

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

生物圏環境研究領域 熱帯生態系保全研究室

奥田敏統

沼田真也・吉田圭一郎・西村 千

鈴木万里子

平成14～16年度合計予算額(予定) 36,266千円

(うち、平成15年度予算額 11,204千円)

【要旨】東南アジア熱帯域の森林生態系は我々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といえる。しかしながら、この地域では開発などにより森林が減少、断片化し、現在残っている森林の多くも様々な人為攪乱により劣化した状態にあり、森林の持続的管理を行う上で、人間活動に伴う森林や森林生物の変化(人為攪乱インパクト)に関する知見はまだ不十分である。本年度は、パソ森林保護区とその周辺域のモデルサイトを中心に森林における人為攪乱を評価し、エコロジカルサービス(生態系機能)や野生生物の生態における人為攪乱インパクトについてまとめた。モデルサイトの中心に位置するパソ森林保護区(2°59'N, 102°19'E)は、典型的な低地フタバカキ林の一つであり、豊かな生物多様性を保持し、マレーシアにおける30%以上の樹木種がモデルサイトに生育していると考えられた。また、動物相についても、多くの昆虫、少なくとも220種確認の鳥類、110種のほ乳類が生息する、もしくはしていたものと考えられた。また、昼行性でかつ半島マレーシアの各地で観察可能な樹上性及び半樹上性の霊長類についてはギボン1種、リーフモンキー2種、マカク2種が観察できた。一方で、モデルサイトにおける主要な人為攪乱として1)地域住民による林産物採集、2)木材収穫のための択伐、3)プランテーション整備などを目的とした開伐、土地利用変換の3つを整理した。これらのうち、森林からアブラヤシプランテーションなどへの土地利用形態の変換は森林面積を大きく減少させ、断片化をもたらしていた。このような攪乱は、広域ハビタットを要求する大型哺乳類に対して大きな影響を与えることが懸念され、近年ではゾウやトラなどの多くの大型哺乳類が姿を消していることが明らかになった。さらに、パソ森林保護区の周囲の主要道路において、交通事故による死亡の実態を調査した結果、イヌ、コウモリなどの家畜に加えて、トリ(ロビン)、シベット、サルなどの中小型野生動物が交通事故の犠牲になっていることが明らかになった。そのため、エコシステムサービスの機能の解析及びそれらの総合的評価に加えて、自然資源の収穫・収奪や土地改変に伴う環境リスクの事前評価やゾーニングプランの提唱、そして地域社会との合意形成推進を進めていく必要ことが重要であると考えている。

【キーワード】 エコロジカルサービス、人為攪乱、多様性保全機能、土地利用転換、ほ乳類相

1.はじめに

これまで森林に対して求められる機能の中心は、木材生産に関するものであり、かつては森林管理の理論構成は木材生産を機軸としたものであった。しかし、地球的規模の森林破壊、砂漠化、水域の汚染など

の背景により、木材生産以外のサービス機能が注目され、様々な森林生態系の諸機能を最適化するための管理手法、すなわちエコシステムマネジメントの重要性が指摘されるようになった。長期資源利用を目指したエコシステムマネジメントを行うには、科学的な裏付けによる管理基準（評価指標）を設定することが前提であり、そのためには生態系の持つ様々なサービス機能を解析・整理する必要がある。

熱帯林が他気候帯の森林と大きく異なるのは豊かな生物多様性である。特に、東南アジア湿潤熱帯域は多様な種が長い年月を費やし複雑な種間関係を構築した末にできあがった極めて複雑な生態系であるため、Mega-diversityといわれるほど生物の種多様性が高い。そのため、生物多様性は、熱帯林における最も主要な特徴の一つであり、様々な文化の源であるため、我々人類における大きな資産であるといえる。例えば、半島マレーシアでは8500種以上の顕花植物がみられる。マレーシア全体では280種、半島部では210種のは乳類が生育する。ほ乳類の多くは森林性である。マレーシアでは624種の鳥がみられる。140種以上の地上性ヘビ、18種のリクガメ、143種のトカゲがいる。昆虫にいたってはその数は分かっていない。

東南アジアの多くの国々では社会情勢の変化や経済発展に伴い、様々な形の変化がおこっている。しかし、森林減少、劣化のプロセスには地域に応じて、様々なタイプがある。カリマンタン（インドネシア）の例では、伐採会社による林道建設、商業的価値の高い樹木の抜き切りから始まり、地域住民や討伐団による残存木の違法伐採を経て入植者による開伐、火入れが行われる。その後、陸稲の植え付け/コショウの栽培、畑の放棄、アラニアラン草原へと変遷し森林が失われることが森林減少のプロセスとして認識されている¹⁾。一方、比較的社会的経済基盤が安定している半島マレーシアでは、ゴムやアブラヤシなどの大規模プランテーションや造成が森林減少の主要因であり、森林伐採や地域住民による森林利用なども森林の劣化を引き起こしているものと考えられる。以前はマレーシアの主要産業は、天然ゴムやスズなどの農林業や鉱業であったが、1960年代の輸入代替工業化政策以降、高度経済成長を続けながら工業化が推進されている。さらに、国家農業政策としてゴム、オイルパーム（アブラヤシ）、ココナッツ大農園の拡大は特筆すべきものであり、2001年には国土の16%に達している。そのため、現在のマレーシアではオイルパーム大農園は農村部の日常的な風景の一つとなっている。かつて半島部のほとんどを覆っていた森林は19世紀後半に発展したスズ採鉱とゴムのプランテーションにより急速に消失していった。現在では、林業技術革新や農産物の品種改良などによりこれまで伐採林や農地として不適だった森林が多く消失、劣化しつつある。そのため、カリマンタンなどと比べ、行政による森林管理が進んでいるマレーシアでこそ、エコロジカルサービスの最適化を行うようなエコシステムマネジメントが適用できるものと期待される。

