

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

要旨集

日時 平成15年12月10-12日
会場 KKR ホテルびわこ

タイムスケジュール

10日（研究結果発表）

13:00 プロジェクトリーダー挨拶

13:20～16:20 阿武隈班（Pp. 1－10）

- | | |
|-------|--|
| 宮本麻子 | 旧版地形図等から見た小川周辺における土地利用の変遷 |
| 牧野俊一 | 広葉樹二次林の chronosequence に沿った森林性昆虫の種構成の変化 |
| 田中 浩 | 林齢・森林構造と植物多様性の関係 |
| 柴田銃江 | 森林の分断化や攪乱が、樹木の繁殖に関わる生物間相互作用系と樹木
個体群におよぼす影響 |
| 舘野隆之輔 | 森林の分断化がホオノキの送粉過程に与える影響 |
| 井鷲裕司 | 異なったランドスケープ構成要素をカバーする大個体群解析のための
DNA 解析ツールの整備・開発 |
| 酒井章子 | 小川学術保護林のナラ類（コナラ・ミズナラ）の結実量の変動を
もたらす要因 |
| 丑丸敦史 | 小川学術参考林周辺におけるマルハナバチの景観利用 |
| 八木橋勉 | 分断化した森林における鳥類による種子散布の実態把握 |

16:30～18:00 ランビル班（Pp. 11－19）

- | | |
|-------|------------------------------|
| 市川昌広 | ランビル公園周辺イバン村における自然資源の保有と森林保全 |
| 吉村充則 | ランビル周辺地域における時系列画像地図整備 |
| 金沢謙太郎 | プナンの沈香採集と NTFP |
| 小泉都 | プナンの「植物利用」と名前からみた「植物認識」 |

11日（研究結果発表）

08:30～10:00 ランビル班 つづき

- | | |
|-------|---|
| 百瀬邦泰 | サラワク東部のイバン族の自然観 |
| 中川弥智子 | 様々な景観における小型哺乳類相と種子食害圧 |
| 市岡孝朗 | ボルネオ低地熱帯林における森林伐採がもたらす昆虫群集への多様性
喪失 効果 |
| | オオバギ属アリ植物の一種 <i>Macaranga bancana</i> における自然林と二次
林の間のアリ共生状態の相違 |
| 鮫島弘光 | バラム河流域におけるオオミツバチ <i>Apis dorsata</i> の遊動 |

10:00～12:00 屋久島班（Pp. 20－29）

- | | |
|-------|--------------------------------------|
| 相場慎一郎 | 屋久島の森林の植物多様性と生態系構造・機能 |
| 甲山隆司 | 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 |
| 高宮正之 | 屋久島におけるシダ植物の遺伝的多様性と保全 |
| 揚妻直樹 | 生物多様性に与える植食者の影響評価： 進行状況と来年度の予定 |
| 大谷達也 | 屋久島西部、川原地域におけるアコウの分布状況 |
| 寺川眞理 | サルがいる森・いない森－動物散布が森の遺伝構造に与える影響
とは？ |

昼食

13:00～14:00 屋久島班 つづき

佐藤仁他 屋久島の森林をめぐる歴史過程（年表の見方）他

14:00～17:00 キナバル班（Pp. 30－38）

M. Darmawan キナバル山と Deramakot 商業保護林地域の土地利用変遷
武生雅明 択伐林におけるバイオマスと種多様性の持続可能性
伊藤雅道 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
松林尚志 Deramakot 森林保護区における哺乳動物の環境利用
特手里奈 ドリアン（*Durio graveolens*）の種子散布の可能性について
長谷川弘 利用形態の異なる森林生態系の経済評価

17:00～18:00 総合討論（もしくはモデル）（Pp. 39－45）

佐竹暁子 空間生態学とランドスケープダイナミックス
赤尾健一 生物多様性に関する経済分析

12日（プロジェクト運営）

08:30-10:00 全体のビジネスミーティング

10:00-10:30 休憩

10:30-12:00 コアメンバーによるビジネスミーティング

プロジェクト（2002-03）業績集（Pp. 46－51）

旧版地形図等から見た小川周辺における土地利用の変遷

宮本麻子・佐野真琴（森林総研）

はじめに

小川実験林周辺の土地利用変化から森林と他の土地利用との競合関係、森林の質的变化を探るために、5万分1旧版地形図をもとに過去の土地利用の再現を行った。旧版地形図は不定期ではあるが明治40年代から発行されており、そこから主要な土地利用の変動を把握することができる。対象地域について、1908～2002年の間6時期のデータを入手し、その中で、最も古いデータである1908年、変化が大きく見られた1973年、最新データである2002年につきデジタル化を行い、人為活動が土地利用に及ぼした影響について検討した。

土地利用の変遷

1908年の土地利用を概観すると主たる構成は広葉樹林、荒地（草地）であり、現在小川実験林(6ha)が設定されている場所は荒地であったことが明らかになった。また、土地利用と道路網との位置関係を見たところ、荒地を循環する道や荒地へと続く道も見られることから、荒地の利用が盛んであったことが推察された。1899年町村沿革誌によると現在の小川実験林が位置する山小川村の主要産物は馬、薪炭、椎茸等の特有物産であったとされる。また、享保14年(1729)の村差出帳には戸数52・人数253・馬60「当村より棚倉才丸方へ商荷物等付送り申候。男作之間峠二ハ炭焼申候事」、延享4年(1747)年の村差出帳には戸数52・人数212、馬48「畑作夏毛大麦、秋毛あわひへ作申候。畑方之儀稗、過半作申候事」とあり、平潟街道の馬継場であったため、馬数が多かったこと、高冷地で地味が悪く生産力が低いため田畑は少なかったこと、馬産のため採草地や入会地としての草地＝荒地の利用が盛んであったことがわかる。

1973年になると、広葉樹林や荒地であった部分が、針葉樹・広葉樹・荒地の混在するモザイク状の土地利用へと大きく変化している。また荒地は減少しており、生活スタイル・産業構造変化による土地利用変化を反映している。

2002年になると、1973年との違いは針葉樹・広葉樹・荒地について変化はほとんどみられない。また3時期を通じて集落や田畑の変動もわずかであった。

一般的に1960年代以降薪炭林や農用林として活用された二次林や草地は燃料革命や化学肥料の急速な普及により利用・管理が行われず荒廃が進んだとされている。また、1950年代以降に高まった木材生産力増強の気運のため広葉樹林から針葉樹林への積極的な林種転換が促進され、地域の森林資源構成は大きく変化したことが認識されている。当地においても旧版地形図に示された土地利用により、拡大造林による林種転換、馬産業の衰退などによる荒地（草地の減少）といった人為活動の影響が認められた。

広葉樹二次林の chronosequence に沿った森林性昆虫の種構成の変化

牧野俊一（森林総研）

目的

本研究の主要な目的は、落葉広葉樹林において、植物の多様性の変化に対して、昆虫の種組成その他の多様性要素がどのように反応するか、そしてその反応が昆虫の系統間や機能間でどのようにことなるかを知ることである。

方法

北茨城市小川学術参考林およびその近隣約 10km 四方の範囲の国有林内で、伐採後 0 年から約 170 年まで、さまざまな林齢の二次林を 10 箇所（伐採後年数はそれぞれ 0, 4, 12, 24, 51, 54, 71 年、および 100 年以上 3 箇所）選び、おもに各種のトラップによる採集を行った。本年は同定の終了した、ガ類、チョウ類、ミバエ類（いずれも植食者）、管住性ハチ類（植食者と肉食者）、およびササラダニ類（分解者）について、その種構成と林齢や植物種数との関係を見た。それぞれのモニタリング法は以下の通り。ガ類：ライトトラップ；チョウ類：ライントランセクト；ミバエ類；マレーズトラップ；管住性ハチ類；営巣トラップ；ササラダニ類：土壌サンプリング。植生調査はのべ 100m のラインに沿って設けた 5mx5m のコードラート法で行った。また草本層については 1mx1m のサブコードラートを設けて行った。以上に加えて、森林攪乱による地表徘徊性昆虫の影響を見るために、上記 10 箇所のうち、0, 12, 54, および 100 年以上 1 箇所の合計 4 箇所で、IBOY 方式のピットフォールトラップによる採集を 5, 7, 9 月にそれぞれ 1 回づつ行った。

結果

林齢との対応：ガ類は 50 年ほどまで種数が増加したが、それ以上では頭打ちとなった。一方チョウ類の種数は、若齢林ほど多く林齢の増加とともに減少した。ミバエや管住性ハチ類もチョウと似た反応を示した。ササラダニ類は伐採後 4 年以降はほぼ一定した種数を示した。同じ植食者であり、系統的にも関係が深いチョウとガとで、林齢に対する反応が異なることは興味深く、該当する調査地における個々の種の寄主植物の存在／不在なども視野に入れて分析する必要がある。IBOY 式トラップで得られた地表性ゴミムシの種数は、100 年以上の林で最も少なく（6 種）、54 年生で最大（14）、皆伐地と 12 年生がその中間（11）となった。しかし得られた個体数が少なく、より多くのサンプルで得られた結果と比較する必要がある。

林齢・森林構造と植物多様性の関係

田中浩・新山馨・柴田銃江・

八木橋勉（森林総研）・長池卓男（山梨森林総研）

植物多様性研究グループでは、他の生物群の多様性を支える森林の組成・構造と林齢・森林施業との関係を明らかにすることを目的としている。本年度は、他の生物群を調査する林分ほぼすべてに調査地を設定し、植物のインベントリを行い、予備的な解析を行った。今後、個々の林分の植物の組成・構造に及ぼす森林施業と過去の土地利用の影響を明らかにするために、過去の履歴情報に基づき、調査林分を増やす予定である。

関東平野北部の茨城県北茨城市小川周辺及び里美村の山地帯において、スギ林と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 林分と草地 2 か所である。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保護林、スギ林では 76 年生の高齢林にまでわたっている。

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、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 1m² 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・記載した。また、片側の各サブコドラート上、地表 1m の高さで全天写真を撮影し、林床の光環境を評価した。

本研究では、攪乱後の時間の尺度としての林齢に対する生物群の多様性の関係を検討するが、多様性は直接的には、ハビタットとしての森林構造との関係が強いことが期待される。調査林分について、林齢と最大 DBH、平均 DBH、個体数密度、胸高断面積合計などの森林構造パラメータとの関係を見ると、最大 DBH、平均 DBH は、スギ林、広葉樹林とも、林齢との正の相関が高かった。一方、個体数密度はスギ林でのみ負の相関、胸高断面積合計は広葉樹林でのみ正の相関が見られた。また、これらのうち林齢と最大 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。スギと広葉樹の生育特性、森林管理の履歴、また地形が、林齢と森林構造の関係に影響していることを、林齢にともなう植物を含む生物多様性の変化を論じる際には考慮する必要がある。

**森林の分断化や攪乱が、樹木の繁殖に関わる
生物間相互作用系と樹木個体群におよぼす影響**
柴田銃江（森林総研）・他

目的

森林の分断化や攪乱が、樹木の繁殖に関わる生物間相互作用系と更新・動態におよぼす影響は、送粉型や種子散布型、送粉者・種子散布者の特性の違いに対応して異なるだろう。これらの影響をメカニスティックに評価するためには、下記のような生物間相互作用系を規定する諸因子を様々な樹種について明らかにする必要がある。

問い

- Q1 成熟林分、断片化林分での繁殖可能個体の空間分布（樹木密度）はどれくらいか？
- Q2 樹木密度や各個体の特性（個体サイズや性表現、開花フェノロジー）が、種子デモグラフィ（受粉、結実成功）や遺伝子フロー（自殖、送粉距離）にどんな影響を与えるか？その影響がおよぶ空間スケールは？
- Q3 樹木密度、繁殖成功と訪花昆虫（可能なら送粉昆虫）の種組成や個体数との関係は？

主な対象樹種と調査メンバー

樹種	送粉型	散布型	更新の攪乱依存性	調査メンバー
ハリギリ	虫媒	鳥散布	高い？	藤森 他
ホオノキ	虫媒	鳥散布	高い	館野・井鷲・柴田 他
イタヤカエデ	虫媒	風散布	低い	柴田・菊地 他
ブナ	風媒	重力・動物散布	低い	柴田・田中・新山 他
コナラ・ミズナラ	風媒	重力・動物散布	低い	酒井 他

これまでの成果 -イタヤカエデの例-

今回は成熟林分、断片化林分でのイタヤカエデ繁殖可能個体の空間分布（樹木密度）と樹木密度や個体の特性（個体サイズ、性先熟型）が、受粉受精や種子生産にどのような影響を与えるかについて調べた。

1) 繁殖可能個体の空間分布（樹木密度）

茨城の小川群落保護林（成熟林分）の一部と、それに隣接する保残帯（断片化林分）における成木の分布図を作成した。保残帯として断片化した林分では、成木の密度に大きな偏りがあることがわかった（200m×200m 範囲で 0.3～9.8 本/ha、50m×50m 範囲で 4～108 本/ha）。また、同種はやや複雑な雌雄異熟性を示した。雌雄、雄雌、雄雌雄の順に小花が咲く、あるいは雄花だけ咲かせる、という 4 つのタイプがあり、各タイプの個体は空間的に混在していた。

2) 樹木密度、個体特性と種子の発達・死亡との関係

約 20 個体について種子を直接採取し、周囲の樹木密度、性先熟性のタイプ、DBH の異なる個体間で、しいな、腐り、虫害、充実種子率の比較をした。その結果、周囲（50m×50m）の樹木密度が高いと、しいな率が低下する一方で、腐

り率が高くなる年があることがわかった。このことから、局所密度が高いところでは花粉制約が軽減されるが、なんらかの密度依存的な死亡がおこる場合があると思われる。また、性先熟型によって種子生産効率が異なる傾向、個体サイズが大きいほど充実率が高いこともわかった。

