



# 森林

# 科学

[特集]

ササのユニークな生態と  
その管理・利用

シリーズ

森めぐり

奄美大島の夜の森めぐり

函南原生林—照葉と夏緑広葉の森林帯境界の森—

現場の要請を受けての研究

岩手県における木質ペレットの流通構造と課題

No. 69  
October 2013





## 特集 ササのユニークな生態とその管理・利用

林床植物としてのササの管理 齋藤 智之	2
ササの不思議な生活史 —開花習性を中心に— 蒔田 明史	4
日本列島における最終間氷期以降の ササの変遷 佐瀬 隆	9
森林の炭素・窒素動態におけるササの役割 福澤 加里部	13
ニホンジカによるササの採食が森林の 窒素循環に及ぼす影響 —大台ヶ原の事例を中心に— 古澤 仁美	18
木曾ヒノキの天然更新におけるササ抑制の 取り組み 安藤 勝	22

森林科学 No.69

2013年10月1日発行

領 価 1,000円 (送料込み)

年間購読割引価格

2,500円 (送料込み)

編集人 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：明るい林床に生育するチマキザサ群落は特に稈密度が高く、ときとして人の背丈を超える（木曾地方三浦国有林にて撮影）。特集「ササのユニークな生態とその管理・利用」より（23ページ）

シリーズ 森めぐり	
奄美大島の夜の森めぐり	26
亙 悠哉	
函南原生林	28
—照葉と夏緑広葉の森林帯境界の森—	
磯谷 達宏	
コラム 森の休憩室Ⅱ 樹とともに	
石の斧で切り倒す	30
二階堂 太郎	
シリーズ うごく森	
DNA から解き明かす東南アジアの	
熱帯雨林の歴史的変遷	31
大谷 雅人・津村 義彦	

シリーズ 現場の要請を受けての研究	
35 岩手県における木質ペレットの流通構造と課題	
伊藤 幸男	
シリーズ 森をはかる	
39 デジタル航空写真ではかる	
光田 靖	
記録	
41 「研究者家族の様々なカタチ」	
单身、別居、同居：研究者カップルの選択	
—日本森林学会大会における男女共同参画	
ランチョンミーティング開催報告—	
石崎 涼子・太田 祐子	
43 Information	
ボックス	
北から南から	

# 林床植物としてのササの管理

齋藤 智之 (さいとう ともゆき、森林総合研究所)

## 1. ササを管理するということ

ササは日本の森林内で優占する代表的な林床植物である(写真-1)。その分布面積は全国で約700万haといわれ、日本の森林面積の約30%にあたる。ササは落葉広葉樹林から針葉樹林、里山林から奥地林または高標高地の林まで非常に広範囲に分布するため、森林の林床環境に対して非常に大きな影響力を持っている植物種群といえる。近縁種のタケ類と同様に、ササは古来より日本人の生活に根ざし食料および食品関連、工芸品や日用品、建築材料など多様な用途に利用されてきた。ササには葉や稈(かん:茎)、筍(たけのこ)といった部位ごとに異なる利用価値があり、その採取地が林ごと保護されている場所さえある。しかし一方で森林に広範囲にわたって優占するササの存在は、林床への光の到達を制限する結果、樹木の実生・稚樹の生育阻害を招いたり、他の林床植物の生育地を奪うなど、林業や種の多様性の観点からすればマイナスの影響がある。そのため、特にササが密生する地域においては林業を中心にササの駆除に対する努力がこれまで続けられてきた(特集6参照)。ササの旺盛な繁茂の能力もあって、人為的にササを完全に駆除することは困難な一方、近年では人為を加えなくてもそれを遙かに上回るシカの採食圧の増加によって、ササ原が壊滅的な打撃を受けているという事例もある(写真-2、特集5も参照)。人工林の「長伐期化」や「広葉樹林化」、または多くの人工林が伐期を迎えるなど森林の取り扱いに変化が生じようとしている昨今、林床の相当の面積を占めるササの取り扱いや管理の仕方も同時に考える時期にきている。では、ササの衰退は望ましいことなのか、それとも困ったことなのか。それを判断し、ササ群落の抑制のみならず維持・保全まで含めた“管理”を行うための指針作りには、ササの生態系内における位置づけや意義、また人間の立場から見た場合の有有用性・有害性を多面的に検討することが必要である。そこで本特集では、ササ管理のための判断材料として、近年明らかになりつつあるササのさまざまな特徴を紹介したい。



写真-1 ヒノキ林の林床に密生するササ



写真-2 シカによる採食とササの一齐開花が同時に起こった京都大見のチュウゴクザサ群落。シカ排除柵内でのみササの実生がみられる(撮影: 蒔田明史)。

## 2. ササの存在を考える判断基準

ササの管理を多面的に検討するためには、まず第一に植物群集の中でのササの生態学的な位置づけを理解する必要がある。生態学的位置づけの一つとして生物多様性に対する影響の点から検討してみる。ササは、普通単一群落を形成し、他の植物を排除する形で分布する。一方で、森林内にはササの密度が低く、他の植物と共存しているような場所も見られる。これは主にササが光環境に強く依存して現存量を変化させるからであり、その結果、林床の明るさの勾配に沿って単一なササ群落から他の林床植物と様々な優占度で混交する群落までが形成されると考えられる。一般に伐採地やその後成立した二次林、強度に間伐した人工林などは林床が明るくササが単一に繁茂し易い。一方、成熟林や一斉に更新した二次林、高

密度林分などではササの優占度が低いことが多いだろう。生物多様性の観点だけからササの存在を考えると、ササの単一群落は多様性が低い、他の植物を排除するなどの理由で排除されることになる。それで良いのだろうか。1つの基準だけで判断することに間違いはないのだろうか。そこで、別の視点を加えてみたい。その一つとして、ササを含む群落のある時間断面における構造を比較するのではなく、ササの生活史全体を通して長期的な動態観察を行い、生活史ステージに沿って他の植物との関わり合いを見ていくという視点がある。森林という長寿命の生物から成り立つ群集において時間軸を考慮することは、すなわち、時間を経るに従ってその場所の多様性がどう変化していくのかということを明らかにすることである。ある時期ササの単一群落であったその群落、他の植物が侵入できるような生態的な変化が起こるかもしれない。ササは長寿命であるが一回繁殖型の植物であり、繁殖ステージには多個体が同調して開花するため、大面積に一斉開花し枯死する。その後、栄養成長ステージが長期に渡って続くが、クローナル植物であるため、地下茎の伸長によって分布面積が拡大する。そのようにして我々が普段目にしているササ群落が形成される。これらの生活史イベントがどのようなメカニズムで、または時間スケールで生じるのか、長期的な定点観察に加え、遺伝的な解析により個体単位での群落形成メカニズムが近年明らかにされつつある。そこで本特集の最初に、ササのユニークな生活史について、長期的な観察に基づく知見を紹介する(蒔田、特集2)。続いて、種子繁殖による種子分散距離が短いササは、地域をまたぐような広範囲に分布拡大するには、移動手段が地下茎の伸長しかないため、長い時間がかかる。地史的な時間軸で見たとき、森林は氷期と間氷期が繰り返されるなか、大きな温度変化に応答して分布が移動していたと考えられている。このような地史的なタイムスケールの中で、移動能力に乏しいササ類がどのような分布変遷を示したかを概説する(佐瀬、特集3)。

さらに、ササの存在は有用か有害かという基準で考えると、前節でも述べたが、ササの存在は、林木の更新という観点からすると邪魔な存在である。これはササが森

林の林床において他の林床植物より分布拡大や繁茂する能力が強いことによると考えられる。全ての林床植物は林冠下という弱い光環境に適応した戦略を持つことによって存続している。とりわけクローナル植物であるササは、面的な分布拡大能力に優れているばかりでなく、光や栄養塩といった資源の分布の不均一性が激しい林床環境で、地下茎を介して資源や同化産物をやり取りすること(「生理的統合」という)で有効に資源を活用できる強みがある。他の林床植物と比較して極めて大きなバイオマスや地下茎を介した生理的統合といったササの特徴は、森林生態系における物質循環に大きな役割を果たしていることが近年明らかになりつつある。そこで流域を単位とした物質循環からみたササ群落の重要性について福澤が(特集4)、さらに近年激増しているシカの林床食害との相互作用も加えた観点から古澤が解説する(特集5)。

日本のササは氷期より以前に既に現在の分布範囲と同じ所まで広がっていたと考えられるが(特集3)、そもそも嘗て人間が木材を利用するようになる以前の日本の森林にこれほどまでササが広く密生していたかどうかは疑問である。戦後日本では木材需要の増大と林業の機械化、輸送機関の発達によって、森林は強度に伐採され一時的ではあるにせよ、皆伐による大面積の伐採跡地が生まれた。その後造林がなされたが、この時期にササは地下茎を介したクローナル植物としての旺盛な分布拡大能力によって地域を埋めるように現在の分布面積に至る相当な分布拡大があったのだろうと推測される。その後林業施業地では植栽木の成長や天然更新を促すためにササの抑制が必須になっているが、ササの栄養繁殖能力に追いつくことができないのが実状である。最後に、こうした人間によるササの管理・取り扱いの実態についての実例として、中部森林管理局の取り組みを紹介する(安藤、特集6)。

実際のササの管理は、それぞれの現場で考え方・技術が確立したとはまだまだ言い難いのが現状であるが、本特集がササを取り巻くこのような視点からの問題の理解や今後の管理指針を決定する際に少しでも役立てば幸いである。

# ササの不思議な生活史

## —開花習性を中心に—

蒔田 明史 (まきた あきふみ、秋田県立大学生物資源科学部)

### はじめに

ササの一生は不思議に満ちている。沖縄を除いて日本全国に分布し、チマキなどにも利用され、知らない人はいないと言っていいほどポピュラーな植物なのだが、ササがどんな一生を過ごしているかを語れる人は多くはないだろう。この小論はササの開花を中心にササの生活史について概観する。だが、そもそもササに花が咲くということすら想像できない人がいるかもしれない。

### ササの花ってどんなもの？

ササも種子植物なので、もちろん花が咲く。写真-1は、私が大学4年生だった1977年の夏、滋賀県の比良山系で生じたイブキザサの一斉開花時に撮影された“ササの花”である。ササはイネ科に属しており、イネの穂のような花をつける。風で花粉を飛ばす風媒花なので、花弁はなく地味な花である。写真でぶら下がって見えるのがおしべ。開花時には普段のササの葉層より高く穂が林立するために、写真-2のようにわさわさと穂が並んでいるといった状態になる。ただし、ササでも種によって形態は異なり、最も多雪地に分布するチシマザサ（ネマガリダケ）の花は紫色が濃く、イブキザサのように葉層の上

にはあまり突出はしない（写真-3）。この花が稔れば、イネの実（つまり米）よりもやや大ぶりの、デンプンのたっぷり詰まった種子になる。民謡『会津磐梯山』に「ササに黄金（こがね）がああ成り下がる」という歌詞があるが、これはササが一斉開花し、鈴なりに実が稔った様子を歌ったものだと言われている。

それではどれくらいの広さで開花がおこるのだろうか。写真-4は上記のイブキザサの開花時に撮影された航空写



写真-2 イブキザサ群落の一斉開花の様子。葉層の上に花序が林立している（1977年滋賀県比良山系にて）



写真-1 イブキザサの花序。垂れ下がって見えるのがおしべ（葯）。その付け根付近に綿毛のようなめしべがある（1977年滋賀県比良山系にて）。



写真-3 チシマザサの花序。イブキザサとは異なり葉層の上には突出しない。

真である。比良山系の尾根筋には広くササ原が広がっており、落葉広葉樹林のほとんどの林床にもササが生育している。つまり、比良山系全域に広くイブキザサが分布しており、その多くがこの年に一斉に花をつけ枯れてしまったのだ。写真-4で白っぽく見える地域はその開花地を示している。このようにササの開花時には一山全体にわたって開花することもある。このほかにも、1970年頃に開花したネザサの場合には、西日本全域にわたって開花したと言われているし、1975年前後には北海道で広くチシマザサの開花が観察されたと言われている。世界に目を向ければ、2006年秋から2007年春にかけて開花結実したインド・ミゾラム地方に分布する *Melocanna* というタケは48年サイクルで数千平方キロにわたり(柴田2010)、またアマゾンの *Guadua* というタケは27-28年サイクルで数百平方キロにわたって開花している(de Carvalho 2013)との報告もある。

さて、ではどうしてこんなに広域に開花が同調してみられるのだろうか。興味深い記録がある。1997年に千葉・東京・京都など8カ所でモウソウチクの開花が観察された。この年開花したモウソウチクは、1930年に横浜市で開花した株から得られた実生を各地に移植して育てられていたものである。つまり、異なる環境下で生育していた同齡個体が全て67年目に同時に開花したのである(ただし、モウソウチクは、18世紀に日本に移入されて以来、ほとんど開花が観察されていないタケであり、67年というのがモウソウチクの一般的な開花周期とは言えない)。もう一つの例は、やはり1997年に開花したミクラザサについての報告である。ミクラザサは、伊豆諸島御蔵島に固有のササであり、この年、御蔵島の個体群はほぼ完全に



写真-4 比良山系で見られたイブキザサの一斉枯死の様子。白く見える部分はササの枯死した場所。1977年7月に撮影された空中写真。

開花した。そして、これと時を同じくして、20数年前に三宅島に、10数年前につくば市や宇都宮市に移植されていた株も開花したのである。さらには、先に述べた2007年インドで開花したメロカンナも、前回の開花の際に日本に持ってこられた種子から育った個体が水俣や白浜などでほぼ時を同じくして開花したことが観察された。これらの例は、いずれも遠く離れ全く異なった環境下に生育していた同齡個体が同時に開花したものであり、タケササ類の開花が気象条件等の環境条件によるものではなく、遺伝的特性により規定されていることを強く示唆するデータであろう。

## ササの開花の個性性…広域同調開花と小面積単独開花

ササの開花に関して、従来は大面積にわたる開花を一斉開花(mass flowering または gregarious flowering)、道脇などでよく見られる小面積の開花を部分開花(sporadic flowering)と呼んで漠然と区分してきた。しかし、多数の個体(本稿では、一つの種子から広がった全体、すなわちクローンまたは genet を個体と呼ぶ)が同調して咲いているのか、それとも大きな1個体が咲いているのかといった個性性については、主に技術的問題から明らかにされてこなかった。しかし、近年DNA解析技術が進歩し、タケ・ササ類のようなクローナル植物の研究にも分子生態学的解析が盛んに行われるようになった。そして、従来は物珍しい現象として単に現象論的な研究しかされてこなかったササの開花に関して、個体を単位としてその生態学的意義に関する解析的な研究が行われるようになってきた。

陶山ら(2010)は、ササの開花様式を表現する際に、開花の規模と個体の同調性とを組み合わせることを提唱している。すなわち、開花規模に関して「広域開花」と「小規模開花」、同調性に関して「同調開花」と「単独開花」とし、それらを組み合わせ、広域同調開花とか、小規模単独開花とかいった風に表現することにより、開花の実態をより詳しく表現しようとする提案である(図-1)。もっとも、どれくらい広ければ広域なのかという基準は難しいが、例えば、Miyazakiら(2009)が報告している北海道大学苫小牧演習林のオモエザサの開花は、4年にわたって約3haの地域に分布する1個体が次々と開花した。これなどは「広域単独開花」といえる例かもしれない。

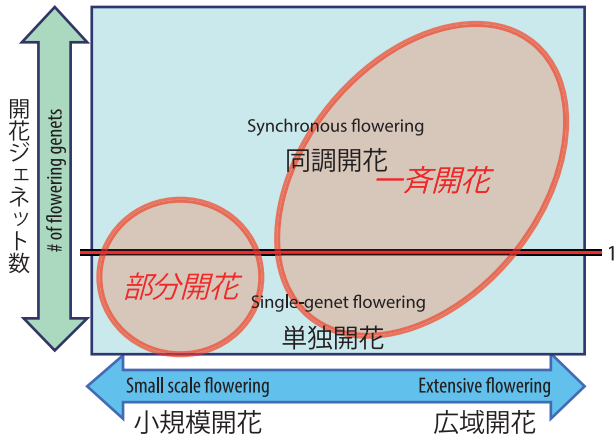


図-1 ササの開花に関する概念図。横軸が開花面積、縦軸が開花ジェネット(個体)数を示す。開花ジェネット数が複数の場合を同調開花、1の場合を単独開花と呼ぶ(鈴木準一郎原図)。

そもそも私たちが普段見ているササ群落がどれくらいの個体数から成り立っているのか、逆に言えば、一個体はどれくらい広がっているのかについては、未だによくわかっていないと言わざるを得ない。ササの場合、長い間地下茎を伸ばして分布を広げることのできるクローナル植物なので、その群落の履歴がクローン構造に大きく影響するだろう。例えば、前述の苫小牧の場合、1669年および1739年におこった樽前山の噴火により2mほどの厚さに降り積もった火山灰の上に、その後時を経て形成された群落だと考えられる。こうした場合、最初に侵入した少数の個体が分布域を広げ、広く場を占めているという可能性もある。また、攪乱の頻度や程度もクローン構造に影響するだろう。さらには、ササでも地下茎の伸長により平面的な分布拡大の早いチマキザサやミヤコザサのグループと、株立ち状を呈するチシマザサやスズダケでは、クローン構造が異なっている可能性もある。こうしたクローン構造の違いは開花の際の繁殖成功度や更新動態に影響を与えることが容易に想定できる。このようにササの開花のメカニズムや更新を考える上で、開花の個体性を考慮することは重要な視点を与えることになるのである。

### 一斉枯死したササ群落は何年で回復するのか

では、ササの開花更新に関してどれくらいのことがわかっているのだろうか。私は青森県八甲田山で1979年に開花したチシマザサ群落の回復過程を長く追跡調査してきた(Makita 1992など)。ササの開花については、

開花結実後、親個体が枯れて初めて開花したことに気づかれることが多い。このときも同様で、実際に調査に入ることができたのはその翌年1980年であった。そのため正確な種子生産量は確認できなかったが、実生の発生密度は非常に高く、1平方メートルに1,000本近い実生が発生したことが観察された。ただし、これまでに報告されているササの発生実生密度はほとんどが10から数十本/m<sup>2</sup>なので(蒔田 2004)、この値は著しく高い値といえよう。ちなみに、ササの種子生産量について明らかにした例はさほど多くはないが、多いときには1平方メートルあたり1万粒を超える種子が生産されるとの報告もある(蒔田 2004)。

一斉枯死したササ群落が何年で回復するのかということは、植生動態を考える上でも重要な問題である。私は、当初調査に入ったときには、ササの生長は旺盛なので、10年もすれば元に戻るだろうと考えていた。しかし実際にはササ実生の生長は意外に遅く、開花前に平均2.7mの高さの群落だったものが、実生発生10年後にはまだ1m程度にしか達していなかった(写真-5A・B)。結局、群落高がほぼ元に戻るには20年ほどの年月を必要としたのだが(写真-5C)、この時に掘取り調査をして個体の大きさを調べてみたところ、群落の上層を占めている大きな個体は個体数としては少数で、稈を1、2本しか持っていない小さな個体が多数を占めていることがわかった。すなわち、外見的には回復したように見えても群落は定常状態に達したわけではなく、自己間引きがまだまだ継続されていることが推測された。こうした状況を考えると、この調査地では定常状態に達するに30年以上の年月を必要とするものと思われる。八甲田の調査地は高標高地で年間の生育期間も短いため、特に回復に時間がかかっている可能性もあるが、いずれにせよ、いったん一斉枯死したササ群落の回復には数十年という長い年月を要することは間違いないだろう。

ササの更新過程についてかなり知見が蓄積されてきたとはいうものの、ササの一斉開花はいつどこで起こるか分からないために、まだまだわかっていないことも多い。特に開花から実生の発生期についての知見は乏しい。いつ生じるかわからない事象について明らかにしようとするためには、あらかじめ何を調べれば良いかを考えておいて、いざというときにすぐ調査にとりかかれるようにしておくべきだろう。そこで、表-1にササの開花に遭遇した際に取りべきデータについてまとめてみた。ここに





写真-5 1979年に一斉開花枯死したチシマササ群落の変遷。A：1980年に撮影された写真。枯死稈が立ち並び、林床には実生が発生している。枯死稈の高さは約2.7m。B：同じ調査区での10年目の写真。中央に人物が立っており、ササはその胸の高さくらいである。C：開花後21年目の写真。中央部分にササに埋まるように手を伸ばした人物が写っている。ササの群落高は2mを超え、枯死前に高さに近づきつつある。

あげたようなデータが蓄積し、それらが、種や生育環境の違いによってどう異なるかなどを考えられるように

なったとき、ササの生活史の特徴やその進化についてさらに詳しく語るができるようになるであろう。

## ササの生活史研究の意義

図-2を見ていただきたい。これはscopusという文献検索ソフトで、bambooまたはsasaおよびfloweringというキーワードでヒットする文献数を調べ、年代順に件数を示したものである。1990年代以降、急速にタケ・ササ類の開花に関する論文が増えていることがわかる。これは日本のみならず、世界全体でタケ・ササ類の開花習性に関する関心が高まっていることを示したものであろう。

特異的な開花習性をもつタケ・ササ類の生活史がどのように進化してきたものなのかという問題はそれ自体大変興味ある話題である。しかし、タケ・ササ類の開花習性の重要性はそれだけにはとどまらない。例えば、日本のブナ林に見られるように、ササが林床に密な群落を形成した場合には、太陽光を100%としたときに地表面の明るさはその1%程度にまで低下する。こうなると、ほとんどの植物はそこで生育することはできない。しかし、ササが一斉に開花し枯死すると林床は一気に明るくなる。さらには、先に述べたように、いったん枯死したササ群落が元の状態に回復するまでには非常に長い時間を要し、その間、それまで場を占有していたササが一時的に取り除かれた状態になり、多くの植物が定着生長できる可能性が高まる。もちろん、この時期、林木の実生の定着も数多くみられる。中には、ササの枯死直後にのみ存在し、

