



森林

科学

[特集]

深刻化するシカ問題 —各地の報告から—

シリーズ

森めぐり

森林総合研究所多摩森林科学園（環境教育林）
島根大学三瓶演習林

うごく森

ランドスケープ構造からみた里山のうごき

現場の要請を受けての研究

岐阜県版「細り表」の調整と「細り早見カード」の開発

No. **61**
February 2011



GIShop

ジーアイショップ

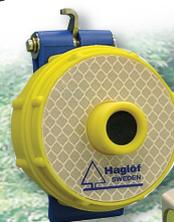


ジーアイショップ

検索



サイト OPEN!!



林業機器多数取り扱い

電子輪尺
クリノメーター
成長錘
樹高測定器
トレイルカメラなど



GIShop
ジーアイショップ

<http://www.gishop.jp>

フリーダイヤル

0800(600)4132

GIShop (ジーアイショップ)

株式会社ジーアイサプライ

〒071-1424 北海道上川郡東川町南町3丁目8-15

TEL 0166 (73) 3787 FAX 0166 (73) 3788 E-mail info@gisup.com

特集 深刻化するシカ問題—各地の報告から—

- 拡大するシカの影響 2
小泉 透
- ニホンジカが森林生態系に与える負の影響
—吉野熊野国立公園大台ヶ原の事例から— 4
横田 岳人
- 高密度エゾシカ個体群が植生に
与える影響と植生回復の目標
—洞爺湖中島の植生モニタリングからわかったこと— 11
宮木 雅美
- 植生保護柵の効果と影響の整理—丹沢の事例— 17
田村 淳
- 南アルプスにおけるニホンジカの影響とその対策 21
鶴飼 一博
- ニホンジカが森林生態系に与える影響 25
荒木 良太・横山 典子

森林科学 No.61

2011年2月1日発行

領 価 1,000円 (送料込み)

年間購読割引価格

2,500円 (送料込み)

編集人 田中 浩

発行人 日本森林学会

102-0085 東京都千代田区六番町7

日本森林技術協会館内

郵便振替口座: 00190-5-50836

電話/FAX 03-3261-2766

印刷所 創文印刷工業株式会社

東京都荒川区西尾久7-12-16

表紙写真: 大台ヶ原正木峠南東斜面の景観。

正木峠山上部は枯死したトウヒ

が消失し、ミヤコザサ草地の相

観をなしている。

特集「深刻化するシカ問題—各

地の報告から—」より(6ページ)

シリーズ 森めぐり

森林総合研究所多摩森林科学園 (環境教育林) 30

井上 真理子/井 春夫

島根大学三瓶演習林 32

片桐 成夫

コラム 森の休憩室Ⅱ 樹とともに

土に還す 36

二階堂 太郎

シリーズ 現場の要請を受けての研究

岐阜県版「細り表」の調整と「細り早見カード」の開発 37

大洞 智宏

シリーズ うごく森

ランドスケープ構造からみた里山のうごき 41

佐野 真琴

シリーズ 森をはかる

45 森林路網をはかる

中澤 昌彦

46 森林内の微気象環境をはかる

高梨 聡

記録

47 森林総合研究所において日本—フィンランド国際林業
研究セミナーを開催

—森林・林業・木材研究の現状と将来を考える—

山中 高史/安部 久/木口 実/岡 裕泰/

外崎 真理雄

51 Information

ボックス

北から南から

拡大するシカの影響

小泉 透 (こいずみ とおる、森林総合研究所)

特集にあたって

本号では、ニホンジカ（以下、シカとする）の採食が生態系に深刻な影響を及ぼしている現状を、各地で長年この問題に取り組んでこられた方々に報告いただいた。

紀伊半島南東部に位置する大台ヶ原では、台風による大量の風倒木の発生と周辺環境の人為的改変によりコケ類に代わってササ類が優先する林床へ変化し、シカの定着と増加を促した。この結果、樹木剥皮とササ類の衰退が起き、土壌の変質や土壌の流失による崩壊地の発生が懸念されている。

北海道洞爺湖の中央に位置する中島では、約50年前に導入されたシカが増加した結果、シカの好む植物が消失した。一方、シカは植生の変化に対応して食性を変化させたため高密度状態が長く続いており、この結果森林構造が大きく変化してしまった。

神奈川県丹沢では、10年以上にわたって小型の植生保護柵が多数設置され、設置年の古い柵ほど絶滅危惧種を含む多年生草本とスズタケが回復していた。一方、設置と維持のコストを考慮すると、植生保護柵の効果には限界があり、個体数管理との連動が強く求められている。

南アルプスの高山植物は大型草食獣の採食に対する耐性をもたないために、シカの出現自体が群落の存続に大きな脅威となっている。このため、予防対策として、保護すべき群落を選定してシカの影響を受ける前に防鹿柵を設置する必要が指摘されている。

最後に、シカが生態系にもたらすさまざまな影響を、急傾斜地、山岳地、積雪地、森林、林縁などの環境要因ごとに例示し、植物群集に直接及ぼす影響と植物群集の変化にともなって他の生物群集へ及ぼす間接的な影響に分けて総括し、求められる対策の基本的な考え方を提示した。

すべての報告者に共通するのは、シカが引き起こす生態系の不可逆的变化（このまま放置すると生態系の原状回復ができなくなる）への強い危機感である。

このような認識はシカ問題にかかわる人たちの間で広く共有されるべきものと考え、日本全体を見渡したときにシカの個体数増加とシカが森林に及ぼす影響は現在どのように進捗しつつあるのだろうか。資料は限られるが、できるだけ俯瞰的に見てみることにしよう。

増えるシカ、広がる分布

環境省は第6回自然環境保全基礎調査の一環として、2004年にシカの全国分布を発表した（環境省自然環境局生物多様性センター 2004）。これによれば、シカは現在国土の約40%に生息し、北海道、中部、近畿、九州に大きく連続した分布域が見られる（図-1）。分布域は1978年に実施された第2回調査時の分布域の周辺に拡大し、特に東北地方や日本海側などの積雪の多い地域への拡大も認められ、全体の面積は1.7倍に拡大している。分布拡大には、地域によりさまざまな要因が関係しているが、全体としては個体数の増加がもっとも大きく影響しているといえるだろう。個体数増加の原因として、地球温暖化にともなう積雪の減少や狩猟者の減少にともなう捕獲圧の減少などにより、死亡率が低くなったために個体数が増加したと解説されることが多い。これに加えて、個体数の急速な増加には高い出生率が関与していることを考える必要がある。シカは季節繁殖動物で一年に一度、10～11月に、繁殖期を迎える。妊娠期間は240日前後で、翌年5～6月に子どもが産まれる。通常は、1産1仔で2仔が産まれることはきわめてまれである。西日本では、メスジカは満1才の秋（生後約16ヶ月）に発情し、この段階でこれら若いメスの約8割が妊娠する。さらに、2才以上の成獣の妊娠率は90%に達し、10才を超えても高い妊娠率は低下せず、最高齢では17才で妊娠していた例もあった

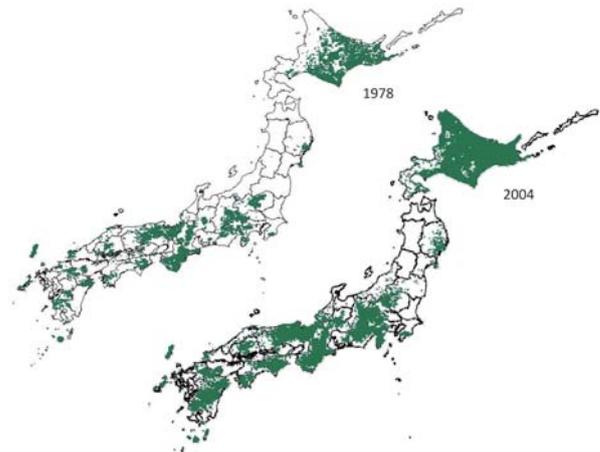


図-1 1978年と2004年におけるニホンジカの分布
第2回、第6回自然環境保全基礎調査より作成。

(Koizumi *et al.*, 2009)。野生のシカの最高齢は 21 才だったので、まさに寿命が尽きるまで子どもを産み続けるというてよい。同様な傾向は北海道でも報告されており (Suzuki and Ohtaishi, 1993 ; 梶 2006)、全国的な傾向だと考えてよい。では、このように高い妊娠率はどれほどの増加率をもたらすのだろうか。シカの自然死亡率はよく分かっていないため、海外の事例などを参考に年 10%前後とした。レズリー行列と呼ばれる方法でシミュレーションをしてみると、年増加率は 15~20%と推定された。これは、4~5 年で個体数が倍増するほどの高い率であるが、知床半島では毎年の個体数調査から年率 19%で増加していたことが報告されており (Kaji *et al.*, 2004)、この増加率は現実から大きくはずれているのではなさそうである。

高い増加率をもつシカを管理する場合には、以下の 2 つの点に注意する必要がある。ひとつは、個体数がある水準を超えると植生への影響が短い期間に急激に深刻化することである。対策が後手に回ってしまうとコストの割に効果が上がりにくくなってしまいうので、被害がひどくなってきた、などの予兆を見逃さず対策を講じることが大切である。もうひとつは、個体数は調整し続けないとすぐ回復してしまうことである。このため、個体数を調整する方法とともに、継続的な調整に向けた体制づくりが大切である。

シカの影響モニタリング

林野庁は 1999 年度からモントリオールプロセスに対応して森林資源モニタリング調査事業 (現在は森林生態系多様性基礎調査事業) を実施している。全国を 4 × 4 km の格子に分割し、その交点を中心にプロットを設定しプロットの一部が全部が森林である約 15,700 点を対象に 5 年ごとに現地調査が行われている (家原 1999)。すでに、第 1 期 (1999~2003 年度)、第 2 期 (2004~2008 年度) の調査が完了している。「森林資源モニタリング調査マニュアル」によれば、立木の樹幹に動物による剥皮が認められる場合に記入する、調査プロット全体で病虫獣害が認められる場合には加害種名と被害の程度を記載する、シカ・クマを目撃した場合や痕跡が認められた場合は記録する、こととなっている (林野庁 1999)。

「森林資源調査データによる動態変化解析事業報告書」によれば、第 1 期では 529 点、第 2 期では 825 点でシカ被害が確認されており、第 1 期調査時に比べ第 2 期に被害が大きく増加した都道府県が多くなっている (林野庁 2010)。林種別に見ると、第 1 期、第 2 期とも人工林・天然林における被害地点の割合はそれぞれ 47%、53%となっており、シカによる被害はすでに天然林にも大きく広がっていることが分かる。下層植生の低木層植被率と出現種数については、シカの被害・生息情報の

得られた地点で低くなる傾向が見られている。また、草本層植被率はシカの被害・生息情報の得られた地点で高い傾向が見られが、この理由として、「被食植物であるササ、忌避植物 (シダ類の一部、フッキソウ、ハンゴンソウ等) が高い被度で優先している林分が多かったためと推察される」と報告されている (林野庁 2009)。さらに、現存する 28 ヶ所の国立公園と 55 ヶ所の国定公園の内、約 3 分の 2 の地域がシカの分布域と重なり、そのうちのさらに 3 分の 2 の公園から、シカによる自然植生に対する何らかの影響が報告されている (常田 2006)。

シカによる森林への影響は、すでに個別の出来事ではなく広範な地域にまたがって進行しつつあると理解した方がよいようである。森林を所有、管理する個人、団体、機関のより緊密な連携が求められるようになっている。

引用文献

- 家原敏郎 (1999) 日本の新しい森林資源モニタリング調査. 山林 1384 : 54-61.
- Kaji, K., H. Okada, M. Yamanaka, H. Matsuda, and T. Yabe (2004) Irruption of a colonizing sika deer population. *J. Wildl. Manage.* 68(4): 889-899.
- 梶光一 (2006) 足寄個体群の体重と繁殖力の変化. (梶光一・宮木雅美・宇野裕之編) エゾシカの保全と管理, 北海道大学出版会, pp.49-56.
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2004) 種の多様性調査 哺乳類分布調査報告書, 環境省自然環境局生物多様性センター, 213pp.
- Koizumi, T., S. Hamasaki, M. Kishimoto, M. Yokoyama, M. Kobayashi, and A. Yasutake (2009) Reproduction of female sika deer in western Japan. In (D. R. McCullough, Takatsuki, S., and Kaji, K. eds.) *Sika deer Biology and management of native and introduced populations*, Springer, pp. 327-343.
- 林野庁 (1999) 森林資源モニタリング調査実施マニュアル. 林野庁計画課, 60pp.
- 林野庁 (2009) 平成 20 年度森林資源調査データによる動態変化解析事業報告書, 林野庁, 293pp.
- 林野庁 (2010) 平成 21 年度森林資源調査データによる動態変化解析事業報告書, 林野庁, 273pp.
- Suzuki, M., and N. Ohtaishi. (1993) Reproduction of female sika deer (*Cervus nippon yesoensis* HEUDE, 1884) in Ashoro District, Hokkaido. *J. Vet. Med. Sci.*, 55(5): 833-836.
- 常田邦彦 (2006) 自然公園におけるシカ問題. (湯本貴和・松田裕之編) 世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学, 文一総合出版, pp.20-37.

ニホンジカが森林生態系に与える負の影響

—吉野熊野国立公園大台ヶ原の事例から—

横田 岳人 (よこた たけと、龍谷大学理工学部)

1. はじめに

秋になると「農作物をシカやイノシシに荒らされた」「クマに出会った」など、野生動物と人間の軋轢が報じられることが多くなる。里山として用いてきた場所の使い方が変わった結果、人間と野生動物との関係も変化したことが原因だと解説されることもあるが、人間と野生動物との関わりが変化しただけだろうか？野生動物そのものも変化しているのではないだろうか？森林と野生動物の問題は人との関わりが少ない奥山でも深刻になっており、森林種組成の単純化や稜線部分の斜面崩壊など、人間と野生動物の関わりに原因を求めるだけでは解決し得ない問題を抱えているように思われる。奥山の森を荒廃させている動物にニホンジカが挙げられ、一般に啓発もなされているが(湯本・松田 2006)、一部では取り返しのつかない変化(不可逆的な変化)が生じている。紀伊半島南東部に位置する大台ヶ原も深刻なニホンジカによる影響を受けている地域で、食害が古くから問題視されている。1980年代初めにはニホンジカの影響は顕著に認識され、植生保全を中心に様々な対策が行われ始めた。ニホンジカの個体数調整を含めて様々な対策が行われているが、既に30年以上も高密度のニホンジカに晒されてしまっており(安藤・合田 2009)、大台ヶ原の森林が回復するのは容易ではないと思われる。ここでは、大台ヶ原の事例を通してニホンジカが森林生態系に与える負の影響について考えてみたい。

2. 大台ヶ原の植生の変化とその要因

大台ヶ原の植生

大台ヶ原は、紀伊半島南東部の奈良県と三重県の県境に位置し、吉野熊野国立公園に指定されている。標高1,300m～1,700m程度のなだらかな準平原で台地状の山塊であり、年降水量4,800mm、年平均気温6.8℃の気象条件から、ブナクラス域からコケモートウヒク

ラス域の植物が見られる。ブナクラス域では太平洋型のブナ林として西日本最大規模の群落が広がっており、コケモートウヒクラス域では亜高山帯下部の植生であるトウヒ林が広がっている。

このようなブナ林とトウヒ林という植生が大台ヶ原でいつ頃から持続しているかをまず確認しておきたい。大台ヶ原の湿性堆積物を用いた花粉分析結果によると、大台ヶ原の植生は西大台、東大台ともに過去1300年程度はそれぞれブナ林、トウヒ林が広がっていたようである(高原・相馬 1992)。300年ほど前からは山麓のスギ植林の影響が見えてくるし、近年はイネ科花粉が多くなっているようである。明治維新以後では大正時代に大規模な択伐が行われており、アメリカ軍が撮影した大台ヶ原地域の1947年の空中写真には伐採跡が明瞭に残っている。その後の変化は写真葉書や過去に撮影された写真から類推するしかないが、大正時代の伐採以後は伊勢湾台風襲来まで目立った相観上の変化はない。伊勢湾台風襲来で、トウヒ林の風倒という形で相観に大きな変化が生じたが、下層植生についてもこの30年ほどで大きく変化した。かつてはトウヒ林の林床はコケ類で覆われていたが(矢頭 1958; 菅沼・鶴田 1975)、現在ではトウヒ林の林床はミヤコザサに覆われるようになり、コケ林床はごく僅かとなってしまった(横田ほか 2009)。高原(2009)は、大台ヶ原の牛石ヶ原周辺のミヤコザサの稈高が1977年から1997年の20年間で40～50cm低下したことを示している。通常であれば80cm程度となるミヤコザサの稈高が15cm程度に刈り込まれイトザサと呼ばれる形態に矮化しており、このような変化にはニホンジカの影響が強く反映したと考えられている。

東大台(トウヒ林)の現状

東大台のトウヒ林荒廃過程は、大台ヶ原自然再生推進計画第2期(環境省近畿地方環境事務所 2009)

などで概要が示されている。空中写真を用いて稜線付近に位置する正木峠でのミヤコザサ草地の拡大の様子を捉えてみると（図-1；横田・中村 2002）、1980年頃からの拡大が著しいように思われる。ミヤコザサ草地の広がりには様々な要因が考えられる。まず1955年にミヤコザサが開花している。開花後のミヤコザサは種子生産の後に全て枯死したが、生産された種子が、おそらくネズミ類によって東大台各地に運ばれたことと思われる。1959年には伊勢湾台風が襲来し、多くのトウヒ倒木を生み出した。これらの倒木の多くは伐採・搬出されたためトウヒ種子の発芽床が奪われ、トウヒ林の更新を妨げられた。一方、林床まで陽光が十分にあたるようになった結果、各地に運ばれたミヤコザサが勢よく成長し、分布域を拡大した可能性がある。1961年には大台ヶ原ドライブウェイが開通し、多くの観光客が訪れるようになった。林床の踏み荒らしやコケ類のはぎ取り・持ち去りが問題となるだけでなく、ドライブウェイ開削にともなう道路整備や法面吹付植生がニホンジカを大台ヶ原に誘引した可能性も指摘される。伊勢湾台風の後、大台ヶ原南東に位置する尾鷲では尾鷲火力発電所煤煙問題が生じ、尾鷲ヒノキに枯死が相次ぐなどの被害が報告されている（Satoo, 1979abc）。1976年の台風17号で南東斜面にトウヒの枯死が広がったが、この場所は尾鷲から

の湿った空気を直接受ける位置にあたる（写真-1）。この尾鷲火力発電所の煤煙が遠く大台ヶ原正木峠南東斜面のトウヒ林にも作用し、樹勢が衰えていた可能性も考えられる。その後1980年代前半までにはミヤコザサ草地の拡大は一段落したが、その後1985年頃からミヤコザサ草地の拡大が増える傾向にあった。この時期のニホンジカの個体群密度は20～30頭/km²であり（安藤・合田 2009）、森林への影響が甚大であった可能性が高い。1990年代に入って防鹿柵を用いた植生保護対策が取られるようになってからはミヤコザサ草地の拡大が収まっており、このミヤコザサ草地の拡大にはニホンジカが大きく関わっている可能性が示唆される。このように東大台の植生荒廃には様々な影響が考えられるが、ニホンジカの増加やミヤコザサの拡大などが重なり、30年以上にわたって変化し続けている。

日本植生誌近畿（宮脇 1984）では、紀伊半島のトウヒ群落はイトスゲ・トウヒ群集に区分され、大峰山系がカニコウモリ下位群落、大台ヶ原がミヤコザサ下位群落とされている。しかし1950年代以前の大台ヶ原のトウヒ林の林床はミヤコザサに被われていたわけではなく、コケ林床のカニコウモリ下位群落のような植生が被っていたと想像される。宮脇が日本植生誌近畿を執筆するために調査を行った際には既にニホンジカの影響が大きく

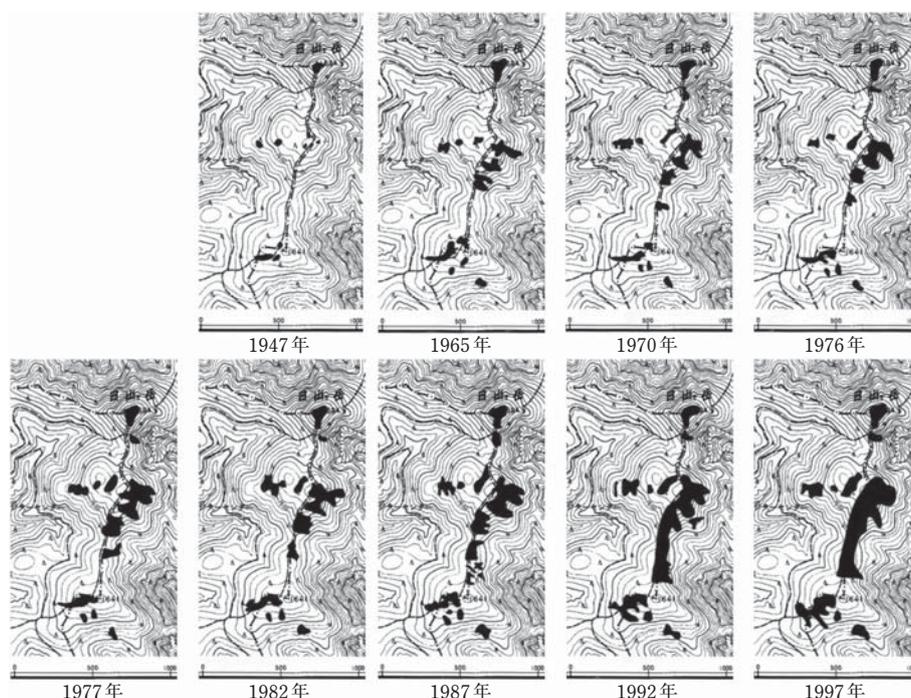


図-1 大台ヶ原山上域におけるミヤコザサ草地拡大の推移。横田・中村（2002）を改変。

現れていて、植物群集種組成の面からも大台ヶ原のトウヒ林が変質していた様子がうかがえる。2001年に植生調査を実施して約20年前の植生調査結果（菅沼・内山 1984）とトウヒ群落の種組成を検討すると、コケ林床のトウヒ林はごく小面積しか残存せず、低標高域に隣接するブナクラスの種類が多く混在し、また倒木などの攪乱頻度が上昇したためか、陽性植物の割合が増加するなど、種組成は大きく変化していた（横田ほか 2009）。約20年の間に、植物群集の種組成は単純に比較できないほど、大きな変化が生じている。

西大台（ブナ林）の現状

西大台のブナ林は、植物社会学的にはウラジロモミープナ群集であり、ウラジロモミヤヒノキが混じるブナ林の相観を示す（宮脇 1984；菅沼・内山 1984）。林床には太平洋性のササ類であるスズタケが密生し、過去に撮影された写真を見ると、スズタケは人の背丈ほどに達している。1982-3年に植生調査を行った土永知子氏によると調査用の方形区を設けようにも周囲が全く見えずに難儀したらしい（土永知子私信）。このようなブナ林も1990年代後半からスズタケの枯死が目立ち初め、2001年に筆者が調査した時点では、林床には矮化した腰ほどの高さのスズタケが一面を覆う箇所が少し見られたものの、大多数はスズタケの枯死稈が残るか枯死稈が残らずに林床植被が全くなくなっている状態であった（写真-2）。植被があってもミヤマシキミなどニホンジカが被食しない植物が占有する状態であった。種組成の面でもスズタケの被度が著しく低下したのみならず、草本層はミヤマシキミやバイケイソウなどの有毒植物に占

められたり、被食耐性の高いミヤコザサの分布域が拡大するなど、草本層を中心に種組成が単純化していた。群落構造の面でも低木層が消失するなど、後継樹となる幼稚樹や若木がほとんど見あたらず、森林の将来が危惧されるような状況となっていた（横田ほか 2009）。

3. ニホンジカによる森林への影響

草本層・低木層の被食・消失と種組成の単純化

大台ヶ原山上域を広範囲に調査した研究には、1972年の井出・亀山の調査があるが、彼らは100地点の調査で168種を確認している（井出・亀山 1972）。一方、2001年の中村・横田の調査では、197地点の調査でも129種しか確認できていない（表-1）。特に草本種では68種からほぼ半減の35種に減少し、合弁花類や単子葉植物の減少が著しい。低木種でも42種が31種に減少している。ニホンジカの採食は口の届く範囲である草本層や低木層に集中すると考えられるが、草本層・低木層を中心とした種の減少の事実は、ニホンジカが種の減少に大きく貢献しているといえる。言い換えれば、ニホンジカが大台ヶ原の植物の種多様性を大きく損なう原因であるといえる。

ミヤマシキミやバイケイソウなど有毒植物やミヤコザサのような被食耐性のある植物が結果的に残されるため、林床植生は単純化している。林床植生の単純化は、土壤動物をはじめとする動物群集の単純化に繋がる可能性もあり重要である。結果的には、環境変化への脆弱性が増すことに繋がると思われる。

