

## 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

#### 野生生物の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

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・近藤俊明・沼田真也・宮本みちる

鈴木万里子・Soo Woon Kuen

EFフェロー(カナダBird/Land Ecosystem Management)

Kenneth Ross Parker

平成14～16年度合計予算額 2,001 千円

(うち、平成16年度予算額 2,001 千円)

[要旨] 野鳥類や哺乳動物などの野生生物の潜在的な生息環境の状態を、植生環境の空間的構造(例: 森林の外形構造や植生の空間的配列)などから推定するような簡易評価手法(ラピッドアセスメント)を開発し、生物多様性の状況を迅速かつ的確に把握できるような態勢を作ることを目的として、マレーシア半島部のパソ保護林を対象に穴掘り鳥(キツツキと8種のゴシキドリ)の生態と森林構造との関係について調査を行った。その結果、穴掘り鳥の空けた空洞(ほら)( $n = 70$ )のほとんどは立ち枯れ木(77%)で見られ、生木は23%に過ぎないことがわかった。また、全立ち枯れ木(胸高直径  $\geq 15$  cm)の20%に空洞が見られた。直径の大きな立ち枯れ木、特にフタバガキ(平均胸高直径 = 57 cm)は手頃な分だけ穴掘りに好まれることがわかった。立ち枯れ木1本当たりの空洞の数の期待値は $0.60 \pm 0.11$ であったが、実際にはこれ以上の数の空洞を持つ立ち枯れ木が数多く見られた。一本の立ち枯れ木に多数の空洞がある場合は空洞のサイズや形が大体同じであったが、これは同じ親鳥のペアが同じ立ち枯れ木を継続的に利用するためと考えられる。キツツキとゴシキドリの体サイズと空洞のサイズを比較したところ、生木の空洞のサイズは非常に小さいか大きいかのいずれかであり、立ち枯れ木の空洞サイズは両者の中間的なものが多いことが分かった(これらの中間的なサイズの空洞を穴掘り鳥が利用する)。ちなみに鳥が空けた穴ではなく樹木に自然に出来た洞( $n = 33$ )の割合は立ち枯れ木(55%)と生木(45%)で同じ程度の頻度で見られることが分かった。立ち枯れ木1本当たりの天然洞の数( $0.081 \pm 0.021$ )はポアソン分布に一致し、一本の立ち枯れ木や生木に複数の天然洞があるケースは希であった。天然洞のサイズや形は狭い隙間のようなものから、大型のフクロウやサイチョウの生息に使えるような大きな穴まで様々であるが、空洞を利用する動物は森の健全度の重要な指標であり、東南アジアの低地熱帯雨林の保全と管理計画策定にあたっての重要な指標となることが示唆された。

[キーワード] ゴシキドリ、キツツキ、空洞、低地フタバガキ林、立ち枯れ木

#### 1. はじめに

熱帯地域での急速な森林破壊や森林面積の減少は深刻であり、そこに生息する多様な生物相への影響を迅速に把握し、将来への影響を推定する手法の開発が急がれている。しかし、生物多様性保全には、生物が生息する特定地区を対象にするのではなく、その近隣域も含めたランドスケープ全体の保全、すなわちエコシステムアプローチが必要である。そのためには、野生生物の潜在的な生息環境の状態を、生物と植生環境(森林など)の空間的構造(例: 森林の外形構造や植生の空間的配列)などから推定できる簡易

評価手法(ラピッドアセスメント:たとえば地理情報システムなどから生物分布域を割り出すGAP analysisなど)を開発することが必要不可欠であるが、様々な植生や土地利用タイプの空間的配列とそこに生息する野生生物の多様性(種多様性、遺伝的多様性)との関連性に関する検証は今なお不十分である。本研究は森林生態系のなかで、生物の個体群調節や寝ぐらサイトの提供などの点で非常に重要な地位を占めているキツツキ類に焦点を当て、森林の構造や組成とキツツキ類の生息環境の関連性について野外調査を行い信頼性の高い生態指標(野生動物種)の抽出の可能性について検討を行う。

キツツキ目(Piciformes)の鳥達は巣穴や寝ぐらを作るために穴を掘るが、これらは掘られた穴の次の利用者となる多くの動物種(哺乳類、鳥類、爬虫類)にとって役に立つ。東南アジアには、穴掘りをするキツツキ目のうち、キツツキ科(Picidae)とゴシキドリ科(Megalaimidae)の2科に属する鳥類が生息・分布する。キツツキ科の鳥類は食虫性で甲虫、アリ、シロアリその他、木に穿孔する昆虫個体群のコントロールを行い生態系の秩序維持に重要な役割をはたしている<sup>1), 2), 3), 4)</sup>。一方、ゴシキドリ科の鳥達は尾状花、果実、花などを食べる食植性で、森林内における種子や花粉の分散に貢献していると考えられている<sup>5)</sup>。

東南アジアの低地熱帯雨林は、地球上で最も多様なキツツキとゴシキドリが見られる<sup>1), 6)</sup>場所である。特にPicidae(キツツキ科)の鳥類は多様で、大スンダ列島(スマトラ島、ジャワ島、ボルネオ島およびスラウェシ島)とマレーシア半島部の低地林では林分当り16種が生息し、地域の全鳥相の6~8%を占める。この数値は新熱帯区やアフリカで観察される鳥相の実に2倍にもなる<sup>7)</sup>。同様に、この地域では8種のゴシキドリ(Megalaima属)が生息しているが、これは東南アジアで記載された16種の半分である<sup>8), 6)</sup>。その他高山帯などの森林に生息するもの、またココヤシやアブラヤシのプランテーションといった攪乱された生息環境で見られる種もある。これらの中には生息環境を特に選ばないものもある。ただ、現時点で言えることはフタバガキ原生林はキツツキ類の多様性や個体密度が最も高い場所だということである。

