

E-2 熱帯環境保全林における野生生物の多様性と持続的管理のための指標に関する研究
(2) 森林の人為的攪乱が昆虫群集の多様性に与える影響に関する研究

研究代表者 国立環境研究所生物圏環境部 椿 宜高

環境庁国立環境研究所

地球環境研究グループ (委託先)	野生生物保全研究チーム 佐賀大学農学部	高村健二・永田尚志 東 和敬
農林水産省森林総合研究所 マレーシア森林研究所	森林生物部	福山研二・前藤薫 大沢直哉・Jurie Intachat・ Laurence G. Kirton Ahmad S. Sajap
マレーシア農科大学		

平成8-10年度合計予算額 29,330 千円
(平成10年度予算額 9,650 千円)

〔要旨〕熱帯林の代表的施業法である択伐の影響が30年後でどの程度残っているかを明らかにするため、原生林と約30年前に択伐された二次林のチョウ類、コガネムシ類、土壌動物を比較した結果、土壌動物ではほとんど違いはなかったが、チョウ類やコガネムシ類ではまだ影響が残っていることがわかった。これは、二次林では倒木によるギャップの形成が少ないためであることが示唆された。ハナバチ類の群集構造は一斉開花の前後で大きく変化し、一斉開花の前はほとんどいなかったアジアミツバチが、一斉開花後には優占した。土壌動物は二次林と自然林で差がなかったが、オイルパームやゴムの林床では土壌動物相は貧弱だった。

〔キーワード〕熱帯林、縮小分断化、昆虫、種多様性、一斉開花

1_1 原生林と二次林における林床性タテハチョウ、訪花性甲虫相および土壌動物の比較

1. はじめに

低地熱帯林は人類が将来にわたって利用する遺伝子資源の保管庫としてきわめて重要であり、生物多様性の確実な保全が望まれる。しかし、低地熱帯林は産業活動にともなう強度な人為攪乱に晒されている生態系でもある。現在の所、大部分の低地熱帯林にはすでに人の手が入っており、原生林だけに頼って本来の生物多様性を維持してゆくことは難しい。低地熱帯林の生物多様性を保全するには、一旦伐採された二次林の機能に期待し、林業活動との調和を計りながら二次林を適切に管理することが不可欠である。

ところで、択伐を受けた二次林においては、以下のような仮説が想定される。

択伐を受けた二次林は森林構造が均質で、林冠ギャップが少なくなる。その結果、ギャップ形成に伴って生じる大型植物遺骸が少なく、それに依存する遺骸分解者の種多様性が乏しい。また、林床付近の植物群落が発達しないため、林床植物に依存する植食者の種多様性が乏しい。熱帯では有機物の分解が早いため土壌構造の生成速度が早く、土壌生態系の回復は早い。これらを明らかにするため、択伐後相当な年数(30年以上)を

経過した二次林の動物相を原生林と比較した。

2. 材料と方法

対象昆虫

チョウ類は、熱帯林の植物食性昆虫のなかでは種レベルの同定が容易であり生態学的知見も多く、指標性に優れたグループといえる。そのなかでも「ジャングルバタフライ」と呼ばれる林床性のタテハチョウ科は原始的な森林環境と深く結びついており、森林伐採による影響を受けやすい昆虫と思われる。このグループのチョウには発酵した果実に誘引される習性があるので、これを利用して成虫を誘引捕獲する発酵果実トラップを考案し、原生林と択伐後二次林の定量的比較を試みた。

訪花性甲虫類は主に枯死した材を食べる。そのため、択伐に伴う倒木量やギャップの減少など二次林化の影響を強く受ける可能性がある。その中でもコガネムシ類は比較的同定が容易であり、比較調査をする対象として適当である。そこで、原生林と二次林において花の匂い成分を用いた誘因トラップを樹冠部につりさげて、訪花性コガネムシ類の捕獲調査を試みた。

土壌動物は主に土壌表層の未分解有機物量や土壌構造の影響を受けやすく、指標生物としての有用性が指摘されている。また、ゴム園やヤシ園などが多様性保全にどの程度の役割を果たしているかを評価する必要がある。そこで、原生林、二次林、小面積皆伐林および周辺のヤシ園、ゴム園において土壌中の動物を採集し比較調査を行った。

