

## 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

### (2)多様性評価のためのラピッドアセスメント開発に関する研究

#### 生態系観測のスケールアップ化に関する研究

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・西村 千・吉田圭一郎

鈴木万里子

財団法人自然環境研究センター

石井信夫

岐阜大学 流域科学研究センター

小泉博

安立美奈子

<研究協力者>

独立行政法人国立環境研究所 地球環境センター

小熊宏之

京都大学農学研究科

大澤直哉、保坂哲朗

平成14～16年度合計予算額(予定) 85,846千円

(うち、平成15年度予算額 28,145千円)

[要旨]本研究では、森林管理の評価基準と生態学的根拠に基づき、かつ信頼性の高い生態指標を導入する目的で、広域的森林構造観測データ、地上踏査による熱帯林の林冠構造、バイオマス測定データ及び生物多様性との関連性とその生態指標作りをおこなった。はじめに、熱帯林の林冠構造や地上部の現存量および時空間的動態を航空機搭載型捜査式レーザー測距離装置(レーザープロファイラー)を用いて迅速に把握するシステムづくりを試み、レーザープロファイラーにより撮影された林冠の三次元デジタルデータにフィルタリング処理を行い、パソ森林保護区の三次元モデル、および森林の断面図を作成した。その結果、多層構造を持ち、鬱閉度が格段に高い熱帯雨林においても、レーザー測量による林冠構造の再現が可能であり、継続的調査により樹木の成長や地上部現存量を高い精度で評価可能であることが示唆された。一方で、パイロットサイト内の孤立林の植生調査並びに動物利用様式を調査し、生物多様性保全における孤立林の価値の検証及びその一般化を試みた。その結果、孤立林の植生は保護区からの距離に応じて変化し、ほ乳類や鳥類にとってキーストーン種であるイチジクの個体密度は保護区から離れるにつれて低下することが明らかになった。森林性のほ乳類相をカメラトラッピング法によって評価したところ、カニクイザル、ブタオザル、イノシシを除き、保護区と孤立林でみられるほ乳類には違いがみられることが明らかになった。また、土壌呼吸速度を高い精度(誤差10%)で推定を行うためには50地点以上の測定点が必要であることが明らかになった。また、生態系観測のスケールアップを実現するために、森林生態系機能の炭素循環過程において最も情報が不足している土壌呼吸速度の時空間変動を検討した。現時点まで行った測定から、大面積で測定を行ったときの平均値から約20%の誤差範囲であることが明らかになった。

[キーワード]森林構造、林内環境、野生生物、関連性、レーザープロファイラー

## 1.はじめに

生物多様性が熱帯林の重要な要素として認識されているにもかかわらず、森林管理の方向性を決定するための要素として積極的にとりいれられることはほとんどなかった。その理由のひとつとして、当該地域における生物の種多様性があまりに高いため定量化が非常に困難であり、時間をかけたインベントリーに頼らざるを得ないことが挙げられる。インベントリーに十分な時間と労力をかければ、対象地域の詳細な種多様性を明らかにすることができるが、この地域ではその豊かな生物多様性ゆえに、得られた情報を他の地域に応用することは難しい。そのため、種多様性の観測を迅速かつ簡便に行うことができれば、管理者側が森林管理を行う際に利用する情報のひとつとして活用でき、得られた事前情報をもとに多様性の高い地域の保全、低い地域の積極的回復などへ応用することが可能になる。

熱帯林の複雑な森林構造は生物多様性の源であり、豊かさの象徴である。そのため、高精度かつ広範囲に利用可能な衛星画像解析や航空写真は、熱帯林の林冠構造、バイオマスなどの森林構造を計測し、生物多様性を評価するために有効なツールと期待されている。しかしながら衛星画像解析における信頼性はまだ低く、さらに空中写真による測定では地形測量や空中標識の設置、また毎木調査などの地上踏査が必要であり、調査域が限定されている。したがって、衛星画像などの広域的観測データを熱帯林の林冠構造、バイオマス、生物多様性の評価に結びつけるためには、これらの手法とのリンケージをはかるいわゆるスケールアップ技術の開発が必要不可欠になる。さらに、半島マレーシアの景観に注目すると、保護区や丘陵林などの周囲に分断化した孤立林が数多く散在する。これら孤立林には多くの動物が生育しており生物多様性の保全において一定の役割を担っていることが伺われるものの、孤立林の植生や動物の利用様式についてはほとんど分かっていない。そのため、スケールアップ技術を正確なものとするためには、地上部踏査によって樹木の材積量、分布、樹冠サイズ、生物多様性などの情報と、レーザー測量によるデータとの突き合わせを行い、衛星画像などの広域的観測データとの関連性を結びつけることが望ましい。