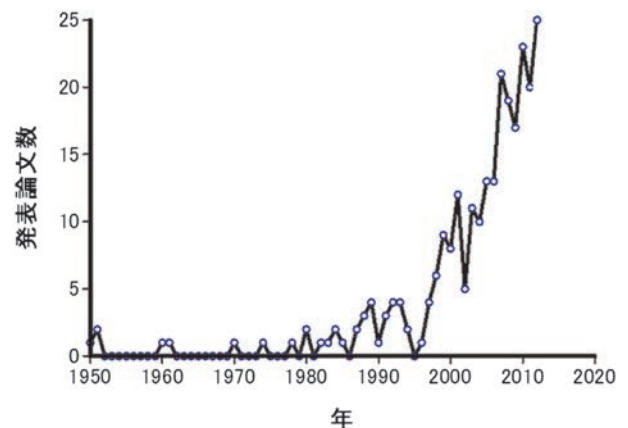


図-2 Scopusで「bambooまたは、Sasa、およびflowering」をキーワードとして検索した発表論文数の変遷。1990年代以降急速に論文数が増していることがわかる。

表-1 ササの一斉開花に遭遇したときに調査すべき項目と留意事項

開花に遭遇した時に何をなすべきか？	
1) 地道な基礎データを蓄積しよう！	<p>開花地図を作る・・・開花間隔を知るため開花地図を残すことはとても重要                  種子生産量を知る・・・ササは脱粒性 → 袋掛けなど工夫が必要                  種子に始まる生存曲線もほとんど知られていない。                  注：開花のピークは春と夏の2回ある場合もある                  散布前捕食も多い（ササモグリバエの幼虫などによる子房の被害）。                  開花集団の個体群構造（稈サイズや稈密度）を記録しておく                  開花稈と非開花稈の密度                  枯れなかった稈やジェネットの運命は？・・・急激に成長するか、遅れて咲くか。</p>
2) 分子生態学的アプローチも重要	<p>開花集団のクローン構造は？・・・開花稈の葉は夏には枯れる・・・採取は早めに                  開花時の非開花集団の遺伝構造は？                  自殖率は？ 近交弱勢は？</p>

ササが回復してくると消えてしまう植物もあるだろう。また、枯死直後に優占度をまし、その後優占度を下げながらも長く生存し続ける植物もあるかもしれない（低木類などにこうしたタイプが多いのではないかと思う）。

ササ型林床を有する森林にとって、ササの一斉枯死直後は多様な植物による競争が最も激しい時期であり、ササ枯死は植生変化や森林の更新の重要な契機となる。ササの一斉開花枯死は100年以上という長いサイクルで生じる事象であり、その間、その森林に生育している植物の種数や優占度は大きく変動するものと思われる。だから、森林の生物多様性を考える際に、一つの時間断面だけで考えてしまっては間違ってしまうことになる。長期的な動態を考慮して、いわば“多様性の動態”という視点で森林植生を考えていく必要がある。ササの特異的な生活史特性の解明はこうした動態を解明するための鍵を握っている現象であると言えるのではないだろうか。

引用文献

de Carvalho AL, Nelson BW, Bianchini MC, Plagnol D, Kuplich TM, Daly DC (2013) Bamboo-

Dominated Forests of the Southwest Amazon: Detection, Spatial Extent, Life Cycle Length and Flowering Waves. *Pros One* 8: e54852  
 Miyazaki Y, Ohnishi N, Takafumi H, Hiura T (2009) Genets of dwarf bamboo do not die after one flowering event: evidence from the genetic structure and flowering pattern. *J Plant Res* 122: 523-528.  
 Makita A (1992) Survivorship of a monocarpic bamboo grass, *Sasa kurilensis*, during the early regeneration process after mass flowering. *Ecol Res* 7: 245-254.  
 蒔田明史 (2004) ササ類の生活史特性 (樹木生理生態学. 小池孝良編. 朝倉書店). 199-210.  
 柴田昌三 (2010) タケ類 *Melocanna baccifera* (Roxburgh) Kurz ex Skeels の開花—その記録と48年の周期性に関する考察一. *日本生態学会誌* 60: 51-62.  
 陶山佳久・鈴木準一郎・蒔田明史 (2010) タケ・ササ類の一斉開花に関する一考察. *日本生態学会誌* 60: 97-106.

# 日本列島における最終間氷期以降のササの変遷

佐瀬 隆 (させ たかし、北方ファイトリス研究室)

## はじめに

ササは日本の植生を特徴づける植物として知られ、林床や草原の優占種として重要な生態学的地位を占めている。しかし、開花が希であるササは、花粉の記録が乏しいことなどの理由により、その地史的動態についてはよく分かっていなかった。この植生史の空白を埋めるために、植物ケイ酸体が活用できる。代表的な好ケイ酸植物のイネ科植物の仲間であるササには、特徴的形狀の植物ケイ酸体が形成されるからである(写真-1)。本稿では、約13万年前の最終間氷期最温暖期(酸素同位体ステージ5e)以降のテフラ(いわゆる火山灰)-土壌累積層(写真-2)に記録された植物ケイ酸体情報から解読できるササの地史的動態について紹介することにする。

## 北海道におけるササの動態

北海道東部の屈斜路カルデラ西部外輪山に位置する美幌峠(標高525m)には、ササ属クマイザサからなるササ草原が広がる。ササ草原の下には、上位に黒ボク土層(黒色土層)、下位に褐色土層が堆積生成し、黒ボク土層には、樽前a(AD1739)、摩周b5(約1千年前)、



写真-2 北海道石狩低地帯南部のテフラ-土壌累積層(千歳市美々)。Spfl: 支笏第1テフラの火砕流(42~44ka)、En-a: 恵庭aテフラ(約18ka)、Ta-d: 樽前dテフラ(約9ka)。黒色、濃褐色の部分 が土壌層。テフラ-土壌累積層は、火山噴火に伴うテフラと活動の休止期に堆積生成される土壌の累積物で、植物ケイ酸体の有用な記録媒体である。テフラを主要母材とするその土壌層は、一般的に酸性かつ酸化なので、花粉や陸生貝類が残りづらい。一方植物ケイ酸体は、そのような環境でむしろよく保存されている。

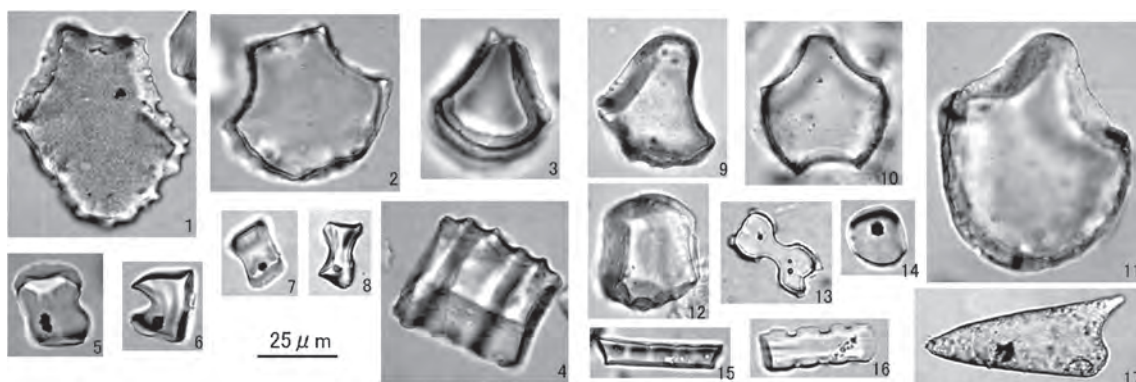


写真-1 植物ケイ酸体の光学顕微鏡写真。1~8: ササ起源の植物ケイ酸体。1~4は泡状細胞起源のファン型ケイ酸体で、1・2はササ属タイプ、3・4はメダケ属タイプ(1~3は端面、4は側面)。5~8は短細胞起源の長座鞍状を示すタケ型ケイ酸体で、5・6はササ属タイプ(ミヤコササ節から分離)、7・8はメダケ属タイプ(ネザサ節から分離)。9~17: ササ以外のイネ科起源の植物ケイ酸体。9~12は泡状細胞起源のファン型珪酸体で、9はススキ、10はギョウギシバ、11はヨシ、12はエノコログサからそれぞれ分離されたもの(いずれも端面)。13~16は短細胞起源の珪酸体で、13は亜鈴状のキビ型(ススキから分離)、14は短座鞍状のヒゲシバ型(ヨシから分離)、15・16はボート状のウシノケグサ型(イワノガリヤスから分離)の各珪酸体。17はプリッケル細胞起源の長形タイプのポイント型珪酸体(イワノガリヤスから分離)。

摩周 g ~ j (摩周カルデラを形成した約 7 千年前の破局的噴火に伴う) の各テフラが挟まっている (写真-3)。これらの土壌層の植物ケイ酸体記録を見てみると、摩周 g ~ j テフラより上位の黒ボク土層からは、ササ起源のケイ酸体が検出されるが、下位の黒ボク土層、褐色土層からは検出されない (図-1、佐瀬ら 2002)。このことは、美幌峠のササ草原が、7 千年前以降に成立したこと、それ以前はササが希薄な植生であったことを示す。これに北海道中央部の石狩低地帯などのテフラ-土壌累積層で得られた植物ケイ酸体記録を総合すれば、最終氷期 (酸素同位体ステージ 4 ~ 2 : 約 7.3 ~ 1.2 万年前) の北海道ではササの希薄な植生が広がっていたことが伺える (図-2、佐瀬ら 2004)。最終氷期のテフラ-土壌累積層には、しばしば埋没した化石針葉樹林 (美々化石林など) が見つかるが、それらは、現在のサハリン北部に見られるようなササを伴わない針葉樹林であったと考えられる。このようなササの希薄な植生状況は、最終氷期に先立つ最終間氷期の末期 (酸素同位体ステージ 5a) に始まり、完新世初頭まで続く (図-2、佐瀬ら 2002 ; 佐瀬ら 2004)。なお、それ以前の最終間氷期においては、ササのケイ酸体が土壌層から明瞭に連続して検出されるので、現在と同様にササ (クマイザサなどのササ属) を主要な要素とする植生が成立していたと推定される。

さて、最終氷期の北海道でササが希薄となった要因は何なのだろうか。ササは熱帯起源のタケ亜科に属することから、氷期の冷涼な夏と極寒の冬がその生育を阻んだことが予想される。サハリン中部を斜めに横切る植物相



写真-3 北海道東部美幌峠のササ草原縁辺部の植生景観 (左) と土壌断面 (右)。ササ草原には、エゾマツ、アカエゾマツ、トドマツからなる北方針葉樹林が隣接する。ササ草原の下に生成している黒ボク土層の下部には、摩周 g ~ j テフラ (Ma-g ~ j : 約 7ka) が挟まっている。したがって、美幌峠では、完新世初頭から黒ボク土層 (草原的環境の指標) が継続して生成される草原的環境が卓越したことが推定される。

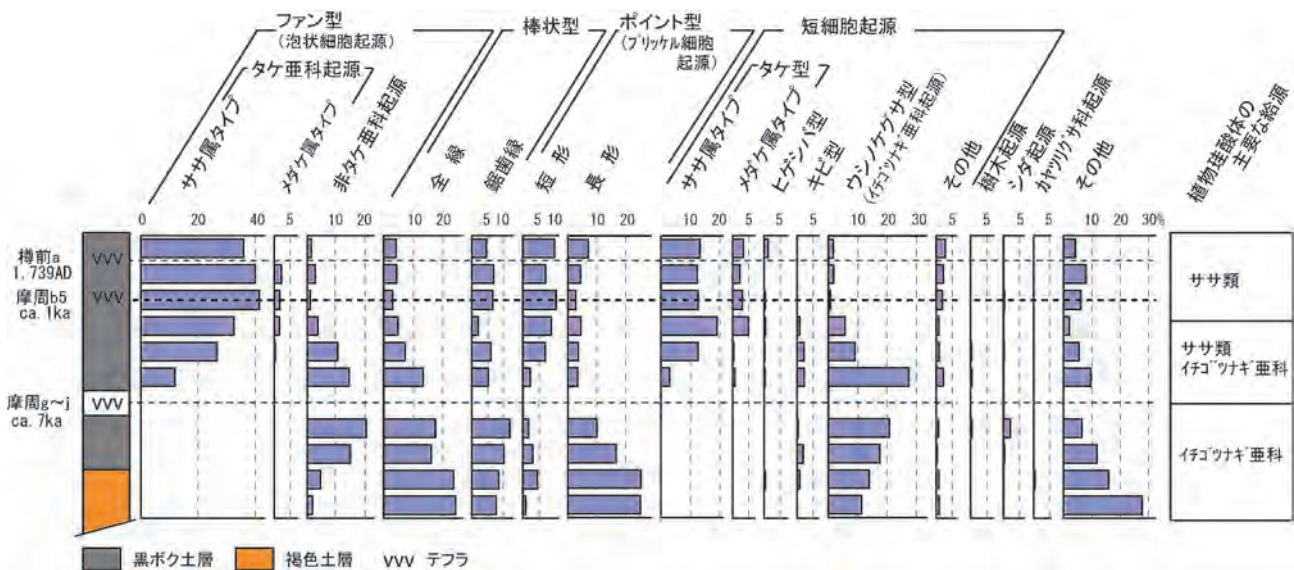


図-1 美幌峠のササ草原下に生成する土壌層の植物ケイ酸体組成。ササ起源のケイ酸体は摩周 g ~ j テフラ (ca.7ka) より上位の黒ボク土層から検出される。このことは、ササ草原が約 7 千年前以降に成立したこと、また、摩周 g ~ j テフラ下位の黒ボク土層は寒冷気候に適応したイネ科植物の仲間であるイチゴツナギ亜科 (イワノガリヤス、ウシノケグサなど) を主要要素とする草原的植生下で生成したことを示す。

# ササのユニークな生態とその管理・利用

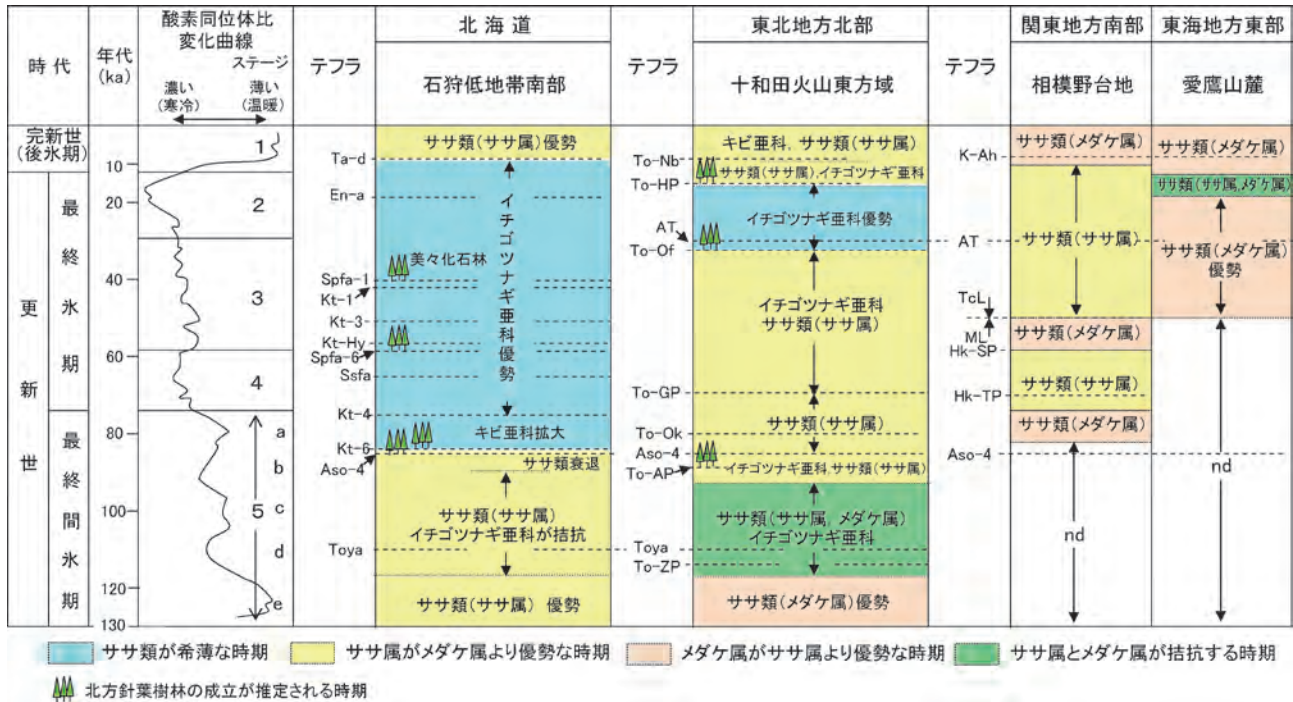


図-2 北海道、東北地方北部、関東地方南部、東海地方東部における最終間氷期以降のササの動態。テフラ記号は町田・新井 (2003) による。海洋の酸素同位体比は、温暖期には薄く寒冷期には濃くなる。この変化に基づき温暖期に奇数番号、寒冷期に偶数番号を付けてステージに区分される。ステージ1は後氷期 (完新世)、ステージ2~4は最終氷期、ステージ5は最終間氷期に対応する。なお、ステージ2は最終氷期の最寒冷期、ステージ3は最終氷期中の相対的温暖期である。また、ステージ5は a~e のサブステージに細分され、最初のサブステージ 5e が最終間氷期の最温暖期である。

の境界・シュミット線は、ササの北限でもある。その温量指数 (WI) は  $35^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$  にほぼ一致するので、この値がササ生育の閾値と想定されそうだ。しかし、この想定は、千島列島のササが、シュミット線に相当する択捉海峡に引かれた宮部線を越えて、 $17^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$  の WI が推定される中部千島のケトイ (計吐夷) 島まで分布するので成り立たない (佐瀬ら 2011)。ササは予想外に涼やかな夏に耐えることができるようである。最終氷期の北海道の植生は、花粉分析などの結果から、現在のサハリン中部~北部に見られる植生に類似すると推定されるので、その温量環境は、サハリン北部の現在の WI である  $17^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$  を下回らなかつたと考えられる (佐瀬ら 2011)。よって、ササは最終氷期の涼やかな夏に耐えることが出来たはずである。一方、ササは現在の北海道のほとんどの地域で、積雪のない場合、地上部が枯れ込み越冬できない。このことは、積雪の保護作用が、現在の北海道におけるササの生育を可能にしていると考えられる。したがって、明らかに現在に比べて温度環境が厳しかった最終氷期の冬をササが枯死せずに乗り切るためには、積雪の保護作

用は不可欠であったであろう。最終氷期の北海道は、日本海への対馬暖流の流入が減衰したことに加え、日本海が冬季に凍結したことにより、寡雪であったことが推定される。また北海道の北部・東部では、最終氷期の化石凍結構造 (氷楔など) が多数見つかリ、積雪が極めて少なかったことが示唆される。以上のことから、最終氷期の北海道でササが希薄になったのは、極寒で寡雪な冬が深く関わったと考えなければならない (佐瀬ら 2011)。

ところでササは、最終氷期の希薄な状況から現在の旺盛な状況へどのような動態を経てきたのであろうか。ササケイ酸体のシグナルは、約 9~7 千前以降で明瞭に捉えられるようになるので、完新世の開始に連動して、ササがかなり急速にその分布域を拡大していったことが伺える。しかし、ササは主に栄養体生殖で勢力を広げる植物であるから、その拡大速度は大きいとはいえない。したがって、寡雪環境が卓越した中に局所的に形成された吹き溜まりなどの多雪域がササの避難地となり、そこから、完新世の開始に伴う温暖多雪化により、ササが速やかに分布を広げていったことが推定される (佐瀬ら

2011)。

### 東北地方北部、関東地方、および東海地方東部におけるササの動態

東北地方北部でも、ササは最終氷期最寒冷期（酸素同位体ステージ2）において希薄となるが、北海道と異なり、最終氷期の前半では植生の主要な要素として認められる（図-2、佐瀬・細野1999）。したがって東北地方北部では、北海道ほど最終氷期における寡雪環境の時代的広がりにはなかったと考えられよう。一方、最終間氷期最温暖期（酸素同位体ステージ5e）には、興味深いササの動態が検出される。当地域は、現在ササ属の優勢域（冷温帯）にあたるが、ステージ5eにおいてはメダケ属（ネザサなど）が優勢であった（図-2、佐瀬・細野1999）。このことは、現在、関東地方以南であるメダケ属の優勢域（暖温帯）が、ステージ5e当時、東北地方北部まで北上していたことを示唆するものであろう。

関東地方南部、東海地方東部では、北海道、東北地方北部とは異なり、ササが最終氷期においても途切れることなく主要な植生の要素として認められる（図-2、佐瀬ら2006；佐瀬ら2008）。このうち関東地方南部では、第四紀環境変動に連動したササ相の明瞭な変化が生じた。更新世／完新世境界におけるササ属からメダケ属への交代と武蔵野ローム層（ML）上部層準におけるメダケ属の拡大である。前者は完新世の開始に伴う急激な温暖湿潤化に対応した変動であろう。後者は最終氷期半ばの相対的温暖期を示唆するシグナルで、ステージ3前半（約5.7～5万年前）の立川1面の形成に関わる温暖海進に対応するものと推定される。この温暖期の開始時期は箱根三色旗テフラ（HK-SP）層準付近にある（図-2）。一方、東海地方東部の愛鷹山麓では、メダケ属の優勢な状況が最終氷期からほぼ一貫して継続した。これは、最終氷期においても当地域が暖温帯に該当し、さほど寒冷化しなかったことを示す。

### おわりに

以上見てきたように、日本列島の植生を特徴づけるササは、最終氷期において北海道では希薄な状況となり、また、関東地方では寒冷な気候に適応したササ属が優勢

になるなど、氷期・間氷期の気候変動に対応した地史的動態を示す。ところで、完新世の土壌層でササの顕著な衰退を示すケイ酸体のシグナルが認められる場合がある（佐瀬ら2008）。これには、完新世に入り爆発的に増えた人類による様々な生業（狩りや茅場の維持など）に伴う植生攪乱が関わっていると考えられる。

※本稿は細野衛氏（東京自然史研究機構）ほかの方々と共同研究をまとめたものである。

### 引用文献

- 町田 洋・新井房夫（2003）新編火山灰アトラス．東京大学出版会 276pp.
- 佐瀬 隆・細野 衛（1999）青森県八戸市，天狗岱のテフラ-土壌累積層の植物珪酸体群集に記録された氷期-間氷期サイクル．第四紀研究 38：353-364.
- 佐瀬 隆・細野 衛・三浦英樹（2011）植物珪酸体群集変動からみた北海道における最終間氷期以降のササの地史的動態-ササを指標とした積雪・温量環境の推定-．植生史研究 20：57-70.
- 佐瀬 隆・細野 衛・鬼丸和幸・星野フサ・渡邊真紀子（2002）北海道，美幌峠および周辺域における晩氷期以降の植物珪酸体群集からみた植物相と土壌相の変遷-ササ草原の成立と黒ボク土層の生成開始時期-．美幌博物館研究報告 9：25-48.
- 佐瀬 隆・加藤芳朗・細野 衛・青木久美子・渡邊真紀子（2006）愛鷹山南麓域における黒ボク土層生成史-最終氷期以降における黒ボク土層生成開始時期の解読-．地球科学 60：147-163.
- 佐瀬 隆・町田 洋・細野 衛（2008）相模野台地，大磯丘陵，富士山東麓の立川-武蔵野ローム層に記録された植物珪酸体群集変動-酸素同位体ステージ5.1以降の植生・気候・土壌史の解読-．第四紀研究 47：1-14.
- 佐瀬 隆・山縣耕太郎・細野 衛・木村 準（2004）石狩低地帯南部，テフラ-土壌累積層に記録された最終間氷期以降の植物珪酸体群の変遷-特にササ類の地史的動態に注目して-．第四紀研究 43：389-400.

