

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

③エコロジカルサービス研究サイトのネットワーク化に関する研究

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

(現広島大学大学院総合科学研究科)

沼田真也・鈴木万里子・吉田圭一郎

松本陽介・植田愛美

独立行政法人森林総合研究所

<研究協力者>

京都大学 アジア・アフリカ地域研究科

小林繁男

財団法人自然環境研究センター

西村千

(株)建設技術研究所

杉本龍志

マレーシア工科大学

Mazlan Hashim・Abd. Latif Ibrahim

平成14～18年度合計予算額 6,798千円

(うち、平成18年度予算額 1,884千円)

[要旨] エコロジカルサービスの持続的な利用・管理を基本理念に掲げるのが「エコシステムマネジメント」であるが、その実現のためには科学的裏付けに基づく正確な資源量の把握や管理基準の策定、そしてこれらの得られた知見を活かしたランドスケープ管理の実践や土地利用計画の策定が必要不可欠である。つまり適正なエコシステムマネジメントの実現には、基礎研究から得られた成果と実践的な事業とのリンケージ、すなわちネットワークの形成が重要な課題となる。このような背景から、本研究ではこれまでE4課題で得られてきた森林生態系およびエコロジカルサービスに関するデータをもとに、実際の熱帯林修復事業（荒廃地植生のリハビリテーション等）との連携を行った。まず、植栽などによる生態系修復活動に際して、在来種がどの程度有効であるかを確かめるため、天然林で得られた毎木調査データと環境要因（土壌および地形）との対応関係を把握し、天然林性樹木種の生育地特性を把握した。その結果、多くの樹木種が特定の生育地への選好性を持つことが明らかとなった。次に地域住民や地元中学生参加による緑の回廊設置事業を試みた。植栽樹種の選定のため、植林予定地の環境条件や植栽樹種の市場価格、地域住民の要望などを考慮して9樹種（地域住民の要望種2種を含む）を選定し植栽を行った。植栽後、生存率の調査を行った結果、*Artocarpus hispidus*の生存率は低かったものの(40%)、その他の8樹種の生存率は極めて高いことが分かった(平均92.1%)。さらにこうした植林活動が将来的に温暖化防止の吸収源対策としてどの程度有効であるか、また地域社会でどのような問題が生じるかなどについて検討を行った。その結果CDMメカニズムでは認証などへのコストが高むこと、天然林や在来種による森林復元のためにはそれらがもたらすエコロジカルサービスへの適正な配慮が必要であることが示唆された。

[キーワード] リハビリテーション、造林、生育地選好性、樹種特性、住民参加

1. はじめに

熱帯地域で深刻化している森林破壊は、森林面積の急激な減少にとどまらず、周辺集落や地域社会の生活環境の悪化や、森の文化の衰退など、森林から得られる公益機能（エコロジカルサービス）の劣化をもたらす。このような生態系から得られるエコロジカルサービスの持続的な利用・管理を基本理念に掲げるのが「エコシステムマネジメント」であるが、その実現のためには学術調査に基づく正確な資源量の把握や科学的裏付けに基づく管理基準の策定、そしてこれらの得られた知見を活かしたランドスケープ管理や土地利用計画の策定が必要不可欠である。つまり適正なエコシステムマネジメントの実現には、基礎研究から得られた成果と実践的な事業とのリンケージ、すなわちネットワークの形成が重要な課題となる。しかしながら、熱帯域では生物学・生態学を中心に研究が行われ森林生態系に関する膨大な資料や成果が蓄積されているものの、得られた知見を実際の事業に活かした例は多くない。

このような現状を踏まえ、本サブサブテーマではこれまで、生態系、地域社会、経済全体の調和を目指した自然資源管理は如何にあるべきかについて焦点を当て、森林の持つ多様なエコロジカルサービス（多様性保全機能、炭素蓄積・循環機能、集水域保全機能、木材生産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、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明らかにすることを目標とした。一方、当課題(E4課題)と関連が深いE3課題「荒廃熱帯林のランドスケープレベルでのリハビリテーションに関する研究」（平成14～16年度）では、熱帯荒廃地の再生手法の開発を目指してきた。このような両課題によって得られた「森林管理」や「森林再生」に関する知見を統合し、実際の資源管理や再生事業に活かすことで、適正なエコシステムマネジメントの実現が可能となると考えられる。このような背景から、本サブサブテーマは、基礎研究から得られた成果と実践的な事業とのリンケージ、すなわちネットワークの形成の実践を試みるものである。

2. 研究目的

本サブサブテーマは、熱帯生態系における森林再生や修復活動と森林のエコロジカルサービスに関する研究とのリンケージを測ることを究極的な目標とした。とくにこの関連において森林伐採や森林の農地への転換などによって分断化された断片化植生を今後どのように利用し、当該域に於けるエコロジカルサービスのアップグレードをはかるかということに主眼をおいた。具体的には以下に述べるような事柄について野生生物の生息地としての質の維持・向上を図るため、熱帯林のネットワーク形成のための基礎的評価を行うことを目的とする。

- (1) 熱帯雨林が分布する地域において森林修復事業や森林の分断化状況を分布するための情報収集を行う。
- (2) 温暖化対策の一環として行われる吸収源活動と熱帯域での生物多様性保全活動との相補性や調和的共存に関する検討について検討を行う。
- (3) 天然林を構成する個々の樹種の土壌に対する生態的特性や適応性を分析し森林再生事業（分断化修復）へインプットするための体制を整える。荒廃地修復や伐採地での造林などでは外来種や、早生樹種が用いられることが一般的であるが、熱帯林の本来の姿を復活さ

せるのであれば、原生林構成種や二次林での後継樹種といわれている樹種を選抜して植栽に用いるのが多様性保全の観点からも理想的である。こうした状況を踏まえ天然林内で生育する主要樹種の分布と土壌タイプとの対応関係を調べ、それぞれの樹種が土壌タイプに対する選好性を明らかにすることを目的とする。

- (4) 当該地域での生態系保全（生物多様性と地域社会）と植林（新規植林、再植林）活動との調和を図るための手法・アプローチを検討する。

3. 研究方法

- (1) 森林修復事業や森林の分断化状況を分布するための情報収集とデータベース化

半島マレーシアで展開し、日本の組織が主導で熱帯林修復、植林に関するプロジェクトの把握を行った。また、半島マレーシアにおける森林の分布状況を定量化するため、マレーシア森林局(Forestry Department)が発行する最新（1992年発行）の森林資源分布図をスキャンし、GISソフトウェアを用いてデジタイジング作業を行った。

- (2) 吸収源活動と生物多様性保全活動との相補性・調和的共存に関する検討

吸収源CDMにおいて新規植林(Afforestation)や再植林(Reforestation)を実施することによる二酸化炭素の排出クレジットの算定、及び森林が復活することによるエコロジカルサービスと農耕地から得られる経済的収益評価を行い、CDM活動における植林事業の費用便益について分析を行った。なお、エコロジカルサービスの評価についてはサブサブテーマである「E4(1)②エコロジカルサービス機能のGIS化に関する研究」などのシステムを活用し、森林の炭素蓄積機能や土壌保全機能を数値化し、比較のための検討材料とした。