生態系観測のスケールアップを達成するためには、生物多様性に加え、森林生態系そのものの評価技術を確立する必要がある。地球温暖化の脅威が明らかになるにつれて、熱帯林の炭素循環に関する情報が国際的に注目されている。森林による大気CO<sub>2</sub>の吸収量および放出量については比較的情報が蓄積されているが、土壌や土壌からの吸収や放出量についてはあまりよくわかっていない。しかし、植物の光合成によって吸収されたCO<sub>2</sub>の多くは土壌有機炭素として土壌に蓄えられ、その量は大気が保持する炭素の3倍以上、陸上生態系の生物が保持する炭素の4倍以上であると見積もられている<sup>1)</sup>。また、温帯においては全生態系呼吸の60 ~ 90% を占めると推定されていることから<sup>2)</sup>、土壌呼吸は光合成と同様に陸上生態系の炭素循環における重要なコンパートメントであり、土地利用形態の変化による土壌有機炭素の変化は、近年注目されている重要な課題の一つであるといえる。

## 2.研究目的

本課題では、パソ保護林を中心としたパイロットサイト内の林冠構造情報やエコロジカルサービス機能を収集しているため、このようなプロセスが可能になった。本研究では、衛星画像やレーザープロファイラーという迅速かつ広範囲にわたり高精度に森林構造を把握することが可能な技術を用い、それによって得られる森林構造の情報を、生物多様性や他のエコロジカルサービス評価のためのインターフェイスとして導入し、地上踏査によって得られた生物の種多様性及び炭素循環機能評価のスケールアップを試みる。本年度は下記の項目について検討した。

(1) 熱帯雨林生態系の林冠構造や地上部現存量 (バイオマス)の変動を高精度かつ長期的に観測できる

システムを構築することを目的に、航空機搭載型レーザープロファイラー（スキャン型レーザーレンジファインダー）を用いてマレーシア低地熱帯雨林の植生高の測定を行い、林冠構造の抽出や地上部現存量の算出、さらに既存データとの比較検討を行った。

(2) 孤立林はIKONOSなどの高解像度センサーを搭載する衛星から評価可能であるものの、植生や生育する動物の情報のみならず、保護区からの距離や地形依存性などの空間的特性についての情報も乏しい。そこで、孤立林の空間的特性を評価することを目的として、森林保護区からの距離が異なる場所において植生調査、動物調査を実施し、孤立林特性における保護区からの距離依存性を明らかにする。

(3) 生態系観測へと発展させるため、森林生態系機能評価技術のスケールアップについて検討する。本年は、熱帯林の炭素循環機能評価手法の精度について解析を行う

### 3. 研究方法

#### (1) 調査地

本研究は、課題E-4でパイロットサイトとして指定している半島部マレーシアのネグリシンピラン州、パハン州にまたがる60 × 60 km<sup>2</sup> の地域を中心に、熱帯林の林冠構造、地上部の現存量、生物多様性やその時空間的動態に関する情報収集及び現地調査を行った（図1）。

図1 本課題のパイロットサイトとレーザープロファイラ用測定場所の位置（左）。右図のパソ森林保護区及びセルティン森林保護区上空においてレーザープロファイラ測定を実施した。



#### (2) レーザープロファイラによる森林構造解析

レーザープロファイラー（RAMS :空機搭載型捜査式レーザー測距離装置）では、発射されたレーザーパルスが地表面によって反射され、センサーで受信されるまでの応答時間を計測することにより地形や構造物の凸凹を評価する。さらに反射パルスを複数回（3～5回）発射し、樹冠頂部だけでなく下層植生や地面凸凹も同時に評価する（図2）。撮影は、2003年9月末に（株）パスコ、共立航空および地元の航測会社の協力のもとに、パソ森林保護林及び周辺部の二次林などを対象に行われた。

