

E - 4 熱帯域におけるエコシステムマネジメントに関する研究

(1) 森林認証制度支援のための生態系指標の開発に関する研究

択伐や土地利用改変が森林のエコロジカルサービスに及ぼす影響評価及びそのデータベース化に関する研究

独立行政法人国立環境研究所

生物圏科学研究領域 熱帯生態系保全研究室

奥田敏統

近藤俊明・沼田真也・西村 千

鈴木万里子

< 研究協力者 >

京都大学 農学研究科

大澤直哉

平成 14～16 年度合計予算額 36,266 千円

(平成 16 年度合計予算額 12,206 千円)

[要旨] 東南アジアの熱帯林は、Mega-diversity と呼ばれる高い生物多様性を持った森林であるが、商業伐採やオイルパームプランテーションなどに代表される農地への転換によって急激に減少が進んでいる。このような人為攪乱は単に森林面積を減少させるだけでなく、森林がもたらす人間社会への恩恵、すなわちエコロジカルサービスの損失をもたらすと考えられる。本研究では、熱帯林の持つ様々なサービスを正確に評価するとともに、それぞれが地域社会とどのように結びついているのかを把握するため、森林の持つ主要な 6 つのエコロジカルサービス(多様性保全機能、遺伝的多様性保全機能、木材生産機能、集水域保全機能、炭素循環・蓄積機能、および文化・レクリエーション機能)について、人為攪乱が及ぼす影響を把握した。また、基礎的サービス(様々なエコロジカルサービスの持続的な提供に必要不可欠なサービス)としての多様性保全機能に着目し、森林の更新に関わる野生生物(送粉昆虫および種子散布者)の多様性や生態系における機能および人為攪乱が及ぼす影響を評価した。その結果、伐採に伴って熱帯林の主要なポリネーターであるハナバチ類の探索高度が変化し、一部の植物の繁殖成功度の低下によって、森林の持つ様々なサービスが低下する可能性が示唆された。また、種子散布に関しては、野生生物種の分布に関するデータベースを構築するとともに、生息地特性に関する解析を行った。その結果、異なる森林タイプを利用できる野生生物種が森林間の植物種の個体・遺伝子の分散に貢献することが明らかとなったものの、多くの野生生物は天然林以外の森林を利用できず、森林伐採や択伐に伴って植物種の分散が抑制されることが明らかとなった。このような人為攪乱に起因した、森林の更新に関わる生物種の生態特性や機能の変化は、熱帯林の持つ生物多様性を低下させるだけでなく、森林から得られる様々なサービスの持続的な利用の可能性をも低下させることが示唆された。

[キーワード] エコロジカルサービス、多様性保全機能、ポリネーション、種子散布、人為改変

1. はじめに

森林は人間社会に豊富な資源を提供するだけでなく、豊かな生物多様性を抱えた様々な文化の源である。しかしながら、地球上の森林は今なお年間 1400 万 ha レベルで減少しており、その多くは Mega-diversity と呼ばれるほど高い生物多様性を持った熱帯地域で生じている。このような森林減少の多くは、商業伐採や市街地化およびゴム園・オイルパームプランテーションなどに代表される農地への転換によるものであるが、これらの人為攪乱は単に森林面積を減少させるだけでなく、森林がもたらす人間社会への恩恵、すなわちエコロジカルサービスの損失をもたらす。

エコロジカルサービスとは、生態系やその機能のうち、人間社会に利益・恩恵をもたらす公益的機能のことであり、森林が持つ木材を生産する機能や、水を浄化させる機能、また温室効果ガスの一つである二酸化炭素を吸収する機能など、生態系の持つ様々な機能がこれにあたる。世界の野生生物生息地や生態系を評価する目的で 2001 年に国連の主導によって提唱された国際プロジェクト「ミレニアム生態系アセスメント¹⁾」では、これらのエコロジカルサービスを 食料や燃料など、生態系が生産・提供する物質的利益(物質提供サービス:provisioning service)、 気候の調整や洪水の制御など、生態系プロセスの制御によって得られる利益(調節的サービス:regulating service)、 教育やレクリエーションおよび精神性など、生態系から得られる非物質的利益(文化的サービス:cultural service)、そして 生物多様性に代表されるような、様々なエコロジカルサービスの持続的な提供に必要不可欠な基礎的サービス(維持・持続サービス:Supporting service)の大きく4つに分類し、生物多様性の減少や生態系の破壊に伴って約 60%にのぼるエコロジカルサービスが劣化してきていることや、これらのエコロジカルサービスが今後 50 年間でさらに劣化することを予測している。

このような生態系から得られるサービスの持続的な利用や管理を基本理念に掲げるのが「エコシステムマネージメント」であるが、エコロジカルサービスは多様なベクトルとして存在し、かつサービス間の関係が地域社会と複雑に絡み合っているため、エコシステムマネージメントの実現には、まず生態系の持つ様々なサービスを正確に評価するとともに、それぞれが地域社会とどのように結びついているのかを把握する必要がある。さらに、生態系から得られるサービスは個々の生物種の生態系における働きや相互作用によって生じるため、科学的裏付けに基づく管理基準の策定には、これまで独立的に扱われてきた生物多様性をはじめとするエコロジカルサービス間の相互関係を明らかにすることが必要不可欠である。

