

F-2. 熱帯アジア地域における湿地の生物多様性保全に関する研究

(1) 湿地の生物多様性保全に関する研究

研究代表者 環境庁自然保護局 野生生物課

(委託先) (財) 自然環境研究センター 佐藤大七郎・米田政明・石井信夫
市河三英・鋤柄尚子・澤志泰正
愛媛大学理学部 大森浩二・加藤和明
九州大学理学部 鹿島薫
九州大学比較社会文化研究科 小池裕子

平成4-6年度合計予算額 41,652千円
(平成6年度予算額 14,030千円)

[要旨]

マレー半島北西部にあるマタンマングローブ地域を調査地として、1992-94年度に、マングローブ林の状況ごとに哺乳類、鳥類、魚類、ベントス、ならびに珪藻などの湿地依存種の調査を行い、湿地の状態を明らかにするため、地史的調査や物理化学的測定、貝殻成長線の分析を行った。また、西表島のマングローブ林においてベントスと物理化学的環境の分析を行い、マタン地域との比較を行った。マタン地域の湿地依存種の調査では、マングローブ特有のベントスをはじめ、29種の哺乳類、161種の鳥類、89種の魚類などを確認したが、伐採地周辺ではそれらの生息種数や密度は減少傾向にあった。地史的調査により、マタン地域のマングローブ林は、近年では南北地区で増加、中部地区で減少傾向であること、また地域全体では10年間で0.5%ほど面積が縮小していることが明らかになった。伐採地と残存林における物理化学的測定の結果、マングローブ林内と河川のアンモニア態-Nと亜硝酸・硝酸態-Nの交換があり、伐採地からの栄養分の流出は残存林より多いことが認められた。安定同位体比から林内の動物は森林生態系に、前浜干潟の動物は内水面生態系に依存していること、魚類の中には他の地域から回遊してくるものも生息することが明らかになった。貝殻成長線の測定からフクレハイガイの約50%が当歳貝、残りが1年貝であること、雨季の1~3月に障害輪が認められ、気象状況が貝殻成長に影響を及ぼしていることが示唆された。出現種数から見ると西表島のベントスはマタン地域とほぼ同じであったが、両地域間の共通種はほとんどないことが明らかになった。また、物理化学的分析から、定期的に伐採の行われているマタン地域と比較して、西表島のマングローブ林がより天然の状態であることが示唆された。マングローブ林伐採が湿地依存種の生息環境に様々な影響をもたらしているという調査結果をもとに、伐採地の配分方法や保護地域指定など湿地保全対策の検討を行った。

[キーワード] マレーシア、マングローブ、湿地依存種、珪藻、安定同位体

1. 研究の背景と目的

熱帯アジア9ヶ国の沿岸域には、世界のマングローブ林の25%が存在するなど多くの湿地が見られるが、それらは水界生態系と陸上生態系の接点として生物的多様性に富み、生物生産性が高い地域である。アジア地域の湿地はまた、日本と渡りをする渡り鳥の中継・越冬地域となっている。湿地はかつては地域発展の障害となると考えられていたが、土木工事技術の発展と、農業用地、工業・住宅用地の需要増加による開発対象として干拓や埋め立てあるいは養魚池造成などが行われ、熱帯アジア地域の湿地は急激に減少している。湿地に生息する生物の多様性と湿地を取り巻く環境との相互関係を把握することが、湿地の保全とよりよい利用のあり方を考える上で重要である。本課題はこのような背景を受けて、人間活動の影響も要素に入れた湿地の動物相と、その相互関係の研究を目的とした。

2. 調査地と研究項目・方法

マレーシア半島西北部にある面積約4万haのマタンマングローブ地域(4°15'–5°N、100°25'–45'E)、ならびに西表島の船浦湾と浦内湾のマングローブ林を調査対象地域とした。次の項目について、以下のような方法で研究を行った。

1) 湿地依存種の調査

マタンマングローブ林およびその周縁地域では、湿地依存種として、ベントス、魚類、鳥類、哺乳類の調査を行った。また、西表島のマングローブ林でベントス調査を行い、2地域間の比較を行った。ベントスは40cm×40cmのコドラートサンプリング法で調査した。魚類はおもに投網によって採集した。鳥類は直接観察とカスミ網による捕獲—記号放逐法を併用した。哺乳類は、直接観察、痕跡確認およびワナとカスミ網による捕獲法で調査した。さらに、湿地の食物連鎖の冠部にあたるシギ・チドリ類の採食生態とベントスとの対応について分析を行った。

