後 3 年以上を過ぎた現在でも森林の除染は未だに目処が立っておらず、今後も長きにわたって私たちは汚染された森林と向き合うことになるだろう。したがって、汚染された森林の木材は資源として利用できるのかという問題は、被災地の地元にとっても消費者にとっても見過ごすことのできない問題である。本稿では、森林や木材資源の利用の観点から、木部に取り込まれたセシウム 137 についてまとめる。現在までに分かっていることに基づいて、はじめに樹体内に取り込まれたセシウム 137 の現状を報告し、続いて吸収と移行の経路を説明し、最後に将来の見通しを述べる。なお、事故によって放出された放射性セシウム 134 は半減期が約 2 年と短くて影響が小さく、またセシウム 137 と同じ挙動をするので、本稿では主にセシウム 137 について述べる。

## 樹木内部のセシウム 137

樹木の汚染状況は生育場所と樹種によって異なるし、

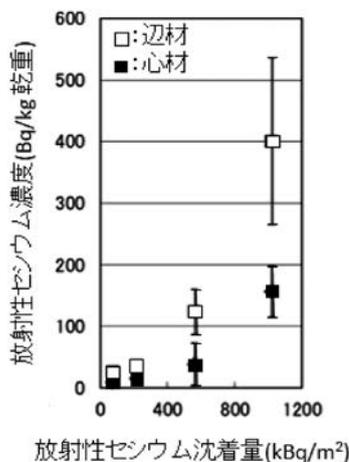


図-1 放射性セシウム沈着量とスギ木部中に含まれる放射性セシウム濃度との関係。(Kuroda *et al* ((2013)<sup>1</sup>) を改変)

樹木個体の部位によっても放射性セシウム濃度に違いがある。

樹木の汚染の程度は事故直後における森林への放射性セシウム沈着量によって先ず決まる。放射性セシウム沈着量の多かった地域ほど木部中の放射性セシウム濃度は高くなる(図-1)。森林に沈着した放射性セシウムは、生態系での物質移動の流れに入って系内を移動するが、時間とともに急激な移動から徐々に定常的な状態に移行すると予想される。このため、樹木への取り込みも時間とともに変わっていくものと考えられる。したがって、木材中の放射性セシウム濃度に関する現在までの調査結果は、汚染直後の過渡的なものであると考えるべきであろう。木材中の放射性セシウム濃度は今後も時間とともに変化していき、最終的には森林の汚染の程度に応じた値に落ち着くものと考えられる。

木部内に取り込まれる放射性セシウム量は樹種によって異なる。ただし、同じ地域においても葉中の濃度には樹種によって 10 倍以上の濃度差がみられるが、木部については同じ地域において 10 倍を越えるような大きな濃度差は報告されていない。筆者らの調査では葉中のセシウム 137 濃度が  $10^3 \sim 10^4$  Bq/kg 乾重のとき、木材ではおおむねその 1/100 以下であった。もっとも、樹木葉に比べて木材についての報告例が少ないこと、樹体内に取り込まれた放射性セシウムの幹中心部への移行が現在もおそらく続いていることから、正確な実態の把握にはもう少しの時間が必要である。

樹幹中の放射性セシウム濃度は生きた組織で高くなる傾向があり、一般に樹皮 > 辺材 > 心材の順となる。セシウムは、同じアルカリ金属で必須栄養元素であるカリウムと化学的性質が似ていることがこの理由である。ただし、例外的にスギなど一部の樹種の木部では心材 > 辺材となることが報告されている。辺材が心材へと変化する過程で材中の元素濃度には変化が生じ、この変化は樹種によって特異的である。心材形成に伴って木部中アルカリ金属の濃度が上昇する樹種では、心材での放射性セシウム濃度が高くなると予想される。このように心材形成は木材中放射能の樹種間による違いを生じる要因の

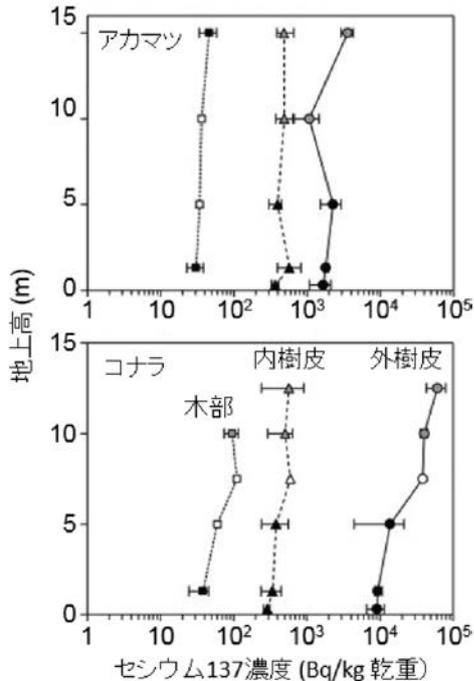


図-2 アカマツ、コナラ樹幹中のセシウム 137 濃度。  
(Ohashi et al (2014)<sup>2)</sup> を改変)

一つとなる。

木部中放射性セシウム濃度は地上高が異なると若干の違いが見られる。これには高さごとの辺材と心材の割合の違い、成長中の組織による栄養要求性の違いなどが関係していると考えられる。外部沈着の影響が残る外樹皮では上部と下部とで放射性セシウム濃度に 10 倍以上の違いが見られることがあるが、木部での違いはそれよりもずっと小さく、多くても数倍程度である(図-2)。

#### 樹体内へのセシウム 137 の取り込みと樹体内での移動

樹体内への放射性セシウムの取り込み経路には、樹体表面からの直接吸収と土壌からの経根吸収の 2 つが考えられる。それぞれの寄与について正確な見積もりは困難であるが、事故直後には表面吸収が重要であり、長期的には経根吸収による取り込みの割合が大きくなる。

事故が起こった 2011 年 3 月には落葉樹はまだ開葉をしておらず、葉面からの吸収は起こっていないが、常緑樹では樹体表面に沈着した放射性セシウムが葉面から吸収されている。落葉樹でも開葉後には葉面吸収が起こっている。樹皮を通しての吸収は実験的にも確認されていて、特に樹皮の発達していない若い枝では表面吸収の経路として重要であったと考えられる。しかし、外樹

皮の発達した樹幹部で吸収経路としての重要性は低いと思われる。また、外樹皮の放射性セシウム濃度は事故後 1 年以上経過しても依然として樹幹上部で高く(図-2)、初期沈着の放射性セシウムが難移動性となって固定されていることをうかがわせる。したがって、今後は表面吸収による影響は小さくなっていくと考えられる。

森林に沈着した放射性セシウムは森林土壌に集積し、地上部の樹木との間で循環が始まっていて、経根吸収による樹体内への取り込みはその大きな経路となっている。樹液とともに幹を上昇する放射性セシウムは、針葉樹では辺材のほぼ全域を、広葉樹では最外部の数年輪を通過して樹幹上部の組織に達し、一部は師部を通過して再び下部へと移動する。この過程で、濃度勾配による拡散または放射組織を経由した能動的な輸送により、放射性セシウムは樹幹の内側に向かって移動する。自由水の連絡がなければ拡散は起こりにくいので、この過程は材の含水率に依存する。一般に辺材含水率の高い針葉樹では、広葉樹に比べて辺材内での拡散が起こりやすいと言える。一方、心材の含水率は辺材よりも小さい樹種が多く、拡散が起こるとしてもその過程は緩やかなものであろう。スギは例外的に辺材よりも心材で含水率が高く、心材内での拡散が容易であると考えられ、実際に含水率と放射性セシウム濃度との相関が報告されている<sup>1)</sup>。スギの心材ではカリウムをはじめとするアルカリ金属の濃度が辺材よりも高いことが知られており、これには放射組織を介した能動的な輸送の関与も指摘されている。ヒノキでも心材で放射性セシウム濃度が上昇することが報告されている。いずれにしても、心材形成の樹種特性と関係して、心材で放射性セシウム濃度が上昇する樹種があることは承知しておくべきであろう。濃度の上昇幅は、アルカリ金属の濃度から推定して大きくても数倍程度と考えられる。カリウムなどのアルカリ金属の分布から判断すると、広葉樹では心材での放射性セシウムの濃度上昇はほぼ起こらないであろう。

#### 木材中セシウム 137 の今後

木部に取り込まれたセシウム 137 は排出されることなく、将来にわたって存在し続ける。辺材には生きた細胞があり、根から吸い上げた水の通路でもあるため、組織の間で放射性セシウムのやり取りが考えられるが、木材利用上で重要な心材には生きた細胞がないため、いったん取り込まれと外部に出て行くことはない。心材内の

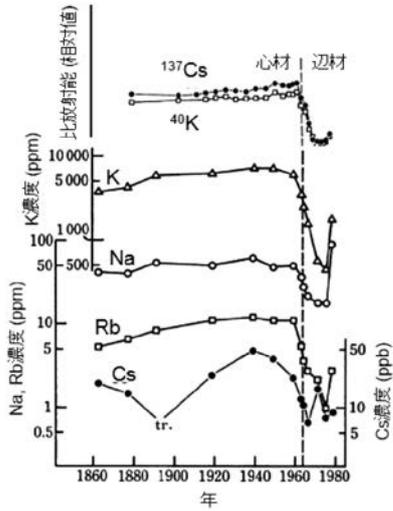


図-3 スギ年輪中におけるアルカリ金属およびセシウム 137、カリウム 40 の分布. 図中 tr. は trace (微量). (片山ら (1986)<sup>3)</sup> より作成)

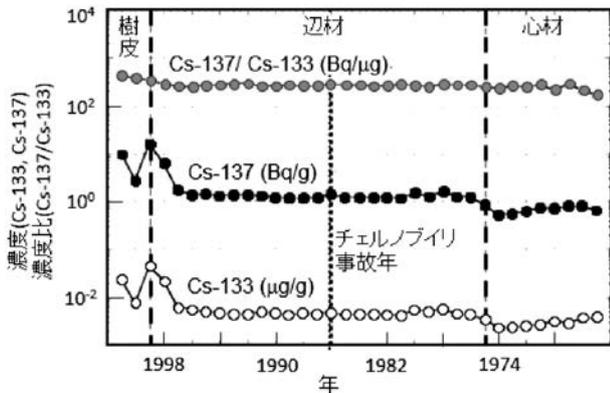


図-4 ヨーロッパアカマツ樹幹中の安定セシウム (Cs-133) とセシウム 137 (Cs-137) の分布. (Yoshida et al (2011)<sup>4)</sup> を改変)

放射性セシウムは時間とともに拡散して、最終的には平衡状態に達すると予想される。例えばスギではセシウム 137 の半径方向の分布は、他のアルカリ金属やカリウム 40 とほぼ同様のパターンを示す (図-3)。セシウム 137 は、それが人工的に作られるはるか以前の 1800 年代の年輪からも検出されているので、図-3 のデータは心材においてセシウム 137 が内部へ拡散し、最終的にはアルカリ金属とともに平衡に達したことを示している。

心材内でセシウム 137 が拡散し平衡状態に達するまでの時間は短い。1986 年のチェルノブイリ原発事故の影響を受けているヨーロッパアカマツでは、1998 年の時点において放射性的のセシウム 137 は非放射性的のセシ

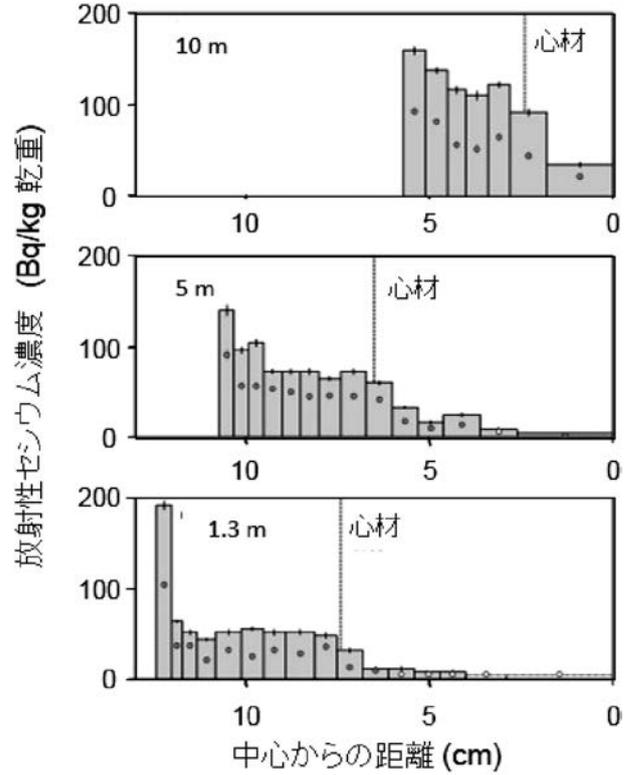


図-5 コナラ樹幹の異なる高さにおけるセシウム 134 (○) とセシウム 137 (棒グラフ) の分布. (Ohashi et al (2014)<sup>2)</sup> を改変)

ウム 133 と同様の分布パターンを示しており、木部での両者の比はほぼ一定である (図-4)。またセシウム 137 の分布に事故による影響は認められない。図-3 と比較すれば分かるように、それぞれの樹種には特有のセシウム (またはアルカリ金属) の分布パターンがあり、樹幹中に取り込まれたセシウム 137 は内部を拡散して非放射性的セシウムと同様の分布パターンをとるようになる。このことは、材中のセシウム濃度が無限に上昇することがないのと同様に、セシウム 137 の材中濃度にも上限があることを示唆する。

すでに述べたように、樹幹内に取り込まれたセシウム 137 はいま内部を拡散している段階である。2012 年に採取したコナラでは (図-5)、セシウム 137 は辺材でほぼ様な濃度を示しているのに対して、心材では内方に向かうほど濃度が低い。すなわち、辺材を経由して心材に達したセシウム 137 は心材内側に向かって拡散している。2013 年に採取したスギでは (図-6)、心材での放射性セシウム濃度は心材を上回り、図-3 で示したスギの分布に近づいている。図-4 のデータが示すよう

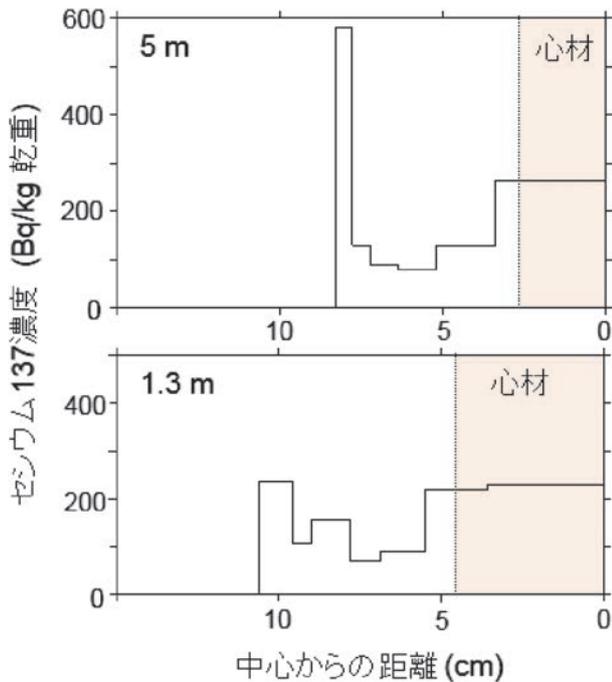


図-6 スギ樹幹の異なる高さにおけるセシウム 137 の分布.

に、樹幹内でセシウム 137 が平衡に達するまでの時間は 10 年よりも短いかもしれない。コナラとスギに見られたのと同様の変化は多くの樹種について起こっているものと考えられる。

#### 木材の利用にあたって

これまでの調査によると、森林生態系の放射性セシウムは大部分が系内を循環し、系外に流出する割合はそれほど多くない。したがって森林の除染が行われない以上、樹木は継続して土壌から放射性セシウムを取り込む事になる。しかし幸いなことに、木部中のセシウム 137 濃度は無限に上昇することはなさそうである。それでは資源として用いるときに、どの程度の影響があるだろう。

林野庁の試算<sup>5)</sup>によると、414 Bq/kg の木材で囲まれた居室で生活した場合の追加被曝は年間 0.012 mSv である。414 Bq/kg を示した木材は 2011 年に空間線

量率 1.96  $\mu$ Sv/h の場所で採取したものである。大地および大気起源の自然放射線による日本人の平均実効線量率は年間 0.29 mSv であり<sup>6)</sup>、年間 0.012 mSv という値は東京と大阪での自然放射線による被曝量の差よりも小さい。この木材を利用するかしないか、あとは私たちの判断である。

#### 引用文献

- 1) Kuroda K, Kagawa A, Tonosaki M (2013) Radiocesium concentrations in the bark, sapwood and heartwood of three tree species collected at Fukushima forests half a year after the Fukushima Dai-ichi nuclear accident. J Environ Radioact 122(0) : 37-42.
- 2) Ohashi S, Okada N, Tanaka A, Nakai W, Takano S (2014) Radial and vertical distributions of radiocesium in tree stems of *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* 1.5 y after the Fukushima nuclear disaster. J Environ Radioact 134(0) : 54-60.
- 3) 片山幸士・岡田直紀・石丸 優・野淵 正・青木 敦 (1986) スギ樹幹中での放射性核種の挙動. RADIOISOTOPES, 35 : 636-638.
- 4) Yoshida S, Watanabe M, Suzuki A (2011) Distribution of radiocesium and stable elements within a pine tree. Radiat Prot Dosim 146(1-3) : 326-329.
- 5) 林野庁 HP (<http://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/sinsai/pdf/120821-1.pdf>, 2014 年 6 月 10 日アクセス).
- 6) 下 道國・真田哲也・藤高一信・湊 進 (2013) 日本の自然放射線による線量 Isotope News, No.706 : 23-32.

# きのこの汚染と対策

根田 仁 (ねだ ひとし、森林総合研究所)

## はじめに

2011年3月の福島第一原子力発電所の事故により飛散した放射性セシウムにより、野生きのこおよび原木・ほだ木に発生するきのこから、食品の基準値(100 Bq/kg)を超える放射能が検出されることがあった。栽培きのこは流通前に検査されるため、基準を超えたきのこが市場に出荷されることはないが、原木やほだ場が汚染されてしまったきのこ生産者にとっては深刻な問題となっている。

きのこは植物と比べ、放射性セシウムを吸収・蓄積しやすいことが知られている。安全なきのこを栽培するためには、放射性セシウム濃度の十分低い原木やおが粉を使うとともに、放射能に汚染されない環境で栽培する必要がある。どのような原木を使えばよいのか？森林内の栽培は安全か？また放射性セシウムの吸収を抑制する対策はあるのか？など、きのこ生産関係者を悩ませている課題は多い。

さらに、野生きのこの問題も大きい。基準値を超える放射性物質が検出された野生きのこが見つかった市町村は、種類にかかわらず十把一絡げに出荷制限がかけられている。野生きのこは種類を見分けることが難しく、種を特定して選別・流通させることが容易ではないことが理由である。しかし、そのために放射性物質濃度の低い種類も流通できない事態になっている。

## シイタケ原木栽培における汚染状況と対策

私たちは、2011年の7～8月に福島第一原発からの距離が30～200kmの東北・関東40ヶ所のシイタケ原木(コナラ)に含まれる放射性セシウムの濃度を測定した(森林総合研究所、2012)。一部の試料は、樹皮・辺材・心材に分け、放射性セシウムの濃度を測定した。

その結果、空間線量率、土壌の放射性セシウム濃度の高い地域のシイタケ原木は放射性セシウム濃度が高く、それぞれの間に高い相関があった(図-1)。また、原木の樹皮、辺材、心材別の放射性セシウムの分布を調べた結果、樹皮に放射性セシウムが集中していることがわ

かった。では、この放射性セシウムで汚染された原木でシイタケを栽培すると、どのくらいの放射性セシウム濃度のシイタケができるのだろうか？実際に栽培された原木(ほだ木)の放射性セシウム濃度とシイタケの放射性セシウム濃度との関係を調べると、原木の放射性セシウム濃度が高いほどシイタケの濃度は高くなった(図-2)。

それでは、基準値(100 Bq/kg)を超えないシイタケを栽培するには何 Bq/kg 以下の原木を使えばよいのだ

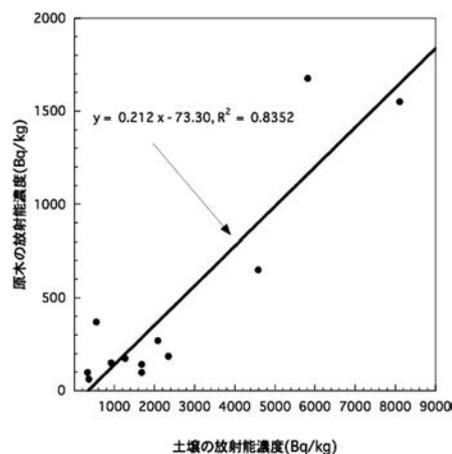


図-1 土壌と原木の放射性セシウム濃度の関係

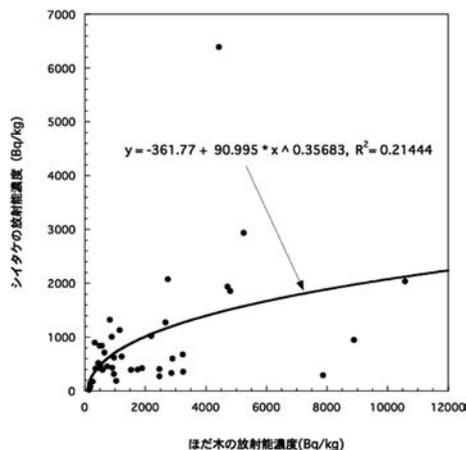


図-2 原木(ほだ木)とシイタケの放射性セシウム濃度の関係

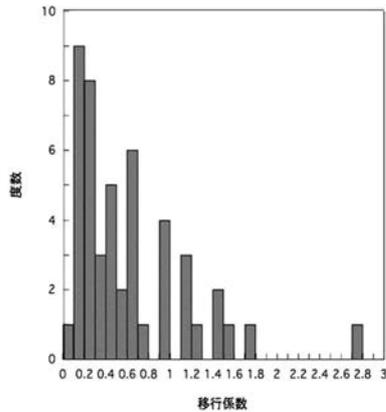


図-3 原木栽培シイタケの放射性セシウムの移行係数の分布

ろうか？放射性セシウムの吸収・蓄積のしやすさを示す値を「移行係数」(シイタケの放射能濃度/原木・ほた木の放射能濃度)と呼んでいる。シイタケの移行係数の平均は、原木栽培では0.43だった。つまり、100 Bq/kg (乾燥重量あたり)の原木を使ってシイタケを栽培すると、平均43 Bq/kg (生重量当たり)のシイタケが生産される。ただし、原木や栽培条件などによる移行係数のバラツキは大きい。安全を期して全体の90%の移行係数が含まれる上限の値をみると1.99であった(図-3)。このため、食品の基準値100 Bq/kgを超えない安全なシイタケを作るには、厳しい基準ではあるが50 Bq/kg以下の原木を使えばよいということになった。

林野庁は、平成24年4月に各都道府県及び業界団体に対して指標値(50 Bq/kg)を超えるきのこ原木の使用・生産・流通を行わないよう要請した。この措置の結果、指標値以下の原木で栽培したシイタケからは食品の基準値(100 Bq/kg)を超える放射性セシウムは検出されていない。一方で、原木の生産をあきらめざるを得ない地域は広域にわたり、全国的に原木の供給不足となった。