被害を受けるのは草本種や低木種だけではなく、これ



写真-1 正木峠の東方の景観。正木峠山上部は枯死したトウヒが消失し、ミヤコザサ草地の相観をなしている。右奥には海が見え、尾鷲が近いことを感じさせる。



写真-2 大台ヶ原西大台ブナ林の林床の様子（2001年9月）。かつてはスズタケが林床一面を覆っていたが、ニホンジカの被食によりスズタケが枯死・消失し、土壌が露出する状態になっている。

表-1 1972年と2001年の植生調査結果から得られた出現植物種数の比較。2002年度大台ヶ原自然再生推進計画調査森林再生手法検討部会資料を一部改変した。

1972年調査時(井手・亀山)の出現植物数(分類群別・生育型別)								
分類区分		針葉樹	広葉樹	低木種	つる	草本種	種数計	
シダ植物		—	—	—	—	—	8	
種子植物	裸子植物	8					8	
	被子植物	双子葉植物	離弁花類	31	19	5	22	77
			合弁花類	6	23		20	49
		単子葉植物					26	26
	合計	8	37	42	5	68	168	
調査地点数: 100								
2001年調査時(中村・横田)の出現植物数(分類群別・生育型別)								
分類区分		針葉樹	広葉樹	低木種	つる	草本種	種数計	
シダ植物		—	—	—	—	—	5	
種子植物	裸子植物	8					8	
	被子植物	双子葉植物	離弁花類	37	16	7	16	76
			合弁花類	6	15		11	32
		単子葉植物					8	8
	合計	8	43	31	7	35	129	
調査地点数: 197								

らの高さに位置していた高木性、亜高木性の樹種の幼稚樹や若木も含まれる。高木層や亜高木層にこれらの樹種は残存しているが、ニホンジカの被食によって新たな若木が森林に供給されない状況が生まれている。Akashi & Nakashizuka (1999) は、大台ヶ原のブナ林で若木の供給が著しく低下している事を示している。ニホンジカの被食により森林更新が妨げられている現状があり、このままでは森林は老齢化が進むのみで、森林構造も大きく変化することが予想される。

樹木剥皮

ニホンジカの樹木に対する影響の一つに樹皮剥ぎがある。トウヒなどの針葉樹類は樹皮の内側に形成層が位置するため、樹皮剥ぎによって水分通導が阻害され、全周剥皮されれば水分供給が絶たれて枯死に至る。広葉樹類では通導組織が分散するため全周剥皮が枯死に直接繋がることは少ないが、菌類の侵入等を通じて樹勢を弱らせる原因になっている。

大台ヶ原では夏の食糧が多い時期に樹皮剥ぎされるという特徴がある(Ando *et al.*, 2004)。なぜ樹皮剥ぎが行われるかは、安藤(2009)を参照されたい。大台ヶ原での樹皮剥ぎは小径木を中心に生じ、結果的に小径木の枯死割合が大きくなり、林分構造が変化する(Akashi & Nakashizuka, 1999)。小径木中心の樹皮剥ぎは後継樹の生育を妨げ、将来的に森林の存続が危ぶまれる状態になる。同じ紀伊半島の亜高山帯のある大峰山系のト

ウヒ林と林分構造を比較すると、大峰山系はL字型の直径階分布を示すのに対し、大台ヶ原は釣り鐘型で、小径木が選択的に剥皮され、林分構造が変化していることが伺える(横山・釜田 2009)。また樹幹剥皮の被害木は、樹皮剥ぎによって種子生産量の低下や肥大成長の減少といった影響を負うことが示されており(柴田 2009)、樹皮剥ぎの影響は林冠木に対しても大きい。

このような樹皮剥ぎを防ぐため、大台ヶ原では保護ネットをつける対策を行っておりこれまで以上の剥皮が防がれている。しかしながら保護ネットの対策が施されていても、剥皮部分から菌類等の分解者が侵入するなどして材の強度が弱くなっており、台風等の大風で容易に幹折れする。あるいは防護ネットをうまく付けられない根張り部分が剥皮されて根張り強度が低下し、倒れやすくなる傾向にある。2003年に大台ヶ原に襲来した台風10号によって、樹皮剥ぎ箇所での幹折れが多数生じ(写真-3)、多くのトウヒが枯死した(横田 2003)。

森林の生産力

防鹿柵を設置してニホンジカを排除すると下層植生の回復が見られる(写真-4)。大台ヶ原でも多くの防鹿柵が設置されてきたが、いずれも下層植生が回復している。ミヤコザサ林床のトウヒ林やブナ林では、ミヤコザサの現存量増加が顕著で、期待される樹木実生の生残の面では負の影響が出ている。スズタケ林床のブナ林では、ほぼ消失していたスズタケが回復するなど、種多様性も下

層植生の現存量も回復している。このような防鹿柵設置後の下層植生の回復過程を見ていると、ニホンジカの存在が森林の生産性に大きく影響しているように思われる。

下層植生が充実すれば林冠木の生産性にも何らかの影響を与える可能性がある。2008年に防鹿柵の内外で林冠木のリターフォール量を測定したが、東大台のトウヒ林でも西大台のブナ林でも、防鹿柵内外で比較可能な地点のいずれにおいても、防鹿柵内の方が柵外に比べてリターフォール量が多いという結果が出た（図-2；瀬戸・横田 未発表）。ニホンジカがリターを食べる可能性もあり、また1年分のデータなので確かなこととはいえませんが、ニホンジカの被食が考えられない高木層や亜高木



写真-3 2003年の台風10号により幹折れしたトウヒ。樹皮剥皮を受けていた部分から幹折れが発生した。



写真-4 東大台のトウヒ林内のギャップ付近に設置された防鹿柵内外の比較。設置後3年経過した写真だが、防鹿柵内（奥側）はタラノキやナガバモミジイチゴなどの低木が群生するのに対し、柵外（手前側）は植被が失われ土壌が露出し、一部ミヤコザサの生育が見られる。

層のリターフォール量に差が出るということは、防鹿柵外ではニホンジカの被食が著しく下層植生や土壌への影響が大きくて、この影響が生物間相互作用等を通じて林冠木の生産性にまで影響していることが考えられる。つまり、ニホンジカの存在が単なる下層植生の消失にとどまらず、上層部を含めた生態系全体の変質に至る可能性があることを示唆している。

ササ類の消失

森林林床でのササ類は、ウグイスやヤブサメ等の鳥類の生育環境・繁殖環境そのものであるし、中・大型の哺乳動物が身を隠す場所としても重要である。ササ類は林床稚樹にとっては光環境を悪化させる存在ではあるが、スズク下には多くの樹木実生がニホンジカからの被食をまぬがれて生存している。またササ類の根系は土壌表面にマット状に広がり、土壌表面を保持するだけでなく、高い稈密度によってリターが流亡するのを防ぐ効果も果たし、有機物に富んだ土壌を生成する基盤をつくっているのかも知れない。ササ類が消失してしまえば、このようなササ類が提供していたサービスが失われ、影響が多方面にあらわれると考えられる。

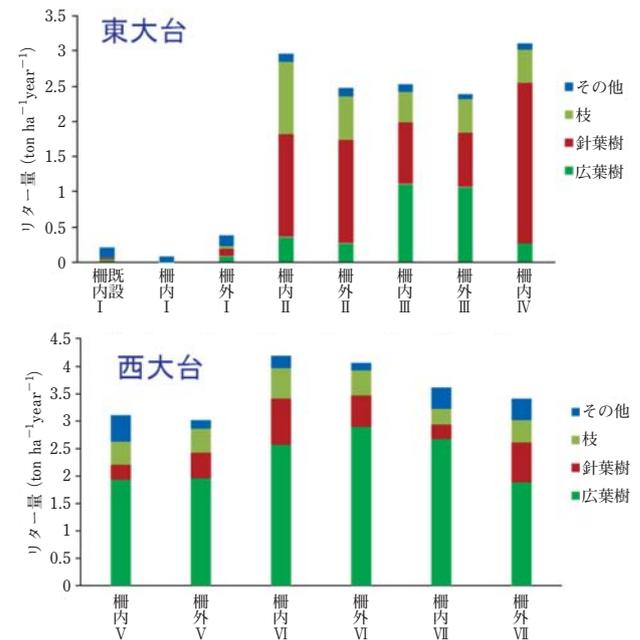


図-2 東大台ヶ原に設置された防鹿柵内外の2008年度のリターフォール量。柵内外Iはミヤコザサ草地、II～IVはトウヒ林、V～VIIはブナ林の結果を示す。IVは柵外に対照区が設けられていない。柵内外で比較できる調査区では、防鹿柵内のリターフォール量が柵外よりも多い結果が得られた（瀬戸・横田 未発表）

土壌の変質

ニホンジカが森林土壌に与える影響は、古澤（2009）がまとめており、そちらを参照されたい。本来の森林生態系の物質循環系の中に大型哺乳類が高密度で分布するために、被食だけでなく排泄物の面からも土壌に影響を与えている。

コケ林床だったトウヒ林は、既に40年以上の間、ミヤコザサ林床の状態を経過している。トウヒ林の土壌が、トウヒ実生が定着するのに好ましい酸性からササ類によって中性化していることが予想され、土壌の面でトウヒの生育に適している状態では既に無くなっていると思われる。実際にトウヒ苗の菌根菌形成率は低いことが知られ（環境省近畿地方環境事務所 2010）、土壌菌類相の変化が生じている可能性がある。土壌が質的に変化してしまったとしたら、その回復は大変難しい。

土壌の流失から崩壊地の発生

大台ヶ原でスズタケが消失したようにニホンジカの被食によって土壌表面が露出した場合は、土壌表層を流亡させてしまうだけでなく、雨水の地表流が侵食を促進し、急傾斜地では崖崩れを引き起こしてしまう可能性がある。大峰山系では実際にそのような崖崩れ（山抜け）を多く目にする（写真-5）。急傾斜地では、下層植生が消失し、土壌保持力が低下する。そのため表層土壌が浸出し、雨滴による浸食や地下への水分浸透が著しくなり、山抜けが発生する。山抜けが発生すると崩壊地の上部の地下水位が低下し、崩壊地の上部に生育する樹木の水分環境が悪化する。崩壊地により林冠が開け、乾燥した空気が林内に入りやすくなることもあり、樹木の水分ストレス



写真-5 大峰山系弥山西尾根に見られる山抜け。

スが増加し、崩壊地の上部に生育する樹木の枯死が増加する。そのため土壌保持力が低下し、斜面上部が崩壊するに至る。こうして崩壊の連鎖が続き、大規模な山抜けに成長してしまう。こうして生じた崩壊地は、ニホンジカの被食により緑化・回復が妨げられており、歯止めをかける状態に至っていない。崩壊地が発生してしまえば、土壌形成を含めて新たな生態系を構築する以外に植生を回復する手だてはなくなってしまう。

生物間相互作用を介しての影響

日野（2009）は、大台ヶ原の鳥類はニホンジカの生息密度が増加する場所では、下層を利用する鳥類が減少し、樹幹を利用する鳥類が増加する事を示している。ニホンジカの生息密度の増加にしたがってスズタケが消失し一方で枯死木が増加することから、鳥類の利用する住処や資源の面で鳥類の増減が説明される。ニホンジカの生息密度やミヤコザサの現存量によって、種多様性が最大になる範囲は生物種群ごとに異なるため（日野・柴田 2009）、仮にニホンジカを適切に管理しても、一つの種群の生物多様性が回復する一方で、他の種群の生物多様性が大きく損なわれることもある。質的に変化してしまった森林を人為的に元のような姿に復元することの難しさを示している。

4. まとめにかえて～大台ヶ原の森林は回復するのか？

ニホンジカが森林生態系に与えるインパクトは甚大で、ニホンジカはその地域の森林生態系の質を、植生基盤の土壌をも含めて、大きく変えてしまう。またニホンジカの被食により地域的に絶滅する植物もあるし、一方で地球温暖化の影響で温湿度環境も変化しており、元の森林の状態に回復させることは不可能である。しかし、類似した生態系機能を持つ森林への回復は、ニホンジカの大規模な個体数調整と短中期的な排除を組み合わせることで可能となるかも知れない。植物群集が大きく変化するのにともない、動物群集にも大きな変化が生じる。間接効果の結果は多岐にわたり複雑で、生態系の回復・復元も予想がつかない影響をもたらすことがある。そんな中での回復の試みであるから、順応的管理が必須と思われる。元の森林の状態に回復することはないという意味では、大台ヶ原では不可逆的な変化が生じてしまったとあって良い。今後、どのような回復で良いと考えるのかについて、コンセンサスを得ていく必要がある。

引用文献

- Akashi, N. and Nakashizuka, T. 1999. Effect of bark-stripping by Sika deer (*Cervus nippon*) on population dynamics of a mixed forest in Japan. *Forest Ecology and Management* 113: 75–82.
- Ando, M., Yokota, H. and Shibata, E. 2004. Why do sika deer, *Cervus nippon*, debark trees in summer on Mt. Ohdaigahara, central Japan? *Mammal Study* 29: 73–83.
- 安藤正規. 2009. シカはなぜ樹皮を食べるのか. (柴田叡式・日野輝明編) 大台ヶ原の自然誌, 東海大学出版会, 神奈川, pp. 74–85.
- 安藤正規・合田 禄. 2009. 大台ヶ原のニホンジカ. (柴田叡式・日野輝明編) 大台ヶ原の自然誌, 東海大学出版会, 神奈川, pp. 46–59.
- 井出久登・亀山 章. 1972. 大台ヶ原の植生. *応用植物社会学研究* 1: 1–48.
- 日野輝明. 2009. シカによる森林変化が鳥群集を変える. (柴田叡式・日野輝明編) 大台ヶ原の自然誌, 東海大学出版会, 神奈川, pp. 215–225.
- 日野輝明・柴田叡式. 2009. シカとササの相互作用の動態にもとづく森林生態系管理. (柴田叡式・日野輝明編) 大台ヶ原の自然誌, 東海大学出版会, 神奈川, pp. 255–270.
- 古澤仁美. 2009. シカがササを食べると森林土壌はどうなる. (柴田叡式・日野輝明編) 大台ヶ原の自然誌, 東海大学出版会, 神奈川, pp. 164–175.
- 環境省近畿地方環境事務所. 2009. 大台ヶ原自然再生推進計画—第2期—.
- 環境省近畿地方環境事務所. 2010. 平成21年度大台ヶ原自然再生整備事業植生モニタリング業務報告書. pp. 80–82.
- 宮脇 昭. 1984. *日本植生誌近畿*, 至文堂, 東京.
- Satoo, T. 1979a. Standing crop and increment of bole in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie. *Japanese Journal of Ecology* 29: 103–109.
- Satoo, T. 1979b. Leaf-litter production in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie. *Japanese Journal of Ecology* 29: 205–208.
- Satoo, T. 1979c. Production of reproductive organs in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an electric power plant in Owase, Mie. *Japanese Journal of Ecology* 29: 315–321.
- 柴田叡式. 2009. シカによる樹幹剥皮が種子生産, 成長, 風倒におよぼす影響. (柴田叡式・日野輝明編) 大台ヶ原の自然誌, 東海大学出版会, 神奈川, pp. 86–97.
- 菅沼孝之・鶴田正人. 1975. 大台ヶ原・大杉谷の自然. ナカニシヤ出版, 京都.
- 菅沼孝之・内山知子. 1984. 大台ヶ原山の植生. 大台ヶ原原生林における植生変化の実態と保護管理手法に関する調査報告書, 奈良自然環境研究会, 奈良, pp. 1–9.
- 高原 光・相馬秀廣. 1992. 湿原堆積物からみた大台ヶ原周辺における環境変化と人工造林の始まり. 泥炭層の物理的分析からみた後氷期における山地斜面の安定性の変遷—自然環境の変化と森林破壊のかかわり—. 平成2年度～平成3年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書(研究代表者 相馬秀廣), pp. 55–60.
- 高原 光. 2009. 大台ヶ原の植生の歴史. (柴田叡式・日野輝明編) 大台ヶ原の自然誌, 東海大学出版会, 神奈川, pp. 15–24.
- 矢頭献一. 1958. 紀伊半島森林植物学研究資料 II. 天然林植生. 三重大学農学部学術報 16: 139–149.
- 横田岳人. 2003. 2003年8月の台風10号による大台ヶ原山のトウヒ風倒被害の現状と風倒に与えるニホンジカの剥皮の影響について. *奈良植物研究* 26: 21–24.
- 横田岳人・中村沙映. 2002. 大台ヶ原山山上域ササ草地拡大の時間推移. *奈良植物研究* 24/25: 15–18.
- 横田岳人・中村沙映・柴田叡式・佐藤宏明. 2009. ニホンジカが高密度に生息する奈良県大台ヶ原における1983～2001年の植生変化. *保全生態学研究* 14: 263–278.
- 横山昌太郎・釜田淳志. 2009. シカが森を食う. (柴田叡式・日野輝明編) 大台ヶ原の自然誌, 東海大学出版会, 神奈川, pp. 62–73.
- 湯本貴和・松田裕之 編. 2006. 世界遺産をシカが喰う. シカと森の生態学. 文一総合出版, 東京.

高密度エゾシカ個体群が植生に 与える影響と植生回復の目標

—洞爺湖中島の植生モニタリングからわかったこと—

宮木 雅美 (みやき まさみ、酪農学園大学)

1. はじめに

エゾシカの個体数の増加に伴う農林業被害は、1990年代の始め頃から北海道東部地域で顕著になってきた(前田一歩園財団 1993)。東部地域では、1997年以降、エゾシカの緊急減少措置が実施され、一旦減少したが再び増加し、北海道西部地域では一貫して増加している(北海道環境生活部 2007)。その結果、農林業被害だけでなく、自然生態系への影響が、知床半島や日高地方、夕張山地などで深刻になっている。

これに先立って、洞爺湖中島では1980年頃からエゾシカによる森林被害が発生し、植生モニタリングが行われてきた(前田一歩園財団 1987、北海道環境科学研究センター 1997)。このモニタリングの結果、エゾシカは、餌不足になっても落葉などそれまであまり利用しなかったえさ資源に転換して高密度を維持すること(Miyaki and Kaji, 2004)、生息地の植物相を大きく変え(助野・宮木 2007)、森林は比較的長期間維持されるが、台風による風倒との複合によって森林の荒廃が進むことなどが明らかになってきた。同様な現象が各地で生じていることが考えられ、対策が急務である。洞爺湖中島での結果は、森林とシカの管理を考える上で参考になると思われる。

2. 植物相に与える影響

洞爺湖中島では、エゾシカの高密度個体群が30年近く持続した結果、植物相が大きく変化した。助野・宮木(2007)によると、エゾシカによる樹皮はぎが顕著になる前の1977年に確認された維管束植物463種の内、2004年に確認された種は121種(26.3%)であった(表-1)。木本植物のうち、高木種は64種から40種と62.5%に減少し、低木種は40種から14種と35.0%に

減少した。草本植物は359種から67種と18.7%に大きく減少した。エゾシカの採食範囲に存在する草本植物や低木種が、著しく影響を受けたことがわかる(写真-1)。高木種では、ニレ属のハルニレやオヒヨウがみられなくなった。草本の絶滅危惧植物は、11種から4種に減少し、ヒメハナワラビ、タチハコベ、シラネアオイ、エゾヒヨウタンボク、サルメンエビネなどが確認されなくなった。広葉樹林に一般的にみられるユリ科植物

表-1 洞爺湖中島で1977年と2004年に確認された種数。

	1977年	2004年
全体	463	121
木本植物	104	54
低木種	(40)	(14)
高木種	(64)	(40)
草本植物	359	67

※1977年の種数は尾崎(1997)から算出した。
助野・宮木(2007)より改変。



写真-1 エゾシカによる木本葉の採食。地上から採食高までの空間に、えさとなる草本植物はほとんど存在しない。

のツバメオモト、ホウチャクソウ、ユキザサ、シロバナエンレイソウなども姿を消した。

一方、広葉樹林の林床では、エゾシカが食べない不嗜好植物が増加し、偏向遷移群落となった(写真-2)。ハンゴンソウ、イケマ、フッキソウ、ハイイヌガヤ、ナニワズ、フタリシズカ、ヤマシャクヤク、マムシグサ等の不嗜好植物の現存量は 1,097kg/ha (林床植物の 99.89%) を占めたが、イネ科草本やツメクサなどの嗜好植物は 0.99kg/ha (0.11%) と、きわめて少量しか存在しなくなった(図-1、Miyaki and Kaji, 2004)。また、不嗜好植物の中でも変動がみられ、1994 年に優占していたハイイヌガヤは冬期に採食されるようになり、現在ではほとんどみられなくなった。このように、洞爺湖中島では、偏向遷移群落が林床を占めて植物相が大きく変化し、裸地も増加した。

3. 稚樹の更新と森林構造に与える影響

エゾシカの高い採食圧は、森林の構造を大きく変えた。



写真-2 ギャップのハンゴンソウ群落。

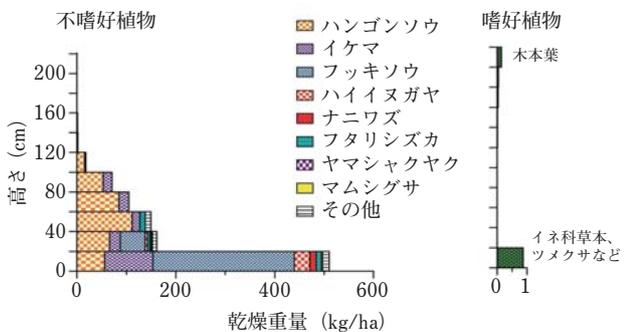


図-1 広葉樹林における植物の現存量。Miyaki and Kaji, 2004 より改変。

樹皮はぎによる枯死は、1980 年頃から増加し始めた(梶 1993)。樹皮はぎを受けた樹種のうち、ニレ属、ツルアジサイ、ミズキ、ハクウンボク、イチイ、ニガキ、シウリザクラの 7 種が、全体の 71.0% を占めた(図-2、Kaji *et al.*, 1991)。樹皮はぎ木も含むこれら 7 種の森林内での出現本数は 22.3% しかないので、樹皮はぎは特定の樹種に集中して発生したことがわかる。

樹皮はぎを受けた樹種の多くは、広葉樹林の中で他の樹種と混交していることが多かった(図-3)。そのため、枯死木は林内に散在し、大きなギャップはほとんど形成

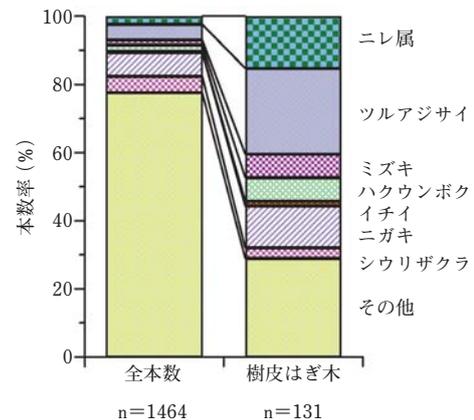


図-2 全本数に対する樹種別本数と樹皮はぎ木の樹種別本数。Kaji *et al.*, 1991 より改変。

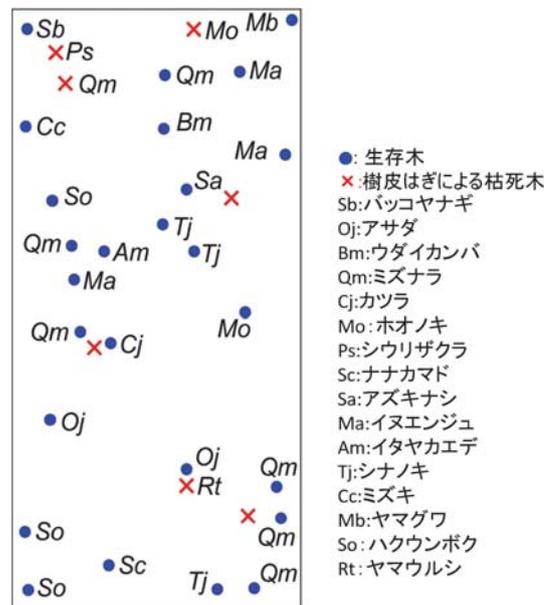


図-3 樹木の分布。1984 年調査、囲い区 B (饅頭沢) 10 m × 20 m。

されなかった。樹皮はぎは1980年代はじめに集中し、選好性の高かった樹種が消失したことにより、その後はほとんどみられなくなった。

林床の稚樹数の変化を図-4に示す。柵外の放置区では、高さ10cm未満の個体が大部分を占め、近年確認された個体は全て当年生稚苗であった。柵内の囲い区では、1984年の調査開始後、数年は10cm以下の個体が多数みられた。しかし、樹皮はぎの大規模な発生から約

10年後の1992年頃になると、10cm以下の稚樹が減少した。囲い区における稚樹の減少は、林冠ギャップが閉鎖することによって、林床が暗くなったためと考えられる。

林分の動態についてみると、A、Bの囲い区では、1994年、2000年に胸高直径5cm未満の小径木が増加しており、稚樹の加入が見られた(図-5)。しかし、C、Dの囲い区では小径木の増加はほとんど見られなかつ