現在東南アジア地域で行われている植林活動（CDMパイロット事業として行われている植林活動を含む）や生態系保全に関わる研究および実証型プロジェクトの総括、それぞれの問題点を抽出することを目的として、平成16年度1月にCDMと熱帯林の多様性保全に関する国際シンポジウムならびに国際ワークショップを東京・早稲田大学において開催した。本会議に前後して、講演者やコメンテータおよび会議運営委員などと連携をとり、当該分野に関わる情報を収集し、温暖化対策としての植林活動を行いながら、生態系保全や地域社会の保全を目指すための手法を検討した。なお、国際シンポジウム・ワークショップでは世界銀行（ワシントン）、CIFOR（Center for International Forestry Research）、FAO（国連農業食糧機関）などの国際機関における当該分野の関係者並びに、インドネシア、フィリピン、インド、マレーシア、カナダ、ミャンマー、ベトナム、ブラジル、スリランカおよび我が国の研究機関（環境省、林野庁、森林総合研究所、国立環境研究所）、大学（東京大学、広島大学）、NGO（WWFジャパン）、民間機関（住友林業、海外産業植林センター、日商岩井）などから講演者、コメンテータを招き、情報、意見交換を行った。

- (3) 天然林を構成する個々の樹種の土壌や地形に対する生態的特性や適応性

パゾ保護林内に設置した長期観測用の大規模面積プロット内(50haプロット)で取得した樹木と土壌のデータから、それぞれの樹種が土壌タイプに対してどの程度の選好性が有しているかを調べた。プロット内の土壌タイプを水分特性から4つのグループ分類し、プロット内に出現した樹種814種それぞれの分布パターンとこれらの土壌タイプの分布とがどの程度一致しているかを検証した。

(4) 熱帯林の修復における緑の回廊（コリドー）設置の支援

パイロットサイト（パソ保護林および周辺部の断片化植生およびパソ保護林の対岸である大きな植生塊を含むエリア）を対象にそこで整備されたGISデータを用いて、現時点で残存する森林の生物多様性からみた状況を評価した。更に、当該地区で実際の緑の回廊設置を想定し、森林の分布に関する基礎データベースを構築しながら、緑の回廊設置の必要性が高い候補地の選定を行った。候補地の選定にあたっては、E-4(1)①で収集した植生、河川データを元にした。さらに地元の中高生などを対象としたグリーンキャンペーンを行い、河川集水域沿いに選定した樹木などを用いた植栽事業を行った。

4. 結果・考察

(1) 森林修復事業や森林の分断化状況を分布するための情報収集とデータベース化

1) 半島マレーシアにおいて展開されている熱帯林修復プロジェクトの把握

半島マレーシアでは以前より植林が行われ、1997年の時点で、およそ6万haの面積に、アカシア、マンギウム、チーク、マツなどが植林されていた。現在も、研究機関、ODA（国際協力事業団）、NGO、企業が主導となり、植林事業、植再試験などの造林技術開発、地力回復を目指した土壌改変及び強度樹種を用いた造林試験などが行われている。

本研究と同時進行的に行われている「荒廃熱帯林のランドスケープレベルでのリハビリテーションに関する研究」（E-3）では、修復対象とすべき植生の抽出、修復に関わる技術（立地、植栽技術等）の開発とその統合を目標としながら展開している。そのため、エコロジカルサービス機能の研究サイトのネットワークを実現するにあたり、同時進行的に行われている研究プロジェクトとの統合をはかりながら、更には、他地域において展開している同様の研究事例との間でリンクを測ることが望ましいと考えられた。

2) 半島マレーシアの森林に関するデータ収集とデータベース化

展開されている熱帯林修復プロジェクトを支援するため、半島マレーシアにおける森林情報の収集を行い、データベース化した。その結果、半島マレーシアの国土（約 13.16×10^6 ha）のうち、森林が占める面積は 5.94×10^6 ha（約45%）であった（図1）。得られた森林情報を検討したところ、半島マレーシアの中央部においてまとまった森林が残存するものの、それ以外の地域では小面積の森林がパッチ状に孤立していることがわかった。

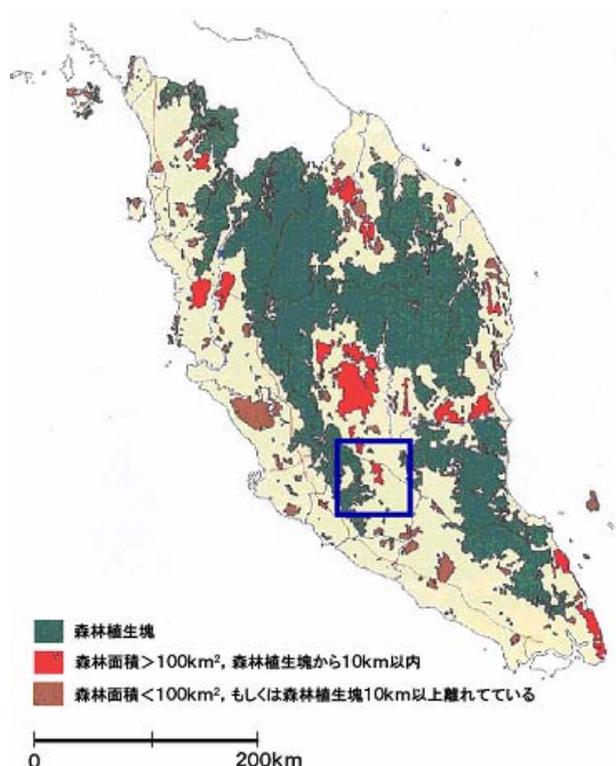


図1 マレーシア半島部における森林の分断化状況。中央の青色で囲んだ枠はパイロットサイトを示す。

(2) 吸収源活動と生物多様性保全活動との相補性・調和的共存に関する検討

国際シンポジウムやワークショップ、研究者間での事前打ち合わせなどのネットワークによって、以下のような情報を得た。

1) CDM植林候補地の地域社会の現状について

CDM活動が想定される地域の多くは、長年にわたる政治的、経済的、社会的混迷による大規模な森林伐採が問題となっている。さらに、都市域との経済格差の拡大に伴う出稼ぎ労働などによる過疎化や地域文化の衰退などが進んでいる地域も報告された。例えばインドネシアでは、中央集権から地方自治へと政策方針が転換されたため、従来型の中央政府による森林管理システムが崩壊し、以前にも増した違法伐採が進み森林の荒廃が近年急激に進んだとの報告を得た。そのため、森林伐採が深刻化する以前から地域ごとに営まれてきた、地域社会や住民による資源の共同管理（コモンズ、ローカルガバナンス）（井上、2004）¹⁾や秩序などシステムの導入の重要性が強調された。これらは、共有地管理の思想は森林資源の利用という面だけではなく、吸収源CDM活動などの森林再生などにおいても十分利用できるものであるため、地域住民による再植林事業などへのインセンティブ導入という点からも画期的な方法ではないかと期待できた。ただし、地域・地方自治へシフトし始めたことにより森林資源の収奪が一層深刻化したため、同じ「地方」のキーワードで括られてしまいがちな「地域住民による資源の共同管理」などに対しても批判が高まり始めている。そのため、住民による資源管理に対して、もう少し長い眼で評価すべきではないかとの指摘が一部の研究者からされた。

一方、インドでは森林局からの技術的、経済的な支援を受けた当該地域の集落が中心となり、小集落単位での森林再生プログラムを形成、実施しつつあることが報告された。こうした「住民

による資源管理」に関しても新たな森林管理システムを見いだすことも出来るため、E4(3)課題「地域社会における生態系管理へのインセンティブ導入のための基礎研究」でめざす地域社会と森林との関わり、および森林開発に端を発する地域住民の森からの乖離、森の文化の衰退過程などの研究の進展が重要性を帯びてくると考えられる。

