



森林

科学

[特集]

シカによる影響を低減するための
最新知見と課題

シリーズ

林業遺産紀行

地域で支えた吉野林業

森めぐり

大北川溪畔林再生試験地

～高木性広葉樹の10年間の推移～

現場の要請を受けての研究

実用的な放置竹林駆除対策手法の開発



No. **79**
February 2017

特集 シカによる影響を低減するための最新知見と課題

イントロ～ニホンジカ管理の近年の状況 梶 光一	2
シカの捕獲体制の構築と課題 八代田 千鶴	6
シカの個体数推定法の変遷と課題 飯島 勇人	10
森林におけるエゾシカの影響を把握する 明石 信廣	14
シカ対策を支える人材育成の課題 ～研究者、行政、住民～ 浅田 正彦	18
アメリカ合衆国ペンシルバニア州での オジロジカ管理に学ぶ —複数の主体の協働による順応的シカ管理— 長池 卓男・飯島 勇人	22

森林科学 No.79
2017年2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：左上：亜高山帯針葉樹林における剥皮(2010年、山梨県)
右上：雪を掘り起こしてササを摂食するメスジカ(2014年、山梨県)
左下：森林限界付近のダケカンバ林に到達したオスジカ(2014年、山梨県)
右下：落葉広葉樹林内のオスジカ(2015年、山梨県)
撮影 飯島勇人

コラム 森の休憩室Ⅱ 樹とともに
庭を維持する 27
二階堂 太郎

シリーズ 林業遺産紀行
地域で支えた吉野林業 28
熊澤 弘治郎

シリーズ 森めぐり
大北川溪畔林再生試験地～高木性広葉樹の10年間の推移～ 30
安藤 博之・仲田 昭一・池田 伸・仲田 光雄
須崎 智応・三村 勝博・太田 敬之・鈴木 和次郎

シリーズ 森をたべる
新シリーズ「森をたべる」をはじめるとあって 33
松浦 俊也

シリーズ うごく森
34 花粉のDNA分析で森林についてわかること
長谷川 陽一

シリーズ 森をはかる
38 噴火跡地の枯死木をはかる
廣田 充

シリーズ 現場の要請を受けての研究
40 実用的な放置竹林駆除対策手法の開発
江上 浩

44 Information
ボックス
北から南から

ニホンジカ管理の近年の状況

梶 光一 (かじ こういち、東京農工大学大学院農学研究院)

ニホンジカの分布拡大と生息数増加によって農林業被害や生態系への深刻な影響が、日本各地で報告されている。このようなシカによる影響を低減するために、さまざまな研究や事業、対策などが実施されているがこれらの全体像を把握する試みはなされてこなかった。ニホンジカ対策を効果的に行う上で最新の研究や施策を把握することは有用であると思われる。本特集では、ニホンジカ管理に関する各分野の最新の知見を紹介する。本稿は本特集のイントロであり、ニホンジカ管理に関する研究と行政施策を概観する。本稿で触れた事項の一部の詳細については、本特集の他稿を参照されたい。

ニホンジカ管理に関する近年の学術的成果

近年のニホンジカの生態と管理に関する学術的成果は、「Sika deer: Biology and Management of Native and Introduced Populations」(McCullough *et al.* 2009)に包括的にまとめられている。そこで、本節では、シカの個体群管理に焦点をあてて、最新の学術のおよび実践的な成果を紹介する。

野生動物管理は個体群と生息地の状態を診断して、その健全性を評価し、個体群の増減動向を把握することが基礎となる。個体群の状態は通常、分布と個体数によって評価される。分布については、環境省による自然環境基礎調査(1978年、1983年)、地方自治体の独自調査、捕獲統計をもとに、シカの出現を説明する要因を明らかにし、将来の分布を予測する試みが、北海道(Kaji *et al.* 2000)や山梨県(Honda 2009)などで実施されてきた。分布の制限要因として北海道では積雪深とササのタイプ、山梨県では積雪深が指摘されている。深い積雪はシカの移動や採食などの行動を制限するため、結果として多雪地はシカの生息にとって不適と考えられるが、後述するように近年では多雪地への分布拡大が報告されており、今後の動向が注目される。全国レベルでのシカの分布に関わる要因については、昨年2つの興味深い研究が報告されている。Saito *et al.* (2016)は、シカ・イノシシの分布を説明する最良のモデルでは、①草原が多いところで最も分布確率が高く、人口密度と狩猟圧が高いところでは分布確率が低いこと、②環境が将

来にわたって変化しない現状維持シナリオと、時間とともに環境が変化するシナリオの両方で、2028年まで分布が拡大することを予測している。Ohashi *et al.* (2016)は、気候変動と土地利用変化がニホンジカの分布に与える影響について、モデルを用いて解析したところ、過去25年間の積雪期間の減少により、北方や山岳地帯にニホンジカの分布が拡大したことを明らかにしている。また、今後100年の間に起こると予想される積雪期間の減少と耕作放棄地の増加が、ニホンジカの分布拡大をより加速させると予測した。二つの研究とも、今後、これまでシカの空白地帯であった多雪地である東日本に、急速に分布が拡大していくと予測している。

一方の個体数推定については、ベイズ統計とモデルを用いた研究が進んでいる(飯島 2017)。ニホンジカで広域に用いられてきた密度指標として、スポットライトセンサス、狩猟者による目撃情報(SPUE)や狩猟者による捕獲情報(CPUE)、糞粒法/糞塊法などがある(宇野ら 2007)。しかし、個体数推定値や個体数指数の精度評価についての研究は非常に限られており、エゾシカで用いられている個体数指数の評価(Uno *et al.* 2006)、ドライブカウントと標識・再捕獲法との比較(Takeshita *et al.* 2016)など数例にとどまる。

個体数管理は通常、生息密度の情報をもとに実施される。しかし、生息密度を広域にわたって高い精度や確度で推定するのは、時間、労力、経費の面で困難なため、密度を直接測る代わりに、個体群と生息地ならびにその相互関係の状態などの変化を示す生態的指標を指標として用いることの重要性が指摘されており、シカの体重、体サイズ、植生状況について、指標としての有効性の評価が行われている(Morellet *et al.* 2007; 明石 2017)。我が国では、これらのうち、植生指標についての研究が活発に行われている。全国規模でのニホンジカが与えた自然植生への影響については、Ohashi *et al.* (2014)がモデルを用いて評価を行い、シカの植生への影響が顕著な地域は、長期間にわたりシカが生息し、積雪期間が短く、居住地が少ない地域であることを示唆している。県レベルの調査では兵庫県全域で収集した森林下層植生衰退度(SDR)が目撃情報(SPUE)によって

説明された (Kishimoto *et al.* 2010)。SDR が森林の構成要素の状態 (高木の稚樹の出現の有無、高木の樹皮剥ぎの出現の有無、リョウブの樹皮剥ぎの比率、地上の落葉の被覆率、土壌侵食の面積など) と関連したことから、下層植生の衰退は明らかにシカによって生じたと考えられる (Fujiki *et al.* 2010)。SDR はシカの高密度化によって植生が劣化した地域には有効な指標として近隣県も含めて広域スケールで活用されているが、低密度から中密度のシカの生息地には対応していない。シカの生息密度に対応したシカの植生への影響評価手法として、シカの選択性を考慮した広葉樹稚樹の採食率が検討されている (Akashi *et al.* 2015)。さらに、Iijima and Nagaike (2015) は、シカが森林生態系に与える影響を調べるため、シカの絶対密度とさまざまな植生指標との関係を調べ、多雪地帯では樹皮剥ぎと下層植生の採食が森林生態系へのシカの影響を評価するうえで適切な指標となるが、樹木のサイズ、積雪深、下層植生のタイプも考慮する必要があることを明らかにしている。海外では、様々な植生指標の変動に基づきシカの個体数管理が行われている (長池・飯島 2017)。

北海道は、絶対数が不明で、個体数が大きく変動するエゾシカの個体数管理に、捕鯨の改訂管理方式 (RMP) に準拠する個体数指数を用いたフィードバック管理を採用した (Matsuda *et al.* 1999)。これは、1999 年に制定された特定鳥獣保護管理計画制度 (特定計画制度) の創設に貢献し、これまでの経験だよりで手探りの管理から、モニタリングに基づく科学的な管理への転換を促した。エゾシカのフィードバック管理は、我が国の野生動物の順応的管理の先駆けとなったこと、推定が困難な絶対数ではなく個体数指数を用いること、ベイズ統計を用いた個体数推定に先鞭をつけたこと、資源管理のための狩猟と生態系管理のための捕獲技術専門官による個体数管理の統合的管理の必要性を指摘したこと、などに先駆的な役割があった (Kaji *et al.* 2010)。

ヨーロッパ諸国における有蹄類管理の課題として、国境や管理ユニット間を移動する有蹄類の管理が適切に行えていないこと、有蹄類の分布と管理面積のミスマッチ、個体群動態に対応した適切な捕獲数割り当ての失敗など、管理ユニットに関わる問題が指摘されている (Apollonio *et al.* 2010)。一方、我が国では管理ユニットを設定している自治体は、北海道、千葉県、神奈川県など数県に限られる。そもそも、欧米では管理対象地域の重要な単位である管理ユニットという概念が日本に欠落していることが、個体数管理の問題をより困難にしている (後述)。個体群管理の空間的な広がりを考えるうえで、DNA マッピングは個体群構造を把握して亜個体

群に区分することができるので、管理ユニットの設定や個体群管理に有効なツールである (Ou *et al.* 2014)。

シカ管理に関連した国の動き

国 (環境省と農林水産省) では、生態系や農林水産業等に深刻な被害を及ぼしているシカ、イノシシに対し、その生息頭数を 10 年後 (平成 35 年) までに半減することを目指す「抜本的な鳥獣捕獲強化対策」を 2013 年 12 月に策定し、捕獲目標達成に向けて、①鳥獣保護法見直しによる新制度導入や規制緩和等、都道府県等の捕獲活動の強化 (環境省)、②鳥獣被害防止特措法に基づく市町村等による捕獲活動の強化 (農林水産省) 等の捕獲事業を実施するとともに、捕獲従事者の育成・確保、被害防除や生息環境管理等を併せて推進することになった。この方針にそって、改正鳥獣保護法 (2014 年改正、2015 年施行) が制定され、都道府県や国は指定管理鳥獣 (ニホンジカ、イノシシ) の捕獲事業 (指定管理鳥獣捕獲等事業) を導入し、広域的、集中的な個体群管理を実施することになった。この事業では、捕獲等の許可を不要とし、一定の条件下で夜間銃猟が可能となる。また、組織的、計画的かつ安全に鳥獣の捕獲が可能となる組織を育成するため、安全管理体制を構築し、捕獲従事者が一定の技能、知識を有する捕獲事業者 (法人) を都道府県が認定する認定鳥獣捕獲等事業者制度を導入した。環境省では「階層ベイズモデル」を用いた統計的な手法によるニホンジカの全国レベルの個体数推定と将来予測を捕獲数等の既存のデータをもとに実施している (<http://www.env.go.jp/press/100922.html>、2016 年 11 月 20 日確認)。また、糞塊調査に基づくニホンジカの密度分布図の作成 (<http://www.env.go.jp/press/101522.html>、2015 年 10 月公表 2016 年 11 月 22 日確認) や全国生息分布拡大状況調査 (<https://www.env.go.jp/press/files/jp/26915.pdf>、2015 年 4 月公表 2016 年 11 月 22 日確認) を実施している。以上の情報は、国家規模での分布拡大傾向や生息密度の濃淡を把握するうえでは有益であるが、ローカルスケールで用いるには、モデルの妥当性や用いるデータの質的な検討が必要である (飯島 2017)。

農林水産省では、被害防止計画を作成した市町村に各種の支援を実施している。市町村は鳥獣被害対策実施隊を設置することができ、捕獲を行う隊員には狩猟税の減免措置がある。また、特別交付税措置の対象として市町村が実施する駆除・広報・調査研究がある。さらに、鳥獣被害防止総合対策交付金 (平成 28 年度当初:95 億円) は、柵 (金網柵、電気柵等)、ジビエ等の処理加工施設、焼却施設、捕獲技術高度化施設 (射撃場) の整備などの

ハード対策のほか、罾の購入、追払い、放任果樹の伐採などの取組、情報通信技術（ICT）等を用いた新技術の実証、捕獲活動経費の直接支援、ジビエの全国的な需要拡大のための取組など、ソフト対策が対象となっている。

林野庁では国有林（国土の20%）におけるシカ対策を非公共事業から公共事業に転換（2014年）し、森林鳥獣被害対策技術高度化実証事業で防除技術開発、治山事業（公共事業）で防護柵等の支援整備、森林整備事業（公共事業）で侵入防止柵や獣害防止資材の設置、忌避剤の散布や、餌により誘引した上で実施するわなや銃による捕獲（誘引捕獲）等（八代田 2017）を支援、鳥獣被害防止総合対策交付金で市町村が作成した被害防止計画に基づく地域ぐるみの総合的な取組等を支援している。上述したように、都道府県は環境省所管の特定計画制度に基づくのに対し、市町村は農林水産省所管の被害防止特別措置法に基づくため、2つの法律のもとで個別に関連を持たずに計画がたてられ管理が実施されている。日本では前述したように管理ユニットが定められていないため、同じ場において県と市町村の異なる主体が異なる事業を実施している現状がある。そのため、都道府県は狩猟に関するデータは収集できるが、市町村が実施している駆除に関わる一部のデータ、例えば捕獲数を除く捕獲努力量などの資料収集が困難である。新たに創設された指定管理鳥獣捕獲等事業においても、どのように事業評価のためのモニタリングを実施していくのか、検討が必要である。

シカ管理に携わる人材養成の課題

日本では、行政担当者は国、都道府県、市町村とも数年の大変短い期間で異動していくため、長期的な展望を持つことや問題解決に向けて現場で責任を持って対処することが困難な状況にある（浅田 2017）。野生動物管理は改正鳥獣保護法によって、管理に向けて法律が整い、シカ・イノシシの個体数を向こう10年間で半減させるという当面の明確な政策も掲げられた。しかし、これは通過点であって目標ではない。今回の改正鳥獣保護法は、「将来にわたって適切に機能しうる鳥獣管理体制の構築が必要」との認識のもとでなされた。日本では、捕獲の担い手を体系的に養成する仕組みを欠き、専門的捕獲技術者の必要性が求められていた（鈴木 2012；伊吾田 2015）。こうしたなか、エゾシカ協会はシカ捕獲者の技術と知識を認証するイギリスのモデルケースを参考にシカ捕獲認証制度を開始した。シカの捕獲事業を担うプロの養成として重要な一歩である。野生動物管理専門官の養成については、プログラムの検討や認証について緒に就いた段階にあり、体系だったカリキュラムは存在

しない。持続的な野生動物管理システムを構築するために、大学が包括的・体系的な教育プログラムを整備して、産官学の連携により野生動物管理専門官ならびに専門的捕獲技術者を養成することが国家的な課題として急務である。今後、野生動物管理の社会基盤を整備するために、(1)「野生動物管理学教育モデル・コア・カリキュラム」の策定、(2)履修方法の検討と教育の質の保証、(3)認定制度の創設、(4)人口縮小社会に適合した野生動物管理のシステムの構築が必要となる（梶 2015）。また、上記のような専門家や必要な知識を持った公務員の育成だけでなく、地域に密着して現地で対策を指導、実施できる人材の育成も課題である（浅田 2017）。

引用文献

- 明石信廣（2017）森林におけるエゾシカの影響を把握する。森林科学 79: 14-17
- Akashi N, Unno A, Terazawa K (2015) Significance of woody browse preferences in evaluating the impact of sika deer browsing on tree seedlings. J For Res 20: 396-402
- Apollonio M, Andersen R, Putman R (2010) Present status and future challenges for European ungulate management. In: European ungulates and their management in the 21st century. Apollonio M, Andersen R, Putman R (eds) Cambridge University Press, 578-604
- 浅田正彦（2017）シカ対策を支える人材養成の課題～研究者、行政、住民～。森林科学 79: 18-21
- Fujiki D, Kishimoto Y, Sakata H (2010) Assessing decline in physical structure of deciduous hardwood forest stands under sika deer grazing using shrub-layer vegetation cover. J For Res 15: 140-144
- Honda T (2009) Environmental factors affecting the distribution of the wild boar, sika deer, Asiatic black bear and Japanese macaque in central Japan, with implications for human-wildlife conflict. Mamm Stud 34: 107-116
- 伊吾田宏正(2015)狩猟者と専門的捕獲技術者の養成。(野生動物の管理システム：クマ・シカ・イノシシとの共存をめざして。梶 光一・小池伸介編, 講談社). 185-193
- 飯島勇人（2017）シカの個体数推定法の変遷と課題。森林科学 79: 10-13
- Iijima H, Nagaike T (2015) Appropriate vegetation

- indices for measuring the impacts of deer on forest ecosystems. *Ecol Ind* 48: 457-463
- Kaji K, Miyaki M, Saitoh T, Ono S, Kaneko M (2000) Spatial distribution of an expanding sika deer population on Hokkaido Island, Japan. *Wildl Soc Bull* 28: 699-707
- Kaji K, Saitoh T, Uno H, Matsuda H, Yamamura K (2010) Adaptive management of sika deer populations in Hokkaido, Japan: theory and practice. *Pop Ecol* 52: 373-387
- 梶 光一 (2015) 野生動物管理専門官の養成. (野生動物の管理システム: クマ・シカ・イノシシとの共存をめざして. 梶 光一・小池伸介編, 講談社). 178-184
- Kishimoto Y, Fujiki D, Sakata H (2010) Management approach using simple indices of deer density and status of understory vegetation for conserving deciduous hardwood forests on a regional scale. *J For Res* 15: 265-273
- Matsuda H, Kaji K, Uno H, Hirakawa H, Saitoh T (1999) A management policy for sika deer based on sex-specific hunting. *Res Pop Ecol* 41: 139-149
- McCullough DR, Takatsuki S, Kaji K (2009) Sika deer: biology and management of native and introduced populations. Springer
- Morellet N, Gaillard JM, Hewison AJM, Ballon P, Boscardin Y, Duncan P, Klein F, Maillard D (2007) Indicators of ecological change: new tools for managing populations of large herbivores. *J Appl Ecol* 44: 634-643
- 長池卓男・飯島勇人 (2017) アメリカ合衆国ペンシルバニア州でのオジロジカ管理に学ぶー複数の主体の協働による順応的シカ管理ー. *森林科学* 79: 22-26
- Ohashi H, Kominami Y, Higa M, Koide D, Nakao K, Tsuyama I, Matsui T, Tanaka N (2016) Land abandonment and changes in snow-cover period accelerate range expansions of sika deer. *Ecol Evol* 6: 7763-7775
- Ohashi H, Yoshikawa M, Oono K, Tanaka N, Hatase Y, Murakami Y (2014) The impact of sika deer on vegetation in Japan: setting management priorities on a national scale. *Environ Manage* 54: 631-640
- Ou W, Takekawa S, Yamada T, Terada C, Uno H, Nagata J, Masuda R, Kaji K, Saitoh T (2014) Temporal change in spatial genetic structure of a sika deer population with an expanding distribution range over a 15 years period. *Pop Ecol* 56: 311-325
- Saito MU, Momose H, Inoue S, Kurashima O, Matsuda H (2016) Range-expanding wildlife: modelling the distribution of large mammals in Japan, with management implications. *Int J Geogr Inf Sci* 30: 20-35
- 鈴木正嗣(2012) 個体群管理体制にかかわる発想転換. (野生動物管理のための狩猟学. 梶 光一・伊吾田宏正・鈴木正嗣編, 朝倉書店). 81-88
- Takeshita K, Ikeda T, Takahashi H, Yoshida T, Igota H, Matsuura Y, Kaji K (2016) Comparison of drive counts and mark-resight as methods of population size estimation of highly dense sika deer (*Cervus nippon*) populations. *PLoS ONE* 11: e0164345
- Uno H, Kaji K, Saitoh T, Matsuda H, Hirakawa H, Yamamura K, Tamada K (2006) Evaluation of relative density indices for sika deer in eastern Hokkaido, Japan. *Ecol Res* 21: 624-632
- 宇野裕之・横山真弓・坂田宏志 (2007) ニホンジカ個体群の保全管理の現状と課題. *哺乳類科学* 47: 25-38
- 八代田千鶴 (2017) シカの捕獲体制の構築と課題. *森林科学* 79: 6-9

シカの捕獲体制の構築と課題

八代田 千鶴 (やよた ちづる、森林総合研究所関西支所)

はじめに

全国各地でシカの個体数が増加しており、農林業に大きな被害を及ぼすだけでなく、森林生態系にも深刻な影響を及ぼしている。今では郊外を夜に走るとよく見かけるほど増えたシカであるが、明治から昭和初期までの乱獲により生息数が大幅に減少し、長く保護されていた歴史がある。この長い年月の間に、自然資源として身近に存在したシカを利用していった知識を失いつつあることが、シカ問題をより深刻にしているのかもしれない。従来から実施されてきた捕獲方法や捕獲者だけでは、今後も増えることが予想されるシカの影響を低減させることは難しいと考えられるため、新たな抜本的な対策が求められている。

本稿では、シカによる影響を低減するために、近年開発されてきた捕獲技術について概説し、今後のシカ管理を担う体制をいかに構築するのか、そのために取り組むべき課題について考えてみたい。

個体数管理のための捕獲技術

シカを捕獲する方法は、銃器によるものとワナを用いるものに大別できる。森林内において従来から実施されている伝統的な捕獲技術としては、前者は巻き狩り(写真-1)と忍び捕獲、後者は足くりワナ(写真-2)が代表的な方法である。これらの伝統的な方法は、趣味としての狩猟、あるいは肉や皮を入手するために古くから行われてきたものである。これらの方法では、捕獲者がシカの痕跡等を確認して捕獲を実施する場所やワナの設置場所を決める必要がある。また、シカの行動特性や周囲の地形等の環境特性を熟知するとともに、豊富な経験が必要な技術でもあるため、熟練した捕獲者になるまでにはかなりの期間を要する。しかし、狩猟免許所持者数は年々減少し高齢化が進んでいることから、このような捕獲技術を持つ捕獲者も年々減少しているのが現状である。そのため、伝統的な捕獲技術を継承する捕獲者の育成が急務である一方、現在急増しているシカによる影響を早急に低減することも必要であり、新たな捕獲技術の開発が求められるようになった。

このような経緯から、個体数管理を目的とした効率的な捕獲技術として、近年様々な方法が開発されている。こちら銃器とワナを利用するものに分けられるが、こ



写真-1 巻き狩り



写真-2 足くりワナ

これらの新たに開発された捕獲技術の特徴は、主に給餌による誘引(写真-3)を利用するところである。給餌誘引が有効な地域であれば、捕獲しやすい地点に給餌場を設置し、そこにシカを自発的に誘引することができるため、特に森林内での捕獲において労力やコスト面で効率的な技術として期待されている。銃器による方法では誘引狙撃(八代田ら 2013; 鈴木・八代田 2014)、ワナを用いる方法では囲いワナ(松浦ら 2013; 谷脇ら 2015、写真-4)が代表的な捕獲技術である。いずれも給餌による誘引を利用した方法であり、特に誘引狙撃による捕獲では大きな成果を上げている(小泉 2013)。また、給餌誘引を利用した首用くりワナも開発されており(大橋 2016)、足くりワナでは錯誤捕獲の懸念があるクマやカモシカの生息地でも利用できる。近年はICT(情