2) 湿地の地史的調査

マタンマングローブ林北部およびその周縁地域について、マングローブ堆積物を掘削調査し、堆積物の層相、珪藻化石の特徴から、環境変化を地史的に考察した。あわせて過去の環境を復元するための基礎的な資料として、現生珪藻の分布に関する調査も行った。また、マングローブ林域面積の変化を統計資料および地形図などを用いて分析した。

3) 湿地性状の物理化学的測定

マタン地域と西表島においてマングローブ林の伐採、ベントス、栄養塩類の動態の関連を明らかにするため水質調査を行った。また、マタン地域では、マングローブ林内や内水面に生息する生物の生態的地位や物質循環を明らかにするため土壌と生物体試料の安定同位体分析を行った。

4) 貝殻成長線の分析

貝殻成長線分析による湿地モニタリングのため、マタン地域で採集した貝殻を樹脂に包埋し断面切片を作成し成長線を観察した。

5) 保全対策の検討

上記の調査結果を受けて湿地の保全対策を検討した。

3. 結果

(1) 湿地依存種の調査

マタンマングローブ域の80%、約32,000haは30年を平均伐期とする生産林として管理されている。マタン地域は、マングローブ林の林齢とその森林管理上の区分（齢級）、人為的改変の状況によって、伐採地と9年生以下の林（齢級Ⅰ）、10年生から19年生の若齢林（齢級Ⅱ）、20年生以上の林（齢級Ⅲ）、保護林（新しく拡大しているマングローブ林を含む）、乾燥林（熱帯低地林）、河畔およびプランテーションの大きく7つに環境区分できた。環境区分に対応して、湿地依存種の各グループに次のような特徴が見られた。

① 哺乳類

4回の哺乳類調査で、目視、生息痕跡および捕獲により、調査地域内でイルカ類2種を含め29種の生息を確認した。このうちカニクイザルやカワウソウ類、イノシシ等は目視回数が多く、生息地としてマングローブ林域を頻りに利用していることが示された。また、確認種のうちベンガルヤマネコ、マレーセンザンコウなどがCITESの附属書Ⅱに掲載されている。

確認種29種のうち中大型哺乳類12種について、表1に示す5区分の植生タイプごとにその出現度合いをまとめた。確認種数は河畔や乾燥林で多く、マングローブ林齢級Ⅰ（幼齢林）で少なかった。またカニクイザルやイノシシはマングローブ林域で、パームシベットは乾燥林やオイルパームプランテーションで、バナナリスは乾燥林やマングローブ林（齢級Ⅱ・Ⅲ）で出現頻度が高く、これらの植生タイプを選好していることが示唆された。一方、コツメカワウソウは全ての植生タイプで出現し、本調査地域内の多様な環境を利用していた。

表1 植生タイプ別中大型哺乳類出現状況

種名	マングローブ林			河畔	オイルパーム プランテーション
	齢級Ⅰ	齢級Ⅱ,Ⅲ	乾燥林		
カニクイザル	○	◎	○	○	
シムパール		○	○	○	
ベンガルヤマネコ	○	○		○	○
パームシベット			◎	○	◎
フィオマングース				○	○
イノシシ	○	○	○	○	
バナナリス		○	◎		
マレーセンザンコウ					○
ビロードカワウソウ			○	○	○
コツメカワウソウ	○	○	○	○	○
ハトウイルカ				△	
カゴントウ				△	
確認種数	4	6	7	8+2	6

◎：高密度に生息、○：生息確認、△：周辺水域生息確認

小型哺乳類調査では合計延べ13地点2,240ワナ数日の捕獲調査を実施し、食虫類やネズミ類等小型哺乳類4種62頭を捕獲した。全体として捕獲率が低く、冠水するマングローブ林域に生息する種数が少なく、またその生息密度も低いことが示された。表2に、植生タイプごとの各種の捕獲

率（頭／100ワナ数日）をまとめた。これによると捕獲率が最も高かったのは乾燥林（14.09）で、河畔（7.07）がこれに次いでいた。

コウモリ類調査では、21地点においてカスミ網を用いた捕獲調査を実施した。この結果4科13種199頭を捕獲し、またこのほかジャワオオコウモリが目視観察されているため、本調査地域で確認したコウモリ類は14種である。5つに分けた植生タイプ別にみると、河畔やオイルパームプランテーションでオオコウモリ類やフルーツコウモリ類が、マングローブ林内でキクガシラコウモリ類やホオヒゲコウモリ類の捕獲数が多かった。またアラコウモリ類は乾燥林でのみ捕獲された。