# 森林の炭素・窒素動態におけるササの役割

福澤 加里部 (ふくざわ かりぶ、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター)

## はじめに

ササは日本の森林における代表的な林床植物として全国に広く分布する。北海道においては森林面積の95%において林床をササが覆っていると報告されている(豊岡ら1981)。ササの種類は多数あり詳細に分類することは難しいが、属および属の下級単位である節を分類基準とすると、日本海側ではチシマザサやクマイザサ(チマキザサ)、太平洋側ではミヤコザサやスズタケがそれぞれ分布する。このような分布パターンは最大積雪量によって説明できる。これは、チシマザサやクマイザサは地上部に芽をもつため冬の寒さや乾燥に対して脆弱であり、積雪による保護を必要とするのに対し、ミヤコザサは地中に芽を持つため冬の寒さや乾燥に適応した生活形であるためである(鈴木1978; 豊岡ら1981)。

森林に広く生育しているササであるが、多くの場合、特に林業の現場においては更新阻害要因としてネガティブにとらえられてきた。またササが生育する場所では植生の多様性が低下することもネガティブな側面である。このようにササの印象は決してよくないが、ササは森林の環境機能の維持に貢献しているかもしれない。また環境機能にポジティブな面はないのだろうか? 本稿では、北海道北部に広く分布しているクマイザサに関して調べ

られた研究を中心に、森林の環境機能と密接なかかわりをもつ炭素・窒素動態におけるササの役割について紹介したい。

## 北海道北部の森林施業とササ

林業においては、ササは稚樹の更新を阻害するため、「やっかいもの」として扱われてきた。これはササの被度がほぼ100%となり(写真-1)、林床を完全に覆うため、地表まで光が届かないことや、厚く堆積したササのリターのために樹木の種子が発芽後に水を十分に獲得できずに稚樹が枯死してしまうことによる(Noguchi and Yoshida 2004)。そのため、北海道北部の天然林においては、樹木伐採後にブルドーザーなどの重機を使って残ったササを根こそぎ除去する「掻き起こし」や列状にササを刈りはらう「ササ筋刈り」という施業が行われている(写真-2, 3)。掻き起こし施業では、ササ除去後に裸地となった地面に種子散布によって飛来する種子が定着することを期待している。ただし、更新する樹種はカンバ類(ダケカンバ、シラカンバ)などごく少数の樹種に限られており、もともとあった多様な樹種で構成される森林へ誘導するには、多くの技術的課題が残されている。一方ササ筋刈りでは、ササを刈りはらった



写真-1 林床を覆いつくすクマイザサ (北大天塩研究林)



写真-2 掻き起こし後6年の更新の様子 (北大雨龍研究林)



写真-3 ササ筋刈り後の植林により成立した針葉樹若齢林。遠くから見ると茶畑の様相を呈する（北大天塩研究林）

列に植林するものであり、人工林造成のために行われる場合が多い。また植林後数年間は下刈りを行い、伐採後に回復するササを除かなければならない。いずれの施業法もササがもつ林業上のマイナス面を打ち消すために考案され、実施されているといえる。

### 森林の環境機能と炭素・窒素動態

森林生態系と大気あるいは河川との間での物質の移動は森林生態系の機能として直接的に認識される。例えば、地球温暖化防止の観点から期待される炭素固定（CO<sub>2</sub>吸収）機能や、水の浄化機能などがそれにあたる。そして生態系外への物質の移動には、生態系内での植物-土壌（あるいは微生物）間の相互作用の結果として引き起こされる炭素や窒素の蓄積や移動（動態という）が影響を及ぼしている。したがって、森林生態系内での炭素や窒素動態を定量的に評価することは、森林の機能評価において極めて重要である（柴田・福澤 2010）。

木材供給などの物質的供給に加えて、洪水調整や水の浄化などの調整サービス、リクリエーションなどの文化的サービスなど、生態系がもたらす恩恵は、「生態系サービス」と総称される（Millennium Ecosystem Assessment 編 2007）。また窒素などの栄養塩の循環や純一次生産（森林が正味取り込んだ炭素量：総光合成量と呼吸量の差）は、上記に挙げたすべてのサービスに影響を及ぼす基盤サービスとよばれる。その意味からも炭素や窒素の動態を定量的に評価することは重要である。

また森林は、伐採や台風による風倒など人為・自然攪乱に曝されており、さらに将来的な気候変動といった地球規模での環境変化の影響も受ける。このような環境変化や攪乱が森林の機能に及ぼす影響を調べることもまた必要である（柴田・福澤 2010）。以下では（人為）攪乱後の森林における炭素・窒素動態に対するササの役割について述べる。

### 生態系構成要素としてのササバイオマス

北海道北部の森林では、樹冠下だけでなくギャップとよばれる樹冠があいた空間においても一面ササで覆われている（写真-4）。北海道大学（北大）天塩研究林内のミズナラなどが優占する冷温帯林では、ギャップ内でのクマイザサ（以下ササとよぶ）のバイオマスは樹冠下の2倍に達する（福澤 2007）。またササのバイオマスは、伐採と同時に増加することが知られており、豊岡ら（1985）は北海道中部の針広混交林において、伐採後急速にササが葉量、稈本数、稈高、そしてバイオマスを増加させていることを報告している。これらの報告から、伐採に伴う林床の光環境の改善がササの成長を促進したと考えられる。またこのような伐採後の急激なバイオマスの増加は他の草本植生の侵入を防ぎ、その結果、長期にわたってササ群落が維持されているのであろう。

さらにこのことは過去 100 年あまりの林業活動の結果ともいえる。北海道北部の天然林においては択伐施業が一般的である。択伐施業では天然下種更新が期待されるが、実際には伐採によって生じたギャップにおいて、



写真-4 北海道北部天然林の空中写真。ギャップにおいて地表を覆っているのはササである。（北大雨龍研究林技術班提供）



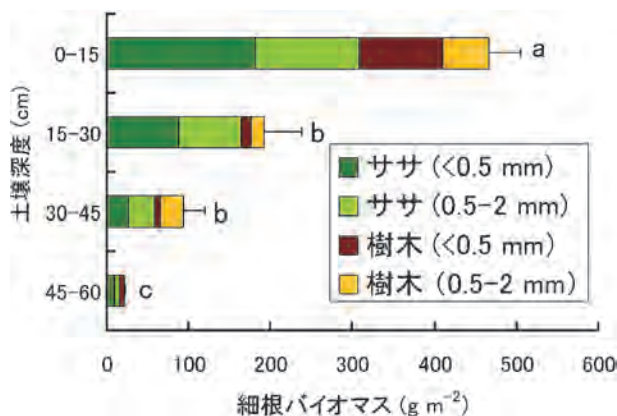


図-1 樹木とササの細根バイオマス。バーは全体の標準誤差を示す (n=6)。異なるアルファベットは土壌深度間で有意差 (P < 0.05) があることを示す。Fukuzawa *et al.* (2007) をもとに作図。

バイオマスを増加させたササが稚樹の更新を阻害し、その結果として無立木地（ササ地）が増加しているのである。北大天塩研究林の調査地において樹幹投影面積を求めたところ、それは全面積の約60%にとどまり、残り40%はギャップ（ササ地）であった。

しかしササの地上部バイオマスは上層木の1割程度であり、とうてい樹木には及ばない。これは樹木では幹のバイオマスが非常に大きいためである。

その一方で、ササの地下部バイオマスは樹木のそれに匹敵する。例えばミズナラ林においては、ササの細根（直径2mm未満の根）バイオマスは、細根全体量の7割にも達する（図-1）。このことはササが生育する冷温帯林の地下部における物質動態において、ササが中心的な役割を果たしていることを示唆するものである。

### 森林伐採後の窒素動態

窒素は生物に必須の元素であり、一般に温帯林においては森林の生産を律速する養分である。リターフォール（落葉）や枯死根として有機態で土壤に供給された窒素は、まずアンモニウムイオン (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) になり、さらに硝化菌による硝化という2段階の無機化のプロセスを経て硝酸イオン (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) になる。北海道北部のような人為的大気汚染が少ない森林では、それらの植生-土壤-微生物間において繰り広げられる窒素の循環量は、降雨や風によって生態系外部から移入する窒素量よりはるかに大きく、また生態系内で不足しがちな窒素は無機化後、直ちに植物・微生物によって再吸収されるので、地



写真-5 集水域末端に設置された量水堰。水質および流量観測を行っている（北大天塩研究林）。

下水や河川水など系外への窒素（主に硝酸態）の流出は起りにくいことが知られている。

しかし伐採を行うと樹木による吸収分が減少するため、生態系内での窒素循環のバランスが崩れ、窒素が河川へ流出することが知られている。また伐採に伴う土壤環境の変化は窒素無機化を促進すると考えられている。伐採が河川水中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度に及ぼす影響については、1集水域内で皆伐を行い、集水域最下流にて渓流水を採取することにより評価されている（写真-5）。例えば米国のHubbard Brook実験林では、伐採に伴い河川水中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が伐採前の数十倍にまで上昇したことが報告されている (Likens *et al.* 1970)。しかし窒素流出の程度は報告によって大きな差がある。その原因として、伐採後の森林生態系内におけるNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の生成（窒素無機化・硝化）要因と窒素の吸収要因（残存または回復する植生の量）のバランスが森林により異なることも一因であると考えられている。特に伐採後の植生回復に伴って河川水中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が低下することも知られており、植生による窒素吸収は、伐採後の窒素動態変化を支配する大きな要因であると考えられる。

ではササの存在は、伐採に伴う森林生態系の窒素動態の変化にどのような影響を与えようだろうか？北大天塩研究林内の冷温帯林集水域（8ha）においては、皆伐の7ヶ月後にササを筋刈りし、土壤および河川水中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度を季節ごとに測定した（写真-6, 7）。皆伐後の生育シーズンには河川水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の上昇はなかったが、その後に実施したササ刈り取りの後に大きく上昇した（図-2）。また伐採区域の土壤溶液中のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>



写真-6 皆伐後の様子。伐採前はミズナラ・ダケカンバ・シラカンバ・トドマツなどが優占する針広混交林であった。伐採作業は冬季に行われたため、林床のササは積雪に保護されて残存（北大天塩研究林；高木健太郎氏提供）。



写真-7 皆伐区でのササ筋刈り後の様子。4m幅で帯状に刈り取られ、その後カラマツ苗が植林された（北大天塩研究林）。

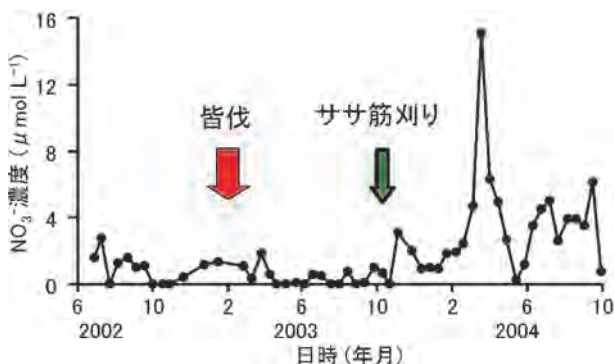


図-2 皆伐・ササ筋刈り前後における河川水中の硝酸(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)濃度の時間変動。Fukuzawa *et al.* (2006)をもとに作図。

の濃度上昇の程度は、皆伐後よりもササ刈り取り後にはるかに高くなった。さらに皆伐後に樹木細根は減少したもののササ細根が増加したために、伐採跡地の細根量は、全体としては未撈乱の森林の細根バイオマスに匹敵した。一方同じ伐採跡地においても、ササを刈り取った場合には細根量が50%減少したことも明らかになった。これらの結果から、皆伐後はササの窒素吸収によって窒素流出が緩和されるが、ササ刈り取り後にはササの窒素吸収が減少したために河川へのNO<sub>3</sub><sup>-</sup>流出が引き起こされたものと考えられた。またササが残存する場合、伐採後であっても地温が変化しにくいことも観測された。このことからササの葉層や厚く堆積したリター層が地表に届く光を遮断していることも伐採後の土壌環境の変化を抑え、窒素動態を安定化させている要素と考えられた。以上のことから、北海道北部のササが生育する冷温帯林生態系では、伐採直後のササの生産量増加や窒素吸収を通じて、ササは伐採後の系外への窒素流出を緩和していることが示された。

#### まとめ

ササが生育する冷温帯林生態系では、ササは特に地下部バイオマスの主要な構成要素である。このことはササが土壌における炭素の貯留や移動などを支配する主要な因子であり、特に地下部における物質動態に大きく寄与していることを示すものである。そしてササの存在は、伐採後の森林生態系からの窒素流出を緩和する働きも持つ。これらの点で、ササは流域レベルでの炭素・窒素動態の維持に大きく貢献しており、森林の環境機能発揮の観点からはポジティブな効果を有しているといえる。ササの存在がネガティブな面を持つのはまぎれもない事実であるが、両面的な意義があることを認識して森林を管理することが必要であろう。特に近年はシカによるササの食害が各地で急速に進行しており、ササが消失する前にこのようなササの役割について理解し、対策を講じることが求められる。

#### 参考文献

Fukuzawa K, Shibata H, Takagi K, Nomura M, Kurima N, Fukazawa T, Satoh F, Sasa K (2006) Effects of clear-cutting on nitrogen leaching and fine root dynamics in a cool-temperate

- forested watershed in northern Japan. *For. Ecol. Manage.* 225 : 257–261.
- 福澤加里部 (2007) ササ型林床をもつ冷温帯林の炭素・窒素動態における細根の役割. 北海道大学博士論文. 104 pp.
- Fukuzawa K, Shibata H, Takagi K, Satoh F, Koike T, Sasa K (2007) Vertical distribution and seasonal pattern of fine-root dynamics in a cool-temperate forest in northern Japan: Implication of the understory vegetation, *Sasa* dwarf bamboo. *Ecol. Res.* 22 : 485–495.
- Likens GE, Bormann FH, Johnson NM, Fisher DW, Pierce RS (1970) Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budgets in the Hubbard Brook watershed-ecosystem. *Ecol. Monogr.* 40 : 23–47.
- Millennium Ecosystem Assessment 編 (2007) 生態系サービスと人類の将来—国連ミレニアムエコシステム評価. オーム社. 241pp.
- Noguchi M, Yoshida T (2004) Tree regeneration in partially cut conifer-hardwood mixed forests in northern Japan: roles of establishment substrate and dwarf bamboo. *For. Ecol. Manage.* 190 : 335–344.
- 柴田英昭・福澤加里部 (2010) 北海道北部の天然林生態系における窒素循環プロセスの特性. *環境科学会誌* 23 : 277–283.
- 鈴木貞雄 (1978) 日本タケ科植物総目録. 学習研究社. 384 pp.
- 豊岡 洪・佐藤 明・石塚森吉 (1981) 北海道におけるササ類の分布とその概況. *北方林業* 33 : 143–146.
- 豊岡 洪・石塚森吉・菅原セツ子 (1985) 上木伐採後10年間のクマイザサ群落の動態. *日林北支論* 34 : 89–91.

# ニホンジカによるササの採食が森林の窒素循環に及ぼす影響

—大台ヶ原の事例を中心に—

古澤 仁美 (ふるさわ ひとみ、森林総合研究所)

## はじめに

日本では、近年ニホンジカ (*Cervus nippon* Temminck、以下シカという) の分布域が拡大したり個体数が増加したりしていると指摘されており、日本各地の森林で林床のスズタケ (*Sasamorpha borealis* (Hack.) Nakai) やミヤコザサ (*Sasa nipponica* Makino et Shibata) がシカの採食を受けている事例が報告されている。この2種は小雪地域である太平洋側に広く分布する。シカも食料である植物が雪に覆われて採食できなくなる、自身が積雪で身動きが取れなくなる、といったことから多雪地は苦手である。そのためシカは小雪地域に多く分布し、これらのササ類を採食する事例が多くなるのだろう。そのうえササ類は林床一面に広がって繁茂するのでまとまった量があるし、常緑で養分にも富んでいることもあって、両種はシカにとって重要な食料になっている。

採食を受けたときの“打たれ強さ(抵抗性)”はこの2種で異なっている。スズタケの地上部の寿命は5-6年ほどあるので、採食を受けたときのダメージが大きい。また、分枝のための冬芽が稈の途中にあるスズタケは、芽が採食されやすく、分枝再生による地上稈の維持が難しくなる。そのため、採食の頻度や量が多くなると枯死に至りやすい。シカの関与によりスズタケ群落が衰退、あるいは消失したという報告は、宮崎県の冷温帯性天然林、神奈川県丹沢山地、栃木県奥日光地域など多数ある。一方、ミヤコザサの地上部の芽は地表面付近にあるためにシカに採食されにくく、地上部は回復することが可能であることから、採食をうけると地上高が低くなったり地上部現存量が小さくなったりする(矮小化する)が枯れにくい。しかし、さすがにミヤコザサでも強度の採食を受け続けると存続できないようで、四国の三本杭ではシカの採食

圧によりミヤコザサ草原が消失した(奥村 2011)。

## シカによるササの採食が養分循環へ及ぼす影響

森林生態系では、植物が土壌から養分を吸収してそれを元手に成長し、落ち葉や枯れた枝・根などの有機物(リター)を土壌へ供給する。土壌に供給されたリターは微生物の働きで徐々に分解されて、リターに含まれていた養分は植物に使いやすい形(無機態養分)にかわる。それら無機態養分は土壌中に一時保持され、再び植物に吸収される。このように森林内で養分のほとんどが循環しているが、土壌中の無機態養分の一部は、土壌にしみ込んだ雨水とともに土壌の深層へ流亡し、最終的に溪流にでて系外へ流れていく。

林床植物は、通常は森林の養分循環にあまり大きな影響を及ぼさない。というのは林床植物の現存量は上層木に比べればわずかで、林床植物-土壌間の養分循環量はたかがしれているからだ。しかし、ササ類の現存量は林床植物としては大きいので、シカがササ類を採食して現存量を変化させることは、森林全体の養分循環においても無視できない影響を及ぼす可能性がある。

例えば、温帯落葉広葉樹林の地上部現存量は平均的には13,000 g/m<sup>2</sup>前後(片桐 1996)、リターフォール量は407 ± 100 g/m<sup>2</sup>(堤 1987)であるのに対し、スズタケの地上部現存量については落葉広葉樹林内で最大約1,800 g/m<sup>2</sup>という測定値がある(Agata and Kubota 1985)。採食によりスズタケが枯死した場合には、土壌に供給される大量のスズタケ・リターが分解するまでの間は養分循環に影響すると予想されるが、このイベントは1回きりである。むしろ心配であるのは、スズタケ消失後もシカの採食によって林床植生の回復が阻止されるならば、雨粒が地表面を直接たたき、その衝撃で土壌が

飛沫となって移動するなどの土壌侵食現象が起こりやすくなり、土壌に含まれる養分も移動して系外に流亡するリスクが高くなることである。

ミヤコザサはスズタケほどではないものの、地上部現存量は林外で  $600\text{--}700\text{ g/m}^2$  に達し (Oshima 1961)、相対照度 20% の樹冠がほぼ閉鎖した林内でも林外の半分程度になる (河原・只木 1978)。また、ミヤコザサの地上部の寿命は 1 年半と短い。すなわちミヤコザサも林床植生としては地上部現存量が大きく、土壌から吸収して地上部に保持する養分量が大きい。そして毎年地上部がリターとして放出され、大量の養分が土壌に供給されることになる。これらの特性からミヤコザサは土壌中の養分動態に大きな影響を及ぼす。採食を受け続けるとミヤコザサは矮小化するので、ミヤコザサ-土壌間の養分循環の量が変化すると予想される。また、ミヤコザサを採食したシカの体内を通過して糞や尿という形でも養分が土壌に供給されるようになるが、これらはミヤコザサ・リターとして供給される場合とは有機物分解の速さが異なり、この観点でもシカによる採食が土壌の養分の動態に影響を及ぼすと考えられる。このようなミヤコザサ-土壌間の養分循環の変化が森林全体の養分循環に影響を及ぼす可能性がある。