以上のように、森林分断や攪乱による局所的なスケールでの樹木密度の変化や、分断後に残される個体の特性が、イタヤカエデの繁殖に複雑な影響を及ぼすことが考えられた。

森林の分断化がホオノキの送粉過程に与える影響

館野隆之輔（京大）・井鷲裕司（広大）・

柴田銃江・田中浩・新山馨（森林総研）・中静透（地球研）

はじめに

森林の分断化などの人為攪乱が、樹木の個体群や遺伝的多様性の維持におよぼす影響は、繁殖個体の空間分布の変化といった直接的な影響だけでなく、繁殖過程に関与する様々な動物との生物間相互作用系の変化（例えば虫媒樹種における送粉者の個体数の減少や絶滅、送粉者群集の多様性の喪失、送粉距離の変化など）を介して、間接的に繁殖成功や実生・稚樹の分布、最終的には次世代の個体群構造や遺伝構造に影響を及ぼすだろう。本研究では、森林の分断化が樹木の個体群や遺伝的多様性の維持におよぼす直接的・間接的な影響を、送粉にともなう遺伝子の流れを評価することにより明らかにする。本研究では、特に虫媒花をもち冷温帯落葉樹林で低密度個体群を維持しているホオノキに着目して、森林の分断化によって、1) 繁殖個体の空間分布・遺伝構造がどのように変化するのか？、2) 有効な送粉機能（例えば他殖や近縁度の低い個体間での交配、長距離の花粉散布など）を果たす送粉者が喪失あるいは減少してしまうのか？、3) 送粉者との生物間相互作用の変化を介してどのように繁殖過程（自殖率・結果率・結実率・種子生産量など）に影響を与えるのか？を明らかにすることを目的とする。

調査地

阿武隈山地小川群落保護林とその周辺地域（天然林・分断化された天然林・人工林・二次林・農地などさまざまな景観を含む約2×3kmのエリア）

調査項目および現在までの進行状況

- ・ホオノキ繁殖個体の分布調査 調査区を踏査し分布図を作成した（ほぼ全域終了）
- ・訪花性昆虫群集の把握 開花期間を通して訪花性昆虫の直接採取およびトラップによる採取を行った。（未同定）
- ・ホオノキ繁殖過程の把握 ホオノキの開花・結実フェノロジー・結果率・結実率を明らかにした。
- ・マイクロサテライトマーカーを用いた遺伝子流の把握 親個体の葉の採取および種子の採取を行った。（一部分析）昆虫体表付着花粉の分析（実験方法の開発中）

今後の予定

昆虫の同定作業・マイクロサテライト分析を進めるとともに、繁殖過程の継続調査を行う。

異なったランドスケープ構成要素をカバーする大個体群解析のための DNA 解析ツールの整備・開発 井鷲裕司（広島大学総合科学部）

人為インパクトにさらされている森林生態系の動態、繁殖過程、遺伝構造等を評価する為には、解析対象種の個体群をメタ個体群レベルでとらえるというアプローチに加えて、そのような個体群が異なったランドスケープ構成要素をカバーする形で存在しているという観点が必要である。そして、そのようなレベルの調査を目指す、必然的に、調査プロットは大きく、個体数は多くならざるを得ない。この様な調査地域から得られたサンプルセットの解析に対応するために、以下の DNA 解析の整備・開発を行った。

(1)多数のサンプルから効率よく DNA を抽出する

従来遺伝マーカーを用いた集団解析では、サンプル数の上限は DNA で数百、酵素多型で数千といったところであったが、最近では DNA に関しては解析対象サンプル数が一桁上がりつつある。実際、阿武隈においてホオノキで目指している解析でも、繁殖個体だけで 600 程度、稚樹を含めると 1000 を超えるサンプル数となりそうである。このような状況に対処する為、簡便な DNA 抽出プロトコルを工夫した結果、一人で 1 日(6 時間程度)、100 サンプルの処理ができるようになった。

(2)遺伝マーカーの情報量を上げる

マイクロサテライトマーカーを利用すると、繁殖個体集団の中で親でない個体を高い排除確率で除く事ができる。一般に生態学的な研究事例では 5 座程度のマイクロサテライトを解析し、排除確率 $p = 0.999$ 程度の情報で親子解析が行われることが多い(実際にはこれより低い排除確率で解析が行われることも少なくない)。ここで注意すべきは、排除確率とは任意の 1 個体を正しく排除する確率であるということである。親候補が 100 個体の場合、その集団全体で正しく解析が行われる確率は $0.999^{100} = 0.90$ となる。今回のホオノキ個体群のように候補個体数が多いと、 $p = 0.999$ という値であっても集団全体にわたって正しく排除できる確率は $0.999^{600} = 0.55$ 程度にまで低下する。

この様な問題に対処する為、野生植物個体群における親子解析としては最多級のマイクロサテライト 11 遺伝子座に関する多型の評価を行い、より高い排除確率を得た。

(3)種子親の直接的解析のため、種皮の遺伝子型決定を行う

ホオノキの種子散布は鳥に依存するため、きわめて広範囲に散布されていると考えられる。稚樹を対象とした親子解析では、親候補を絞り込むことはできても、母親と父親を特定できない。シードトラップ等で採取した種子の種皮から DNA を抽出し、遺伝解析できれば母親を直接的に特定できる。また、この方法では、減数分裂や受精を経ていないため、稚樹を対象とした解析に比べて、より少ない遺伝子座でより確実な判定が可能となる。ホオノキ個体群の断片化を評価する為には鳥散布の実態を知ることが重要である。

ホオノキの種皮から DNA 抽出を試み、マイクロサテライト遺伝子座を PCR で増幅したところ、正常なバンドを確認することができ、種子サンプルからの母親特定が可能であることが明らかになった。

(4)花粉 1 粒を対象に複数のマイクロサテライト遺伝子座の解析を行う(世界初！)

ホオノキは、主要なポリネーターとして考えられてきた送粉効率の悪い甲虫以外にも、ハチやアブ等の多様な昆虫によって、送粉がなされていることが明らかになってきた。しかし、これらの昆虫が運ぶ花粉の質の違い、すなわち、花粉移動距離や花粉親の多様性に関しては全く明らかにされていない。花粉の質が送粉者タイプによる花粉の質の違いを明らかにするためには、昆虫の体表面に付着している花粉粒を個々に遺伝解析し、その由来を明らかにすることが有効である。花粉に含まれる DNA を対象とした解析としては、葉緑体 DNA の塩基配列を解読し、系統解析を行った例がある。しかしながら、マイクロサテライトが含まれる核 DNA は花粉粒内に 1 コピーしかないため、そのままでは複数のマイクロサテライト遺伝子座を解析できず、花粉の由来を推定することは困難である。

この問題に対処するため、マイクロチューブ内で花粉 1 粒を破碎した後に、そのゲノム全体を増幅し、その水溶液を PCR のテンプレートとして複数のチューブに分注し、マイクロサテライト遺伝子座の増幅を行ったところ、花粉親と共通する対立遺伝子の増幅が認められ、花粉粒ごとの解析が可能となった。

小川学術保護林のナラ類（コナラ・ミズナラ）の
結実量の変動をもたらす要因
酒井 章子（筑波大）

温帯林の風媒の林冠樹種は、結実量を大きく変動させることが多く、極端な場合はマスティングと呼ばれ、生態学の重要なテーマとして研究されている。マスティング研究の主要な対象の1つとして、日本や欧米でナラ類の種子生産量の変動についてさかんに研究が行われてきた。ナラ類のマスティングの特徴は、花の生産量が直接種子生産量の決定要因となっているブナなどと異なり、花の生産量は比較的安定しているにもかかわらず結実量には大きな変動があること、つまり花の生産量ではなく結実率の変動が結実量を左右していることである。現在、年ごとに変動する受粉効率が結実率を左右しているという仮説が有力視されているが、野外での操作実験はほとんど行われていない。本研究は、茨城県小川学術保護林のミズナラとコナラにおいて、どのような要因が結実率を左右しているのかを明らかにすることを目的としている。

まず、小川学術保護林のコナラとミズナラの種子生産量の年々変動を比べてみると、両者の結実量の間には相関があるが、個体密度を考慮してもミズナラの方が結実量が少なく、その変動が大きい。この違いの要因を明らかにするために、1) 果実のデモグラフィーの比較（各6個体）、2) 花粉制約を検討するための受粉実験（各3個体）、3) 種子捕食の影響の違い（コナラ3個体、ミズナラ4個体）を検討するための種子捕食者排除実験、を行った。果実のデモグラフィーをみると、5月下旬の開花（受粉）後、3ヶ月後までコナラの方が高い生残率を示し、その差は3ヶ月目でもっとも大きい。つまり、開花後2～3ヶ月後の種子の死亡要因がそのコナラに比べてミズナラの結実率が低い原因になっていることが示唆された。もし、ミズナラ種子の高い死亡率が花粉制約によるものだとすると、開花時期の雌花に他個体の花粉を人工的に追加して受粉することで結実率が上昇するはずである。しかし、コナラで成長初期に人工授粉による若干の生残率上昇が認められたものの、ミズナラでもコナラでも最終的な結実率の上昇は認められなかった。一方、枝を袋がけによって種子捕食者を排除したところ、コナラでは死亡率の低下は認められなかったが、ミズナラでは特に種子成長の後期で死亡率が低下した。このことはミズナラの低い種子生残率は、種子捕食の影響の受けやすさによって説明できることを示している。

今後のテーマとしては、まず、多くの種子捕食者を共有していると考えられている2種での種子捕食の受けやすさの違いの原因（防衛物質の定量、違いをもたらしている種子捕食者の特定など）を明らかにすることが考えられる。また、種子捕食者が結実率の年変動をもたらしている要因なのかを検討するには、引き続き種子捕食者排除によって種子捕食者の影響の年変動を追うことが必要である。この仮説が支持されたならば、種子捕食者の影響の年変動の要因をすでに1987年から蓄積されているシードトラップによる結実量のデータ、気象条件、および観察と実験によって明らかにしたい。

小川学術参考林周辺におけるマルハナバチの景観利用

丑丸敦史・中静透（地球研）・石田千香子・

酒井章子（筑波大）・柴田銃江（森林総研）

目的

温帯の森林の重要な送粉者であるマルハナバチが、人間による多様な森林利用によってできるモザイク状の景観のセットでどのように個体群を維持しているのかについて研究を行った。小川学参林の周辺にはパルプ用材や椎茸原木の採集などによる伐採跡地・二次林、また針葉樹の植林、農地、採草地などの景観が見られる。この研究では、主に2種のマルハナバチ種（短舌種のコマルハナバチ、長舌種のトラマルハナバチ）がこれらの景観をどのように利用しているのかについてウィンドウトラップを用いて研究を行った。

調査地と方法

茨城県北茨城市小川周辺で小川学術参考林内、保残帯、二次林、針葉樹植林地、伐採跡地、放棄水田に各4カ所トラップサイトをおいた。採草地は一カ所のみトラップを設置した。

森林サイトでは、林冠下、低木層、林床の3層にトラップを設置した。伐採跡地、放棄水田、草地などのオープンサイトでは植生高にあわせて一サイト当たり2層のトラップを設置した。これらのトラップを月に一度一週間設置し、マルハナバチを捕獲した。

結果

ウィンドウトラップ捕獲の結果コマルハナバチは森林サイト、特に林齢の古い森林で有意に多く捕獲された。二次林や植林地でとれたコマルハナバチの個体数は学参林や保残帯林分でのものの1/3以下であった。これらの事実から、コマルハナバチは樹木種の花を多く利用し、樹木種の多様性の高い林分でより多く個体数が維持されることが示唆された。一方、トラマルハナバチも4月から6月までの森林樹木が多く開花する時期にはコマルハナバチ同様、林齢の古い林分で多くみられたが、7月以降は伐採跡地、田圃、草地などのオープンサイトでも多く見られた。このことは7月以降主要な資源として利用している草本類の花がより多く見られるオープンサイトへと採餌場所を広げていることを示唆している。

以上の結果は、コマルハナバチの個体群維持には樹木の多様性の高い景観を維持することが必要であること、トラマルハナバチに関しては伐採跡地などのオープンな景観も個体群維持のためには必要であることを示唆しており、今後の森林景観モデリングの際には重要な情報になりうるといえる。

分断化した森林における鳥類による種子散布の実態把握

安田 雅俊（森林総研）・八木橋 勉（森林総研）

当年度の試験研究目的

課題遂行の前提条件として、鳥類によって散布された種子を回収する必要があるが、通常の種子トラップでは、鳥散布種子の回収率は低い。当年は、分断化した保残林と原生的な森林での種子回収量や回収種子の種組成の違いを予備的に解析すると同時に、疑似果実を用いた、鳥散布種子の回収率の向上法を開発することを目的とした。

当年度の試験研究方法

鳥散布種子トラップの開発と試験

小川試験地、および近隣の広葉樹保残帯の林床において、疑似果実付き止まり木と種子トラップのセットを設置し、内容物を定期的（2-4 週毎）に回収した。疑似果実には色付きガラスビーズを用いた。トラップは5月上旬に小川試験地と保残帯のそれぞれの谷筋に40 m 間隔で5個1列と尾根に5個1列を設置した、9月に小川試験地の谷を挟んだ反対側の尾根に5個1列、保残帯の谷を挟んだ反対側の尾根（人工林内）に5個1列を増設した。小川試験地では、疑似果実のある・なしをセットで設置し、疑似果実の誘因効果も検証した。

結果

保残帯では5月から12月までを通して、ヤマブドウ1種子とアケビ1種子が回収されたのみだったのに対し、小川試験地ではミズキを中心に比較的多くの種子が回収された。回収された種子の構成は、カスミザクラ、ミズキ、アオハダ、ウワミズザクラ、ヨウシュヤマゴボウであった。

また小川試験地では、夏期においては、疑似果実の誘因効果は観察されなかったが、秋期には疑似果実のあるトラップで、疑似果実のないトラップよりも回収種子が多い結果となり、疑似果実の誘因効果が認められた。

考察と今後の課題

小川試験地と保残帯の回収種子には違いが見られたが、この差が分断化の影響と言えるかどうかは、それぞれのサイトでの鳥散布種子の分布や果実の結実量の違い、鳥類相や個体数の違いなどを調査する必要がある。