写真-3 給餌場に日中出没したシカ



写真-4 森林用囲いワナ

報通信技術) を活用したシステムも開発されており、囲いワナでは、中に入ったシカの頭数を自動でカウントして設定頭数になったら入口扉を落とすシステムや、センサーでシカの接近を感知するとメール通知され、インターネット上からモニターで撮影した映像をリアルタイムで確認しながら入口扉を落とすシステムなどが開発されている。くくりワナにおいても、シカが捕まると無線で通知するシステムも開発されており、携帯電話の電波が入る地域であれば、これらのシステムを使うことで見回り等の労力削減も期待できる。

捕獲体制の構築

このように新たに開発された捕獲技術を導入した結果、順調にシカの捕獲が進んで個体数も減少し被害も軽減した、となるのが理想的ではあるが、なかなかそうはいかないのが現実である。対象地域に適した技術を的確に選択し、確実に実施できる体制で臨まなければ、どんなに効率的とされる技術でも成果をあげることはできない。例えば、誘引狙撃による捕獲を計画したとしても、

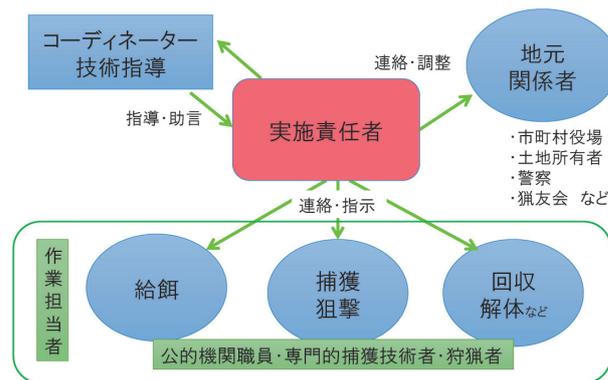


図-1 捕獲実施体制の模式図

周辺で巻き狩りが行われているとシカの警戒心が高まり、給餌場への出没が夜間に偏ってしまう。通常は夜間の発砲は禁止されている(注1)ので、この場合は狙撃ができない。また、日中にシカが出没したとしても、正確に頭頸部を狙撃できる射手がいなければ、取り逃がして警戒心を高めてしまうことになる。囲いワナでも誘引が不十分なまま捕獲を実施すると、ワナに入っていない周囲のシカが警戒してしまい、数回で捕獲できなくなってしまう状況も散見される。特定の地域でシカを低密度化させることが目的であれば、状況に応じて複数の捕獲方法を組み合わせて実施することも必要になる。新たな技術を導入しても捕獲が進まない場合は、選択した方法が対象地域に適しているのか、再検討の必要があるだろう。

もう一つ再検討の必要があるのは、捕獲の実施に際して適切な意思決定・意思疎通の体制が構築できているかである。実施体制の不備には、意思決定のプロセスが不明瞭、意思疎通ができていない、指示系統が不明確、責任の所在が曖昧、など様々なものが挙げられる。このような体制では、安全確保はもちろんのこと、長期的な観点から戦略的に捕獲実施計画を立てられず、場当たりの捕獲に終始し、シカの警戒心を高めて捕獲がますます難しくなる悪循環に陥ってしまう。このような事態を避けるためには、実施責任者を明確にする、そこを要とした指示系統ラインを徹底する、各自の役割を関係者全員で共有し意思決定プロセスを明確にすることが重要である(図-1)。神奈川県丹沢山地では、平成24年から捕獲専門職員を配置し、業務として捕獲を継続したことにより、シカの推定個体数が顕著に減少したことが報告されている(山根 2016)。また、静岡県富士山国有林では、静岡森林管理署を中心として専門的捕獲事業者による捕獲事業を実施し成果をあげている(富士宮市鳥獣被害防止対策協議会 2012)。これらの先進的な事例は、高度な捕獲技術の適用が功を奏したのはもちろんであるが、実施責任者を明確にし、専門的捕獲技術者が捕

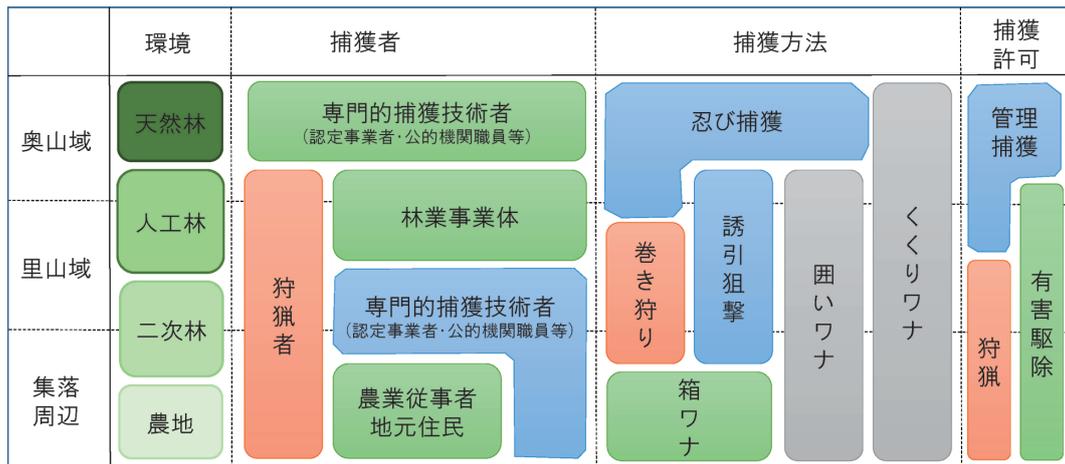


図-2 対象地域ごとの捕獲者と捕獲方法の概念図

図中の青は専門的捕獲技術者と管理捕獲を実施する際に用いる主な捕獲技術、緑は地元住民および土地所有者と有害駆除を実施する際に用いる主な捕獲技術、赤は狩猟者と狩猟に用いる主な捕獲技術、黒は全ての捕獲目的で用いられる捕獲技術

獲を担う体制を構築したことが成功の一因といえるだろう。

今後の課題

それでは、実効性のあるシカ管理をするためには、どのような体制を構築すればよいだろうか。前述のように、都道府県または国（森林管理署）が実施責任者となり、専門的捕獲技術者が捕獲を担う体制が理想ではあるが、対象地域によってはすぐに適用することが難しい場合もあるだろう。現状では、捕獲者や適用できる捕獲方法は、対象地域の環境（標高）や人材に応じて異なると考えられる（図-2）。例えば、地元住民が農地および二次林周辺で囲いワナを中心に捕獲を実施し解体処理および販売を行っている事例（三重県 2016）や、前述したように捕獲専門職員を配置し、忍び捕獲を中心とした高標高地域でのシカ捕獲を県が主体で実施している事例（山根 2016）などがある。このように、対象地域の特性に応じた捕獲者の分業体制を確立し、それぞれに適した捕獲方法を実施しながら、シカ管理を進めていくことが重要である（八代田 2013）。この場合、実施責任者は捕獲事業を発注または有害鳥獣捕獲許可を出す行政機関ということになる。現場責任者は捕獲者が担うとしても、捕獲実施計画の策定や全体の統括、さらに捕獲実施結果の検証等は、実施責任者が責任をもって担当することが実効性のあるシカ管理につながると考えられる。

これまで概観したように、現在の日本におけるシカ管理は、行政機関が責任をもって対処するトップダウン方式となっている。この方式での目標は、シカの個体数削減による被害軽減であり、今後も補助金等の税金による対策実施が主体となるだろう。一方で、持続的な資源管

理を行う場合は、地域で活動をする NPO 法人等の民間組織がシカの管理を担うボトムアップ方式が適しているとの指摘もある（梶 2015）。この方式では、前述した三重県での事例のように地域住民が捕獲を担い解体処理から販売まで行うことで、利益を地域に還元することもできる。被害対策と地域振興を連動させるためには解決すべき課題もまだ多いが（鈴木 2016）、今後はこのようにシカを資源として利用しながら管理する地域主体の組織も増えてくることが予想される。誰が責任をもって管理を行うのか。管理主体が曖昧であることが、シカ問題を解決するための足かせになっている現状がある。多様な組織がシカ管理を担う体制が構築できれば、解決に向けた突破口になるかもしれない。今後の動きに期待したい。

（注 1）鳥獣法の改正により、指定管理鳥獣捕獲等事業を実施する場合に限り、限定的に夜間銃猟の実施が可能となった。ただし、実施できるのは、夜間銃猟にかかる認定基準を満たす認定捕獲等事業者のみである。すなわち、捕獲従事者は、「夜間銃猟をする際の安全確保に関する技能の要件」のうち、射撃技術を確認する実射審査に合格する必要がある。

引用文献

富士宮市鳥獣被害防止対策協議会（2012）第7章 新たな捕獲方法の実施。平成 23 年度ニホンジカとの共存に向けた生息環境等整備モデル事業報告書，38-45
 梶 光一（2015）日本モデルの構築に向けて。（野生動物管理システム，梶 光一・土屋俊幸編，講談社）。

203-211

小泉 透 (2013) 革新的なシカ捕獲をめざして. 哺乳類科学 53: 174-177

三重県 (2016) 三重県のジビエ・フードイノベーション. 鳥獣害利活用最前線特集 3. 農耕と園藝 8月号, 22-26

松浦友紀子・高橋裕史・荒木奈津子・伊吾田宏正・池田敬・東谷宗光・村井拓成・吉田剛司 (2013) 森林用囲いわなと銃器を組み合わせた捕獲手法の有効性. 森林防疫 62: 244-249

大橋正孝 (2016) 新しい捕獲体制づくりのための新技術の開発. 森林技術 894: 11-13

鈴木正嗣 (2016) その資源化と利活用、本当に鳥獣害対策として役立ちますか? 鳥獣害利活用最前線特集 1.

農耕と園藝 8月号, 12-16

鈴木正嗣・八代田千鶴 (2014) シカ捕獲事業における体制論と手法論. 水利科学 58: 9-20

谷脇 徹・永田幸志・鈴木 透・姜 兆文・山田雄作・山根正伸 (2015) 植生保護柵を改修した囲いわなによるニホンジカの捕獲. 神奈川県自然環境保全センター報告 13: 15-24

山根正伸 (2016) ニホンジカ被害の低減—丹沢山地の森林再生に向けた新たな取組. 森林技術 894: 16-19

八代田千鶴 (2013) 日本における専門的捕獲技術者育成の現状と課題. (野生動物管理のための狩猟学, 梶光一・鈴木正嗣編, 朝倉書店), 112-119

八代田千鶴・小泉 透・榎木 勉 (2013) 誘引狙撃法によるシカ捕獲技術の検証. 森林防疫 62: 258-262

シカの個体数推定法の変遷と課題

飯島 勇人 (いゐじま はやと、山梨県森林総合研究所)

はじめに

最近、ニホンジカ (*Cervus nippon*、本稿では亜種も含めてシカとする) が増えてきて、シカによる農林業被害や交通事故が増えたと耳にすることが多いのではないだろうか。そのようなシカによる影響を減らす方策の一つとして、シカの個体数を調整することが挙げられる。そのためにはまず、シカが何頭いるのかを把握する必要がある。これまでシカなどの野生動物の個体数を推定する様々な方法が開発されてきた。本稿は、これまでに開発されてきた個体数推定法と近年盛んに用いられている階層モデルによる推定方法を紹介し、「個体数」として公表されている値の解釈に関する理解を深めることを目的とする。なお、本稿では個体数推定法の概要についての平易な紹介にとどめる。個々の推定法の詳細について興味のある読者は飯島 (2016) などを参照されたい。

これまでの個体数推定法

最も単純な個体数推定法は、ある一定面積内のシカの数に直接数える方法である。具体的には、区画法や航空機センサスなどがある。区画法は、地上で複数名の調査員が定められた範囲を踏査し、シカの数に数える。航空機センサスは、ヘリコプターなどに調査員が搭乗し、上空からシカの数に数える。利点は観測値から直接密度を算出できること、欠点はシカを直接観測しなければならないため、シカの出没状況や周囲の景観による観測誤差が大きく、費用がかかることである。

一方、個体数を間接的に推定する方法には、以下のように様々なものがある。糞粒法は糞の数から個体数を推定する方法であり、様々な測定方法があるが、一般的な方法は以下の通りである。ある調査区画を設定し、区画内のシカ糞 (写真-1) を全て取り除き、一定期間後に区画内に排泄されたシカの糞の数を数える。そして、1個体が1日に排泄する糞粒の数や消失速度などにもとづいてシカ密度を推定する (佐藤ら 2005)。シカを直接観察する必要がないのでシカの行動 (人間の気配を感じ取って逃避する等) による影響を受けにくい、推定を実施するためのプログラムとして FUNRYU (岩本ら 2000) がすでに開発されているなどの利点がある。しかし、糞の排泄量や糞の消失速度は環境によって大きく異なるため、適切な前提を置いて推定しづらい欠点があ



写真-1 野外で観察されたシカ糞

る。

距離標本法 (distance sampling) は、固定ルートを踏査あるいは低速度の車両で走行し、発見されたシカの数と調査者からの距離を測定し、距離に応じて発見確率が減少する関数 (通常複数の関数を適用し、赤池情報量基準 (AIC, Akaike 1973) によってモデル選択する) を用いて真のシカの数に推定する方法である。直接観察よりは対象動物に与える影響が少なく、林道が利用可能であれば区画法などよりも広域の個体数を推定できる利点がある。また、推定を実施するためのプログラムとして Distance (Thomas *et al.* 2010) があり、導入の敷居が低いことも利点である。ただし、調査区間に様々な景観要素が含まれる (森林や農地など) 場合に、見落とし率が変動する問題がある。

カメラトラップ法は、自動撮影カメラを一定の密度で設置し、カメラの検出角や検出可能距離、対象動物の移動速度などのパラメータから個体数を推定する方法である (Rowcliffe *et al.* 2008)。区画法と異なり対象動物の行動を阻害しない、航空機センサスよりも見落としが発生しにくい、近年自動撮影カメラの価格が低下しているなどの理由から、研究例が増加している。その一方で、自動撮影カメラによる動物の検出率が設置条件やカメラによって変動するため、それを考慮したデータ収集や解析が必要であるという意見もある (Burton *et al.* 2015)。また、当該地域のシカの移動速度を知るために、GPS 首輪などを装着したシカの行動データが別途必要となる。

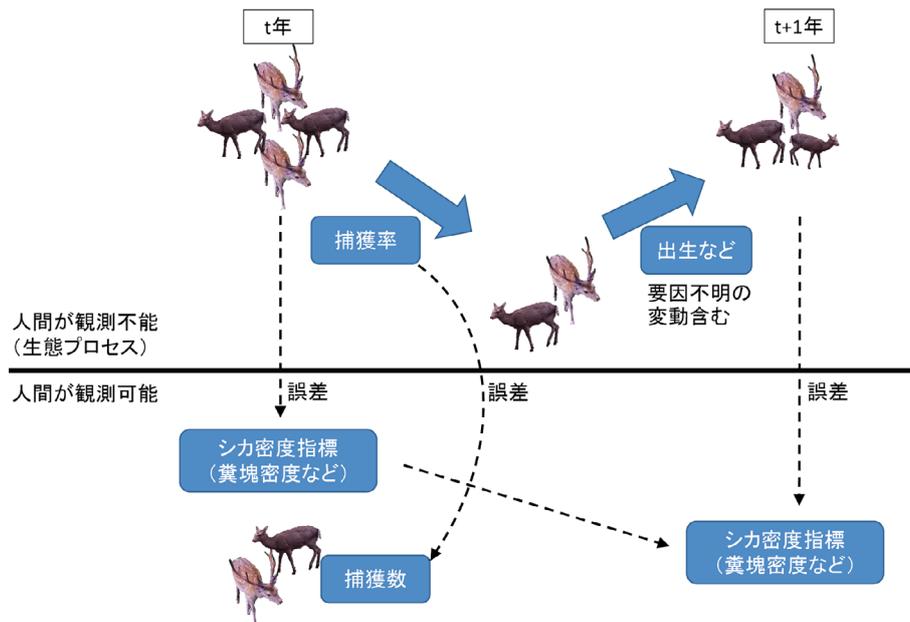


図-1 シカの個体数を推定するための階層モデルの一例

上記の推定法はいずれも、何らかのデータから調査時点でのシカの数や個体数を推定する方法である。しかし、実際にはシカは捕獲によって減少したり出産などによって増加したりしている。このような、シカの生態学的な動態の過程（以下、生態プロセス）を考慮しないと、推定される数が過小または過大になることがある。以下では、シカの生態プロセスを考慮した推定方法を紹介する。

生態プロセスを考慮した推定として、日本では適用例が多くないが、年齢別捕獲数によるコホート解析 (Ueno *et al.* 2009) が挙げられる。データとして、捕獲個体を年齢別で調査し、年齢別の捕獲数を算出する。具体的には、以下の通りである。まず、 t 年の最高年齢の捕獲個体数はその年齢まで生存した全個体数に等しいと仮定する。続いて、[1年前の最高年齢 - 1歳]の個体数は、今年の最高年齢の捕獲個体数と[1年前の最高年齢 - 1歳]の捕獲個体数の和を一年前の個体あたりの生存率で除すことで求めることができる。これを0歳になるまで続けることで、個体数と生存率（データに応じて、年差や年齢差を無視する場合もある）を推定する。この推定では、個体の移出入がないことを仮定する必要があり、シカのように比較的寿命が長い生物の場合は長期間の年齢別捕獲数データが必要となる。

Harvest-based モデルは、生態プロセスとして捕獲による個体数の減少を組み込んだモデルの総称である。元々漁業の分野で利用されていたが、シカの個体数推定にも用いられつつある（例えば Matsuda *et al.* 2002）。用いるデータは、対象動物の捕獲数と個体数（以下、密度指標とする）である。

これらの推定法は、シカの生態プロセス（出産や死亡など）を考慮できる点で優れている。しかし、生態プロセスをつかさどるパラメータを数多く設定しなければならない。これらのパラメータに関するデータを有している場合はデータの情報を用いることも可能だが、データの観測誤差は考慮できない。さらに、これらは空間非明示のモデルであるため、島嶼などの場合を除き推定対象とする個体群の範囲を定義しにくいという欠点もある。

階層モデル

そのような中、近年注目されているのが階層モデルによる個体数推定である。階層モデルとは、観測の背後にある、推定したい対象の状態に関する過程（生態プロセス）と、対象の状態に依存した観測過程を分離して扱い、観測されるデータを説明するモデルである（深谷 2016）。つまり、生態プロセス（例えば、シカの個体群動態）に基づきつつ、データに含まれる観測誤差（野外調査での個体の見落としなど）も明示的に取り扱える。このような特徴から、階層モデルは近年、シカの個体数推定に用いられるようになってきている（例えば Iijima *et al.* 2013; Iijima and Ueno 2016）。階層モデルはその性質から、非常に広範なモデルを含みうる。そのため、「シカの個体数推定に階層モデルを用いた」と記述されている場合であっても、その内容はモデルによって異なる。シカの個体数推定のための階層モデルの一例を、図-1に示す。

階層モデルの中で、シカの個体数推定に特に重要なものに統合個体群モデル (Kéry and Schaub 2016) が

ある。このモデルでは、生態プロセスをつかさどる複数のパラメータそれぞれについて個別のモデルを構築することで、推定精度を高めることができる。例えば図-1ではデータは密度指標と捕獲数のみだが、妊娠率などのデータがあれば、図-1における出生などによる個体数の増加率の推定の際に考慮できる。また、密度指標を複数種類収集している場合は、それらの指標の不確実性を考慮できるため、特定の指標が極端な値を示してもその影響を受けにくくなる。例えば、出猟カレンダーによる目撃効率は特に誤差が大きいと考えられるため、目撃効率のみを密度指標とするべきではない。その一方で、出猟カレンダーは比較的低予算で広範囲から情報を得ることができる。そのため、出猟カレンダーを広域で収集し、精度が比較的高いデータを何点が収集し、それらを組み合わせることで効率的な個体数推定が可能となる。GPSによる行動データや自動撮影カメラによる季節間の利用頻度データがあれば、個体数の季節変動も推定できる可能性がある。また、同一の調査を対象生物が移出入しないくらい短い時間で繰り返すことで、発見率を考慮した個体数推定を行うこともできる。調査設計によっては、調査者や天候などによる発見率の違いも推定できる。

ベイズ主義に基づいて階層モデルのパラメータを推定するためのソフトウェアも、近年は充実しつつある。かつてはWinBUGS (<http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/software/bugs/the-bugs-project-winbugs/>、2016年11月8日確認)が主に用いられていたが、WinBUGSは名前の通り基本的にWindowsでしか使用できないこと、開発が停止しておりプログラムも非公開であることから、現在では使用は勧められない。現在は、JAGS (<http://mcmc-jags.sourceforge.net/>、2016年11月8日確認)とStan (<http://mc-stan.org/>、2016年11月8日確認)が主に利用可能である。JAGSはWinBUGSと親和性が高く、WinBUGSで用いるBUGS言語で記述したモデルがほぼそのまま使用可能であること、並列計算が可能であること、導入が容易であることが利点である。一方Stanは、導入がやや困難であり、モデルの記法も若干複雑であるが、収束に至るまでの計算回数が少なくすむことが利点である。

このように様々な利点と発展性を有する階層モデルだが、注意点もある。階層モデルはモデル構造を柔軟に決定できるが故に、複雑になりやすい。そのようなモデルのパラメータ推定は、ベイズ主義の立場で行われることが多い。ベイズ主義はどのようなモデルでも一貫した手

続きで推定を行える、パラメータの不確実性を推定できるという利点がある一方、全てのパラメータに事前分布を必要とする。事前分布の設定によっては、本来推定できないパラメータを推定したかのように見せることも可能である。例えば、取り得る範囲の狭い事前分布を一部のパラメータに設定することで、データにそのパラメータに関する情報がほとんど含まれていなくても推定値を示すことができる。もちろん、データ不足といった理由から、事前分布に強い情報を与えて推定を行うことも現実的にはあり得る。そのため、「階層モデルを用いて推定されたシカの個体数」については、モデルの構造や事前分布を開示した上で、その値の妥当性について慎重な評価が必要である。評価には当該分野に精通した研究者の意見が不可欠であるため、そのような助言者を確保することが難しい場合、あるいはすでに査読付き論文として科学的な評価を受けている階層モデルでない場合、その階層モデルによる個体数推定結果を用いることは、研究であれ実務であれ勧められない。

今後の課題

これまで述べたように、シカの個体数推定は様々な種類がある。では、どの方法を用いるべきなのだろうか？それは、個体数推定をする目的、利用可能なデータ、予算、推定したい空間的範囲によって異なる。階層モデルを使いたいと思っても、ある程度捕獲数や密度指標が蓄積されており、かつモデルを構築してパラメータ推定を実施する能力を持った人がいなければ推定できない。カメラトラップ法を実施したいと思っても、必要な台数のカメラを購入できないかもしれない。このように、現実には様々な制約が存在する。そのため、上記の点を考慮して個体数推定法を選択する必要がある。空間的な範囲に応じた個体数推定法を表-1に整理したので参考にしてほしい。