ところが1970年代から大規模に始まった熱帯林の伐採や農地への転用によって、こうした低地のフタバガキ林が殆ど消失してしまい、キツツキやゴシキドリの種数が大きく減少し、中には東南アジアの地域から既に全滅してしまったものもある<sup>9)</sup>。こうした現況を改善するためには、まず熱帯諸国の政府が自国の原生林の現況について詳しく調査することが必要であるが、一方で、森林伐採・施業にあたっては生物多様性・生態系保全の視点からの十分な検討が行われることが必要不可欠である(例えば認証制度の導入)。キツツキや木の穴を利用する動物達は、何千年にもわたって森林構造と密接に結びつき互いに影響を受け、与えつづけた関係にあるといえる。たとえば森林で恒常的に発生する自然倒木や火災、昆虫の大発生などに際しても彼らは生き延びて連綿と種を存続させきたという厳然たる自然史実があるわけで、そのことに着目すれば、こうしたキツツキ類の生態は森林機能の健全性を推し量る上で重要な指標になるはずである。

## 2. 研究目的

- (1) 野鳥類や哺乳動物などの野生生物の潜在的な生息環境の状態を、植生環境の空間的構造(例:森林の外形構造や植生の空間的配列)などから推定するような簡易評価手法(ラピッドアセスメント)を開発し、生物多様性の状況を迅速かつ的確に把握できるような態勢を作ることを目的とする。
- (2) とくに熱帯のキツツキ類に着目し、彼らの営巣場所やその基盤となる樹木などの特性がどの程度信頼性の高い生態指標(クライテリア・インディケーター)になりうるかについて検証を行う。
- (3) マレーシアの熱帯林にて現地調査を行い、熱帯性キツツキ類の巣穴の位置(樹木上の巣直方向の位置など)、樹木の種類、森林や樹木の構造(分枝の状況)などとの関連性、さらに他の生き物によるキツツキの巣穴の利用状況などを評価する。

### 3. 研究方法

#### (1) 調査地の概要

調査地域は、マレーシアのネグリ・センビラン州 (Negeri Sembilan) のパソ森林保護区 ( $2^{\circ}58'N$   $102^{\circ}18'E$ ) (クアラルンプールから南東へ約70 km)とした。パソ保護区の三方はアブラヤシのプランテーション農園と境界を接しているが、西側だけは丘陵林につながっている。保護区の中心部には600ヘクタールの低地フタバガキ林の原生林があり、その周囲1,800ヘクタールには1955年から1956年に選択的伐採が行われたフタバガキの二次林がある<sup>(10),(11),(12),(13)</sup>。パソ保護区の樹木の種多様性は非常に高く、またサイズに関しては全基底面積の27%をフタバガキ科の樹木が占めている<sup>(14)</sup>。

#### (2) 調査方法

調査の対象とした全立ち枯れ木 (枯死木) についてキツツキが空けた穴および自然にあいた洞 (自然洞) の特性を明らかにするために、2004年の7月初めに40 haのプロット内でトランセクト調査を実施した。調査では、立ち枯れ木を調べ、さらに穴または天然の洞を有する立ち枯れ木または生木 (15 cm以上) を計測した。穴はキツツキ、ゴシキドリ、または他種によって木の幹や枝に掘られたものである。洞は、特定の樹種の成長特性によって木の幹の裂け目や間隙が伸張したもの、また大きな枝の破損によって間隙が大きくなったものである。立ち枯れ木の胸高直径と樹高を測定し、腐朽状態を調べた。さらに、穴や洞のある生木と立ち枯れ木について、数、方向、高さ、および入口の高さと面積を記録した。立ち枯れ木、生木および穴の地上からの高さはスウェーデン製のHaglof Vertex III超音波測高器で測定した。ヘクタール当りの立ち枯れ木の密度を測定するために、一定範囲を網羅するライントランセクトを設定し、ラインの両側2 mにある穴または洞を有するすべての立ち枯れ木と基質を数えた。

#### (3) 分析方法

樹高と胸高直径の平均値およびこれらのパラメータの対数変換値の適合性について、Shapiro-WilkまたはKonmogorov-Siminovの検定を用いて正規分布を調べた。本研究では、こうした検定の通常の方法から逸脱し、平均値ではなく中央値を用いて中心の値を求めた。二つの分布の中央値における差異を分析するために、非母数のMann-WhitneyのU-検定を用いた。これらの統計では、2組のデータ集合体のサンプルサイズを等しくするために、より大きなデータ集合体から比較する値を交換せず無作為抽出によって選択する繰り返しテストを基本とした。テストするサンプルの中央値が値を導き出せるデータ集合体に近づき、U-値および $p$ -値が一定となるまで、繰り返しテストを行った。立ち枯れ木および生木のそれぞれにおける予想される穴の数と観察された穴の数を比較するために、ヘクタール当りの立ち枯れ木の密度 (本研究で測定した) と20 cm以上の生木のヘクタール当り密度<sup>(14)</sup>をもとにG-検定を行った。平均と標準偏差をもとにして、頻度グラフの観察されたクラスと予想されるクラスを用いて立ち枯れ木当りの穴または洞の平均値を検定した。頻度グラフの末尾については、頻度クラス当りの最低値が5となるようにまとめ、度数分布に顕著な歪みが出ないようにした<sup>(15)</sup>。期待値からのずれについては、カイ二乗適合度検定を行った。