調査地の設定

マレー半島のパソー保護林内に調査地を設定した。保護林内の林縁から中心にかけての歩道沿いに約 30 年前に択伐されたバッファゾーンに 5 ヶ所と残されたコアゾーンに 5 ヶ所合計 10 ヶ所のトラップ調査地を設定した。択伐施業後ほぼ 30 年以上を経過した二次林とそれに隣接する原生林に、それぞれ 1 ha (100m×100m) の方形調査区 (P1, S1) を設定し、その中をさらに 20m の方形枠に区切った。翌年にはさらに同様の隣接する択伐林と原生林に 1 ha の方形調査区 (P2, S2) を追加した。土壌動物用としてさらに P1 に隣接した小面積皆伐跡地 (30 年前に伐採) (CL) とその対照区 (P1c) および保護林周辺のヤシ園 (OP) とゴム園 (R) に 20m×100m の調査区を設置した (図 1)。

調査区の森林構造 (P1, S1 のみ)

両調査林の材蓄積量そのものは両者で変わらないが、原生林には胸高 120cm 以上の大径木が多いのに二次林にはほとんど存在せず、二次林の樹木構成は小・中径木に大きく偏る。原生林の林冠は突出木 (大径木) が林立するため著しく不均質なのに対して、二次林では高さ 15-25m にほぼ均質な林冠層が形成されている。そして、原生林のギャップ (林孔) 面積率が 4.9% に対して二次林のギャップ面積率は 1.9% と際だって低く、二次林の林床には原生林と比べて稚樹が少ない (安田ら未発表)。

両調査区内の直径 10cm 以上の倒木と落枝を全て標識し、サイズと腐朽状態、樹種を調査した結果、二次林は原生林に比べて明らかに大型の倒木・落枝が少なかった。

調査方法

- 1) チョウ類の調査は、1996 年には原生林と近接する択伐二次林に (P1, S1) にて実施し、翌年には追加した調査地 (P2, S2) を加えて実施した (図 1)。1996 年には P1, S1 の調査区にタウンズ型のマレーストラップを、各調査区に 5 張りずつ設置し、11 月中旬から 12 月上旬にかけて捕獲調査を行った。1997 年 12 月には、各調査区 (P1, P2, S1, S2) の周縁にそれぞれ 8 張りの発酵果実トラップ (砕いて発酵させたバナナを誘引源とするテント型トラップ) を設置し、10 日間の誘引捕獲を行った。
- 2) 訪花性甲虫類についてはコアーから林縁にかけての 10 調査地点において花の匂い成分 (リナロールとオイゲノール) を用いた誘因トラップを林冠木よりつり下げて捕獲調査を行った。またチョウと同じく原生林と二次林の比較調査区 2 箇所ずつにおいて誘因トラップをつりさげ、1 週間おきに回収を行った。なお、P1 と S1 の調査は 1996 年 11-12 月にトラップを 8 個ずつ用い、P2 と S2 については 1997 年 12 月にトラップを 9 個ずつ用いて調査を行った。
- 3) 土壌動物については上記の原生林、二次林の試験地と周辺のヤシ園およびゴム園を調査地とし、1996 年 11-12 月に原生林 (P1) では 20、二次林 (S1) で 20、皆伐跡地 (CL) と隣接する原生林 (P1c) で 10 ずつ、ヤシ園とゴム園では 10 ずつ土壌サンプルの採集を行った。土壌サンプルの採集は 33.3cm^2 の円筒を深さ 2cm まで打ち込み、1 地点につき 3 個のサンプルを一つにして 1 サンプルとした。1 サンプルは面積 100cm^2 で深さが 2cm になる。これらの土壌サンプルは採集した日のうちにツルグレン装置によって動物の抽出を行った。また 1997 年には P1, P2, S1, S2 から各 20 サンプルずつ土壌を採取して比較調査を行った。

3. 結果と考察

1) 林床性チョウ類の比較調査結果

マレーズトラップによる調査では 2 亜科 6 種のタテハチョウ科 (広義) を捕獲した。これらのうちワモンチョウ亜科の 3 種とタテハチョウ亜科の *D. evelina* は二次林区ではまったく捕獲されなかった。1997 年の発酵果実トラップによる誘引調査では、合計 22 種の林床性タテハチョウ科を確認した (表 1)。各方形調査区ごとの捕獲種数は原生林 (P1, P2) が 10-15 種、択伐二次林 (S1, S2) が 7-13 種と、必ずしも原生林の調査区の方が多いわけではなかった。しかし、種の在・不在データにもとづいて描いた調査区間の類似度クラスター (図 2) から分かるように、原生林では両調査区 (P1 と P2) の種構成が比較的異質であったのに、択伐二次林の両調査区 (S1 と S2) は最も遠距離であったにもかかわらず種構成がよく類似していた。択伐二次林だけで捕獲された種がわずか 3 種であったのに対して、原生林だけでしか捕獲されなかった種は 9 種に達した。また、単子葉植物食者と双子葉植物食者に分けたところ、食性にかかわらず原生林の方が種数が多かった (図 3)。

