

総合地球環境学研究所プロジェクト2-2

**「持続的森林利用オプションの評価と将来像」  
研究会**



2004年12月1日～3日  
於 KKR ホテルびわこ

## プログラム

### 1日 班別研究結果発表

#### 13:00 プロジェクトリーダー挨拶

#### 13:20~15:20 ランビル班 (p. 4~)

13:20-13:45 ランビル公園周辺の土地利用変遷とその背景

市川昌広

13:45-13:55 ラジャン川上流域シハン人の植物利用

加藤裕美

13:55-14:05 沈香木の生息地と個体分布状況

金沢謙太郎

14:05-14:20 サラワク東部の焼畑民イバンによる植物利用および認識の植生間比較

百瀬邦泰・加賀道・小泉都

14:20-14:30 サラワク東部における土地利用の履歴と植物の多様性および繁殖共生の特性

百瀬邦泰・粟沢一樹・加賀道・小泉都・岸本圭子・松本崇・市岡孝朗・田中洋・中川弥智子・

吉村充則・市川昌広・中静透・Lucy Chong

14:30-15:00 ボルネオ低地熱帯林における森林伐採がもたらす蝶類群集の多様性喪失効果

市岡孝朗

15:00-15:20 総合討論

#### 休憩

#### 15:30~17:30 阿武隈班 (p. 24~)

15:30-15:45 阿武隈班概要

新山 馨

15:45-16:00 関本町小川集落(旧山小川村)における森林利用—国有林との関係—

宮本麻子・佐野真琴

16:00-16:15 伐採からの時間経過による森林植物群集の変化—阿武隈山系での広葉樹林とスギ林の比較—

田中浩・新山馨・柴田銃江・八木橋勉・五十嵐哲也・長池卓男

16:15-16:30 森林の分断化・人為攪乱が樹木の送粉に与える影響—イタヤカエデの訪花昆虫調査—

柴田みつえ・末吉昌宏・丑丸敦史 他

16:30-16:45 森林変遷と昆虫の多様性

牧野俊一

16:45-17:00 落葉広葉樹林の林齢と鳥類の種多様性

東條一史

17:00-17:15 日本の鳥類群集の変遷

安田雅俊・川路則友・福井晶子・金井裕

17:15-17:30 樹木個体群の遺伝的多様性

井鷲裕司

17:30~18:30 経済・モデル班 (p. 37~)

17:30-18:00 土地利用ダイナミックスの確率モデル：個人と組織の意思決定が一致するのはどういうときか？  
佐竹暁子

18:00-18:20 多様性関数について  
赤尾健一

18:20-18:30 質疑応答

2日 班別研究結果発表

08:30~10:30 屋久島班 (p. 40~)

08:30-09:00 GIS 班

大正、昭和、平成各時期の地形図に基づく屋久島全体の土地利用の変遷  
D. スプレイグ

屋久島小島地区の土地利用と猿害発生予測  
森野真理

09:00-09:20 植物班

屋久島の森林利用の歴史と森林タイプ  
相場慎一郎

屋久島におけるシダ植物メシダ属 *Athyrium* の遺伝的多様性  
高宮正之

09:20-10:00 動植班

鳥獣による農業被害と自然林の果実生産量の相関  
野間直彦

Bat presence and activity in natural forest and conifer plantations in the warm temperate zone of Yakushima, Japan

D. Hill

森林伐採がニホンザルの集団密度と食物利用可能性に与える影響  
半谷吾郎

10:00-10:30 人文班

本年度佐藤チーム各研究の配置 (安部)

土面川土石流裁判と北スマトラ・ブキット・ラワン土石流事件における言説の類似点  
安部竜一郎

森林とのかかわりにおけるインセンティブ  
浅尾真利子 (欠席のため安部代理)

屋久島の森林ブーニングをめぐる背景  
平野悠一郎

離島と学問：資源系の解明

王 智弘

休憩

10:40~12:40 キナバル班 (p. 66~)

- 10:40-11:00 湿潤熱帯の低地—山地景観における森林利用の変遷とその要因: キナバル山と Deramakot 商業保護林地域の土地利用変遷  
北山兼弘 (京大・生態研)  
生産林における生物多様性と炭素貯留の両立—バイオマス炭素広域把握を強調して—  
北山兼弘・中園悦子・清野達之 (京大・生態研)
- 11:00-11:15 熱帯の低地—山地間での森林利用による植生変化の比較  
武生雅明・清野達之・相場慎一郎・北山兼弘
- 11:15-11:30 熱帯林の材特性の多様性とその利用  
清野達之・北山兼弘 (京大・生態研)
- 11:30-11:45 ダルマコット森林保護区 (マレーシア、サバ州) における森林管理が土壌動物群集に与える影響 (中間報告)  
長谷川元洋・伊藤雅道
- 11:45-12:00 ダルマコット森林保護区における森林利用の評価—飛翔性昆虫群集への影響  
阿久津 公祐・戸田 正憲
- 12:00-12:20 デラマコット森林保護区における哺乳動物の環境利用  
松林尚志
- 12:20-12:30 利用形態の異なる森林生態系の経済評価  
長谷川 弘
- 12:30-12:40 質疑応答

昼食

13:30~18:00 ワーキンググループ別会議 (p. 90~)

3日 プロジェクト運営

08:30-09:30 ワーキンググループの報告

09:30-10:30 全体のビジネスミーティング

休憩

10:40-12:00 コアメンバーによるビジネスミーティング

2002-2004年度 プロジェクト業績集 (p. 92~)

## ランビル公園周辺の土地利用変遷とその背景

市川昌広(総合地球環境学研究所)

### 1. 方法

**航空写真判読**：サラワク土地測量局の航空写真より土地利用を判読。航空写真は、1947年、1961年、1977年、1998年がある。1947年は画質が極端に悪く判読不可能。残り3カ年分から土地利用変遷図を作成。2種類の変遷図を作成。ひとつは、幹線道路、伐採道路、オイルパーム園などの造成による大きな変化を描いた図1。もうひとつは地元住民による村の土地利用の変化を描いた図2。

**背景調査**：政府発行の資料(森林局、農業局年報、サラワクガゼット)、イバン人の村での住み込み調査による聞き取り、農業局普及員からの聞き取り、近隣の町の華人商人からの聞き取り。

### 2. 結果

#### (1) 図1、大きな変化：

**ミリ**：ミリの発展は1910年の石油採掘から始まる。それまでは小さなマレー人漁村。その後、第二次大戦による戦禍、石油採掘量の減少によりさびれる。1971年の海底油田の発掘開始、1980年代の商業伐採の増加によって再び大きく発展。

**道路**：1964年のマレーシアへの併合を契機に開発の優先課題となった道路整備。ミリ・ビントゥル道路は、ミリから建設が始まり、1965年に現在のランビル公園を通過、1972年ミリ・ビントゥル間がつながる。サラワクの道路延長は、1939年の1,090kmが、1966年～1970年の間で760km建設、1972年で1,950km、1996年4,700km(公共事業局管轄道路)。

**商業伐採**：1950～1960年代、泥炭湿地林のラミンの伐採。丘陵林伐採は、木材価格が上がり、伐採システムが確立した1970年代から。サラワクの伐採量は70年代初めから80年代にかけ急増。1991年に以降、減少傾向。バコン川沿いの湿地林での伐採は1950年代に開始。ランビル公園北部の丘陵林での伐採は1960年代初めから開始。

**オイルパームプランテーション**：1969年、サラワク初のオイルパームプランテーションがランビル近くのミリ・ビントゥル道路沿いに。その後、ミリ・ビントゥル間を中心に拡大し続け、とくに1990年代の伸びは著しく、2000年には約30万ha。

**ランビル国立公園**：1955年、フォレストリザーブ(10,546ha)。1964年、第4省開発計画に国立公園として提案。1975年、国立公園に登録(6,823ha)。

#### (2) 図2、村の土地利用変遷

**入植(18世紀末)～1950年代半ば**：バコン川沿いのイバン人は18世紀末からサラワク南西部(現在のスリアマン省、シブ省)からブルック政府の後押しで入植。188年にバラム川流域はブルネイよりサラワク領として割譲。イバン人は、サラワクの財政を支えていた林産物の採集者として、国境を守る住民として期待される。

イバン人は、バコン川近くにロングハウスを建て、そこを中心に開拓開始。焼畑栽培と湿地稲作が日常の糧を得る中心的仕事。コメ以外の野菜、根菜がとれる焼畑栽培が主。バ

コン側流域のパラゴム栽培は、第二次大戦終了以降に本格的に始められた。サラワク南西部では、1920、30年代にイバン人によって盛んにパラゴムが植えられたが、入植後間もないバコン側流域では、野生ゴムのジュルトン採集が盛んであったこともありパラゴム植栽は遅れて始まった。野生ゴムはバコン川沿いで、村から近い華人商人集落に売られた。当時は川が交通手段であった。

**1950年代半ば～1980年代半ば：** 1950年代後半からコメがマルディやミリの町、商業伐採キャンプで売れるようになった。1970年代以降、バラム川流域に伐採キャンプが林立し、コメの需要がさらに増えた。イバン人の村々では、商品米の増産のため湿地稲作の面積を増やした。一方、焼畑の規模は小さくなる。湿地稲作では、村を流れる川に沿って田を作ることにより収穫の運搬が楽にでき、散播により広いところに人手をかけずに植付けできる。パラゴムのラテックスの値は、朝鮮戦争(1950～1年)時をピークに1970年代半ばまで上下。この時期は、湿地稲作とパラゴム栽培がおもな生業。一方、ミリが発展し、ミリ・ビントゥル道路の交通量が増えてくる1970年代初めになると、バコン川沿いの村々にとって、川を通じた川沿いの華人集落よりより、道路によるミリの商人とのつながりが重要となる。道沿いやミリで村の生産物を徐々に売るようになる。道路へのアクセスのよい場所に移ったロングハウスもある。

**1980年代半ば以降：** 安い輸入米により、地元米の伐採キャンプへの商品としての価値は低下。湿地稲作の規模は縮小。道路を使いミリに食用林産物、籐籠、果物、家禽、川魚などの村の生産物を運び売るようになる。村によって商品は少しずつ異なる。湿地が広い村では、コメを作り、ミリで地元産高級米として小売り。コショウは1980年代以降、何度か高値をつけ、栽培が盛んになる。ミリでは建設関係の仕事が増える。村からの出稼ぎが増え、長期化した。1990年代末からは、村びとがオイルパーム園を作り始める。

### 3. まとめ

森のままで、森に戻しながらの土地利用。村を取り巻く社会的、経済的变化に臨機応変な土地利用が可能。

## 沈香木の生息地と個体分布状況

金沢謙太郎（神戸女学院大学）

### ・ 課題

沈香は、東南アジア特有の林産物として長年にわたる交易の歴史がある。東アジアや中東などの消費地において、その文化的、経済的価値はきわめて高い。にもかかわらず、沈香は山奥深くに存在するため、その生態的情報はほとんど明らかになっていない。そこで、報告者は沈香木の分布にかんする定量的調査から試みた。

### ・ 調査地と方法

調査地は、マレーシア、サラワク州、バラム河上流域の Ba Lai 村周辺である。この地域には、商業伐採が入っていない原生的森林が残っている。森林内での調査に際して、村の成人男性の Raymond Pet 氏に同行、協力いただいた。地理的位置と面積の推定には Garmin 社製の GPS (MAP60-CS-AP) と PC 表示ソフト (Trip and Waypoint Manager ver. 6.0) を利用した。なお、各個体の近くで試みた GPS 信号の受信確率はおよそ 6 割であった。また、樹高の測定には Haglo 社の Vertex III、直径の測定には巻尺を使用した。沈香の採取量と品質（等級）評価については、村人の採取物を見せてもらい聞きとりを行なった。

### ・ 結果

集落周辺の 4ヶ所計 90ha において、73 本の沈香木個体（ジンチョウゲ科ジンコウ属 *Aquilaria beccariana*）を記録した。樹高の平均は 9.1m、直径の平均は 11.4cm であった。そのうち、沈香成分が比較的多く含まれていたと思われる 11 本は村人により伐採されていた。腐朽がかなり進行していた 2 個体を除く伐採木の樹高平均は 15.5m、直径平均は 19.9cm であった。なお、樹高 18m 以上で直径 28cm 以上の 4 個体はすべて伐られていた。2004 年 8 月の 1ヶ月間に村人は推定 1,350ha の森林から 4.35kg の沈香を採集した。同量は、仲買人による買い取り価格（1kg 当たり RM50~2,000 の等級別に評価）と照らし、推定で RM1,345（約 4 万円）に当たる。

### ・ 考察／残る課題

Ba Lai 村の人びとが認識している村の境界内には、およそ 18 万 ha の原生的森林が広がっている。18 万 ha に対して、今回得られた沈香木の分布密度をそのまま当てはめると、約 15 万本が分布している計算になる。また、この 1ヶ月間に村人がカバーした 1,350ha を 18 万 ha 全域に拡大したと仮定すると、およそ RM18 万の仲買価格に相当する。Ba Lai 村に隣接する Selungoh 地区には約 30 万 ha、Pulun Tao 地区に約 70 万 ha の原生的森林が残されている。しかしながら、政策的にこのまま何も手が打たれなければ、数年内に木材生産用の商業伐採が入るのは必至である。今後は、土地利用別の沈香木分布を調べ、仮に上記森林で商業伐採がなされた場合の社会・経済的試算と比較検討を行い、この地域での持続的森林利用オプションを追求したい。

## サラワク東部の焼畑民イバンによる植物利用および認識の植生間比較

百瀬邦泰 (愛媛大学農学部)・加賀道・小泉都 (京都大学アジア・アフリカ地域研)

マレーシア・サラワク州東部のイバン族の村の周囲で、原始的な植生と、さまざまなやり方で人為的に改変された植生 (以下、二次林とよぶ) にプロットを設営し、植生調査を行った。また、各プロットにみられた植物の名称と利用法の聞き取りを行った。

原始的な植生「カンポン」は、典型的な低地丘陵混交フタバガキ林であり、ランビル国立公園の中にプロットが設営された。二次林としては、以下の 5 種類の植生を村人が認識しているのでそれに従ってプロットを設営した。すなわち、(1) 用材確保のためや墓場林その他の精神的な場として、小面積が孤立して残されている残存林「プラウ」、(2) 焼畑直後の休閑草地「ジェラミ」、(3) 焼畑後約 5 年目で次の伐開が可能な休閑林「トゥムダ」、(4) かつて焼畑を行ったが比較的長期間放置されている土地「バゲラン」、(5) ゴムが植えられたがあまり手入れがされていない「クブン」の 5 種類である。

植生間で植物の名称と利用法を比較したところ、興味深いパターンが見出された。原生林の植物は、科または属のレベルに対応する名称がつけられている。ごく認識しやすい特徴的な種についてのみ、形容詞が付加されて種レベルで認識される。なお、狩猟採集民のプナンに比べ、用いられる語句は、人体、身近な動物、栽培植物などが多く、形態や生息地を直接表現する形容語句が少ないという特色が見られた。利用については、約 5 年に一度程度の一斉開花時には、果実や動物を探すために頻繁に訪れるが、普段はあまり利用しない。但し数十年に一度のロングハウスの建築では、資材の多くを原生林に依存する。アントゥ (お化け) が多く住み、その多くは非常に怖い、中には特別な呪力を授けてくれるものがある。

二次林の植物では、種レベルで一次名称 (ジェネリック) がつけられており、形容詞を付加して下位分類する必要はない。日常的に利用しており、作業小屋の建築やロングハウスの日常的修繕に用いる木材、道具の素材、薪、野菜、薬品等が採集されるし、狩猟も一斉開花時以外は二次林で行われる。アントゥが多く住み、その中には墓場林に埋葬された死者が含まれる。村で毎年営まれる祭礼において、もてなしの対象となるのは、こうした二次林に住むアントゥ達である。

二次林は日常的に利用し、身近なものであるのに対し、原生林は怖くて近づきたいが、時として大きな恵みをもたらしてくれる。また、原生林の植物に注目すると、狩猟採集民のプナンが、システムティックで直喩的な形容法で多くの植物を命名しているのに比べ、イバンは、身近なもので象徴することによって植物を命名している。

サラワク東部における土地利用の履歴と植物の多様性および繁殖共生の特性  
百瀬邦泰・粟沢一樹（愛媛大農）・加賀道・小泉都（京大アジア・アフリカ）・岸本圭子・松本崇・市岡孝朗（京大人環）・田中洋（名大農）・中川弥智子・吉村充則・市川昌広・中静透（地球研）・Lucy Chong（サラワク森林研究所）

マレーシア・サラワク州東部のランビル国立公園周辺で、様々な土地利用履歴の場所で植生調査を行い、種多様度、幹断面積合計、種子散布様式、花粉媒介様式を比較した。また、周囲の植生、土地利用状況を1977年と1997年の航空写真によって判別し、GISデータベース化した。これを用いて5年前、25年前の周辺植生、土地利用の影響を調べた。また、孤立林についてはその面積の影響を調べた。

現在の土地利用によって種多様度、幹断面積合計、種子散布様式、花粉媒介様式は大きく影響を受けていた。種多様度、幹断面積合計は、原生林と孤立林では同程度で大きく、長期休閑林（19-60年）が中間、短期休閑林（4-5年）が小さい値を示した。ゴム園では幹断面積合計は長期休閑林と同程度だが、種多様度は短期休閑林と同レベルだった。花粉媒介様式については、甲虫媒と鳥媒が原生林で多く、孤立林でやや減少、それ以外の植生（全て二次林）では少なかった。一方、蛾媒とクマバチ媒は短期休閑林に多かった。長期休閑林はこれらの花粉媒介様式において原生林と短期休閑林の中間的な値を示した。これらは、Momose et al. 1998a が示した、「パイオニア種は開花頻度が高く、スペシャリスト型の昆虫によって送粉される」という理論的予測を裏付ける結果だった。もし原生林に多い植物が特殊化した花粉媒介様式をもつ場合は、鳥か甲虫に特殊化する。これらの花粉媒介者は、開花頻度が低く、一度に大量の花が咲いた場合でも効果的に花粉媒介できることが Momose et al. 1998b, Yumoto2000 によって示されている。

種子散布様式については、動物散布型が短期休閑林で最も多く、長期休閑林が中間的で、原生林と孤立林では比較的少なかった。重力散布型の割合はほぼ一定で風散布型が逆の傾向を示した。これより、種子散布様式は、やはり繁殖頻度の影響を受けていると考えられ、繁殖頻度の低い原生林では動物散布型が減ると解釈できる。

孤立林の面積は、種多様度、幹断面積合計、種子散布様式、花粉媒介様式への影響が検出されなかった。過去の土地利用、植生の影響については、プロットから200、400、600m以内の原生林の面積、または原生林、択伐林、孤立林の合計面積の影響を調べた。その結果、種多様度、幹断面積合計への影響は検出されず、種子散布様式、花粉媒介様式への影響は一部で検出された。孤立林や二次林が原生林に近接していた場合、種多様度、幹断面積合計全体には影響を与えずに、パイオニア種から原生林に生息する種への置き換えが起こっているということが示唆された。

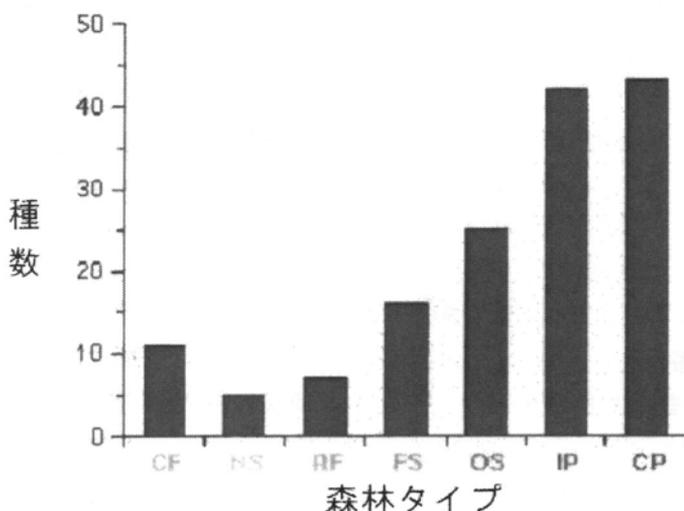
## ボルネオ低地熱帯林における森林伐採がもたらす蝶類群集の多様性喪失効果

市岡孝朗（京都大学大学院人間・環境学研究科）

東南アジアの熱帯低地林に対する焼畑・などの土地利用が、そこに生息する蝶類の多様性にどのような影響を与えるのかを明らかにするために、ボルネオ島マレーシア国サラワク州ランビル国立公園内のフタバガキ混交自然林と、その外側に広がる畑作地・荒地の中に散在している、伐採後の経過年数と利用形態の異なる6種類の孤立林(残存自然林(IP)、老齢林(伐採後20-60年経過, OS)、若齢林(伐採後5-10年経過, FS)、ゴム栽植林(RF)、焼畑休閑林(伐採後5年, NS)、焼畑直後萌芽林(伐採後1年, CF)、および公園内の自然林(CP)に、合計約30箇所の調査プロットを設けて、プロット内の蝶類相を調査して比較した。各プロットにおいて、晴れた日の午前中に、約30分かけて長さ100mの直線トランセクトを2往復するとともに、各2ヶ所の林冠ギャップと林縁部で合計約40分費やして、発見した蝶類すべてを採集するか、目視による種の確認をおこなった。

その結果、以下のことが明らかになった。蝶類の出現種数は、自然林でもっとも多く、残存自然林で次に多かった。伐採後の経過年数の短い林ほど出現種数は少なくなり、森林タイプ間の出現種数の違いは有意な差であった。ごく一部の、開放的な環境や人為的攪乱の影響の強い環境を好むと考えられる種類 (*Papilio demoreus*, *Catopsilia* 属の3種 *Catopsilia pomona*, *Elymnias hypermnestra*, *Ypthima pandocus*) が、伐採後の経過年数のより短い場所で出現頻度が有意に高くなったことを除けば、ほぼすべての種類において、国立公園内の自然林もしくは国立公園内に隣接する残存自然林での出現頻度、個体数が著しく多かった。また、森林の回復過程にある二次林環境に特有な蝶類はほとんど認められなかった。

以上のことから、熱帯林への人為的な攪乱は、蝶類の多様性を著しく減らすとともに、その減少効果は、伐採してから50年が経過しても完全には回復しないということが示された。



**森林を利用した村の発展**  
**バラム川中流域 ロング・ブディアン村において**  
加賀道（京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科）

期間：2004年8月8日～2004年8月28日

場所：バラム川中流域 ロング・ブディアン村

目的：森林環境が村の発展過程でどのように利用されてきたのか明らかにしたい。今回の調査の目的は、次回長期調査に入るための体制を整えることと村の概要を知ることであった。

背景：サラワクは、1970年代後半から大規模な木材伐採が始まり、特にバラム川流域の森林と人々の生活は大きく様相を変えることとなった。住民は州政府や伐採会社との対立を経て、伐採会社という新たな雇用先が生まれ、また伐採道路によって都市への往来が容易になった。今回調査に訪れたカヤン人の村、ロング・ブディアンもこの例に漏れない村のひとつである。

当村では2000年に村へ通じた伐採道路により、村の暮らしが大きく変化したことが予想される。2004年には観光業にも力を入れ始めている。サラワク州としても木材伐採の次の収入源としてエコツーリズムに力を入れているが、この村ではどのような背景のもと観光に力を入れているのだろうか。また残された森林環境（資源）は村の発展にどのように使われているのか、伐採会社や伐採道路の影響により生業がどれだけ変化しているのか。

活動内容：

- ・ 次回の長期調査に向け、村長から調査許可を取得
- ・ 滞在受け入れ家族探し
- ・ 村の概要調査
- ・ マーケットを中心とした聞き取り調査

調査報告：滞在期間中、村長が不在だったため、調査の許しを村の取締役取りまとめ役をお願いし、また滞在先を探した。調査許可が下り、受け入れ家族も得て、次回からの調査の足がかりを作ることが出来た。

今回の調査では、周辺地域の中心になっているマーケットの調査を主に行った。以下にその報告を記す。

### 1. マーケット

村の入り口に位置するマーケットは、村人だけでなくプナン人や伐採キャンプで働く人、また観光客などさまざまな人で賑わう。もともとロングハウスの前で数件経営していた商店を1997年に場所を移し、村の資金で長屋状のマーケットを建設、村人から経営者を募集した。現在では38件の商店が連立している。もともと焼畑農耕民のカヤン人であるが、商店経営者からの聞き取りによると、大分農業離れが進んでいるように見受けられた（表1を参照）。現在も稲作を続ける者は、距離が遠く手入れの大変な陸稲よりも、近くに位置し手入れの比較的楽な湿地田のみを維持している人が多く見られた。

表-1：商店経営者(n=28)の農業離れ

状況	所有農地稲作用の種類		
	件数(人)	湿地	陸稲
稲作を実施	9	8	4
稲作をやめた	17	16	12
稲作の土地を所有していない	2	—	—

(2004年 筆者の聞き取りによる)

また、稲作をやめた商店経営者は、米を村人やプナン人から購入して賄っているということが聞き取りから明らかになった。林産物に関しても、今回の調査では定量的な調査を行わなかったが、大部分をプナンからの供給に頼っているようである。

## 2. 村の概要

ロング・ブディアンは焼畑農耕民族であるカヤン人の村である。人口は1600人、120世帯を持つ比較的大きな村である。とはいえ、出稼ぎなどにより常時村に暮らす人数は600人前後に過ぎない。1947年に自然宗教から改宗し現在では100%クリスチャン（Sidang Ingil Borneo）の村である。村には小学校、幼稚園、クリニックや図書館、また2002年にマハティールが村を訪れ、マレーシアのベスト・ビレッジに認定されると、政府プロジェクトとして衛星を使ったインターネット施設が建設された（発電機を使用しているため夜間のみ使用可）。現在では焼畑のほか、村での商店経営、自家用車を使った村と都市間の輸送業、近隣の伐採会社や都市へ出稼ぎなど、生業の種類が多様に変化している。当村は村人の団結が強く、現在でも村長を中心として住民による活動が積極的に行われている。

## 3. プナン人との関わり

カヤン人の村であるロング・ブディアンだが、その周辺にはもともと移動狩猟採集民であるプナン人の村が散在している。彼らはロング・ブディアンに林産物を持ち寄り、マーケットで現金と交換する。現金収入手段をほとんど持たないプナン人にとって、このマーケットは重要な役割を果たしているといえる。プナン人が持ち込む林産物はラタン（籐）から作った籠やマット、装飾品や、ブローパイプ、ナタなどのほか、森で採れたイノシシやシカ肉、魚、ヤシの若芽、更には米といった食料品にまで及ぶ。彼らは週に一度、伐採会社によるロング・ブディアンへの無料送迎が提供されており、調査しただけでも周囲約30キロに位置する15村のプナンが毎週ロング・ブディアンのマーケットを訪れていることになる。

## 4. 観光に関する動き

2004年から、ロング・ブディアンは観光に力を入れ始めている。当村は、サラワク第2の都市であるミリから車で約6時間のところに位置している。2000年にマレーシアで初めて世界遺産に指定されたムル国立公園へはそこから2時間でアクセスできる。現在のところ当村を訪れる旅行者の最終目的地はムル国立公園である。しかし短時間で楽に到達でき

る空路ではなく、伐採道路を 4 輪駆動車で訪れる旅行者は、旅の過程にも熱帯雨林の冒険的な気分を求めているのだろう。

現在ロング・ブディアンで行われている観光に関する活動内容は以下のとおりである。

- (ア) 村の保護林にある滝を利用した宿泊施設建設
- (イ) ホームステイプログラム
- (ウ) 村の宿泊施設「ホーンビル・ロッジ」
- (エ) ミリからの 4 輪駆動者によるガイド及び送迎  
(主にムル国立公園まで)

**今後の課題：**今後の調査では、まず村の生業などの基本的な村の構造をつかむことが当面の課題となる。また伐採会社が入ってきた 70 年代からの歴史的な変遷や、それに伴う生業の変化を生業調査や聞き取り、文献資料などにより整理する。また、村で行われる諸活動について村長などの中心人物からの聞き取りや、組織構成を調べ、政府との関わりについても考慮する。

博士予備論文では、彼らが村の発展のためにどのように森林環境を利用し、変えていくのかという点に関心を向け、前述したフレームの中で以下の点に注目する予定である。

- ① ロング・ブディアンの森林利用と発展活動を象徴するエコツーリズムについて
- ② ロング・ブディアン（カヤン人）とプナン人の森林産物利用の違いから見える“森”について

①では村の発展に利用される森林という視点のもと、その象徴としての観光開発に焦点を当てる。観光業に携わる村人や、中心となり活動を進める人、観光客などへの聞き取りをおこなう。

もうひとつの視点として②ではロング・ブディアンと周辺プナン村の森林利用に目を向ける。これは林産物の使い分けが存在するという仮説のもと、ロング・ブディアンとプナン人の間に発生する様々な格差の諸原因に迫るのが目的である。村の林産物利用とプナン人がマーケットへもたらす林産物についての定量的な調査を行い、住民とプナン人との森林利用の違いを比較する予定である。また、伐採会社による無料送迎が行われる以前と現在の違いや、関係村の広がりの有無についても調査する予定である。

上記の点を調査するに当たり、カヤン人としてロング・ブディアン村がどのような位置付けにあるのかを把握するため、周辺のカヤン村においても基本的な生業調査を行う必要があると考えている。

以上、博士予備論に向けた今後の調査では、彼らの生活環境である森林に注目を向けることで、変化してきた森林環境をどのように利用し、適応してきたのかを考察することが課題である。

今後の調査予定：2005 年 1 月下旬～3 月  
2005 年 6 月上旬～10 月

## 呼吸消費量を考慮した *Melastoma marabatricum* の性配分比

鴨井 環・濱本恭子・田中憲三・百瀬邦泰 (愛媛大学農学部)

これまでの植物の性配分についての論文の多くが、繁殖コストを乾重で評価し、論じてきた。しかし、繁殖器官は成長や維持のために呼吸をし、グルコースを消費している。そこで、繁殖器官の呼吸量を測定し、呼吸コストも含めた性配分について考察する。

調査は4月下旬から3ヶ月間、マレーシア、ランビル国立公園にて、*M. marabatricum* を用いて実施された。*M. marabatricum* は動物媒の両性花植物で、一年中繁殖を行う。繁殖器官の呼吸量は光合成測定装置(LI-6400)を用いて測定され、測定された繁殖器官は乾燥させ、重量を測定した。また、繁殖器官の成長スケジュールと繁殖器官の生存率を調べるために、毎日、寸法(縦、横の長さ)を測定した。また、繁殖している個体の地ぎわ直径、樹高、そして毎日個体の繁殖器官数を繁殖のステージ(つぼみ小、中、大、花、実小、中、大)に分けて数えた。最後に、各繁殖ステージ20個以上の繁殖器官を集め、寸法と乾重を測定した。

実大を除き、繁殖ステージの呼吸量はそれぞれ温度に依存していた。また、実小と実中には、有意な差が見られなかったため、1つにまとめた。呼吸量は消費されたグルコース量として変換され、繁殖スケジュールでの1日の繁殖コストを図1に示した。呼吸量は全繁殖コストの36%を占めていた。また、各個体の地ぎわ直径と1日に繁殖に投資されるコストをつぼみから花まで(雄機能)と実(雌機能)とに分けたものとの関係を図2に示した。この2つの直線には有意な傾きの差がみられなかった。つまり、*M. marabatricum* ではサイズに関係なく、同じ割合で資源を配分し、雌機能よりも雄機能への配分が多かった。一般的にサイズに依存して雌に偏った資源配分を示すことが報告されるが、この研究では異なる結果となった。

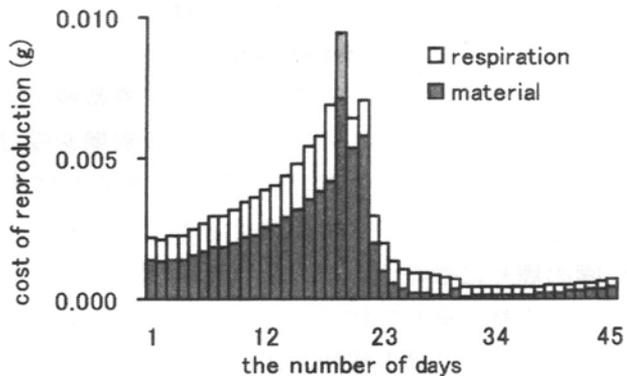


図1.繁殖コスト

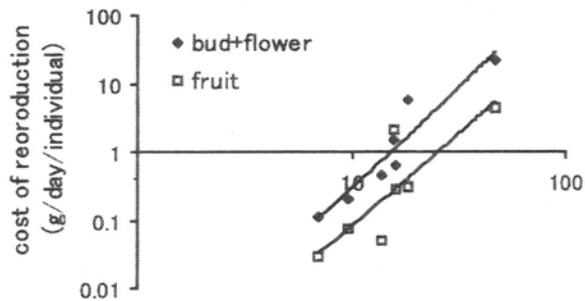


図2.資源配分

## 樹上性アリ類の共生系に及ぼす人為的攪乱の影響—ボルネオ低地林での研究—

田中洋(名古屋大学大学院生命農学研究科)・市岡孝朗(京都大学人間・環境学研究科)・

山根正気(鹿児島大学理学部)

熱帯域の原生林では多様な生物間相互作用が発達している。そのなかでもアリ類は植物や他の昆虫との間に多様で密接な関係を持っている。例えば、アリ類が植物の花外蜜を栄養源として利用する一方その植物が誘引されたアリ類を植食者への防衛手段として利用するといった関係や、アリ類が同翅亜目類の甘露を栄養源として利用しその同翅亜目類が誘引されたアリ類を捕食者への防衛手段として利用するといったいずれも共生的な関係がある。またアリ植物と呼ばれる植物群はその植物体内に特定のアリ種に巣場所を提供するとともにときには花外蜜や栄養体などの餌をも提供することで、共生関係を結びその共生アリによって植食者を排除するという相利共生系を創出している。これらアリ類と植物、アリ類と同翅亜目類の栄養共生系は特に熱帯域において多様な分類群において多様な関係のあり方をもって発達を遂げていることが知られている。

近年、伐採や耕地化など的人為的攪乱によってそのようなアリと他の生物種との相利共生系の発達の基盤となった熱帯域の原生林は急速に減少し分断されている。それに伴い長期間比較的安定であったと考えられる熱帯雨林の生態系に代わり、二次林や草地の面積が急増している。そこでは生物の多様性が失われるだけでなく多様な生物間相互作用が大きな変化を遂げている可能性が高い。しかしこれまで生物間相互作用に対する人為的攪乱の影響を定量的に調べた研究は少ない。熱帯域で多様に発達したアリ類を中心とした相互作用系が人為的攪乱によってどのような影響を受けているかを明らかにすることで、生態系の破壊を生物間相互作用の変化として明らかにすることが可能になると考えられる。

