



環境儀

国立環境研究所の研究情報誌

熱帯林

持続可能な森林管理をめざして



森林の減少が大きい国10カ国（1990～2000年の減少面積）
(千ha)

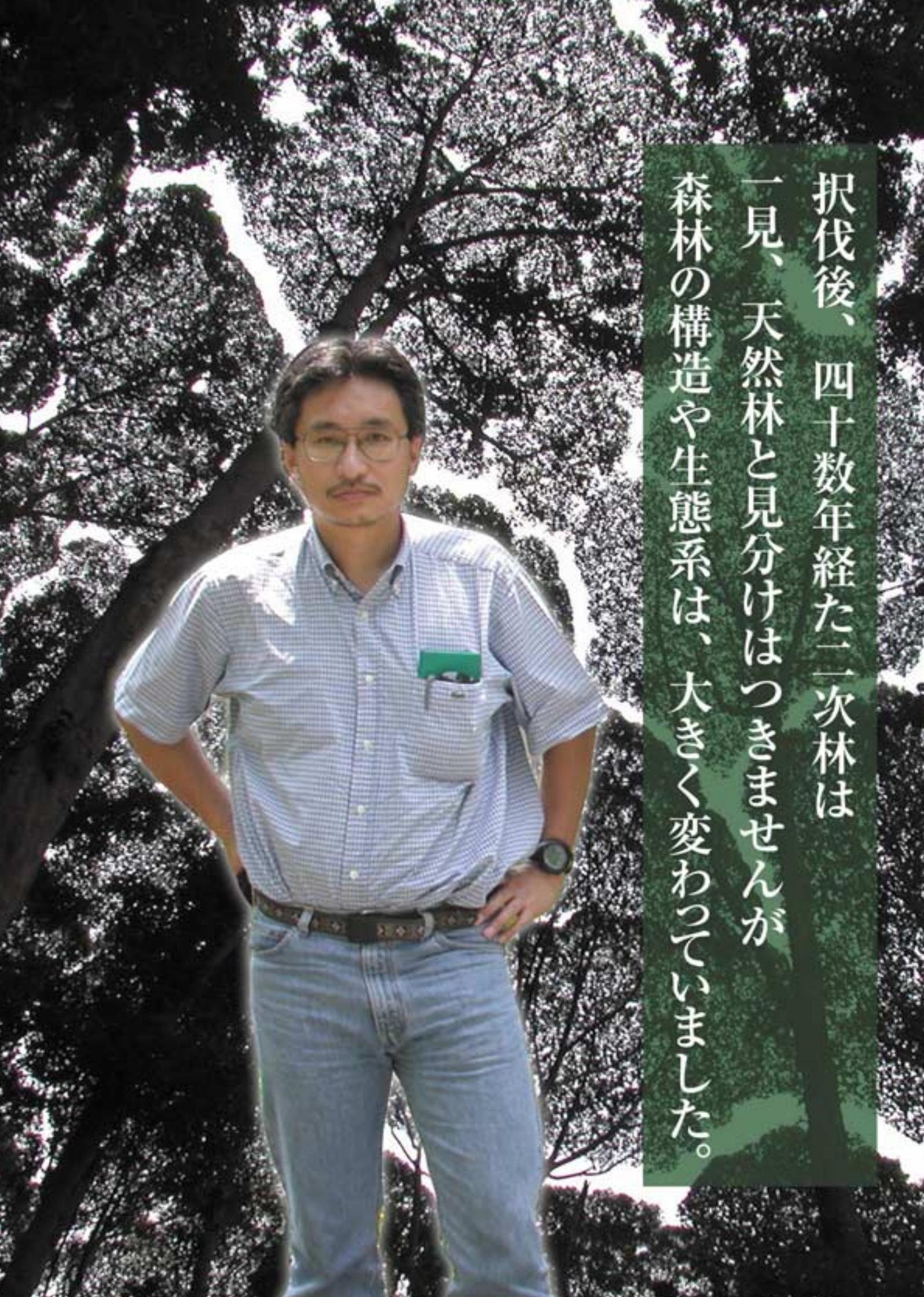
1. ブラジル	23,093
2. インドネシア	13,124
3. スーダン	9,589
4. ザンビア	8,509
5. メキシコ	6,306
6. コンゴ民主共和国	5,323
7. ミャンマー	5,169
8. ナイジェリア	3,984
9. ジンバブエ	3,199
10. アルゼンチン	2,851

(FAO「State of the World's Forests 2001」より)

独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>

A man with glasses and a mustache, wearing a light blue and white checkered short-sleeved shirt and light blue jeans, stands in a forest with his hands on his hips. The background is filled with dense green trees and sunlight filtering through the canopy.

択伐後、四十数年経た二次林は

一見、天然林と見分けはつきませんが
森林の構造や生態系は、大きく変わっていました。

地球上の生物種の半数以上が生息する熱帯林地域は、世界でもっとも多様な動植物を含む生態系が作り上げられている「種の宝庫」です。しかし近年、熱帯林は急速な減少を続けています。無秩序な森林伐採はかなり抑えられたものの、プランテーション、農牧畜地域などへの土地利用の改変は現在も盛んに行われていて、熱帯林の減少に歯止めがかかりません。この背景には急速な人口増加、貧困など社会的な問題があり、解決への道は容易ではありません。

国立環境研究所では、森林総合研究所やマレーシアの研究機関、大学と共同で12年前からパソ保護林を中心として熱帯林の研究に取り組んでいます。研究面から熱帯林保護にどんな貢献ができるのか。本号では、その基礎研究の積み重ねの概略を紹介しながら、これ以上の熱帯林の破壊をくい止める手法としての「持続可能な森林管理」の研究を紹介します。