2. 研究目的

熱帯域の森林生態系は我々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、様々な文化の源であるといえる。しかし、これらのサービス機能は攪乱によって容易に劣化するため、評価を行うにあたってとりわけ注意が必要になる。本年度は、昨年度までにまとめたエコロジカルサービス（多様性保全機能、炭素吸収、循環機能、木材生産機能、集水域保全機能、文化、レクリエーション機能）をまとめる一方で、パイロットサイト（以下、研究方法参照）で起こった人為による攪乱の整理及び生物多様性を中心としたエコロジカルサービスの変遷について検討した。

3. 研究方法

本研究では半島マレーシア、ネグリスンビラン州、パハン州にまたがる60 × 60 km²の地域をパイロットサイトとして指定し、その地域の森林が保持する主要なサービス機能の情報収集や野外調査を行った（図1）。

(1)調査地 :パイロットサイト

パイロットサイトには二つの異なる方式により施業された択伐二次林、河畔孤立林、アブラヤシ、ゴムのプランテーション、果樹園、市街、カンボン(村)がみられ、半島マレーシアで普通にみられる主要な景観を含んでいる。1996年の段階では、パイロットサイト内の約36%が天然林、二次林、低木林などの森林であった。パイロットサイトの中心に位置するパソ森林保護区(2° 59 'N, 102 ° 19 'E)は、典型的な低地フタバカキ林の一つであり 古くから学術研究が行われてきた。1970年代、日本、マレーシア、イギリスの研究機関などによる国際生物学事業(IBP)が実施された。その後も1985年より アメリカのスミソニアン研究所とマレーシア森林研究所が主体となって保護区内に 50ヘクタール調査区が設置され、5年に一度、調査区内の樹木について、直径計測やマッピングが行われている。多くの生物に関する情報はこの地域で得られている。

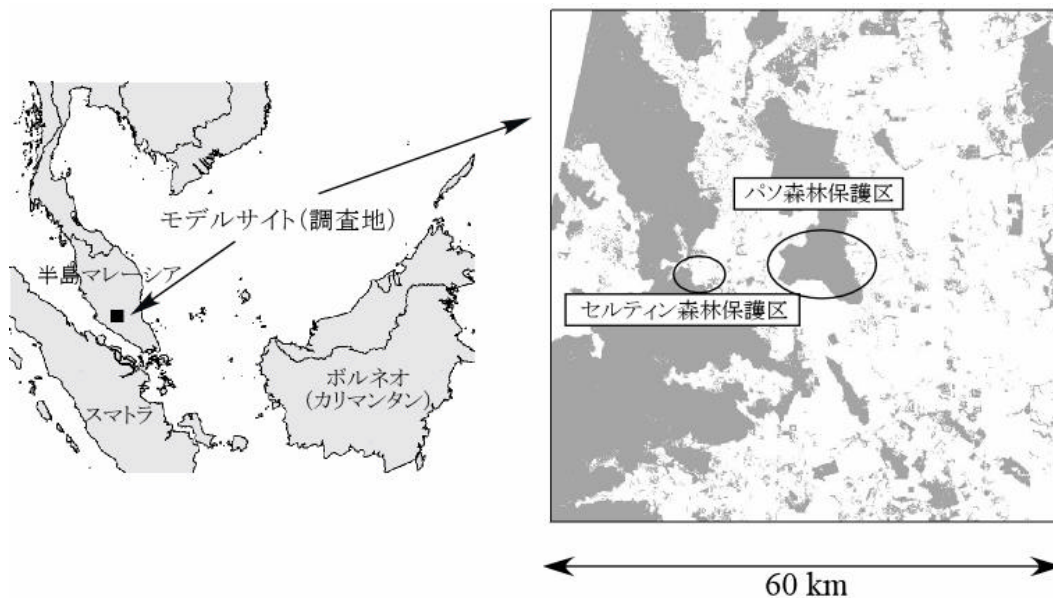


図1 パイロットサイトの位置とパイロットサイトにおける森林の分布の様子。パソ森林保護区を中心とするパイロットサイトは半島マレーシア、ネグリスンビラン州に位置する(左)。パイロットサイト内における森林(天然林、二次林、低木林)の分布は灰色で示されている(右)。

(2) 森林の変遷と人為攪乱の評価

森林の変遷と人為攪乱の評価を行うため、以下の調査、解析を実施した。

パイロットサイトにおける人為による森林攪乱をまとめるため、衛星画像の収集(Landsat TM)、森林伐採履歴の収集、地域住民における森林利用の評価を行っている。森林や大規模プランテーション面積の推移を評価するため、1979年(Landsat MSS)、1985、1996年(Landsat TM)に撮影された衛星画像及び1976年に作成された土地利用図を用いて解析した。

パイロットサイトの森林(林班)における伐採履歴の収集を行っている。現在まで、パソ森林保護区及びセルティン森林保護区における伐採履歴を収集した。

地域社会の変遷に関する社会統計情報の収集及び住民による森林利用の様子をインタビュー (2002年9月)等により評価した。

(3) 生物多様性データベースの解析

昨年度から構築している植物の多様性に関するデータベース及び動物の多様性に関するデータベースを利用して、パイロットサイトにおける生物多様性の変遷について検討した。また、ほ乳類に関する情報を取得するため、以下の野外調査を実施した。