### 菌床栽培における放射性セシウム低減技術

きのこのセシウム吸収を低減させる方法はないだろうか？菌床栽培に用いるおが粉の培地に各種の添加処理を行い、放射性セシウム吸収を抑制する効果を調べた。この試験は主にヒラタケを用いて行った。

カリウムはきのこの生育に必要な元素であり、きのこ

がカリウムを吸収する際に、化学的性質の似ているセシウムもとりこんでしまうとされる。そこで、培地に塩化カリウムを多めに加えると、きのこが吸収するセシウムの量が逆に減ることがわかった。ヒラタケでは菌床にカリウムの量に換算して24 g/kgの塩化カリウムを添加することで、子実体中のセシウムを64%低減させることができた。ただし、塩化カリウムを入れすぎると、きのこの生育が低下し悪影響があることもわかった。

次に放射性セシウムを吸着する鉱物であるゼオライトを添加してみた。ゼオライトは、沸石とも呼ばれる鉱物の一種で、イオン交換、触媒、吸着材料として利用され、土壌改良剤にも用いられている。ヒラタケでは、菌床に381 g/kgのゼオライトを添加すると、子実体中のセシウムの量を98.4%低減させることができた。しかし、ゼオライトは成分、構造の異なるさまざまな製品があり、セシウムの吸着の効果にも大きな違いがあった。別の種類のゼオライトでは、子実体中のセシウム量は最大で36%の低減に止まり、安定した効果はえられなかった。

続いて、プルシアンブルーという化合物を試した。プルシアンブルーはフェロシアン化鉄(III)またはヘキサシアノ酸(II)酸化カリウム鉄(II)などと呼ばれる物質で、その分子の内部にセシウムを吸着することが知られている。チェルノブイリ原発事故後、ヨーロッパでは放射性セシウムの牛乳や肉への移行を減らすために、家畜の試料に添加したり牧草地にまいたりして、効果を上げた実績がある。この物質は、分子中にシアンを含んでいるが、シアンイオンは強く鉄原子と結合しているため遊離しにくく、通常は人間に対してのシアン化合物としての毒性はないといわれている。このプルシアンブルーを菌床培地に添加してヒラタケを栽培したところ、たった0.4%の添加でヒラタケ子実体の放射性セシウムは検出限界以下に抑えられた(図-4)。同様にシイタケ、マイタケ、ナメコ、アラゲキクラゲで調べたところ、0.1%の添加でも、きのこに含まれる放射性セシウムの濃度は検出限界以下に激減する効果が認められた。

### 原木栽培における放射性セシウム低減技術

菌床栽培では、汚染されていないおが粉などが比較的人手やすく、現場ではそれほど大きな問題となっていない。しかし、原木栽培では、50 Bq/kg以下の原木が不足し、西日本から汚染されていない原木を購入するなど大きな混乱があった。また、同じ産地の原木でも放射

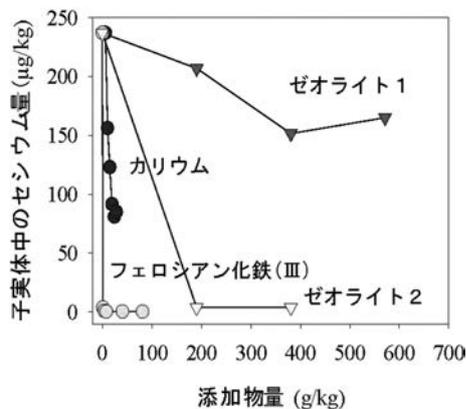


図-4 ヒラタケ菌床栽培におけるセシウム吸収阻害剤の効果



図-5 シイタケ原木栽培におけるプルシアンブルーによる処理 (左: 浸水槽に入れたシイタケほだ木、右: プルシアンブルー液に浸水したほだ木)

性シウム濃度にはバラツキがあり、また栽培管理の違いによっても、きのこ中の放射性セシウム濃度に違いが生じる。より安全なきのこ生産を目指して、原木の放射性セシウム濃度を低減させる技術開発が求められている。

原木中の放射性セシウムは、主に樹皮に含まれているため、表面に付着した放射性セシウムを高圧の水で洗い流す方法が試みられた。大根洗い機を改良した機械を用いると、半自動で放射性セシウムの濃度を半減できる。また、前述のプルシアンブルーの分散液に原木を浸漬させ、樹皮に含まれるセシウムをプルシアンブルーの分子に吸着させる方法もある(図-5)。通常、子実体発生前に原木を水に浸漬させる作業を行うが、その際、この浸漬用の水にプルシアンブルーを添加する。0.05%のプルシアンブルーの分散液に24時間浸漬した結果、シイタケに含まれる放射性セシウムの濃度は平均で半分以下に低減した(図-6)。この方法の利点として、きのこ発生時に処理するので、接種して月日の経過した原木にも適用できることがあげられる。プルシアンブルーの効果は大きいですが、シイタケの品種、生育状況、環境によって効果に違いが見られるため、きのこの放射性セシウム吸

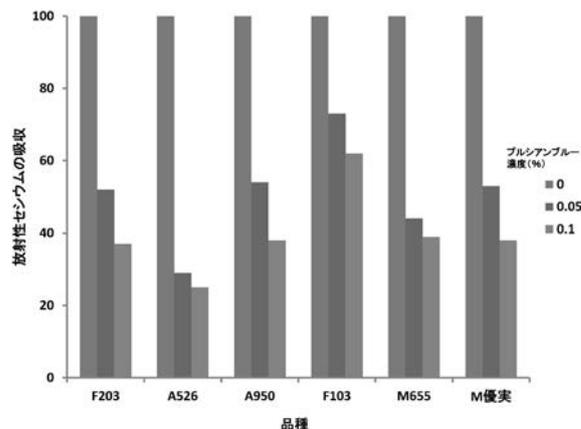


図-6 プルシアンブルー液に浸漬したほだ木から発生したシイタケの放射性セシウム濃度(対照区を100とした相対値)

収のしくみや、原木内でのプルシアンブルーのセシウム吸着のしくみについて調べ、さらに技術を改良することが必要である。

### 発生したきのこのプルシアンブルーの影響

プルシアンブルーのきのこの移行について確認したところ、プルシアンブルーは水に溶けないため、きのこはプルシアンブルーを吸収できず、子実体の分析結果からも移行は認められなかった。きのこに含まれるシアン濃度も検出限界以下かごく微量で問題にはならなかった。しかし、きのこが発生する時にプルシアンブルーで処理した培地や原木に接触すると青色のプルシアンブルーがきのこに付着することがあった。それを抑える栽培法が開発されると、より実用的な技術となるだろう。

### 環境からのシイタケほだ木への汚染

放射性物質で汚染されたほだ場で原木シイタケの栽培を行うと、ほだ木やきのこも放射性物質で汚染される可能性がある。その原因としては、汚染された土壌がほだ木に付着することのほか、放射性物質を含んだ林内雨や塵埃によるものとされる。その実態についてはあまり調査されていないが、栽培環境を選ぶことは重要である。

栃木県での調査では、空間線量率が $0.10 \mu\text{Sv/h}$ 以下のほだ場できのこを栽培すると、ほだ木への追加汚染が少なく、栽培適地として利用できた。 $0.28 \mu\text{Sv/h}$ のほだ場で何の対策も行わずに1年間栽培を行うと、最大で $15 \text{Bq/kg}$ 程度の追加汚染があり、 $0.10 \sim 0.28 \mu\text{Sv/h}$ のほだ場の利用は注意が必要であることがわかった。 $0.28 \mu\text{Sv/h}$ を超えるほだ場では、ほだ木への追加

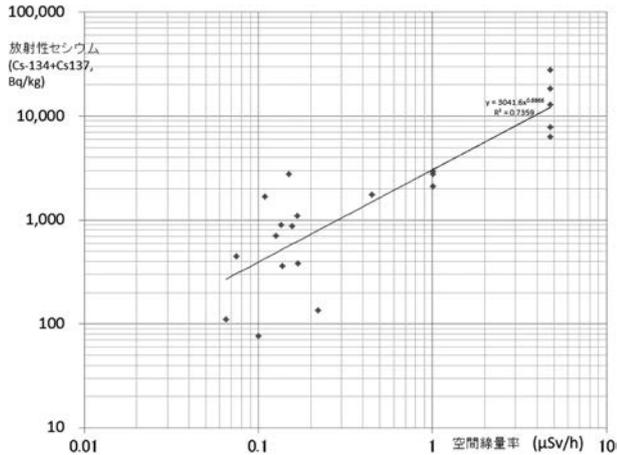


図-7 空間線量率とカワラタケ子実体の放射性セシウム濃度 (2012年採集・測定)

汚染が顕著であり、何らかの対策が不可欠であった。

### 野生きのこの放射性物質汚染

最後に、野生きのこについて簡単に述べる。野生きのこは、放射性セシウムを吸収・蓄積しやすいこと知られているが、種類によって、移行の程度は大きく異なる。村松・吉田(1997)は、1989～1991年に日本各地で野生きのこを採取し284試料(124種)のきのこ子実体中の放射性セシウムとカリウムの分析を行った。その結果、<sup>137</sup>-Csの値は3～16,300 Bq/kg(乾重)の範囲にあり、菌根菌と腐生菌のそれぞれの中央値は202 Bq/kg、29 Bq/kgと、菌根菌の方が高かった。また、土壌表層に菌糸をはる種では高く、土壌の下方、リター層、枯れ木に菌糸をはる種では低いことを報告した。

森林総合研究所では2011年以後、福島県・茨城県などで野生きのこの放射性物質汚染のモニタリングを行っている。菌根菌、落葉枝・土壌分解菌、木材腐朽菌の子実体中の放射性セシウム濃度は、空間線量率の高低と相関があった(図-7)。また、種により放射性セシウムの吸収・蓄積に大きな差が見られる。これまで調査が行われてこなかったサルノコシカケ類などの硬質菌(多くは木材腐朽菌)は、硬質菌以外のきのこよりも放射性セシウムの吸収・蓄積が低かった。さらに、基質と子実体の放射性セシウムの濃度の比を比較すると、木材腐朽菌で高いことが判明した(図-8)。

### まとめ

放射性セシウムに汚染されたおが粉や原木できのこを

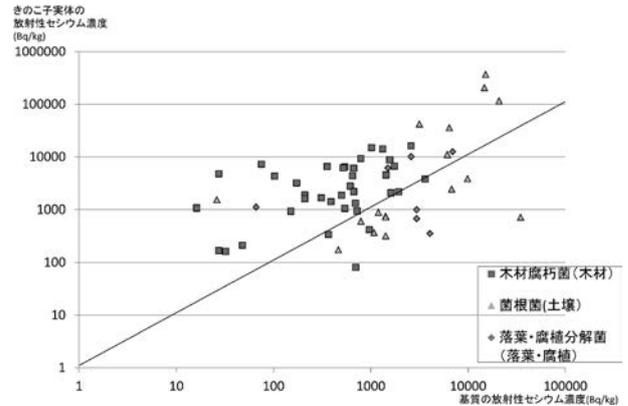


図-8 北茨城市小川試験地の野生きのこの基質と子実体の放射性セシウム濃度の関係

栽培すると、放射性セシウムが吸収・蓄積され、きのこ生産者にとって大きな問題となる。シイタケ原木栽培に利用できる原木は放射性セシウムが50 Bq/kg以下であり、この基準を遵守し食品の基準値(100 Bq/kg)以下の安全な原木シイタケが生産されている。汚染対策としては、菌床(おが粉)培地にカリウム、ゼオライト、プルシアンブルーを添加すると、セシウムのきのこへの移行が低減できる。また、シイタケ原木をきのこ発生前にプルシアンブルーの液に浸漬すると、セシウムのきのこへの移行が低減するが、実用化には多少課題が残る。きのこ原木の放射能汚染は今後も継続する可能性が高いため、効率的で安全な放射能低減の技術開発が求められている。

野生きのこは、種により放射性セシウム濃度の違いが大きい。しかし、その要因については十分解明されておらず、科学的な調査も不足している。森林の生態系における放射性物質の循環にもきのこは大きな役割を果たしているため、生態系の将来予測からもさらなる研究が期待されている。

### 引用文献

村松康行・吉田 聡(1997)キノコと放射性セシウム。RADIOISOTOPES 46:420-463。  
 森林総合研究所(2012)平成23年度安全な「きのこ原木」の安定供給事業報告書。森林総合研究所36pp。  
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/various/documents/kinoko-genboku.pdf>

# 森林土壌の汚染対策と森林利用

## —ウッドチップによる除染の試みと里山再生—

金子 信博 (かねこ のぶひろ、横浜国立大学大学院環境情報研究院)

### はじめに

日本の農地は昔から森林との結びつきが強く、人々は農地の周りの森林を積極的に利用してきた。残念ながら現在では、以前に比べると人とこのような里山のつながりは希薄になってしまった。特にかつて農山村や都市のエネルギー源となってきた薪炭材の利用は、現在ではほぼ停止していると考えてよい。しかし、現在でも各地で、シイタケ原木としてのナラ類樹木の伐採、野生キノコや山菜の採取、堆肥としての落葉採取、野生鳥獣の狩猟、そしてレクリエーション利用などが行われている。本論では、里山の樹木を用いることでわずかではあるが放射線量を低下させることができ、さらにその樹木と地域住民の木質エネルギーとしてうまく利用することにより、里山の再生につながる方法となることを説明する。

### 里山の利用と汚染

東日本大震災による福島第一原子力発電所の事故は、特に放射性セシウムの降下によって広い地域の森林を汚染した。森林の場合、事故当時春先であったのでまだ展葉していなかった広葉樹林では、幹と林床が特に強く汚染された。一方、常緑樹林では枝葉と林床が強く汚染され、その後、落葉や落枝の移動、雨による洗い流しにより林床有機物やその下の表層土壌に汚染物質が移動した。そのため、多くの場所で林産物の利用ができない状況になっている。たとえば広葉樹の幹材をシイタケ原木として利用するには、農林水産省によって設定された50 Bq/kgという指標値以下でなければならない。また、山菜のなかでもコシアブラは放射性セシウムを集めるため、原発から遠く離れた地域でも食品の基準値を超えて出荷制限となっている場合がある。今後も土壌中に半減期の長い<sup>137</sup>Csが残るため、土壌中に菌糸を伸ばす菌類や、根を伸ばす植物、土壌動物とそれを食べる哺乳類などが汚染される状態が続くことになるだろう。

### 森林除染

森林は、どの範囲まで除染するべきなのだろうか？除染特別区域や除染実施区域では、住居、公共施設、道路などの除染が行われ、住居の周囲の森林も住居から20mの範囲は伐採や枝打ち、落葉・表土の剥ぎ取りといった除染作業が行われている。住民の間では、住居や河川にその周囲の森林から汚染物質が移動するので、すでに除染した地域を守るためにその周囲の森林全体を除染したいという声も上がっている。しかし、森林は面積が広大で、除染作業は膨大なものになるため、実際には除染はほとんど行われていない。IAEA(国際原子力機関)は2013年の報告のなかで、森林の除染は費用がかかるわりには効果が得られないので、除染をせず放置することを勧めている。

これまでに行われてきた森林除染の実証試験では、広葉樹林の伐採と落葉・表土剥ぎ取りによってそれぞれ9%と35%の線量の低下が見られた<sup>1)</sup>。しかし、樹木や落葉層の汚染は低下しており、今後表土を剥ぐことしか除染方法がない状況になってきている。表土のはぎとりは森林内で循環している植物の生育に必要な栄養塩の量を減少させ、土壌浸食を引き起こす可能性が高く、廃棄物の貯蔵場所の確保や、長期にわたる管理費用にも問題がある。広大な森林を除染するには、放射性物質とともに汚染されたものをすべて移動させる方法ではなく、放射性物質だけを移動させる方法を考える必要がある。

### 生物を使った除染

農地では、ヒマワリやアマランサスのような放射性セシウムを土壌から吸収して保持する植物を使って除染するファイトレメディエーションが提案され、一部では実施された。しかし、1年の栽培で除染できる割合は土壌を汚染したセシウムの0.05%程度であり、収穫した植物体を安全に管理し、最終的には廃棄も考慮しなくてはならない。水田では重金属をたくさん吸収する性質をもつ植物や、藻類の利用が提案されているが、これらは水

中のセシウムを吸収するものであり、森林の除染には使えない。森林の樹木による吸収は、チェルノブイリ事故では、ベラルーシのナラの幹材で面移行係数（面積あたりの汚染に対する生物のkgあたりの汚染濃度）が  $2.3 \times 10^{-3}$  であり、仮に地上部のバイオマス量 300 ton/ha とすると 0.6% 程度の吸収量であった<sup>2)</sup>。また、山菜として人気のあるコシアブラが高い放射性セシウム濃度を示すことから、コシアブラを植栽して放射性セシウムを吸収させる方法が検討されているが、森林を広域に除染する方法としては現実的ではないだろう。

汚染された森林で生育するキノコは、種ごとに異なる移行係数を示すことが知られてきた。その面移行係数は、0.003 から 7 と幅広い値を示す<sup>2)</sup>。キノコは糸状菌の子実体である。Yoshida ら (1994) は、キノコの菌糸が分布する土壌深度と放射性セシウムが分布する深度が一致しており、汚染物質の移動とともに汚染の強いキノコの種類が替わっていくことを明らかにしている<sup>3)</sup>。しかし、森林に発生するキノコのバイオマスが小さいので、キノコを集めることによる除染は、やはり現実的ではない。

放射性セシウムの土壌からの生物による除去—理論

落葉の分解の際、落葉に含まれていた栄養塩類の挙動は、元素によって異なる。たとえば、コナラの落葉分解を3年間にわたって追跡した結果、カルシウムやマグネシウムはあまり濃度が変化しないが、カリウムは1年目の濃度はゆるやかに減少し、2年目急速に低下した<sup>4)</sup>。これらの元素は、落葉の重量減少とともに、あるいはそれより早くに落葉から失われる。これを無機化と呼んでいる。一方、窒素やリンは分解の初期に濃度が高まり、落葉に含まれている量も一時的に増加する。これは、落葉に生育している微生物、とくに糸状菌が落葉の外か

ら自分たちの体に必要なこれらの元素を集めるためであり、不動化と呼んでいる。セシウムはカリウムと同族の元素であり、環境中の挙動がカリウムと同様であると言われてきた。しかし、実際に二本松市の落葉広葉樹林で広葉樹落葉の分解過程を追跡すると、1年ではカリウムの濃度がほとんど変化しなかったのに対し、放射性セシウムの濃度が5～10倍になった(図-1)<sup>5)</sup>。このとき、窒素やリン、そして放射性セシウムの濃度と糸状菌バイオマス(菌体の量)の指標である、リン脂質脂肪酸のなかの 18:2 ω 2,6 の濃度との間に正の有意な相関関係が見られた(図-2)。糸状菌は落葉の分解過程において落葉の炭水化物を餌として利用し、落葉中には十分に含まれていない窒素やリンといった必須元素を落葉の下の土壌から集め、自分の体の中の元素濃度を一定に保って増殖している。カリウムはキノコ類に多量に含まれる元素であり、糸状菌は窒素やリンと同様、カリウムを環境中から集めている。このとき、カリウムにくらべてきわめてわずかにしか存在していない放射セシウムが糸状菌に取り込まれるものと考えている。分解の初期に落葉のカリウム濃度があまり変化しないのは、落葉からの溶脱と糸状菌による取り込みがほぼ釣り合っているのだろう。

チェルノブイリ事故の影響で汚染された森林で落葉分解を追跡した研究では、落葉分解にともないカリウムと放射性セシウムの濃度が上がることが報告されている<sup>6)</sup>。また、日本のヒノキ林でもヒノキの落葉上の微生物バイオマスの増加とともに大気核実験によるグローバルフォールアウトに由来するセシウムが増加することが観察されている<sup>7)</sup>。したがって、森林では落葉の分解過程において、落葉から土壌へと下方に放射性セシウムが移動するだけでなく、一部は糸状菌によって再び土壌から落葉へと上方に移動するメカニズムが存在する。林床

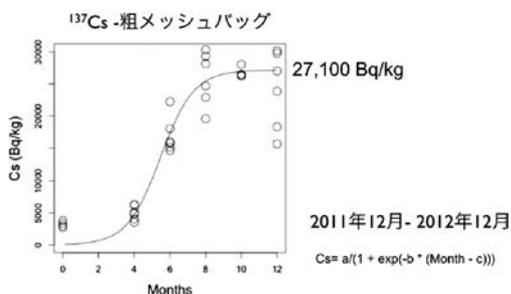


図-1 落葉分解と放射性セシウム濃度の変化

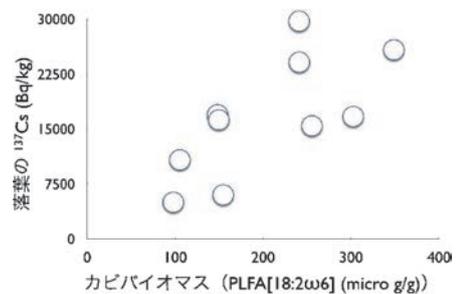


図-2 落葉上のカビのバイオマスと放射性セシウム (<sup>137</sup>Cs) の関係

の有機物層が厚い北方林では、有機物層にほぼすべての放射性セシウムが保持されている。

このようなデータに基づき、除去するために、林床に多量の有機物を敷設し、そこに生育する糸状菌に森林土壌の放射性セシウムを吸収させる方法を考えた。そして、2013年5月に二本松市東和の広葉樹林で地元住民の協力のもと、実証試験を開始した。落葉の場合と同様、時間の経過とともに放射性セシウムの濃度が上昇し、11月末には平均2000 Bq/kg（乾燥重あたり）となった。試験は現在も継続中であるが、このウッドチップの濃度に基づいて試算したところ、土壌中の汚染物質の約7%がチップに移行していることがわかった。この試験からは、当初予期していなかったチップの効果も確認できた。すなわち、チップの敷設後、空間線量が顕著に低下したのだ。チップを林床に敷設すると多量の水分を保持し、乾燥しない。水はガンマ線を遮蔽する効果がある。落葉層に比べてはるかに多量の有機物を厚く敷設することで、それまでより多くの水が土壌の上に保持され、遮蔽効果を発揮したものと考えられる。

チップによる除染の値は、ファイトレメディエーションに比べると遙かに高い。落葉や土壌の剥ぎ取りが、森林土壌を大きく攪乱し、土壌浸食の可能性を高めるのに対し、チップの敷設はその場にある材料を用い、土壌表面を保護することで浸食を抑制し、作業中の空間線量も低下する。単に伐採した樹木を仮置き場に集めることに比べると、チップの形で回収した方が、仮置き場での整理が容易である。このように、ウッドチップを用いる除

染法は、森林環境を保全しつつ、作業を合理的に進めることができる。今後とも除染効率の向上や、他の場所や条件でのデータ収集、敷設の技術的改良を検討したい。

## 現実的な対応策の提案

里山は地域住民によって多角的に利用されてきたが、現在では汚染された森林の利用は極端に制限されている。事故前の福島県におけるシイタケ原木の出荷は日本一であったが、事故後に出荷制限となり、今後の再開の見通しがたっていない。その他の利用についても、放射性セシウムの測定を行いつつ、慎重に利用するという状態が長期に続くことになる。一方、事故前から、民家に隣接していても燃料革命以前に比べるとほとんど利用されていない森林が多い。