疑似果実には、夏期には誘因効果が見られなかったが、これは、昆虫などのえさ資源が豊富で果実の利用が少ない点や、繁殖期の留鳥や夏鳥はテリトリー内の餌の配置を、一過性の渡り鳥よりも把握しやすいことも影響しているかもしれない。また、当年度は果実の結実量があまり多くなかったため、より多くの結実が見られる年、または調査地での検討が必要と考えられる。また、疑似果実の量も、より目立つように多くすることも必要かもしれない。

ハリギリやホオノキなどの、遺伝子解析用マーカーの得られている樹種が回収されれば、散布距離の算出などの応用が可能であるが、今年は回収されなかった。

ランビル公園周辺イバン村における自然資源の保有と森林保全 市川昌広（地球研）

森林、林産物、土地など自然資源の保有・所有のあり方は、森林保全を考える際のひとつの着目すべき点である。ランビル公園周辺は、イバンの村々が広がっている。彼らの自然資源利用のあり方は、彼らの慣習、州政府の土地政策、村を取り巻く社会・経済環境の3要因が関係しつつみられた。発表では、以下に示す事例について述べつつ、上の課題を検討する。

－今日の村々の領域が定められるに至るには、イバンの慣習のみではなく、州の政策や村を取り巻く社会・経済環境といった要因が大きく関与している。それらの要因との関係によって、村には明瞭な村境と不明瞭な村境が存在する。

－家や船のための木材を確保するために残された一区画の原生林は、かつては2、3人の所有者により共有されるのが普通であった。しかし、近年、中国人業者による伐採の働きかけを契機に、森は分割され個別所有となり、伐採が進んだ。

－近年、植栽果樹の果実や林産物の商品価値が上がった。それに伴い、それらの所有者による生産物への管理が強まった。

－以前は村びと間で無料でおこなわれていた稲作のための土地貸しが、米の商品性が高まるとともに有料化した。

以上、ランビル公園周辺の村々では、自然資源の商品価値が上がるにつれて、それらの個別所有化が強まる傾向にある。

一方、ミリ・ビントゥル地区あるいはバラム川中・下流域といったランビル公園を含むより広い範囲を視野に入れると、そこではオイルパームプランテーションが急速に拡大している。広大なプランテーションをところどころで分断しているのがイバンの土地利用が広がる村々であり、イバンコミュニティがモノカルチャープランテーションの拡大にくさびを打ち込んでるように見える。

イバンの土地保有のあり方が村レベルで、あるいはより広い地域のレベルでどのように森林保全とかわるかを今後の研究課題のひとつとしたい。

ランビル周辺地域における時系列画像地図整備 吉村充則・市川昌広（地球研）・加賀 道（京大）

1. はじめに

ランビル国立公園とその周辺領域において、過去数年間で衛星データをはじめとしたさまざまな地理情報を蓄積してきた。しかし、被雲率ゼロの衛星データの入手は、極めて困難であるため、同一衛星データの時系列での情報蓄積は不可能であると考えなければならない。また、政策・経済・社会的要因などに基づく土地利用の変遷を追跡する場合には、空間的に衛星データより詳細な情報蓄積が時系列で必要となる。

このような背景から、昨年度からランビルとその周辺地域における土地利用の変遷調査やさまざまな調査に資する基盤情報として時系列な航空写真収集を開始した。昨年度は、サラワク森林局の協力のもと、80年代に撮影された一部について航空写真を入手し、その一次処理を試験的に実施し、データ処理方法について検討した。今年度は、さらに航空写真の入手を継続し、現約850枚の時系列での航空写真を収集し、デジタル画像地図として整備している。今年度末には、基盤情報としての時系列画像地図整備が完了する計画である。

2. 航空写真の収集とデジタイズ

昨年度から引き続き航空写真を入手した。現在、手元にあるデジタル化した航空写真を撮影年・写真枚数・写真縮尺で整理すると、以下に示すようになる。

- 1) 1940年代(1947年)・144枚・1/12,500
- 2) 1960年代(1961・1963年)・36枚・1/30,000 および 1/25,000
- 3) 1970年代(1973年)・94枚・1/25,000
- 4) 1980年代(1981年)・55枚・1/20,000
- 5) 1990年代(1997年)・505枚・1/10,000 および 1/30,000

現在、入手したすべての航空写真は、デジタイズが完了し、幾何学的補正に必要な処理を実施しており、これが完了した後、モザイク処理を実施する予定である。

3. 時系列画像地図整備と問題

時系列画像地図整備において必要となる航空写真に対する処理は、1)デジタイズ・2)幾何学的補正・3)モザイク処理から構成される。幾何学的補正については、調査等における画像情報の重要性から、全域において同一の高い幾何学的精度を保証する必要はないと考え、ここでは変則的な処理を行っている。

また、古い年代の航空写真については、画質の悪いものが多い。オリジナルのフィルムの保管状態に起因する問題であるが、我々にとっても無視できない問題である。

プナンの沈香採集と NTFP

金沢謙太郎（神戸女学院大）

課題

一般に木材はメジャーな林産物、それ以外はマイナーな林産物と区分される。しかし、100-50 年前の交易財としては非木材林産物（Non-Timber Forest Products; NTFP）のほうが木材よりもはるかに重要であった。当時のサラワクの輸出総額において、木材の占める割合が3%未満であったのに対し、NTFP は20%前後であった。森林の消失・劣化が農業プランテーション開発と相まって加速している現在、ここで改めて森林を伐り出さない NTFP という森林利用オプションの生産性や持続性に注目したい。今年度はまずその中から東南アジア特有の林産物で長年交易の対象となってきた沈香をとり上げ、その採集の方法や管理について参与観察を行なった。また、補足的に沈香の流通や消費の過程を探った。

調査経過

〈消費〉「香港（ヒョンゴン）」という名は香木の港に由来するといわれている。香港の上環地区や上海街では香木や線香の店が軒を連ねている。沈香片の小売価格は店によりあるいは等級により異なるが、概ね1 g 2～12 円である。原産地はベトナムあるいはボルネオと表示されているものがあつた。中東にも香木を扱う店が多い。ドバイのある香木・香水屋では沈香片は1 g 1～3 円程度で販売され、原産地表示はなかった。仏教圏やイスラム教圏では、香を焚いて清めるといふ宗教儀礼の小道具として沈香が長年利用されてきたが、生産地の情報についてはほとんど伝わっていない。

〈流通〉サラワク産沈香の輸出先については、森林局の年次報告書では、かつてはシンガポール、現在ではインドネシアとなっている。ただし、すべてが正規の手続きを経て輸出されているかどうかは不明である。バラム河（Baram）流域において、沈香の仲買人とおぼしき人物は上流域のロング・サン村（Long San）や中流域のロング・ブディアン村（Long Bedian）をベースに動いている。彼らと接触することで、沈香取引の特殊なルートが明らかになるかもしれない。

〈生産〉今夏、沈香採集に同行させていただいたのはバ・ライ村（Ba Lai）のプナン人（Penan）である。同村は、商業伐採の入っていないバラム上流域に位置する。同村周辺には徒歩片道3～5 時間圏内に数ヶ所の沈香木群が点在する。群といっても立木密度は低く、1 本ずつかなり離れている場合が多い。ちなみに、商業伐採後の森林では沈香採集に数週間を要するという。いずれにしろ沈香採るためには森の中を長時間歩かねばならない。この村で採れるのはジンチョウゲ科ジンコウ属（*Aquilaria*）の *microcarp* と *beccariana van Tiegh* の2 種である。プナンは落葉や樹皮で沈香木を識別する。沈香は樹木が何らかの損傷を受け樹脂が集積した部分だけに香りを含む。プナンはその集積部だけを斧やナイフで削り取る。まれに樹木上部に樹脂がついている場合に切り倒すこともある。樹脂が再び沈着するまでには数ヶ月～数年かかる。

次年度は、同村住民の協力のもと、沈香木の生産性にかんする定量的データを収集予定。

プナンの「植物利用」と名前からみた「植物認識」

小泉都（京大）

研究の背景

ボルネオでは、植物に関する民俗知識の研究は農耕民族中心に行われてきた。また有用植物や伝統的農業に着目したものがほとんどで民俗分類など認識に関わる分析は行われていない。狩猟採集民族については、主食であるサゴヤシの利用に関するものや一部の有用植物に関する民俗知識についての研究がいくつかあるのみである。

ボルネオの狩猟採集民族は、森林内で移動生活を営んできた。香木などの森林産物と交換に農耕民族から鉄などを得てはいたが、ほぼ自給自足的な生活を営んできたとされる。彼らのほとんどはこの数十年の間に定住化して農耕をはじめた。とはいえ、現在でも農耕民族に比べて森林への依存が強く、また高い年齢層の人々は伝統的生活の体験がある。彼らの知る植物の有用性や彼らの植物の認識を研究することは、これからの森林利用を考える上で、地域住民から学ぶ、地域住民の生活を尊重するといった視点から有効であろう。

以上のような問題意識から、狩猟採集民族のひとつであるプナンの植物知識を調査した。

対象民族 西プナン、プナン・ブナルイ（約100年前にサラワクから調査地域へ移動）

調査地 東カリマンタンのロング・ブラカ村（カヤン川の支流バハウ川のさらに支流のルラー川沿い、カヤン・ムンタラン国立公園内）

調査期間 2002年の6ヶ月間。

調査方法 村人と植物採集を行い、その際に植物の名前・利用法などを聞き取る。

結果

調査期間中に900標本、560種ていどの植物を採集した。これまでに503種を種レベルまで同定した。分類群では、シダ12種と菌類5種以外は種子植物である。採集種うちの約80%には何らかの使用法があるとされた。また落花などの不完全な標本とラン1種と菌類2種を除き、インフォーマントは植物名を答えることができた。ただし、1種1種に対する名前ではなく、あるグループに与えられる包括名のみが答えられたものもある。（植物利用と植物名についての詳しい結果は発表で）。

サラワク東部のイバン族の自然観 百瀬邦泰（愛媛大）

持続的森林利用オプションを探る際の前提として、住民が森林および森林生物をどう利用し認識しているかを明らかにする必要がある。サラワク東部のランビル国立公園の周辺で焼畑や商品作物栽培を営むイバン族の自然観を、植物の利用と認識から探ることにした。

イバン族は、原生林を畏れ、それを切り開くことで自分たちの生活しやすい空間が造りだされると考えている。そのことは、林縁に生える低木である *Leea*、強度の人為的攪乱の表徴種である *Melastoma*、原生林に多く見られる

Goniothalamus、大型 *Ficus* に付与された呪術的意味、あるいは御伽噺から窺うことができる。さらにそれは、狩猟採集民プナンと比較したときの原生林性植物の利用法や命名体系にも現れている。

イバン族による植物の利用と認識において、一斉開花現象を無視することができない。一斉開花とは、原生林の植物の多くが2から10年の不規則な間隔で同調的に繁殖することをさす。このため原生林の動植物は、普段は焼畑民にとってたいへん使いにくい。彼らは、狩猟も植物利用も主として二次林で行う。しかし一斉開花時は例外で、イノシシ狩り、果実集め、エンカバン（イリペナッツ）採りなどのために盛んに原生林に入る。このように、畏れの対象である原生林も、一斉開花という森の祭典の間だけは、焼畑民にも芳醇な恵みをもたらしてくれ、彼らと森との親密な関係をもたらしてくれる。

以上のように、植物の利用と認識についての基礎的情報を集めることで、彼らの自然観を探ることができる。現在、プロット調査に基づいて面積ベースの定量データを集めることで、さらに詳細な検討を進めている。また、プロット調査では、土地利用－植生－生物相の関係を明らかにし、生態学や人類学における諸仮説を立てたり検証する際の基礎データを集めること、各植生の、住民にとっての物質的・精神的価値をあきらかにすること、生物相と生物間相互作用の関係を明らかにすることなども期待されている。

様々な景観における小型哺乳類相と種子食害圧

中川弥智子（京大）・箕口秀夫（新潟大）・

高橋一秋（東大）・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を試みた。

まず2003年8月、共同研究者と共に焼畑休閑林（1年目、5～6年後、約20年後、30年以上）、孤立林、旧ゴム園、及び原生林（国立公園内）に、10×100mのプロットを合計33カ所設定した。そのうち21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6日間調査した。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30個の種子を林床に置き、残存種子数とその状態を6日間毎日確認した。

調査期間中、4科を含む合計20種（78個体）の小型哺乳類が捕獲された。最も出現頻度の高かった動物（17個体）は、オオツパイ（*Tupaia tana*）とチャイロスダトゲネズミ（*Maxomys rajah*）であり、前者は旧ゴム園で、後者は原生林に多く生息する傾向が見られた。出現種数は焼畑休閑林（5～6年後）で最も高く、ついで孤立林、原生林の順であった。一方で出現個体数は原生林が最も高く、2番目に焼畑休閑林（5～6年後）、3番目は旧ゴム園となった。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）で、3番目は孤立林であった。

まだ1度しか調査していないので今後の結果が期待されるが、原生林や孤立林のみならず焼畑休閑林（5～6年後）や旧ゴム園で小型哺乳類の活動が活発であることが分かった。この原因としては、焼畑休閑林（5～6年後）にイチジクなどの結実木が多いことや、旧ゴム園には年間を通してゴムの実が存在していることが関係していると考えられる。これらの森林が非一斉開花時の餌供給源となっている可能性もある。また一斉開花時に小型哺乳類相や種子食害圧が各森林毎にどのように変化するのも興味深い。さらに今回の発表では小型哺乳類のみに注目したが、今後は種子食昆虫も対象に加え、種子と種子食動物の相互作用を網羅的に捉え、それが植物の更新に与える影響という視点で持続的森林利用オプションについて考察したいと考えている。