そこで、マレーシアボルネオ島サラワク州にあるランビルヒルズ国立公園内の原生林、公園の周りに散在する孤立した小面積の原生林、焼畑にするために伐採の入った年代が異なる二次林、そして粗放的なゴムプランテーションにおいて、森林伐採をはじめとする人為的攪乱がアリ類と植物、アリ類と同翅亜目類の栄養共生系に与える影響を評価した。花外蜜によるアリ類と植物の栄養共生系、オオバギ属のアリ植物とアリ類の共生系、同翅亜目類とアリ類の栄養共生系、植物や同翅亜目類と密接な関係にあるツムギアリの優先度あるいは出現頻度を各調査地で測定し、それらの値を比較することで影響を評価した。出現頻度は各森林の一定面積内の樹高 2m 以下の株のうち葉上でそれぞれの出現が確認できた株数の割合とした。その結果、それぞれの出現頻度が攪乱の強い森林で高くなることが明らかになった。一方で花外蜜に誘引されたアリ類やオオバギ属アリ植物、同翅亜目類と栄養共生的な関係にあったアリ類の種数は、原生林で最も高いことが明らかになった。また、攪乱の強い環境に優先的に生息するツムギアリの出現頻度が攪乱林でより多く出現した。つまり人為的攪乱によって森林内部まで太陽光が届くことにより花外蜜を生産する植物や甘露をだす同翅亜目類の個体数が林床で多くなる一方、アリ類の種多様性が低くなり数種類のアリのみが植物や同翅亜目類と優占的に栄養共生的な関係を結んでいることが示された。このように森林への人為的攪乱が生物間相互作用の多様性を低下させていることが示唆された。

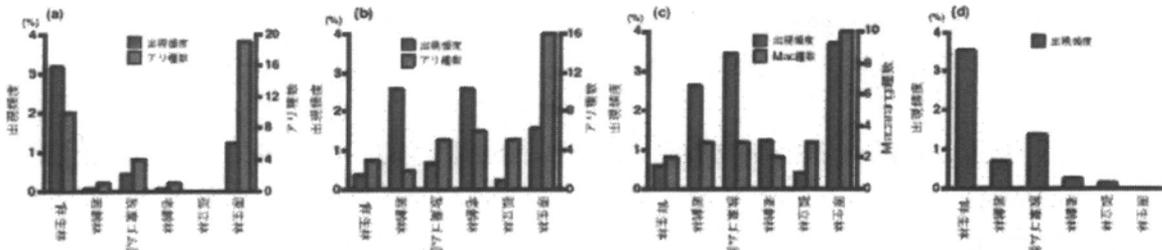


図 (a)各森林タイプでの花外蜜を用いてアリ類を誘引する植物の出現頻度と出現アリ種数 (b)各森林タイプでの同翅亜目類の甘露に誘引されていたアリ類がみられた植物の出現頻度と出現アリ種数 (c)各森林タイプでのオオバギ属 *Macanga*アリ植物の出現頻度と出現オオバギ属種数 (d)ツムギアリがみられた植物の出現頻度

## 様々な土地利用が小型哺乳類相と種子食害に与える影響

中川弥智子（地球研）・箕口秀夫（新潟大）・中静透（地球研）

本研究では、林床における小型哺乳類と種子食害に注目して持続的森林利用オプションの評価を行うことを目的としている。林床性の小型哺乳類は散布後の種子又は発芽直後の実生を食べると主な食害者と考えられ、それらの動物相や食害圧の強度を明らかにすることで、樹木の更新に与える影響を様々な土地利用がなされている森林で評価する事が可能となる。

調査は2003年8月に設置された焼畑休閑林（1年目、5～6年後、約20年後以上）、孤立林、旧ゴム園、及び原生林（国立公園内）の合計17カ所のプロットで、記号放逐法による小型哺乳類相調査と持ち去り実験による種子食害圧の調査を実施した。かご罫の餌にはバナナと紅芋を用い、プロット当たり22個のかご罫を10m間隔で置き、連続5晩調査した。持ち去り実験の材料にはジャックフルーツ (*Artocarpus heterophyllus*, クワ科) の種子を用い、プロット当たり10個の種子を林床に3ヶ所放置し、残存種子数とその状態を6日間毎日確認した。調査は2003年8～9月と2004年6～7月の2回行った。

調査期間中、4科を含む合計22種（180個体）の小型哺乳類を捕獲した。最も出現頻度の高かった動物（32個体）はオオツパイ (*Tupaia tana*)、次いでチャイロスンドトゲネズミ (*Maxomys rajah*)（31個体）であり、両者とも原生林に多く生息する傾向が見られるもののほぼ全ての土地利用タイプで記録された。出現種数は孤立林で最も高く（16種）、他は似たような値（9～10種）であった。一方で個体数密度は原生林が最も高く、2番目に焼畑休閑林（1年後）、3番目は焼畑休閑林（5～6年後）となった。平均種子食害率（持ち去り+食害）は同じく原生林で最も高く、2番目に焼畑休閑林（5～6年後）、3番目は孤立林であった。また2003年と2004年の結果を比較すると、種数、個体数密度とも焼畑休閑林（1年後）で急増しており、この土地利用タイプでの生息環境変化の大きさを示唆している。さらに個体数密度が全てのプロットタイプで増加したこと、種子食害率が1タイプを除いて全てで低下したことを考え合わせると、小規模ながらも2004年の一斉開花・結実の影響が考えられる。

2005年1～3月のリセンサスでは樹上での小型哺乳類相調査、及び持ち去り実験での自動撮影も併せて行い、データの更なる蓄積、種子持去り動物の特定、樹上性哺乳類相への影響を明らかにし、様々な土地利用が小型哺乳類相と種子食害に与える影響を考察したいと考えている。

## マレーシア・サラワク州における森林管理・自然保護政策の推移

藤田 渡 (総合地球環境学研究所)

### 研究の目的

現在、マレーシア・サラワク州では、本プロジェクトも含め、ランビルを中心とした生態学研究、及び、州内各地での村落における社会経済的研究が進められている。サラワクにおける持続的な森林利用を考える際、これらの調査研究に加えて、より上位の、州全体の政策との関連を明らかにする必要がある。このような観点から、サラワク州における森林管理・自然保護の制度の変遷と、その実施の様子、さらに、地域社会との関わりまでを明らかにするのが本研究の目的である。

### 2004 年度活動内容

ランビル国立公園内の生態学調査サイト、及び、その周辺のイバン村落を視察し、フィールドレベルでの調査地の概況把握につとめた。

クチンにおいて、サラワク森林局はじめ、関係機関において、森林管理や自然保護について、基礎的な聞き取り調査と資料収集を行った。

### これまでにわかったこと

サラワク州は、マレーシア連邦の中でも、ほかの州より特に強い自治権が与えられており、森林管理についても、ほぼ、州政府の権限で行われている。いわゆる「科学的林業」の定式に従った伐採権の付与が行われ、おもに企業による商業伐採が行われてきた。このようなサラワクでの伐採は、「森林破壊」として、特に 1980 年代以降、国際的な批判にさらされてきている。特に、マイノリティであるプナンの人々らが伐採道路を封鎖し、大規模な反対運動に発展したことにより、広く、衝撃的に知られるようになった。

しかし、少なくとも制度面では、1956 年以前より慣習的に利用されてきた土地に対する「先住民」の権利、Native Customary Right は、土地法上、明確に保護されている。スハルト体制のインドネシアのように、「国民全体の利益に反しない限り」という但し書きもない。これは、実際に、かなり強固なもので、政府が一方的にこの権利を踏みこむような施策は行われていない。但し、元来、森林の中で狩猟採集によって暮らしてきたプナンの中には、この Native Customary Right が認められていない場合も多い。政策的に定住化(強制ではない)が進められ、農耕を営むものも増えたとはいえ、生計の林産物への依存度は高い。商業伐採による森林の劣化がプナンの生活に与える影響は看過できない。加えて、プナンは、イバンなど、ダヤク系先住民に比べ、人口規模が小さく、歴史的にもその社会経済的基盤が弱かった。このため、一応、民主的な政治体制下にありながら、ダヤクのように、議会に代表を送り、政策決定にその意思を反映させる道が閉ざされているという問題もある。

では、伐採そのものについてはどうか。サラワクの森林は、国立公園などの「完全保護区 (Totally Protected Area)」のほか、「保護林 (Permanent Forest)」、それ以外の州有地の中の森林、に大別できるが、原則的には、商業伐採が行われるのは後の 2 つである。その内、「保護林」については、持続的に施業されるよう、1973 年に FAO によって策定され

たガイドラインに沿って行われてきた。ただし、持続的なレベルが維持される生産量の算定に問題があったため、結果として、非持続的になってしまった、と森林局（現在は Sarawak Forest Corporation）の担当者は言う。国際世論の非難を受けて、1993 年以降は、総量規制も行っている。その結果、現在では、州内の伐採総量（年間約 600 万立米）は、ITTO が算定した量（年間 900 万立米）を大幅に下回っている。

このような施業計画の適用外であった州有地内の森林では、プランテーションへの転換も含め、特に収奪的な伐採が行われてきたとの指摘もされている。但し、現在、500 万 ha 強である保護林を 600 万 ha にまで拡張する計画であり、このほかに、完全保護区が 100 万 ha 指定される計画である。合計で州全体約 1000 万 ha の約 70% に達する。仮に、これらの持続的な管理が実現すれば、東南アジアの他地域に比べ、豊かな森林が残されることになる。現在、森林認証制度による持続的林業の認証を目指した、持続的森林管理スキームへの移行がまさに進められている。その成否が注目される。

国立公園など完全保護区の運営についても、近年、変化が見られる。地域住民の代表を交えた委員会を各保護区に組織され、運営についての意見交換が行われるようになった。これに対し、国際機関などによる支援プロジェクトも入っている。完全保護区以外の森林管理への地域住民の参加は、制度化されていない。但し、森林認証の要件の一つに地域社会への配慮があるので、住民主体というのは困難かも知れないが、伐採会社による住民へのサービス提供などは期待できる。

## 今後

以上が、現段階での文献調査・聞き取り調査による結果の概略である。サラワクの森林管理や土地問題は、政治的にセンシティブであり、資料なども開示されないものが多い。

今後は、現在伐採の中心地でもあり、いくつかの完全保護区もあるバラム川流域で広域的に森林管理・自然保護の現場レベル、及び、周辺村落での聞き取りを行い、実際に何が起こっているのか、丹念に事例を拾い出し、それを基にした関係機関でのより詳細な聞き取りや資料調査をも並行して進めて行く予定である。

ランビルヒルズ国立公園の陸産貝類相  
細 将貴 (アジア・アフリカ地域研究研究科)

私は、陸産貝類とその捕食者であるセダカヘビ亜科のヘビとの相互作用をテーマに研究を進めている。その一環として、2004年4月20-30日の日程でランビルヒルズ国立公園に滞在し、陸産貝類の生態についての野外調査をおこなった。定量的な結果は得られなかったが、今回の調査で明らかになったランビルヒルズ国立公園の陸産貝類相とその特徴について報告する。

昼夜を問わないランダムサンプリングの結果、得られた陸産貝類は6属7種であった(表)。そのうち、前鰓類は3属4種、有肺類は3属3種であった。種ごとに特徴的な出現場所としては、*Schictoloma* sp., *Leptopoma fibula*, *L. muswareense*の3種がほとんど必ず樹上で発見され、他の4種はすべて地上で発見されたこと、また、*Tanychlamys* sp.が多くの場合、ベニタケ科のきのこを傘の裏側から摂食していたことがあげられる。出現頻度は、どの種においても総じて低かった。しかし一方で、*Bertia brookei*と*Dyakia mackensiana*は、ランビル滝からランビル山に向かう登山道の、コンクリートで舗装された階段上において夜間に高密度で出現していた。これらの状況は、土壌中のカルシウムの欠乏が公園内の陸産貝類の密度を低く抑えていることを示唆する。

表.

亜綱	科名	種名	生態	採集個体数	殻径 (mm)	巻き方向
前鰓類	アズキガイ科	<i>Schictoloma</i> sp.	樹上棲	>5	12	右
	ヤマタニシ科	<i>Leptopoma fibula</i>	樹上棲	2	20	右
		<i>L. muswareense</i>	樹上棲	3	13	右
		<i>Cyclophorus perdis borneensis</i>	地上棲	5	42	右
有肺類	カサマイマイ科	<i>Bertia brookei</i>	地上棲	3	70	左
	Dyakiidae	<i>Dyakia mackensiana</i>	地上棲	>15	40	左
	マラッカベッコウマイマイ科	<i>Tanychlamys</i> sp.	地上棲	>5	20	右

なお、農地付近でアフリカマイマイ *Achatina fulica* の死殻が見つかったが、生存は確認できなかった。正確な同定には、軟体部の解剖と記載論文との照合が必要だが、今回は標本の持ち出し許可を取らなかったため、種名は Abbott (1989) を参考に暫定的に決定した。殻径は、成貝の殻の最大幅のおよその値を示す。

私は、陸産貝類の捕食者であるセダカヘビ亜科の多くの種が右巻きのカタツムリの捕食に適応していることを、標本調査と行動実験から明らかにしつつある。また、殻口に蓋をもつ前鰓類は捕食されない可能性が指摘されている(大谷, 1983)。ところが公園内で発見された7種のうち、蓋をもたない有肺類は3種に過ぎず、そのうち右巻きのものは小型で出現頻度の高くない *T. sp.* のたった1種であった(表)。特に、全種を通してもっとも優占した *D. mackensiana* が左巻きであることは注目し得る。世界的に見るとカタツムリのほとんどの種は右巻きであり、ランビルヒルズ国立公園のように左巻きのカタツムリが優占する地域は稀であると考えられる。サラワク州ではセダカヘビ亜科のヘビが少なくとも4種は

記録されており (Stuebing and Inger, 1999), ランビルヒルズ国立公園内でも採集記録がある (疋田努, 私信). 公園内において, それらがどのカタツムリをどのように捕食しているのかが非常に興味深い.

この調査の遂行にあたり, 同時期にタミジハウスに滞在していたプロジェクトメンバーの皆様には多大な協力と温かい励ましをいただいた. この場を借りて感謝申し上げる.

Abbott, R. T. 1989. Compendium of Landshells. American Malacologists, Burlington.

大谷 勉 1983. イワサキセダカヘビ (*Pareas iwasakii*) の一採集例と飼育下におけるマイマイの捕食について. AKAMATA. 1:8-11.

Stuebing, R. B., and R. F. Inger. 1999. A Field Guide to the Snakes of Borneo. National History Publications (Borneo), Kota Kinabalu.

## 人為的な攪乱が上位捕食者のコロニー数に及ぼす影響

松本崇 (京大・人環)

一般に上位捕食者は、より広大な採餌エリアや大量な餌種が必要なことから、攪乱による影響を受けやすいといわれ、生態系に対する攪乱の程度を評価するための指標種としてしばしば用いられてきた。さらに、近年くもものくわれるものの関係を通じて、捕食者がより下位の栄養段階にまで、間接的に影響を及ぼしている例が野外生態系においても数多く実証されるにつれ、捕食者が群集構造・動態に与える影響は、これまで考えられてきたよりもずっと大きいものであることが分かってきた。本研究では、原生林を焼き畑として利用することがその場所の生態系にどのような影響を与えるか、およびその後の生態系の回復過程を明らかにするため、2種類のアリ捕食者のコロニー数を原生林、孤立林、焼き畑後5年以内の林、および焼き畑後20年以上経過した林の4種類の森林で比較した。アリ類は、捕食者・植食者・種子散布者・種子捕食者などの多様なニッチを占め、好犠性昆虫やアリ植物、菌類なども含め非常に多くの種と相互関係にあること、熱帯ではバイオマス・種数ともに優占していることから生態系全体に及ぼす影響も大きいと考えられる。アリ捕食者として、アリスペシャルリスト捕食者のヒメサスライアリ、ジェネラリスト捕食者のハシリハリアリの2種類の上位捕食者のコロニー数をプロット内の林床を歩き回り、採餌、および移動中のコロニー数を調べた。観察中のコロニー遭遇回数を見回り時間で割って、プロット当たりの平均コロニー数を算出した。その結果、ヒメサスライアリの平均コロニー数(±S.E.)は原生林、孤立林、焼き畑後20年以上、焼き畑後5年以下でそれぞれ、 $3.32 \pm 0.85$ ,  $3.36 \pm 1.46$ ,  $0, 0$ で、原生林、および孤立林では焼き畑を経験した森林よりも有意に多かった( $P < 0.05$ , Tukey's HSD)。一方、ハシリハリアリの平均コロニー数(±S.E.)はそれぞれ $2.01 \pm 0.77$ ,  $6.57 \pm 2.29$ ,  $6.04 \pm 2.18$ ,  $3.64 \pm 1.32$ でサイト間で有意差は検出されなかった( $P = 0.77$ , ANOVA)。ピットフォールトラップによるアリの個体数もサイト間で有意差は検出されなかったが( $P = 0.26$ , ANOVA)、焼き畑を経験した森のほうが原生林・孤立林よりも2倍近く多かった。すなわちアリ類の上位捕食者のうち、ヒメサスライアリのコロニー数のみサイト間で異なり、その影響は攪乱後20年以上経過しても残った。このことは、攪乱の影響は同じ栄養段階にあっても種によって異なること、およびいったん攪乱が入るとその影響は非常に長期間におよぶことを示している。ピットフォールトラップによるアリの個体数はヒメサスライアリのコロニー数とは逆の傾向を示すため、ヒメサスライアリのコロニー数は単純な餌量ではなく、選好性の高いアリ種の量やヒメサスライアリの移動能力の低さ、それに伴う移動のコストによって説明されるのではないかと考えている。ハシリハリアリのコロニー数にサイト間で差がでなかったのは、このアリがアリ類だけではなく、他の節足動物や小脊椎動物など多くの生物種を餌にするため、比較的攪乱に強いからだろう。実際、住居近くや耕作地など比較的攪乱の大きいと思われる場所でハシリハリアリのコロニーを見かけることがしばしばある。

# ランビル国立公園におけるアリ類の多様性に関する研究

山根正気 (鹿児島大学理学部)

## 1. ランビル産アリ類リストの作成

サラワク州ミリにあるランビル国立公園のアリ相については、1993年に調査が開始され、93、94両年に採集された種のリストが1994年にまとめられた(Yamane & Rahman Nona, 1994)。その後、筆者ら分類学者の採集品にくわえ、市岡孝朗氏ら数人による植物アリ調査の過程で得られた標本、田中洋氏らによるキャノピー性アリ類の調査で得られた標本などを整理し、最新のリストを作成した。1994年と2004年のリストを要約したのが下表である。現在までに採集されたアリ類は、8亜科73属444種にのぼる(亜科の分類システムはBolton 2003以前のものを使用している)。アジア熱帯の他の地域では、たとえばボルネオ島サバのポーリン(524種)、マレー半島のパソー(467)、ボルネオ島サラワクのムル(453)、同ブルネイのバツアポイ(232)、ジャワ島ボゴール植物園(216)、などとなっており(山根, 2002)、ランビルにおける種数はパソーやムルのそれに迫るものである。ランビルが孤立した林であるうえ、アリの調査を行った面積は20haに満たないことを考えると、ランビルにおけるアリの種多様性は注目に値する。

亜科	属数			種数		
	1994	2004	増加率	1994	2004	増加率
Aenictinae	1	1	100	6	15	250
Cerapachyinae	1	1	100	8	10	125
Dolichoderinae	3	5	167	11	19	173
Dorylinae	1	1	100	1	1	100
Formicinae	8	14	175	59	136	231
Leptanillinae	1	1	100	1	1	100
Myrmicinae	25	29	116	111	168	151
Ponerinae	15	20	133	58	85	147
Pseudomyrmicinae	1	1	100	2	9	450
計	56	73	130	257	444	173

## 2. トウダイグサ科の低木 *Endospermum diadenum* とアリの関係

*Endospermum diadenum* は林道沿いなどに生えるパイオニア樹木の1種で、葉身の付根下面に1対のイボ状花外蜜腺をもつ。さらに葉の他の部分にも葉脈の近くに小形の花外蜜腺が見られる。本調査は、田中洋(名古屋大学)、永田和之(鹿児島大学)と共同で行った。

2004年6-7月にかけて Sungai Liku plot のトレールに沿って25本をマーキングし、樹高を測定し、それぞれの木の全ての葉に番号をふった。日中2回と夜間に1回、全ての葉に来ているアリの種と個体数を記録した(現地で同定できなかった個体はアルコールに入

れて持ち帰り、参照標本を用いて同定した)。また、日中に蜂蜜と粉チーズベイトを用いて地表性アリ相を調べた。最後に全ての木を切り、全ての葉についてサイズ、葉の状態、花外蜜腺の数、基部花外蜜腺の状態を記録した。

まだ一部のデータしか解析していないが、これまでに以下のことが判明した。1) ベートを用いた地表活動性のアリ相調査では全体で28種が確認され、そのうち蜂蜜からは20種、チーズからは19種が得られた。2) *Endospermum* 樹上では11種のアリが観察されたが、そのうち4種が地表のベートトラップでは得られなかったものである。3) 樹上で観察されたアリの種は、木ごとに固定している傾向があった。4) 花外蜜腺からの蜜の分泌は少なく、そのためかアリは蜜腺や葉脈をかじりそこからしみ出してくる蜜をなめているのが観察された。5) *Camponotus gigas*, *Diacamma intricatum*, *Odontoponera transversa* など大型の種は樹上では観察されなかった(唯一の例外であった *Tetraoponera attenuata* は樹上営巣種である)。

これらのことから、*Endospermum* sp. はアリ植物として特殊化してはいないが、地表で採餌するアリ類の一部にとって蜜源となっていると考えられる。また、分泌する蜜量を抑えることにより、逆にアリの花外蜜腺や葉脈への執着(滞在時間)を強化している可能性がある。

### 3. *Crematogaster (Colobocrema) cylindriceps* Wheeler の再発見

W. M. Wheeler (1927) がただ1個体の脱翅女王に基づいてフィリピンから新亜属・新種として記載したシリアゲアリ属の1種が77年ぶりに再発見された。このアリはF4 plotで植物アリ *Cladomyrma* が共生しているマメ科のつる植物から田中洋が脱翅女王と働きアリそれぞれ1個体を採集した。その後同じ植物から多数の追加標本が得られた。女王は Wheeler の記載と一致し、頭部前面がヒラズオオアリ同様に裁断されており、この形態はおそらくつるに開けられた出入口をふさぐための適応と考えられる。同じ植物の茎内で生活する *Cladomyrma* と競合関係にあると推測される。本種もこのマメ科つる植物の防衛に貢献しているかどうかは不明である。現在、女王の再記載、働きアリの記載、本種の分類学上の位置 (*Ortocrema* 亜属に所属変更の予定) などについて、田中洋、市岡孝朗との共著論文をとりまとめ中である。

### 文 献

- Wheeler, W. M. 1927. The physiognomy of insects. *The Quarterly Review of Biology*, 2: 1-36.
- 山根正気. 2004. 東南アジアにおけるアリの分布と多様性. 杉浦直人ほか(編)「ハチとアリの自然史」, pp. 179-193. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- Yamane, Sk. and Abd. Rahman Nona, 1994. Ants from Lambir Hills National Park, Sarawak. In: T. Inoue and Abang Abd. Hamid (eds.), *Plant Reproductive Systems and Animal Seasonal Dynamics*, pp. 222-226. (Not a publication.)

## 関本町小川集落（旧山小川村）における森林利用—国有林との関係—

宮本麻子・佐野真琴（森林総研）

### はじめに

小川学術参考保護林を含む一帯は、ほぼ全ての森林地域が国有林となっている。学参林近くに位置する関本町小川集落（旧山小川村）（国有林1～22林班に該当、面積約2,100ha）は、古くから国有林と密接な関係を保ってきたが、近年その状況は変わりつつある。現在、小川集落の方々を対象に森林利用の変遷、国有林との関係について聞き取り調査を継続中であり、本報ではこれまでの調査から見えてきた集落での森林利用の変遷について報告する。

### 集落における主たる森林利用と生活

#### ～昭和20年代 炭焼き

- ・ 蒟蒻栽培、子馬生産も同時に行われていたが、主たる収入源は炭焼き。
- ・ 国有林からの払い下げを受け、原生林または雑木林を伐採し、集落全戸で炭焼きを行った。跡地は萌芽更新が行われ、30-50年回帰で伐採が行われていた。
- ・ 当時の土地利用はカヤ山と雑木林が主体で、集落内にスギ山はわずか3箇所（民地1～10ha）しか存在していなかった。学参林に続く一帯福島県側には学参林のような原生林が存在していた。
- ・ 馬の放牧、採草、落葉落枝の採取に国有林を自由に利用していた。古くは草地維持のため、国有林への火入れも行っていた。

#### ～昭和30年代 炭焼き

- ・ 国有林からの特売により、雑木山の伐採、炭焼きを行うが、跡地に、火入れ、整地を行い、針葉樹を植林するようになる。植田営林署の四時川事業所が設立され、一帯の原生林伐採と針葉樹植林が進行する。集落の愛林組合は植え付け、地拵え、下刈りを請け負うほか、営林署の作業員として雇用される者もいた。
- ・ 耕耘機が発達し、農耕馬の需要が減ったため、馬の飼育を止め、牛の飼育に転換する。同じ頃、餌としてカヤ、雑草を利用する方式から牧草を生産する方式に変わり、国有林内で自由放牧を行わなくなる。（植林により？）カヤ山も減少する。

#### ～昭和40年代 坑木・パルプ

- ・ 炭の需要が減少したため、雑木のうち形質の良いものは坑木として常磐炭坑に出し、悪いものはパルプ材としてパルプ業者に出すようになる。営林署からの事業量も減少してくる。

#### ～現在 椎茸・パルプ

- ・ 常磐炭坑閉山後、坑木の用途はなくなり、パルプとしての用途が増える。その後、S55年椎茸組合が設立され、椎茸生産が始まる。国有林からの愛林組合への事業量は減少を続け、ここ10年ほどは愛林組合には仕事がほとんどおらず、年間10日程度の作業量で、下刈り、蔓切り等の作業を行っている。また、組合員も少数、高齢化が進行している。現在は椎茸原木部分林（約50ha）として国有林を利用するのみで、国有林との関係はますます薄れていくと考えられる。

## 伐採からの時間経過による森林植物群集の変化

### -阿武隈山系での広葉樹林とスギ林の比較-

田中浩・新山馨・柴田銃江・八木橋勉・五十嵐哲也（森林総研）・長池卓男（山梨県森林総研）

**目的：**冷温帯落葉広葉樹林とスギ、ヒノキ人工林がモザイク状のランドスケープを構成する阿武隈山系南部において、伐採からの年数の異なる落葉広葉樹林とスギ林の森林植物群集の構造と組成を比較した結果にもとづき、森林伐採と人工林への転換が植物の多様性に及ぼす影響を評価する。

**方法：**関東平野北部、阿武隈山系南端の茨城県北茨城市小川周辺及び里美村において、スギ林と落葉広葉樹林の両森林タイプについて、林齢別の調査地を設定し、森林構造・植物多様性の調査を行った。調査林分数は、広葉樹林 16 林分、スギ人工林（一部ヒノキを交える）11 林分の合計 27 林分である。林齢の幅は、皆伐直後の林分から、広葉樹林では、100 年生以上とされている old-growth な保護林、スギ林では 76 年生の高齢林にまでわたっている。保護林を除き、皆伐後に再生ないし植栽された林分である。各林分において、幅 10m、長さ 100m のライントランセクトをとり、その中の各々 5m×5m のコドラートに出現した胸高直径 5cm 以上のすべての木本植物のサイズと種名、高さ 2m 以上のすべての木本植物の種名、各コドラートに設定した 1m<sup>2</sup> のサブコドラートに出現する林床植生の被度・種名を調査・記録した。

**結果と考察：**林齢は、攪乱後の時間経過という意味を持つと同時に、生物のハビタットとしての森林構造の発達の指標と考えられる。林齢と森林構造パラメータの関係をみると、林齢と最大 DBH の関係は、スギ林、広葉樹林がほぼ同じライン上に並んだが、他のパラメータについては両者が異なるパターンを示した。スギと広葉樹の更新、生育特性の違い、森林管理の履歴が、林齢と森林構造の関係に影響している。

林齢の変化に対応した出現種数の変化パターンは、2m 以上の木本種については、広葉樹林とスギ林で異なった。広葉樹林では、伐採後しばらくして最大になり、その後穏やかに減少した。他方、スギ林では、伐採後 10 年程度で除伐を受ける前に最大となり、その後林冠の閉鎖とともに急速に減少し、その後再び増加した。いずれのタイプでも、若齢時の高い木本種数には、ツル植物と低木種が貢献していた。胸高直径 5cm 以上の樹木種数は、広葉樹林では林齢の増加とともに増加するが、スギ林では一貫して少ない。

林齢の変化に対応した林床植物の出現種数の変化パターンは、スギ林では 2m 以上の木本種と同じく、伐採後 10 年程度で除伐を受ける前に最大となり、その後林冠の閉鎖とともに急速に減少し、その後緩やかに増加した。広葉樹林についても同様に、伐採後に増加した種数が、一旦低下した後、ゆるやかに増加するという傾向が認めらそうである。両森林タイプにおいて、林床の光環境を反映すると考えられる胸高直径 5cm 以上の樹木の幹密度と、林床植生の種数は、負の相関関係を示した。

2m 以上の木本種の組成によるクラスター分析の結果、スギ林と広葉樹林は分離し、また

広葉樹若齢林が特に異なる組成を持つことが示唆された。両タイプの森林、特に広葉樹林の木本種の組成は、林齢でかなり説明できることが DCA の結果、示唆された。林床植物の組成においても、スギ林と広葉樹林は明瞭に分離し、また林齢との対応が見られた。林齢の増加とともにスギ林の林床植物組成は、広葉樹林のそれに近づく傾向が認められた。

個々の種のスギ林と広葉樹林への分布の偏りの検討の結果、木本種の多くは広葉樹林に偏って分布すること、スギ林への偏りを示した種のほとんどは、低木ないしツル植物であることが明らかになった。林床植物についても、広葉樹林への偏りを示す種数の方が多かったが、ツル、低木以外にもスギ林への偏りを示す草本も一定数認められた。シダ植物はスギ林に偏り、春植物は広葉樹林に偏った。ランは、スギ林を避ける傾向が見られなかった。

地域の植物多様性保全の観点からは、落葉広葉樹林の保全の必要性が明らかになった。構造の発達した高齢のスギ林であっても、広葉樹林を代替することはできない。広葉樹の成熟林や高齢林の保全は特に重要である。他方、スギ人工林も、特定の種群にとっては好適なサイトを提供しており、地域の植物多様性の維持に貢献している。ランドスケープレベルでの、様々な森林タイプの保全、空間配置を考慮することが重要といえる。

## 森林の分断化・人為攪乱が樹木の送粉に与える影響

### -イタヤカエデの訪花昆虫調査-

柴田みつえ（森林総研）・末吉昌宏（学振）・丑丸敦史（地球研）他

この研究のゴールは、森林の分断化や人為攪乱が樹木の送粉に関わる相互作用系に与える影響を明らかにすることである。昨年は、対象種の1つであるイタヤカエデの樹木分布と種子生存過程について調べた。今年は、同種の訪花昆虫について調査した他（下記）、自殖の程度や送粉距離の把握のための遺伝マーカー開発（研究概要参照）を行った。

#### 訪花昆虫の直接採取

イタヤカエデの送粉者は、一般にハエ、アブ類と云われているが詳しい情報はほとんどない。そこで、イタヤカエデの開花年（2002、2003年）と非開花年（2004年）に、樹上の昆虫を昆虫網で採取した。開花年によく採れた昆虫は、ハナアブ科（ナミハナアブなど）、クロバエ科（オオクロバエなど）の他に、コハナバチ属だった。ときどき採取された昆虫は、イエバエ科、ハナバエ科、ヤドリバエ科と、コハナバチ属、ニホンミツバチだった。これらは非開花年にはほとんど採れなかったため、前者を高頻度訪花者、後者を低頻度訪花者とした。

#### 昆虫トラップでの採取

複数の調査地で訪花昆虫の採取数や組成を比較するために、昆虫トラップによる定量捕獲を試みた。昆虫トラップによる林冠層の昆虫採取は手法確立されていないのが現状であるため、いくつかの昆虫トラップの有効性を検討することから始めた。

2002年にウインドウトラップ、2003年と2004年には粘着板トラップと林冠マレーゼトラップを試した。これらのトラップをイタヤカエデの開花期間中（5月上中旬）に、落葉広葉樹成熟林である小川試験地（対象区）と、近隣の保残帯（高密度区、低密度区）に、3〜8カ所設置した。現在、ハエ類とハナバチ類を中心に、採取標本の仕分けと計数を進めている。ハエ類については、科レベルでの整理がほぼ完了した。

ウインドウトラップや林冠マレーゼトラップでは、全く、あるいはほとんど採取できない高頻度訪花者の科があったのに対して、粘着板トラップはどの科も比較的良好に採取できた。低頻度訪花者については、ミツバチ以外の科はどのトラップでも採れた。粘着板トラップは、標本処理作業に手間がかかるなどの難点があるものの、イタヤカエデ訪花昆虫の調査手段として、ある程度は利用できるだろう。

#### 樹木密度が訪花昆虫数と受粉成功に与える影響

昨年までの調査により、イタヤカエデが天然林の分断化や人為攪乱によって局所的な樹

木密度が大きく変動することが明らかになっている。2003年の粘着トラップ採取データを整理したところ、高頻度訪花者と低頻度訪花者の採取数合計は低密度区で少なかった。さらに、昆虫採取数の少ない樹木個体の方が、種子のしいな率が高い傾向にあった。これらことから、イタヤカエデは、天然林の分断化や人為攪乱により周辺の同種の樹木密度が低くなった時には、訪花者（送粉者）が少なくなるため、受粉成功率が下がると考えられた。

来年以降は、さらに調査個体を増やして追試をする一方、これらの訪花者が本当に送粉者として働いているか検討したい。

## イタヤカエデの遺伝マーカー開発

菊地 賢・吉丸博志（森林総研）

遺伝マーカーの利用による森林断片化の送粉系への影響評価をするため、対象樹種の遺伝的指標（マイクロサテライトマーカー）の探索と交配実態の解析をすすめている。

小川群落保護林とその周辺の保残帯に生育するイタヤカエデの葉から、5つのマイクロサテライトマーカーを開発した。これらの5マーカーによる排除確率は、1番目の親で0.983488だが、2番目の親で0.998111だった。つまり、両親不明の場合に親子判定を間違える確率は50分の1だが、片親が判明している場合なら間違える確率は500分の1になる。この調査地域でのイタヤカエデの親木候補は200～300本なので、母樹から直接採取した種子の父親判定には、これらのマーカーは十分に活用できる。今後は、葉と種子サンプルから父子判定を試み、周辺樹木密度の異なるサイトでの送粉距離を推定する。