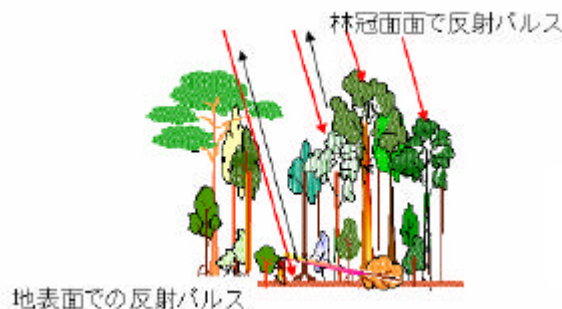


図2 .レーザープロファイリングによる林冠高、地表面からのパルスの捕捉の様子

### (3) 孤立林調査

パイロットサイト内の孤立林の植生調査並びに動物利用様式を調査し、生物多様性保全における孤立林の価値の検証及びその一般化を試みた。孤立林の植生調査用調査区とセンサーカメラトラップの設置場所。2003年9月にパソ森林保護区周辺に残存する孤立林に6カ所に調査区 (20m×20m) を設置し (図3)、そこに生育する樹木 (胸高直径10cm以上) のナンバリング、胸高直径計測、種同定を行った。また、異なる森林タイプ (天然林、二次林、林縁、孤立林) ごとに自動撮影装置を用いたほ乳類調査を実施し、E-4(1) で作成しているほ乳類データベースを利用しながら、孤立林を利用する動物の情報を収集した。

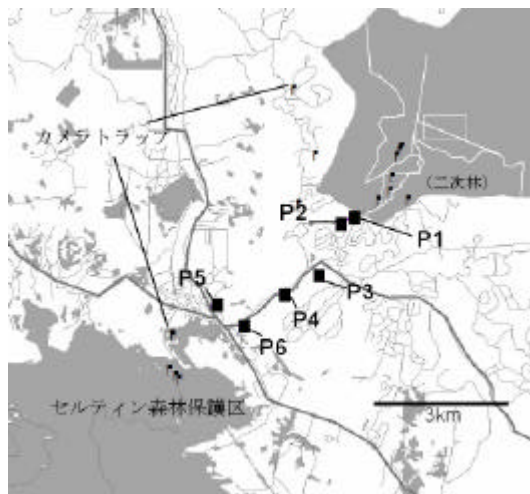


図3 孤立林の植生調査用調査区とセンサーカメラトラップの設置場所。2003年9月にパソ森林保護区周辺に残存する孤立林に6カ所に調査区 (20m×20m) を設置し、そこに生育する樹木 (胸高直径10cm以上) のナンバリングと種同定を行った。

### (4) 土壌呼吸観測におけるスケールアップ技術の開発

土壌呼吸量を空間的側面と時間的側面からの高い精度での推定が必要とされているが、空間的側面では測定点と労力の限界、時間的側面では連続測定の難しさのために土壌呼吸速度と環境要因との関係の推定に困難があるといわれている。そこで、パソ森林保護林の天然林と二次林、パソ付近のアブラヤシとゴムプランテーションにおいて土壌呼吸速度と環境要因の長期測定を行っており、土壌呼吸速度の時間的変動は、主に土壌含水率の変化に影響を受けることが明らかになりつつある。そこで、天然林と二次林の2haの面積における50地点、アブラヤシ、ゴムプランテーションのそれぞれに1ha調査区を設け、各調査区の25地点において土壌呼吸のモニタリングデータを利用し、空間的変動やスケールアップの精度を検討した。

## 4. 結果と考察

### (1) レーザープロファイラーの結果と考察

レーザー測量によって得られた林冠高データと従来の空中写真による林冠高データ (空中三角測量による三次元構造物の高さ測定) を比較したところ、空中写真によって再現されたデータとの間に高い相関関係が得られ、レーザー測量により高精度で林冠高が計測できることが分かった (図4)。また、地上測量によって得られた地面標高データとレーザープロファイラーの最終反射パルス (すなわち地表面の高さデータ) も同様に高い精度で一致していた (図5)。さらに地上踏査に基づいた樹木の直径データを利用して、森林の地上部の現存量推定とレーザープロファイリングによって得られた森林の構造体の体積との比較を行っ