総種数の約 40% が原生林だけで捕獲されたこと、択伐二次林だけで捕獲された種は少なく、しかもその幾つかは比較的攪乱された環境を好む種であったことから、択伐施業後 30 年程度経過しても二次林のチョウ相は完全には回復せず、二次林のもつ種多様性保持機能は限定的であると考えられた。択伐二次林のチョウ相が十分に回復していないのは、大径木が少ないために林冠ギャップの形成頻度が少なく、林冠ギャップ下に発達する下層植生が貧弱であることによると思われる。チョウなど林床植生に依存する

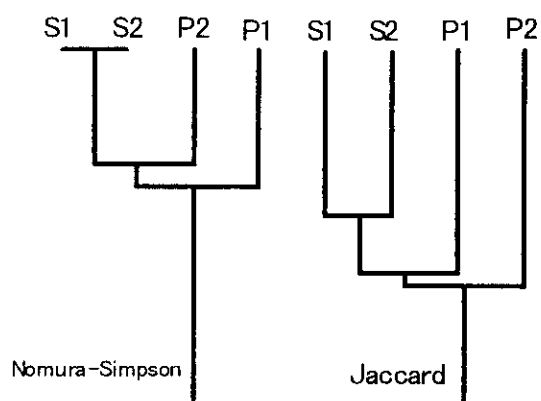


図1 調査地位置図

(P1, P2, P1c: primary forests,
S1, S2: secondary forests,
次林
CL: clear cutted forest)