現状ではどのような個体数推定法を用いても、完全に正確な推定とはならない。そのため、特に実際の管理においては、シカの数を把握することは重要だが、シカの数の絶対値というものがどのような仮定あるいは制約の下で算出されているのかに注意し、シカの数の大小のみに一喜一憂すべきではない。場合によっては、個体数を推定するのではなく、密度指標を収集するのみでも目的を達成できるかもしれない。また、シカの数と農林業被害や生態系への影響が比例関係にあるとも限らない。シカの数を管理すると同時に、農林業被害や生態系への影響が低減しているかモニタリングする必要がある。

表-1 個体数推定法と適用可能範囲
HB モデル：Harvest-based モデル

個体数を 知りたい範囲	データの蓄積		
	～3年	3年～	10年～
～数 km ²	区画法 航空機センサス 糞粒法 カメラトラップ法	同左	同左
数 km ² ～数 10km ²	距離標本法	HB モデル 階層モデル	HB モデル 階層モデル
数 10km ² ～		HB モデル 階層モデル	コホート解析 HB モデル 階層モデル

引用文献

- Akaike H (1973) Introduction theory and an extension of the maximum likelihood principal. In: 2nd International Symposium on Information Theory. Petrov BN, Csaki F (eds) Akademiai Kiado, 267-281
- Burton AC, Neilson E, Moreira D, Ladle A, Steenweg R, Fisher JT, Bayne E, Boutin S (2015) Wildlife camera trapping: a review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *J Appl Ecol* 52: 675-685
- 深谷肇一 (2016) 状態空間モデルによる時系列解析とその生態学への応用. *日生誌* 66: 375-389
- 飯島勇人 (2016) シカ類の個体群動態の推定における状態空間モデルの有用性. *日生誌* 66: 351-359
- Iijima H, Nagaike T, Honda T (2013) Estimation of deer population dynamics using a Bayesian state-space model with multiple abundance indices. *J Wildl Manage* 77: 1038-1047
- Iijima H, Ueno M (2016) Spatial heterogeneity in the carrying capacity of sika deer in Japan. *J Mamm* 97: 734-743
- 岩本俊孝・坂田拓司・中園敏之・歌岡宏信・池田浩一・西下勇樹・常田邦彦・土肥昭夫 (2000) 糞粒法によるシカ密度推定式の改良. *哺乳類科学* 40: 1-17

- Kéry M, Schaub M (2016) BUGS で学ぶ階層モデリング入門—個体群のベイズ解析— (飯島勇人・伊東宏樹・深谷肇一・正木 隆, 訳). 共立出版
- Matsuda H, Uno H, Tamada K, Kaji K, Saitoh T, Hirakawa H, Kurumada T, Fujimoto T (2002) Harvest-based estimation of population size for sika deer on Hokkaido Island, Japan. *Wildl Soc Bull* 30: 1160-1171
- Rowcliffe JM, Field J, Turvey ST, Carbone C (2008) Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *J Appl Ecol* 45: 1228-1236
- 佐藤宏明・神田奈美・古澤仁美・横田岳人・柴田勲 (2005) 奈良県大台ヶ原における糞粒法によるニホンジカの生息密度推定とその問題点. *保全生態学研究* 10: 185-193
- Thomas L, Buckland ST, Rexstad EA, Laake JL, Strindberg S, Hedley SL, Bishop JRB, Marques TA, Burnham KP (2010) Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *J Appl Ecol* 47: 5-14
- Ueno M, Matsuishi T, Solberg EJ, Saitoh T (2009) Application of cohort analysis to large terrestrial mammal harvest data. *Mamm Stud* 34: 65-76

森林におけるエゾシカの影響を把握する

明石 信廣 (あかし のぶひろ、北海道立総合研究機構林業試験場)

はじめに

日本各地の森林においてシカが増えすぎて、これまで咲いていた花が見られなくなった、樹皮を剥がれて樹木が枯れている、などさまざまな影響が報じられるようになった。しかし、これまでの情報は断片的で、森林にどのような影響が生じているのか、それはどのくらいの範囲に広がっているのか、客観的なデータとしては把握されていなかった。そのため、森林におけるシカ対策として、被害を受けた植林地で柵が設置されたり、国立公園などで樹皮剥ぎを防ぐために単木的にネットが設置されたりしているものの、対策内容に限られ、全体的な問題を解決するようなものではなかった。影響の全体像が把握されなければ、シカの個体数管理を含む効果的な対策の検討も、そのための予算の確保も難しい。

日本の森林は、人が植栽した「人工林」と、自然に共生した樹木からなる「天然林」に分けられる。天然林において、在来種のシカが樹木の枝葉などを食べて多少の影響を及ぼすのは本来の自然の一部であると言えるだろう。しかし、森林を構成する樹木の世代交代が阻害され、土壌が流出するほどの影響は、自然の変動の範囲を超えてシカが増えすぎたために生じた悪影響であると考えられる。一方、木材生産を目的として費用をかけて造成した人工林におけるシカの影響は「被害」として捉えられる。シカに繰り返し枝葉を食べられて植栽した苗木が枯れてしまう場合もあれば、ある時点でシカに枝を食べられた苗木でも、その後の成長によって影響がほとんど問題にならない場合もある(写真-1)。多くの森林所有者は、シカが生息することによる多少の影響は許容するであろう。しかし、幹のわずかな樹皮剥ぎも、数十年後には材の腐朽を引き起こすとすれば、経済的な被害は大きくなる。このように、長い時間をかけて変化する森林におけるシカの影響は複雑であり、現時点で「被害」を判定する明確な基準は無いと言って良い。

近年、いくつかの地域において、広域での影響を把握するための指標が開発されつつある。ここでは、北海道の森林におけるエゾシカ(これ以降はシカとする)の影響を把握するための手法と体制について紹介する。

人工林における影響調査

人が植栽した人工林であっても、収穫まで長い年月を



写真-1 エゾシカに食べられて盆栽状になったカラマツ(2014年5月、北海道浦幌町)
カラマツは枝を食べられても枯れずに少しずつ樹高成長を続ける。

要するなかで、毎年何らかの作業が必要なわけではないため、被害が発生しても直ちに気付かない場合が多い。また、統計資料として森林被害報告が毎年とりまとめられているが、森林所有者からの自主的な申告に基づくものであるため、報告の挙がっていない地域にはシカの影響はないのか、客観的な情報として利用するには課題があった。

ほぼ同じ大きさの苗木が植栽される人工林では、枝を食べられた木の割合や、樹皮を食べられた木の割合を「被害率」として示すことができる。これはただちに経済的な被害を意味するわけではないが、その林分でのシカの影響の強さを反映していると考えられる。そこで、北海道では、2006年より「人工林食害痕跡調査」として全道的な調査を開始した。北海道の林務関係職員が、下刈作業の現地確認、監督、検査等の業務にあわせて実施したもので、シカが生息しない離島を除く北海道全域の民有林のうち森林整備事業及び治山事業により下刈を実施した人工林を対象としている。調査箇所毎に、連続する50本の植栽木について、角こすり、樹皮や頂芽の食害の有無等が記録された(明石 2009)。2012年からは、森林整備事業等による事業が実施された民有林では、造

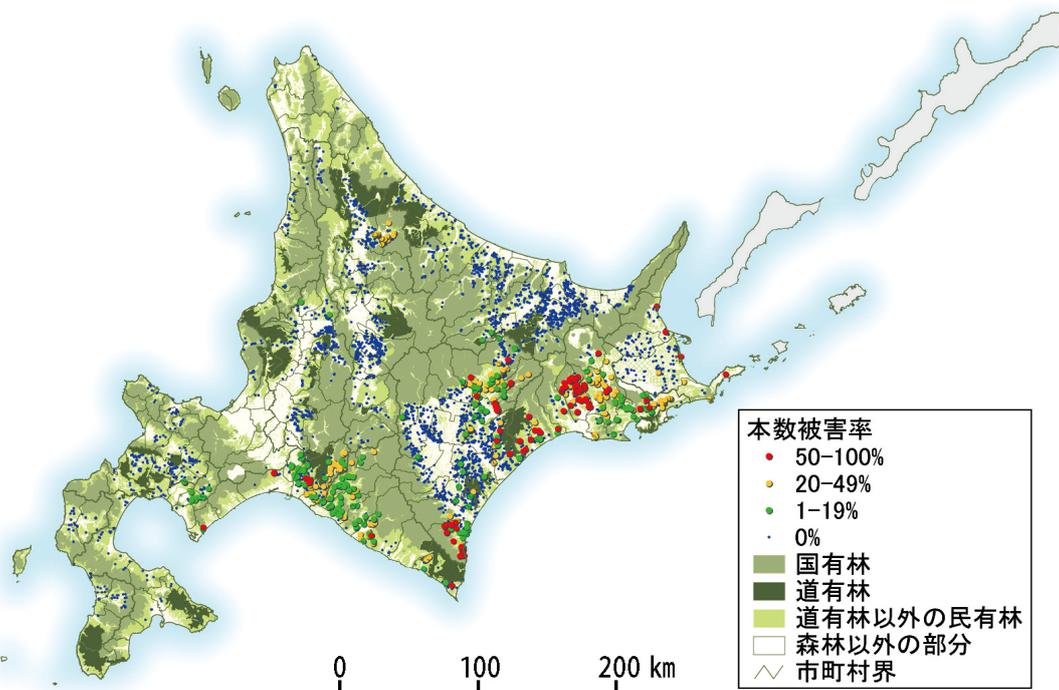


図-1 1～5年生カラマツ人工林における2014年のエゾシカ被害
(北海道及び北海道森林管理局の資料をもとに作成)

林事業竣工調書に被害率を記載することになり、報告される箇所数が大幅に増加した。また、幼齢林だけでなく全道民有林の人工林についてシカの被害率が把握されるようになった。

2014年2月には、国有林と民有林が連携してエゾシカによる森林被害対策を効果的に進めるため、北海道森林管理局、北海道水産林務部、北海道立総合研究機構林業試験場が「エゾシカ森林被害対策連絡会」を設置し、情報共有を図って一体的に対策を進める体制が作られた。国有林では、後述するように、天然林、人工林を問わず「エゾシカ影響調査・簡易チェックシート」による調査が行われ、人工林では被害率が把握されていた。そこで、2012年度の調査結果から、カラマツ類、トドマツやアカエゾマツなどの常緑針葉樹、広葉樹について、国有林と民有林それぞれの人工林被害の状況を一元化した「エゾシカ森林被害マップ」が作成され、北海道水産林務部森林整備課及び北海道森林管理局のエゾシカ対策のホームページで公表されている。図-1に5年生以下のカラマツの調査結果を示す。被害率の高い地域や被害のみられない地域が一目瞭然である。

天然林への影響

北海道の天然林は、近年までほとんどが天然林施業の対象とされ、現在も林業の場として認識されている。その天然林において、樹皮剥ぎによる枯損や稚樹の採食による後継樹の欠如は「被害」と捉えられることもあるため、シカによる影響評価の手法確立が求められている。

しかし、天然林には原生的な森林や過去に伐採された二次林、山火再生林などさまざまな林分が含まれており、さらに北海道の天然林の多くはササ類に覆われて稚樹が少ない場合もある。そのため、人工林の被害率のような分かりやすい指標がなかった。

ササ類の多い森林でも、シカの影響が少なければある程度の稚樹は生育しており、稚樹の本数を指標にするのは難しいが、稚樹の食痕は観察可能であると考えられたことから、多様な樹種を含む広葉樹稚樹のうちシカの食痕のある割合を食痕率として、天然林へのシカの影響度の指標にできないか検討されている。Akashi et al. (2011; 2015) は、トドマツ人工林内ではあるが、食痕率を用いて広葉樹稚樹への影響を評価した。樹種によってシカの嗜好性に違いはあるが、多くの樹種に対して中程度の嗜好性を示していたことから、樹種を区別しなくてもおおよその評価が可能であることが示されている。

2009年度から北海道森林管理局が開始した「エゾシカの立木食害等が天然更新等に与える影響調査」では、全道の国有林に調査区が設定され、樹木の樹皮剥ぎだけでなく、稚樹や草本の食痕も詳しく記録されている（畠中 2016）。新しい食痕は最近のシカの影響を、古いものも含む樹皮剥ぎは過去からのシカの累積的な影響を示すと考えられるが、シカの影響によって稚樹が消失した森林では稚樹の食痕を調査することができない。また、チシマザサが密生する北海道北部など地域ごとの条件の違いもあり、調査結果から容易に算出できる指標につい

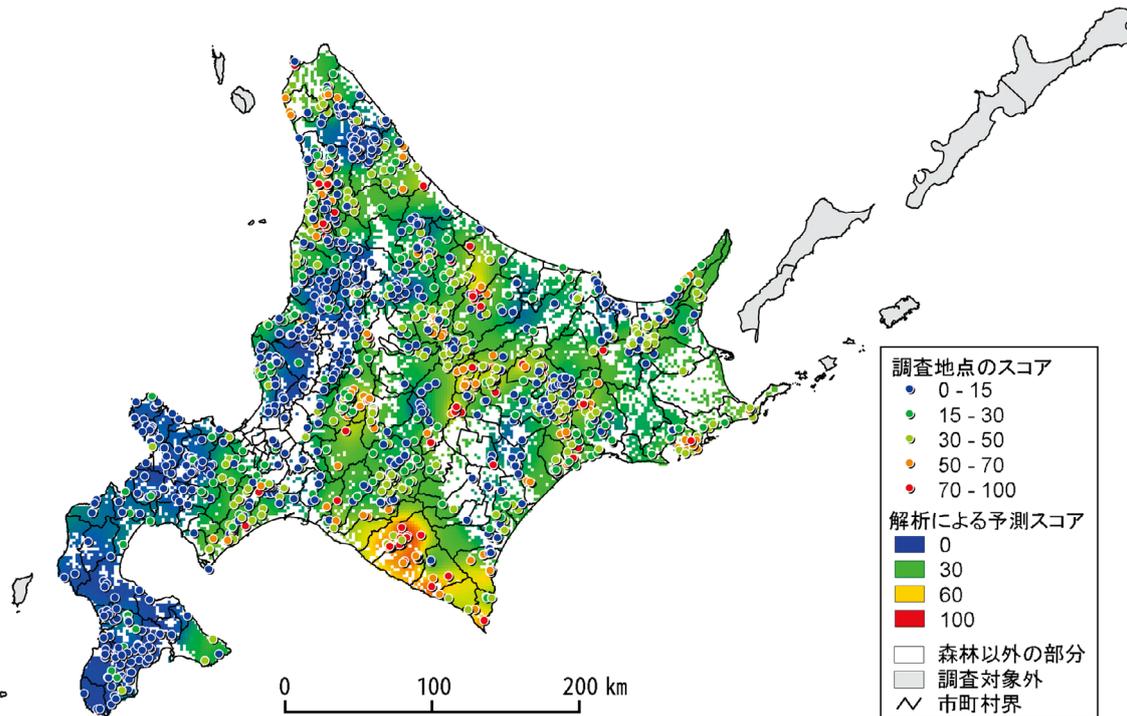


図-2 簡易チェックシートによる天然林へのエゾシカの影響評価 (2015年)
(北海道ほか 2016 を改変)

ては現在も検討が続いている。

調査区の設定など作業量が多いものや、多くの植物種を識別する必要がある調査は、林業の現場に近い多くの職員にとって実施するのが難しい。そこで、天然林への影響を評価するより簡便な手法として、簡易チェックシートが作成され、2010年から天然林、人工林を問わず実施されている。シカの食痕や足跡、糞などの有無などをチェックするものであるが、そのままではチェックされた結果の解釈、比較が難しい。そこで、樹皮剥ぎ、稚樹などの枝葉の食痕、ササの食痕、シカの足跡、糞、シカ道の6項目について、多重対応分析を行ったところ、シカの影響の強さを示すと考えられる一つの軸に換算することができ、この結果から北海道全体のシカの影響を示す地図が作成された(明石ら 2013)。

この手法は2014年から民有林でも活用されるようになった。多重対応分析の結果をもとに点数を換算し、現在では簡易チェックシートの記録から直接100点満点でシカの影響を評価することになっている(図-2)。評価を継続することで、近い将来にはシカの影響が現在よりも軽減された地域が図示されるようになることを期待している。

簡易な調査であっても、その手法の基盤となる科学的な根拠を示すことは重要である。簡易チェックシートと詳細調査の結果を比較することにより、簡易チェックシートの評価結果が森林のどのような状態を意味するの

か、さらに研究を積み重ねていく必要がある。

現在の影響と累積的な影響

これまでの研究から、シカの増加とともに、まず足跡や食痕などの痕跡が増加し、やがて下層の植生が減少して採食ラインが形成されていくことが分かっている。北海道の森林では、シカの個体数管理によって、下層植生が消失するような顕著な影響を回避したいと考えており、そのためには食痕や足跡など、よく注意しなければ気付かない痕跡を記録していくことが重要である。北海道の簡易チェックシートでは、調査時点での影響を知るため、おもに比較的新しい食痕や樹皮剥ぎ、足跡などを記録することとなっている。しかし、すでに下層植生が著しく影響を受けた森林では、食痕の調査対象となる稚樹などがほとんど存在しない場合があり、評価が難しい。

一方、シカの影響がどのレベルまで進行したかを知るには、稚樹の減少や下層植生の消失など、シカの影響が積み重なった結果として生じる状態を調査する必要がある。例えば、兵庫県を中心に実施されている森林下層植生衰退度調査では、下層植生の植被率を重要な指標としている(藤木ら 2014)。これは、調査時点での影響の強さよりも、累積的な影響のレベルを示すものであると考えられる。

このように、シカによる森林への影響を示す指標には、累積的な影響のレベルを示すものと、現在の影響の強さ

を示すものがあることに留意し、目的に応じて使い分けることが重要である。

簡易調査の特性を踏まえた活用

北海道では、人工林の影響調査、簡易チェックシートを用いた天然林の影響調査として、多数の林業関係者や林務行政関係者が調査した結果を収集し、地図化する体制をとっている。多くの人からデータの提供を受けることで、広大な北海道の森林についてシカの影響の全体像が示されるようになったのは、シカ対策における大きな進歩であろう。そのために、調査項目は非常に簡素化されている。簡素な調査でも多地点で実施することにより、その地域における影響が示されると考えている。

兵庫県等における森林下層植生衰退度調査では、比較的限制された調査者が適切に評価をすることを前提として、調査地点間を補間する逆距離加重法 (IDW) という手法で地図化されている (藤木ら 2014)。一方、北海道の簡易チェックシートによる天然林の影響評価では、各地点では調査時にシカの糞が見つかったかどうかといった偶然に左右され、その地域におけるシカの影響を必ずしも正しく反映していない可能性があるが、ばらつきのあるデータを多数集めて、周囲での結果も考慮して評価するクリギングという手法で地図化している (明石ら 2013)。また、食痕の有無を記録するには、正確な識別技能が求められる。この技能が高まることで、実態にほぼ変化がなくてもシカによる影響のスコアが高まることもある。そのため、エゾシカ森林被害対策連絡会では毎年シカの影響を評価する手法についての研修会を実施し、関係職員の技能向上に努めている。多数の関係者による評価とそのための研修によって、より多くの関係者がシカの影響への関心を高め、将来のシカ対策につな

げることができれば、評価の結果よりも大きな成果であるといえよう。

引用文献

- 明石信廣 (2009) 幼齡人工林におけるエゾシカ食害の発生状況とエゾシカ生息密度指標との関係. 日林誌 91: 178-183
- Akashi N, Unno A, Terazawa K (2011) Effects of deer abundance on broad-leaf tree seedling establishment in the understory of *Abies sachalinensis* plantations. J For Res 16: 500-508
- Akashi N, Unno A, Terazawa K (2015) Significance of woody browse preferences in evaluating the impact of sika deer browsing on tree seedlings. J For Res 20: 396-402
- 明石信廣・藤田真人・渡辺 修・宇野裕之・荻原 裕 (2013) 簡易なチェックシートによるエゾシカの天然林への影響評価. 日林誌 95: 259-266
- 藤木大介・酒田真澄美・芝原 淳・境 米造・井上徹夫 (2014) 関西 4 府県を対象としたニホンシカの影響による落葉広葉樹の衰退状況の推定. 日緑工誌 39: 374-380
- 畠中寿明 (2016) 北海道森林管理局におけるエゾシカ対策一捕獲事業の推進とエゾシカ影響調査について. 北方林業 67: 93-96
- 北海道・北海道森林管理局・北海道立総合研究機構 (2016) エゾシカによる天然林への影響評価【2015 (H27) 年】
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/srs/H26tennenrinneikyohyouka.pdf> (2016 年 11 月 22 日確認)

シカ対策を支える人材育成の課題

～研究者、行政、住民～

浅田 正彦 (あさだ まさひこ、合同会社 AMAC)

はじめに

シカなど獣害対策にかかわる人材不足の問題は、例えば、2006年の鳥獣保護法の改正における第164回国会の参議院附帯決議のなかで、「鳥獣保護管理等を担う専門的知識・技術を有する人材の育成・確保を図るとともに、行政機関においても、そのような人材を適切に配置すること。」と指摘されている。このように問題が明らかになってから年月を経ているにもかかわらず、現在のところ、実効的な人材配置が全国の被害現場で達成されているとは言いがたい。むしろ、シカ分布域の拡大とともに人材を必要とする地域は急増しており、事態は悪化していると言わざるをえない。全国的に関心が高まっている「シカ問題」は農林作物被害や自然植生への影響であるが、筆者の所属する合同会社 AMAC では主に前者の農林業被害対策を業務としている。本稿では、この農林業被害を引き起こすシカ問題を解決するため、人材をどのように地域で育成し、配置していくのか、行政や研究者としてどのような資質が必要なのかについて、筆者がシカなど獣害対策の現場対応をしている業務の中で感じていることを述べたい。まず、そもそも誰が獣害対策をすべきなのだろうか。野生動物は我が国の法制上、所有者が不在の無主物（民法第239条1項）とされ、それらによる獣害は、一般に特定の加害者が存在しない自然災害の一つとして取り扱われている。自然災害の一つである地震などの災害について、国は「自助」「共助」「公助」の3つの主体に整理している（内閣府・消防庁・気象庁 2004）。獣害対策についてもこの分類により問題を整理するのが都合よく（浅田 2014、図-1）、本稿でもこの観点からそれぞれの課題について記述したい。

市町村担当者の業務量と能力（公助の課題）

シカ問題にかかわる鳥獣行政の主体は、環境省の「鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律」（鳥獣保護管理法）の特定鳥獣管理計画を立案して個体群（数）管理を行う都道府県とされている。しかし、「鳥獣による農林水産業等に係る被害の防止のための特別措置に関する法律」（以下、鳥獣害特措法とする）が2008年に農林水産省により施行されて以来、地域の実質的な