C O N T E N T S

熱帯林

持続可能な森林管理をめざして

INTERVIEW

研究者に聞く…………… P4-P9

SUMMARY

森林伐採と多様性…………… P10-P11

熱帯林の研究をめぐる…………… P12-P13

「熱帯林—持続可能な
森林管理をめざして」
研究のあゆみ…………… P14

調査地



研究者に聞く

おくだ としのり

奥田 敏統 生物圏環境研究領域
熱帯生態系保全研究室長

熱帯林の減少問題の研究に取り組んでいる奥田敏統さんに、研究拠点であるマレーシアの熱帯林の現状、研究のねらいなどをお聞きしました。

●研究の目的

—— 熱帯林の減少が問題になっています。まずこの研究を始めたきっかけをお願いします。

奥田 熱帯林の減少は、他の気候帯の森林減少より深刻な問題をはらんでいると思います。北方林もロシアのように急速に減少しているところもありますが、熱帯林の場合、地上部の現存量がどの森林よりも大きいこと、多様な生物種を抱えている場であるという特徴があります。このまま減少が続くと、地球共有の財産である多くの生物資源が絶滅してしまう恐れがあります。

この熱帯林減少の要因として指摘されているのが人口増加、貧困、政策の未熟さなどに由来する経済的・社会的な問題です。地域の生活を考えますと、開発をまったく止めることは現実的には無理ですが、開発手法の変更や修復によって、熱帯林の破壊を少しでも抑えることができるのではないかと考えられるようになってきました。それと熱帯林の研究は、開発の影響を調べるという面では遅れています。生物の世代を越えた調査を伴いますから長い年月がかかりますが、ちょうど研究を始めた12年前は環境庁(当時)が地球環境研究総合推進費で熱帯林共同研究プロジ

ェクトを行うタイミングもあったものですから、研究を始めるきっかけになりました。

●熱帯林とは

—— 研究の対象として取り上げた熱帯林とは、どのようなものでしょう？その概要をお願いします。

奥田 自然地理学的に言えば、熱帯林は最寒月の平均気温が18℃以上の地域の森林ということになりますが、大別すると非常に雨の多い熱帯雨林と乾期が入る熱帯季節林になります。

とくに熱帯雨林は、非常に高い種多様性が保たれている生態系として知られています。地球上の陸地の約6%の面積しか占めていませんが、全生物種の半数が生息しているといわれています。また、8割近くが生息しているという研究者もいます。植物に限ってみますと25万種類ほどありますが、その6~7割くらいが熱帯に存在しているといわれています。

—— 熱帯林の持つ生物の多様性に関してですが、それほどたくさんの生物種を育てていくことができるのはなぜでしょうか。

奥田 一つは年中高温多湿な環境、つまり“冬”や“乾期”といったハードルがなく安定した気候であるこ



とがあげられます。もう一つは熱帯林構造が非常に複雑なことです。森林の場合は頂上に林冠部(森林の最上部)があり、その下にたくさんの木の層が存在しています。階層自体が複雑ですから、たくさんの異なる微環境が生まれ、その分さまざまな種類の動植物が生きていけるのでしょう。その他にも多くの説があります。たとえば熱帯では種分化が起こりやすかったという説、異種間の相互作用が重要な役割を果たしているという説などです。

●熱帯林の減少について

—— 熱帯林の減少・劣化は実際どのような形で起きているのですか？

奥田 私たちが研究しているマレーシアの場合を

例に説明しましょう。ここで熱帯林の減少と劣化を区別しておく必要があります。減少の原因の一例として、アブラヤシやゴムなどのプランテーション、つまり農地の開発があげられます。これは一気に伐採して植え替えてしまうもので、まさしく森林面積の減少です。一方、劣化の原因の例としては商業伐採があげられます。これは森林全部を切るわけではなく一部の有用木を伐採(択伐)するので、一応森林の形態は残っています。FAOの基準では、樹冠率が10%以上のものを森林と呼ぶことになっています。ですから森林伐採で疎林になっても、樹冠率が10%以上であれば定義上森林に分類されます。表面には見えてきませんが、実質上は森林の劣化・荒廃です。さらに択伐そのものでは森林の極端な減少は起きませんが、伐採路を利用し

コラム 「熱帯林の減少」 その①

FAO(国連食糧農業機関)が2001年3月に出した「世界森林白書2001(State of the World's Forests 2001)」によれば、2000年現在の森林面積は約38億7000万haであり、これは全陸地面積の約30%にあたります。

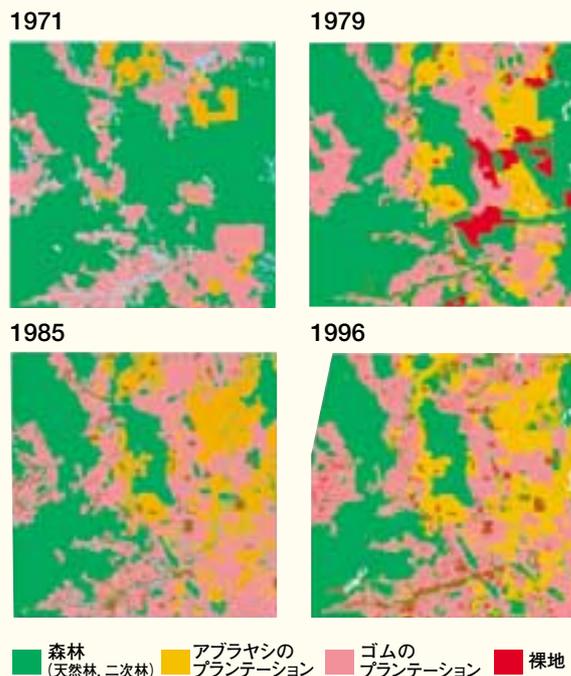
また森林の中でも熱帯林の減少・荒廃は顕著で、1990~2000年の間に1億2300万ha減少しています。これは日本の面積の3倍以上です。