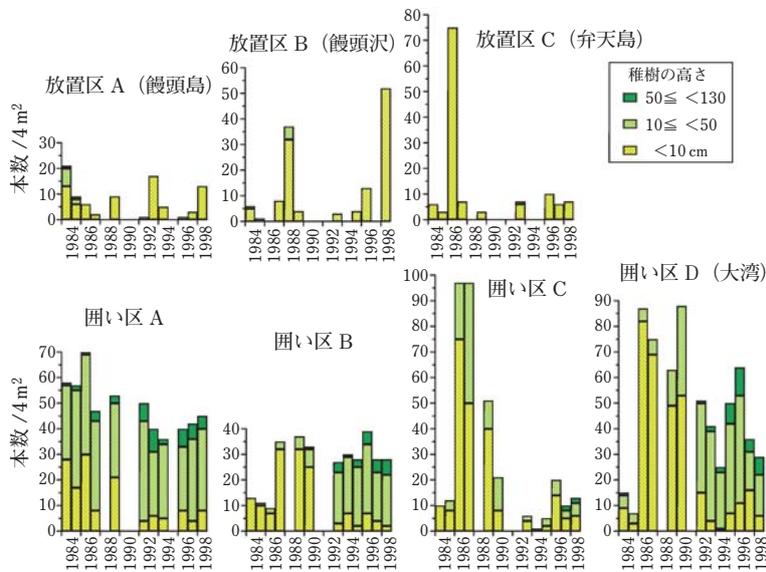


図-4 林床植生調査区における稚樹本数の変化。

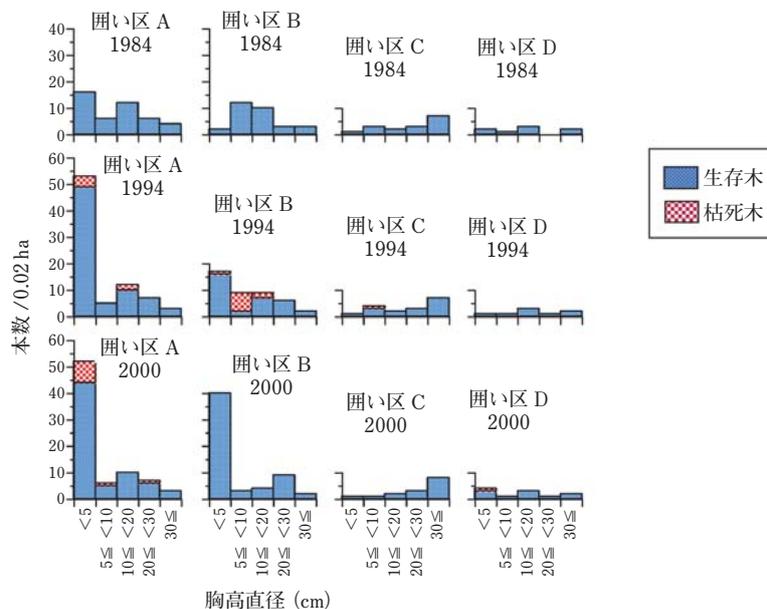


図-5 囲い区における胸高直径階別頻度分布。

た。1994年と2000年の調査では、胸高直径5cm以上の枯死木もみられた。柵内であっても、林冠の閉鎖によって、稚樹からの加入がない一方、樹木間に競争が生じていたことが考えられる。

林分の生長と樹木間の競争関係をみるため、Y-N曲線を用いて林分構造の変化を比較した。Y-N曲線は、ある林分の大きい個体から積算した材積Yと本数Nとの関係を両対数軸で表したもので、林分の収量-密度図として利用されている(菊沢 1981)。各調査区でY-N曲線の経時変化をみることによって、林分材積・本数の変化と、個体のサイズ分布の変化を把握することができる。

囲い区BのY-N曲線を見ると、1984年から2000年にかけて左斜め上方に移動しており、加入した小径木の成長率は比較的低いが、林分全体の材積は増加していることを示している(図-6)。一方、放置区Bでは、Y-N曲線は上方に移動しており、加入個体はみられないが、残存木は順調に成長し、林分材積も増加していることがわかる。放置区では、樹皮はぎによる枯死が残存木の生長を促し、森林施業で行う間伐と同じような効果を残存木に及ぼしたことが示唆される。

各調査区における1994年から2000年までの林分材積の成長率と1999年の林床の相対光量子密度との関係を図-7に示す。林床が明るい林分では成長率が高い傾

向が認められた。しかし、林床の相対光量子密度は、囲い区1か所の9.0%を除いて、1.0~3.9%と暗く、放置区と囲い区とで、林床の明るさや成長率に差が認められなかった。放置区では、囲い区と同じように、上木が成長して林床も暗くなり、仮にシカがいなくても稚樹が大きく成長する条件にはなかったことを示していると考えられる。

このように、囲い区、放置区ともに、順調な林分成長がみられた。一般に、樹皮はぎによる枯死によって立木密度は低下し、林冠ギャップ率は増加する(Akashi and Nakashizuka, 1999)。しかし、10年から30年といった短期で見れば、すぐに森林が崩壊するような状況にはなく、当面の森林構造の維持を図るだけなら、高密度のシカの生息が可能であるといえる。

4. 台風による風倒との比較と森林の持続

我が国における森林の大きな攪乱要因の一つとして、台風による樹木の風倒がある(Kamimura and Shiraishi, 2007)。洞爺湖中島においても、1954年の洞爺丸台風によって大規模な風倒が生じた。また近年では、2004年の台風18号によって風倒が生じた。この2004年の風倒木から円板を採取して、65個体の年輪成長を調べ、1954年の風倒に伴う樹木の生長と、1984年前後のエゾシカの樹皮はぎによる枯死木増加に伴う残存木の生長と集団の年齢構成の変化を比較した(宮木・並川・草嶋・石川、未発表)。

供試木の発生年別頻度分布を図-8に示す。供試木は、1897年以前の集団と1943~1952年をピークとする

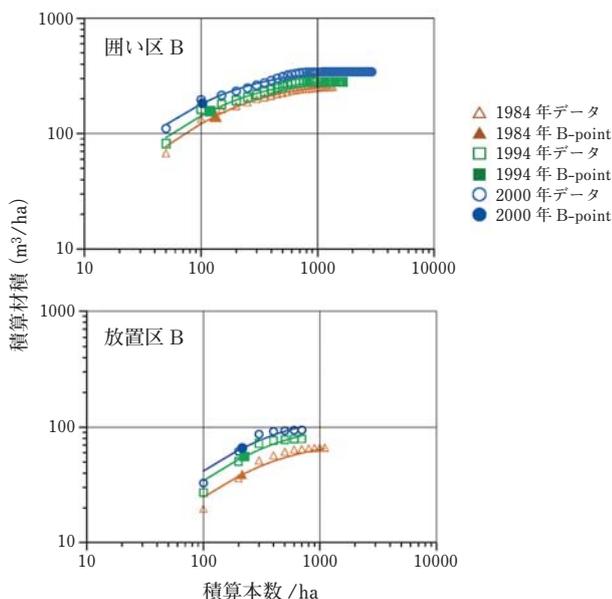


図-6 囲い区B及び放置区BにおけるY-N曲線の移動。

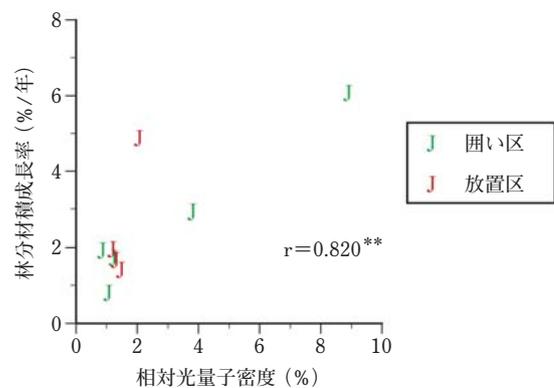


図-7 各調査区における1994年から2000年までの林分材積成長率と1999年の林床の相対光量子密度との関係。

集団に分かれた。最も若齢の個体は1960年生であった。すなわち、1954年の風倒時の稚樹集団が集中的に更新し、1960年生以後の更新木は、エゾシカによる採食や樹皮剥ぎによって消失した。

供試風倒木の年輪成長の変化を図-9に示す。1954年の風倒後と、1984年頃の樹皮はぎ発生後に、いずれも有意な年輪成長の増加が認められた。攪乱後の良好な成長は、1954年後の方が、1984年後より長く持続していた。1954年時のように、シカによる影響が少ない場合は、風倒跡地が更新の舞台となる。しかし、シカが高密度に生息すると、風倒跡地はハンゴンソウ等の偏向遷移群落となり、更新は全く進まない。したがって、シカの高密度生息地では、台風による風倒との複合によって、未立木地の拡大が、一気に進む恐れがある。

樹皮剥ぎが多く発生した1984年時の供試木の胸高直径階別頻度分布を図-10に示す。胸高直径15~20cmであった個体が最も多く、小径木も少ない山型の分布をしている。最小個体の胸高直径は6.2cmであった。

1984年時の円板の直径と齢との関係から、直径6.2cmに達するまでの期間は27年と推定された(宮木・並川・草嶋・石川、未発表)。これより小さな広葉樹の多くは、エゾシカによる樹皮はぎや幹折れによって消失したことが考えられる。したがって、更新可能な場所でおよそ30年間シカを排除すれば、更新した樹木の多くは胸高直径6cm以上に生長し、その後シカが侵入したとしても、それらの多くは残存し、森林が維持される可能性が高いと考えられる。

5. シカの生息密度と森林管理の目標

シカの適正な生息密度は森林管理の目標によって大きく変わり、さまざまな目標を組み合わせることによって、シカの生息・利用と森林生態系の保全を両立させることができると考えられる。

前述したように、シカが植生に及ぼす影響は、高木種より、シカの生息空間に生育する草本植物や低木種の方が大きい。シカの増加に伴って、まず草本植物に影響が現れ、増加に気づいた頃にはすでに多くの植物が絶滅していたということになる場合が多いようである。特に稀少な草本植物や集中的に採食される春植物などの保全を目標とした場合には、シカを低密度に保つ必要がある。

シカ類は比較的低密度でも稚樹密度に及ぼす影響が大きい(Gill, 1992)ので、森林の更新を図るにはシカ密度を相当低くする必要がある。しかし洞爺湖中島の森林でみたように、シカの存在にかかわらず、直ちに稚樹の更新が必要な林分は限られており、成長しつつある森林においては、稚樹の更新を森林管理の優先課題とする必要はない。一方、稚樹が欠如したギャップが多い森林は、

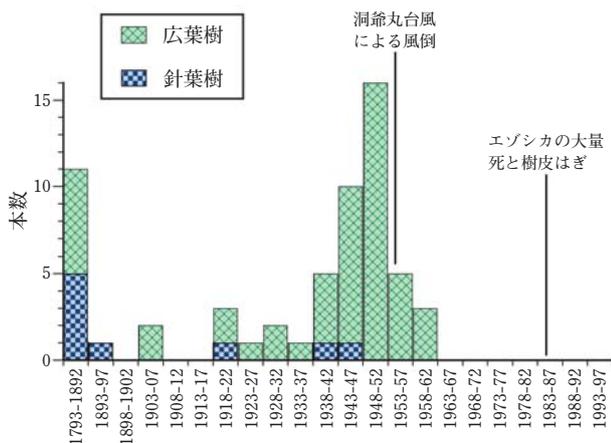


図-8 供試木の発生年別頻度分布。



図-9 供試広葉樹の平均年輪生長の変化。

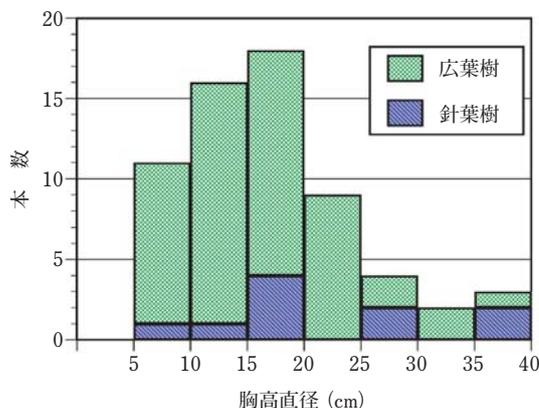


図-10 供試木の1984年における胸高直径階別頻度分布。

台風による風倒との複合によって森林の崩壊が加速化する恐れがあるので、緊急に更新を進める必要がある。この場合、30年程度シカを排除あるいは低密度にすることで森林の維持は可能であると考えられる。

一方、エゾシカを対象とした狩猟や自然観察を目標とする場合には、エゾシカ個体群の増加率が最大となる密度や、環境収容力に近いシカ密度が求められるだろう。このような高い密度では、植物相や森林の構造に大きな影響を与えると考えられるが、当面、森林が維持され、森林の崩壊を防げばよいといった地域では、有効な土地利用の方法である。

そのほか、生物多様性の保全、森林土壌の保全など、さまざまな管理目標に応じて、シカの適切な管理密度や排除すべき期間を設定することができる。保全すべき目標を明確にし、目標に合致した管理方法を検討することが必要である。

引 用 文 献

- Akashi, N. and Nakashizuka, T. (1999) Effects of bark-stripping by Sika deer (*Cervus Nippon*) on population dynamics of a mixed forest in Japan. *Forest Ecology and Management* 113 : 75-82.
- Gill, R. M. A. (1992) A review of damage by mammals in north temperate forests: 3. Impact on Trees and Forests. *Forestry* 65 : 363-388.
- 北海道環境科学研究センター(1997)IV. 生息環境調査 1. 洞爺湖中島の植生. ヒグマ・エゾシカ生息実態調査報告書. p.63-74.
- 北海道環境生活部(2007)エゾシカ保護管理計画総括 1-25pp.
- Kamimura, K. and Shiraishi, N. (2007) A review of strategies for wind damage assessment in Japanese forests. *J For Res.* 12:162-176.
- 梶 光一(1993)シカが植生をかえる—洞爺湖中島の例—.「生態学からみた北海道」, 東 正剛・阿部 永・辻井達一編, pp242-249, 北海道大学図書刊行会, 373p, 札幌.
- Kaji, K., Yajima, T. and Igarashi, T. (1991) Forage selection by introduced Sika deer on Nakanoshima Island., and its effect on the forest vegetation. "Proceedings of Int. Symp. Wildl. Conserv., INTECOL 1990", 52-55. Japan Wildlife Research Center, Tokyo.
- 菊沢喜八郎(1981)収量—密度図 I ~ VI. 北方林業 vol.33 No.3 ~ No.8.
- 前田一步園財団(1993)阿寒国立公園におけるエゾシカの生息増加による植物への被害及び景観に及ぼす影響調査報告書. pp.114.
- 前田一步園財団(1987)野生動物生息環境調査(1984年度調査研究). 前田一步園財団調査研究報告. 347-425.
- Miyaki, M. and Kaji, K. (2004) Summer forage biomass and the importance of litterfall for a high-density sika deer population. *Ecological Research* 19 : 405-409.
- 尾崎 保(1997)滅び行く森林—洞爺湖中島からの報告—. 29p. 室蘭.
- 助野実樹郎・宮木雅美(2007)エゾシカの増加が洞爺湖中島の維管束植物相に与えた影響. *野生生物保護* 11 (1) : 43-66.

植生保護柵の効果と影響の整理

—丹沢の事例—

田村 淳 (たむら あつし、神奈川県自然環境保全センター)

1. はじめに

神奈川県丹沢山地は東京や横浜、川崎という大都市から50km圏内にあるにもかかわらず自然豊かな山岳である。標高は最高で1,673mであり2,000mにも満たないが、ブナやモミの自然林がまとまっており、ツキノワグマ（以下クマ）とニホンカモシカ（以下カモシカ）、ニホンジカ（以下シカ）の大型哺乳動物が生息している。その丹沢山地では現在、ブナを主とした冷温帯自然林でシカによる林床植生の衰退問題が発生している。その背景には多くの要因が関係しており、山根（2003）にまとめられている。要因を列挙すると、戦後に絶滅に瀕して禁猟措置をとって保護してきたことや、1960年代からのスギ・ヒノキ人工林の植栽木に被害が発生して1970年から防鹿柵を設置するようになったこと、また1970年に中標高域に猟区を設定するとともに高標高域を中心に鳥獣保護区を設定したこと、暖冬小雪化にともなうシカの越冬地の拡大と冷温帯部に冬のシカの餌植物であるスズタケとミヤマクマザサが偏在していたこと、である。以上が相乗的に作用して、シカは1980年代から冷温帯自然林の林床植生に強い影響を及ぼすようになった。とくに丹沢山地の東部ではスズタケの退行として林床植生の衰退が認識されるようになった。

神奈川県ではスギ・ヒノキ人工林の被害対策として防鹿柵をつくってきた経験があったため、1980年代からの自然林の林床植生の衰退に対しては1997年から植生保護柵（以下、柵）をつくることで植生を保護してきた（写真-1）。2010年3月時点での柵の実績は総延長40km、総面積33haに及ぶ。2000年からは継続的なモニタリング調査を開始して、柵の効果検証に役立てられている。本稿は丹沢での柵の調査からわかってきたことを概観して、柵による植物の回復と柵の問題点を整理したものである。なお、神奈川県では、スギ・ヒノキ人工林に設置した柵を防鹿柵、自然林に設置した柵を植生

保護柵と便宜的に言っている。

2. シカによる自然林の林床植生への影響

丹沢の冷温帯自然林でおきてきたシカによる林床植生への影響は5つにまとめられる。(1) 大型の多年生草本の絶滅危惧化（写真-2）と(2) スズタケの退行（写真-3）、(3) 木本稚樹の成長阻害、(4) マツカゼソウ



写真-1 1997年に丹沢の冷温帯自然林で最初に設置された植生保護柵



写真-2 かつて丹沢のブナ林にあり、今では絶滅が危惧されるレンゲショウマ



写真-3 スズタケの退行（中央手前および奥の樹木はシカに樹皮食いされたリョウブ）

やフタリシズカといったシカの不嗜好性植物の増加、(5) ミヤマチドメやアシボソといったシカの採食に対する耐性をもつ小型草本（以下、耐性植物）の増加である。大型の多年生草本では、クルマユリなど9種が1995年時点においてシカの採食による神奈川県絶滅危惧種に区分され（神奈川県レッドデータ生物調査団1995）、2006年の改訂版では19種がシカの採食を減少要因とする絶滅危惧種に区分された（高桑ほか2006）。絶滅危惧種ではなくてもエンレイソウやヤマタイミンガサ、オオバショウマなどの多年生草本は個体数が少なくなるが、開花に至らない未成熟個体の比率が高くなっている。スズタケの退行では、丹沢のブナ林はかつてスズタケが密生していたが、シカの採食圧の高まりにより大規模に退行した。ただし、スズタケの枯死には一斉開花や天狗巣病が一部の場所で関与したことも事実である。木本の稚樹に関しては、スズタケが退行すると林床が明るくなって木本稚樹の定着と成長に都合が良いが、シカの密度が高い地域で木本稚樹の高さが10cmを超えることは稀である。これらの植物の減少や不嗜好性植物と耐性植物の増加により、植物の集団としてみた場合、自然林の階層構造と種類構成が変化している（大野・尾関 1997）。

丹沢ではシカによる影響だけでなく、大気汚染やブナハバチ、水分ストレスによるブナの立ち枯れも発生してブナ林生態系の劣化が問題となっている（山根ほか2007）。高木が枯死したギャップ（林冠疎開穴）にシカは集中しやすく、シカの影響で次代を担う木本稚樹が生育できないことと相まって、ギャップが拡大して、シカの餌場が増加するという悪循環に陥っている。

そこで、先述したように林床植生の衰退の著しい標高

1,200 m以上の丹沢大山国定公園特別保護地区（鳥獣保護区でもある）の冷温帯自然林を保護するために、神奈川県は1997年から柵を設置してきた。その目的は、衰退した植物を回復させることと健全に生育する植物を保護することで、遺伝子の貯蔵庫とすることである。そして将来シカの密度が低下した際にそこを基点として植物が移動分散していくことを期待している。

3. 丹沢での植生保護柵による植物の回復

一般に柵をつかった調査では時間の経過にともなう柵内外の変化を見るが、丹沢ではそれに加えて同一斜面上にある設置年の異なる柵も調査対象として、両柵での植物の回復状況を比較している。そうすることで、シカの採食圧を受けてきた時間の長さに対する回復のしやすさを検討できると考えたわけである。調査対象の植物はシカの影響で減少している多年生草本とスズタケ、高木性木本稚樹とした。

多年生草本では、丹沢の9地区に設置された柵62基（合計面積約8ha）で神奈川県絶滅危惧種の生育状況を調べたところ、18種の絶滅危惧種を発見できた（表-1）。そのうちの15種は高桑ほか（2006）でシカの採食が減少要因となっている種であった。絶滅危惧種を含む12種の多年生草本について、隣接した設置年の異なる柵（一方は退行後約10年経過して設置、他方は退行後約16年経過して設置）を用いて出現状況を比較したところ、オオナルコユリやコウモリソウ、ハルナユキザサのように先に設置した柵の方で有意に個体数が多い種があった（図-1）。このことは、シカの採食圧を長く受けると回復しにくい種があることを示唆している。一方で、エンレイソウやクサアジサイでは設置年による個体数に差異はなかった。なおシカの採食圧下でも生育を確認できた調査対象種はヒカゲミツバとエンレイソウ、オオナルコユリ、クサアジサイの4種であったが、いずれも個体数は一桁であった。この結果の詳細については田村（2010）をご参照いただきたい。

スズタケについても隣接した設置年の異なる柵を用いてスズタケの植被率と稈高を比較した。その結果、植被率は先に設置した柵内で高くなっていたが、後の柵では7年経過しても変化していなかった。稈高は先の柵と後の柵の両方で高くなっており、柵を設置して7年目の時点の稈高に差異はなかった。なお両柵の柵外では時間が経過してもスズタケの植被率は1～2%、稈高は

表-1 丹沢の冷温帯自然林に設置された柵の調査で出現した多年生草本の絶滅危惧種 (田村ほか (未発表) による)

No.	種名	科名	高桑ほか (2006) のランク
1	ルイヨウボタン	メギ	絶滅
2	タカネサトメシダ	イワデンダ	絶滅危惧 IA 類
3	コシノサトメシダ	イワデンダ	絶滅危惧 IA 類
4	サトメシダ	イワデンダ	絶滅危惧 IA 類
5	イッポンワラビ	イワデンダ	絶滅危惧 IA 類
6	クルマユリ	ユリ	絶滅危惧 IA 類
7	クルマバツクバネソウ	ユリ	絶滅危惧 IA 類
8	ノビネチドリ	ラン	絶滅危惧 IA 類
9	アマニュー	セリ	絶滅危惧 IA 類
10	オオキヌタソウ	アカネ	絶滅危惧 IA 類
11	クガイソウ	ゴマノハグサ	絶滅危惧 IA 類
12	ハルナユキザサ	ユリ	絶滅危惧 IB 類
13	レンゲショウマ	キンポウゲ	絶滅危惧 IB 類
14	ヒカゲミツバ	セリ	絶滅危惧 IB 類
15	オオモミジガサ	キク	絶滅危惧 IB 類
16	オオヤマサギソウ	ラン	絶滅危惧 II 類
17	シラネワラビ	オシダ	準絶滅危惧
18	ウスゲミヤマシケシダ	イワデンダ	新発見

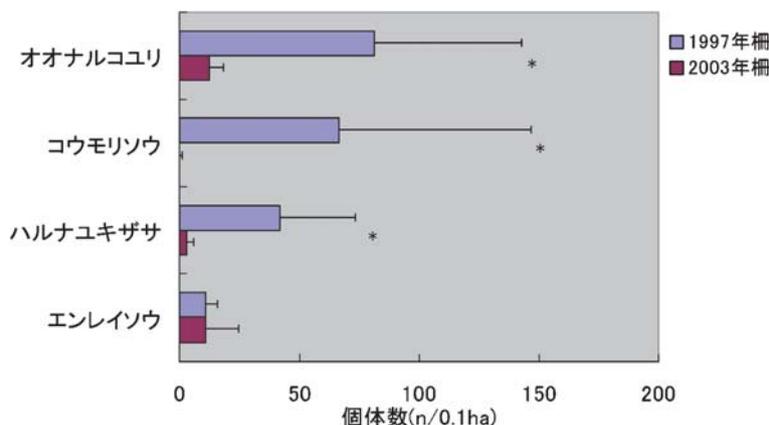


図-1 同一斜面上の設置年の異なる柵における多年生草本の個体数 (*は Mann-Whitney の U 検定 (有意水準 5%) で有意差があったものを示した)

10 cm 程度であり、変化しなかった。

木本についても隣接した設置年の異なる柵を用いて、樹高 30 cm 以上の稚樹を対象として柵を設置して 7 年目に密度と樹高を比較した。種構成は両柵でほぼ同じであり、密度は後の柵で高かったが、樹高は両柵でほぼ同程度であった。なお両柵の柵外では木本稚樹で 10 cm を超える個体はほとんどなかった。