我々が開発したウッドチップを用いる方法は、これまで提案された森林除染のなかで最も高い効率を誇るが、それでも除去できる放射性セシウムはわずかである。仮にこのまま放置が続いても、森林が枯れることはない。したがって、放射性物質が崩壊して、線量が減衰するのを待つことがひとつの対処であろう。しかし森林汚染が促進できないと、次のような問題がある。

1) 森林を汚染した放射性セシウムはほとんどが森林に保持されており、河川への流出はわずかである。しかし、水田では多量の水を利用するため、森林からの水を利用することで長期にわたり徐々に放射性セシウムが水田に移動する。したがって、イネの栽培にあたり、農業用水の長期にわたるモニタリングと適切な農法による対応が必要である。

2) シイタケ原木林は萌芽更新によって、適切なサイズで品質の高い原木を生産できる。伐採周期は10年から20年程度であり、長期に放置して原木を成長させると、伐採しても切り株からの萌芽がうまく出なくなる。萌芽更新は更新時に苗木を植栽する必要がないが、萌芽しなくなった高齢の森林を再び原木林として利用するには植栽が必要になり、苗木からの生長は萌芽に比べると遅い。

3) スギやヒノキ、カラマツ、アカマツといった用材として利用される樹木にも、わずかであるが放射性セシウムが吸収される。植物の根が分布する表層土壌が汚染されている限り、植物による吸収が継続する。用材としての利用には規制値がないが、汚染がわずかであっても商品としての販売は不利になる可能性がある。

4) 山菜は、種類による吸収特性の違いがあるため、今



図-3 ウッドチップによる除染試験状況（2013年）  
左上：チップパーによるチップ作成（5月）左下：  
林内区における設置状況（5月）右上：林外区に  
おける設置状況（5月）右下：チップを入れたパ  
ッグとバッグ下の地面に白く見える菌糸束（11月）

後土壌の汚染部位が変化することで、これまで問題がなかった種類が新たに利用できなくなる可能性がある。

5) 野生鳥獣の体には、食物連鎖を通して土壌にある汚染物質が移行する。土壌動物のうち、ミミズは、哺乳類や鳥類の重要な餌である。またハエ目幼虫にも土壌腐植を摂食する種が多く、成虫となると地上を飛行して捕食者の餌となる。このように、植物だけでなく、土壌動物を摂食することによっても地上部の食物網の汚染が継続する。

当然のことであるが、いくら人手をかけても森林全体を除染することはできない。完全にきれいにする除染にこだわっては、いつまでたっても森林の利用が再開できないかもしれない。広域に汚染された森林の利用を継続するには、特別の工夫が必要であり、除染をする場所と方法を選定する必要がある。様々な除染方法のなかで、チップの敷設は森林の里山としての利用を継続しつつ、放射性物質の低減を促進することができる。そこで、生態系の持つ落葉分解機能を利用して、以下のような森林利用による除染策を提案したい。

冬季に除染対象の森林を伐採し、林床の低木を刈り払ったあとに、現地の樹木をチップ化し敷設する。1年後、チップを回収し、仮置き場に集積するか、あとで述べるように燃料として利用する。チップにセシウムが集積し続ける間は敷設するのがよいが、まだデータが十分ではないので、その敷設期間についてははっきりしたことは言えない。燃料として利用する場合は分解が進むと熱量が減少するので、1年程度が現実的であろう。チップによる除染は、チップの敷設と回収に労力がかかるので、道路や作業道沿いが適当である。

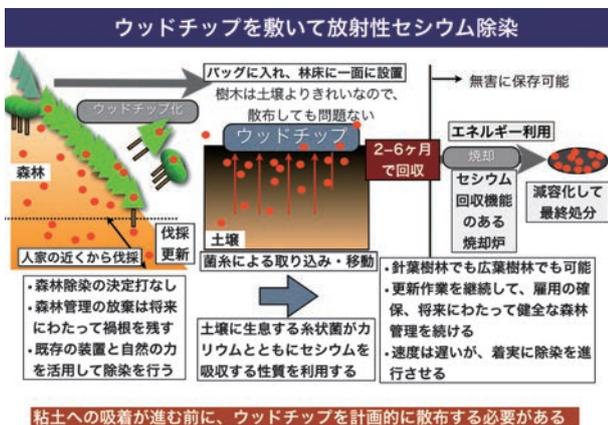


図-4 ウッドチップによる除染と木質バイオマスの利用

燃料としての利用は、大型の焼却炉で燃やすよりも、里山の所有者が自宅や農業に必要な燃料として利用する。自動制御の個人用チップボイラーは、オーストリアなどですでに開発されており<sup>8)</sup>、お湯をわかして暖房や冷房に使う。燃焼後の灰には放射性セシウムが含まれているので、安全に回収するしくみを集落で作り、最終処分場に送る。灰に含まれるセシウムの濃度が8000 Bq/kg以下なら、法的には廃棄が可能である。ただし、ボイラーからの煙に含まれるセシウムの小型除去装置を開発する必要がある。

里山の樹木をエネルギーとして使うことは、汚染された森林に限らず、全国の森林利用において中心的な課題である。輸入に依存し、為替に影響される化石燃料ではなく、本来身近にある持続可能な燃料である木質燃料を使うことで、里山利用の復活が期待できる。残念ながら汚染された森林を、短期間できれいに除染する方法はない。本提案は、放射性物質の減衰を待ってから森林利用を再開するのではなく、木質燃料を利用するしくみを整備することで、放射能の低下の速度を早め、将来の森林利用の幅を拡大することを目指すものである。

引用文献

- 1) 環境省報道発表(2012) 今後の森林除染の在り方に関する当面の整理について <http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=15731>
- 2) Calmon P, Thiry Y, Zibold A, Rantavaara, A, Fesenko S (2009) J Env Radioactivity 100 : 757-766.
- 3) Yoshida S, Muramatsu Y (1994) Science of the Total Environment 157 (1-3) : 197-205.
- 4) Salamanca EF, Kaneko N, Katagiri S, Nagayama Y (1998) Ecol Res 13 : 199-210.
- 5) Kaneko N, Huang Y, Nakamori T, Tanaka Y, Nonaka M (2013) Geophysical Research Abstracts. p 7809
- 7) Fukuyama T, Takenaka C (2004) Science of The Total Environment 318 (1-3) : 187-195.
- 6) Rafferty B, Dawson D, Kliashtorin A (1997) Soil Biol Biochem 29 (11-12) : 1673-1681.
- 8) 小池浩一郎 (2014) グリーンパワー 421 : 8-9

# 福島の林業再建に何が必要か

## — 「公共の任務」を考える —

早尻 正宏 (はやじり まさひろ、山形大学農学部)

### はじめに

東京電力福島第1原子力発電所(以下、福島第1原発)の事故に伴う放射性物質による森林汚染は、福島県の林業に重大な被害をもたらした。目下、県内外の大学や研究機関の手により、森林生態系や木材、特用林産物(きのこや山菜等)への放射能汚染の影響に関する調査研究が精力的に進められている。東日本大震災から3年半を経過したいま、着実に厚みを増しつつある科学的知見を、林業再建に実際に生かしていくことが必要な段階にきている。本稿では、被災地域の森林管理をだれがどう進めるのかという担い手の視点から、林業再建の実現に向けて、政府(国、福島県、市町村)および非営利・協同組織(森林組合)がなすべき「公共の任務」とは何かを明らかにする。そのうえで、そうした「公共」の一翼を担うことが期待される森林組合の現状と課題を整理していきたい。

森林組合とは森林所有者が出資して設立した協同組合である。福島県内の森林組合は全国の他の組合と同様、森林整備(植栽、保育、間伐等)の有力な担い手として地域林業を支えてきた。震災以降、原発事故の影響を強く受けた「被災組合」では、まず、林業の事業体として、「フローの損害」(営業損害や風評被害による収益減少)に対して東京電力に損害賠償を請求し、組合の存続、雇用の維持に努めてきた。また、森林所有者の協同組織として、放射性物質による組合員の所有林の汚染という「ストックの損害」に対し、森林(土地、立木)への賠償を東京電力に求める拠点となった。さらに、山村地域にある数少ない非営利・協同組織として、地域住民の長期避難に伴う山村コミュニティの崩壊という「社会関係資本の損害」を解決すべく、県内外に避難する組合員の再組織化や、地域雇用の再創出に踏み出しつつある。

### 停滞傾向が続く森林整備

全国で4番目に広い森林面積を有する福島県では、

素材生産量(丸太の生産量)が全国で7位、製材工場数が全国で5位を占めるなど、豊富な森林資源を背景に林業、木材産業が成立してきた。だが、震災以降、林業、とりわけ森林整備をとりまく環境は一変した。

福島県庁の調べでは、県内民有林の森林整備面積は2007年度以降12千ha台をキープしていたが、2011年度は7,387ha、2012年度は6,212haに減少した。その要因として、人の立ち入りが制限されている避難指示区域での林業活動(営林)の停止、避難生活の長期化に伴う森林所有者の経営意欲の低下などを挙げることができる。地域別にみれば、福島第1原発が立地する双葉郡を含む浜通り地方の相双地域の事業量が大幅に減少しているのが目立つ。こうした森林整備事業量の減少は、森林整備の主たる担い手である森林組合の経営に大きな打撃を与えた。

他方で、県内の素材生産量については、森林整備事業量に比べその減少幅は小さい。相双地域の素材生産量は大幅に減少しているものの、そのほかの地域では震災前の水準を維持するか、若干の減少にとどまる。このように、県内における震災前後の事業量の増減は事業内容や地域により異なる点には注意が必要である。なお、木材価格は震災直後に一時的に下落したが、その後持ち直して以降は、全国とほぼ変わらない傾向を示してきた。最近では、復興事業の進展に伴い木材需要が拡大する中で、県内の木材価格は上昇局面を迎えている。

### 林業再建と「公共の任務」— 「政府の任務」と「協同の任務」 —

福島県内の森林整備事業量の減少の背景にあるのは、放射性物質による森林汚染という未だ解決方向の定まらない問題である。森林を放射性物質の「封じ込め」の場として位置付けるという、いまの森林除染の枠組み——除染範囲は原則、生活圏内に限られており、実態は「裏山除染」に過ぎない——では、本格的な営林再開の道の



写真-1 生活圏から20m程度に限定された森林の除染現場＝2013年4月25日、福島県双葉郡川内村、筆者撮影

りは厳しいと言わざるを得ない(写真-1)。こうした中で、筆者は、林業再建、より正確に言えば、林業再建のための条件整備は、「公共の任務」として遂行されるべきであると考えている。

紙幅の関係から詳細は省くが、「公共」とは「公領域」という意味であり、それは中央政府(国)と地方政府(都道府県、市町村)からなる「政府」と、各種の非営利・協同組織からなる「協同」から構成される。福島県における林業再建という文脈からいえば、「政府」とは国、福島県、市町村を、「協同」とは森林組合のことを指す。一方、「私領域」とは「民間」(林業事業体)と「個人」(森林所有者)を指す。「公領域」における諸活動は「私領域」とは区別され、「私領域」の生活や生産を支える基盤となっている。ここで重要なのは「公領域」に「協同」を含めること、すなわち「政府」だけが「公共」の担い手ではないという点である。筆者が森林組合に着目する理由はここにある。「協同の任務」の一端は「はじめに」で紹介したので、以下では、もう一つの主体である「政府」の取り組みを整理しておこう。

まず国である。福島県内の林業関係者が林業再建の要として要望を重ねてきた森林除染に対する環境省の政策スタンスは上述のとおりであり、その実態は「裏山除染」に過ぎない。他方で、林野庁は2013年度から、森林整備の継続を通じて放射性物質の削減と拡散防止を図る「ふくしま森林再生事業」を創設した。すなわち、国レベルでみると、一方では放射性物質を「封じ込め」ようとし(環境省)、他方では放射性物質の付着した木材や

枝葉を林外に「持ち出す」(林野庁)というように、森林除染をめぐる政策対応に一貫性があるとは言い難い。また、福島県庁や県内業界団体の再三の要請にもかかわらず、木材の安全基準(放射性セシウム濃度の最大値)を林野庁が示す気配はない点についても指摘しておく必要がある。

福島県内には林野庁による「ふくしま森林再生事業」を事実上の森林除染として受け止める向きもあるが、言うまでもなく、それは、環境省が定義する除染とは異なる。このことは何をもちたらずだろうか。すぐに思い浮かぶのは、同事業を最前線で担う林業労働者の確保に困難が生じる可能性である。周知のとおり、国直轄の除染特別地域において、環境省は除染作業員に特殊勤務手当を支給しており、この賃金相場は市町村が実施する汚染状況重点調査地域にも事実上反映している。しかしながら、林業労働者に対する賃金補助はなく、ただでさえ高いとは言えないその賃金水準は除染作業員を大幅に下回る傾向にある。同事業はまだ本格的には始まっていないが、実際、ある森林組合では、通常の林業生産活動においても、賃金水準のより高い除染作業に作業班員の流出が相次ぎ、人材確保が困難となりつつある。

次に福島県庁をみる。県庁は環境省の除染方針に異を唱え、その森林除染の必要性を懸命に働き掛けてきた。県庁は、東京電力が経費を負担する除染以外の枠組みを設けて、事実上の森林除染を進めるという政策案を林野庁に提案し、それが前述の「ふくしま森林再生事業」の創設につながった。この「ふくしま森林再生事業」において県庁は同事業の実施主体である市町村へのアドバイスと予算配分の役を担う。このほか、県庁は、放射性物質濃度が高い木材の流通を未然に防ぐための方策を独自に検討するなど、原子力災害という未曾有の事態に対し、地方政府として解決策を主体的に考え、実行しようとしてきた。

最後に市町村をみよう。森林政策(林政)では1998年の森林法改正を契機に「分権化」が始まった。その政策的狙いは市町村林政の役割強化にあったが、国も地方も財政事情がますます悪化する中で「分権化」は、必ずしも当初の狙いを実現できていない。前述したように「ふくしま森林再生事業」ではこうした市町村が事業主体であり、2013年11月末時点で、事業実施に当たり計画を策定したのは事業対象39市町村のうち19市町村に過ぎない。復興業務が多忙を極める中で、市町村に

において森林除染の優先順位は低く後回しにされがちである。他方で、「分権化」を受け止めきれぬ自治体職員がついぞ出現しなかったことも取り組みが遅れている要因となっている。

「政府の任務」という視座からみたとき、国レベルでは縦割りの弊害もあり矛盾した対応がみられる。また、地方分権このかた、制度的には林政の主体として位置付けられるようになった市町村の動きはまだ鈍い。その中で、政策対応の遅れや矛盾が目立つ国と林業関連の復興施策の実行能力に乏しい市町村のはざまにあって、地方政府としての県庁の役割が高まっている。ただし、森林汚染に見舞われた人々や事業者からみて、原子力災害からの林業再建に向けて国（環境省、林野庁）、福島県、市町村の足並みが揃っているとは言い難く、必ずしも統一感のある政策対応とはなっていないのが実情である。

## 原発事故に翻弄される「被災組合」

福島県内の林業再生に向けて「協同の任務」の遂行を期待される森林組合はどのような状況にあるのだろうか。2011年4月に政府が設定した旧避難指示区域（警戒区域、計画的避難区域、緊急時避難準備区域）を抱える12市町村を組合地区とする「被災組合」における震災以降の動きを、浜通り地方、中通り地方の順に簡単にみていこう（早尻、2013；同、2014）。

まず浜通り地方である。双葉地方森林組合は福島第1原発から6km離れた富岡町内に本所を構えていたため、震災直後から本所の放棄を余儀なくされ、役職員全員が現在も避難生活を続けている。震災から1ヵ月後に田村市常磐町にある田村森林組合の事務所を間借りし業務を再開したが、組合地区内に避難指示区域が広がり主力の森林整備事業が展開できず、約80人いた作業班員の多くが休職したままである。同組合は震災以降、森林整備事業量が激減する中で、除染事業を手掛けることで経営存続を図ってきた。飯舘村森林組合は、組合地区である飯舘村が2011年4月に計画的避難区域に指定されたため、全村避難に伴う一時休業を余儀なくされた（写真-2）。業務再開後は除染事業を中心に事業展開を図り、全体の収益は震災前を上回る水準に回復した。作業班員を増員して除染事業に取り組むが、住民帰還の目的は立たず本業再開への道のりは険しい。宮城県境の太平洋沿岸を組合地区とする相馬地方森林組合は震災直後、津波による行方不明者の捜索、がれき処理に取り組んだ。復



写真-2 飯舘村森林組合の石材加工センター建屋外壁の除染作業＝2013年8月22日、福島県相馬郡飯舘村、筆者撮影

旧事業が一段落した後は高速道路の建設や住宅地の高台移転に伴う伐採作業、除染作業などの復興需要を軸に事業展開してきた。震災関連事業が主要な収益源となった同組合では、震災以前の主力事業であった森林整備事業の本格的再開には至っておらず、森林整備事業の大幅な縮小に伴い作業班員数が激減していた。

次に中通り地方である。ふくしま中央森林組合では、組合経営の屋台骨である都路事業所のエリアの一部が避難指示区域に指定された（2014年4月解除）。同事業所は主力事業であるシイタケ原木林の営林停止を余儀なくされ、作業班員数は大幅に減少した。都路事業所の事業量減少は組合経営を一気に悪化させた。都路事業所は2013年に再建計画を策定し、森林環境の保全と地域雇用の再創出に向け取り組みを強めている。福島県北森林組合は中通り地方の北部一帯で事業展開する。同組合は震災前に予定していた小径木と粉炭の生産の中止や相次ぐ作業班員の退職に見舞われたが、避難指示区域が組合地区の一部に限られたことから、主力の森林整備事業は震災後もほぼ通常通り展開できた。これに除染事業の受注が加わり、2012年度にはふくしま中央森林組合を抜き県内一の事業総収益を計上した。田村森林組合は「被災組合」の中で唯一、地区内に避難指示区域がないものの、製材工場の敷地内に約千トンのパークが堆積するなど操業環境が一部悪化したままである（写真-3）。同組合は地元木材の付加価値を高めるべく人工乾燥設備を導入するなど品質向上に力を入れ、「田村材」として銘柄化を図り県内外に売り込んできた。こうした加工製品の

信頼を維持すべく、震災以降、加工製品の放射能濃度を測定する自主検査をしたり、事務所前に空間線量の表示板を設置したりするなど「風評」対策に力を入れている。現在、主力事業の一つである加工事業は復興需要を受け拡大傾向にあり、また、森林整備面積や素材生産量は震災以前の水準に回復しつつある。

### 林業再建のために

福島県の林業再建に果たすべき「公共の任務」について、その枠組みを提示したうえで、国（環境省、林野庁）と福島県、市町村という「政府」の動き、また、「協同」の担い手である森林組合の取り組みを素描してきた。以上を踏まえ、ここではとくに林業再建に果たす森林組合の役割を考えていきたい。考察に当たり前提となるのは、森林所有者を組合員とする非営利・協同組織である森林組合は、営利企業とは異なり地域から「逃れられない」存在であること、また、その意味で、山村地域で「生きていくしかない」人々にとり数少ない拠り所の一つであるという点である。

第1に、福島県内の森林整備事業を一手に引き受けてきた森林組合には、被災地域の森林事情に精通した林業事業体として、地域森林管理を着実に実行していくことが期待される。従来から取り組む森林の公益的機能を発揮するための森林環境の保全活動に加え、除染——「裏山除染」だけでなく、「ふくしま森林再生事業」のような事実上の森林除染を含む——という森林環境の回復活動の担い手となることで、営林の継続と雇用の創出を図るべきである。第2に、森林所有者の協同組織として、放射性物質による森林汚染という「ストックの損害」への対応が求められる。森林組合は森林（立木、土地）の賠償問題に積極的に関与し、汚染森林を抱える組合員の拠り所となってきた。2014年5月、その解決の道筋がようやくみえてきたが、森林組合には今後、損害賠償金の請求という実務の面で組合員をサポートする役割が期待される。第3に、長期避難に伴う「社会関係資本の損害」の重大性を認識し、その回復に向けた取り組みが必要である。避難住民の帰還問題もありその道のりは険しいが、県内外に避難する組合員の再組織化が当面の課題となろう。

### おわりに

当たり前のことだが、森林環境の保全を図るためには、



写真-3 田村森林組合の製材工場敷地内に山積みされた減容化済みパーク=2013年12月4日、福島県田村市、筆者撮影

山村地域に人々が定住する必要がある、その実現には安定した雇用が不可欠である。「被災組合」にはいま、この「当たり前の世界」を取り戻す役割、具体的には、定住条件の整備を通じ山村住民の帰還を実現すべく、地域森林管理に責任をもつ林業事業体として、また森林所有者の協同組織として、さらには山間地域の非営利・協同の担い手として、森林組合に「固有」の役割（＝「協同の任務」）を発揮することが期待される。

そのためには「政府の任務」が着実に遂行される必要がある。森林除染について明確な態度を依然示さない国（環境省）に対し、福島県内ではあきらめの声も聞こえる。森林の再生とは単に環境を回復することではない。その意味するところは、人々が再び森林との結び付きを取り戻すということであり、それが実現されるかどうかは林業という産業の再建、山村コミュニティという社会の復興に掛かっている。

福島の人々が「当たり前の世界」を取り戻す確かな見通しを得られるよう、こうしたトータルな視点かつ「矛盾」のないかたちで「政府の任務」を遂行すべき時期が来ている。「被災組合」の「協同の任務」は、こうした「政府の任務」が遂行されてはじめて実現をみるであろう。

### 引用文献

- 早尻正宏（2013）原発災害後の森林組合の取り組み—その現状と課題—。協同組合経営研究誌にじ643：71-79.
- 早尻正宏（2014）原子力災害後の福島県林業と森林組合の取り組み。山林1558：19-28.