**ボルネオ低地熱帯林における森林伐採がもたらす
昆虫群集への多様性喪失効果**
市岡孝朗・松本崇・岸本圭子・田中洋（名古屋大）

東南アジア熱帯に位置するボルネオ島の熱帯低地林に対する伐採などの土地利用が、そこに生息する昆虫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、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5種類の孤立林（残存自然林、老齡林（伐採後20-60年経過）、若齡林（伐採後5-10年経過）、ゴム栽植林、焼畑休閑林（伐採後1年））に、合計約30箇所の調査プロットを設けて（本要旨集、百瀬の項参照のこと）、プロット内の昆虫相を調査した。各プロットにおいて、蝶類のトランセクト調査、ライトトラップによる夜間飛行性昆虫の採集、林床部でのNet-sweepingによる昆虫採集、樹上と地上部におけるアリ類採集、pit-fall trapによる地上徘徊性昆虫の採集、ヒメサスライアリの目視観測、アリ植物・花外蜜植物・アリ随伴性半翅目昆虫などの調査をおこなった。

その結果、膨大な昆虫類が採集され、その大部分が現在も整理中の状態にある。一部が標本として整理されて同定可能な状態に至り、それらのデータを観測記録とともに解析した結果、以下のことが明らかになった。

1. 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。
2. 地上徘徊性のアリ類の種多様度は、自然林でもっとも高くなり、伐採後の経過年数の低い森林ほど、その数値は低かった。
3. アリ類専食性のヒメサスライアリコロニーの目撃回数は、自然林と残存自然林において他の森林よりも有意に高く、若齡林、ゴム栽植林、焼畑休閑林ではほとんど見られないか全く見られないかであった。
4. 林床部に葉を展開している木本類のうち、オオバギ類のアリ植物種が出現する頻度は、焼畑休閑林でもっとも高く、次いで、ゴム栽植林、若齡林が高かった。自然林で若干のオオバギ類アリ植物が見られたが、老齡林や残存自然林ではほとんど見られなかった。しかし、自然林以外に見られるアリ植物の種数は、自然林でみられるアリ植物に比べて著しく少なかった。

これらの結果は、森林の伐採によって、昆虫類の多様性が著しく減少すること、また、その回復には多大な年月を要すること、などを示唆した。

オオバギ属アリ植物の一種 *Macaranga bancana* における 自然林と二次林の間のアリ共生状態の相違

市岡孝朗（名古屋大）・村瀬香（生命誌研究館）・野村昌弘（京大）

森林に対する人為活動の影響は、単に、そこに生息する生物（昆虫）種の減少をもたらすだけでなく、森林生態系を構成する生物種間相互作用の関係の在り方に重大な変化をもたらす可能性がある。そこで、東南アジア熱帯に広く見られる、オオバギ属のアリ植物とそれに共生するアリの相利共生系をとりあげて、その相利的種間関係がどのような影響を受けるのかに着目した。

自然林内から周辺の二次林まで幅広い環境に生息する、オオバギ属のアリ植物の一種である *Macaranga bancana* は、これまでに、自然林においてはごく少数の特定のシリアゲアリの種類とのみ相利的な共生関係を持つことが知られてきた。このオオバギは共生するアリに巣場所と食物を与えることにより、また、共生するアリはこのオオバギを攻撃する食植者を排除することにより緊密な相利共生が成立することが明らかになっている。こうしたアリとの共生関係が、生息場所の環境要因の違いによって、すなわち、特に光り環境の異なる自然林と二次林の違いによって、変化しているかどうかを明らかにするために、ランビル国立公園内外の自然林と二次林において、野外観察と野外サンプリングを用いて、*M. bancana* に営巣しているアリの種構成、*M. bancana* に対する食植者による食害度を調べた。また、アリ植物においては、共生アリを利用した被食防衛の程度と密接な関係をもつことが予想される物理化学的なしくみによる被食防衛の強度を調べた。被食防衛の強度は、*M. bancana* の実生から採取した葉を広食性の鱗翅目幼虫の一種であるハスモンヨトウに与えて、その成長に与える影響を評価することによって測定した。

自然林に生息していた *M. bancana* の実生はすべてこれまでに共生相手として知られているシリアゲアリ 2 種によって営巣されていたが、二次林においては、約半数の実生がそれらの 2 種以外の数種のありによって占拠されていた。自然林で確認された 2 種のシリアゲアリが営巣している実生では食植者による食害がほとんど見られなかったが、他のアリが営巣していた実生では葉面積の 10–60% が食害によって失われていた。ハスモンヨトウの幼虫の死亡率は、二次林に生息していた *M. bancana* の実生の葉を与えて飼育した場合の方が、自然林に生息していたものを与えて飼育した場合に比べて有意に高かった。

これらの結果は、自然林と比べて二次林では、*M. bancana* とアリとの間の共生関係が弱まっているとともに、共生アリに依存しない物理的・化学的なしくみによる対植食者防衛機構が強化されていることを示している。こうしたことから、森林伐採などを通じた人為活動の影響は、生息する生物種数の減少だけではなく、生物種間の相互作用の在り方を変え、関係する生物種の形質にも大きな影響を与える可能性のあることが示唆された。

バラム河流域におけるオオミツバチ *Apis dorsata* の遊動 鮫島弘光（京大）

ランビル丘陵国立公園を含む東南アジア非季節性熱帯雨林の樹木は、その高い種多様性ゆえに同種他個体との距離が長い。また開花頻度は低く、数年に一度だけ他の多くの樹種と同調して開花する。このような困難な条件下で十分な送粉成功を獲得するのに大きく貢献していると考えられているのがオオミツバチ *Apis dorsata* である。オオミツバチは森林の開花規模が非常に大きいときにのみ、大規模なコロニー群で移住してくる。採餌飛行距離は通常数キロに及び、その高度の情報伝達能力と組織力で開花規模の経時的変化に応じて集中して訪花する樹木種を次々と変えていく効率的な採餌戦略を可能としている。

また巨大な巣からは大量のハチミツや蠟が採れ、有史以前からその分布域全域で人々によって利用されてきた。ボルネオ島でも古くから非木材森林産物の一つとして知られ、中国にも紀元前から輸出されていた記録がある。オオミツバチは移住してくるたびに特定の巨木に営巣することが知られているのだが、そういった木は個人や村単位で所有権が設定されてきた。

オオミツバチがその生活史の中でどのような渡りを行っているのか、どのような森林群集の上にまたがって個体群を維持しているのか理解することは、生態現象の解明という点からも、樹木群集の長期的な保全のためにも、また非木材森林産物資源管理の点からも非常に重要である。タイやインドなどのモンスーン熱帯ではオオミツバチは雨季には山地へ、乾季には低地へと季節移動することがしばしば報告されている。しかしながらスマトラからマレー半島、ボルネオに至る非季節性湿潤熱帯域ではこれまで全く明らかになっていなかった。本研究ではランビルを含むバラム河流域の広大な範囲でオオミツバチの移動パターンを明らかにすること、またそれを支配している資源要因を明らかにしようとしている。

バラム河は流域面積約 23,000km²（利根川の約 1.5 倍）のサラワク州第二の大河であり、下流から淡水・泥炭湿地林、低地・丘陵フタバガキ混交林、山地林が分布している。これまで河口から最上流まで 7 民族 70 以上の村々を巡り、オオミツバチの営巣木の有無やその種類、営巣季節や頻度を聞いて回った。その結果オオミツバチが営巣木として利用する樹種は主に 7 種で、営巣頻度はフタバガキ混交林、山地林では数年に 1 回のみの営巣なのに対し、淡水湿地林では毎年 1-3 回と営巣頻度が高いことが明らかになった。

現在は各地で営巣数と樹木開花頻度のモニタリングを続けるとともに、淡水湿地林を中心にコロニーからワーカーと貯蔵蜂蜜・花粉の採集を行っている。ワーカーからは豊富に開発されている DNA マイクロサテライトマーカーを用いてコロニーの同定を行い、同一コロニーの移動経路、分封パターンの解明を進めている。また貯蔵蜂蜜、花粉からは花粉源植物の同定を行う予定である。

群集間の相互作用というランドスケープレベルでの生態現象はかつて広くおきていたと考えられ、生物の進化・生態に重要な影響を及ぼしてきたであろう。しかしながら現在では人間活動の拡大による生態系の断片化から、特に陸上生態系では消滅しかかっており、その理解が困難になっている。オオミツバチは先行研究からかなり決まった移動ルートを取ることが予想され、かつその営巣場所も特異的であり、同様に大規模な遊動を行っている鳥類や魚類に比べ、その全移動ルートを通した個々の群集における相互作用が解明できる可能性が高く、失われつつある生態現象の理解に貢献できると考えている。

屋久島の森林の植物多様性と生態系構造・機能

相場慎一郎（鹿児島大）

目的

屋久島には自然環境（標高・降水量・自然撓乱・鹿採食圧）の変異に対応した多様な植生が見られる。さらにこの自然条件による植生分化に重なるようにして、人間活動によってさらなる植生の変異（原生林・二次林・植林）が見られる。本研究では、自然林の生態系構造・機能（物質循環）を明らかにするとともに、人間活動が植物多様性に与える影響を評価する。

2003 年の調査報告

- 1 6 箇所（西部低地 2 箇所；西部中腹・東部低地・東部中腹・東部高地各 1 箇所）の原生林における土壌水ポテンシャルとリター落下速度の測定（ほぼ月 1 回）
- 2 上記の調査地のうち 4 プロット（1998 年に設定）の再測定、1 プロット新規設定；西部 3 箇所（小楊子川中流・上流；瀬切川中流）の原生林長期計測プロット（1981・1983・1993 年に設定）の再測定
- 3 林床植生調査：小川方式（10m×100m トランセクトで 5m ごとに 1m 四方の計 40 調査区）；現在までに 9 箇所（原生林 7 箇所；二次林・植林各 1 箇所）
- 4 埋土種子調査：原生林・二次林・斜面崩壊地

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(北大)

インドネシア・ジャワ島の熱帯山地林で昨年度より実施しているプロジェクトに対応したプロトコルで、屋久島の照葉樹林域で以下の調査を実施する計画である。予備調査を 9 月 29 日～10 月 5 日に行なった。

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する。特に、個葉特性間の生理的トレードオフ関係（生産性 vs 持続性）の現れ方について、一般化できるようなデータを蓄積したい。

今回の調査では、海岸林(湯泊港、栗生海岸)、低地照葉樹林(中間林道、標高 250 メートル)、高地照葉樹林(油泊川、標高 450 メートル)の 3 標高帯で出現する被子植物の樹木・低木・草本・つる植物、計 121 種をについて枝先のサンプリングを行い、標本を作成するとともに、葉の面積測定、重量測定(終了)、および窒素・炭素含量の測定(実施中)を行なっている。初秋の調査のため、常緑葉でも、1 年葉しか持たないものと、多年葉を持つものを分けて採集できたので、ある程度の一般化ができると考えている。

一次解析の結果は、会議時に紹介したい。

屋久島におけるシダ植物の遺伝的多様性と保全

高宮正之（熊本大）

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。日本のシダ植物はおおよそ 750 分類群なので、約 40% が屋久島に生育していることとなる。これまで屋久島のシダ植物については、主にフローラの調査が中心ではあるが、屋久島産のものを材料に用いた研究もたくさんの実績があった。しかし、屋久島を主たるフィールドとして行われた詳細な解析的研究例は、僅かに Darnaedi and Iwatsuki (1987) のコスギイタチシダ *Dryopteris yakusilvicola* の解析のみであった。分類学的にも多くの問題を含む屋久島のシダ植物について、フィールドを生かした多くの解析が望まれる。一方、屋久島では近年ヤクジカによる食害が急速に広がっている。これまでそれほど問題視されていなかったが、シダ植物でも固有種を含めた多くの貴重種が絶滅に瀕している。これらの種の多くは形態的な記載のみしかなく、遺伝情報を含めた早急な分析が必要となってきた。

今回の研究では、森林の攪乱や利用形態の違いが分類学的多様性に与える影響と、ヤクジカの食害からの保全のための基礎調査を行なうが、今年度はその予備的調査を行なった。

1. ヤクカナワラビの浸透性交雑

カナワラビ属 *Arachniodes* は日本に約 20 種が知られるが、その倍程度の雑種や地方型が記載されている。これまでの我々の調査で、カナワラビ属の複雑さは雑種が僅かながらも稔性をもち次世代を作ってしまうことが一因であることが明らかになった。例えばコバノカナワラビ *A. sporadosora* とホソバカナワラビ *A. aristata* は、日本列島の各地で雑種を形成し、その雑種が後代を作り複雑な雑種集団を形成していた。屋久島の登山道脇や林床に最も一般的なヤクカナワラビ *A. amabilis* var. *amabilis* は、これまであまり注目されたことが無いが極めて多型である。この理由として様々な種と雑種を形成し、それらが分離したりバッククロスしたりしながら様々な程度に浸透性交雑を起こしていると推察される。交雑の頻度は攪乱の程度に関連すると予想されるため、本年度は鈴川の登山道沿いのカナワラビ類を調査した。登山道沿いには、基本的にはホソバカナワラビ、コバノカナワラビ、ヤクカナワラビが生育していた。これらはどれも二倍体有性生殖種であった($2n=82$, $n=41$)。形態的には、コバノカナワラビとホソバカナワラビに加えてヤクカナワラビとホソバカナワラビ、ヤクカナワラビとコバノカナワラビの推定中間雑種が見出された。これらはどれも二倍体($2n=82$)だった。減数分裂は正確に調べられなかったが、胞子に異常形が混じっていた。アロザイム多型分析からは基本種に種固有のバンドが見出され、推定雑種は両親種のバンドを共有していた。推定雑種は、植林や若い林の林床に多く見出されたので、今後攪乱の少ない林床、植林や登山道沿いの攪乱地など、いくつかの場所を選びヤクカナワラビ集団の解析を行い、各種の純粋集団と交雑集団を比較し、ヤクカナワラビの種としての維持機構を明らかにする予定である。

2. 小杉谷周辺のタニイヌワラビ類保全の基礎データ

小杉谷周辺は少なくとも 20 年前は固有種ヤクシマタニイヌワラビ *Athyrium yakushimense* をはじめタニイヌワラビ類が豊富に産する宝庫であった。ところが