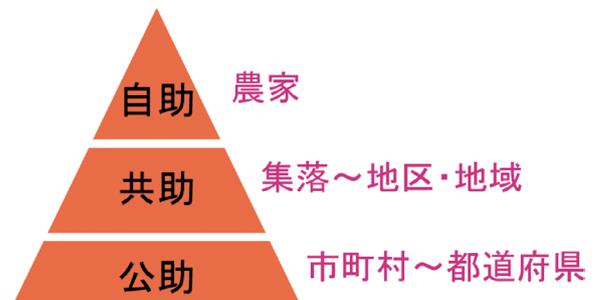


図-1 獣害対策の主体の整理

シカ対策の主体は市町村となっている。これは、鳥獣害特措法が、予算措置と人材配置を大きな柱としており、防護柵の設置や捕獲ワナの貸し出しなど実質的な対策は市町村単位で行われているからだ。一方、環境省による鳥獣保護管理法では、とくにその前身である「鳥獣保護及狩猟二関スル法律」（鳥獣保護法）においては対策を行う予算措置も人材配置もほとんどなかったが、2014年度の法改正によりいくつかの自治体で市町村が捕獲を行わないような地域に限定して（いわば、すみわけして）、指定管理鳥獣捕獲等事業が実施され始めている。この環境省の事業については、現時点では、総括して評価できるほど時間が経過していないことから、本稿では取り扱わない。

シカ対策の実務を行う市町村担当者は1～2名のところが多く、シカ対策以外の多くの業務を担当しており、その業務負担は過剰な状態となっていることが多い。筆者が加盟している一般社団法人ふるさとけものネットワークが2015年度実施した全国の市町村における鳥獣害対策担当者向けのアンケートによると、「地域で自立して、無理なく進められる持続可能な体制が構築されていますか？」という問いに対し、半数近くの市町村ができていないと回答し、その背景には担当者の膨大な業務負担があると分析された（一般社団法人ふるさとけものネットワーク 2016）。また、農林水産省補助事業として実施された、上記とは別の全国の市町村における鳥獣害対策担当者向けアンケート調査（株式会社野生動物保護管理事務所 2014）によると、市町村担当者の専門が鳥獣被害や農林業関係である人は少なく、7割が「専門なし」や「一般事務」となっていた。市町村の公務員で

ある担当者は2～3年での異動が一般的である。このように短期間で異動し、専門知識がなく、業務が多忙な担当部署において、シカ対策に理解のある人材をどうやって確保、育成、支援すべきであろうか？

ひとつの可能性は、自治体内（とくに、予算配分をする財政部局、議会対応を行う課長以上首長までの各ポスト）で獣害問題を重要な行政の施策として位置付け、専門知識を持つ職員を例外的にポストに長く従事させるやり方である。例えば、長野県小諸市では非常勤職員として獣害対策を行っていた職員が、正職員として採用された。小諸市では現在、獣害対策の重要性和専門家の関与の必要性について、多くの市議会議員や市役所内の管理職における理解が深まっている。担当者らが根気よく説明し続け勝ち取った結果である。また、福井県鯖江市では、担当者による業務が評価され、市役所の農林政策課内に「鳥獣害のない里づくり推進センター」が設置され、専門的な業務が開始されている。両事例とも、専門的知識を持ち、さらに公務員として住民や庁内調整能力が長けている、いわゆる「スーパー公務員」といえる方々だからこそできたことといえる。そのような人材のいない多くの市町村で、何もせず自然発生的にそのような優秀な人材が現れることを期待するのは難しいだろう。

現在、農林水産省は市町村担当者を対象に「地域リーダー育成研修事業」の研修会を実施している。その内容は、「集落診断調査の指導、診断に基づく対策手法の提案を行うとともに、地域の合意形成」を行うことである。市町村職員として地域での合意形成手法の習得はもちろん必要であるが、それ以前に、自治体庁内における合意形成の不足が、対策が進まない障壁となっていることが多い。また、年1回の研修だけで、このような合意形成にかかわる行政技術を習熟することは難しい。

一方、民間レベルでは、一般社団法人鳥獣管理技術協会は「鳥獣管理士」資格制度にもとづき、獣害対策に関わる技術的能力の認証を2014年から開始している。また、一般社団法人エソシカ協会では、「シカ捕獲認証制度」を2015年に開始し、捕獲技術者の技術認証を行っている。さらに地域に根付いた獣害対策に向けて、一般社団法人ふるさとけものネットワークでも、市町村の獣害対策担当者を対象とする行政研修を2016年から実施している。このように高度な専門技術講習および実習とその認証が民間レベルで連続的に実施されることによって行政担当者の技能の向上が図られつつある。これらの研修を経た公務員を担当部局に一定以上の人数を配置するような仕組みに、鳥獣保護管理法や鳥獣害特措法を改正すべき段階にきている。

もう一つの可能性は、異動が多く、専門知識がなく、

多忙である自治体担当者の特性を踏まえ（もしくは、半ばあきらめて）、外部の獣害対策の専門家・専門組織が継続的に支援する体制を作っていくやり方である。前述の市町村アンケート（一般社団法人ふるさとけものネットワーク2016）では、市町村担当者に適切なアドバイスをする専門家の不足も指摘されており、この分野での人材不足も課題となっている。まず、地元の鳥獣害の専門家が市町村に恒常的にアドバイスできる仕組みづくりと予算措置が必要と考えられる。鳥獣害特措法では、例えば各市町村において、被害防止計画に基づく捕獲や防護柵の設置などの実践的活動を担う「鳥獣被害対策実施隊」の設置を推進するため、農林水産省は、同隊を設置した市町村に対する交付金の配分を多くするインセンティブを設けている。その結果、各自治体では実施隊の設置が進んできた。このように市町村の鳥獣行政の包括的なアドバイザーとして、専門組織に委託できるように促す仕組みづくりが必要である。ただし、この専門家・専門組織が未だ全国的に多くないため、一般社団法人ふるさとけものネットワークでは、各都道府県に継続的に市町村担当者へ専門的支援ができる「獣害の町医者（浅田2014）」を各地で育成し、技術支援を試みている。2015年度以降、「けもの塾」という専門講座（2016年度は初級編3泊4日を1回、中級編1泊2日を2回）を開講している。

では、上記のような市町村行政で求められている業務を遂行できる鳥獣害の専門家には、どのようなスキルが必要だろうか。次項では、森林科学の研究者がこの専門家へと「脱皮」するために必要なスキルについて考えてみる。

シカ対策を進めていく上で求められる専門家のスキル

シカなどの獣害は、地域固有性が高く、集落単位で別々の課題が存在する。当然、それらに対する適切で継続的な解決方法も地域によって異なってくる。これを踏まえて、対策を支援する専門家として、知識と経験に関わる3つの必要条件があると考えている。一つ目は、森林科学や野生動物管理学などのシカや森林側の専門知識があること、二つ目は、対策を行う地域の地理的条件、社会的事情、法制度、農村社会の現状と課題などの人間側の問題への精通、そして三つ目は捕獲技術、防除技術、ファシリテーション技術（後述）、地理情報分析といった各種獣害対策技術への習熟と深い経験である。

支援業務に対する姿勢については、対策を行う行政や地域住民に対して「継続的に」的確にアドバイスできることが求められている。たとえ謝金などの予算措置がなくても、その地域に根ざした行政へのかかわりが求めら

れる。とくに地域の県立大学や試験場に籍を置く研究者には、その地域での支援のプロとなってほしい。各地域での固有の根深い問題を地に足をつけて解きほぐすことができるのは、そこにいる人間だけなのだ。地域の実情も分からず中途半端な状態で他県から地域に招かれ、自分が知っている絵に描いた餅を示すだけの講演会では、地域ごとの被害対策にまったく寄与しない。

研究者としての潜在的な欲求として、一流国際雑誌に掲載されるように最新技術や考え方を追求する側面がある。しかし、獣害対策の現場では、新しいがお金がかかったり、特殊な事情でないと実施できないような対策手法が求められているのではなく、古くから用いられている一般的な方法が必要とされている場合が多い。そして、その技術を導入できない行政や地域に対し、いかにして導入するかを担当者に寄り添って考える専門家が必要とされている。

例えば、若い担当者で役所・役場内での発言力が弱い場合は、専門家の立場で代わりに発言し、「専門家の先生が電気柵だけではだめで、捕獲しないといけないと言っています」と担当者が上司へ意見できるようにバックアップすることや、担当者だけが自分の頭の中で描いているある地区の課題について、地域住民や議会、上司、財政担当部局の誰もが納得するような GIS（地理情報システム）を用いた分析結果を地図で示すことで地域別の施策を可能としていく（例えば、市原市 2016、図-2）など、専門家に求められているものは極めて地道な部分が多い。

このように、獣害対策の現場には「研究」としての魅力は少ないことを事前に覚悟すべきである。この活動は決して論文化できるようなものではないが、研究者の社会的責務として大きく活躍できる分野といえる。

各地域の共助対策のための人的配置

ここ数年、全国的に集落ぐるみでの獣害対策が推進されており、多くの府県でモデル事業として「獣害に負けない集落ぐるみ事業」のようなものが実施され、集落リーダーの育成などが盛んになっている。これらの事業はその集落の共助対策が推進される点で、重要な意味を持っている。しかし、地域住民の自発的な問題意識に基づいて計画的に行われないと、一過性のイベントに終わってしまい、事態がさらに悪化する場合もある。対策を継続的に効果的なものとするためには、まず、当事者の自発性を生み出す地道な作業が初期段階に必須となる。ここでは、森林科学や野生動物管理学の専門知識はほとんど無力で、集落環境診断会などの合意形成の場面でのファシリテーション能力が求められている。

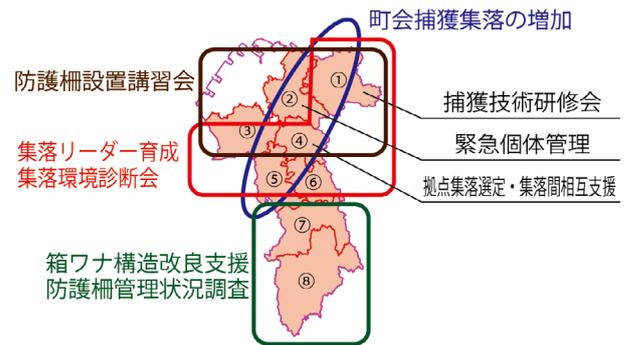


図-2 「市原市イノシシ対策計画」における、地域ごとに必要な施策（「市原市イノシシ対策計画」を一部加筆して改変）

市内（赤線外枠は市境界）の捕獲記録や苦情記録などの獣害対策関連情報について地理情報分析を行った結果、抽出された対策ユニット（類似する傾向がみられる複数の集落の集まり。赤線はユニット境界、丸囲み数字はユニット番号。）と、それぞれに必要な課題名を示す。

モデル事業の実施は行政手法としてよく使われるが、より大きな問題も抱えている。このような事業では、モデル集落に税金を投入して対策を促進させれば、それを見た周辺集落では税金を投入しなくても自発的に同様の対策を行うだろうと、行政側は漠然と期待している。ところが、事業が実施される集落は、地域全体の集落数から考えるとごく一部で、さらに資金投入や専門家によって技術支援された特殊事情をもつ先事例にすぎない。このようなモデル事業の積み重ねから抜け落ちていく多くの集落や地域に対して、どのように次なる支援を展開していくかのビジョンをもっていない自治体が多い。さらに、モデルに選ばれなかった集落には、モデルにならない理由や対策が進まない要因（本田 2007）がそれぞれにあり、それらを解決しないと、モデル集落での成果をそのまま真似することができない。このため、多くの府県・市町村ではモデル集落を超えた隣接する「地域」としての支援を面的に実施し、地域の戦略的計画に基づいて、集落間での技術の交流や支援などを行う「地域の支援者」の育成と配置が必要な段階に差し掛かっている。加えて、高齢者ばかりとなり圧倒的な人材不足となってしまった限界集落や、集落としてのまとまりがそもそも希薄な新興住宅地では、「集落ぐるみ」の取組が期待できない。周囲の集落を含めて支援者が存在しない地域もあるだろう。このような地域では集落住民の自発性に基づく共助対策は期待できないため、共助対策を実施できる集落とは区別した行政サービス（すなわち公助）を展開すべきであろう。本来ならば、鳥獣被害対策実施隊による人的配置が

適当と思われるが、現在の実際の運用は、従来の猟友会員によるいわば趣味の延長としての有害鳥獣捕獲事業を横滑りさせただけの市町村が多く、現状では大きく誤った方向に法が運用されていると言わざるを得ない。公共事業としての鳥獣対策の枠組みが法制度上は整備されているにもかかわらず、例えば年間報酬が2,000円という、最低賃金法の地域別最低賃金よりはるかに低い労働対価しか用意されず、実施隊員が行政（担当者）からの指示に基づき労働（対策支援）する意識をそもそも持つことができない自治体が多い。鳥獣害特措法における実施隊制度は、鳥獣害対策における人材確保において非常に期待できる制度であるため、今後、農林水産省主導で、大きな舵取りによる全国的な方向転換が必要と考えられる。例えば、実施隊制度の中に追加メニューを新設し、新たな賃金体系を持つ共助対策支援を専門に行う特別対策班の編成などが必要であろう。雇用や賃金が担保されない現状では、少なくとも国がパンフレットなどで記載して推奨できるものにはなっていない。鳥獣害対策においても、雇用関係にある労働者に適切に業務を実施してもらうためには、まずは安定した雇用と最低賃金を保障する仕組みづくりから始めるべきである。

引用文献

- 浅田正彦（2014）地方で必要なシカ被害防止体制～千葉県
の二ホンシカ管理を事例に～. 水利科学 340:
18-26
- 本田 剛（2007）イノシシ被害の発生に影響を与える要
因：農林業センサスを利用した解析. 日林誌 89:
249-252
- 市原市（2016）市原市イノシシ対策計画
[http://www.city.ichihara.chiba.jp/kanko/
nourinngyo/yasei_higai/yugaichoju.files/
inosisikeikaku.pdf](http://www.city.ichihara.chiba.jp/kanko/nourinngyo/yasei_higai/yugaichoju.files/inosisikeikaku.pdf), 2016年10月29日確認
- 内閣府・消防庁・気象庁（2004）緊急防災情報に関する
調査報告書. [http://www.jma.go.jp/jma/kishou/
chousa/kinkyubousai-chousa-index.html](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/chousa/kinkyubousai-chousa-index.html), 2016
年10月29日確認
- 一般社団法人ふるさとけものネットワーク（2016）獣害
対策白書
- 株式会社野生動物保護管理事務所（2014）「対策手法確
立調査・実証事業」結果概要

アメリカ合衆国ペンシルバニア州での オジロジカ管理に学ぶ

—複数の主体の協働による順応的シカ管理—

長池 卓男・飯島 勇人 (ながいけ たくお・いいじま はやと、山梨県森林総合研究所)

はじめに

ニホンジカの個体数増加により農林業や自然植生への被害が日本各地で顕著に見られている。その対策として個体数を減少させるための捕獲が行われており、それは猟友会が主に担っている。しかし、猟友会員の減少や高齢化、さらには捕獲が難しい高山帯へ進出するニホンジカへの対応などが新たに必要とされており、従前の猟友会活動の活性化に加えて、より効果的なニホンジカ対策が求められている。アメリカ合衆国ペンシルバニア州では、州の動物でもあるオジロジカ (White-tailed deer, *Odocoileus virginianus*) が増加し、その個体数管理が長く課題となってきた。しかし、一部の地域では、土地所有者、研究者、狩猟者、環境 NGO 等の協働による先進的なオジロジカ管理が行われており、個体数の減少と被害軽減に成功している。このように様々な関係者による管理の先進事例を学ぶことは、今後のニホンジカ管理のあり方を考えていく上で重要と思われる。そのために、平成 27 年度山梨県職員短期海外派遣研修により、ペンシルバニア州を視察する機会を得たので報告する。

ペンシルバニア州の概要

州は合衆国北東部に位置し、地形は比較的平坦である。現在の森林率は 59% である (668 万 ha) が、1630 年には 95% であった。1800 年代終わりからの森林伐採により、1907 年には 30% にまで低下した (USDA FS 2012)。1960 年代半ばから森林面積は増加し、最近 20 年間は森林率に変化は見られない。

州の天然林保護区では、White pine (*Pinus strobus*) や Eastern hemlock (*Tsuga canadensis*) が優占している。保護区以外の森林では、これらの樹種は伐採により枯渇したため、広葉樹が優占している。現在最も優占しているのは Red maple (*Acer rubrum*) で、次いで優占するのは、Black cherry (*Prunus serotina*)、Black birch (*Betula lenta*) である (USDA FS 2012)。1800 年代終わりから 1900 年代初頭の大

規模な伐採後、一斉に天然更新したことから、現在の林齢は 80-120 年生に集中している。また、現在 100 年生程度の森林が更新した 1900 年代初頭には、オジロジカもほとんどいなかったため (後述)、天然更新が成功した。しかし、現在は約 160 万頭もいるため、嗜好性種の摂食や、不嗜好性の木本種やシダなどの優占により更新が阻害されている。したがって、オジロジカの管理が森林管理上、重要な課題となっている。森林施業による更新は、土地所有形態にかかわらず、基本的に広葉樹の天然更新が主である。その理由としては、広葉樹造林は難しいこと、種子からの天然更新が容易であるために低コストであることによる。

森林のうち 71% は私有林であり、残りは公有林である。公有林のうち、国有林は 21 万 ha (州森林面積の 3%)、州有林 (森林部管理) 88 万 ha (州森林面積の 13%)、州狩猟委員会所有林 60 万 ha (州森林面積の 9%) である。このように、州狩猟委員会も森林を所有しており、狩猟の場としての提供とともに、木材生産も行っている。

州政府の行政に関する体系は、森林に関しては州保全・自然資源局林業部が、狩猟全般に関しては州狩猟委員会がそれぞれ分掌している。合衆国では、土地所有者が自らの土地の野生鳥獣対策を基本的に行うため、州有林や州狩猟委員会所有林のオジロジカ管理に関してそれぞれ独自の管理計画が策定されて実施している。州狩猟委員会として、独立した大きな組織が設置されているのは、合衆国の中でもペンシルバニア州のみである。

ペンシルバニア州におけるオジロジカ管理

(1) オジロジカ管理

オジロジカ等の狩猟全般の管理や管理指針の策定は、州狩猟委員会が行っている (Pennsylvania Game Commission 2015)。捕獲枠を州狩猟委員会が決定し、それを捕獲者が州狩猟委員会から購入するシステムとなっている。

州では、1900年代初頭にはオジロジカを捕獲しすぎて一時絶滅状態となった。そこで、1907年にオジロジカが再導入され、その後個体数が回復してきた。現在は州全体で約160万頭いるとされ、過剰な状態である。2000年までのオジロジカ管理の目標は、適正な個体数にすることであった。しかし、個体数推定の不確実性などから、それ以降は「健全なオジロジカ」「健全なハピタット」「受容しうるオジロジカ被害（農業、交通事故）」を目標としている。目標を達成するためのゴールは、以下の5点が掲げられている：(1) 健全で持続的なオジロジカ個体群のための管理、(2) 州民にとって安全で受容しうるオジロジカのインパクト管理、(3) 健全で持続可能な森林ハピタットのためのオジロジカのインパクト管理、(4) レクリエーションの機会を供給するためのオジロジカ管理、(5) オジロジカとオジロジカ管理プログラムの知識と理解の改善。州全体でのオジロジカの捕獲数は、2014～15年のシーズンには303,973頭（うち、雄119,260頭）と推定されている。

通常の狩猟免許は17歳から取得できるが、6～12歳には狩猟を見せ狩猟文化を尊敬するような助言を含んだプログラムが実施され、12～16歳には成人同伴の条件下での狩猟免許が発行される。また、毎年12月1日は、州のすべての小中高校は生徒が狩猟に同伴することを推奨するため休校となるなど、社会としても狩猟文化が浸透している。狩猟免許は、合衆国の全州の中で常に上位3位以内の発行数であり、ペンシルバニア州での狩猟に関するビジネスは年間2億ドルに上っている。

また、オジロジカによる影響を軽減するため、2003年に州狩猟委員会は、Deer Management Assistance Program (DMAP) を開始した。これは、オジロジカによる影響が土地所有者の管理目標を上回る場合、土地所有者の申請に基づいて、追加の特別捕獲許可を狩猟者に発行するものである。

狩猟者の減少や高齢化はペンシルバニア州でも問題となっているが、平均年齢は48歳であり、60歳以上の占める割合が66%（2013年現在、<https://www.env.go.jp/nature/choju/docs/docs4/>、2016年12月4日確認）の日本とは状況が大きく異なる。

(2) 森林管理とオジロジカ管理の関係

オジロジカとニホンジカの大きな違いは、オジロジカは樹皮をほぼ剥皮しないことである。したがって、樹皮への剥皮防除を考慮する必要がないため、更新初期の稚樹への被害を防ぐ対応のみが必要である。そのため、国有林では広葉樹の天然更新稚樹を確保する上で、オジロジカの口が更新木の先端に届かない高さまで早く成長さ

せるよう、施肥も実施されている。

過去にオジロジカの個体数が多かった場所では、不嗜好性のシダ (*Dennstaedtia punctilobula*, Hayscented fern) の優占が問題になっている。このシダが林床を優占することで、樹木の天然更新が阻害され、またオジロジカの摂食状況の指標となる種（例えば、エンレイソウ属）の生育も妨げられている。一方、このような指標種のうち、オジロジカの摂食の影響よりも土壌条件の違いに生育状況が反応する種もあるため、適切な指標種の選定についての研究が進められている。

(3) 州有林でのオジロジカ管理

州林業部は、2009年に、多すぎるオジロジカ対策の効果検証としてどのような方法を用いるべきかを議論した。その結果、外部評価委員から、オジロジカ密度を糞塊の計測により推定することは科学的な信頼性が低く資金面からも継続が難しいため、オジロジカの密度変化を評価できる手法を新たに開発して、オジロジカが森林生態系に及ぼす影響に焦点を当てた指標で効果検証を行うこと、が勧告された。この勧告をもとに、州有林では、ペンシルバニア州立大学や連邦政府林業局 (USDA FS) 北部森林研究所などとともに指標開発を行い、それを常に改訂している。

州有林におけるオジロジカ管理計画 (Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources 2013) では、5つのゴール（「森林の更新と自生植物の量を改善すること」「森林の更新と植物の量を計測し、オジロジカによる植生インパクトをどのように測るのがベストであるかを決定すること」「オジロジカを見ることと狩猟することへのアクセスと機会を供給すること」「住民にオジロジカに関してコミュニケーションと教育を改善すること」「州全体の科学的な森林・シカ管理のためのモデルとして州有林を用いること」）を設定し、それぞれのゴールを見据えた戦略を立てて、対策を実施している。その主な内容としては、更新確保のためのフェンス設置 (1.6万ha)、狩猟者アクセスの増加、研究サポート、コミュニケーションと教育、DMAP特別許可の活用、などがあげられる。とりわけ影響把握と効果検証のための植生モニタリングは特筆される。Vegetation Impact Control (DMAP特別許可数を決定するために用いられ、3年間で4000区画を調査) と Continuous Forest Inventory (継続して行われている樹木成長を把握するための調査地を利用。5年間で6000区画を調査) を合わせて、植生影響のモニタリングが行われている。