以上のことから、柵の設置年の違いにより回復の程度が異なるのは多年生草本の一部とスズタケであると考えられた。木本については、シカの影響よりも林床植生の

状態や前生樹の有無、種子の豊凶によって森林の種類構成が変わると考えられた。

4. 植生保護柵の問題点

柵の問題点は、(1) 破損しやすいこと (写真-4)、(2) 動物の移動経路と生息地の妨げとなること、(3) 柵内の大型草食動物の密度はゼロなことである。丹沢のように成熟したブナ自然林に柵を設置すると、林冠を構成する高木が倒れることがある。柵が破損するとシカが侵入して林床はきれいに食べられてしまう。その



写真-4 倒木により破損した植生保護柵

ため柵の維持管理の徹底と、リスク回避のために小規模の柵を複数基設置することが重要である。丹沢では柵の大きさはおよそ 30m 四方から 50m 四方のものを複数基連続して設置している。また、維持管理も例年実施している。動物の移動経路に関しては、丹沢にはシカのほかにクマやカモシカが生息している。クマは柵をのりこえることができるが、カモシカはできない。こういう点からも柵は小規模なものの方がよいと考えている。大型草食動物の密度がゼロなことに関しては、柵を設置した冷温帯自然林では、シカの密度が高まる前からカモシカはいたであろうから、シカを含めた草食動物の密度をゼロにした状態での遷移の進行はこれまで経験しなかったことと思われる。灌木類の繁茂による希少植物や木本稚樹への一時的な負の影響が予想され、今後も柵内の植生遷移を注意深く見守る予定である。

5. おわりに

丹沢ではブナを主とした冷温帯自然林だけでなく、モミ林や広葉樹二次林、溪畔林にも柵を設置している。様々な森林に柵を設置することで、それぞれの森林生態系の機能を維持ないし植物種の絶滅の回避を図っている。そのおかげで今のところシカの採食を主要因として絶滅した種はないと考えられている。現在、柵はその設置目的である植物の遺伝子の貯蔵庫になっているとともに緊急避難場所となっている。

丹沢の調査からわかってきたことは、柵は効果があるものの、それですべてが解決できるわけではないということである。柵のみで植物を保護できるわけではないし、柵外でのシカの影響を排除しないと、いつまでも柵を設置、維持管理し続けることになる。そのためシカの個体数管理は必要不可欠であり、柵の設置と連動して冷温帯

自然林の保全を図っていくことが重要である。神奈川県では 2003 年から鳥獣保護区でも植生回復のための個体数管理を実施しており、それにより林床植被率が上昇した場所はあるものの、その中身は不嗜好性植物や耐性植物であり、スズタケや木本の成長には至っていない。したがって当面は柵を設置し続けるとともに、個体数管理のさらなる強化が課題となっている。

丹沢の森林を保護するために柵を設置してきた経験からいえることは、自然環境の問題解決には先手管理（梶 2007）が重要なことである。問題がおきてから保全措置をとるのではなく、問題がおきる前から自然環境をモニタリング、かつ問題がおきないように対策をとるといふ先手管理の仕組みと体制をつくっておくことが、今後のシカの保護管理と森林生態系の保全に必要である。

参 考 文 献

- 梶 光一（2007）ニホンシカ個体群のモニタリングへのコメント．哺乳類科学 47（1）：85-87.
- 神奈川県レッドデータ生物調査団（1995）神奈川県レッドデータ生物調査報告書．257 pp，神奈川県立生命の星・地球博物館，神奈川．
- 大野啓一・尾関哲史（1997）丹沢山地の植生（特にブナクラス域の植生について）．（財）神奈川県公園協会・丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編，丹沢大山自然環境総合調査報告書，103-121 pp，神奈川県環境部，神奈川．
- 高桑正敏・勝山輝男・木場英久（2006）神奈川県レッドデータ生物調査報告書．442 pp，神奈川県立生命の星・地球博物館，神奈川．
- 田村 淳（2010）ニホンシカの採食により退行した丹沢山地冷温帯自然林における植生保護柵の設置年の差異が多年生草本の回復に及ぼす影響．保全生態学研究 15：255-264.
- 山根正伸（2003）ニホンシカ被害問題に残されている課題，丹沢山地の経験から．森林科学 39：35-40.
- 山根正伸・藤澤示弘・田村 淳・内山佳美・笹川裕史・越地 正・齋藤央嗣（2007）丹沢山地のブナ林の現況—林分構造と衰退状況—．丹沢大山総合調査団編，丹沢大山総合調査学術報告書，479-484 pp，（財）平岡環境科学研究所，神奈川．

南アルプスにおけるニホンジカの 影響とその対策

鵜飼 一博 (うがい かずひろ、南アルプス高山植物保護ボランティアネットワーク)

1. はじめに

南アルプスは、標高 3,000 m を越える高山が連なる日本を代表する山脈である。南アルプスといえば、高山植物の種・数とも豊富であったり、天然記念物であるライチョウや氷河地形の南限ということが特徴である。特に高山植物は固有種が多く、その代表であるキタダケソウは南アルプスの北岳にしか生えていない希少種である。

高山植物群落(お花畑)を楽しみに夏季には多くの登山者が訪れる南アルプスであるが、近年、高山植物の減少が目立つようになってきている。盗掘も原因のひとつであるが、現在最も影響があるのは、ニホンジカ(以下、[シカ]という。)である。

本稿では、現在、南アルプスにおけるニホンジカの影響とその対策について概説する。

2. ニホンジカの影響

環境省関東地方環境事務所(2007)、林野庁中部森林管理局(2007、2008)および静岡県(鵜飼 2007)がシカの影響調査を行っている。その時点では、高茎草本群落が芝生状になる等の報告がある一方、影響が少ないか、ないと判断された地域も存在していた。

現在は、影響が少ない又はないとされていた南アルプスを代表するお花畑が広がる北岳や荒川岳にも、シカが進出しており、高山植物群落に影響を与え始めている。

ところで、シカは、高山植物に対し、「採食」「踏みつけ(踏圧)」「掘り起こし」で影響を及ぼしている。

高山植物は、消雪後、わずか3ヶ月程度の短い夏の期間に、発芽、展葉、開花、そして結実する。しかし、シカは発芽直後や展葉期に高山植物を「採食」することが多く、結実に至らない個体が増えている。高山植物のほとんどは、多年草であるが、結実し、種子を生産できなければ、世代交代ができなくなり、やがては絶滅して

しまう可能性がある。中には、矮小化して、結実する個体も出てきているが、全体から見ればわずかである。

頻繁にシカが通る場所いわゆるシカ道は、「踏みつけ」により高山植物が育たず裸地化しているところが多い。

最も大きな影響を与えているのは、「掘り起こし」である。深さ 20 cm 程度の表土が掘り起こされ、植生と一緒に表土が消失している(写真-1)。さらに、むき出しになった土壌は、降雨等により流出が起こっている。高山帯において、一度裸地化すると、簡単には再び高山植物で覆われないことはよく知られている。

次に、シカの影響を強く受けている植物群落の変化を見てみることにする。

2-1. 聖平のニッコウキスゲ群落

聖平は、標高 2,300 m、亜高山帯針葉樹林に囲まれている草原に、かつてはニッコウキスゲ群落が形成されていた(近田 1981)(写真-2a)。しかし、現在はニホンジカの嗜好植物であるキオンとグラミノイドが優占する草原になっている(写真-2b)。南アルプス南部は、シカの影響を早くから受けていたと言われており、1994 年頃にはニッコウキスゲの開花が見られなくなっていたと言われていた。



写真-1 シカの掘り起こし(聖平)

ニッコウキスゲは特にシカの嗜好植物で、消雪後、他の植物よりも早く展葉を始めたばかりの葉が採食される。結果、養分を蓄えることができずに、株が小さくなっていく。

また、聖平では、踏み付けや掘り起こしも確認できる。特に、掘り起こしは、近年増え続けている。開花に至らないまでも、生存している高山植物の生育環境を悪化させているため、枯死してしまう恐れがある。

2-2. 三伏峠の高茎草本群落

三伏峠は、標高 2,600 m で、ミヤマキンポウゲ、シナノキンバイ、セリ科植物およびタカネマツムシソウが優占する高茎草本群落だった（近田 1981）（写真-3a）。2005 年には、ゴルフ場のグリーンのように綺麗に刈り込みされた草原に、不嗜好植物のバイケイソウが点在している状態に変化していた（写真-3b）。かつて優占種であったセリ科植物は、針葉樹林の林縁にわずかに確認できる程度であり、ミヤマキンポウゲやシナノキ

ンバイもお花畑の中にわずかに確認できる程度である（増沢ほか 2006）。ここでは、タカネマツムシソウの矮小化が特に目だっていた。

掘り起こしは 3 か所確認され、表土流出も確認できた。

2-3. 塩見岳山頂直下の雪渓跡地植物群落

塩見岳東峰の南東側の標高 3,000 m には氷河地形が残っており、そこはかつて荒川岳のお花畑と同じようにシナノキンバイやハクサンイチゲを主体とするお花畑が存在していた（近田 1981）（写真-4a）。2005 年には、それらの植物は点在する程度で、タカネヨモギが優先する群落に（写真-4b）、3 年後の 2008 年は、それらも消失傾向にあり、表土の侵食が目立ち始めていた（写真-4c）。

聖平や三伏峠のように厚い表土に覆われていないため、シカの踏みつけにより表土がはがされたと考えられる。いったん裸地になると、凍結凍上作用や、表面流により浸食が起こりやすい。特に塩見岳山頂直下は、高標



a) 昭和 61 年 森氏撮影



b) 平成 21 年 7 月

写真-2 聖平ニッコウキスゲ群落の消失



a) 平成 6 年 8 月 深野氏撮影



b) 平成 17 年 7 月



c) 平成 22 年 7 月

写真-3 三伏峠高茎草本群落の芝生状化



a) 昭和 54 年 7 月 増沢武弘氏撮影



b) 平成 17 年 7 月



c) 平成 22 年 7 月

写真-4 塩見岳山頂直下お花畑の消失

高地であり、傾斜も急なため、これらの現象が起こりやすい環境にある。

わずかに残っている植物も根が表面に浮き上がっているため、乾燥化や表土流出等により、このままの環境下では生存が難しいと思われる。

3. 植生回復・復元

シカ対策は、大きく分けて「個体数調整」と「防鹿柵（又は植生保護柵）」がある。

シカの影響が出る前に防鹿柵で囲めば、植物群落は現状を維持できるが、シカの影響が出てから対処療法として設置されることが多い。南アルプスにおいては、シカの影響を受けている聖平、三伏峠、茶臼小屋前、仙丈ヶ岳馬の背および北岳で、植生回復を目的に防鹿柵を設置している。予防目的としては、2010年に兎岳と荒川カールで設置されている。

シカの掘り起こしや踏み付けにより裸地化した場所では、表土流出防止や、表面浸食防止、植生復元を目的にヤシ繊維製ネットを敷設している。高山帯や寒冷地の自然治癒力を生かした緑化工の取り組み事例はほとんどないため、試行錯誤により実施している。

3-1. 聖平における防鹿柵設置結果

聖平ニッコウキスゲ群落の消失原因をシカの採食影響とするには、当時、高山帯におけるシカの影響は報告例がなかったため判断ができなかった。そこで、静岡県が、聖平に高さ 1.8m で 10m 四方の防鹿柵（金属製）を設置した。

設置された防鹿柵内の優占種が、設置前は *Carex* sp. であったが、カラマツソウ、センジョウアザミおよびヤマハハコ等に変化した。防鹿柵を設置して 2 年経過した時点の柵内外の草丈を比較してみると、ハクサン

フウロでは柵内 40cm・柵外 25cm、ヤマハハコは柵内 40cm・柵外 30cm、シナノオトギリは柵内 35cm・柵外 15cm、センジョウアザミは柵内 80cm・柵外 15cm であった。現在は、柵内は本来の草丈に回復しており、柵外と比較しても、その差は一目瞭然である（写真-5）。

ニッコウキスゲの回復状況であるが、柵設置 4 年後にはじめて数株の開花を確認することができた。現在も年々開花個体数は微増しているが、現在の被覆率が 10% 程度であるため、ニッコウキスゲ群落に回復するには長い時間が必要か、このまままったく別の高茎草本群落のまま推移する可能性もある。

3-2. 三伏峠における防鹿柵設置結果

三伏峠には、2007～2008年に静岡県と南アルプス高山植物保護ボランティアネットワークが協働で、お花畑全体を囲むように高さ 1.8m の防鹿柵（金属製）を設置している。

柵設置 1 年後からシナノキンバイやミヤマキンポウゲ、セリ科植物が開花した。三伏峠は、シカの影響は 5 年程度しか受けていなかったと推測されているため、多くの株が残っていたためであろう。しかし、ここでも採食影響を受け株が弱っていたのか、本来の草丈には 3 年経過しても回復していない（写真-3c）。また、影響を受ける前は、それぞれの種は空間的にランダムに配置されていたようであるが、現在は種毎にすみ分けされており、ランダムな配置になっていない。影響を受ける前の種がそれぞれ開花しているため、元の群落と同じ種構成になる可能性は高いと推測できるが、このまますみ分けされたままなのか、以前のようなランダムな空間配置になるかは、推測できない。



写真-5 採食対策と回復



写真-6 土砂流出対策

3-3. 塩見岳におけるヤシ繊維製ネットの敷設結果

2009年より塩見岳山頂直下のシカの影響で裸地化した斜面の浸食防止および自然治癒力による植生復元を目的に、ヤシ繊維製ネットの敷設を始めている（写真-6）。ネットは、高温滅菌処理を行い、土壌・肥料・種子が付いていない。国立公園特別保護地区内に外から現地にないものを持ち込まないよう配慮している。

ネット敷設して1年経過したが、浸食防止効果は認められている。植生復元にいたっては、先駆性植物のオンタデが多く、ハクサンイチゲは1株のみ開花を確認することができた。多くの表土や植物の根茎が流出したこともあり、裸地化前の植物群落に復元するかどうかは短期間では難しいと考えられる。

4. おわりに

高山植物の生態は、まだまだ未解明な部分も多い。お花畑では、短い夏の間次々と主役が変わるし、積雪量や梅雨明けの時期によっても、開花時期や個体数に変化が生じている。そのため、短い期間の調査結果では、本来の変化を捉えることはできない。ましては、現在見られるシカの影響は、高山植物にとってはじめての経験ではないだろうか。

南アルプスの多くの場所でシカの影響を受けているが、植物群落への影響は、シカの出現頻度、地形、土壌および種構成によって差が出ている。また、群落の変化に擁する年月も、それぞれの場所で差が出ている。

植生復元や回復のために、防鹿柵やネットの敷設した場所における変化もまちまちである。傾向としては、シカの影響を強く受けた場所ほど植生の回復は遅い、シカ

の採食によりいったん植物群落に変化があると元の植物群落に戻るかわからない、復元・回復過程で種構成や空間的占有位置に変化が起きる可能性があるということであった。

後世に1万年以上前の氷河期から歴史の証人である高山植物および群落を引き継ぐためにも、今後は予防対策が重要になるだろう。特に、重要な群落は、シカの影響を受ける前に防鹿柵で囲む必要があると思われる。

文 献

- 中部森林管理局 2007. 平成18年度南アルプスの保護林におけるシカ被害調査報告書 南アルプス北部の保護林内.
- 中部森林管理局 2008. 平成19年度南アルプスの保護林におけるシカ被害調査報告書 南アルプス南部の保護林内.
- 環境省関東地方環境事務所 2007. 平成19年度グリーンワーカー事業 南アルプス国立公園ニホンジカ食害調査委託業務報告書.
- 近田文弘(1981) 静岡県の植物群落—静岡県の自然環境シリーズ. 246 pp. 第一法規出版株式会社.
- 増沢武弘・加藤健一・富田美紀・長谷川裕彦・名取俊(2006) 南アルプス中央部における高山草本植物群落. 静岡大学理学部研究報告 40: 71-82.
- 鵜飼一博(2007) 高山性草本植物群落の保全と復元. (南アルプスの自然. 増沢武弘編著, 静岡県環境森林部自然保護室). 135-168.

ニホンジカが森林生態系に与える影響

荒木 良太 (あらかき りょうた、財団法人自然環境研究センター第一研究部)

横山 典子 (よこやま のりこ、株式会社野生動物保護管理事務所関西分室)

近年のニホンジカを取り巻く環境と動態

近年、全国的にニホンジカの生息密度の上昇、個体数の増加が起きてきている。また、ニホンジカの分布域もこれまで分布していなかった高山や多雪地帯へ広がりがつつある。これらは、暖冬や寡雪化、狩猟人口の減少、少子高齢化に伴う中山間地域における耕作放棄地や廃村の増加、山林への人の入り込みの減少など、ニホンジカの生息に好適な環境が増えていることが関係していると考えられる。

一方、国立公園をはじめとする自然公園等では、哺乳類、鳥類、植物をはじめとした様々な生物が生息、生育しており、国内の生物多様性の維持に貢献している。しかし、ニホンジカのような特定種の生息状況の急激な変化は、森林生態系へ多岐にわたる影響をもたらすことが知られている。ニホンジカの森林生態系への典型的な影響は、個体数の増加に伴う、植生への過度の採食圧、踏圧等により植生が改変されることが確認されている。特に近年のニホンジカによる森林生態系への影響は社会的にも問題視されており、状況に応じた対応方針について検討することが求められている。ニホンジカはかつて高い狩猟圧にさらされていたため、東北や北海道などでは地域的な絶滅を引き起こしたこともあった。しかし、ニホンジカの捕食者であるオオカミの絶滅、戦後の大規模拡大造林に伴う餌資源の増加といった生息環境の変化とともに、狩猟獣からのメスジカの除外、北海道、岩手、宮城、長野、神奈川、広島、山口県などでは全面的な捕獲禁止、オスジカの捕獲数を1日1頭に制限する等、様々な保護施策が図られ、次第にその効果を発揮するようになった。そのため個体数は増加したが、1980年代以降、農林業被害が激化することになった。さらに、ニホンジカの影響は農林業だけではなく自然植生への影響もいくつかの地域で顕在化するようになった。自然公園地域でも森林生態系への影響が生じており、森林生態系の攪乱や高山植物群落の退行等を引き起こしている。

阿寒国立公園や知床国立公園などではハルニレ、オヒョウなどが樹皮剥ぎのために枯死に至り、原生林の植生構造は変化しつつある(矢部 1995)。日光国立公園では、カガノアザミの唯一の群落が摂食によって絶滅し、シラネアオイやニッコウキスゲなどの高山植物群落が絶滅の危機に瀕している(長谷川 2000)。尾瀬ヶ原では、高層湿原の植物群落への影響が心配されている(小金沢 2001)。また、自然林への影響も深刻で、日光周辺ではミズナラやモミ、大台ヶ原ではトウヒなどの林冠構成種が剥皮され枯死し、林相に影響を及ぼしている(長谷川 1996、柴田・日野 編 2009)。東京奥多摩では水源林のコメツガ、シラビンなどが剥皮され、森林の退行や水源涵養機能低下が危惧されている。同様の問題は神奈川県丹沢でもみられる(古林ら 1997)。

このようにニホンジカは、森林生態系へ様々な影響を及ぼしている。ここではその様々な影響を紹介するとともに、それらの影響に対して今後どう向き合うべきか考えたい。



図-1 剥皮された針葉樹
(吉野熊野国立公園特別保護地区内)

環境ごとの影響の違い

①急傾斜地

ニホンジカは一般的に平坦な場所、緩傾斜の場所を好んで利用する。しかし、そのような場所の食物環境が悪化した場合や、緩傾斜の場所が少ない場合には、急傾斜の場所も利用せざるを得ない。急傾斜の場所は土壌が安定しにくいいため、ニホンジカが土壌を保持している植物を食べ尽くしてしまった場合、土壌流出が起こる。土壌流出が激しくなると岩盤が露出し、再び土壌、植物に覆われるまでは一次遷移に近い過程を踏まなければ回復しない。現在このような現象はニホンジカが高密度で生息している地域で発生しつつあり、河口沿岸の漁業への影響や人々が利用する水資源への影響、国土保全上の問題も危惧されている。

②山岳地

ニホンジカはもともと平野部に生息する動物であったといわれている。しかし、平野部が人間によって開発され、さらに、車でアプローチしやすい場所で狩猟、有害鳥獣捕獲が行われ、ニホンジカの生息地は平野部から追いやられてきた。しかし、平野部に近い山林はスギ・ヒノキの植栽が多くニホンジカの餌資源が減少し、寡雪化が進むにつれてこれまで冬期にはあまり生息していなかった地域へと進出していった。これまで分布していなかった地域は餌資源が多く残っている環境が多く、冬期以外の時期にそれらの環境へ季節移動する個体も確認され始めた（尾瀬、南アルプス、大台ヶ原など）。

標高の高い地域ほど、生物が生きていく上で過酷な環

境であり、高山帯、湿原といった特異な環境に存在する植生は長い年月をかけて成立してきており、氷河期時代の遺存種等も生育している。そのため、そのような場所でニホンジカの採食圧がかかれば、ニホンジカを排除しても植生の回復に長い時間を要することになる。つまり、高山植物などの特異的な環境に適応した植物の生育条件は、立地条件、土壌条件、気候条件など様々な要因が複雑に影響しているため、ニホンジカの影響が及ぶ以前の植物群落、植物種が再生するかは、それらの環境を保持または再生する必要があり、どの程度の期間が必要なのか、さらには回復が可能かどうかなど明らかとなっていないため、現在、最も緊急的な問題となりつつある。

③積雪地

多雪だった地域が寡雪となると、そこはニホンジカにとって餌が豊富に存在する場所となる。標高の低い場所の餌を食べ尽くしてしまった奥多摩のような地域に生息するニホンジカは、冬期になると安全で餌が確保出来る高標高へと移動し、越冬する行動が見られるようになってきた。また、北日本や日本海側の多雪地帯にも分布が拡大してきた。そういった地域では、ニホンジカへの採食圧への耐性が低い植物は退行し、耐性を持つ植物の割合が増加する。

④林床（林内）

近年見られる多くの二次林、放棄植林地は地表まで光が届きにくく、ニホンジカの採食圧を受けた後、ニホンジカを排除しても林床植生の回復には長い時間を要する。長期にわたり採食圧を受けた林内は、後継樹を失い、グレイジングラインと呼ばれるニホンジカの口が届く



図-2 河口湾に流れ出る土壌
(長崎県対馬尾崎半島)

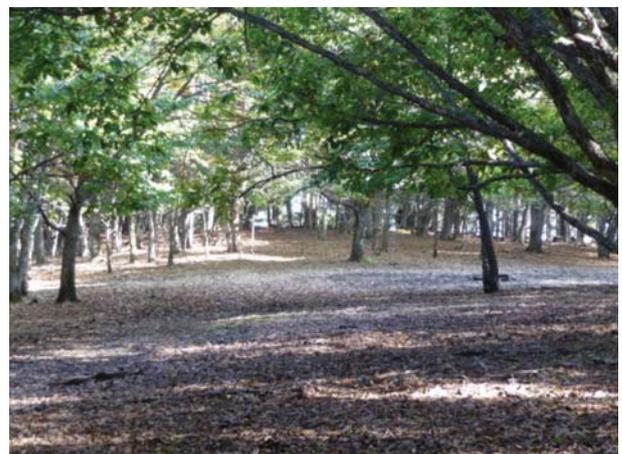


図-3 下層の植物が消失した森林（奥多摩）

2 m 程度の高さまで下層植生を失った独特の森林構造を形成する。

⑤ギャップおよびエッジ（林縁）

光が多く差し込むギャップおよびエッジ（林縁）はニホンジカにとって隠れ場所と採食場所が同所的に存在する格好の生息場所である。伐採跡地などはまさにそのような環境であり、ニホンジカが高密度で生息し、周囲の植物を盛んに食べ、幼齢木の成長を阻害し、樹木の矮小化、枯死が起こる。

ただし、そのような光環境が良い場所からニホンジカを排除した場合には、急速な林床植物の回復が見られる。

影響対象の種類

①直接的影響

ニホンジカは草食動物であり、採食対象である植物に影響を与える。ニホンジカが植物を食べると反芻によって細かくされた植物細胞内の栄養を吸収するとともに反芻胃の中で生きる微生物がニホンジカ自身の消化できないセルロース、ヘミセルロース、リグニンといった多糖類を消化し、その微生物の栄養も吸収する。胃の中の微生物と共生するニホンジカは、嗜好性の高い植物から採食し、それらが無くなると徐々に別の植物を採食し始め、同時に胃の中の微生物も変化し、様々な植物を採食することに適応することが可能であるため、次々と植物を退行させていく。

植物が生育する地域により、種別に宮脇ら（1983）に基づき高山、亜高山、山地、低地、海岸に分類し、個体数の増加といった促進的影響、個体数の減少、消失といった抑制的影響、どちらともいえない影響の3種類の影響評価に当てはめると、標高が高い地域に生育する植物種ほど抑制的影響の情報割合が高い傾向が見られた（自然環境研究センター 2005）。