## 大台ヶ原における調査事例

紀伊半島南東部に位置する大台ヶ原山は、シカの影響が顕著な地域である。山頂部のなだらかな台地部分は、大きくは東大台ヶ原と西大台ヶ原とに分けられ、この 2 つの地域は植生タイプが異なる。東大台ヶ原ではかつてはコケ類で林床が覆われたトウヒ林が多かったが、現在では林床のコケは衰退してミヤコザサが繁茂しており、トウヒが枯死してミヤコザサ草原となった場所も多い。西大台ヶ原ではブナ・スズタケ林床が典型的な植生で、一部では林床にミヤコザサが繁茂している。しかし、1990 年代からスズタケの枯死が確認され (写真-1)、スズタケの枯死後は林床植物の乏しい状態になっている。東大台ヶ原、西大台ヶ原ともミヤコザサが繁茂しているところでは、ミヤコザサはシカの採食を受けて芝刈り機で刈りそろえたように地上高が  $10\text{--}15\text{ cm}$  程度になっている (写真-2)。これらの植生の変化にはシカが深くかかわっているが、詳細については横田 (2011) を参照してほしい。

採食によってミヤコザサ-土壌間の養分循環の量と質



写真-1 大台ヶ原でもスズタケは枯死した



写真-2 大台ヶ原における林床のミヤコザサの様子

が変化することが、森林全体の養分循環に影響を及ぼすかどうかを明らかにするために、筆者は無機態養分のうち生物にとって特に必要不可欠な窒素に注目し、林床をミヤコザサが覆っている大台ヶ原のブナ・ウラジロモミ林に 1997 年に設置されたシカ排除柵の内外において、窒素の現存量や動態を 5 年間調査した。その結果を簡単に紹介する。

調査の結果、ミヤコザサの見ための地上部現存量はシカ排除柵外 (採食区) では  $24\text{--}82\text{ g/m}^2$  で推移していた (図-1)。採食区でシカによる採食割合を測定すると 46% であったので、ミヤコザサは見ための地上部現存量の 2 倍程度の生産量があることになる。一方、シカ排除柵内 (排除区) ではミヤコザサの地上部現存量は毎年増加して (写真-3)、排除 4 年後以降に  $300\text{ g/m}^2$  程度になった (図-1)。

これらの実測したミヤコザサの現存量、採食量、そし

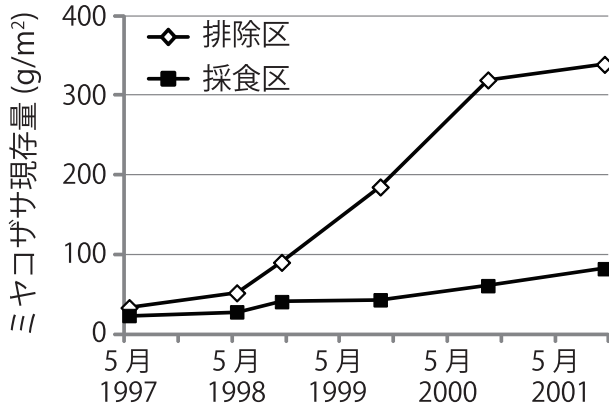


図-1 1997年に設置したシカ排除柵の内(排除区)と外(採食区)のミヤコザサ地上部現存量の推移



写真-3 シカ排除5年後のシカ排除柵内(左)と柵外(右)

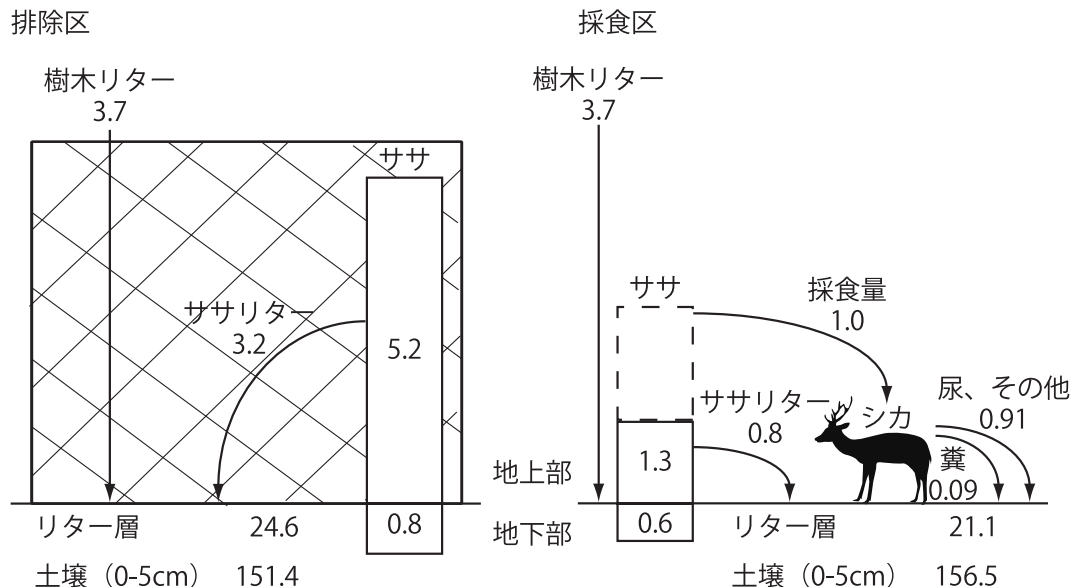


図-2 シカの排除柵内外におけるミヤコザサと表層土壌の窒素現存量と樹木、ミヤコザサから土壌への窒素供給量。窒素供給量と窒素量の単位はそれぞれ  $\text{g/m}^2/\text{yr}$  および  $\text{g/m}^2$ 。シカ排除柵設置は1997年で、樹木リター供給量は1997～1999年の平均値である。ミヤコザサ地下部および土壌の窒素現存量は2000年(排除3年後)の測定値、それ以外は2001年(排除4年後)の測定値である。(図は Furusawa *et al.* (2011) より一部改変)

て現存量から推定されるリター量を窒素量に換算した。シカを経由した窒素量も糞添加量とミヤコザサの採食量の実測値から推定した。また、上層木からのリターフォールや土壌中の窒素量も測定した。

排除区と採食区のミヤコザサと土壌の窒素現存量や、ミヤコザサから土壌への窒素供給量をまとめると図-2のようになる。これをみると、シカ排除によってミヤコザサの地上部の窒素現存量が増えた結果、ミヤコザサ・リターによる窒素供給量も大きくなったことが分かる。そ

してミヤコザサ・リターによる窒素供給量は樹木リターからの窒素供給量とほぼ等しく、この森林生態系内の窒素保持と循環におけるミヤコザサの量的な寄与は本来大きいことがわかった。シカはミヤコザサを採食することで、窒素循環におけるミヤコザサの役割を小さくしているといえる。

採食区では、シカが採食した窒素のうち糞の形で土壌へ供給される量は10%弱と推定された(図-2)。羊や牛では採食した窒素を糞よりも尿で多く排出するという報

告があるので、シカにおいても窒素の大半が尿で供給されるとみていいのではないかと筆者は考えている。そして尿中の窒素の大半は尿素の形で存在し、尿素は土壤中で速やかに無機化される。したがって、シカを経由した土壌への窒素供給は、窒素循環速度を加速する方向に働くと考えられる。

シカによるミヤコザサの採食は、このような窒素供給の量と質の変化をもたらすが、供給の変化量はリター層と表層土壌の窒素現存量に比べれば小さく、排除開始から4年では排除区と採食区の間で土壌中の窒素現存量の明確な差はみられなかった。また、土壌の窒素無機化速度にも顕著な違いはなかった (Furusawa *et al.*, 2011)。ミヤコザサ-土壌間の窒素循環の量と質の違いが土壌中の窒素動態に及ぼす影響については、より長期的に観測をする必要がありそうだ。

## おわりに

シカは植食動物であるから、植物を採食するのは生きるために当たり前の行為であって良い悪いという次元のことではない。しかし、人間の立場からみると、採食がササ植生を衰退・枯死させることによって森林内で循環・保持している窒素量が低下するとしたら、植物の生産力の低下や、より貧栄養に適した植生への変化も考えられ、森林生態系保全の観点から「問題」であるかもしれない。スズタケ消失後の森林では土壌侵食に伴う養分流亡のリスクが高まる可能性がある」と前述したが、実際に神奈川県丹沢山地の堂平地区ではスズタケ衰退後に林床が裸地化し、広い範囲にわたって土壌侵食が進行しているため、それにとまなう窒素流亡が生じていると予想される。一方、ミヤコザサ林床の森林でも気になることがある。筆者の調査で、大台ヶ原において土壌中の窒素無機化速度はシカ排除の有無で違いがなかったが、採食区では採食によって地上部現存量が小さくなったためにミヤコザサが吸収する窒素量は小さかった、ということは採食区の土壌中には無機化した窒素が余ったはずである。その窒素はどこに行ったのだろうか。上層木がその窒素を吸収しているならば生態系内に保持されているはずであるが、そうでなければ土壌を通過する雨水に無機態窒素が溶けて、土壌深くに流亡している可能性が考えられる。流亡量が多い状態が長期的に継続すれば森林が保持する窒素量の減少をもたらす可能性はある。

他のササ属 (チマキザサ、クマイザサ、チシマザサ)

については、ニホンジカの採食による衰退や消失の事例はいくつか報告されているものの多くない。これらのササ類は一般的に日本海型気候の地域に分布しているため、シカに接する機会が少なかったと考えられる。これらのササ類は、地上部の寿命が長く、地上部への投資割合が高いところがスズタケと似ているので、採食への抵抗性もスズタケに近いと考えられる。もし今後、シカの分布が日本海型気候の地域へ拡大するならば、シカがこれらのササ類を採食して森林の窒素循環に影響を及ぼすケースが増える可能性があるだろう。

## 引用文献

- Agata W and Kubota F (1985) Ecological characteristics and dry matter production of some native grasses in Japan. IV Influence light intensity on the growth of *Sasa niponica* and *Sasa borealis* in deciduous broad-leaved forest. J Jpn Soc Grassl Sci 31: 272-279.
- Furusawa H, Hino T, Kaneko S, Araki M (2011) The effects of understory grazing by deer on aboveground N input to soil and soil N mineralization in a forest on Mt. Ohdaigahara in Japan. 森林立地 53 : 1-8.
- 片桐成夫(1996)異なる立地での物質生産と養分循環. (森林生態学. 岩坪五郎編, 文永堂出版). 224-248.
- 河原輝彦・只木良也(1978)ササ群落に関する研究(III) 明るさとミヤコザサの現存量. 日林誌 60 : 244-248.
- 奥村栄朗(2011)三本杭周辺のニホンジカによる天然林衰退. (シカと日本の森林. 依光良三編, 築地書館). 139-158.
- Oshima Y (1961) Ecological studies of *Sasa* communities II, seasonal variations of productive structure and annual net production in *Sasa* communities. Bot Mag Tokyo 74: 280-290.
- 堤 利夫(1987)森林の物質循環. 東京大学出版会. 124pp.
- 横田岳人(2011)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—. 森林科学 61 : 4-10.

# 木曽ヒノキの天然更新におけるササ抑制の 取り組み

安藤 勝 (あんど う まさる、中部森林管理局技術普及課)

## はじめに

林業の現場において林床に繁茂するササは、天然下種更新・人工植栽を含めた稚樹の初期成長を阻害する存在であることが多く、成林後も育林作業や収穫調査における能率や安全性の面では好ましくない存在である。しかし、ササの根茎や葉の存在は、雨滴の衝撃緩和や表土の流亡防止などの効果を発揮することに加え、ミヤコザサのように丈が短い場合は低木主体の林床植生よりも見通しの良い林内景観を醸し出す存在にもなる。つまりササは、種類や繁茂の程度によってその存在意義はさまざまといえる。こうしたササ生地において、森林を造成していく側面から見た場合のササの位置付けや取り扱いについて、中部森林管理局管内に設定されている「三浦(ミウレ)実験林」の取組事例を通して、一部私見を交えつつ木曽地方の国有林における施業の変遷を紹介する。

## 木曽国有林の成り立ちとササ抑制の必要性

木曽ヒノキの産地である木曽地方の国有林は、織田、豊臣時代から徳川中期にかけて大規模に伐採が行われた史実があり、その後木曽五木の伐採を停止した「木一本首一つ」により良材のらん伐を禁止するなど厳しい管理を経てきた。現存する天然林(写真-1)の成因には、

かつての大量伐採とその後の停止木制度による伐採制限の下で、択伐あるいは皆伐により更新したなどの諸説がある。「王滝御料林成立に関する一考察」(砂原英治1939)によれば「伐採は択伐で、その跡地に天然更新が行われて現在の森林になったと思われるが、この事実は笹のないところではうなずけるが、木曽国有林の80%は笹生地であり、ここでは普通の型の天然更新は不可能で、倒木更新が行われて現在の森林になったと考えられる」との記述があり、その根拠として王滝国有林付近のヒノキの大部分が根上りであること(写真-2)を挙げている。

明治・大正期から昭和初期にかけて、御料林となった木曽国有林の施業法は、大正8年から昭和11年までの一時期を除き択伐・天然更新を主体としていたが、戦後の林政統一以降、昭和30年代に入ると次第に皆伐作業が主流化した。この間の林相や下層植生についての記録はほとんどなく、いつ頃からどの程度ササが繁茂していたか定かではないが、こうした森林施業方針の変遷に伴ってササ植生に変化が生じたか、又はササの存在に伴って御料林時代以降の施業方針が皆伐・人工更新と択伐・天然更新との間を揺れ動いたのか、両者には少な



写真-1 木曽地方のヒノキ天然林 (撮影：齋藤智之)



写真-2 “根上がり”状態になったヒノキ (撮影：齋藤智之)





写真-3 台風による倒木被害（中部森林管理局（1999））



写真-4 木曽地方のヒノキ林の林床を覆うササ  
（撮影：齋藤智之）

らず関連があったように思われる。

昭和30年代から次第に奥地化していったヒノキやカラマツの人工造林木の成長は予想外に悪く、特に木曽谷に広く分布する湿性ポドゾル地帯では極めて不良であった。加えて、昭和34年の伊勢湾台風、36年の第二室戸台風の襲来により深刻な風倒被害（写真-3）を受けた木曽谷一帯では、ササの繁茂する林床と瘠悪な土壌条件の下、ヒノキの更新技術の確立とそのためササの抑制技術の開発が当時の緊急かつ深刻な課題であり、昭和41年、それらの問題解決を目指して、御嶽山南西斜面中腹の三浦国有林に事業的規模のあらゆる試験研究を計画できる約440haの広大な「三浦実験林」が設定され

た。

設定当初の実験林の植生は、林冠層には優占するヒノキのほかサワラ等があり、林床には繁茂するチマキザサのほか、ヤマグルマ、ウスギヨウラク等がみられた。当時のササの量に関するデータでは、土壌型には関わらず地上部乾重量は5～10t/ha位、最大で44t/ha、本数が500,000本/ha、ササ高は最高3mにも達したと記録されている（写真-4）。ササ密生地ではササ落葉による地表被覆が発芽直後のヒノキ稚樹の生存を、また密度の高い地下茎が稚樹の根の発達を阻害し、かつ葉群による地表への陽光遮断も相まって地表面での天然更新は極めて困難なものとなる。各種の施業試験の成否は、なによりもまず密生するササを如何に管理・抑制するかにかかっていた。

## ササの抑制処理とその後の更新経過

ササを管理・抑制する手段には刈払い、地表かき起こしや林業用薬剤の使用が考えられるが、そもそも広大な面積に広がる森林のササ抑制には膨大な労力を必要とする。当時の木曽地方の国有林では、塩素酸塩系薬剤が広く使用（空中および地上散布）されていた。この薬剤は即効性の高い除草剤であり、散布後直ちにササの根から吸収され、その酸化力により植物体の生理作用を阻害してササを地下茎まで枯殺する。薬剤自体は時間の経過とともに分解され最終的には水と塩化ナトリウムに変化する。設定当初、三浦実験林での各種更新試験は、林床への薬剤散布を中心に構築され（他には刈払い）、上木の伐採前後のササ抑制処理と、伐採作業種（皆伐・残伐（母樹法）・漸（傘）伐）、更新方法（天然更新・人工更新）を組み合わせた各種の施業試験地が多数設定された。薬剤散布した更新試験では散布の翌年にササの地上部が枯死稈となり（写真-5）、2～3年後には倒伏して腐朽し



写真-5 塩素酸塩剤により枯死したササ（三浦実験林 632 林班 1998 年、中部森林管理局（1999））

た。部分的な枯れ残りは点状で、薬剤処理後のササの再生速度は比較的遅く、元の状態に回復するまでに 5～7 年を要する。このため塩素酸塩剤は上木の伐採作業種にかかわらず更新初期におけるササ抑制に極めて効果的だった。またヒノキ稚樹の発生・成立には、種子の豊凶、有効飛散距離、稚樹への雨滴障害、乾燥害、生物害等が関わり、中でも光条件が大きく影響する等が明らかになった。さらに、林床に陽光を当てて冷涼な地表温度を上昇させ落葉・粗腐植の分解を促すこと、潔癖な裸地化を避け常に地被物がある程度存在させることなど、天然更新に好ましい林床条件も試験施業を通じて示唆された。

塩素酸塩剤によるササ処理区以外においては、植付後の成長が良い植栽木であってもその成長はササの繁茂状態に支配されることが多かった（写真-6）。密生したササによる寒害からの保護効果を期待したササ筋刈り区と無処理区との植栽比較試験では、ササによる保護効果よりも被圧の影響が大きく、やはり更新初期にはササを充分取り除いた方が良い結果となった。また、坪状や筋状で薬剤処理したササの落葉後に人工播種した発芽状況では、A<sub>0</sub> 層までを除去した箇所でも種子が雨に流されて移動したものの、多い場所では 10 万本 /ha 程度の発芽が認められた。

しかし、昭和 45 年からは実験林を含む国有林での塩素酸塩剤の使用が中止されることとなり、継続的なササの抑制をやめると、実験林でもササの再生・繁茂が目立つようになった。とりわけ、坪状、筋状の薬剤処理区では、全面処理区に比べてササの処理面積が狭いためか、



写真-6 再生したササに埋もれたヒノキ植栽木（三浦実験林 628 林班 1998 年、中部森林管理局（1999））

特にササの再生速度が早く、時を經ずして無処理区と同程度にササが繁茂し、ほとんどのヒノキ稚樹が枯死消失した。一部で手刈りによる刈払いも行われたが、地下茎からの稈の旺盛な再生のため翌年には地上部がほぼ回復したことに加え、刈払った稈による稚樹への被覆害が生じるなど、刈払いによるササの抑制は非効率で効果も望めなかった。また、地表かき起こしで A<sub>0</sub> 層までを除去すると雨滴衝撃により稚樹の定着に適さないことも更新試験結果を通じて明らかとなった。結果的に、薬剤を用いないヒノキの天然更新は困難を極めることとなった。

昭和 54（1979）年からは塩素酸塩系薬剤に代わり、テトラピオン系薬剤（イネ科等に選択的に効果のある成長抑制剤）が散布されるようになった。テトラピオン剤は現存する地上部への影響は少ないものの、ササの根から吸収され新筍の発生を阻止する。三浦実験林の調査では、ササは散布時の状態のまま生育を停止（＝新稈の簇出を停止）し、残存稈は 2～3 年かけて徐々に落葉、枯損が進んだ。その結果、散布後 3～4 年間は地上部現存量が一時的に減少したが、その後は比較的早く再生・回復した。このようにテトラピオン剤は遅効性であり、散布後のササ再生速度も塩素酸塩剤に比べ速いが、ヒノキの稚樹には影響を与えることもなく、既に稚樹が定着した後におけるササの抑制には有効な方法であると言える。

#### 今日の木曾谷国有林の施業

平成 6（1994）年頃からは、中断されていた実験林内での更新伐や塩素酸塩剤の再使用が可能となり、薬剤

の特性に応じた使い分けや他の作業との組み合わせも実証されてきた。実験林で蓄積された各種試験の知見を管内国有林の施業に反映させるため、平成21年以降、天然更新施業の基本的な考え方や伐採・更新作業の組立て方について一定の再整理を行い、現行の木曽谷森林計画区第4次地域管理経営計画（計画期間：平成24～28年度、中部森林管理局2013）においては、ササ抑制に係る薬剤の効果的な使い分けや他の更新補助作業との組み合わせ等について、次のように取組んでいるところである。

- ・天然更新を促すための上木の伐採は、現地の林分状況（上層および周囲の母樹配置や下層植生等）に応じ、モザイク状（22m×22mなど機械的な孔状配列による）伐採率30%以内の択伐、ないし伐採率40～50%以内の漸伐（下種伐。保残母樹は風害に堪えるよう大径木等を優先し、極力単木でなく数本程度かたまりで残す）等を基本に計画する。

- ・林床がササ型の林分では、稚樹の発生を助長するため、種子の豊凶周期も考慮しつつ、上木伐採の1～2年前に塩素酸塩剤散布による伐採前地拵え（ササの枯殺による林床更新面の整理）を必ず実施する。

- ・稚樹の発生・定着の様子、ササの再生状況を見極めながら、種子の散布量が少ないなどから更新の進行が遅く、ササの再生によりヒノキ稚樹の成立が困難な場合は、追加的な塩素酸塩剤の散布などの更新補助作業を検討する。また、ある程度の発生・定着がみられ、後継稚樹の成長過程でのササ抑制を図る場合には、テトラピオン剤散布等の補助作業を選択的に検討する。

- ・更新の完了には、稚樹の生育状況に係る一定の基準（例

えば樹高20cm以上の稚樹がha当たり1万本以上に相当する等）を基に判定する。ササの再生状況等で大きく異なるが、例えばモザイク状択伐では、伐採から概ね15～20年程度の更新期間をもって、基準に照らすものとする。

## おわりに

森林施業技術とは、長期にわたる試験調査を継続しつつ、より省力的・効果的に森林の適確な育成と維持保全を図るための手法であり、目標とする森林に導くための様々な人為的な方法・手段と考える。これまでの施業の経過を参考としつつ、今日の事業段階では、更新を必要とするヒノキ林等において、より確実性の高い方法によるササの管理・抑制に努め、人工更新なり天然更新によって新たな林を成林させていかなければいけない。ササ生地において天然力に主眼を置きつつ人力を如何に省いて森林を成り立たせるかは今後も試験調査の継続が求められる、地形・地質や気象等の自然条件、植物の生態等も考慮しつつ、ササの状況とその取り扱いを第一に判断していくことが必要である。