2) 生態系保全に配慮した新規・再植林の手法検討

森林伐採後生態系の劣化が深刻化しているベトナム、フィリピン、インドネシアなどでは、さらなる生態系の劣化（例えば土壌流出の防止など）を防ぐため、アカシア、ユーカリなどの早生樹種の植林が進められているとの報告があった。また、民間企業を中心とした産業造林が積極的に行われている地域が多く、基本的には郷土樹種であっても早生型の樹種を用いた植栽事業や、またパルプ原料の供給を目的としたものが殆どであった。すなわち、東南アジアで現在進行中の植林事業は、郷土種を用いた一部の環境造林プロジェクト（マレーシアサラワク大学、マレーシアプトラ大学および国際生態学センター）やJICA複層林プロジェクト（マレーシア）を除いて、生物多様性やランドスケープ全体の保全を考慮した総括的な森林再生プログラムは殆ど行われていないといえる。そこで、生物多様性研究者、ランドスケープ研究者などとの研究交流などを通じて、生態系保全を目指した吸収源CDM活動を行う際の注意点として以下の項目を掲げ、これらの問題点と今後の想定される研究課題を表1に整理した。

- ・ 郷土樹種の導入、またそのための選抜試験の必要性
- ・ 遺伝子組換え体などの排除
- ・ 生息する野生生物、潜在的に生息可能な野生生物の行動域などを考慮した植林パッチの空間配置、サイズ、連続性、他の土地利用との境界線の長さや入り組み度合いの検討
- ・ 河川集水域などを対象とした植林活動（河川および河畔林は動物の移動経路としては重要である）の検討
- ・ 野生動物の生息環境としての多層構造を呈するような植林計画の必要性。ただし、短期伐採を目的とした植林活動には不向きで、あくまでも長期伐採、大径木育成を基本とする。
- ・ 生育する野生動物の組成や個体群サイズに対する影響を最小化するための周辺環境の整備。アマゾンの熱帯林で大規模森林伐採を行った際に、試験的に森林のサイズを変更したり、周辺環境の異なる場所での残存林の多様性を比較した研究などからの指摘。
- ・ 多様性や生態系全体の保全状況、成熟度などを表すための森林の健全度の指標（Criteria and Indicator）の必要性。例えば、カナダの林野局やCIFORによる生態系評価のためのCriteria & Indicatorがあるものの、CDM植林のためには次に述べるような認証にかかるコストなどの付加が必要。また、レベルの高い指標や基準はCDM活動を妨げるとの懸念。

表1 生態系・生物多様性保全から見た吸収源CDM活動の問題点の整理と研究課題

目 標	CDM植林の課題	懸念内容	研究課題
生物多様性の保全	<ul style="list-style-type: none"> アカウンティング、 外来種あるいは単一樹種によるプランテーション化 	CDMクレジットを多く取得するために、成長の早い樹種を選定し、外来種の植林や単一樹種によるプランテーション化の恐れ	郷土樹種の中から、最適な樹種を選定する基準
			野生生物の生息域としての森林面積と土地利用形態、植林の幅、河畔林活用の関係性
生物多様性の保全 地域住民の持続的参画	<ul style="list-style-type: none"> 非永続性 	樹木の成長過程における伐採や山火事の影響：CO ₂ を吸収・固定における永続性	持続的な森林経営を目指す森林認証制度との連携
	<ul style="list-style-type: none"> クレジット発生期間 	成長の遅い在来樹種を用いた場合のクレジット期間	在来種の品種改良（バイオテクノロジー）による成長促進に関する研究
地域住民の持続的参画	<ul style="list-style-type: none"> ベースライン、リケージ 社会経済的影響 	地域住民のインセンティブと社会経済を活性化	コストパフォーマンス：アブラヤシプランテーション経営を上回るための経済性の研究 アグロフォレストリーや社会林業をベースとした土地利用作物による経済性の追求

3) エコロジカルサービスの価値をベースにした植林事業の評価手法の検討

a. CDM植林にかかる費用便益

吸収源CDMプロジェクト推進のためのコスト及び要因について検討を行った。その結果、東南アジアの熱帯地域でのCDM植林にかかる費用については概ね以下のような項目が想定された。

i. PDD 作成コスト（プロジェクトデザインドキュメントの作成にかかる費用）

CDM 実施において必要な PDD（プロジェクトデザインドキュメント）作成に関わるコストは概ね 500 万円～1,500 万円。日本国内において作成業務のみの場合は、500 万円程度であるが、プロジェクトのホスト国の現場に出向き、現地の状況を調査する等が入ると、1,500 万円程度までコストはかかると予想される。

ii. PDD 審査コスト

PDDを作成した後、バリデータ等による認証審査費は、1 件300万円～500万円程度必要。また、数年に一度、モニタリングを実施し、その都度審査を受ける必要があるため、毎年300万円程度コストがかかる可能性がある。

iii. 植林、森林維持コスト

苗の値段は種類、地域によって変動するが、調査の結果、概ね以下のような資料を得た（いずれもマレーシアでの価格調査の結果）。

- 苗の値段：アカシアやユーカリでは高さ1.2m苗で200～350円/本、フタバガキ科などの郷土種の場合は600～900円/本である。
- 植栽時の労働者のコスト（雇用保険などを含む約3～4万円/月）
- 維持管理時の労働者の（雇用保険などを含む約3～4万円/月）
- 伐採時のコスト（森林伐採を行う場合は森林管理維持費と少なくとも同等の労働単価が必要）。

iv. リスク回避保険

植林規模、保証期間によって変動するうえ、CDM 植林保険そのもののメカニズムについてもまだ議論が行われている状況であり、詳細なデータは収集していない。

b. CDM プロジェクトから生じる便益要因

i. CO₂吸収源クレジット（CER の値段）

700円CO₂/t 程度（おそらく排出源CDMの取引価格がベースになっているものと思われる）

ii. 伐採木売買費

植栽種によって大きく変わる。郷土種や晩生樹種で大径木になる樹木の値段は早生樹種に比べ高いと考えられる。しかし、成長速度が非常に遅いものは、短期伐採には不向きで、tCER（認証された排出削減量）等の際の収益は期待できない。

iii. エコロジカルサービス

実際の市場原理に載らない価値であるため、この価格が CDM 事業者や投資家の収入になるとは考えられにくい。しかし、後述するように、吸収源 CDM 活動による土壌保全や炭素蓄積機能などの向上を森林価値の増加分として考慮に入れねば、CDM 植林（とりわけ小規模造林の場合は）はコストが高すぎるため、実施者にとって魅力的なものになり得ない。

c. CDM植林活動の試算およびプランテーションなどの経済的利益との比較

上記の調査結果をもとに試験的にCDM植林を*Acacia mangium*で行った場合のコスト、便益などの簡単な試算を行い、農地の開発を行った場合と天然林を保持した場合との比較を行った（表2）。*Acacia mangium*の植林については25年ほど育林し、ヘクタールあたり300tと400tの現存量があった場合（いずれの場合も地上部現存量）を想定した。なおCDM植林の場合は木材を伐採し売却することは想定しなかった。その結果、CDM植林をした場合、エコロジカルサービスを考慮に入れない場合はオイルパームプランテーションから上がる収益よりも遙かに低く（300tベースの場合は赤字）なることが分かった。また、逆に植林を行うことによるエコロジカルサービスの価値を算定考慮に入れた場合は、プランテーションと十分競争可能な利益が上がることも分かった。もちろん、ここに上げた収益や費用、エコロジカルサービスは今回の試算以外にも考慮に入れねばならない項目が多く、さらに変動要因も大きいと思われる。しかし、本試算結果はCDM植林を行う場

合もエコロジカルサービスの価値を考慮に入れることの重要性を示唆するものである。

表2 CDM植林を*Acacia mangium*、農地、天然林を保持した場合とのコスト、便益の比較

	熱帯林	CDM植林	CDM植林	農地
	天然林	樹種： <i>Acacia mangium</i> 400t/ha/25yrまで 生長したと仮定	樹種： <i>Acacia mangium</i> 300t/ha/25yrまで 生長したと仮定	オイルパームプラ ンテーション
便益				
生産量（CER、農産物の売り上げ）	0	5,509	4,744	11,772
エコロジカルサービス	18,635	9,385	9,385	3,776
費用				
初期投資（植栽など）	0	4,059	4,059	2,852
維持費*	0	1,275	1,275	5,839
純利益（エコロジカルサービス無し）	0	175	-591	3,081
純利益（エコロジカルサービスあり）	18,635	9,560	8,794	6,857