## 小川群落保護林のナラ類（ミズナラ、コナラ）の結実制限要因

酒井章子（京大）

ブナ科の近縁2種（ミズナラ、コナラ）の結実制限要因を明らかにすることが目的である。昨年度は、これまでの結実量データの解析の他、樹上で花粉追加テストと網がけ（種子食昆虫排除）テストを行った。その結果、（1）ミズナラはコナラよりも相対的に豊凶が大きい、（2）両種とも花粉制限よりも、虫害による死亡が結実制限として大きい、（3）虫害による結実制限はミズナラのほうがより大きい、ということがわかった。

本年度は、両種の花粉制限の追試として、周辺からの花粉流入をコントロールした上で花粉追加テストをした。その結果、（1）ミズナラでは花粉追加により生存率が上昇したが、（2）コナラでは、花粉追加効果は認められなかった。

調査地の小川試験地では、ミズナラの優占度はコナラと比べ低い（樹木密度で約1/5、胸高断面積で約1/9）。樹木密度の低いミズナラの方が、林分内の花粉量や種子生産量が少ない環境となるだろう。そのため花粉制約や種子食昆虫の捕食による結実制限をより強く受けることになり、豊凶が大きくなったのではないかと推測している。

なお、特に重要だと思われた種子食害虫を同定依頼したところ、ハマキガ *Pammene* sp. であった。同種は新芽も捕食するといわれている。来年度は、現在までの種子トラップのサンプルや今後の観察によって、この林分で常にこの種が多いのか検討したい。

# 森林の変遷と昆虫の多様性の変化—とくに人工林化に伴う昆虫相の変化の推定

牧野 俊一 (森林総研)

## 目的

本研究の目的は、北関東にかつて広く存在した落葉広葉樹二次林が、戦後の急激な人工林化によって針葉樹一斉林に置き換えられたことによって、森林昆虫群集がどのような影響を受けたかを推定することである。そのため、現在残された広葉樹林に見られる昆虫相と、地理的にそれと近い針葉樹人工林との間で昆虫相を比較している。

## 方法

茨城県北茨城市の小川学術参考林とその周囲の落葉広葉樹二次林、および学参から約20km離れた里美村の人工林植林地において、それぞれ採草地1箇所、および伐採(植林)後の林齢が異なる林分を10箇所選んで、昆虫相を調査した。調査は4~11月の間に行い、対象分類群に応じて、マレーズトラップ(甲虫、ハエ目、ハチ目など)、ピットホールトラップ(歩行性甲虫など)、ライトトラップ(ガ類)、営巣トラップ(借孔性ハチ類)、土壌サンプリング法(土壌動物)などを使用した。またチョウについては4~9月の毎月2回、ルートを固定しないで調査地を歩くセンサスを行い、目撃したチョウをカウントした。

## 結果

ここではおもに、同定の終わったチョウ類についての結果に基づいて報告する。2年間のセンサスの結果を、植林地、広葉樹それぞれについて、草地(1箇所)、10年生年以下(3箇所)、11-50年生(3箇所)、50年生越え(3箇所)、合計4カテゴリーにおいてデータをプールした。種数は広葉樹二次林においても、植林地においても、草地と10年以下の若齢林で最も多く、50年以上の林分では顕著に減少した。また同じカテゴリーの林分間で比べると、広葉樹林に見られる種数は植林地のそれよりも常に多かった。一方、10年以下の若齢林では広葉樹林と植林地の間でチョウ種の共通係数が高かったが、林齢の増加に伴って減少した。さらに、林齢が増加するに伴って、広葉樹林と植林地に共通して見られる種数(共通種数)に対する広葉樹林のみに見られる種(広葉樹種)の割合が増加した。植林地のみに見られる種(植林地種)も同時に存在したが、その種数は広葉樹種より常に少なかった。以上から、植林地は初期の段階では広葉樹内の草地環境の代替的な意味を果たしているが、林齢の増加にともない、広葉樹種は植林地から消えていくために、地域全体としてはチョウ全体の多様性も減少することが予想される。

## 落葉広葉樹林の林齢と鳥類の種多様性

東條一史（森林総合研究所）

落葉広葉樹林の森林管理が鳥類の種多様性に与える影響を評価するため、茨城県北部の小川学術参考林とその周辺において、伐採跡地から樹齢 100 年以上の成熟林までの様々な林齢の 10 の林班を調査プロットとし、生息する鳥類の種数と密度を調べた。調査は 2004 年 5 月に、ポイントカウントと 30 分センサスを 8 回行った。ポイントカウントでは、各プロットに 1 点設けた観察点から 50m 以内に 10 分間に出現した種類と個体数を記録した。30 分センサスは、上記ポイントカウントを含む 30 分間に各プロット内で確認できた種類を、観察範囲を定めずに記録したものである。

調査期間に全プロットにおいて 30 分センサスで記録できた鳥類は 46 種であり、そのうちポイントカウントで記録されたのは 36 種であった。林齢 100 年以上の 3 つのプロットを極相林と考えて林齢を 100 とすると、ポイントカウントでの平均種数、総種数は林齢と有意な相関は無かったが、30 分センサスで記録された平均種数と総種数は林齢と有意な正の相関があった。また、ポイントカウントでの鳥類の平均生息密度は林齢と有意な相関は無かった。茨城県版レッドデータブックにリストされている鳥類 67 種のうち 30 分センサスでは 10 種、ポイントカウントでは 7 種が記録された。30 分センサスで記録された 10 種のうち樹齢 100 年以上の林だけで記録されたのは 3 種、樹齢 50 年以上の林で記録されたのは 5 種、であり、それより若い林において記録されたのは 2 種だけで、うち若い林でだけ記録されたのはカッコウの一例だけであった。ポイントカウント、30 分センサスともに、林齢とレッドリスト種の種数には有意な正の相関があった。

調査地域では、伐採跡地や若齢林には林縁性鳥類が生息するようになるものの、それらのハビタットに独特の鳥類と考えられるものはほとんど記録されなかった。この理由としては、今回調査した伐採跡地などの小面積かつ一時的なハビタットでは、草原やオープンハビタットを好む鳥類が定着するのが難しいこと、この地域に元々そのような種類があまり生息しないことなどが考えられる。従って、この地域の鳥類多様性は成熟林に依存しており、鳥類の種多様性の維持にあたってはこれらの林の保全が重要であると考えられた。

## 日本の鳥類群集の変遷

安田雅俊・川路則友(森林総合研究所)・福井晶子・金井裕(日本野鳥の会)

近年、日本各地で繁殖期の鳥類群集の変化、特に夏鳥の減少が報告されている。夏鳥の減少の証拠として、(1)センサスで得られた対象種のつがい数や観察頻度等の量的な指標が経時的に低下していることを示した報告、(2)ある地点の長年の観察記録をもとに、対象種が観察されなくなった時期を特定した報告、(3)対象種の生息が確認された地点の割合が経時的に減少していることを示した報告などがある。これらの知見から、日本では1980年代半ばまでに全国的な夏鳥の減少・消失が起き、その後回復していないことが示唆されている。夏鳥の減少の原因としては、(1)越冬地(東南アジア)の生息環境の悪化—特に熱帯林の大規模な消失との関係、(2)繁殖地(日本)の生息環境の悪化—特に森林の変化との関係、(3)渡りの経路の環境の変化、(4)温暖化による渡りと繁殖のタイミングの混乱等が指摘されているが、群集生態学や景観生態学の視点からの研究はほとんどなされておらず、アジアの夏鳥の減少要因の解明は進んでいない。そこで、本報告では、繁殖期の鳥類群集を対象としたセンサス調査や採鳥会などのうち、20年以上の長期の記録がある既存の資料を解析し、鳥類群集の変遷のパターンを検出することを試みた。

調査地と調査年は、岩手県滝沢(1970-1996年; 由井 1983, 由井ら1997)、栃木県戸祭山(1971-1995年; 平野 1996)、長野県戸隠高原(1952-1995年; 中村と中村 1996)、および東京都高尾山(1940-1999年; McClure 1977, 日本野鳥の会)である。岩手と栃木は、欠測年はあるが年ごとの調査に基づいた資料である。一方、長野と東京は数年分の観察記録をまとめた年代ごとの資料である。鳥種の出現記録(在不在の情報)から、群集の種構成の類似度として、相関係数の一つであるPearsonの $\phi$ 係数を計算した。

種数をみると、岩手では1970-1986年の間は27-34種で安定していたが、1987-1996年の間は20-26種に減少した。栃木については調査期間中の種数の減少はほとんどなく13-21種であった。長野では1950年代から1980年代までは65-70種で安定していたが、1990年代に58種に減少した。東京では1940年代の54種から1950年代41種、1960年代37種、1990年代30種と漸減した。

種構成の類似度の時間的変化は種数とは異なる傾向を示した。調査開始時の群集に対するその後の調査の $\phi$ 係数をみると、どの調査地でも、調査開始時から1990年前後までは一貫して値が減少し、その値がマイナスとなった地点もあった。その後(1990-2000年)は、いくつかの地点では $\phi$ 係数の値はやや上昇した。 $\phi$ 係数の単調な減少は、群集内の一部の鳥種の消失と、群集への新しい鳥種の付加が徐々に起こり、種組成が継続的に変化したことを意味している。以上のように、今回用いた解析方法は、鳥類群集の長期的な変遷のパターンを抽出する有効な手法であることが示唆された。

全国的に減少傾向が顕著な夏鳥であるサンコウチョウを例にとると、岩手では1970-1986

年の間は連年観察されたが、その姿は1987年以降1995年まで見られなくなり、その後、調査期間の終わりの1996年に再び観察された。栃木では1971-1977年の間は連年観察されたが、1978年以降観察されなくなった。東京では1940-1960年代には観察されたが、1990年代には観察されなくなった。サンショウクイも同様な傾向を示した。これら東日本の少数の事例からも、森林で主に繁殖し昆虫を餌とする夏鳥の一部で、1970年代終わりから1980年代にかけて広域的な消失が起きたことが再確認された。今後、全国的に調査地点を増やし、同じ手法により解析を進める必要がある。

それぞれの資料では、鳥類群集の時間的变化は、その地域の森林の変化(植林率の増加や周囲の都市化等)に起因するとしているが、食性や環境選好性が似ている鳥種間でも時間的变化のパターンが異なっており、それだけではすべての説明は困難であると考えられた。主に森林で繁殖し、昆虫を餌とする夏鳥の一部で特徴的な減少傾向がみられることから、その要因の解明には、越冬地である東南アジアや渡りの経路である東アジアの植生の変化、繁殖地である日本の森林の変化、ならびに餌となる昆虫類の現存量等の変化を過去に遡って定量的に推定し、それらの相対的な重要性の度合いを検討することが必要である。

## 樹木個体群の遺伝特性--断片化は異なったステージ（花粉・芽生え・稚樹・繁殖 個体）にどのように影響するか--

井鷲裕司（広島大）・館野隆之輔（地球研）

森林生態系を構成する樹木個体は寿命が長いため、断片化等の人為の影響が繁殖個体にまで及ぶには長い時間を要する。そのため、繁殖個体のみを対象とした解析では、森林生態系に対する人為の影響を過小評価してしまう事が懸念される。

森林の断片化が樹木の遺伝特性や更新過程に及ぼす影響を明らかにするために、人為の影響の少ない林分(以下原生林と記す)と、保残帯に生育するホオノキを対象に、(1)繁殖個体、(2)林床の稚樹、(3)芽生え、(4)ポリネーター体表に付着している花粉、についてマイクロサテライトマーカーを用いて遺伝特性に関する解析を以下の通り行った。

### (1) 繁殖個体

調査区内に生育するすべての繁殖個体(原生林 99 本、保残帯 85 本)に関して、位置、サイズ、繁殖状況を明らかにすると共に、遺伝子型の決定を行い、遺伝的多様性、対立遺伝子数等を明らかにした。

### (2) 林床の稚樹

原生林から 111 本、保残帯から 139 本の採集を行い、遺伝的多様性や対立遺伝子頻度に関して繁殖個体との差異を解析した。

### (3) 芽生え

原生林 3 本、保残帯 3 本の繁殖個体を対象に林冠部へアプローチできるように梯子をかけ、開花期に、日時、天候、樹冠内位置などを 1013 個の花について記録した。秋には 263 個の集合果を採集し、8533 個の種子を得た。種子は 2004 年 4 月より 16℃12 時間、24℃12 時間の変動温度条件下で発芽を促し、現在のところ、527 個の発芽種子を得ている。発芽種子すべてについて、遺伝子型の決定を行い、花、あるいは個体レベルにおける自殖率、花粉を介して受け取った対立遺伝子数等の解析を行った。自殖率は、繁殖個体ごとに著しい差異が認められた。また、可能であればこれらの項目と開花時の特性（周辺開花個体の状況、天候、訪花昆虫）との関連について紹介する。

### (4) ポリネーターの体表に付着している花粉

開花期には個々の花の開花記録と同時に訪花昆虫の採集を行った。採集した昆虫は-30℃で保管し、発芽種子数の多い集合果について、その開花時の訪花昆虫の体表から花粉粒を回収し、遺伝子型の解析を行っている。花粉 1 粒を対象とした遺伝子型解析に関しては、より簡便で確実な解析ができる様に、技術的な改善をおこなった。現在のところ、解析の成績に最も大きく影響するのが、花粉のシングルコピーゲノムを全体的に増幅する時の遺伝子座ごとの違いである。成績の良い遺伝子座を用いて、昆虫体表面に付着した花粉粒の由来、遺伝的多様性について解析を行った。

## 分断化した森林における鳥類による種子散布

八木橋 勉 (森林総研 森林植生研究領域) ・ 安田 雅俊 (森林総研 鳥獣生態研)

森林の分断化に伴い、森林性の鳥類が減少して林縁性の鳥類が増加するなどの影響が報告されている。鳥類相の変化に伴い、鳥によって散布される種子の量や種構成にも変化が現れる可能性がある。この検証には分断化した森林とまとまりを持った森林で、鳥類によって散布された種子を回収して比較する必要がある。しかし、通常の種子トラップでは鳥散布種子の回収率は低く、多数のサンプルを集めるには効率が悪い。本研究では昨年度において、道路法面で効果が報告されている、疑似果実を用いた鳥散布種子の回収率の向上法が森林内でも有効であることを、調査期間6ヶ月の時点で報告した。本年度は、調査を継続、またトラップを増設して結果を補強するとともに、分断化した森林とまとまりのある森林で、鳥によって散布される種子の量や種構成に違いがあるのかを検証した。

茨城県北部の広葉樹天然林(小川植物群落保護林)の林床において、疑似果実付き止まり木と種子トラップをセットにしたものと、通常の種子トラップのみのものを1対にして設置し、疑似果実による鳥類の誘因効果を検証した。トラップは2003年5月上旬に、谷筋に40m間隔で5個1列と尾根に5個1列を設置し、9月に谷を挟んだ反対側の尾根に5個1列を増設した。疑似果実には赤と黒の色付きガラスビーズを用い、トラップの内容物は2から4週毎に回収した。

表1. 回収された種子の種構成と種子数

Species	おあ <sup>o</sup>	あおあおあ <sup>o</sup>	あおあ <sup>o</sup>
<i>Akebia quinata</i>	あああああ		1
<i>Celastrus orbiculatus</i>	ああああああああああああ		11
<i>Cornus controversa</i>	あ-あああ	63	
<i>Ilex macropoda</i>	あああああ	4	
<i>Phellodendron amurense</i>	あああ	2	
<i>Phytolacca americana</i>	ああああああああああああ	2	
<i>Prunus grayana</i>	あああああ-あああああああ	1	
<i>Prunus verecunda</i>	あああああ-あああああ	7	
<i>Rhus ambigua</i>	あああ-あああああ	24	2
<i>Viburnum dilatatum</i>	ああああああ	2	1
<i>Viburnum wrightii</i>	あ-ああああああああああ		2
<i>Viscum album ssp. coloratum</i>	あああああああ		12
<i>Vitis coignetiae</i>	ああああああああ		1
unknown	あああ	2	2
Total	あああ	107	32

えき資源が豊富で鳥類による果実の利用が少ないことなどが原因として考えられるが、明らかでない。

効果が認められたため、疑似果実付きトラップを広葉樹天然林の周辺にある、針葉樹人工林内に帯状に残された広葉樹保残帯に10個設置し、分断化した森林で鳥散布による種子の種構成や量が、連続した広葉樹天然林と異なるのかについてを検討した。保残帯では、秋期になっても種子の回収が少なく、ほとんどが冬期に回収された(図1)。また、ミズキなどの高木類の割合が少なく、ヤドリギ、ツルウメモドキ、ヤマブドウ、アケビなどが

秋期や冬期には疑似果実付きトラップの方が、通常の種子トラップよりも回収された種子が多く、疑似果実の誘因効果が認められた。秋期にはおもにミズキなどの液果が、冬期にはツタウルシなどの乾果が多かった。夏期には誘因効果が見られなかった。これは、調査地の2003年、2004年の夏期の結実量自体が非常に少なかったことや、夏期には昆虫などの

回収された（表1）。この結果は、広葉樹保残帯での、高木種を多く利用すると考えられる森林性鳥類の減少の影響を示唆する。また、保残帯では鳥類が餌の少ない冬期に限って利用したようにも見える。今後の課題として、見た目には同じような落葉広葉樹林ではあるが、高木種の結実率に差がないかどうか（分断化による受粉の低下なども考えられる）や鳥類相の厳密な調査が必要である。

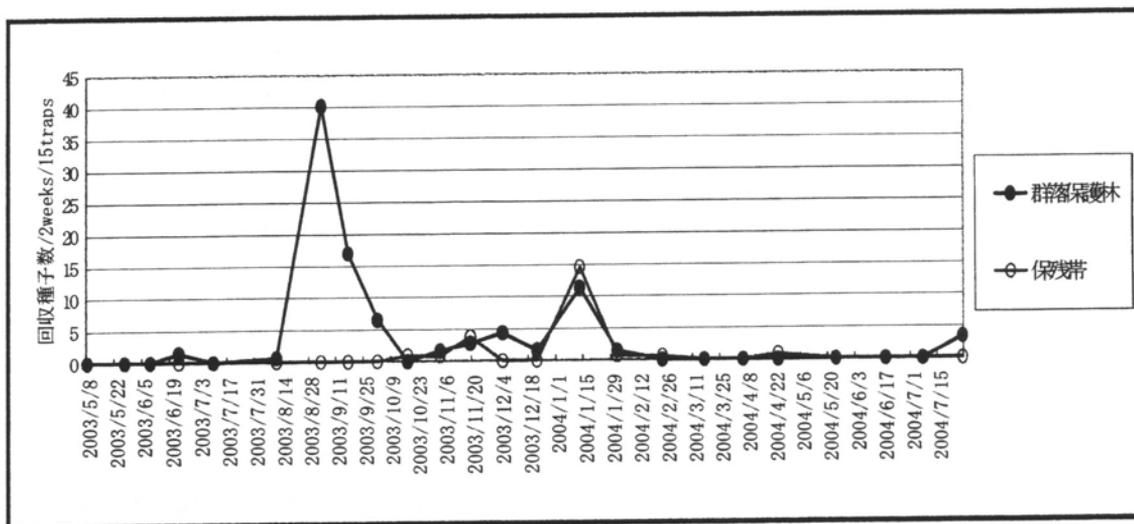


図1. 小川群落保護林と保残帯における種子回収数の季節変移

## 土地利用ダイナミックスの確率モデル： 個人と組織の意思決定が一致するのはどういうときか？

佐竹 暁子（京都大学生態学研究センター）

### はじめに

土地利用／被覆の変化には、生態系の遷移や攪乱などの自然プロセスが関与するだけでなく、そこに暮らす人々の開発・利用行為が影響している。したがって、土地利用／被覆変化の背後にあるメカニズムを理解するためには、両者を同等の重みで取り扱わなくてはならない。さらに、しばしば人の行為が自然のプロセス自体を左右したり、逆に自然プロセス（たとえば森林の回復力など）への人の期待が人の意思決定機構を規定する場合がある。こうした状況では、自然のプロセスと人の意思決定機構との相互作用（およびフィードバック）を考慮しなくてはならない。こうした考えをもとに、サイトベースな土地利用モデルを開発した。

### 人の意思決定機構をとらえた土地利用モデル

メッシュ状に分割された土地のそれぞれが、自然林、人口林、耕作地、放棄林などの土地利用であらわされると想定し、各土地を一人（あるいは1グループ）の土地所有者が所有している状況を考える。土地所有者は、各土地利用に期待される現在価値をもとにどの土地利用を選択するか意思決定をする。現在価値とは、将来に得られるであろう価値を割引いて見積もられた現在の価値である。土地所有者の意思決定には、将来の土地利用変化への期待も含めている

モデルの解析結果として、開発地の放棄後に得られる現在価値が非常に低いと、社会的に自然林が最も望ましい状態であっても、開発地が土地空間全体を占めることがわかった。この悪循環を打開するためには、土地所有者の長期的視野や、放棄後の土地の価値を高めるための組織的施策（補償金の配布など）が必要であることが示唆された。

### 今後の発展

各土地利用の現在価値をマーケットあるいは主要幹線道路からの距離の関数として与えることで、土地利用の空間的構造を取り込んでいく。

# 多様性関数について

早稲田大学社会科学部 赤尾健一

「さまざまな文脈において”多様性の保全”が目標であると繰り返し語られる。しかし、最適化されるべき多様性関数とはいったい何なのであろうか？」(Weitzman, 1992, p.363)

(生物)多様性の価値とは何か。この質問に答えるに先立って、(生物)多様性と価値が定義されねばならない。形式的には、多様性を評価される対象は、何らかの集合  $S$  であり、多様性はそうした集合から実数への関数  $v(S)$  によって表現される。

関数値  $v(S)$  は多様性をあらわす「客観的な」尺度であるとも、「主観的な」多様性の価値であるとも解釈できる。実際、この二つはコインの裏表であり、峻別することはできない。Nehring and Puppe (2002) (以下、NP と略称) が指摘しているように、二つの異なる集合  $S$  と  $S'$  の多様性を価値づけるには、二つの集合の異質性についての「客観的」尺度を既にもっていることが前提である。一方で、多様性を測るときには、それらの集合に関する客観的諸事実のなかで何が多様性に関連する要素かを「主観的に」判断している。

多様性関数に関するパイオニア的研究は Weitzman (1992, 1998) である。Weitzman は、多様性を集合の要素間の異質性によって基礎付けようとした。 $X$  を世界 (有限集合) とし、その部分集合を  $S \in 2^X$ 、その要素を  $x, y \in S$ 、 $x$  の  $y$  から見た異質性を  $d(x, y)$  と表すとす。Weitzman は、 $v(S) = g(\{d(x, y) : x, y \in S\})$  と表現される多様性を探求し、(彼の仮定の下で) 多様性  $v(S)$  は  $S$  に含まれる全要素間の異質性の和として表現できることを明らかにした。さらにそれを基に彼が Noah's Ark Problem と呼ぶ問題、すなわち限られた予算のなかで種を保存するとき、どの種を見捨てるべきかの基準について議論している。

これに対して、NP は多様性関数を確率キャパシティの一種と捉えた。 $v : 2^X \rightarrow \mathbb{R}$  は次の性質を持つとき、(確率) capacity と呼ばれる。

$$v(\emptyset) = 0; v(X) = 1;$$

$$(1\text{-monotonicity}) v(S_1) \leq v(S_2) [\forall S_1, S_2 \in 2^X : S_1 \subseteq S_2].$$

さらに  $v$  がある性質を満たすとき、 $\lambda : 2^X \rightarrow \mathbb{R}_+$  が存在して

$$v(S) = \sum_{A \subseteq S: A \cap S \neq \emptyset} \lambda(A),$$

なる等式が得られる。ここで  $A$  は集合  $S$  の「ある」メンバーの集まりがもつ属性 (美しい、角がある、小児白血病の特効薬となる等) を表し、 $\lambda(A)$  は属性  $A$  の価値である。したがって、ここでは  $S$  の多様性とは、 $S$  が有する属性の価値の総和のことである。NP は彼らの定式化を multi-attribute approach と呼んでいる。

このアプローチはさらに、多様性関数  $v$  に対して効用論的な基礎付けを可能にする。すなわち、von Neumann-Morgenstern の期待効用の公理に、一つの公理（これもまたもっともらしい）を追加することで  $v$  が rationalize できる。

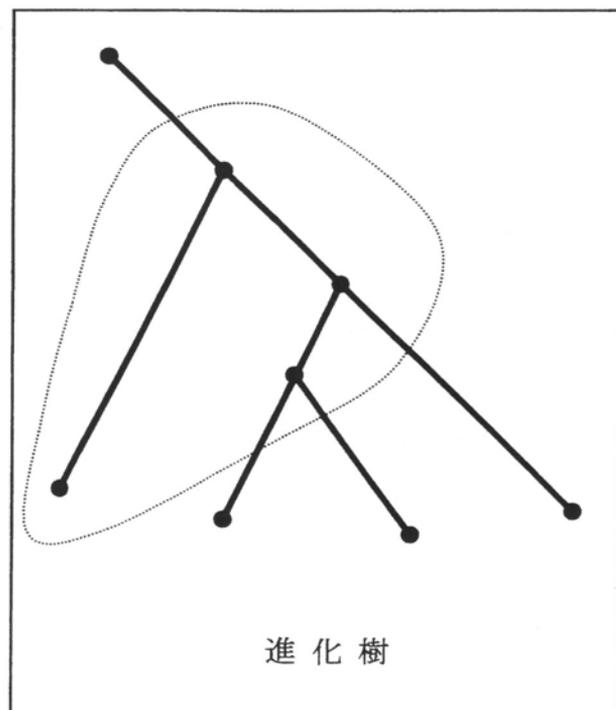
$\lambda(A) > 0$  となる  $A$  の集合を  $\mathcal{A}$  と表すことにする。多様性関数は、 $\mathcal{A}$  がどのような構造を持つかに依存する。たとえば、NP は Weitzman の方法が特定の構造の下でのみ有効であることを明らかにしている。すなわち、任意の  $S$  に対してその中に含まれる  $A$ （正確には  $A \cap S$ ）がすべてグラフ理論でいうところの「木」になっていることである。例えば属性が進化樹で表される場合である：

1. ある属性を共有する任意の二種はその属性を有する共通の祖先をもっている。
2. 進化のなかで途切れた属性は二度と蘇らない。

この条件を  $\mathcal{A}$  が満たさないとき、多様性と異質性の関係は直接的ではなくなる。あるいは、多様性は異質性以外のものを含んでいる、と言ってもよい。そのようなケースにおける、tractable で plausible な多様性関数の例は知られていない。それは今後の研究課題である。

## References

- [1] Klaus Nehring and Clemens Puppe (2002) A theory of diversity, *Econometrica* 70, 1155-1198.
- [2] Martin L. Weitzman (1998) The Noah's ark problem, *Econometrica* 66, 1279-1298.
- [3] Martin L. Weitzman (1992) On diversity, *Quarterly Journal of Economics* 107, 363-405.



## 大正、昭和、平成各時期の地形図に基づく屋久島全体の土地利用の変遷

### D. スプレイグ(独) 農業環境技術研究所 生態管理ユニット)

屋久島の里地における土地利用の変化を調べる目的で、複数の年代の地形図から土地利用を復元した。様々な制約はあるが、地形図はもっとも古い、基礎的な地理情報を提供できるので、日本の土地利用の歴史に関するいかなる研究においても、まず地形図に記されている土地利用及びその変化を検討する必要がある。作図方法が変わっていることを考慮しなければならないが、地形図から土地利用の変化をかなり把握することができる。

屋久島の地形図は数回発行されている。もっとも古い地形図は大正 10 年発行の 1/50,000 の旧版地形図である。ただし、その後発行されている旧版地形図にはほとんど変化がないので、1920 年代から戦後にかけての土地利用の変化は地形図から知ることはできない。その後の地形図から土地利用がより詳細に記すだけでなく、内容にも修正が加えられている。

地形図には樹林地(針葉樹、広葉樹)や農地(畑、水田)が記されているが、本研究では「荒地」という地目に特に注目する。荒地は農地ほど区画や利用は明確ではないが、何らかの生業活動により樹林地が切り開かれている状態を示す。荒地における土地利用としては伐採後地、切替畑、採草地、牧草地、などが考えられる。したがって、荒地は住民の生活圏の範囲を示すと解釈できる。

地形図をデジタル化して、地理情報システム(GIS)に取り入れた。使用した地形図は：  
(1) 大正 10 年発行旧版地形図(多面体図法)、縮尺 1/50,000；(2) 昭和 52 年発行 1/50,000 地形図(横メルカトール図法) (3) 平成 4 年発行 1/25,000 地形図(横メルカトール図法)。

屋久島の標高 500 m 以下の地域を解析対象地域とした。

地形図には様々な土地利用に関する情報が記されている。しかし、地形図の特徴として、農地や村落は境界線で区切られているが、樹林地と荒地は印だけで境界線がない。そこで、入力方法として、(1) 農地と村落は土地利用界を入力し、(2) 樹林地と荒地は印地点を入力してから、その点から周辺ポリゴンを作成し、それぞれの地域を推定したうえで面積などを計算した。

大正期の地形図には荒地がその後の地図に比べて広範囲に分布していた。荒地は標高の高い地域にも存在し、最高で標高 500 m まで及んだ。また、標高が低い地域にも針葉樹が多く分布していた。これは松林の可能性が高い。昭和・平成期の地形図には荒地が表れる。しかし、これは造成後の空地や耕作放棄地の可能性が高い。

# 屋久島小島地区の土地利用と猿害発生予測

森野真理 (横浜国立大学)

本研究では、猿害問題を対象に、生息地(森林)を残す条件と被害発生確率を明らかにすることを目的とする。本年度は、【1】土地利用図から、近年森林が変化した場所を特定した。【2】生息地を残す条件を明らかにするための予備調査を行った。【3】被害発生パターンから、被害発生確率分布を示した。

## 【1】土地利用の変遷と社会的要因

屋久島小島地区と地区共用林<sup>注)</sup>について、1960年、1980年、2000年の土地利用図を作成した(図1)。基礎資料は、土地利用図・森林調査簿・国有林林班図とし、過去の土地利用は、各時期の空中写真および森林調査簿記載の樹齢から推定した。小島地区では、過去40年間に、①田畑と居住地の配置に大きな変化はない、②1980年には山側の広葉樹が伐採され植林地に置換わっている、③1980年には果樹園が山林に拡大し、2000年には果樹園に転用した畑がさらに増加、といった特徴がみられた。各時期の変化に関わる社会的要因を、図2に示す。森林の林相は、1960-80年代にかけて、共用林区域で大きく変化した。

## 【2】広葉樹林が残された理由: 予備調査

図1より、共用林区域では木材の価値が高かった時代に、全面がスギ林に置換したわけではない。そこで、広葉樹林を残した理由について、6地区の共用林組合長および営林署等に聞き取りを行った。主な理由は、①水土保持林規制、②スギの非適地、であった。

共用林は、現在はほとんど利用されていない。部分林は現在利益の見込みがなく、地区によっては適切な管理もされていない。国・共用林組合・森林整備公社とともに、共用林・部分林の利用管理に関心が低い。将来的には、スギを伐らず保全涵養林指定の方向に向かっているようだが、地区によって方針は異なり、管轄を県・町にして、区の裁量で利用できるよう望むところもある。

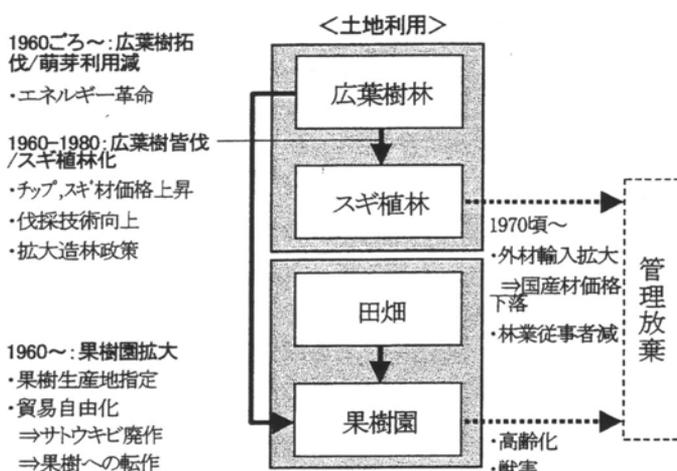


図2. 土地利用変化の社会的要因

注) 屋久島の共用林は薪炭共用林野であり、所有者は国、利用権は地元住民にある。スギを造林する場合は、分収造林契約を結び、部分林として、伐採時の立木収益を国・公社・共用林組合で分配する。主伐後、再造林しなければ、利用権は国に返還される。なお、屋久島の共用林野指定区域は9800ha、うち薪炭共用林野は7000ha、部分林は2800haである。

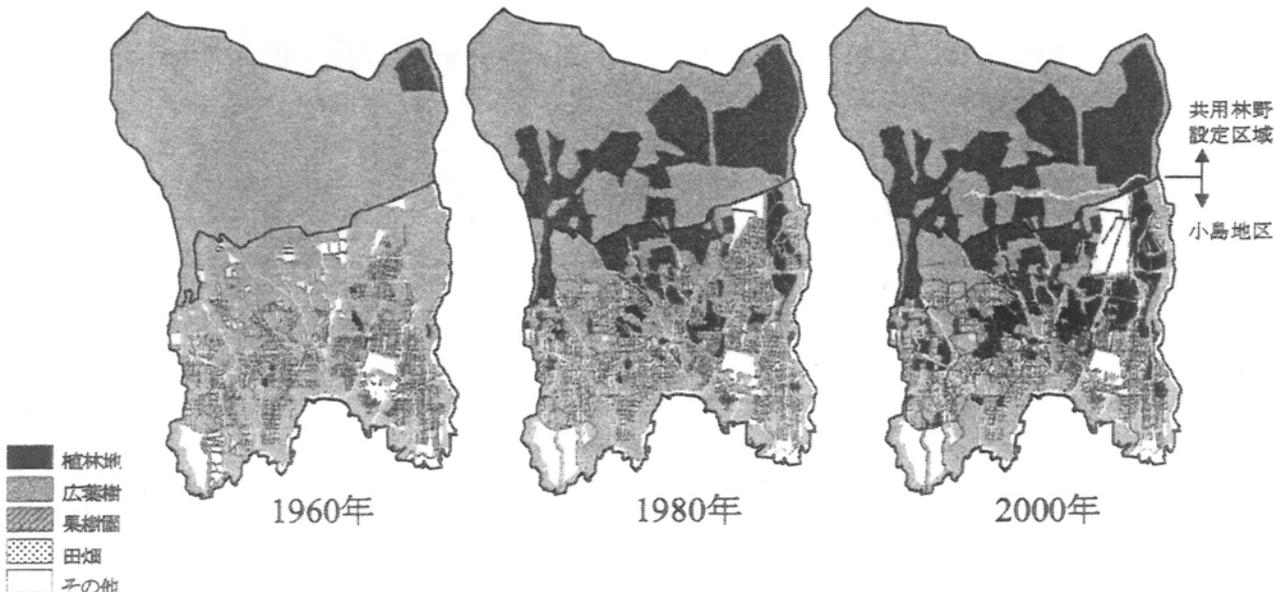


図1. 小島地区の土地利用の変遷(1960-2000)