②間接的影響

一次生産者である植物は、様々な生物にとって生息環境の重要な位置を占めており、「食べられる」という直接影響を受ける植物以外の生物は間接的な影響を受けることになる。

植物の場合、ニホンジカが存在しない状況では、植物間の競争によりその場所の環境に最も適した植物が優占する。ニホンジカによる採食圧が加わると、下層植生では、嗜好性植物や採食耐性が低い植物種から減少し不嗜好性植物が増加するといった影響も見られる。

植物相の変化の影響を受けやすいものの一つは昆虫であり、植物相の変化による昆虫の種構成の変化がさらに植物相へ影響を与えるというフィードバック型間接効果も報告されている（国武ら 2008）。植物相の変化がもたらす環境の変化は、ニホンジカの採食空間と一致する場所を利用する齧歯類が種構成を変え、長期的な影響が続いた場合、森林構造の変化により、小型哺乳類の種構成、鳥類群集の変化も確認されている（Putman *et al.*, 1989）。

また、群れで生活し集中的な採食を行うニホンジカに対し、ニホンジカと同じ植物を食べるカモシカは、単独で縄張りを形成して生活するといった異なる社会構造を持ち、植生へ多大な影響を及ぼすニホンジカの採食圧は、同様に植物を採食するカモシカの生息環境にも影響する。ニホンジカが高密度で生息するとカモシカの生息密度が低下する事が明らかになっている（岸元・前河 2001）。

著しい生態系への影響についての対策状況

ニホンジカによる著しい生態系への影響について、現在行われている、もしくは行われようとしている対応策として、防鹿柵による緊急避難的対策、捕獲による個体群コントロール（密度調整）、ニホンジカの採食圧が著しい影響を与えないような環境作り（ランドデザイン）が挙げられる。

現在の人間の社会情勢では、少なくとも現状を維持するための防鹿柵による防御が最も実現可能性が高く、効果も得やすい手段である。人工林の防護としても最も多く用いられ、自然植生の保護にも各地で用いられている。

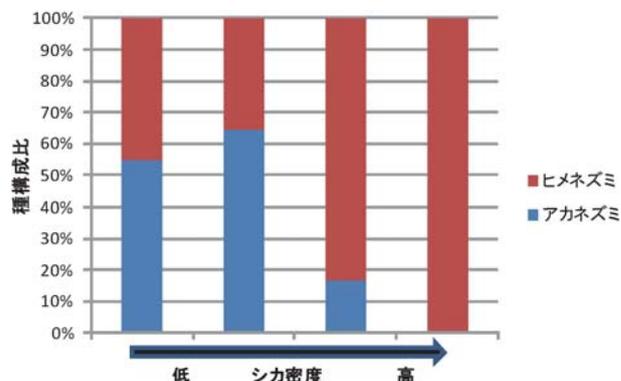


図-4 ニホンジカの生息密度とアカネズミ (*Apodemus*) 属の構成比 (Suda *et al.*, 2003 より作成)

しかし、防鹿柵の設置は、他の大型哺乳類への移動障害、局所的に採食圧がなくなるといった不自然な状況が生じる事が考えられ、対処療法的な手段である。次に考えられるのは、捕獲圧を高め、ニホンジカの生息密度の増加を抑制することであるが、これまでの狩猟者に依存して進めてきた個体数調整では抑えきれないことが明らかになってきている。その要因として狩猟者の減少や高齢化があげられており、今後の展望は明るいとはいえないだろう。個体数調整を専門とした人材の育成と、体制の整備が必要である。さらに、長期的な観点で期待されるのは、ニホンジカが生態系へ著しい影響を与えない環境整備（ランドデザイン）の実現に向けた取り組みである。しかし、未だ概念的整理の段階であり、今後も進むであろう中山間地の人口減少による耕作放棄地の増加を考慮した農地整備、森林整備とともに進めていくべき対策である。そのためには多様な機関、住民、産業の変化などの協力が必要であり、長期的な対策といえる。

ニホンジカが与える影響をどう捉えるべきか

ニホンジカの軽度の採食圧は、林床の植物群落を攪乱し、単一種の優占を妨げ、種多様度が増す。採食圧が全くない場合には植物種間の競合が起こり、その他の攪乱が無い限り単一種の優占を招く事がある (Suda *et al.*, 2001)。現在のニホンジカによる生態系への影響は、高い採食圧によって起きている現象が多く、これまで述べてきたように、影響の現れ方も様々である。

このような生態系の変化といった複雑な関係を評価す



図-5 ニホンジカによる高い採食圧下で矮小化、密生したミヤコザサ林床 (大台ヶ原)

る普遍的な手法は確立されておらず、また、生息地、生態系を改変する力を持つニホンジカを生態系の中でどう位置づけるか、ニホンジカの採食圧による種の絶滅のような不可逆的な変化にどこまでの重み付けをするか、そして変動する生態系を規定する時間的、空間的スケールをどう考えるかなど、生態系管理に必要な命題は未解決である (常田ら 2004)。

高山帯などで起きている現象は、現状のままでは種の絶滅などの不可逆的な影響が及ぶことは避けられない可能性があるため、事態は急を要し、我々は最低限の対策をとる必要がある。少なくとも、不可逆的事態と、人によって起きたと考えられる事象については、その進行を止めることが現時点での必要最低限な対応と考える。

引用文献

- 古林賢恒・山根正伸・羽山伸一・羽太博樹・岩岡理樹・白石利郎・皆川康雄・佐々木美弥子・永田幸志・三谷奈保・ヤコブ・ボルコフスキー・牧野佐絵子・藤上史子・牛沢 理 (1997) ニホンジカの生態と保全生物学的研究. (神奈川県公園協会・丹沢大山自然環境総合調査団企画委員会編, 丹沢大山自然環境総合調査報告書) 319-421.
- 長谷川順一 (1996) 鹿の食害による奥日光のササ枯死. フロラ栃木 5 : 23-29.
- 長谷川順一 (2000) ニホンジカの食害による日光白根山の植生の変化. 植物地理・分類研究 48 : 47-57.
- 岸元良輔・前河正昭 (2001) 下伊那郡上村におけるニホンジカ *Cervus nippon* とニホンカモシカ *Capricornis crispus* の種間関係. 長野県の多様な自然環境とそれに関わる社会環境の現状把握. 長野県自然保護研究所紀要 4, 別冊 1 : 271-274.
- 小金澤正昭 (2001) 尾瀬におけるシカの増加とその対策. かんきょう 12 : 11-13.
- 国武陽子・寺田佐恵子・宮下 直 (2008) シカの採食による植物へのフィードバック型間接効果. 日本森林学会誌 90 (5) : 342-347.
- 宮脇 昭・奥田重俊・望月陸夫 編. 1983. 日本植生便覧. 至文堂, 872pp.
- Putman, R.J., P. J. Edwards, J. C. E. Mann, R. C. How & S. D. Hill (1989) Vegetational and faunal change in an area of heavily grazed

woodland following relief of grazing. *Biological conservation* 47 : 13-32.

自然環境研究センター（2005）平成 16 年度大型野生獣

との共生推進事業報告書. 86pp, 環境省請負事業.

柴田叡弍・日野輝明 編（2009）大台ヶ原の自然誌.

300pp, 東海大出版会.

Suda, K., R. Araki, and N. Maruyama (2001) The effects of sika deer on the structure and composition of the forests on the Tsushima Islands. *Biosphere Conservation* 4 (1) : 13-22.

Suda, K., R. Araki, and N. Maruyama (2003) Effects

of sika deer on forest mice in evergreen broad-leaved forests on the Tsushima Islands, Japan. *Biosphere Conservation* 5 (2) : 63-70.

常田邦彦・鳥居敏男・宮木雅美・岡田秀明・小平真佐夫・石川幸男・佐藤 謙・梶 光一（2004）知床を対象とした生態系管理としてのシカ管理の試み. *保全生態学研究* 9 : 193-202.

矢部恒晶（1995）野生動物の生息地管理に関する基礎的研究—知床半島におけるエゾシカの生息地利用形態と植生変化—. *北海道大学農学部演習林研究報告* 52 (2) : 115-180.

森林総合研究所多摩森林科学園 (環境教育林)

井上 真理子・井 春夫

(いのうえ まりこ・い はるお、森林総合研究所多摩森林科学園)

森林環境教育、木育、ESDなどが重視されている今日、森林への関心が高まっています。森林と地球温暖化問題、炭素固定との関係や、間伐という言葉もよく知られています。「森林・林業基本法」では、「森林・林業に対する国民の理解を深めること」が明記されています。しかし、森林への理解は深まっているのでしょうか？

先日、小学校の授業を見学する機会がありました。「森林の管理を誰がしているのでしょうか」との質問の答えに、「森林ボランティア」が出ていました。幸いこの授業では、木材を生産する林業について理解を深める学習がされていましたが、他校で誤解を生じないとは限りません。この他にも森林や木材をめぐる誤解は、数多くあります。

森林や林業、木材への理解を深めてもらうには、森林の専門家から一般社会に情報発信をすることが必要です。また教育現場では、子ども達の自然体験の不足も問題になっています。そこで、森林について学べる場として「環境教育林」を公開している多摩森林科学園を紹介します(井上ら 2010)。



写真-1 樹木園(左端は樹木の案内板)

多摩森林科学園の概要

多摩森林科学園では、施設の一部を一般に公開して、研究成果に基づいた科学的な知見をもとに森林・林業を理解してもらうため、「環境教育林」と展示館「森の科学館」を管理、運営しています。本園の由来は、大正時代の帝室林野局の林業試験場に遡りますが、現在は、森林総合研究所の支所の1つです。さまざまな品種のサクラがある名所として、年間約5万人が訪れています。

多摩森林科学園は、都心から約50kmの東京都八王子市に位置し、近くには高尾山があります。高尾駅より徒歩10分の交通の便の良い場所にあり、住宅地に囲まれた中に残る都市近郊林で、豊かな森林生態系が維持されています。敷地面積56ha、標高差100mの中に、シイ、カンナなど暖温帯の常緑広葉樹などの天然林と、樹木の植栽試験林があります。「環境教育林」として公開している樹木園(7ha)には約600種、約6,000本の樹木と、昭和41年から桜対策事業で整備されたサクラ保存林(8ha)には、約1,500本のサクラがあります。ほ乳類(約20種)、昆虫(約500種)、鳥(約100種)が確認され、ムササビやオオトラカミキリ、ヤマドリなどの注目される動物も生息しています。

環境教育林としての取り組み

多摩森林科学園では、施設を利用した研究所の情報発信として、「森林講座」(年10回)、「親子森林体験教室」を開催しています。また教育、研修の協力としては、学校の利用支援(学習入園)、高校生の科学教育のためのサイエンス・キャンプ(科学技術振興機構主催)や林業系専門高校教員向け研修会の開催、さらに職場体験やインターンシップの受け入れなどを行っています。

また、「環境教育林」を活用し、研究の成果を取り入れた普及の工夫をしています。樹木園のガイドツアー(研究の森案内)では、歩きながら研究成果を学べる工夫をしています。森林内での観察、学習に役立つガイドブッ



写真-2 樹木園内での専門家向け研修



写真-3 サクラ保存林

クやパンフレット（ムササビ、樹木等）も作成しています。展示にも工夫を凝らし、森林内の観察ポイントの内容は、展示館でさらに理解が深められるようにしています。例えば、樹木名を当てるクイズになっている樹木の案内板は、同じ樹種の材を使用しており、木材も分かるようになっています。展示館では、さらにその材を使った製品（例：シラカシでは^{かんな}鉋）が見られるようになっています。これらの取り組みは、5月4日みどりの日にガイドツアーやミニ講演会として紹介しています。

この他、ホームページでは季節の動植物写真を随時掲載し、樹木やサクラのデータベースも公開しています。

環境や野生動物に配慮した森林管理

「環境教育林」では、普及活動と共に、野生生物と共存した循環型社会における森林管理のあり方を探求しています。

・剪定枝や間伐木のバイオマスの有効活用

伐採木をベンチや土留めに利用し、ウッドチップの歩道や堆肥づくりをしています。バイオマス研究として、木質ペレットの製造と、ペレットストーブの展示及び実用試験を行っています。

・殺虫剤を使わない森林管理

サクラには害虫が多く発生しますが、殺虫剤は使わずサクラを守る工夫をしています。サクラ保存林と隣接した天然林を保護し、野鳥が害虫を捕食することで、大量

発生が抑えられています。コスカシバ（蛾）被害は、研究の成果を活かして、フェロモン剤を放出するディスプレイをつけて防いでいます。

・コリドー（動物たちの通り道）

サクラ保存林は、見通しが良く、小動物が外敵にねらわれやすい環境です。そこで、ベルト状に、下草を刈らないコリドーを設けています。

環境教育林のあり方

実際の森林に行くことで、森林は野生動物の住む自然環境、森林資源の生産の場、私たちが自然とふれあえる場、さらに地域文化を育む場であるという多面的な機能を学べます（井上・大石 2010）。多摩森林科学園の「環境教育林」が、森林について総合的に学べる拠点として、全国の森林公園や展示施設のモデルになっていければと願っています。

ご来園をお待ちしております。日頃お疲れの方は、多摩森林科学園 HP にて、綺麗な森林の画像をご覧ください。

引用・参考文献

井上真理子・大石康彦（2010）日林論 92：79-87.

井上真理子ら（2010）関東森林研究 61：61-62.

多摩森林科学園（2005）環境教育林の手引き（第2版）.

島根大学三瓶演習林

片桐 成夫

(かたぎり しげお、島根大学生物資源科学部森林環境学講座)

島根大学三瓶演習林は、世界遺産石見銀山遺跡の東約20 km にそびえる大山隠岐国立公園の三瓶山(1126 m)の北面山麓にあります。演習林は事務所のある多根団地(8.11 ha)、最も面積の広い獅子谷団地(215.27 ha)、建設中の志津見ダムに隣接する大谷団地(36.65 ha)の3つの団地に分かれています。

地形は壮年期から晩期で、谷頭に緩傾斜が見られますが、起伏量は比較的大きく、全体的に急峻で、標高は270～640 mです。地質は花崗岩質貫入岩を基盤とする黒雲母花崗岩や閃緑岩からなっています。また、三瓶火山の噴火堆積物の影響が大きく、緩傾斜の斜面下部には火山灰土壌が厚く堆積している部分が多いです。植生は落葉広葉樹が主体でコナラが最も多いですが、標高の最も高い部分にはわずかですがブナも見られ、沖村¹⁾によると63科118属208種が出現するとされています。

実習の場として針葉樹人工林

獅子谷団地は昭和35年頃から利用径級に達した広葉樹および針葉樹は皆伐されたために昭和43年に島根大学に編入された時点では、一部に30年生弱の広葉樹林が残っていたものの大半が伐採跡地の状態でしたが、図-1に示した3～6林班は学術参考林として保護され、7～13林班は学生実習の場を確保することを目的に針葉樹人工林を造成する方針で施業が行われてきました²⁾。その結果、7～11林班はⅡ齢級からⅩ齢級のスギ、ヒノキの人工林になっています。しかし、平成10年以降新規の造林は行われていません。また、事務所のある多根団地はⅠ～Ⅺ齢級のスギ、ヒノキの人工林で、学生実習によく利用されています。大谷団地は少し離れているために最近は余り利用されていませんが、大半が針葉樹造林地でⅣ～Ⅷ齢級のスギ、ヒノキ林となっています。

薪炭林として利用されていた広葉樹林

獅子谷団地の4～6林班の落葉広葉樹林は、現存量推定のために昭和58年に行われた伐倒調査³⁾時には樹齢36～40年であったことから現在は63～67年生の高齢な森林であると考えられます。この落葉広葉樹林に長期動態調査を行うことを目的として1 haプロットを平成13年に設置し、5年ごとに毎木調査を行っています(写真-1)。平成18年の調査結果によると、立木密度1528本/ha、平均直径15.1 cm、胸高断面積合計

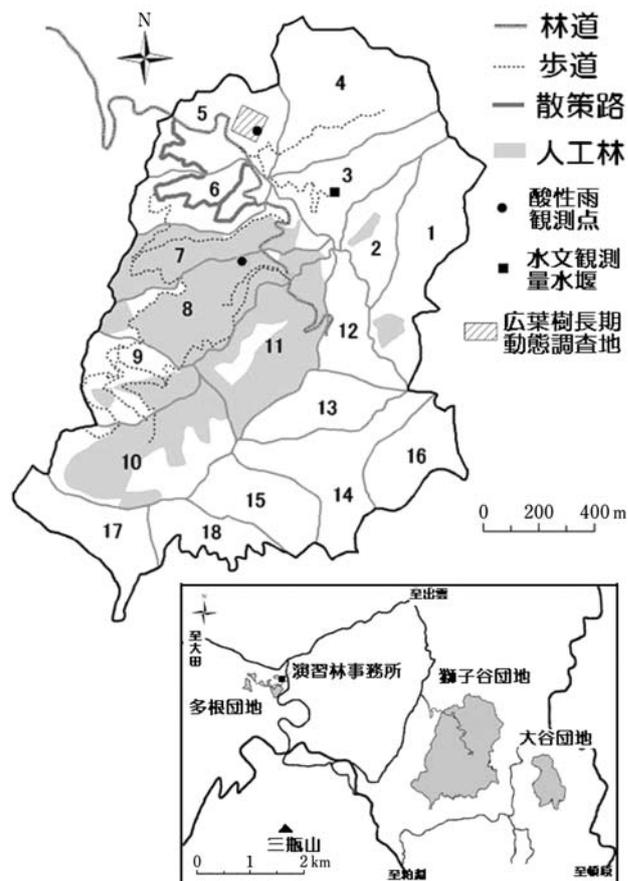


図-1 三瓶演習林および獅子谷団地の概略図

43.6m²/ha、出現種数 44 種で、断面積合計割合でコナラが 56% を占め、アカマツ (7.1%)、クヌギ (6.2%)、クリ (3.9%)、イヌシデ (2.4%) がこれに続きます。コナラの割合が高いことからわかるように、以前は萌芽更新による薪炭林施業が行われ、伐採が繰り返され、木炭の製造が盛んに行われていました。それを物語るように炭窯の跡 (写真-2) が林内の至る所に見られ、材の運搬に用いられた木馬道のなごりも見られます。最近では獅子谷団地のコナラ、クヌギは樹齢が高くなったためかカシノナガキクイムシが侵入し (写真-3)、枯死する個体が出始めており、このまま対策を取らなければ近い将来蔓延することが危惧されています。また、2~6 林班の尾根筋には天然生のアカマツが群状に分布し、そ

の平均直径は 30 cm 前後で、最大直径は 40 cm を超えています⁴⁾。

林床はチュウゴクササに広く覆われていますが、このササは昭和 49 年に演習林内で一斉開花・枯死し⁵⁾、4、5、6 林班の全域と 7、8 林班の一部では昭和 52 年 3 年頃には一旦ササが消失しました。現在ササの分布は元に戻っていますが、最近になって部分的に開花が見られます (写真-4)。

さまざまな継続研究試験地

三瓶演習林では前述した長期動態調査の他に酸性雨モニタリング調査、フェノロジー調査、水文観測などの継



写真-1 落葉広葉樹長期動態試験地 (ギャップが発生し、やや明るくなっている)



写真-3 カシノナガキクイムシの入ったクヌギ (フラスが多く出ている)



写真-2 昭和 30 年頃まで使われていた炭窯の形跡



写真-4 開花しているチュウゴクザサ

続調査が行われています⁶⁾。酸性雨モニタリング調査は全国演習林協議会酸性雨モニタリングの一貫として平成2年に開始され、現在もスギ林と落葉広葉樹林で林外雨、林内雨、樹幹流（コナラ、スギ）の観測（写真-5）と化学分析を継続しています。同時に広葉樹林集水域（5林班）とスギ林集水域（8林班）の渓流水の分析も行っています。また、多根団地では乾性降下物、湿性降下物の分別採取および化学分析を継続しています（写真-6）。フェノロジー調査は平成11年から実施し、コナラ、イヌシデ、クマノミズキ、アカメガシワ、エゴノキの5樹種について、各樹種3個体ずつを観測対象にしています。また、これらと同じ頻度で広葉樹1haプロット



写真-5 酸性雨モニタリングのための林内雨、樹幹流の測定装置



写真-6 多根団地の酸性降下物分別採取装置

の中心で全天写真を撮影して樹冠の変化を観察しています。水文観測は3林班の落葉広葉樹林集水域で量水堰を設けて水位、水質観測を平成18年から行っています（写真-7）。

開かれた演習林をめざして

本来の目的である学生の教育として1年生の演習林実習、2年生の樹木実習、3年生の林業技術専門実習Ⅰなどの実習を行い、毎年森林環境学講座と森林科学部門の教員の指導の下に4年生の卒業論文研究や修士論文研究に利用されています。さらに三瓶演習林では一般の方の利用を促進するために、落葉広葉樹林内には全長1.4kmの樹木観察のための散策路が設置され、そのコース沿いではコナラ、クヌギ、アベマキ、クマシデ、イヌシデ、アカシデ、ミズキ、クマノミズキ、ヤマボウシ、ヤマザクラ、カスミザクラ、ウワミズザクラ、ウラジロノキ、オオウラジロノキ、キハダ、エソエノキなど100種類程度の樹木を観察することができます（写真-8）。これまでに数多くの公開講座を実施し、参加者は延べ800を超えています。また、平成22年度6月と11月に演習林開放を行いました（写真-9）。事務局は宿泊所を兼ねていますので、卒論研究などの少人数の宿泊に利用することができます。ホームページ（<http://ufsu.life.shimane-u.ac.jp/~ercbr-forest/>）、ブログ（<http://shimane-univ-forest.seesaa.net/>）をご覧ください。



写真-7 3林班に設置された量水堰



写真-8 広葉樹林内の散策路



写真-9 演習林開放に参加した一般利用者
(撮影：葛西絵里香)

引用文献

- 1) 沖村義人 (1967) 三瓶演習林樹木誌. 島根農科大研報 15 (A-2) : 89-100.
- 2) 島根大学農学部附属演習林 (1973) 演習林集報 No.1. pp33.
- 3) 三宅 登ら (1980) チュウゴクザサの更新. 島根大農研報 14 : 44-49.
- 4) 片桐成夫ら (1984) 三瓶演習林内の落葉広葉樹林における物質循環に関する研究 (XII) 斜面位置による地上部現存量の相違. 島根大農研報 18 : 53-60.
- 5) 片桐成夫ら (1987) 三瓶演習林内の天然生アカマツの分布とその林分構造. 島根大農研報 20 : 39-45.
- 6) 島根大学生物資源科学部附属教育研究センター森林科学部門 (2008) 演習林第7次管理計画. pp32.

土に還す

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)



冬から早春にかけての森は、葉が茂っていた頃とは違う匂いに包まれています。つくば植物園の落葉広葉樹林区画では特にそれが感じられ、地面一面に堆積した茶色い葉っぱの景色と相まって、故郷の新潟や学生時代に過ごした山形の森を思い出します。匂いの元は落ち葉のかなと表面の数枚を手にとって嗅いでみると、非常に近いのですが微妙に違うようです。赤土の匂いでもありません。しかし私の記憶を呼び起こすその匂いは、明らかに足元から漂ってきています。地面に顔を近づけ、表面の葉を取り除きながら匂いの正体を探していくと、どうも古い落ち葉の層があやしい。水分でべったりと重なりあったそれらは、崩れながら土と混ざりあっていました。私が冬の森の匂いと感じていたもの、その答えは葉や枝が腐食しているものだったようです。

つくば植物園での日々の管理業務では、除草した草や落ち葉、剪定枝や伐採木などの廃棄物が多く発生します。これらを業者に頼んで園外処分にすれば簡単なのですが、毎年かなりの費用が必要となってしまいます。また、その空間から生じたものを空間外に廃棄することに何かためらいがあり、園内で有効利用をする努力をしています。例えば落ち葉ですが、自然風に設計されている園路や、植栽植物の根周りに敷き締めると泥はね防止になります。ある程度の太さの枝は、短く切断することで植物囲いなどの材料になります。これらは廃棄物をそのまま利用しているので手間が掛からず、作業的には理想的です。しかし発生するゴミの割も減らせないので、草と落ち葉のほとんどは堆肥化させることにしています。量が量なのでバックホーを使っての作業になるのですが、高さ2mまで積み上げ、大量の水を与えて自然発酵を促します。それを崩して再度積み上げる作業を定期的に行うと、数ヶ月で堆肥の出来あがりです。枝や幹はチップパーという粉碎機でウッドチップにしてしまいます。チップパーは処理できる材の径が限られているので、薪割り機で小さくしてから作業になります。これらの手間と苦勞をかけて作ったものは、その甲斐あって大変便利に活用できます。腐葉土や堆肥は植物たちの肥やしにな

り、新鮮なウッドチップは園路の簡易舗装や雑草押さえのマルチングとして大活躍をします。

どうやら園内処理はなんとかうまくいきそうです。しかしながら実は、これら一連の作業について私は大きな疑問や不安を抱えています。まず、堆肥やウッドチップの作成には重機と軽油を使用していること。本来であれば何年もかかる堆肥化や木材の断片化を短期間で行うためなのですが、これらの大きな力やエネルギーを使わなくても済む、もっとよい方法はないのでしょうか。それからもう一つは、これらの作業は発生したものを土に還すことに繋がっているということ。堆肥が土に消えていくのは当然として、枝を利用して作った木枠も3年程度で形を失い始め、雑草押さえに利用したウッドチップも、最終的には雑草の肥やしになってしまうのです。植物園は育ったものを園外に出荷することがないので、その空間で発生したものをその空間に還し続けると、結果として、その土地はどんどん肥沃になっていくのではないのでしょうか。本来であればそれは遷移につながるのでしょうか、植物園は現状維持が基本です。今の試みをいつまで続けられるのでしょうか。

堆肥の山を前に、いつもいろいろな思いがめぐり作業の手が止まります。しかしいざその山を切り崩せば、腐食により発生した熱気が一斉に立ち上がりハッとします。冬の森の匂いを凝縮したようなその蒸気に、自然界の循環をささえる仕組みの強さを感じるのです。そしてそこを寝床にしている無数のカブトムシの幼虫たちに私の取り組みを応援されているような気にもなり、とりあえずもっと良い堆肥を作ってみようと作業に力が入るのです。

.....