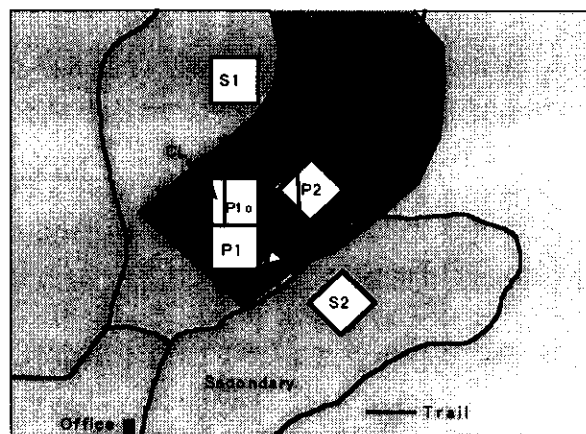


図2 在・不在データにもとづく
タテハチョウ科の類似度クラスター
P1, P2—原生林、S1, S2—択伐二

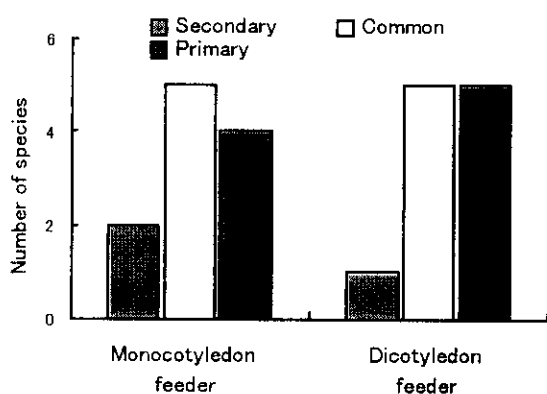


図3 食性の異なるタテハチョウ科の
原生林と択伐二次林の種数

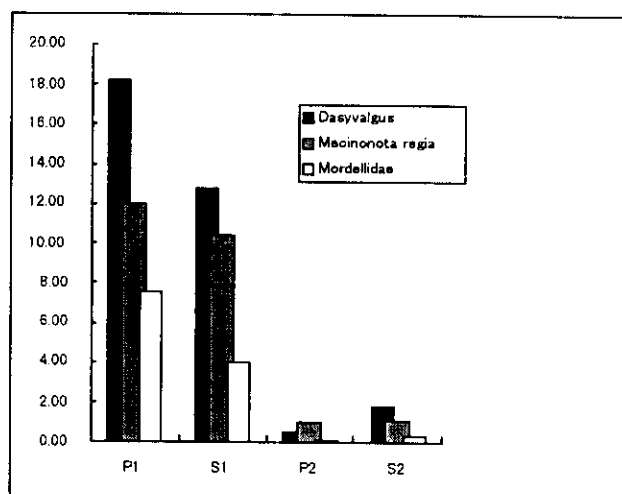


図4 原生林と択伐二次林の訪花性甲虫類
P1, P2: primary S1, S2: secondary

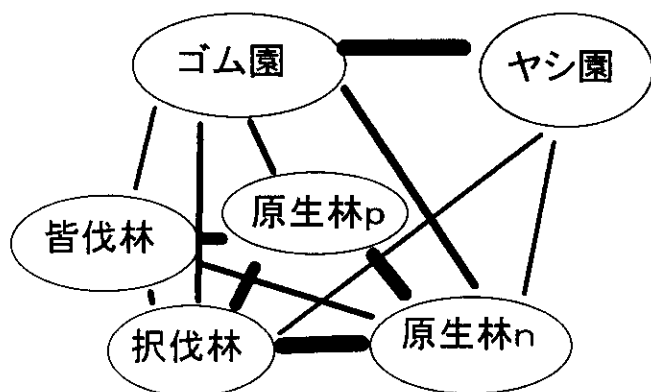


図5 各調査地間のササラダニ種類類似度（実線は有意な相関があることを示し、太いほど相関係数が大きい）

表 1 択伐二次林 (S1, S2) と原生林 (P1, P2) で捕獲されたタテハチョウ科 (1997 年 12 月)

	Number of individuals				
	Forest type	Primary		Secondar	Total
	Plots	P1	P2	S1 S2	
	Number of traps	8	8	8 8	32
Satyrinae					
<i>Mantis leda</i> (L.)			2	1 1	4
Morphinae (Amathusiini)					
<i>Faunis canens</i> Huber		1			1
<i>Faunis gracilis</i> (Butler)		1			1
<i>Amathusia phidippus</i> (L.)		5	16	10 25	56
<i>Amathusia ochraceofusca</i> Honrath			3		3
<i>Amathuxidia amythaon</i> (Doubleday)				3 1	4
<i>Zeuxidia amethystus</i> Butler		5	5	3	13
<i>Zeuxidia doubledayi</i> Westwood		2	2	3 5	12
<i>Zeuxidia aurelius</i> (Cramer)		1	1	1	3
<i>Thaumantis noureddin</i> Westwood			1		1
Nymphalinae					
<i>Cirrochroa tyche</i> (C. & R. Felder)		1			1
<i>Tanaecia pelea</i> (Fabricius)			1	1 3	5
<i>Tanaecia godartii</i> (G.R. Gray)			1		1
<i>Dophla evelina</i> (Stoll)		2		2 1	5
<i>Bassarona teuta</i> (Doubleday)		2		1	3
<i>Bassarona dunya</i> (Doubleday)			1		1
<i>Lexias dirtea</i> (Fabricius)		15	5	13 1	34
<i>Lexias pardalis</i> (Moore)		12	4	11 2	29
<i>Lexias canescens</i> (Butler)				1 2	3
Charaxinae					
<i>Prothoe franck</i> (Godart)		1	2		3
<i>Charaxes bernardus</i> (Fabricius)			1		1
<i>Charaxes durnfordi</i> Distant				2	2

植食者の生息条件を改善するには、択伐施業の際にできるだけ多くの大径木を残して後年のギャップ形成を保証するほか、いったん林冠が閉鎖した二次林では適切な切り捨て伐を行って一定の割合の林冠ギャップを確保するなどの森林管理が必要であろう。

表2 原生林と択伐二次林のハナムグリ類

P1,P2: primary forest, S1,S2: secondary forests (N / trap / day)

Species	P1	S1	P2	S2
<i>Dasyvalgus vethi</i>	14.36	9.86	0.20	0.73
<i>D. niger</i>	1.18	1.55	0.02	0.11
<i>D. sellatus</i>	1.50	0.59	0.29	0.78
<i>D. striatippennis</i>	0.18	0.23	0.00	0.00
<i>D. dohli</i>	0.09	0.09	0.00	0.00
<i>D. curciatus</i>	0.09	0.05	0.00	0.13
<i>D. sumatoranus</i>	0.73	0.32	0.00	0.02
<i>D. sp.1</i>	0.00	0.05	0.00	0.00
<i>Microvalgus micros</i>	0.00	0.05	0.00	0.00
Species number	7	9	3	5

表3 各調査地での土壌動物群ごとの個体数密度

P1: primary forest, P1c: control of clear cutted, S1: secondary, CL: clear cutted 30 year ago, OP: oil palm plantation, R: rubber plantation
(N / sample)