たところ、両者の間に高い相関が得られた。

上記のことから、多層構造を持ち、温帯林にくらべ鬱閉度が格段に高い熱帯雨林においてもレーザー測量による林冠構造の再現が十分可能であり、継続的な調査を行うことにより樹木の生長や地上部の現存量の高い精度での抽出が十分可能であることが示唆された。

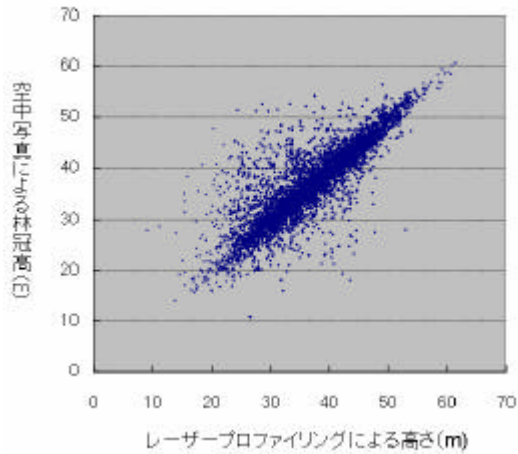


図4 .レーザープロファイリングと空中写真判読による林冠高の比較

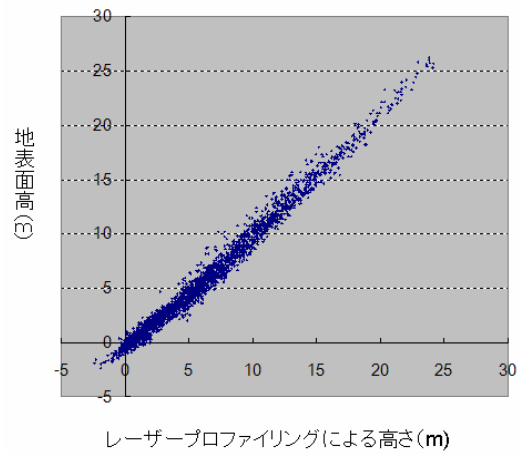


図5 .レーザープロファイリングと地上踏査による地表面高の比較

## (2) 孤立林の特性

森林からの距離依存性を検討するため、それぞれのプロットの樹木サイズ構造(胸高直径>10cm)を評価した(図6)。その結果、多くの個体は直径30cm以下であり、天然林や保護区内の二次林と比べて貧弱な構造を持つことが明らかになった。また、森林の距離による違いは小さいため、孤立林の森林構造における距離依存性は小さいと考えられる。

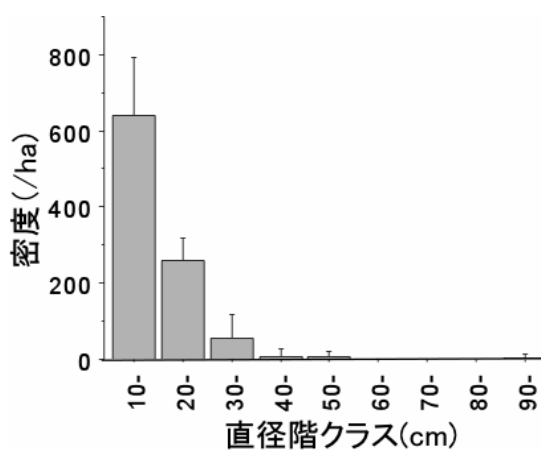


図6 孤立林の直径階分布。多くの個体は直径30cm以下であり、森林の距離による違いはみられなかった。

一方で、孤立林の植生は保護区からの距離により異なっていた(表1)。例えば保護区に近接するP1調査区ではトウダイグサ科 *Mallotus paniculatus*、*Glochidion obscurum* がみられたが、保護区から遠い他の調査