### 4. 結果・考察

キツツキが空けた穴は胸高直径が12 cmから150 cmの立ち枯れ木および生木で観察された。胸高直径が15 cm以上の基質であれば有効に利用できることを考慮に入れると、立ち枯れ木に掘られた穴は生木の

ものよりはるかに大きかった ( $G = 97.7, p < 0.0001$ )。胸高直径が15 cm以上の全立ち枯れ木の20%に穴があるのに対して、同じ胸高直径の生木で穴がある割合は1%に満たなかった。40ヘクタールのプロット内におけるこのサイズの立ち枯れ木の密度は $50 \pm 12$ 本 / haであるが、穴のある立ち枯れ木は10本 / ha、洞のある立ち枯れ木は2.8本 / haだった(表1)。

表 1. マレーシア半島部にあるパソ保護区の 40 ヘクタールプロット内における穴または天然の洞を有する生木と枯死木の割合

樹木	n	胸高直径 (cm)		密度 (本 / ha)
		平均値	中間値	
立ち枯れ木	263	$51 \pm 2.2$	39.6	$50 \pm 12$
空洞あり	54	$61 \pm 6.1$	47.4	10 (0.21)
天然洞あり	15	$74 \pm 12.5$	62	2.8 (0.057)
生木	(3080)			(586) <sup>a</sup>
空洞あり	16	$57 \pm 11$	40.5	3.0 (0.0051)
天然洞あり	18	$59 \pm 12.5$	32.85	3.4 (0.0058)

a パソ保護林の 50 ヘクタール区画の胸高直径 > 10 cm の生木の密度<sup>14),16)</sup>

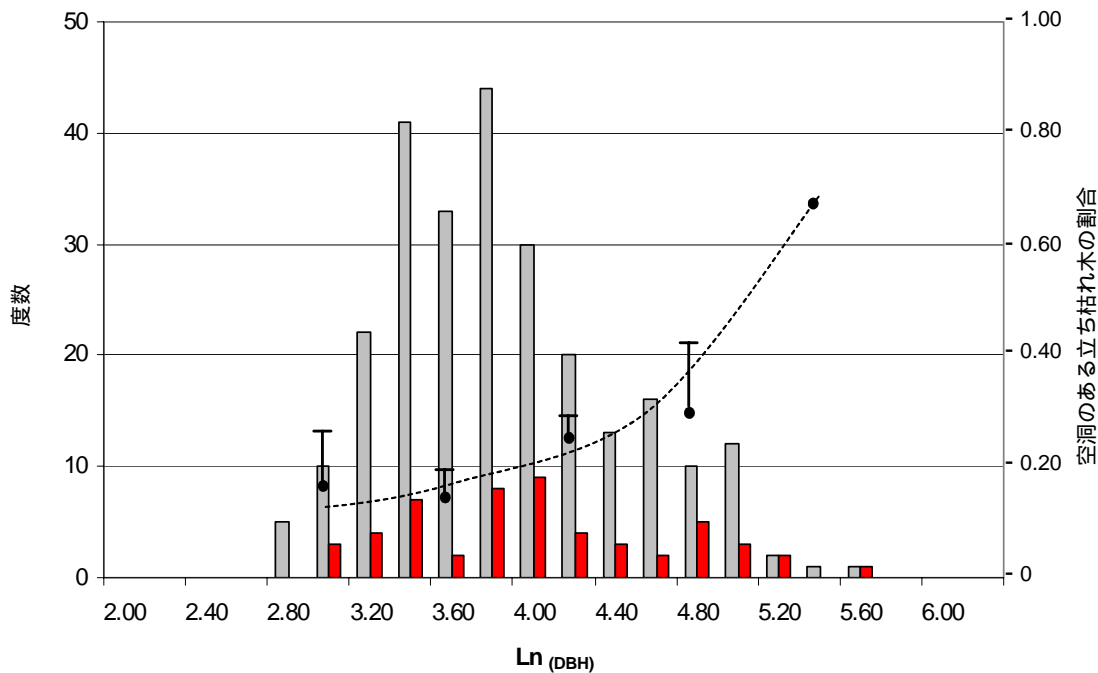


図1. マレーシア半島部にあるパソ保護区内の40ヘクタールの調査地における立ち枯れ木と穴のある立ち枯れ木それぞれの胸高直径(cm)の対数頻度分布(底 = n)。左の縦軸は立ち枯れ木(■)と穴のある立ち枯れ木(■)の胸高直径サイズ毎の頻度を表している。右の縦軸は胸高直径の増加に伴う穴のある立ち枯れ木の割合であり、曲線(-----)は胸高直径の大きさによる割合の変化を示している。

胸高直径が最低15 cmより大きい、穴のある立ち枯れ木の割合をグラフに表したところ、直径の大きな立ち枯れ木ほど多くの穴を有する傾向のあることが分かった(図1)。立ち枯れ木の胸高直径の中間値を比較したところ、全体では39.6 cm(n=263)であるのに対し、穴のある立ち枯れ木は47.4 cm(n=54)、天然の洞のある