右の図は、今回の研究地点であるマレーシア半島内のパン近辺の森の1971~96年までの土地利用の変化です。25年の間に、60km四方のエリア内の緑が大幅に減っているのがわかります。オレンジがアブラヤシ、ピンクがゴムのプランテーションです。これらは農地です。近年はゴムよりアブラヤシの開発が増えており、その分森林面積が減ってきています。

半島部マレーシアにおける森林の減少の原因は、主にプランテーションの開発によるものです。また商業伐採ではブルドーザーなどの重機を使用することが多く、土壌の流亡が起きたり、さらに林道や搬出道では土壌の緻密化が起こるので植生の復活が遅れるなど、実質的な森林環境の劣化が問題となっています。

一方熱帯林劣化の背景としては、経済的な側面に加え構造的なものもあります。熱帯林を持っている国々では、土地の所有者と伐採業者とが一致しないことが指摘されます。森林や土地が個人所有の場合には、次の世代のことも考えながら森林管理が行われますが、

パン周辺地域の植生・土地利用の変化



マレーシアなどの場合は、土地の所有権は国や州が持ち、伐採権を伐採業者に有償で与えています。このため、伐採業者は目先の利益だけを考えがちで、適切な森林管理が行われずに、熱帯林が荒らされていくケースもみられます。

研究者に聞く

た違法伐採が行われたり森林の奥深くまで焼畑などが行われる場合もあります。このような森林の劣化の波及効果が熱帯林の減少につながっていると思います。

—— 樹冠率が10%あれば森林ということですが、全然人手が入ってない天然林は、樹冠率何%ぐらいですか？

奥田 樹冠率はほぼ100%です。

—— つまり1/10までは森林として計算されてしまうのですね。

奥田 統計上では、樹冠率100%のものが50%になっても減少とはいいません。ですから熱帯林の破壊

の実態は、統計をかなり上回っている可能性があります。

●研究の中から

—— それでは、奥田さんたちが実際行っている研究の中から、いくつかお聞きします。天然林と択伐後の二次林との間で生物の多様性はどのような変化がみられましたか？

奥田 私たちが調査しているパソ保護林をランドサットの画像(図1)で見ると一目瞭然です。図の濃い緑(天然林)の周辺部で緑が少し薄いところが1950年代後半に択伐、つまり有用木だけを選んで伐採した後の二次林です。先ほどの樹冠率からいうとほとんど変化はありません。つまり、どちらも森林です。でも2つの緑の色はまったく違います。その姿を分かりやすく示したのが図2です。

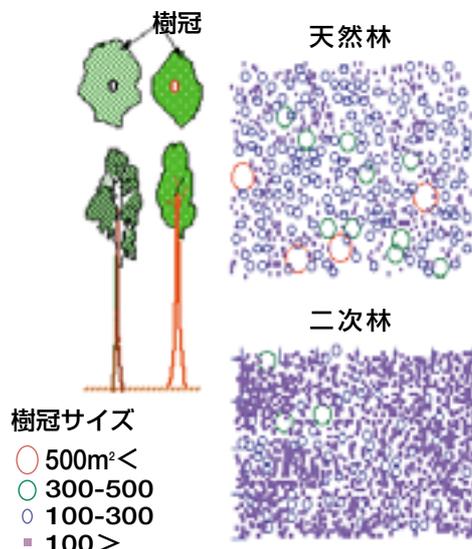
これは空中写真をもとに樹冠の大きさを円で代表させ、その分布を示したものです。天然林では非常に大きな樹冠を持っている木がたくさんありますが、二次林では小径木が多くなって樹冠も小さくなり、小さな木が密生している状態です。樹木1本当たりの樹冠は天然林に比べ半分くらいです。

さらに林冠の高さの頻度分布を比較したところ、天然林では40mを超える木がたくさんある一方で、20m以下の低い木の割合も二次林に比べて高いことがわかりました。老齢木が多くなると、風倒木が発生しやすくなり、林冠ギャップといわれる"空間"ができます。この林冠ギャップの下には光がよく届くために、そこに生えていた稚樹などの若齢木の成長がよくなります。つまり林冠ギャップは周囲がつながって光が入らない「鬱閉」環境に比べると異質な環境ですが、森林が生まれ変わるための大切な場所です。

図1 ランドサットから見た写真



図2 パソの天然林と二次林における樹冠の大きさの比較



メモ

樹冠とは、樹木の枝や葉の茂っている部分をいいます。その形が冠状に見えることからその名が付いたといわれています。

林冠とは、森林において樹冠同士が並び、横に相接して森を覆う層のことです。

樹冠率とは、単位面積あたりの樹冠の占めている部分がどのくらいあるかを示す割合のことです。



もあるのです。私たちの調査は、こうした林冠ギャップの割合が天然林では高くなり、森の更新が正常に行われているのに対し、二次林では林冠ギャップの割合が低くなっていることを示しています。

—— 森林に限ってもかなりの違いがあるんですね。熱帯林としてそれだけ異なった環境ですと、動物などの生態もかなり異なるのでしょうかね。

奥田 カメラを定点に置き、赤外線センサーを使った自動撮影によって、撮影地点を通る動物の種類や出現頻度を調べましたが、天然林の方が圧倒的に多いです。つまり動物相の組成や多様性に違いがあることがわかりました。天然林でも二次林でも林床(森の下層)を歩いているだけでは、その違いはわかりにくいのですが、調査によってさまざまな違いがわかってきました。注目すべきは択伐後40数年以上経っても、森林の構造ばかりでなく生物相も天然林とは違うということです。元に戻らないんです。