## ■今後の研究課題: 共用林利用の変容と価値に関する比較分析

広葉樹林が残された理由は、場としての間接利用価値が高い、あるいは、材としての直接利用価値が低いため、ともいえる。また、同じ島内であっても、各地区の歴史により、利用・管理に対する考えが異なるため、将来像も土地に応じて異なるものと考えられる。今後の研究課題は、森林の利用・非利用価値という点から、共用林利用の変容の背景を比較分析することである。

## 【3】猿害発生確率の予測

### ■背景と目的

近年の猿害急増の要因は、生息地改変とヒトの圧力の変化、つまり、森林利用の変化と考えられている(図3)。被害発生には農地の位置的特徴が寄与することが報告されている。そこで、今回は、まず現時点において、農地といくつかの空間要素の近接性から、被害発生確率を予測することを目的とした。屋久島では柑橘系の果樹が農業粗生産額の6割を占めるため、農地として果樹園を対象とした。

### ■方法

調査地は、屋久島小島地区とした。小島地区は、果樹栽培が盛んな地区のひとつで、1980年ごろから猿害が急増した。被害程度は、間取りをもとに、出荷に対する影響の度合で4レベルに分類した。設定した空間要素は、サルの襲撃方向や確認場所などから、森林・居住地・道路・河川とした(道路・河川は、幅の違いで大中小に3分類)。果樹園と空間要素の近接性は、果樹園區画の重心と各空間要素の周縁の最近距離とし、GIS上で算出した。果樹園と各空間要素間距離を、被害発生の有無に対するリスク因子とみなしたロジスティック回帰分析を行った。得られた被害発生確率モデルから、猿害のハザードマップを作成した。

### ■結果と考察

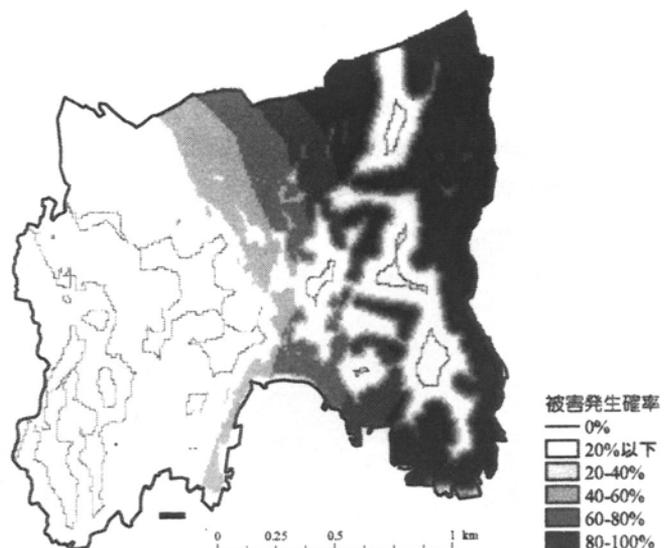
被害発生確率は、果樹園と森林および河川大の距離が近く、道路大との距離が遠いと増大し、森林の影響が最も大きいことが示された。ハザードマップから、地区東部の被害発生確率が高いことが示された(図4)。屋久島では、農業従事者の高齢化にともない、放棄園が増加している。放棄園は短期間で山林化するため、ハザードマップを用いて、土地利用の変化に対する被害予測も可能となる。ただし、被害の増減や対策の効果を評価するためには、被害の許容範囲を設定する必要がある。また、他地域へモデルを適用し、検証することが課題である。



図3. 問題の構造

図4(右図). 小島地区における被害発生確率分布  
:次式より、10mグリッドの重心の被害発生確率を求め、ポイント間を補間処理した。

$$\log \left\{ \frac{\pi(x)}{1-\pi(x)} \right\} = 2.908 - 0.083 \text{森林} + 0.003 \text{道路大} - 0.005 \text{河川大}$$



## 屋久島の森林利用の歴史と森林タイプ

相場慎一郎（鹿児島大学・理学部）

屋久島の最近 100 年間の森林利用の歴史については、国有林における伐採量と屋久島への入込み客数に基づき、次のような時代区分をすることができる。

### 1900-1920 年 国有林施業開始以前の時代

1889 年に屋久島の森林の大部分が国有林に編入された。それを不服とする住民が 1904 年に下戻行政訴訟を起こしたが、1920 年に住民敗訴となった。この間国有林の施業は凍結された。伐採量ゼロ（盗伐？）。

### 1920-1960 年 国有林施業初期の時代

1923 年に「屋久島国有林施業計画」が策定され、国有林の施業が開始された。1926 年以降、本格的な製炭が行われるようになった。戦時下には広葉樹伐採量が増加した。

### 1960-1970 (1980) 年 拡大造林の時代

エネルギー革命による製炭不況と入れ替わるようにして、拡大造林が始まった。広葉樹がパルプ原木として使えるようになって広葉樹の伐採量が激増し、その跡地にスギを植えた。1957 年以降は屋久杉の伐採も行われた。1964 年屋久島が霧島国立公園に編入され、1966 年には縄文杉が発見された。

### 1970-1990 年 森林開発と自然保護の対立の時代

1970 年小杉谷事業所が閉鎖され、広葉樹伐採量が減少し始めた。1971 年にフェリーが就航し、入込み客数が 1969 年（約 5 万人）から 1973 年（約 10 万人）にかけて倍増した。1972 年上屋久町議会が「屋久杉原生林保護に関する決議」を行い、1975 年屋久島原生自然環境保全地域が指定された。1979 年に土面川災害が起き、1982 年に住民が森林伐採が原因として訴訟を起こした。瀬切川右岸の保護運動がもりあがり、1982 年に国立公園が拡大された。1980 年以降は伐採量が拡大造林以前の水準にまで落ち込んだ。

### 1990 年-現在 本格的な観光化の時代（観光と自然保護の対立の時代？）

1989 年に高速船が就航し、入込み客数が 1988 年（約 12 万人）から 1992 年（約 24 万人）にかけて倍増した。1993 年には世界自然遺産に指定され、エコツーリズムが始動した。1999 年には西部林道拡幅凍結が決定された。

屋久島の人口は 1960 年にピーク（約 24000 人）に達し、拡大造林が進んだ 1970 年までの 10 年間で約 17000 人にまで激減した。その後ゆっくりと減少して、本格的な観光化が始まった 1990 年からは、ほとんど一定（約 14000 人）になった。上屋久町の産業別就業人口の比率は、1960 年までは第一次産業が過半数を占めていたが、1980 年以降は第三次産業が過半数に達するようになった。林業事業者は 1960-1970 年に約 10% でピークに達したが、現在は 2% にまで落ち込んでいる。建設業事業者は 1980 年に全業種で最も高い約 20% に達

し、その後は15%前後で推移している。

上記のような森林利用の歴史と対応して、次のような森林タイプが見られる (Aiba et al. 2001; 半谷 投稿中)。屋久島には恒常的に人手が入って維持されている「里山」タイプの二次林は (今は) ない。

原生林 (老齢林) : 国有林施業による伐採を受けていない

老齢二次林 : おもに製炭のための伐採後に成立

スギ造林地 : おもに拡大造林により成立

弱齢二次林 : 伐採されたが造林されなかったため成立

現在問題となっているサルによる農業被害については拡大造林がその原因のひとつだといわれている (揚妻 1998; 半谷の発表)。猿害が深刻化したのは1980年以降で果樹生産額の増加と同調している。シカによる林床植生 (特に稀少植物) の食害については実態がまだよくわかっていないが、少なくとも西部低地では最近15年間にシカ密度は増加しているようだ (Tsuji no et al., in press)。それには拡大造林とともに狩猟圧の減少も関係しているのではないかと思われる。また、ごく最近になって従来生息していなかったタヌキが野生化したようだが、その実態についてもよくわかっていない。

-----  
相場の研究概要 (発表なし)

屋久島の原生林におけるリター落下速度

相場慎一郎 (鹿児島大・理)・辻野亮 (京大・生態研)・半谷吾郎 (京大・霊長研)

屋久島の森林のリター (落葉・落枝) 生産が標高によってどのように変化するかを明らかにするために、標高170mから1200mの原生林8か所で2年間から6年間にわたってリター落下速度を調査した。6年間調査した4か所の調査地の間には、同調した年変動が見られ (Friedman ANOVA,  $P = 0.02$ )、最大の年は最小の年の1.4-1.5倍の速度を示した。リターの内訳を見ると、繁殖器官の同調性が顕著であった (Friedman ANOVA,  $P = 0.01$ )。調査期間を平均したリター落下速度は標高が高い森林ほど小さくなる傾向があったが、6か所の低地照葉樹林 (標高600m以下)の間には大きなバラツキが見られ、最大値 (約  $770 \text{ kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) を示す調査地は最小値 (約  $450 \text{ kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) を示す調査地の1.6倍の平均速度を示した。一方、2か所の山地針広混交林 (1050-1200m) の調査地はほとんど同じリター落下速度 (約  $470 \text{ kg m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ) を示し、低地の最小値と同様の速度であった。リターの内訳を見ると、調査地による違いはあまりなく、葉が60-70%、繁殖器官が10-19%、枝・樹皮が11-18%を占めた。今後は、年変動と調査地間のバラツキの原因について検討したい。

## 屋久島におけるシダ植物メシダ属 *Athyrium* の遺伝的多様性

高宮 正之 (熊本大・院・自然科学)

屋久島は、シダ植物の宝庫として知られてきた。初島(1986)によれば、変種や推定雑種を含めて屋久島から 328 分類群が記録されている。その中でもメシダ属 *Athyrium* は、屋久島に 34 分類群 (13 種、3 変種、18 雑種) が知られる大きな属である。この中には、ヤクイヌワラビ、ヤクシマタニヌワラビの 2 固有種と 14 固有雑種が含まれる。メシダ属が最も豊富に産する宝庫は小杉谷周辺であったが、ヤクジカによる食害がひどく、ここ数年の調査ではホウライイヌワラビ以外の大型個体はほとんど見られなくなってしまった。現状では過半数のものが絶滅したと推定される。林床には葉長 10cm 以下の幼齢個体は稀に見出せるが、種の同定は困難で、特に雑種の同定はほとんど不可能であった。今回食害が少ないモッチョム岳で多くのメシダ属個体が得られたので、屋久島の他産地の個体も含めて、細胞学的・遺伝学的調査を行った。

調査に用いたのは台湾アリサンイヌワラビ *Athyrium arisanense* (日本では屋久島のみ)、ホウライイヌワラビ *A. subrigescens*、ツクシイヌワラビ *A. kuratae* の 3 種と、ムラサキオトメイヌワラビ *A. × purpurascens* (ホウライイヌワラビ×ツクシイヌワラビ) と屋久島固有のニセムラサキオトメイヌワラビ *A. × flavosorum* (ホウライイヌワラビ×台湾アリサンイヌワラビ) の 2 推定雑種である。これらはこれまでにツクシイヌワラビを除いて染色体情報も無く、詳細な実態は未調査であった。体細胞染色体数はホウライイヌワラビ、ツクシイヌワラビ、ムラサキオトメイヌワラビが  $2n = 160$  の四倍体( $x = 40$ )、台湾アリサンイヌワラビが  $2n = 158$ 、ニセムラサキオトメイヌワラビが  $2n = 159$  の低四倍体であった。メシダ属で  $2n = 158$  と  $159$  が見出されたのは初めてである。減数分裂は、ホウライイヌワラビとツクシイヌワラビが 80 個の二価染色体を作り正常、ニセムラサキオトメイヌワラビは減数分裂異常だった。胞子はホウライイヌワラビ、ツクシイヌワラビ、台湾アリサンイヌワラビで正常、ムラサキオトメイヌワラビ、ニセムラサキオトメイヌワラビで異常だった。アロザイム多型分析では、*Aat*, *Hk*, *Idh*, *Pgm-1*, の 4 遺伝子座でホウライイヌワラビ、ツクシイヌワラビ、台湾アリサンイヌワラビに固有の対立遺伝子があった。台湾アリサンイヌワラビは、集団内に多型が見られた。葉緑体 DNA について PCR-SSCP 分析法を用い、*psbC~trnS*, *trnW~trnP* の 3 つの遺伝子間領域について解析したところ、ホウライイヌワラビ、ツクシイヌワラビ、台湾アリサンイヌワラビでは種固有のバンドパターンを持っていた。ムラサキオトメイヌワラビはツクシイヌワラビとホウライイヌワラビの、ニセムラサキイヌワラビはタイエアンアリサンイヌワラビとホウライイヌワラビのアロザイムバンドと PCR-SSCP のバンドを共有していて、細胞学的結果とあわせて両推定雑種の雑種性と親種が確認できた。

今回の結果より、形態のみでは同定不可能な幼齢個体について、アロザイム多型分析と PCR-SSCP 分析を併用すると同定可能であることがわかった。今後、①屋久杉ランドや小杉谷周辺の若齢個体の同定と保全、②島内に設定された保護柵内での再生を葉の一部を分析することにより継時的にモニタリングする、などを予定している。

## 鳥獣による農業被害と自然林の果実生産量の相関

野間直彦（滋賀県立大・環境）

自然林の果実生産量が年により大きく変動することは、果実を利用する動物に大きく影響を与えている。報告者らは今までに、屋久島の照葉樹林において冬の果実の生産量が、ニホンザルの出生率に影響していることを明らかにした。また極端に果実の少ない年にニホンザルの大量死が観察され、餌となる果実の不足がその要因の一つになったことを考察した。

自然林の果実生産量はまた、農作物が受ける鳥獣害の大きさと逆の相関関係にあると考えられている場合がある。屋久島においてもミカン類を中心に鳥獣による被害金額は、多い年には1億円を越え生産額の5%に達することがある。被害の強さを予想し対策に役立てる可能性を検討するために、16年間の果実生産量と鳥獣による被害の大きさを比較した。

自然林の果実生産量の調査は、国割岳西斜面の照葉樹林調査プロットで行なった。1988年から2003年まで果実数を推定した。液果をつける樹種のなかで個体数が多い8種の果実数を合計し、秋から冬にかけてこの林にあった果実量の指標とした。鳥獣害のデータは、上屋久町の統計から、ポンカン・タンカンの食害の面積と被害金額を抽出した。

照葉樹林の冬の果実量の合計は年によって大きく変動した。ポンカンとタンカンをもっと多く食害した動物はニホンザル（亜種ヤクシマザル）であった。その被害面積と金額は、自然林の果実量が多い年に小さく、少ない年に大きい、弱い負の相関がみられた。自然林の果実が豊富にあれば本来の生息域でサルが餌として利用できる果実も多いため、栽培されている果樹を食べる必要性が下がるためであると考えられる。

鳥類ではヒヨドリによる食害がもっとも大きかった。ヒヨドリによる食害は全くない年もあり、その大きさと自然林の果実量の間には強い負の相関があった。これは、冬に日本本土から屋久島へ渡ってくるヒヨドリの個体数が、自然林の果実量に関係して大きく変動することがあるためにおきると考えられる。ニホンザルによる被害は電気柵などの対策の普及により減少する傾向にあるが、ヒヨドリは最近になって増えている。増えた原因は明らかではないが、長期的な被害対策としては、自然林を減らさず、植林の間伐や樹種転換をすすめることは有効であると考えられる。

**Bat presence and activity in natural forest and conifer plantations in the warm temperate zone of Yakushima, Japan.**

David Hill (Foreign Visiting Researcher, RIHN)

A large proportion of Yakushima's warm temperate broadleaved rain forest was felled and replanted with single-species plantations of *Cryptomeria japonica* between seventy and twenty years ago. The aim of this study was to assess relative bat diversity and activity in natural and artificial forests as a preliminary indication of the impact of past forest management on the bat fauna. Bat presence and activity were surveyed at twelve sites in each habitat type during August and early September. Two main survey methods were used: a route census using a bat detector to monitor bat vocalisations, and capture of bats using a harp trap with an acoustic lure.

Bat vocalisations were recorded at all survey sites in both natural and artificial forest. Overall levels of activity in the two forest types were comparable, but the diversity of species recorded in natural forest was generally higher than in conifer plantation. Bats were captured at all survey sites in natural forest. The little tube-nosed bat, *Murina ussuriensis*, was the most common species in traps, but four other species were also captured. *M. ussuriensis* was also caught at seven of the twelve sites in conifer plantation. No other species were caught in artificial forest. At two of the plantation sites, more individuals were caught than at any of the natural forest sites.

It is not clear why *M. ussuriensis* was common at some plantation sites and not others, but the sites varied in intensity of management and proximity of remnant broadleaved forest. The availability of broadleaved trees may be a key factor. Radio-tracking data from natural forest showed that *M. ussuriensis* frequently roosts in hanging bunches of dead leaves of broadleaved trees. Further work is required before detailed recommendations for forest management can be made, but preliminary indications are that allowing gradual reversion back to broadleaved forest would be most beneficial for bats.

## 森林伐採がニホンザルの集団密度と食物利用可能性に与える影響

半谷 吾郎 (京都大学霊長類研究所)

全国で頻発する大型野生動物の人里への分布拡大と獣害の深刻化は典型的な森林伐採の負の遺産であるとされており、大型動物への影響を明らかにすることはとくに重要である。屋久島では1960年代から1970年代まで、大規模な森林伐採・一斉造林が推し進められた。一方、1980年代後半からニホンザルによる農作物被害が深刻化した。揚妻 (1998) はこの過程を以下のように推測している。伐採後数年は、伐採跡地に成立する草地植生をサルが利用するため、サルによる農作物被害は発生しない。ところが伐採後10年で草地は減少し始め、20年でほとんどなくなる。伐採後20年以上経過して成熟した植林地はサルにとって食物のない場所であり、食物不足に陥ったサルが人里に分布を拡大して農作物被害を起こした、というものである。揚妻のシナリオは被害発生過程をうまく説明できるが、直接的な証拠に欠ける。本研究では伐採後様々な年数を経た地域でニホンザルの土地利用と食物資源量を横断的に調査し、揚妻のシナリオの妥当性を検討する。

2000年から今年2004年まで、毎年夏にブロック分割定点調査法によって屋久島、瀬切川上流域の7.5km<sup>2</sup>の地域でニホンザルの集団密度の調査を行った。その結果、伐採後10-20年の天然更新地 (伐採後植林せず、自然の遷移に任せる更新方法) でサルの密度が最大となり、自然林がそれに次ぎ、伐採後20年以上の人工更新地 (伐採後スギの植林を行う更新方法) で最小となった。

また、2002年、2003年、2004年にサルの密度調査を行ったのと同じ場所でサルの食物となる液果の生産量の調査を行った。天然更新地の生産量は自然林の約10倍であり、人工更新地では生産量はほとんどゼロであった。

樹木の中にはある程度大きくなると結実しないものが多い。そのような樹種は伐採されると果実をほとんど生産しなくなると考えられる。サカキがその例である。一方、低木の中には、小さいうちから果実を生産できるものもある。ハイノキやヒサカキはその例だろう。屋久島のヤクスギ林では、一次林内でも液果の生産量の大部分をこのような低木のまま果実生産を行うハイノキやヒサカキが占めている。このような樹種は、伐採によって大きな木が切られ、光がよく当たるようになったときのほうが果実をたくさん生産すると考えられる。

一方、伐採後スギを植林すると、遅くとも20年後にはほとんどサルの食物のない状態になってしまうことが分かる。実際、このような場所ではほとんどスギしか生えていない。サルによる土地利用も、おおむねこのような変化と対応している。この結果は、従来言われてきた森林伐採とその10数年後に起きた獣害の多発との因果関係を裏付けるものである。伐採後すぐにはニホンザルの食物は減少せず、場合によっては一次林よりも増え、しかもそこをサルはよく使う。ところが伐採後、植林した場合遅くとも10数年でニホンザルにとっての食物はほとんどなくなり、集団の利用頻度も減少する。森林伐採がもっと大規模に起こった場合、伐採後の食物条件の変化でサルの数が増え、その後食物条件の悪化で増えたサルが新たな食物を求めて人里へ下りるということは、十分考えられる。

調査地内では施業方法が途中から変化しているため、伐採後植林せずに放置した場合、食物条件やサルによる土地利用が長期的にどのように変化していくのかについては、まだ結論できない。この点は今後の課題であり、これを明らかにするために、この調査を今後も長期にわたり継続していく予定である。

## 屋久島班人文社会チーム 2004 年度研究概要

### 1. 土面川土石流訴訟とバホロック土石流災害との言説の近似性 (安部竜一郎<sup>1</sup>)

#### (1) インドネシア北スマトラ州バホロック川土石流災害 (2003 年 11 月 3 日)

- 250 万 ha の原生林を誇るルーサー国立公園に隣接
- ブキッド・ラワン村を直撃＝オランウータン・リハビリテーションセンターで有名な観光地 (ジャワ人、スンダ人、バタック人、ミナン人などのマルチエスニック)
- 午後 9 時ごろ、2 回に渡る土石流。初回は高さ 4m ほど、2 回目が 10m 超 (住民へのインタビュー)。2 回目で大きな被害 (死者 250 人強と言われる)



写真 1: 破壊されたホテル (04 年 11 月安部撮影)      写真 2: ひしゃげた橋 (04 年 11 月安部撮影)

#### (2) 原因をめぐる論争

- メガワティ演説「上流部の違法伐採が原因」、環境大臣、ランカット県知事も追認。
- NGO: スマトラ横断道路 (ラディア・ガラスカ) や上流のダム決壊の影響を指摘。
- 林業大臣: 急勾配と豪雨による天災。

#### (3) 土面川裁判における各主張との比較

事件	土面川訴訟		バホロック川災害	
背景	上流部の拡大造林		違法伐採・横断道路	
アクター	原告	国(林野庁)	知事・NGO	林業省
原因	過剰伐採	軟弱な地質・集中豪雨	伐採・開発	急勾配・豪雨

\* 森林の開発主体であるアクターの主張の近似性に注目: 利害 > 科学?

### 2. 森林とのかかわりにおけるインセンティブ (浅尾真利子<sup>2</sup>)

これからの自然とのかかわり方について、まず、屋久島における行政サイドからの展望を示す環境文化村構想、そしてその後実際に行われてきた施策について検討した。これは、1993 年(平成 5 年)に世界自然遺産に登録された屋久島において、それに先立つ 1992 年(平

<sup>1</sup> 東京大学大学院総合文化研究科国際社会科学専攻 (相関社会科学) 博士課程

e-mail: ryuabe333@ybb.ne.jp

<sup>2</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻国際環境協力コース修士課程

e-mail: m\_asao@fc4.so-net.ne.jp

成4年)に県により打ち出された構想であり、世界遺産登録の受け皿になっている。理念としては自然のみに価値を置くのではなく、自然と人、両者の共存を目的として掲げている。これまで、自然保護をめぐる、自然に価値を置きすぎるあまりそこに暮らす人々の生活が見過ごされてきたという問題がしばしば指摘されてきたことを考えると、その点は評価できる。しかし調査の中で、構想やその後行われている様々な取り組みに対し、距離を置いている発言に多く出会った。このことは、文化村構想以降の様々な取り組みが、島民からの強いサポートを受けられていないことを示しているとも言える。

本研究では、行政側からの展望と、それに刺激されて行われる数々の施策から抜け落ちてしまっている、自然と人との複雑なかかわりに光を当てる。それによって、今後の自然とのかかわり方、利用の仕方になたな視点を加えることができると考える。具体的には、①構想とそれに続く施策、②構想の策定プロセス、③共用林・共有林における森林の利用、④現状がつくり出された背景、に焦点をあてる。これにより、現在行われている様々な施策がどのような枠組み、前提に基づいているのか、そして現状との間にどのようなギャップがあるのかを明らかにする。

さらに、屋久島の抱える、地理的特徴、高齢化、一次産業不振などの地域問題と、その解決策としての環境文化村構想の目的・方法は、日本の他の地域にも共通している部分が多い。したがって、屋久島における事例を検討することは、同じ問題を抱える他の地域への示唆も与えることになるだろう。

### 3. 屋久島の森林ゾーニングをめぐる背景(平野悠一郎<sup>3</sup>)

#### (1) 今年度の研究概要(現状)

昨年度までは、屋久島における森林ゾーニングの全体像を把握することにつとめていた。今年度は、既に収集した資料に基づき、個別の森林ゾーニングの制定過程において、どのような利害・思惑が働いたのかを明らかにする作業を行っている。その際、屋久島の森林をめぐる「島外」の動きを把握するため、鹿児島県行政、九州国有林行政にまで調査の対象を広げ、今年度9月に聞き取り・資料収集に赴いている。

#### (2) 理論的枠組みの構築(課題)

また、個別の森林ゾーニングを、“資源化”というプロセスの実例として位置づけ、その過程を理論化しようと試みている。明治期以降の屋久島における森林ゾーニングは、自然に何らかの価値を見出す“資源化”を前提として行われてきた。したがって、“資源化”の仕組みを明らかにする上での実証題材である。

しかし、そこでは、①森林という資源に内在される特徴や、②森林をめぐるアクターの関係構造が、大きな影響を与えているため、“資源化”のプロセスにおける理論的枠組みは単純には描けない。そこで、前者については、森林の価値そのものの多面性と、価値利用における幾つかの普遍的な要素を想定することで対応していく。後者についても、個別の実証を進める中で、地域外—地域内、主要—対応ゾーニング、といった幾つかの軸が見えつつあり、それらに基づいて各アクターの立場を整理していく。

---

<sup>3</sup> 東京大学大学院総合文化研究科国際社会科学専攻(国際関係論)博士課程  
e-mail: [hirano\\_yuichiro@yahoo.co.jp](mailto:hirano_yuichiro@yahoo.co.jp)

#### 4. 離島と学問：資源系の解明（王智弘<sup>4</sup>）

「島は不毛地であるというよりは、無人化されたものなのだ。その結果、島はそれ自身の中に最も生き生きとした資源をもちうる」—ジル・トゥールーズ[2003:17-18]がいみじくも言い得たが、島は学問にとってもまさに知的な生産活動における資源であった。

学問上、世界で最も有名な島の1つにガラパゴス諸島がある。1835年にこの島を訪れたチャールズ・ダーウィンは、自然淘汰による生物進化の着想を得て、後に『種の起源』を記した。二世紀足らず経った現在、世界自然遺産に指定されたガラパゴス諸島は、生態系と生物多様性の保護と人間の活動を管理する制度の構築が模索されている(西原・梅津[2004:229-245])。これに類似した試みは、国内でも屋久島、小笠原諸島、御蔵島などで見られる。こうした自然を利用する人間の活動—自然資源の開発—の適正な管理は、持続可能な開発の概念の根本を支えるものでもある。

『種の起源』に先立つ1691年、イングランド人のウィリアム・ペティによる著書『アイルランドの政治的解剖 (The Political Anatomy of IRELAND)』が出版されている。その内容は、軍医であり測量家、また行政官でもあった彼が、17世紀を通じてイングランドの植民的国家になりつつあったアイルランドを政治的動物とみなしておこなった政治的解剖—今日の用語で言うなら社会状態の分析—である。分析の対象には、今日我々が資源から連想するようなもの、例えば土地、産物、あるいは大気や地味も含まれている。ところで、1950年に出版された松川七郎訳による同書の邦訳では、「資源」の原語は「substance」（ペティ=松川[1950:114]）となっていて、訳語として一般的に連想する「resource」ではない。なぜか。

本発表における試みは、社会科学的なアプローチによる資源管理研究に新たな方向性を見出すことである。内容は、上述のペティをはじめ、幾つかの離島を扱った学問や論考（主に人文科学分野の）を題材とする。モノと人の関係のあり方が、離島と学問の関係にどのような特徴をもって析出しているかを歴史的概観から明らかにする。そういった分析の結果から、我々は「資源」という言葉が世相に感応した言葉・概念であることを発見する。

以上の展開から、「資源」をセンサーとした天然資源をめぐる社会現象の観測装置を、試験的に組み上げる。そのためにまず、これまで「資源論」として展開されてきた一群の既存研究をレビューしたのでこれを報告する。さらには近年、新しい概念として登場した「地域資源」への言及を踏まえて、本研究の目的として解明を進める「資源系」の概念について説明する。

#### [引用文献]

ジル・ドゥルーズ「無人島の原因と理由」『無人島 1953-1968』河出書房新社, 2003年, pp.17-18.

西原弘・梅津ゆりえ「『遺産』としてのガラパゴス諸島の生態系管理の現状と課題」『文化遺産マネジメントとツーリズムの現状と課題』国立民族学博物館調査報告 51, 2004年, pp.229-245.

ペティ『アイルランドの政治的解剖』松川七郎訳 岩波書店, 1950年, pp.114.

<sup>4</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻国際環境協力コース博士課程  
e-mail: [kk37638@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:kk37638@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp)

## 屋久島・照葉樹林の構造とヤクシカの生態

揚妻直樹 (北大・北方生物圏フィールド科学センター)・揚妻芳美 (苫小牧市博物館友の会)・辻野亮 (京大・生態研)・日野貴文 (北大・農学研究科)

### はじめに

屋久島にはシカやサルなどの草食獣を捕食する中～大型肉食獣がもともと生息してこなかった考えられている。しかしながら、屋久島には良好な森林が維持されてきた。このことは捕獲圧のかからない状況で草食獣と森林とが安定的な関係を維持するメカニズムが存在することを示唆している。もし、そのメカニズムを発見し、構築することができれば、人為的管理なしに安定した森林生態系を持続させることが可能であろう。そこで、本研究では屋久島の照葉樹林の動態と、それを利用するヤクシカの生態を把握し、それらの相互関係の安定性を評価することにした。

### 照葉樹林の構造とヤクシカ密度

屋久島西部の照葉樹林において1998年から2001年にかけて、シカの生息密度を推定した。林道および森林内にセンサスルートを設定し、探索面積とシカの発見頭数をもとに推定した。その結果、少なく見積もっても40-80頭/km<sup>2</sup>の密度でシカが生息していることが解った (Agetsuma, et al., 2003)。これは他のニホンジカの生息地と比べても、かなり高い値といえる。2002～04年に行った同様の調査でも、この地域のシカ密度は高いまま維持されていることが示された。

シカ密度が高い地域では、その採食圧のために森林の構造が著しく変わってしまうことが報告されている。通常、自然林内では小さな木の密度が高く、太い木の密度は低い傾向にあり、樹木のサイズと個体密度の関係はL字型となることが多い。しかし、シカが高密度になると、稚樹や小径木が減少してしまう (高槻, 1989など)。例えば、シカ密度が40-60頭/km<sup>2</sup>の宮城県・金華山島では小径木の密度が低く、むしろ太い木の密度が高い構造になっている (高槻, 1989; Maruhashi et al. 1998)。また、北海道・洞爺湖中島ではシカ密度が30頭/km<sup>2</sup>を超えてから、たった4、5年で小径木が激減したという (Kaji et al. 1991)。そこで、シカが高密度に生息する屋久島西部の照葉樹林について1990-92年と2002-03年に胸高直径5cm以上の木について毎木調査を行い、その10数年間の森林構造を比較した (揚妻・日野, 未発表データ)。その結果、1990-92年でも2002-03年でも森林の構造は小径木が非常に多く、大径木が少ないL字型になっていることが解った。ただし、2002-03年では、10数年前と比べると小径木がやや少なかった。これはシカの採食圧によるものか、この森林の林齢が約40年生から約55年生になったことによる遷移の進行のためかは不明である。しかし、総胸高断面積は増加しており、小径木の減少は森林が成熟していく遷移に伴った変化の可能性がある。

シカの食圧はより小さな木により強く効くとされる。そこでシカの首が届く範囲の高さである150cm以下の稚樹密度を1998年と2003年に調査し (揚妻, 2002; 揚妻・辻野, 未発表データ)、両者を比較した。しかしながら、5年の間に稚樹密度が減少していることは示せなかった。また、これら稚樹の密度は17万本/haに達しており、先の胸高直径5cm以上の木を全部あわせた2200本/haと比べても非常に高かった。

これらのことから、この照葉樹林ではシカ密度が非常に高いにも関わらず、この10数年間は森林構造がL字型に維持されており、それなりに安定していたことが示された。当然ながら、さらに時間が経過したならば、シカの採食圧により森林構造が変化してしまう可能性はある。しかし、

少なくともこの森林では他の地域に比べ、その影響は低く抑えられていることは確かなようである。

### ヤクシカの食物品目構成

屋久島西部の照葉樹林においてヤクシカを直接観察し、彼らの採食品目を調査した。その結果、彼らは木や草の葉の他にも、果実、種子、花、根、シダ類、コケ類、菌類などを食べていることが解った。また、動物の白骨やサルの糞を食べるのも観察された。季節によらず、基本的に彼らの主食は落下した木の葉であった（揚妻・揚妻, 2003）。ただし、落葉には緑色のままのもの、紅葉したもの、それらが完全に乾燥して茶色くなったものが含まれる。シカはその中でハゼノキ (*Rhus succedanea*) やホルトノキ (*Elaeocarpus sylvestris*) などの赤や黄色に紅葉した葉を多く食べており、採食した落葉に占める紅葉、緑色葉、茶色葉の割合は、それぞれ52%、32%、16%であった。照葉樹林には長い期間にわたり紅葉し、落葉している樹種も多い。そのため紅葉はシカにとって季節的にも安定して利用できる食物となっているようである。落葉の次に多いのが落下した果実や種子、花などの再生産器官である。ハゼノキやマテバシイ (*Lithocarpus edulis*)、クスノキ (*Cinnamomum camphora*) などの他、林床に落ちたさまざまな種の果実・種子・花を採食していた。これに対し、生きている生産器官である樹木の葉や実生、草本類、シダ類の採食割合は低かった。全国的にはシカが樹皮を食い荒らし、木々を枯らすことが問題となっているが、ここでは樹皮が食物品目に占める割合もわずかであった。全体として落下物がヤクシカの食物に占める割合は7割に達していた。これらのことから、ヤクシカは草食動物 (herbivore) というよりは、果実食 (frugivorous) 傾向のある葉食者 (folivore) とみなした方がよさそうである。そして、森林生態系の中では一次消費者というよりも、むしろ分解者としての役割がずっと大きいことも解った。

### ヤクシカとヤクシマザルの関係

屋久島西部の照葉樹林にはサルも高密度に生息している。当然ながら両者が森の中で出会うことも少なくない。こうした出会いでは、サルがシカの背中に飛び乗ったり、シカがサルを押しのけたりと、さまざまな交渉が見られる。その中でもシカにとって最も重要なのは、サルが食物を供給してくれる点であろう。サルは自分たちが木の上で採食する際に果実や葉を地面によく落とす。シカはこれらの食物をしばしば利用している。ただし、シカはサルの遊動についてまわることは観察されなかった。