ヤクジカによる食害がひどく、ここ数年の調査ではヤクシマタニイヌワラビの大型個体は1個体も見出されていない。そのほかのタニイヌワラビ類ではシビイヌワラビ *A. kenzo-satakei*、台湾アリサンイヌワラビ *A. arisanense*、ツクシイヌワラビ *A. kuratae* がほぼ絶滅し、ホウライイヌワラビ *A. subrigescens* は僅かに残っていた。これらの種間には様々な推定雑種があったが、それもほとんど見られなくなった。イヌワラビ属 *Athyrium* は特にヤクジカが好んで食べるようだが、その他にも小杉谷周辺ではたくさんのシダ植物が現在見つからなくなっている。林床には葉長 10cm 以下の幼齢個体は見出せるが、種の同定は困難であった。今回シカ食害から残ったヤクシマタニイヌワラビ、台湾アリサンイヌワラビ、ツクシイヌワラビ、ホウライイヌワラビ、ニセムラサキオトメイヌワラビ(台湾アリサンイヌワラビ×ホウライイヌワラビ)を得ることができた。これらは全て四倍体($2n=160$)だった。アロザイム多型分析からは、各種が同定可能だった。同定不可能な幼齢個体について、アロザイム多型分析を応用すると同定が可能となった。今後、保護柵内の再生を葉の一部を分析することにより継続的にモニタリングする予定である。

生物多様性に与える植食者の影響評価： 進行状況と来年度の予定

揚妻直樹・揚妻芳美・辻野亮・日野貴文

目的

自然林・植林地帯における 10 年～15 年間の草食獣の動態を把握する。また、自然林におけるシカの環境利用に関する情報を収集する。これらにより草食獣個体群の動向と、彼らにとっての森林の評価を行う。一方、亜高木～高木については 10 数年間、実生・稚樹については 5 年間の変遷を追跡し、森林に対するシカの影響を評価する。

2003 年度（予定していた調査）

1・自然林において、シカ・サルの生息密度をルートセンサスなどで調査した。
＝データを蓄積後分析予定。

2・自然林において、シカの土地利用をテレメトリー法により、採食行動を個体追跡法により調査している（継続中）。

＝土地利用は分析中。オス対象個体が少ない。

＝1 年分のダイエットについては分析終了。2 年目のデータ採集中。

3・10 数年前に設置してある自然林内の毎木調査プロットの再測をした。

＝データ分析中。

4・防鹿柵を自然林と植林地帯に残された広葉樹林分に設置した。柵内外を毎木調査・食痕調査・フン密度調査をした。

＝柵の設置、内外の胸高直径 1cm 以上の木本調査終了。

＝実生調査については冬に調査予定。

（追加調査）

5・自然林と植林地帯における実生密度の変化

＝1998 年に調査した場所の再測。

2004 年度予定

1・調査を継続

2・調査を継続

3・補足調査

4・実生調査（再測）

5・シカ柵を中標高自然林に設置予定（高度差・自然林・植林地域）

6・植林率の異なる中標高の 4 地域においてシカとサルの生息密度指数を求め、約 10 年前に行った同様の調査の結果と比較。

屋久島西部、川原地域におけるアコウの分布状況

大谷達也・金谷整一（森林総研）

イチジクの仲間（クワ科イチジク属）は熱帯地域を中心に分布し、森林生態系のなかで重要な役割を果たしていると考えられている。日本でもいくつかの種がみられ、たとえばアコウは西南日本の海岸近くに生育しており、屋久島西部の低標高地において照葉樹林の主要な構成樹種である。アコウはいわゆる絞め殺し木で非常に大きな樹冠を発達させる。大量の果実を通年提供するので、ヤクシマザルや各種の鳥類などにとって重要な餌資源である。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なかではサ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的は、樹木個体ごとに種子散布の距離や方向を特定し、アコウの空間的遺伝的な多様性の維持にとってヤクシマザルがどれほど重要であるかを評価することである。しかしながら、現時点ではDNA関連の分析は結果を報告できるほど進んでいないので、今回の発表ではアコウの分布状況と地形要因との関係について報告する。

屋久島西部川原地区において約1km²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地図（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）、および潜在的な日射量の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るため、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。潜在的な日射量とは斜度と斜面方位から予測する簡便なものであり、周辺の地形や雲の影響は考慮していない。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130個体について測位をおこなった。生育型の内訳は、絞め殺し型90個体、岩上型36個体、および地面型4個体であった。絞め殺し型のホストは17個体で同定でき、その内訳は、タブノキ8、ハゼノキ3、ウラジログシ3、モクタチバナ2、およびウバメガシ1であった。岩上型の個体は海岸近くの平坦地に集中していた。ロジスティック回帰の結果、斜度、斜面方位、および尾根指数が選択された。すなわち、より傾斜が緩く北向きで谷筋の地点において、アコウが存在する確率が高いことが示された。

川原地区の海岸近くでは戦後、開拓集落があったことが知られており、当時かなりの強度で伐採がおこなわれたと考えられる。海岸近くで多く見られた岩上型の個体は、伐採のために林内が明るかった時期に定着したのかも知れない。アコウは必ずしもほかの樹木に着生するわけではないが、地面で成長することはほとんどないといえる。ホストの樹種ではタブノキが最も多かったが、アコウにホストの選好性があるのか、アコウとタブノキの分布域が偶然に重なっているだけなのか不明である。今後、アコウの対象木を300個体ほどに増やすとともに気象観測の結果などをあわせて、分布の制限要因についてさらに考察したい。

サルがいる森・いない森－ 動物散布が森の遺伝構造に与える影響とは？ 寺川眞理（奈良教育大）

研究の背景

樹木個体群内の遺伝的な多様性は、森林の長期的な存続にとって重要であると言われており、送受粉や種子散布などによって生じる遺伝子流動のメカニズムが注目されている。送受粉や種子散布のパターンやメカニズムは、植物と動物の共生関係を調べる上でも興味深いテーマである。

これまでフィールドでの研究から、花粉媒介者や種子散布者の挙動について様々な知見が得られてきた。たとえば、屋久島照葉樹林に生息するヤクシマザルにおいては、様々な樹木の果実を採食して種子を散布していること(Noma,N.et al.,1997；Yumoto,T.et al.,1998；Otani,T.et al.,2000)や、果実のフェノロジーに合わせて遊動域を変化させていること(Agetsuma,N.,et al.,1995；Hill,D.A.et al.,1995)が知られている。これらの結果は、ヤクシマザルが種子散布を介して樹木個体群の遺伝構造の形成に関与していることを示唆する。また、DNA 解析により遺伝構造の解像度が従来の個体群ベースから個体ベースになったことで、送受粉や種子散布による遺伝子流動の実態を明らかにすることが可能になった。屋久島において300～500m離れた3つの尾根に分布するヤマモモ個体群の遺伝構造と形成過程をRAPDで解析した研究(寺村,2000)によると、数百m離れた尾根間でも花粉や種子が移動していることが示されている。

本研究では、サルの重要な採食源の一つであるヤマモモを対象とし、サルが生息する森と絶滅した森における個体群の遺伝構造の違いを比較して、サルによる種子散布が樹木個体群の遺伝構造に与える影響を評価する。

研究の概略

1) マイクロサテライトマーカーの開発とクローンについての解析

ヤマモモは一箇所に複数本の株立ちをしていることがあり、これらが萌芽によるもの(クローン)か、別々の種子に由来するものか見分けの付きにくい場合が多い。集団の遺伝構造を調べる上で、これらを区別することは重要であり、一つの調査地からすべての幹の葉を採集し、クローンか否かを解析する。

2) 種子散布の空間的特性

2003年6月の果実成熟期にヤクシマザルの群れを追跡し、遊動域や採食行動を調べるとともに、糞や吐き戻された種子を回収して種子が散布された場所を記録した。8月から9月に遊動域内を歩いて発見した成木についてGPSを用いて立木位置を特定し、各個体から葉を採集した。これらの種子や葉からDNAを抽出して、マイクロサテライトマーカーを用いて親子判定を行い、母樹や父樹を特定して、種子や花粉の散布距離を推定する。

3) サルのいる森といない森の比較

屋久島と種子島は九州南部に位置する島で、どちらもマテバシイ、スダジイ、タブノキなどを優占種とする照葉樹林が分布する。屋久島の西部林道には多くのサルが生息しているのに対し、種子島には戦前までサルが生息していたが、現在は絶滅している。

それぞれの森に3箇所ずつ50個体以上の成木を含むプロットを設けた。各個体の位置をGPSを用いて特定し、DBHを測定して葉を採集した。これらの葉からDNAを抽出してマイクロサテライトで解析、各個体群の遺伝構造や遺伝変異などを比較し、サルによる種子散布がヤマモモの個体群の遺伝構造に与える影響を評価する。

屋久島の森林をめぐる歴史過程（年表の見方）

平野悠一郎（東大）

屋久島の森林をめぐる歴史過程は極めて複雑。但し、森林ゾーニングのなされ方に注目すると、幾つかの段階に整理できる。（◎は各時期における論点）

（１）「誰が所有・利用するか」を中心にゾーニングが行われた時期

藩政期からの継続と変化（1868～1879 年）

～西南戦争による資料の消失～

- ・ この時期には、藩政期のゾーニングをもとに、旧来の森林利用形態が継続していた可能性が高い。→西南戦争に伴う地租改正事業の遅れ。
- ・ 但し、商人や士族といった島外の個人が屋久島の森林資源を積極的に利用し始めている。

◎大山県令による一連の伐採許可と集落住民の反応に注目！

★ 地租改正事業に伴う森林の官有地化（1879～1889 年）

- ・ 1879 年：地租改正事業＝第 1 次官民有区分 →当時の山林面積の約 98.7%が官有地化。

◎ 何故、これだけの割合が官有地化されることになったのかに注目！

- ・ 1886 年：宮之浦派出所設置 →官林における取締が強化される。

★ 官民有山林境界踏査と国有林下戻行政訴訟（1889～1921 年）

- ・ 1889 年：官民有山林境界踏査＝第 2 次官民有区分

→官林規制強化と相俟って、集落住民の生活は困窮。陳情・盗伐が相次ぐ。（地租改正事業の際は、藩政期の区分を一新して島全土に渡って官有地化がなされたイメージ。しかしこの時期には、従来から集落住民が、日常生活における薪炭材を確保していた地区に対してゾーニングが及んだようだ。）

- ・ 1899 年：「国有林土地森林原野下戻法」発布。

→上屋久・下屋久（現：屋久）両村は、相前後して下戻申請を農商務省に提出。しかし、1903 年、申請却下。

- ・ 1904 年：両村各大字、却下を不当として国有林野下戻請求の行政訴訟を起こす。

→以後 16 年に渡って訴訟が継続。結果、原告の敗訴。以後、島の大部分が国有林経営の下に置かれることが確定。

◎ 原告側の訴訟代理人の存在に注目！ →浅野総一郎…島外資本による森林資源への注目を示すもの。

★ 屋久島憲法の制定と第 1 次施業案の実施（1921～1931 年）

- ・ 1921 年：屋久島国有林経営の大綱（屋久島憲法）→委託（共用）林、部分林が画定。

◎ 結局、一連の訴訟で集落住民が要求したのは、「薪炭材供給のための共有地確保」だったのか？それとも「屋久杉の伐採による利益追求」だったのか？…後者に関しては、島外資本が後押しした可能性も。
→改めて、この過程で、集落住民、原告代理人、農商務省といった各アクターが、どのように絡んでいたのか探る必要あり。

- ・ 国有林施業の本格化 →1923 年：第 1 次施業案が編制。
→その内容は生態面にも配慮したもの。メイボクヤクスギは禁伐。
＝背景として、各界に屋久杉を保護すべきという意見が既に存在した。

↓

- ・ 1921 年、愛子岳周辺の 1,306ha、及び石塚山～国割岳 3,107ha が学術参考保護林として指定。→屋久島における保護林の起源。

＜…ここで、「誰が所有・利用するか」を目的としたゾーニングは一段落する

（２）「如何に資源として効率的に利用していくか」を中心にゾーニングが行われた時期

★ 戦争の勃発とその拡大に伴う森林開発（1931～1945 年）

～全般的に資料が少ない～

- ・ 国有林内の伐採施業区や委託林区の拡大（1931 年：第 1 次検定→準施業制限地の縮小）

→国有林地における木材生産、及び、委託（共用）林等における民力を利用した特殊林産物生産（特に木炭・樟脳等）の増大が見込まれる。

◎ 委託林地の目的が変化！

→新炭材の供給地から、民力を利用した軍需物資の生産地へ。委託林実行組合（木炭）が各集落に相次いで成立。

★ 戦後開拓と木材生産（1945～1964 年）

- ・ 国有林面積の縮小 →戦後開拓への用地確保が恐らくその原因。新植民の増加によって、幾つかの開拓集落が開かれている。

- ・ 委託（共用）林地の面積縮小と、木材生産への役割の転換

→木炭・樟脳生産経営が戦争の終了と共に悪化。委託林実行組合が相次いで解散。それに伴い国有林施業地区にゾーニングし直された？

→そこで、積極的な木材・パルプ材生産へと利用方針を転換。

1961 年：屋久島林業・森林開発公社の設立。＝共用林地におけるヤクスギ部分林増設。

1963 年：屋久島森林開発株式会社の設立。＝前岳等の広葉樹林をパルプ材として伐採。

- ・ 国有林における人工林化の拡大（1961 年：屋久島森林開発計画の策定）→普通施業区にあたる第 2 種林地の面積 24,798ha のうち、その 78%にあたる 15,552ha を 30 年以内に伐採して人工林化することが目標とされた。

◎戦後の森林利用の変化を詳しく探る必要！

く…以下の時期からは、ゾーニングにおいて、この「如何に資源として効率的に利用していくか」という目的が薄れていく

（３）「如何に保護管理を行うか」を中心にゾーニングが行われた時期

★ 国立公園指定と自然保護運動の興隆（1964～1972 年）

- ・ 1964 年：霧島・屋久国立公園に指定。
- ・ 1960 年代後半：自然保護運動の勃興。
→主に奥岳の貴重な森林生態系と屋久杉原生林を、国有林施業による開発から守ろうというもの。
→林野庁：藤村調査団を派遣。結果として保護林の増設、展示林の設置に踏み切る。し
かし、その他の地区の天然林伐採は依然として継続。