表2 植生タイプ別小型哺乳類捕獲数と捕獲率（頭／100ワナ数日）

種名	マングローブ林				オイルパーム	合計
	齢級 I	齢級 II, III	乾燥林	河畔	プランテーション	
ワナ数	90	1632	149	198	171	2240
モンツハイ ; 捕獲数		2				2
; 捕獲率		(0.12)				(0.09)
ハナリス ; 捕獲数		4	14	3		21
; 捕獲率		(0.25)	(9.40)	(1.52)		(0.94)
クマネスミ ; 捕獲数		10	5		1	16
; 捕獲率		(0.61)	(3.36)		(0.58)	(0.71)
マレーシアクマネスミ ; 捕獲数	1	11	2	11		25
; 捕獲率	(1.11)	(0.67)	(1.34)	(5.56)		(1.12)
合計 ; 捕獲数	1	27	21	14	1	64
; 捕獲率	(1.11)	(1.65)	(14.09)	(7.07)	(0.58)	(2.86)

表3 植生タイプ別コウモリ類捕獲数

種名	マングローブ林				オイルパーム	合計
	齢級 I	齢級 II, III	乾燥林	河畔	プランテーション	
オコウモリ類	5	14		17	7	43
フルーツコウモリ類	3	14		9	34	60
アラコウモリ類			8			8
キクガシラコウモリ類	1	19	5	1		26
ホオヒゲコウモリ類		42		2	1	45
アラコウモリ類	2	11		3		16
ハウスコウモリ類				1		1
合計	11	100	13	33	42	199

②鳥類

鳥類はこれまで158種がマタンマングローブ地域で報告されているが、1993年9月、1994年2月、1995年1月の全般調査で合計108種を、1993年12月～1994年5月のシギ・チドリ類調査時に142種を確認し、全調査を通じて合計161種を確認した。マングローブ林の人為的改変区分と生息状況の関連調査では、伐採地においてはコハゲコウなど大型鳥類が貝類などの採食地として利用しているが、生息種は全体としては少なかった。乾燥林ではフクロウ類などがねぐらとして利用していた。齢級II、IIIのマングローブ林では齢級Iの林より生息密度が高く（表4）、伐採後のマングローブ林の再生は、鳥類の種数や生息密度の回復にとって重要である。

表4 標識再捕獲法によるプロット1ならびにプロット2における鳥類の個体群頻度

方法 (指数)	鳥類生息数 (生息数/4,000 m ²)		鳥類の密度 (羽/100 m ²)	
	年齢 I	年齢 II	年齢 I	年齢 II
Lincoln-Peterson	48.9	94.4	1.2	2.4
Bailey	47.5	87.5	1.2	2.2
Chapman	44.7	42.5	1.1	1.1

シギ・チドリ類の分布には季節変化があり、冬と春にはマタン北部地域に多いのに対して、秋には南部地域に集中した。シギ・チドリ類の個体数のピークは冬にあり、これまでに行われた記録を統合すると、少なくとも23種、27,253羽が記録された。種構成にわずかな変化が見られ、オグロシギ、サルハマシギ、ならびにアカアシシギはどの季節においても最も豊富に出現したのに対して、メダイチドリは秋と冬に卓越し、コアアシシギは冬に、チュウシャクシギとソリハシギは春に最も出現頻度が高かった。

シギ・チドリ類と餌ベントスとの対応についての調査の結果、主要な採食場所となっている調査地では十脚甲殻類、イガイ類、多毛類などいくつかの餌ベントスを特定できた。餌ベントスの種類によって対応する鳥類は異なっていたが、ムナグロ、メダイチドリなどいくつかの鳥類では複数の餌ベントスを利用していった。マングローブ林に隣接した干潟の中でも、例えばムナグロはイガイとゴカイの2種類の餌ベントスを採食していたが、餌の分布場所が異なっていた。イガイ採食地はゴカイ採食地より潮位高が低く、小潮時には干出しない干潟であった（なお、この日を非干出日という）。イガイ採食地の利用個体数、すなわちゴカイ採食地からイガイ採食地への推定移動個体数は、イガイ採食地の非干出日からの経過日数に正の相関を示した（図1）。このような餌利用可能性の変化が、餌選択等に関与する要因として重要であることが示唆された。