著者プロフィール

二階堂太郎：1970年生まれ。山形大学農学部林学科修士課程修了。新潟市の株式会社らう造景(旧 後藤造園)に勤務。現在は筑波実験植物園の非常勤職員として植物管理部門に所属。樹木医、森林インストラクター。

岐阜県版「細り表」の調整と 「細り早見カード」の開発

大洞 智宏 (おおぼら ともひろ、岐阜県商工労働部モノづくり振興課、前岐阜県森林研究所)

1. はじめに

「細り表」を使うことによって、樹高と胸高直径から立木の任意の高さの直径を推定することができます。しかし、林業の現場で立木の任意の高さの直径を推定する場合、細り表を利用するのではなく、熟練の森林技術者が経験を活かし目測によってその作業を行っています。このため、細り表はあまり重要視されてきませんでした。

しかし、近年、間伐事業などの実施前に森林所有者に対しおおよその収穫量、経費、収入を提示し、事業を受注する提案型の林業を行う林業事業者が増加したことにより、事前に末口径を予測し、収穫材積の見積りを行う必要性が高まっています。また、土木業などの異業種から林業への参入によって、目測による直径の推定を行うことのできない経験の浅い技術者が増えています。こういったことを背景に、細り表の重要性が見直されつつあります。

実際、岐阜県森林研究所へは毎年のように岐阜県版の細り表に関する問い合わせが寄せられています。中には、森林整備の中で現地発生材を用いて施工するため、立木からどのような材がどれくらい採れるのかを把握したいので細り表が必要になっているという事例もありました。しかし、岐阜県における細り表は、今須沢伐林を対象に調整されたもの(梶原ら 1996)に限られていました。そこで、平成 21 年度に岐阜県全域に適応可能なスギとヒノキの細り表を調整するとともに(大洞 2010a)、現場で利用しやすいポケットサイズの細り早見カードを開発することとしました。

2. 「細り表」の作成

岐阜県版の細り表の調整にあたっては、過去に県内全域で採取した試料で行った樹幹解析や、伐採木の直径を

直接測定した数値などを合わせた、スギ 109 本、ヒノキ 85 本のデータを使用しました。

樹木の幹は根元から梢に向かって細くなります(図-1)。細り表は、幹の細くなる度合い(細り)を利用して作成されています。

細りは、品種などが同じであれば、大きさの違いには影響されず、ほぼ一定になります。このことを 3 本のヒノキのデータを基に示します(図-2)。①に樹高も胸高直径も異なる 3 本のヒノキの、高さと半径の関係を示しました。次にそれぞれの木の樹高を 1、樹高の 1/10 の高さの半径を 1 として図を書き直すと、3 本の似通った線を描くようになります(図-2②)。つまり、実際の木の大きさ(絶対値)ではなく、相対値に換算し比較すると、木の細りが似ていることがはっきりします。この性質を利用して幹の形を表現した数式が相対幹曲線式です。

相対幹曲線式は次のようにして求めます。木ごとの細



図-1 細りの様子
樹高 25m のスギ。2m ごとの円板を重ねたもの。

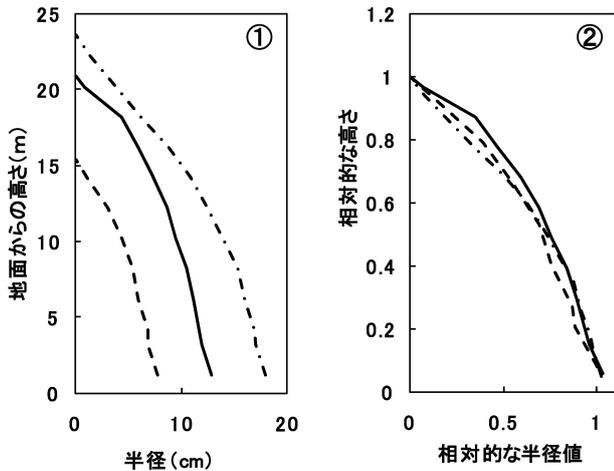


図-2 幹の形の絶対値①と相対値②

リデータ（高さ、直径）を、樹高を1としたときの相対的な高さ（相対位置： x ）と、樹高の1/10の高さの直径の値を1としたときの高さごとの相対的な直径値（相対直径： y ）に変換します。（図-3、図-4）。これらの値を、相対幹曲線式である $y=ax^3+bx^2+cx$ にあてはめ、 a 、 b 、 c の定数を算出しました。この結果から、相対幹曲線式は、

スギ $y=1.4021x^3-2.7861x^2+2.4885x$
 $R^2=0.998$

ヒノキ $y=1.2358x^3-2.6493x^2+2.4972x$
 $R^2=0.997$

となりました。この式を基にして、直径、樹高、高さ、を整理して表にしたものが「細り表」（図-5）になります。

3. 細り表をもっと使いやすくしたい

一般的な「細り表」は、胸高直径、あるいは樹高別に整理された一定の高さごとの直径値が何ページにもわたって記載されています。例えば、岐阜県版の細り表の適応範囲はスギが胸高直径16～58cm、樹高16～38m、ヒノキが、胸高直径16～36cm、樹高14～26mでした。これを表として印刷すると、A4判で14ページにもなりました。このような細り表は、事務所など机上での利用には問題ありませんが、現場で利用するには、かさばり、山の中でページをめくるのには不便を

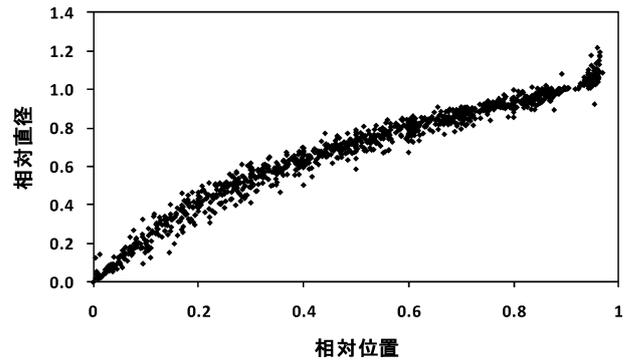


図-3 相対位置—相対直径の関係（スギ）

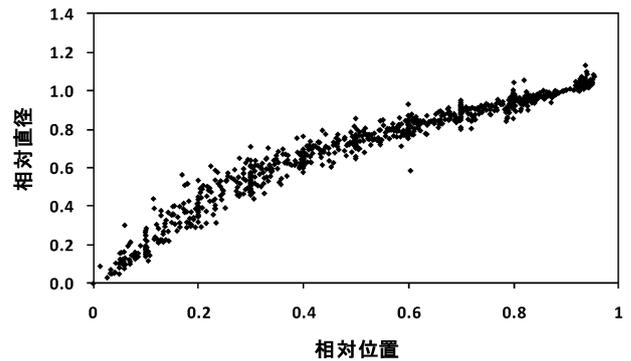


図-4 相対位置—相対直径の関係（ヒノキ）

付表-3 スギ細り表（胸高直径20cm）

樹高 (m)	地上高(m)														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	18	16	16	14	14	14	13	12	11	10	8	6	4	2	
17	18	16	16	16	14	14	13	12	12	10	9	8	6	4	
18	18	16	16	16	14	14	14	13	12	11	10	9	7	6	
19	18	16	16	16	14	14	14	13	12	12	11	10	8	7	
20	18	16	16	16	14	14	14	13	12	11	10	9	8		
21	18	16	16	16	14	14	14	13	12	12	11	10	9		
22	18	16	16	16	16	14	14	13	13	12	11	10	10		
23	18	16	16	16	16	14	14	14	13	12	12	11	10		
24	18	18	16	16	16	14	14	14	13	13	12	11	11		

付表-4 スギ細り表（胸高直径22cm）

樹高 (m)	地上高(m)														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
16	20	18	18	16	16	14	14	13	12	11	9	7	5	2	
17	20	18	18	16	16	16	14	14	13	12	10	9	7	5	
18	20	18	18	16	16	16	14	14	13	12	11	10	8	6	
19	20	18	18	16	16	16	14	14	13	12	11	9	8		
20	20	18	18	16	16	16	16	14	14	13	12	11	10	9	
21	20	18	18	18	16	16	16	14	14	13	12	11	10		
22	20	18	18	18	16	16	16	14	14	13	13	12	11		
23	20	18	18	18	16	16	16	16	14	14	14	13	12	11	
24	20	18	18	18	16	16	16	16	14	14	14	13	13	12	
25	20	18	18	18	18	16	16	16	14	14	14	14	13	12	
26	20	18	18	18	18	16	16	16	16	14	14	14	13	13	

図-5 岐阜県版スギ細り表（部分）

感じるものでした。そこで、見やすく、胸ポケットに入るようなカードサイズの細り早見表の開発を目指し試作を開始しました。

4. 細り早見カードの開発

岐阜県森林研究所では、過去に、スギ林、ヒノキ林の収量比数を簡易に知ることができる密度管理カード（図-6）を開発していました（古川邦明 2005）。これは、収量比数が立木密度と樹高の関数で表されることを利用し、スリーブ式のカードを左右にスライドさせ、立木密度と平均樹高の数値を決めることによって収量比数を導き出すことのできる計算尺のようなものです。当初は、細り早見カードも、この形式で作成しようと考えましたが、細り表は、2つの数字で表される収量比数と異なり、樹高、胸高直径、直径を知りたい高さの3つの数字が必要になるため、2枚のカードでは表現が困難でした。

細り表の作成時には、a. 相対幹曲線式に樹高に対する各高さの相対値を代入し、各高さの相対直径値を求め、b. 相対直径値と胸高直径の値から各高さの直径を推定するという2つの計算過程を経ていきます。このことは、早見カードにおいて2段階の操作が必要であることを意味します。そこで、早見カードでは、ベースになるカードと左右にスライドさせるカードⅠに、上下にスライドさせるカードⅡを加えた3枚構成としました（図-7）。

カードⅡは計算aに対応しており、樹高を指定すれば、各高さに対応した相対直径値が読み取れるようになっています。そして、カードⅠは計算bに対応しており、胸高直径を指定すれば、直径スケールから各高さの直径

の値が読み取れるように調整されています。このように、カードⅠと、カードⅡを組み合わせることで、任意の高さの直径値を予測できるようにしました。

現在の細り早見カードは、このようにして作成した細り早見カード（プロトタイプ）をもとに、林業改良普及員の方々の意見を聞きながら調整を加えたものです（詳しい使用法は、大洞（2010b）、渡邊（2011）を参照してください）。

5. おわりに

岐阜県版の「細り表」、「細り早見カード」は希望者に配布し、林業の現場で利用していただいています（図-8）。しかし、まだまだ多くの問題点があり、改良の余地があると考えています。例えば、他の事例に比べると

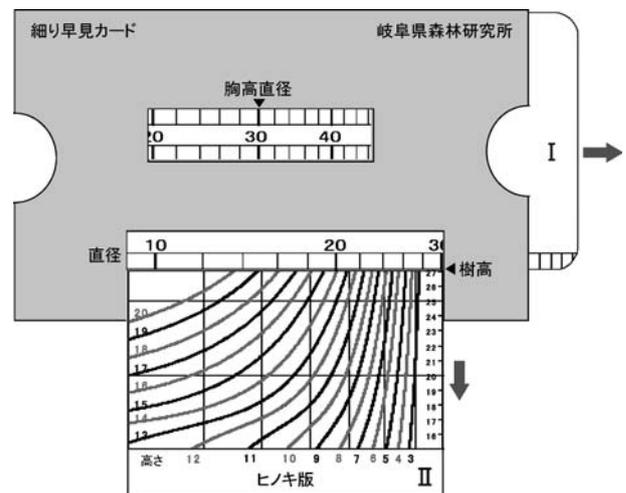


図-7 細り早見カード

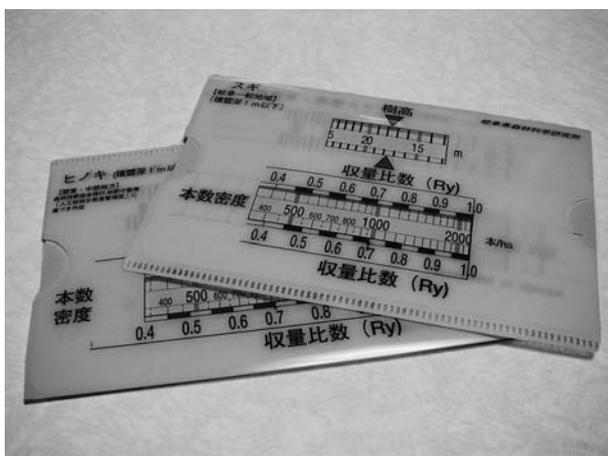


図-6 密度管理カード



図-8 細り早見カードの利用イメージ

試料木の本数が少なく、特に大径木の本数が十分でないため、大径木で誤差が大きくなる可能性があります。また、現在の形が本当に現場で使いやすく、見やすいものなのか、という点について、利用者の意見を参考にしながら改良を加える必要もあります。

現場のニーズに応えられるツールは、現場との情報交換を行いながら細かな問題点を解決することを通じて開発できると考えています。また、そのような取り組みの中から、新たな研究が始まるのではないのでしょうか。

最後に、本稿をまとめるにあたって、岐阜県森林文化アカデミー横井秀一准教授、岐阜県森林研究所渡邊仁志専門研究員には有益なご助言を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 古川邦明 (2005) 密度管理カード. 岐阜県森林研究所 HP (<http://www.cc.rd.pref.gifu.jp/forest/rd/kankyuu/0511gr.html>).
- 梶原幹弘・伊藤達夫・梶原規弘・藤本幸司・山本武 (1996) 相対幹曲線に基づく岐阜県今須のスギ・ヒノキ択伐林の立木材積表. 形数表および細り表. 京都府大演習林報 40: 85-124.
- 大洞智宏 (2010a) 岐阜県版スギ・ヒノキ細り表の作成. 岐阜県森林研研報 39: 1-18.
- 大洞智宏 (2010b) 細り早見カードの開発. 森林技術 819: 20-21.
- 渡邊仁志 (2011) 立木のまま末口径を推定! 細り早見カード. 林業新知識 686: 8-9.

ランドスケープ構造からみた里山のうごき

佐野 真琴

(さの まこと、森林総合研究所)

シリーズ
うごく森 15

はじめに

里山とは、豊かな自然の存在する地域と都市域との間にあり、集落、農地、草地、森林などがモザイク状に分布するエリアのことです。里山では、農業や林業などの人為行為によって環境が維持・形成され、生物の生息の場として、また、食料や木材など資源の供給の場、良好な景観を提供する場、として重要です。しかし、人口減少や高齢化が進行し、エネルギー利用形態の変化や林業活動の低迷等により森林が利用されず放置され、手入れが十分でない林が多く存在します。今回の「うごく森」は、このような状況にある里山の変遷を土地被覆の面的な変化からとらえ、これまで里山が人の手によってどのように取り扱われ、変化してきたかを探ろうというものです。

対象とした里山

茨城県の中央部で、水戸市の西方にある旧友部町（現在は笠間市）全体を対象としました（図-1）。前述したように里山とは、森林と接したさまざまな土地利用がモザイク状に分布するエリアのことで、この地域全体が里山と考えられます。旧友部町は、第1次産業が減少傾向で、第2、3次産業が増加しており、今後は地域の発展と環境保全、農業農村との調和のとれた開発が必要である地域と考えられています（茨城県西茨城郡友部町1995）。また、茨城県ではこの地域を「第3次茨城県平地林保全基本計画」の対象地域とし、里山林としての平地林を保全・整備を進めるとともに、憩いの場や自然学習の場等として活用を推進するとしています（茨城県2006）。

この地域において、国土地理院が1960、1974、1998年度に撮影した空中写真を資料とし、写真判読を行いました。判読による分類区分は、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、アカマツ林、スギ・ヒノキ植林、竹林、二次草地、果樹園・苗圃・桑畑・茶畑などの16種類としました。分類図をデジタイザーでGIS（ArcGIS9.1）へ

入力しました。解析を進めるにあたり、分類の区分が里山の動きをとらえるには細かすぎると考えられたためGIS上で16区分を天然林（常緑広葉樹林、落葉広葉樹林、アカマツ林）、人工林（スギ・ヒノキ植林）、非森林の3区分へ再分類しました。これにより里山の動きをとらえる際、特に重要となる森林の動きが明瞭になると考えられます。分布状況を示したのが図-2です。

面積のうごきを計る

里山の面的な動きを知る方法としては、まず、年度別に分類区分ごとの面積を集計するということがあげられます。しかし、これだけでは里山変化の実態が十分に把握されない可能性があります。たとえば、ある分類区分の面積が減少し続けたとしても、それが単に収縮して他の分類区分に置き換わっているだけなのか、他の区分からの移動はないのか、また、他の分類区分へ置き換わったとして、それはどの分類区分に置き換わっているのか、などです。そこでこのような変化を把握するため1960年と1974年、1974年と1998年の被覆区分図を重ね合わせ、それぞれの分類区分の推移面積を計算しました



図-1 対象地の位置図

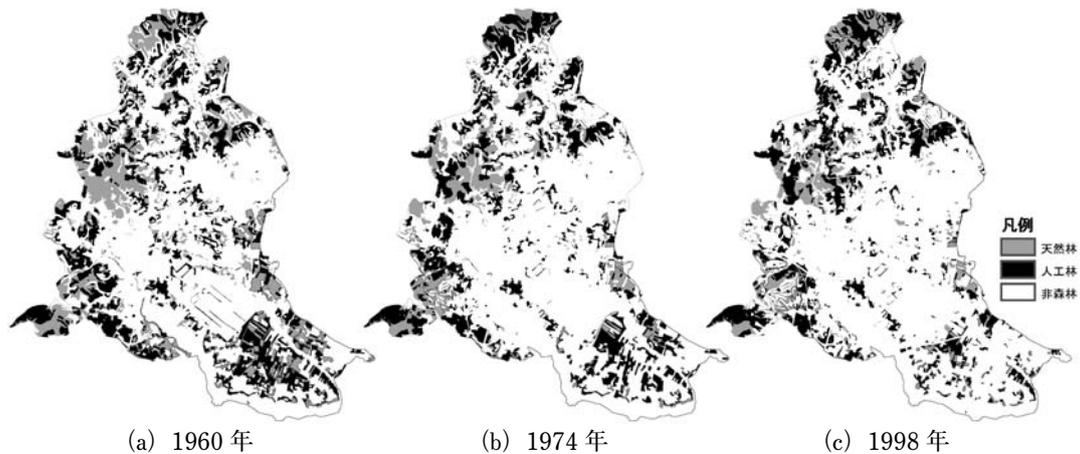


図-2 空中写真から作成した分類図
 (a) 1960年
 (b) 1974年
 (c) 1998年

表-1 対象地の分類別面積の推移

(a)1960年から1974年 単位：ha

		1960			
		天然林	人工林	非森林	合計
1974	天然林	568	118	60	746
	人工林	244	927	53	1224
	非森林	320	256	3395	3971
	合計	1132	1301	3508	5940

(b)1974年から1998年

		1974			
		天然林	人工林	非森林	合計
1998	天然林	381	190	139	710
	人工林	185	745	161	1091
	非森林	179	289	3671	4139
	合計	746	1224	3971	5940

(表-1)。これより、1960年→1974年→1998年と進むにあたり、天然林は1132ha→746ha→710ha、人工林は1301ha→1224ha→1091haと減少し続けており、非森林が3508ha→3971ha→4139haと増加していることが分かります。さらにこの表を詳しく見ると、1960年に天然林であった1132haは1974年にはそのまま天然林であった面積が568ha、人工林、非森林へ変化した面積がそれぞれ244ha、320haとなっていることが分かります。また、この表を逆に見ると、1974年に天然林であった746haは1960年の天然林が変化せず維持された568haと、人工林、非森林から変化したそれぞれ118ha、60haから構成されていることが分かります。このように、この地域の里山は、「天然林→人工林・非森林」というような開発時に通常

考えられる一方向の変化だけではなく、「人工林・非森林→天然林」という逆方向の変化を含みつつ、全体としては天然林、人工林の面積の減少、非森林の面積の増加が進行していることが分かります。このことは、農地や宅地の開発などにより森林の転用が大きく進んでいると同時に、農地放棄などによる天然林の回復や植林による人工林の育成も行われているということであると考えられます。

ランドスケープ構造のうごきを計る

ここで、「ランドスケープ構造」という用語を使いました。この用語はまだ余り広く知られていないかもしれませんが、概略を説明したいと思います。まず、ランドスケープですが、日本語で一般に景観と訳され、その意味は風景や景色といったニュアンスが強いと思いますが、生態学の一分野であるランドスケープエコロジーでは、単に景色や風景という意味ではなく、森林、農地、住宅地といったいくつかの要素が組み合わさって構成されたモザイクのエリアと考えます。構造とは、ランドスケープを構成する要素の空間的關係、すなわち、森林、農地、住宅地といった土地被覆のサイズ、形状、配置などのことです (Forman, 1995; Forman and Godron, 1986)。

ランドスケープエコロジーの発展により、ランドスケープ構造を理解するための理論的基礎が整備され、ランドスケープ指数というものが開発されました。この指

数はモザイク状に見合える分類図を定量化したもので、パッチレベル（個々のパッチごとに計算される指数）、クラスレベル（森林、草地などのパッチタイプごとに計算される指数）、ランドスケープレベル（対象地全体に対して計算される指数）という3つのレベルがあります。ここでパッチという用語が出てきましたが、これは、同質の土地をひとまとまりとした区画のことです。また、ランドスケープ指数の種類は、面積や密度に関するもの、形状に関するもの、孤立化や近接性に関するもの、集中度や点在度に関するもの、多様性に関するものなど多岐にわたります。これらの指数の組み合わせによりランドスケープ構造がどのような状態であるかを判断することが出来ます。ここでは、その指数を計算するツールの一つであるFRAGSTATS（MCGARIGALら 2002）というフリーのソフトウェアを使って、里山のランドスケープ構造のうごきを調べます。

対象地全体の変化を見るため、ランドスケープレベルの基礎的な指数を計算しました（表-2）。指数は、100 haあたりのパッチの個数であるパッチ密度、パッチの平均面積、パッチ形状の複雑さを表す形状指数の平均値、天然林、人工林と非森林が接する時、コントラスト重みを1、それ以外の時0としたときの重み付きエッジ密度、シャノンの多様性指数です。形状指数は、畑や田、住宅地等の人為的改変が行われた場合、通常、境界が直線化することから、ランドスケープ構造の変化が人為によるか否かを判断する一つの目安となります。ここで使用したコントラストをもつ重み付きのエッジ密度は、森林と非森林が接する長さを表し、森林への人為的影響の大きさを表します。シャノンの多様性指数は、植生の多様度を表します。

パッチ密度は1960年から1974年にかけてわずかに減少し1998年には1960年より大きくなりました。平均パッチ面積は、パッチ密度と反対の動きを示しています。平均形状指数、重み付きエッジ密度、シャノンの多様性指数は期間を通じ減少しています。これらのことから、対象地は1960年から1974年にかけて小さなパッチ

表-2 ランドスケープレベルの指数の変化

	1960	1974	1998
パッチ密度(/100ha)	15.5	14.0	18.8
平均パッチ面積 (ha)	6.4	7.1	5.3
平均形状指数	1.8	1.7	1.6
重み付けエッジ密度 (m/ha)	100.3	84.2	83.0
シャノンの多様性指数	1.0	0.9	0.8

の減少やパッチの結合が起こり、その後、断片化が進行したと判断できます。そして、この変化は、森林（天然林・人工林）と非森林の間のエッジ量の減少と多様度の低下をまねき、また、形状が単純化していることから人為による改変であると考えられます。