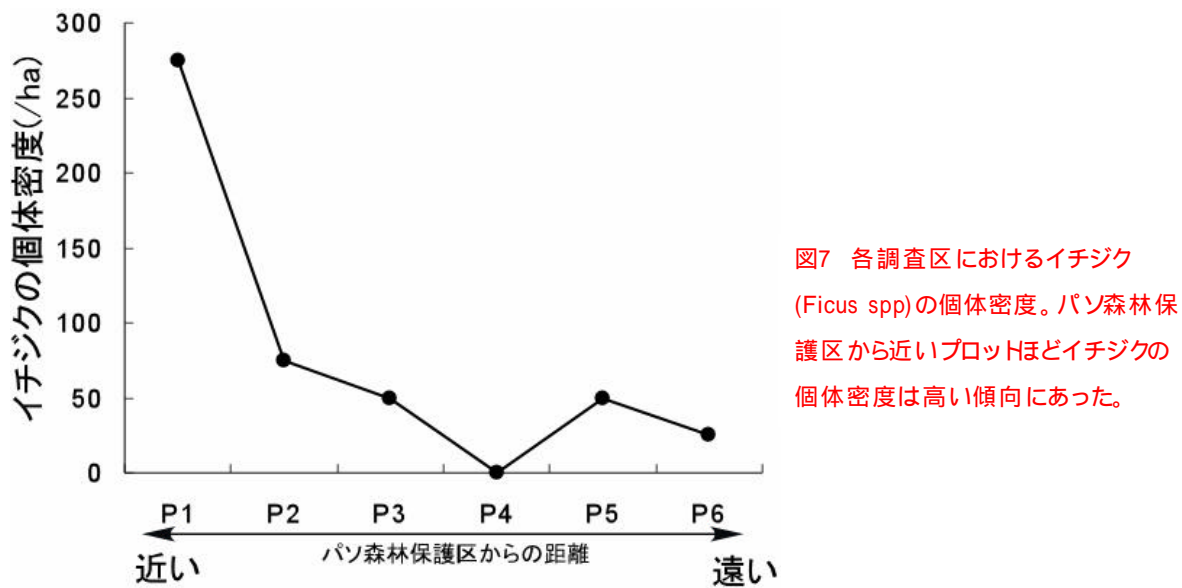
表1 孤立林の植生。2003年9月にバン森林保護区周辺に残存する孤立林に6カ所に調査区 (20m × 20m )を設置し、そこに生育する樹木 (胸高直径10cm以上 )のナンバリングと種同定を行った。

科	Species	保護区からの距離					
		近い				遠い	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
トウダイグサ科	<i>Mallotus paniculatus</i>	+					
トウダイグサ科	<i>Glochidon obscurum</i>	+					
クワ科	<i>Ficus variegata</i>	+	+	+		+	+
クワ科	<i>Ficus fistulosa</i>	+	+				
トウダイグサ科	<i>Glochidon wallichianum</i>	+	+	+			+
クワ科	<i>Artocarpus scortechinii</i>	++	+				
トウダイグサ科	<i>Macaranga coustricta</i>		+	+	+		
トウダイグサ科	<i>Endospermum malaccense</i>		+				
クマツヅラ科	<i>Vitex pinnata</i>		+		+	+	++
アカネ科	<i>Neonauclea pallida</i> var <i>malacensis</i>		+	+++	+++	+	+
バンヤ科	<i>Durio</i> sp		+				
トウダイグサ科	<i>Macaranga gigantea</i>		+		+		+
トウダイグサ科	<i>Sloanea javanica</i>			+			
キョウチクトウ科	<i>Alstonia spatulata</i>			+		+	
ヤシ科	<i>Caryota mitis</i>			+			
モチノキ科	<i>Ilex</i> sp			+			
ニクズク科	<i>Horsfieldia</i> sp					+	
クスノキ科	<i>Cryptocarya kurzii</i>						+
オトギリソウ科	<i>Cratoxylum formosum</i>					+	
オトギリソウ科	<i>Cratoxylum</i> sp					+	
オトギリソウ科	<i>Garcinia parvifolia</i>					+	
マメ科	<i>Archidendron</i> sp				+	+	+
マメ科	<i>Saraca thaipingensis</i>				+		
トウダイグサ科	<i>Blumeodendron tokbrai</i>					+	
トウダイグサ科	<i>Pimelodendron griffithianum</i>					+	
トウダイグサ科	<i>Sapium discolor</i>						+
カンラン科	<i>Triomma malaccensis</i>					+	
ウルシ科	<i>Parishia maingayi</i>					+	
ムクロジ科	<i>Nephelium maingayi</i>					+	+
ホルトノキ科	<i>Elaeocarpus petiolatus</i>						+
ホルトノキ科	<i>Elaeocarpus</i> sp					+	
フトモモ科	<i>Eugenia</i> sp				+		+
フトモモ科	<i>Syzygium leptostemon</i>						+
フトモモ科	<i>Syzygium tumida</i>						+
ウコギ科	<i>Arthropodium diversifolium</i>						+
アカテツ科	<i>Payena maingayi</i>					+	
カキノキ科	<i>Diospyros cauliflora</i>						+
アカネ科	<i>Ixora grandifolia</i>					+	+
	Unidentified			+		+	+