# 福島の森林と木材の発展的な将来をめざして

高橋 正通 (たかはし まさみち、森林総合研究所)

本特集では福島の汚染された森林の現状や管理の問題、執筆者による放射能への対応や考え方が提起された。これらを参考に、既の実施されている内容も多いが、必要な取り組みを表-1にまとめた。さらに、私見を交えていくつか提案したい。

## 福島の復興は森林の再生

福島県は大きな製材工場もあり、首都圏の需要を支えてきた。きのこの原木生産も活発で、山村の経済に貢献してきた。またキャンプなどのレクリエーションの場として都市住民にも親しまれてきた。森林の再生は、福島が普通の生活を取り戻すのに必須と考えられる。しかしながら、避難を強いられた区域周辺の森林は汚染されたままであり、住居周辺の除染が進み避難指示が解除されても、すぐに利用できる状態にはない。林業の再開には、予算的な支援だけでなく、最新の研究成果の投入、都市住民の理解や協力、地元の体制づくりが必要である。

## 100年の長期管理計画

汚染度の高い森林はすぐには利用できないので、森林所有者とともに現状を把握し、長期的な管理と経営計画を考える必要がある。天然林はしばらく手をつけずとして、人工林の管理計画は早急に練る必要がある。森林や木材内部の汚染度は事故当時の汚染に強く依存してい

るので、当面、航空機モニタリングによる汚染マップを利用したゾーニングやエリアの区分が有効である。汚染度が低く林業活動ができる地域は、出荷する木材の安全性を確認し、結果を公表して風評を防ぐことが重要である。一方、作業員の被ばくや木材の安全性に少しでも不安がある区域は当面活動を避けた方が賢明である。そのような地域では、樹木の成長と汚染度の変化をモデルで予測しつつ、放射能が自然に減衰して10分の1になる100年後までの管理計画を準備するとよいだろう。

## 最先端の技術の投入と実証

有名な林業地でさえ経営が厳しいのが日本の現状である。政府の支援があっても、林業振興は容易ではないと思われる。私は、この状況を逆に、最先端的林業技術を導入してはどうだろうか考える。原発に頼らないバイオマス発電などは福島らしい方向として当然期待される。それ以外にも例えば、汚染エリアの区分に追加して産地の認証や流通段階のトレーサビリティなどに発展させる。汚染エリアの森林情報を電子化し、成長予測や木材のオンデマンド生産等に活用するなどの最新の経営を実践する。また、作業被ばく回避のための機械化が話題になるが、シールドしなければ作業できないような森林の木材は利用されにくいし、作業に伴い放射能の高い土壌が流亡するリスクもある。全国的に林業の機械化は林業活性化の鍵とされているが、林地かく乱や土砂流亡の対策はどこでも課題になっている。機械による放射能対策が、土壌保全と両立する機械化技術の発展につながることを期待したい。さらに、作業被ばく低減のためには、作業の効率化が必要で、これはコスト改善に直結する。

このように、放射能の負の影響をきちんと見据え、対策を講ずることは、一歩も二歩も先を行く先進的な林業をめざす機会として活用できるのではないだろうか。最新技術が活かされる現場があると、研究者も最大限の協力を惜しまないであろう。

表-1 放射能で汚染された森林への対応

- 1) 汚染状態や林齢、土壌等による管理区分
- 2) 林業労働者の安全性確保と被ばく管理
- 3) 伐採等の林内作業に伴う土壌流亡による再拡散防止
- 4) 樹皮等のセシウム濃度が高い部分の適正な処分
- 5) 市場に流通する木材の安全性確認と検査
- 6) 安全検査結果の公表・啓発による風評被害防止
- 7) 将来にわたる森林や樹木内部の汚染度予測
- 8) 汚染された森林の長期管理・経営計画の策定
- 9) 汚染森林の監視（森林火災、流出、土砂災害等）
- 10) 森林生態系への影響の長期モニタリング

## 森林の放射能をはかる

赤間 亮夫 (あかま あきお、(独) 森林総合研究所)

東京電力福島第一原子力発電所の事故から3年たち森林の放射能に関する情報も多くなってきたが、他の一般的な化学物質とは異なる点もあるので、情報の理解の助けとするために以下にその測定の概略を記すこととする。

## 放射性セシウム

今回の事故により放出された放射性物質は放射性ヨウ素、放射性ストロンチウム、放射性セシウムの3種類といわれているが、放射性ヨウ素は放出後短期間のうちに消滅してしまい、我々の手にした試料からは検出されなかった。また、放射性ストロンチウムの測定には特殊な方法が必要であり、またその放出量は放射性セシウムの百分の一から千分の一と推定される。以下では放出量の多かった放射性セシウムの測定について述べる。

自然界にはセシウムの安定同位体(セシウム133)が存在するが、問題になっているのは事故により放出された放射性同位体(セシウム134とセシウム137)である。これらは全てセシウムという同じ元素であり、それぞれを区別するためには元素とはいわずに核種という言葉をする。放射性セシウム(セシウム134とセシウム137)は崩壊する時にベータ線とガンマ線という2種類の放射線を放出する。この崩壊は、それぞれの核種の存在量に対して一定の割合で起こる。このためセシウム134は、約2年経過するとその量が半分になる。セシウム137は崩壊する割合が少ないのでその量が半分になるまでに約30年かかる。この時間を物理学的半減期という。これに似た言葉で生物学的半減期という言葉があるが、これは生物体内の物質が、その生物の生理的活動(排出など)によって半分になるまでの時間のことである。

## ベクレル

通常の化学物質の濃度を示す場合には、%やppm、ppbなどの単位を用いるが、放射性物質の濃度はこれらよりも10桁以上も低い状態であり、濃度を重量比や体積比などで表現することは現実的でない。一方、放射性物質はその原子核が崩壊しやすい物質であり、崩壊が起きるたびに放射線を放出するので、放射線の量を測定す

ることにより放射性物質の量を知ることができる。極端に言えば、放射性物質の原子が1個しかなくてもその存在を確認できることになる。実際には、原子の崩壊が起きればそれは他の物質になってしまうため1個1個の原子を数えるという訳にはいかないが、放射性物質の量は1秒間に放出される放射線の数(ベクレル:Bq)で示すことができる。試料が放出する放射線量を測定し、その試料の重量で割れば、例えば「Bq/kg」というように放射性物質の濃度が表現できる。これは正確にいうと濃度というよりも放射性物質の活性度を示していることになり、放射能(放射線を出す能力)という言い方もする。

## 検出器の種類

次にこの放射性物質の濃度の測定方法について記す。

放射性セシウムの測定には、その放出するガンマ線を用いる。放射性核種の崩壊により放出されるガンマ線は電磁波であり、それを放出した核種によってその波長(エネルギー)が決まっている。このため、セシウム134、セシウム137それぞれに特有の波長のガンマ線が、一定時間内に何個放出されたかを測定すれば、試料に含まれる放射性セシウムの核種別の量を知ることができる。

このガンマ線を検知するセンサーは主に2種類ある。一つはガンマ線が当たった時の電気的な変化を測定するもので、ゲルマニウム半導体などである。もう一つはガンマ線が当たった時にある種の結晶などが発光する現象(シンチレーション)を利用したもので、ヨウ化ナトリウム(NaI)などが使われる。ゲルマニウム半導体はガンマ線の波長に対する分解能が高いため、セシウム134とセシウム137の分離もきれに行えるが、感度があまり高くないため、試料量を多くしたり、測定時間を長くしたりする必要がある。またセンサーを安定した状態に保つために液体窒素で冷却しておく必要がある。これに対し、NaIを用いたシンチレーション式の場合はセシウム134とセシウム137の分離はあまりきれいではないが、感度が高いため、セシウム134とセシウム137の合計値のみでよければ、低濃度の試料や少量の試料でも測定できるという特徴を持つ。装置の維持も比較的容易である。

## 濃度測定の実際

試料の放出する放射線量（放射能）を測定するためには、自然界に存在する放射線を遮断し、試料の放出する放射線のみをとらえる必要がある。このため測定中は、センサーと試料を鉛でおおわれた遮蔽室に入れておくことになる。普通のゲルマニウム半導体検出器の場合は10cmほどの厚さの鉛を用いているので、1台の重量は1トンほどになる。

センサーを備え、鉛で遮蔽された測定室に試料を入れ、試料から放出されたガンマ線の数を、それぞれの核種に応じた波長別に数えあげ、これを測定時間（秒）で割れば、放射線の量を表す数値（CPS）になる。しかし、これだけでは試料の放射能を示すことにはならない。

試料とセンサーの相対的な位置関係（ジオメトリーということがある）の影響がある。試料から放出されるガンマ線は方向を選ばないので、放出されたガンマ線が全てセンサーにとらえられる訳ではないからである。このため、放射能が既知である標準物質を測定して、補正式を作成しておく。一方、試料も粉碎するなど均質にした後に標準物質と同じ形の容器に入れて、標準物質と同じ位置に置いて測定する。試料の形状やセンサーの状態の変化、例えばセンサーにキャップを付ける等、があれば、センサーのとらえる放射線の割合が変化する。また、試料の内部で発生した放射線は試料の表面から外部に出る前に、試料自身によって一部が吸収されてしまうことがある。この内部吸収も補正する必要があるため、試料の密度（比重）も測定条件に含まれる。このような測定条件を配慮した補正を行い、試料全体から放出される放射線量を計算する。

この計算は測定装置に付属したソフトウェアによって処理できるので、必要な条件を適切に入力すればよい。

## データ取扱上の注意

試料は常に放射性崩壊を続けていることに注意する必要がある。試料の放射能がいつの時点の値であるかは、常に明示しなければならない。この基準とした日時が明示されていれば、任意の時点での値に計算し直すことができる。

また、放射性崩壊は非常に低い確率で起きる現象である。放射能の測定とは、放射性崩壊の起きる間隔を測定していることなので、できるだけ多くの崩壊数を数えることが正確な値を得ることになる。つまり、試料の量を

多くするか、測定時間を長くすることになる。ただし、試料の量が十分にあったとしても、通常は2リットルまでである。また、測定時間についても、様々なノイズを完全に除去することはできないため、測定時間が24時間を超えるような場合は有意な値を得ることは難しい。有意な値が得られなかった場合には、「不検出（ND）」と表現するが、これは放射性物質が存在しないという意味ではなく、その時の測定条件での検出限界値よりは低濃度である、という意味である。さまざまな制約のため、放射能の測定値には10%程度の相対誤差があることも多い。この誤差は一般的な化学分析からすると大きな値であるが、原子1個1個の反応を測定していることを考えるとやむを得ないかもしれない。

今回の事故で放出された放射性セシウムは2種類であるが、放出時には1:1の比率だったといわれる。前述のようにそれぞれの物理学的半減期は異なるので、2014年9月の時点ではこの比率はセシウム134:セシウム137 = 0.34:1くらいになっている。事故による汚染の強いところでは、ほぼこれに近い比率で放射性セシウムが検出されるが、今回の事故の影響の少ないところでは、50年ほど前の大気圏核実験等に由来すると考えられるセシウム137のみが検出されることがある。

## シーベルト

ゲルマニウム半導体、NaIいずれのセンサーも放射線に反応するため、対象とする空間にどれくらいの放射線が飛び交っているかを測定する場合にも用いることができる。空間の放射線の状態はシーベルト（Sv:通常は百万分の1の $\mu\text{Sv}$ ）という単位を用いて、その場所に1時間いたと仮定した時に受ける放射線の量である空間放射線量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）で表す。自然界にはもともと宇宙線や地質からの放射線が存在しているので事故前でも我々の生活している場所の空間放射線量率はゼロではなく、0.05 $\mu\text{Sv/h}$ から0.1 $\mu\text{Sv/h}$ 程度であった。

シーベルトという単位は人体に対して放射線が及ぼす影響の程度を表している。前述のベクレルからシーベルトを計算することは可能であるが、そのためには何Bq/kgのものが何m先に何kgあるか、形や密度はどうか、というような条件を考慮しなければならない。シーベルトとベクレルは関連が強いので場合によっては相互に目安になることもあるが、使い方は注意が必要である。



# 「林業遺産紀行」

## 新シリーズの開始にあたって

平野悠一郎

(ひらの ゆういちろう、日本森林学会 林業遺産選定委員会 事務局委員  
(森林総合研究所 林業経営・政策研究領域))

ご周知の通り、日本森林学会では、2013年度から「林業遺産」の選定を始めました。直接の契機は、2014年に学会100周年を迎えるにあたっての新規事業として、当時の井出雄二会長（東京大学）が提案された2012年末の理事会に遡ります。ただ、その提案が周囲にすんなりと受け入れられたのは、長い年月をかけた各地での人と森林の様々な歩みが、現代の目まぐるしい社会変革の中で形を変え、また埋もれつつあることへの寂しさや焦りが、それを見つめてきた我々学会員の間に、ある程度共有されていたからではないかと思えます。

実際に、事務局委員として選定事業に携わってみますと、まず「日本各地ではこんなに様々な取り組みが、森に対してなされてきたのか」ということに、改めて驚かされます。2013年度は、結局19件の推薦が寄せられ、10件が林業遺産として選定されましたが、正直に申し

上げて、若輩者の私がそれまでに知っていた候補は数件に過ぎませんでした。しかし、推薦されてきた候補は、どれもが各地の暮らしに森を役立てようとした、人々の知恵と営為の積み重ねの軌跡を示すものであり、また、林業景観、林業発祥地、林業記念地、林業跡地、搬出関連、建造物、技術体系、道具類、資料群という、当初、こちらで目安として想定していた「分類」では規定し切れないほど多彩なものでした。例えば、全国緑化行事発祥の地は、我が家の窓から見える筑波山の裏側にあったのです（2013年度：林業遺産選定結果3：写真-1）。また、祖母の住んでいた伊豆には、驚くほどの面積のクスノキ林が、かつて地域の鉱山王と呼ばれた大実業家の手によって造成され、今は大学演習林によって管理されていたことも知りました（選定結果8：写真-2）。このようにして、自らの無知はさておきながら、知的好奇心

### 2013年度：林業遺産選定結果

受付順	推薦候補名	分類・形式	地区	年代	所有者・管理者	説明
1	「太山の佐知」をはじめとした興野家文書	資料群	関東	19世紀	興野喜宣・大田原市黒羽芭蕉の館	近世黒羽の篤林家：興野隆雄の造林技術・業績を示した文書
2	旧木曾山林学校にかかわる林業教育資料ならびに演習林	林業発祥地・道具類・資料群	中部	1901・02年(明34・35)	長野県木曾青峰高等学校・長野県林務部	日本の林業教育の発祥と歴史的展開を示すもの
3	全国緑化行事発祥の地	林業記念地	関東	1934年	関東森林管理局茨城森林管理署	全国植樹祭に繋がる愛林日における植樹行事が初めて挙行された場所
4	木曾森林鉄道（遺産群）	搬出関連	中部	大正～昭和初期	長野県木曾郡上松町、大桑村、木曾森林管理署	木曾地方で活躍してきた森林鉄道の代名詞的存在
5	四国森林管理局保存の大正～昭和初期の林業関係写真	資料群	関西	1921年～昭和初期	四国森林管理局	当時の四国における林業状況を示すまとまった写真
6	飯能の西川材関係用具	道具類	関東	江戸～昭和期	飯能市郷土館	西川林業の発展を担ってきた道具類
7	いの町の森林軌道跡	搬出関連	関西	1923-37年頃	いの町、いの町雇用創造協議会	国有林野事業と共に歩んできたいの町の歴史を示す森林軌道跡
8	東京大学樹芸研究所岩樟園クスノキ林	林業景観	中部	1910年前後	東京大学樹芸研究所	戦後に至るまでの樟脳生産を目的としたクスノキ人工林の記録を留めるもの
9	大学演習林発祥の地：浅間山（千葉県鴨川市）	林業発祥地	関東	1894年(明27)	東京大学千葉演習林	本田静六による大学演習林発祥の地
10	猪名川上流域の里山（台場クスギ林）	林業景観・林業発祥地・林業跡地	関西	室町時代～(古文書・伝承)	能勢電鉄株式会社	室町時代以降の有名な池田炭・一庫（ヒトクラ）炭の生産地として、その趣を今に残すもの

を掻き立てられつつ、選定作業に臨むことになりました。

林業遺産選定事業は、こうした日本各地の林業発展の歴史と独自性を示す対象を遺産認定することで、その学術的意義を将来にわたって記憶・記録するとともに、所有者・管理者レベルにおける広報普及活動、および地域振興・事業発展に向けた対象の活用を後押しすることを目的としています。毎年度、5件程度を目安に、学会員の皆様からの推薦に基づいて、以上の観点からの審議選定を行っていく予定です。もし、皆様の調査研究先やお住まいの周囲に、写真の景観のような林業発展の軌跡が存在し、その意義が世に問われるべきとお考えでしたら、

是非、ご推薦をよろしくお願い致します。

森林・林業をめぐる歴史過程の記憶・再評価を促す林業遺産は、循環型・低炭素社会の構築が求められる今日にあって、広く社会からの注目を集める存在となっていくようにも思います。先日、ある旅行会社から問い合わせがあり、いずれ林業遺産ツアーのような企画を検討してみたいと言われ、改めて森林・林業に対する社会の関心の高さを認識することになりました。そうしたトレンドを先取りする形で、本誌の誌面をお借りして、次号から選定された林業遺産を訪れる旅を始めたいと思います。どうぞお楽しみに！

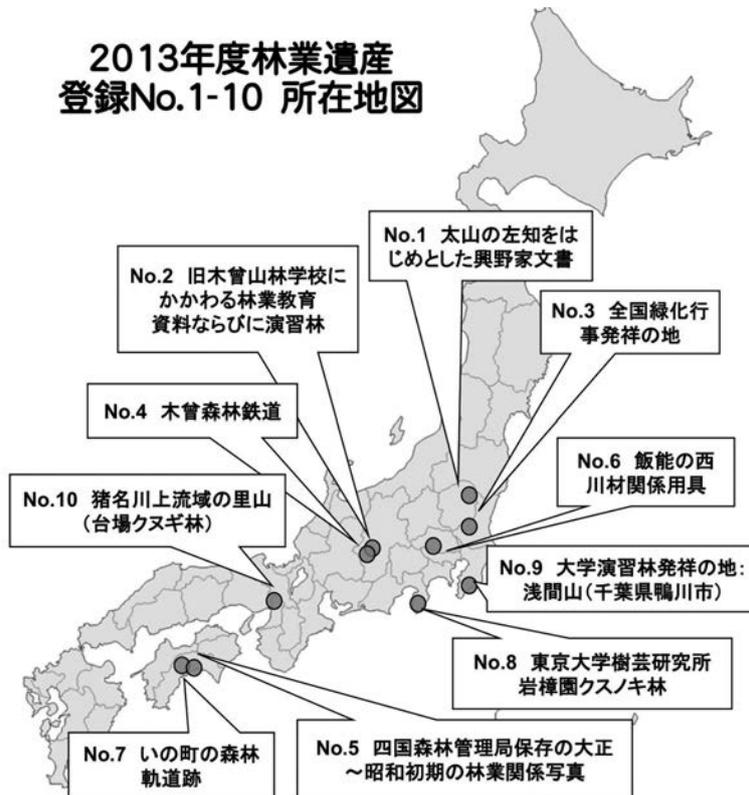


写真-1 全国緑化行事発祥の地 (小泉章三さんご提供)

写真-2 岩樟園クスノキ林 (筆者撮影)

写真-3 森林軌道と伐採集落の跡 (柴崎茂光さんご提供)

### 2013年度林業遺産 登録No.1-10 所在地図



# 『歴史かおる潮騒の森』を訪ねる —仙台平野沿岸部の海岸林—

富田 瑞樹 (とみた みずき、東京情報大学)

## はじめに

白砂青松とうたわれる海岸林だが、東北地方太平洋沖地震による津波の被害を被る前の仙台平野沿岸部の海岸林は、文字どおりの状態からはやや遠かったようである。この小文では県の報告書を含むいくつかの報文からその歴史を概観し、近年の状況について紹介したい。

## 仙台平野沿岸部の海岸林の歴史

仙台平野沿岸部では木曳堀（貞山堀）開削とともに1630年代以降に川村孫兵衛元吉によって植林事業が展開され、残存する絵図から18世紀初頭には仙台藩内の砂浜海岸一帯にクロマツの海岸林が成立していたと推察されている<sup>1)</sup>。『安永風土記』には仙台藩宮城郡岡田村端郷新浜（仙台市宮城野区）の須賀松御林（藩が管理する、砂浜上のマツ林）の記載が確認されており<sup>1)</sup>、1700年代以降、仙台平野沿岸部の海岸林は潮害や飛砂から後背地を守ってきたと考えられる。

藩有林は明治初期に官林、その後、国有林となり、藩有林のひとつであった海岸林は明治30年（1897）の森林法のもとで保安林に編入された<sup>2)</sup>。昭和8年（1933）の昭和三陸地震や昭和35年（1960）のチリ地震後には、津波被害を軽減したとして、防災機能を高めるためや海岸林を復旧するための植栽がなされた。明治～昭和前半には、潮害・飛砂防備や防災のほか、地域の生業扶助や産業振興を目的とした造成・植栽もなされている<sup>3)</sup>。昭和17～22年には、こうした海岸林の保護撫育、災害防除を目的に35の地区に海岸林保護組合が設立され、昭和23年には宮城県海岸林保護組合連合会が創立されたが<sup>3)</sup>、昭和40年代の前浜が痩せ細るような海岸浸食の激化を契機に手作業を主体とする海岸砂地造林は廃れ、海岸林保護組合の形骸化が報告されている<sup>4)</sup>。また、この頃には組合による撫育のみならず、地域住民による松葉掻きもなされなくなった結果、広葉樹との混交林化が進んできたと言われている<sup>4)</sup>。

## 近年の海岸林と海岸エコトーン

広葉樹との混交林化が進んできた仙台平野沿岸部の海岸林は、津波前までは、貞山堀を境に海側には砂丘上に成立する若齢クロマツ林（林齢30～70年）が卓越し、陸側にはシロダモやコナラなどの広葉樹が混交する壮齢のクロマツ・アカマツ林（林齢110年以上）に湿地が介在していた<sup>5)</sup>。陸側の海岸林では、1900年代初頭にはクロマツ林のほかにヨシ原やコナラ林なども見られたという<sup>6)</sup>が、後の海岸林保護組合による伐採・補植などもあいまって発達段階の異なる林分と湿地とが混在するモザイク構造が顕著であったようだ。現在も海岸林の後背地には水田が広がり、その合間に屋敷林が点在する。広域的にもモザイク的景観を呈している。

多様な動植物がこれらのモザイクを利用していることは想像に難くない。津波前の仙台平野沿岸部の海岸林調査では維管束植物116科796種が確認されており、その数は仙台市全域の種数の38%に達した<sup>7)</sup>。そこには、環境省や宮城県が指定する絶滅危惧植物のほか、多数の湿地性植物や砂浜植物などが含まれる（写真-1）。また、宮城県沿岸部はカシ類やシロダモなどの常緑広葉樹の分布北限でもあり<sup>8)</sup>、仙台平野でも、陸側の海岸林にウラ



写真-1 湿地付近のノウルシ

ジロガシなどが確認されている<sup>2)</sup>。いくつかの常緑広葉樹の北限にあたる仙台平野の沿岸部に藩政時代から断続的に植栽・補植された海岸林、その陸側林分に介在する湿地、さらに背後の水田・屋敷林といった景観要素が、海岸林の多様な植物相を支えているといえよう。平吹ほか<sup>9)</sup>はこうした汀線、砂浜、海岸林、海岸林に介在する後背湿地、水田・屋敷林といった景観要素の連続性を『海岸エコトーン』と定義し、東北地方太平洋沖地震による津波前後の植生変化の概要をまとめている。

#### 津波を経て残存した樹木や、それを利用する生物

津波後の海岸林の被害状況や海岸林の防災効果については本誌66号の特集『津波と海岸林』でも報告されているが<sup>10)</sup>、ここでは津波後に残存した生物的遺産について紹介したい。生物的遺産とは攪乱後に残存した生物やその器官のことで<sup>11)</sup>、樹木の場合、実生や稚樹、成木、地下器官や繁殖体、倒木、枯死木などである。攪乱跡地に生物的遺産が残存することで、それを起点として生物相や生態系が素早く再生することが報告されている。仙台平野沿岸部の海岸林における生物的遺産を2011年の夏に調べたところ、津波から生残した実生や稚樹(樹高 $\leq 2\text{m}$ )はマツと高木性落葉広葉樹を合わせて108.9幹/100 $\text{m}^2$ が、クロマツのみに限っても73.1幹/100 $\text{m}^2$ が確認された<sup>12)</sup>。これは、100本/100 $\text{m}^2$ で植栽される海岸クロマツ林とほぼ同等の密度である(写真-2)。津波による攪乱後の海岸林および周辺の生物相・生態系の再生状況モニタリングを目的として設置された南蒲生/砂浜海岸エコトーンモニタリングサイトでは、こうした生残樹木や枯死木のみならず、攪乱によって生じた微



写真-2 生残したクロマツ

地形に応じた植物相の再生や<sup>13)</sup>、これらを資源として利用する昆虫・鳥類・哺乳類などが確認されている。津波による攪乱後の海岸林再生において「生物多様性保全を重視した森林管理」や「多機能な海岸林」を実現するためにも、生物的遺産の利用可能性についての検証が必要ではないだろうか。

#### おわりに

現在、仙台平野沿岸部の海岸林では、復旧工事が歴史上ない規模と速さで進行している。自然の営為と人為によって古くから維持されてきた仙台平野沿岸部の海岸林が今後どのように変わり得るのか、現在はその転換点かもしれない。多くの皆さんに現地をぜひ見ていただきたいと願うところである。

#### 引用文献

- 1) 菊池慶子(2011)東北学院大学経済学論集 127-138.
- 2) 日比野紘一郎(1999)宮城県編. 43-74.
- 3) 三嶋久志(1994)宮城県・社団法人宮城県林業公社. 159-161.
- 4) 大柳雅彦(1994)宮城県・社団法人宮城県林業公社. 189-195.
- 5) 平吹喜彦・長島康雄・横沢秀夫・大柳雅彦(2002)宮城県環境生活部自然保全課. 43-66.
- 6) 仙台市史編さん委員会(1994)宮城県教科書供給所 520pp.
- 7) 杉山多喜子・恵美泰子・葛西英明(2011)東北植物研究 16: 59-68.
- 8) 平吹喜彦(2005)森林科学 44: 32-36.
- 9) 平吹喜彦・富田瑞樹・菅野 洋・原慶太郎(2011)薬用植物研究 33(2): 45-57.
- 10) 林田光祐(2012)森林科学 66: 2.
- 11) Franklin JF, Lindenmayer D, Macmahon JA, Mckee A, Perry DA, Waide R, Foster D, Magnuson J(2000) Conserv. Pract. 1: 8-17.
- 12) 富田瑞樹・平吹喜彦・菅野 洋・原慶太郎(印刷中)保全生態学研究.
- 13) 遠座なつみ・石田糸絵・富田瑞樹・原慶太郎・平吹喜彦・西廣 淳(印刷中)保全生態学研究.