次に、天然林、人工林、非森林のクラスレベルのランドスケープ指数を計算しました（表-3）。指数は、分類別の面積割合、パッチ密度、平均パッチ面積、コアエリア指数、散在並置指数です。コアエリア指数とは、天然林、人工林と非森林が接する時、境界線を天然林、人工林側に20m、非森林側に0m、それ以外の時0m移動させたときの面積をコアエリアとして求め、パッチ面積に対する割合を計算しそれらを平均したもので、森林性の生物が生息できる環境の減少を示す目安となります。散在並置指数とは分布の偏りを示す指数で、数値が大きくなるほど均一に偏り無く分布していることを示します。

天然林の被覆割合は期間を通じ減少し、約2割あったものが1割近くとなっています。パッチ密度は1960年から1974年にかけて減少しましたが1998年には1960年より高くなっています。平均パッチ面積、平均コアエリア指数は期間を通じ減少し続け、散在並置指数は1960年と1974年が同じで1998年にやや大きくなっています。これらのことから天然林は、1960年か

表-3 クラスレベルの指数の変化

(a)天然林

	1960	1974	1998
面積割合 (%)	19.1	12.6	11.9
パッチ密度(/100ha)	7.2	6.1	8.3
平均パッチ面積 (ha)	2.6	2.1	1.4
平均コアエリア指数 (%)	45.3	40.1	38.5
散在並置指数 (%)	96.5	96.5	98.7

(b)人工林

	1960	1974	1998
面積割合 (%)	21.9	20.6	18.4
パッチ密度(/100ha)	6.2	6.5	8.5
平均パッチ面積 (ha)	3.6	3.2	2.2
平均コアエリア指数 (%)	46.8	38.5	31.8
散在並置指数 (%)	93.7	86.2	92.6

(c)非森林

	1960	1974	1998
面積割合 (%)	59.0	66.8	69.7
パッチ密度(/100ha)	2.1	1.4	1.9
平均パッチ面積 (ha)	27.6	46.2	36.0
平均コアエリア指数 (%)	100.0	100.0	100.0
散在並置指数 (%)	99.6	96.0	97.4

ら1974年にかけて面積が大きいパッチが減少し、1998年にかけて断片化が進行した。これに伴いコアエリアが減少し、分布は散在度が高くなったと考えられます。

人工林の被覆割合は期間を通じわずかに減少し続け、パッチ密度は高くなり、平均パッチ面積、平均コアエリア指数は小さくなっています。散在並置指数は1960年から1974年にかけて減少し、1998年には増加しています。これらのことから人工林は、期間を通じ断片化が進行し続け、これに伴いコアエリアが減少し、1960年から1974年にかけて分布の偏りが見られたが、1998年にはやや偏りが回復したと考えられます。

非森林の被覆割合は期間を通じ増加し続け、パッチ密度、散在並置指数は1960年から1974年にかけて減少しその後上昇、平均パッチ面積はこれと反対の動きを示しています。これらのことから非森林は、1960年から1974年にかけて小さなパッチの減少や分断されていたパッチの結合が起こり、その後、断片化が発生した。これに伴い散在度も1960年から1974年にかけて減少し、その後増加したと考えられます。

里山の林のうごき

ここで、対象地周辺の里山のうごきに関する報告を見てください。関東地域の樹林地変化に関する報告では、1960～1980年には樹林地面積が減少し、針広別では針葉樹が増加、1980年以降でも樹林地が減少し、ゴルフ場が増加していることが示されました(斉藤2004)。茨城県の北部地域、中部地域、南部地域(今回の対象地と一番状況が似ている)において土地利用を解析した報告では、1980～1990年における土地利用の変化は、北部、中部地域では落葉樹林、市街地面積の増加、農耕地は減少し、南部地域では落葉樹林の減少と市街地の著しい増加が起こり、市街地は大きな塊へ、落葉樹林は局所化する傾向を示しました(堀ら2005)。茨城県霞ヶ浦周辺の約20年間にわたるランドスケープ構造に関する報告では、人為改変されたランドスケープが急速に増加し森林や耕作地が急速に減少し断片化していることが示されました(MATSUSHITAら2006)

今回対象とした里山の林は、これまでの報告と同じようなうごきを示していると考えられます。すなわち、天然林と人工林が入れ替わりながら一部が非森林へと変化し、かつ断片化し、コアエリアが減少している状況です。これは、里山の林が開発され農工商用地へ改変された結

果であると考えられますが、この辺の状況は今後社会科学的面から調べる予定です。また、林の特性が維持されているコアエリアの減少が問題となる可能性があります。今後、地域の発展と環境保全、農業農村との調和のとれた開発を行うためには、開発計画策定の際、複数のシナリオを設定し、ここで用いたランドスケープエコロジーの手法により各シナリオの里山林の状況を評価し、本地域に最も的確なシナリオを採択するという手法により達成できるものと考えられます。

引用文献

- Forman, R. T. T. (1995) Land mosaics The ecology of landscapes and regions, pp632, Cambridge university press.
- Forman, R. T. T. and Godron, M. (1986) Landscape ecology, pp.620, John Wiley.
- 堀 良通・塩見正衛・相川真一・荻津英也・富松 元・安田泰輔(2005)茨城県三地域における土地利用区分のベータ・二項分布による解析, 日本生態学会誌 55, 11-19.
- 茨城県(2006)茨城県森林・林業振興計画'06～'10—緑の循環システムによる森林・林業・木材産業の活性化を目指して—, 66pp., 茨城県.
- 茨城県西茨城郡友部町(1995)友部町農業振興地域整備計画書, 58pp., 茨城県西茨城郡友部町.
- MATSUSHITA, B., XU, M., FUKUSHIMA, T. (2006) Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high-quality GIS dataset, Landscape Urban Plann. 78 : 241-250.
- MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S. A., NEEL, M. C., ENE, E. (2002) FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
- 斉藤 修(2004)関東における過去約40年間の樹林地の量的・面的変化, GIS—理論と応用 12, 47-56.

森林路網をはかる

中澤 昌彦 (なかざわ まさひこ、森林総合研究所)

はじめに

森林路網は、国道や都道府県道、市町村道といった公道と、一般車両が走行する林道、10t 積みトラック等の林業用車両が走行する林業専用道、フォワーダ等の林業機械が走行する森林作業道などによって構成されています。平成 22 年 11 月にとりまとめられた「森林・林業の再生に向けた改革の姿」において、広範に低コスト作業システムを確立する条件整備として、路網整備が大きく取り上げられています。これを加速化させていくためには、各種路網の機能をしっかりと捉える必要があります。ここでは、森林路網のネットワークとしての機能を評価する指標を紹介します。

評価指標

評価指標には、グラフ理論やネットワーク分析に基づいて路線の連結性を示す指数 (大友 1982) や、路線の配置の良否を示す路網密度補正係数 (上飯坂 1971) (表-1) などがあります。路線をプラナーグラフ (線は点以外と交わらない) と仮定し、交差点や終端点といった点と点を結ぶ線の集合として分析します。また、路線が樹枝状から分岐や結合によって循環路を含む路網へ発達していくものとします。

回路指数 μ とは、実際の路網中に形成されている循環路の数です。 α 指数とは、 μ を路網中の点 (交差点や終端点) が完全に連結された場合の循環路数で

割ったものであり、路網の発達によく応答します。 β 指数とは、実際の路網の線数と点数との比であり、1つの点から派生する平均線数を表します。 γ 指数とは、実際の路網の線数と完全連結した場合の路網の線数との比です。 η 指数とは、交差点や終端点の2点間の平均区間延長であり、路網の緻密性を表します。路網密度補正係数とは、路網密度と平均到達距離との関係から、路網が理想的な路線配置モデルからの隔たりを示す指標で一般に1~2の範囲にあり、1に近づくほど理想的な路線配置であることを表します。

計測例

森林路網の模式図 (図-1) を使って、評価指標の計測例 (表-2) を示します。太い実線の幹線のみの伐区に、まず細い実線の突っ込み路線を開設し、次にそれらを連結するように循環路を開設することとします。このことにより森林内の路網密度は高くなって、平均到達距離が短くなり、木材生産の効率化が図れると考えられます。評価指標の計測を行うと、単線のみから突っ込み路線を開設しただけでは路網が発達したことにはなりません。補正係数はわずかに減少し、非常に効率良く路線が配置されている状況になります。そこに循環路を開設すると路網が発達した状況になりますが、路線の配置は悪くなったという評価になります。

おわりに

ここでは模式図を使って試算してみましたが、路網整備では片方を立てると片方が立たなくなるようなことが実際によくあります。市町村レベルの広域的な計測例 (中澤ら 2008) では、森林を局所的に開発する作業道は、地域の森林全域に対しては路線の配置効率が悪く、森林全域に対する到達距離の短縮や循環路数の増加の効果は認められるものの、ネットワークの発達にはほとんど貢献していないことが報告されています。ここで紹介したような評価指標を十分に検討し、効率良く路網整備を進めていくことが大切です。

参考・引用文献

- 上飯坂実 (1971) 森林利用学序説。180pp, 地球出版, 東京。
 中澤昌彦・鈴木秀典・岡 勝・田中良明・吉田知佳史・近藤耕次・松本武 (2008) ネットワーク分析による流域内の道路網の階層的・時系列的特性。森林利用学会誌 22 (3) : 121-132。
 大友 篤 (1982) 地域分析入門。261pp, 東京経済新報社, 東京。

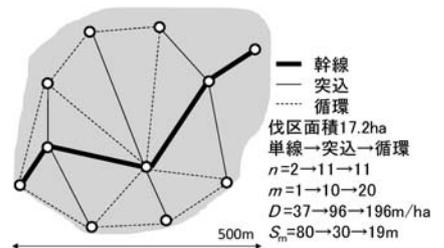


図-1 森林路網の模式図

表-1 ネットワークに関する評価指標

指標	算出式	備考
回路指数 μ	$\mu = m - n + p$	循環路網数, n : 点数, m : 線数, p : 独立した路網数
α 指数	$\alpha = \mu / (2n - 5)$	実際と完全連結の場合の循環路網数との比
β 指数	$\beta = m / n$	1つの点から派生する平均線数
γ 指数	$\gamma = m / 3(n - 2)$	実際と完全連結の場合の線数との比
η 指数	$\eta = \Sigma L / m$	2点間の平均区間延長
路網密度補正係数 $V_{\text{-corr}}$	$V_{\text{-corr}} = D \cdot S_m / 2500$	D : 道路密度, S_m : 平均到達距離

表-2 計測結果

指標	単線	突込	循環
μ	0	0	10
α	0	0	0.59
β	0.50	0.91	1.82
γ	-	0.37	0.74
η	628	165	169
$V_{\text{-corr}}$	1.17	1.14	1.48

森林内の微気象環境をはかる

高梨 聡 (たかなし さとる、森林総合研究所)

はじめに

森林生態系は大小様々な木々によって構成され、鉛直構造の複雑さによって特徴づけられます。森林内では、葉や枝、幹などの存在によって光が遮られ、風も弱められます。それにより、温度・湿度などの微気象環境にも勾配ができます。微気象環境とは、地表面などの影響を大きく受けた微細な気象要素の様相であり、数メートルから数十メートルくらいのスケールでの気象環境のことを言います。

植物と環境の相互作用

古くから、Boysen Jensen (1932) や Monsi & Saeki (1953) は葉の光合成量と群落の光合成量が一致しないことを示しています。このことは、主に群落内の光環境が不均一なために起こると指摘しています。また、光環境だけでなく、林床では放射によって暖められる量が少ないため、温熱環境が変化し、涼しいことが多いです。このような環境の変化に応じて、林床では陰樹と呼ばれる、暗い環境に適応した樹木が育ちます。同じ樹木でも、一般的には光を効率よく利用するために、上方では陽葉と呼ばれるような厚くて小さめの葉をつけ、下方には陰葉と呼ばれる薄くて大きめの葉をつけます。上方では光がよく当たりますが、同時に蒸散作用によって水分が失われるために、植物は気孔を閉じ気味に光合成し、下方ではその逆に気孔を開き気味に光合成しています。そのため、上方では水利用率(光合成量/蒸散量)が高く、下方では低くなります。また、大きな木が、枯れてしまったりして倒れると、森林内にはギャップが形成され、突然林床が明るい環境に変化します。こうしたギャップを利用して、世代更新を行う樹木もいます。このように、樹木は生存のために環境に依存する一方で、自らの存在によって、環境を変化させています。そのため、森林内の生物相は、複雑な環境との相互作用

によって成り立っているといえます。

タワー観測

近年、渦相関法と呼ばれる微気象学的方法で森林による二酸化炭素交換量を測定するために、熱帯林から北方林まで様々な森林生態系に数多くタワーがたてられています。微気象観測タワーは森林樹冠上の微気象環境を測定するために、樹高の1.5倍から2倍程度の高さが必要とされ、一般的には30mくらいですが、120m!(見下ろすと人が豆粒のように見えます) というものもあります。

森林内の微気象環境をはかるには、図-1のように、タワーからアームをつきだして気象観測機器を取り付けて測定します。左上の白い筒は温湿度計が中に入っている通風筒です。気温を測定するには、直射日光を避け、大気を通気させて測定する必要があります。このように通風筒の中に温湿度計を設置して測定しています。

樹冠内の葉の光合成・蒸散特性をはか



図-1 森林内にたてられた観測タワーと温湿度測定用の通風筒

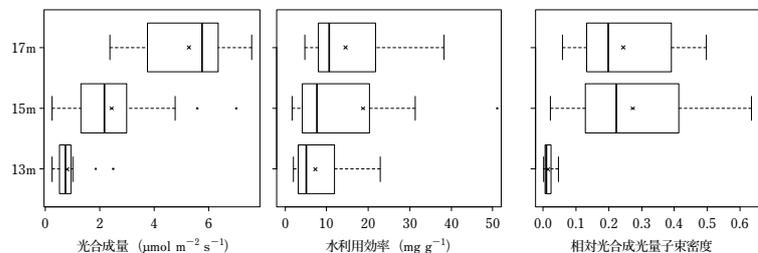


図-2 森林内で高度別に測定されたヒノキ個葉の飽和光条件下における光合成量と水利用率および葉面上の相対光合成光子束密度を示す箱ひげ図。箱の左端は25%順位の値、右端は75%順位の値を示し、箱内の実線は中央値、点は平均値を示す。ひげは箱の端から箱の長さの1.5倍以内の最小値および最大値を示し、ひげの外はそれ以下およびそれ以上の値を示す。

るには、このようなタワーを利用して、着葉した状態で直接測定します。携帯式の光合成・蒸散量測定装置を利用して測定したヒノキ樹冠内の飽和光条件下における光合成・蒸散量と、葉面上に取り付けたフォトダイオードを利用して測定した相対光合成光子束密度を図-2に示します。このように樹冠内の光環境は均一ではなく、おむね光環境に応じたガス交換特性を持っていることが分かりますが、同時にそれだけでは決まっていないことも分かります。

おわりに

気候変動や台風などの攪乱等による環境変動に対する生態系の応答を明らかにするために、微気象学関係では JapanFlux (<http://www.japanflux.org/>) というタワー観測ネットワークがあり、情報交換等を行っています。生態学関連でも JaLTER (<http://www.jalter.org/>) という長期生態系観測ネットワークがあります。この両者は連携し始めており、タワー観測を基盤とした環境および生態系観測が全国的に行われつつあり、より詳細な生物-環境の相互作用が明らかとなることが期待されています。

引用文献

- Boysen-Jensen, P. 1932 Die Stoffproduktion der Pflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena, Germany.
- Monsi, M. & T. Saeki 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Japanese Journal of Botany 14, 22-52.



記録

森林総合研究所において日本—フィンランド国際林業 研究セミナーを開催

—森林・林業・木材研究の現状と将来を考える—

山中 高史・安部 久・木口 実・岡 裕泰・外崎 真理雄

(やまなか たかし・あべ ひさし・きぐち まこと・おか ひろやす・とのさき まりお、
森林総合研究所)

森林総合研究所（以下：森林総研）では、森林科学技術に関する共同研究の覚書を取り交わしたフィンランド森林研究所（Metla）との国際林業研究セミナーを平成22年8月30日から9月1日まで開催しました。Metlaとのセミナーは、昨年9月にフィンランドにおいて第1回目が開催されたのに引き続き、本年度は日本での開催でした。「環境変動下における林業」を今回のタイトルとして、環境変動下で直面する林業の課題の克服に向けて、木材利用、木材の物理・化学的特性、林業経営の向上をテーマにした3つのセッションが2日間にわたり開催されました。発表は、Metlaから4名と森林総研から9名でした。以下に、口頭発表課題の概要を紹介します。

鈴木和夫森林総合研究所理事長（図-1）および、Hannu Raitio フィンランド森林研究所所長（図-2）、高瀬愛フィンランドセンター・学術担当マネージャーの挨拶に続いて、石塚森吉森林総合研究所研究コーディネーター（国際担当）より、森林総研および本セミナーの

概要についての紹介がありました。

セッション1

住宅建設と気候変動緩和としての木材利用（座長：外崎真理雄（森林総研）・Henrik Heräjärvi（Metla））

最初の話題提供は、Henrik Heräjärvi 博士（Metla）の「Wood as a construction material - perspectives for energy efficiency（エネルギー効率から見た建築材料としての木材）」でした。はじめに、フィンランドの住宅の現状について説明があり、全体では半分以上は木造であるが、戸建て住宅についてみると8割は木造建築である一方で、大規模な公共建築物や集合住宅では木造の割合は低いとのことでした。製材・集成材は、コンクリートや鉄と比べ建設資材製造に要するエネルギーが小さいが、今後、二酸化炭素排出量の削減のためには、さらに様々な資材製造工程における消費エネルギーの削減を進める必要があるとともに、資材は、製造から廃棄・リサイクルに至るまで、持続して利用することが重要である

と強調されました。次に、フィンランドのエネルギー消費については、その40%が建築物に由来し、その半分が暖房用であるため、ソーラーエネルギーなどパッシブエネルギーの利用を高めた住宅に関する研究開発が集中しているが、建築物の入れ替わり速度は遅く、効果は、ゆっくりとしか現れない現状を説明されました。また、既存の木造建築においては外壁断熱層の増加や開口部の改善などがエネルギー消費を抑えるために必要であるが、結露や長期荷重、劣化の進行によって木造躯体の寿命が短くなる可能性を指摘されました。エネルギーコストの上昇などを考慮すると、既存建築の中では、集合住宅などのエネルギー効率を高めることが長期的に重要であり、そのための研究開発が求められると結論付けました。

次に、平松靖主任研究員（森林総研）が「Use of low-grade lumber and small-diameter logs to structural glued laminated timber（構造用集成材への低質小径材の利用）」について講演しまし



図-1 鈴木和夫森林総合研究所理事長挨拶



図-2 Hannu Raitio フィンランド森林研究所所長挨拶

た。日本の森林資源や産業用材需要と自給率、住宅着工の木造率などを紹介し、在来軸組構造で集成材の利用率が上がっていることを報告されました。集成材の材料は輸入材由来が多く、自給率を向上させるため、強度が低い国産のスギ材の利用促進を目指して森林総研で実施された、「国産材を用いた構造材料の開発」プロジェクトの概要の説明がありました。このプロジェクトの成果として開発された、集成梁の中央部にスギラミナを用い、曲げ応力がかかる上下面を高強度材のラミナとした異樹種集成材や、小径材の有効利用のための幅はぎラミナを用いた集成材について説明がありました。強度試験の結果、開発されたこれら集成材は、JAS規格に採用されたことから、今後、国産材の有効利用に貢献するという見通しを述べました。

最後に、外崎真理雄木材特性研究領域長（森林総研）が「Carbon dioxide reduction through wood utilization（木材利用による二酸化炭素削減）」というテーマで発表しました。まず、日本人の意識が、木材利用は森林破壊というものから温暖化対策に貢献するというものになりつつあることが紹介されました。木材を伐採しない森林は、二酸化炭素を見かけ上大気中から取り除かなくなるため、二酸化炭素の削減には、持続的に林業を振興させ、樹木の伐採利用をすすめるとともに、林業投資の増加によって造林を進め森林ストックを拡大させることが重要であると強調されました。日本の建築物には約2億t-Cの木材製品がストックされ、毎年100万t-C以上の二酸化炭素が削減となっており、気候変動枠組条約の2013年以降の次期約束期間では、この炭素貯蔵効果が削減として評価される可能性を指摘しました。提案されている6つの温室効果ガス削減量の評価手法の中では、唯一木材の輸入側にもインセンティブを与える蓄積変化法が木材利用拡大の視点から温暖化対策のために有利であると述べました。共同プロジェクトを行っている東大の醍醐らの産業連関分析によって、非木造建築を木造

建築に代替した場合、床面積あたり32から35kg-C/m²の二酸化炭素排出削減になることを紹介しました。木材のエネルギー利用について、日本の木材フローと木質系残廃材の発生量と再資源化の実態を示し、建設発生木材では再資源化率が80%を越え、化石燃料の消費削減に貢献していることを述べました。

セッション2

木材の物理・化学的特性（座長：安部久（森林総研）・Hannu Ilvesniemi（Metla）

Hannu Ilvesniemi 教授（Metla）が Climate change mitigation, bioenergy and biorefinery products from forests（森林による気候変動の抑制、バイオエネルギー、バイオリファイナリー）について発表されました。Ilvesniemi 教授は土壌科学者ですが、森林全般や林産物に関する知識も豊富であり、亜寒帯針葉樹林の世界の二酸化炭素吸収に占める重要性のほか、伐採時に発生する枝、葉、根などの林地残材の資源化、加熱蒸気処理による木材成分の分離と成分の有効利用についてなど、幅広い内容の発表を行いました。

続いて、山下香菜主任研究員（森林総研）による「Wood properties and their variation of Japanese softwoods（日本産針葉樹材の材質と変動性）」に関する発表がありました。国産の針葉樹39種と主に植林に用いられている針葉樹6種の紹介の後、特にその多くを占めるスギの材質の変動性について説明され、木材の強度と関係が深いマイクロフィブリル傾角の遺伝的な変異について、および心材部の高含水率化の原因の究明や早期の選抜の可能性についての報告がありました。Metla 側から森林施業による木材材質の改良は望めないか、という質問がありました。

次に、恒次祐子主任研究員（森林総研）が「Physiological benefits of forests and wood（森林や木材の生理的有用性）」について発表しました。森林内を散策した時、木材に触った時の、人間の反応を血圧、脳血流量、唾液中のアマラーゼと

いった生理的な指標により評価し、森林浴の有効性や木材の良さを検証するという内容でした。来年から Metla との共同研究を開始することが決まっており、Metla 側の興味のある研究内容であったせいか、「都会のないフィンランドではコントロールはどうするか?」、「フィンランドで実施した場合には蚊が多いがストレスにならないか?」といったユニークな質問が場を和ませました。

続いて、武津英太郎研究員（森林総研林木育種センター）による「Clonal variation on the phenology of cambial activities in two Japanese conifers, *Cryptomeria japonica* and *Larix kaempferi*（スギ及びカラマツのフェノロジーと形成層活動のクローンによる違い）」の発表でした。まず、林木育種センターを紹介した後、スギとカラマツの形成層活動の季節変化はクローンで異なっており、特に形成層活動の終了についてはカラマツにおいては変異が著しく、材質育種のための有効な指標となることを報告しました。

最後に、日本学術振興会の特別研究員として2010年5月より来日し、森林総合研究所において研究を行っている Tuula Marketta Jyske 研究員（Metla）が「Variation in cambial activity of *Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Cryptomeria japonica* -overview of case studies at Metla and FFPRI（ノルウェースプルース、ヨーロッパアカマツ、スギにおける形成層活動の多様性—Metla と森林総合研究所における研究の概要）」というタイトルで発表を行いました。彼女がこれまでフィンランドで行ってきた形成層活動の季節性に関する研究、残雪を取り除くことによる土壌凍結の形成層活動への影響について、種子産地の異なった（フィンランド、ドイツ、ハンガリー）ノルウェースプルースのフィンランドで植栽された場合の形成層活動の変異について、また、現在行っている、スギにおける形成層活動と木材形成の季節変化のクローン間差についての発表でした。形成層活動の季節変化に関する研究

は、気候変動に対する樹木の反応を予測する上で重要であるとともに、木材の材質育種においては森林バイオマスを有効に利用する上で主要な研究課題であるため、今後の研究が期待されます。セッション2は、木材の物理的、化学的、生物学的特性、人間の生理的なストレス緩和といった利用方法の報告もあり、発表を通じた情報交換を含めて、有意義なセッションでした。

セッション3

私有林経営の推進 (Promoting private forestry). 座長: 岡 裕泰 (森林総研)・Riitta Hänninen (Metla)

はじめに、駒木貴彰研究コーディネータから森林総研における林業経営部門の最近の研究について紹介がありました。

次に、山本伸幸グループ長 (森林総研関西支所) は数回にわたるフィンランド調査の経験を踏まえて、「Why do we need comparative social science studies between Finland and Japan? (フィンランドと日本の森林セクターに関する比較社会科学研究は何故必要か?)」というタイトルで発表を行いました。近年、機械化や普及組織の話題を中心に、フィンランド森林セクターに対する日本の関心は高いが、互いに異なる固有の風土を有する両国において、技術や制度の安直な移植は慎むべきであるとし、そのような場合に比較社会科学研究が有効であると述べました。そして、これまでの日本における研究蓄積にも触れつつ、1) 複雑な森林管理システム、2) グローバル市場の興隆、3) 自然環境価値と社会経済価値の相克、4) 森林と地域社会の連関、5) 財政・金融制度と森林の5点について議論しました。質疑では、ここ50年間の木材生産量の推移の両国間の大きな違いが何に起因するかなどの話題を中心に行われました。座長の Riitta Hänninen 博士からは、挙げられた各項目とも興味深く、今後の研究協力の参考としたいとのコメントがありました。