* 認証費用（100 ha を 500 万円として 5 年毎に認証を受けると仮定）を含む

国際会議の準備、開催やその他の情報収集活動から、吸収源CDM活動と生態系保全にリンクージュについての主な論点は、1)多様性や地域の生態系保全に配慮するための様々な施策を実行する上での費用を誰が負担し、いかに地域社会との共存共栄をはかりながらCDMを進められるか、2)事業関係者や行政・研究機関などがどのような協力関係を築き支援活動ができるかに2点に集約出来ることが分かった。COP9で合意された吸収源CDMに関する細則では、環境や地域の社会・経済的影響の分析を行うことが明記され、多様性保全とのリンクージュを重視する意見は様々な団体、国などから上げられている。現時点ではそのための調査や分析にかかる費用の問題はCDM事業実施者における実質的な負担増と考えられている。例えば今回の試算で示したように、生態系保全に配慮した植林事業は郷土種を対象にするという点においても、事業者にとっては負担が増え、プロジェクト期間の長期化によるリスクの増大を意味する。しかし、森林を再生するとは炭素蓄積機能を増やすことだけでなく、同時に土砂流出防止機能や多様性保全機能などの様々なエコロジカルサービスの向上をもたらす。例えば、同じ木を植えるにしても、動物の生息環境や行動パターンを考慮した植生の空間配置にすれば、エコロジカルサービスの価値は高まるだろう。そのため、CDM活動によって得られるエコロジカルサービスの増加は、本来CER（認証された排出削減量）に付加価値として加えられるべきものかもしれない。他方、植林活動にともなって新たに得られるエコロジカルサービスを楽しむのはその地域に住む人々であるため、地域やホスト国が負担すべきであるとの考えもあるかもしれない。しかし、熱帯地域や開発途上国の劣化した生態系を復元し、豊かな森をつくることは長期的には地球環境の蘇生につながるもので、CDMにかかる最低限の費用は別に、先進国は付加価値の高い森作りに対するなんらかの財政的な支援を行うことや、事業者に対して減税措置などのインセンティブを導入することを検討する必要があると考えられる。さらに、今回の国際会議や事前情報収集活動においても得られた指摘であるが、

CDM活動に積極的に関わるために、技術的な支援を行うための研究・行政機関、実施事業体やNGOによるアドバイザリーボードを設けるべきとの提案も検討に値する。すなわち研究者やホスト・ドナー国の行政、NGO、事業者など様々な関係者を有機的に結びつけるネットワークを構築するために、本研究のような活動が重要になるものと思われる。

(3) 天然林を構成する個々の樹種の土壌や地形に対する生態的特性や適応性

パソ保護林内の大規模面積プロット内(50haプロット)の樹木と土壌のデータから、それぞれの樹種の土壌タイプに対する選好性を調べた。プロット内の土壌タイプを水分特性から4つのグループ分類し、4つのグループ(G1~G4)までに分けて(表3)、プロット内に出現した樹種814種それぞれの分布パターンとこれらの土壌タイプの分布とがどの程度一致しているかをカイ二乗適合度検定によって検証した。土壌の排水性レベルからいえば、概ねG1>G2>G3>G4となるが、G1とG2はプロットの中では斜面の中、上部、G3、G4はプロット内での低地に分布し(図2)、降雨期には長期にわたり滞水することがこれまでの調査で分かっている。

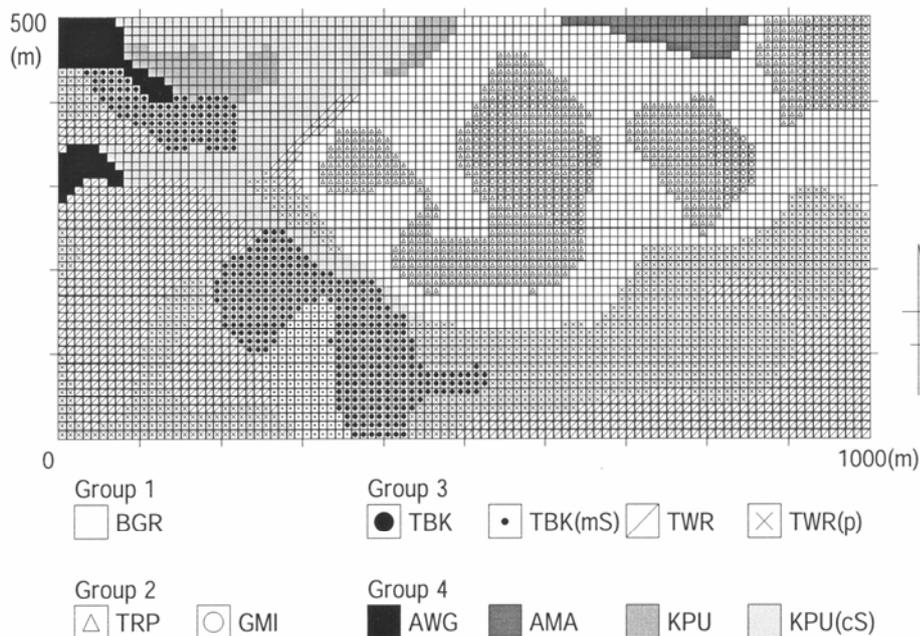


図2 パソ保護林内に設置した長期観測プロット(50ha)内の土壌の分布。各土壌タイプについては表3を参照。

G1~G4の土壌タイプに対する各樹種の親和性と排他性を表3に示した。これらカイ二乗検定により土壌分布の期待値よりも有意($P<0.05$)にはずれているかどうかで判定した。また樹種はそれぞれの種が成熟した際にどの階層までに到達することが出来るかで、突出木層(E: Emergent)、林冠層(C: Canopy)、亜高木層(U: Understory)、小木層(T: Treelet)、低木層(S: Shrub)に便宜的に分類し、それぞれでの階層毎に上記の検定を行った。

その結果、土壌タイプに対して何らかの選好性(親和的であるか、排他的であるかのどちらか)を示す植物は全種数の半数以上に登ることが明らかになった(表4)。階層別に見ると、G3やG4のような土壌の排水性の比較的低い場所に対して、選好性を示す樹種はどの階層でも数多く見られるが、なかでも突出木層のなかでは、G3タイプに対して選好性を示すものの割合が高いことが分

かった（16/39種、突出木層全種の内40%）。また同様に低木層でもG3タイプに対して選好性を示すものが高い傾向が見られた（11/28種、同様に40%）。一方、林冠層を形成する種や、亜高木層、小木層ではG2やG1といった斜面の中～上部にかけて分布する土壌タイプに対して選好性を持つものが多くみられた（全体の32-36%）。突出木層になるような大径木は物理的に大風などによる影響を受けやすく、倒木の可能性は他の下層植生の樹木よりも高いが、意外にもプロットの中の排水性の低い（滞水が起りやすいような）立地に選好性を示すのは興味深い。とはいえ、G1やG2タイプが分布する比較的土壌条件の良い箇所で強い選好性を示す樹種は小木層や低木層では僅かとなる。これはおそらく、こうした箇所では突出木や林冠木が早く成長し、林冠を覆ってしまうために林床植物の分布規定要因としては土壌条件よりも、林床での光環境をめぐる競争が分布の制限要因になっている可能性が高いためと考えられる。