	P1	P1c	S1	CL	OP	R
Oribatei	16.68	21.30	18.26	16.50	19.90	6.50
Collembola	14.58	11.70	14.37	7.60	7.90	6.20
Prostigmata	3.00	6.10	2.95	2.80	2.50	0.70
Mesostigmata	4.63	4.70	2.42	4.40	3.40	1.70
Ant	8.05	19.70	3.84	3.80	3.50	2.20
Protura	0.26	0.30	0.58	0.10	0.00	0.00
Symphyla	0.32	0.40	0.37	0.60	0.30	0.10
Diplura	0.47	0.20	0.63	0.70	0.40	0.70
Pauropoda	0.89	0.20	0.37	0.10	0.70	0.10
Pseudoscorpion	1.05	0.90	0.63	0.20	0.00	0.30
Araneae	0.58	1.10	0.74	0.40	0.10	0.70
Diptera	0.21	0.20	0.05	0.20	0.20	0.30
Coleoptera	0.32	0.50	0.21	0.30	0.40	0.00
Schizomida	0.42	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00
Chilopoda	0.16	0.00	0.32	0.10	0.00	0.10
Dipropoda	0.11	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
Totla	38.89	43.80	36.00	31.30	33.70	15.10

2) 訪花性甲虫類の比較調査結果

コアーから林縁にかけての広域調査では、*Dasyvalgus* 属では原生林（コアー）では平均が 10.6 (SE= 1.83)で二次林（バッファー）の 4.2 (SE= 0.97) に対して有意に個体数が多かった(t-test, N = 5, p= 0.015)が、*Mecinonota* 属は有意差はなかったが(t-test, N=5, p=0.134)原生林が 39.2 (SE= 6.49)に対して択伐林が 52.0 (SE= 4.09)と逆の傾向になった。隣接した原生林と二次林の比較ではハナムグリ類のうち *Dasyvalgus* 属の個体数は P1 と

S1の間では原生林の方が有意に多かったが、P2とS2の間では逆に択伐二次林の方が多という傾向がみられた(図4)。ただしP2, S2調査区は調査年度が異なり、捕獲個体数が少なかったことも影響しているかもしれない。調査期間中に3属10種のハナムグリ類が捕獲され、種類数でみるといずれも択伐二次林の方が多いう傾向がみられた(表2)。

今回の調査結果から、倒木などの枯死材に依存している訪花性甲虫類は倒木量の減少によりその個体数を減少させている可能性があることがわかった。

3) 土壌動物の比較調査結果

土壌動物のうち主要な動物群について個体数を比較すると、ササラダニ類はゴム園(R)で密度が低いほかはほとんど差がなく、トビムシ類では原生林(P1)と択伐二次林(S1)で多く皆伐地(CL)、ヤシ園(OP)、ゴム園(R)で少なかった。カニムシ類とヤイトムシ類は皆伐地、ゴム園、ヤシ園などで密度が低かった。ほかの動物群では個体数に有意な違いは認められなかった(表3)。ササラダニ類を種まで同定した結果、全体で81種おり、種数では原生林、択伐林は変わらず、皆伐地でやや減少しヤシ園やゴム園では少なかった。Simpsonの多様度指数では、個体数では差がなくても多様度はやや異なっていた。Spearmanの順位相関により種類構成の類似度をみると、ヤシ園は原生林や択伐二次林と種構成がかなり異なっているのに対して、ゴム園は個体数は少ないものの種構成では原生林や択伐二次林に近いことがわかった(図5)。

このように、主要な動物群では、択伐後30年でほぼ回復していたといえる。ゴム園やヤシ園も熱帯林の土壌動物多様性の維持に重要な働きをしており、特にゴム園は原生林や二次林をある程度補完できることが示唆された。土壌動物は種や分類群によって、人為の影響に対する反応が異なり、指標生物として有効であることがわかった。

(2) 低地フタバガキ林における一斉開花が訪花性昆虫群集に与える影響

1. はじめに

東南アジア熱帯の高木特にフタバガキ科の植物は、数年に一回一斉開花をする種類が多い。一斉開花が起こる適応的な解釈として、Janzenが提唱した果実捕食回避説が有力な説と考えられてきた¹⁾。

東南アジア低地熱帯林では、フタバガキ科の高木が優先する森林を形成している。それら熱帯林は植物種類数の多様性は高く、一方同一種の成木個体数が少ないという特徴を持つ。さらに多くのフタバガキ科の植物は自家不和合であると考えられている。同一種の個体間の距離が離れてかつ自家不和合性の植物の場合、どのように花粉媒介者を効率的に利用して、送粉を行うかは重要かつ深刻な問題である。一方、訪花性昆虫の側でも、約10年に一度の一斉開花に適応して植物と緊密な共生関係を結ぶことは、多くの昆虫の寿命が1年以下であることを考慮すると、現実的ではない。このように、東南アジアフタバガキ林で見られる一斉開花は、複数の植物が同調して開花することで低密度に存在する花粉媒介者をその地域に大量に誘引し、植物が送粉者を効率的に利用し受粉させることが究極的な要因とも考えられる²⁾。