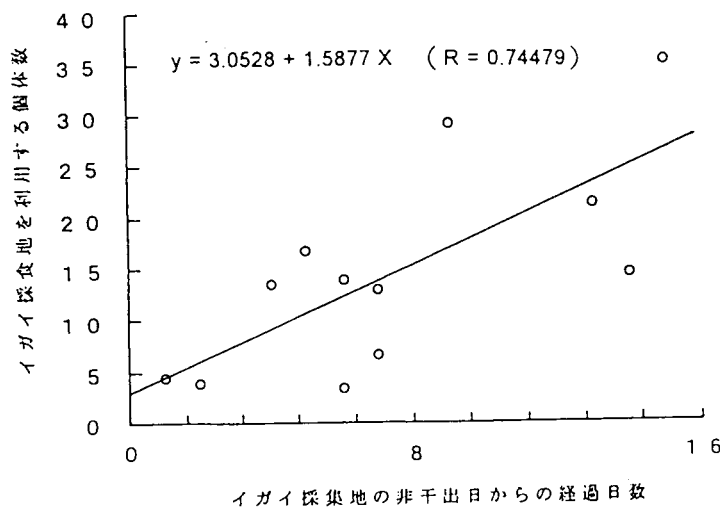


図1 イガイ採食地の非干出日からの経過日数と、イガイ採食地を利用する個体数 (=ゴカイ採食地からイガイ採食地への推定移動個体数)

③魚類

魚類調査では、マングローブ林とその周辺地域の魚類相を比較するため、浅海域（5地点）、河川（13地点）、プランテーション水路（4地点）、ならびに水田水路（2地点）の4つの調査区分にて採集調査を行った。各区分における確認魚種は、それぞれ36種、43種、12種、18種、合計89種であった。本調査で確認されたハゼ科魚類は19種（全体の約21%）におよび、マレー半島のマングローブ域における過去の研究で報告された29種の約3分の2を確認した。また、河口部に堰を設けて淡水化している水田水路で採集された19種のうち10種は他の3区分に生息しない純淡水魚で、そのうち9種はコイ科魚類であった（表5）。マングローブ林地域内では潮位や塩分濃度の影響を受けるため、一概に捕獲した魚種から林齢区分ごとの魚類相を比較することは困難であるが、河岸林が伐採された場所では中層を遊泳する魚の稚魚の捕獲効率が悪かった。このことは河岸林の伐採によって、岸辺における稚仔魚の生息環境が悪化していることを示唆している。

表5 生息環境ごとの出現種数 (%)

科	浅海	河川	プランテーション水路	水田水路
カタクチイワシ	5 (14)	2 (5)	0 (0)	0 (0)
コイ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	9 (50)
メダカ	0 (0)	2 (5)	1 (8)	0 (0)
ニベ	3 (8)	1 (2)	0 (0)	0 (0)
フエダイ	0 (0)	2 (5)	0 (0)	0 (0)
ボラ	3 (8)	3 (7)	1 (8)	0 (0)
ハゼ	6 (17)	14 (32)	3 (25)	0 (0)
キノボリウオ	0 (0)	0 (0)	2 (17)	5 (28)
ウシノシタ	3 (8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
フグ	2 (6)	2 (5)	0 (0)	0 (0)
その他	14 (39)	17 (39)	5 (42)	4 (22)
出現種総数	36 (100)	43 (100)	12 (100)	18 (100)

④ベントス

マングローブ林内におけるベントス調査では、アナジャコ類やシオマネキ類など甲殻類、シノミガイ類やキバウミニナなど貝類、ゴカイ類などが採集された。伐採された地点は残存林林床部と比較して全体的に種数が少なく、大型のAnomura類、Sipunculida類の密度が低く、陸生のAmphipoda類、Isopoda類も少なくなっていた。マタンと西表島のベントスを比較すると、両地域の出現種数はあまり変わらないが、共通種はほとんどなかった。また、西表島のマングローブ林は、その規模も大きくなく樹高も低いですが、マタンとは異なり過去に伐採されたことは少ないと考えられ、そのこととともに、砂質分の多い底質とが、有機物濃度は高いにもかかわらず生根量が多く、好氣的な環境を維持可能としている。