## 参考文献

- 砂原英治（1939）王滝御料林成立に関する一考察。御料林第百参拾七号：53-54.
- 中部森林管理局（1999）三浦実験林30年のあゆみ。中部森林管理局。297pp.
- 中部森林管理局（2013）地域管理経営計画書別冊 管理経営の指針。中部森林管理局。65pp

## 奄美大島の夜の森めぐり

亘 悠哉 (わたり ゆうや、一般社団法人日本森林技術協会)

南西諸島に形成される亜熱帯照葉樹林は、同緯度の気候帯の多くが乾燥域に区分される中で、世界的にもまれな森林タイプと特徴付けられるとのこと。その中でも、今回紹介する奄美大島には、最大のまとまりをもった森林が広がり、アマミノクロウサギやアマミシカワガエルなどの貴重な生物の生息地として有名です。このような魅力にひかれて、私は奄美大島の森林を調査フィールドとして、おもに動物についての研究を続けてきました。当初は、アマミノクロウサギを見た見ないで一喜一憂するなど、図鑑やガイドブックで紹介される情報を現場で確認するだけで満足だったと記憶しています。しかし、調査で森を歩き続け、小さな発見を積み重ねるうちに、小動物の生き生きとした世界にさらなる見どころが詰まっていることに気がつき始めました。今回は、そんな私の目線で歩く奄美大島の夜の森の様子を紹介し、その魅力の一面をお伝えできたらと思います。

### 森に入る前に

森に入る前に注意しなければならないのは、毒蛇のハブの存在です。ハブは自身の意思とは無関係に体温を感じ取って反射的に咬みつくために、ハブ咬傷を防ぐためには必ずこちらから先に見つけることが鉄則です。具体的な方法として、車から降りるときは必ずハブがいないことを確認してから降ります。林内に入る際に林縁に草が茂っている場合には、棒などでたたいてあらかじめハブの有無を確認します。これらの作業を徹底し、いざ奄美大島の森に向かいましょう。

### 夜の森を歩く

ヘッドライトと手持ちのスポットライトの両方を装備し夜の森に足を一歩踏み入れると、昼間とは全く違った生物の濃さを実感することができます。まずは生物の鳴き声。リュウキュウコノハズクの鳴き声は、夜の山歩きの恐怖心と高揚感からなる心臓の高鳴りを適度に整えて

くれます。ヒョーという鳥のさえずりのような鳴き声はアマミシカワガエル、オッフオンという野太い鳴き声はオットンガエル、それぞれ雄が雌を呼んでいます。

声を頼りに、まずはアマミシカワガエルの繁殖地に行ってみましょう。本種の繁殖場所は、湧水のある沢の最源流部で、オスは岩の上や、産卵場所となる岩の隙間の中から大きな鳴き声を発しています。ここで、水面に目を移してみると、徘徊性クモ類では日本一大きいオオハシリグモが、水面に足を垂らして獲物を待っています。本種はオタマジャクシ食いと言われることもあって、捕食の観察を続けたところ、実際にはその獲物の多くがサワガニ類でした(図1)。クモがカニを食べる驚きの関係です。

次に、オットンガエルの繁殖地に向かいます。そこには数匹の雄が雌の訪れを待って待機しています。そのうちの一只にズームアップしてみると、なんと鼻先に蚊が止まっているのです(図2)。カエルも血を吸われるなんて私としては目から鱗でしたが、専門家に聞いたところ哺乳類の血を吸う蚊とは別に、もっぱら両生類や爬虫類の血を吸っている蚊の種類もたくさんいるとのこと。実際に、撮影時にたくさん蚊が飛んでいましたが、



図-1 サワガニを捕食するオオハシリグモ

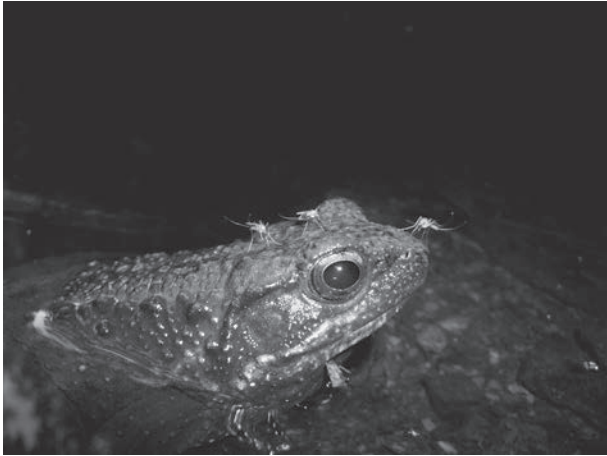


図-2 オットンガエルを吸血する蚊

私には一匹もとまりませんでした。

少し林道を歩いてみましょう。林道上でじっとしているアマミハナサキガエルやオットンガエルを観察し、時々遭遇するハブを遠巻きに撮影し、アマミヤマシギの突然の飛び立ちに驚きながら進んでいくと、突然ピー、ピーという高音で何かが鳴き出します。これはアマミノクロウサギの警戒の鳴き声です。よく聞くと複数の個体が鳴き交わしているようで、仲間同士でコミュニケーションをとっているのかもしれません。不思議なことに、徒歩では警戒の鳴き声だけしか確認できませんが、車の移動中には比較的容易にクロウサギの姿を観察できます。おそらく、車の危険性がDNAには記録されていないのでしょう。

意識を地面のほうに集中させると、カサツ、カサツとスタシイの固い落ち葉から音がしていることに気が付きます。よく見るとアマミマダラカマドウマが隠れ家から



図-3 オオムカデを捕食するアマミサソリモドキ

出てきて活動をしています。後肢を伸ばすと8cmにもなる大型な種で、オットンガエルなどの大型のカエル類の重要な餌の一つとなっています。時々、バサツバサツと少し激しい音がすることもあります。スポットライトを当てると、アマミサソリモドキとオオムカデが組み合いをしています(図3)。一見、どんな状態かわからなかったのですが、よく見ると前者が後者の頭を抱え込み、捕食しながら格闘していることがわかりました。実は両者は、お互い食べたり食べられたりする関係にあって、後者が前者を食べているという反対の関係も観察できることがあります。

さて、ここまでで帰りは真夜中、時には朝方になってしまいます。最近ではコンビニエンスストアも充実してきましたので、帰り道も適度に休憩を取りながら安全を心がけます。そして、翌日のさらなる発見に備えます。

# 函南原生林

## —照葉と夏緑広葉の森林帯境界の森—

磯谷 達宏 (いそがい たつひろ、国士舘大学文学部地理学教室)

### はじめに

箱根峠から旧東海道に沿った国道1号線を西に下る途中、左方に巨大な樹冠の森林(写真-1)が見られることは、あまり知られていない。この森が、函南原生林と呼ばれている、約230haの広がりをもつ天然林である。林縁の一部には細い木の多い部分や古くて大きな切り株なども見られるが、森林の大半はきわめて保存状態の良い自然林である。林内の方々に、直径1m級の巨樹や、そのような木が自然に欠落した部分(ギャップ)、そしてギャップが後継樹によって埋められつつある部分などを、観察することができる。以下では、この森の概要について述べたのち、なぜ箱根にこのような森が残されたのかについて少し考えてみたい。

### 世界的に貴重な森林帯境界の森

函南原生林は、箱根山の南部、標高およそ550mから850mの範囲に位置している。そしてこの約300mの標高差の間に、照葉樹林帯と夏緑広葉樹林帯との境界がある。下部の標高600m付近の斜面中部から尾根筋にかけては、アカガシが優勢な照葉樹林が広がっている。これに対して、標高800m付近の同様な立地は、ブナ

が優勢な夏緑広葉樹林となっている。両森林帯の境界は明瞭とは言い難いが、おおむね標高700m付近で、アカガシとブナの勢力が交代する。

このような標高域では、モミやツガなどの針葉樹がしばしば優勢に生育することが知られている。しかし、函南原生林にはツガはなく、モミも単木としては生育しているものの、数がきわめて少ない。その結果、函南原生林では、熱帯山岳から北に張り出してきた照葉樹林帯が、温帯型の植生帯である夏緑広葉樹林帯へと移り変わる様子を、温帯性針葉樹の影響がほとんど排除された状態で広く観察することができる。このような森は日本でも類例がなく、おそらく世界的にもきわめて希少な事例であろう。函南原生林にモミなどの針葉樹が少ない理由についてはまだよくわかっていないが、少なくとも、かつて針葉樹が択伐されたとの記録は見つかっていない。

照葉樹としてはそのほか、高木層ではアカガシに加えてウラジロガシが混生しているが、亜高木層以下ではクスノキ科のイヌガシの太い木がよく目につく。筆者の経験では、イヌガシの大木が多いのは自然性の高い林である。夏緑広葉樹については、ブナのほかヒメシヤラ、イヌシデ、カエデ類などが多く、谷筋では太く高く育ったケヤキが人目をひきつける。これらの夏緑広葉樹は、原生林下部のアカガシ林内にも点在している。一方、原生林上部のブナ林においてもアカガシなどの照葉樹が生育しているが、これらはブナなどの夏緑広葉高木の樹冠下において、おもに亜高木層以下の構成種として生育している(写真-2)。

林床では常緑のミヤマシキミがよく生育しているほか、照葉樹の葉群が少ない場所を中心に、スズタケとハコネダケ(アズマネザサの1タイプ)が繁茂している。また、林内ではハコネグミやオトメアオイといったフォッサマグナ要素の植物をみることができるといった、ヤドリギの種子をヒレンジャクが散布するといった、巨木が多い原生林ならではの生態を観察することができる。



写真-1 国道1号線からみられる函南原生林の外観  
(2009年9月10日撮影)



写真-2 原生林上部に生育するブナの巨木とその樹冠  
下に生育するアカガシ (2009年10月16日撮影)

立地環境については、基盤は湯河原火山体と呼ばれる安山岩～玄武岩質の成層火山体であるが、溶岩が露出するのは比較的大きな沢の底部に限られている。地形は全体に起伏量が比較的小さい火山性の山地であり、基岩が露出する谷底以外には富士・箱根由来の新时期火山灰が厚く堆積している。黒ボク土の成因論との関係で土壌についても興味深い地域であるが、函南原生林内の土壌の大半は、少なくとも外観上は、一般的な褐色森林土に近い土壌である。かつて筆者が原生林下部のアカガシ林下の一部において、表層土を対象に黒ボク土に多い活性アルミニウムのテストを行ったところ、少なくとも典型的な黒ボク土でないことは確かめることができた。

以上のような函南原生林の様子は、その中央部を周遊する「学習の道」から観察することができる。この「学習の道」周遊コースへの入り口は、原生林上部・中部・下部の3カ所にある。「学習の道」から原生林を観察するにあたっては、次のような注意が必要である。函南原生林では全体に、小さな尾根・谷に対応して、尾根側ほど照葉樹が多く谷側ほど夏緑広葉樹が多い。そのことが、

原生林全体で標高が高まるにつれて照葉樹が減って夏緑広葉樹が増えるという現象を、少しわかりにくくしている。しかし、「原生林下部から原生林上部にかけて、小規模な尾根から谷にかけての系列全体において照葉樹と夏緑広葉樹の優占度がどのように移り変わるか？」という視点で観察していけば、上述のような森林帯の推移を確認することができるであろう。

## なぜ箱根にこのような森が残されたのか？

函南原生林は、現在はその約半分が静岡県によって自然環境保全地域特別地区に指定されているが、所有形態は民有林である。函南町役場内に事務所がある箱根山禁伐林組合によると、「江戸時代からこの地域の農民が禁伐林として立入を厳しく禁じ、先祖代々労力と資金を抛出し自主的に保護している」とのことである。厳しく伐採が禁じられてきた理由としては、函南原生林を含む来光川流域における水源涵養があげられている（『函南原生林』：1990年、箱根山禁伐林組合・箱根山御山組合編集・発行）。

下流域の水源涵養のために上流部における森林伐採が禁止されたり制限されたりするのは、来光川流域に限られたことではない。では、なぜ函南原生林では例外的に厳しく伐採が禁じられ、結果的に貴重な自然林が広く残されてきたのであろうか？筆者は、その説明として、徳川幕府による東海道の往来管理等の理由で来光川上流域には草地が多かったのも、逆に残されていた天然林が厳格に保護されなければならなかったのではないかと考えている。明治初期の時点で周囲に草地が多かったことは当時の地形図でも確認できるが、今後の古文書等を用いた研究が待たれる。自然林が保護されたパターンとして、「周囲が荒れたからこそかえって美林が残された」というのであれば、森林保護の事例としても意義深いのではないだろうか。

# 石の斧で切り倒す

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)



直径 30 cm の樹木をチェーンソーで伐採した場合、重心方向にバタンと倒せる状況であれば 5 分かかりません。そこから枝払いをして玉切りまで行っても 15 分程度でしょうか。軽快に唸るエンジンと吹き出る木屑、面白いように樹木は木材へと変わっていきます。私は樹木の伐採という仕事に関し、優れた道具や機械がある現代に従事できて良かったなとつくづく思います。そうでなければ、華奢な体の私がこのようなタフな作業をこなすことなど出来なかったでしょう。かといって、昔の作業方法を見下しているわけではなく、むしろ、尊敬やうらやましさがあったりします。そう考えるきっかけが、これまでに 3 回訪れた青森県の三内丸山遺跡にありました。青森港から内陸に 5 km ほどの場所に位置した、約 5000 年前の縄文時代の集落跡です。

そこは野球場建設が予定されていた土地で、結果として広い範囲で発掘がされました。遺跡の屋外展示ではムラそのものを再現しようと、幅約 10 m、長さ 32 m の巨大な縦穴式住居を初め、幾つもの小型住居や共同倉庫が復元されています。ほとんどの建物は自由に入ることができ、野趣溢れる生活様式の体験は、さながらアミューズメントパークのようです。当時はまだ鉄の鑄造が始まっていないのでノコギリなどはありません。私の目の前で柱となっている直径 30 cm の丸太の切り出しは、石斧だけで行われたのでした。広場の前方では、直径 1 m、推定長さ 10 m 以上のクリを 6 本立てて檣に組んだ六本柱の建物がズシンとそびえています。現代人による複製物とはいえ、そこに内在している当時投入されたであろう労働量が私に問いかけます。石斧で現代人にこれが作れるのか？ 縄文時代は今より劣っていたのか？ と。

直径 1 m の幹を石斧だけで切り倒すのは、想像を超えて大変だったと思います。ですが、きっとお祭りのように盛り上がっていたのではないかとも思います。と言うのは、伐採とは基本的に樹木の命を絶つ事であり、同様に自身の命にも危険があって、まさに格闘技のようなものだからです。ましてや今回の相手は直径 1 m のヘビー級です。何人ものタッグで石斧を打ち込み、倒した瞬間には大量のアドレナリンが出ていたに違いありません。さらに、1 本数トンはあるので、運搬と地面への立

て込みは伐採以上に人数と気合いが必要になります。深いコミュニティと、強いチームワークがそのムラになれば成し得られなかったでしょう。また、地面に埋められた柱の先は丸く削られ、焼き焦がす防腐処理が施されていました。当時はすでに自然や植物について豊かな知識があった証拠です。

ところで、そもそもなぜ多大な苦勞をしながらも巨大な建物を作ったのでしょうか。目的には諸説あるのですが、職人たちの挑戦心やプライドなど気持ちの高まりによる後押しが、より巨大なものへと進めた可能性はあると思います。六本柱の建物はそれを語っており、縄文時代なのに良く作ったなという上から目線に反論してきます。現代人が、今の技術がある時代に生まれて良かったと思うのと同じように、当時の人々の生活は、知識や技術に自信や満足があった中で営まれていたのではないのでしょうか。それを誇示するがごとく、鼓舞しながら建てたのではないかと私は想像するのです。

機械や道具の発展で間違いなく人間の疲労は軽減し、効率を上げるのに大成功しました。その代償として、人と自然との距離が広がったように思えるのは私だけでしょうか。チェーンソーでの伐採について述べるならば、道具の整備と引っ張り倒す為のワイヤーワークが仕事のほとんどです。刃は勝手に幹へ食い込んでいくので、全身で相対する斧に比べて樹木との対話は薄いでしょう。少なくとも今の私は、縄文人ほどは樹木に密接ではないだろう自分の仕事ぶりを、三内丸山遺跡で認識させられた次第です。これから 5000 年後の未来人は現代のチェーンソーをどう評価するのでしょうか。便利であったと思うのでしょうか、野蛮で危険な道具であったと思うのでしょうか。願わくは私が生きているうちに、より樹木に寄り添い、より対峙できるスタイルの伐採道具が発明されることを期待しています。

## 著者プロフィール

二階堂太郎：1970 年生まれ。山形大学農学部林学科修士課程修了。新潟市のらう造景（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。



# DNA から解き明かす東南アジアの 熱帯雨林の歴史の変遷

大谷 雅人 (おおたに まさと、独立行政法人森林総合研究所林木育種センター遺伝資源部)  
津村 義彦 (つむら よしひこ、独立行政法人森林総合研究所森林遺伝研究領域)

シリーズ  
うごく森 21

## はじめに

東南アジア、とりわけマレー半島からスマトラ島、ジャワ島、ボルネオ島にかけての地域（スンダランド、図-1）は、世界で最も生物多様性の高い地域のひとつとして知られています（Myers *et al.* 2000）。当地域の陸地面積は地球上の全陸地の1%程度にすぎませんが、植物を例に挙げると、現在までに分布が報告された種は25,000種（全世界の植物の約8%）、うち固有種は15,000種（同、約5%）にもものぼります。スンダランドには様々なタイプの森林が分布していますが、低地から丘陵地にかけての水はけのよい土壌の地域に広く分布する熱帯雨林は種多様性が群を抜いて高く、1ヘクタールの範囲に数百種の樹木が生育していることも珍しくはありません。熱帯雨林は、当地域の生物多様性の「ゆりかご」であるといっても過言ではないでしょう。今回の「うごく森」では、このような多様性が生まれる過程で起こっていたと考えら

れている熱帯雨林の地理的なうごきを、DNA分析から得られた証拠を交えてみていきたいと思います。

## 気候変動と生物多様性

スンダランドにおける豊かな植物の種多様性は、どのようなプロセスによって育まれたのでしょうか。有力な要因のひとつとしては、更新世（約258万年前～約1万年前）に入って気候変動が激しくなり、氷期と間氷期が繰り返され訪れたことが挙げられます（Woodruff 2010）。氷期には蒸発した海水が氷床として固定されるため、世界的に海水面が低下し、海岸線が後退します。例えば、最終氷期（約11万年前～約1万年前）には東南アジアの海水面は現在よりも最大で120m低かったことが分かっています（Shackleton 1987）。そのため、マレー半島とボルネオ島の間に広がる浅い海域（スンダ大陸棚、図-1）が完全に陸化し、ひと続きの陸地になっていたと推測されています。一方、間氷期には氷床の縮小に伴って海水面が上昇し、現在と同じように無数の島々が海で隔てられた状態になっていたと推測されています。このように、氷期・間氷期の繰り返しの伴って陸地の面積や連続性が劇的に変動することにより、当地域の植物、特に熱帯雨林に生育する種が分布拡大と縮小を繰り返し、種多様性の増加につながった可能性が指摘されています。具体的には、氷期にスンダ大陸棚を通じて大陸や近隣の島から移住してきた種が、間氷期に各々の島に隔離されることで新たな種に分化したのかもしれませんが、あるいは、逆にそのような経緯で生じた種同士が氷期に再度分布拡大する過程で接触し、交雑により更なる種形成が生じたということも考えられます。

## 熱帯雨林の分布変遷の2つのシナリオ

植物は固着性の生物なので、自由に動き回ることができません。花粉や種子、あるいはムカゴなどの無性的な繁殖器官による分散が唯一の移動手段ですが、1世代で動

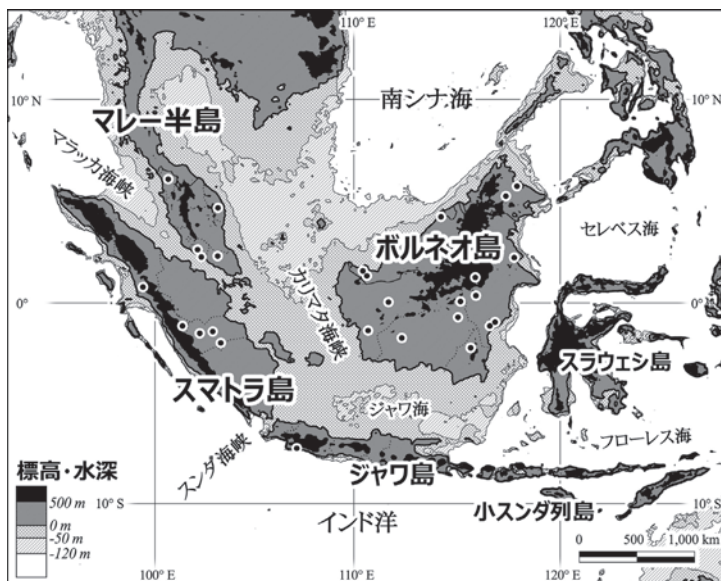


図-1 東南アジアの地理。遺伝解析の対象とした *Shorea leprosula* 27 集団の位置を黒い円で示した。ただし、自然分布域外のジャワ島の1集団は人工林である。

ける距離は大陸や大きな島のスケールからみれば通常は微々たるものです。そのため、氷期の海水面低下によって大陸や近隣の島とひと続きになっても、新天地までひとつ飛びという訳にはいきません。種子が海流散布可能な種などの僅かな例外をのぞき、何世代にもわたる小刻みな分散によって分布を拡大していったと考えるのが自然です。熱帯雨林を構成する樹木を例に挙げると、それぞれの個体というよりは熱帯雨林そのものが移動していくという様相だったのではないのでしょうか。陸化した大陸棚に熱帯雨林の回廊（コリドー）が生じていたというイメージでもよいかもしれません。