マレーシアの熱帯林は50ヘクタールあたりの樹木種数は新熱帯の約2.5倍にもかかわらず、ハナバチ類の属及び亜属が新熱帯の30%足らずであることから、Roubik³⁾は、東南アジア熱帯林では、ハナバチ類は時間的空間的にニッチ分割を行い複数の植物との共

生関係を持っていることを予測している。しかし、少数の訪花性昆虫をその数十倍の樹種がどのように利用し、自種の花粉を同種他個体に送粉するかの実態は全く明らかにされていない。熱帯林における花粉媒介者の野外研究は極めて少なく、特に一斉開花時の花粉媒介者の時間的空間的な群集構造はこれまで全く報告されていない。

本研究では人工餌を用いた訪花性昆虫群集の野外調査を行い、昆虫群集が一斉開花にどのような影響を受けたかを報告する。

2. 材料と方法

野外調査方法

調査は全てマレーシア森林研究所パソ試験地（ネグリセンビラン州パソ）で行った。同地に建設されているタワー（高さ約 52m ジュラルミン製）に、地上高 40 m まで 10 m おきにプラスチックシャーレを各 2 個設置し、その中にスポンジを入れ、上から 2 倍に薄めた市販の蜂蜜を 50 c c ほど注いだ。同時にシャーレを設置した場所周辺に、蜂にトラップを認識させるために、スプレーで 2 倍に薄めた蜂蜜を 3 秒間噴霧した。設置後そのまま放置し、3 時間及び 6 時間後に 1 個ずつシャーレに蓋をして採蜜に訪れたハナバチ類をシャーレに閉じこめて採集し、個体毎に標本を作製した。当パソ試験地では、96 年 4 月から 7 月にかけて、フタバガキ科植物を中心とする一斉開花が起こった。調査期間は、95 年 5 月から 97 年 11 月までである。

群集の多様度の解析

訪花性昆虫の多様度の指数として、森下⁴⁾によって提唱された、多様度指数（ β ）を用いた。

n_i は、種 i の個体数、 N を総個体数とすると、多様度指数 β は以下の式で示される。

$$\beta = \frac{N(N-1)}{\sum_i n_i(n_i-1)}$$

3. 結果

図 1 は、群集の多様度を示す森下 β の 2 ヶ月ごとの季節変化を示している。一斉開花が起こる前は、森下の β は平均で 4 前後を推移していたが、一斉開花期間中は、2 前後で推移し、一斉開花後も 2 から 3 の低い値で 97 年 11 月まで推移した。このように、一斉開花は群集の多様性を低

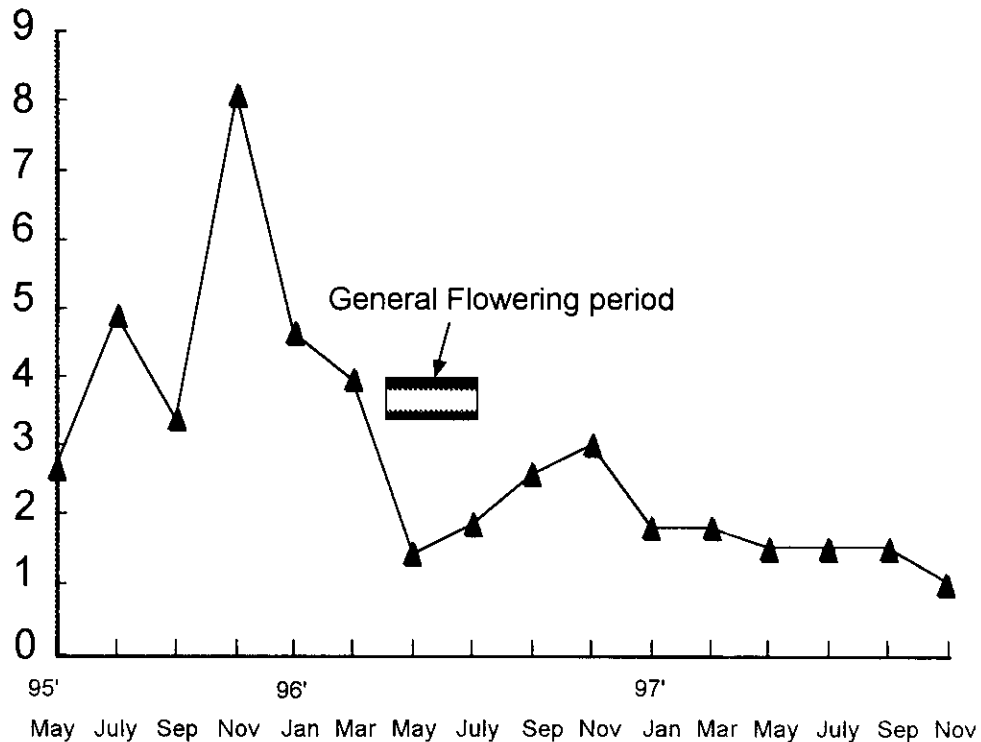


図 1. パン林における訪花昆虫についての森下の β 指数の季節的变化.