サルが実際に落とすのを確認したり、サルの採食痕が残されているなど、サル由来であることがほぼ確実なものについて、シカの食物に占める割合を算出した（揚妻・揚妻, 2003）。当然ながら、サルが落とした物でも、それが明らかでないものは除外しているので、この推定は過少評価である。その結果、季節的に割合が変わるが平均するとシカの食物の1割がサルが落とした食物であった。サルが落とした食物の半分は果実や種子であり、栄養価が高い食物を供給してもらっているといえる。ついで、緑色落葉の割合が高かった。サルが落とした緑色葉が落下した紅葉などに比べて栄養価が優れているかどうかは熱量やタンパク質、二次代謝物などを分析しないとはっきりしたことは言えない。

### ヤクシカの採食圧

屋久島西部の照葉樹林と一湊林道周辺のスギ植林地帯に残された広葉樹林分に毎木調査プロッ

トを設定した。高さ2m以下の樹木に関して、シカの採食痕を調査した。その結果、西部に比べ一湊ではシカの採食痕が見られた個体の割合は1/3程度であった。過去の様々な調査から、シカの生息密度は西部で一湊の数～数十倍高いことが示されている。そうすると、一湊では生息密度の割には強い採食圧がかかっていることが示唆された。

動物が他の生物に及ぼす影響は、numerical responseとfunctional responseとを分けて考えるべきと言われている。植林地ではシカ個体数が低いので、numerical responseとしては植生に対する影響は低いはずである。しかし、それを補償するようにfunctional responseとして1頭当たりの採食圧が増加しており、植生に対する影響は個体密度から単純に予測される以上であった可能性がある。非攪乱地と攪乱地で見られる食植動物による植生への影響を考える場合には、個体数だけでなくfunctional responseも重要であることが示唆された。

## まとめ

ニホンジカが高密度で生息している地域では、シカによる森林破壊が多く報告されてきた。これに対し、屋久島西部の照葉樹林に生息しているヤクシカは高い生息密度の割には森林への影響が小さいようである。この理由の一つは、ヤクシカがニホンジカとしては小型であることが考えられる。食物供給量が同じであれば、当然ながら小さな動物の方がたくさん住める。さらに照葉樹林の生産性は落葉樹林に比べ高いようなので（堤, 1989など）、食物供給量も大きい可能性がある。しかし、ヤクシカの体サイズがホンジカの半分程度といっても、生きるためのエネルギー量は6割は必要となる。屋久島西部の照葉樹林には80頭/km<sup>2</sup>のヤクシカが生息しているが、必要エネルギーからするとホンジカ50頭/km<sup>2</sup>に匹敵する。植生への影響がほとんどでない生息密度は5（小金澤, 1998）から14頭/km<sup>2</sup>（北海道環境科学研究センター, 2001など）と言われており、だとするならば本調査地では著しい森林破壊が進行していなくてはならない。

ヤクシカが森林に対するインパクトが少ないのは、彼らが安定した生息環境にあって、森林植生と安定的な相互作用を進化させてきた可能性がある。屋久島西部にはこの島のなかでも特に自然度の高い照葉樹林が広く残されており、人為的影響も少ない。そこに生息しているヤクシカは食物の大半をリターに依存し、植物が光合成を行う生産器官への採食が少ない。また、サルや鹿の落とした食物を利用しているのもその影響を低くする一因かも知れない。これらの他にも何らかのメカニズムによって森林への影響が緩和されていた可能性がある。

ニホンジカの森林破壊に関しては、捕食者であるオオカミが絶滅し、シカが異常増加したためと指摘する人も多い。しかし、さまざまな食植動物の個体群に対する肉食動物の影響を検証した研究成果をみると（Krebs, et al. 2001など）、捕食が食植動物の数を減らす強い効果が確認できることは少ない。さらに捕食者不在の状態でも屋久島のようにシカと種多様性の高い森林が共存している例もある。むしろ、シカがこの島の生物多様性を高めることに何らかの寄与をしてきた可能性もある。

しかしながら、ヤクシカ個体群が不安定となったり、植生破壊を起こすようであれば、ヤクシカの生態を変化させ、植生との関係を崩すインパクトがシカに作用したためと考えられよう。このとき植林地と自然林で見られたシカの採食圧に関するnumerical responseとfunctional responseの逆転という減少は重要な示唆を与えらると思われる。植生破壊がどんな攪乱をきっかけとして、どんなメカニズムを介して起きるのかは、生態系管理を考える上で将来的に重要な課題となるであろう。

## 屋久島西部地域におけるアコウの分布、結実、および遺伝構造

大谷達也 (森林総研九州)・金谷整一 (森林総研)

アコウ (クワ科イチジク属) はいわゆる絞め殺し植物で、非常に大きな樹冠を形成する。またアコウは大量の果実を提供するので、屋久島西部の照葉樹林においてヤクシマザルや各種の鳥類にとって重要な餌資源となっている。一方、これらの動物は種子散布者として、アコウの更新や分布に大きく影響していると考えられる。屋久島西部の果実食者の中でヤクシマザルは、体サイズが大きく果実消費量も多いと予想され、アコウとサルの相互関係を解明することは、この地域の森林生態系を理解する上で意義深い。

本研究の最終的な目標は、アコウの種子散布過程を樹木個体ごとに詳細に追跡し、その空間的遺伝的な多様性の維持にヤクシマザルがどのように貢献しているかを明らかにすることである。今回は、以下にあげる3つのトピックについて報告する。すなわち、1. 成木の分布と地形要因との関係、2. 結実フェノロジーの特徴、および3. 一樹冠内における遺伝構造である。

### 1. アコウ成木の分布と地形要因との関係

屋久島西部川原地区において2 km<sup>2</sup> 強の地域を踏査し、アコウの成木の位置を DGPS 装置によって記録した。アコウの生育型を、他の樹木に着生 (絞め殺し型)、岩の上に生育 (岩上型)、および地面から直立 (地面型) の3タイプに分類した。また、アコウが着生しているホストをできるだけ同定した。アコウの分布と地形との関係を明らかにするため、アコウが存在する地点の地形的な変数をデジタル標高モデル (10m メッシュ) から算出した。すなわち標高、斜度、斜面方位、尾根・谷の程度を表す指数 (以下、尾根指数)、および日射量の5つである。斜面方位については、調査地が全体的に西向き斜面であったため、南北方向にだけ注目し0から180度までの値をとるように変換した。尾根指数とは McNab(1993)の方法を改変したもので、ある地点が周囲よりも高いか低いかを表す。日射量とは、「The Solar Analyst 1.0 (<http://www.fs.fed.us/informs/download.php>)」上でのシミュレーションによって求めた1年間の合計日射量である。さらに、調査地内でアコウのない地域からランダムに選んだ地点についても同様の変数を算出し、アコウの有無を従属変数、5つの地形変数を独立変数としてロジスティック回帰をおこなった。

アコウ 255 個体について調査をおこなった。生育型の内訳は、絞め殺し型 162 個体、岩上型 80 個体、および地面型 13 個体であった。絞め殺し型のホストについて 45 個体で9樹種を同定でき、その内訳は、タブノキ 21 (47%)、イスノキ 8 (18%)、ハゼノキ 4 (9%)、その他 12 であった。ロジスティック回帰の結果、尾根指数と標高のみが選択され、回帰式は以下のとおりであった。

$$\text{Logit}(y) = 0.5105 - 0.0037 * (\text{標高}) - 0.0854 * (\text{尾根指数})$$

すなわち、より谷筋で標高の低い場所にアコウが存在する確率が高いことが示された。

また、調査地内に 12 台の温湿度計を設置し、それぞれの機器について年平均気温と年平均水蒸気分圧を算出したところ、最高値と最低値の差は気温で 2.2°C、水蒸気分圧で 1.6hPa 程度であった。温湿度計を設置した地点について、上記の回帰式によってアコウの存在確率を算出し、年平均気温および年平均水蒸気分圧との相関係数をそれぞれ求めた。その結果、アコウ存在確率と気温とは負の相関関係 ( $r = -0.59$ ,  $p = 0.04$ ,  $n = 12$ )、水蒸気分圧とは正の相関 ( $r = 0.66$ ,  $p = 0.02$ ,

n =12) が認められ、より気温が低く水蒸気分圧の高い地点ほどアコウの存在確率が高いことが示唆された。

## 2. 結実フェノロジーの特徴

2003年6月からこれまで約1年半にわたり、アコウ74個体の結実状況を3から4週間ごとに記録した。全体の個体数に対する結実個体の割合を調査時点ごとに算出すると、最低10% (2004年6月16日)、最高62% (2004年4月22日)、平均32% (n=20) となり、いずれの時期においても少なくとも1割程度の個体は結実していることが明らかになった。結実可能なサイズに達していないと思われる4個体を除き、どの個体でも少なくとも1回の結実を確認した。これまでに4回ほど結実しているものが多く、1個体が年間に結実するのは1回だけではないことが明らかになった。個体ごとの結実時期を大まかに分類すると、夏秋タイプと冬タイプに分けられたが、昨冬に結実していた個体でもこの夏秋(2004年)に結実しているものがあり、個体ごとの結実時期は固定しているわけではないことが推察された。後述のように、アコウの樹冠内では異なる遺伝子型をもった幹が混在している可能性が示されたが、現在のところ一樹冠内で時期的に分離して結実するという現象は観察されていない。今後は長期観察をおこなうとともに、個体の結実に影響を与える要因として立地環境、樹体サイズ、および遺伝子型などについて検証する予定である。

## 3. 一樹冠内における遺伝構造

本研究の最終的な目的として、アコウの種子散布過程を樹木個体ごとに詳細に追跡することがあげられる。しかしアコウのような絞め殺し植物では、気根が絡み合いさまざまな場所から枝が伸びており、1個体を見極めることが困難である。見かけ上ひとかたまりになって生育しているものが、すべて遺伝的にも同一なのかどうかを確認しておくことは、今後の研究を展開する上で不可欠である。

ここでは *Ficus* 属樹種ですでに開発されている8個のマイクロサテライトマーカー (MFC1-8; Kharari et al. 2001) を利用して、アコウ樹冠内の遺伝的な異質性を検証した。見かけ上の16個体(絞め殺し型5、岩上型10、地面型1)を選び、1樹冠あたり3から12幹(計99幹)より葉を採取した。8個のマーカーのうち3個(MFC1, 4, 7)で増幅が確認されたが、多型を示したのはMFC4のみであった。MFC4で観察された対立遺伝子数は7個で、Kharari et al. (2001)で報告されている4個よりも多かった。7個の対立遺伝子で11遺伝子型を検出した。解析した16個体(樹冠)のうち2個体(樹冠)で、ほかの幹とは異なる遺伝子型を示すものがそれぞれ1つ含まれていた。生育型では絞め殺し型と岩上型がそれぞれ1個体となり、生育型に対応した明確な傾向は認められなかった。

今回の解析では、アコウの同一樹冠内において遺伝的なモザイク構造が存在する可能性が示された。今後は、現在開発中のオリジナルのマーカーを加えて解析を進めたい。その結果によっては、調査地での一個体の定義を見直すと同時に、アコウの分布と空間的遺伝的多様性の関係についても調査の枠組みを考え直す必要が生じるかも知れない。

## 生活形をまたがる葉およびシュートの機能多様性の比較解析

甲山隆司・工藤岳・牛原阿海・石橋史朗

(北海道大学大学院地球環境科学研究科)

本研究では、さまざまな生活形における個葉およびシュートモジュールレベルのトレードオフが、同一地域の環境下での多様化を可能にしているという仮説に立って、生活形や葉形態に対応して葉およびシュートの生理機能の分化を解析している。

昨年 10 月に、照葉樹林域の海岸植生、低地植生(標高 250 メートル前後)、中標高植生(450 メートル前後)から、さまざまな生活形の植物の葉をサンプリングし、計測を行なったが、全 121 サンプル(サイトをわけると同種を含む; 全 116 種)についての計測を完了した。生活形間の違いとともに、サイト間の群集レベルの特性の違いが検出された。

葉の寿命の増加に伴って窒素含量が減少する、というのは生態系にかかわらず・あるいはまたがって確認されている現象であるが、私たちが作業仮説とする「一年葉以上では窒素含量は減少しない; 場合によっては僅増する」傾向(Kudo et al. 2001)については、確認できた(図 1)。高窒素含量グループ(2.5%~4%)は、おもに海岸群集の草本やツル、あるいは林縁性の落葉木本であった。

さらに保存試料から、防御物質系のフェノールやタンニンの定量の実施を考えている。今後、屋久島の照葉樹林のデータを、他の生態系でも得つつある同様のデータと比較していく。

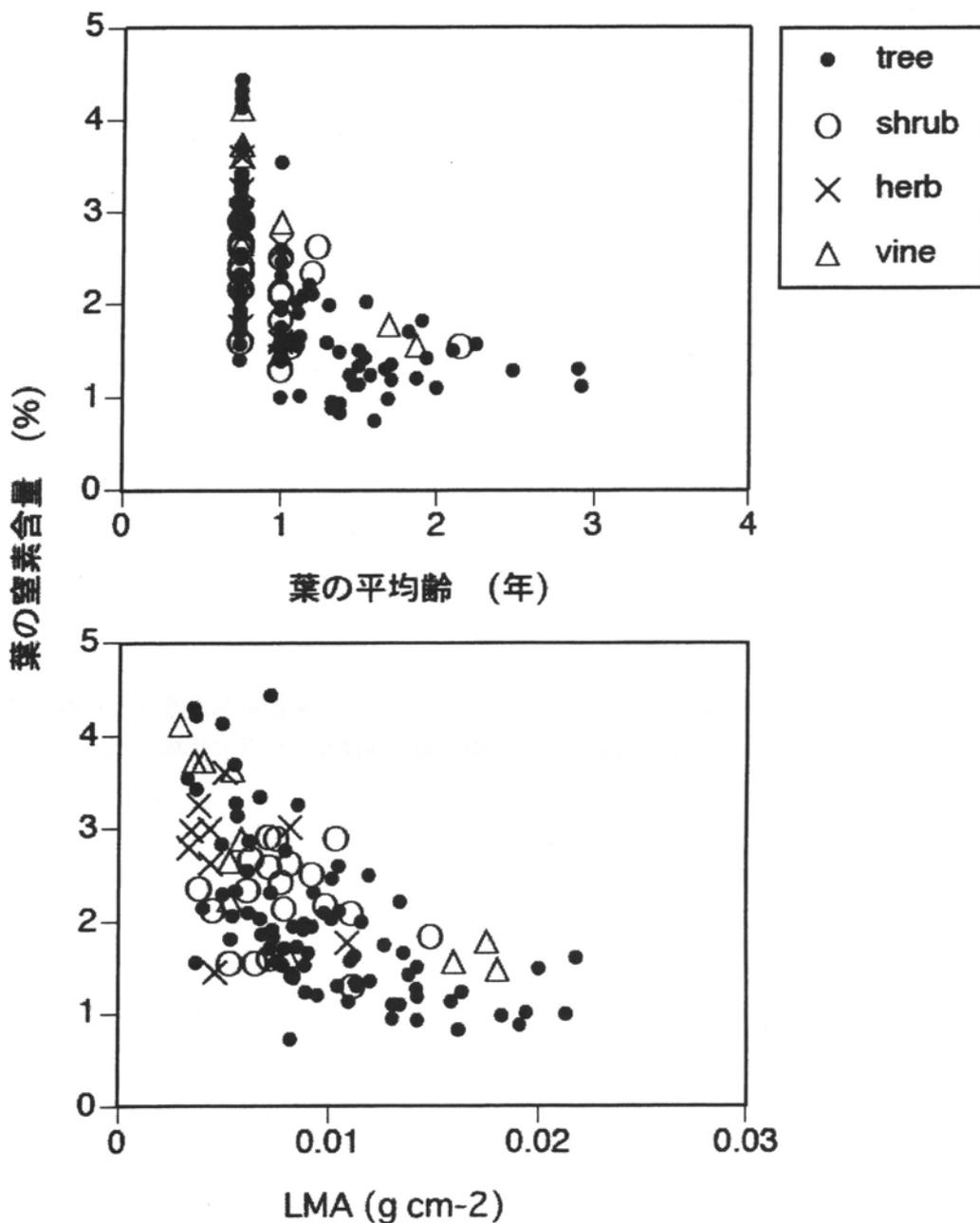


図1 屋久島照葉樹林域の植物葉の平均推定齢と窒素含有量の関係(上)と、葉面積重 LMA と窒素含有量との関係(下)。

今年度は、9月半～10月半ばに調査を実施し、主要照葉樹種に注目して、同種内の葉齢の間での機能の変化や、環境(林内・林縁)による葉寿命の変化を、計測・追跡観測し始めた。

常緑樹(去年以前の葉群がある)の「横」枝先では、葉の配置が(互生・対生葉序にかかわらず)疑似輪生か二列生か、その中間になる。上から見た年枝茎に対する個葉の方向と葉の仰角を記録し、

節間分布（葉痕も含めて）を記録した。二列葉序と疑似輪生葉序は連続的で、条件（あるいは成長）で変化するが、ある程度の種間分類が可能である。二列生配置の種のほうがより連続成長的（今でも新しい葉がある）であり、簡単な裸芽を作る種もある（例：ヒサカキ、イスノキ、ツバキ、サカキ、アデク、ナギ）。疑似輪生配置では、成長が当然ながら間欠的で、これは年内に何回か伸びる場合も、あるいは数年頂芽が休眠芽となる場合もあてはまる（例：イヌガシ、バリバリノキ、シキミ、サクラツツジ、タイミンタチバナ、モクダチバナ）。中間的と判断できる樹種もある（例：マテバシイ、クロバイ、ミミズバイ）。典型的な二列性と疑似輪生の例を、図2に示す。

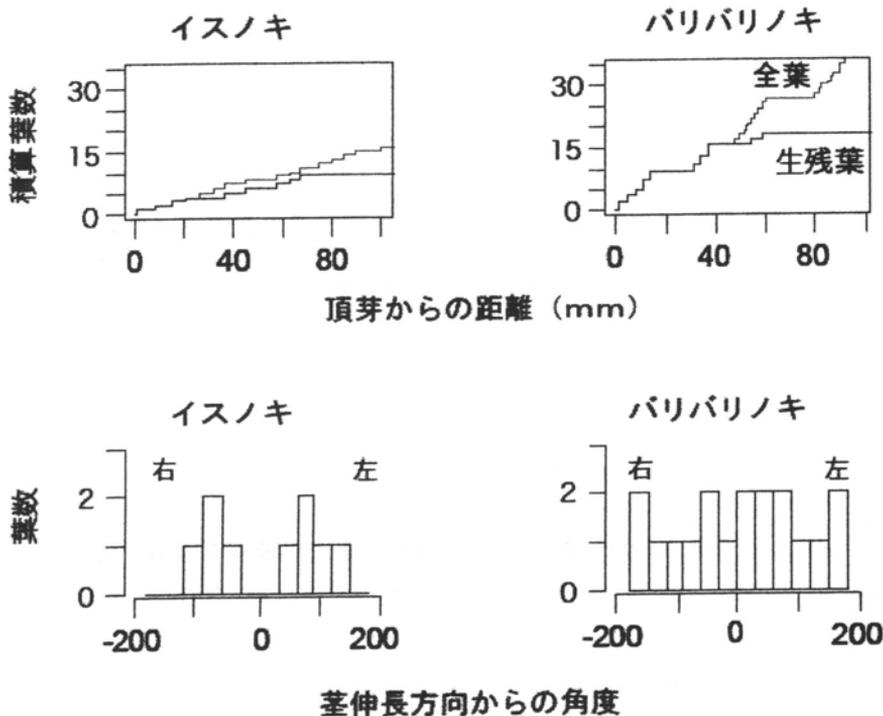


図2 西部林道川原の照葉樹林内の、イスノキとバリバリノキ稚樹の横枝シュート上の葉の配置。上が葉の節間長分布を、下が着葉角度分布を示す。

以上の葉レベルの解析と並行して、最大到達サイズを別ける種個体群間の共存メカニズムについての理論的解析も行なっている。最大サイズを別けた共存が可能であることは、Kohyama (1993)が見いだしているが(森林構造仮説)、このメカニズムの一般化を、簡略化された競争モデルによって解析している。まだ解析を進行中なので、本年度の報告としてはその詳細は割愛するが、新理論による予測のデータ検証だけを挙げておくことにする。低木性の優占種は、森林の発達途上でより個体数密度が高く、成熟段階では相対的に低くなるのに対して、高木性の優占種は逆の傾向を示すことが予測される。図3は、瀬切川右岸、標高500メートル前後のイスノキ優占照葉樹原生林で、ギャップと閉鎖林分の個体数密度を比較したものである(Kohyama 1986, Bot Mag Tokyo 99:267-279, Appendix から)。予測を主要種が満たしていることがわかる。

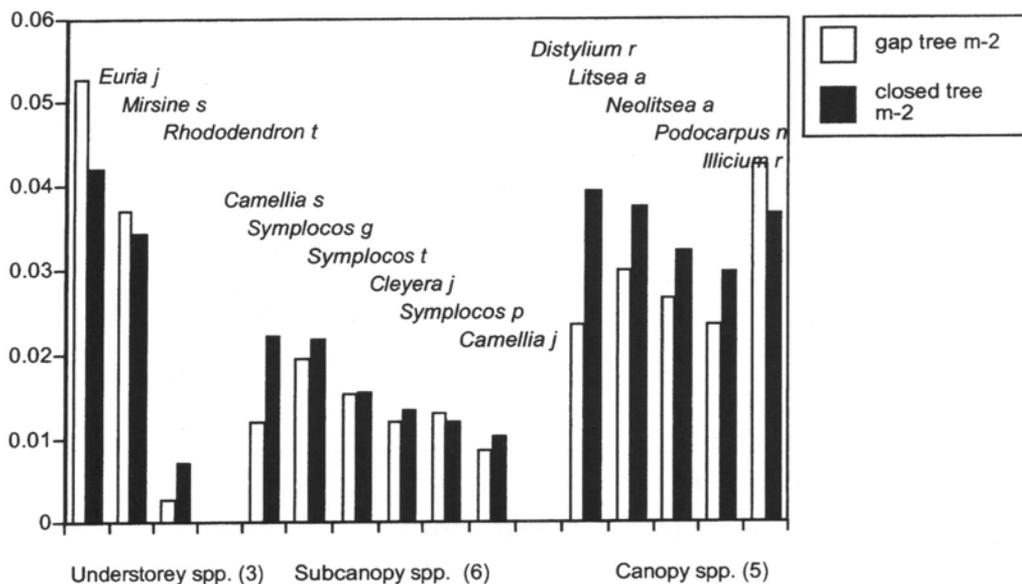


図3 瀬切川右岸照葉樹林のギャップと閉鎖林分での出現個体数密度の比較. 低木優占3種中の2種(ヒサカキ・タイミンタチバナ)は、ギャップでの出現数が高く、逆に高木優占5種中の4種(イスノキ・バリバリノキ・イヌガシ・ナギ)では、閉鎖林分で密度が高くなる傾向が同える. Kohyama (1986)のデータから描く; 種の区分はAiba & Kohyama (1996)による.

## 植食獣ヤクシカが森林構造に与える影響

辻野 亮 (京大・生態研)

全国的に植食獣シカが森林構造に多大な影響をあたえ、場合によっては壊滅的な打撃を与えているところもしばしば見られる。たとえば大台ヶ原ではシカによって林床植生が笹のカーペットが広がるという単純なものになっている上に針葉樹の樹皮をシカが採食するために、若い樹木が採食によって少ないだけでなく成木も立ち枯れてしまうという状況もみられる。森林に対する採食圧が厳しくなり、森林を成立させ続ける維持更新が阻害されているのだと考えられる。

ところで屋久島の西部照葉樹林は世界自然遺産に登録されるなど、国際的に貴重な自然植生が示されている。また野生のヤクシカ (*Cervus nippon yakushimae*) やヤクシマザル (*Macaca fuscata yakui*) が生息していることも有名である。ヤクシカの個体数密度は Agetsuma et al. (2003) や Tsujino & Yumoto (2004) によると  $1\text{km}^2$  あたり 60 頭前後生息していることがわかっている。これは宮城県の金華山島などで森林崩壊したとされる個体数密度に近いものがあり、屋久島の森林を保全する上でもヤクシカと植物の関係を調査研究することは非常に重要なことであると考えられる。

そこで、屋久島西部低地林地域でヤクシカがどの程度増えたのかを明らかにするために 1988 から 89 年と 2001 年から 2002 年の 1 年間ずつ道路を歩いてシカの数进行数というロードサイドセンサス調査をおこなった。すると、Distance sampling method (距離標本法) による推定密度は、1988 年で  $2.55$  頭/ $\text{km}^2$ 、2001 年で  $40.74$  頭/ $\text{km}^2$  であった。ただし個体数密度の増減傾向を明らかにする上で 1988 年の密度推定は発見例が少なく正確とはいえない。そこで目視によるシカ発見率を比較すると、13 年間で 6.16 倍になっていることがわかった (年率 15% の伸び率)。これは西部低地林地域だけの値ではあるが非常に大きな値であると考えられる。周辺森林の伐採によってシカの餌資源量に変化して個体数密度が増加したのかもしれない (Tsujino et al. in press)。

次に樹木の生涯においてもっとも脆弱と考えられる当年生実生の生残率と死亡率にはたすヤクシカの影響度を実験的に示すために、防鹿柵を設置して 9 種の種子をまき、柵内外の生残率と死亡率の比を比較した。シカが好んで採食する嗜好植物種と不嗜好植物種の関係や実生のサイズに注目した。すると大きな種子由来の実生は柵内での生残率が有意に高かった。しかしこの傾向はシカの嗜好性とは一致しなかった。小種子由来の実生よりも大種子由来の実生はシカの活動の影響を大きく受けて柵外での死亡率を高めていた。一方、不嗜好植物種の生残率は嗜好植物種ほど減少しなかった。高密度のシカによる物理的な攪乱はすべての樹種に影響があり、シカの採食は嗜好種で重要であることがわかった。また、見通しが利かない照葉樹林ではロードサイドセンサスは良い方法とはいえないので、より有効といわれている糞粒法を改良してヤクシカの生息密度を推定したところ、非常に高密度 ( $51.5 - 63.8$  頭/ $\text{km}^2$ ) な値が確認された (Tsujino & Yumoto 2004)。

## サルによるヤマモモ (*Myrica rubra*) の種子散布—サルがいない森ではどうなるか

寺川真理・松井 淳 (奈良教育大学)・湯本貴和 (総合地球環境学研究所)

動物による種子散布は、植物-動物間の相互作用として注目され、多くの哺乳類や鳥類で、糞や吐き出しにより散布することが報告されてきた (Corlett, R. T., 1998)。糞散布の可能な種子サイズは、散布者の口のサイズで決定され、大きな果実や種子を持つ植物ほど散布者が少なくなる (Noma, N. et al., 1997)。ウガンダのキバレの森で断片化によって大型霊長類が生息しなくなった森では、実生の種の多様性や密度が低くなったという報告があり (Chapman, C. A. et al., 1998)、大きな種子を持つ植物ほど散布者の消失が及ぼす影響が大きいことを示唆している。また、固着性である植物は種子や花粉により局所集団間で遺伝子を流動させるため、工藤 (2001) は人為的影響を評価する際に、対象植物の生息地周辺の景観や動物相の変化が局所集団間の遺伝子流動に大きな影響を与える可能性を示唆している。散布者の喪失が森の更新過程や種や遺伝子の多様性に与える影響は大きいと考えられるが、それを示した例は少なく、予測の難しい問題である。

本研究では、ヤクシマザルにより種子散布されるヤマモモに着目し、サルが生息する屋久島とサルが絶滅した種子島において、野外調査と遺伝解析を組み合わせ、散布者の喪失がヤマモモの集団に影響を与えるかを評価したいと考えている。本年度は、二つの島において果実消費の比較と、集団の遺伝的多様性の比較を行った。

### 1) 果実消費の観察

2004年5月25日から6月7日、屋久島の西部林道と種子島の宇宙センターのヤマモモを対象に果実消費の観察を行った。午前6時から午後6時までの12時間 (雨天時中止)、周囲で確認された動物、訪問者の滞在時間、採食時間、1分あたりの果実消費量を記録した。観察時間の合計は、屋久島で4本の母樹を対象に73時間46分、種子島では3本の母樹で計63時間44分であった。

全調査期間中に、屋久島ではヤクシマザル (これ以降、サルと表記) と13種の鳥、種子島では21種の鳥が、ヤマモモの周囲で確認された。確認された鳥は合計24種であり、うち5種が果実を主食とする鳥 (major)、6種が果実を副次的に食べる種 (minor) であった。両島で確認された鳥は9種で、アオゲラ、ヒヨドリ、メジロ (major)、ヤマガラ、サンショウクイ、ハシブトガラス (minor)、コゲラ、ヤブサメ、トビであった。1本の樹の12時間あたり訪問者数は、屋久島ではサル  $6.2 \pm 1.4$  頭、ヒヨドリ  $3.5 \pm 1.7$  羽、その他  $0.4 \pm 0.3$  羽、種子島ではヒヨドリ  $3.5 \pm 1.1$  羽、その他  $0.1 \pm 0.1$  羽であった (平均  $\pm$  S.E)。また、1訪問あたりの滞在時間は、屋久島ではサル  $11.6 \pm 1.0$  分、ヒヨドリ  $1.2 \pm 0.2$  分、種子島ではヒヨドリ  $1.2 \pm 0.1$  分であった。これらより、周囲には多くの果実消費者が存在するが、主に消費しているのはサルとヒヨドリに限定されていたことがわかった。これは、消費者の嗜好性だけでなく、ヤマモモの果実が13mmと大きいため、消費者の口のサイズにより食べることでできる動物が限られる (Noma, N. et al., 1997) ことも原因と考えられる。

両島のヒヨドリの訪問者数と滞在時間には差がなかったため、1分あたりの消費量と採食時間はデータ数が少ないので両島のデータをあわせた。1分あたりの果実消費量はサル  $14.0 \pm 2.4$  個、ヒヨドリ  $5.5 \pm 1.3$  個であり、採食時間はサル  $11.36 \pm 1.38$  分、ヒヨドリ  $0.69 \pm 0.17$  分であった。ここから1訪問あたりに消費される果実の数を計算すると、サルは  $159 \pm 19.4$  個、ヒヨドリは  $3.6$

±0.9個であり、その差は有意であった(U-test  $P < 0.0001$ )。一日あたりヒヨドリが4羽来ても20個程度の果実しか消費しないが、サルが1日6頭訪れると900個以上の果実が消費されることになる。つまり、サルのいる屋久島では多くの種子が母樹から運ばれるのに対し、種子島では大半の種子が重力散布されることを示している。これは、観察時に種子島で多くの完熟した果実が消費されずに落下していたという印象と一致していた。

## 2) マイクロサテライトマーカーの開発

マイクロサテライトマーカーは多型性が高く、個体識別や親子関係、遺伝子の流動などを解析するのが可能な解像度の高いマーカーである。有用なマーカーであるが、種によって適するプライマーが異なるため、ヤマモモでもプライマーを設計する必要があった。本研究では、マイクロサテライトマーカーを用いてヤマモモの種子散布距離や実生と母樹との親子判定、また集団間の遺伝子流動の推定を行うため、2004年3月から森林総研の生態遺伝研究室でマーカーの開発を行った。

これまでに、磁性粒子を用いてSSR領域を濃縮したライブラリーを構築する方法で13座のSSRマーカーを開発した。開発した13座で32個体を解析したところ、対立遺伝子数は2-15であり、ヘテロ接合度の期待値の平均が0.632と高い値を示した。開発した13座のうち2座のFISの値は0.3と大きく、ヌル対立遺伝子をもつ可能性があるが、これらを除外しても今後の親子判定を行う際に十分なマーカーが得られた(表1)。

## 3) ヤマモモ集団の遺伝的多様性

現時点でのヤマモモの成木集団の遺伝的な多様性を比較するため、屋久島と種子島で4箇所ずつ調査地を設置し、30個体のランダムサンプリングを行った。開発した13座のうち多型性の高い4座を用いて種子島と屋久島の集団を4つずつ解析し、遺伝子型を決定した。ヘテロ接合度は、屋久島の4集団で0.70-0.77、種子島の4集団で0.69-0.75と高く、遺伝的多様性が保持されていた。集団間の分化を示すFSTは、種子島で0.006、屋久島で0.007、各島を1集団として求めた場合は0.009とたいへん低い値であった。このことから、ヤマモモの高い遺伝的多様性は集団間ではなく集団内に保持されており、風媒の花粉による遺伝子流動が盛んであることが示唆された。

## まとめ

野外における果実消費の観察から、サルが絶滅した場合、大半の種子が母樹の下に落ちることが示された。野外ではヤマモモの実生や稚樹は母樹の下には見られず、日当たりのよい尾根筋で見られることが多い。したがって散布様式が重力散布に限られた場合、種子がセーフサイトに到達できる可能性が低下することが予想される。今後、屋久島と種子島で実際に実生を探し、分布や生存率などを調べる必要性がある。

マイクロサテライトマーカーは花粉と種子の遺伝子流動を分離することはできないため、種子散布されなくなる影響をFSTなどのパラメータを用いて評価することは難しい。だが、もっと局所的なスケールで、実生と母樹との距離や、個体間距離と近縁度の関係などを二つの島で比較すると差が検出できる可能性がある。また、サルの直接追跡による採食行動の観察と糞の回収を野外で行い、マイクロサテライトによる親子判定より散布の範囲や距離を推定することも今後の課題のひとつである。霊長類による種子散布の研究のメリットは、採食から排泄までの行動を直

接観察できることである。採食樹から効率よく母樹を特定できるだけでなく、動物散布によるヤマモモの遺伝子流動のパターンを動物の行動と関連付けて示すことが可能である。

参考文献

CHAPMAN and C.A., ONDERDONK D.A. (1998) Forests without primates: primate/plant codependency. *American Journal of primatology*, 45 : 127-141

CORLETT R.T. (1998) Frugivory and seed dispersal by vertebrates in the Oriental (Indomalayan) Region. *Biol. Rev.* 73 : 413-448

工藤 洋 (2001) 植物集団間のジーンフローに影響する生態学的要因. 日本生態学会誌 51 : 193-201

NOMA N. and YUMOTO T. (1997) Fruiting phenology of animal-dispersed plants in response to winter migration of frugivores in a warm temperate forest on Yakushima Island, Japan. *Ecological Research*, 12 : 119-129.