★ 自然保護運動の高揚と林業の衰退（1972～1993 年）

- ・ 1972 年：屋久島を守る会結成。→これに対抗して、屋久島住民の生活を守る会が結成。
＝以後、様々な形で運動を展開し、保護のためのゾーニングに影響を与えていく。
→1975 年：花山地区が原生自然環境保全地区に指定。
→1983 年：瀬切川流域の保護林指定、国割岳北斜面の国立公園第 1 種特別地域編入。
- ・ 島内外の屋久杉保護意識の高まり
→1982 年：屋久杉の成木伐採停止が決定。
→1986 年：屋久杉土埋木対策協議会の結成、土埋木島外持ち出し禁止運動の展開。
- ◎ 自然保護運動及びそれをめぐる動向に今一度焦点を当てる必要！
→森林をめぐって複雑化した利害関係を明らかにする上で、大きな鍵を握る。
- ◎ 両町議会の動きに注目！
→上屋久と屋久の温度差等、やはり森林をめぐる人間関係を理解する上で鍵を握る。
- ・ 逆に、国有林を中心とした屋久島の林業経営はこの時期衰退の一途を辿る。
→全国規模での林業衰退に連動。
→保護運動や環境意識の高まりを受けて、公益的機能を重視したゾーニングを進める。
＝保安林の指定増加（土面川土砂災害等の影響？）、森林生態系保護地域（1991 年）の指定等。

★ 世界自然遺産登録とその後（1993 年～現在）

- ・ 1993 年：奥岳を中心に世界自然遺産に登録。森林観光地としての外部からの注目が高まる。

→その素晴らしさばかりが強調され、歴史的な森林をめぐる複雑な関わりが、見えづらくなる傾向に。

＊ 今後の課題：歴史的な森林をめぐる人間関係の複雑さをどう解きほぐしていくか。

- ・ それぞれの時期において、森林をめぐる人間関係を映し出すと思われる個別事例に対する分析を進めていく必要性。（→◎の論点を参照。）
- ・ かなり流動化している個別のゾーニングの過程を一つ一つ追っていく必要性。
- ・ その際における幾つかの分析視角
 1. 内一島外
 2. 森林をめぐる立場・利害関係の整理

キナバル山と Deramakot 商業保護林地域の土地利用変遷

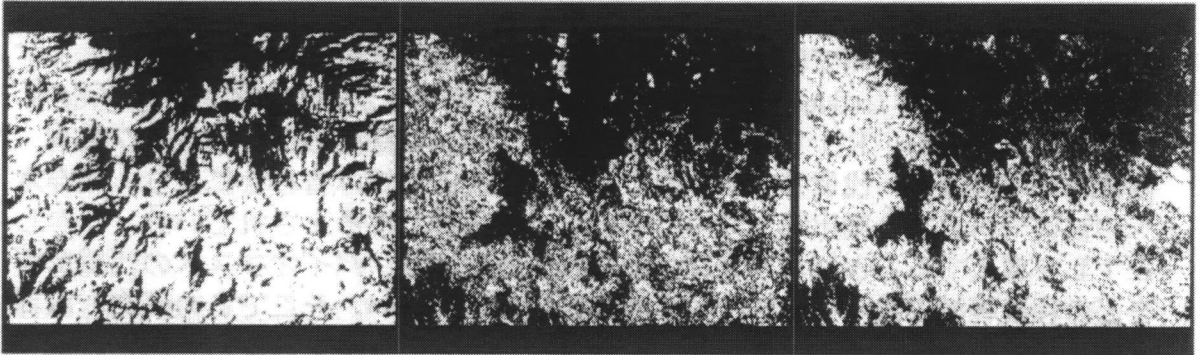
Mulyanto Darmawan (東大) ・ 北山兼弘 (京大)

サバ州では過去 30 年間に急激な土地利用による森林減少が生じたが、土地利用変化の速さ、面的様式、利用形態が地形（標高）によって異なると想像された。その理由は、気候が原植生や利用形態を支配しているためである。これを検証するために、キナバル山南面（標高 4095m-600m の急峻な地形）と Deramakot（約 200m の波状丘陵～平地）に、それぞれ 14,805ha と 351,011ha のトレーニング・エリアを設定し、ランドサット・データによる教師無し分類を行った。キナバルでは、焼き畑・高原野菜栽培により、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。Deramakot では、低インパクト伐採が実施されているが、教師無し分類の結果では従来の破壊的な伐採施行区との区別はできなかった。今後、点で行われているチーム・メンバーの生物多様性観測結果を広域に外挿するために、より精度の高い森林分類が必要になるだろう。これは次年度以降の課題である。

Kinabaru 12.Jan.1973

14.Jun. 1991

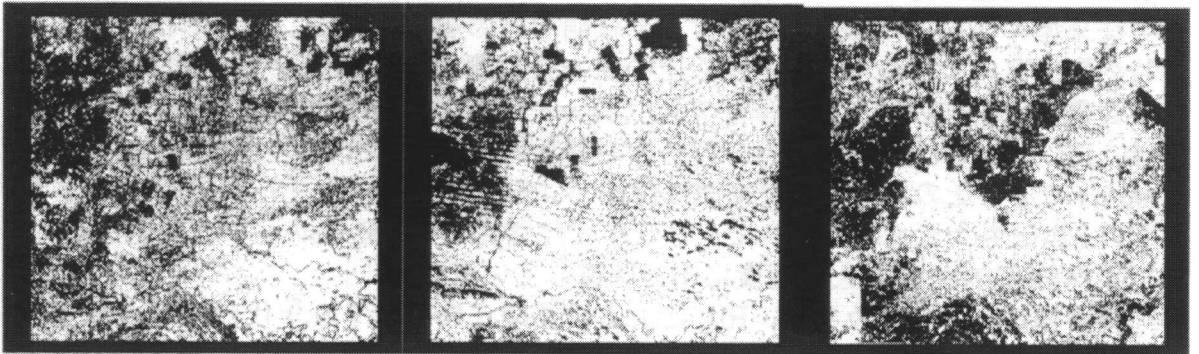
19.May. 2002



Deramakot 25.Aug.1985

22.May. 1991

28.May. 2002



択伐林におけるバイオマスと種多様性の持続可能性

清野達之（京大）・相場慎一郎（鹿児島大）・

武生雅明（東京農大）・北山兼弘（京大）

マレーシア・サバ州では、森林への伐採影響を極力低減することを目的として、低インパクト伐採（reduced impact logging=RIL）の導入が検討され、試験的な運用がなされている。RILは従来の伐採法に比べ、伐採地の事前ストック調査、伐採木の事前選定、伐倒方向の計画、ケーブル搬出の組み合わせにより、残存木への被害や引きずり搬出路（スキッド）などを低減できるとされている。しかし、RILを導入することにより森林の種組成や種多様性、バイオマスへの伐採影響をどの程度軽減できるのかについて検証した例は少ない。そこでこの研究では種組成や種多様性、バイオマスに対する影響をRILと従来型の伐採方法との間で比較することにより、RILの効果を評価することを目的とした。

調査はサバ州ダルマコット森林保護区において行った。ダルマコット周辺では一部の自然保護区域を除き、70年代に従来の高インパクトな伐採が行われている。その後、森林保護区内では90年以降にRILによる伐採が、保護区外では従来型の伐採が行われている。そこで今年度はRILによる伐採後の回復過程を調べるために、RILによる伐採後3年目（2000年伐採）、8年目（1995年伐採）、70年代の伐採後未伐採、原生林（伐採記録なし）のそれぞれに0.2haの調査区を2つずつ設置した。またRILとの比較対象として保護区域外で従来型の伐採が行われているサイトに同面積の調査区を2つ設置した。それぞれの調査区内では直径10cm以上の樹木を対象に毎木調査を行った。

2調査区平均の地上部バイオマス（Brown 1997 による相対生長式より推定）は、RILによる伐採後3年目、8年目の調査区ではそれぞれ約390 ton/ha、370 ton/haであったのに対し、従来型伐採区では約230 ton/haとRILの方が100 ton/ha以上も大きくなっていった。70年代伐採区（約540 ton/ha）では原生林（平均約470 ton/ha）と同程度にまで回復していた。

種多様性についてみると、RILによる伐採後3年目、70年代伐採区、原生林の間では大きな違いはなく、出現種数は約70種、Fisher's alphaは約70であった。RILによる伐採後8年目の調査区ではやや低く、出現種数約60種、Fisher's alphaは約55であった。それに対し、従来型伐採区では出現種数約40種、Fisher's alphaは約30と著しく低かった。種同定が不十分なため科レベルでの組成をDCAにより行った結果、従来型伐採区とそれ以外とで組成は大きく異なることが明らかになった。従来型伐採区ではパイオニア植物であるMacarangaの優占度が40%を超え極相種であるDipterocaraceaeの優占度23%を大きく上回るのに対して、他の調査区ではDipterocaraceaeの優占度が40%を超え、Macarangaの優占度は10%未満と両者の優占度は逆転していた。

このように今年度の調査結果から、RILによる伐採の方が従来型の伐採に比べ、種多様性やバイオマスへの影響が小さいことが明らかになってきた。

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

伊藤雅道（横浜国大）・長谷川元洋（森林総研）

はじめに

土壌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壌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、このような人為的な環境変化と土壌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壌動物群集にどのような影響を与えているかを解析し、土壌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。

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 ケ所のサイトにおいて 2003 年 9 月 27 日～10 月 7 日の期間に土壌動物群集の調査を実施した。この 10 ケ所のサイトは自然林、商業森林、伐採時期の異なるいくつかの択伐林を含んでいる。調査は 2 種類の方法で行った。すなわち大型土壌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、トビムシなどの土壌小型節足動物群集を調査するツルグレン法である。

大型土壌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 ケ所 20cm 四方の方形枠を設置した。各方形枠ごとにリターと 15cm までの土壌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、円筒型の土壌コア採集器を用いて 5m ごとに 10 個のリター層を含む 100c の土壌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

大まかな傾向を掴むためにサイト No. 2（自然林）、4（択伐林）、9（商業林）の 3 地点の大型土壌動物群集の結果を下表に示す。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。今回の調査では大型土壌動物全体の個体数は、自然択伐商業の順だがアリ・シロアリの値を除外するとこれとは全く逆の傾向になった。多様度指数は個体数とは逆に自然<択伐<商業となったがこれもアリ・シロアリの値を除外するとデータの開きが少なくなった。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。また、ほぼ同じ標高での比較なのでキナバル山でのような大枠での群集のパターンの変化（ITO et al. 2002）は見られなかった。今後小型節足動物の同定を行う予定である。

表 ダルマコット森林保護区 3 地点における大型土壌動物群集の調査結果。
 個体数の値は平方メートルあたりに換算。

	No.2 自然林	No.4 95 年択伐	No.9 商業林
個 体 数	1925	1025	850
アリ・シロアリ以外の個体数	610	790	830
総 出 現 群 数	24	24	26
多 様 性 ($\log(1/D)$)	0.337	0.948	1.187
アリ・シロアリ以外の多様性	1.086	1.048	1.15

Deramakot 森林保護区における哺乳動物の環境利用

松林尚志 (京大) ・ Joseph Tangah (Sabah Forestry Department) ・ Jum Rafiah
Abd ・ Sukor (Sabah Wildlife Department)

マレーシア・サバ州の中央部に位置する Deramakot 森林保護区は、1997 年東南アジアで最初の森林モデルとして FSC (Forest Stewardship Council) から認定され、森林の管理・持続的利用を行う保護区として知られている。総面積約 55000ha の保護区周辺には、アジアゾウやバンテンといった大型哺乳類の生息が確認されている。本研究では、Deramakot 森林保護区における哺乳動物の環境利用を通して、土地利用の環境・動物への影響、ならびに生物多様性の生態系機能を明らかにすることを目的とした。

まず、土地利用の環境・動物への影響を把握するため、実際に生じている問題を取り上げた。すなわち現在、伐採道路建設、あるいは道路拡張時、塩場と呼ばれる環境を保存すべきかどうかという問題が生じている。塩場とは、不特定多数の動物が集まる環境と知られており、一般には、動物がその土あるいは水から不足ミネラルを摂取するために利用すると信じられている。したがって、塩場は熱帯林に生息する哺乳類にとって重要な場所であることが予想される。しかし、塩場の重要性を科学的に示した例はあまり知られていない。そこで、塩場の主要ミネラル含有量 (Na、K、Ca、Mg) の化学分析を行うと同時に、いつ・どんな動物が・どのように利用しているのかを赤外線センサー式自動撮影カメラ (Field note、Marif、Yamaguchi、Japan) と直接観察により調べた。本研究は現在進行中である。

次いで、生物多様性の生態系機能を解明するために、アジアゾウの森林での役割について調査・考察する予定である。アフリカの熱帯林では、アフリカゾウによる種子散布がよく知られているものの、東南アジアにおけるアジアゾウではほとんど知られていない。そのためアジアゾウが森林へ与える役割はよく分かっていない。しかしながら、生息地でのゾウは採食や移動時に森林を土壌から攪乱するため、実生生育の機会を増やし、また、その土地でゾウ自身、あるいは他の哺乳類による種子散布が行われれば、森林の更新は加速されることが予想される。

Deramakot 森林保護区には、アジアゾウの複数のグループが生息しているが、各グループがどのようにコリドーを利用しているのかはよく分かっていない。そこでまず、ゾウの痕跡、目撃地点、そのグループサイズと構成等に関する情報を集めた分布調査を行う。そして、糞内容物の調査、さらには糞サンプルからの DNA 解析によって各グループのコリドー推定を行い、ゾウによる環境攪乱の実態を把握する。また、グループ数の推定や、Deramakot 周辺利用グループと他地域グループの遺伝的多様性の比較も試みる。現在本研究は、情報収集・糞サンプル採取の準備を行っている。