2. 研究目的

このような背景から、本研究では東南アジア熱帯域を対象に、以下の3点を目的として研究を行った。

(1) 森林の持つ主要な 6 つのエコロジカルサービス(多様性保全機能、遺伝的多様性保全機能、木材生産機能、集水域保全機能、炭素循環・蓄積機能、および文化・レクリエーション機能)を評価するとともに、択伐や土地利用改変などの人為攪乱が及ぼす影響を把握する。

(2) 特に多様性保全機能については、生物多様性が持つ他のエコロジカルサービスを維持・持続させる機能(Supporting service:他のエコロジカルサービスの提供に必要不可欠な基礎的サービス)に着目し、森林の更新に関わる野生生物(送粉昆虫や種子散布者)の多様性および生態的特性を把握するとともに、人為攪乱の影響を評価する。

(3) 得られたデータを、実際のランドスケープ管理や土地利用計画の策定に利用することを目的に、そのデータベース化を行う。

3. 研究方法

(1) 調査対象地

半島マレーシア、ネグリセンビラン州のパゾ森林保護区を含む $60 \times 60 \text{km}^2$ の地域をパイロットサイトとし (図 1)、択伐や土地利用改変などの人為攪乱が森林の持つ各種のエコロジカルサービスに及ぼす影響を把握した。約 30 年前の 1976 年にはパイロットサイトの 6 割以上が森林であったが、プランテーション農業の発達に伴って森林面積は半減し、現在では天然林の他に、異なる 2 つの方式によって施行された択伐二次林、アブラヤシおよびゴムのプランテーション、果樹園や市街地がパイロットサイトの主要な景観構成要素となっている。なお、このような土地利用改変は半島マレーシアの定型的なものである。

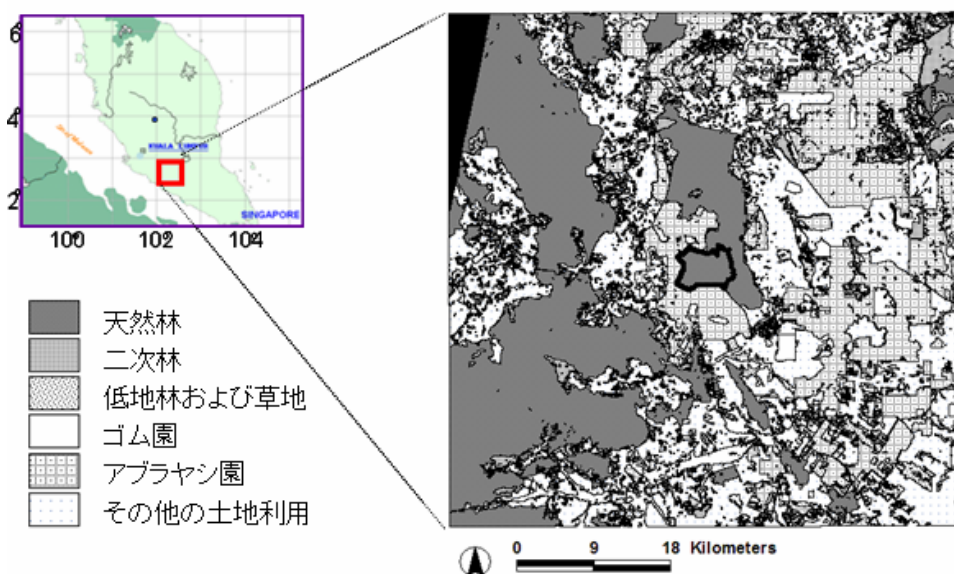


図 1 調査対象地：パイロットサイトにおける土地利用 (右図)。右図の中央太枠内がパゾ森林保護区

(2) 森林の持つエコロジカルサービスの評価および人為攪乱の影響

森林の持つ 6 つの主要なエコロジカルサービス (多様性保全機能、遺伝的多様性保全機能、木材生産機能、集水域保全機能、炭素循環・蓄積機能、および文化・レクリエーション機能) のうち、本章では多様性保全機能 (次章) を除く 5 つのエコロジカルサービスについてその評価を行うとともに、択伐や土地利用改変などの人為攪乱が及ぼす影響を把握した。対象とした各エコロジカルサービスの評価方法などの詳細については、「結果と考察:4(1) ~ 」に述べる。

(3) 基礎的サービス (Supporting service: 維持・持続サービス) としての多様性保全機能

生態系が持つ多様性保全機能は、食料や木材、燃料、薬品など人間社会に物質的な利益を提供するだけでなく (物質提供サービス: provisioning service)、教育や芸術、宗教や呪術などの非物質的な利益、すなわち文化的サービス (cultural service) を提供する。さらに、生態系が持つ水を浄化し貯蓄する機能や温室効果ガスの一つである二酸化炭素を吸収する機能 (調節的サービス: regulating service) などは、少なからず生態系の持つ多様性保全機能に関わるサービスである。つまり、生態系の持つ多様性保全機能は様々なエコロジカルサービスの持続的な提供に必要な不可欠な基礎的サービス (維持・持続