# 時系列リモートセンシングデータを用いて森林の変化を図化する

村上 拓彦 (むらかみ たくひこ、新潟大学農学部)

シリーズ  
うごく森 24

## はじめに

伐採によって森林の様相は一変します。私の専門は森林リモートセンシングですが、空から見ると伐採地は非常にくっきりと分かります。モノクロの空中写真の場合、森林が存在する箇所は黒っぽく見えますが、一方で伐採地は白っぽく見えます。デジタル画像であれば変化前と変化後の画像を合成して変化点を可視化することができます。

低迷が指摘される日本林業において、伐採があることは明るい話です。伐採地が新たに発生するということは、林業の現場が動いていることでもあります。今回はこうした森の「うごき」を「そら(宙もしくは空)」から把握する方法を紹介します。時系列リモートセンシングデータを用いて「うごく森」を可視化することの魅力について、読者の皆さまにお伝えすることができれば幸いです。

## 森林変化点の分光反射特性

ここでは太陽光由来の電磁波を観測する光学リモートセンシングに焦点を当てて説明します。地球観測衛星や航空機搭載のデジタルセンサでは、可視領域の光はもちろんのこと、近赤外域や短波長赤外域などの不可視領域の電磁波も観測することができます。特に、植生では近赤外域の反射が非常に強いので、この波長帯で植生の種類の識別が有利となります。一般的に、近赤外域を観測するということは「植生を対象とした解析に有利」と認識されていますが、伐採や土砂崩れなどの森林変化点の抽出には近赤外は全く役に立ちません<sup>1)</sup>。その様子が図-1で確認できます。片方は可視赤色域の波長帯(バンド)、もう片方は近赤外域の波長帯の画像です。伐採地の存在が確認できるのは可視赤色域(図-1上)のみです。近赤外域(図-1下)では伐採地の輪郭を確認することができません。このことから分かるように、近赤外域の反射だけを比べると、森林も伐採地もほとんど差がない

のです。一方、可視領域では両者の反射に大きな差が確認できます。それを明瞭に示するのが図-2です。この例では、可視領域の中でバンド3(赤色波長帯)が最も大きな差を示します。ここには示していませんが、短波長赤外域も森林変化点の抽出に有利です<sup>1,2)</sup>。例えば、Landsat5号、7号、8号が使用できる場合にはバンド7を使用するのが有利です。短波長赤外域は可視域に比べると大気の影響も受けにくいので、その点でも有利です。

## 時系列リモートセンシングデータの重ね合わせ

森林変化点を特定するためには、変化前、変化後の画像を重ねることが必要です。その際に、ぴたりと重ね合わせることが重要となります。ぴたりと重ねなければ、見かけ上の変化を出力してしまうことになります。この

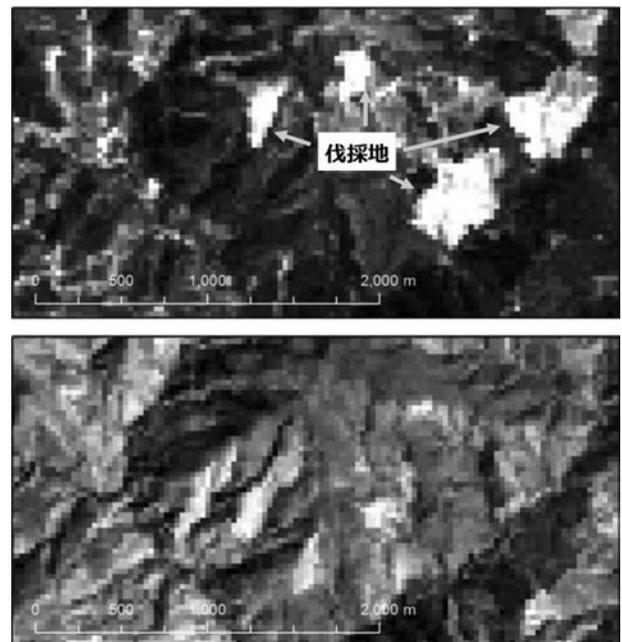


図-1 可視赤色域波長帯(上)と近赤外域波長帯(下)の比較。上図において白く大きな領域が伐採地。

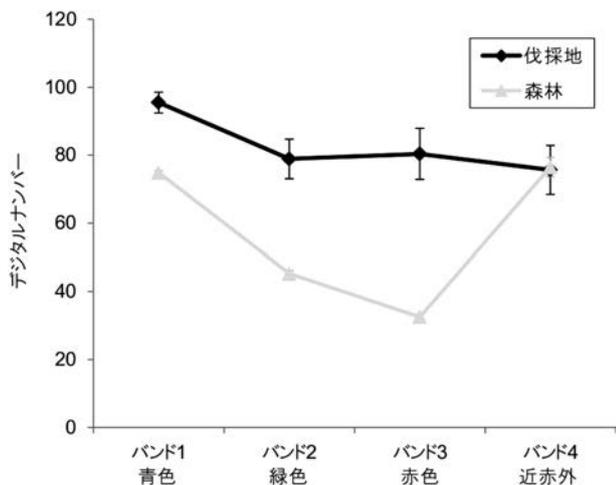


図-2 伐採地と森林の分光反射特性の一例。

見かけ上の変化とは偽の変化とも表現でき、本当は変化していない箇所を変化点として抽出してしまうことを指します。

空中写真は地形の起伏による歪みが顕著ですので、この歪みを補正するオルソ化という処理が必ず必要です。オルソ化は写真測量系のソフト (Leica Photogrammetry Suite など) の登場により、エンドユーザーレベルでも実現可能となりました (図-3 参照)。異なる時点の空中写真は撮影ポイントがそれぞれ異なるだけでなく、撮影高度も異なるため、そのままではとうていお互いを重ね合わせることはできません。オルソ化を施すことにより、時系列データをびたりと重ね合わせることができ、森林の変化を図化することができます。

アナログ形式の過去の空中写真は、以前であれば写真を購入して、その後スキャナでデジタル化という処理を自分で行う必要がありましたが、現在では日本地図センターで、空中写真専用の高精細なスキャナでデジタル化処理を行ってくれますので、デジタル化された空中写真を準備するのはかなり容易となりました。

### 応用事例 1：放棄地プロジェクト<sup>3)</sup>

再造林放棄地に関するプロジェクト研究<sup>4,5)</sup>が展開されました。プロジェクトが計画された背景として、再造林放棄地 (造林未済地) がどこに、どれくらい発生しているのか、その実態を解明したい、というものがありません。このプロジェクトに関する特集が日本森林学会誌 93 号 (2011) に掲載されていますので、興味のある方はご覧下さい。

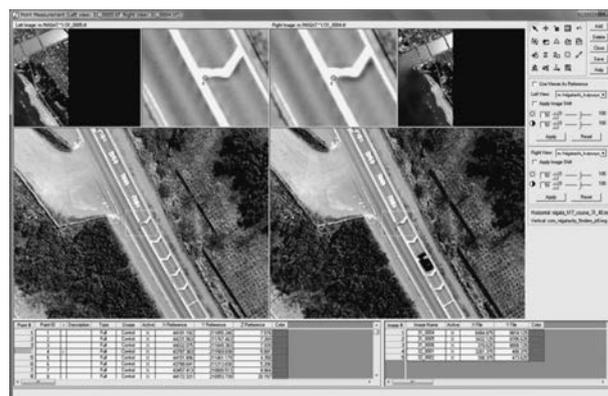


図-3 LPS の操作画面。オルソ化のために、隣接する空中写真同士で対応する点を指定する。

本プロジェクトでは、再造林放棄地を「針葉樹人工林において伐採から3年以上経過し、再造林されていない林地」と定義しています。このプロジェクトでは、まず放棄地の位置を把握することが重要な柱となっています。何らかの方法で放棄地が簡単に把握できればいいのですが、さすがにそのような都合のいい方法は存在しません。そこでまず伐採地を抽出することにしました。複数時期のリモートセンシングデータを活用し、九州本島全域を対象として特定期間の伐採地を抽出し、再造林の有無について現地でもチェックする作業を行いました。ここでは、その内容について順を追って説明します。

リモートセンシングデータとして Landsat5/TM、Landsat7/ETM+、ALOS/AVNIR-2 を準備しました。本プロジェクトでは、1998～2002 年の5年間ならびに2002年以降に生じた伐採地を抽出するため、その期間をカバーする直近の衛星データを選定しました。全てのリモートセンシングデータは、数値標高モデル (DEM) を用いて、地形歪み補正まで含めたオルソ化を行い、観測時期の異なるデータが互いに重なるようにしました。

Landsat データ、ALOS データについて、二時期のデータを組み合わせた二時期合成画像を作成し、その後主成分分析を行いました。Landsat データ同士の組み合わせの場合はバンド7 (短波長赤外域) を選定し、期首データ、期末データのバンド7を組み合わせた2レイヤから構成される二時期合成画像を作成しました。ALOS データと Landsat データの組み合わせの場合、ALOS データが可視域から近赤外域までしか観測していないため、バンド3 (可視赤色域) を用いて二時期合成画像を作成しました。これら二時期合成画像に対し主

成分分析を施し、第一主成分、第二主成分で構成される主成分画像を作成しました。二時期合成画像に主成分分析を施すのは粟屋・田中<sup>2)</sup>に従ったものです。主成分画像に対し「変化なし」「変化有り(植生減少)」「変化有り(植生増加)」の3クラスを設けて教師付き分類(最尤法)を実行しました。

ここでの解析は基本的に森林変化点を抽出する作業ですが、リモートセンシングデータでは森林域以外の土地被覆変化点も数多く含まれます。また、農地に関して土地利用としての変化はなくても、農作物の作付け時期の違いなどから見かけ上変化点として抽出されることが数多く発生します。そのため、森林域以外の変化点を事前に解析から除外しておく必要があります。ここでは林野庁が整備した国家森林資源データベースの林班界データ(各県の森林GIS由来のポリゴンデータ)を用いて民有林内の森林変化点のみを対象としました。

最終出力では、数値地図25000(地図画像)に林班、抽出伐採地、識別コードを表示したものを大型プリンタにて印刷しました。図-4にその一例を示します。印刷した地図は各県の担当者に配付し、針葉樹人工林伐採地であるかどうか、さらに再造林済みであるか、放棄地であるか、1点ずつ確認作業を実施してもらいました。その結果、九州本島全域での放棄地発生率(点数ベース)は前期(1998～2002年)が24.3%、後期(2002年以降)が30.9%でありました。従来、放棄地の実態把握において、その定義や手法が各県で統一されていない状況がありました。放棄地プロジェクトは複数県にまたがるものではありませんでしたが、リモートセンシングデータという客観的なデータの存在が、調査データ全体に対し一定の質を保証しました。

## 応用事例2：時系列空中写真を用いた区画抽出<sup>6)</sup>

森林簿と森林計画図は、林務行政関連の施策立案や施業計画立案等の主要な資料として利用されています。この両者は森林GISとして統合されています。しかし、格納された情報は実際の森林管理に応用できる精度を持っていない事が指摘されて久しいのです<sup>7)</sup>。私はここ数年、この課題の解決方法を探っていますが、その過程で、「日本にはここ50年以上撮り貯めてきた空中写真という資産がある」ことにあらためて注目するようになりました。空中写真は基本的に全国で撮影が行われているため、これを用いた手法開発に成功すれば全国で適用

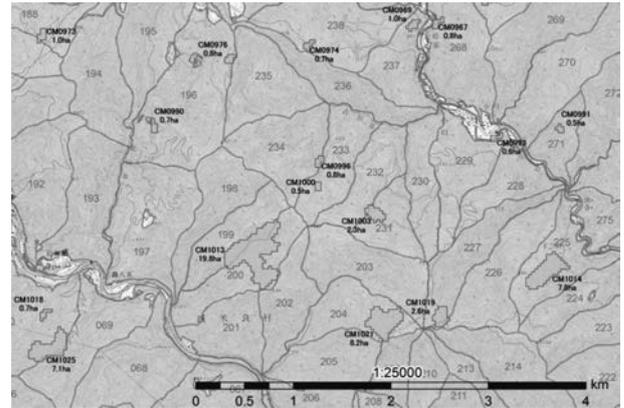


図-4 再造林放棄地プロジェクト出力図の一例。林班データの上に時系列データから抽出した伐採地のポリゴンを重ねている。伐採地ポリゴンには識別コードと面積がラベリングされている。

することが可能となります。ここで紹介する研究は、ある地域を対象に過去から現在まで撮影された空中写真を複数時点用意し、人工林の施業区画(いわゆる境界)と林齢情報を抽出する手法を検討したものです。

使用した空中写真は1963年から2002年の期間に林野庁により撮影された七時期分のもので(図-5にその一部を示します)。各時点のオルソ画像を重ねるだけでも時系列の変化は何となく分かりますが、我々はそれらのデータを画像処理ソフトで合成し、その合成画像に画像分類という画像処理を施すことで境界情報を抽出しました。ここでいう境界情報とは任意の二時期で変化のみられた林分の周囲に引いた線のことです。林齢情報は組み合わせた任意の二時期の期首画像、期末画像の撮影年から求めました。例えば、期首画像1972年、期末画像1977年から特定した林分の現在の林齢(例えば2014年)は37～42年生と推定しました。特定した林分における伐採ならびに植栽が期首、期末の期間内に行われたと仮定して林齢は現在マイナス期首、現在マイナス期末で表現するようにしました。

今回、現在の人工林分布を作成するため、2006年5月取得のSPOT 5パナクロマチック画像により人工林域を抽出しました。この結果を用いて、1963年から2002年の期間に撮影された七時期の空中写真から人工林内での時系列変化を抽出しました。分類に使用したデータは、空中写真の輝度値と空中三角測量により作成したDSM(Digital Surface Model、地表面の高さ情報)です。変化抽出は二時期の合成画像に対してCART法を用いたオブジェクトベースでの分類により行ってい



図-5 時系列空中写真。枠線は抽出された境界。

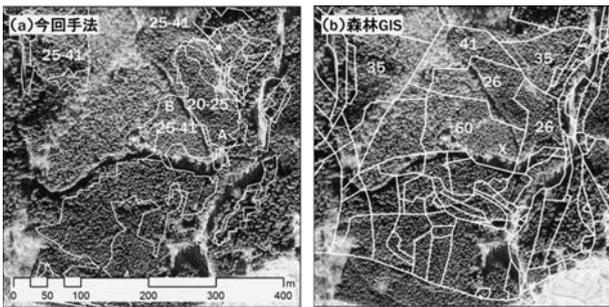


図-6 最終出力結果と森林 GIS との比較。図中の数値は林齢。

す。

図-6 は結果の一例を示したものです。抽出結果における A、B の小班は、時系列空中写真との比較からほぼ正しく小班を抽出していることが分かります。これを森林 GIS と比較すると、森林 GIS の小班 X は実際の小班と正しく対応していません。また、B の小班内の推定林齢は 25 ～ 41 年生ですが、対応する森林 GIS での林齢は 60 年生となっています。このように境界、林齢の不一致が確認されました。おそらく、伐採後の届け出が不十分で 60 年生という架空の林分が森林 GIS に残ってしまったものと予想します。ただ、もし仮に正しい申請が行われていても、この図に示すように森林 GIS が有している境界情報は不十分であるため、その修正だけでも今回の手法の妥当性は確保されるといえます。

今回抽出された境界情報はあくまでも伐採／造林を単位としたものです。いわゆる人工林林分が単位となり、その中に存在する名義の違いまではもちろん抽出することはできません。今回提示することのできた情報は、正確には境界確認支援情報と位置付けるべきでしょう。こうした情報を活用することでスムーズな現場での境界確認作業が実現できると思われまます。場合によっては、境界確認の立ち会いが困難な場面での客観的な資料としても貢献できるでしょう。この手法は日本国内で蓄積された空中写真を宝の山にし、森林 GIS の高精度化において貢献できると信じています。今後、さらに研究を重

ね、様々な対象地で試すことにより、手法をさらに洗練させていく予定です。

## おわりに

本稿では、時系列リモートセンシングデータを用いた「うごく森」の図化手法について、事例を通して紹介しました。リモートセンシングは過去の森林の姿を知ることのできる数少ない方法のひとつです。また、広域スケールを一度に把握することができるという利点もあります。時系列リモートセンシングデータを用いて森林変化点を抽出する手法は、森林減少、森林劣化を抑制する国際的取り組み REDD+ を支える重要な技術でもあります<sup>8,9)</sup>。本稿で紹介したように、我が国における過去の空中写真は日本の国土がこの半世紀どのように変化してきたのが客観的に示す貴重な資料です。オルソ化と GIS を活用することにより、それらを宝の山とすることができるといえるでしょう。そして、それは有効なモニタリングにつながり、「うごく森」を克明に記録する重要なツールとなるでしょう。

## 引用文献

- 1) Murakami, T., Ohta, T., Kajisa, T., Mizoue, N. and Yoshida, S. (2010) Asian J. GEOINFORMATICS 10: 11-19
- 2) 粟屋善雄・田中邦宏 (2003) 写測とリモセン 42(5): 60-70
- 3) 村上拓彦・吉田茂二郎・太田徹志・溝上展也・佐々木重行・桑野泰光・佐保公隆・清水正俊・宮崎潤二・福里和朗・小田三保・下園寿秋 (2011) 日林誌 93: 280-287
- 4) 吉田茂二郎 (2006) 山林 1460: 6-15
- 5) 吉田茂二郎 (2009) 山林 1503: 2-10
- 6) 村上拓彦・番場和徳・望月翔太 (2013) 森林計画学会誌 47: 27-36
- 7) 松村直人編著 (2007) GIS と地域の森林管理. 全国林業改良普及協会
- 8) 平田泰雅・鷹尾 元・佐藤 保・鳥山淳平編 (2012) REDD-plus Cookbook. (独) 森林総合研究所 REDD 研究開発センター
- 9) 国際航業株式会社 (2013) 転換期を迎える環境ビジネス 概説 REDD+. アスキー・メディアワークス

# 研究トピックス

## サクラの侵入害虫

### クビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* にご用心

加賀谷 悦子

(かがや えつこ、森林総合研究所)

近年の貿易量の世界的増加によって、外来生物の侵入が多くなっています。外来生物の多くは定着できずに死滅しますが、定着したものは時に大增殖することがあります。ここで紹介する昆虫、クビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* は2012年に愛知県で、2013年に埼玉県で成虫の発生が確認されました(加納ほか 2014)。図-1に示す通り、この昆虫はとても大きく、野外で大変目立ちます。黒くつやのあるさやばねに赤い前胸背をもちます。愛知県ではサクラとウメ、埼玉県ではサクラを加害し、多くの幼虫が寄生すると木が枯死することがあります。埼玉県での成虫発生の状況から、今から数年前にこのカミキリムシは侵入していたと思われませんが、その侵入の過程はよくわかっていません。このカミキリムシは中国、朝鮮半島、ロシアに分布し、バラ科樹木を

はじめヤナギなどの広葉樹を利用します(胡ほか 2007)。中国では桃類の大害虫で、南は雲南、広東省、北は内モンゴルまで南北に広く分布しています。いろいろな気候条件下で暮らしていける昆虫のようです。

日本以外では2008年にアメリカのワシントン州で(Pest tracker)、2011年にドイツ・バイエルン州、2012年にイタリア中西部で発生しました(EPPO 2014)。本種は一次性害虫といって生きた木を加害する昆虫ですが、伐倒した材の中でも幼虫は生き延び、物資の流通経路を通じて侵入すると考えられます。

埼玉県で加害されたサクラは35年生で、その多くは樹皮が縦に裂けていました。雌成虫は樹幹がなめらかな若い木より老木を好んで産卵するようです。幼虫の孔道は幹、太い枝、根に見られました。もしこのカミキリムシが日本各地に分布を広げたら、各地の有名な古木にかなりの被害が生じると考えられます。カミキリムシの広域的な駆除は大変に困難です。このことは、マツクイムシの被害対策に関わった人ならよくご存知であると思います。この昆虫は日本に定着し始めたばかりですので、今が根絶できる最後の機会です。

このカミキリムシの幼虫が幹内にいると、フラス(木



図-1 クビアカツヤカミキリ成虫(左図:雄,右図:雌)



図-2 クビアカツヤカミキリのフラス (虫糞)



図-3 サクラの材内に蛹室を作った幼虫 (撮影 浦野忠久)

屑と虫糞の固体の混合物)が樹皮に開けられた孔から排出されます(図-2)。幼虫が小さいうちはパラパラと、大きくなると連なってフラスが出てきます。多くの場合、地際の幹にフラスが見られますが、被害が進むと樹幹の上部でもフラスが見られるようになり、加害部位が幹の上部に広がっていくようです。埼玉県の2014年の成虫の脱出は、6月の半ばから7月の上旬まで認められました。7月下旬から8月下旬には、蛹室を材の深いところで作っている幼虫がいました(図-3)。

森林科学の読者の皆さまがサクラの幹で茶色のフラスまたは触角の長い、赤い胸の黒いカミキリムシを見つければ、筆者までご連絡ください。連絡先は [eteshoda@affrc.go.jp](mailto:eteshoda@affrc.go.jp)