田中亘主任研究員 (森林総研関西支所) は、日本の森林所有者の経営行動と意向

に関して発表しました。報告に用いたデータは2008年に和歌山県北部の森林組合員を対象に実施したアンケート調査(1,000人に発送して441人から回収)の結果でした。調査結果から、伐採状況として、主伐や収入間伐を実施している森林所有者が少ないこと、その理由としては現在の木材価格が低すぎると考えられていることを示しました。また、将来の伐採意向として、21～40年後に61～80年生を対象に考えられている割合がもっとも多いこと、その一方で永久に伐採する意向がない人工林面積も30～40%程度あること、さらに、森林所有者が市場価格よりもかなり高い伐採収入を期待していることを示しました。これを受けて、現況では小規模森林所有者に木材増産を期待することが難しく、より積極的な働きかけが必要であるという報告者の考えを示しました。報告に対して、MetlaのRiitta Hänninen氏は森林所有者が伐採収入について適切な情報を持っていないことに疑問を持ち、システム整備の必要性について議論がありました。

Riitta Hänninen 専門研究員 (Metla) は、「Safeguarding forest biodiversity in private forests in Finland economic and social impacts & policy instruments (フィンランドにおける生物多様性保全: 社会経済的影響と政策手段)」について報告しました。それによると、フィンランドの森林政策の主要目標は、1) 林業・

林産業の競争力確保、2) 国産材利用の拡大、3) 生物多様性のある強い森林の整備です。フィンランドでは、生物多様性を保全するために伐採を諦めたり、延期したり、特別な施業を行うことを合意した森林所有者に対して、それによる林業経営上の失われた利益を補償するプログラムを実行しています。生物多様性保全のための森林所有者への支払いは、生物多様性の評価額推計に基づくのではなく、林業経営に対して制約を受け入れることによる逸失利益の補償に基づくという考え方です。プログラム受け入れ意欲のある森林所有者は多く、費用と効果を勘案して、優先的に生物多様性保全プログラムのための契約を行うべき森林の選定を図っています。現状では比較的、生産性の低い北部で保護林が多いので、このプログラムは南部での保全をターゲットとしています。また、林産業における輸出依存度が高いフィンランドでは、リーマンショック以降の不況の影響が深刻で、多くの工場が閉鎖されました。立木価格も大幅に低下し、森林所有者の林業収入も激減しました。その一方、ロシアの丸太輸出関税高率化の影響もあり、原木調達における国産材の比率を上昇させることを目標としています。

石崎涼子主任研究員 (森林総研) は日本の森林政策における現在の改革論議について発表を行いました (図-3)。報告前半では、民主党への政権交代後、2009年12月に策定された「森林・林業再生



図-3 セッション3

プラン」とその具体的な対応について検討している委員会の議論について、特に日本林業の再生を考える上で重要な課題となる小規模所有の問題やその対応策として示されているフォレスター制度に焦点をあて、問題の所在や対応策に関する議論を紹介しました。また、後半では、検討委員会等では議論されていない論点として政策手段の問題を取り上げ、限られた予算で効果的な対策を講じるにあたり政策手段の設計の問題が極めて重要であること、それを考える上で公共部門と民間部門の役割分担や公共政策における政府のスタンスのあり方が問われる点を指摘しました。報告後のディスカッションでは、フィンランドでも同様に政府のスタンスのあり方等に議論がある点など、多くの興味深いコメントをいただきました。

また、初日の午後には、ポスターセッションが開催され、11件の発表がありました(図-4)。

セミナーの翌日は、エクスカージョンとして、栃木県日光市の間伐実施現場を見学し、そこで栃木県西環境森林事務所から間伐実施状況について、続いて日光森林組合から森林組合事業についての説明を受けました。そこでは、Metla側の経営や政策に関わる研究を専門とはしていない研究者からも熱心な質問や詳細なコメントが寄せられ、Metlaの研究者の経営や政策に関わる問題に対する関心の高さ、知識の広さが伺えました(図-5)。

また、施業集約化の話になり、Ilvesniemi教授から具体的な施業のやり方について質問が出ました。森林組合が経営委託を受けた場合でも個々の施業を行う際にはその都度所有者に了解を得て行うなど、具体的なやり方にはフィンラ

ンドとの共通点が多いとの話がまた印象的でした。

続いて、日光山輪王寺の本殿改修工事現場を見学しました。そこでは、森林総研が本殿建物内にある伝統的な柱接合部の強度性能の試験を実施しており、その概要の説明が、担当した軽部正彦チーム長(森林総研)からありました。具体的には、実際の社殿に使われている直径600mm超の丸柱の1/2、1/3サイズのモデルの金輪継手接合部試験体について、曲げやせん断についての部材の強度

試験を行うとともに、現代的な補強方法についての検討を行いました。これらは改修工法の選定に活用されています。

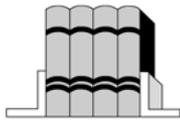
今回、短期間でしたがフランクな雰囲気の中で、自由闊達な議論が交わされました。また、本セミナーの開催によって両国に共通する問題が明らかになり、それらの解決のための共同研究の体制作りが進められています。本セミナーは、日本とフィンランドで交互に開催されており、来年はフィンランドで開催される予定となっています。



図-4 ポスターセッション



図-5 エクスカージョン
間伐現場での意見交換



ブックス

森への働きかけ —森林美学の新体系構築に 向けて—

湊 克之・小池孝良・芝 正己・仁多
見俊夫・山田容三・佐藤冬樹偏・海青
社、2010年10月、381ページ、5,000
円(税込)、ISBN978-4-86099-237-8

のっけから暴論になるが、サブタイトルに惑わされてはいけない。冒頭に記されているように、本書は森林利用の新しいあり方を展望するための礎として読まれるべき本である。ではなぜ「森林美学の新体系構築」なのか？それは、おそらく森林美学が本書執筆陣のアイデンティティーだからではなかろうか。

森林美学とは、すなわち「いかに美しい森を仕立てるか」を追求する分野というのが、本書を通してこの分野に初めて出会った筆者が得た認識である。造園学と森林美学の差異は、前者が観る(体験する)ための森林の美を追求することを目的としているのに対し、後者は木材生産のための造林地にも美を求める、ということだろうか。この関係は、fine arts と applied arts の関係に対応するかもしれない。

森林美学は、講義としては日本でこの分野を確立させた新島善直の膝元たる北海道大学(以下、北大)でのみ、現在に至るまで連綿と開講されているそうだ。それゆえに森林美学は北大林学科のアイデンティティーであり、本書執筆陣の大半が関係する北大演習林の精神なのだと思う。

本書は北大林演習林の歴史からはじまる。そして続く1章後半と2章において、森林美学について語られる。18世紀以降のドイツ造林学の発達過程と、ドイツおよび日本における森林美学発展の歴史が解説される2章は大著である。とはいえ森林美学について明示的に語られているのは2章までで、3章以降は多彩な研究者が自分の専門分野を中心に森林科学

全般について紹介する形となる。そのためか、全体を通してみた場合には内容が散漫な印象を受ける。また3章以降からは森林美学のエッセンスは特に感じられないため、筆者のような森林美学に馴染みのない読者は、サブタイトルに従って本書を読み進めようとするとならうことになるだろう。もう一度言おう。サブタイトルに惑わされてはいけない。

その一方で、多様性に富む専門家がそれぞれの“美学”に基づいて、森林・林業とその将来のあり方についてどのように捉えているか知るための足がかりとして、本書は極めて有用である。紹介される分野は、生態学、造林学、林業工学、森林経営、そして人文社会学と実に多彩である。各章の内容も、そのままハンドブックとして利用可能な航空写真判別法の紹介(15章)から、安定同位対比の変化に注目して森林—水系間の栄養動態を解明する先端研究(17章)までと幅広い。とりわけ、エコロジカル・フォレストリについて述べられた11章、日本の林業の問題点を整理した上で望むべき将来像について提言する12章は、本書の大きな柱である。また内容全般を踏まえつつ、地域資源という観点から森林管理のあり方について論じられる終章も含蓄に富んでいる。

今日の日本の森林には多面的機能の発揮が求められている。従って森林管理の将来を語る場合、本書のように多様な角度から森林をとらえるというスタンスは重要である。さらに施業の省力化・森林の広葉樹林化が森林基本計画に組み込まれるなかで、北海道の針広混交林を対象とした森林管理は、今後の森林利用のあり方のモデルケースとして有用かもしれない。そういった意味で、本書は森林利用のあり方について興味のある人に(北海道に限らずあらゆる地域で)読んでもらいたい一冊である。

壁谷大介(森林総合研究所)

植物の香りと生物活性 —その化学的特性と機能性を 科学する—

谷田貝光克著、フレグランスジャーナル社、2010年9月、227ページ、2,940円(税込)、ISBN978-4-89479-184-8(4-89479-184-6)

モノ言わず静かに定着生活をしている植物たちの生き残り戦略のキーアイテムである「植物抽出成分」について、最新の研究例とともに詳細にかつとも分かりやすく紹介されている。第1章では「植物抽出成分」について、抽出成分とはなにか、生態系の中で植物抽出成分はどんな影響をもたらしているのか、植物にとって抽出成分とはなにか、がコンパクトに分かりやすく紹介されている。第2章以下では植物抽出成分の化学構造や、その構造がもたらす抗菌作用、殺菌作用効果、構造の違いによる効果の差異など、最近の研究結果を含む具体例とともに記述があり、章ごとに話題がまとめられている。また、植物の抽出成分が植物の生存戦略や繁殖域の拡大にどのような役割をしているか生態学的視点からの話や、葉やアロマテラピー、森林セラピーなど人間の健康との関わりについての話など多岐にわたる話題がとりあげられており、植物抽出成分から広がる世界に魅了される。我々人間が生活の一部に取り入れている植物のありがたみや、植物の秘められたパワーを感じさせられる。分析化学技術の発達もたらす温故知新の「！」と、地球という限られた空間の中で私たち人間が植物とともに生きていくヒントがこの本の中にあるように感じた。

富岡利恵(名古屋大学大学院
生命農学研究科)

古い森の写真から見えてくるもの

逢沢 峰昭 (あいざわ みねあき、宇都宮大学農学部)

研究室のO先生からおもしろい写真があることを教えてもらった。数年前から米国ハーバード大学のアーノルド樹木園では、1900年代初頭に樹木の種子や標本の採集のために東アジアを旅行した植物採集家たちが撮影した写真を、デジタル化して公開しているという。このアーカイブス (Botanical and Cultural Images of Eastern Asia, 1907-1927) を見ると、日本で撮影された写真も多い。とりわけ、屋久島の巨大なスギの切株“ウィルソン株”で名前の知られている、同園のアーネスト・ヘンリー・ウィルソン氏が、大正初期に屋久島ばかりか、沖縄などの琉球諸島、小笠原諸島、九州、四国、本州、北海道、サハリンにかけて行った植物採集旅行で撮影した数多くの樹木や自然景観の写真があった。栃木県の日光は当時国際的な避暑地であったことから、日光東照宮、中禅寺湖、戦場ヶ原、湯元、日光白根山で撮影された写真が多くあった。当時日光山域にはこんな大木があったのかと驚きながらこれらの写真をみていると、その背景に写された当時の森林、建物、人々の生活の様子にも興味を惹かれ、見ていて飽きることがない。

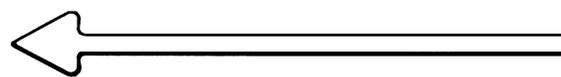
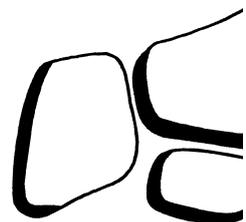
このような写真から当時の森林景観を復元し、天然あるいは人為の影響を受けた森林の更新を考えることはできないだろうか。このアーカイブスの中には、ウィルソン氏に先立って1905年(明治38年)に来日した同園のジョン・ジョージ・ジャック氏が、同年8月11日に撮影した2枚の山火事跡地の写真(リポジトリID: AEE-00203 および AEE-00202)があった。いずれの写真も火事で焼けたと思われる白骨木がササ地や小低木の中に点在する景観が広がっている。写真の台紙裏のラベルには、「ここは南斜面で、

山火事前はモミ属、ツガ属、カラマツ、カバノキ属、ナラなどからなる森林であったが、約12年前(註:明治26年頃)に伐採し、その後に火を放ったといわれている。火は5月15日から6月15日まで燃え続けた」との詳細な記述が残されている。もし、撮影場所を特定できれば、およそ100年間の森林の景観や林分構造の変化を調べることができるかもしれない。そう考え、O先生とこの現場を探してみるようになった。ラベル情報によると、写真撮影地は日本の“ユモト”であるという。“ユモト”という地名は全国にいくつもあるが、ジャック氏は8月11日前後に、中禅寺湖や男体山の写真も撮影していることから、日光の湯元であると考えられた。そこで、落葉期の踏査、山火事に関する聞き取り、図書館での山火事記事等の調査を行ってみたが、場所を特定することはできなかった。1年ほど経って、別の目的で購入したこの地域の1915年(大正4年)の地形図を眺めていると、湯元周辺にササ地や枯木・焼木のマークが広がる場所があることに気づいた。不幸か幸いかこの課題に卒論で取り組むことになったI君と一緒に、3D地形図の情報も加えて探査を進めたところ、2010年春にとうとうジャック氏が写真を撮影した場所を特定することができた。1つ目の場所は一部にダケカンバ林が混交した80年生のカラマツ植林地となっており、2つ目の場所はミズナラが優占する広葉樹林となっていた。樹木の成長によって当時のような見通しはないが、現在見られるスカイラインと写真のスカイラインがぴたりと一致した。現在、I君がこの場所で土壌の炭分析、毎木調査、成長錐解析などを行って、山火事跡地であることの更なる裏づけと、およそ100年間の林分構造の変

化を追ってくれている。また、大正時代の地形図を見ると、湯元に近い光徳や山王峠一带にササ地のマークが広がっている。現在、光徳はシラカンバ・ミズナラ林となっている。I君は、こういった場所も山火事後に成立した森林ではないかと予想し、調査を行っている。卒論の成果が楽しみである。

奥日光はシラカンバやミズナラの美林が多い。今回の古い写真から、攪乱要因としての山火事的重要性、そしてこれらの森林の成立には強い人為の影響が関

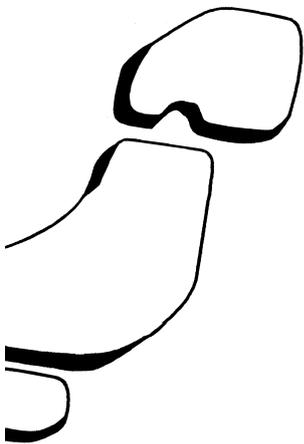
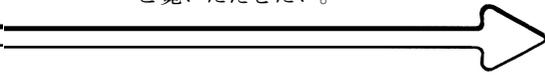
北から



モミの木は円錐形の美しい樹形をしているので、クリスマスツリーとして街中で見かけることも多いのではないのでしょうか。モミはもともと照葉樹林からブナ林への移行帯に良く見られ、同じ針葉樹のツガとともにモミ・ツガ林を作ることもあります。コナラなどの落葉樹

わっている可能性が見えてきた。また一方で、古い写真に写された自然景観や人々の生活景観が、この100年で目まぐるしく変わったことに、あらためて驚かされるのだった。

アーノルド樹木園 (Arnold Arboretum) で公開されている写真は、[<http://via.lib.harvard.edu/via/deliver/advancedsearch?collection=via>]で「John George Jack」や「Ernest Henry Wilson」などの検索語を入れると出てくるので、ご覧いただきたい。



南から

日本森林学会支部だより

とともに混交林を作ること多い樹木です。四国の愛媛県ではこういった落葉樹と混交したモミを良く目にします。特に、落葉期の森に入ると、常緑のモミの木は遠くからでも良く目立ちます。林内に足を踏み入れてみると、ヤブツバキなど常緑の低木に混じって、モミの稚樹も生育

しています。こういった森林内のモミの稚樹は、日当たりの良い場所に生えている稚樹と比べてずいぶん枝や葉が少なく、平らな樹冠を持つ樹形をしていることに気づきます。こういった暗い環境では、できるだけ水平方向に枝を伸ばして、弱い光を効率よく受け止めることが生き延びるのに有利なためと考えられます。森林内のモミ稚樹の枝の伸び方を観察してみると、水平方向には毎年数cmずつ伸びているのに、垂直方向にはほとんど伸びないこともあります。また、日当たりのよいモミ稚樹の葉と比べ、森林内の稚樹の葉は厚さがずいぶん薄く、濃い緑色をしています。これも、樹形と同じくできるだけ葉を薄く広げ、さらに光をキャッチする色素のクロロフィルを豊富に持っているためです。このように、モミ稚樹は葉や樹形を光環境に応じて上手く変化させることで、光の乏しい林内でも生きていけると考えられます。

しかし、いくら樹形や葉のつくりを工夫しても、上層の落葉樹が葉をつけている着葉期には、森林内のモミ稚樹が受ける光は大幅に少なくなり、時には太陽光のたった1%程度しか届きません。こうなってしまうと、さすがのモミ稚樹もお手上げです。個体の炭素収支を計算してみても、夏場は光合成量に比べ、葉や根などの呼吸量が大幅に上回る赤字決算になっています。本来なら夏場に森林内のモミ稚樹は枯れてしまうはずですが、どうして生き続けることができるのでしょうか。これには上層木の落葉が大きく関係しているようです。11月下旬から4月上旬にかけての落葉期には、森林内のモミ稚樹も太陽光の20～40%程度の光を受け取ることができます。この時期は気温が低いので葉の光合成速度も低下しますが、呼吸による消費も少ないため個体全体の炭素収支は黒字になっています。

さらに、気温が上がる早春には光合成も活発になり、林内に降り注ぐ太陽光を使って黒字決算を続けることができます。モミ稚樹はこうして落葉期に稼いだ炭素をどこかに貯蓄し、暗い着葉期を乗り切っていると思われま。多くの樹木は、幹や根にデンプンという形で光合成産物を貯蓄します。モミも同じようにデンプンを蓄えている可能性があります。森林内のモミ稚樹の根のデンプン濃度を調べてみると、春先の3月や4月に比べて、着葉期の終わりには1/5～1/10に減少していました。どうやら森林内のモミ稚樹は落葉期に稼いだ炭素を根にデンプンとして蓄え、光が弱くなる着葉期にこの貯蓄を細々と切り崩しながら生活しているようです。では、モミ稚樹はどれくらいの間、森林内で生き続けるのでしょうか。直径1cm程度の稚樹の年輪を数えてみたところ、30年以上生存している個体もありました。こういった個体は、運よく上層の木が倒れたりして光環境が好転するのを辛抱強く待っていると思われま。

これまでモミ・ツガ林に関しては、人為的攪乱が原因でモミが優占するようになったという意見と、もともと天然で分布しているという意見が対立してきました。愛媛県では古くから薪炭伐採が行われ、コナラなどの広葉樹が選択的に伐採されたためモミが増えてきた可能性があります。いくら暗いところで生活するのに長けたモミ稚樹でも、上層木が倒れない限り林冠に到達することはできそうにありません。おそらく、40年ぐらい前まで行われていた薪炭伐採による林内の光環境の好転がモミ稚樹の成長を促し、森林で優占してきたことは十分考えられます。薪炭伐採がなくなった今、モミが生育する森林がどのように変化していくのか興味は尽きません。

落葉期の光をうまく利用するモミの稚樹

田中 憲蔵 (たなか けんぞう、森林総合研究所)

森林科学 62

予告

特集

遺伝子から読み解く森林（仮）

森をはかる

森林配置を定量化する（仮）

山菜・キノコの採取活動をはかる（仮）

森林科学 62 は 2011 年 6 月発行予定です。ご期待ください。

お知らせ

- ・「森林科学」では読者の皆様からの「森林科学誌に関する」ご意見やご質問をお受けし、双方向情報交換を実践したいと考えております。手紙、fax、e-mail で編集主事までお寄せ下さい。
- ・日本森林学会サイト内の森林科学のページでは、創刊号からの目次をご覧いただけます。また、バックナンバー（完売の号あり）の購入申し込みもできます。
- ・56号以降については、森林学会会員の方は別途お送りするパスワードでオンライン版をご利用になれます。パスワードに関するお問い合わせは編集主事へどうぞ。

森林科学編集委員会

委員長	田中 浩	(森林総研)
委員	高橋 興明*	(経営/森林総研)
	田中 憲蔵*	(造林/森林総研)
	藤田 曜	(動物/自然環境研究セ)
	黒川 潮	(防災/森林総研)
	谷脇 徹	(保護/神奈川県自然環境保全セ)
	井上真理子	(経営/森林総研)
	橋本 昌司	(土壌/森林総研)
	宮本 基杖	(林政/森林総研)
	磯田 圭哉	(育種/森林総研林育セ)
	菅原 泉	(造林/東京農大)
	吉岡 拓如	(利用/日本大)
	斎藤 秀之	(北海道支部/北海道大)
	白旗 学	(東北支部/岩手大)
	戸田 浩人	(関東支部/東京農工大)
	相浦 英春	(中部支部/富山県森林研)
	芳賀 弘和	(関西支部/鳥取大)
	津山 孝人	(九州支部/九州大)

(*は主事兼務)

編集後記

今回の特集は「深刻化するシカ問題—各地の報告から—」をお送りしました。読者の皆様にはお楽しみいただけただろうか。

近年、全国的にシカの増加に伴う様々な問題が顕在化しています。特に、山岳地のように生息地が島嶼状に分断され、脆弱性が懸念される生態系においては、シカのインパクトがしばしば急速に、場合によっては不可逆的な変化として現れることが各著者に紹介いただいた事例からみえてくるように思います。また、シカの影響が目に見えるようになったときにはシカの高密度化が相当進んでしまっていることが多いようです。先手管理の重要性を改めて認識させられます。

特集を読んで改めて思うことは、シカの問題は常にジレンマとの戦いであるということです。それは、例えば一度高密度化してしまうと、頑張ってシカを捕獲してもなかなか減らないということ。原始的自然のあり方からはありのままに任せておくべきところを、シカのインパクトがあまりに大きいため植生保護柵などの対策を講じざるを得ないということ。柵で植生を保護すると植物は増えるものの、自然本来とは異なる植生となる可能性があるということ。長期的にも元どおりの、あるいは類似の植生に戻るかどうか

かの確証が得られていないなかで取りまざるを得ないということ、などを挙げることができます。

そのような状況で、各地で進められている植生復元の取り組みについて、それぞれの成果とそこからみえてくる課題を整理して紹介することは、今後の自然植生の復元のあり方に一つの方向性を示すものとなるのではないのでしょうか。このような視点からも読み応えのある特集に仕上がっていると思います。本特集が議論の契機となり、各種の取り組みが促進されることを期待します。

今回、森林総合研究所の小泉透氏には大変お忙しいなか特集の取りまとめをお願いしました。私はというと、不慣れではありましたが良い勉強の機会ととらえ特集担当をお引き受けしたところ、小泉氏をはじめ著者の皆様には、編集の過程で多大なご迷惑をおかけすることになってしまいました。ここに改めてお詫び申し上げます。一方で、著者の皆様には地道な取り組みに裏打ちされた力強い原稿を作成いただくことが叶いました。執筆や校正においても提出期限を厳守いただくなどご尽力を賜りました。皆様のご理解ご協力の、深く感謝申し上げます。

(編集委員 谷脇 徹)

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



だから
安心です！

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



新登場

松枯れ防止・樹幹注入剤

グリーンガード®・NEO

Greenguard® NEO

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

松枯れ防止に関するホームページ

www.greenguard.jp

日本環境計測株式会社

葉面積指数センサー

MIJ-15

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



光合成有効放射センサー

MIJ-14

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

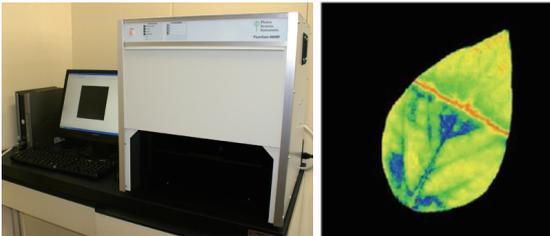


二次元クロロフィル蛍光測定器

EMFluorCam800MF

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

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



携帯型蛍光測定装置

OS-5p

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

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



蒸散測定器

AP4

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



土壌水分センサーと読取装置

ML2x, HH2

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



樹体内体積含水率測定プローブ MIJ-16

MIJ-16

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



Environmental Measurement Japan



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