サービス: Supporting service) であると言える。このような生態系の持つ多様性保全機能を基盤とした様々なサービスは、個々の生物種の生態系における働き(機能)と環境や生物間の相互作用から生じるものである。森林生態系においては、森林の持続的な更新によって森林生態系から得られる様々なサービスが保障されると言える。

このような観点から、本研究では森林の更新に関わる野生生物(送粉昆虫および種子散布者)に着目して森林の持つ多様性保全機能を評価するとともに、個々の生物種の生態的特性や生態系における機能を把握し、人為攪乱が及ぼす影響を明らかにする。

送粉昆虫を対象とした多様性保全機能評価 熱帯性ハナバチ類の採餌戦略

オオミツバチ(*Apis* 属)やハリナシバチ(*Trigona* 属)をはじめとする社会性ハナバチ類は、熱帯性植物のうちの約 30%の植物種の送粉に関わる主要なポリネーターである。本研究では、人工餌を用いて採集した 15 種のハナバチ類(*Apis* 属 2 種、*Trigona* 属 13 種)の形態的特性をもとに、各ハナバチ種の採餌戦略や餌探索様式を推定するとともに、択伐に伴う森林の階層構造の変化がこれらハナバチ類の送粉様式に及ぼす影響を明らかにした。なお、解析方法などの詳細については、「結果と考察:4(2)」に述べる。

種子散布者を対象とした多様性保全機能の評価 野生生物種の生息地特性

森林の更新過程において、霊長類やげっ歯類をはじめとする野生生物種は種子の捕食者であるが、これらの野生生物種は、固着性が高く、強い遺伝構造を持った植物種の分散に関わる重要な機能も有している。本研究では、カメラトラップを用いた野生生物の分布調査により、各野生生物種の生息地特性の違いを明らかにするとともに、種子散布に対する貢献度について考察した。なお、解析方法などの詳細については、「結果と考察:4(2)」に述べる。

(4) データベースの作成

得られたデータを実際のランドスケープ管理や土地利用計画の策定に利用することを目的に、データベースの作成を行った。本年度は、カメラトラップによって確認できた野生生物種を対象に写真や生息地特性、関連文献などを整理し、データベースを作成した。

4. 結果と考察

(1) 森林の持つエコロジカルサービスの評価および人為攪乱の影響

森林の持つ 5 つの主要なエコロジカルサービス(遺伝的多様性保全機能、木材生産機能、集水域保全機能、炭素循環・蓄積機能、および文化・レクリエーション機能)についてその評価を行うとともに、択伐や土地利用改変などの人為攪乱が及ぼす影響を把握した。以下にその詳細を述べる。

遺伝的多様性保全機能

森林の持つ遺伝的多様性保全機能は、農林産物の品種改良や医薬品開発に関する遺伝子資源を提供するだけでなく、森林の更新・維持に関わる主要なエコロジカルサービスの一つである。本研究では、熱帯域における重要な林産物であり、熱帯林の林冠・突出木層を形成するフトバガキ科樹種を対象にマイクロサテライトマーカーを用いた遺伝分析を行い、森林の持つ遺伝的多様性保全機能を評価するとともに、択伐や森林面積の減少が樹木の遺伝的多様性に及ぼす影響を把握した。

その結果、天然林に較べて繁殖個体密度の低い択伐林では遺伝子流動が制限され種子の自殖率が高まることや、森林の林縁部では遺伝的多様性が減少し、その効果は森林の孤立化や断片化に伴い大きくなることなどが明らかとなった(表 1)。

	解析母樹数	解析実生数	母樹あたりの 稀対立遺伝子数 (rare allele)
林縁部	6	234	3.33
中心部	8	263	5.50

表 1 森林の孤立化・断片化が樹木の遺伝的多様性に及ぼす影響。林縁部と中心部における rare allele (稀な対立遺伝子) の数。

木材生産機能

森林から産出される木材は、熱帯域における外貨獲得のための重要な資源である。本研究では択伐に伴って森林の持つ木材生産機能がどの程度減少するのかを明らかにするため、天然林および択伐履歴の異なる林分で樹木組成、立木密度、伐採に伴う共倒れ、および幹・枝折れに関して調査し、その比較を行った。その結果、伐採直後の森林では森林の持つ木材資源価値は天然林の約 12.5%にまで減少し、伐採後 40 年経過した林分においても約 50%の価値の低下が見られた。なお、伐採された林分では、伐採後 40 年が経過しても、木材価値が高く、野生生物の生息にも重要な突出木層の回復は見られなかった。

集水域保全機能

森林伐採や土地利用転換に伴う河川への土壌流出は、水質の悪化や河川狭窄による洪水リスクの増加を引き起こすだけでなく、農地生産性の低下、水処理コストの増加および水中生息環境の悪化など、流域の持つ様々なエコロジカルサービスに多大な影響をもたらす。本研究では、Universal Soil Loss Equation (USLE)を用いて、代表的な7つの土地利用タイプについて土壌流出量を推定し、人為攪乱が森林の持つ集水域保全機能に及ぼす影響を把握した。その結果、最も土壌流出量の多い土地利用タイプは樹木以外の各種耕作地(477 ton/ha/yr)で、天然林で最も少なかった(12.1 ton/ha/yr)。天然林は集水域の 59%を占めているものの、土壌流出量は集水域全体からの総流出量の 19.7%に過ぎなかった。