今回の報告会では、今年 5 月から 7 月までの乾季と 11 月雨季の 2 回の滞在で行った、Deramakot 森林保護区の主な動物相調査、ならびに、塩場環境の意義に関する調査の途中結果について報告する。

ドリアン (*Durio graveolens*) の種子散布の可能性について 特手里奈 (東大)

「動物は森林の持続性に何らかの役割をはたしているのだろうか？」

【背景と目的】

動物は一般的に植物を利用する消費者として、生態学的には位置づけられている。しかし、動物が、送粉や種子散布者として、森林の持続的更新に果たす役割が数多く明らかになってきている。本研究では、大型果実をつけるドリアンを対象に、ドリアンの果実捕食、種子散布を通して動物がどのように関わるか、また、動物は種子散布者としての機能を果たしているのかの2点について、その可能性を考察した。

【方法】

(1) ドリアンの更新の一部を明らかにするために、ドリアンの親木を中心に 40m * 40m の2つのプロットを設置し以下の項目について調査した。

- ・実生の本数、サイズ、分布、光環境、水環境
- ・果実の落果範囲、落果量、落果果実の状態、発芽種子の有無、当年性実生の有無
- ・プロット内の毎木調査 (DBH10cm 以上)

(2) ドリアンの捕食者、種子散布者として考えられる動物相の把握を目的とし、以下の項目について調査した。

- ・文献調査・ヒアリング
- ・オランウータンのネスト観察
- ・プロットでの夜間写真撮影

【結果と考察】

実生は各プロットで 172 本、54 本観察された。サイズは、樹高で 6cm から 475cm の範囲で、分布については親木に近いほど密度が高かった。果実の落果位置と落果量の調査より、実生の多くの分布は落果範囲内であり、親木に遠ざかるほど落果量は減少した。また、毎木調査よりプロット内で DBH10cm 以上の同種他個体が存在しないことから、果実の大部分が親木の樹冠下に落果し、実生が生育するものの、若木にまで成長している個体がないことが分かった。これは、植生班のデータとも一致する。これらのことから、親木の下で成長することは厳しいことが示唆される。

動物相について把握した中で、ドリアンの種子捕食、散布にはいくつかの段階で動物が関与することが考えられた。樹上で実が熟さない時、樹上で実が熟した時、地上に実が落下した時にわけて考えられた。また、特に関係する動物として、オランウータン、アジアゾウ、マレーグマ、ジャワジャコウネコ、ボルネオヤマアラシが示唆された。

以上の二点より、ドリアンは親木の下において、実生は多いものの、若木にまで成長する可能性は低いこと、多くの動物に果実が利用されることが分かった。今後、ある種の動物がどの程度捕食、散布に関わっているか定量的に調査をする必要がある。また、ドリアンの分布をより広範囲に調べ、遺伝を用いて、親子関係を調べることで、実際の（長距離）散布距離を明らかにすることができる。

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）

1. 研究調査の主目的

- ・ 二酸化炭素吸収・固定等、様々な森林生態系機能を経済的に評価する。
- ・ 生物多様性レベルの違いによる経済的付加価値を把握する。
- ・ 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。

2. 研究調査の対象地域

キナバル公園、Darmakot Forest Reserve、及びそれらの周辺地域

3. 研究調査の進捗状況

2003 年度は、8 月 21～30 日の現地調査及びその前後の国内作業を行い、以下のような成果を得た。

(1) 森林生態系機能別経済評価手法の検討

調査対象地域の森林が有する機能や効用を分析し、既存の経済評価手法群の中から測定可能と考えられる手法を次表のように選定した。また、それぞれの機能について計算モデルを構築するとともに、必要なデータ項目を整理した。

森林生態系機能別の経済評価手法

主な森林生態系機能	可能な経済評価手法
1. 水資源涵養機能	取替原価法、生産高変化法
2. 水質浄化機能	取替原価法、防止支出法
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、防止支出法
4. 大気浄化機能（温暖化緩和効果も含む）	取替原価法
5. 保健休養機能（景観、リクリエーション等）	旅行費用法、仮想的評価法、生産高変化法
6. 林産物生産機能	生産高変化法
7. 農産物生産促進機能	生産高変化法
8. 水産物生産促進機能	生産高変化法

(2) 試験的アンケート調査の実施

経済評価に必要なデータのうち、「5. 保健休養機能」の旅行費用法及び仮想的評価法で入力するデータを収集するため、現地調査においてキナバル国立公園利用者に対するアンケート調査を試験的に実施した。例えば、次表がアンケート調査により得られた公園付近の平均的生物多様性評価額であるが、統計的偏向が見られ、今後の本格的アンケート調査に向け質問内容の改善が必要である。

生物多様性への平均的評価額（試算）

評価対象	単位	外国人利用者	マレーシア人利用者
サンプル数	人	79	47
a 自然林（原生林）レベル多様性	\$/ha/年	55	73
b 商業林レベル多様性	\$/ha/年	37	77
c 植物種当たりの平均的評価額	\$/種/年	1	2

注） 1 米ドル＝3.8 マレーシアリングで換算。

(3) 評価額計算モデル用データの収集

アンケート調査に加え、それぞれの森林生態系機能の評価額計算モデルに必要な資料やデータの一部を、キナバル国立公園管理事務所、サンダカン森林研究所図書室等で検索・収集した。しかし、多くのデータが未整備であり入手できなかったため、それらの有無確認や情報源提供についてカウンターパートの協力を依頼した。

4. 今後の研究調査活動予定

来年度の現地調査に向け、入手できた資料やデータの国内解析を継続すると共に、アンケートの調査方法及び質問事項の改善を行う。また、他の調査団員のアウトプットや方向性を確認し、当研究調査との整合性や連携性を明確にする。そして、必要データの有無や効果的活用の可能性を勘案し、適用する経済評価手法や計算モデルの再検討を行う。

空間生態学とランドスケープダイナミックス

佐竹 暁子（九大、現京大）

土地利用・土地被覆変化のプロセスを明示した土地利用モデルを開発し、土地利用状態が生態系の物質循環や生物多様性に与える影響を定量的に評価したい。本報告ではその準備として、生態学の理論的研究において提案されてきた空間モデルと、さまざまな空間配置を作り出す方法を紹介する。

[1]格子モデル・結合写像格子モデル・ネイバーフッドモデル

えさや配偶者をめぐる生物間の競争が、生物の行動圏に特有の空間パターンを生み出したり、窒素やリンなどの栄養塩類が不均一に分布するために、それを利用する植物がパッチ状の構造を作り出す場合がある。このような空間パターンは、近接の個体あるいは場所間で相互作用が生じるためにつくられる。近接した場所との相互作用のプロセスを明示したモデルには、(a) 規則的に配置された格子点を生物が占めると仮定し、生物間の競争や繁殖などの相互作用が空間的な距離に応じて与えられる格子モ

デルや、(b) カオスを示す力学系を格子上において近接の格子点と相互作用させる Coupled Map Lattice（結合写像格子モデル）、(c) 個体の位置を連続空間上の点として表わすネイバーフッドモデルがある。例えば、格子上の各点を占めている植物個体が、となりの空き地に繁殖しランダムに死亡するモデルでは、個体が占めている格子点の全体での割合（全体密度）と、個体が占めている場所の近傍の点で個体が占めている割合（局所密度）とが従う閉じた力学を考えるペア近似があり、全体密度だけの力学を考える平均場近似よりも正確であることが示されている。

[2]空間的ヘテロジェナイティーを生み出す標準モデル

生息地の分断化にともなう生物の個体数の減少が報告されている。このような生物個体数の減少や個体群の絶滅確率は、分断化された生息地の全体面積とその空間配置に影響される。パーコレーションモデルや、スケールの異なるランダム景観を多数重ねた階層的ランダム景観などは、生息地の空間的ヘテロジェナイティーが生物の分布や共存、集団の存続確率に及ぼす影響を調べるために用いられている。その他、地面の傾斜、地下水レベル、土壌条件などの物理的環境変数でみられるような、凸凹のスケールと空間のスケールとを適度な比率で縮小するとともに地形と統計的に同じ構造になる性質を利用したフラクタル地形は、生息地のさまざまな空間配置を作り出すのに有効である。

生物多様性に関する経済分析

赤尾健一（早稲田大）

はじめに

以下の[A]では環境経済学のオーソドックスな話題を提供しています。その内容は、GBA（UNEP, 1995）の12章でカバーされているものです。GBAは手元にお持ちの方も多いと思います。[A]は重要ですが、すでに確立された分野であり、私個人としてはあまり面白くありません。そこで、[B]では最近の野心的な研究を紹介します。生態学と内容が重なるところもありますので、ぜひご意見をうかがいたいところです。また、分野が違うと基本的な考え方が違い、関心もずれることが多々あります。そうしたギャップを確認し、議論することが最も面白いことだと思います。残念ながら今回は欠席いたしますが、この点も含めて次の機会にご討論いただければ、と考えています。

[A]

なぜ（社会にとって望ましくない）生態系の破壊が行われるか？

- 生態系の社会的価値が適切に評価されていないため。あるいは生態系破壊の社会的コストと私的コストの間に乖離があるため。
- たとえその評価が不十分であったとしても、もし生態系の価値が市場を通じて評価されるならば、生態系保護への強力なインセンティブが生まれる。課題はこうした市場の力を生態系保護のためにいかに利用するか。（啓蒙書である Heal, 2000 の主要な論点。水資源供給、遺伝子資源の医薬品利用、エコツーリズム等が例として取り上げられている。）

市場では評価されない生態系の価値をいかに評価するか。

- 環境経済学独特の研究分野。市場のデータを利用する方法（旅行費用法やヘドニック法等）と人々からの回答を利用する方法（Contingent Valuation 法や Contingent ranking 法等）がある。（UNEP, 1995, 12.3 を参照。邦書も多数出版されている。経験的調査を含むものとして栗山, 1997、栗山・北畠・大島, 2000 などがある。）
- 価値は貨幣評価され、生態系を破壊することのコスト、あるいは生態系を保護することの便益として、費用便益分析（CBA）に利用される。
- CBA＝プロジェクトの純便益＝便益－コストの符号を調べる。もし正ならばプロジェクトは実施されるのがよい。このように価値判断に貨幣が利用できるためには、当然ながら一定の仮定に基づく理論が必要（赤尾, 1997, 9～12 章を参照）。CBA は個々の生態系の保護／開発問題から地球全体の問題にまで適用できる。（温暖化問題に関してだが、地球全体を分析するものとして、Nordhaus, 1994 を参照。）

いかに個々の生態系を保護するか。

- 保護区の設定＋地域住民に生態系保護のインセンティブを与えること（Integrated Conservation Development Projects）。UNEP (1995, 12.7) は、インセンティブをつくりだすことは必ずしも容易ではないことを指摘している。

[B]

➤ Economic, Ecological and Genetic Model

Brock and Xepapadeas (2002) は経済学と生態学、そして遺伝子工学のモデルを組み合わせたモデルを分析している。ここで経済学とは異時点間の割引現在価値効用の総和の最大化問題（最適制御問題）であり、生態学とは David Tilman の植物群集の競争モデル、そして遺伝子工学とは Bt-crops に関するもの（Bt-crops について私はよく知らない）である。多様性の概念は平均多様度（Shannon や Simpson の指標）であり、各種の病気への耐性と生産性を通じて、多様性は群集の生産性に影響を与える。予想されるように、そのモデルは複雑すぎて最適定常状態ですら解析的には十分に扱えない。そのため彼らは、シミュレーションによって、多くの場合で最適定常状態は種の共存を許すことを示している。解析的な特徴づけは行われていないものの、彼らのモデルは今後の環境経済学の一つのプロトタイプになると思われる。

➤ Diversity Function and Noah's Ark Problem

（規範的な）経済学は、有限の資源の最適配分について研究する分野であり、形式的には制約条件つき最適化問題を解くことになる。Weitzman (1992) は、生物多様性の問題に関しては、その目的関数が何であるかが曖昧なままに議論が行われていることを指摘した。そして、生物多様性の増加が望ましいことを前提とすると、いかなる目的関数が導出できるかを考察した。これが diversity function の問題である。生物多様性は社会にかくかくしかじか役に立っている、というようなことを示してその価値を論じる代わりに、生物多様性が望ましいものであるならば、どのような目的関数が矛盾のないものとして導出できるか、つまり内容ではなく形式から求めようとするアプローチがここではとられている。（経済学ではこれは価値の研究に対するオーソドックスなアプローチである。人々の満足や選好を表す効用の概念の導出はその代表例である。）

Nehring and Puppe (2002) はこの diversity function を徹底的に研究している。それは集合の要素と要素、あるいは要素と部分集合の間の異質性 dissimilarity を、どのような (pseudo) metric を入れて表現するかという問題になる。よって彼らが言うように diversity function を、価値を表すものとみるか多様性の測度を表すものとみるかは解釈の問題である。一般に diversity function は一意的ではないが、例えば進化の系統樹のような特別な構造を対象とする集合に入れると一意的に定まることを、彼らは示している。

Weitzman (1998) はさらに、彼の定式化した diversity function を利用して、いかなる生物種（あるいは個体群、生態系）を保護すべきかの一般理論 rule of thumb を求めようとした。彼の定式した問題は期待多様性を最大化する各種の最適な生存確率の組を選ぶというもので、彼はそれを Noah's Ark Problem と呼んでいる。これは、その解が bang-bang control のように確率の上限值と下限値の組み合わせになること、つまり方舟に乗せるか乗せないかの選択となることによる。Metrick and Weitzman (1998) はこの研究の解説とともに、米国絶滅危惧種法に関する興味深い実証分析（法適用種の選択は科学的な説明が可能だが、保護に対する支出額の大小は説明できない）を紹介している。