空間明示モデルを用いた最近の研究（Cannon *et al.* 2009）では、更新世の氷期における低地の熱帯雨林の面積は現在よりもはるかに大きく、陸化した大陸棚にも広く進出していたという推論がなされています。この仮説が正しければ、スンダランドの島々や大陸がかつて熱帯雨林のコリドーによって頻りに結ばれていたことで現在の高い生物多様性がもたらされたとする議論は十分に説得力のあるものです。ところが、最終氷期の東南アジアの古植生・古環境についての既往研究の多くは、当時のスンダ大陸棚が広大なサバンナによって覆われており、熱帯雨林の分布は陸化したスンダランドの東西端、すなわちスマトラ島のインド洋側やボルネオ島東部などの狭い地域に限られていたという、いわば正反対のシナリオを提示しています（例：Heaney 1991）。

### DNA から解き明かす熱帯雨林の分布変遷

生物の DNA には、その生物が過去にたどってきた分布変遷の歴史が刻まれています。氷期の大陸棚が実際に生物の移住の経路となっていたとしたら、現在のスンダランドの島々や大陸との間で過去に遺伝的交流があったことをうかがわせるパターンが見つかるはずですが。熱帯林をすみかとする哺乳類を対象とした DNA 研究（例：Wilting *et al.* 2010）では、いずれもスマトラ島とボルネオ島が遺伝的に明瞭に分化しており、スンダ大陸棚を通じた移動の証拠は認められませんでした。一方、熱帯雨林の主要構成樹種に関しては、唯一、フタバガキ科ショレア属の一種 *Shorea parvifolia* において、スマトラ島の集団の一部とボルネオ島の集団の一部が近い遺伝的組成を示す（Cao *et al.* 2006; Iwanaga *et al.* 2012）という結果が得られており、かつて両地域間で移住が生じていた可能性が示唆されました。しかし、スンダランドに

広く分布する植物の種内の遺伝的変異を調べた研究そのものが未だ少ないことから、更なる知見の集積が求められていました。本稿では、筆者らが同属の近縁種 *S. leprosula* を対象として行ったより網羅的な遺伝分析の結果（Ohtani *et al.* 2013）について解説するとともに、当地域の熱帯雨林の分布変遷の歴史について考察してみたいと思います。

### ショレア属の一樹種におけるケーススタディ

フタバガキ科は東南アジアの熱帯雨林の林冠を構成する樹木の中では最も代表的なグループのひとつで、今回注目した *S. leprosula* は同科では数少ない広域分布種です。本種はタイ南部からマレー半島、スマトラ島を経てボルネオ島にまで分布し（Symington 2004）、マレー半島等の熱帯雨林においては生育密度においてしばしば他の同属種を凌駕します。筆者らは、分布域をほぼカバーするように選んだ天然林 26 集団とジャワ島の人工林 1 集団（自然分布域外であり、スマトラ島からの移入由来と推測）の 724 個体から葉を採取し、DNA を抽出しました（図-1）。

分析に用いた遺伝マーカーは、EST-SSR（葉や内樹皮などから抽出した mRNA から逆転写酵素を用いて合成した DNA の部分配列中に含まれる繰り返し領域）の多型と葉緑体 DNA の塩基配列多型の 2 種です。前者は両性遺伝で多型性が非常に高いため、比較的最近の分布変遷に由来する遺伝的差異をきめ細かく検出できる可能性があります。一方、後者は母性遺伝、かつ逆に多型性が低めなため、より古い地質時代のイベントを反映していることが期待されます。EST-SSR に関しては、サンプル数の多い 24 集団を対象として、中立な 19 遺伝子座（Ohtani *et al.* 2012）にもとづく遺伝子型を決定しました。葉緑体 DNA に関しては、集団あたり最大で 8 個体を対象として、4 つの遺伝子間領域の塩基配列を調べ、塩基多型の違いにもとづく葉緑体 DNA のタイプ（ハプロタイプ）を決定しました。

EST-SSR の遺伝子型情報にもとづき、*S. leprosula* の分析対象の個体を 2 つの遺伝的グループ（クラスター）に区分した結果を図-2a に示します。マレー半島およびスマトラ島（以下、マレー / スマトラ）の天然林とジャワ島の人工林では特定のクラスター（I）が優占していたのに対し、ボルネオ島の天然林ではそれともう一方のクラスター（II）とが混じっていたことが分かります。

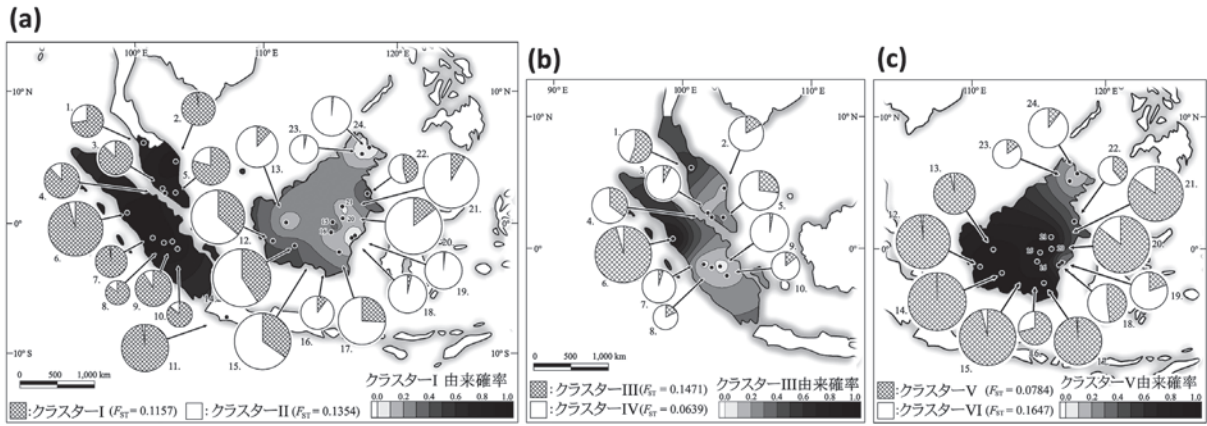


図-2 EST-SSR マーカーを用いた *Shorea leprosula* 集団の遺伝的組成の解析。データセットを2つの異なる遺伝的グループ（クラスター）に分けた場合に、各集団がそれぞれのクラスターに由来する確率を円グラフで示した。(a) は全集団を、(b) はマレー半島、スマトラ島およびジャワ島の集団を、(c) はボルネオ島の集団を対象とした場合の結果である。

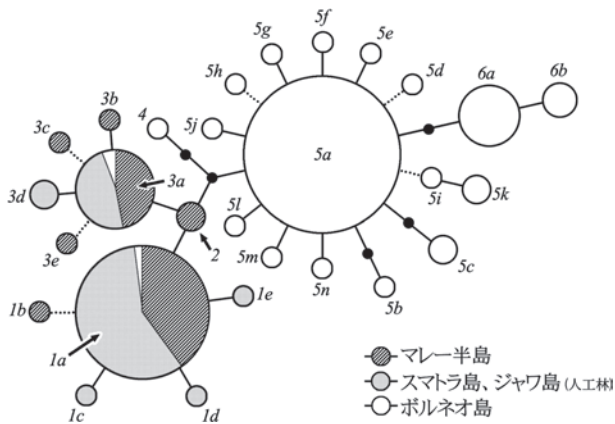


図-3 葉緑体 DNA の塩基多型にもとづく *Shorea leprosula* の 28 のハプロタイプの遺伝的関係。円の色は各ハプロタイプの出現地域に、サイズは出現被度に対応している。小さな黒い円は観察されなかったが存在が仮定されるハプロタイプ、実線は塩基置換、点線は挿入 / 欠失を示す。

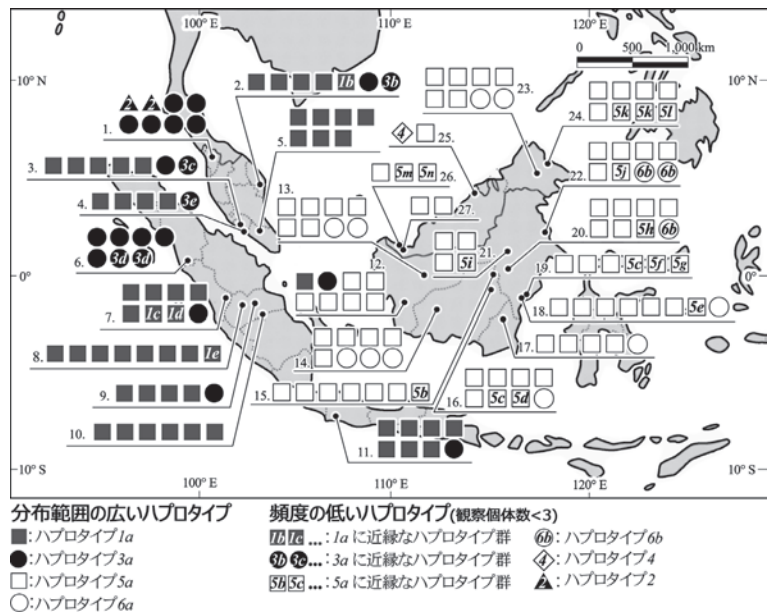


図-4 葉緑体 DNA の塩基多型にもとづく *Shorea leprosula* の 28 のハプロタイプの地理的分布。各ハプロタイプの名称は図3と対応している。

特に同島西部ではクラスター I の由来確率が高く、最大で 4 割近くに達していました。一方、葉緑体 DNA のハプロタイプは、大まかにはボルネオ島とマレー / スマトラに対応する 2 つのグループに分かれていました(図-3, 4)。しかし、ボルネオ島南西部のある 1 集団では、両グループに属するハプロタイプが共存していました(図-4)。以上の結果から、本種においてもマレー / スマトラとボルネオ島との間で遺伝的組成が大きく異なるものの、ボルネオ島の主に西側において部分的に遺伝的混合が進んでいることが明らかになりました。*S. leprosula* の種子は

風により短距離を散布されたのち、短期間で寿命を失うため、この遺伝的混合は、陸化したスンダ大陸棚を経由したかつての移住によってもたらされたと考えるのが自然です。この推論を踏まえて集団をボルネオ島とそれ以外でグループ分けし、葉緑体 DNA の塩基多型情報を用いたコアレセント理論にもとづくシミュレーションを行ったところ、約 28 万年前～約 9 万年前に両地域間で遺伝的分化が生じ、その後は移住率は高くはなかったものの、

主として東向きに移住が生じていたと推定されました。

東南アジアの *S. leprosula* は以下のような歴史を辿ってきたと考えられます。まず、更新世の中期から後期にかけての時期に、祖先集団がスンダランドの西側と東側とで2つの系統に分化しました。このイベントは各々の地域への隔離が生じやすい間氷期に生じたのかもしれませんが。その後の1回ないし複数回の氷期の際に、スンダ大陸棚上に熱帯雨林のコリドーが生じ、現在のマレー半島またはスマトラ島に相当する地域からボルネオ島へ相当する地域への移住が生じたのでしょう。また、氷期・間氷期の繰り返しの中で、ボルネオ島内とマレー/スマトラ内においても東西方向の分布変遷がそれぞれ繰り返されたようです。EST-SSR では両地域において (図-2b, c)、葉緑体ではマレー/スマトラにおいて (図-4)、その結果だと思われる東西の遺伝的勾配が見てとれます。結局、スンダ大陸棚をまたいだ移住は比較的小規模、もしくは短期間なものだったようで、種内を遺伝的に均一にするには至らないまま最終氷期が終わっています。

#### おわりに

以上のことから、氷期に陸化したスンダ大陸棚が、限定的ではあるものの、熱帯雨林の主要構成樹種にとっての移住経路として機能していたことが強く示唆されました。東南アジアの熱帯雨林が氷期に分布を拡大していたとする Cannon *et al.* (2009) の推論に合致する結果ですが、スンダ大陸棚をまたいだ移住が対象種の遺伝構造に与えた影響はあくまで部分的なものだったため、氷期のスンダランドの大部分がサバンナで覆われていたとする従来の見解を棄却するものではありません。古植生学・古気候学的な視点からの研究の更なる進展が望まれるところです。いずれにせよ、本研究で得られた成果は、更新世の気候変動が当地域に豊かな生物多様性を育んだ要因のひとつであったとする仮説の傍証となるものです。

冒頭で触れた同属樹種における先行研究 (Iwanaga *et al.* 2012) では、*S. leprosula* とは逆に西向きに移住が卓越していた可能性が示唆されています。生態的特性の

似通った近縁種ですら移住の方向が正反対であったことから、熱帯雨林の構成種の分布変遷の実態は分散能力や利用するハビタットの違い等によって複雑に異なっていたと想像されます。様々な生態的特性をもつ広域分布樹種について本研究と同様の枠組みでのケーススタディを積み上げていくことが、東南アジアの熱帯雨林のうごきの歴史を解き明かしていく上で、次なるステップとなるでしょう。

#### 引用文献

- Cannon, C.H., Morley, R.J. & Bush, A.B.G. (2009) *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 106, 11188-11193.
- Cao, C.P., Finkeldey, R., Siregar, I.Z., Siregar, U.J. & Gailing, O. (2006) *Tree Genet. Genomes*, 2, 225-239.
- Heaney, L.R. (1991) *Climatic Change*, 19, 53-61.
- Iwanaga, H., Teshima, K.M., Khatab, I.A. *et al.* (2012) *Ecol. Evol.*, 2, 1663-1675.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000) *Nature*, 403, 853-858.
- Ohtani, M., Ueno, S., Tani, N., Lee, S.L. & Tsumura, Y. (2012) *Conserv. Genet. Res.*, 2, 351-354.
- Ohtani, M., Kondo, T., Tani, N. *et al.* (2013) *Mol. Ecol.*, 22, 2264-2279.
- Shackleton, N.J. (1987) *Quaternary Sci. Rev.*, 6, 183-190.
- Symington, C.F. (2004) *Forester's manual of dipterocarps* (2nd edn., revised by Ashton PS, Appanah S). Malayan Forest Records no. 16. pp. 519. Forest Research Institute Malaysia and Malaysian Nature Society, Kuala Lumpur.
- Wilting, A., Christiansen, P., Kitchener, A.C. *et al.* (2010) *Mol. Phylogenet. Evol.*, 58, 317-328.
- Woodruff, D.S. (2010) *Biodivers. Conserv.*, 19, 919-941.

# 岩手県における木質ペレットの流通構造と課題

伊藤 幸男

(いとう さちお、岩手大学農学部、岩手・木質バイオマス研究会)

## 1. はじめに

岩手・木質バイオマス研究会は、岩手の風土に根差した木質バイオマス利用の普及を目指して2000年に設立された任意団体です。岩手県には、1980年代の石油危機の際に日本で最初に木質ペレットの生産を開始した会社があり、その木質ペレットをいかに普及させるかという取り組みを出発点として活動を展開してきました。

木質ペレットは、木材を原料として圧縮成型したもので、直径6～8mm、長さ10～30mmの円筒形をした燃料です。形状が一定であるため自動投入が可能になることや、圧縮されているため他の木質燃料に比べ保管場所が節約できるなど、利便性の高いことが特徴です。この高い利便性を活かし、主に灯油と代替するような家庭用のストーブやボイラーの燃料として利用されています。

木質ペレットは、2002年の改正新エネルギー法において、木質バイオマスが新エネルギーとして政策対象(=補助対象)となったことをきっかけに、全国各地にペレット工場が多数設立され、生産量が増加しました。それと同時に、公的施設ではペレットボイラー、家庭ではペレットストーブの導入が急速に進みました。

当時、全国に先駆けて木質バイオマス利用に取り組んできた私たちは、木質ペレットの需要の動向を把握しきれず、供給が不足しがちな問題を抱えていました。その背景には、木質ペレットの流通を担う事業者が増えたため、流通の全体像が掴みにくいという事情がありました。全国のペレット工場での生産量は(財)日本住宅・木材技術センター(2008)により把握されていましたが、需要側、つまり、ペレットボイラーを導入した施設側のニーズと、生産者から施設までの流通実態の把握が必要となってきたのです。

幸いにも岩手・木質バイオマス研究会は、高速道路関連社会福祉協議会より研究及び普及啓発事業の支援を受けることが出来たため、木質ペレットの流通実態を解明する調査を実施できることとなりました。

調査は、2010年1月から3月にかけて、岩手県においてペレットボイラーを導入している33施設に対して面接形式のアンケート調査を実施しました。その結果、24施設から回答を得ました。これをもとに、ペレットの流通の課題を整理し、木質ペレットの普及に役立てようとするのが、本研究の目的です。

## 2. ペレットボイラーの導入動向

岩手県では、1985年から温水プールなどにペレットボイラーが導入されていましたが、急速に導入が進むのは、前述の通り、2002年の改正新エネルギー法以降です。導入をさらに後押ししたのは、2000年代半ば以降の原油高です。ペレットボイラーを導入した施設及び台数ともに大きく増加し、2009年度までに33施設、47

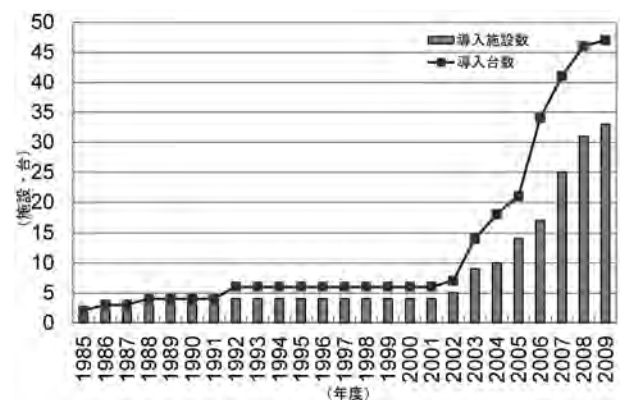


図-1 ペレットボイラー及び導入施設の累計  
資料：岩手県、アンケート調査

# 岩手県における木質ペレットの流通構造と課題

台が導入されました（図-1）。

ペレットボイラーを導入した施設が位置する市町村の数は15であることが分かりました（表-1）。ペレット工場の所在する地域やその周辺、木質バイオマス利用を積極的に進めている市町村に多いのが特徴です。ペレットボイラーを導入した施設がない市町村の数は20（当時）に上り、取り組みが進む岩手県においても、必ずしも全域で普及が進んでいるというわけではありません。

表-1 市町村別ペレットボイラー導入施設数及び台数

市町村	(単位：施設、台)	
	施設数	ボイラー数
二戸市	3	6
一戸町	1	1
九戸村	1	1
葛巻町	4	6
盛岡市	1	1
宮古市	1	2
大槌町	1	1
紫波町	4	4
花巻市	2	3
金ヶ崎町	1	2
奥州市	2	2
一関市	3	3
遠野市	5	10
住田町	3	4
陸前高田市	1	1
合計	33	47

資料：アンケート調査より

ボイラーを導入した施設数の内訳は公的な施設が19、民間施設では2006年度から急速に導入が進み14となりました。公的施設では、保育園や学校、入浴・体験交流施設などで導入が行われました。民間では老人福祉施設においてNEDO（（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構）の事業で導入が進んだほか、温水プールなどでは補助金がなくても導入が進み、採算に見合う運営がなされていることがうかがわれます（表-2）。

2005年度から施設改修時にペレットボイラーが導入されるケースが増えたことが分かりました。ボイラーの更新時にペレットボイラーが選択肢のひとつとして認識されるようになったといえそうです（図-2）。

### 3. 木質ペレットの需要動向

岩手県の調べによると、木質ペレットの需要量は2004年度の1,609トンから2008年度の3,272トン

表-2 ペレットボイラー導入施設の種類の種類

設立主体	施設の種類の種類	施設数	備考
国・自治体等	保育園	3	
	学校	5	小学校4, 高校1
	地区センター等	3	
	事務所	1	ダム管理事務所
	入浴・体験交流施設等	5	
	ロードヒーティング	2	
	小計	19	
	老人福祉施設	8	
	温水プール	3	
	民間	農業	2
	スーパーマーケット	1	
	小計	14	
合計		33	

資料：アンケート調査より

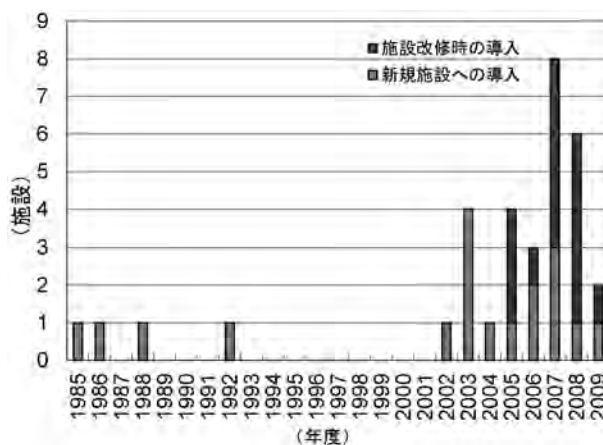


図-2 新設・改修時別ペレットボイラー導入施設数の推移

資料：アンケート調査

へと、5年間で倍増しました。その主な要因はペレットボイラーが14台から46台へと大きく増加したことであり、ボイラーによるペレットの需要量はおよそ9割に達しました。この間にペレットストーブも542台から1,239台へと倍増していますが、ストーブによるペレットの需要量は、理由は分かりませんがむしろ減少しました（図-3）。

### 4. 木質ペレットの流通実態

#### (1) ペレット工場別のシェア

今回の調査では、回答を得ることが出来た24施設に

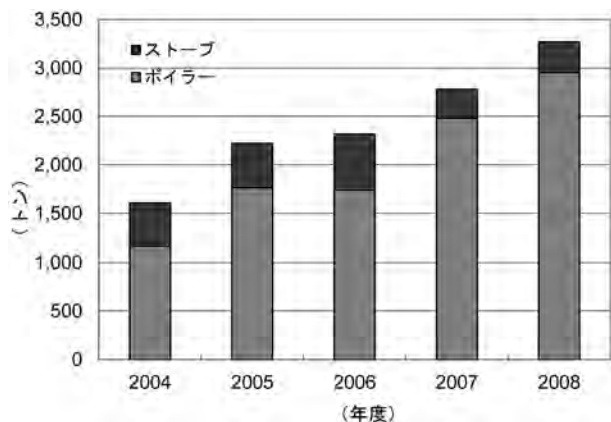


図-3 ボイラー・ストーブ別ペレット需要量の推移  
資料：岩手県

において、2008年度に合計で2,018トンのペレットを購入していることがわかりました。岩手県の調べに対して、施設数では約7割、ペレット需要量では約6割の実態を調査できたということになります。