炭素循環・蓄積機能

森林や森林土壌は温室効果ガスである二酸化炭素の吸収・貯蓄源であるが、択伐や土地利用変化に伴いその機能は大きく変化しているものと思われる。本研究では森林やその他の土地利用タイプについて炭素蓄積量を推定するとともに、これらの人為攪乱が土壌呼吸量に及ぼす影響についても評価を行った。まず、異なる7つの森林タイプを対象に地上部現存量の比較を行った結果、最も地上部現存量が大きな森林タイプは丘陵地天然林であり、低地天然林および伐採後40年経過した再生林がこれに次ぐ値を示した。また、最も地上部現存量の低い森林タイプは残存孤立林で、その値は丘陵地天然林の約 10%であり、人為攪乱の増加に伴って地上部現存量が減少する傾向が見られた。

また、土壌から放出される CO₂(土壌呼吸量)を異なる4つの推定方法によって求めた結果、年間あたりの放出量は、天然林では 16.9~19.2 t C ha⁻¹ yr⁻¹、二次林では 17.5~19.6 t C ha⁻¹ yr⁻¹、ヤシ園では 14.3~14.5 t C ha⁻¹ yr⁻¹、ゴム園では 9.0~11.2 t C ha⁻¹ yr⁻¹であり(表 2)、人為攪乱が及ぼす影響は地上部現存量と逆の傾向が見られた。今後、得られた情報の統合化を行い、土地利用タイプごとの炭素収

支を明らかにしていく予定である。

表2 各土地利用タイプにおける土壌放出量

	土壌からの年間炭素放出量 (t C ha ⁻¹ yr ⁻¹)			
	推定方法	推定方法	推定方法	推定方法
天然林	18.2	16.9	19.2	18.0
二次林	18.5	17.5	18.3	19.6
ヤシ園	14.3	14.5	---	---
ゴム園	---	---	11.2	9.0

文化・レクリエーション機能

森林は豊かな生物多様性を抱えた様々な文化の源である。本研究では、「森の民」と呼ばれる少数先住民オラン・アスリを対象に、彼らが利用する非木材製林産物やその利用法を把握した。その結果、森林産物は主に、食用、薬用、呪術用、儀礼用、狩猟用(矢毒)として用いられており、孤立林でも採集できるものと、天然林でないと採集できないものが見られた。精力作用のあるトンカット・アリ(Tongkat Ali)や、呪術や儀礼によく使われるクミヤン(kemiyán)と呼ばれる樹脂など、森林産物の一部はオラン・アスリ同士での金銭取引も行われていた。

(2)基礎的サービス(Supporting service:維持・持続サービス)としての多様性保全機能

生態系の持つ多様性保全機能は様々なエコロジカルサービスの持続的な提供に必要な基礎的サービスである。このような観点から、本研究では森林の更新に関わる野生生物(送粉昆虫および種子散布者)に着目して森林の持つ多様性保全機能を評価するとともに、個々の生物種の生態的特性や生態系における機能を把握し、人為攪乱が及ぼす影響を明らかにした。

送粉昆虫を対象とした多様性保全機能評価 熱帯性ハナバチ類の採餌戦略

社会性ハナバチ類は、熱帯性植物のうちの約 30%の植物種の送粉に関わる主要なポリネーターである。本研究ではハナバチの形態的特性をもとに、採餌戦略の違いを明らかにするとともに、択伐などの人為攪乱が及ぼす影響を把握した。対象としたハナバチは、人工餌を用いて採集した 2 属 15 種(*Apis* 属 2 種:*Apis cerana* & *A. rosata*, *Trigona* 属 13 種: *Trigona canifrons*, *T. fimbriata*, *T. apicaris*, *T. peninsularis*, *T. nitidiventis*, *T. atripes*, *T. collina*, *T. geissleri*, *T. terminata*, *T. klossi*, *T. laeviceps*, *T. pagdeniformis* & *T. minangkabau*)である。

まず、これらハナバチ類 15 種の体長、前翅長、頭幅を、実態顕微鏡のマイクロメーターを用いて測定し(図 2,3)、Flight cost (FC)と Aggressive cost(AC)を次式から算出した。

$$FC = \frac{(BL)^3}{(FL)^2} \quad \text{式(1)}$$

$$AC = \frac{(HW)^3}{(BL)^3} \quad \text{式(2)}$$

ここで、BL は体長(Body length :mm)、FL は前翅長(Forewing length :mm)、HW は頭幅(Head width :mm)である。Flight Cost は、単位前翅面積あたりの体重の割合をあらわし、単位前翅面積あたりの体重を支えるコストを示している。つまり飛翔能力や行動圏の広さを意味する。また Aggressive cost は、単位体重あたりの頭部の重さ、言い換えれば体重に占める頭部の重さ、つまり蜜源を巡る競争にかかるコストをあらわしている。本来 Aggressive cost は、体重に占める大顎の体積比を用いるのが妥当と考えられるが、*Apis* 属と *Trigona* 属で大顎の形態が著しく異なることから、本研究では頭幅を用いた。