る立ち枯れ木は62 cm (n = 15) だった (表1)。穴のある立ち枯れ木と穴のない立ち枯れ木 (n1 = n2 = 15) 間の Mann-Whitney U 検定では両者に有意な差が見られた (U = 1674, p = 0.01729; 片側検定)。天然の洞のある立ち枯れ木とない立ち枯れ木について Mann-Whitney U 検定を行ったところ、n = 15 までに設定した統計では、有意な差は見られなかった (U = 148.0, p = 0.07429; 片側検定)。天然の洞がある立ち枯れ木の胸高直径の中間値は62 cmと、穴のある立ち枯れ木より大きかったが、サンプルプールは双山型を示し、通常、小さな立ち枯れ木と非常に大きな立ち枯れ木から構成されていた。穴のある生木のサイズ分布も双山型を示し、中間値は小型グループでは29.9 cm (n = 9)、大型グループでは79.6 cm (n = 6) であった。

表2. パソ森林保護区内の40 haのプロットにおける穴または洞のある生木と枯死木についての一覧表

科	n	立ち枯れ木	中間値胸高直径	生木	中間値胸高直径
空洞あり	70	54	47.4	16	40.5
<i>Dipterocarpaceae</i>	23	17 (31.5%)	57.2	6 (37.5%)	79.6
上記以外の科 <sup>a</sup>	11	8	33.25	3	31.5
天然洞あり	33	15	62.0	18	32.85
<i>Dipterocarpaceae</i>	6	4 (27%)	119	2 (11%)	
<i>Leguminosae</i>	4			4 (22%)	79.55
上記以外の科 <sup>b</sup>	7	1	46.7	6	32.4
空洞または天然洞なし		194	37.8	3,046 <sup>c</sup>	19.5
<i>Dipterocarpaceae</i>		66 (34%)	46.6	378 (12.4%)	29.2
<i>Leguminosae</i>		10 (5.2%)	30.35		
上記以外の科		44 (22.7%)	36.15		

- a 空洞が確認されたのは70本中のわずか34本。*Dipterocarpaceae* 以外に9科 ( *Burseraceae*, *Celastraceae*, *Guttiferae*, *Leguminosae*, *Moraceae*, *Myristicaceae*, *Olacaceae*, *Palmaceae*, *Sapindaceae* ) 以上に空洞が掘られていた。
- b 天然洞が確認されたのは33本中のわずか17本。*Dipterocarpaceae* と *Leguminosae* 以外に5科 ( *Burseraceae*, *Fagaceae*, *Moraceae*, *Myristicaceae*, *Olacaceae* ) 以上に天然洞が開いていた。
- c パソ保護林の50ヘクタール区画の胸高直径 > 10 cm の生木の密度に基づいている<sup>14),16)</sup>。

表3. 40ヘクタールのプロットにおける枯死木の穴と天然の洞の分布

立ち枯れ木1本 当たりの空洞/ 天然洞数	空洞		天然洞 t		(観測 - 予測) <sup>2</sup> /予測	
	観測	予測	観測	予測	空洞	天然洞
0	194	135.45	194	191.75	25.3	0.026
1	25	81.92	13	16.51	39.6	0.748
2	9	24.78	2	0.71	10.0	2.336
3	8	5.00	0	0.02	1.8	0.020
4	4	0.76	0	0.00	13.9	0.000
5	3	0.09	0	0.00	92.6	0.000
≥10	5	0.00	0	0.00	29,050	0.000
合計	248		209			3.131
p					< 0.0001	0.209

- a 立ち枯れ木1本当たりの平均空洞数は  $0.60 \pm 0.11$ , 立ち枯れ木1本当たりの平均天然洞数は  $0.081 \pm 0.021$ 。

穴が空いている立ち枯れ木のうち直径サイズが大きいものはフタバガキ科 (胸高直径の中間値は57.2cm; n = 17) であることが多く、そのサイズは他の科の樹木に比べて大きかった (胸高直径の中間値は

33.25cm; n = 8) (表2)。生木データからも同様の傾向が見られ、穴のある大きな木は一般にフタバガキ科の樹木(胸高直径の中間値は79.6cm; n = 6)であることが他の科の樹木(胸高直径の中間値は31.5 cm; n = 3)の場合より多かった。フタバガキ科の樹木では、穴のある立ち枯れ木の割合(31.5%)と穴のない立ち枯れ木の割合(34%)がほとんど同じだけ観察された。このことからフタバガキ科への選好性があるというわけではなく、穴あけは森林内の利用可能なフタバガキ科樹木の密度に依存しているともと思われる。調査地点では数は少なかったものの、フタバガキ科の生木における穴の有無についても同様の割合が見られた。穴のあるフタバガキ科の立ち枯れ木の胸高直径(中央値、57.2cm)は穴のないものの胸高直径(中央値、46.6cm)と変わりなかった( $U = 173.0, p = 0.1694$ ; 片側検定)。フタバガキ科以外の穴のある立ち枯れ木と穴のない立ち枯れ木についても同様のことが言える( $U = 35.0, p = 0.3798$ )。