表1 開発したヤマモモのマイクロサテライトマーカー

Locus	Repeat	Product (bp)	Samples	NA	Allelic richness	Ho	He	F <sub>IS</sub>
my35 <sup>*1</sup>	(CT) <sub>15</sub>	235-281	30	15	15.0	0.866	0.907	0.035
my43 <sup>*1</sup>	(AG) <sub>11</sub>	257-275	32	6	6.0	0.844	0.767	-0.096
my186 <sup>*1</sup>	(AG) <sub>11</sub>	144-172	32	8	7.9	0.719	0.785	0.075
my427 <sup>*1</sup>	(CT) <sub>15</sub>	225-239	32	8	7.9	0.469	0.54	0.132
my472	(CT) <sub>10</sub>	101-109	31	4	4.0	0.483	0.529	0.156
my780	(CT) <sub>13</sub>	191-201	32	4	3.9	0.375	0.368	-0.004
my792	(TG) <sub>12</sub> (CG) <sub>8</sub> (CG) <sub>2</sub> (AG) <sub>8</sub>	199-219	31	7	7.0	0.742	0.759	0.074
my793	(CT) <sub>12</sub>	166-174	32	4	4.0	0.625	0.633	0.044
my812	(AG) <sub>11</sub>	130-138	32	2	2.0	0.281	0.369	0.231
my841	(AG) <sub>5</sub> (AG) <sub>10</sub>	113-119	32	4	3.9	0.313	0.328	0.036
my972	(CT) <sub>11</sub>	204-224	31	5	5.0	0.644	0.732	0.109
my889 <sup>*2</sup>	(AG) <sub>10</sub>	181-191	31	6	6.0	0.419	0.669	0.371
my1001 <sup>*2</sup>	(GT) <sub>17</sub>	134-164	30	12	12.0	0.567	0.836	0.322

\*1: 集団の遺伝解析にも用いた座

\*2: ヌル対立遺伝子をもつ可能性のある座

## 原生林とスギ植林の土壌動物の多様性の違い

湯本 貴和（総合地球環境学研究所）

目的と方法：人の手が加わった林では昆虫などの生き物が少なく、多様性も低いという仮説は本当に正しいのか、また、過去に人の手が加わった二次林という環境が、原生林・植林地のどちらに近いかについて、移動性の低い土壌動物を環境指標生物としてピットフォール・トラップで調査した。調査地は、屋久島・愛子岳山麓の隣接した原生林（世界遺産地域）、二次林、スギ植林地である。原生林・二次林・スギ植林にそれぞれ3ヵ所トラップ設置区画を設け、設置から23～24時間後に回収し、これを3回繰り返した。また、採集したサンプルのソーテングは目のレベルで行った。また、それぞれの林の環境調査として、植生・落葉層（リター）の厚さ・林の高さを調べた。植生調査では、実生・草本・低木などの林床植生を、トラップを中心とした3×3(m)の区画内で、また高木層の植生は8×8(m)の区画内で調査した。それぞれ出現種と個体数を記録し、高木層では胸高直径も測定した。

結果と考察：三日間で、合計16目2401個体を採集した。そのうち、節足動物は8目2381個体であった。節足動物門では、トビムシ目、アリ、ダニ目が多くを占めた。採集された総個体数では二次林(1015個体)と原生林(901個体)が多く、スギ植林(485個体)で少なかった。森林間の違いが大きかったのはコウチュウ目、ハエ目、アリであった。コウチュウ目は原生林に多く、二次林、スギ植林に少ないということと、ハエ目は原生林、二次林に多く、スギ植林に少ないということがわかった。また、アリも原生林に多く見られることがわかった。また、スギ植林では、落葉層が厚く、出現種数が草本層、高木層ともに少なく、胸高断面積合計も小さいこと、二次林では、高木層の種数、本数が多いことがわかった。スギ植林では、植生が単純で、しかもスギの落葉層が厚く、難分解性(餌として不適切)であるということで、落葉を資源として利用できる土壌動物自体が少ないことが要因として考えられる。一方、原生林でコウチュウ目・ハエ目・アリが多かったのは、原生林が極相林であり、落葉・倒木などの供給の量・種類が安定していて、エサの落ち葉やキノコが多様にあるためと考えられる。結論としては、原生林、二次林とスギ植林の間には目の数にしても、個体数にしても明らかな差が出ており、スギ植林は土壌動物が少ないといえる。しかし二次林と原生林の間には目に見える形での差は今回でなかった。

## 湿潤熱帯の低地—山地景観における森林利用の変遷とその要因

キナバル山と Deramakot 商業保護林地域の土地利用変遷

北山兼弘 (京大・生態研)

湿潤熱帯では過去30年に急激な土地利用による森林減少が生じたが、同じ経済・社会要因が背景にあったとしても植生帯(バイオームあるいは気候帯)が異なれば森林減少のパターンが異なる可能性がある。また、植生帯が異なることによって、土地(森林)利用変遷のドライビング・フォース自体が異なってくる可能性もある。景観レベルの大きなスケールでは、気候や大地形が原植生(およびその生物多様性)や利用形態を支配しているためである。ボルネオ島のサバ州では特に大地形の起伏が激しく、様々な森林帯(気候帯)が見られ、そこにおける森林利用の変遷も森林帯に依存していると仮定できる。これを検証するために、最高峰のキナバル山(4,095m)から緩やかな起伏の低地 Deramakot にかけて仮想的なトランセクトをとり、山地と低地の森林利用、及びそれらのドライビング・フォースの比較を試みた。比較した2つのトレーニング・サイトは以下のようなものである。

山地： キナバル山の南面(標高 4095m-600m の急峻な地形) 14,805ha

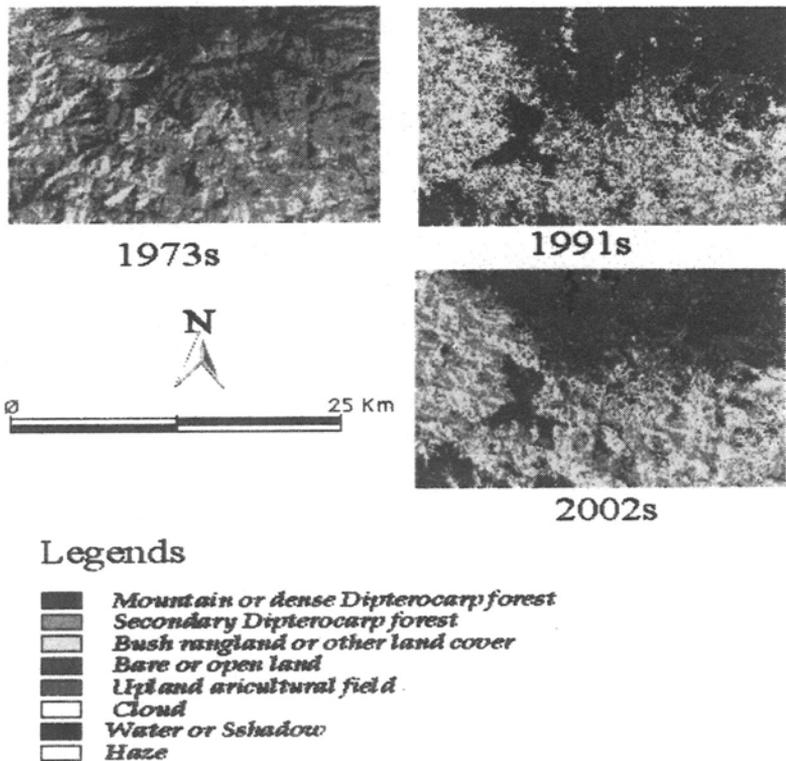
低地： Deramakot (標高約 200m の波状丘陵～平地) 351,011ha

各トレーニング・エリアでは、ランドサット・データによる教師付き分類を行った。山地の森林(土地)利用は、厳正な保護区を中心にして、その周辺で森林から粗放的焼き畑耕作地、集約的高原野菜耕作地、大規模酪農草地及びゴルフ場への転換が進んだ。森林利用の変遷は、山地では、冷涼な気候と密接な関わりを持っている。土地利用変化は小規模パッチ状に進行した。Deramakot は伝統的な集落から遠く、土地利用形態はより近代的であり、それは商業伐採とオイルパームのプランテーション造成により大規模一斉状に進行した。同じ1991年から2002年で比較すると、キナバルでは保護区周辺で約550haの原生林が減少する一方、約2500haの耕作放棄後の植生回復(主に二次低木林へ)が見られ、回復と裸地化は拮抗した。Deramakot では、森林消失が一方向的に進んだ。このような、土地利用形態の違いは、生物多様性にも異なる時空間的な影響を及ぼすだろう。

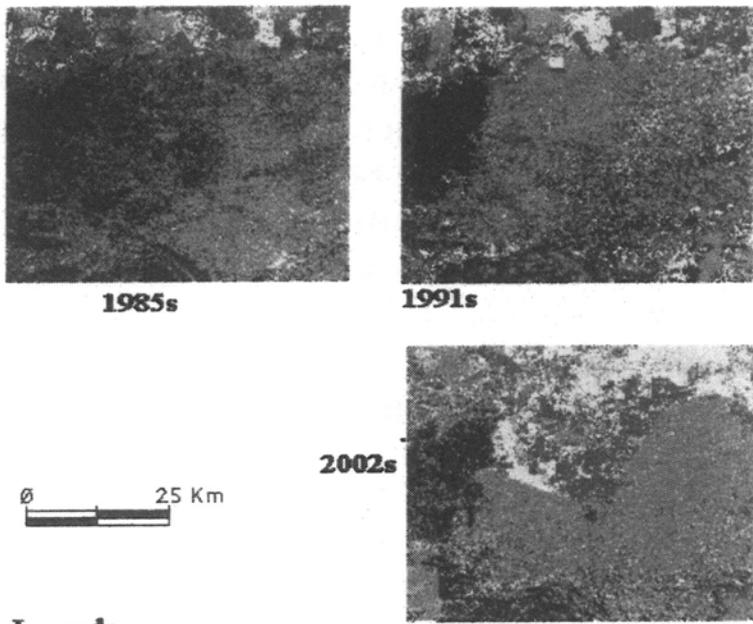
山地の保護区(キナバル公園)は第二次大戦の惨禍を伝える自然モニュメントとして始まった。しかし、その後、激しい起伏や標高変化がもたらす多様な生物の研究が進み、低地から山頂まで連続した植生帯と多様な生物に人類の遺産としての価値を見出し、世界遺産として登録された。ここでは、生物多様性は保全されなければならないものであって、保全政策は「トップダウン型」の専門委員会によって決定され、厳然たる境界線の中には村落や異なる土地利用があってはならない。73,500haの総面積のうち、代償植生はわずか6.6%を占めるに過ぎない。境界線の中での生物多様性の収奪的利用は、「encroachment」と見なされる。

低地では高温のために森林のバイオマスや生産が大きく、波状丘陵～平地地形のために同質の森林が広面積に広がる。そのような低地の商業林利用は、特定の樹種に木材としての価値を見出し、これらの種を積極的に育林する手法をとりつつ(Malayan Uniform System)、選択的な伐採を行う択伐が主体であった。伐採を行う業者には、「伐採権」が与えられる。本来なら適正な伐期を守り持続的に材を維持する伐採権システムは、明らかに失敗したと言える。伐採権の問題は、土地は州政府に帰属しつつ、短期の伐採権を与えたことから派生する。このために、資源の帰属

と管理意識に齟齬が生じ、乱伐が一気に進行した。このような現状の中、伐採権システムはサバ州では既に廃止され、資源の帰属意識を高く持つ業者に 100 年の長周期での森林管理を委譲するシステムに移行しつつある。すなわち、管理主体は長期的に森林を利用して、経済的利益を得ていかなければならない。各施業区 (FMU: Forest Management Unit 毎に) を委任される管理主体は、「持続的な森林利用」を少なくとも 100 年の単位で具現する管理計画を持っていないければならない。多くの FMU では、過去の乱伐のために、現行の森林法で許容される伐採可能な木材資源をほとんど持っておらず、森林の利用は 1) 未利用樹種の活用 (例えば、これまで利用されてこなかった在来早生樹=パイオニア樹種 *Octomeles sumatrana* の活用)、2) 外来早生樹の植林、3) 比較的材積の高く残っている森林への低インパクト伐採の導入、4) エコ・ツーリズムの導入など、多様化しつつある。ここでは、生物多様性は「持続的な森林利用」を達成したかどうかを判断する「基準と指標」であり、エコ・ツーリズムの **flagship** でもある (例えば、オランウータン)。このような状況の中、森林管理主体 (伐採業者) の中に生物多様性を資源あるいは資源を管理するための基準と見なす意識が徐々に浸透している。ここでの生物多様性保護の動機はあくまで市場原理であって、山地の保護区で行われているような法の遵守が動機ではない。逆に、生物多様性に経済的動機付けを積極的に行うことで、持続的森林利用が本来の意味を持ちうる可能性も出てきた。以上のように、同じ熱帯にありながら標高を異にする気候帯では、森林利用形態とその変遷に大きな差が見られる。どちらにあっても、森林利用変遷のドライビング・フォースは人口増加ではなく、経済開発である。しかし、早くから原生性と生物多様性に価値付けを行い「トップダウン型」の保全を行う山地と、収奪的な利用から始まり市場原理によって生物多様性への回帰が萌芽しつつある低地では、人と自然の関わり方が対照的である。



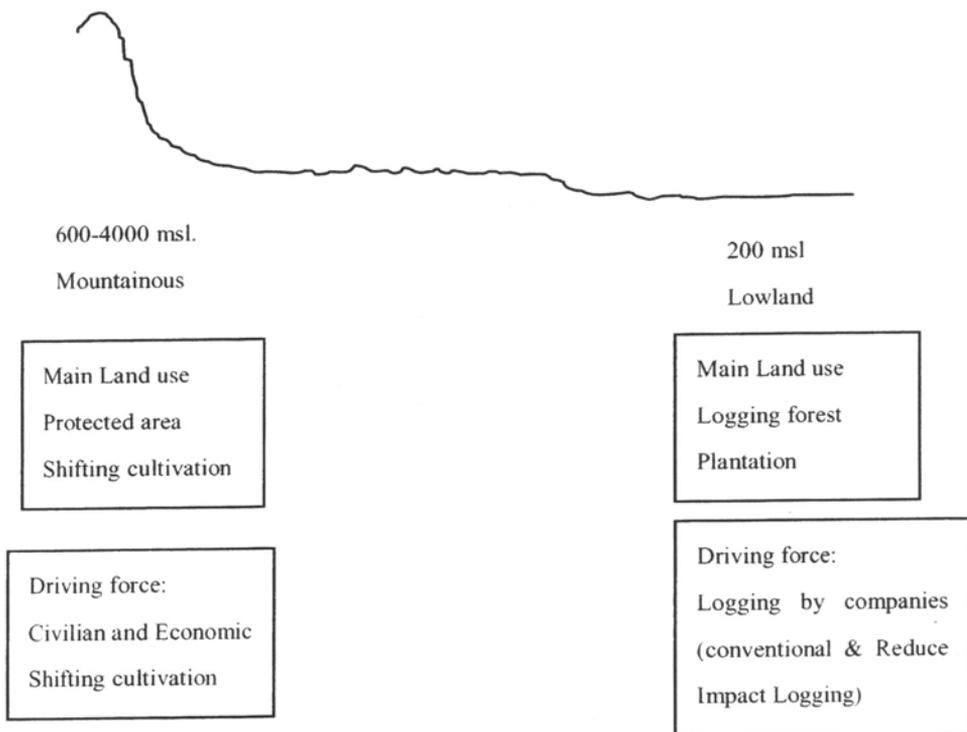
キナバル山における森林利用変化 (Mulyanto Darmawan 東京大学博士論文 2004 原図)



**Legends**

- Cloud
- Shadow
- Water bodies
- Bare or open land
- Oil palm plantation (dense or old)
- Mix Oil palm plantation and soil (undensed palm)
- Other crop or agriculture crop
- Up and lowland dens forest
- Lowland logging forest

デラマコットにおける森林利用変化 (Mulyanto Darmawan 東京大学博士論文 2004 原図)



## 生産林における生物多様性と炭素貯留の両立

—バイオマス炭素広域把握を強調して—

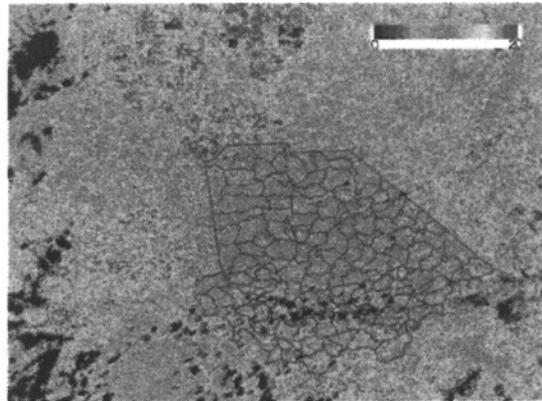
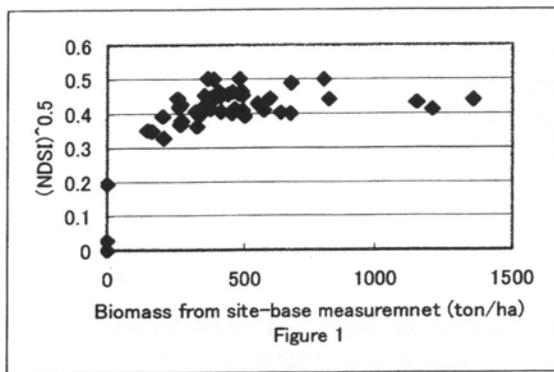
北山兼弘・中園悦子・清野達之（京大・生態研）

私たちが昨年から研究を進めている Deramakot 商業林保護区は、90年代当初から低インパクト伐採を行い、森林認証が認められている数少ない熱帯林である。この各施業区（FMU: Forest Management Unit）は州政府が管理主体となっているため、低インパクトの導入にあたっては伐採の高コストは度外視された経緯がある。しかし、現在はここから生産される材はオークションにおいて高価格で取り引きされ、現在のレベルの「森林認証への需要」が続けば低インパクト伐採は十分に成り立つと考えられる。しかし、認証される森林が増えれば、値崩れする危険が十分にある。デラマコットのようない低インパクトの生産林、あるいは重度の伐採影響を受けた生産林は、サバ州の景観の大部分を占め、その面積は 300 万 ha に及ぶと見積もられる。したがって、機動性の高い大型動物や鳥類を中心にした野生動物の主要な生息地は生産林といっても過言ではない。生産林の「持続的」な管理が多様性保護の成否に関わってくる。一方、先に述べたように各 FMU の管理主体には生産林での生物多様性を資源とみなす意識が徐々に浸透しつつある。このような現状で、京都議定書の発効は今後生産林の動向に大きな影響を及ぼすと考えられる。1つは CDM を通した影響、2つ目は Annex 1 先進国内での森林保護を通しての波及影響である。以上が熱帯生産林の現状と言える。このような生産林を持続的に管理し、木材生産を許容しつつ、生物多様性の保護を達成することは可能であろうか？ 1つの可能性が、炭素クレジットを生産林の森林認証に持ち込むことである。炭素はこれまで水や空気とおなじ無価値の commodity であったが、国連の気候変動枠組み条約の発効以降に、経済的な価値のある commodity としての見方が確立された。生産林における炭素には現在この炭素クレジットは与えられていないが、第2試行期間には生産林や保護林にも炭素クレジットが与えられるべきである。また、炭素クレジットが与えられることにより、熱帯生産林には新たな資源価値が発生し、そこから生産される木材にもあらたな経済価値が付与されることになる。また、炭素を長期的に維持するための生物多様性の機能を生態学的に示すことができれば、さらに大きな価値付けを生産林に付与することが可能となる。生産林における広域の炭素貯留量把握は 1) クレジットの評価、及び 2) 資源保有者の所有意識の改善、の上から必要となる。

このような背景で、私たちはリモートセンシング技術を活用した炭素量把握を、Deramakot 保護区とそれに隣接する Tangkulap 商業林保護区において行った。Tangkulap 商業林保護区では、従来型の破壊的な伐採が行われ、残存する森林構造は Deramakot と対照的である。これらの場所に、多数の地上プロットを張り（主に 10 x 100m）、胸高直径 10cm 以上の樹木の毎木調査を行った。毎木データに相対成長関係式（武生らの要旨を参照）を適用し、各プロットの地上部バイオマス量を推定した。各プロットの4角ではGPSにより緯度経度の測定を行った。Landsat ETM（2002年撮影）上に各プロットを投影し、地上バイオマスと分光反射特性との関係を解析した。使用したプロットの数 は 41 である。その結果、band 4 と 5 の分光反射を正規化した指数 NDSI が最も高い相関関係を示したので、この指数を用いてバイオマスの外挿を行った。地上バイオマスと NDSI の関係は以下のものである：

$$\text{Biomass(ton/ha)} = 1040.5 \times (\text{NDSI})^{0.5} - 78.885 \quad (\text{式 1})$$

しかし、バイオマス 500 (ton/ha)以上では下図左のように NDSI が飽和する傾向にあり、高材積の森林はバイオマスが過小評価されてしまう。これを補正するために、以下の作業を行った。すなわち、ある画素に対し『その周囲の画素 25 個内のばらつきの数 (F)』を定義し (下図右)、その値が小さい場合を伐採が入らない原生林 (つまり高材積の森林) と仮定し、次のような補正を行った。1)  $(NDSI)^{0.5}$  が 0.4 以下の場合、Biomass の値は (1) 式に従う。2) それ以上の場合、 $F \leq 4$  の場合は推定値に 200、 $F \leq 6$  では 150、 $F=7$  では 100、 $F=8$  では 50 と、それぞれ値を足した。また、画像内の雲の影響を除去するため、雲の輪郭線を Vector として作成し、目視で判読して、対応する画素を計算から除くようにした。



このようにして推定した地上バイオマスの 50%が炭素と仮定し、地上炭素密度 (ton/ha)を算定した。Deramakot では 134 ある林班 (compartment) 毎に炭素密度を計算し林班間の平均をとった。Tangkulap では、3000m 毎に map grid を発生させ、その交点を中心にして 300 x 300m の画素の炭素密度を計算し、平均をとった。その結果、低インパクト伐採の行われている Deramakot での地上炭素密度は  $194 \pm 34$  (ton/ha)であり、重度の伐採が入った Tangkulap では  $133 \pm 16$  (ton/ha)であった。それぞれの施業区では、林班毎に伐採量や伐採後経過年数が異なり、植生回復の影響が入っているので直接的な比較はできないかもしれない。しかし、20 万 ha 以上の広大な面積の比較をしているので、林班間の植生回復の影響は 2 施業区間で均質化されていると思われる。伐採方法の違いが、平均 60 (ton/ha)の地上炭素密度の違いをもたらしていると結論する。

このような炭素貯留の違いが木材価格にも反映されるべきであり、このようなメカニズムを通して生物多様性の保護が保証されることが望まれる。

## 熱帯の低地—山地間での森林利用による植生変化の比較

清野達之（京大・生態研）・武生雅明（東京農大）・相場慎一郎（鹿大）・北山兼弘（京大・生態研）

私達はこれまでキナバル山に残存する原生林を対象に、標高による森林の生物多様性や群落構造の変化について研究を行ってきた。その結果、標高の上昇（気温の低下）に伴い、種多様性、樹木の最大サイズ、バイオマスは直線的に低下することが明らかになってきた（図1, 2）。また北山らは昨年度の研究報告の中で、熱帯の低地と山地とでは人為的な土地利用の様式も標高により大きく異なり、山地では小面積のパッチ状に焼き畑や高原野菜栽培などの農業的土地利用が進んでいるのに対し、低地では大規模一斉状に商業伐採とオイルパームのプランテーションが進んでいることを報告している。したがって、低地と山地とでは土地利用後の植生の回復過程（二次遷移）も大きく異なっていることが予想される。そこで低地では択伐林を対象に、山地では焼き畑耕作放棄地を対象に遷移過程を比較し、標高による土地利用の違いが利用停止後の種多様性およびバイオマスの回復にどのように影響するかを比較することを試みた。低地の択伐林では、低インパクト伐採（reduced impact logging=RIL）が試験的に導入されている。そこでこの研究ではRILと従来型の伐採方法との間で種組成や種多様性、バイオマスに対する影響を比較することにより、RILの効果を評価することも併せて行った。山地の耕作放棄地については、放棄後3年目までの回復状況については調べられているものの（Ohtsuka 1999）、それ以降については残念ながら未調査である。

山地の耕作放棄地では、上層の植被が完全に失われているため、放棄後3年目ではまだパイオニア樹木が侵入したばかりの低木林に留まり、バイオマス（草本まで含む）は  $1.5 \text{ kg m}^{-2}$  と同標高の原生林の約3分の1にしか回復していない。種多様性は、草本まで含めた相対優占度から計算した Shannon-Wiener's  $H'$  の値が約2.0で、これも原生林（直径10cm以上の木本種の相対優占度から計算）に比べ約3分の1であった。低地の択伐林では、従来型の伐採方法による伐採を継続的に受けている森林では、バイオマスは約  $20 \text{ kg m}^{-2}$  と同標高の原生林の約2分の1、多様性指数  $H'$  は約4.0と原生林の3分の2に低下していた。それに対し低インパクト伐採では、伐採後3年目と8年目のサイトで同程度のバイオマスと種多様性を示し、バイオマスは約  $40 \text{ kg m}^{-2}$  と同標高の原生林の約5分の4、多様性指数  $H'$  は約5.8と原生林とほぼ同程度の値を示した。30年前に従来型の伐採方法により伐採された後は放置された調査区ではバイオマス、種多様度も原生林と同程度にまで回復していた。

このように、山地では冷涼な気候のため生産性が低いことに加え、耕作というインパクトの強い土地利用が主体となるため、利用停止後の回復が著しく遅れてしまう。それに対し、低地では従来型の強インパクトの伐採であっても、森林として残されるため山地に比べれば高いバイオマスと種多様性が維持される。しかし、山地では小面積での土地利用であるのに対し、低地では土地利用が大面積で行われていることを考慮すると、低地の方が失われたバイオマスと種多様性は大きい可能性が高い。低インパクト伐採と従来型の伐採方法とを比較すると、バイオマスで2倍、種多様度で1.5倍の差があることが確認されたことから、伐採時の影響の軽減と回復時間の短縮のためには低インパクト伐採の早期の普及が望まれる。

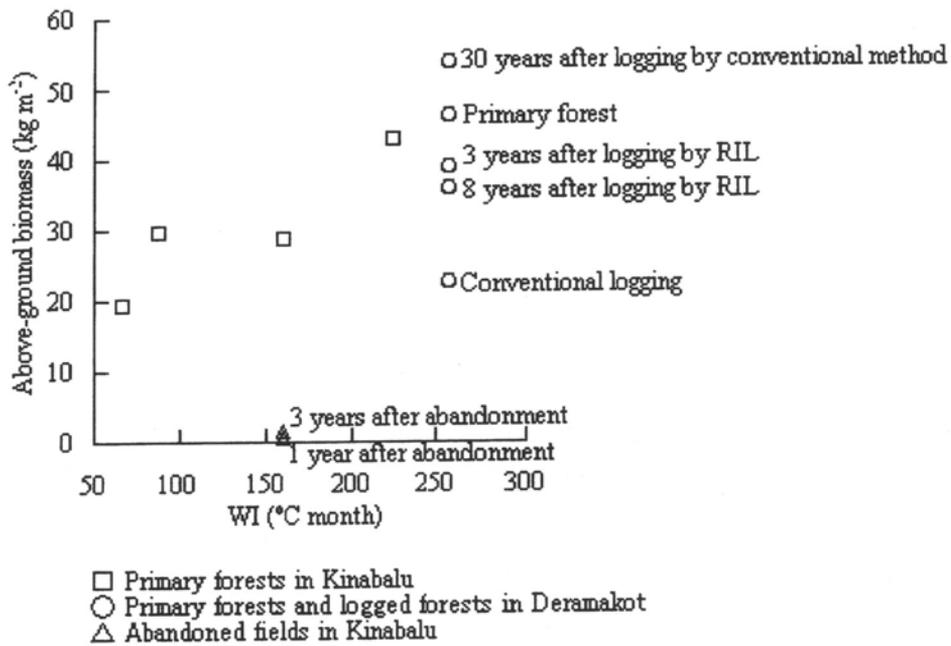


図1 気温および土地利用による地上部バイオマスの変化

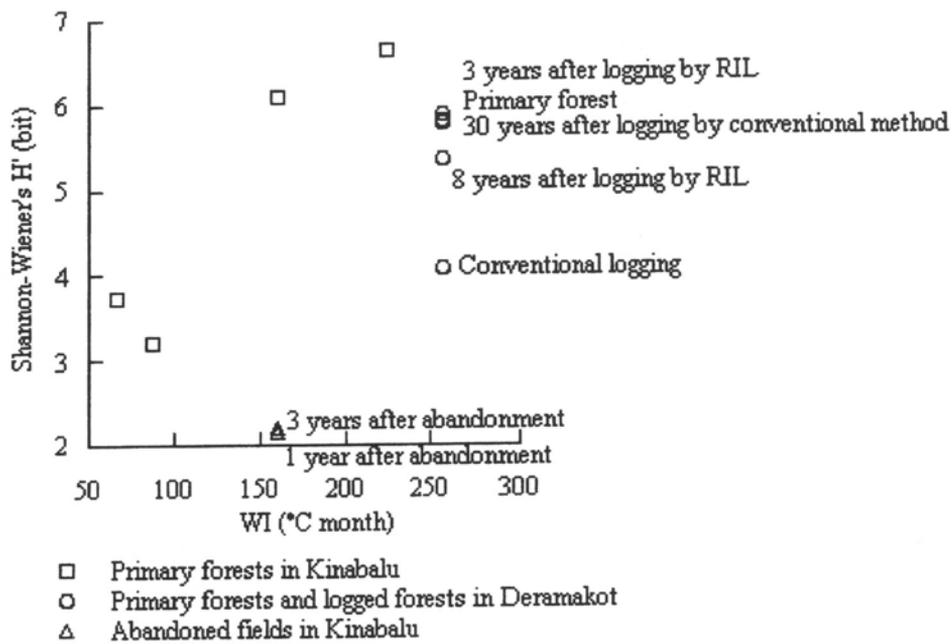


図2 気温および土地利用による種多様生の変化

## 熱帯林の材特性の多様性とその利用

清野達之・北山兼弘（京大・生態研）

熱帯林の生物多様性の側面の一つに、森林を構成する樹種が多様であること、すなわち種多様性の高さが挙げられる。熱帯林の種多様性は、標高や土壌条件などの環境傾度によって、森林を構成する樹種が異なることによって変化する。これは環境に応じた成長機能特性、例えば同化産物の器官への資源配分比、樹冠構造や成長率、樹形構造、光合成などの生理生態特性の変化を反映している。環境傾度の幅が多様であれば、環境に応じた成長機能特性も同時に多様であり、多種から構成される機能が多様な熱帯林が構成されることが予想される。しかし、幅広い環境傾度を縦横して存在する樹種もある。これは環境に応じた成長機能特性を多様に分化させることによって対応していることが考えられる。そのため、熱帯林の生物多様性を考えるにあたり、分類学的な種から把握できない機能的なタイプも考慮する必要がある。そこで、熱帯林を構成する樹木の生物多様性の把握を、種多様性と機能的多様性種の両面から考慮し、熱帯林の構成する樹木の材の生態学的な特性からみた多様性の把握に着目した。材の生態学的な機能特性は、高い林冠の樹冠を支える支持機能と、林冠の枝先まで水を供給する通道機能を反映している。その機能解析から、成長速度、旱魃への耐性、地形的な空間分布特性を解き明かす鍵としてとらえることができる。同時に材の特性、特に材質としての材密度は、木材の価値を査定する側面から重要な指標となっており、加工のしやすさや耐久性と結びついている。また、経済成長の変化と伐採・搬出技術の進歩によって、搬出される木材の量と質が時代とともに変遷している。戦後のサバ州での大規模な伐採の多くが、サバ州中央部の低地混交フタバガキ林で行われた。1970年代後半から、資源としての森林の荒廃と枯渇が問題となり、持続可能な森林利用の方策が求められている。そこで1996年からデラマコット試験地では、低インパクト択伐 (Reduced Impact Logging; RIL)方式が導入され、認証制度による厳密な森林管理を行なっている。RILでは高い生物多様性と森林利用の両立を目指した持続可能な森林利用の方法として、今後の森林利用のモデルケースとして期待が高まっている。我々の研究プロジェクトでは、生態学的なアプローチから生物多様性と持続的な利用の両立の可能性を確立することを目的に調査・研究を行なっている。そこで今回は、熱帯林の材特性の多様性とその利用の変遷について、材密度の多様性を指標に、マレーシア・サバ州にある試験地の標高と土壌傾度に沿った林冠木の材密度の多様性と、択伐林試験地における材密度の多様性からみた森林利用の方法とその変遷について報告する。

マレーシア・サバ州キナバル山の標高 600m の低地丘陵林と、標高 1600m の堆積岩母岩と蛇紋岩母岩の下部山地林の林冠を構成する樹種を対象に材密度を測定した。その結果を下記の図 1 に示す。下部山地林の同じ標高で異なる母岩間では、貧栄養の蛇紋岩で林冠木の材密度が高くなる傾

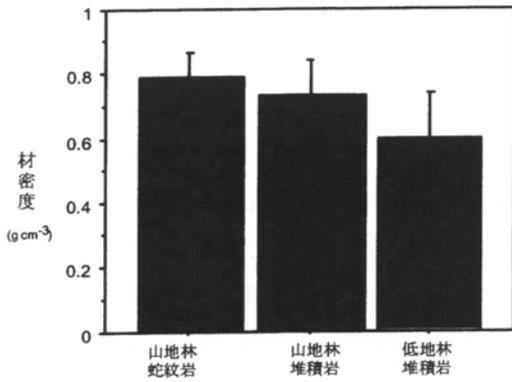


図1 異なる標高と母岩間での材密度の変化

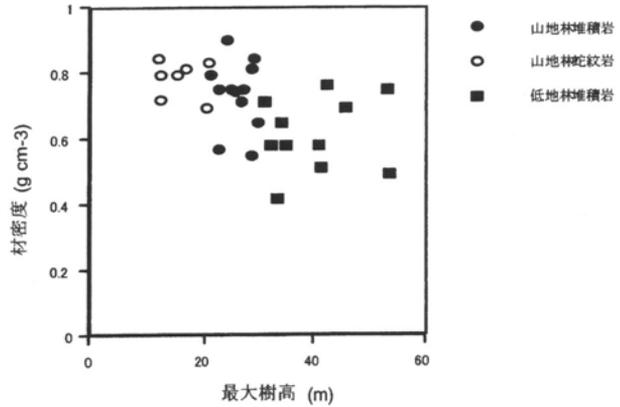


図2 最大樹高と材密度の関係

向が得られた。材密度の平均値は、堆積岩母岩の山地林では  $0.73\text{g/cm}^3$  で、蛇紋岩母岩の山地林では  $0.79\text{g/cm}^3$  と同じ標高に関わらず高くなっている。堆積岩母岩の低地林では  $0.59\text{g/cm}^3$  と低くなっていた。樹高と材密度の関係をみると (図2)、蛇紋岩母岩の山地林では堆積岩母岩の山地林と比較すると低い樹高で、材密度のレンジが収束している傾向がみられた。山地林と低地丘陵林間の標高傾度の比較では、高い樹高にも関わらず、低地林では材密度のレンジの幅が多様である傾向がみられた。この関係は、これまでキナバル試験地で報告されている種多様性の変化と対応しており、種と材密度の多様性が結びついていることが分かった。