ベントス類の主要12種について主成分分析を行い5つの主成分を抽出した。そのうち第一主成分は、陸生のAmphipoda類、Isopoda類やSipunculida類、多毛類のLumbrineridae類、また半陸生十脚類のGrapsidae類の出現、すなわちベントス相の陸生化の度合と関係していた。第二主成分は、大型のAnomura類であるThalassinida類や多毛類のThalassinida類や多毛類のCapitellidae類（大型の個体が多く出現した）の出現と関係しており、同じく多毛類のNereidae類や巻貝類の少なさと関

係していた。伐採林では、これらの2つの主成分に関する因子得点が負で、樹齢が高くなるにしたがい正の値となる。つまり、樹齢が進むにつれてベントス相に陸生化傾向があることが分かった(図2)。

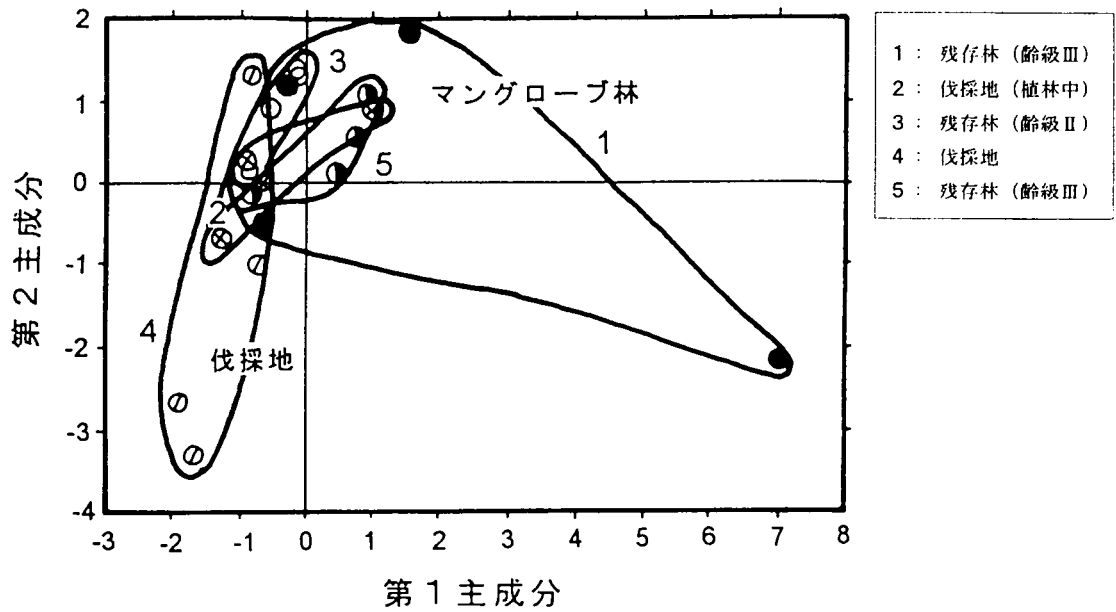


図2 ベントス相に関する主成分分析

マングローブ林の環境区分と生息種、生息密度の対応に注目して哺乳類、鳥類、魚類、ベントスの各グループについて、1992-94年度に調査を行った。マングローブ林の林齢や開発状況によって出現種数や生息密度が変化する。伐採地では種の多様性が減少する傾向が見られ、乾燥林やプランテーション地域ではマングローブ林地域に出現しない種が多数見られた。

(2) 湿地の地史的調査

マレー半島周辺海域には、更新世最終氷期の海面低下により形成された海底河川が見られる。完新世に海水準が上昇し、その後も小規模に海進海退を繰り返したが、大陸棚の勾配が緩やかであるため海退時には広大な干潟が生じたと考えられている。近年のマタン地域では、乾燥林が海岸部に出現する中北部で湿地の後退が、新規マングローブ林の発達する最北部と南部で湿地の前進が推定された。ペラック州森林局のマングローブ林動態の資料によれば、湿地は北部で縮小し南部で増加し、またマタン地域全体ではここ10年間に土地面積比で0.5%ほどマングローブ林が減少している。

マタンマングローブ林北部およびその周辺地域では、堆積層ごとに特徴的な珪藻の分布が見られ、過去の環境を推定する手掛かりとなることが分かった。マングローブ堆積物の平均的な厚さは2.8mであり、それより下位には青灰色のデルタ堆積物が認められた(図3)。