表4. 立ち枯れ木に複数あけられた穴の大きさと形の類似性

立ち枯れ木 1 本 当たりの空洞の数	複数の空洞が観測されたグループ <sup>a</sup>		予測	
	一致	不一致	一致	不一致
2	AA AA	CD BD AC	0.2694	0.7306
3	AAA CCC	CCE CDD	0.0885	0.9115
4	CCCC	CCCD	0.0319	0.9681
合計	5	6	1.8	9.2
<i>p</i>			0.02517 <sup>b</sup>	

a 空洞サイズ別グループ: A(2×2,3×3,3.5×2.5 cm), B 6×3 cm, C(4×4,5×5 cm), D(7×5,8×5 cm), E(6×6,7×7,8×8 cm), F(12×8,15×9 cm)。

b 対応する G 値を Williams 補正值 = 5.012 で調整。調べる空洞を 3 個中 2 個に、または 4 個中 3 個にしたところ、立ち枯れ木 1 本当たりのサイズが同等の空洞の数は 8 個(3 個に対して)と類似性を示した( $G_{adj} = 4.766$ ;  $p = 0.0290$ )。

立ち枯れ木当りの穴数はポワソン分布をもとに計算した期待値(穴の数の平均値 $0.60 \pm 0.11$ から求めた)から有意にはずれていた。一方、天然の洞の数はポワソン分布を示した(表3)。複数の穴がある立ち枯れ木が多かったために、穴のない立ち枯れ木が予想される数よりはるかに多いことは明らかだった。同一の立ち枯れ木に複数みられた穴は開口部の形状やサイズがほぼ一致する傾向があり( $G = 5.012, p = 0.3798$ )、同じつがいと同じ立ち枯れ木に別の穴をあけて巣づくりをしていることが予想された(表4)。立ち枯れ木当りの洞の数( $0.081 \pm 0.021$ )の平均値はポアソン分布に従っており、一つの洞に複数の開口部が生じること、また立ち枯れ木に複数の洞ができることは稀であった。洞のサイズ分布は双山型で、狭い間隙も大きな開口部も大型のフクロウやサイチョウの必要性に合致できると予想された。

表5に、立ち枯れ木および生木それぞれについて、穴の高さ、胸高直径、樹高のそれぞれに対する穴のサイズと形をまとめて示す。これらの穴に対応できるキツツキとゴシキチョウの種は、知られている体長およびこのサイズの鳥に合う穴の大きさをベースにしている。生きているエマージェント(突出木)の上方の大枝や幹には、合計13個の大きな円形の穴が見られた(表5b)。これらは明らかに、そのような穴を開けることができそうな種の数に比べて多すぎるが、この種はおそらく森林で最も大型なキツツキであるオオスレートキツツキ great slaty woodpeckerと推定される。

表5a. 40 haのプロットにおける立ち枯れ木の穴の入口サイズ、樹高、胸高直径とキツツキの種数との関係

空洞のサイズ(cm)	空洞の数	空洞の高さ (m)		枯れ木樹高 (m)		枯れ木胸高直径 (cm)		キツツキ (ゴシキドリ)の種の数
		中間値	範囲	中間値	範囲	中間値	範囲	
2×2 2.5×2.5 3×3 3.5×2.5	12		1.6		3.0		20.7	3 (3)
6×3	1		8.2		9.0		38.5	
4×4	10		0.8		1.0		34.7	9 (5)
5×5	9	9.0	29.5	10	30	104	150	
			8.0		14		29.8	
		13.9	35.5	30	45.8	90	119	
7×5	8		8.0		9.0		16.5	
8×5		10.3	20	19.2	44	57	119	
6×6	3		9.5		10		34.7	
7×7		18.8		30		40		
8×8			28		35		48.7	
12×8	4		3.5		6.0		50	1
		6.6		9.0		54		
15×9			37.7		30.8		91	

表5b. 40 haのプロットにおける生木の穴の入口サイズ、樹高、胸高直径とキツツキの種数との関係。

空洞のサイズ(cm)	空洞の数	空洞の高さ (m)		樹高 (m)		胸高直径 (cm)		キツツキの種の数
		中間値	範囲	中間値	範囲	中間値	範囲	
2×2 2.5×2.5 3×3 3×2	7		1.8		17.6		12	1
5×3	1		35		50		57.9	1
4×4	1		9.0		11		18.4	
5×5	1		14		22		40.5	
8×5	1		7		37		35.5	
15×15	13	38	25 42	50	33.5 54	94	58 10.6	1

表6に生木と立ち枯れ木の天然の洞についてのデータをまとめて示す。洞は4つのグループに分類され、2番目のグループの幅は大型のキツツキのグループに対応するが、はじめの2つのグループにおける洞の面積の大半は、大型のキツツキがあける穴の4倍から13倍だった。したがって、これらの洞の大半は大型のフクロウの寝ぐらに適した大きさであり、大きな洞のいくつかはマレーシア半島部やパソの森林に生息することが知られている最も大型のサイチョウであるヘルメットサイチョウの巣穴としての条件にも適っている。

## 5. 考察

パソ保護区の40 haのプロットにおける熱帯性のキツツキとゴシキドリが掘る穴は、生木と立ち枯れ木の双方に見られたが、その多くは立ち枯れ木にあった。この観察結果は、立ち枯れ木に比べ生木の利用が著しく多い北アメリカ西部での状況<sup>17)</sup>と異なるものである。観察された結果は、利用できる樹木が堅く、穴掘りを進めるには菌類による腐朽がある程度必要であるからという理由で説明できる。柔らかな樹種は調査地域の森林には多くないと考えられるし、また樹木は損傷を受けるか衰弱しない限り、菌類による腐朽や昆虫の攻撃に対する回復力は強いと考えられる。