—— 熱帯林の多様性は一度改変されると元に戻すことは難しいのですね。さて、森林構造の変化により、昆虫などの動物と植物との関係にも問題が起きそうですね。

奥田 熱帯林地域では、生物同士の相互作用が多様な環境をつくり出しているという報告がたくさんあります。たとえば、ある種の花は、蜜を吸いにくる鳥やチョウ、ハチなどを選別できるといわれています。すなわち、ある特定の植物の繁殖にはある特定の動物が関わっているという関係です。この場合、伐採で木が少なくなってしまうと、媒介する特定の鳥や昆虫も生息環境がなくなって減少し、その後植物がやっと花をつけても、そのときには花粉を媒介する昆虫などが少ないのですから、その植物が繁殖する可能性は減ってしまいます。

●熱帯林減少の対応策は

—— 熱帯林、二次林、森林の荒廃について研究されて、実際に熱帯林はどのようにあるべきだとお考えですか。またこの特集のメインタイトルでもある「持続可能な森林管理」をどのように考えていけばよいのでしょうか。

奥田 生物多様性の保全という面から見れば、木

を切らないことが一番よい方法ですね。そうは言っても、それで暮らしている人もいるわけですし、森林を切り売りしなければならないそれぞれの国の事情もあります。

一方、森林はいろいろな公益機能を持っています。生物資源生産、多様性保全、CO₂吸収蓄積などさまざまな機能をあげることができます。CO₂吸収蓄積機能というのは、生物資源生産機能とかなりリンクしていますが、CO₂吸収だけを重要視するのなら、伐採後の植林ではユーカリやアカシアなど成長の速い木を植えればよいということになります。もちろんこれは極論ですが。ただ現状では、森林の伐採は行われるわけですから、そのやり方やその後のメンテナンスを変えてみるという考えはあります。たとえば林道を建設する際、ただブルドーザーで林道を作り、後は放置するというやり方を改めて、熱帯林地域の生態系に配慮し、排水機能なども考慮した方法に変える。その結果、土砂流亡を最小限に抑えることができます。木材供給量や伐採効率は若干下がるかもしれませんが、生物多様性の保全機能はある程度守ることができます。ただそのためのコストをだれが負担するか、どのようなバランスにするかは、難しい問題ですね。

—— グローバルにみて熱帯林保全のための伐採管理の流れはどのようになっているのでしょうか

奥田 たとえばFSC^{*1}とかISO14001^{*2}などの基準があります。「森林の伐採基準、森林管理を満たしていない木材等の森林生産物は市場が受けつけない」というシステムです。これらにより、非常に厳格に細かくチェックされた森林経営が可能になるわけです。

—— 商業伐採に関してはわかりました。もう一つ、マレーシアではプランテーションがありますね。そちらの方はどうですか。

奥田 図3は土壤保全機能から見た土地利用モデルです。エリアの中の赤いネットで示しているところが、現在森林があるところ。ところがこの図では森林として残すべき場所がほとんどありません。なぜかといえば、土壤浸食を防ぐコストを考えても、農地を開拓した方が利益が出るからです。この利益の計算は農地が産する利益から直接的なコストを引いて、それから間接的なコスト、エコロジカルサービスとい

*1 FSC : Forest Stewardship Council (森林管理協議会による森林保証制度)。

*2 ISO14001 : International Organization for Standardizationによる環境マネジメントシステムに関する規格の一つ。

研究者に聞く

て、それから間接的なコスト、エコロジカルサービスといわれる公益機能の経済価値を引いて計算します。つまり森林をアブラヤシのプランテーションに交換してもまだ利益が出るのが、図の白で示したところです。ところが炭素貯蔵機能(図3下図)まで考慮すると、先ほどのような利益は出てきません。マ

イナスになってしまいます。

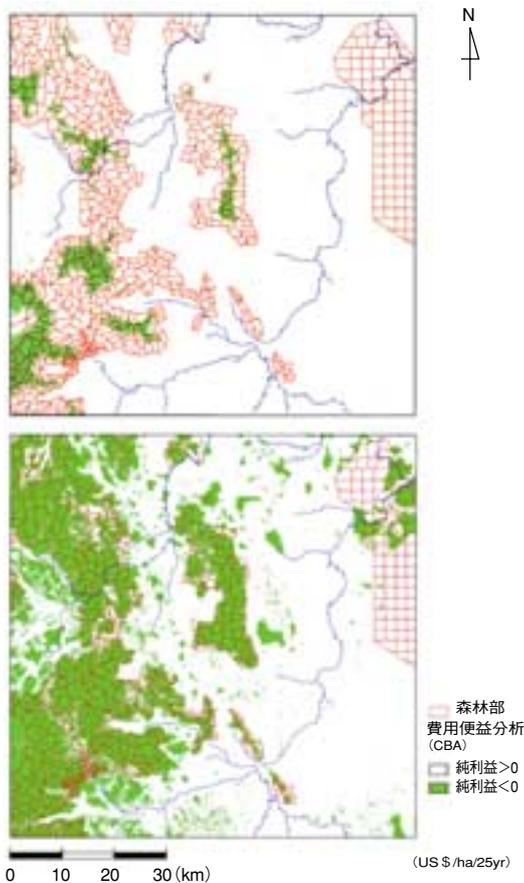
—— 図の緑の部分がそうなのですね。

奥田 そうです。地球温暖化対策で、炭素の吸収や貯蔵の話題が世界中で行われています。マレーシアはまだCO₂排出削減義務の当事者にはなっていませんが、将来CO₂排出権取引などという話になったとき、つまり実際に炭素の吸収量や貯蔵量に対して値札がつくようになったときには、話が変わってきます。その場合、こうした土地利用モデルのデータが役に立つと考えています。