下させる要因として働いていた。また同時に、一斉開花による訪花性昆虫の攪乱つまり群集の多様度の低下は、一斉開花終了後 1 年以上に渡って継続していた。

図 2 は、一斉開花期間の前後 4 ヶ月でトラップに誘引された昆虫の高さ別の違いを示している。一斉開花前は、比較的高いところでハナバチ類の *T.pagdeniformis*, *T.peninsularis* が見られ、低いところでアリ類の *Campomotus gigus*, ハナバチ類は、*T.laeviceps*, *T.minangkabau*, *T.pagdeniformis* 等 10 種見られた。一斉開花期間中は、アリ類、Coleoptera, Diptera など花開前と同様に見られたが、ハナバチ類は、*A.cerana*, *T.nitidiventris* の 2 種類のみで、しかもその 96.9% が *A.cerana* であった。また Diptera の数も著しく増加した。一斉開花後は 6 種のハナバチ類が見られたが、一斉開花前に比べると種数は 40% 減少していた。一斉開花後は、91.6% がハナバチ類の *T.peninsularis* で、アリ類も著しく増加したが、全て *C.gigus* であった。

4. 考察

図 1 では、一斉開花を境に、訪花性昆虫の多様度が大きく変化することが示された。一斉開花前は、訪花性昆虫の多様性は 4 前後と高く、10 種類のハナバチが見られた。95 年 6 月から 96 年 3 月にかけては、森林内で優先するフタバガキ科は開花していないので、森林内の蜜源は少なく、資源量にたいしてハナバチ群集は平衡状態にあったと考えられる。この時期ハナバチ類とくにハリナシバチ属は、数少ない蜜源である設置されたトラップをめぐる競争関係あり、高さと時間で蜜利用を分割し多くの訪花性昆虫が共

存していたと考えられる。一方、一斉開花中は、訪花性昆虫の多様度は開花前の半分の2前後になり、ハナバチ類では *A.cerana* が 96.9% を占めていた (図 2)。ミツバチ類特にオオミツバチ *Apis drosata* は一斉開花に適応して訪花すると考えられている。本研究でも、一斉開花中は殆ど *A.cerana* しか捕獲されず、一斉開花に呼応して、移動分散或いは繁殖するというように生活様式を変化させている可能性が示唆される。

図 1 及び図 2 から、一斉開花終了後 1 年以上も、訪花性昆虫群集の多様度は開花前の水準の半分ほどの値で推移し、一斉開花による訪花性昆虫群集の攪乱の影響が見られた。また一斉開花後は、*T.peninsularis* が 90% 以上を占め優先していた。この一斉開花後 *T.peninsularis* が優先した理由は不明であるが、一斉開花後の環境の変化が大型のハリナシバチである *T.peninsularis* に有利に働いたのであろう。

一斉開花により一度に多くの蜜及び花粉が供給されると、訪花性昆虫群集は著しく変化することが、本研究で示された。一斉開花の結果、ミツバチなどの飛翔及び採餌能力の高い大型の訪花性昆虫に有利に働き、その結果森林内での密度が増加したのであろう。また、一斉開花に伴って、開花した花やその後の果実の生産に伴って、分解者である Diptera 類やアリ類も増加したと想像

される。一斉開花により、花粉や蜜を有効に蓄積した大型のハリナシバチが相対的に増加し、開花後しばらく優占するために、訪花性昆虫群集の多様性は低下したものと考えられた。