〒305-8687 茨城県つくば市松の里  
森林総合研究所昆虫生態研究室 加賀谷悦子  
です。

サクラの樹幹内には在来害虫コスカシバの幼虫も生息することがあります。コスカシバと異なり、このカミキリのフラスは大量で、荒引きのひき肉ぐらいの太さで連なって出てきます。サクラやその並木に気付かれた際は、この侵入カミキリムシのことを思い返していただけましたら幸いです。

なお、草加市役所みどり公園課各位、日本大学岩田隆太郎教授・桐山哲氏、埼玉県生態系協会加納正行氏・菅藤男氏に、本種の被害地の状況および生態の情報をお示しいただきました。この場をお借りして、厚くお礼申し上げます。

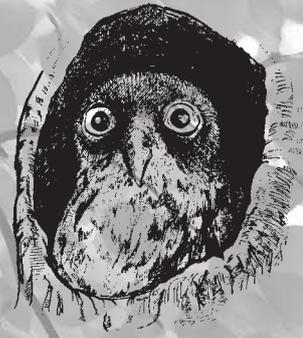
#### 引用文献

- EPPO (2014) <http://pest.ceris.purdue.edu/pest.php?code=INALFJA>
- 加納正行・野中俊文・桐山 哲・岩田隆太郎 (2014) 埼玉県草加市の‘染井吉野’におけるカミキリムシ外来種クビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* の発生と被害. 森林防疫 63: 101-105.
- 胡 长效・丁 永辉・孙 科 (2007) 国内桃红颈天牛研究进展. 农业与技术 27: 63-67.
- Pest Tracker [https://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert\\_List/insects/Aromia\\_bungii.htm](https://www.eppo.int/QUARANTINE/Alert_List/insects/Aromia_bungii.htm)

## 蜂の季節

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)



5 月半ばから 10 月にかけて、私の勤務する植物園ではスズメバチやアシナガバチが飛び回ります。彼らは人を刺す危険な蜂として知られていますが、「むやみに払わない、騒がない」が分かっているれば過剰に怖がる必要はありません。巣の駆除はさすがに緊張しますが、それでも彼らの性質と正しい手法を理解していれば安全に行えます。とは言いながらも、私はこれまでに十回以上は刺されています。その場面は全て樹木剪定の時で、相手はアシナガバチです。スズメバチに刺されていないのは、彼らの巣がそれなりに大きく、羽音も派手で存在に気が付きやすかったからです。それに比べてアシナガバチはまさに忍者と言えましょう。羽音を立てずに飛び、巣は葉の裏に隠れるサイズのものを作ります。加えて大変困るのが、周囲のちょっとした振動では姿を現さないことです。剪定前にはあちこちを揺らして確認するのですが、巣があったとしても見つからないことが多々あるのです。そのため、鋏を持つ手を彼らがいるそこへと入れてしまうのです。

刺されて一番痛かった経験は、造園会社で民間のイトヒバを剪定していた時のことです。突如、「ドンッ！！」という大きい音と共に胸元を強く殴られたような衝撃がありました。後ろへよろめきながら（一体誰が？ どうして？）と戸惑っていると、アシナガバチが細長い足をフラフラと下げながら前方を漂っているではありませんか。まさかと思いつつながらシャツの中を覗けば、肌に点のような内出血が見えます。あの音と衝撃は蜂だったのか！と理解した途端、千枚通しで深く突かれたと錯覚するほどの強い痛みで襲われました。刺された部位や深さにもよるでしょうが、彼らの毒を侮ってはいけないうこと、蜂の体サイズで威力を量ってはいけないうことを身に刻まれたのでした。

実は、つい先日でも彼らに刺されています。植物園で大きいスタジイに登って剪定をしていたところ、左腕に冷たい針を「ズルリ」と引き抜かれた感触がありました。その部位を見ると、刺された証である小さい内出血があります。慌てて周囲を見回せば、先ほど切り落した大枝の梢に、アシナガバチの巣が付いているではありませんか。はるか上方で確認できなかった巣が、今は目前にあるのです。電撃のような痛みと痺れがピークに達し、そ

れが落ち着くまでの間、落胆しながらも樹上で耐え続けます。その後は成虫に殺虫剤を噴射し、巣は地面に埋めて上から踏み締めました。そして、この件には続きがあります。3 週間後、隣にあるスタジイも剪定することになりました。前回の過ちを繰り返さぬよう、細心の注意を払いながら枝を切り落とします。上方から作業を進め、中段で特に濃い影を作っている大枝にチェーンソー当てた瞬間、微かですが「プッワン」と地鳴りのような羽音が聞こえたのです。私は枝葉で真っ暗になっている前方に気配を感じ、凝視します。すると 2 m 先に浮び上がって見えたのは、直径 20 cm のキイロスズメバチの巣！！

認識するのにこれほど接近を要したスズメバチの巣はありません。見事な周囲との同化です。前回刺されたばかりの痛みと恐怖が、襲われる一歩手前で気付かせてくれたのでした。この一連の剪定で、蜂たちの隠れた巣をつくる能力の高さと、自分の警戒心の低さを身震いするほど思い知らされました。その後、いつもの手順で撤去した巣には巣板が 4 段、殺した数は数百匹。丸々とした幼虫達を踏み潰すのは何度やっても慣れませんが、そのまま放置はできません。

彼らとて、自分たちから好んで人間を襲う気などなく、むしろ見つからないように生活をして子孫を残したいでしょう。私が巣を駆除するのは、ここが植物園だからです。来園者の安全を考えると、蜂が攻撃的になる守るべき巣があっては危険なのです。しかし、彼らが草木の多い場所で生活するのは当然のことであり、同時に植物を食害する虫を減らしてくれる益虫であることも事実です。人に害を及ぼさない所で、姿を見せずに暮らしてくれたらどんなによいでしょう。暑い太陽の下を自由に飛び回る彼らの姿を見るたびに、彼らと私にとっての不幸な出会いがこれ以上ありませんように、と強く願ってしまします。

………  
著者プロフィール

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

# 北海道産ブナ種子採取の体制整備とその運用

—地域性苗木によるブナ林再生のために—

阿部 友幸 (あべ ともゆき、(地独)北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場 森林環境部)  
寺田 文子 (てらだ ふみこ、(地独)北海道立総合研究機構森林研究本部林業試験場 道南支場)

## 1. 北限域におけるブナ林の再生

北海道南西部、渡島半島のブナ林は生自北限特有の生態系と生物多様性を保持するわが国固有の貴重な自然です。この北限域のブナ林は過去の利用によって量的・質的な劣化が進行しました。しかし森林が人間社会にもたらす様々な便益や生物多様性が重視されるようになるにつれ、北海道でもブナ林を再生する方向へ舵が切られることになりました。

ブナ林はすでに失われているところが多いため、再生には主に苗木の植栽という手段が取られます。同じブナでも地域によって遺伝、形態、生理学的特性、環境適合性などの地理変異が存在するので、植栽には地域性の苗木が必要であり(小山2008)、そのためには北海道産の種子の安定供給が不可欠です。私たちは、北海道産ブナ種子の安定供給を目的とした体制の構築を実現し、組織的・継続的に種子の採取を行うことができるようになったのでその事例を紹介します。

## 2. 試行的なブナ種子採取

### (1) 大豊作年の試行的な種子採取事例

苗木を生産するにあたり問題になるのが、ブナの種子生産が年ごとに大きく変動する現象です。農作物の場合になぞらえ、種子の作柄のよし悪しを豊作、並作、凶作などと言い、作柄の変動のことを豊凶と呼んでいます。以前は豊作がいつ訪れるのか事前には分からず、効率的な種子採取ができませんでしたが、北海道立林業試験場道南支場(以下道南支場)はブナ種子の作柄を一年以上前に予測する技術(八坂ら2001)の開発に成功し、計画的な種子採取への道が開かれることになりました。

表-1に北海道ブナ分布域における種子の年ごとの作柄を示しました。1992年、1997年、2002年は大

表-1 北海道ブナ分布域(渡島半島)におけるのブナ種子の結実状況

結実年	調査地					
	狩場	黒松内	乙部	函館	恵山	上ノ国
1990	凶作	凶作	凶作		豊作	並作
1991	凶作	凶作	凶作		凶作	凶作
1992	豊作	豊作	豊作		並作	豊作
1993	凶作	凶作	凶作		凶作	凶作
1994	豊作	凶作	並作		凶作	凶作
1995	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
1996	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
1997	豊作	豊作	豊作	豊作	並作	豊作
1998	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
1999	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
2000	凶作	凶作	凶作	並作	並作	並作
2001	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
2002	豊作	豊作	豊作	並作	並作	豊作
2003	凶作	凶作	凶作	並作	凶作	凶作
2004	並作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
2005	凶作	凶作	凶作	凶作	並作	凶作
2006	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
2007	凶作	凶作	凶作	並作	並作	並作
2008	並作	並作	並作	並作	凶作	凶作
2009	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
2010	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
2011	凶作	凶作	凶作	凶作	並作	凶作
2012	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作	凶作
2013	豊作	並作	凶作	並作	凶作	並作

豊作(200個/m<sup>2</sup>以上)、並作(50~199個/m<sup>2</sup>)、凶作(50個/m<sup>2</sup>未満)

豊作(北海道ブナ分布域広域での豊作のこと)となりました。また、2014年は凶作の見込みとなっています。豊凶予測技術を活用した種子採取は1997年から行われてきました。1997年には、事前に種子の大豊作の情報

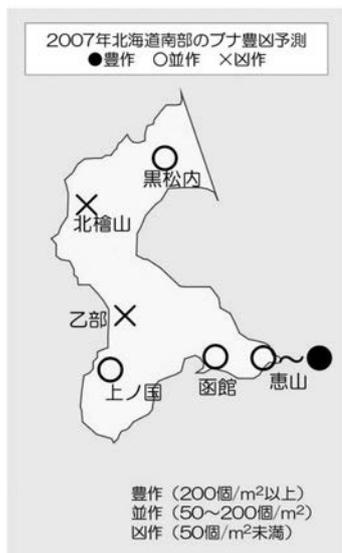


図-1 2007年ブナ種子の豊凶予測  
大豊作（ブナ分布域広域全域での豊作）が期待されたが、地域が限定される並作の予測となった。

を得た苗木生産者の団体によって意欲的に種子採取が行われ、33.6kgの種子が採取されました。2002年の大豊作時には当時の道南支場職員の積極的な調整のもと、苗木生産者、国有林、林野弘済会との連携で72.4kgの種子採取が行われました。いずれの場合も、事業の成否が一組織、もしくは一担当者に依存した側面があったことは、継続的な種子採取を続けてゆく上で考慮する必要があります。

## (2) 並作年の種子採取の試み

大豊作は、多くのブナ林で種子採取が容易であるという都合のよいものでした。これまで北海道では1992、1997、2002年と5年おきに大豊作が訪れてきたものですから（表-1）、2007年にも大豊作が来ると期待されていた節がありました。しかし2006年冬の豊凶予測では、翌2007年（図-1）と2008年は大豊作を期待できないとされ、事実そのとおりの結果となりました（表-1）。このことは、大豊作とは気まぐれに訪れるものであり依存するのは危険である、と認識する契機になりました。結局2014年の今に至る12年間、大豊作は訪れないこととなります（表-1）。一方で2006年までの種子の作柄の動向を見ますと、大豊作年以外でも地域限定の並作があることが分かります（表-1）。この並作をきめ細かく捉えて種子採取に繋げられれば種子の安定供給に大きく貢献できることとなります。2002年以来まとまった種子採取がなされておらず、苗木の供給が危うく



図-2 2007年ブナ種子採取の様子  
（上）ブナの種子 （下）渡島支庁林務課（当時）・林業試験場の連携による種子採取の様子。

なる事情もありました。このような経緯から、種子の作柄予測が並作（図-1）という不利な条件でありましたが、2007年2月、林務関係者が集う苗木生産者団体の総会で、筆者は種子の共同採取を働きかけることにしました。前向きな反応が得られましたが、具体的にどこで着果するかという情報は改めて誰かが収集する必要がありました。これを筆者が個人で担当することとしましたが、並作年であったせいもあり、中々良い場所が見つからず、一個人の労力に依存することの限界に遅まきながら気づきました。幸いにも作柄のよい場所を探し当て、並作年でも40kgの種子を採取できることを実証できました（図-2）が、継続的な種子採取をしてゆく上では問題が残ったといえます（阿部2009；阿部2013）。

## 3. ブナ種子採取体制の整備構想と構築（2008-2011年）

2007年の種子採取では、参加した行政組織も苗木生産者も、北海道産の種子によってブナ林再生を進めるべきという共通の意志を持っていることを確認できました。この意志をうまく統合できる組織体制があると、スムーズに継続的に種子採取が行われてゆくものと思われる



道南地域における「ブナ種子採取」の手順（道有林内の場合）

（国有林内での「ブナ種子採取」は、道有林内における「ブナ種子採取」の手順に準じて行う。）

取 り 組 み 内 容	時 期	補 足 説 明	関 係 機 関
1 種子採取箇所の選定 各関係機関（道南支場、森林室、渡島地区協）は、着果量及び遺伝的質、種子の健全性の確保の観点から、おおむね次の3条件を満たしている箇所を採取箇所として選定する。 ①なるべく大きな母樹（自生木に限る）がある ②なるべく傾斜がなく、平らな地形 ③孤立木でなく、ある程度（10～15本以上）個体数がまとまった林分	（随時）	<種子採取の候補地> ・豊凶モニタリング・予定地点（6箇所）<道南支場> 恵山、函館、上の国、乙部、黒松内、北檜山 ・その他道有林（過去の採取実績等）<森林室> 渡島東部：108林班（アヤマ湿原上）、万疊敷、恵山 渡島西部：70林班、173林班 ・その他国有林（過去の採取実績等）<渡島地区協>	道南支場 森林室 渡島地区協

図-3 「道南地域における『ブナ種子採取』の手順（道有林内の場合）」（平成23年1月21日 北海道山林種苗協同組合）の概要（上）および抜粋（下）

ました。道南支場は毎年ブナ種子の豊凶予測を出してきました。これに連動して各機関が自発的に動き出す、ということになれば理想的です。そこで筆者は北海道の様々な林業用種苗の供給に携わってきた北海道山林種苗共同組合と相談しつつ、ブナ種子採取の体制の枠組みを考えました。そのポイントは複数の機関（行政、研究機関、民間の苗木生産者）が各々ふさわしい役割で関わること、いつどこで種子採取できるかの情報収集を分担すること、組織的に無理なく種子採取ができることにあります。

以上のような構想を提案したところ、関係各機関の協力により、「道有林内における『ブナ種子採取』の手順（道有林内の場合）」（平成23年1月21日 北海道山林種苗協同組合）を取り決めることができました（図-3）。まず関係各機関は随時、種子採取場所の選定をすすめて情報を台帳に整理・共有します。そして毎年2月、北海道の林務行政関係者も参集する苗木生産者団体（渡島地区種苗協議会）の総会の場を借りてブナ種子採取の可能性を検討します。道南支場が毎年発表している豊凶予

測において、どこかで並作以上の予測となれば、関係機関は種子採取の候補地を分担・巡回して着果確認する（8月）、着果の状況の情報を共有し種子採取可能と判断されれば組織的に種子採取を実行する（9～11月）、という概略です（図-3）。

#### 4. ブナ種子採取の体制を運用する（2011年、2013年）

2011年はブナ種子の採取が見込める年となりました（表-1）。さっそく、2月頃から「道有林内における「ブナ種子採取」の手順」（図-3）に従い種子採取の準備を進め、並作年でありながら17kgの種子を採取できました。2011年の運用では、7月頃から松前地方の道有林の森林整備課職員にブナの着果確認の方法を覚えてもらう、苗木生産者と種子採取の候補地を回る、落下種子採取用のネット（図-4）を20枚ほど新規に製作してもらう、など準備を進めました。また函館地方の道有林の森林整備課職員には、種子採取の候補地の探索や種子の販売事務といった数多くの仕事を分担してもらいました。こうした一つ一つの経験はブナ種子採取体制の運用



図-4 2011年ブナ種子採取の様子



図-5 2013年ブナ種子採取の様子

のノウハウとして蓄積され、次回以降の効率的な種子採取につながると期待されました(阿部2013)。再び種子採取の機会が訪れた2013年には、2月に会議の席上でブナの豊凶予測を発表すると、各機関が春の開花や夏以降の着果状況を業務の間に確認するよう申し合わされ、9月になるまで種子採取候補地の検討がなされた結果、同じように並作であった2007年や2011年より多い55kgの種子を採取することができました(図-5)。種子採取地点の情報は新たに台帳に追加され(図-6)、随時更新・関係者間で共有され、以降の種子採取に生かされることとなります(北海道2014; 寺田2014)。

## 5. おわりに

北海道産ブナ種子採取の体制は、社会的に意義のある仕事との認識で関係各機関に積極的に取り組まれることになり、結果生きた仕組みを作り上げることが出来ました。2011年、2013年の例を見るように、多くの関係

ブナ堅果採種場所 台帳

番号	5	(作成年月日 平成25年12月12日)
住所	函館市亀田大森町、寅沢町、三森町、白尻町	
所有区分 ・林小班	国有林 道有林(東部森林室 西部森林室) 一般民有林(市町村名)	116林班29小班 ほか
巡回担当者	渡島地区種苗協議会・渡島東部森林室・渡島西部森林室 渡島総合振興局・檜山振興局・その他( 林業試験場道南支場 )	
設置年度 (西暦)	2013年度	採取場所面積 0.54ha

図-6 種子採取場所台帳の抜粋

機関のリソースを上手く統合し貴重な機会を確実なブナ種子の採取へと繋げることに成功しています。地域性種苗による緑化や自然再生への取り組みは広い社会的関心を集めています。その際、このようなリソースをどのように統合できるかは国・都道府県・市町村といった行政単位の事情によって大分異なると思われませんが、私たちの取り組みが少しでも参考となる事を期待して事例紹介を締めくくります。

## 引用文献

- 阿部友幸 2009. 北海道産ブナ苗木の安定供給にむけた取り組みー地元産ブナ種子の採取と長期貯蔵ー. 北海道の林木育種 52: 19-23.
- 阿部友幸 2013. 北海道産ブナ種子採取の体制整備についてー道産ブナ苗木の安定供給のためにー. 光珠内季報 168:1-6.
- 北海道 2014. 北海道産ブナ苗木生産に向けた種子確保の取組(渡島総合振興局). (平成25年度北海道森林づくり白書), 41.
- 小山浩正 2008. ブナの種子貯蔵方法の開発ー地元産種苗の安定供給のためにー(ブナ林の応用生態学、寺澤和彦・小山浩正編, 310pp, 文一総合出版, 東京), 235-252.
- 寺田文子 2014. グリーントップピックス No. 49. 北海道立総合研究機構林業試験場.
- 八坂通泰・小山浩正・寺澤和彦・今博計 2001. 冬芽調査によるブナの結実予測手法. 日本林学会誌 83:322-327.

# 記録

## 日本森林学会第125回大会 高校生ポスター発表の報告

中村太士 (なかむら ふとし、中等教育連携推進委員会 委員長)

### 1. 講評

日本森林学会が100周年を迎えた今年の全国大会において、高校生ポスター発表が実現したことは、大変意義深いものでした。昨年度から行った日本生物教育学会、高等学校森林・林業教育研究協議会、全国高校生自然環境サミット事務局の協力依頼、および積極的な参加者募集の文書配布が功を奏してか、事前の予想をはるかに超える約30件もの発表応募があったことは、このポスター発表会を企画した委員長として大変うれしく思います。まずは、参加して一生懸命発表してくれた高校生の皆さん、引率された先生方、そして残念ながら会場に足を運ぶことができなかったもののポスターを作成して送ってくださった高校生の皆さんと指導された先生方に、深く感謝の意を表します。

参加高校は、北海道から熊本まで全国にわたり、高校生の様々な地域研究活動を知ることができ、大変有意義でした。内容は、地域の生物相を明らかにする研究、土壌微生物や菌根菌との共生関係、マングローブ林の土壌や塩分との関係、植物の色素の意味など基礎的な研究から、蛾やマツクイムシなどの病虫害、シカによる食害、外来種侵入などの森林被害とその対策、そしてササや竹、アロマ成分などの森林資源の有効利用、木工製品の作成、自然・林業体験、自然遺産と人々の取り組みなど、本当に様々な研究や活動が報告されました。

正直、これほどまで幅広く、高い知識や創造力を必要とする発表がなされるとは思っておらず、びっくりしました。ある意味、高校生のセッションではなく、森林学会で発表してもらっても遜色ない発表も見受けられました。そのため、審

査会でもどのポスターを表彰すべきか議論は紛糾しました。私などは、何度もポスター内容の再確認のため会場を訪れ、その絞込みに苦心しました。最終的に次に述べる5つのポスターを選ぶことで審査員の合意は得られましたが、それ以外の発表も素晴らしく、受賞ポスターに負けないくらい高い評価を受けたポスターが幾つもありました。

優秀賞・最優秀賞ポスターは、森林科学の特徴である基礎と応用、実践を網羅するように選出しました。そのため、森林を取り巻く様々な現象の因果関係を解明した基礎的な研究から各賞1件、実践的な取り組みを報告した内容から各賞1件を、採択しました。

最優秀賞を受賞した東京都立科学技術高等学校の「謎解きはフィールドワークの後で～マングローブの塩分耐性と繊維に関する研究～」は、散布体の繊維構造が組織強度を強めているだけでなく、水分を多く含む繊維が塩分濃度を下げているのではないか、という仮説に到達した大変興味深い発表でした。もう一つの最優秀賞である岩手県立盛岡農業高等学校の「落ち葉を森に帰そう！～ペットボトル苗による森林ビオトープ造成～」は、学校で大量に出るペットボトルの底を切ってミズナラやカエデの苗木を生産し、ゴミとして捨てられるはずの落ち葉を腐葉土化して自然林造成に使った画期的な取り組みでした。

優秀賞を受賞した北海道旭川農業高等学校が発表した「ササの有効利用～森林バイオマスとしてのササ資源の利用～」では、森林の更新を阻害する厄介者であるササに注目し、ササ培地によるキノコ栽培、そして大量に廃棄される廃菌床の処理問題に取り組み、廃菌床を利用した

ササ紙づくりまで発展させた点が高く評価されました。また、もう一つの優秀賞を受賞した青森県立五所川原農林高等学校の「河畔林を構成する南限の植物エゾノウワミズザクラの保全」は、2002年に岩木川河川敷で発見された南限のエゾノウワミズザクラを保全する活動だけでなく、仮に生息場が失われてもその遺伝子が残るように学校の保護園を使って挿し木苗を育成する活動が高く評価されました。

さらに審査員を悩ませたのが北海道立命館慶祥中学校高等学校の「無葉緑植物ギンリョウソウと外生菌根菌の共生関係～外生菌根菌を介した地下部ネットワークの解明～」でした。外生菌根菌の群集構造について2年間調査した結果で、DNA分析を行い、多様性指数、対応分析などによってギンリョウソウとの関係を解析したもので、森林学会の一般発表のレベルに引けを取らない充実した内容でした。ある意味、高校生レベルを超えた発表に対して、どう対応したらよいか審査員一同悩み、学会長にも相談した結果、学会長特別賞を新たに作り、贈呈することにしました。