この24施設が購入しているペレットですが、55%が岩手県内最大手のA社のものでした。一方で、約4分の1にあたる23%が県外からの購入であることが明らかになりました。聞き取りの結果では、ペレットボイラーの販売業者が燃料の安定供給のために県外産ペレットを斡旋する場合と、ボイラー導入の際に県外産ペレットもセットで導入される場合があることが明らかになりました。

## (2) 木質ペレットの流通と流通業者のタイプ

もう少し詳しく流通の仕組みについてみると、岩手県内のペレット工場から直送されるものが41%、流通業者を通じて販売されるものが36%という結果になりました(図-5)。かつては工場直送がほとんどでしたが、今日ペレットの流通には流通業者が重要な位置を占めるようになってきたことがわかります。

そして、この流通業者には3つのタイプがあること

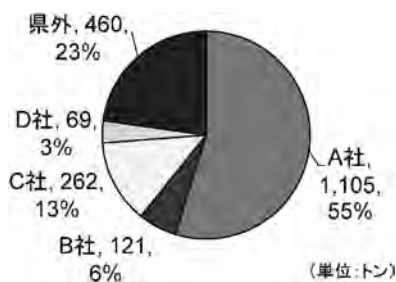


図-4 2008年度における生産工場別ペレット購入量  
資料：アンケート調査より  
注：有効回答数24施設、ペレット購入量合計2,018トン

がわかりました。1つは、入札、営業等により供給先を獲得しペレットを販売するタイプです。2つ目は施設の新築や改修の際にボイラー導入を企画提案し、ペレットもセットで販売するタイプです。このタイプが、2007～2008年度の導入施設増加に貢献しました。3つ目は、ペレット工場の販売・配送業務を請け負うタイプです。

## (3) 木質ペレットの販売価格

ペレットボイラーを導入した施設が購入しているペレットの単価について聞いたところ、どの業者から購入するかで大きな価格差が生じることが明らかとなりました。図-6は1kg当たりの価格別の施設数ですが、26～30円/kgで購入している施設は30%で、工場直送であったり、工場の近隣の施設という傾向がみられました。一方で、41円/kg以上で購入する施設が41%もあり、流通業者から購入していたり、県外産を購入しているという傾向がみられました。

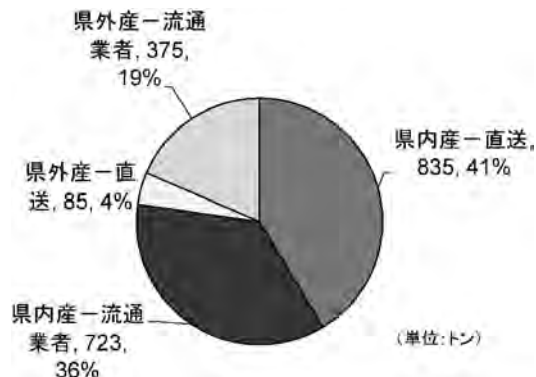


図-5 2008年度における流通経路別ペレット購入量  
資料：アンケート調査より  
注：有効回答数24施設、ペレット購入量合計2,018トン

## 5. 木質ペレット需要の季節変動

岩手県ではかつて、厳しい寒さが続いた冬にペレットの供給が追いつかなくなるという経験をしています。通常、ペレット工場は冬期間の需要に対して秋頃から計画的に生産をおこない、ある程度の需要増に対しても余裕を持った生産計画を立てています。ところが、厳しい寒さが続いた年は予想を上回る需要増に十分な対応ができませんでした。ある工場では、この突発的な需要に対し二交代のシフトで増産しようとしたのですが、原料の入手が追いつかず、生産が間に合わなかったといえます。

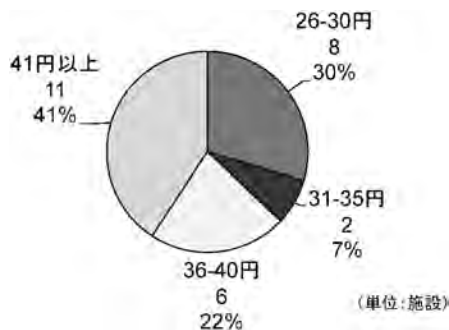


図-6 木質ペレットの1kg当たりの価格別施設数

資料：アンケート調査より

注：有効回答数 27 施設

そこで、今回のアンケートでは、冬期間の需要量のピークの実態について知るために、各施設の月別のペレット購入量について聞いてみました。図-7は、各施設の総和をグラフにしたものです。一目瞭然ですが暖房等の熱需要が高まる冬期間に購入量が大きく増加します。最高は1月の287トン、最低は9月の56トンと実に5倍以上の開きがあります。また、11月から3月までの5ヶ月間に全体の68%が集中するということもわかりました。

このように、冬期間に需要の大半が集中するということがアンケート結果からも裏付けられました。このことが意味するところですが、1年間の需要量としてみた場合には十分供給可能なように思えても、工場の生産力やストック機能次第ではピーク時に生産が追いつかなくなる可能性があるということです。ここで、ピーク時に対応出来る生産能力を持った工場を作ればよいのではと思うのですが、設備投資が過大になったり、原料調達や資金繰りの問題などがあります。夏冬の需要格差問題の解決はそう簡単ではないというのがペレット生産者の声です。

## 6. 今後の課題

全国に先駆けて比較的まとまった木質ペレット市場が形成された岩手県での流通の実態を把握してきました。ペレットボイラーは石油ボイラーに代わる新たな熱源として着実に認識され普及が進んでいることが分かりました。一方、県内でもペレットボイラーが導入されていない市町村が多くあり、まだまだ途上の段階であることが確認されました。普及の拡大にあたっては、ペレットの流通形態を踏まえ、地域ごとにペレット工場を最適に配置することが一つのポイントとなりそうです。また、季

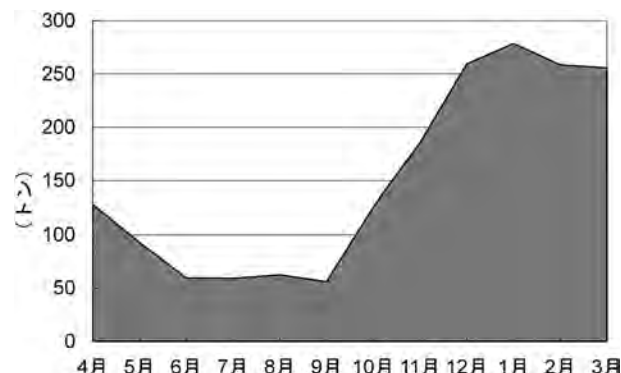


図-7 月別ペレットの購入量

資料：アンケート調査より

注：有効回答数 23 施設、うち暖房のみの施設 13 施設、ペレット購入量合計 1,821 トン

節で需要量に変化するペレットの安定供給を図るには、夏期の需要の掘り起こしが必要なことと、冬期に対応出来るペレット工場の生産力とストック機能を強化する必要があります。さらには工場と流通業者との流通網が発達することで、安定供給が図られることが期待されます。実際に、一部の流通業者は冬期用のペレットを夏期のうちに仕入れるなどして、弾力的な流通に取り組んでいます。

一方で、木質バイオマス利用は地域の資源と経済の循環促進という側面があり、経済合理性だけを追求すれば良いというわけではありません。関わる人たちがそれぞれに満足できる仕組み作りが重要になってきます。岩手・木質バイオマス研究会では、2003年にペレットを広域に流通させるにあたって、ペレット流通懇談会を数度にわたって開催し、関係者の合意形成を図る取り組みをおこないました。現在、木質ペレットの流通が複雑化してきたなかで、改めて生産・流通関係者だけでなく需要者も含めた意見交換の場が必要になってきていると思われます。地域にとって満足度の高いペレット流通のあり方を検討し、その実現に向けて取り組んでいきたいと思えます。

## 引用文献

(財)日本住宅・木材技術センター(2008)木質ペレット利用推進対策事業報告書(平成20年3月). 106 pp.



## デジタル航空写真ではかる

光田 靖 (みつだ やすし、宮崎大学農学部)

## はじめに

森林計測における航空写真の利用には長い歴史があります(渡辺, 1993)。航空写真があれば、下層の状況は分かりませんが、林冠層の概況は一目瞭然です。また、ステレオペアの写真を用いることで立体視が可能となります。立体視を行うことによって、高さ情報を抽出できる、および正しい面積情報を抽出できるという利点が生じます。ステレオペア写真を立体視しながら視差測定棒を用いることで、2地点間における高さの差を計測することが可能です。つまり、近傍に地面が見える場所があれば、地面と梢端との比高として樹高の計測が可能となります。航空写真は中心投影ですので写真中心からの距離と比高に応じたひずみが生じており、写真上の位置は現実の地理座標からずれています。しかし、立体視している場合には正しい位置で見ていることになるので、点の正しい位置が測量でき、林分の周囲測量などの面積計測が可能となります。空中三角測量によって写真全面について中心投影のひずみを補正したものがオルソフォトです。オルソフォトは補正によって正しい地理座標を持つため、立体視をしなくても図面上での面積計測が可能となり、地形図などの地図と重ね合わせることも可能になります。このように紙に焼き付けた(アナログ)航空写真は膨大な森林情報を内包しており、その情報を取り出す写真判読技術は完成の域にあるといつてよいでしょう。代表的な使用事例としては、航空写真の立体視を援用しながらオルソフォト上で土地被覆や林相を判読し、パッチを認識してその面積を計測する、写真内にプロットを設定して立体視によって本数、樹高、樹冠幅などを計測する、といった事例が挙げられます。特に後者は、空中写真林分材積法を用いることによって、林分材積を計測することができ、地上調査を補うものと言えます。このように便利な航空写真判読技術ですが、アナログであるため準備が煩雑であり、計測に手間がかかることから、誰でも簡単に利用できるものではありませんでした。

## GISでの利用

1990年代から森林分野にGISが急速に普及しました。

GISの普及によって地理情報の重要性が改めて認識され、地理座標をもったデータベースの構築に勢力が投入されました。そのような流れの中で航空写真の有効性が再認識され、新たな活用の段階に移りました。それがデジタルオルソフォトです。先述のように、オルソフォトは航空写真のひずみを補正したもので、正しい地理情報をもっていることからGIS上で様々なデータと重ね合わせることが可能です。オルソフォトは航測会社に依頼して作成するのが一般的でしたが、GISソフトによっては航空写真からオルソフォトを作成する機能を持つものがあり、航空写真からパソコンで比較的容易にオルソフォトが作成できるようになりました(小林, 1998)。そうすると、特に研究面で、これまでのアナログ航空写真をデジタル化してオルソフォトへと変換することで利用が拡大していきました(芝, 1998)。このようなデジタルオルソフォトはGIS上で計測に適しており、特に時系列の航空写真から作成したデジタルオルソフォトは、土地被覆の変化を計測するのに最適なデータとなりました。森林域においては原則として5年に1度は航空写真を撮影することとなっており、データのアーカイブは豊富です。日本国内であればかなり高い確率で時系列解析が可能であると思われます。例えば、長澤(2003)は2時点の航空写真からデジタルオルソフォトを作成して約50年間の土地利用の変遷を把握しています。また、航空写真は、衛星リモートセンシングに比べコストはかかりますが任意のタイミングで撮影することが可能です。ある程度の広域を対象としてフェノロジーを研究するのに、航空写真にまさるデータはないでしょう。このようにデジタルオルソフォトが比較的容易に入手できるようになり、航空写真の利用は拡大しました。しかし、デジタルオルソフォトは画像としての情報を利用しているものの、航空写真が内包している高さの情報は活かされていません。

## 3次元計測ソフトウェアでの利用

今、航空写真の利用はまた新たな局面を迎えています。一つの要因は、航空写真の撮影がデジタル撮影となり、撮影時にGPS/IMUによって地理座標や航空機の傾き情報

が取得できるようになったことです。このことによって空中三角測量が半ば自動化されてデジタルオルソフォトの作成が飛躍的に省力化されました。もう一つの要因は、パソコンで3次元立体画像を見る環境が比較的安価に入手できるようになったことです。これに伴って、パソコン上で航空写真立体視を行うためのソフトウェアが開発されています。例えば、林野庁事業「デジタル森林空間情報利用技術開発事業」において株式会社パスコおよび一般社団法人日本森林技術協会が共同開発した「もりったい」や株式会社フォテクが開発している「Stereo Viewer Pro」があります。これらデジタル航空写真測量ソフトウェアの開発は大きな意味を持ちます。先に、アナログ航空写真の利用は煩雑で手間がかかる、一方で、その利用技術は完成の域にあると述べました。パソコン上で立体視を行なってデジタルで計測を行うことができるようになれば、デジタル撮影データさえあれば準備の煩雑さから開放され、計測の手間も格段に少なくなります。これまで培われた航空写真の立体視による計測手法が、デジタル航空写真測量として誰でも簡単に利用できるようになるのです。

#### これからに向けて

パソコン上でのデジタル航空写真測量は、まだ始まったばかりの技術です。アナログから引き継いだ基礎となる技術は堅固なものですが、実用に耐えうるものであるのか検証していく必要があります。デジタル航空写真測量は古くて新しい技術であると言えるでしょう。また、デジタル航空写真測量は新たな可能性を持っています。デジタル化されたことで、他のデータソースを用いた解析も可能になります。例えば、地表面が見えない場合に既存の標高データやLiDAR計測による地盤高データが利用できるかもしれません。デジタル撮影された航空写真からオルソフォトを作成する際には、表面高（建物や樹木などの地物を含む表面の高さ）データが同時に生成され

ます。試しに自動生成された表面高とデジタル航空写真測量によって3次元計測した表面高を比較したところ、非常に近い値となりました（図-1）。自動生成された表面高も立体視で計測したものと同等には信頼できそうです。このような面的な表面高データと既存の地盤高データとの差分から、面的に林冠高を計測することができるかもしれません。さらに、陽樹冠の面積や体積は地上調査では計測することが困難ですが、デジタル航空写真測量ならば可能です。

3次元立体画像をパソコンで見る機材は、ある程度はコストがかかりますが極端に高価ではありませんので、環境を整えて新たな計測に挑戦してみたいかでしょうか？

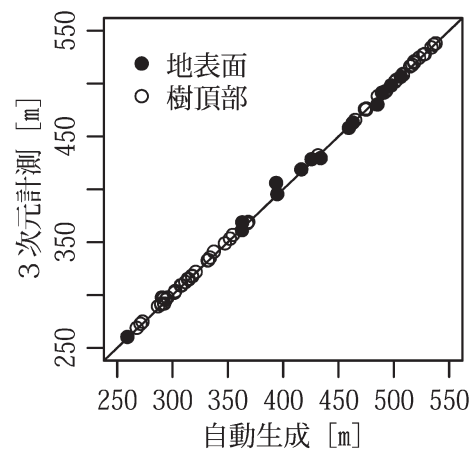


図-1 自動生成された表面高と3次元計測した表面高の比較

#### 引用文献

- 小林（1998）森林航測 185：1-8.
- 長澤（2003）国際景観生態学会日本支部会報 8：33-38.
- 芝（1998）森林航測 185：9-16.
- 渡辺（1993）最新森林航測テキストブック．日本林業技術協会 264pp.

# 記録

## 「研究者家族の様々なカタチ」 単身、別居、同居：研究者カップルの選択

—日本森林学会大会における

### 男女共同参画ランチョンミーティング開催報告—

石崎 涼子 (いしざき りょうこ、日本森林学会男女共同参画主事)

太田 祐子 (おおた ゆうこ、日本森林学会男女共同参画理事)

#### 1. はじめに

第124回日本森林学会大会(会場：岩手大学)において、日本森林学会と日本木材学会の共同企画として、男女共同参画ランチョンミーティング「研究者家族の様々なカタチ」が開催された(2013年3月27日12:00-13:00)。日本森林学会会員25名、日本木材学会会員16名(うち2名重複)、非会員3名を合わせて42名、お子様連れの参加者も複数あり、老若男女、様々な方に御参加いただき、盛況のうちに終わった(写真-1、2)。

今回の企画を共同で主催した日本木材



写真-1 会場の様子  
(写真提供：日本木材学会)



写真-2 親子で御弁当を食べながら  
(写真提供：日本木材学会)

学会は、会員数や女性比率が森林学会と比較的似ている。2012年6月現在、会員数1,733名で、うち女性は15%を占めている。2010年度より男女共同参画担当理事ならびに男女共同参画委員会が設置され、男女共同参画の促進に取り組んできた。男女共同参画委員会は、2013年度よりダイバーシティ推進委員会に改称され、より多様な立場の方々の多様な形での参画を推進する活動へと広がっている。

一方、森林学会は、2013年6月現在、会員数が2,183名で、うち女性は16%である。森林学会が男女共同参画へ向けた取り組みを開始してから約10年が経過している(図-1)。2006年から大会時に男女共同参画関連企画を開催するようになり、過去4回は主に若手研究者が抱える課題に焦点をあてた議論を行ってきた。そのなかで、研究者が抱える不安や悩みの1つとして話題にあがったのが研究者家族における距離の問題であった。今回は、開催校である岩手大学の協

力を得て、この問題に焦点をあてた議論の場を設けることとなった。

#### 2. 研究者家族における距離の問題

森林研究に携わる職場は、数が限られているうえ全国に散らばっており、共働きの場合は、配偶者の職場と離れているため別居せざるをえないケースも少なくない。2007年に男女共同参画学協会連絡会が実施した調査によると、森林学会会員で配偶者がいる者のうち、男性で3割以上、女性では5割以上が単身赴任を経験しており、その期間も女性会員では4年以上の長期間にわたるケースが少なくなく、なかには10年以上に及ぶケースもみられる(男女共同参画ワーキンググループ、2008)。他学会等も含めた研究者全体のデータをみると、配偶者がいる女性のうち単身赴任の経験者は44%だが、その期間は2年以下の短期に集中しており(男女共同参画学協会連絡会、2008)、森林学会の女性研究者の単身赴任は、日本の研究者のなかでも特に多く、長いといえる。

単身赴任といえば、一般的には、家族で共に暮らす本拠地があるなかで、転勤により夫婦のいずれかが一定期間、家族と離れて遠方で暮らす状態を指す。だが、研究者家族のなかには、同居の期間や予定が無いまま別々に暮らさざるを得ず別居婚となるケースも少なくない。また、家族との距離の問題は、夫婦間だけではない。離れて暮らす親の介護にもある。男女問わず、仕事とともに家事、育児等を担う研究者が増えているなかで、研究と生活をどう両立させていくかは、研究者にとっての大きな課題の1つである。

- 2002 \*大会時における保育室設置の開始
- 2003 \*男女共同参画理事の設置
- 2004 \*男女共同参画協会連絡会への加盟  
\*男女共同参画主事の設置
- 2005 \*男女共同参画WGの設置  
\*男女共同参画アンケート調査の実施
- 2006 \*シンポジウム「男女で拓く森林のサイエンス」開催
- 2008 \*緊急ランチョンミーティング!お昼だけの 討論会「若手研究者はどう生き抜くのか?」開催
- 2010 \*ワークショップ「雇用不安定な若手研究者の支援のために」開催
- 2012 \*ラウンドテーブル・ディスカッション「女性研究者のキャリアアップ」開催  
\*男女共同参画メーリングリストの設置
- 2013 \*ランチョン・ミーティング「研究者家族の様々なカタチ」開催
- 2014 \*100周年記念特別セッションオープン・ディスカッション開催予定

図-1 森林学会における男女共同参画活動のあゆみ

### 3. ランチョンミーティングの概要

ランチョンミーティングでは、まず、岩手大学の松木佐和子氏と山下梓氏より「仕事・生活、二者択一にならないための秘策とは?～『両住まい手当』を施行して2年～」と題する話題提供を、森林総合研究所の古澤仁美氏より「森林総合研究所における『研究者家族の様々なカタチ』」と題する話題提供をいただいた。

松木氏は、フィンランドの研究者家族と岩手大学の女性研究者の様子を具体的に紹介するとともに、岩手大学が遠距離カップルをサポートするためのユニークな制度、「両住まい手当」を導入したいきざつを説明した。

単身赴任という家族形態は日本独特のもので、英語では単身赴任に相当する言葉自体が存在しないと聞かすが、フィンランドの研究者はどう考えているのだろうか。松木氏がインタビューしたフィンランドの研究者カップルは、夫もしくは妻が心から望む職が得られた場合は、長期間離れて暮らすことを避けるため、たとえ海外であっても家族で移住し、配偶者はそこで可能な限り自分の望む職を探すのだという。

一方、岩手大学の大学教員の場合、女性で3割、男性で2割が夫婦別居の状態にあり、給料の多くが新幹線代に消えていくという人も多いという。女性研究者を増やそうと様々な試みがされているが、岩手大学に採用された女性研究者のなかには配偶者との別居を解消するために離職するケースが少なからずある。そこで、女性研究者の勤務継続を促すために設けられたのが「両住まい手当」である。この手当は、就業上の理由で日常的に配偶者やパートナーと住まいを別にする2カ所居住（両住まい）をせざるを得ない女性教員に対して支払われる、月額2.3万円の手当であり、岩手大学独自の制度である<sup>1)</sup>。

松木報告に続く山下氏の報告では、現在は女性教員に限られている「両住まい手当」の支給対象を男性や教員以外にも広げるべきとの意見があり、議論が続いていることが報告された。

山下報告のなかで印象深かったのは、

「両住まい手当」の申請を呼びかける通知文書において、女性の配偶者＝男性という認識から「夫」という語を用いるのでは無く、同性婚も排除しない「配偶者」という語が用いられたとのエピソードであった。これまで男女共同参画の議論においては、女性の問題ばかりに焦点が当てられがちであったが、女性を含むマイノリティへの配慮という視点から捉えると、見落とされてきた点が多々あるのかもしれない。