植生モニタリングのうち、Vegetation Impact

Controlは林業局職員により行われている。林業局職員も、新たな業務が増えることに対して当初は抵抗があったものの、自ら行った調査結果がどのように森林管理業務に活かされるかを理解して以後、業務として受け入れられるようになったようだ。さらに、連邦政府によるForest Inventory and Analysis（日本での森林生態系多様性基礎調査[旧森林資源モニタリング調査]に相当）の州内の50調査区について、州が予算を追加計上してオジロジカによる影響把握のための追加調査を行っている。このような緻密な評価・モニタリングシステムは、他州では行われておらず、ウィスコンシン州やニューヨーク州等から、システム構築等について視察が行われる程である。

植生モニタリングの評価については、植生が不嗜好性植物によって優占されてしまうと、オジロジカのインパクトが適正に評価できなくなることが問題点としてあげられていた。また、不嗜好性植物が増えて、天然更新を確保するために除草剤散布をすることもオジロジカの影響ととらえており、除草剤散布のコスト削減のためにも、オジロジカ管理が必要と認識されていた。

また、州林業部では、州狩猟委員会、国有林、狩猟者などの関係者を集めて、オジロジカ管理に関しての利害関係者ワークショップも開催している。このように利害関係者間のコミュニケーションを大事にしていること、研究によるサポート体制が整備され、データとともにそれが施策に反映されていることにより、オジロジカに対する順応的管理が機能している。

(4) 協働型管理の事例：Kinzua Quality Deer Cooperative (KQDC)

「狩猟者は大きいシカをとりたい」、「森林管理者は天然更新を確保したい」という両目標を同時に達成するために、狩猟は様々な面で利益があることを狩猟者に知らせるための普及プログラムとして2000年に結成されたのが、KQDCである(Stout et al. 2013; KQDC 2015; 写真-1)。29,900 haを対象とし、土地所有者(国有林、市水源林、林業会社、林業投資会社)、環境NGO、試験研究機関(北部森林研究所、ペンシルバニア州立大学)などに加え、狩猟者も巻き込んだ構成となっている。オジロジカが多すぎるとハビタットは劣化し、オジロジカ自体も小型化するため、オジロジカの個体数とハビタットはオジロジカの質を維持するために管理されなければならない、という理念が構成メンバーで共有されている。そのため、森林管理者は、択伐によりオジロジカにとって良好なハビタットを供給し狩猟者に道路を解放し、狩猟者は雌と立派な枝角を持った雄のみを選



写真-1 KQDCでのチェックステーション。KQDC対象地内で捕獲されたオジロジカをここへ運び、体重や繁殖状態などを記録する。

表-1 KQDCにおける活動例

時期等	活動例
毎年	ボランティア、狩猟者、フォレスター、生物学者、土地管理者が、オジロジカとハビタットを管理するためのデータを収集
春	ボランティアがオジロジカの糞塊を調べ、シカ密度やハビタット状況の情報を収集
晩夏	ボランティアが対象地全体をドライブし、明け方と夕方に、雄、子、雌の個体数をカウント
晩秋	ボランティアが、狩猟者により捕獲されチェックステーションに運搬されたオジロジカの健康状態やサイズ等を計測する
冬	チェックステーションにオジロジカを運んだ狩猟者をレストランに招待して食事会。ライフルや狩猟道具が当たるくじ引きも実施。

択的に捕獲することで、オジロジカを管理するという連携が生まれている。KQDCの取り組みの結果、オジロジカ密度は目標としたレベルに低下し、防鹿柵設置の必要性が大きく減少したことで防除コストが削減された(Stout et al. 2013)。

データを示すことで利害関係の調整や妥協点を探ることが重要であることが強く認識されており、研究者やボランティアにより多くのモニタリングデータが収集・共有されている。さらには、現地見学なども多く用意されている(KQDC 2015; 表-1)。

まとめ

(1) シカと森林の管理

ペンシルバニア州と日本を比較した場合の類似点、相違点は以下のようにまとめられる(表-2)。

州では、狩猟が趣味・文化として根強く維持されている上、狩猟者に便宜を図ること(例：道路アクセスの改善や、オジロジカの多い伐採地情報の提供)により、狩

シカによる影響を低減するための最新知見と課題

表-2 ペンシルバニア州と日本の比較

	項目	ペンシルバニア州	日本
類似点	狩猟者	減少・高齢化 (ただし、その度合いは日本の方が深刻)	
相違点	管理目標	モニタリングによる植生の回復状態	個体数
	狩猟の位置づけ	趣味・文化として維持	趣味・文化としての魅力低下
	鳥獣管理	土地所有者	鳥獣管理の行政部署
	シカの特性 森林の更新	樹木を剥皮しない 天然更新	樹木を剥皮する 人工更新



写真-2 国有林において、USDA 北部森林研究所がオジロジカの密度を変えて囲い込み実験を行った森林の様子。オジロジカ密度が高かった森林 (a) は、低かった森林 (b) に比較して樹木の稚樹が少ない。この調査地での調査結果が、適正なオジロジカ密度 (5 頭 / km²) を議論する上で重要なデータとなっている。

猟によるオジロジカ管理が維持されている。一方、日本では狩猟自体への関心が低下しており、猟友会員数は減少し、また高齢化している。新規狩猟免許取得者を増加させる事業が行われ、若年の猟友会員は微増傾向にあるものの、猟友会を主な担い手とする現在のニホンジカの個体数管理体制が今後も維持できるかは不透明である。したがって、狩猟者の増加への努力を継続するとともに、狩猟者に依存しない専門的な捕獲集団の創設・育成が日本では必要とされよう。

また、州では、土地所有者が自らオジロジカ対策管理を行う。森林所有者においては、狩猟に便宜を図ったり DMAP における追加捕獲枠を活用したりすることで個体数を減少させ防除コストを削減していた。日本の場合は、基本的には、鳥獣管理の行政部署が鳥獣対策を担っているが、森林所有者が防鹿柵設置や忌避剤塗布にかかるコスト削減を目標にすれば個体数管理が促進される可能性がある。

州では、オジロジカ自体の個体数を管理することから、オジロジカによる植生への影響自体を管理することに目標がシフトしてきた。これは、許容できる植生へのインパクトは、個体数が 5 頭 / km² の時であることが研究成果として判っているため、このような管理目標が立てられたのである (写真-2)。また、オジロジカの個体数が

減少したとしても、オジロジカの不嗜好植物の繁茂には変化がないことが、個体数から植生指標へ管理目標を変更したことにつながっていた。一方、日本の場合、許容できる植生へのインパクトと個体数の関係は明らかでないため、現状では、個体数を管理目標として用いている。しかし、個体数推定には大きな不確実性が伴うため、植生指標による目標を早期に設定する必要がある。

(2) 研究者の役割

本派遣研修で多くの研究者と面会したが、結果を開示すること、関心のある人とのパートナーシップを形成することの重要性がほぼ共通して述べられていた。ペンシルバニア州では、研究者が持つデータが目標設定の決定や利害関係者の妥協点を探ることに大きな役割を果たしていた。このように、施策決定における研究者の関与と科学的知見を重視することが、大きな特徴であった。野生動物管理のように予測の不確実性が高い事象を管理するには順応的管理が不可欠である。それを実行するには、研究者によるデータの解析と効果検証等が重要であることを再認識する必要がある。

謝辞

連邦政府林業局 (USDA FS) 北部森林研究所の

Susan Stout 博士には、Project Leader という重職かつ多忙な中、本研修の全日程について、関係者の調整、移動手段の確保等を行って頂いた。ここに厚く感謝申し上げます。

引 用 文 献

Kinzua Quality Deer Cooperative (2015) Annual Report

Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources (2013) White-tailed deer plan 2013

Pennsylvania Game Commission (2015) Pennsylvania game commission strategic plan 2015-2020

Stout SL, Royo AA, deCalesta DS, McAleese K, Filey JC (2013) The Kinzua quality deer cooperative: can adaptive management and local stakeholder engagement sustain reduced impact of ungulate browsers in forest systems? Boreal Environ Res 18 (Suppl. A): 50-64

USDA Forest Service (2012) Pennsylvania's forests 2009

森の休憩室 II その27 樹とともに

庭を維持する

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)



茨城県水戸市には日本三大庭園の一つに数えられる水戸偕楽園があります。水戸藩第9代藩主徳川斉昭が領民と共に楽しむ場として作庭したもので、100種類3000本の梅が植栽された梅林が有名です。早春に訪れたら、敷地内にある好文亭という建物の3階にぜひ上がって下さい。隣接する千波湖を背後に、白や桃色の花々が織りなす壮大な一面がご覧になれます。この大庭園を作り上げた当時の人々の発想と実行力の凄さ、また、水戸藩が持っていた権力に誰もが驚くことでしょう。造園会社の方であれば、今日まで途切れることなく続けられてきた庭園の維持管理の労力や金額にも、思いが及ぶのではないのでしょうか。

今から20年前、私は新潟市の造園会社で個人宅の樹木の手入れに励んでいました。仕事を依頼される家主はたいてい60歳以上で、高度経済成長期に家を建てた方々です。敷地をブロック塀でぐるりと囲い、中に樹木と石を配置した庭を設けるのがステータスだった世代でもあります。好んで植えられた樹木は日本庭園を代表するクロマツ、次に紅葉が美しいイロハカエデ、場所があれば花期が長いムクゲやサルスベリ、その隙間にツツジ類です。これらが植栽された当初は、庭で遊ぶ幼いお子さんに対して思ったように、ずっと小さいサイズのままでいるような気がしていたのではないのでしょうか。しかしその後は子供の成長と共にぐんぐん大きくなり、成人して家を出る頃には樹も庭に収まりきらなくなっていたのでした。そのような状況が住宅のあちこちにあったおかげで私は剪定修行をさせてもらえ、お給料まで頂けたのでした。しかし剪定に係る労力と請求金額は小さい庭なら2人半日で数万円、大きい庭なら10人2日で数十万円と、定期的に支出し続けるには決して安くない金額です。そこで当時の私は何とも不遜にも、伐採して庭を作り変えてしまえばお金が掛からなくて済むのになどと考えていました。それから月日は流れ、植物園で管理と展示を担うようになった今、当時理解できていなかった「庭を維持する」とはどのような事なのかがわかるようになってきました。

筑波実験植物園は植栽から約40年が経ち、園内の樹々は立派に大きく育ちました。セコイアメスギの樹高は25mを越え、世界一大きく育つ樹であることを説明するのに良い高さとなりました。4タイプの森が並ぶ森林区は、100%人工の森とは思えないほど自然な雰囲気が出てきています。それらは時間を重ね続けた当園の大き

な特色となっており、開園当初に計画された自然植生を再現するというコンセプトが成し遂げられた証とも言えましょう。同時に、これからは次の40年後を見据えた植栽を行わなければならない時期にもなってきました。植栽展示をする立場でいざどう計画しようかと考えてみると、かつて私が造園会社で培ってきた個々の樹木を栽培する技術だけでは成し得ない事がわかってきました。では何が必要かということ、未来を見据えた想像力や発想力です。樹を元気に育てる事は当然大事ですが、育てる年月が長いほど、その個体が同じ場所で生育し続けられるように周辺の計画をしっかりと立てる事の重要性が増します。もしそこに無理があれば、周辺の都合で個体の成育に支障を与える事態が発生したり、また、周辺の開発がその個体の存在によって出来なくなったりします。そして次に必要なのが、目的に達するまで管理し続ける労力の確保になります。加えて、当初のコンセプトを守り抜く強い意志も求められ続けます。これらの結果、時間を重ねた植栽展示がようやく成し得られるのです。

個人宅の庭についていえば、まず家主がいつかこんな庭を持ちたいと考えるイメージがスタートとなります。それを実現すべく多くの労力や費用を掛け、そこに様々な思い出が積み重なり、いつしか望む庭が出来ていきます。どの状態がゴールなのかは家主以外には分かりません。しかし仕事を庭師に依頼したからには、まだ終わらせられないとの意思が必ずあります。20年前に見習いだった私は、その庭を維持しようとする思いがある事に対して、ただひたすらに敬意を払うべきでした。そうすれば家主の求める庭のイメージを察して、より望まれた剪定を行えたのではないのでしょうか。庭を機械的に管理するだけなら別に庭師でなくてもできます。家主に寄り添って庭を維持してこそ庭師なのだと、最近になりようやく気付いた次第です。造園会社を辞めてから10年以上が経ちますが、仕事で入らせてもらった数々の庭をかなりよく覚えています。当時を振り返り、家主の方の様々な思いがあったであろう庭に、今更ながらに深い感慨を覚えます。

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。

林業遺産紀行 第7回



地域で支えた吉野林業

熊澤 弘治郎

(くまざわ こうじろう、奈良県農林部林業振興課長 (前奈良県森林技術センター所長))

はじめに

吉野林業地は、吉野川流域を中心に発達してきたわが国有数の大径材・優良材生産地です。奈良県ではこの林業地を林業遺産に推薦し、平成27年5月に認定を受けることができました。品質の高い木材生産と、500年を超える歴史に培われた林業に関わる生産・加工・流通システム、さらに他の林業地に影響を与えてきたことなどが評価されたと考えています。

吉野林業の概要

吉野林業地と呼ばれる地域は、広義には奈良県南部の吉野郡全体をさしますが、今回申請して認定を受けたのは、吉野川を木材の搬出に利用してきた狭義の吉野川上流域(川上村、東吉野村、黒滝村)にあたる約450km²の林業地域です。室町時代の文亀年間(1501～3年)には川上村において体系的な造林がなされた記録があり、この地域は日本最古の林業地域と考えられています。その施業体系は、山守による借地林業を基礎にした、約

8千～1万2千本/haの密植、多間伐と長伐期の育林技術からなり、年輪幅が狭く均等で、幹は通直・完満・真円な、他の林業地に類を見ない稀少で優れた木材が生産されています。これらの木材は古くから吉野川を流送して大阪城の築城や、樽丸として灘などの酒樽(製造)に利用されてきました。昭和に入ると、吉野町や桜井市の木材市場を経由して出荷され、役物と呼ばれる高級材に製材後、販売されてきました。吉野林業で重要なことは、育林技術や山守制度だけでなく、各時代の消費者ニーズに合わせた商品づくりとそれに向けた加工・流通システムを構築したことにあると思われます。これらの技術や制度、システムを長期間にわたり継承してきたことが、吉野材ブランドの名声につながったと考えられます。

林業遺産に申請した項目

奈良県森林技術センターでは、吉野林業地を複合遺産として捉え、技術体系、林業景観、林業記念地、道具類、文書類の5つの分類項目に絞った推薦書案を作成し、



写真-1 川上村下多古村有林「歴史の証人」

関係機関の協力を得た上で林業遺産として推薦申請を行いました。

最初の「技術体系」については、『吉野林業全書』をはじめとする各種文献や、県で作成していた資料を参考に整理しました。また、全国の有名林業地に与えた影響についても明記しました。

「林業景観」については、過去に筆者が中国の林業部長を川上村高原に案内した際に、足下から対岸一面に広がる人工林を見ながら「まるで緑の絨毯のようですね」と言われたことを思い出しながら、各種の文献や資料に基づいて整理しました。

「林業記念地」については、川上村が樹齢400年を超える森林(約3,700m²)を「歴史の証人」として買い上げた下多古村有林を、吉野林業の歴史を体現する地として取りあげました(写真-1)。

「道具類」については、川上村林業資料館に展示されていた道具類や衣類など96点への体系的な解説資料が活用できました。

「文書類」については、明治期の林業家である土倉庄三郎が監修した吉野林業の最重要書とされる『吉野林業全書』の初版本を地域の篤林家から寄贈を受けることができました(写真-2)。さらに、非売品の『吉野林業概要(昭和29年改定)』や古い写真集の『吉野山林』などの貴重な文献も対象にできました。

吉野林業地には、これらの他にも、県営吉野貯木場など林業遺産というべきものはまだまだありましたが、まずは日本を代表する林業地として早期に登録する必要があるため、指定しやすい範囲や項目から申請しました。

地域からの支援

林業遺産への申請にあたっては、分類項目ごとに関係する多くの所有者や管理者からの同意が必要になります。そこで、県内関係町村の首長や、森林組合・木材協同組合などの組合長等に直接説明を行ったところ、認定に伴うデメリットが無く、地域における広報材料にもなることから積極的な協力を得られました。さらに、これらの関係者が設立した吉野木材振興協議会などの組織の協力も得られ、地域全体で支えていただきました。



写真-2 吉野林業全書

おわりに

今回の認定を機に、林業遺産が地域広報に活用されるようになりました。これに刺激を受けて、翌平成28年には、「森に生まれ、森を育んだ人々の暮らしとところ～美林連なる造林発祥の地“吉野”～」として、隣接する5町村を含めて日本遺産(文化庁)への登録が認定されました。今回の林業遺産への登録申請は、吉野林業の発展の歴史を将来にわたって記憶・記録する機会となっただけでなく、林務行政を担う我々自身にとっても林業に関する多くの資料を見直す機会にもなりました。

林業遺産は認定後の内容変更が可能です。そこで、今回の申請時には調整が間に合わなかった加工・流通に関する「搬出関連」資料を整理し、新たな分類項目として追加登録することで、更なる地域林業の振興に寄与して参ります。

大北川溪畔林再生試験地 ～高木性広葉樹の10年間の推移～

安藤博之・仲田昭一 (あんどう ひろゆき、なかだ しょういち、関東森林管理局 森林技術・支援センター)
池田 伸・仲田光雄 (いけだ しん、なかだ みつお、元関東森林管理局 森林技術・支援センター)
須崎智忠・三村勝博 (すざき ともまさ、みむら かつひろ、茨城森林管理署)
太田敬之 (おおた たかゆき、国立研究開発法人 森林総合研究所 東北支所)
鈴木和次郎 (すずき わじろう、元独立行政法人 森林総合研究所)

はじめに

山地の流域の狭い谷底氾濫原に成立する溪畔林は、河川の水質維持、水温上昇の抑制、落葉・落下昆虫など河川生態系の環境形成に大きく寄与しています。また、野生生物の生息場所や移動・分散の生態的回廊でもあります。

拡大造林政策で人工林の森林資源は豊かになりました。その一方で、一部の造林地では水際の造林不適地まで人工林が造成され、環境保全機能の高い溪畔林が失われ、広葉樹を主体とする溪畔林への再生が求められています¹⁾ (写真-1)。平成26年度からは、国有林のみならず市町村森林整備計画においても溪畔林再生が求められるようになりました。本稿では、筆者等が所属する関東森林管理局森林技術・支援センターが全国に先駆けて2003年度から溪畔林再生に取り組んでいる試験地での調査事例²⁾を紹介します。

この試験地では、溪畔域にあるスギ人工林において、一般への普及を念頭に、通常の施業を通じて溪畔林の再生を図り、どのように広葉樹の進入・再生が進んでいくかを調べています。

試験地の概要

試験地は茨城森林管理署管内にある茨城県北部の高萩市内の国有林に位置し、阿武隈山地の準平原を太平洋に流下する大北川の上流部にあります (図-1)。大北川は1994年に行われた環境庁(当時)による自然環境保全基礎調査の自然性の高い河川区間率の高い河川部門において全国12位になったこともある清流です。

大北川の上流部に位置する平坦な河床堆積地(標高630m)において、1966年に河道沿いに植栽されたスギ人工林を調査対象とし、5つの調査プロット(20m×14～18m、長辺が河道に隣接)を約1.2kmにわたって配置しました(図-1)。各プロット内には2m×2mのコドラートを川側から内陸に向かって7～9区画連続して配置しました(図-2)。さらに、プロット1の対岸にはスギが植栽されていない広葉樹二次林があり、そこを対照林分プロット(20m×15m)として設定しました(図-1、写真-2)。

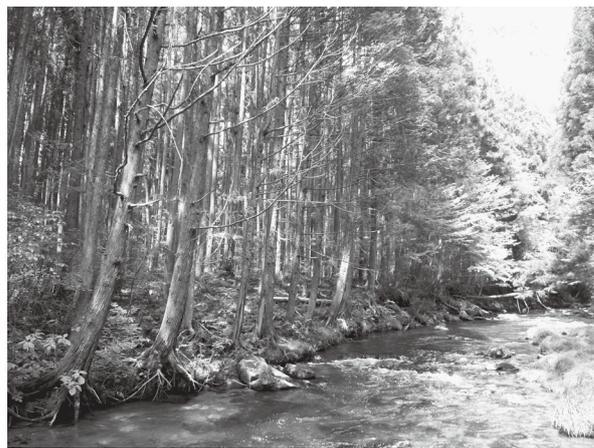


写真-1 水際まで植栽されたスギ 2003年池田撮影

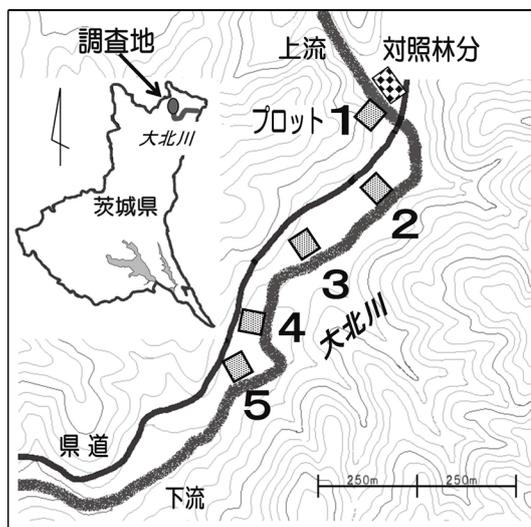


図-1 試験地位置図及びプロット配置図

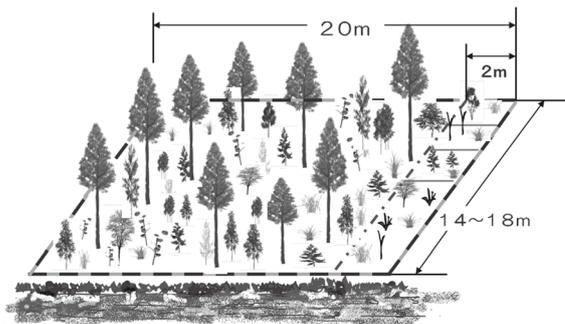


図-2 プロットとコドラートの模式図



写真-2 対照林分の広葉樹二次林 2012年持宝撮影

調査の概要

まず、間伐の前年である2003年度に、試験地の毎木調査（胸高直径5cm以上の樹木を対象）を、そして翌2004年度に、スギ人工林内のスズタケを刈り払った上でスギ間伐を実施しました。水際の造林不適地が広いプロット3～5では、間伐率が高めになっています（表-1）。翌2005年度には残材を整理し、2006年度には間伐後の最初の毎木調査を実施しました。その後、2011年度と2013年度にも毎木調査を実施しています。また、間伐を実施した2004年度以降2013年度まで毎年、コドラート内で高木性広葉樹の更新稚樹調査（種名、樹高）と植生調査（種名、植生高、被度）を行っています。さらに、2007年度から2013年度には、コドラート横にシートトラップを設置して落下種子調査を毎年行いました。2010年度にはコドラート周辺での種子源調査も行いました。