現在の動物相を評価し、昨年度作成したほ乳類データベースを強化する目的で、2002年9月から2003年11月まで、4つの森林タイプ(天然林、二次林、林縁、保護区周辺の孤立林)においてセンサーカメラ(Fieldnote I及びII、(有)麻里府商事)を用いて出現動物のモニタリング調査を行った。フィルム確認、回収は週に1回の頻度で行った。撮影された写真はすべて撮影日時、動物種の同定を行い、デジタル化した後にデータベース化した。なお、詳細な解析はE-4(2)で行っている。

ほ乳類に対する直接的な人為インパクトを明らかにするため、2003年8月より パソ森林保護区周囲に走る道路において、ロードキル(動物の交通事故)の現状を評価した。調査は2003年8月から11月までの期間で、2週間に一度の頻度で実施した。

4. 結果・考察

(1) 森林の変遷と人為攪乱

パイロットサイトの人為攪乱による変化は大きく3種類が挙げられる。第一に土地利用形態の転換による森林面積そのものの減少と断片化、孤立化である。第二に、森林劣化につながる商業択伐である。第三は、地域住民の森林利用に伴う攪乱である。

土地転換による景観変化

パイロットサイトの森林はプランテーション農業の発達に伴い、1970年代から劇的に減少した(図2)。1976~1996年までに森林面積(含む二次林)は2362km²から1058 km²(約45%)まで減少し、パイロットサイト内の保護区を除き森林の多くはサイズが1ha以下の分断化した孤立林となった。一方で、アブラヤシ(オイルパーム)プランテーション面積は3.5倍に、ゴムプランテーション面積は1.3倍に増加した。河川周辺にはアカネ科、クワ科、トウダイグサ科が優占する小面積孤立林が多く残されていたが、アブラヤシの品種改良により2003年以降伐採されつつある。

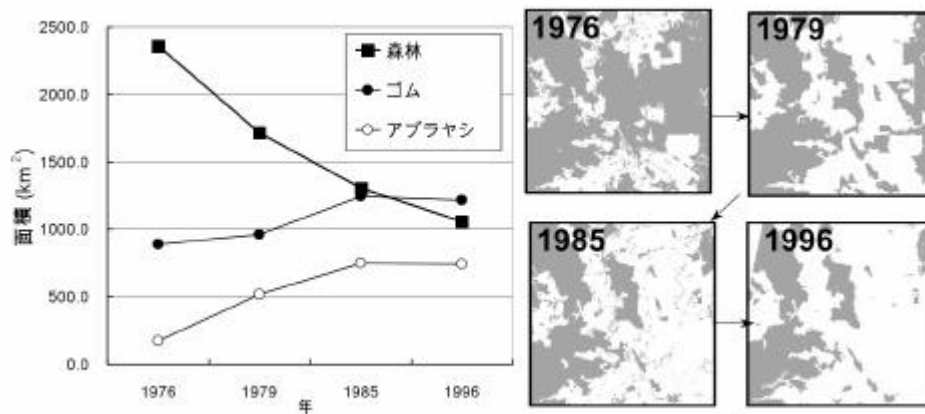


図2 パイロットサイトにおける森林の変遷。灰色が森林面積 (含む二次林) を表す。

択伐による森林劣化

保護区として残されている森林は択伐という攪乱を受けてきた。パイロットサイトでは、主に2種類の択伐が行われてきた。

MUS :Malayan Uniform System²⁾が1948～1970年代まで行われた。これらの対象は低地林フタバガキ林であり、パソ森林保護区を含むパイロットサイトの多くの場所で行われた。有用樹であるフタバガキ科の密度を高め、多様性の高い森林からより均質な森林への改良を念頭において実施されたため、数十年たった後でも、天然林と比べて林冠構造が単純化していること、林冠ギャップ形成頻度の低下がみられることが明らかになっている。

SMS :Selective Management System³⁾は1978年以降に低地以外のフタバガキ林を主な対象として実施されている。この方法は伐採前の資源量調査に基づいて伐採を行う。対象樹木のサイズ基準として、フタバガキなど市場価値のある樹木は胸高直径45cm以上、市場価値の低い樹種は胸高直径50cm以上とし、直径階別の残さなければいけない樹木数も各直径階別に決められている。パイロットサイトでは、西側に広がる森林において2000年から実施されている。SMS択伐直後における地上部の現存量は非伐採林36%まで減少した。択伐に伴う作業・択伐による個体の間引きに伴い、森林構造や分布環境の劣化だけでなく、残存樹木も破壊された。損傷木の一部は今後数年間で枯死するため、伐採後すぐに現存量が回復には向かない可能性がある。

地域住民による森林攪乱

パイロットサイトに居住する住民の狩猟対象は民族ごとに違いがみられた。例えば、オランアスリ(アボリジニ)は主にイノシシ、シカ、サル、マメジカ、ニシキヘビ、その他野生生物の狩猟を行うのに対して、華人はイノシシ、シカ、ヤマネコ、ジャコウネコ、その他稀少動物を主に狩猟していた。また、植物採集としてオランアスリのロタン(藤)、各種樹脂、薬草、沈香などが主に採集対象となっていた。さらには、路上などで着生植物(ラン科)を販売するものも多く、貴重な現金収入となっている事例も多いと推察された。そのため、土地転換や森林伐採と比べて規模は小さいが、狩猟は森林の希少野生生物にとって大きな脅威となりうる考