—— そのためには、どのくらいの森林があって、かつどのくらい炭素量を持っているのかを情報として確実なものにしておく必要がありますね。

奥田 炭素の貯蔵量はある程度わかりますが、吸収量の話になってくると、1970年代に出たデータがそのまま一人歩きしている例もありますし、まだまだわかっていないこともあります。また炭素の貯蔵量やCO₂の吸収量、排出量などに関して、東南アジアでも各国が同じ数式を使っているとは限りません。ですからどういう根拠で炭素の量を算出したのか、一つひとつを明確にするための作業や、どのような統一基準が必要かという議論をこれからしていかなければならないのです。今後はそうしたバックグラウンドを整備する必要があります。

図3 パン周地域における土地利用モデル構築のための費用便益分析(CBA)



熱帯域土地利用モデル構築のための費用便益分析(CBA)

$$\text{純利益} = \text{粗利益} - (\text{直接的なコスト} + \text{間接的なコスト})$$

- | | | |
|----------------------------|----------------------------------|--|
| | | |
| 農業的土地利用 | 農業的土地利用のための必要経費 | エコロジカルサービス |
| ・農産物からの利益
(価値=市場価格×生産量) | ・農場建設費,維持費
・林道建設費,維持費
・運搬費 | ・生物資源生産機能
・多様性保全機能
・CO ₂ 吸収蓄積機能
・水・土壌保全機能
・保健文化機能 |

純利益 < 0 : 熱帯林を保護あるいは復元すべき場所 (緑)
 純利益 > 0 : 農業的土地利用として利用可能な場所 (白)
 熱帯林のエコロジカルサービスとして土壌保全機能のみを考慮に入れた場合(上図)。熱帯林の炭素蓄積機能を加えた場合(下図)。(吉田他,未発表資料)

●今後の研究の方向性

—— 熱帯林の荒廃の現状、持続可能な森林管理をめざして、できる限り熱帯林が損なわれないような方法を提案していく、というこれまでの研究をうかがいましたが、それを具体化していくためには今後どのようなことを行っていきたいとお考えですか。さらなる継続なのか、あるいは先ほどの熱帯林の持つ経済価値を示していくシミュレーション研究など、どのようなものを頭に描いていらっしゃいますか。

奥田 いくつか考えています。先ほど言いましたFSCとかISO14001などの認証制度が注目されています。たぶんそれに合わせた森林管理が今後行われると思います。そうした世界的な基準によって、森林管理の形態がチェックを受けるようになります。そのときにさまざまな角度からの研究のサポートが必要になります。一度認証を受けた森林も、その後定期的なセンサスが入ります。たとえば多様性を重



視した管理基準にはどのような指標があるか、どの程度現状を正確に表わしているのか、わかりやすい指標とは何か—などについて調査・研究していく必要があります。

もう一つは熱帯林地域の住民にとって、森林とは何かということです。経済的なことを含めて、どのようなインセンティブが与えられれば森林が持続的に管理されるのか、という現実的な研究分野ですね。熱帯林の問題にはさまざまな社会経済的な背景があり、自然科学系だけの研究では対応できません。また、森林の荒廃をくい止める方法として、バーチャルな森林管理プログラムの導入も考えてます。これはデータベースを蓄積し、開発や伐採など熱帯林について何らかの手を加える際、このくらいのリスクがあ

りますよ、ということを示すプログラムです。さらに、先ほど示したマーケットによるコントロールです。これには研究サイドからのサポートが必要になります。

熱帯林の減少については、社会的背景が大きな原因となっています。抜本的な解決には、住民参加によるプログラムとか社会運動など地域社会と連携した手法の開発がどうしても必要になってきます。これは私自身の研究ではありませんが、こうしたプログラムをプロジェクトの中に呼び込んで、研究を続けたいと思っています

— ありがとうございます。熱帯林が非常に緻密な構造で複雑なこと、そして減少についての対応は社会的な要因もあり、長い目で見なければならぬことがよくわかりました。

コラム 「熱帯林の機能」その②

木材生産機能

材木や紙の原料としての木材を供給する機能です。木材生産機能は生物資源生産機能の一つですが、森林の持つ公益機能(=エコロジカルサービス)の中には含まれません。フタバガキ科植物(日本ではラワンとして知られている)は東南アジアの有用木の大半を占めていますが、伐採やプランテーションの開発などにより、天然林は非常に少なくなりました。またフタバガキ科の多くは、数年に一度しか種子をつけないものが多く、休眠性がないため種子のストックが困難です。このため人工的に森林を再生する場合、多くのコストを要します。

なお熱帯林は紙の原料となるパルプの原産地ではありませんが、アカシアなどがパルプ材として植林されています。従来からあった天然林に代わり新しい植生が生まれるわけですから、これまでの生態系とは大幅に変わる可能性があります。

多様性保全機能

全生物種の半数以上が生息するといわれる熱帯林は、生命体の宝庫であり、また遺伝子の宝庫でもあります。実際に、現在使われている薬剤には熱帯由来のものがたくさん存在します。1992年5月には「生物多様性条約」がつけられました。この条約は、生物が生活する上で豊かな環境をつくること、遺伝子資源の利用から生まれる利益について産出国や利用国の間で公正に配分すること、などが重要であるとの考えのもとに、世界的に生物多様性を保全していくというものです。日本は1993年5月に批准しており、2002年1月時点で締結国は182カ国です。この条約には

先進国の資金により 開発途上国の取組みを支援する資金援助、先進国の技術を開発途上国に提供する技術協力もあり、経済的・技術的な理由から、生物多様性の保全と持続可能な利用のための取組みが十分でない開発途上国に対する支援が行われることになってます。