表3 パソ保護林内の長期観測プロット（50ha）に分布する土壌タイプと特性

グループ	土壌タイプ (Soil series)	主な特性*	母岩	プロット内 での分布
G4	AWG (Awang)	排水性不完全 (Ferric Alisol)	堆積岩	平地～なだらかな斜面
	AMA (Alma)	排水性不良、 (Ferric Alisol)	堆積岩	平地～なだらかな斜面
	KPU (Kanpon Pusu)	排水性不良、 細かな砂質～粘土質、風化堆積土壌、 (Gleyic-Plinthic Acrisol)	堆積岩	平地, 川辺
	KPU(cS) (Coarse sand var. KPU)	KPU と同様な性質、ただし土質は粗い砂質または粘土質	堆積岩	平地, 川辺
G3	TBK (Tebok)	細かな砂質～粘土質、風化堆積土壌、土質は中～粗、塊状、砂質または粘土質、排水性良好 (Ferric Acrisol)	堆積岩	平地～なだらかな斜面
	TBK(mS) (Medium Sand var. TBK)	TBKと同様の性質、ただだし土質は中等度の砂質性粘土質で細い～粗い砂を含む	堆積岩	平地
	TWR (Tawar)	土質は中等度塊状構造、排水性：中～上	堆積岩	平地～なだらかな斜面
	TWR(p) (Pale var. TWR)	土質はTWR と同じだが地下水位が高い (Haplic Acrisol)	堆積岩	平地～なだらかな斜面
G2	TRP (Terap)	細かな砂質～粘土質～粘土質、砕けやすい、排水性良好、降雨後地下水位が高くなる (Haplic Acrisol)	—	なだらかな斜面～起伏丘陵地
	GMI (Gajah Mati)	土層浅い、砕けやすく排水性良好、(Ferric Acrisol)	—	なだらかな斜面～起伏丘陵地
G1	BGR (Bungor)	中等度～塊状の土壌構造、砕けやすい、排水性良好 (Haplic Acrisol)	頁岩	なだらかな斜面～to 丘陵地

*括弧内の土壌タイプはWRB(World Reference Base for Soil Resources)による^{2,3)}

表4 パゾ保護林内の長期観測プロット（50haプロット）における土壌タイプと樹木の分布との関係。数値は土壌タイプに対する親和性を示した樹種の数。+：親和的、-：排他的、・：有意な選好性なし。

樹種数	土壌タイプ*				樹木の階層クラス**				
	G-4	G-3	G-2	G-1	E	C	U	T	S
68	+	+	-	-	6	28	20	10	4
3	+	+	・	-	1	1	1	-	-
小計	71				7	29	21	10	4
48	+	-	-	-	-	16	20	7	5
31	+	・	-	-	4	12	7	5	3
6	+	・	-	・	-	1	2	3	-
5	+	-	-	・	-	2	3	-	-
3	+	-	・	-	-	2	1	-	-
小計	93				4	33	33	15	8
54	-	+	-	-	10	17	16	4	7
15	-	+	-	・	2	5	5	1	2
14	・	+	-	-	3	5	4	-	2
4	-	+	・	-	1	1	2	-	-
小計	87				16	28	27	5	11
6	-	+	+	-	2	3	1	-	-
3	-	+	+	・	-	2	1	-	-
小計	9				2	5	2	0	0
107	-	-	+	+	5	53	34	11	4
18	-	・	+	+	-	5	7	5	1
5	・	-	+	+	1	2	1	1	-
小計	130				6	60	42	17	5
7	-	・	+	・	-	4	1	2	-
5	-	-	+	・	-	2	1	2	-
5	-	・	+	-	-	2	3	-	-
小計	17				0	8	5	4	0
7	-	・	・	+	2	2	2	1	-
3	・	・	-	+	1	1	1	-	-
3	-	・	-	+	1	2	-	-	-
小計	13				4	5	3	1	0
合計	420				39	168	133	52	28

*土壌タイプの分類：G-4:AWG,AMA,KPU,KPU(cS)、G-3:TBK,TBK(mS),TWR,TWR(p)、

G-2:TRp,GMI、G-1:BGR

**階層クラスE:Emergent（突出木層）、C: Canopy（林冠層）、U: Understory（亜高木層）、T: Treelet（小木層）、S:Shrub（低木層）

熱帯林は非常に多種多様な植物が共存し、それゆえこれまではこうした土壌をはじめとする立地環境の要因によって棲み分けが起こっているかどうかについての解析はほとんど行われてこなかった。それは多様な樹種の分布地点を平等に評価する従来の植物社会学的調査分析手法によって森林群落の区分が難しいと判断されてきたこと、さらにはこれらの種レベルを主体とする群落の分類体系が普遍性を持ちにくいと考えられたからである。とはいえ、今回のような予め分類された土壌などの立地環境からの分析を行えば、意外にも数多くの樹種が土壌（おそらくは地形要因が関与している）によって何らかの棲み分けをしていることが分かる。

本研究から、僅か50ヘクタールのプロットの中においても土壌タイプがモザイク上に分布し、多くの植物がこうした土壌タイプの違いに呼応するかのよう分布の範囲を決定づけている、または定着や生存率などの適応力がこうした土壌環境によって強く影響を受けているということが推察された。すなわち、熱帯林は温帯林とは比較にならないほどの多様な植物が共存しているのであるが、その多くは同所的（あるいはランダムに）分布しているのではなく、おそらく今回のプロット内の細かな土壌タイプやその背景にある地形変化に応じて棲み分けを行っているということが考えられる。もっとも、これはおそらく温帯林の多くで見られるよう強い人為的インパクトが介在し二次林化してしまえばこうした傾向は不明瞭になるのであろうが、一方で、森林を支える基盤としての土壌タイプがほんの僅かな地形変化に呼応して微妙に変化するという点も興味深い。今回の調査・分析対象としたパソの長期観測プロット内の地形は非常になだらかな起伏が観察されるだけで、最高地点と、最低標高地点の差はわずかに25m程度である。プロット内の殆どのエリアが平地であり、プロットの最高地点に立っても丘の上にいるという印象は殆どない（Okuda et al⁴⁾, Manokaran et al,⁵⁾）。一見地形的には、非常になだらかな起伏しか見られない場所においても土壌タイプが異なり、また排水性が顕著に異なる。

これらのことを新規造林や再植林などの観点から考えると次のようになる。すなわち、熱帯樹種の土壌に対する選好性が、樹種選抜における検討項目として非常に重要になってくるという点である。マレーシアにおいては、今回の調査対象としたパソプロットのような細かな土壌図がないため、現時点では明確なことは言えないにしても、平地とみえる地形においても土壌タイプが微妙に異なる可能性が強い。したがって、本調査・分析の対象としたような天然林内での土壌と樹木分布の解析結果が、ベンチマークとして非常に重要な意義を持つてくると考えられる。

また一方で次のようなとらえ方も可能である。すなわち、それぞれの樹木の土壌要因などを含めた環境への適応性を厳密に調査するのであれば、土壌タイプの定性的な調査よりも本来はそれぞれの立地条件や植えようとする場所の土壌の物理学的特性を細かく調べた上で造林を行うべきであろうが、今回のようにある程度整理された土壌分類タイプを利用し、またそれらをフィールドでチェックすることにより、造林のための様々な手順をより簡素化することも出来るわけで、このことも樹種選定を行う場合の検討項目として加えるべきであろう。

（４）熱帯林の修復における緑の回廊（コリドー）設置の支援

1) パイロットサイト内での植生断片化と回路設置候補地に関する検討

緑の回廊設置のコストは高いため、このような情報を吟味しながら、候補地を選ぶ必要がある。緑の回廊設置の条件として、テナガザルの生育最小面積（100 km²）⁶⁾及び他の森林パッチから10km以内に位置する森林を抽出した。その結果、半島マレーシアの中では合計16の森林パッチが条件を満たし、その中には本研究でパイロットサイトとしている森林も含まれていた。