ドラマコット試験地では、主にフタバガキ科の樹木を対象にした択伐試験を行なっている。択伐圧の違いによる材密度の変化を図3に示す。

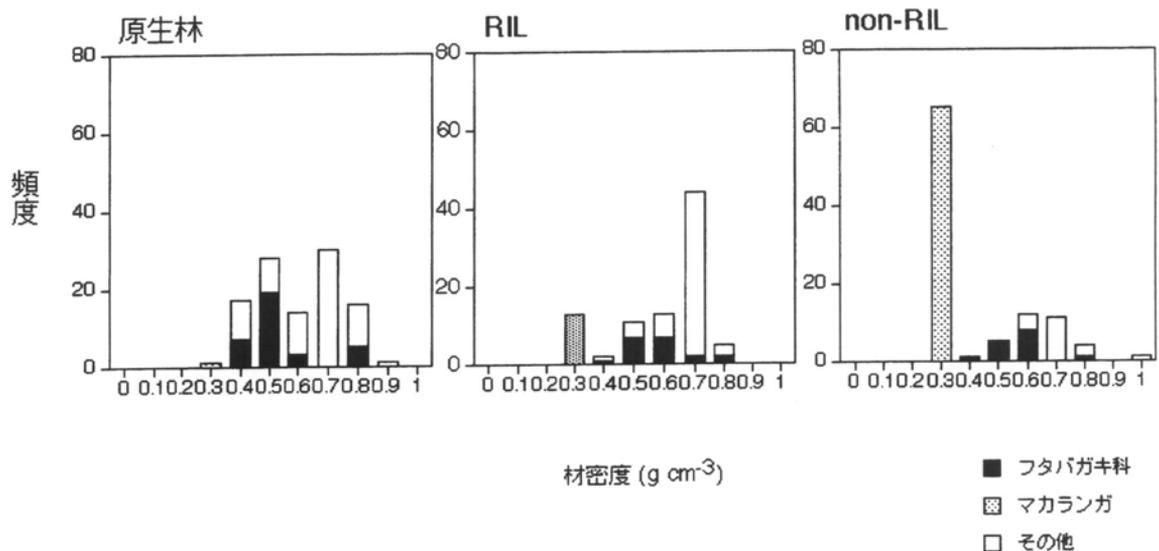


図3 デラマコット試験地における材密度の変化

材密度の平均値は、原生林では  $0.67\text{g/cm}^3$ 、RIL 林分では  $0.62\text{g/cm}^3$ 、RIL ではない林分では  $0.49\text{g/cm}^3$  であった。伐採による攪乱の影響でマカランガのような材密度が  $0.3\text{g/cm}^3$  程度の軽い材の樹種が

増加するが、RIL 林分ではその増加が RIL ではない林分の 1/3 になっていた。また、原生林と RIL 林分では、キナバル試験地の低地丘陵林のように多様な材密度であるが、RIL ではない林分では、マカラングのような軽い材密度の樹種の増加により、低い多様性になっていた。主な伐採木であるフタバガキ科樹木の分類には、材の色や比重に基づくものがある。デラマコット試験地では、主要な伐採木であるフタバガキ科樹木を、Seraya (Shorea 属と Parashorea 属も含む、材密度が  $0.50\text{g/cm}^3$  程度の比較的軽い比重の樹種)、Selangan Batu (Shorea 属で材密度が  $0.80\text{g/cm}^3$  程度の比較的重い比重の樹種)、Kapur (Dryobalanops 属で材密度が  $0.70\text{g/cm}^3$  程度)、Keruing (Dipterocarps 属で材密度は  $0.75\text{g/cm}^3$  程度) と区分している。デラマコット試験地の伐採記録では、Seraya などの比較的軽い材密度のフタバガキ科樹種が、RIL 試験を開始した 1995 年から一貫して全体の 3 割程度の量で安定した供給で行われている。その他の樹種はそれぞれ全体の 1 割から 2 割程度の量での供給量になっている。これは個体密度と成長速度の高い、フタバガキ科樹種では比較的軽い材の Seraya を安定供給することによって、Kapur などの個体密度と成長速度の低い、フタバガキ科樹種では比較的重い材の樹種の資源枯渇を抑制している伐採計画を実施し、安定した森林利用を計画的に行なっていることが示唆される。

サバでの商業伐採は 1895 年頃からイギリス企業がサンダカン付近で行なったのが始まりといわれ、イギリス統治時代の 1915 年にサンダカンに山林局が設置され、本格的に行われるようになった。当時の伐採・搬出方法は、斧で伐倒し、人馬や筏で搬送するような人力に依存するような方法のため、Seraya のような軽い材が多くであった。やがて近代になると大手の木材会社がトラクター導入と大規模な林道開設によるトラック輸送を導入し、大量搬出が加速した。また、伐採技術と加工技術の向上により Kapur などの堅い材の搬出が比較的容易になり、それらの搬出量も増加した。このため、一部の森林ではこれまで比較的伐採圧の低かった重い材の樹種の伐採圧が高くなり、その結果、伐採後に木材利用価値が低いマカラングのような先駆種の増加によって、種と材密度の多様性が低い森林が多く広がっていくようになっていった。

このように、時代の変遷によって森林利用の形体が変遷している。サバの森林利用史の変遷を踏まえ、今後の持続的な森林利用には、生物多様性の維持が望まれる。

# ダルマコット森林保護区（マレーシア、サバ州）における森林管理が土壤動物群集に与える影響 （中間報告）

長谷川元洋（森林総研・木曽）・伊藤雅道（横浜国大・環境情報）

## はじめに

土壤動物群集は生態系の分解系において重要な役割を果たし、また、分解系の健全さを指標するものとしても注目されている。日本国内では人為的環境変化と土壤動物群集との関係を取り扱った多くの先行研究があるが、熱帯地域では基礎的群集調査が行なわれている段階で、このような人為的環境変化と土壤動物群集との関係を扱った研究例は少ない。本研究はマレーシア、サバ州のダルマコット森林保護区を調査地とし、林木の伐採を主体とした人為的な攪乱が土壤動物群集にどのような影響を与えているかを解析し、土壤動物の多様性を基準とした森林の評価を行なうとともに、人為的攪乱を適切に指標するような種あるいはグループを抽出することを目的としている。これまでに、大型土壤動物の大まかな群レベルの同定および、トビムシ、ササラダニの種レベルの同定の一部を終えており、その解析結果を報告する。

## 方法

ダルマコット森林保護区内に植生班によって設営された10ヶ所のサイトにおいて2003年9月27日～10月7日の期間に土壤動物群集の調査を実施した。この10ヶ所のサイトは自然林(PRI)、『00年および『95年の低インパクト伐採林(RIL00、RIL95)、70年代における従来型の伐採林(70's)、近年まで続いた従来型の伐採林(CV)の5種類のタイプをそれぞれ2箇所ずつ含んでいる。調査は2種類の方法で行った。すなわち大型土壤動物群集を調査するためのハンドソーティング法とダニ、トビムシなどの土壤小型節足動物群集を調査するツルグレン法である。

大型土壤動物群集の調査では各サイト内に40mのラインを設定し、10mごとに5ヶ所20cm四方の方形枠を設置した。各方形枠ごとにリターと15cmまでの土壤とを区別して採取し、数時間以内にハンドソーティングを実施して動物を採集した。

小型節足動物群集の調査では各サイト内に45mのラインを設定し、円筒型の土壤コア採集器を用いて5mごとに10個のリター層を含む100cの土壤サンプルを採集した。採取したサンプルは宿舎内でツルグレン装置を用いて動物を抽出した。採集、抽出された動物標本はアルコールで固定・保存した。

## 結果

### 大型土壤動物

シロアリ、アリ、などは、大きな営巣場所を作り、有機物を急速に分解したり、他の動物を捕食したりすることで、熱帯生態系に与える効果が大きいとされる。今回の調査では自然林でその個体数が多くなる傾向があったが、アリ、シロアリの調査では、大面積のライントランセクトや、巣の分布調査などを付随して行うことが多いので、それらを含めた検討が必要かもしれない。シロアリ、アリを除いたその他の土壤動物に関しては個体数、グループ数とも森林タイプ間での差は大きくなかったが（図1）、RIL00ではやや個体数が少ない傾向があり伐採からの経過年数の少なさが影響している可能性がある。

## ササラダニ群集

PRI、RIL95、CVの各タイプの1サイトの同定が終了している。ササラダニの個体数は森林タイプ間で大きな差がないようであったが、種数はCVで多くなった(図2)。DCAにおいて各サイトの群集構造を座標づけした結果、PRIの群集はその他と離れて位置づけられた。

## トビムシ群集

PRI、RIL00、RIL95、70's、CVの各タイプの1サイトの同定が終了している(図3、4)。トビムシの個体数、および種数は森林タイプ間で大きな差がないようであった。DCAにおいて各サイトの群集構造を座標づけした結果、PRIの群集はCVのものと離れて位置づけられ、その他はその間に分布した(図5)。

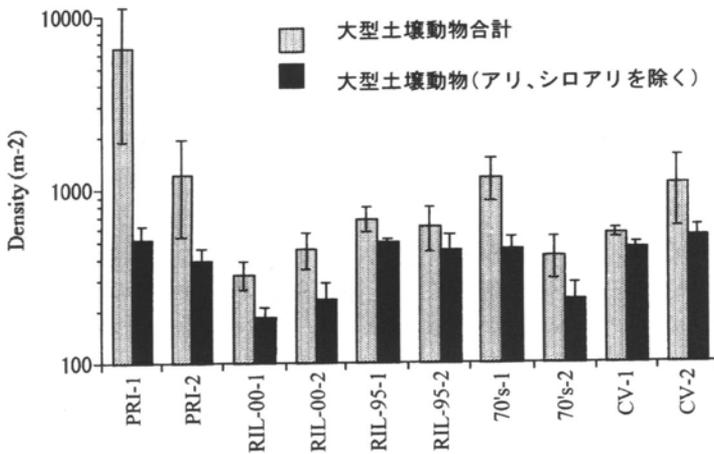


図1、各サイトの大型土壌動物個体数

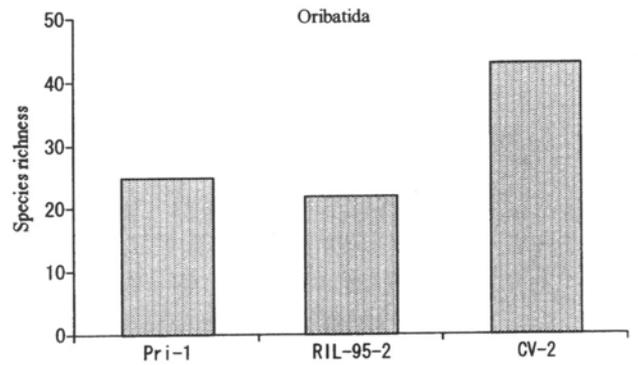


図2、各サイトのササラダニ種数

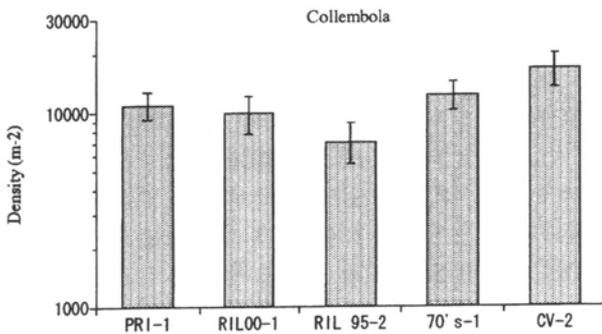


図3、各サイトのトビムシ個体数

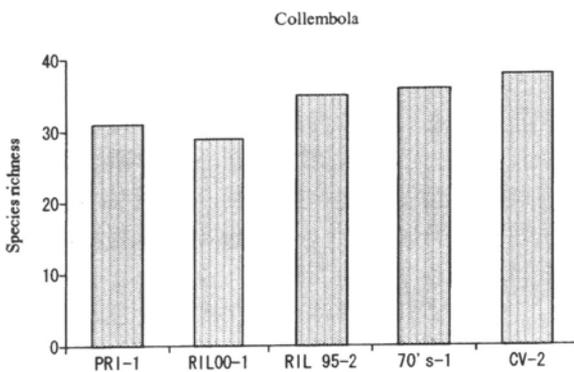


図4、各サイトのトビムシ種数

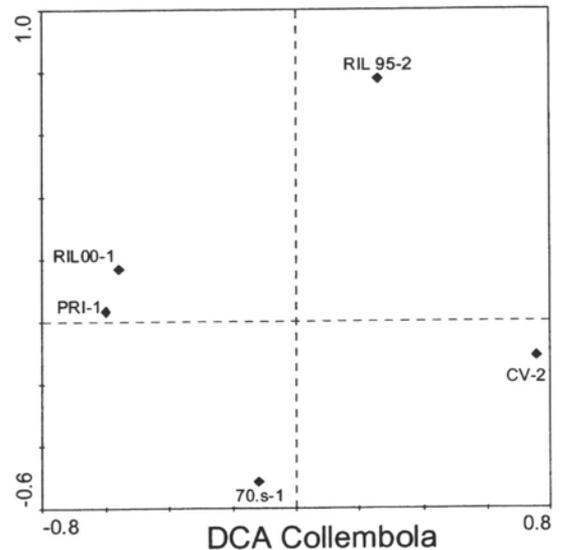


図5、DCAによる各サイトのトビムシ群集の座標づけ

## 考察と今後の予定

アリ、シロアリなどは、択伐の影響を反映する可能性があるが、今後、大面積のライントランセクト調査などを平行して行う必要がある。

その他の大型土壌動物は非常に個体数が少ないので、群集構造の違いを検出するほどのサンプルを得るためにはかなりのエフォートが必要と思われる。

トビムシ、ササラダニ群集では、択伐の影響は分類群全体の個体数や種数には現れにくいですが、種構成には違いが見られた。従って、短期間での連続的な択伐は、トビムシ、ササラダニ群集の種構成の維持に対しては持続的な方法でないと思われる。しかし種構成の違いに影響を与える指標種等を抽出をするためには、調査サイトの数を増やすなどの必要がある。

今後土壌動物群集と植物群集の構造との関係について考察する予定である。

## ダルマコット森林保護区における森林利用の評価—飛翔性昆虫群集への影響

阿久津 公祐・戸田 正憲 (北海道大学・低温科学研究所)

マレーシア・サバ州のほぼ中央に位置する Deramakot Forest Reserve では、1970 年代から行われている従来型の伐採方法に代わる Reduce Impact Logging (RIL) と呼ばれる、森林への攪乱を軽減した伐採方法を 1995 年から適用している。本研究では、伐採方法と伐採後の経過時間の異なる調査区を設定し、様々な程度の森林伐採圧が昆虫群集の個体数、バイオマス、およびその多様性に与える影響を評価することを目的とした。

飛翔性昆虫のサンプリングは、特にショウジョウバエ類の採集に優れているバナナをエサに用いた誘引トラップを用いて行った。また、季節変動を考慮するために 2003 年 7 月から 2004 年 5 月にかけて 3 ヶ月ごとに計 4 回の採集を行った。今回の発表では、採集された昆虫群集の大半を占めるハエ目、甲虫目、ハチ目の個体数が、伐採圧の異なる調査区間でどのように変動するかを科レベルで報告する。なお、昆虫群集は、林床と林冠の 2 つの亜群集に大別し、それぞれ別々に解析した。

解析には、それぞれの科ごとの個体数を目的変数に、伐採圧及び季節変動を説明変数とする一般化線形モデルを用いた。伐採圧を含む環境変数として、4 つの植生データ (樹木種数、伐採後に優先的に生育するマカラング属植物の基部面積、伐採対象木であるフタバガキ科植物の基部面積、及び DBH が 10 cm 以上の総樹木基部面積) から主成分分析により計算された第 1 軸と第 2 軸のプロットごとの値を用いた。第 1 軸は伐採圧に直接結びつくと考えられる成分であり、第 2 軸は第 1 軸とは無相関であるプロット間の植生の違いを反映している (Fig. 1)。

林床群集の解析結果では、全ての科で個体数は第 1 軸成分が大きいほど減少する傾向にあり、伐採圧が昆虫群集の個体数変動に重要な要因であることが示された。特に、クロバネキノコバエとハリナシバチの個体数変動は第 2 軸成分と独立であり、第 1 軸成分と季節変動により支配されていることが示された。しかしながら、その他の昆虫においては 1 軸成分に加えて 2 軸成分も個体数変動には重要なパラメータであり、結果として選択されたモデルでは伐採圧を受けていないと考えられる対照区と伐採を経験した区との差は明らかであるものの、第 1 軸成分の増加による個体数減少の明確な勾配は示されなかった。

これに対して林冠群集においては、ショウジョウバエとケシキスイのみが第 1 軸成分に対して明確な個体数の減少反応を示したものの、他の科では第 1 軸成分はパラメータとして選択されないか、もし選択されたとしても第 2 軸成分が直接の伐採圧より重要なパラメータであることが示され、林床群集とは対照的な結果となった (Fig. 2)。

林床部は気温、湿度等の森林外環境変動が森林によって緩衝されている状態であり、比較的環境が安定しているといえる。このため、林床における昆虫群集の個体数変動は森林伐採圧をより明確に表す結果となった。これに対して林冠は森林外環境と直に接しているため、気温、湿度の日較差が林床に比べて著しく大きく、風の影響も受けやすい。また、林冠部は植生の構造自体も林床部に比べて複雑である。さらに、昆虫類は、食物資源として林床部では主に植物遺体を利用しているのに対して、林冠部では植物の生きている部分を利用しており、その質の多様性は林冠部の方が高いと考えられる。このように時空間的に変異幅の大きい環境に生息している林冠昆虫群集の変動は様々な要因に支配されており、森林伐採の影響が一義的に現れにくいと考えられる。

伐採方法に関わらず、森林伐採圧は林床に生息する昆虫群集の個体数を減少させるが、この影響が森林の存続、ひいては森林の持続的利用にどのように関わっているかは定かでない。しかしながら、林床に生息する昆虫群集のモニタリングは伐採後の森林状態を推定する手段として有効であるかもしれない。

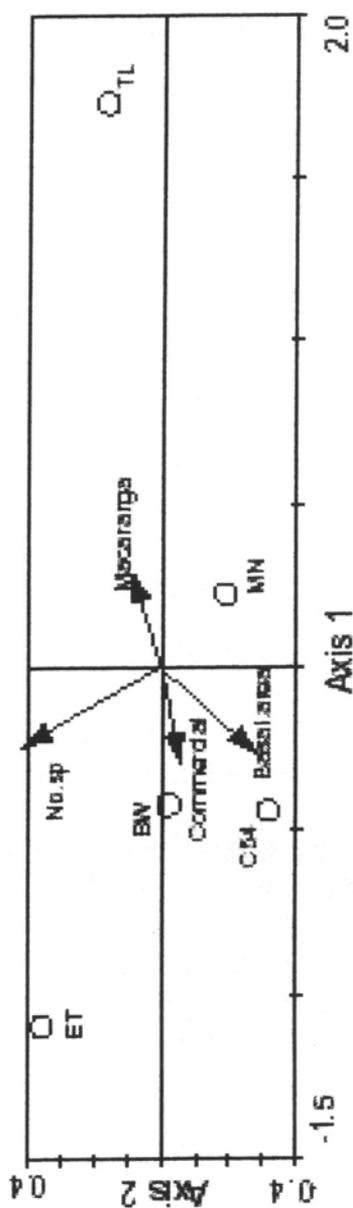


图 1 各物种在 PCA 分析中的分布情况。图中各物种的分布情况如下：ET、No.sp、Mocaranga、BV、Commercial、C54、Babalazoa、TL、MN、TL。图中各物种的分布情况如下：ET、No.sp、Mocaranga、BV、Commercial、C54、Babalazoa、TL、MN、TL。

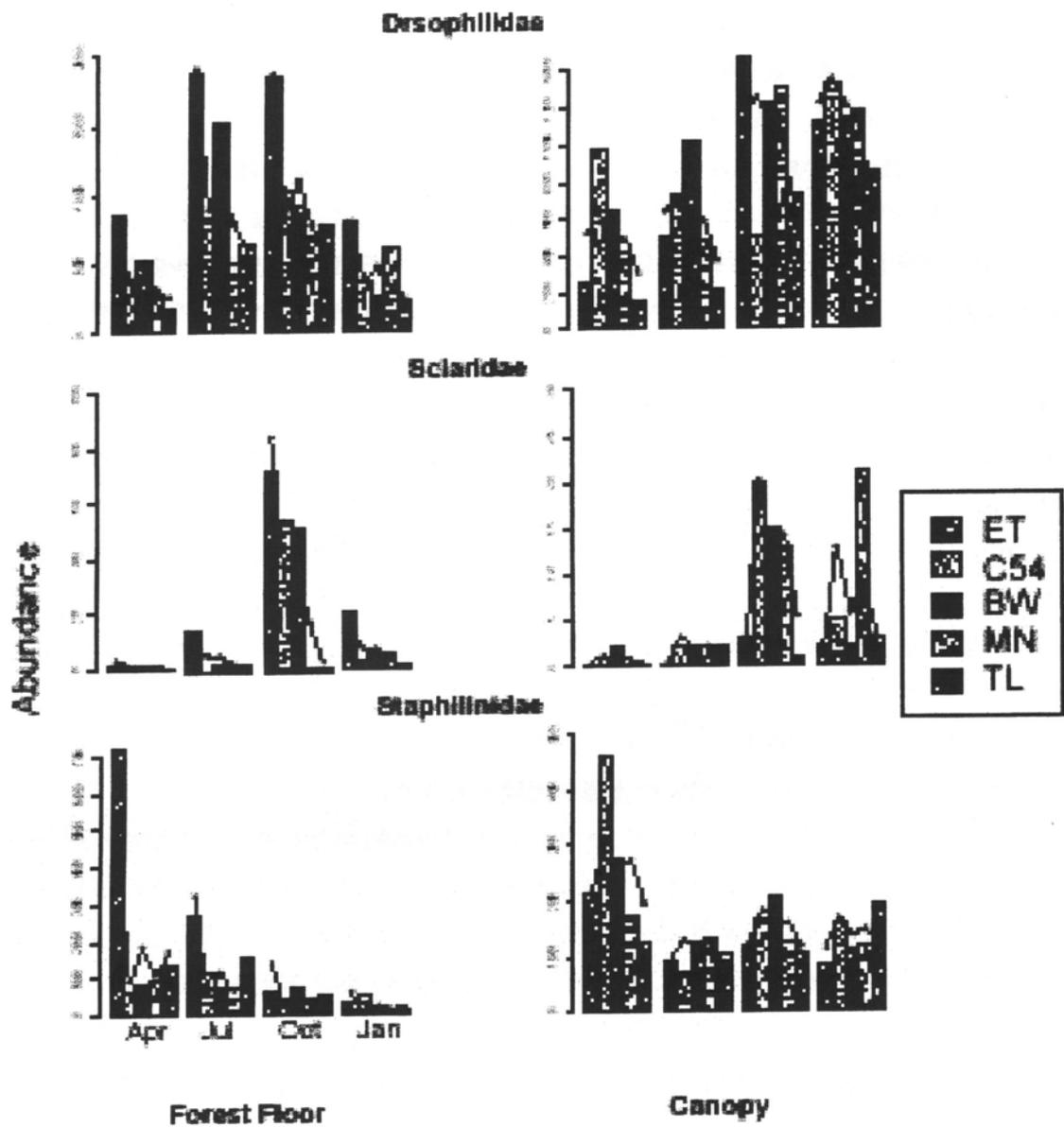


Fig. 10. Mean abundance of *Drosophilidae*, *Scleridae*, and *Staphilinidae* in the Forest Floor and Canopy habitats of the *Crotalaria* and *Stylosanthes* treatments in the 2005-2006 season. The data are presented as mean abundance  $\pm$  standard error (SE) for each treatment and month. The data are presented as mean abundance  $\pm$  standard error (SE) for each treatment and month. (See Fig. 10)

## デラマコット森林保護区における哺乳動物の環境利用

松林尚志（東京農業大学・農学部・畜産学科・家畜生理学研究室）

### — その1：ボルネオ島におけるミネラルを中心とした哺乳動物の種多様性とその保全 — 背景

ボルネオ島マレーシア領サバ州中央部に位置する 55083 ヘクタールのデラマコット森林保護区は、1993 年から Reduced Impact Logging (RIL) と呼ばれる伐採方法を採用し、1997 年には持続的森林利用を実践する森林として、東南アジアで初めて Forest Stewardship Council (FSC) から森林モデルに認定された。これまで伐採計画立案の際、土壌や植生への影響は比較的考慮されて来たものの、伐採が本保護区に生息するアジアゾウ、バンテン、そしてオランウータンと言った絶滅危惧種を含む哺乳動物相へ及ぼす影響はほとんど考慮されてこなかった。したがって、デラマコット森林保護区における哺乳動物相を把握し、伐採がこれら哺乳動物相へ及ぼす影響を考慮するとともに、これらの種の生態的機能を理解して行くことが必要かつ重要であると考えられた。

### 方法

2003 年 5 月から 2004 年 11 月までの約 10 ヶ月間、本保護区における哺乳動物調査を実施した。まず、本保護区の哺乳動物相を把握するためにルートセンサスとカメラトラップ (Field note II, Marif, Japan) により、大中型哺乳動物を対象とした動物相調査を実施した。次いで、哺乳動物を考慮した森林管理を提案するために「塩場」と呼ばれる環境に着目し、その生態的意義を調べた。一般に塩場と呼ばれる環境の土壌あるいは水はミネラルに富み、それを摂取するために哺乳動物が利用する場所と考えられている。しかし、東南アジア、とりわけボルネオ島の塩場はよく分かっていない。そこで本研究では、塩場の実体、利用する動物種・時間帯・頻度、ならびに利用目的を明らかにするために 1) 塩場の水の主要ミネラル分析 (Ca, Mg, K, Na, Cl)、2) カメラトラップと直接観察による塩場周辺環境利用動物相調査、そして 3) 利用動物の採食物 (草本・果実・樹皮) 中の主要ミネラル分析 (Ca, Mg, K, Na) を実施した。塩場の水はシリンジフィルター (0.2 $\mu$ m pore, Whatman, USA) でろ過した後、分析まで 4 $^{\circ}$ C 保存した。ミネラル分析はサバ州森林研究所・化学研究室に委託した。

### 結果・考察

大中型哺乳動物相調査の結果、現時点で絶滅危惧種およびボルネオ島固有種を含む 9 目・18 科・45 種が確認された (翼手目・奇蹄目を除く)。特に大型種についてみると、広域ではアジアゾウ、オランウータン、ウンピョウ、そしてマレーグマ、ベースキャンプから東側の地域にはバンテン、さらに保護区東南部を流れるキナバタンガン川流域にはテングザルの生息が確認された。次いで、塩場に関する調査の結果、デラマコット森林保護区

の塩場は小規模な湧き水型（おおよそ 2–15m<sup>2</sup>）で、アルカリ性を示し、土食よりむしろ飲水に利用されていることが判明した。そこで塩場の水のミネラル分析を実施した結果、通常の水場（河川や水溜り）と比較してミネラル含有量が有意に高いことが確認された（塩場平均 Na: 520.1±999.0ppm, n=52; 水場平均 Na: 7.2±1.8ppm, n=10）。さらに、多数のヒルが生息する塩場も確認された。これらミネラル含有量とヒルコロニーの有無により、塩場は大きく二つに分類された(表 1)。また、塩場周辺環境を利用する動物を調べた結果、本保護区において現時点で確認された 45 種の内少なくとも 30 種類が、昼夜間、地上・樹上性を問わず確認された(66.7%)。そして、利用傾向は肉食<雑食<草食の順に高く、絶滅危惧種であるアジアゾウ、バンテンやオランウータン（写真 1）、負傷した動物による利用も確認された。さらに、利用時間帯は種によって異なる傾向を示した。次いで、利用動物の採食物中ミネラル含有量を調べた結果、Na 含有量に比べて、K 含有量が有意に高いことが判明した（平均 Na: 0.19±0.1ppm, n=6; 平均 K: 17±7.5ppm, n=6）。これらの結果から、利用動物は水場としてのみならず、採食物中に Na が不足するため、あるいは採食により体内蓄積する K との体内平衡を保つために、必要な Na を塩場において積極的に摂取していること、また、アシドーシス対策のために塩場の水を摂取していること等、体調の維持を目的として塩場を利用している可能性が考えられた。

本研究によって、デラマコット森林保護区の塩場は、地上・樹上性哺乳動物への水分提供だけでなく、ミネラル供給の場を提供し、さらに肉食者にとっては狩猟の場としての意義をも有する「生物多様性のホットスポット」であることが示唆された。したがって、木材切り出しといった土地利用の際に、塩場周辺環境が失われないよう重点保全地域に指定され、今後の伐採管理計画時に考慮すべき点の一つとされることをサバ州森林局に提案した。（現在、森林局では今回同定された 5 箇所の塩場周辺環境を重点保全地域に指定する動きがある。）

表 1. 塩場間ならびにコントロールとのミネラル含有量比較

KM29 の 2 箇所の塩場は Na と Cl 濃度が他の塩場に比べ有意に高い値を示し、多数のヒルの生息が確認された。

Location (No. of sample)	Mineral: ppm±SD					pH
	Ca	Mg	K	Na	Cl	
KM12 (21)	43.4±5.0	16.9±1.5	6.0±0.8	41.0±7.7	1.5±0.3	8.1 ± 0.3
KM14 (10)	100.8 ± 16.5	23.7±1.9	9.0±3.3	35.8±7.0	2.0±0.5	8.0 ± 0.3

KM17 (8)		48.4±6.2	15.4±2.3	13.3±4.4	42.2±22.1	3.8±1.4	8.0 ± 0.3
<u>KM29-1 (9)</u>		138.2 ±	31.6 ±	53.1 ±	2308.9	4861.4	7.9 ±
		64.8	14.2	68.4	±1189.9	±2164.0	0.3
<u>KM29-2 (4)</u>		72.8±5.0	14.0±0.8	21.9 ±	1177.9	1839.9	8.3 ±
				26.7	±117.3	±209.5	0.3
Control	KM12	6.3±3.1	2.6±1.4	2.1±0.9	5.8±1.4	1.2±0.5	7.6 ±
(5)							0.4
Control	KM29	18.2±6.4	2.7±0.9	1.5±0.3	8.6±0.8	2.4±0.2	8.0 ±
(5)							0.2



写真1. KM29-1の塩場で撮影されたバンテンのオス2頭(左)とオランウータンのオス(右)

## — その2：タンクラップ森林保護区との比較 —

### 背景

デラマコット森林保護区の西側には、2001年まで従来の手法により伐採されたタンクラップ森林保護区(27550ha)が隣接している。植物班による植生調査により、タンクラップ森林保護区の樹木種数の多様性はデラマコット森林保護区に比べて低く、パイオニア種が優占する森林タイプであることが明らかにされた。植生と密接な関わりを持つ哺乳動物の種多様性は、従来型の伐採によってどのような影響を受けるのであろうか？そこで本研究は、タンクラップ森林保護区において、従来型の伐採が哺乳動物、特に草食・果実食者へ与える影響を把握することを目的とした。

### 方法

2004年6月から11月までの約4ヶ月間、タンクラップ森林保護区の哺乳動物相把握

を目的とした、ルートセンサス調査を実施した。さらに、デラマコット森林保護区の大中小型哺乳動物を対象としたルートセンサス時における1) アジアゾウの食痕調査、2) バンテンの糞分析、そして3) 大中小型哺乳動物による種子散布記録との比較を行い、異なる伐採方法が草食・果実食者へ与える影響を調査した。また、哺乳動物の種多様性は、森林環境のみならず狩猟圧という伐採以外の人間活動も強く影響する。よって大型種であっても狩猟圧が比較的高いシカ類やイノシシは調査対象外とした。

### 結果・考察

動物相調査の結果は、現時点においてデラマコット森林保護区で確認された大型種6種の内4種が確認された(マレーグマとテングザルは未確認)。大部分が広域で確認されたデラマコット森林保護区とは対照的に、タンクラップ森林保護区では分布域が偏る傾向を示した。すなわち、大規模な移動をするアジアゾウのみが広域で確認され、オランウータンはタンクラップ森林保護区中央部を南北に流れるタンクラップ川流域、バンテンとウンピョウはデラマコット森林保護区に隣接する東南側で確認された。これらの結果は、樹木種数の多様性が低くパイオニア種が優占する森林であっても大型種の生息が可能ではあるものの、分布域が制限されることを示している。特にオランウータンの分布に関しては、タンクラップ川流域は樹冠部が比較的連続しており、さらに、オランウータンが好む特定のパイオニア樹種が多いことなどが理由として考えられた。またバンテンの分布に関しては、タンクラップ森林保護区北側のアブラヤシ農園、西側のサバ州縦貫道路から最も離れた場所に位置することから、森林環境だけでなく人間活動も影響している可能性が考えられた。

アジアゾウの食痕調査ならびにバンテンの糞分析の結果は、パイオニア樹木や草本類に依存していることを示し、デラマコット森林保護区での調査結果に一致した。したがってこれらの結果は、従来型の伐採は草食哺乳動物のエサ資源を増加させること、そして、人間活動が低ければ草食哺乳動物は増加の影響を受けることが示唆された。次いで、路上における種子散布記録の結果は、デラマコット森林保護区においては多数確認されたものの、タンクラップ森林保護区においては極めて例数が少なく、その大部分は両保護区の境界となる路上での確認であった。この結果は、デラマコット森林保護区に比べて、タンクラップ森林保護区には哺乳動物により採食される果実をつける樹種や果実を採食する哺乳動物種が少ないことを示唆している。また、路上における種子散布が、果実樹種と果実食者を対象とした多様性のインディケーターになりうる可能性も考えられた。

以上の結果、従来型の伐採はRILによる伐採と比較して、哺乳動物の生息分布域を制限し、さらに、草食と果実食者とは与える影響が異なることが示唆された。本研究は現在進行中であり、今後はカメラトラップ調査も加え、調査範囲をより拡大して実施する予定である。

## 利用形態の異なる森林生態系の経済評価

長谷川 弘 (広島修道大学)

キナバル公園、Deramakot Forest Reserve 等を対象に、様々な価値を持つ森林生態系を経済的に評価するとともに、その結果を踏まえ、生物多様性レベルの違いによる二酸化炭素吸収・固定機能や経済的付加価値を調査し、最適な持続的森林利用オプションや CDM 導入にあたっての基本的評価軸を社会経済的視点から考察することを目的に、これまでの研究調査を行った。