えられる

(3) エコロジカルサービスとその変遷

炭素吸収、循環機能：

森林による炭素吸収、蓄積量はその面積に比例する。そのため、パイロットサイトにおいては森林面積の減少に比例してその機能が低下したことは明らかである。パイロットサイト内に位置する8カ所の森林保護区 (ANGSI、BEREMBUN、JERAM PADANG、KENABOI、PASOH、SERTING、TRIANG)における択伐履歴を調査したところ、天然林林班区が12.3%、1977年以前に択伐された林班区が40.1%、1978年以降に択伐された林班区が47.6%であった。また、これらのうち二回以上異なる方式で伐採された林班区は1.5%であった。昨年度の成果から得られた値を元に、天然林のバイオマスを100%とし、1977年以前の択伐林で約85%、1978年以降の択伐林で約65%と仮定すると、対象保護区のバイオマス量は択伐により10%程度減少したものと考えられる。

木材生産機能：

木材生産機能は生物資源生産機能の一つであるが、森林から与える主要な恩恵である。生産林の面積減少は木材生産量の減少に直接作用するが、択伐などによる劣化によっても木材資源の価値が低下することは明らかである。昨年度ではMUS施工後40年経た森林では約半分、SMS施工された直後の森林では1/9程度にまで価値が低下することが明らかになった。そこで、天然林の木材資源価値を100%とし、1977年以前の択伐林で約55%、1978年以降の択伐林で約35%と仮定すると、対象保護区の木材資源価値は択伐により50%程度目減りしたものと考えられる。

集水域保全機能(水・土壌保全機能)：

熱帯の森林土壌は強い降雨でも吸い取ってしまう大きな浸透性を持ち、地表には水流がほとんど発生しないため、熱帯林土壌が洪水をやわらげる大きな働きを持つことが示唆されている。傾斜、土壌タイプ、1976年と1996年土地利用区分の情報を利用して土壌流出量を推定したところ、1996年段階 (28.5 t/ha/yr)では1976年 (13.1 t/ha/yr)に比べて、土壌流出量は約2.2倍に増加したことが明らかになった。

文化、レクリエーション機能：

大規模プランテーションの発達に伴い多くの森林が消失したが、地域住民の人口は増加している。マレーシアの人口は都市部、農村部とも急激に増加しているが、パイロットサイトが位置するネグリスンピラン州では1970年から1997年までに人口は1.7倍増加した。また、ネグリスンピラン州では1970年以降、プランテーションの増加に伴い、都市部において57860戸、農村部において65933戸の家が新築された。

ネグリスンピラン州では1970年代に2カ所 (計26.5ha)、1980年代に4カ所 (計30.5ha)の森が森林公園として州林野局から指定され、週末には多くの住民が利用している。一方で、パン近郊で1950年代にできたオランアスリ村の村長に森林の利用状況を尋ねたところ、1970年代に比べて森へのアクセスは少なくなったということ聞いた。昔は頻繁に森へ行き、採集、狩猟などをおこなっていたが、森林の消失が進んだ現在では、一部 (多くは換金可能な)薬草、野生動物の狩猟、採取に限られていることが明らかになった。

生物多様性保全機能とその変遷

ア. 動植物の多様性

昨年度作成したデータベースを利用して、各調査区に出現する樹木種数を調査した(表1)。樹木に関する情報は、各種プロットから集められている。マレーシア全体における木本は532属2830種(うち、固有種746種)であることから⁴⁾、マレーシアにおける30%以上の樹木種がパイロットサイトに生育していると考えられる。

また、天然林50ha調査区に出現する木本種の823種のうち、27種がIUCN(国際自然保護連合: <http://www.iucnredlist.org/>)により絶滅危惧種に指定されている。うち、危機的絶滅寸前種(Critically endangered species: CR)は12種、絶滅寸前種(Endangered species: EN)は11種、危急種(Vulnerable species: VU)は4種であった。これらのうち、25種類がフタバガキ科であり、2種がツパキ科であった。一方、二次林6ha(MUS)調査区に出現する木本種のうち、CR種は11種、EN種は12種、VU種は3種であった。いずれの調査区においても絶滅危惧種に指定されている樹種は主要伐採対象であるため、森林伐採による影響などが懸念される。

表1 各調査区における種数、バイオマス、個体密度。二次林(SMS)の種数については現在解析中である。

森林タイプ	種数	バイオマス** (Mg/ha)	個体密度 (/ha)
天然林50ha plot	823 (dbh > 1cm)	336 ± 12	586 ± 6
天然林6ha plot	574 (dbh > 5cm)	387 ± 7	551 ± 17
二次林 6ha plot (MUS)	722 (dbh > 1cm)	296 ± 18	722 ± 30
二次林*(SMS)	-	217 ± 9	487 ± 9

** dbh > 10cmを計算

動物相に関しては、昨年度作成したデータベースに加えて、出版された論文などを参考に情報を集めた。昆虫については未だ謎の部分が多いものの、鱗翅目シャクガ科(Geometridae)は413種記録され⁵⁾、ハリナシバチ9種、オオミツバチ2種が⁶⁾、アリについては9亜科、76属、489種確認されている⁷⁾。また、熱帯林の炭素循環において重要な役割を担うキクイムシはエタノールトラップによって42種確認されている⁸⁾。鳥類は、パソ森林保護区の天然林において少なくとも220種確認され、加えて二次林、林縁では13種が確認されている⁹⁾。ほ乳類については、これまでの研究と野外調査を通じて、パソ森林保護区においては11目、110種(うち、コウモリ9種)が確認され、1995年以降確認されたもの:64種(うち、コウモリ3種)であった。これらのうち、絶滅危惧種(VU)は9種で、うち1995年以降確認したものの4種であった¹⁰⁻¹⁶⁾。

イ. 変遷による影響

森林面積の減少は植物の生育数の減少に直接結びついている可能性が高い。しかし、現時点においては希少な植物種がどの程度失われたかはよく分かっておらず、特殊なハビタットに生育する植物とハビタットの減少の関連性などを検討する必要がある。また、林床草本の一部は薬用効果があるため地域住民も利用しているものが多いが、分布に関する情報は限られている。今後は地域住民による聞き込みや野外調査を利用して、林床植物に関する情報を収集することも大きな課題とされる。