高校生ポスター発表は、日本森林学会としては初めての試みであり、「高校生にどのような調査・研究、実践的な取り組み内容を求めるか」については、企画した委員の中でも多少温度差があり、今後の議論を重ねながらより充実した企画にしていきたいと考えています。具体的には、文科省の理科重点支援校で特別予算の配分があり、充実した分析機器、専門家と連携した授業や指導を受けられるスーパー・サイエンス・ハイスクール(SSH)と、そうした援助を受けていない高校をどうやって公正に評価するの

か。さらに、会場で高校生が説明した高校と、予算やスケジュールの都合等でポスター掲載のみとなった高校を同列に評価してよいのかなど、検討を要する事項も明らかになりました。

審査委員会としては「高校生らしい素直で自発的な調査・研究、実践的な取り組み」を数多く発表してもらい、会場に訪れた日本森林学会の学会員との意見交換を通じて、高校生が森林とその周辺環境、社会を取り巻く様々な問題に、さらに興味を持っていただけることを望んでいます。そうした成果が得られるように、次の全国大会（札幌：北海道大学）での発表会に向けて議論を重ね、引き継いでいきたいと思えます。

最後に、長時間にわたり、ポスターの前で一生懸命、わかりやすく、大きな声で発表してくれた高校生の皆さん、そして予算の関係で会場発表はできなかったものの、ポスター制作に尽力してくれた高校生の皆さんに、心から感謝します。また、一般会員の皆様におかれましては、次回の全国大会（札幌）での高校生ポスター発表にも是非ご期待ください。

## 2. 受賞校の感想

### 1) 東京都立科学技術高等学校

牧野 咲

私たちの学校は東京の江東区にあるのですが、昨年の夏から「スーパープロジェクト IRIOMOTE」として西表島フィールドワークに行き、自分たちの目でマングローブを中心とする豊かな自然を観察する活動を行っています。そこで私たちは、マングローブの生態系に興味をもち研究を始めました。

研究を進めるにあたり、思い通りにいかない事が沢山あります。例えば、マングローブ植物は生育する環境に限られているため、いつでも必要なだけサンプルを入手できない事です。また、折角手に入ったサンプルも、実験室の環境下で維持・管理していくことが難しいこともあります。しかし、試行錯誤しながら、耐塩性と繊維について探求する事が出来ました。

今回、日本森林学会の高校生ポスター発表に参加させて頂き、私が今までに参

加した研究発表会の場とは大きく異なる点がありました。それは、会場にいらっしゃる殆どの方が、マングローブを御存知だったということです。私は発表を始めるにあたり、「マングローブを御存知ですか。」と訪ねることにしています。ところがこれまでの発表会では、マングローブを知らない方が多く、私たちの研究の面白さや不思議さを十分に伝えることが出来ていないと感じていました。しかし今回は、「西表島などのマングローブは環境が豊かで素晴らしい。」などの返事とともに、マングローブや他の樹木に関する研究者の方たちとお話できる機会が多くありました。また、私たちが知らないマングローブの性質を教えて頂いたり、分析方法の工夫など研究の指導も沢山して頂くことができました。このことは、今後の研究に活かしていきたいと思っています。さらに、西表島の素晴らしいマングローブをもっと沢山の人が知ってもらうためにも、これからも研究や発表に励んでいきたいと思えます。



### 2) 岩手県立盛岡農業高校

3年 高橋 みちる

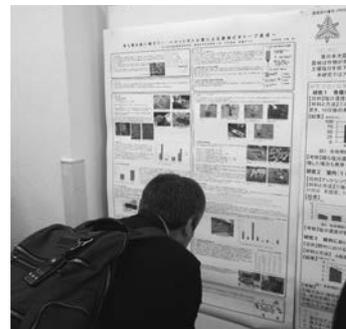
今回、担当の先生から最優秀賞を受賞したと知らされて、驚きと共に大変嬉しく思いました。私達の研究は、平成20年度から代々受け継がれてきたものです。研究の目的は二つあります。一つは一般市民の方々による簡単な森づくり方法の提案です。もう一つは身近な資源であるペットボトルの再利用です。

私は中学生の頃に、社会科の授業で環境問題について学習しました。その中で、環境問題の深刻さに気づき、これをくい止める方法を学ぶために盛岡農業高校環境科学科に入学しました。しかし、学べば学ぶほど環境問題のどれ一つとっても

一筋縄ではいかないということが分かってきました。その一方、盛岡農業高校には豊かな実習林があります。私は、森林と関わる中で、森林を地道に管理していくことが、環境問題の解消につながるのではないかと感じこの研究を引き継ぎました。

研究をする中で分かったことは、ペットボトルで苗木を作ることの難しさです。これに関しては、樹種によって用いる用土や管理方法を変えていく必要があります。しかし、植えつけが確実にあることや一般の方々による小規模な森づくりに向いているなどたくさんのメリットもあります。中でもドリルによる植えつけで力があまりいらぬことは、お年寄りから子供まで楽しく植林を体験するのに向いていると思えます。

森林の造成は、数百年後の未来にまで希望をもたらす魅力あふれた作業です。山で周りの人と協力しながら、自分とみんなのために汗を流すことも楽しいことです。これをできるだけ多くの人に体験してもらいたいと思えます。都市における森林ビオトープ造成の体験が、多くの人が森に関わり、森で楽しむきっかけになることを願っています。



### 3) 北海道旭川農業高等学校

3年 片野 航海

昨年の11月、先生から「今やっている活動をポスターにして発表しないか」と提案されました。その時はまだ、学会の発表などとは思わず、軽い気持ちでスタートしました。その後、学会のルールや発表要旨を提出したりと、森林学会大会というのがどんなものかが少しずつ分かってくるにしたがって、軽い気持ちから重い気持ちに変化していったのを覚

えています。

私たちの活動を「発表要旨」を引用し、紹介させていただきます。

北海道の山林には、膨大なササ類が覆っています。樹木に比べて成長の早いササは旺盛に繁殖し樹木の侵入を妨げ、造林地では大きな障害要因です。森林環境班では、ササの需要拡大に結びつく有効活用をみつけ、育林の効率化や下刈り作業の省力化につなげ、森林環境の保全を目指し研究を始め、今年で3年目となりました。

これまでの活動で、PDA 培地の代用となるササ蒸液寒天培地の完成やササ培地を利用した旭農高校産オリジナル「ウスヒラタケ」の栽培法を確立しました。今年度は、ササ培地の廃菌床を利用し、ササ紙づくりに挑戦しました。造林地のササを下刈りし、キノコ栽培に使用した後、その廃菌床を紙の原料にすることで、ササを廃棄することなく有効利用した「ササのゼロエミッション構造」が完成しました。

先輩たちから引き継いだこのプロジェクトのポスター発表が今回、優秀賞をいただきました。これまでご指導いただいた先生方をはじめ、ご支援とご助言をいただきました皆様に心より感謝いたします。

木のまち、紙のまち旭川。地域に根ざした私たちの研究を森林環境班のメンバーが受け継いでいくことで、ササで覆われた無立木地が減少し、豊かな森へ生まれ変わると信じています。



#### 4) 青森県立五所川原農林高等学校

教諭 奈良岡隆樹

今回、初めての日本森林学会高校生ポスター発表開催のお知らせを聞き、是非、参加したいと生徒にも積極的に働きかけ

ました。日頃からいくつかの研究活動を生徒とともに進めており、その研究結果を発表する機会を探していたところだったので、とてもタイムリーなお知らせでした。過去に他の生物系の研究発表会へも参加した経験はありますが、農業高校の森林科学科としては森林・林業系の専門の研究発表への参加が第一の目標でした。しかし、これまでは出る機会がほとんどなく、今回のお知らせを聞き、たいへん期待をして参加しました。また、生徒にとっても同じフィールドで研究を進める研究者の方々の発表をたくさん見ることができ、大変勉強になったと実感しています。

今回の本校の発表内容は、北海道の固有種といわれていたエゾノウワミズザクラの本県での生育状況等についての研究です。青森県での生育場所は本校の位置する津軽地域のほんの一部に限られ、森林科学科における研究としてもとても進めやすい内容でした。というよりも、本県唯一の森林科学科としては責務として研究しなければならない内容と考えているテーマでした。私自身も大学は林学科の出身であり、生徒とともに高校の森林科学科で森林科学の研究を進めることは、とても楽しみでもあり、特にやりがいを感じる活動でもありました。

ただ、全国的には高校の森林・林業系の学科は急激に統廃合が進み、独立した専門学科としては数えるほどしかありません。今後も高校林業系の学科が活躍できる場として、高校生ポスター発表を継続していただくことを切望致します。

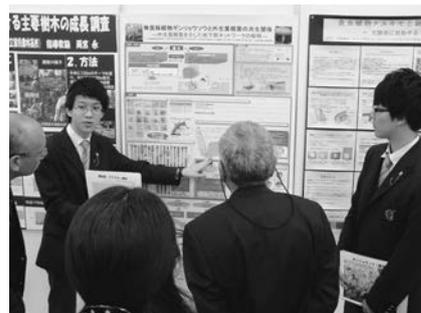


#### 5) 立命館慶祥中学校高等学校

私たちは外生菌根菌 (ECM) という菌類と、ギンリョウソウという植物について発表させて頂きましたが、一般にはあまり知られてない分野だと思っています。しかし、外生菌根菌は森林の生態系において重要な役割を果たしていると考えられていますし、今回初めて参加させていただいた学会では外生菌根菌の最先端の研究について多く触れ合うことができました。私たちは外生菌根菌に対して愛着と誇りを持ってこの研究を行っているので、今回受賞出来たことは非常に嬉しいですし、この受賞を励みにして、反省点も生かしてこの研究を継続していきたいです。(3年 西村)

森林学会は森林およびそれに関連した生物の研究を集めた学会であり、私達の研究テーマもその分野なので価値のある研究発表を聞くことができました。ポスター発表を終えてからの質疑応答でも鋭い質問・意見をいただきました。それらはすべて私達にとって意味のあるものでした。私もまた、様々なポスター発表を聞いてから質問し、新しい知識や考えを知りました。他の学会では私達の研究の対象に関連する研究は少なかったことに対し、本大会は森林科学に特化した大会でしたのでとても有意義な学会でした。この大会で学んだことを、今後の研究に活かしていきます。(2年 越智)

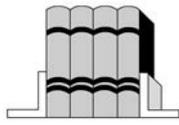
外生菌根菌に関する研究は、形態分類とともに遺伝子解析および統計解析も重要となります。そのため、予算獲得や機器の不備、統計に関する知識不足といった、中等教育現場での限界を実感しながらも、大学の先生方に協力を頂きながら進めてきました。この点を踏まえ、生徒自身が、森林科学における最先端の研究に触れる中で多くの刺激を受けるとも



に、マクロな視点を養い、自分たちの研究が森林科学の一部であることを認識し、さらにその位置づけを常に持ち続けながら研究を進めてもらいたいです。(顧問 近藤)

講演番号	表彰	学校名	発表者名	発表題目
KP01		高知県立四万十高等学校	結の森妖精チーム 西岡みずき	コクヨー四万十結の森におけるヒノキ人工林の下層植生
KP02		筑波大学附属坂戸高等学校	総合科学科3年 村田直輝	土着微生物の効果と特性
KP03		埼玉県立熊谷西高等学校	自然科学部生物班 小谷野裕、島寄康瑛、黒澤啓太、新井智也、酒井俊介	平地林との比較でみる奥秩父の森林の問題点
KP04	優秀賞	北海道旭川農業高等学校	北海道旭川農業高等学校森林科学科森林環境班	ササの有効利用～森林バイオマスとしてのササ資源の利用～
KP05		北海道旭川農業高等学校	森林科学科森林資源活用班	木の大切さを伝えよう ～森林保全のため私達林科の高校生ができること～
KP06		東京都立科学技術高等学校	阿部隼人・安西雄希・竹山 萌・仲 悠里・野口さやか・牧野 咲・宮田 琉	マングローブで陸地を救え ～河口湿地の土壌とヤエヤマヒルギ散布体の根の研究～
KP07	最優秀賞	東京都立科学技術高等学校	阿部隼人・安西雄希・竹山 萌・仲 悠里・野口さやか・牧野 咲・宮田 琉	謎解きはフィールドワークの後で ～マングローブの塩分耐性と繊維に関する研究～
KP08		長野県木曽青峰高等学校	森林環境科 渡邊祥太、小倉凱土、青木涼哉、寺島聖晴	演習林に設置したモノレールへの期待
KP09		東京都立大島高等学校	農林科 白井勇斗、柳瀬聡子、影山雅晃、清水 渚	「大島高校さくらプロジェクト」
KP10		群馬県立中央中等教育学校	科学部所属 杉山 拓、小林勇太、中澤颯、間仁田和樹	赤城山のマツに関する研究～枯れたクロマツ林に注目して～
KP11		群馬県立尾瀬高等学校	理科部一同 代表 金子陽祐・今井明澄	武蔵山「水源の森」における植生調査のまとめと リターシードトラップの活用
KP12		群馬県立尾瀬高等学校	理科部一同 代表 清水涼介	シカに攪乱された尾瀬の湿原はどのように遷移していくか
KP13		群馬県立尾瀬高等学校	理科部一同 代表 久保田はな	武蔵山水源の森での生物相の研究
KP14		東京都立多摩科学技術高等学校	科学技術科 ET 領域 照屋怜斗、高安夏月、小林優也、江夏羽寿稀	緑の香～サンプスギのアロマ成分の分析～
KP15		東京都立墨田川高等学校 東京都立江北高等学校 埼玉県立熊谷西高等学校	生物実習参加者一同 (3校分賞状用意)	生物実習「森と川を考える」
KP16	最優秀賞	岩手県立盛岡農業高等学校	環境科学班林業班 川村恵菜・高橋みちる	落ち葉を森に帰そう！～ペットボトル苗による森林ピオトープ造成～
KP17		岩手県立盛岡農業高等学校	環境科学科 森林文化研究班	塩生植物による土壌塩分除去に関わる研究
KP18		埼玉県立いづみ高等学校	生物サイエンス科生徒一同	地域在来種で外来種の侵入を防ぐ
KP19	優秀賞	青森県立五所川原農林高等学校	前田天斗	河畔林を構成する南限の植物エゾノウワミズザクラの保全
KP20		東京都立青梅総合高等学校	山口美咲	世界遺産と人々～小笠原～
KP21		東京都立青梅総合高等学校	森林レンジャー	AOSO 戦隊森林レンジャー
KP22		名古屋経済大学市邨高等学校	科学部 熊谷良太	市邨ガーデンの創設
KP23		鳥取県立倉吉農業高等学校	坂野 翔、中原正博、宮本宗幸	学校演習林の活用と家具会社とのコラボで家具づくり
KP24		鳥取県立智頭農林高等学校	森林科学科 藤木大地、井上品太、植木宏海、河村崇行、木村照輝、田中大毅、谷兼太郎、西尾明浩、西川拓也、山本翔大	森林と共に生きる～智頭の鳥達が教えてくれること～
KP25		高知農業高等学校	入吉徳園、小島志郎、倉橋応明	繁茂する竹林の問題から生まれたエコ商品
KP27		愛知県立猿投農林高等学校	大島 亮	里山における主要樹木の成長測定
KP28	学会長特別賞	北海道立命館慶祥中学校高等学校	自然科学部生物分野 西村明洋・永末透威・藤森友太・佐藤 廉・野谷夏海・越智匠海・晴山俊行	無葉緑植物ギンリョウソウと外生菌根菌の共生関係 ～外生菌根菌を介した地下部ネットワークの解明～
KP29		埼玉県立川口北高等学校	生物部 工藤勝裕、佐々木聖也	食虫植物タヌキモと細菌の関係～光障害に対処する術～
KP30		埼玉県立川口北高等学校	生物部 佐古志織、岡本洋輝	ユキノシタにおけるアントシアンの存在意義Ⅱ

表 ポスター賞参加校一覧  
背景グレー：ポスター事前提出、番号背景黒：当日来場



## ブックス

### 日本の湿原

原口 昭著、生物研究社、2013年9月、214ページ、3,024円（税込）、ISBN 978-4-9153-4267-7

本書は著者と共同研究者が行ってきたこれまでの研究成果をまとめたものである。個々の湿原についてその位置や植生、立地環境などを紹介しつつ、研究の内容に言及していくという形をとっており、章だても湿原の成立にかかわる環境要素をキーワードとしてまとめられている。

かいつまんで紹介すると、序章では「日本の湿原の価値とその機能」として、日本におけるこれまでの湿原の研究と湿原の分類について触れて、湿原とはどういったものかを解説している。第1章では「海洋と湿原」として北海道の春国岱と霧多布湿原を取り上げ、海岸に近い立地の湿原が海洋から受ける影響について考察している。第2章では「霧と湿原」として北海道の落石湿原について取り上げ、海洋起源の霧によって形成される環境と湿原について考察している。第3章では「山地の湿原」として北海道の苦頼別湿原と泥川湿原を取り上げ水分条件と植物がもつ相互作用について、九州の九重火山群の湿原を取り上げて火山活動と湿原の栄養環境などについて考察している。第4章では「人と湿原」として北海道の浅茅野湿原とサロベツ湿原および京都の深泥池を取り上げて、人為による地形変化や水質に関する問題を考察している。第5章では「湿原の生物と生理生態的特性」として湿原やその周辺に生育している、ミズゴケ、ヨシ、ミドリムシ、土壤微生物のそれぞれについて特性をまとめている。終章では「湿原の保全にむけて」として、湿原由来の硫酸による環境汚染、水環境の保全についてまとめ、最後に日本の湿原の今後について提言を

行っている。

このように、本書では湿原の形成と維持に関わる要素について、化学的環境と生物群集の関連性を軸にさまざまな観点から検討が行われている。たとえば、立地環境と植生分布の比較といった植物生態学的な検討、植物遺体や年輪の解析などの植生史的な検討、ミズゴケなどの湿原に生息する生物の生理生態学的な検討などである。このように書くとばらばらな印象が残るが、筆者が最終的に目指すところは湿原の保全であり、その対象となる湿原はそれぞれに立地環境が違い、抱える問題もすべて異なっている。そういった事情に対して真摯に取り組んだ結果として、研究手法が異なったというこのようである。

これまで日本の湿原の研究についてまとめられた書籍は、植生遷移や植物と地形の相互作用といった植物生態学的な側面や、地史的な側面に着目してまとめたものが多かった。これに対して、本書は水の栄養塩類や酸性度など化学的な問題を中心に構成されており、大変ユニークで面白い。また、本書は論文などの形で公開された内容を一般向けに書き直し、高度な専門知識がなくても理解できることを目指してまとめられている。そのため湿原について科学的に興味を持つ一般の方にも勧められる。また、序章で日本におけるこれまでの湿原研究についてまとめて紹介されていることや、さまざまな視点からの研究事例が示されていることから、これから湿原を研究しようと考えている学生や研究者にもお勧めできるものである。ただし、土壌中の金属物質などの挙動について詳しく書かれているため、化学についてある程度の知識があるほうがより良く理解できるだろう。

最後になるが、本書の書名は「日本の湿原」となっているものの、取り上げられている湿原には地域的な偏りがある。冒頭で「日本の湿原すべてについて網羅的に記述していない」と筆者も認めている点であり、そのつもりで手に取って欲しい。

安田正次  
(千葉大学大学院園芸学研究所)

### 森林環境 2014 特集 森と歩む日本再生

森林環境研究会編著、竹内敬二・森本幸裕責任編集、朝日新聞出版、2014年3月、224ページ、2,160円（税込）、ISBN978-4-02-100233-5

本書は森林問題のとても豊かな論説集です。森林問題という少し耳慣れないかもしれませんが、社会と真剣に向き合うようになると自分の暮らす社会の問題が眼前に浮かび上がってくるように、森林と向き合うことによって見えてくるさまざまな問題が提示されていました。責任編集者である竹内敬二氏のまえがきに、「表面的には豊かな森林だが、内実は問題だらけだ」とあります。その問題だらけにどのように立ちむかうのかを、研究者・実践家・ジャーナリストが縦横無尽に論じています。

森林環境は公益財団法人森林文化協会の年報であり、当該法人は朝日新聞社が創刊100周年を記念して、1978年に設立したものです。本号は通算11号目であり、巻頭論文、特集記事、トレンドレビュー、コラム、緑のデータ・テーブルで構成されています。ジャーナリズムを母体としているからでしょう、人と森林の関わりに焦点が定まっていた。

森林環境 2014の巻頭論文では豊かになった森林資源を管理するためのフレームワークが呈され、それに特集「森と歩む日本再生」が続きます。特集記事の基調には、東日本大震災からの社会意識の変化があります。低炭素循環型社会に向けて、森をきちんと活かすための施業や、バイオマス発電の現状が紹介され、更には日本の都市生活のオルタナティブと位置付けられる山村や途上国の生活の豊かさが示されていました。また、直接的に震災からの復興に関わる事業も紹介されています。アカデミズムの研究者たちはやや俯瞰的に問題を提示し、実践者たちが是非とも伝えたい「今していること」を熱い筆致で述べ、ジャーナリストは病巣を深くえぐっていました。総じて

森林の問題を取り上げているのですが、山の楽しさも読者に伝わっていく内容です。

また、トレンドレビューでは、シカ問題や土壌動物への放射線影響から減災のための「雨庭」のすすめなど、ホットなトピックスが取り上げられており、森林・林業白書とは異なる視点から森林の現在を考えることができます。緑のデータ・テーブルは朝日新聞の記事を中心に、前年中の森のニュースが一覧できるようになっています。

正直な所、書評子は林学を志した当初は森林問題について考えをめぐらすことが多かったのですが、研究の道に進んでからは自分の研究から手を伸ばせる範囲のことで頭がいっぱいになっていました。本書との出会いは、20年近く前の森のことなら何でも吸収したかった心を思い出させてくれる、とてもよい契機となりました。

加賀谷悦子（森林総合研究所）

### 樹木の葉

#### 実物スキャンで見分ける

#### 1100種類（山溪ハンディ図鑑）

林 将之著、山と溪谷社、2014年3月、760ページ、4,903円（税込）、ISBN 978-4-6350-7032-4

この図鑑の特徴は、豊富な収録種数と、葉で樹木を見分けられるように、4000点もの詳細な葉のカラー写真が収録されている点にあります。写真解説付きの樹木は1140種（解説のみの樹木はさらに約360種）にも及び、北海道から九州まで見られる野生や園芸樹木をほとんど網羅しています。樹木を見分けるために、直接、葉の写真に、葉脈の凹凸、毛、突起物の形態など様々な特徴が詳しく解説されていて、専門用語が満載の記載文を読みなれていない初心者にも使いやすい配慮がなされています。フィールドで実際使ってみても、鍵となる葉の形態が直接書き込まれていると大変便利で使いや

すかったです。また、樹木を見分ける上で重要な形態部分には、拡大写真も用意されていて判読しやすくなっています。葉の写真だけでなく、花や樹皮の写真も載せられており、役立ちました。特に、季節を通して観察できる樹皮の写真が多くなっています。

樹木の掲載順は最新の分類体系（APGIII）に従っており、近縁種に近いページに配置されているので種間の比較がしやすくなっています。ただ、APG分類体系では、これまで別の科に分けられていたグループが全く別の科に統合されていたりして、不自由を感じる読者も多いかもしれません。図鑑のサイズはコンパクトで、フィールドに持って行ける重さなのも良い所だと感じました。ただ初心者には、収録種数が多いため、なかなか目的の樹木までたどり着けない可能性があります。巻頭には、互生や対生など検索キーワードに沿って、全種の葉の写真が掲載されていますが、残念なことに葉の表側の小さな写真のみなので、アタリをつけるのに苦労する樹木があります。またフィールドで使うには、装丁が薄く、すぐボロボロになりそうな点が気がかりです。しかし、これまで入門編として便利だった、保育社の「検索入門・樹木」や、収録種数が豊富な平凡社の「フィールド版日本の野生植物・木本」など、優れた樹木のフィールド図鑑の多くが、現在、版元品切れ状態になっており、この新しい図鑑は、学生実習などの教育面、研究面、趣味の面からも十分に役立つと推薦できます。