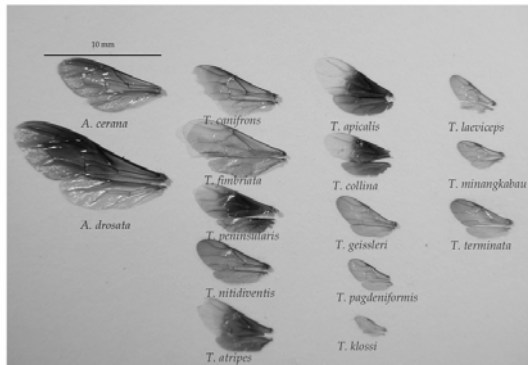


図3 対象種(15種)の前翅長

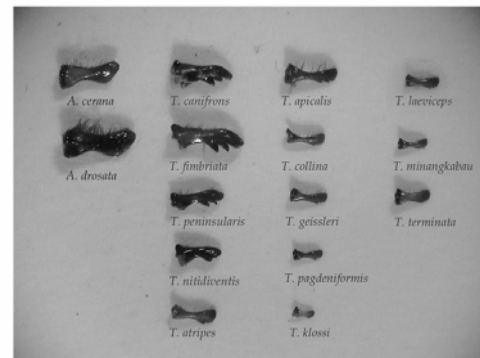


図4 対象種(15種)の大顎長

ハナバチ類 15 種について、Flight Cost と Aggressive cost の関係を把握した結果を図 5 に示す。両者の間には、トレード・オフの関係が成り立ち、*Apis* 属 2 種は Flight Cost が高かったのに対して、*Trigona* 属では Aggressive cost が高かった。この結果は、より Aggressive cost を高める、つまり限られた比較的小さな蜜源を他種他個体から排斥するという *Trigona* 属の餌食戦略と、より Flight Cost を高める、つまり小さな蜜源は放棄し広い採餌域を持ち、その採餌域から採餌を行う *Apis* 属の餌食戦略の、2 つの相反する採餌戦略が熱帯のハナバチ類に存在する可能性を示唆している。一斉開花時と非一斉開花時にハナバチ類の出現頻度を調査した研究では(Osawa & Tsubaki 2003²⁾)、これら 2 属が季節的な棲み分けを行い、*Apis* 属が一斉開花参加型の植物種を利用するのに対し、*Trigona* 属は非一斉開花参加型の植物種も利用できることを報告している。さらに、*Trigona* 属内においても体長や体色に応じた探索高度を持つことも報告されており(Osawa & Tsubaki 2003, Pereboom & Biesmeijer 2003³⁾)、多様なハナバチ類の存在が、多くの植物種の繁殖成功率を高め、最終的には森林の持つ様々なサービスの提供にも貢献しているものと考えられた。

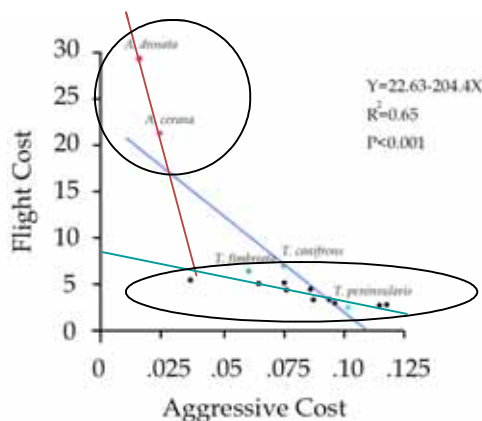


図5 ハナバチ類 15 種における Flight cost と Aggressive cost の関係

これらハナバチ類の餌食戦略や探索レンジに択伐などの人為攪乱が及ぼす影響を明らかにするため、天然林および択伐林(伐採後 60 年)においてハナバチ類の群集構造を調査した。その結果、択伐林で捕獲されたハナバチ類は、個体数が多いものの、捕獲できる種は極めて限定されていた。このことは、択伐により森林の空間構造の変異が小さくなったことで、本来森林の中・上層を採餌している大型のハリナシバチが森林の下層まで採餌高度を下げ、森林の下層を利用する小型のハリナシバチ類を駆逐して、森林下層のハナバチ類の多様性が低下したことに起因すると考えられる(図 6)。このような伐採に伴うハナバチ類の探索高度の変化は、ハナバチ 植物間の送粉システムにも影響を及ぼすものと考えられ、一部の植物の繁殖成功度の低下によって、森林の持つサービスが低下する可能性が示唆された。