上記のような人為攪乱は、森林の野生生物に対しても直接的、間接的に大きなインパクトを与えていることは明らかである。パソ森林保護区で確認されたほ乳類は110種類であったが、1995年以降の調査、観察により確認されていない種は45種(うち、コウモリは27種)であった(表2)。これらコウモリを除いた18種のうち、

3種は確認が難しい樹上性齧歯類であり、15種は、特に広い生育面積が必要な食肉目を中心とした大型ほ乳類であった。これらの一部は個体数減少している、もしくは既に絶滅しているものと考えられる。例えば、トラ、アジアゾウ、マレーグマについては1980年以降生息記録はなされておらず、保護区からは絶滅を報告している例もある (Ickes and Thomas 2003)。一方で、個体数は減少しているものの、森林保護区内の生育が報告されているものもある。例えば、丘陵地に多く生息するシャーマンについては保護区の奥 (丘陵地帯) からのCall (吠え声) をアボリジニにより確認され、ウンピョウ、ヒョウと思われる足跡や糞などが天然林において報告されている。

表2 1995年以降確認されないほ乳類 (コウモリは除く)。種名はCorbet and Hill (1992)¹⁷⁾に準拠した。

目	科	Species	種名	主なハビタット
ツバイ目	ツバイ科	<i>Tupaia minor</i>	ビグミーツバイ	天然林
霊長目	テナガザル科	<i>Hylobates syndactylus</i>	シャーマン	丘陵林
食肉目	クマ科	<i>Urusus malayanus</i>	マレーグマ	天然林
食肉目	イタチ科	<i>Mustela nudipes</i>	ハダシイタチ	様々な森林タイプ
食肉目	イタチ科	<i>Martes flavigula</i>	キエリテン	様々な森林タイプ
食肉目	ジャコウネコ科	<i>Paguma larvata</i>	ハクビシン	様々な森林タイプ
食肉目	ネコ科	<i>Prionailurus planiceps</i>	マライヤマネコ	丘陵林
食肉目	ネコ科	<i>Panthera tigris</i>	トラ	天然林、丘陵林
長鼻目	ゾウ科	<i>Elephas maximus</i>	アジアゾウ	様々な森林タイプ
偶蹄目	マメジカ科	<i>Tragulus napu</i>	オオマメジカ	様々な森林タイプ
齧歯目	リス科	<i>Sundasciurus hippurus</i>	ウマオスングリス	様々な森林タイプ
齧歯目	ムササビ科 (リス科)	<i>Petaurista elegans</i>	シロフムササビ	丘陵林
齧歯目	ムササビ科 (リス科)	<i>Petinomys setosus</i>	シロハラハネオモモンガ	様々な森林タイプ
齧歯目	ムササビ科 (リス科)	<i>Aeromys tephromelas</i>	クロムササビ	天然林
齧歯目	ネズミ科	<i>Rattus exulans</i>	ナンヨウネズミ	天然林
齧歯目	ネズミ科	<i>Chiropodomys gliroides</i>	ヤマネマウス	天然林
齧歯目	ネズミ科	<i>Lenothrix canus</i>	ハイイロキノボリネズミ	天然林
齧歯目	ネズミ科	<i>Sundamys muelleri</i>	ミューラークマネズミ	天然林

一方、野生動物に対する直接的な人為影響の一つとしてロードキル (野生動物の交通事故) が挙げられる。2003年8月から11月までの期間において、パソ森林保護区周囲に走る道路を対象にロードキル数の計測を月に二度の頻度で実施した (図3)。その結果、被害にあった動物はイエネコやニワトリなどの家畜性のものに加え、森林性のトリ、センザンコウ、コモンツバイ、マレーシベット、ブタオザル、カニクイザル、トカゲであった。また、野生動物の被害は家畜性動物よりも高頻度であることが明らかになった。ロードキルが頻発した場所は大面積の森林が残る場所であったが、周囲に孤立林が残るプランテーション近辺でも発生していた。そのため、交通網の発達は二次林依存的かつ比較的移動性の高いほ乳類・鳥類が主な被害者となっていると考えられる。

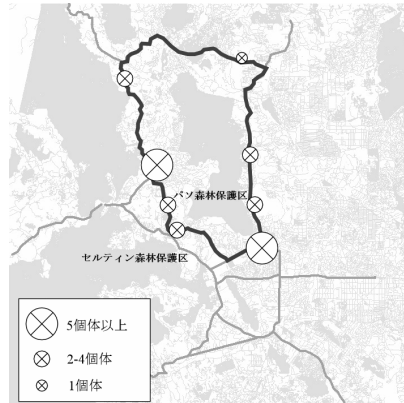


図3 ロードキルの発生状況。
2003年8月から11月まで、2週間に一度記録した。ロードキルが発生する場所は保護区近くや保護区間の頃孤立林周辺に集中することが分かる。

間接的な人為インパクトとして、森林に進入する家畜性ほ乳類を検討した。2002年9月から2003年11月まで行った自動撮影装置によるほ乳類モニタリングから、家畜性であるウシ及びイヌが周辺の孤立林やパソ森林保護区の天然林区域にまで侵入している証拠が得られた(図4、詳細はE-4(2)に記載)。モニタリング期間中、ウシについては天然林箇所において1回、イヌについては林縁4回(2003年撮影分では二次林部分にも)侵入が確認された。住民の話ではウシの侵入は突発的な事故であり、通常は森林には滞在しないとのことであるため、野生生物や林床植生に対する直接的な影響は小さいと思われる。しかし、イヌは狩猟犬、野犬の区別がつかず、どの程度森林内に生息、行動しているかはよく分かっていないため、今後は小型ほ乳類などへの攪乱について検討する必要がある。