区ではみられなかった。一方でクワ科イチジク (*Ficus variegata*、*Ficus fistulosa*)、トウダイグサ科の *Glochidon wallichianum* やアカネ科の *Neonauclea pallida* などほとんどの調査区で確認された。また、地域

住民により植栽されたと考えられるドリアン(*Durio* sp)やランブータン(*Nephelium maingayi*)などの果樹の存在も確認された。

東南アジア熱帯地域の林冠木の開花、結実は、数年に一度の頻度で起こる一斉開花年に集中するが、イチジクは毎年、年を通して果実を提供する。そのため、イチジクは鳥やほ乳類にとってのキーストーン種であるといえる。そこで、動物などにおける孤立林の価値を明らかにするため、年を通じて種子を供給するイチジクの分布における保護林からの距離依存性を検討した。図6は各調査区に出現したイチジクの個体密度を示す。図7のように、森林から近い調査区ほどイチジクの個体密度は高いことが明らかになった。



孤立林における動物の出現状況を把握するため、異なる森林タイプにおいて2002年9月からセンサーカメラによる動物相調査を実施した。その結果、保護区内のみならず孤立林においても多くのほ乳類が観察された(表2)。その中でも、ブタオザル(*Macaca nemestrina*)、カニクイザル(*Macaca fascicularis*)、イノシシ(*Sus scrofa*)は保護区内、孤立林にかかわらず多く観察された。また、保護区ではマレーバク(*Tapirus indicus*)、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*)など様々なほ乳類が観察された。一方で、孤立林では、コモンツパイ(*Tupaia glis*)、マレーシベット(*Viverra zibetha*)、外にも野鳥やオオトカゲなどが高頻度で確認された。

このように、孤立林の構造の違いはみられないものの、植生、特に動物にとって重要なイチジクの個体密度は保護区から離れるにつれて低下することが明らかになった。昨年度、本地域でよくみられるマカク2種類について、カニクイザル(*Macaca fascicularis*)は広範囲の孤立林に出現していたのに対して、ブタオザル(*Macaca nemestrina*)は保護林近辺のみ出现过していた(昨年度報告書参照)。このような分布の違いはイチジクの利用様式や依存によるものではないかと推測している。

表2 センサーカメラ (Field Note:麻里府商事社製)により確認された18種類のは乳類。センサーカメラは天然林、二次林、林縁、孤立林の4つの森林タイプに設置し、2002年9月から2003年1月までに撮影されたものを判別した。撮影頻度は+の数により表している。学名はCorbet and Hill 1992<sup>3)</sup>に準拠した。

学名	種名	目	森林タイプ			
			天然林 (n = 3)	二次林 (n = 3)	林縁 (n = 3)	孤立林 (n = 4)
Canis familiaris*	イヌ (非森林性)	食肉目			+	
Bos indicus*	ウシ (非森林性)	偶蹄目	+			
-----						
Macaca fascicularis	カニクイザル	霊長目			++	++
Macaca nemestrina	ブタオザル	霊長目	+++	+++	+++	++
Sus scrofa	イノシシ	偶蹄目	+	+++	++	++
Callosciurus caniceps	ハイガシラリス	齧歯目	+			+
Viverra tangalunga	ジャワジャコウネコ	食肉目				+
Tupaia glis	コモンツパイ	ツパイ目				+
Paradoxurus hermaphroditus	パームシベット	食肉目				+
Prionodon linsang	オピリンサン	食肉目		+		
Hemigalus derbyanus	タイガーシベット	食肉目		+		
Tragulus javanicus	ジャワマメジカ	偶蹄目	+	+	+	
Muntiacus muntjak	ホエジカ	偶蹄目			+	
Hystrix brachyura	マレーヤマアラシ	齧歯目	+	+		
Maxomys rajah or M. sarifer	スダウトゲネズミの仲 間	齧歯目		+		
Echinosorex gymnura	ジムヌラ	食虫目		+		
Prionailurus bengalensis	ベンガルヤマネコ	食肉目	+			
Tapirus indicus	マレーバク	奇蹄目	+			