### (1) 森林生態系機能の整理

通常の生態系の価値は「利用価値」と存在価値、選択価値、遺贈価値等の「非利用価値」に大分類できるが、調査対象地域の森林生態系についても、経済的評価を試みる価値項目を次のような機能別に整理した。

<利用価値>

- ・ 野生生物の遺伝子資源活用による医薬品開発等の健康面への貢献
- ・ 作物品種改良や林産水産資源供給等の食糧・産業への貢献
- ・ 治山・治水機能、保健休養機能、ヒートアイランド現象の緩和、水質大気浄化等の生活環境、観光への貢献

<非利用価値>

- ・ 歴史的遺産としての生物多様性、生態学的学術価値、自然景観価値等

### (2) サバ州内の自然林（原生林）及び商業林の環境経済評価結果

以下の森林生態系機能とそれらの価値測定に適する評価手法を選定し、自然林レベル及び商業林レベルの森林について 1 ha 当りの年間価値を試算した。「6. 生物多様性非利用価値」についてはキナバル公園内入園者及び周辺住民へのアンケート調査結果、他の機能については既存統計資料や他地域事例データを援用することでそれぞれの価値計算を行った。

森林生態系の機能別経済評価結果

森林生態系機能	経済評価手法	経済的価値 (RM/ha/year (2003 年時価))		
		自然林	商業林	農地
1. 水資源涵養機能	取替原価法	177	196	40
2. 水質浄化機能	防止支出法	67	17	(対象外)
3. 治山（浸食防止）・治水（洪水緩和）機能	取替原価法、生産高変化法	21,391	5,348	(対象外)
4. 大気浄化機能（温暖化緩和効果も含む）	取替原価法	(データ不足)	23	(データ不足)
5. 保健休養機能（景観、リクリエーション等）	旅行費用法	8,702	(対象外)	(対象外)
6. 生物多様性非利用価値	仮想的評価法	112,024,000	(データ不足)	(データ不足)
7. 林産物生産機能	生産高変化法	(対象外)	158~278	(対象外)
7. 農産物生産機能	生産高変化法	(対象外)	(対象外)	1,917~19,940
8. 水産物生産促進機能	生産高変化法	1.45	0.36	(対象外)

### (3) 生物多様性への平均的評価額

次表はキナバル公園付近のアンケート調査により得られた一人当りの平均的生態多様性評価額であるが、支払手段バイアス（抵抗回答）が多く、今後の継続的アンケート調査に向け質問内容の更なる改善が必要である。

生態多様性への平均的評価額

評価対象	単位	外国人 入園者	マレーシア人 入園者	地域住民
サンプル数（有効回答数）	人	97	76	24
a. 自然林（原生林）レベル多様性	\$/ha /年	58	10	5
b. 商業林レベル多様性	\$/ha /年	37	9	6
c. 植物種当たりの平均的評価額	\$/種 /年	0.9	0.2	0.1

注) 1米ドル=RM 3.8で換算。

### (4) 今後の研究調査の方向性

対象地は面積が広く多様なビオトープから構成されるため、経済評価を効率的に行う一つのアプローチとして、以上のようにキナバル公園周辺の生態系について経済評価をまず実施し、そこで得られた単位面積当りの経済的評価額を原単位とし、他の生態系についてもその価値を計算するといった簡便な方法を採用した。

より細かな森林生態系レベルごとの経済的評価を行うために、上記計算で採用したデータ類を他調査研究者の成果を反映しアップデートし信頼に足る原単位を測定するとともに、調査チームが構築する定量的「生態系評価指標」を活用する。

更には、これらの経済評価額を基礎に、考えうる森林利用オプションについての社会経済的メリットやデメリットの比較考量、持続的森林利用のための経済的評価基準の設定、そしてサバ州における林業開発・土地利用の適正な方向性やCDM導入上の経済的指針について提言を試みたい。

## 植物の種多様性に関わる共生菌類について

里村 多香美 (京大・生態研)

菌根菌と呼ばれる機能グループの菌類は、植物の根に共生して植物から光合成産物を得ている。その代償として、菌根菌は土壌からの水や栄養塩を植物に与え、植物の栄養塩吸収を支持している。土壌中に存在する菌根菌の菌糸はある植物個体 (A) と他の植物個体 (B) をつなぎ、A が得た炭素化合物を B に与える場合があることが実験的に示されている。これは異種間でも同様である。菌根共生は、植物の種間競争を和らげる効果があることも草地の実験で確認されている。

菌根は根への菌糸の侵入形態からタイプ分けされている。熱帯の多くの植物は VA 菌根菌と呼ばれる菌類と共生している。VA 菌根菌は、まとまった分類群の菌類で、植物と共生していないと成長・繁殖 (無性繁殖のみ) ができない絶対共生菌である。現在 160 種ほどの VA 菌根菌が記載されている (<http://invam.caf.wvu.edu/collection/collection.htm>)。高等植物が 26 万種で、その過半数が VA 菌根菌の宿主となり得ること (機知のデータから集計された数値に基づく; Brundrett, 2002) を考えると、VA 菌根菌の種数は非常に少ない。今後記載が進み、新たな種が見つかったとしても、1 万種に及ぶとは考えにくい。

VA 菌根菌の多様性が少ないことは、植物の種多様性の維持に貢献することが期待できる。単一の菌根菌種がより多くの植物種を菌糸でつなぐことにより、多くの植物種間で炭素化合物の移動が生じ、光に対する競争を和らげる働きがあるかもしれない。土壌中で得た水や栄養塩を、植物種に関わらず菌根菌が分け与えることによって、地下部での競争も和らげる働きがあるかもしれない。

また逆に、伐採等の攪乱 (土地利用の変化) によって、もともと存在していた多様な植物の数や量が極端に減少した場合 (多くの場合、同時に植物の種多様性も減少する)、VA 菌根菌の現存量や種数は減少する。宿主から得ていた炭素源が激減するからである。再生産 (孢子形成) と炭素獲得が釣り合わない場合、菌根菌の種数も減少する可能性がある。

残念なことに、野外での菌根菌の現存量や種数に関しては、非常に限られた情報しかない。特に、土地利用の変化が菌根菌に及ぼす影響について、植物多様性と菌根菌との相互作用については不明な点が多い。広義での土地利用の変化として、山火事が菌根菌に及ぼす影響について調査した筆者らの事例を挙げる (衣笠ら、2002; 衣笠ら、2003)。広島県の山火事跡地での植栽の有無と山火事後の年数 (7 年、23 年) での比較では、植栽の有無に関わらず、山火事後 7 年目のサイトでは 23 年目のサイトに比べ、土壌中の VA 菌根菌の孢子数が少ないことが明らかになっている。山火事後 7 年目のサイトと 23 年目のサイトでは、存在する VA 菌根菌のタイプも異なることが明らかになっている。植物種の多様性は 23 年目のサイトで最も高く、次いで植栽していない 7 年目のサイト、植栽した 7 年目

のサイトであった。また、植物の現存量は植物種の多様性は 23 年目のサイト > 植栽した 7 年目のサイト  $\geq$  植栽していない 7 年目のサイトであった。この場合、植物の多様性そのものよりも植物の現存量が VA 菌根菌の現存量および種構成に深く関わっていると考えられる。

伐採という土地利用の変化や伐採の仕方（攪乱の強度の違い）も、同様に菌根菌群集に影響を与えうるだろうか？ いずれのケースも植物の多様性と現存量、VA 菌根菌の多様性と現存量という項目に、似たような関係が見出せるだろうか？ その疑問に答えるべく、マレーシア、サバ州デラマコットにおいて、原生林（サイト通称：Ecological Trail）、択伐林（サイト通称：Domingo）および伐採林（サイト通称：Tengkulap）の調査枠から土壌を採取した。今後、VA 菌根菌の孢子数を計数し、タイプ分けを行う予定である。これらの結果を得ることによって、植物の多様性と VA 菌根菌の関わりについて、より深い考察ができるものと考えている。

## 生物多様性と地域の社会と文化 — 「民俗知」を中心に

市川昌広 (地球研)・小泉都 (京大)・藤田 渡 (地球研)・百瀬邦泰 (愛媛大) (50 音順)

このグループでは、生物多様性を、それを基盤として形成される文化との連関という観点から論じ、両者を包含する議論の枠組みを模索する。その手がかりとして、生物多様性と人間とのインターフェイスとして機能する「民俗知」 — 自然との関わりから経験的に培われる知識 — に焦点を当て、生物多様性の文化創造機能、それを取り巻く現代の社会環境、新たな資源としての価値と利益分配の問題、といったトピックにつき、従来の議論の流れを整理し、今後行われるべき研究の方向性を示す。

### 1. 生物多様性が育む文化

生物多様性の基本概念を整理し、その保全の必要性について再検討する。その上で、「民俗知」の多様なあり方から、生物多様性の文化創造機能について検討する。さらに、そうした生物多様性により育まれた文化の下では、特に原生林に加え、二次林が豊富に残る場合、野生生物の利用が頻度依存的となり、また、原生林は、娯乐的、呪術的、非必須的(optional)利用になりやすいので、持続的になるのではないか。だとすれば、生物多様性に育まれた文化は、その基盤たる生物多様性を保全する、というフィードバックが成立する。この定式について、イバンやプナンなどの事例を用いて議論し、頻度依存選択と多種共存という生態学理論を人による野生生物利用に拡張する可能性をさぐり、さらに精緻な検証のための研究の方向性を示す。

### 2. 現代世界のなかの森と人々

生物多様性の保全についての議論が進むなか、森林の近くにあつて、森林を使いながら暮らしてきた人々について、さまざまな位置づけがなされてきた。それらの議論は、地域住民を、あくまで生物多様性保全にとって有害か、無害か、あるいは有益か、という視点から、彼らの「伝統」 — 社会秩序や文化など — を、その部分部分を切り取って評価を下してきた。ここでは、そうではなく、彼らを、ごく自然に、そこに「生活する者」として捉えたらどうなるか、という発想の転換を模索する。「近代化」や市場経済化の影響を受けつつ、森林との関わりの中で、さまざまに戦略を立て、生活する。表面的には、「伝統的」社会や文化は、変容してしまったように見えるが、そこには、森林を使いながら暮らしてきた人としての「知恵」 — 「民俗知」の束 — を見出すことができるのではないか。サラワクはじめ、各地の事例を比較検討し、そうした生活者の「知恵」を含んだ、活きた生物多様性の保全の可能性を探る。

### 3. 遺伝資源と「民俗知」

地域の人々が持つ「民俗知」は、他方で、遺伝資源としての価値が注目されている。民族植物学者を中心に、企業による資源採取に対し、地域の人々の権利の擁護と利益の分配を求める声が 1980 年代後半より高まり、1992 年の生物多様性条約採択以降、さまざまな国際的取り決めにより、ルール作りが進んでいる。特に、「民俗知」の多くは集合的なもので、知的所有権保護の法的枠組みにそぐわないことが強調され、多様な地域社会のあり方に応じたそれぞれ個別の枠組みを、合意の上で作るべき、という *Sui generis* 原則についても概ねコンセンサスができています。しかし、知識の集団内の個人差、帰属する集団の特定・線引き、が困難であるという根本的な問題は、指摘はされながら、一向に議論が進んでいない。「民俗知」の事例から、所在と伝達についてのいくつかのパターンを見出し、それぞれのパターンに見合った利益分配の仕組みを構築することはできないか考える。

## 生物多様性と「資源」化

概要：

「資源科学」を提唱したジンマーマンに拠れば、「資源」という言葉は、特定の事物そのものを指すというよりも、その事物の有する機能に対する人間の評価を示したものであるという。例えば、「森林」という言葉は、資源ではなく、特定の生態系を指し示している。しかし、森林の木材供給源としての潜在力が着目されるようになると、森林は豊かな「資源」として注目され始める。このように「資源」は、存在するものではなく、見出されるものであり、その見出され方は、資源の質に加えて、技術や行動範囲、文化、動員できる知識・資本等、さまざまな社会・経済・政治的なファクターによって左右されるのである。

本ワーキンググループでは、こうした森林の「資源」化のプロセスに光をあて、生物多様性をどのように評価するのかという問題に、社会科学、生態学双方の視点から切り込んでみたい。まず人文社会班佐藤チームが問題提起を行い、これに生態学の立場から丑丸敦氏、ポリティカル・エコロジーの立場から金澤謙太郎氏にそれぞれ論点をご提出いただく。その後、議論をフロアの参加者に開き、自然科学、社会科学の交点を模索する。

「持続的森林利用オプションの評価と将来像」2002-04 業績集

< 原著論文 >

- Agetsuma, N., Sugiura, H., Hill, D.A., Agetsuma-Yanagihara, Y., Tanaka, T. (2003) Population density and group composition of Japanese sika deer (*Cervus nippon yakushimae*) in ever-green broad leaved forest of Yakushima, southern Japan. *Ecological Research* 18:475-483.
- Aiba, S. and K. Kitayama (in press) Habitat associations with topography and canopy structure of tree species in a tropical montane forest on Mount Kinabalu, Borneo. *Plant Ecology*
- Chen, H.-w., Toda, M. J., Lakim, M. B. and Mohamed, M. B. (in press) *Amiota* (*Amiota*)*sinuata* species-group from eastern Malaysia (Diptera, Drosophilidae). *Sabah Parks Nature Journal*
- Eguchi, K., Bui, T. V. and Yamane, Sk. (2004) A preliminary study on foraging distance and nesting sites of ants in Indo-Chinese lowland vegetation (Insecta, Hymenoptera, Formicidae). *Sociobiology* 43(3): 445-457.
- Enoki, T., Kawaguchi, H., Nakashizuka, T. & Hamid, A.A. (in press) Growth pattern and leaf morphology of *Shorea parvistipulata* saplings in a tropical rain forest of Sarawak, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*
- Hall, S., G. P. Asner, and K. Kitayama (in press) Substrate, climate, and land use controls over soil N dynamics and N-oxide emissions in Borneo. *Biogeochemistry*
- Harrison, R. D., Hamid, A.A., Kenta, T., LaFrankie, J., Lee, H-S. Nagamasu, H., Nakashizuka, T. and Palmiotto, P. (2003) The diversity of hemi-epiphytic figs (*Ficus*; Moraceae) in a Bornean lowland rain forest. *Biological Journal of Linnean Society* 78: 439-455.
- Hiroshi O. Tanaka and Takao Itioka. (2003) Effects of human disturbance on ant-plant and ant-homopteran interactions in Bornean tropical rain forest. *4th International Workshop of ANeT, Bangkok, Thailand, November 2003.*
- Ichie, T., Kenta, T., Nakagawa, M., Sato, M., Nakashizuka, T. (in press) Resource allocation to reproductive organs during masting in the tropical emergent tree, *Dipterocarpus tempehes*. *Journal of Tropical Ecology.*
- Ichie, T., kenta, T., Nakagawa, M., Sato, K. & Nakashizuka, T. (in press) Resource allocation to reproductive organs during masting in the tropical emergent tree, *Dipterocarpus tempehes*. *Journal of Tropical Ecology.*
- Ichikawa, M. (2003) Shifting swamp rice cultivation with broadcast seeding in Insular Southeast Asia: a survey of its distribution and the natural and social factors influencing its use. *Journal of Southeast Asian Studies* 41: 239-261.

- Ichikawa, M. (2004) Relationships among secondary forests and resource use and agriculture, as practiced by the Iban of Sarawak, East Malaysia. *TROPICS* 12 (4): 269–286.
- Inoue, T. (2003) Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan. *Entomological Science* 6: 151–163.
- Inoue, T. (in press) Butterfly fauna in and near the Ogawa Forest Reserve. *Bulletin of the Forestry and Forest Products research Institute*.
- Isagi, Yuji, Kanazashi, Tatu, Suzuki, Wazirou, Tanaka, Hiroshi, Abe, Tetsuto. (in press) Highly variable pollination patterns in *Magnolia obovata* revealed by microsatellite paternity analysis. *International Journal of Plant Sciences*.
- Ishii, H., Tanabe, S. and Hiura T. (in press) Exploring the relationships among canopy structure, stand productivity and biodiversity of temperate forest ecosystems. *Forest Science*.
- Itioka, T. and Yamauti, M. (2004) Severe drought, leafing phenology, leaf damage and lepidopteran abundance in the canopy of a Bornean aseasonal tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 20: 479–482.
- Itioka, T. and Yamauti, M. (in press) Severe drought, leafing phenology, leaf damage and lepidopteran abundance in the canopy of a Bornean aseasonal tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology*.
- J. W. F. Slik, A. D. Poulsen, P. S. Ashton, C. H. Cannon, K. A. O. Eichhorn, K. Kartawinata, I. Lanniari, H. Nagamasu, M. Nakagawa, M. G. L. van Nieuwstadt, J. Payne, Purwaningsih, A. Saridan, K. Sidiyasa, R. W. Verburg, C. O. Webb, P. Wilkie 2003. A floristic analysis of the lowland dipterocarp forests of Borneo. *Journal of Biogeography* 30 pp. 1517–1531.
- Kato, H., Yamane, Sk. and Phengklai, C. (2004) Ant-colonized domatia on fruits of *Mucuna interrupta* (Leguminosae). *Journal of Plant Research* 117: 319–321.
- Kenta, T., Isagi, Y., Nakagawa, M., Yamashita, M., Nakashizuka, T. (2004) Variation in pollen dispersal between years with different pollination conditions in a tropical emergent tree. *Molecular Ecology*: 3575–3584.
- Kitayama, K., S. Aiba, M. Takyu, N. Majalap, and R. Wagai (in press) Soil phosphorus fractionation and phosphorus-use efficiency of a Bornean tropical montane rain forest during soil ageing with podzolization. *ECOSYSTEMS*.
- Kurokawa, H. Yoshida, T., Nakamura, T., Lai, J. and Nakashizuka, T. (2003) The age of tropical rain-forest canopy species, Borneo ironwood (*Eusideroxylon zwageri*), determined by <sup>14</sup>C dating. *Journal of Tropical Ecology* 19:1–17.
- Kurokawa, H., Kitahashi, Y., Koike, T., Lai, J & Nakashizuka, T. (2004) Allocation to defense or growth in dipterocarp forest seedlings in Borneo. *Oecologia* 140: 261–270.

- M. Nakagawa and T. Nakashizuka 2004. Relationships between physical and chemical characteristics of dipterocarp seeds. *Seed Science Research* 14: 363-369.
- M. Nakagawa, T. Itioka, K. Momose, T. Yumoto, F. Komai, K. Morimoto, B. H. Jordal, M. Kato, H. Kaling, A. A. Hamid, T. Inoue, T. Nakashizuka 2003. Resource utilization of insect seed predators during General Flowering and Seeding events in a Bornean Dipterocarp rain forest. *Bulletin of Entomological Research* 93: 455-470.
- Manfroi, O. J., Kuraji, K., Tanaka, N., Suzuki, M., Nakagawa, M., Nakashizuka, T. & Chong, L. (2004) The stemflow of trees in a Bornean lowland tropical forest. *Hydrological processes* 18: 2455-2474.
- Masaki T., Ohta T., Sugita H., Oohara H., Otani T., Nagaike T., Nakamura S. (2004) Structure and dynamics of tree populations within unsuccessful conifer plantations near the Shirakami Mountains, a snowy region of Japan. *Forest Ecology and Management* 194: 389-401.
- Miyamoto, A. and Sano, M. (2004) Forest landscape changes around the Ogawa Forest Reserve, Ibaraki, Japan, based on old topographic maps and aerial photographs. *Proceedings of IUFRO International Workshop on Landscape Ecology 2004 Conservation and Management of Fragmented Forest Landscapes*: 79-82.
- Momose, K. (2002) Ecological factors of the recently expanding style of shifting cultivation in Southeast Asian subtropical areas: why fallow periods could be shortened? *Southeast Asian Studies* 40: 190-199.
- Momose, K. (2002) Environments and people of Sumatran peat swamp forests II: distribution of villages and interactions between people and forests. *Southeast Asian Studies* 40: 85-107.
- Momose, K. (in press) Plant reproductive interval and population density in aseasonal tropics. *Ecological Research*.
- Momose, K. and Shimamura, T. (2002) Environments and people of Sumatran peat swamp forests I: distribution and typology of vegetation. *Southeast Asian Studies* 40: 72-84.
- Murase, K., Itioka, T., Nomura, M. and Yamane, Sk. (2003) Intraspecific variation in the status of ant symbiosis on a myrmecophyte, *Macaranga bancana*, between primary and secondary forest in Borneo. *Population Ecology* 45.
- Nagaike T. (2003) Edge effects on stand structure and regeneration in a subalpine coniferous forest on Mt. Fuji, Japan, 30 years after road construction. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 35: 454-459.
- Nagaike T., Hayashi A. (2004) Effects of extending rotation period on plant species diversity in *Larix kaempferi* plantations in central Japan. *Annals of Forest Science* 61 197-202.
- Nagaike T., Yoshida T., Miguchi H., Nakashizuka T., Kamitani T. (in press) Rehabilitation for

- species enrichment in abandoned coppice forests in Japan. In: *Restoration of Boreal and Temperate Forests* (Ed. Stanturf J.A. and Madsen P.) CRC Press, FL, USA.
- Nagaike, T. and Hayashi, A. (2003) Bark-stripping by Sika deer (*Cervus nippon*) in *Larix kaempferi* plantations in central Japan. *Forest Ecology and Management* 175: 563-572.
- Nagaike, T., Hayashi, A., Abe, M. and Arai, N. (2003) Differences in plant species diversity in *Larix kaempferi* plantations of different ages in central Japan. *Forest Ecology and Management* 183: 177-193.
- Nagaike, T., Kamitani, T., Nakashizuka, T. (2003) Plant species diversity in abandoned coppice forests in a temperate deciduous forest area of central Japan. *Plant Ecology* 166: 63-74.
- Nakagawa, M., Itioka, T., Momose, K., Yumoto, T., Komai, F., Morimoto, K., Jordal, B.H., Kato, M., Kiang, H., Hamid, A.A., Inoue, T. and Nakashizuka, T. (2003) Resource use of insect seed predators during general flowering and seeding events in a Bornean dipterocarp rainforest. *Bulletin of Entomological Research* 93:455-466.
- Nakagawa, M., Takeuchi, Y., Kenta, T., Nakashizuka, T. (in press) The relative importance of insect predators in the pre-dispersal seed demography of six dipterocarp species in Sarawak, Malaysia. *Biotropica*.
- Nakashizuka, T. (in press). The role of biodiversity in Asian forests. *Journal of Forest Research* 9.
- Nomiya, H., Suzuki, W., Kanazashi, T., Shibata, M., Tanaka, H. and Nakashizuka, T. (2003) The response of forest floor vegetation and tree regeneration to deer exclusion and disturbance in a riparian deciduous forest central Japan. *Plant Ecology* 164: 263-276.
- O. J. Manfroi, K. Kuraji, N. Tanaka, M. Suzuki, M. Nakagawa, T. Nakashizuka, L. Chong. (2004) The stem flow of trees in a Bornean lowland tropical forest. *Hydrological Process* 18: 2455-2474.
- Otani, Tatsuya. (2004) Effects of macaque ingestion on seed destruction and germination of a fleshy-fruited tree, *Eurya emarginata*. *Ecological Research* 19: 495-501.
- Ozanne, C.M.P., Anhof, D., Boulter, S.L., Keller, M., Kitching, R.L., Korner, C., Meinzer, F.C., Mitchell, A.W., Nakashizuka, T., Silve Dias, P.L., Stork, N.E., Wright, S.J. and Yoshimura, M. (2003) Biodiversity meets the atmosphere: a global view of forest canopies. *Science* 310:13-186.
- Sakai, S. (2002) A review of brood-site pollination mutualism: plants providing breeding site for their pollinators. *Journal of Plant Research* 15: 161-168.
- Sakai, S. (2002) General flowering in lowland mixed dipterocarp forests of Southeast Asia. *Biological Journal of Linnean Society* 75: 233-248.
- Sakai, S. and Nagamasu, H. (In press) A significant range extension for the monotypic

- Tamijioideae (Zingiberaceae). *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*.
- Sakai, S. and Nagamasu, H. (In press) Systematic studies of Bornean Zingiberaceae IV. Alpinioideae of Lambir Hills, Sarawak. *Edinburgh Journal of Botany*.
- Sato, J. (2003) Public Land for the People: Institutional Basis of Community Forestry in Thailand. *Journal of Southeast Asian Studies* 32: 329-346.
- Shinohara, W., Takamiya, M. and N. Murakami. (2003) Taxonomic study of Japanese *Deparia petersenii* complex (Woodsiaceae) based on cytological and molecular information. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*, 54 (2), pp.137-148.
- T. Kenta, Y. Isagi, M. Nakagawa, M. Yamashita, T. Nakashizuka. (2004) Variation in pollen dispersal between years with different pollination conditions in a tropical emergent tree. *Molecular Ecology* 13: 3575-3584.
- Takyu, M., S. Aiba, and K. Kitayama (2003) Changes in biomass, productivity and decomposition along topographical gradients under different geological conditions in tropical lower montane forests on Mount Kinabalu, Borneo. *OECOLOGIA* 134: 397-404.
- Tanabe, S., Toda, M. J., Lakim, M. B. and Mohamed, M. B. (2002) Abundance, biomass, and composition of insect communities in various forests on Mt. Kinabalu. *Sabah Parks Nature Journal* 5: 219-237.
- Toda, M. J., Lakim, M. B. and Mohamed, M. B. (in press) The genus *Colocasiomyia* (Drosophilidae: Diptera) in Sabah: High species-diversity and utilization of host aroid inflorescences. *Sabah Parks Nature Journal*.
- Tsujino R. & Yumoto T. (2004) Effects of sika deer on tree seedlings in a warm temperate forest on Yakushima Island, Japan. *Ecological Research* 19(3): 291-300.
- Tsujino R., Noma N. & Yumoto T. in press. Growth of the sika deer (*Cervus nippon yakushimae*) population in the western lowland forests of Yakushima Island, Japan. *Mammal Study* 29(2).
- Ushimaru, A., Fukui, A. and Imamura, A. (in press) Effect of floral organ sizes on female reproductive success in *Erythronium japonicum* (Liliaceae) *Journal of Plant Biology*.
- Yamane, Sk. (2004) ANeT: Goals, development and perspective. In: J. Shimura (ed.), *Building Capacity in Biodiversity Information Sharing*, pp. 31-38. NIES, Tsukuba.
- Yamane, Sk. (accepted) *Pachycondyla nigrita* and its related species (Hymenoptera: Formicidae) in Southeast Asia. *Memoirs of the American Entomological Institute* 72.
- 衣笠 里美, 藤吉 正明, 里村 多香美, 堀越 孝雄. (2002) 山林火災後の植生回復における菌根菌の動態に関する研究 (第1報) - 緑化技術への応用を目指して -. *環境科学総合研究所年報* 21: 73-84.

衣笠 里美, 藤吉 正明, 里村 多香美, 堀越 孝雄. (2003) 山林火災後の植生回復における菌根菌の動態に関する研究 (第2報) —緑化技術への応用を目指して—. *環境科学総合研究所年報* 22: 97-104.

井鷲裕司 (2004) マイクロサテライトマーカーで明らかになった低頻度出現種の更新プロセス. *日本林学会誌* 86: 169-176.

金沢謙太郎 (2003) 熱帯雨林と生態資源 神戸女学院大学 人間科学研究科紀要ヒューマンサイエンス 6: 62-63.

戸田正憲 (2002) IBOY (国際生物多様性観測年) *昆虫と自然*37: 24-27.

佐藤仁 (2003) 開発研究における事例分析の意義と特徴 *国際開発研究*12: 1-15.

市川昌広 (2003) サラワク州イバン村落の世帯にみる生業選択 *TROPICS* 12: 201-219.

市川昌広. (2004) マレーシア サラワク州の焼畑農業における化学的適応化. *熱帯農業* 48 巻 Extra issue 1: 111-112.

寺川真理・菊地 賢・金谷整一・松井 淳・湯本貴和・吉丸博志. (2004) ヤマモモ (*Myrica rubra*) の集団間の遺伝的分化—サルがいる森といない森の比較 *日本生態学会第51回大会 (2004年8月26日釧路 ポスター発表)*.

森野真理・萩原良巳・坂本麻衣子 (2003) 地域社会における生息地の保全インセンティブに関する分析 *環境システム研究論文集* 31: 9-17.

神谷大介・森野真理・萩原良巳・内藤正明 (2003) 屋久島における地域住民の生活の満足感と生息地保全に関する認識構造の分析 *ランドスケープ研究* 66: 775-778.

正木 隆・杉田久志・金指達郎・長池卓男・太田敬之・櫃間 岳・酒井暁子・新井伸昌・市栄智明・上迫正人・神林友広・畑田 彩・松井 淳・沢田信一・中静 透 (2003) 東北地方のブナ林天然更新施業地の現状—二つの事例と生態プロセス— *日本林学会誌* 85: 259-264.

中静透・斎藤宗勝・松井 淳・蒔田明史・神林友広・正木隆・長池卓男・杉田久志・金指達郎・関剛・太田敬之・櫃間岳・八木貴信・橋本徹・酒井暁子・壁谷大介・高田克彦・星崎和彦・丑丸敦史・阿部みどり・大場信太郎・福田貴文・新井伸昌・上迫正人, 田中健太・市栄智明・鈴木まほろ・乾陽子・中川弥智子・黒川紘子・藤森直美・鮫島弘光・畑田彩・堀真人・沢田信一 (2003) 白神山地区における異なった構造をもつブナ林の動態モニタリング *東北森林学会誌* 8:67-74.

辻野亮・日野貴文・揚妻直樹・湯本貴和. 異なる地形における樹木の生残と生長. *日本生態学会第51回大会 (2004年8月26日釧路 ポスター発表)*.

#### < 著書 >

Ichikawa, M. (2003) One hundred years of land-use changes: Political, social, and economic influences on an Iban village in Bakong River basin, Sarawak, East Malaysia. In: Tuck Po, L., De Jong, W., and Abe, K. (eds.). *The Political ecology of tropical forests in Southeast*

*Asia: Historical Perspectives*: 117-199. Kyoto University Press.

- Itioka, T., Kato, M., Kaliang, H., Merdeck, M. B., Nagamitsu, T., Sakai, S., Mohamad, S. U., Yamane, S., Hamid, A. A. and Inoue, T. (2003) Insect responses to general flowering in Sarawak. In: Basset, Y., Novotny, V., Miller, S. E. and Kitching, R. L. (eds.) *Anthoropods of Tropical Forests Spatio-temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy*: 126-134. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kentaro Kanazawa (2003) Sabah and Sarawak States, In: Japan Environmental Council (ed.) *The State of the Environment in Asia 2002/2003*: 191-193.
- Koike, F. and Nagamitsu, T. (2003) Canopy foliage structure and flight density of butterflies and birds in Sarawak In Basset, Y., Novotny, V., Miller, S. E. and Kitching, R. L. (eds.) *Anthoropods of Tropical Forests Spatio-temporal Dynamics and Resource Use in the Canopy*: 86-91. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nakashizuka, T., Sakai, S. & Chong, L. (2004) Lambir Hills National Park Canopy Crane, Malaysia. In: Basset, Y., Horlyck, V. & Wright, S. J. (eds.) *Studying Forest Canopies from Above: The International Canopy Crane Network*: 120-125.
- Roubik, D. W., Sakai, S. and Gattesco, F. (2003) Canopy flowers and certainty: loose niches revisited. In: Y. Basset, V. Novotny, S. E. Miller and R. L. Kitching (eds.) *Arthropods of tropical forests: spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Toda, M. J. and Kitching, R. L. (2002) Chapter 2: Forest ecosystems. In: T. Nakashizuka and N. Stork (eds.), *Biodiversity Research Methods, IBOY in Western Pacific and Asia*: 27-110. Kyoto University Press, Kyoto & Trans Pacific Press, Melbourne.
- 佐藤 仁. (2002) ダン吉島の夢の後: 発展途上国にみる不足と開発 市場 (岩波講座「アジア新世紀」): 101-116. 岩波書店.
- 佐藤 仁. (2002) 稀少資源のポリティクス: タイ農村にみる開発と環境のはざま 東京大学出版会.
- 佐藤 仁. (2002) 問題を切り取る視点: 環境問題とフレーミングの政治学 石弘之編. 環境学の技法: 41-75. 東京大学出版会.
- 佐藤 仁. (2003) 「貧困」「持続可能な開発」キーワードで読みとく世界の紛争: 242-47. 河出書房.
- 佐藤 仁. (2003) 誰が何を管理するのか 鈴木和夫ほか編. 森林の百科. 朝倉書店.
- 中静 透. (2004) 生物の多様性の場としての森林. 鈴木和夫編著. 森林保護学: 7-15. 朝倉書店.
- 中静 透. (2004) 森のスケッチ. 東海大学出版会, pp. 236.

中静 透. (2004) 森林の保全生態. 小池孝良編 *樹木生理生態学*: 1-36.

田中 浩. (2003) モニタリングの意義と実例 鈴木和夫ほか編. *森林の百科*. 朝倉書店.

田中 浩. (2003) 樹木の生活史 鈴木和夫ほか編. *森林の百科*. 朝倉書店.

半谷吾郎. (2002) 分布南限の島. 大井徹, 増井憲一編著. *ニホンザルの自然誌*. 第十三章 pp229-250. 東海大学出版会.

揚妻直樹・揚妻一柳原芳美. (印刷中) ヤクシカの森林環境利用. 大澤雅彦・田川日出夫・山極寿一編著 *世界遺産 屋久島*. 朝倉書店.

揚妻直樹. (印刷中) 食物網. 中村太士・小池孝良編. *森林生態系の科学* (仮題). 朝倉書店.

#### 〈雑文〉

益守眞也・中静 透・鈴木和夫. 2004. 第12回バイオリフォル・ジョグジャカルタ集会. *熱帯林業* 61: 69-72.

佐藤 仁. (2002) 資源・環境問題はなぜ放置されるのか」*科学* 2002年8月号:787-791.

佐藤 仁. (2002) 資源管理の分権化を阻む「不足」意識 論座 2002年6月号:108-115.

鮫島弘光. (2003) ボルネオのオオミツバチ *Apis dorsata* F. と蜂蜜採集 *熱帯生態学会ニューズレター* 第51号.

中静 透. (2003) 熱帯林の生物多様性-林冠という知られざる世界 「生物多様性の世界」人と自然の共生というパラダイムを目指して 第17回「大学と科学」公開シンポジウム 講演収録集(株)クバプロ.

半谷吾郎. (2003) レッドリストの生き物たち4「ヤクシマザル」*林業技術*733: 38-39.

末吉昌宏・前藤 薫・楨原寛・牧野俊一・祝輝男. (2003) 皆伐後の温帯落葉樹林の二次遷移に伴う双翅目昆虫群集の変化 *森林総合研究所研究報告* 2:171-191.