スギ間伐による広葉樹林化の状況

スギ人工林の各プロットにおける毎木調査に基づく間伐前後10年間の林分胸高断面積（BA）の変化を図-3に示します。間伐率が中程度から高い（5～7割）プロット2～4では、高木性広葉樹のBAが増加していました。さらに、各プロットにおける計4回の毎木調査にて、高木性広葉樹の本数と胸高断面積の推移を調べたところ、いずれの値も間伐率が低いプロット1を除く各プロットで増加しており（図-4）、広葉樹林化が進んでいることが分かりました。

一方、広葉樹二次林からなる対照林分プロットにおける毎木調査結果では、2003～2013年度での胸高断面積の変化は1割増（48m²/haから53m²/ha）に留まり、本数密度は1,333本/haと変わらず、出現種数が10種から9種に減少したものの、林分は安定していました（表-2）。また、同林分及びその周辺の広葉樹二次林

表-1 スギ人工林プロットの間伐率と林況（スギのみ）

	間伐率	2013年度	
	BA比 (%)	本数密度 (本/ha)	平均胸高直径 (cm)
プロット1	17	800	29
プロット2	55	400	28
プロット3	72	167	34
プロット4	75	267	29
プロット5	76	233	33

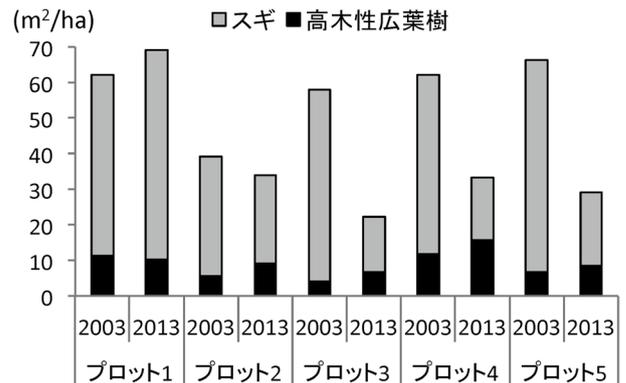


図-3 人工林プロットにおけるスギと高木性広葉樹の林分胸高断面積の変化

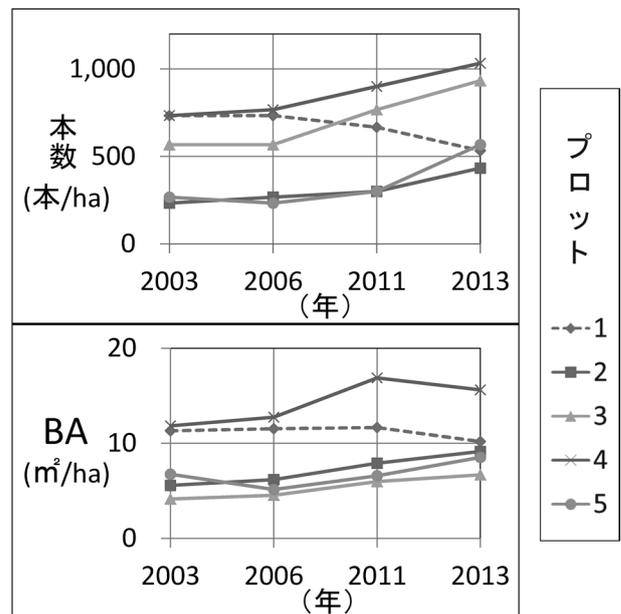


図-4 人工林プロットにおける高木性広葉樹の本数密度と林分胸高断面積の推移

で成長錐調査を2013年度に行ったところ、樹齢は約70～100年と推定され、周辺にあるスギ人工林の一代前のスギ人工林と同時期に成立しはじめた林分と考えられます。

2003年度と2013年度それぞれにおける全てのスギ人工林プロットでの毎木調査結果から高木性広葉樹種のみを取り出し、対照林分における出現種と同一または近

大北川溪畔林再生試験地 ～高木性広葉樹の10年間の推移～

表-2 対照林分プロットの群集組成の変化

種名	2003年度		2013年度	
	本数密度 (本/ha)	胸高断面積 (m ² /ha)	本数密度 (本/ha)	胸高断面積 (m ² /ha)
イタヤカエデ	467	24.2	467	25.1
イロハモミジ	33	0.1	33	0.1
オオモミジ	33	0.2	33	0.2
カジカエデ	267	4.5	267	5.0
カスミザクラ	100	5.6	100	6.4
キハダ	33	0.9		
サワシバ	33	0.2	33	0.3
ミズキ	100	5.0	100	5.5
ミツデカエデ	100	1.0	100	1.1
ヤマグワ	167	6.5	200	9.5
計	1,333	48.3	1,333	53.2

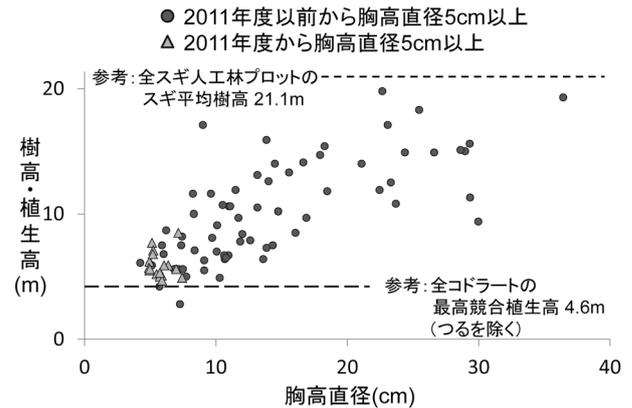


図-6 人工林プロットにおける高木性広葉樹の樹高と胸高直径の散布図

葉樹は、間伐後に順調に成長が進んでいることが分かりました。

■対照林分樹種 ■対照林分近縁種 ■溪畔種 ■先駆種 □その他

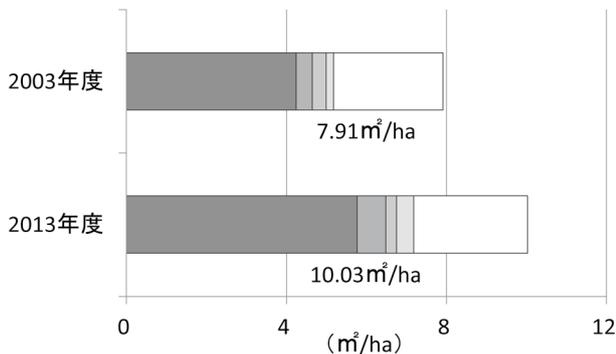


図-5 人工林プロットにおける高木性広葉樹タイプごとにみた間伐前後での林分胸高断面積の変化

縁であるか、溪畔種（ヤナギやクルミなどの河川氾濫による攪乱に更新を依存する種）や先駆種であるかなどで区分し、それぞれについて、林分胸高断面積が間伐前後の10年間でどのように変化したかを図にまとめました（図-5）。その結果、高木性広葉樹の胸高断面積は約25%増加し、対照林分構成樹種と同一又は近縁となる樹種の比率も59%から65%に増加していました。このことから、量・質ともに対照林分に近づいていることが分かりました。

スギ人工林プロット内の2011年度の調査に基づき、出現した全ての高木性広葉樹の胸高直径と樹高の関係を示す散布図を作成しました（図-6）。高木性広葉樹のほとんどは、全てのプロットで最も高い競合植生高を超えて成長しており、一部の樹木は上木のスギと競合する樹高になっていました。2011年度から胸高直径5cmを超えて調査対象になった樹木も少なからずありました。これらのことから、スギ人工林プロットにおける高木性広

おわりに

今回は、溪畔域におけるスギ人工林の間伐後10年間という初期の林分変化の調査結果を紹介しました。本試験地では高木性広葉樹を導入させるには、上木の間伐率が50%程度以上必要であること、全体では対照林分における構成樹種やその近縁種の組成に近付いていることが分かりました。しかし、長期的に溪畔林として再生していくかはまだ分かりません。進入・成長した広葉樹が今後どのように生育、或いは枯死して他の種に置き換わっていくのか、林分の変化を林床植生の変化と併せて今後も調査を継続していきます。

本稿で紹介できなかった胸高直径5cm未満の高木性広葉樹の稚樹の進入状況を含む調査結果の詳細については、関東森林管理局・(独)森林総合研究所(2014)を併せてご参照ください。また、関東森林管理局森林技術・支援センターでは、溪畔林再生に関連して更新補助作業や萌芽再生などについても調査を行っています。それらの成果は当センターのホームページで公開しています(<http://www.rinya.maff.go.jp/kanto/gizyutu/seika/seika.html>)。現地見学をご希望される方は当センターにお問い合わせください。

引用文献

- 1) 溪畔林研究会編(2001)水辺林管理の手引き：基礎と指針と提言. 日本林業調査会
- 2) 関東森林管理局・(独)森林総合研究所(2014)溪畔林再生のための施業技術の確立 (http://www.rinya.maff.go.jp/kanto/gizyutu/seika/pdf/h26keihan_kanryouhoukoku.pdf)



新シリーズ「森をたべる」をはじめるとあって

松浦 俊也 (まつうら としや、森林総合研究所 森林科学編集主事)



森林科学の編集委員会では数号分の特集を組めそうな話題を委員の間で出し合います。その特集ネタ出しにおいて、森と食に関わるテーマを特集しようという話がよくあがります。委員で話し合うなかで、食に関わる話題は自然科学から人文社会科学まで多岐にわたるので、ひとつの特集で取り上げるより、むしろ新たなシリーズとして始めるべきではという意見が大勢を占めました。食は私たちの生存を支える本質的なものであり、食の視点から森を捉えなおすことで、森林科学の新たな側面が見えてくるのではと期待しています。そこで、次号から新シリーズ「森をたべる」を始めます。

森における食に関わるものでまず思い浮かぶものには、山菜、きのこ、木の実はあれば、シカ、イノシシ、ノウサギ、ヤマドリなど野生鳥獣のジビエ、イワナやヤマメなどの渓流魚、地域によっては昆虫食もみられます。薬用にされてきたものもあれば、毒に利用されたものや、食べもの探しで明らかになってきた食中毒の話題もありそうです。どんぐりのように、現在ではほとんど食用されなくなったものもあるでしょう。木や竹でできた漆塗りの食器類、採取や調理に用いる籠、漁や猟に用いる罠や仕掛け、落ち葉堆肥やきのこ原木などの話題もあります。種ごとの生育生息地や採取地とその季節変化、持続的・効率的な採取の工夫、コモンスなど資源管理の社会

的ルール、前処理や保存・調理方法、地域ごとの食文化の違い、それらの時代による移り変わりや地域間の伝播、栄養学的側面、栽培化の歴史、輸出入を含む流通、海外事例紹介など、話題は尽きなそうです。

さらに、人に限定せずに食について捉えれば、多様な生物が森の食物連鎖のなかで暮らしています。種子散布や有機物の移動、花粉媒介、微生物による分解、光をめぐる植物どうしの競争なども、広い意味では食に関わるテーマの一つと言えるでしょう。

五感（視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚）を通すといろいろなものが立体的に浮かびあがってきます。とりわけ、エネルギーを得るというあらゆる生き物の生存に関わる食を通して森を捉えていくことで、一気に対象が具体的・有機的に見えてくる面がありそうです。例えば、森林浴はとても気持ちが良いですが、山菜やきのこ採り、狩猟や渓流釣りで森や山に入ると、目の色やものの見え方も変わってきます。

このような森と食に関わる多様なテーマを扱う新シリーズを通して、森に対する私たちの認識を豊かに広げていくことができると考えています。次号から不定期に、できるだけ幅広いテーマ・対象・地域・分野の解説記事を取りあげていく予定です。どうぞご期待ください。



花粉の DNA 分析で 森林についてわかること

長谷川 陽一 (はせがわ よういち、首都大学東京 都市環境科学研究科)

シリーズ
うごく森 31

はじめに

近年の DNA 分析技術の発達によって、花粉一粒ずつに含まれるごく少量の DNA であっても分析することが可能になりました。樹木の生活史のなかでも最も小さく移動しやすい一方で、遺伝子を運ぶために丈夫にできている花粉を調べることで、森林で起きているできごとを、詳しく明らかにすることができると考えています。今回の「うごく森」では、花粉の DNA 分析を行って花粉のうごきを明らかにすることで、樹木の分布変遷、樹木の繁殖生態（特に訪花昆虫による花粉散布について）、および人による森林の利用（ハチミツ生産）について調べた研究を紹介します。

花粉化石の DNA から過去の植生を探る

過去の植物の分布は、当時の堆積物に含まれる花粉や葉などの植物化石の分類群を、形態形質を用いて特定することで明らかにされてきました。しかし、形態形質の情報量は限られるため、種子などの一部の化石標本を除いて多くの場合、分類群の特定は属レベルにとどまります。また、種子についても保存状態の良いサンプルは、得られる場所と数が限られます。したがって、過去の植生を種のレベルまで詳細に明らかにするのは難しいことでした。そこで、数万年の長期間に渡って DNA が保存される可能性があり、なおかつ良質なサンプルを得やすい花粉に着目し、花粉 DNA を活用した研究が行われています。Suyama *et al.* (1996) では、福井県黒田低地の 15 万年前の堆積物から花粉を採集し、花粉一粒ずつから PCR (ポリメラーゼ連鎖反応) 法を用いて DNA を増幅して、その DNA 塩基配列を現生の植物と比較するという先駆的な研究が行われました。その結果、形態からモミ属と推定された花粉化石がモミ (*Abies firma*) のものであることが明らかになりました。長谷川・鈴木 (2013) では同じ手法を用いて、宮城県仙台市にある富沢遺跡の 2 万年前の堆積物から採集されたモミ属の花粉が、現在分布しているモミではなく、ウラジロモミあるいはシラビソのものであることが明らかになりました (写真-1、写真-2)。現在のウラジロモミおよびシラビ



写真-1 宮城県仙台市富沢遺跡の発掘現場

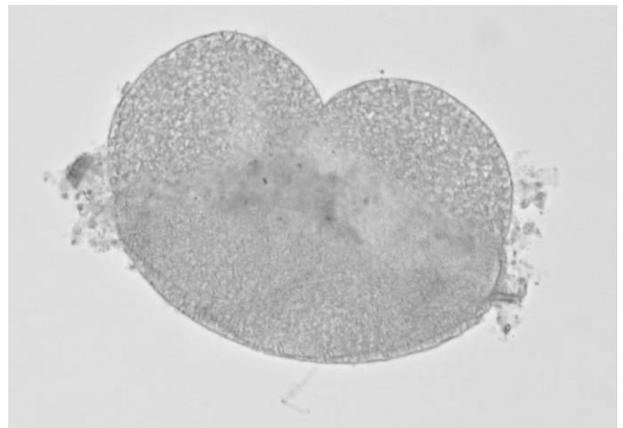


写真-2 モミ属の花粉化石

ソの分布は、福島県以南に限られていますが、2 万年前の最終氷期の時代には、これらの種の分布は現在よりも北方に広がっていた可能性が示されました。

花粉の DNA 分析で明らかにする樹木の繁殖生態

個体あたり多数の花が一度に開花する樹木には、花粉や花蜜を求めて様々な昆虫が訪花します。日本の温帯林に広く分布する落葉広葉樹であるクリの花には、マルハナバチやハエ、ハナアブ、甲虫、ミツバチ、チョウなど様々な昆虫が訪花します (写真-3)。しかし、これらの昆虫がどれくらいクリの花粉を他のクリの個体まで運搬しているのか、確かなことはわかっていませんでした。

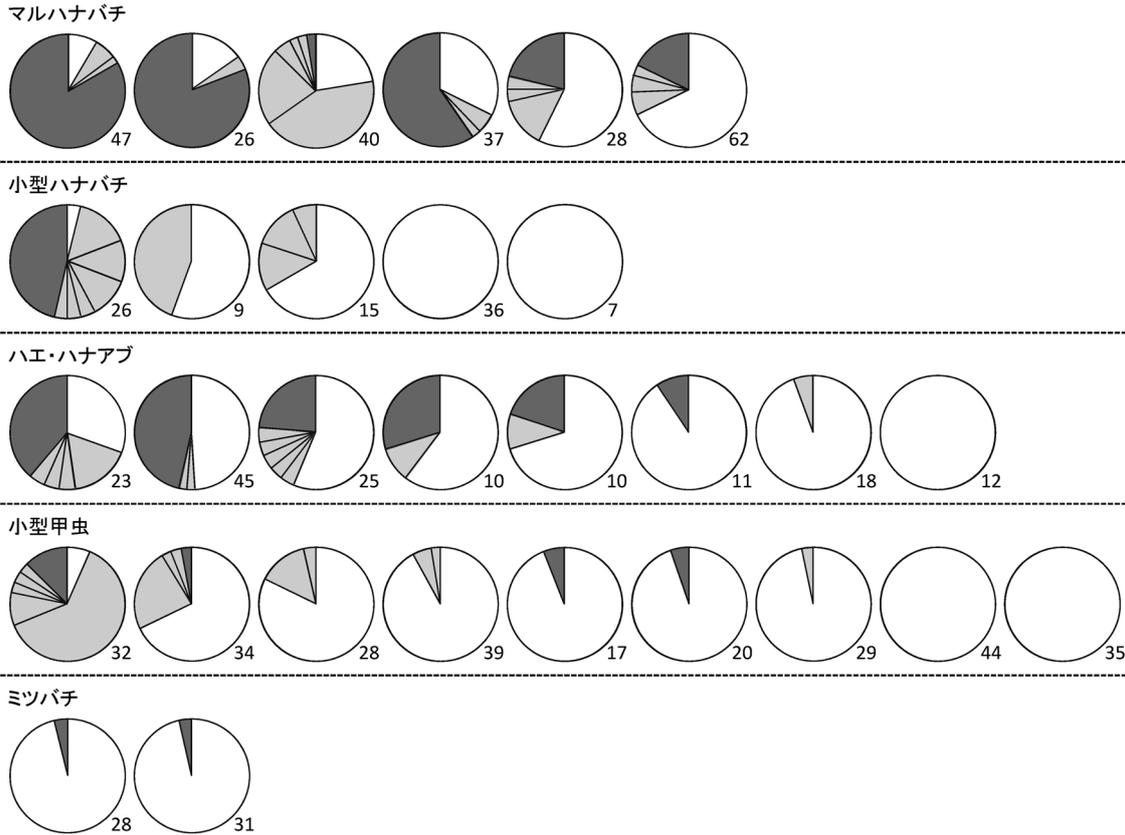


図-1 訪花昆虫の個体ごとの花粉組成。円グラフの白は自家花粉、濃い灰色は調査地の外から持ち込まれた他家花粉の割合を示す。薄い灰色は調査地内に花粉親の見つかった他家花粉の割合を花粉親個体ごとに示す。数字は、分析した花粉の数を示す。(Hasegawa *et al.* 2015 を改変して掲載)



写真-3 クリの花に訪花する昆虫

訪花している昆虫に付着した花粉が形態からクリの花粉であるとわかっていても、それが自家花粉（昆虫を採集したクリの木自身の花粉）なのか他家花粉（昆虫を採集したクリの木とは異なる個体の花粉）なのかを識別するのはほぼ不可能です。そこで、クリの花に集まった昆虫をつかまえて、体表に付着している花粉を1粒ずつ採集し

てDNA分析を行いました (Hasegawa *et al.* 2015)。花粉のDNAを分析することで、昆虫に付着した花粉が、どのクリ個体から運ばれて来たものかがわかります。今回は自家花粉なのか他家花粉なのかを識別し、その比率を昆虫間で比較することで花粉の運搬者としての優秀さを比べました (図-1)。解析の結果、他家花粉の比率は、マルハナバチ（平均66%）、小型ハナバチ（35%）、ハエ・ハナアブ（31%）、小型甲虫（18%）、ミツバチ（4%）の順に高く、マルハナバチが特に優秀な花粉の運び屋であることがわかりました。さらに、一般的に花粉媒介者としての評価が高くはないハエ・ハナアブもそこそこに優秀であったこと、また、ミツバチの成績が良くなかったことは意外な結果でした。またこの結果は、多くの昆虫が他家花粉を運んでいて、多様な種類の昆虫がクリ花粉の運搬に貢献していることも示していました。

一方で、クリと同じ温帯の落葉広葉樹であるホオノキでは、異なる結果が得られています。多くの他家花粉を運んでいたのは、大型の甲虫であるハナムグリであり、マルハナバチや小型甲虫に付着した他家花粉の比率は低いものでした (Matsuki *et al.* 2008)。これは、ホオノキの成木が、クリとは異なって単木的に分布していること、また花が蜜を生産しないことから、花粉を集めるハ



写真-4 百花蜂蜜

チ類が樹木個体間を移動するためのエネルギーを訪花時に補給できないことが原因ではないかと考えられます。また、熱帯のフタバガキ科の樹木 *Shorea acuminata* では、主要な訪花昆虫である小型甲虫のアザミウマの他家花粉の比率は極めて低い一方で、アザミウマを捕食するカメムシには比較的多くの他家花粉が付着しており、カメムシが主要な花粉散布者であることが指摘されています (Kondo *et al.* 2016)。

このように昆虫に付着した花粉の DNA を調べることで、見た目の訪花数だけでは測れない、昆虫の分類群ごとに異なる花粉散布への貢献度や、昆虫の振る舞いと花粉散布パターンとの関係が明らかになりつつあります。

ハチミツに含まれる花粉の DNA 分析

ニセアカシア蜂蜜やトチノキ蜂蜜、クリ蜂蜜など様々な樹木の名前の付いたハチミツが市販されています。このことから、ミツバチが多くの樹木種の花蜜を集めてハチミツを生産していることが推測されます。しかしながら、ミツバチが実際にどのような植物種をどれくらい利用してハチミツを生産しているのか、その実態はほとんど明らかになっていません。そこで著者は、ハチミツに含まれる花粉から DNA を抽出して分析することで、そのハチミツがどの植物種から作られているのかを明らかにする研究を進めています。次世代シーケンサーという、DNA の塩基配列を読む能力がこれまでに比べて飛躍的に高くなった装置 (本研究では Roche 社の GS Junior) を使用することで、ハチミツに含まれる多種多様な植物の種組成を網羅的に明らかにすることができます。この手法を用いて、東北地方で生産された、多くの植物に由来する百花蜂蜜の分析を行いました (写真-4)。その結果、一つの百花蜂蜜から、トチノキ、ウワミズザクラ、カスミザクラ、ハウチワカエデなど多くの樹木種の DNA が検出されました (図-2、表-1)。これ