+++は>50枚; ++は10 - 49枚; +は<10枚の撮影

表3 天然林、二次林、ヤシ園、ゴム園における 土壌呼吸速度および環境要因

調査地	天然林	二次林	ヤシ園	ゴム園
	(2ha, n=50)	(2ha, n=50)	(1ha, n=25)	(1ha, n=25)
土壌呼吸速度 (mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> hr <sup>-1</sup> )	762.8	707.9	815.3	449.8
土壌呼吸速度の変動係数 (%)	43.1	42.3	44.5	39.6
土壌含水率 (%)	27.3	26.7	30.6	23.0
土壌含水率の変動係数 (%)	17.5	19.1	19.2	22.8
地温 (深さ1cm)	26.3	25.3	26.0	27.1
地温 (深さ5cm)	25.9	25.1	25.6	26.1

### (3)土壌呼吸観測におけるスケールアップ技術の開発

本研究では、マレーシア・パソ保護林の天然林と二次林、パソ付近のヤシ園とゴム園において土壌呼吸速度と環境要因の測定を行い、土壌呼吸速度の時空間変動を検討した。土壌呼吸速度の時間変動については土壌含水率の変化に強く影響されていた。一方、空間的変動については、天然林と二次林の2haの面積における50地点、ヤシ園とゴム園の1haにおける25地点における測定結果から、それぞれの調査地における最適な土壌呼吸速度の測定数を算出した(表3)。その結果、本研究の調査地では土壌呼吸速度の空間的不均一性が高いために、高い精度(誤差10%)で推定を行うためには50地点以上の測定点が必要であることが明らかになった。また、本研究における通常の測定では各調査地16地点であるため、その平



均値は大面積で測定を行ったときの平均値から約20%の誤差範囲であることが明らかになった。このような必要とする測定地点は、測定を行うチャンバーの面積などにも影響すると考えられるため、各測定手法において検定が必要であるが、スケールアップを行う際の精度を知る上で重要な情報となると考えられる

#### 5. 本研究により得られた成果

- ・多層構造を持ち、鬱閉度が格段に高い熱帯雨林においても、レーザー測量による林冠構造の再現が可能であり、継続的調査により樹木の成長や地上部現存量を高い精度で評価可能であることが示唆された。
- ・孤立林の植生は保護区からの距離に応じて変化することが明らかになった。
- ・ほ乳類や鳥類にとってキーストーン種であるイチジクの個体密度は保護区から離れるにつれて低下した。
- ・カニクイザル、ブタオザル、イノシシを除き、保護区と孤立林でみられるほ乳類には違いがあった。
- ・土壌呼吸速度を高い精度(誤差10%)で推定を行うためには50地点以上の測定点が必要であることが明らかになった。また、現時点まで行った測定は大面積で測定を行ったときの平均値から約20%の誤差範囲であることが明らかになった。

#### 6. 引用文献

- 1) Lal R. (2001) World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. *Advances in Agronomy* 71: 145-191.
- 2) Longdoz, B., Yernaux, M., Aubinet, M., (2000) Soil CO<sub>2</sub> efflux measurements in a mixed forest: impact of chamber disturbances, spatial variability and seasonal evolution. *Global Change Biology* 6: 907-917
- 3) 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)>

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 ”

S. Numata, N. Kachi, T. Okuda, and N. Manichaeon : *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 In E.C. Losos & 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 ”

N . Manokaran, E.S . Quah, P.S . Ashton, J.V . Lafrankie, M.N. Nur Supardi, Wan Ahmad W.M.S, 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. Niyamall, K. Kimura, T. Yamashita, Y. Bekku, T. Okuda, E.S . Quah and M.N. Nur Supardi: 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, 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- “

<書籍>

T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niyama, 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“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 (沼田真也, 奥田敏統)」

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

(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」

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”

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, S.L. Lee, M. Norwati, 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, W. 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・パシ地域における熱帯林とヤシ園の土壌呼吸量の比較」

N. 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, M.N. Nur Supardi : 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年 6月 (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・A. Ripin, A.R. Kassim : 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, S. Mariko, N. Adachi, K. Yoshida, S. Numata, S. Nishimura, K. Niiyama, M.D.Nur Supardi NOOR, N. Manokaran, H. Mazlan : 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

なし

## 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採ら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。