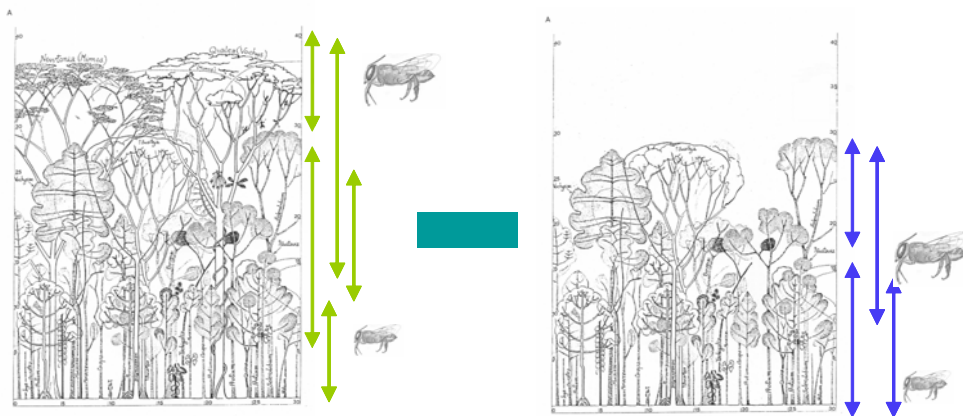


図 6 択伐がハナバチ類の探索高度に及ぼす影響(概念図)。図左が天然林、図右が択伐林における探索高度を示す。

種子散布者を対象とした多様性保全機能の評価 野生生物種の生息地特性

植物は固着性が高く、強い遺伝構造を持つため、個体群の維持には他の集団からの花粉や種子の供給が不可欠である。霊長類やげっ歯類をはじめとする野生生物種は、このような森林の更新過程において種子の捕食者となる一方で種子の分散に関わる重要な機能も有している。本研究では、これら野生生物種の生息地特性の違いを明らかにし、種子散布に対する貢献度を把握することを目的に、カメラトラップを用いた野生生物の分布調査を行った。

マレーシアのパゾ森林保護区周辺に位置する異なる 4 つの森林タイプ(天然林、二次林、林縁、河川周辺の残存林)において動物相調査を行った結果、動物相は大きく 3 つのグループに分類された。

ア. 天然林にのみ生息する種 ... ジムヌラ(*Echinosorex gymnura*)、ベンガルヤマネコ(*Prionailurus bengalensis*)、マレーヤマアラシ(*Hystrix brachyura*)、ホエジカ(*Muntiacus muntjak*)、マメジカ(*Tragulus javanicus*)など様々な哺乳類を含むグループで、マレーバク(*Tapirus indicus*)など絶滅の恐れがある種を含む。

イ. 二次林および河川周辺部の残存林にのみ生息する種 ... コモンツパイ(*Tupaia glis*)、マレーシベット(*Viverra zibetha*)など小型の哺乳類を含むグループ。

ウ. 生息地特性を持たない種(異なる森林タイプで確認できた種) ... ブタオザル(*Macaca nemestrina*)、カニクイザル(*Macaca fascicularis*)、イノシシ(*Sus scrofa*)など比較的大型の雑食性哺乳類を含むグループ。

以上の結果から、天然林性の動物を除く生物種にとっては、河川周辺部の残存林が生息地および天然林間の移動経路としての機能を有することが明らかとなった。また、これらの野生生物種の糞中に含まれる種子の発芽実験の結果、多くのイチヂク種(*Ficus* sp.)をはじめとする複数の植物種が確認できた。これは、異なる森林タイプで確認できた野生生物種が複数の植物種の個体・遺伝子の分散に貢献することを示すものであり、年間を通じて果実を提供するイチヂク種が野生生物種の移動の規定要因となる可能性が示唆された。しかしながら、多くの野生生物は天然林以外の森林を利用できず、森林伐採や択伐に伴って植物種の分散が抑制されることが示唆された。

(3) データベースの作成

得られたデータを実際のランドスケープ管理や土地利用計画の策定に利用することを目的に、本年度は、カメラトラップによって確認できた野生生物種と、パソで分布確認の記録がある野生生物種をあわせて 110 種(表 3)について、写真や生息地特性、関連文献などを整理し、データベースを作成した。作成したデータベースに関しては、今後 GIS を用いて作成したエコロジカルサービスマップとの統合を行い、情報を公開する予定である。

表 3 パソ森林保護区で確認された哺乳類 (Numata et al. in press で公表)

目	科	種数	
有鱗目	センザンコウ科	1	
食虫目	ハリネズミ科	1	
	トガリネズミ科	2	
ツパイ目	ツパイ科	3	
皮翼目	ヒヨケザル科	1	
翼手目	オオコウモリ科	9	
	サシオコウモリ科	2	
	ジャワミゾコウモリ科	1	
	アラコウモリ科	2	
	キクガシラコウモリ科	7	
	カグラコウモリ科	7	
	ヒナコウモリ科	10	
	オヒキコウモリ科	1	
	霊長目	ロリス科	1
		オナガザル科	4
テナガザル科		2	
食肉目	クマ科	1	
	イタチ科	3	
	ジャコウネコ科	8	
	ネコ科	5	
長鼻目	ゾウ科	1	
奇蹄目	バク科	1	
偶蹄目	イノシシ科	2	
	マメジカ科	2	
	シカ科	2	
齧歯目	リス科	11	
	ムササビ科(リス科)	7	
	ネズミ科	10	
	ヤマアラシ科	3	
計		110	