田中憲蔵（森林総合研究所）

### 日本の自然環境政策 自然共生社会をつくる

武内和彦・渡辺綱男編、東京大学出版会、2014年2月、256ページ、2,916円（税込）、ISBN 978-4-13-060310-2

「持続可能な社会」づくりは、現代社会の大きな共通目標となっている。その柱となるのが、低炭素社会、循環型社会および自然共生社会の創造である。本書は、自然共生社会を実現していく上で欠かせない自然環境政策の動向について、環境省の施策を中心に解説したものである。

自然共生社会とは、「人間社会を含む生物社会と自然環境の持続可能性が維持される社会」であるとされる。この考え方が育まれてきた背景には大きく2つあるという。それは、当時の環境庁が設置された1971年から現在に至るまでの、公害問題から地球環境問題へという環境問題のグローバル化、そして、自然の保護から自然との共生へという、人と自然との関わり合いの大きな変化である。そのような背景にあって本書全体に通底するのが、人と自然を対置させるのではなく、ともに生きていくための自然共生社会の実現へ向けた自然環境政策の新たな捉え直しである。こうした考え方の転換は、「生物多様性国家戦略2012-2020」においても示されているとおりである。

2010年に愛知で開催された生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）では、自然と共生する世界を2050年までに実現させようとする長期目標がたてられた。そのような社会をつくっていく上で鍵となる国立公園、世界自然遺産、自然環境アセスメント、生態系サービス、生物多様性保全、野生生物管理、自然再生事業といった自然環境政策に関わるトピックについて、わかりやすく解説されている。その中でも特に、COP10において日本初の取り組みとして提唱されたSATOYAMAイニシアティブは、自然共生社会の創造を目指した取り組みとし

て、日本が世界に手本を示す絶好の機会として捉えたい。

さて、2011年に東日本大震災が発生し、未曾有の大災害をもたらした。こうした劇的な社会状況の変化を受けて本書が掲げる概念が、レジリエント（回復力のある）な自然共生社会への転換である。レジリエントな自然共生社会とは、つねに変化する予測の難しい事態に対して、回復困難な状況に陥ることのないよう柔軟に適応可能な、自然的・社会的システムを指す。地球温暖化のような気候変動や、予期せぬ自然災害にしなやかに対応できる自然共生社会の実現へ向けた、新たな自然環境政策が動き始めたのである。

ただ、最終章で自然共生社会へ向けた農林水産業についての言及があるのだから、環境省以外の省庁で実施されている自然環境関連政策も含めて、もう少し体系的に俯瞰できると良かった。しかし本書は、新たな時代へ突入しつつある自然環境政策の方向性を考える上で、自然共生社会の創造を科学で支える森林研究者にも格好の手引きとなるであろう。

八巻一成  
(森林総合研究所北海道支所)

## 樹木診断調査法

堀 大才編著、講談社、2014年3月、  
351ページ、4,104円（税込）、ISBN  
978-4-06-155235-7

多くの森林学会会員のご指導を得ながら、森林保護学昆虫編から始まって森林保護学を講じて18年を経た。本書についての出版社の紹介記事には、「樹木の健康状態や危険性を的確に判断する健康診断法と、樹木の立地環境を把握するための環境調査の技法を体系的にまとめて解説」とある。私は、活力診断のためのフローチャートを先ず期待した。しかし、その内容は、2004年に出版された鈴木

和夫氏編著の「森林保護学」（朝倉書店）以来、約10年間の成果を盛り込んだテキストとしての性格も併せ持つように構成されている。

本書では高度な研究内容が巧妙に改作され、わかりやすく記されている。編著者の堀大才氏の御著作は数多く出版されており、「樹木医完全マニュアル」（牧野出版）には、私も出版当時からお世話になっている。その実務に長けた編者が必要と考えられた基礎情報が、以下のように詳述されている。

『樹木の構造と生理』では、成長様式と構造、樹形の意味、病害虫・傷害に対する防御機構、立地環境そして深刻化する人為的影響について、最新の話題も踏まえて詳解されている。続いて実務に関連して、『樹木の立地環境と健康状態の診断・調査法』として、立地環境の調査法、樹木形状の測定法、健康診断・危険度診断調査法が述べられている。我々が樹木医の指導を受けるときに注目する達人の「技術」である、目視による樹木の衰退度（活力度）判定と危険度判定の方法、商標レジストグラフなど、機械を使った樹木の健康診断と危険度診断にも役立つ。一方で、根系の診断・調査法の項に踏圧の記述がほとんどない点は意外であった。実務者にとっては大切な『樹木診断書の整理と書き方』は、貴重な指針になる。特記すべきは『マツ材線虫病発生のメカニズムと診断・調査法』である。野心的な仮説を述べているが、北海道のような寒冷地ではまるかどうか今後の検証が必要だろう。『樹木の腐朽病害の分類と診断・調査法』には、学術的記載だけではなく、冒頭でも述べたが、堀氏による診断フローチャートと改良法の記述を改訂版には私は期待している。

樹木が本来もつ機能を発揮させ、適正な管理へと導くための森林保護学や診断調査法の専門書として、森づくりに携わる皆様には、ぜひ、お手元で熟読いただきたい。

小池孝良（北海道大学農学部）

## 冬の温暖化と北国の森

小林 真 (こばやし まこと、北海道大学中川研究林)

おといねっふ

**音** 威子府という北海道北部の小さな村に、昨年から住んでいます。11月から5月まで、改めて数えてみると半年以上も雪が積もっています。雪は土壌やそこに住む微生物、土壌動物などにとっては外気からの断熱材、植物にとっては春先の水の供給源、そして人間にとってはスキーを行う場所（と同時に雪かきをする義務）などとして、直接的にも間接的にも私たちに様々な生態系サービス\*を提供しています。

ところで、冬の気温が劇的に上昇していることが世界各地で報告されています。北極点を中心とした周極域では、1971年と2000年を比較してみると、四季の中でも冬期の気温の上昇幅が特に大きいことが示されています。深刻な「冬の温暖化」の原因としては、太陽熱を反射していた地表面の雪が解ける時期が早まるもしくは場所が増え、地球全体として地表面が黒い場所や時間が増加し、熱の吸収量が高くなった（アルベドが低下した）ことなどがあります。つまり、雪の白さが太陽からのエネルギーをはねかえしていたのに、最近では地面に取り込まれる量が増えてしまったのです。

こうした雪解けの進行は北国の森へどのような影響を及ぼすのでしょうか？ 森林科学の分野で「温暖化研究」が盛んになって久しいですが、気づいてみるとその多くが植物が最も育つ時期を対象としたもの、つまり「夏の」温暖化研究である事に気づきます。近年の研究から、雪解け時期が早まると植物が光合成できる期間が伸びることで植物の成長・炭素固定が増加したり、植物が断熱効果をもった雪の上に晒される期間が伸びたりするので、春先の遅霜の影響を受けるリスクが高まることが示されてきました。しかし、こうした研究の多くはツンドラや草

地など、雪の下に埋まる小さな植生を対象としたものです。ツンドラは温暖化の影響を受けやすい生態系と予測されていますし、対象とする植物が小さい方が操作実験もしやすいので、それら生態系で盛んに研究がなされてきたのだと思います。

では、森を見てみましょう。森では立派な成木がすくくと立っています。成木は、森林植生の蓄積している炭素の大部分を担っていることに加え、多くの植食者の餌源や住処となっているなど、森林のもつ炭素蓄積機能や生物多様性維持機能へ大きな貢献をしています。そうした成木の樹体のほとんどは雪の上にてています。では、近年進んでいる雪解け時期の劇的な変化は、成木へは影響を及ぼさないのでしょうか？ 残念ながら、その問いに答えるための知見は未だ世界的にもほとんどありません。しかし、私の理解へ向けたキーワードは雪解け時期の変化が「土壌を介して樹木へ及ぼす間接影響」だと思っています。

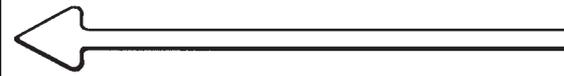
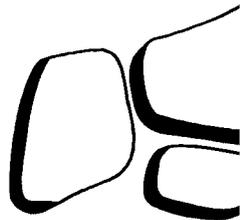
近年、国内におけるいくつかの巧みな野外操作実験から、土壌凍結や積雪など冬の気象条件が土壌中の窒素動態へ及ぼす影響が明らかにされました。これらの成果は冬の気候変動による土壌への影響とそのメカニズムを解明したものです。一方、土壌中の窒素はしばしば森林生態系において樹木の生育を律速する要因です。つまり、冬の気候変動が進行すると、土壌中の窒素動態の変化を介して間接的に樹木の成長が影響を受ける事が予想されます。

北海道大学雨龍研究林でのモニタリングの結果から、雪解け時期が2010年までの約80年間で2週間も早まっている事がわかりました。一方、今後の温暖化の進行に伴って、北海道の日本海側や道

北では、積雪量の増加も予想されており、雪解け時期の将来予測を複雑にしています。私たちは雪解け時期が早まっても遅まっても、その木材生産や森林の炭素蓄積、生物多様性への影響を予測できるように準備しておく必要があります。

こうした背景のもと、現在、北海道大学中川研究林では大面積で雪解けの時期を操作し、成木や成木と食物連鎖を介して関係する生物へ及ぼす影響を解明しようとする研究が計画されています。未だ、

## 北から

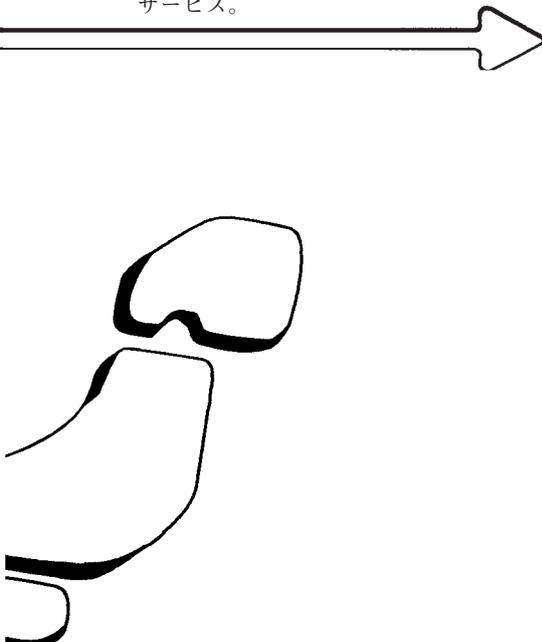


**木** 材の強度と用途開発が私の研究テーマであり、日頃、試験棟内で木材部材の強度試験をすることが多い。地方公設試験研究機関として行政的なつながりもあり、住宅や公共建築物における木材利用推進や、森林土木への間伐材利用推進の一環で、現場と密着した試験研究も増えつつある。しかし、現場に赴くのは、木材加工関連の工場や施工中の工事現場

海のものとも（冬）山のものともわからないプロジェクトですが、世界的にも稀に見ぬ大規模操作実験を通じて上述の質問に答えるための知見を得たいと思っています。

#### ※ 生態系サービス

生態系やそこに住む様々な生物の担っている機能で人類の利益となっているもの。木材供給、水土保全、炭素固定機能などは森林から供給される重要な生態系サービス。



南から

日本森林学会支部だより

まであり、森林に調査に入ることはこれまで皆無に等しかった。

そのような立場で本誌に寄稿するのはいささか場違いに思われるかもしれないが、最近、森林土木用木製構造物の耐久性調査に関連して、施工後の森林内で植栽木の成育調査を行っており、森林学会大会でも発表させていただいていることや、当該調査の遂行にあたり日頃アドバ

イスをいただいている森林研究所の松浦さんから木材研究のPRも兼ねて書いてみるよう勧められたこともあり、恐縮しつつも寄稿させていただいた次第である。

森林土木用構造物とは治山等で雪崩を予防したり、土砂を安定させたりするために施工されるもので、積極的に間伐材の利用が図られている。しかしながら、木材を屋外利用する場合、常に浸水しているなど特殊な条件でない限り、部材の腐朽が進み構造物が消失していくので、植栽木が成長して森林を形成してその機能・役割を果たしていくことが理想である。ここでは、富山県内の保安林改良事業での間伐材の利用事例について紹介することとしたい。なお、本事業は、雪崩予防杭（ピラミッド形状）と丸太柵（小階段）を多雪山地に導入することで積雪斜面移動に伴う雪害を抑制し、森林造成しようとするものであり約10年前から富山県内で先駆的に導入している。

現場では人力での取扱い易さから直径10～12cmの間伐小径材が多く用いられているが、通常心持ち材であるため未成熟材が多く占めており、曲げヤング率が低い（横使いするとたわみ易い）ものが多くなっている。しかし、例えば住宅の床材の用途のように、たわみに関する制限はないので、その点ではあまり気にせずに使用することができる。

一方、経年に伴う強度変化については、防腐薬剤の加圧注入等の処理を行った場合、耐久性を大きく向上させることができ、7年程度までは腐朽は軽微であり、雪崩予防杭のような部材への強度的な負担が大きい使い方でも10年程度の耐久性を期待できる。これに対して素材のままでは2～3年で腐朽がはじまり、7～8年で、強度はほとんど残らず“ボロボロ”の状態になる。しかし、簡易的な丸

太柵工などの強度的な負担の少ない使い方であれば、そのような終末的な状態でも柵工による階段形状は保持され、治山構造物としての機能はある程度維持できている。このように防腐処理については、コストを勘案しながら、必要に応じて使い分けていけば良いと思われる。

いずれにせよ木製構造物の限られた耐用期間内に、できるだけ植栽木の成育を期待したいところであるが、下草との競合や積雪の影響から脱して順調に木が成育できるようになるまでには長期間を要する。6～10年経過した施工地を観察していると、雪崩予防杭の腐朽が進み始める頃、ようやく植栽木が順調に成育し始め、多雪地域では両者のバランスが取れているように感じられる。

このような木製構造物を利用した森林造成は、構造物の耐久性と植栽木の成育を的確に予想しながら、計画・施工していくことが求められる。これまでの施工地を精査して、本工法ならびに森林造成法の完成度をさらに高めていく必要があるだろう。私自身の本業の木材研究からだいぶかけ離れた分野に手を広げてしまっている感はあるが、多雪地域における森林造成技術として確立できるよう、今後も森林調査を継続していきたいと考えている。

とは言うものの研究室や試験棟での室内実験を主としていた私や同僚が、森林へ行き調査していると様々なトラブルに遭遇する。木陰に置いてあった弁当がカラスに狙われて持って行かれそうになったり、調査中に熊や猪が現れて大混乱になったり、ブヨやオロロ（イヨシロオビアブ）の大群に囲まれて錯乱しそうになったり等、ちょっと素人的なトラブルが結構ある。それにもめげず、森林内の空気のうまさや弁当の旨さに惹かれ、森林へ向かってしまうのである。

## 木材研究と森林調査の交差する所

柴 和宏（しば かずひろ、富山県農林水産総合技術センター木材研究所）

# 森林科学 73

予告

## 特集

### 花粉症研究最前線 (仮)

森めぐり

### 岡山県西粟倉村・若杉天然林 (仮)

林業遺産紀行

### 興野家文書 (仮)

森林科学 73 は 2015 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 太田 祐子 (森林総研)
- 委員 菊地 賢\* (遺伝/森林総研)
- 加賀谷悦子\* (動物/森林総研)
- 藤田 曜 (動物/自然環境研究セ)
- 北村 兼三 (気象/森林総研)
- 谷脇 徹 (保護/神奈川県自然環境保全セ)
- 山田 祐亮 (経営/日本森林技術協会)
- 橋本 昌司 (土壌/森林総研)
- 都築 伸行 (林政/森林総研)
- 磯田 啓哉 (育種/森林総研林育セ)
- 橘 隆一 (防災/東京農大)
- 斎藤 仁志 (利用/信州大学)
- 田中 憲蔵 (造林/森林総研)
- 宮本 敏澄 (北海道支部/北海道大)
- 松木佐和子 (東北支部/岩手大)
- 逢沢 峰昭 (関東支部/宇都宮大)
- 松浦 崇遠 (中部支部/富山県森林研)
- 長島 啓子 (関西支部/鳥取大)
- 加治佐 剛 (九州支部/鹿児島大)
- (\*は主事兼務)

## 編集後記

昨年度より森林学会 100 周年記念事業として始まった、「林業遺産」選定事業。「森林科学」誌上でも本号より、選定された林業遺産を逐次紹介していく新シリーズ「林業遺産紀行」を開始しました。編集担当として、新シリーズの開始に携わる事が出来たのは、冥利に尽きます。同時に、新連載にあわせて 2 本立てであった「森めぐり」を 1 本化する事にしました。当初、新シリーズは、「林業遺産めぐり」を仮題としていました。でもそれでは「森めぐり」とタイトルがかぶってしまう、どうしようかと議論していたとき、ある編集委員の方から発案された「林業遺産紀行」というタイトル。満場一致での採用でした。

「森林科学」誌上の連載の入れ替わりは、なにも特別なことではありません。現行シリーズを見ると、「森をはかる」の 18 年と最も古いほかは、「現場の要請」「うごく森」が 9 年目、「森めぐり」は 5 年目と、24 年にわたる「森林科学」の歴史のなかで、連載シリーズはその都度入れ替わってき

ました。このように、マンネリ化するのではなく、情勢やニーズにあわせて脱皮していくことが「森林科学」の暗黙の使命であるとはいえ、いざ自分の任期のうちになると、やはり緊張します。今回は、まだイントロ。具体的な編集方針やデザインなど、これから次号に向けて練り上げていきます。ご期待ください。

シリーズものとは別に、本号では不定期掲載の「記録」や「トピックス」に寄稿があったりして、蓋を開けてみれば、前号の 100 周年記念特集号と同じく総計 50 ページ程度にまで膨らみました。厚ければ良いとは思っていませんが、編集に係わる者として紙面が賑わうのはうれしい悲鳴です。

より読者の皆様の要望に応えられる紙面を目指して、こういう紙面の“動き”、大事にしたいです。

(編集主事 菊地 賢)

効果持続期間  
**7**年

7年先の確かな未来を

# 確かな効果

豊富なデータが裏付ける確かな効果で  
皆様の信頼に応えてきた  
グリーンガード・NEOは  
7年間の薬効期間という  
新たな時代の夜明けを  
迎えました。



松枯れ防止樹幹注入剤

## グリーンガード®・NEO

**Greenguard® NEO**

農林水産省登録：第22028号

グリーンガードホームページ

[www.greenguard.jp/](http://www.greenguard.jp/)



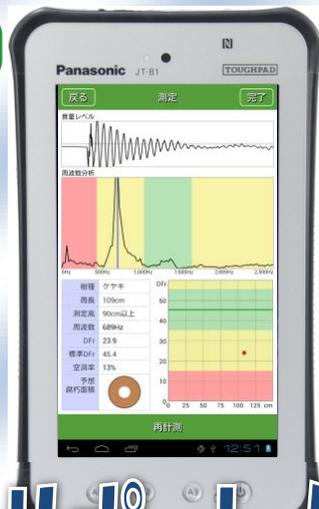
# 打撃音樹内腐朽簡易診断装置

ぽぽんと操作

ぽんぽん診断

# ぽん太

ProVersion



## 樹木の腐朽診断・管理を強力サポート!

### 木に優しく安全

- 「ぽん太」は樹木を叩いて生じる打撃音を数値化し、腐れ(腐朽)を調査する装置です。
- 今までは樹木医などの専門家しか判断できなかった打撃音を採取・数値化することで、腐朽による空洞を発見することが出来ます。

### 便利で簡単

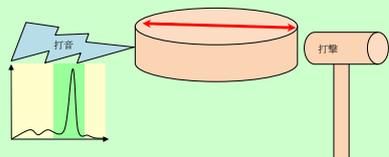
- ぽん太の端末はタブレットと同じコンパクトサイズ。なので一人で診断が可能です。
- 一本の樹木に要する検査時間は一分程度なので、手間がかかりません。
- データも簡単にパソコンで管理が行えます。

### 対応樹木一覧 ※平成26年1月現在

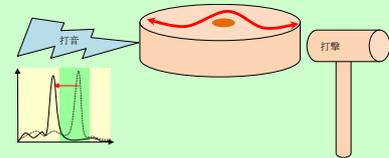
- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| ・イチヨウ   | ・ヒノキ    | ・カツラ    | ・サクラ    |
| ・アカマツ   | ・シダレヤナギ | ・ホオノキ   | ・ナナカマド  |
| ・カラマツ   | ・ポプラ    | ・ユリノキ   | ・センダン   |
| ・クロマツ   | ・ブナ     | ・コブシ    | ・ネムノキ   |
| ・ヒマラヤスギ | ・コナラ    | ・クスノキ   | ・イロハモミジ |
| ・モミ     | ・シラカシ   | ・タイワンフウ | ・トウカエデ  |
| ・スギ     | ・スダジイ   | ・モミジバフウ | ・トチノキ   |
| ・メタセコイア | ・ケヤキ    | ・プラタナス  | ・アオギリ   |
| ・ツバキ    |         |         |         |

### 診断の原理

本装置は、横打撃共振法という測定原理をつかって測定・判定を行います。この測定方法は、打撃音を録音し、その音の音声波形を高速フーリエ変換(FFT)で周波数分布の解析を行います。その中の最大周波数成分の周波数を検出し、直径をかけ合わせた値を、樹種毎の標準的な値と比較することで内部異常を判定する装置です。



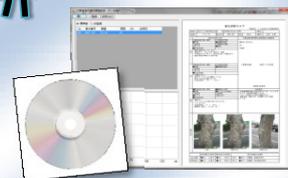
異常のない健全木の場合、直径方向の最長長が共振の波長となります。



ここで、内部に異常部があると異常部では振動が伝わらず、振動は異常部を迂回して伝わるため、共振の波長が長くなり、共振周波数が低くなるということが分かっています。

- 本装置は島根県中山間地域研究センターにより発明された「樹幹内診断方法及び装置」(特許第4669928号)を使用しています。
- 本装置の開発に当たって島根県中山間地域研究センター・一般社団法人日本樹木医会島根県支部・島根大学・東京大学・一般社団法人街路樹診断協会のご協力、ご指導をいただいております。

### 製品紹介



#### ぽん太 ProVersion (タブレット型測定装置)

携帯通信機能なし ¥240,000  
 携帯通信機能あり ¥260,000 (税抜)

#### Windows用データ管理プログラム

¥40,000 (税抜)



#### 推奨ハンマー・セット

¥10,000 (税抜)



#### 交換用電池パック

¥8,500 (税抜)

#### クレードル

¥19,500 (税抜)



開発・製造・販売

株式会社ワールド測量設計

〒699-0631 島根県出雲市斐川町直江 4606-1  
 TEL: 0853-72-0390 E-mail: punta@world-ss.co.jp  
 FAX: 0853-72-9130 URL: <http://www.world-ss.co.jp>