3人目の話題提供者である古澤氏は、森林総合研究所の職員の実態や研究者家族の実例を紹介した。職員アンケートによると、配偶者がいる研究職員の子供の数は、妻が専業主婦である男性、妻が正規職員である男性、配偶者のいる女性の順に少なくなっており、配偶者のいる女性の3割は子供がいない状況だという。研究者家族の実例として、夫の育児休業、自治体のファミリー・サポート制度、電機家電など様々な手段や制度を活用して、多忙な育児期を乗り越えてきた例が紹介された。また、最後に今後の課題として、育児だけではなく、介護と仕事の両立に対する不安や問題を抱える職員が多くおり、支援体制の充実が求められていることが指摘された。

以上の話題提供の後、参加者間でのディスカッションが行われ、フロアの参加者からも、別居婚に対する思い、家族と一緒に暮らすための努力など、様々な経験談が示された。また、男性の参加者から「両住まいとなっても働きたいのか、それとも同居が良いのか、女性の本音が聴きたい」との発言があり、逆に女性参加者からも「男性の本音が聴きたい」との声もあがった。そして、いよいよ議論が白熱しそうだというところで、残念ながら時間となりミーティングを終了せざるを得なかった。十分な時間を確保できなかったことを企画担当者としてお詫びしたい。

### 4. 今後に向けて

今回のランチョンミーティングには、育児世代の男性参加者も多かった。ディスカッションのなかでも男性参加者から

「女性だけの問題ではなく、みんなの問題として捉えたい」とのコメントが出るなど、仕事と家庭の両立という課題が女性だけの問題では無くなっている事実が印象づけられた。男女共同参画という課題は、従来の仕事中心で生きる男性だけではなく、多様な人々が活躍できる場をどう築くかという課題であり、性別のみならず、年齢、国籍、障害の有無など様々な個々の違いや個性を尊重して、それを活かす仕組み、すなわち「ダイバーシティ」の推進へと広がる課題である。

来年4月に大宮で開催される大会では日本森林学会100周年記念事業の一環として、国際的に第一線で活躍する海外からのゲストも交えて、男女共同参画からダイバーシティの推進までを展望するオープン・ディスカッションを開催する予定である。森林におけるダイバーシティを探索してきた森林学会として、人間のダイバーシティ推進にどのように貢献していくのか。多くの皆様に御参加いただき議論できればと期待している。

### 注

1) 「両住まい手当」等岩手大学の取り組みの詳細は、下記URLを参照のこと。  
<http://www.iwate-u.ac.jp/gender/support/support.shtml>

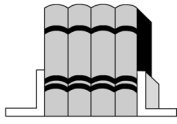
### 引用文献

男女共同参画ワーキンググループ (2008) 『『科学技術系専門職における男女共同参画実態の大規模調査』—森林学会関係者の回答を中心に—』

<http://www.forestry.jp/introduction/gender-equality/report081128.html>

男女共同参画学協会連絡会 (2008) 科学技術系専門職における男女共同参画実態の大規模調査、36-37頁

[http://annex.jsap.or.jp/renrakukai/2007enquete/h19enquete\\_report\\_v2.pdf](http://annex.jsap.or.jp/renrakukai/2007enquete/h19enquete_report_v2.pdf)



ブックス

イギリスのカントリーサイド  
人と自然の景観形成史

昭和堂、オリバー・ラッカム (著)、  
奥 敬一・伊東宏樹・佐久間大輔・篠  
沢健太・深町加津枝 (監訳)、2012 年  
12月、656ページ、7,875円 (税込)、  
ISBN978-4-8122-1142-7

手前味噌で大変恐縮だが、昨年出版された「イギリス国立公園の現状と未来—進化する自然公園制度の確立に向けて(北大出版会)」に、編著者として参加した。イギリスの国立公園の多くは、いわゆる原生地域ではなく人間の手が至る所に加えられた美しい農村地域—カントリーサイド—によって構成されている。イギリスの国立公園を調査しながらいつも気になっていたのが、あの美しいカントリーサイドの風景は一体どのようにして形作られたのか、という疑問である。この問いに対する答えを提示してくれるのが、まさに本書である。本書の著者オリバー・ラッカム氏は歴史生態学を専門とし、古文書、古地図、花粉分析などを駆使してカントリーサイドの来歴を明らかにしている。その対象とする範囲はカントリーサイドの隅々にまでわたり、動植物から樹林地、耕作地、生垣、道路まで、カントリーサイドの構成要素をほぼ網羅している。最終氷期が終わった紀元前1万1000年以降、ブリテン島のほと

んどを覆っていた森林は人々の手によって切り開かれ、紀元前2000年には国土の大半が農地かヒースランドと呼ばれる樹木の生えていない土地に変えられてしまった。このような土地はその後現在に至るまでの1000年間、ほとんど変化していないという。その中でも特に、「樹林地は歴史生態学のまさに中心」と筆者が述べるように、さまざまな手法を駆使して樹林地の来歴を見事に描き出す記述は、森林科学系の読者にとっても非常に興味を引くものであろう。

本書の訳者は、我が国における里地・里山研究の第一人者達である。このような大著が専門家たちの手によって訳され、日本語で読めるようになったのは非常に嬉しい。わが国の研究界においても近年、過去から現在に至る植生景観の変遷に関する研究が盛んに行われるようになってきている。これは、生物多様性に関して、過去の履歴や、自然と人間とのかかわり合いから生まれた文化的景観の意味や価値を正しく理解することの必要性、重要性が高まってきているからに他ならない。日本の里地・里山が辿ってきた歴史は、イギリスのカントリーサイドのそれとは全く異なる。しかし、本書の各章の冒頭には、訳者による簡潔なコメントが挿入されており、わが国とかの地との対比という点からも興味深い視座を与えてくれる。イギリスのカントリーサイドに関心を抱く読者にとどまらず、わが国の里地・里山の保全を考えていく上でも大きな示唆も与えてくれるはずである。

八巻一成

(森林総合研究所 北海道支所)

## 馬搬作業から想うもの

立川 史郎 (たつかわ しろう、岩手大学農学部共生環境課程)

**私**は昭和 56 年に岩手大学に着任し、もう 30 年以上になる。私の専門分野は森林利用学で、これまで主に東北地方の現場をフィールドに、林業の機械化や路網の整備などについて研究してきた。

着任した頃の東北地方では、民有林の間伐の機械化などに種々の機械が導入される一方で、機械化以前の伝統的な搬出方法である木馬(きうま)、畜力(馬搬、牛搬)などもまだ行われていた。木馬は丸太を乗せた櫓を人が引っ張って搬出する最も原始的な方法であるが、25 年ほど前に岩手県大船渡市で見る機会があり、当時まだ珍しい家庭用ビデオカメラにその様子を取めることができた。木馬道の途中には橋がかかっており、枕木の間は隙間が空いているために、よく足を踏み外さないで歩くことができるものと冷や汗を掻きながら記録したことを覚えている。

畜力による搬出は岩手県では県南部を中心に行われていたが、今から 10 数年ほど前に岩手県庁の F 氏の紹介で、農業のかたわら馬搬作業を行っている石鳥谷町(現花巻市)在住の馬方さん(馬搬の従事者)を知り、盛岡市近郊の現場を見せてもらった。当日は 2 人で作業しており、そのうちの 1 人は馬方さんに馬の扱いを教えた師匠さんであった。盛夏の暑い日であったが、田んぼの畦道を馬が荷車を曳いてのどかに歩いている姿に感動した。周囲の景色と実に見事に調和しており、機械化の進む社会でもこういう作業がいつまでも続いてほしいものだという思いに駆られた。

しかし当時は馬方さんも高齢化が進み、やがては消え去る運命の作業と思っていたので、今のうちに学生達にも見てもらいたいと思い、その後、学生を連れてたびたび現場を訪れた。初めて見る馬

搬作業に大いに関心をもつ学生も多く、卒論のテーマとして取り組む者も現れた。

そうこうするうちに、3 年ほど前に先ほどの F 氏から「遠野市で馬搬作業を受け継ぎたいという 30 代の若者がいる」との情報をいただいた。遠野市でも、長い間馬搬作業を続けてこられた馬方さんが地元の新聞などで取り上げられるようになり、その存在は知っていたが、30 代の後継者が現れるとは思ってもみなかった。遠野市周辺は昔から馬産地として知られ、馬と人々との繋がり強い地域であるが、こうした歴史をもとに「馬の里遠野」として地域おこしにも取り組むようになっていた。その一環として、馬搬作業を継承したいという若者の育成・活動を支援するために、遠野馬搬振興会が設立された。

そうした活動の成果もあり、遠野市では現在、馬搬作業に取り組む 30 代の若者が 2 人に増え、最近では各種のイベントや新聞、テレビでもたびたび取り上げられるようになった。このような報道の中で「馬搬作業は環境に優しい作業」として紹介されることが多い。しかし馬搬作業が機械作業と比べてどのような点でまたどの程度「環境に優しい」のか、定量的にはほとんど明らかになっていない。そこで遠野市内における馬搬作業跡地において、土壌硬度や土壌の有機物含有量、下層植生量などについて調べた結果、土壌硬度は機械跡地に比べて搬出路を中心に全体として小さいことなどはわかった。しかし植生の回復量などについては不明な点も多く、今後の長期的な継続調査が必要と考えている。

戦後の日本が高度経済成長期を中心に追い求めてきた効率最優先の社会の中で、消え去った多くの技術・システムが

ある。その中にはもう一度再評価すべきものも多くある。林業は自然に寄り添い、自然の力をうまく利用しながら上手に人為を加えていく仕事である。傾斜地が多くて大変というが、かつての搬出方法である修羅(しゅら)や野猿(やえん)などは逆に急斜面をうまく利用した技術で

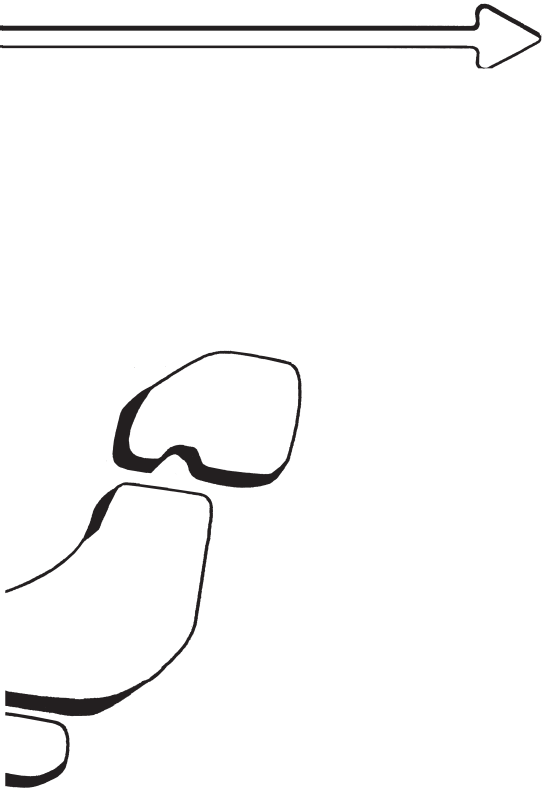
## 北から



「麻薬って、どこで買えますか…？」まさか自分の口からこんな言葉を発する日がくるとは。どうしてこんな道に彷徨いこむことになったのか、事の次第をお話したい。

そもその発端は、県の研究機関に配

あった。先人がこれまで築き上げてきた優れた技術の多くは、自然を巧みに利用したものである。馬搬作業も含めて、伝統技術と最先端技術がそれぞれの長所をうまく補完し合いながら、新たな林業システムを構築していくという視点も大事なのではないかと思っている。



## 南から

日本森林学会支部だより

属になり、研究課題としてシカ害を担当することになったことから始まる。光合成や蒸散などを専門としていた自分にとっては、新たな分野に身を投じるといって、期待と不安で胸を躍らせていた。最初の二年で、簡易防鹿柵の開発と

いう研究課題を何とか終了。しかし、守るだけではシカ害問題の根本的な解決にはつながらないということで、今年度からの課題は「攻めること」、すなわち個体数調整に向けた調査を行うことになった。

個体数調整を目指すといっても、そのような研究の経験もないため、何を調査すべきなのか、まずは各種学会や研究会で聞き取り調査を行うことから始めた。多くの方からのアドバイスを踏まえた結果、シカの分布や密度、そして行動特性を明らかにしておくことが必要だろうということになった。

県にある膨大な資料を調べれば、シカの分布や密度はすぐにはわかるだろうと踏み、野生生物の担当部局に問い合わせしてみたが…、「シカの密度は狩猟者からの情報を元に推定しています。」えっ？聞き取りのみ？誤差が大きすぎやしないか？「ぜひうちにも結果を教えてください。」…つまり正確なことは不明なんです。シカの密度の推定には、聞き取りデータに加え、区画法等のデータをベイズ統計学により解析するのがよいということ。これまで避けて続けてきたベイズ、やはり勉強しなきゃだめか…。区画法もコンサルに委託する費用がないため、自分達で行うこととなった。また、ライトセンサスについては長野県林業総合センターに行き手法を教えていただいた。

次にシカの行動特性について。GPS首輪で調査しよう、と考えていたものの、首輪の値段を見てビックリ。軽中古車を買えるような値段じゃないか！うちの県では、3万円を超えると備品になってしまうし、第一予算がない！どうすべきか、と思っていた矢先、救いの手が入った。森林の問題を扱っているNPO法人と共同研究を組めることになったのである。GPS首輪はNPOで買っていただけ

ということ。さらに、連携協定を結んでいる静岡県森林・林業研究センターから、GPS首輪についてアドバイスを頂けることになった。

どうやってシカにGPS首輪をとりつけるか。静岡県では麻醉銃を使っているらしいが、到底うちで買えるような値段ではない。そうだ、吹き矢だ！シカを専門にしていた大学の先輩に問い合わせるとともに、県の家畜保健衛生所から実務的な情報を得た。しかし、麻醉吹き矢を使うためにはシカをワナで捕まえておかなければならない。今度は県の農業試験場に捕獲の専門家がいるということで、効果的な捕まえ方を教えていただいた。すると、捕獲に効率的な新型のワナが、我々のセンターの近くに設置されているということ。ぜひその新型ワナを利用したい！ということで、新型ワナの関係者である地元民・市・農協にそれぞれ趣旨説明とワナ利用のお願い巡り。幸い快く協力していただけることになった。

吹き矢につめる麻醉薬は？ということで、静岡県に話を聞いたところ、「使う薬品は麻薬なんで、麻薬研究者になる必要があります。」ま、麻薬？おそろおそろ麻薬担当部局に問い合わせたところ、麻薬保管庫さえ設置できればなんとかなりそう。問題は値段であったが、無事3万円以内。保健所と打ち合わせしながら、これまた煩雑な手続きをこなし、ついに麻薬研究者に。冒頭の質問はこの後にしたものである。

準備だけでこのようにてんやわんやだったものの、行く先々でこの研究の成果が期待されていることも分かり、一段と気合も入った。この後、本調査に突入し、そこで我々は大事件を引き起こしてしまう予感がするが…、それはまた別のお話。

## 暗中模索のシカ調査～準備編

江口 則和 (えぐち のりかず、愛知県森林・林業技術センター)

# 森林科学 70

予告

## 特集

### 桜の系統と保全 (仮)

森めぐり

### 太古のバイカルの森を探る (仮)

### 東アフリカ・ジブチ共和国の森林 (仮)

森林科学 70 は 2014 年 2 月発行予定です。ご期待ください。

#### お知らせ

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

#### 森林科学編集委員会

委員長	田中 浩	(森林総研)
委員	宮本 麻子*	(経営/森林総研)
	菊地 賢*	(遺伝/森林総研)
	藤田 曜	(動物/自然環境研究セ)
	北村 兼三	(気象/森林総研)
	谷脇 徹	(保護/神奈川県自然環境保全セ)
	笹川 裕史	(経営/日本森林技術協会)
	橋本 昌司	(土壌/森林総研)
	都築 伸行	(林政/森林総研)
	磯田 圭哉	(育種/森林総研林育セ)
	橘 隆一	(防災/東京農大)
	吉岡 拓如	(利用/日本大)
	田中 憲蔵	(造林/森林総研)
	宮本 敏澄	(北海道支部/北海道大)
	白旗 学	(東北支部/岩手大)
	逢沢 峰昭	(関東支部/宇都宮大)
	松浦 崇遠	(中部支部/富山県森林研)
	長島 啓子	(関西支部/京都府大)
	加治佐 剛	(九州支部/九州大)

(\*は主事兼務)

## 編集後記

69号特集は、「ササのユニークな生態とその管理・利用」をお届けします。ササとといいますと、七夕やパンダを思い浮かべる方も多いかと思いますが、よくよく考えてみると、その際にイメージしているのはササよりもタケであることが多いのではないのでしょうか。ではササとタケとの違いは？という、分類学的には、『地上部が成長した際に桿鞘（タケノコの皮）が外れるのがタケ、残っているのがササ』になるそうです。また言葉としてはサイズが大きいものにタケが、小さいものにササがあてられているようです。このように大きな違いは無いものの両者を分けて命名しているということは、日本人にとって如何にタケ・ササが身近なものであったかが伺えます。

ただ現在では、人里周辺で竹林を形成してしばしば問題となっているタケと比べると山間部に生育するササは、幾分マイナーな存在といえるかもしれません。ただササは、その旺盛な成長力で林床の他の植物の成長を圧倒するため、ササの分布する地域では、いかにその密度を管理する

かが林業の成果に関わる重大な問題であり続けています。

その一方で、ササは有史以前から国内に広く分布しており、森林生態系の重要な一員でもあります。また地上部同士が地下茎を介して繋がっているクローナル植物であり、さらに林床植生としては破格のバイオマスを持つというササの特徴は、生態系の物質循環に大きな影響を与えています。そしてなにより、非常に長いタイムスパンまた広範囲にわたって同調して開花・結実し、枯死するというユニークな生活史を持つ魅力的な植物でもあります。

本特集が、知ってはいるけど少し遠い存在、そして時には厄介者扱いされるけれども個性あふれるキャラクターであるササについて、少しでも興味を持って頂くと共に理解を深めるきっかけとなるようでしたら幸いです。

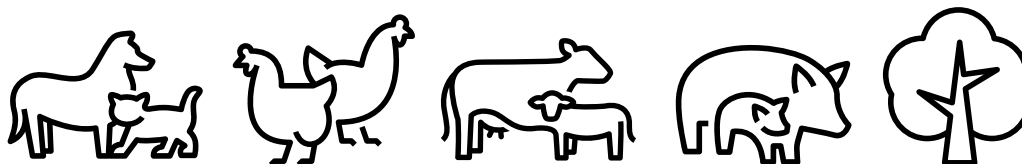
森林科学では、特集の内容について随時募集しています。今後組んで欲しいという内容がありましたら、編集部までご連絡いただければ幸いです。

(編集委員 壁谷大介)



# zoetis

さらなる飛躍をめざして。



## ファイザーのアニマルヘルス部門を受け継いで、 新会社「ゾエティス」誕生。

2013年4月1日、

ファイザー株式会社のアニマルヘルス事業部門は、新会社「ゾエティス・ジャパン株式会社」として独立いたしました。

社名の「zoetis」は、「生物の」という意味の「zoetic」に由来しています。

また、「zo」は「zoo(動物園)」など動物に関連し、動植物に特化した会社の性格をあらわしています。

「ゾエティス」は、そのすべての製品を受け継ぎ、

動植物の健康に特化する形でさらにパワーアップしていきます。

「ゾエティス」を、どうぞよろしくお願いいたします。

**ゾエティス・ジャパン株式会社**

〒151-0053 東京都渋谷区代々木3-22-7

「ぽんっ」と叩いて即座に診断。  
 — 打撃音樹内腐朽簡易診断装置 —

# ぽん太



○今まで樹木医などの専門家では判断できなかった打診音を客観的な数値で評価できます。  
 ○多くの大学や協会からも推薦をいただいています。

樹種を選び、周長を計測・入力、あとは「ぽんっ」と5回叩けばOK。

## ① 機種の種類

測定する樹種を選択します。樹種ごとに値が異なりますので、正しい樹種を選んで下さい。  
※下記の14樹種に対応しております。#23.10現在

- ・アオギリ
- ・イチョウ
- ・クス
- ・ケヤキ
- ・サクラ
- ・フラタナス
- ・トウカエデ
- ・モミジバウフ
- ・ユリノキ
- ・ヒノキ
- ・クロマツ
- ・アカマツ
- ・スギ
- ・ホブラ

今後、随時樹種を追加します。  
 追加した場合は、無料でアップデートいたします。



## ② 直径の入力

メジャーで直径を測ります。



測った直径を入力します。数値の入力は指でできます。

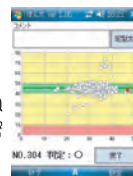
## ③ 打診音の計測

胸高の位置を、専用のハンマーでリズムカルに手首を使って5回打撃します。



## ④ 判定結果

今まで測定したデータとともに、今回測定した結果が表示されます。緑の範囲にはいっていただければおおむね健全です。黄色、赤の範囲では精密診断を要します。



片手で持てるコンパクトさ。  
 優れたコストパフォーマンス。



### ぽん太

価 格：189,000円  
 重 量：306.5g  
 外形寸法：  
 縦 144.2mm  
 横 82.2mm  
 重量 306.5g

### 専用打診ハンマー

価 格：1,680円



最適な打撃音を出します。



データ分析・帳票用印刷プログラム  
 (Windows用)  
 価 格：48,300円

開発・製造・販売

詳しくはコチラ...



株式会社ワールド測量設計

〒699-0631

島根県出雲市斐川町直江4606-1

TEL: 0853-72-0390 URL: <http://www.world-ss.co.jp/>

TEL: 0853-72-9130 メール: [ponta@world-ss.co.jp](mailto:ponta@world-ss.co.jp)

ワールド測量設計

検索

街路樹、公園樹等の正確、迅速な腐朽診断を実現！