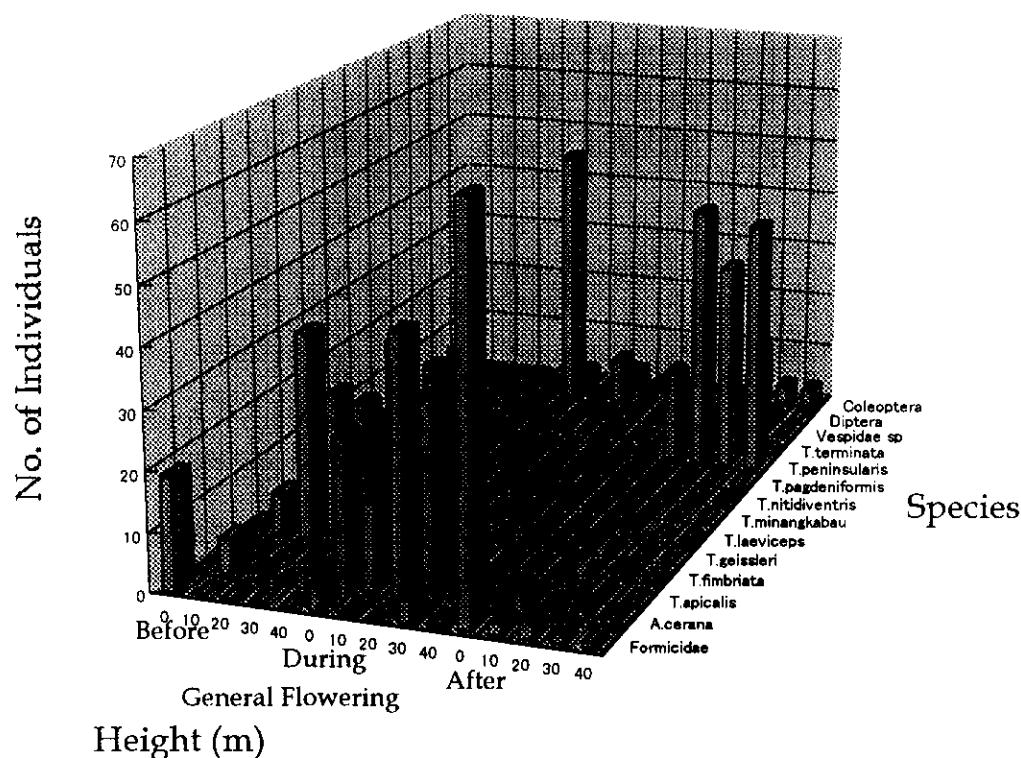


図 2. 一斉開花の前後に見られた訪花昆虫の垂直分布の変化。

謝辞

ハリナシバチ類の同定をしていただいた Dr. Khoo Soo Ghee に御礼申しあげる。

参考文献

- 1) Janzen, D. H. (1974) Tropical blackwater rivers, animals, and mass fruiting by the Dipterocarpaceae. *Biotropica* 4:69-103.
- 2) 井上 民二 (1998) 生命の宝庫・熱帯雨林 NHK ブックス
- 3) Roubik D. W. (1992) Loose niches in tropical communities: why are there so few bees and so many trees. In *Effects of Resource Distribution on Animal-Plant interaction* (eds. MD Hunter, T Ohgushi and PW Price). pp327-354.
- 4) 森下 正明 (1967) 京都付近における蝶の季節分布、森下正明・吉良竜夫編 自然一生態学的研究 pp95-132 中央公論社

[研究成果の発表状況]

(1) 口頭発表

- Maeto K., K. Fukuyama & L.G. Kirton, *Proceedings of XX International Congress of Entomology (Firenze)*, 547. Edge effects on ambrosia beetle communities in a lowland tropical rainforest, bordering oil palm plantations, in Peninsular Malaysia. (1996)
- 福山研二、前藤 薫、第 42 回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨、134-134. 熱帯の原生林と二次林では訪花性甲虫類にどのような違いが見られるのか、(1998)
- 福山研二、45 回日本生態学会大会講演要旨集 37, 30 年も経てばいいのかな? 熱帯林の土壤動物相におよぼす人為の影響. (1998)
- 福山研二、46 回日本生態学会大会講演要旨集 246. 熱帯における択伐後約 30 年の 2 次林の土壤動物 (1999)

(2) 論文発表

- Maeto, K., K. Fukuyama & L.G. Kirton, *Journal of Tropical Forest Science*. Edge effects on ambrosia beetle assemblages in a lowland rain forest, bordering oil palm plantations, in Peninsular Malaysia. (in press)
- 福山研二、*森林科学* 20:24-29 林冠部の昆虫の多様性. (1997)
- Sajap, A.S., Maeto, K., Fukuyama, Ahmad, F.B.H. & Wahab, Y.A., *Appl. Biol.* 26(1):75-80. Chrysopidae attraction to floral fragrance chemicals and its vertical distribution in a Malaysian lowland tropical forest. *Malays.* (1997)
- Osawa, N., *Japanese Journal of Entomology* 64 :93-109. Colonization patterns of *Aulacorthum magnolide* (Aphididae: Hemiptera) on *Sambucus sieboldiana* (Caprifoliaceae); the impact of predatory disturbance on an aphid colony and the effects of aphid colonization on plant structure. (1996)
- Osawa, N. & L. Kirton, *Japanese Journal of Entomology* 65: 853-854. A new host record of the Common Posy, *Drupadia ravindra moorei* (Lepidoptera, Lycaenidae), in Malaysia. (1977)