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、地域内の森林が保持する主要なサービス機能の情報収集を行い、データベース化を構築している(E-4(1)①)。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、テナガザル(*Hylobates lar*)を含む多くの動物が観察される。本研究では、緑の回廊設置支援として、衛星画像などからは検出されない河畔林、残存林を考慮し、パイロットサイト内にいくつかの候補地を選定した。

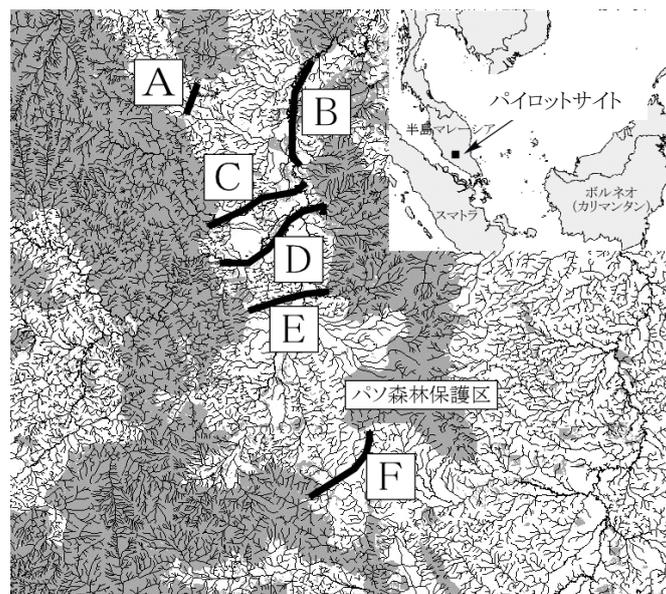


図3 パイロットサイトにおける緑の回廊の候補地（Corridor A-F）。
灰色の部分は森林を、細線は河川を示す。

森林間の距離、河畔林、果樹園などの有無などを考慮した結果、パイロットサイト付近における緑の回廊として7つのルートが候補として挙げられた（図3）。さらに、それぞれの候補について、距離、残存林の有無、果樹園など有無、障害物を定量化した。その結果、ルートAとEは距離的には近いものの、河畔林がないこと、ルートB、C、Dは河畔林や果樹園が利用可能であるが、距離が長くなること、ルートFは河畔林が存在し、森林間の距離も比較的短いことが明らかになった。

そこで、ルートFにおいて、他テーマで報告したカメラトラップによる哺乳類相評価の結果を用いて、緑の回廊の有効性を検討した。保護区の林縁部までは多くの哺乳類（特に霊長類）が記録されたが、林縁から離れるにつれ、その記録頻度は大きく低下した。特にブタオザルは森林で多く記録されていたが、森林からの距離が離れるにつれて、その頻度は低下した。観察された種数は林内で7種、林縁で6種であったのに対して、アブラヤシプランテーションを挟み、約1km以上離れた孤立林では3種のみ確認された。一方で、比較的面積の大きな孤立林が集中する地域では、森林からの距離が長いものにも拘わらず、2-4種が記録されていた。そのため、これらの孤立林の間に緑の回廊を設置は動物の生息域を広げる効果があると考えられた。

熱帯林生態系保全のための情報ネットワークを構築するためには、その対象を明確にし、より効果的な情報提供を行うことが必要である。本研究の結果は、対象と目的を、森林修復を目指す研究プロジェクトに対する情報支援として行った試験的結果であるといえる。今後はそれぞれの対象に向けてこのような手法の確立することで熱帯林の減少、劣化の問題に対して様々な角度から効果的な支援を行うことができると期待される。このようなネットワークを利用する主な対象としては1)専門家向け、2)森林管理者、3)地域住民などが挙げられる。例えば、マレーシア森林局は、既に森林保護の観点から森林保護区や野生生物保護地域の設定に加え、様々な規模の森林公園の設定を行い、保護区の情報収集を行った（図4）。本研究で得られた結果は、このようなネットワークに対して、様々な形で行われている研究プロジェクトの情報を加えることができるため、

様々な利用者を対象とする情報整備基盤を整備する上で重要な役割を担うと期待される。

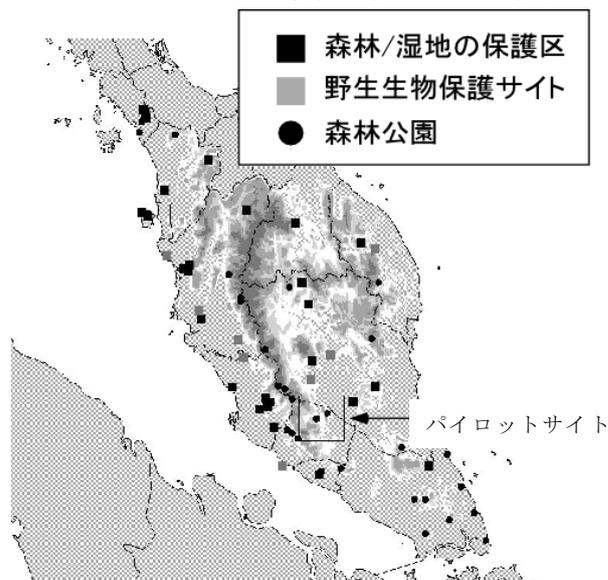


図4 半島マレーシアにおける保護区及び野生生物保護プロジェクト。

2) 回廊設置事業への支援

a. サイトの選定・予備調査

上述した熱帯林構成種の土壌環境への適応特性に関する解析結果をもとに、実際の熱帯林再生事業への支援を行った。熱帯林の再生事業は、オイルパームプランテーションの造成や市街地化に伴う森林の孤立化の影響を軽減することを目的に、マレーシアのパソ森林保護区とセルティン森林区を結ぶように流れるPetekh川沿いに緑の回廊(corridor)の形成を目指した植林活動である(図5)。なお、サイトの選定に際しては、本課題E-4(1)①で得られたカメラトラップによる動物相調査のデータに基づき、野生生物の利用頻度が高い地域を選定した。

上述の熱帯林再生事業を支援するため、植林予定地の環境条件や植栽樹種の市場価格、地域住民の要望などを把握して、上述した熱帯林構成種の土壌環境への適応特性に関する解析結果をもとに、植栽樹種の選定を行った。植栽後、根元への土壌の補給などの管理を継続するとともに、生存率の調査を行った。

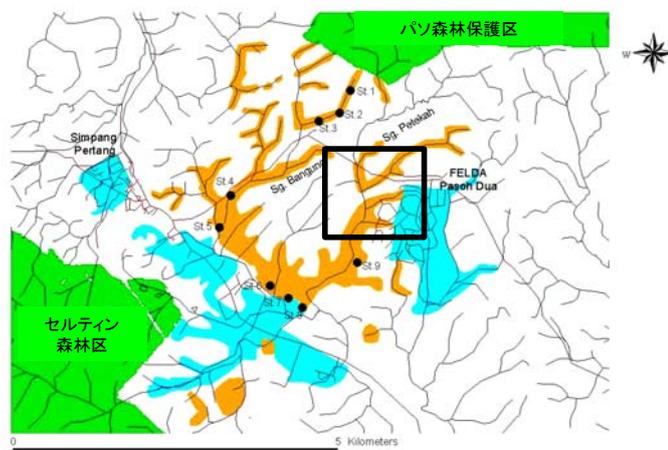


図5 熱帯林再生事業実施サイト。事業は太枠内のPetekh川沿いで行った。(図右上:パソ森林保護区)。

樹種選定に際しては、まず植林予定地の環境条件の把握を行い、天然林における土壌と樹種分布の解析結果をも参考にしながら、植栽可能樹種を抽出した。主な選定基準は以下に示すとおり