表6. 40 haのプロットにおける立ち枯れ木と生木で見られた天然の洞の入口サイズ、樹高、および胸高直径の一覧表。

天然洞のサイズ (cm)	天然洞の数	天然洞の高さ (m)		生木 / 枯れ木の高さ (m)		胸高直径(cm)	
		中間値	範囲	中間値	範囲	中間値	範囲
100×30 90×50 70×50 50×40	7 (3L, 4S)	21	6  28	30	10  50	88.1	44.9  105
230×15 60×15 50×20 20×10	5 (4L, 1S)		1  18.6	30	10  50	44.1	25  129.3
350×6 100×5 40×5 10×4	5 (2L, 3S)		2  5	10		27.8	20.4  68.1
50×3 500×1.5 22×3 4×2.5	7 (2L, 5S)	3.9	2  13.2			25	16.3  127.2

穴の入口のサイズとパソ保護区に生息することが確認されているキツツキおよびゴシキドリの体長を比較したところ、体長が21～32.5 cmのキツツキとゴシキドリの大半の種(両種合わせて24種のうちの14種;キツツキが9種とゴシキドリが5種)は、立ち枯れ木に穴を掘ることが分かった。本調査では、こうした穴をあける際には、直径の大きな立ち枯れ木が好まれることがわかった。生木ではこれほど大きな穴は僅かしか観察されなかった。穴のある生木の胸高直径は双山型で、直径の小さな木には最小サイズグループの穴があり、直径の大きな木には最大サイズの穴があるという傾向が見られた。サイズの小さな穴は、体長がちょうど8-20cmの5種のキツツキと3種のゴシキドリによって開けられるものと思われる。林冠から突出する突出木の幹の上部に掘られた大形の円形の穴は、パソ保護区に生息することが確認されている最も大形のキツツキ、オオスレートキツツキ(*Mulleripicus pulverulentus*)が空けたものと推測された。この種は、地上から45mの高さに穴をあけることが知られている<sup>1)</sup>。調査を行った7月初旬には、これらの穴にはオナガインコ(*Psittacula longicauda*)が住んでいた。パソ保護林で2番目に大きなキツツキはシロハラヒメキツツキ(*Dryocopus javensis*)であるが、この種は北米に生息するカンムリキツツキ(*Dryocopus pileatus*)の類縁種と考えられる。カンムリキツツキ(体長40.6～49.5 cm)はシロハラヒメキツツキより大きく、9×12 cmの楕円形の穴をあけることが多い。これよりやや小さな楕円形の穴がパソ保護区でも見られたが、今回の調査ではこうした穴とシロハラキツツキを結びつける確証は得られなかった。

本研究で述べた天然の洞は、キツツキやゴシキドリが開けた穴と一緒に、多くの哺乳類によって利用されているという点で興味深い。サイチョウは、熱帯低地林に生息し巣づくりに洞を利用する鳥の中では大型の鳥である。サイチョウは巣穴用に様々なタイプの樹木を利用することができるが、巣づくりの準備をする際には簡単にメスを隠しやすいような洞を選択することが知られている<sup>18)</sup>。タイのKhao Yai国立公園にある低地フタバガキ林で同所的に生息するサイチョウは営巣場所としてフタバガキ属*Dipterocarpus*、ユーヅニア属*Eugenia* およびクスノキ属 *Cinnamomum*の樹木の洞を選ぶことが多い。調査期間中、パソ保護区で観

察されたサイチョウのうち、クロサイチョウ (*Anthracosceros malayanus*) の鳴き声をほとんど毎日、森の至る所でしばしば耳にした。この種はマレーシア半島部に生息が確認されている9種のサイチョウの中では最小とはいえ、体長76 cmなので、キツツキが掘った穴には大きすぎる。今後の研究で、天然の洞と掘られた穴を利用すると考えられるあらゆる範囲の種を、より包括的に観察したいと考えている。

森林は世界中で消滅が続き、また森林生態系が発展させてきた生物相による自然の攪乱水準からかけ離れた規模で攪乱され続けている<sup>19)</sup>。これら(攪乱による)一連の大規模な変化は予想されるよりはるかに大きく、想像もしなかったものであることが多い。例えば、北米西部では現在、かつてないほど広範囲な松林で甲虫類が大発生している。カナダのプリティッシュコロンビア州の1/4以上に及ぶ地域が甲虫の一種であるmountain pine beetleによって壊滅的被害を受けた。この大発生の原因は、攪乱の規模と頻度が自然から著しく逸脱してしまったこと、そして自然に生じる攪乱によって普通に確立されていた景観も変わってしまったことによると考えられる。歴史を振り返ると、老齢化した松の単一育成林は、度々発生する山火事によって乱されあるいは分断されて孤立したパッチ状の林になってしまうので、森林が50年も続くことは稀であった。小さなパッチ状の森林は森林群落を再構成する基盤となった。北米西部では広葉樹林は上記と別な攪乱様式のもとで成立してきたもので、断続的かつ大規模な森林の分断化に適応していない。世界中の大規模な熱帯林についても同様であり、非常に低い攪乱水準のもとで成立・維持してきたものである。明らかにこのようなゆっくりした攪乱規模であることが巨大な植物を育て、その森林に伴う動物多様性を育んだのである。