5. 本研究により得られた成果

本研究では、森林の持つ5つの主要なエコロジカルサービス(遺伝的多様性保全機能、木材生産機能、集水域保全機能、炭素循環・蓄積機能、および文化・レクリエーション機能)についてその評価を行うとともに、択伐や土地利用改変などの人為攪乱が及ぼす影響を把握した。また、基礎的サービス(Supporting service:様々なエコロジカルサービスの持続的な提供に必要不可欠なサービス)としての多様性保全機能に着目し、森林の更新に関わる野生生物(送粉昆虫および種子散布者)の多様性や個々の生物種の生態的特性、生態系における機能を把握した。その結果、伐採に伴って、熱帯林の主要なポリネーターであるハナバチ類の探索高度が変化し、一部の植物の繁殖成功度の低下によって、森林の持つ様々なサービスが低下する可能性が示唆された。また、種子散布に関しては、野生生物種の分布に関するデータベースを構築するとともに、生息地特性に関する解析を行った。その結果、異なる森林タイプを利用できる野生生物種が森林間の植物種の個体・遺伝子の分散に貢献することが明らかとなったものの、多くの野生生物は天然林以外の森林を利用できず、森林伐採や択伐に伴って植物種の分散が抑制されることが示唆された。

6. 引用文献

- 1) Millennium Ecosystem Assessment (2005) Living beyond our means. -Natural assets and human well-being-. Millennium Ecosystem Assessment. 20pp.
- 2) Osawa N. and Tsubaki Y. (2003) Seasonal variation and community structure of tropical bees in a lowland tropical forest of peninsular Malaysia: the impact of general flowering. In: Okuda T., Niiyama K., Thomas, S.C. and Ashton, P.S. (Eds.). Ecology and Natural History of a Southeast Asian Tropical Rainforest, pp.275-283, Springer Verlag, Tokyo.
- 3) Pereboom J.J.M. and Biesmeijer J.C. (2003) Thermal constraints for stingless bee foragers: the importance of body size and coloration. OECOLOGIA 137 (1): 42-50.

7. 国際共同研究等の状況

この研究はすべてマレーシア森林研究所とマレーシア工科大学との共同研究により行なわれた。
カウンターパート:Nur Supardi Md. Noor(マレーシア森林研究所)、Mazlan Hashim(マレーシア工科大学)

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表(学術雑誌)

< 論文(査読あり) >

S.Numata, N.Kachi, T.Okuda and N.Manokaran : Journal of Plant Research, 117,19-25 (2004)
“Delayed greening, leaf expansion, and damage to sympatric *Shorea* species in a lowland rain forest”

T.Okuda, H.Nor Azman, N.Manokaran, L.Q.Saw, H.M.S.Amir, P.S.Ashton : Forest Diversity and Dynamism: Findings from a network of large-scale tropical forest plots, Univ. Chicago Press, Chicago. Pp. 221-239(2004)

“Local variation of canopy structure in relation to soils and topography and the implications for species diversity in a rain forest of Peninsular Malaysia. In: Losos, E.C. & Leigh, E.G. Jr. (Eds.)”

N.Manokaran, E.S.Quah, P.S.Ashton, J.V.Lafrankie, M.N.Nur Supardi, W.M.S.Wan Ahmad, and T.Okuda : Forest Diversity and Dynamism: Findings from a network of large-scale tropical forest plots, Univ. Chicago Press, Chicago, Pp. 585-598 (2004)

”Pasoh Forest Dynamics Plot, Peninsular Malaysia. In: Losos, E.C. & Leigh, E.G. Jr. (Eds.)”

K.Hoshizaki, K.Niiyama, K.Kimura, T.Yamashita, Y.Bekku, T.Okuda, E.S.Quah, and M.N.Nur Supardi : Malaysia Ecol. Res. 19 (vol. 3) 357-363 (2004)

“Temporal and spatial variation of forest biomass in relation to stand dynamics in a mature, lowland tropical rainforest, Pasoh Forest Reserve”

T.Okuda, M.Suzuki, S.Numata, K.Yoshida, S.Nishimura, K.Niiyama, N.Adachi, and N.Manokaran : Forest Ecol. and Management 203,63-75 (2004)

“Estimation of Tree Above-ground Biomass in a Lowland Dipterocarp Rainforest, by 3-D Photogrammetric Analysis”

S.Numata, T.Okuda, T.Sugimoto, S.Nishimura, K.Yoshida, E.S.Quah, M.Yasuda, K.Muangkhum, and N. Md.Noor : Malayan Nature, J. 57,29-45 (2005)

“Camera trapping: a non-invasive approach as a additional tool in the study of mammals in Pasoh Forest Reserve and adjacent fragmented areas in Peninsular Malaysia”

M.Adachi, Y.S.Bekku, A.Konuma, Wan Rasidah Kadir, T.Okuda, and H.Koizumi : Malaysia. Forest Ecol. and Management(2005)

”Required sample size for estimating soil respiration rates in large areas of two tropical forests and two types of plantations” (in press)

< その他誌上発表 (査読なし) >

T.Okuda, K.Yoshida, S.Numata, S.Nishimura, M.Suzuki, M.Hashim, N.Miyasaku, T.Sugimoto, N.Tagashira and M.Chiba : In T.Okuda, and Y. Matsumoto(eds.) Kyoto Mechanism and the Conservation of Tropical Forest Ecosystem (Proceedings of the International Symposium/Workshop on the Kyoto Mechanism and the Conservation of Tropical Forest Ecosystems, 29-30 January, 2004, Waseda University, Tokyo Japan),Pp. 67-78(2004)

”An ecosystem-management approach for CDM-AR activities: The need for an integrated ecosystem assessment based on the valuation of ecosystem services for forested land.”