であるが、特に樹木の入手のしやすさ、さらに生木した際の地域住民による利用性について考慮した。また抽出した樹種について市場での購入可能性と市場価格について調査を行い、さらなる植栽樹種の絞込みを行った。

生態的特性

- ・ 在来種であること。天然林を構成樹種であること
- ・ 河川沿いの湿った場所で生育できること
- ・ 開けた場所の乾いた場所で生育できること
- ・ 生長が早いこと

入手のしやすさ、将来的な有用性

- ・ 市場で購入できること（大量の本数を要するためには市場からの購入が可能な樹種を選定する必要がある。山取苗や種子発芽からの実生供給は天然林構成種の樹種の多くが隔年結実であるため大量の苗ストックは期待できない。）
- ・ いわゆるフルーツのなる木で将来的に地元住民が収穫できること。

b. 植栽樹種

上記選定基準に基づき、表4.2.2に示す9種を選定した。特にTemponekとSukunの2種は、地元FELDA事務所からの要望によるものである。それ以外の樹種は在来種でかつ入手可能な種が優先された。その結果、以下に示す9樹種が植栽可能樹種として選定された（表5）。植栽配置間隔は、将来の枝張りを想定して5m間隔とし、それぞれの木は基本的にジグザグ配置を基本とした。植栽地延長約1,500mのうち、オイルパーム（アブラヤシ）によって植栽できない個所を除いた900mを5m間隔で植栽とした。そのため北東方向に向かって、右岸180本（895m）、左岸171本（850m）で総計351本を植栽した。植栽面積は、 $900\text{m} \times 4\text{m} = 3,600\text{m}^2$ となった。

c. 植栽活動

植栽事業に当たっては、主催者側であるマレーシア森林研究所の共同研究者と綿密に打合せを行い、地元の中学校の参加を打診した。その結果地元2校から教育プログラムの一環としての協力承諾があり、Pasoh Dua FELDA Secondary Schoolの中学1年～3年生の35名と引率の教師3名、セレンバン近郊（パソから車で約1時間）のSenawang Secondary Schoolの中学3年生10名と引率の教師3名が参加した（図6）。また、地元オイルパーム農園のFELDA住民15名も参加した。Senawang Secondary Schoolの生徒はNGO OISCAによって設立された『こどもの森づくりクラブ』のメンバーであった。

植栽は5m間隔に行い、同一の樹種が隣り合わないように行った。植栽後、約2ヶ月にわたってモニタリングを行った結果（表5）、住民の要望によって植栽した樹種*Artocarpus hispidus*の生存率は低かったものの（40%）、その他の8樹種の生存率は極めて高かった（平均92.1%）（図7）。

本研究においては、樹種の選定に際して生育地特性のデータ提供のみを行ったが、これまで得られた様々なエコロジカルサービスデータを用いることで、森林認証制度や炭素吸収源CDM活動などに対しても有益な支援を行うことができると期待される。

表5 植栽樹種名およびその生存率

科名	種名	現地名	植栽木数	生存率(%)
Dipterocarpus	<i>Dipterocarpus oblongifolia</i>	Keruing neram	50	100.0
	<i>Dryobalanops oblongifolia</i>	Keladan	40	92.7
Guttiferales	<i>Calophyllum</i>	Bintangor	50	82.0
Leguminosae	<i>Intsia palembanica</i>	Merbau	52	98.1
Leguminosae	<i>Sindora coriacea</i>	Sepetir	22	100.0
Sterculiaceae	<i>Heritiera javanica</i>	Mengkulang jari	24	95.5
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i>	Sukun	100	87.0
Moraceae	<i>Artocarpus hispidus</i>	Temponek	10	40.0
	<i>Pnetia pinnata</i>	Kasai daun besar	3	100.0
Total (Ave.)			351	90.6



図6. 地元の中学生参加による試験地での植栽事業の様子

図7. 植栽樹の様子（植栽後2年6ヶ月）。右側は*Artocarpus altilis*及び*Dipterocarpus oblongifolia*

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究では、これまで本課題で得られてきた森林生態系およびエコロジカルサービスに関するデータをもとに、実際の熱帯林修復事業（荒廃地植生のリハビリテーション）とのリンケージ、すなわちネットワークの形成を行った。とくに植栽樹種の選定のため、天然林で得られた膨大な毎木調査データと環境要因（土壌および地形）との対応関係を把握し、多数の天然林性樹木種の生育地特性を分析したという点で先駆的研究である。

(2) 地球環境政策への貢献

1) 本研究はこれまで個別に行われてきた熱帯林研究プロジェクト（多様性などの基礎研究や造林技術開発のためのプロジェクト）の相互協力を推進するためのネットワーク形成、およびそのための基盤整備を行うという点で先駆的である。開発途上国が集中する熱帯地域での温暖化対策事業 {CDM (Clean Development Mechanism)} が開始されようとしているが、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に関する十分な配慮が必要である。本研究の成果を通じて、生物多様性条約でうたわれているエコシステムアプローチに沿った新規造林や再植林などの事業の展開が可能になり、温暖化対策と生物多様性保全を相互に補完する場の提供やガイドラインの作成、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イニシアチブをとることが期待される。

2) 本研究を通じて得られた成果の一部は、IPCCによるLULUCF (Land use and land use change and forestry) のグッドプラクティスガイダンス (GPG, Task 2) 作成に寄与し、成果の一部が引用された。

3) いわゆる熱帯林の消失と修復問題は炭素吸収源や放出源、遺伝子資源などの点からみれば地球環境問題であるが、同時に森林資源はそこに生活基盤を持つ人々と密接な関係にある「地域社会問題」でもある。地域における森林と住民との結びつき (E4(3)) や森林植栽事業に際してのインセンティブを考慮に入れないままのプロジェクトでは全く実現性の低いものになってしまう。本サブテーマでは地元の中学生やオイルパーム（農園）で働く人々の積極的参加を促し、こうした取り組みがマレーシア社会で一定の評価・認識を得たこと（中学生による取り組みが州政府から表彰された）は注目に値するものである。今後の森林再生や生態系再生プログラムのモデルになることが大いに期待できる。

6. 引用文献

- 1) 井上真(2004) コモンズの思想を求めて 岩波新書
- 2) ISSS/ISRIC/FAO 1998a. World Reference Base for Soil Resources: An Introduction. ISSS Working Group RB, 1st Ed. Leuven.
- 3) ISSS/ISRIC/FAO 1998b. 世界の土壌資源－照合基準－中井信訳監修 世界の食糧・農林水産業データファイル No 7. 国際少量農業会。
- 4) Okuda, T., Nor Azman, H., Manokaran, N., Saw, L.Q., Amir, H.M.S., Ashton, P.S. In: Losos, E.C. & Leigh, E.G. 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”

- 5) Manokaran, N. Quah, E.S. Ashton, P.S., Lafrankie, J.V., Nur Supardi, M. N., Wan Ahmad, W.M.S. and Okuda, T. In: Losos, E.C. & Leigh, E.G. 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”

- 6) 湯本孝和 1999 熱帯雨林 岩波新書

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、マレーシア林野局（ネグリセンビラン・マラッカ州担当）、マレーシア工科大学との共同研究により行われた。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上发表

< 論文（査読あり） >

- 1) S., Numata. Kachi. N., Okuda, T., 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”
- 2) T., Okuda, Nor Azman, H., Manokaran, N., Saw, L.Q., Amir, H.M.S., Ashton, P.S. In: Losos, E.C. & Leigh, E.G. 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”
- 3) K., Hoshizaki Niiyama, K., Kimura, K., Yamashita T., Bekku Y., Okuda, T., Quah E.S., and Nur Supardi M.N. *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”,
- 4) Okuda T., Suzuki M., Numata, S., Yoshida, K., Nishimura, S., Niiyama, K., Adachi N, Manokaran, N. *Forest Ecol and Management* 203: 63-75 (2004).
“Estimation of Tree Above-ground Biomass in a Lowland Dipterocarp Rainforest, by 3-D Photogrammetric Analysis”
- 5) Numata, S. 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.”
- 6) M. Adachi, Y. S. Bekku, A. Konuma, Wan Rasidah Kadir, T. Okuda, and H. Koizumi: *Forest Ecol. and Management*, 210, 455-159 (2005)
“Required sample size for estimating soil respiration rates in large areas of two tropical forests and two types of plantations, Malaysia.”
- 7) N. Osada, H. Takeda, T. Okuda, and M. Awang: *American Journal of Botany*, 92, 1210-1214 (2005)
“Within-crown variation in the timings of leaf emergence and fall of Malaysian trees in association with crown development patterns.”