図4 保護区に進入した家畜性動物の例。左は天然林区で撮影されたウシ (*Bos indicus*)、右図は林縁部で撮影されたイヌ (*Canis familiaris*)。

ほ乳類に対する人為攪乱影響をまとめると、1970-2000年の間に種数は減少し、特に森林面積の減少は大型ほ乳類の絶滅に直接関連している可能性が高いと推察された。また、現在でも間接的、直接的人為攪乱は林内小型ほ乳類、草食動物、移動性の高いほ乳類に対して大きなインパクトを与えていると考えられる。

5. 本研究により得られた成果

パイロットサイトの人為攪乱による変化は、大きく3種類に分けられた。第一に土地利用形態の転換による森林面積そのものの減少と断片化(孤立化)である。第二に、森林劣化につながる商業択伐である。第三は、地域住民の森林利用に伴う攪乱である。

・パイロットサイトの8箇所の森林保護区に注目した場合、森林伐採により炭素吸収、循環機能は択伐により10%程度減少し、森林の持つ木材資源価値はMUS、SMS択伐により50%程度目減りしたものと考えられる。また、集水域保全機能(水・土壌保全機能)については、1996年における土壌流出量は、1976年に比べて約2.4倍に増加したことが明らかになった。パイロットサイト付近の社会は大きく変化し、森林公園なども整備されつつあるが、地域住民における直接的な森林利用は徐々に少なくなりつつある。

・植物、特に特殊なハビタットに生育する植物については森林消失やそれらに伴うハビタット消失によって多様性が損なわれている可能性が高いが、今後詳細な検討が必要である。

・ほ乳類については、1970-2000年の間に確認できる種数は減少し、特に森林面積の減少は大型ほ乳類の絶滅に直接関連している可能性が示唆された。現在でも間接的、直接的人為攪乱により林内小型ほ乳類、草食動物、移動性の高いほ乳類に対して大きなインパクトを与えている。

6. 引用文献

- 1) 井上真： 弘文堂 (1995)

「焼き畑と熱帯林 - カリマンタンの伝統的焼き畑システムの変容」

- 2) J. Wyatt-Smith : Forest Research Institute Malaysia, Kepong. (1963)

Malayan Uniform System. Pages 1-14 in F. C. Barnald, editor. Manual of Malayan Silviculture for Inland Forests.

- 3) Thang, H. C. : Malaysia Forestry Department, Kuala Lumpur. (1997)

Concept and basis of selective management system in Peninsular Malaysia. in Proceedings of the Workshop on Selective Management System and Enrichment Planting.

- 4) F. S. P. Ng : Trees of Peninsular Malaysia. Pages 67-70 in R. Kiew, editor.

The state of nature conservation in Malaysia. Malayan Nature Society, Kuala Lumpur. (1991)

- 5) Holloway, J. D., and J. Intachat. Aspects of diversity of Geometridae(Lepidoptera) in Pasoh Forest Reserve. Pages 293-314 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest. Springer, Tokyo. (2003)

- 6) N. Osawa and Y. Tsubaki. Aspects of diversity of Geometridae (Lepidoptera) in Pasoh Forest Reserve. Pages 315-324 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest. Springer, Tokyo. (2003)

- 7) A. K. F. Malsch, K. Rosciszewski, and U. Maschwiz. The ant species richness and diversity of a primary lowland rain forest, the Pasoh Forest Reserve, West-Malaysia. Pages 347-374 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest. Springer, Tokyo. (2003)

- 8) K. Maeto and K. Fukuyama. Vertical stratification of ambrosia beetle assemblage in a lowland rain forest at Pasoh, Peninsular Malaysia. Pages 325-336 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest. Springer, Tokyo. (2003)

- 9) C. M. Francis and D. R. Wells. The bird community at Pasoh: Composition and population dynamics. Pages 375-394 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest. Springer, Tokyo. (2003)
- 10) C. Kemper. The mammals of Pasoh Forest Reserve, Peninsular Malaysia. Malayan Nature Journal 42: 1-20. (1988)
- 11) S. S. Lee. Guide book to Pasoh. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur. 73 pp. (1995)
- 12) Miura, S., Yasuda, M. and Ratnam, L. C. Who steals the fruits? Monitoring frugivory of mammals in a tropical rain forest. Malayan Nature Journal, 50: 183-193. (1997)
- 13) Yasuda, M. Community ecology of small mammals in a tropical rain forest of Malaysia. Ph. D. thesis, Tokyo University, Tokyo. 179pp. (1998)
- 14) Yasuda, M., Ishii, N., Okuda, T. and Hussein, N. A. Small mammal community; habitat preference and effects after selective logging. Pages 533-546 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest. Springer, Tokyo. (2003)
- 15) Lim, B. L., Ratnam, L. and Hussein, N. A. Small mammals diversity in Pasoh Forest Reserve, Negri Sembilan, Peninsular Malaysia. Pages 403-411 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest. Springer, Tokyo. (2003)
- 16) Ickes, K. and Thomas, S. C. Native, wild pigs (*Sus scrofa*) at Pasoh and their impacts on the plant community. Pages 507-520 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest. Springer, Tokyo. (2003)
- 17) Corbet G. B. and Hill, J. E. The mammals of the Indomalayan region: a systematic review. Oxford University Press, New York. 488 pp. (1992)

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の共同研究により行なわれた。

カウンタパート: 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 (学術誌・書籍)