キツツキは森林の破壊プロセスを利用する、いうならば攪乱によって森林に与えられた損傷を利用するために、自然の攪乱に密接に結びついている生き物といえる。キツツキは破壊されたまたは衝撃を受けた樹木を利用して巣づくりや寝ぐらのための穴を掘り、木が損傷を受けると通常すぐに殺到するアリ、シロアリ、甲虫類を利用する。歴史を振り返ると、低地熱帯林は広大な面積の連続する森林が優占し、森林の生長が中断されるとすれば、風または熱帯特有の嵐の程度で、そこには林冠がぼっかり空いたギャップが生ずる。ギャップは多数の立ち枯れ木、倒木、分解性昆虫を作り出して、別なキツツキのギルドを構成する種を引きつけ、さらに昆虫による分解と最適昆虫の移住を誘発し、ギャップ内に垂直構造が再構築される。損傷を受けた樹木の全体的分布にこのような風がどの程度影響を及ぼすかという点と、森林内に生育する個々の樹木に対する散発的な風の影響が比較定量されたことはなかった。StyngとZakara(2004b)の最近の研究報告では、キツツキ個体群の衰退の原因を、伐採された低地熱帯林における適当な立ち枯れ木基質の減少に関連づけて説明している。彼らによれば、伐採された森林には5年たっても多数の立ち枯れ木と倒木があり、伐採されていない森林と同様のキツツキの多様性および豊富なパターンが見られた。しかし10年後、伐採林では立ち枯れ木は死滅し、若い林分から新しい立ち枯れ木を補充できなかった。彼らは、立ち枯れ木と倒木の動力学を正常に戻すには50年以上かかると示唆している。

今後の研究としては、毎木調査と樹木のマッピングが定期的に行われている50 haのプロット内での穴と洞の調査を行う予定である。その場合のデータは40 haプロットで得たデータと比較できるが、さらに穴利用者によるフタバガキ科以外の樹木の利用、立ち枯れ木と樹木および穴と洞のある立ち枯れ木と樹木に空間的集中があるかなどについて、より詳細な分析が可能になる。15年前には生きていて、ラベルがつけられていた立ち枯れ木の消滅データを調べ、さらにこのような樹木の腐朽についてのマッピングを行うことも可能である。最も関心がある点は、2004年9月に起こった激しい暴風によって50 haプロット内で樹木が広範囲にわたってなぎ倒されたことである。その結果ギャップが生じた区域は、暴風による攪乱とキツツキの行動パターンを観察するのに適しており、またパゾ保護林内の他の区域と比較を行うにあたって大変有効であると考えられる。

## 6. 本研究により得られた成果

- (1) 調査地の低地フタバガキ林に生息するキツツキとゴシキドリによって立ち枯れ木の20%以上に穴が空けられていることが分かった。
- (2) 直径の大きなフタバガキの立ち枯れ木が好まれる傾向が分かった。また、最大サイズのキツツキは生木も利用していることが観察され、最小サイズのキツツキも同様に生木を利用することがわかった。
- (3) 一度空けられた穴は同一のキツツキ個体によって反復して利用されることが分かった。
- (4) 大型のフクロウやサイチョウを含む様々な種が天然の洞を巣穴または寝ぐらとして利用している可能性が示唆された。
- (5) 穴を利用する動物達は、森の健全度を押し量り、また東南アジアにおける熱帯低地林の適切な範囲の保全および計画にとって重要な指標となりうることが示唆された。

## 7. 引用文献

- 1) Short, L. L. 1978. Sympatry in woodpeckers of lowland Malayan forest. *Biotropica* 10: 122-133.
- 2) Bull, E. L., R. C. Beckwith, and R. S. Holthausen. 1992. Arthropod diet of pileated woodpeckers in northeastern Oregon. *Northwestern Naturalist* 73: 42-45.
- 3) Machmer, M.M. and C. Steeger. 1995. The ecological roles of wildlife tree users in forest ecosystems. *B.C. Ministry of Forests Land Management Handbook No. 35*.
- 4) Styring, A. R., and M. Zakaria bin Hussin. 2004a. Foraging ecology of woodpeckers in lowland Malaysian rain forests. *Journal of Tropical Ecology* 20: 487-494.
- 5) Remsen, J.V., Jr., M.A. Hyde, and A. Chapman. 1993. The diets of neotropical trogons, motmots, barbets and toucans. *Condor* 95: 178-192.
- 6) Short, L.L., and J.F.M. Horne. 2001. *Toucans, Barbets, and Honeyguides*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- 7) Styring, A. R., and K. Ickes. 2001. Woodpecker abundance in a logged (40 years ago) vs. unlogged lowland dipterocarp forest in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* 17: 261-268.
- 8) Robson, C. 2000. *A Guide to the Birds of Southeast Asia*. Princeton University Press, Princeton.
- 9) Styring, A. R., and M. Zakaria bin Hussin. 2004b. Effects of logging on woodpeckers in a Malaysian rain forest: the relationship between resource availability and woodpecker abundance. *Journal of Tropical Ecology* 20: 495-504.
- 10) Manokaran, N. and J.V. LaFrankie. 1990. Stand structure of Pasoh Forest Reserve, a lowland rain forest in Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Ecology* 3: 14-24.
- 11) Kochummen, K. M., ed. 1997. *Tree Flora of Pasoh Forest*. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur.
- 12) Okuda, T., N. Kachi, S. K. Yap, and N. Manokaran. 1997. Tree distribution pattern and fate of juveniles in a lowland tropical rain forest – implications for regeneration and maintenance of species diversity. *Plant Ecology* 131: 155-171.
- 13) Ashton, P. S., T. Okuda, and N. Manokaran. 2003. Pasoh research, past and present. Pages 1-13 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, eds. *Pasoh: Ecology of a Lowland Rain Forest in Southeast Asia*. Springer-Verlag, Tokyo.