➤ Economics of Bioprospecting

医薬品や農薬のモデルとしての生物資源の利用は生物多様性保護への最も強力な経済的インセンティブになると見られている。しかし、Simpton, Sedjo, and Reid (1996) は、理論的に種の薬学的経済価値は必ずしも高くないことを示した。有用生物資源の候補が n 種あるとして、ある種 A が絶滅して $n-1$ 種に減少したときに、生物資源探査の期待収益がどのように変わるか、その変化分が絶滅危惧種 A の薬学的価値である。Simpton 他によれば、遺伝子資源に冗長性（複数の種に共有されていること）があるために各種の薬学的価値は一般に予想されるほどには高くはない。この結果は有用資源の発見確率の高低に関わらない。彼らは、その理論と利用可能な数値から Myers (1988,1990) の 18 の生物多様性のホットスポットについて生息地 1ha あたり経済価値を試算している。それは最大で \$20.63/ha (Western Ecuador) だった。

Rausser and Small (2000) は、Simpton 他が各種あるいは各生息地を等しく有望とみなしたことを問題にしている。彼らによれば、生物資源探査を行う企業は、理論と経験によって見込みのある種や生息地を予想できる（さもないければ熱帯雨林の特定地域に生物資源探査が集中することはない）。このことを考慮するとき、見込みのない種や生息地の薬学的価値は Simpton 他の結果よりも低下する一方で、有望な種や生息地の価値は高まる。彼らもまた Myers の 18 の多様性のホットスポットについて試算しているが、最大値は \$9,177/ha (Western Ecuador) と飛躍的に増加している。

しかしながら Rausser and Small の結果は、Simpton 他が導いた主要な政策上の含意を損なうものではなく、むしろより強化する。その含意とは、種や生息地の薬学的価値のみでは、つまり市場の力を利用するだけでは、生物多様性の保護は十分にはできない、したがって政府や国際社会に何らかの政策が求められるということである。Rausser and Small によれば「陽のあたらない」種や生息地は薬学的価値が極めて低く、したがってより容易に破壊されるので、保護に対する政策の必要性は一層高まる。

➤ Resilience and Sustainability

10 年ほど前から Baijer Institute, the Royal Swedish Academy of Sciences において生態学者と環境経済学者の共同研究が行われてきた。そこで発見されたテーマが resilience の概念を経済分析に応用することだった。生物多様性の文脈では、多様性の喪失が経済システムの resilience に対する新たな脅威となりうることである。残念ながら、この取り組みは未だ有用な分析ツールを得ていない。Perrings (1998) は stochastically stable equilibrium の概念を用いて resilience が表現できることを示唆しているが、それ以上の提案はない。ちなみに stochastic stability は進化ゲームの経済学への応用における重要な概念として、90 年代以降用いられているが、Baijer Institute に集まった人々は引用していない。

Levin et al. (1998) では resilience の喪失を議論している。その内容は、自然に関係するある状態変数を気づかない（あるいは観測不可能である）ために、人間は最終的に resilience の喪失をもたらすような経路を最適経路とみなして選択してしまう、というものである。彼らの例は山火事多発地帯での森林管

理である。小規模な山火事を防ぐことが結果的に大規模な山火事を引き起こし、生態系を以前の均衡状態とは異なる状態へと誘導することになる場合がある。

この論文に対する Brock (1998) のコメントにあるように、問題は観測不可能な状態変数が存在するときの最適制御問題とみなすことができる。その状態変数の値にクリティカルなレベルが存在して、それを下回ると世界は不可逆的に破滅に向かう（形式的にはそれ以降の社会厚生 w_t は $-\infty$ ）としたら、どのような経路が最適になるか。この問題は Nyarko and Olson (1996) で扱われている。状態変数 s は観測不可能だが、その確率分布の（下に有界な）サポートについては知っている、また状態方程式（経済学的にはマクロの資本蓄積方程式）は確率項を含むが各 s での $p(\cdot, s_t, k_t, t)$ のサポートの（有界な）下限については知っていると仮定する（ここで $p(\cdot, \cdot, t)$ は stochastic kernel、 k は他の状態変数、たとえば資本、 t は時間）。直観的にも明らかのように、解は状態変数の初期値をそのサポートの下限と想定し、常に最悪の状態方程式が実現するとみなして決定論的最適制御問題を解く場合と一致する。Nyarko and Olson はそれを minmax behavior と呼んでいる。これもまた直感的に明らかだが、この結果は確率分布に依存しない。したがって、観測やコストを投じることによって観測不可能な状態変数 s の確率分布をより正確に知ることができたとしても、 s のサポートの下限の修正以外は、解経路に影響しない。

このように、観測不可能な状態変数が存在するときには、常に最悪の事態を想定した極めて慎重な意思決定を採用することが最善となる。それは環境問題に関して頻繁に謳われる、予防原則 Precautionary Principle の妥当性を示唆する。ただし、Nyarko and Olson の minmax behavior は、多くの人にとって受け入れられないものであろう。つまり現実の意思決定の指針としては過激すぎて、政策上の含意には乏しい。もっと言えば、将来は不確実だが状態変数の値と確率分布はすべてわかっていると仮定した、そして生態系破壊のような評価が困難な価値は一切無視した（オーソドックスな）経済モデルから計算される温室効果ガスの削減最適経路（たとえば Nordhaus, 1994）ですら、政治的には実現困難である。おそらくその理由は、人々は、生きている間の世界の破滅と死んでからのそれを同じには評価しないためであろう。形式的には現在の社会厚生 w_0 は下に有界ではない一方で将来に関しては下に有界と仮定すればよい。こうした社会厚生関数の修正は理論上の興味深い問題をもたらすはずである。

なお、上の山火事の例は self-organized criticality の観点からもアプローチできるだろう。その経済学への応用としていくつかの論文がある（例えば Scheinkman and Woodford, 1994 や Arenasa 他, 2002）が、生物多様性に関係付けたものはないようである。

➤ Bioresource Management under Knightian Uncertainty

生物資源管理においてこれまで問題と認識されていたものの、扱うための道具がなかったのが（ナイト流の）不確実性である。

前世紀前半の経済学者 Frank Knight は、確率分布のわかっている不確実性をリスクと呼び、確率分布すらわからない場合を真の不確実性と呼んだ。従来、経済学では人々は不確実な事象に対して何らかの主観確率をもつことで

意思決定していると仮定してきた (Savage の公理) 。が、その一方で、この行動仮説を支持しない結果が存在すること (Ellsberg Paradox) も知られていた。矛盾を解くためのアイデアが、人々は必ずしも確率測度をもつのではなく、確率 capacity (測度から σ 加法性の制約を緩めたもの) をもち、それに関して効用や利潤を Choquet 積分しているというものである。確率 capacity が凸の場合、この積分値はその確率 capacity によって指定される確率測度の集合 (コアと呼ばれる) のなかで、期待値として最悪の結果をもたらす確率測度を用いた (通常の意味での) 積分の値と一致する。よって、経済学的解釈として、人々は確率分布を特定できないとき、代わりに (凸) 確率 capacity を特定化し、それが指定する確率分布のなかから最悪の結果となるものを想定して、その期待値を最大化しようとしている、というのがここでの (真の) 不確実性に対する行動仮説である (Nishimura and Ozaki, 2002 を参考にした。詳細及び引用文献は同論文を参照のこと) 。

このアイデア – minimax approach や robust control と呼ばれることがある – を生物資源管理に応用しようという試みが、Brock and Xepapadeas (2001) である。同様の研究はすでに (真の) 不確実性下のマクロ経済政策に関して Thomas Sargent とその同僚によって行われている (Sargent のホームページ <http://www.stanford.edu/~sargent/> を参照) 。

生物資源や環境資源の最適利用問題において、人間の干渉に対して生態系や環境がどのように反応するかは、しばしば確率分布すら明らかでない。したがって、生物資源の最適利用という「規範」分析に対するアプローチとして、minimax approach は大変魅力的に映る。しかし Sims (2001) が指摘するように、注意すべきは Knightian uncertainty に対する minimax approach は本来、経済主体の行動を説明するという「実証」分析のためのものであり、それが規範分析に使えんとする根拠は何もないことである。言い換えれば、minimax approach から示される生物資源管理や経済政策が何らかの意味で望ましいものであるとは今のところいえない。(そのためには minimax approach の利用を正当化するような選好に関する公理が明らかにされ、その公理が人々に妥当なものとみなされる必要がある。) しかし、生態系 (そして経済) のような複雑系を扱う上で、おそらく避けて通ることはできないであろう (真の) 不確実性に対して、それを扱う道具が手に入りつつあることは事実である。

[引用文献]

1. Arenasa, A., A. Díaz-Guilerab, C. J. Pérezb, and F. Vega-Redondoc (2002) Self-organized criticality in evolutionary systems with local interaction, *Journal of Economic Dynamics and Control* 26, 2115-2142.
2. Brock, W. A. (1998) Ideas on qualification of resilience-based management, *Environment and Development Economics* 3, 239-244.
3. Brock, W. A. and A. Xepapadeas (2003) Valuing biodiversity from an economic perspective: A unified economic, ecological and genetic approach, forthcoming in *American Economic Review*, 38pp. (<http://www.soc.uoc.gr/xepapadeas/>)
4. Brock, W. A. and A. Xepapadeas (2001) Mosaic management in metapopulation models: Optimal management of interrelated species in patchy environments, mimeo, 39pp.
5. Heal G. (2000) *Nature and the Market Place: Capturing the Value of Ecosystem Services*, Island Press.

6. Levin, S. A., S. Barrett, S. Aniyar, W. Baumol, C. Bliss, B. Bolin, P. Dasgupta, P. Ehrlich, C. Folke, I. -M. Gren, C. S. Holling, A. Jansson, B. -O. Jansson, K. -G. Mäler, D. Martin, C. Perrings, E. Sheshinski (1998) Resilience in natural and socioeconomic systems, *Environment and Development Economics* 3, 221-262.
7. Metrick, A. and M. L. Weitzman (1998) Conflicts and choices in biodiversity preservation, *Journal of Economic Perspectives* 12 (3), 21-34.
8. Myers, N. (1990) The biodiversity challenge: Expanded hot-spots analysis, *Environmentalist* 10 (4), 243-256.
9. Myers, N. (1988) Threatened biotas: 'Hot Spots' in tropical forests, *Environmentalist* 8 (3), 187-208.
10. Nehring, K. and C. Puppe (2002) A theory of diversity, *Econometrica* 70 (3), 1155-1198.
11. Nishimura, K. G. and H. Ozaki (2002) Search and Knightian uncertainty, forthcoming in *Journal of Economic Theory*, 39pp. (<http://www.econ.tohoku.ac.jp/~ozaki/home.html>)
12. Nordhaus, W. D. (1994) *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*, MIT Press.
13. Nyarko, Y. and L. J. Olson (1996) Optimal growth with unobservable resources and learning, *Journal of Economic Behavior and Organization* 29, 465-491.
14. Perring, C. (1998) Resilience in the dynamics of economy-environment systems, *Environmental and Resource Economics* 11 (3-4), 503-520.
15. Scheinkman, J. and M. Woodford (1994) Self-organized criticality and economic fluctuations, *American Economic Review: Papers and proceedings* 84(2), 417-421.
16. Simpson, R. D., R. A. Sedjo, and J. W. Reid (1996) Valuing biodiversity for use in pharmaceutical research, *Journal of Political Economy* 104 (1), 163-185.
17. Sims, C. A. (2001) Pitfalls of a minimax approach to model uncertainty, mimeo, 10pp. (<http://www.princeton.edu/~sims/>)
18. Rausser, G. C. and A. A. Small (2000) Valuing research lead: Bioprospecting and the conservation of genetic resources, *Journal of Political Economy* 108 (1), 173-206.
19. United Nations Environment Programme (1995) *Global Biodiversity Assessment*, Cambridge University Press.
20. Weitzman, M. L. (1998) The Noah's ark problem, *Econometrica* 66 (6), 1279-1298.
21. Weitzman, M. L. (1992) On diversity, *Quarterly Journal of Economics* 107 (2), 363-405.
22. 赤尾健一 (1997) 地球環境と環境経済学, 成文堂.
23. 栗山浩一 (1997) 公共事業と環境の価値—CVM ガイドブック, 築地書館.
24. 栗山浩一・北畠能房・大島康行 編著 (2000) 世界遺産の経済学—屋久島の環境価値とその評価, 勁草書房.

< 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*
- 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.
- 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.
- 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.
- 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*
- 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. (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*

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.

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*

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.

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 ¹⁴C dating. *Journal of Tropical Ecology* 19:1-17.

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.

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.

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. (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. (in press) Plant reproductive interval and population density in aseasonal tropics. *Ecological Research*

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.

- 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: (in press).
- 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., 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Ozanne, C.M.P., Anhuf, 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. and Nagamasu, H. (In press) Systematic studies of Bornean Zingiberaceae IV. Alpinioideae of Lambir Hills, Sarawak. *Edinburgh Journal of Botany*

Sakai, S. and Nagamasu, H. (In press) A significant range extension for the monotypic Tamijioideae (Zingiberaceae). *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*.

Sakai, S. (2002): General flowering in lowland mixed dipterocarp forests of Southeast Asia. *Biological Journal of Linnean Society* 75: 233-248.

Sakai, S. (2002): A review of brood-site pollination mutualism: plants providing breeding site for their pollinators. *Journal of Plant Research* 115: 161-168.

Sato, J. (2003) Public Land for the People: Institutional Basis of Community Forestry in Thailand. *Journal of Southeast Asian Studies* 32:329-346.

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.

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*

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

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.

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*

< 著書 >

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、東京.

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*. Kyoto University Press. 117-199.

Itioka, T., Kato, M., Kaling, 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', Japan Environmental Council(ed.), *The State of the Environment in Asia 2002/2003*: p191-193.

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.

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.

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) ダン吉島の夢の後：発展途上国にみる不足と開発 岩波講座「アジア新世紀」『市場』Pp. 101-116. 岩波書店

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 Pp. 41-75. 東京大学出版会

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、東京

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』Pp. 242-47. 河出書房

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、東京

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、東京

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*. Pp. 27-110. Kyoto University Press, Kyoto & Trans Pacific Press, Melbourne.

<雑文>

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

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.

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

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.

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.