<学術誌 (査読あり)>

Y. Yasuda, Y. Ohtani, T. Watanabe, M. Okano, T. Yokota, N. Lian, Y. Tang, Abd. R. Nik, M. Tani, T. Okuda : Agric Forest Meteorology, 114, 235-244 (2003)

“Measurement of CO₂ flux above a tropical rain forest at Pasoh in Peninsular Malaysia”

S. Numata, M. Yasuda, T. Okuda, N. Kachi, M. N. nur Supardi : American J. Botany, 90,7,1025-1031 (2003)

“Temporal and spatial patterns of mass flowering on the Malay Peninsula ”

M. Hashim, T. Okuda, K. Yoshida, T. Numata, S. Nishimura, M. Suzuki : Malaysian J. Remote Sensing, 3, 83-89 (2003)

“Estimation of above ground biomass of lowland primary tropical forest from remote sensing data ”

S. Numata, N. Kachi, T. Okuda, and N. Manichaeen : 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 Azmzn, N. Manokaran, L. Q. Saw, H. M. S. Amir, P. S. Ashton : In: E. C. Losos, & E. G. Leigh Jr.(Eds.), Forest Diversity and Dynamism : Findings from a network of large-scale tropical forest plots, Univ. Chicago Press, Chicago. 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 ”

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

“Pasoh Forest Dynamics Plot, Peninsular Malaysia ”

K. Hoshizaki, K. Niiyama, K. Kimura, T. Yamashita, Y. Bekku, T. Okuda, E. S. Quah, and M. N. Nur Supardi : Ecol. Res, 19, 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, Malaysia ”

S. Numata : Flowering Newsletter. (2004)

“Mass flowering of dipterocarps in Peninsular Malaysia ” (in press)

<学術誌 (査読なし)>

S. Numata, T. Okuda, T. Sugimoto, S. Nishimura, K. Yoshida, E. S. Quah, M. N. Nur Supardi , H. Nor Azman : In A. Furukawa (ed.). Kyosei-Report “International Symposium, Global Environment and Forest Management ”. 13-21 (2003)

“Effects of human impacts on biodiversity of tropical rain forests ”

T. Okuda, S. Numata, S. Nishimura, K. Yoshida, M. Hashim In A. Furukawa (ed.). Kyosei-Report “International Symposium, Global Environment and Forest Management ”. 99-107 (2003)

“Ecosystem management approach in tropics - towards sustainable use of natural resources and valuation of ecosystem service and goods of forest ecosystems ”

T. Okuda, K. Yoshida, S. Numata, S. Nishimura, H. Mazlan : In S. Kobayashi, Y. Matsumoto, and E. Ueda (eds.) : Rehabilitation of degraded tropical forests, SE Asia 2003. Forestry and Forest Product Research Institute, Tsukuba, Japan. 137-149 (2003)

“Integrated Ecosystem Assessment - towards sustainable natural resource use and management in tropics ”

T. Okuda, : In Suzuki et al (ed.) Proceedings for “Value of the Forest ”, United Nation University, Tokyo (in press)

“Logging impacts on a lowland rainforest in Peninsular Malaysia - Implication for the sustainable management of natural resources and the landscapes- ”

H. Mazlan, T. Okuda, K. Yoshida, S. Numata and S. Nishimura : In A. Furukawa(ed.) Kyosei-Report “International Symposium, Global Environment and Forest Management ” 51-55 (2003).

“Biomass estimation from remote sensing ”

<書籍>

T. Okuda, N. Manokarana, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, editors. 2003. Springer, Tokyo.

“Pasoh: Ecology and Natural History of a Southeast Asian lowland Tropical Rainforest ”

<報告書類等>

かんきょう (2004/2 月)

「熱帯域のエコシステムマネージメントに関する研究 (奥田敏統)」

かんきょう 42-43 (2004/4 月)

「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 (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「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 (沼田真也, 奥田敏統)

CTFS news, in press “Ecosystem management ? a pilot study for sustainable forest management in the tropics (Okuda, T.)”

(2)口頭発表

鈴木亮, 沼田真也, 奥田敏統, 可知直毅 : 日本生態学会第 50 会大会 つくば (2003)

「マレーシア熱帯雨林における樹種間の空間分布パターンの解析」

三島 和恵, 西田 顕郎, 山本 晋, 三枝 信子, 奥田 敏統, Md. Noor Nur Supardi, 谷 誠 : 地球惑星科学合同大会 (2003)

「東アジアのフラックスタワーにおけるBiome-BGCモデルの検証 (英語) Validation of Biome-BGC model at flux towers in East Asia」

T. Okuda, S. Numata, S. Nishimura, K. Yoshida, M. Hashim : The International Symposium on Global Environment and Forest Management, Nara Women 's University, Nara. (2003)

“Ecosystem management approach in tropics - towards sustainable use of natural resources and valuation of ecosystem service and goods of forest ecosystems ”

M. Hashim, T. Okuda, K. Yoshida, S. Numata and S. Nishimura : The International Symposium on Global Environment and Forest Management, Nara Women 's University, Nara. (2003)

“Biomass estimation from remote sensing ”

奥田敏統 国立環境研究所友の会セミナー 東京 (2003).