- 14) Davies, S. J., N. Supardi Md. Noor, J. V. LaFrankie, and P. S. Ashton. 2003. The trees of Pasoh Forest: stand structure and floristic composition of the 50-ha forest research plot. Pages 35-50 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, eds. *Pasoh: Ecology of a Lowland Rain Forest in Southeast Asia*. Springer-Verlag, Tokyo.
- 15) Krebs, C.J. 2001. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 5th ed. Benjamin Cummings, Menlo Park, California. 801 pp
- 16) Okuda, T., M. Suzuki, N. Adachi, K. Yoshida, K. Niiyama, N. S. M. Noor, N. A. Hussein, N. Manokaran, and H. Mazlan. 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. Pages 15-34 in T. Okuda, N. Manokaran, Y. Matsumoto, K. Niiyama, S. C. Thomas, and P. S. Ashton, eds. *Pasoh: Ecology of a lowland rain forest in Southeast*. Springer - Verlag, Tokyo.
- 17) Martin, K., K. E. H. Aitken, and K. L. Wiebe. 2004. Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: Nest characteristics and niche partitioning. *Condor* 106: 5-19.
- 18) Poonswad, P. 1995. Nest site characteristics of four sympatric species of hornbills in Khao National Park, Thailand. *IBIS* 137: 183-191.
- 19) Ferraz, G., G. J. Russell, S. P. C., R. O. J. Bierregaard, S. L. Pimm, and T. E. Lovejoy. 2003. Rates of species loss from Amazonian forest fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 100: 14069-14073.

## 8 . 国際共同研究等の状況

本研究はすべてマレーシア森林研究所とマレーシア工科大学との共同研究により行なわれた。

カウンタパート: (マレーシア森林研究所)、Mazlan Hashim(マレーシア工科大学)

## 9 . 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

< 論文 (査読あり) >

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

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

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

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

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

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

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

T.Okuda, M.Suzuki, S.Numata, K.Yoshida, S.Nishimura, K.Niiyama, N.Adachi, and N.Manokaran : Forest Ecol. and Management 203,63-75 (2004)  
“Estimation of Tree Above-ground Biomass in a Lowland Dipterocarp Rainforest, by 3-D Photogrammetric Analysis”

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

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

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

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

#### < その他誌上発表(査読なし) >

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

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

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

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

#### < 書籍 >

奥田敏統 : かんきょう 2004/4月 pp. 42-43.

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

沼田真也, 奥田敏統 : 地球環境研究センターニュース 14(12):1-4

「国際シンポジウム・ワークショップ『生物多様性・生態系保全と京都メカニズム - 生態系保全と温暖化対策の両立へむけて』開催報告」.

奥田敏統 : 暮らしの手帖(2004)

「熱帯林と私たちの暮らし」

T.Okuda and M.Hashim : An ongoing research project in Peninsular Malaysia CTFS news (2004)

“The ecosystem approach for sustainable forest management“(in press)

生態学入門 日本生態学会(編)東京化学同人. 一部執筆(2004)

#### (2) 口頭発表(学会など)

杉本龍志, Y.NOOR AZLIN, 奥田敏統 : 日本熱帯生態学会、松山、2004年6月

「マレーシア半島における生物多様性保全のための『緑の回廊』づくり」

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

「熱帯雨林のエコロジカルサービスのモデリング手法について」

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

「レーザープロファイラを用いた低地熱帯雨林の林冠観測」

八代裕一郎、安立美奈子、奥田敏統、小泉博 : 日本生態学会第51会大会、釧路、2004年8月  
「マレーシアにおける土地利用変化とN<sub>2</sub>Oフラックス」

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

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

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

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

奥田敏統 : 地球環境モニタリングに関する国際シンポジウム、東京(2004)

「熱帯林のエコロジカルサービスに関する長期観測」

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

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

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

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

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

「熱帯生態系におけるエコロジカルサービスのGIS化に関する試みについて」

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

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

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

宮作尚宏、Mazlan Hashim : 日本生態学会第52会大会、大阪、2005年3月

「レーザープロファイラを用いた熱帯雨林の林冠構造抽出について」

### (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)

なし

### (5) マスコミ等への公表・報道等

なし

## 10. 成果の政策的な寄与・貢献について

本研究は野生生物の生息環境を森林の構造や空間配置、形態から評価しようとする試みである。特に、生物群集のなかで他の生物の個体群調節や住みかの提供を行い、かつ森林攪乱に対する感受性が高い動物として熱帯性キツキ類に焦点を当てたという点で大変ユニークな研究である。熱帯域では違法伐採や杜撰な森林管理などによる森林の劣化や資源枯渇などの問題が近年顕在化の兆しを見せているが、これらを防止し生物多様性や生態系保全に配慮した適正な森林管理を普及させるために森林認証制度の

導入が各地で検討され始めている。こうした認証制度では生態系の保全や管理状態の適性度を評価するための基準・指標(Criteria & Indicators)が設定されており、特に生き物の指標性をどのように取り扱うかが認証性度の普及の鍵を握っているともいわれている。キツキ類は森林生態系のなかでは害虫のコントロールや他の生物への寝ぐらや営巣場所の提供などいわゆるアンブレラ種として重要な地位を占めており、彼らの生態や潜在的な生息場所の探索(森林構造との関連性を調べることは森林の保全状態や健全度を推し量る上で大変重要なテーマであり、マレーシアなどの熱帯域での認証制度を利用した森林管理手法の改良・改善に大きく貢献する。