CO₂吸収蓄積機能

成長期の若齢林は、個々の樹木の成長が著しいために盛んにCO₂を吸収します。ただし倒木など枯死した木はCO₂を放出するので、老齢木の割合が高い成熟林のCO₂の収支はゼロといわれます。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第3次報告書(政策決定者向け要約)によれば、過去20年間の人為的起源による二酸化炭素の大気への排出のうち約3/4は化石燃料のもので、残りの大部分は土地利用の変化、とりわけ森林の減少である、ということです。

集水域保全機能(水・土壌保全機能)

熱帯では短い間に激しい雨が降り、洪水や土壌浸食による災害の原因になります。これまでのマレーシアでの調査では、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ことがわかりました。また、熱帯林土壌が洪水をやわらげる大きな働きを持つことも明らかになりました。このほか集水域保全として、水質の浄化、土壌流出の防止、山崩れ防止など河川、湖沼、沿岸域などの海域を含めた生態系の保全機能があげられます。

森林伐採と多様性

東南アジアの熱帯林における商業伐採は、有用木を選択的に抜切りする「択伐」方式が主流です。したがって森林伐採そのものでは森林面積は減少しませんが、伐採路の建設や施業の際の下層植生へのダメージや土壌攪乱、大径木が欠損することによる森林構造の変化、伐採後の維持管理の不備^{*3}などにより生物相や多様性への影響は少なからずあります。われわれが試験地を設置したマレーシア・パソ保護林の一部は1950年代の後半に一度択伐を受けた二次林です。この二次林と伐採などの直接的な人為的影響を受けていない天然林との間で、森林構造、野生生物の種多様性などの違いについて調べてみました。

二次林と天然林との比較

●森林構造

まず天然林の林冠の高さは二次林よりも有意に高いことがわかりました。さらに林冠高の分散や変動係数も天然林ではるかに高い値を示しました(図4)。これは二次林では伐採によって突出木層^{*4}が欠損し、風倒木による林冠ギャップの発生頻度がきわめて低くなっているためと考えられます。また、二次林の平均樹冠面積や林冠表面積は天然林のそれに比べてそれぞれ半分から2/3程度であることがわかりました。

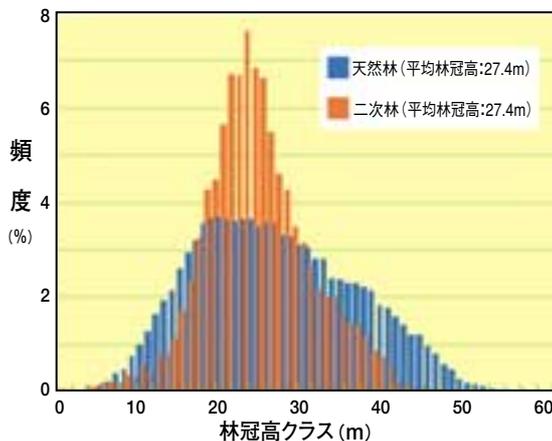
林冠ギャップ下では林床へ十分な光量が供給されるため稚樹がよく成長します。また局所的な光環境や温湿度、土壌など微環境の変化により、それらに対応したさまざまな生物種が短い期間ですが共存できる環境ができます。林冠ギャップの発生頻度が低下すれば、天然更新や多様性の維持機構へも少なからず影響が現われてくることが推測されます。

●野生生物の種多様性

同様にパソの天然林、二次林、森林の林縁部およびその周辺のアブラヤシのプランテーションなどで自動撮影装置を用いて野生動物の撮影頻度の比較を行ったところ、撮影数や構成種に大きな違いがあることがわかりました(図5)。

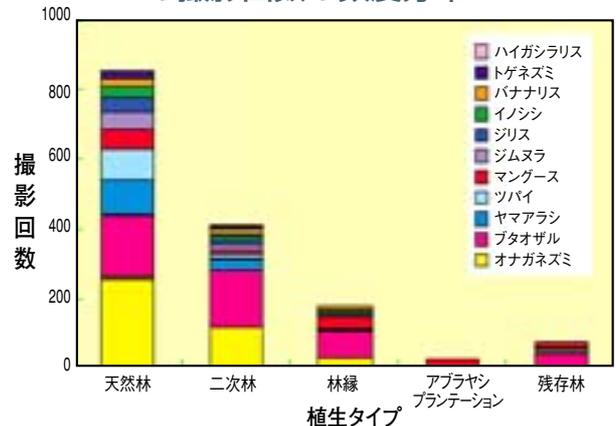
天然林ではジムヌラ(ハリネズミの一種)、マングース、ヤマアラシ等多数の動物が撮影されたのに対し、二次林ではこれらの野生生物の撮影頻度が少なくなり、林縁部やアブラヤシのプランテーションでは激減ないしはほとんど撮影されないことがわかりました。また二次林ではブタオザルやイノシシが回数そのものは増加しないものの他の動物相が貧弱になるため、その相対的な撮影頻度が高くなることがわかりました。なお、林冠で生活するギボン(テナガザルの一種)の声は天然林では聞こえますが、二次林や林縁地ではほとんど聞こえません。

図4 林冠高の比較



林冠の高さを見ると、天然林ではいろいろな高さの木が分布していることがわかるが、二次林では平均の高さの木が多く、両者の間には構造的な違いがあることがわかる。

図5 自動撮影装置を用いた野生動物の撮影回数の頻度分布



植生タイプ別にみた動物出現頻度。天然林には多種の動物がまんべんなく出現しているが、それ以外は種数や量が貧弱になっていることがわかる。(三浦他, 未発表)