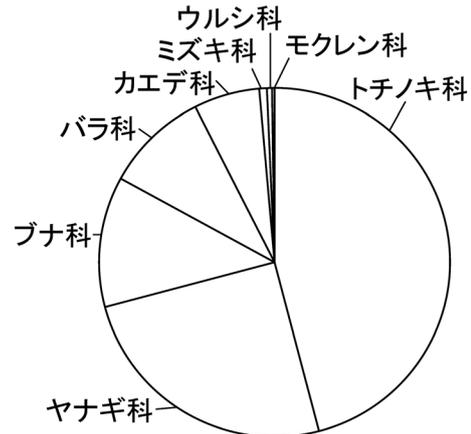


図-2 百花蜂蜜 (東北産) の花粉組成。科のレベルで示す。

表-1 百花蜂蜜 (東北産) の花粉組成。出現頻度の高い種のみを示す。

科	属	種	形態	花粉散布
トチノキ科	トチノキ属	トチノキ	高木	虫媒
ヤナギ科	ヤナギ属	シロヤナギ	高木	虫媒
ブナ科	コナラ属	不明	高木	風媒
バラ科	サクラ属	ウワミズザクラ	高木	虫媒
	サクラ属	カスミザクラ	高木	虫媒
	マルメロ属	マルメロ	高木	虫媒
カエデ科	カエデ属	ハウチワカエデ	高木	虫媒
	カエデ属	イロハモミジ	高木	虫媒
ミズキ科	ミズキ属	ミズキ	高木	虫媒
ウルシ科	ウルシ属	ツタウルシ	つる	虫媒
モクレン科	不明	不明	高木	虫媒

までに5つのハチミツについて分析を行いました、その全てで樹木の DNA 配列が検出されています。このことから、ミツバチは多種多様な植物、特に樹木の花を利用していることがわかりました。さらに多くのハチミツについて分析を進めることで、これまでは有力な蜜源植物と見なされていなかった多様な植物種、特に樹木種の重要性が示され、ハチミツ生産における森林資源の利用実態の解明にせまることができると考えています。

おわりに

今回の「うごく森」では、著者が携わった研究を中心に、花粉の DNA 分析について紹介しました。花粉の DNA 分析は、気候変動にともなう樹木の分布変遷や、様々な訪花昆虫によって生じる花粉の散布パターン、ハチミツ生産における森林の利用実態の解明など、森林の様々なありようを明らかにするうえで役に立つと考えられます。詳しい分析手法については、これまでに紹介した論文のほかにも、長谷川ら (2011) や Suyama (2011)、陶山 (2012) に解説されています。今後は、より簡便に分析ができるように、手法の改良を進めたい

と考えています。

引用文献

長谷川陽一・陶山佳久・清和研二 (2011) 落葉広葉樹ク
リの送受粉システム - 雌花上の花粉組成と母樹によ
る花粉選択. 林木の育種 240: 12-21

長谷川陽一・鈴木三男 (2013) 仙台市富沢遺跡のモミ属
花粉化石からの DNA 増幅と種同定に関する試み. 植
生史研究 22: 3-12

Hasegawa Y, Suyama Y, Seiwa K (2015) Variation
in pollen-donor composition among pollinators
in an entomophilous tree species, *Castanea
crenata*, revealed by single-pollen genotyping.
PLoS ONE 10: e0120393

Kondo T, Nishimura S, Tani N, Ng KKS, Lee SL,
Muhammad N, Okuda T, Tsumura Y, Isagi Y
(2016) Complex pollination of a tropical Asian

rainforest canopy tree by flower-feeding thrips
and thrips-feeding predators. Am J Bot 103:
1912-1920

Matsuki Y, Tateno R, Shibata M, Isagi Y (2008)
Pollination efficiencies of flower-visiting insects
as determined by direct genetic analysis of
pollen origin. Am J Bot 95: 925-930

Suyama Y, Kawamuro K, Kinoshita I, Yoshimura K,
Tsumura Y, Takahara H (1996) DNA sequence
from a fossil pollen of *Abies* spp. from
Pleistocene peat. Genes Genet Syst 71: 145-
149

Suyama Y (2011) Procedure for single-pollen
genotyping. In: Single pollen genotyping. Isagi
Y, Suyama Y (eds) Springer, 7-15

陶山佳久 (2012) 花粉 1 粒 DNA 分析法 (森の分子生態
学 2. 津村義彦・陶山佳久編, 文一総合出版). 389-
404

噴火跡地の枯死木をはかる

廣田 充 (ひろた みつる、筑波大学 生命環境系)

はじめに

森林の主役は“生きている”木であるといっても過言ではありません。したがって“生きている”木を調べることは大切ですが、“死んだ”木（以下、枯死木）を調べることも森林の動態や働きを理解するうえでとても重要です。今回は、この枯死木に焦点をあてて、なぜ、そしてどのように枯死木をはかるのか、三宅島での枯死木の調査例とともに紹介していきます。

枯死木の定義とその役割

木は、生きている間は常に成長を続けつつ、不要になった、あるいは大きなダメージを受けて死んだ葉や枝（これをリターといいます）を自身から切り離しています。枯死木もリターと同じと考えることもできますが、一般的に枯死木はリターよりもはるかに大きい枝や幹を指し、リターとは別に扱うことが多いです。英語圏では枯死木のことを Coarse Woody Debris といい、さながら森林内の粗大木質ゴミといったところでしょうか。このような枯死木には多くの重要な役割があります。まず1つは、枯死木が森林の主要な炭素蓄積の場になっている点です。木は大きければ大きいほど葉の量だけでなくその葉を支える幹、幹を支える根部分も巨大になります。それらはリグニンやセルロース等の難分解性有機物を多く含み、生きている間はもちろん、枯死木となっても炭素蓄積の場として機能しています。これは枯死木が巨大でかつ分解され難い有機物からなるためです。世界各国で枯死木の炭素蓄積に関する研究が行われており、森林に貯留される炭素のうち、かなりの部分が枯死木に蓄積することが報告されています。2つ目は、枯死木が様々な動物の生育の場であるという点です。キツツキやビーバーのような比較的大きな動物から、カミキリムシ等の幼虫、木造家屋の典型的な害虫のシロアリ、さらには木材腐朽菌等の微細な生物にとって、枯死木は重要な生息場所かつ餌資源です¹⁾。3つ目は、枯死木は森林に特有の構造である点です。なかでも林床の倒木は、林床環境の多様性を生み出す一因であり、森林の更新にとっても欠かせない存在です。このように枯死木の役割をみていくと良い面ばかりのように思われるかもしれませんが、困った面もあります。それは、台風等の大きな攪乱で大量の枯死木が発生した場合に、それらが森林やダムに一時的に溜まってしまう点です。これもすぐに分解されない枯死木ゆえの特徴なのですが、土石流等による災害を

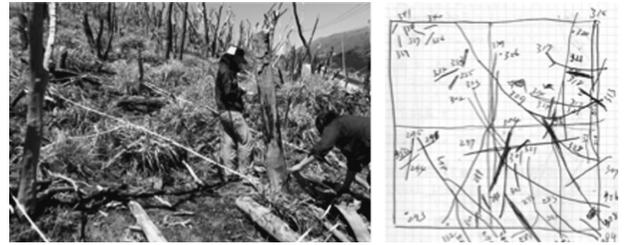


図-1 三宅島噴火跡地での枯死木調査。左の写真は調査風景。右の図は、同じ場所の固定調査区内(10x10m)における枯死木分布のスケッチ図。この分布図を元に各枯死木をはかる。

拡大する危険性ははらんでおり、このように発生した枯死木への対策は重要な課題といえます。

枯死木の現存量をはかる

前述したように枯死木には様々な役割があり、ある場所における、ある時点での枯死木の現存量、増加速度、さらには分解速度を把握することが重要となります。これらをはかる方法は、枯死木を対象とする研究者らによって検討されてきました。それらの詳しい説明は国内外での先行研究^{2), 3)}をみて頂くとして、ここでは枯死木の現存量のはかり方を紹介していきます。仮に枯死木が小さく軽ければ、その現存量をはかることは容易ですが、実際の枯死木は国内の森林でも長さが十メートル以上あったり、重さも1トンを超えたりするので、その現存量をはかることは容易ではありません。

上の写真は、筆者らが三宅島の噴火跡地で枯死木の存在量を調べている様子ですが(図-1左)、大きな枯死木の長さは10mありました。このような枯死木の存在量 $W(\text{kg})$ をはかる場合、現場の全ての枯死木の体積 $V(\text{m}^3)$ と枯死木の密度 $\rho(\text{kg m}^{-3})$ を知る必要があります ($W = \sum V_i \cdot \rho_i$)。体積については、現場の調査区内で最初に全ての枯死木の分布状況をスケッチし(図-1右)、各枯死木をタグ付けした後に太さと長さをはかります。各枯死木の形状と測定したサイズから円錐近似で大凡の体積を推定していきます。もちろん、全てが円形ではなく、半円形等の多様な形だったり、Y字のような幹もあるので、それらを円錐、円柱等で近似できるまで細分化してはかることで、枯死木全体の体積を推定するという方法をとります。密度は、枯死木の量を知るために必要ですが、正確にはかることは困難です。大きな枯死木の重さを現場ではかることはできないため

に、元の枯死木から複数のサブサンプルを切り出し、まずサブサンプルの密度を測定し、次に元の枯死木全体の密度を推定していきます。ではサブサンプルの密度測定が簡単にできるかということこれがまた難題です。それは、サブサンプルの体積を正確にはかれないからです。自然の産物である枯死木は複雑な形状をしていますし、何よりも外見では分からない孔もあるために実際の体積は直接測定できないのです。筆者が行っている方法は、いわゆるアルキメデスの原理を応用したものです。アルキメデスの原理では水を用いますが、枯死木は水を吸収してしまうために筆者らは微細なガラスビーズ（代表粒径200 μm ）を用いています。ガラスビーズを敷き詰めた大きな容器に枯死木のサブサンプルをゆっくりと押し沈めて体積をはかるアナログな様子は、今日の科学には似つかわしくない光景ですが、なかなか圧巻です。このような過程を経て、ある場所におけるある時点での枯死木の存在量を推定していきます。

枯死木の存在量を推定する際に忘れてはならないことがあります。それは枯死木の腐朽段階の確認です。一般的には、樹皮もしっかりと残り生きている時と同じような状態から、樹皮が無くなり柔らかくポロポロの状態になったものまで4、5段階に分けます。腐朽段階を調べる理由は、腐朽段階によって分解速度が異なるだけでなく、枯死木の発生時期もおおよそ推定できるからです。腐朽段階と合わせて枯死木の存在状況を調べれば、現存量調査はほぼ終了ですが、これらの方法ではかかれない枯死木も存在します。それは、枯死木の根っこ、地下部分です。土壌内に存在する枯死木の地下部分は直接調査ができないために生木の地上部と地下部分の重量比を用いることで、間接的に現存量を推定することができますが、不正確と言わざるを得ない状況です。

噴火跡地の枯死木の現存量

筆者は、三宅島2000年噴火後の島内の枯死木の現存量を把握するため、火口のある山頂付近から噴火の影響をほとんど受けていない海岸付近の成熟林まで計10地点で固定調査区（10x10m）を設置し、2012年に調査区内の枯死木の現存量調査を行いました。噴火跡地では、枯死木が非常に多くあり大変だろうと思っていたのですが、図-1左の写真のように植物自体が少なかったため枯死木を探しやすく、思ったよりも簡単に調査できまし

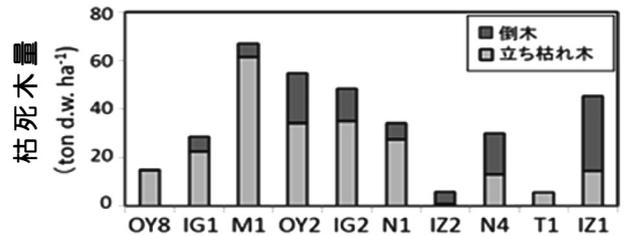


図-2 三宅島内の10ヵ所の固定調査区における枯死木の現存量。2000年噴火被害が著しかった地点(OY8)を左にして、被害程度順に並べている。

た。その結果をまとめたのが図-2です。ここでは2000年噴火の影響を強く受けた地点(OY8)を左側に、噴火の影響を受けていない地点(IZ1)を右側にして10地点を並べて枯死木の現存量を示しています。

筆者らの予想に反して、噴火の被害程度と枯死木量の間にはクリアな関係がみられませんでした。これは、噴火被害の程度も重要ですが、もとの森林における樹木の量も重要なためかもしれません。また、噴火被害が比較的大きかったIG1やIG2の枯死木量は、生きている木の現存量と比べて数倍以上多いことも明らかとなりました。こうした枯死木に関する情報は、火山という大規模攪乱とともに成立する三宅島の森林動態や物質循環を理解するうえでも重要な知見になると考えています。

引用文献

- 1) 深澤 遊 (2013) 木材腐朽菌による材の腐朽型が枯死木に生息する生物群集に与える影響. 日生態誌 63: 311-325
- 2) Harmon ME, Franklin JF, Swanson FJ, Sollins P, Gregory SV, Lattin JD, Anderson NH, Cline SP, Aumen NG, Sedell JR, Lienkaemper GW, Cromack K, Cummins KW (1986) Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Adv Ecol Res* 15: 133-302
- 3) Jomura M, Kominami Y, Tamai K, Miyama T, Goto Y, Dannoura M, Kanazawa Y (2007) The carbon budget of coarse woody debris in a temperate broad-leaved secondary forest in Japan. *Tellus Ser B* 59: 211-222

実用的な放置竹林駆除対策手法の開発

江上 浩 (えがみ ひろし、住化グリーン株式会社)

はじめに

“放置竹林”という言葉が筆者はかつて農業関係業務に携わっていた頃に知りました。最近、密生した竹林がとても多く、単に見た目が悪い、近づくと気味悪いということに加え、車で走行中にも危険（道路への倒竹或いはその寸前）を感じることも増えてきていました。

タケは単位面積当たりの炭素貯留量が一般の樹木と比べて少ないこと、豪雨等によって竹林が丸ごと崩落したり、河口に蓄積したりすることから、地球温暖化や防災の面で不利益や不都合を生じることが知られています。これらの点と社会情勢の流れから、“放置竹林”は“管理竹林”に戻すことを目指すよりも、“資材”となり得る部位をできるかぎり利活用しつつ駆除していくべきであり、また“駆除跡地”は他の目的に利活用すべきと考えられるようになりました。

研究開始

おりよく、筆者は森林・林業関係をビジネス対象とする住化グリーン社員となり、大きな社会貢献も可能な新規ビジネスになりうると考え、放置竹林に関する調査活動を開始しました。始めてみるとすぐに、試験研究機関の方のみならず、放置竹林でお困りの地域の方から、「本当に使える駆除法を教えて欲しい。伐っても伐ってもなかなか終息しない」という声を沢山いただきました。すなわち、伐採という人力のみによる地上部を対象にした駆除では、地下部へのダメージが弱くてすぐに再生してしまうため、手法として限界があると確信しました。

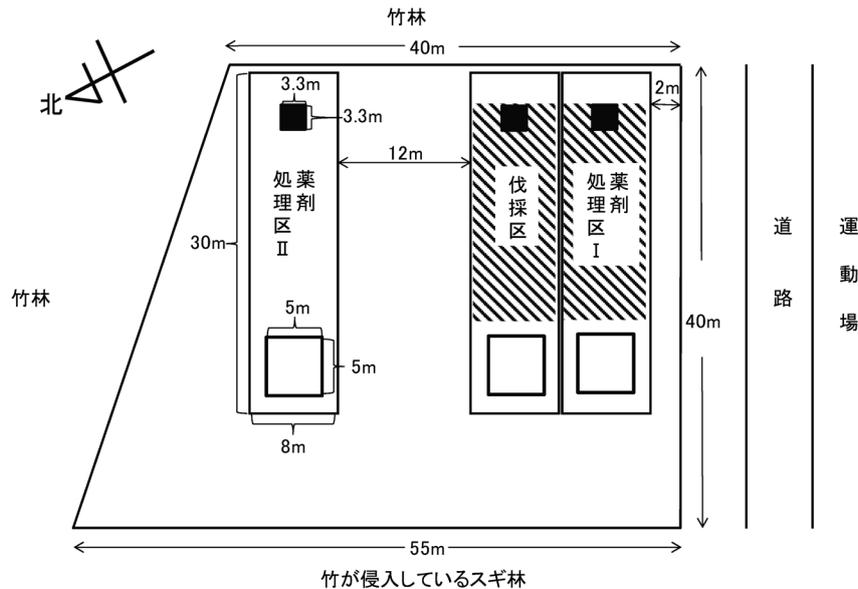
そこで、拡大が進む竹林を対象とした駆除方法として人力と農薬の併用を考えました。農薬登録を保有する竹林駆除に関わる化合物群は国内で二つのみありますが、広域かつ効率的な駆除を目指すために、労力面で大変な稗注入法ではなく、全面土壌散布法が可能な既成農薬(クロレート S) を利用した研究を開始しました。タケは地上部の伐採後も地下茎によって再生するため、大面積駆除にはこの全面土壌散布法が欠かせないと考えられま

す。そして、散布時期も従来の手法から変更し、地上部を更地にした状態で実施することにしました。散布作業自体も効率的となり、しかも散布精度が向上します。そして稗が枯れて汚い、倒れそうで危ないといった不都合をほぼ解消できます。しかし、一方では“食料生産に資さない開放系での農薬の大量使用”が社会に受け入れられるだろうかという懸念もありました。

タケを扱う以上、研究としてはやや長いスパンを覚悟しなくてはなりません。さらに、駆除後の農薬利用に伴う生態系への影響を評価するためには、竹林における植生回復に関する研究も必須です。しかし、植生の専門家との共同研究の目処がつかぬまま、企業関係者のみで大規模な現地試験の開始に踏み切ることになってしまいました。

研究開始に至るまでの実情

一企業が農薬使用を前提に自由に長期間使える試験地を探すのは大変困難です。竹林対策を望む現地の有力者と相談して進展を期待したものの、地域住民の反対によって、全国的に最大の問題となっているモウソウチクの対策時期(3月)までに試験を実行できず、駆除が不可となったこともありました。困り果てた末に千葉県農林総合研究センター森林研究所の遠藤良太氏に相談し、放置竹林問題に関心の高いNPO法人ちば森づくりの会を紹介頂きました。会員の中には、研究協力した場合の組織に帰するメリットが有るのかという疑念や、農薬試験に対する環境負荷等を懸念される方もおられ、合意形成をどうするかという難題に直面しました。しかし、「貴法人単独に帰するメリットは少ないが、放置竹林という課題に対する実用的成果を全国に先駆けて示す意義は大きい。本研究により竹林整備が全国規模で効率よく進むことになるだろう。必ず成果を出すから、共にパイオニアになりましょう！」と義侠心に訴えることで快諾を得られました。その結果、マダケの対策時期(5月)に間に合い、マダケを対象とした試験地(図-1)の設定や



■：稈数調査プロット □：植生調査プロット

図-1 試験地（千葉市内のマダケ放置竹林 1,900 m²）における各処理区の配置図（久本ら（2016）を元に作成）

注1：薬剤処理区 I では、45 kg/10 a 量、同区 II では 60 kg/10 a 量（登録薬量の下限および上限）のクロレート S をマダケ全伐採後に全面土壌散布した。一方、伐採区では、全伐採（薬剤不使用条件下での一般法）のみを実施した。

注2：斜線部分のみにおいて、毎年 5 月に 3 地点/区（初年度のみ 9 月に 2 地点/区）、無作為に地下部調査を実施した。

注3：各区における植生調査プロットでは、全伐採以外は放置して観察している。

表-1 マダケの生活史と処理・調査の概要（2013 年～ 2016 年）

調査項目	2013 年		2014 年			2015 年			2016 年			
	5 月	7 月	9 月	5 月	7 月	10 月	5 月	7 月	10 月	5 月	7 月	10 月
竹 稈	○	○		○	○		○	○		○	○	
地下部			○	○			○			○		
植 生			○	○		○	○		○	○		○
作 業 (薬剤処理)	伐採 +			伐採		伐採	伐採	伐採		伐採	伐採	
マダケの 生活史	出稈			出稈			出稈			出稈		

注：各月の伐採は植生調査後に行いました

毎年 2 回のマダケの伐採作業（表-1、写真-1）等、大変な協力を頂いています。

研究課題と体制の完成

タケに関する農薬を活用した駆除研究の課題は次の 2 つと考えています。まず、農薬を使用すれば現存の竹稈を枯殺できるが、その後どうなるか、またどうすればよ

いかについての既存情報が少なく普及が進みません。また、農薬使用を決断しても、実行可能な場所がどれほどあるのか不明です。これは、「駆除を実行しながら、タケを資材として利活用し、さらに駆除跡地の再利用をも可能とする対策」が必要という、冒頭で述べた私の問題意識につながります。

そこで、研究目的を、「最も確実で効率的・現実的な



写真-1 ちば森づくりの会の皆さんによるマダケの伐採作業 (2016年7月)



写真-3 地下部の掘り取り (2013年10月24日)



写真-2 マダケ全伐後の散布作業 (2013年5月15日)

駆除法を提案・実証し、同時に資材・竹林跡地の利活用も可能とする手法を開発する」とし、具体的課題を以下のとおり想定しました。

- ① 既存手法（全伐（皆伐）のみ）と、新手法（全伐＋薬剤全面土壌散布、写真-2）の有効性を比較する。有効性は、地上部調査と、翌年度の新稈（タケノコ）発生数で評価する。既存評価法（立稈状態の推移調査）に加えて、地下部も対象とすることで、竹林拡大の抑制効果を捉えられる。
- ② 薬剤による地下部への効果が地上部にどのような影響を与えるのかを解明する（写真-3）。
- ③ 竹林駆除後の里山再生（竹林から広葉樹林への転換）、或いはより積極的な植林行動における作業効率や苗木成長等に与える影響を評価する。
- ④ 農薬使用による環境影響を評価するため、タケ以外の植物を含めた植生遷移を解明する。この点は既存研究ではほとんど示されていない極めて重要なテーマである。農薬使用によって、放置竹林を多様な植物の成長可能な状態に早期転換できるな

らば、生物多様性の面から有効な手法となりうる。

- ⑤ 対策の実行可能性を評価するために、既存手法と新手法のコスト比較を行う。
- ⑥ 研究実施期間を既存手法（全伐のみ）と新手法とで比較するが、特に既存手法の地下部への影響を検証する。

上述の④に関して、植生遷移研究は我々だけでは実行不可能でしたが、東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林千葉演習林助教の久本洋子氏及び立正大学地球環境科学部地理学科特任講師の鈴木重雄氏の協力申し出があり、実施にこぎつけることができました。久本氏とは本研究に先んじてヤマビル駆除剤（マリックスター）の共同研究を開始しており、話はスムーズでした。鈴木氏は放置竹林対策を含むタケ関係者の会を主導しておられる方です。これを機に、ご両人に共同研究者として全面的に参画頂いています。見切り発車は2013年5月でしたが、研究体制が整ったのは同年7月でした。研究期間を5年と定め、現在は、新課題の発掘や実行の検討も行っていきます。

3年経過時点での成果概要

詳細は論文（江上ら 2015、久本ら 2016）に譲るとして、ここでは概要をまとめます。クロレトSの地上部における効果は、2013年から毎年再生稈を計数した結果、稈数は伐採区よりも薬剤処理区で顕著に少なかったことから、抑制効果が示されました（写真-4）。地下部への効果も認められ、2年以内に腐朽も進み、地下茎は著しく軟化していることを確認できました（写真-5）。さらに、林床植生への悪影響は特に観察されず、タケの大幅抑制によってタケ以外の被度及び種数の増加が確認されました。この結果は、開発した手法が駆除跡地の利活用にも有益であることを示しています。また、薬剤投与の前に全伐を実施していることから、枯死稈の