「熱帯林 - 持続可能な森林管理をめざして - 」

T. Okuda : The International Workshop on the Landscape Level Rehabilitation of Degraded Tropical Forests, Forestry and Forest Product Research Institute, Tsukuba, Japan. (2003)

“Integrated Ecosystem Assessment - towards sustainable natural resource use and management in tropics”

内藤洋子, 小沼明弘, 沼田真也, 西村千, 津村義彦, 奥田敏統, Lee, S.L., NORWATI. M, 神崎護, 太田誠一 : 日本生態学会第 50 会大会 つくば. (2003)

「Shorea acuminata (フタバガキ科)における繁殖生態開花個体密度と食害が結果率に及ぼす影響」
安立美奈子, 別宮有紀子, Wan RAshidah, 奥田敏統, 小泉博 : 日本生態学会第 50 会大会 つくば. (2003)

「マレーシア・パソ地域における熱帯林とヤシ園の土壌呼吸量の比較」

M. Adachi, Y. Bekku, W. Rashidah, T. Okuda, H. Koizumi : SEB (Society of Experimental Biology) annual main meeting, April 2003 in Southampton. (2003)

“Spatial variation of soil respiration rate in tropical rain forest and agroforest in Malaysia”

西村千, 小沼明弘, 沼田真也, 内藤洋子, 奥田敏統 : 日本生態学会第 50 会大会 つくば. (2003)

「人為攪乱がサラノキ属の開花に及ぼす影響 - 2001 年と2002 年に観察した開花が示唆すること -」
沼田真也, 安田雅俊, 奥田敏統, 西村千, 吉田圭一郎, 松本淳, 宮崎千尋, 可知直毅, NUR SUPARDI M.N. : 日本生態学会第 50 会大会 つくば. (2003)

「マレー半島におけるフタバガキの一斉開花 : 今後の予測へ向けて」

吉田圭一郎, 奥田敏統, 足立直樹, M. Hashim, M. Bonkik : 日本地理学会年度春季学術大会, 東京大学. (2003)

「エコロジカルサービスの評価に基づいた熱帯林生態系の保全」

沼田真也, 奥田敏統, 西村千, 吉田圭一郎, 安田雅俊, 松本淳, 宮崎千尋, 可知直毅, M. N. Nur Supardi : 日本熱帯生態学会, 鹿児島 (2003)

「東南アジアにみられる一斉開花・結実の時空間様式 - 地球温暖化による脅威」

前田桂子, 木村勝彦, 佐々木真奈美, 奥田敏統, 新山馨, Ripin, A., Kassim, A.R. : 日本熱帯生態学会, 鹿児島 (2003)

「リタートラップ試料を用いた熱帯雨林構成樹種のフェノロジー解析」

S. Numata, M. Yasuda, T. Okuda, J. Matsumoto, C. Miyazaki, S. Nishimura, K. Yoshida, N. Kachi, & M. N. Nur Supardi : Seminar on ecological research in tropical rain forests. Forest Research Institute Malaysia (FRIM), Malaysia August. (2003)

“Temporal and Spatial Patterns of Mass Flowerings: Data from the Pasoh Forest Reserve, Malaysia”

T. Okuda, M. Suzuki, N. Adachi, K. Yoshida, S. Numata, S. Nishimura, K. Niiyama, M. N. Nur Supardi, N. Manokaran, M. Hashim : Seminar on ecological research in tropical rain forests. Forest Research Institute Malaysia (FRIM), Malaysia August. (2003)

“Logging history and its impact on forest structure and species composition in the Pasoh Forest Reserve? Implications for the sustainable management of natural resources and landscapes”

K. Yoshida, T. Okuda, S. Nishimura, M. Hashim, M. Bonkik, Seminar on ecological research in tropical rain forests. Forest Research Institute Malaysia (FRIM), Malaysia, August. (2003)

“Conservation of Tropical Forests Based on the Valuation of Ecosystem Service: A Case Study from the Pasoh Forest Reserve”

Y. Naito, M. Kanzaki, S. Numata, A. Konuma, S. Nishimura, S. Ohta, Y. Tsumura, T. Okuda, S. L. Lee, and N. Muhammad International Symposium, Diversity of Reproductive Systems in plants: Ecology, Evolution and Conservation, Sapporo, Oct. (2003) "Reproductive ecology of Shorea acuminata (Dipterocarpaceae): Comparisons of intra-specific variation and factors affecting fruit set between two mass fruiting seasons"

T. Kuwahara, T. Yoneda, H. Mizunaga, T. Okuda, S. Bunyavejchewin : Interdisciplinary Workshop on the Forest Dynamics of Thailand: Impact, Ecology, Managements and Rehabilitation. Kyoto, Nov. (2003)

"Seasonal and Spatial changes in carbon cycling in a tropical seasonal evergreen forest in Huai-Kha-Khaeng, West Thailand "

T. Okuda, K. Yoshida, S. Numata, S. Nishimura, M. Suzuki, M. Hashim, N. Miyasaku, T. Sugimoto, N. Tagashira, and M. Chiba : International Symposium/workshop on the Kyoto Mechanism and the conservation of tropical forest ecosystems. Waseda Univ. Jan (2004)

"Ecosystem management approach for CDM-AR activities - a need of integrated ecosystem assessment based on valuation of ecosystem service forestland "

(3)出願特許

なし

(4)受賞等

なし

(5)一般への公表・報道等

奥田敏統：国立環境研究所友の会セミナー(2003)「熱帯林 - 持続可能な森林管理をめざして - 」

国立環境研究所公開シンポジウム(2003)「熱帯林の現在、過去、未来」

国立環境研究所 環境儀「熱帯林 - 持続可能な森林管理を目指して」

ホームページを作成し、研究成果を公開した。(http://www.nies.go.jp/biology/pasoh/)

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

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)が脚光を浴びつつあるが、その実施にあたっては生物多様性やホスト国の社会・経済的インパクトなどへの十分な配慮が必要である。本研究の成果は生物多様性条約でつたわれているエコシステムアプローチに沿った植林活動や森林経営において必要不可欠であり、生態系保全へシフトした森林の持続的管理の推進という点において、我が国が将来的にイニシアチブをとるための基盤作りが行えると期待される。