*3近年これらの点が問題視され、FSCなどの森林認証制度の導入による維持管理手法の基準化、すなわち森林からの林産物が基準を満たしているかどうかによって取引がコントロールされるようになってきた。

*4林冠層の上に突き出している大径木による層。熱帯林の特徴である。

さらに、小型ほ乳類(リス類)の捕獲実験では興味深い結果が得られました。ミケリスはほとんど樹上でしか捕獲されない種ですが、天然林に比べ二次林での捕獲頻度は低いものでした。一方、地上で捕獲されることが多いバナナリスは二次林での捕獲頻度が高くなりました。林冠を移動するムササビは天然林でしか捕獲されませんでした。

また、チョウ類やダニ類、菌類など小型動物や微生物に関しても、ほ乳類と同様に天然林と二次林との間で組成や多様性に違いがみられることがわかりました。とくに担子菌類の組成、頻度の両者での違いは倒木の発生頻度に影響を受けることが示唆されました。二次林では風倒木の発生頻度が低いため、林床性の微生物の生息環境の確保に影響を与えていることが推測されます。菌類は生態系における分解や樹木が短期間に効率的に養分を吸収する上で重要な役割を担っており、こうした倒木の発生頻度の変化が塩類循環を通して森林の生長にフィードバックすることが考えられます。

* * *

このように森林構造という「容器」の形がほんの少し変化するだけで、多様な生物相が少なからず影響を受けることがわかってきました。生物相が多様な熱帯林では種間の結びつきが非常に特異的であるため、ほんのちょっとしたきっかけが大きな影響となって現われることは、これまでもさまざまな地域で報告されてきたことです。さらに重要なことは択伐後40余年たった現在でも森林構造が完全に回復せず、いまだに生物相に違いが出ている点です(図6)。

●熱帯林の特性

東南アジアの熱帯雨林の多くの構成種は、一斉開花現象と呼ばれる数年に一度起こる開花結実によってのみ次世代を残すといわれています。さらにフタバガキ科の種子は休眠しないため、種子散布後、数日から数週間以内に発芽してしまいます。今のところ効率的に種子を保存する方法は確立されていないため、必要に応じて種子供給ができる体制が整っているわけではありません。伐採の周期が短かすぎたり、開花結実のリズムをはずしたり、親木の伐採下限サイズを誤れば、フタバガキの森林は更新できなくな

るのです。また親木の個体数減少によって交配相手が少なくなり、遺伝的多様性の低下を招く可能性があることについてもパソや周辺域の森林の調査で明らかになってきました。

●今後の課題

森林の伐採に当たっては、従来の単なる木材資源の持続的生産から、近年ではより生態系保全をめざした資源管理へとシフトしつつあります。こうした背景には、森林を始めとする天然資源をより持続的に利用していこうという世界的な潮流や、それに合わせた森林認証制度の普及があげられますが、生態的管理をめざすのであれば、森林伐採周期、伐採後の手入れの方法などさまざまな生態学的視点からの管理手法の改良が望まれます。同時にそのための研究支援という点については、精密な野外調査にとどまらず、マクロ的に森林の保全状態が把握できるスケールアップ技術など、多くの課題が研究者には残されています。

図6 パソの天然林と二次林の林冠構造の概念図



樹冠サイズ



二次林による森林の機能の変化

- ・森林構造、更新秩序への影響
- ・炭素循環への影響
- ・生物相互間作用、多様性への影響
- ・水収支、集水域生態系への影響

二次林では樹冠、高さとも貧弱になる。多様性が失われている状態は戻らない可能性が高い。

熱帯林の研究をめぐって

熱帯林の研究は生物学的な調査からスタートした経緯もあり、現在も生態学・生物学的な調査が中心です。しかし、近年は森林減少問題に焦点を当てた要因や影響などの応用研究が増えてきており、世界中で多様な研究プロジェクトが展開されています。

熱帯地域における主な研究プロジェクトサイト



世界では

中米(コスタリカ・パナマ)や南米では、生物学的調査や森林管理などの多彩な調査研究が、主としてアメリカとの共同研究で行われています。中南米における熱帯林研究の歴史は長く、現在でも多岐にわたった研究が続けられています。

これらの研究は、それぞれの場所の特殊性や生物群があまりにも多様であることから、他地域の調査プロット(地点)との比較や情報交換が不可欠です。そのため調査・サンプリングの共通化が図られつつあります。たとえば、アメリカの国立科学財団(NSF)がスポンサ

ーとなり、世界中の長期観測プロットとの連携を図る動きや、スミソニアン熱帯研究所(STRI)の中の熱帯林研究所(CTFS: Center of Tropical Forest Science)が中心となり、中米、インド、東南アジアなどに大規模面積プロットを設置し、そこで行う同一観測手法による長期間に及ぶ森林の動態に関する研究などです。なお国立環境研究所でも1998年度から、CTFSプログラムへ共同スポンサーとして参画し、東南アジアでの長期森林動態観測ができる体制を整えています。

日本では

日本には熱帯林がないため、主に東南アジア各国と共同研究を行っています。

生物学的な調査としては、ボルネオ島ランビル国立公園での動植物の相互作用に視点を置いた共生系の研究、多様性の維持管理に関する研究および同公園に隣接するBakamでの熱帯林復元の研究(京都大学、大阪市立大学、愛媛大学、宇都宮大学など)、キナバル山周辺域での温度や栄養塩を環境傾度軸とする生物相

の変遷に関する研究(森林総合研究所)、タイ北部での長期植生変動(大阪市立大学)、同じくタイ北部での焼畑などの林野火災による植生への影響および長期植生変動に関する研究、東京大学を中心とするタイ・マレーシア国境付近での低湿地林での研究などです。