T.Okuda, M.Suzuki, M.Hashim, Z.Yusop, S.Numata, S.Nishimura, T.Kondo, K.Parker : In Shibayama, M., et al (ed.) Symposium on Area Informatics 2005- The Potential for GIS/RS in Area Studies

”Possibility of GIS application to ecosystem management in tropics.” (in press)

< 書籍 >

奥田敏統 : かんきょう 2004/4 月 pp. 42-43.

「『生物多様性・生態系保全と京都メカニズム』に関する国際シンポジウム・ワークショップを終えて」

沼田真也, 奥田敏統 : 地球環境研究センターニュース 14(12):1-4
「国際シンポジウム・ワークショップ『生物多様性・生態系保全と京都メカニズム - 生態系保全と温暖化対策の両立へむけて』開催報告」.

奥田敏統 : 暮らしの手帖(2004)
「熱帯林と私たちの暮らし」

T.Okuda and M.Hashim : An ongoing research project in Peninsular Malaysia CTFS news (2004)
“The ecosystem approach for sustainable forest management“(in press)

生態学入門 日本生態学会(編)東京化学同人, 一部執筆(2004)

(2) 口頭発表(学会など)

杉本龍志, Y.NOOR AZLIN, 奥田敏統 : 日本熱帯生態学会, 松山, 2004年6月
「マレーシア半島における生物多様性保全のための『緑の回廊』づくり」

田頭直樹, 千葉将敏, 奥田敏統, 沼田真也, 吉田圭一郎, 西村千 : 日本熱帯生態学会, 松山, 2004年6月

「熱帯雨林のエコロジカルサービスのモデリング手法について」

奥田敏統, 鈴木万里子, 沼田真也, 西村千, 吉田圭一郎, 宮作尚宏, M.HASHIM : 日本熱帯生態学会, 松山, 2004年6月

「レーザープロファイラを用いた低地熱帯雨林の林冠観測」

八代裕一郎, 安立美奈子, 奥田敏統, 小泉博 : 日本生態学会第51会大会, 釧路, 2004年8月
「マレーシアにおける土地利用変化とN₂Oフラックス」

安立美奈子, 八代裕一郎, 近藤美由紀, 車戸憲二, W.RASHIDAH, 奥田敏統, 小泉博 : 日本生態学会第51会大会, 釧路, 2004年8月

「マレーシアの熱帯林とプランテーションにおける土壌特性が土壌呼吸速度に与える影響」

前田桂子, 木村勝彦, 奥田敏統, 新山馨, A.RIPIN, A. R.KASSIM : 日本生態学会第51会大会, 釧路(2004)

「マレーシア半島部における熱帯雨林構成樹種の種子・落葉試料を用いた個体レベルでのフェノロジー解析」.

奥田敏統 : 地球環境モニタリングに関する国際シンポジウム, 東京(2004)
「熱帯林のエコロジカルサービスに関する長期観測」

T.Okuda : IUFRO Meeting, Tsukuba, Oct. 2004

“Ecosystem approach for the landuse and forest management in tropics”

奥田敏統 : 日本マレーシア研究会(JAMS)第13回大会, 名古屋, 2004年11月

「マレーシアにおける熱帯林研究の現状: エコシステムマネジメントの可能性について」

奥田敏統 : 第7回自然系調査研究機関連絡会議(NORNAC), 山梨, 2004年11月

「熱帯生態系におけるエコロジカルサービスのGIS化に関する試みについて」

H.Kobayashi, T.Matsunaga, A.Hoyano, T.Okuda, N.Nur Supardi : Chapman Conference on The Science and Technology of Carbon Sequestration, San Diego, USA. 2005, Nov

”Satellite Estimation of Net Primary Production in Southeast Asia: Effect of Large Reduction in Photosynthetically Active Radiation due to Smoke.“

奥田敏統, 沼田真也, 近藤俊明, 鈴木万里子, 小熊宏之, 米康充, 吉田圭一郎, 西村千, 宮作

尚宏、Mazlan Hashim : 日本生態学会第52会大会、大阪、2005年3月
「レーザープロファイラーを用いた熱帯雨林の林冠構造抽出について」

(3) 出願特許

エコロジカルGIS (出願特許申請準備中)

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

現在、熱帯地域など開発途上国圏での温暖化吸収源対策(CDM, Clean Development Mechanism)が脚光を浴びているが、植林活動や森林経営の実施においては、生物多様性や集水域保全などの多面的な評価が必要不可欠である。本研究成果は、単一的な価値基準ではない、生態系の持つ様々な公益的機能を考慮した森林の持続的管理の推進において極めて有益なものであり、エコシステムアプローチに沿った事業の推進において、わが国が将来的に森林保全の立場からのイニシアチブをとるための基盤として期待できる。