写真-4 地上部の状態

左は伐採区（多数の稈が再生）、右は薬剤処理区 I（高茎の帰化植物が繁茂）の様子（2014年7月1日）



写真-5 地下部の状態（2015年5月掘り取り分）

林立によって景観を悪化させることはありません。しかし、全伐と農薬の併用だけでは木本種の速やかな増加・成長は難しいため、最初の全伐時に母樹となる木本を極力残すことや、木本実生の成長を促進するために、本研究では実施していませんが特に高茎草本の刈り払いを含む一般的な草本管理はやはり必須といえます。また、現時点において、全伐作業のみでは再生稈も多く、しかも地下部が全く死んでいないため、完全駆除には相当の時間を要しそうです。

本研究対象はマダケですが、日本三大竹（モウソウチク、マダケ、ハチク）に新手法が同様に有効であるかの検証は重要です。モウソウチクに関して、奈良県で委託研究を実施した結果、今回の報告と同様の傾向であることが分かりました（天野ら 2015）。また、ハチクに関しては、島根県石見銀山の周辺地域で、NPO 法人緑と水の連絡会議が中心となり、2015 年から駆除試験を実施中で、こちらも順調な経過とのことです。

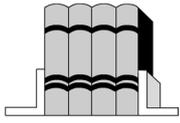
おわりに

このように、本研究を始めた頃には実施自体がおぼつかない状況でしたが、現在に至るまでに多くの方々の協力に支えられて、大きく進展させることができました。やはり放置竹林問題が社会的に喫緊の対応を迫られている課題であることが大きいのだと思います。しかし、森林・林業関係者や里山・環境問題等に関心の高い方々以外、すなわち社会一般に認知された問題であるかということ、まだまだその認識の拡がりには十分ではないと感じます。今後は試験研究関係者のみならず、国・行政を含めて、幅広い取り組みを行っていく必要を感じます。

最後に、塩素酸系の化合物は複数存在しますが、農薬登録上においては、有効成分の製造・製剤の製造・農薬登録内容全てが異なる製品は、当然ながら個々のデータを個々の責任において実施および所有しています。よって、本研究での成果及び適用性はクロレート S のみに帰するものであることを注記いたします。

引用文献

- 天野孝之・藤原直孝・尾井睦夫（2015）除草剤によるモウソウチク駆除後の植生変化—クロレート S 粒剤を用いた場合—。ツリードクター 22: 69-73
- 江上 浩・久本洋子・鈴木重雄・高橋幸貴・須藤智博・尾川新一郎・若林利昌・遠藤良太（2015）事前伐採と塩素酸ナトリウム粒剤（クロレート S）全面土壌散布による放置マダケ林の防除。森林防疫 64: 20-28
- 久本洋子・江上 浩・鈴木重雄（2016）稈伐採および塩素酸ナトリウム・クロレート S 全面土壌散布によって放置竹林から広葉樹林への早期転換は可能か？ 景観生態学 21: 69-74



ブックス

国際資源管理認証：エコラベル がつなぐグローバルとローカル

大元鈴子、佐藤 哲、内藤大輔 編、
東京大学出版会、2016年3月、256ページ、
5,184円（税込）、ISBN978-4-13-060314-0

本書は、『森林科学』の読者に馴染み深い森林資源に加え、水産資源とアブラヤシを対象に、資源管理認証の近年の動向や挑戦と課題を取り上げた一冊である。序章では、「国際資源管理認証は、生産者や地域社会の現実に沿うかたちで運用されなくてはならない。しかし、それでいて国際的に適用できなければならないというギャップをはらんでいる。」とある。この問題意識のもとに本書が目的に掲げるのが、「資源管理認証の有効活用を実現するためのさまざまな要素に注目して、資源管理認証が持つ意義、可能性、課題を再検討する」ことである。その際、徹底しているのが、国際認証の現場レベルでの影響、国際認証と地域との双方向のつながり、そして地域内でのステークホルダー間の相互作用と協働という、地域を中心とした視点である。

未だ必ずしも一般読者に広く浸透しているとは言えない認証について、地域レベルの話題を中心に据えて果たして十分な理解が得られるだろうかという読前の不安が書評子にはあった。しかし、それはすぐに打ち消された。むしろ地域に根ざした具体例が示され、現場を熟知する多様な業種の方が解説することで、資源管理認証への理解がより深まった。生産者自身が著者となっている章も設けられ、現場のリアリティーを感じることができた。

さらに特筆すべきことは、森林、水産、アブラヤシという多様な資源について、国内外の様々な具体的事

例を通して資源管理認証の実態を示していることである。『森林科学』の読者にとって水産業は身近ではないかもしれない。しかし、例えば領海を越える回遊魚などの水産資源をいかに管理するかという「広大な水域での監視の難しさ」は、違法伐採を食い止める難しさや国境を越える二酸化炭素を扱う温暖化対策の難しさに通じる面があり、学ぶべきことが多い。多様な生産活動における認証の重要さに、一研究者としてだけでなく一消費者としても思いを巡らせた。

『森林科学』の読者の中には、現行の様々な森林認証に関心をお持ちの方も多いただろう。第1章ではその発足の経緯が示されている。そして、国内では岡山県西栗倉村の事例、海外では大企業がからむオーストラリアのタスマニアや、先住民族に対する森林認証制度の影響が示されるマレーシアの事例などが幅広く取り上げられている。

本書の構成は、理論や議論の枠組みを示した序章、各テーマに沿った資源管理と認証に関わる国内外の様々な事例紹介がなされる第II部から第IV部、そして各事例を総括する終章からなる。第II部「地域づくりと資源管理認証」と第III部「資源管理認証のトランスレーター」では、読者に比較的なじみのある事例や話題を中心に、資源管理に関する問題や課題が紹介されている。一方、第IV部「生活・生産の場に出現する資源管理認証」は、全て海外の話題で構成され、日本では必ずしも身近ではないが知っておくべき事例が提示されている。

敢えて本書にリクエストするならば、水産については現場のアクターである漁業協同組合職員による章があったので、例えば森林組合員やアブラヤシ農園経営者によって書かれた章があれば、森林とアブラヤシについても同様に生産者の視点を知ることができ、なお良かったのではということだ。

とはいえ、これまで企業のCSRや消費者からの視点、持続可能性などの観点からの議論が多かった認証について、地域を中心とした新たな視点を提供した本書は、関連書籍が増えていくと予想される認証の議論におけるマイルストーンとなることは間違いないだろう。認証に関わる今後ますますの議論や関心の高まりが期待される。

岩永青史（森林総合研究所）

樹木医ことはじめ 一樹木の文化・健康と保護、 そして樹木医の多様な活動— (植物医科学叢書 No. 3)

堀江博道 編、大誠社、2016年9月、
446ページ、7,800円（税込）、
ISBN978-4-86518-069-5

苦勞して樹木医資格を取得したものの、「樹木医と名乗るのが怖い」という声をよく聞く。樹木医を名乗ると、必ずと言っていいほど何か質問される。経験が浅い樹木医は、うまく答える自信がなくて名乗れないのである。理由は他にもある。新米は、樹木医とは何か、がまだよくわからない。メディアで天然記念物の治療や移植事例がよく取り上げられることもあり、「樹木医って老樹に大金をかける仕事でしょう？」などと言われると、若い樹木医ばかりでなく樹木医を目指している人も少なからず冷や汗をかくのではないだろうか。

そんな迷える樹木医（候補）たちを導いてくれるのが本書である。内容は、日本で初めて「植物医科学」教育課程が設けられた法政大学の「樹木医演習」の講義録で、まさに樹木医を育てるべく考え抜かれたカリキュラムが詰まっている。第一線で活躍する樹木医も講師として参加しており、加えて20名を超える樹木医から集められたコラムやノートが、樹木医の活躍する現場の声を伝えてくれる。樹木医の仕事は、天然

記念物級の巨樹巨木の保護や治療から、ランドスケープデザインや環境教育、庭木の手入れや、街路樹調査まで多岐にわたる。一人の樹木医がすべての仕事を経験することは難しいが、この本により、技術的なことだけでなく、同じ樹木医がどこでどんな仕事をしているのか、樹木医の仕事の広がりを知ることができるようになっていく。

樹木という巨大な存在は、人間の住処や資源として利用されてきただけでなく、信仰の対象や、文化の背景となってきた。本書は「樹木と文化」という章から始まり、人間と樹木の関わりについてまず解説している。次に、基礎知識としての樹木の

生理を学び、そこから診断や病害虫の防除の具体的な方法へと進んでいく。全体を通じて、樹木医の仕事の本質は、樹木と人間との関係を良好に保つことであるということがわかる。内容の一部に、樹木医研修で使用する「最新・樹木医の手引き 改訂4版（財）日本緑化センター編」と重なる部分もあるが、本書ではより短くまとまった記述となっている。そのため、本書は入門の教科書として、手引きはさらに詳しい専門書や辞書として利用でき、重なる部分は読み比べるのが面白い。

本書のはじめにもある通り、樹木医学は発展途上である。本書は、これから樹木医を目指す人のための

講義録であるが、決してそれだけではない。多様な生育環境にある様々な樹木それぞれの保護や治療法について、長年にわたり蓄積されてきた経験や技術を、樹木医学として体系化しようという努力の積み重ねがこの本の背景にある。若い樹木医は、諸先輩方が苦勞して築いてきた樹木医学の世界がどこまで広がってきたかを思いながら読んでほしい。同時に、ベテランの樹木医は、若い樹木医たちは今、どんな勉強をして樹木医になろうとしているのか、最新の講義内容を知ることができる。まさに、「樹木医のはじまり」について解説された書である。

田中(小田)あゆみ(森林総合研究所)

北から 里山が再び東日本大震災前の状況に 戻ることを夢みて

市川 貴大 (いちかわ たかひろ、とちぎ農林倶楽部)



いまから13年前、栃木県矢板市に移住した時、隣の塩谷町に宿泊型体験施設である“星ふる学校「くまの木」”があることを知り、農林業体験に参加することにした。当時の経営者であった遠藤正久理事長（現理事およびくまの木里山応援団総括）は志のある方で、一人一人が活躍できる社会・生き生きと生活していける環境づくり等に力を注がれていた。落ち葉かき体験や、落ち葉堆肥を使ったそば・パン小麦栽培体験等、里山を活用する体験プログラムに私はすっかりのめりこみ、ボランティアでお手伝いするようになった。

ある時、遠藤正久さんから「裏山が荒れ放題なので、参加者を募り里山整備活動を実践していきたいので、協力してほしい」と相談があり、それからは積極的かつ主体的に活動に参画している。2008年にボランティアからなる「くまの木里山応援団」を地権者とともに立上げ、力量不足ながらも団長として、散策路の整備をはじめ、コナラ広場での落ち葉かきやほだ木づくり、人工林の下刈りや枝打ち、除伐等の活動や、公開活動として「里山学講義」と「親子で森づくり体験」を行っている。

団員の三木喬夫さんは「グリーントラストうつのみや」の長岡樹林地での活動にも積極的に参加されており、現地を視察させていただく機会があった。長岡樹林地では毎年大量の落ち葉かきを行っており、年ごとに別の場所で落ち葉堆肥を作っていた。そのため、それぞれ腐熟具合の異なる落ち葉堆肥を一度にチェックすることができた。そこで、落ち葉の堆肥化年数の違いによる化学・生物的变化と植物生育に及ぼす影響について、私の母校である千葉大学再生生態学研究室の協力を得て、研究を始めることにした。その結果、落ち葉と堆肥化1年後以降の有機物について、C/N比や微生物の量や活性等に有意な差がみられ、堆肥化1年後以降の有機物であれば堆肥として有効であることを明らかにした（市川ら、2010: 森林立地 52: 11-18）。

落ち葉堆肥は作るのに手間がかかるが、里山整備や田畑の地力向上にもつながる有用な資源である。そのため、落ち葉堆肥をもっと活用していこうという運動を展開しようとしていた。しかし、その矢先、2011年3月11日の東日本大震災に起因する東京電力福島第1

原子力発電所の事故により、多くの森林が放射性物質によって汚染されてしまった。そして、2011年7月25日に農林水産省から「高濃度の放射性セシウムが含まれる可能性のある堆肥等の施用・生産・流通の自粛について」が発出された。

「くまの木里山応援団」の活動は震災後も継続して実施しているが、落ち葉かきやほだ木づくりの再開の見込みは未だにたっていない。現在でも落ち葉堆肥の取扱いについて、国をはじめとする行政から新しい情報は入ってこない。筆者は将来、里山にて落ち葉堆肥づくりが再開できることを夢見て、宇都宮大学森林生態学・育林学研究室の協力をいただき、2012年から里山での落ち葉・落ち葉堆肥の放射性セシウム濃度および含有量の時系列変化等に関する研究に取り組んでいる。

山林内の空間線量率については、植生や立地条件にかかわらず、年数の経過とともに概ね自然減衰と同様に推移している（市川、2016: 野外教育研究 19: 14-21）。しかし、森林内で落ち葉を腐熟させると、腐熟前の落ち葉に比べて放射性セシウム濃度が大幅に上昇してしまうことが明らかとなった（市川ら、2015: 日林誌 97: 251-256）。落ち葉堆肥の放射性セシウム濃度については、2013年をピークに2014年、2015年と濃度上昇の程度は低下してきている。しかし、放射性セシウムを含む肥料、土壌改良資材、培土及び飼料で定められている暫定許容値の範囲内に収まるかは未だ見通しがたっていない。2017年2月には、千葉大学の小林達明教授に「里山の放射性セシウムの現状」について講義をしていただく予定である。

「親子で森づくり体験」については、2011年は中止し、2013年から再開した。震災前には5～6家族程度集まっていたが、2013年はその半数程度にとどまった。しかし、年が経つにつれ、参加家族は増えていき、2016年には日本大学の土村真由子准教授にも応援に来ていただいたこともあって、過去最高の8家族の参加となり、里山に活気を取り戻したようにもみえる。

いずれにしても、筆者が生きている間に、再び東日本大震災前の状態にもどり、落ち葉かきや、落ち葉堆肥を使った農業体験等の里山保全活動ができることを夢みて、研究を継続していきたいと考えている。

ユネスコエコパークと森林科学

光田 靖 (みつだ やすし、宮崎大学農学部)



平成 28 年 8 月に大分県および宮崎県にまたがる「祖母・傾・大崩」地域を、ユネスコが実施する生物圏保存地域（国内呼称：ユネスコエコパーク）へ推薦することが決定しました。今後、日本ユネスコ国内委員会からユネスコへ推薦書が提出され、平成 29 年 5 月から 7 月にユネスコ本部で登録の可否が検討される予定です。ユネスコエコパークは貴重な生態系の保全とそれを取り囲む地域社会の持続可能な発展の両立が目的であり、自然保護、防災そして持続可能な木材生産などの幅広い分野を内包する森林科学と目指すゴールにおいて一致するものがあります。

ユネスコエコパークには厳格な生態系保護を行う「核心地域」、そのための緩衝帯となりエコツーリズムや環境教育にも利用される「緩衝地域」、および地域社会・経済の発展に資するための「移行地域」が設定されます。日本国内にはユネスコエコパークが平成 28 年現在 7 箇所ありますが、この移行地域の活用が課題であると指摘されています。貴重な生態系やその保全活動をどのようにして移行地域での地域社会・経済発展に向けた活動に結びつけていくのが課題です。

ユネスコエコパークには「保全」、「経済と社会の発展」および「学術的支援」という 3 つの機能が規定されています。森林科学に携わる科学者は研究で得られた科学的な知見を生態系保全・再生活動へフィードバックして、保全機能の向上に貢献することが期待されています。さらに今後は経済と社会の発展機能の向上に資するような研究が求められるでしょう。

宮崎県綾町を中心とした綾ユネスコエコパークは、日本国内で初めて移行地域を伴うユネスコエコパークとして平成 24 年に登録されました。残存する広大な面積の照葉樹林と長年にわたる照葉樹林再生の取り組み、そして綾町の環境に配慮した農業施策が登録の要因となっています。ただし、綾ユネスコエコパークにおいても移行地域の活用が課題となっていました。そこで、綾町と筆者の所属する宮崎大学とで連携を図り、綾町から研究助成金「綾生物圏保存地域の生態系の保全と持続可能な利活用の調和に関する研究」を受けてユネスコエコパークを地域づくりに活用する研究が始まりました。

生態系保全と地域づくりをつなぐ研究のキーワードは生態系サービスです。生態系から受ける様々な恩恵

である生態系サービスを定量的に評価する様々な研究が進められていますが、我々はミツバチによる花粉の運搬（送粉サービス）に着目しました。日向夏は綾町特産の柑橘類で、自身の花粉では実をつけない自家不和合性という性質があり、別品種の柑橘類からの花粉を必要とします。この花粉運搬の主な担い手がニホンミツバチです。そこで日向夏の花を訪れるミツバチの数と周囲の景観構造との関係に着目しました。ここでの景観構造とはある一定範囲で田、畑や森林などの土地利用がそれぞれどのくらいの面積を占めているかによって表されるものです。その結果、周囲に天然生林や農地が多いとミツバチの訪花数は多くなる傾向が明らかになりました。ニホンミツバチは天然生林に存在する大径木の洞に巣を作るので、綾町の照葉樹林は良い住処を提供するはずですが、また、既往の研究では農薬を使用する農地はミツバチにとってマイナス要因となっていました。有機農業を進める綾町では良い採餌場所を提供するようです。この結果は長年にわたる照葉樹林再生プロジェクトや有機農業といった生態系保全に関わる取り組みが、日向夏の生産に寄与している可能性を示しています。綾町の日向夏を豊かな生態系の恵みの証拠としてエコプロダクトとしてのブランディングに活用できれば、地域の経済発展に貢献できるかもしれません。

平成 27 年から国立大学は 3 つのタイプに区分されることとなり、宮崎大学は多くの地方大学と同じく地域貢献を重視するタイプとなりました。地方大学として地域産業へ優秀な人材を輩出するのはもちろんのこと、地域貢献を意識した研究が強く求められるようになってきました。今回ご紹介した研究は、生態系保全と地域づくりをつなぐという点で、まさに地域に貢献する森林科学であると考えています。宮崎県は 25 年連続スギ生産日本一を達成しましたが、皆伐面積の増大と共に資源量を心配する声も行政や現場からあがってきています。このように農林業が盛んで自然の豊富な宮崎県には、森林科学がその力を発揮すべき地域課題が山積しています。一人の森林科学を志すものとして、アカデミックな部分を追求するだけでなく、地域社会の問題解決に貢献できる研究を進めていきたいと思っています。

特集

これからの低コスト再造林技術 —地域によるカスタマイズと現場からの提案—

森林科学 80 は 2017 年 6 月発行予定です。ご期待ください。

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

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

お知らせ

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

森林科学編集委員会

委員長	太田 祐子（日本大）
委員	松浦 俊也*（経営/森林総研）
	小長谷啓介*（保護/森林総研）
	山浦 悠一（動物/森林総研）
	小川 泰浩（防災/森林総研）
	江口 則和（保護/愛知県森林・林業技術セ）
	田中 一生（経営/日本森林技術協会）
	橋本 昌司（土壌/森林総研）
	平野悠一郎（林政/森林総研）
	磯田 圭哉（育種/森林総研）
	田中 恵（土壌・造林/東京農大）
	斎藤 仁志（利用/信州大）
	田中 憲蔵（造林/森林総研）
	大橋 伸太（木材/森林総研）
	宮本 敏澄（北海道支部/北海道大）
	松木佐和子（東北支部/岩手大）
	逢沢 峰昭（関東支部/宇都宮大）
	松浦 崇遠（中部支部/富山県森林研）
	上谷 浩一（関西支部/愛媛大）
	川崎 章恵（九州支部/九州大）

(*は主事兼務)

編集後記

昨年末から「落葉樹林の進化史（築地書館）」を読んでいる。ロバート・アスキング氏が、北米、ヨーロッパ、日本の落葉樹林を対象に、その歴史や現状についてまとめた力作である（黒沢令子氏・訳）。白亜紀の恐竜の役割、それ以降の樹種の再編成から始まり、北米東部の農地放棄による森林の再生、森林の分断化の研究など、迫力ある記述がなされている。中盤の一章は、個体数が増加したシカが森林生態系に及ぼす影響を扱ったものである。北米やヨーロッパでも、シカの増加が樹木の更新を妨げており、シカの増加はまさに世界的な問題になっていることがうかがえる（イギリスにもニホンシカが分布している）。著者は、シカの摂食が激しいと、森林は疎林に変化し、最終的には樹木のない環境（シカ・サバンナ）になるのではないかと予測している。

本誌ではちょうど 6 年前、シカの特集が組まれている。そこではシカの森林生態系への影響が各地で深刻化していると報告されている。それ以降、特に近年の森林学会ではシカに関するセッションが毎年開かれ、立ち見が出るほどの盛況ぶりである。そこで 1 年前の編集委員会で、シカの特集を再度組むことを提案し、皆の同意を得ることができた。かつて北海道の山奥で倒木更新を研究していた飯島勇

人さんは（秋の調査でシカの声聞いていたのだろうか？）、ここ数年、シカに関する研究で多くの優れた業績を挙げている。幸いにも、彼にコーディネーターを快諾していただき（感謝！）、執筆者のご協力の下（ありがとうございました）、こうして新たな特集を組むことができた。今回の 6 本の記事をご覧いただければ、シカに関する研究は、多様な方面で大きな進展を遂げていることがご理解いただけると思う。

冒頭に紹介した書籍では、シカの個体数が少なすぎるのも、生物多様性を損なう恐れがあるという指摘もなされている。果たして私たちは、今後 50 年、シカとどのような関係を構築し、その数を管理していくのであろうか。明治以前の江戸時代や平安時代、縄文時代、シカはどのような役割を担ってきたのだろうか。将来、茨城県にシカは分布を拡大するのだろうか。

私が子供の頃、シカは奈良公園や百人一首で出会う動物だった。現在、田畑や幼齢人工林の周りには柵が立てられ、昼間でも山でシカを見かける。隔世の感がある。今の学部生は、かつてシカの絶滅が危ぶまれていたことなど、想像もできないのではないだろうか。

（編集委員 山浦悠一）

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/

各ラベルに記載の使用方法・安全使用上の注意をよく読んで使用してください。
農林水産省登録第22028号
松枯れ防止／樹幹注入剤
グリーンガード®・NEO
Greenguard® NEO 90mL入
製造番号および最終有効年月は底面に記載

信頼と実績

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

丁寧なサポート

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

経験豊富なエディターに よる高品質で丁寧な校正

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

安心のワンプライス

1,700円(税抜)/ページ
1頁200ワード
追加料金無しで納期調整

アクセプトを その手に

トップジャーナルへの
実績多数!

英語論文校正のKNインターナショナル

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

お客様から
感謝の声ゾクゾク!

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

国立大学医学部放射線学
A.J様

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

国立大学病院 循環器内科
講師様

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

国立大学
教授様

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

国立大学
歯学部



KN INTERNATIONAL INC

〒152-0002 東京都目黒区目黒本町4-16-7 SWビル

www.kninter.co.jp

お問合せ先/東京オフィス

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

ご依頼先/アメリカオフィス

● order@kninter.co.jp