- 8) M. Yasuda, S. Miura, N. Ishii, T. Okuda and H. Nor Azman: In Forget, P. M., Lambert, J., E., Hulme, P. E. and Vander Wall, S. B. (eds.) Seed Fate: Predation, Dispersal and Seedling Establishment, 151-174, CABI Publishing (2005)
 “Fallen fruits and terrestrial vertebrate frugivores: a case study in a lowland tropical rain forest in Peninsular Malaysia.”
- 9) Y. Naito, A. Konuma, H. Iwata, Y. Suyama, K. Seiwa, T. Okuda, S. L. Lee, M. Norwati and Y. Tsumura: Journal of Plant Research, 118, 423-430 (2005)
 “Mating system and inbreeding depression in the early regeneration stage of *Neobalanocarpus heimii* (Dipterocarpaceae).”
- 10) S. Konishi, M. Tani, Y. Kosugi, S. Tkakanashi, M. M. Sahat, Abd. R. Nik, K. Niiyama, and T. Okuda: Forest Ecol. and Management, 224, 19-25 (2006)
 “Characteristics of spatial distribution of throughfall in a lowland tropical rainforests, Peninsular Malaysia.”
- 11) M. Adachi, Y. S. Bekku, Wan Rasidah Kadir, T. Okuda, and H. Koizumi: Applied Soil Ecology 34: 258-265 (2006).
 “Differences in soil respiration between different tropical ecosystems.”
- 12) S. Numata, M. Yasuda, T. Okuda, N. Kachi, and M. N. Nur Supardi: J. Tropical Forest Science. 18: 109-116. (2006)
 “Canopy gap dynamics of two different forest stands in a Malaysian lowland rain forest.”

<その他誌上発表>

- 1) S. Takagi, T. Hosaka, and T. Okuda: New Series 62, 123-151(2005)
 “Material of dipterocarp – associated gall- inhabiting coccoids collected in Negeri Sembilan, Malaya (*Homoptera: Coccoiidea*).”
- 2) T., Okuda, Yoshida, K., Numata, S. Nishimura, S. Suzuki, M. Hashim, M. Miyasaku, N. Sugimoto, T. Tagashira, N. Chiba, M. In Okuda, T. and Matsumoto, Y (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). 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”
- 3) N., Manokaran, Quah, E.S. Ashton, P.S., Lafrankie, J.V., Nur Supardi, M. N., Wan Ahmad, W.M.S. and Okuda, T. In: Losos, E.C. & Leigh, E.G. 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”
- 4) T., Okuda, Kondo, T., Yoshida, K., Oguma, H., Yone, Y., Miyasaku, M., Ohki, H., Hashim, M., - Proceedings of International Conference, Silvilaser 2006, Matsuyama, November, (2006)
 “Mapping three-dimensional canopy structure of a Malaysian tropical rain forest by airborne laser scanner”
- 5) 植田愛美、小林繁男： 森林総合研究所研究分野パンフレット、1-12 (2003)
 「地球環境変動下における森林の保全・再生に関する研究」
- 6) S. Kobayahsi and E. Ueda: Joint Meeting for the Cooperative Research Project on “Ecological Impact on the Environments” Proceedings. JOOCO,RFD. Thailand, 81-92(2003).
 “Site management strategy on the forest harvesting and short/long term rotation of plantation.”

(2) 口頭発表 (学会など)

- 1) 小林繁男、植田愛美： 第13回日本熱帯生態学会 (2003)
「荒廃熱帯林季節林の二次遷移に果たす野生バナナとタケの役割」
- 2) E. Ueda, S. Kobayashi and C. Yawudhi: The International Workshop on the Landscape Level Rehabilitation of Degraded Tropical Forests. (2004)
“How does people consider and expect the rehabilitated forest for the global environmental conservation?”
- 3) Okuda, T., Suzuki, M., Hashim, M., Yusop, Z., Numata, S., Nishimura, S., Kondo, T., Parker, K., M. Chiba, N. Tagashira. International Symposium on Biodiversity-Ecosystem Projects and Future Research Strategy. 23 April 2005, Tokyo.
“Ecosystem services and management for the sustainable resource uses in tropics”
- 4) 内藤大輔、阿部健一、奥田敏統、Hood Salleh 日本熱帯生態学会第15回大会(2005)
「マレーシアにおける森林認証制度と地域住民」
- 5) 田代慶彦、桑原貴憲、米田健、水永博己、Wan Rashida、Sarayudh Bunyavejchewin、奥田敏統 日本熱帯生態学会第15回大会(2005)
「ギャップ構造が林床有機物の分解率に及ぼす影響」
- 6) NAITO Daisuke, ABE Ken-ichi, OKUDA Toshinori and Hood Saller. International Symposium on Eco-human Interactions in Tropical Forests. Kyoto Univ. June, 2005.
“The Changes of Subsistence Activities among Temuan Communities in Negeri Sembilan, Peninsular Malaysia: Focus on Hunting and Gathering”.
- 7) ABE Ken-ichi, NAITO Daisuke, and OKUDA Toshinori. International Symposium on Eco-human Interactions in Tropical Forests. Kyoto Univ. June, 2005.
“Comparative Study on ‘Forest’ Dependency and Forest Product Use among Malay and Orang Asli Communities in Peninsular Malaysia”
- 8) Adachi, M., Yashiro, Y., Rasidah, W., Okuda, T., Koizumi, H., ESA Annual Meeting, Montreal, Canada, August, 2005
“Seasonal variation in soil respiration in tropical forests and agro-forests, Malaysia.”
- 9) 安立美奈子、Sarayudh Bunyavejchewin、奥田敏統、小泉博 日本生態学会第53回大会(2006)
「タイ国熱帯林における雨期と乾期の土壌呼吸速度」

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

- 1) Application scaling up and monitoring tools to ecosystem management in tropical landscapes, Nov. 22, 2005 in Kuala Lumpur (熱帯生態系におけるエコシステムマネジメントのためのスケールアップとモニタリング技術に関する国際シンポジウム)国立環境研究所—マレーシア森林研究所主催 (2005)
- 2) Evaluation and Mapping of Ecosystem Service Value and Goods Of Forests In Malaysia, Aug 29, 2005 in Kuala Lumpur (マレーシアにおけるエコロジカルサービスの財と価値の地図化に関する国際シンポジウム) 国立環境研究所およびマレーシア林野局主催 (2005)
- 3) 奥田敏統：日本生態学会 54 回大会企画シンポジウム 長期気候変動と熱帯雨林—熱帯域に於

ける森林衰退の背景とその影響（2007）

（5）マスコミ等への公表・報道等

マレーシアパソ保護林に設置した林冠観測用回廊の開所式に当たり（2005年11月21日）、時事通信およびフジテレビより当サイトにおける生物多様性および生態系保全に関する取材があり、一部が報道された。（北海道新聞2005年11月22日掲載、その他の新聞でも報道有り）