一方、荒地での植生回復など事業的色彩の強いものとして、国際協力事業団(JICA)によるマレーシア半島部での複層林プロジェクト、国際生態学センターに

よるボルネオ島での地域種の植栽プログラム、スプル(サマリングの奥地)における住友林業と東京大学などによる熱帯林再生プロジェクトなどがあげられます。

また、インドネシアでは、インドネシア科学院生物研究センターとの共同で、北海道大学が東南アジア湿地生態系の環境保全に関する研究を、森林総合研究所

と国立環境研究所が森林火災の生態系への影響評価に関する研究を進めています。

これらの大学、公的機関のプロジェクトに加え、公社、住宅メーカーによる植林プロジェクトなどがあります。

国立環境研究所では

熱帯林研究の長期戦略

これまで蓄積された森林生態系に関する膨大な資料・成果と熱帯林を含めた地域の環境管理をどうリンクさせるかが現実の問題となっています。そのため特定の地域をモデルサイトとして選び、その地域の保護・保全のために学術的視点からの調査・研究を基に生態系の公益機能評価を実証し、森林総合研究所やマレーシア森林研究所などと共同で現場に還元できるような実利的な研究をめざしています。この他以下に挙げるテーマを同時並行的に進めています。

① 森林伐採後の修復過程の追跡調査研究

熱帯林の持続的利用がどの程度可能か、現状の択伐周期、択伐対象木のサイズが適切かどうかに関しては、伐採後の追跡調査が必要です。さらに天然林と木材・農産物生産林との間につくるバッファゾーン(緩衝地帯)の研究や択伐前後の森林機能の比較研究などを行っています。

② 森林の周縁、二次林化、孤立(分断)化による野生生物への影響調査

熱帯地域の森林植生をみると、天然林が連続的に残

されているところは現実にはまれで、大規模プランテーションなどによって分断化、孤立化が起こっているのが通常です。野生生物はこれらの飛び石的に連続した植生をどのように移動し、繁殖しているのか。また動物相の移動経路と森林構造の関係を明確にするための研究を行います。

③ 森林伐採に伴う遺伝的多様性の劣化に関する調査

熱帯林保全を考えると、天然林が自立的(人手に頼らず)に成立するにはどのくらいの面積(あるいは個体数)が必要か、といった問題に答えなければなりません。さらに、有用木として商業伐採の対象となるフタバガキ科は種子の保存ができないため、まず集団(あるいは個体群)レベルでの研究を行うことにより、伐採後の最低個体密度や最小繁殖面積の割り出しを行うことが不可欠です。さらに、反復して特定の種が伐採の対象となった場合、その樹種の遺伝的な集団構造(とくに次世代)に影響が現われると考えられます。こうした遺伝的側面からの調査・研究を行います。



「熱帯林—持続可能な森林管理をめざして」 研究のあゆみ

第 1 期 (平成2～4年度)

熱帯林のインベントリーに関する調査

マレーシアの低地熱帯雨林、丘陵地フタバガキ林、山地林などで動物、植物のインベントリー調査を行った。

第 2 期 (平成5～7年度)

熱帯林の多様性維持機構に関する研究

熱帯雨林の高い多様性がどのようなメカニズムによって維持されているのか、植物や動物の種間関係、植物と動物の相互作用、森林内の微環境の不均質性によるニッチ分割の可能性や役割について現地調査・研究を行った。

第 3 期 (平成8～10年度)

伐採などの人為的攪乱が森林の構造や機能に及ぼす影響

伐採後に成立する二次林、天然林、断片化した森林などで、林分の構造(林冠、林内)、組成、生息する野生動物の多様性、組成および樹木の遺伝的多様性などにどのような影響を及ぼすかについて調査を行った。

第 4 期 (平成11～13年度)

熱帯林のエコロジカルサービスについての研究

森林生態系がもつエコロジカルサービス(公益機能、たとえば生物資源生産機能、多様性保全機能、CO₂吸収蓄積機能、水・土壌保全機能、保健文化機能)が伐採、土地利用転換によりどのように変化するかについて調査研究を行った。

プロジェクト参画機関

本研究は地球環境研究総合推進費等により、以下の研究機関の協力を得て行われました。

日本側

国立環境研究所、森林総合研究所、国際農林水産業研究センター、自然環境研究センター、科学技術振興事業団、国際協力事業団、北海道大学、秋田県立大学、東北大学、筑波大学、東京都立大学、早稲田大学、東京大学、都留文科大学、新潟大学、名古屋大学、岐阜大学、京都大学、大阪市立大学、信州大学、神戸大学、奈良女子大学、日本福祉大学、広島大学、島根大学、九州大学、熊本県立大学、(株)日経リサーチ、(株)建設技術研究所

マレーシア側

マレーシア森林研究所 (FRIM)、ネグリセンピラン・マラッカ州林野局、マレーシア野生保護局 (DWNP)、マレーシアプトラ大学 (UPM)、マラヤ大学 (UM)、マレーシア国民大学 (UKM)、マレーシア工科大学 (UTM)

『環境儀』

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すしるべとしたいという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・航路を書き込んでいくことが、環境研究に携わるものの任務であると考えています。

2001年7月

理事長 合志 陽一

(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)

環境儀 No.4

— 国立環境研究所の研究情報誌 —

2002年4月30日 発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG: 椿 宜高, 奥田敏統, 清水英幸, 滝村 朗, 平野靖史郎, 横内陽子)

発行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川116-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所研究情報室 0298(50)2343

(出版物の内容) // 企画・広報室 0298(50)2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

編集協力 (社)国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13

無断転載を禁じます



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字N.I.E.Sで構成されています。N=波(大気と水)、I=木(生命)、E=Sで構成される○で地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切って左側に進むように動くのは、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。



本誌は再生紙を使用しております