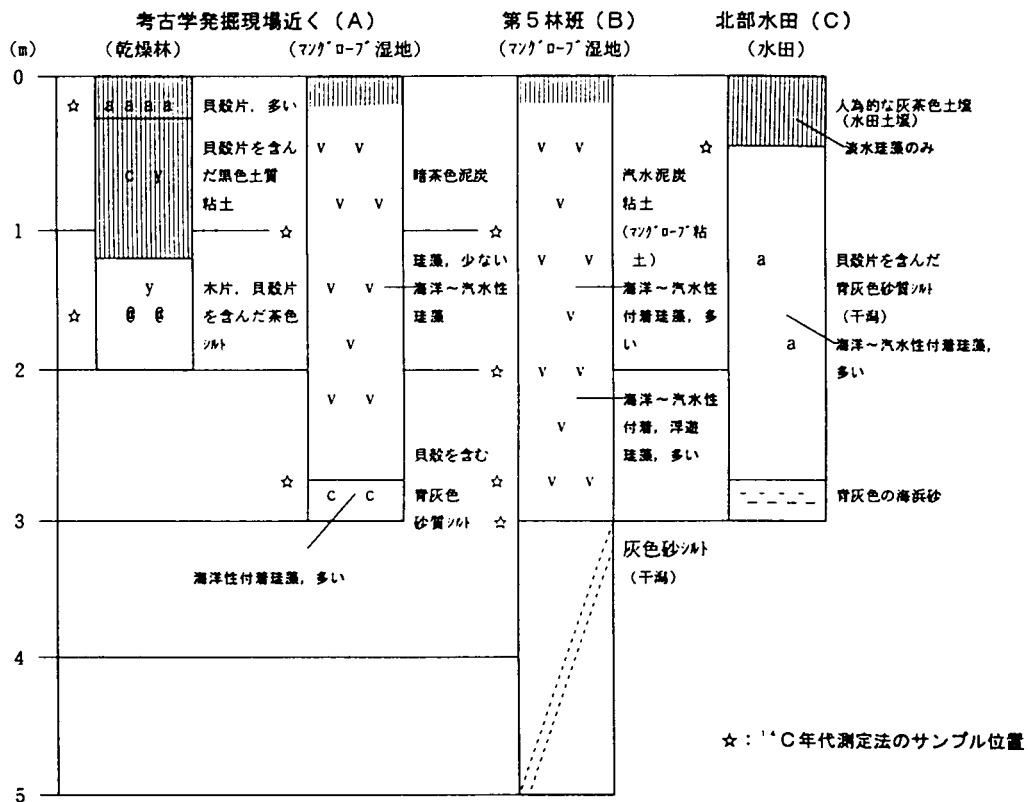


図3 珪藻化石調査の各調査地点の垂直トランセクト

(3) 湿地性状の物理化学的測定

マングローブ林の伐採とその後の回復過程での土壌中の物質動態に注目して、マタン地域において、沿岸や河川内水域の18地点で8項目、マングローブ林内20地点で7項目の水質調査を行った結果、次のことが明らかになった。残存林林床の間隙水中のアンモニア態-Nは河川水へ溶出するのに対し、亜硝酸・硝酸態-Nは河川側から林内へ供給され、林床部での嫌氣的分解とマングローブ林成長に利用されている。このため全体として残存林では有機態-C・Nの放出と無機栄養塩類の吸収が多い。伐採地の間隙水には高濃度の無機栄養塩類・有機態-C・Nが含まれ河川水を経て大量に沿岸域へと供給されるが、マングローブ林の生長にともなって無機栄養塩類は急速に吸収されると考えられる。

さらに、湿地の環境と大型ベントスとの関係を調べるため、9つの環境要因とカニ巣穴密度、大型巻貝類の11変数を用いた主成分分析を行い、そこから3つの主成分を抽出した。そのうち第一主成分は、残存林と伐採地との違いを明確に表現することのできる総合指標となり、第二主成分は、有機物負荷の少なさに伴う無機栄養塩類の少なさの指標であった。マングローブ林の伐採、植林、マングローブ林の成長にともなって、第一主成分は正から負の値へ変化した。それに対して第二主成分は伐採地で負の値を示すが、植林によって正の値を示すようになり、マングローブ林が成長するにつれて0付近の値を示した(図4)。

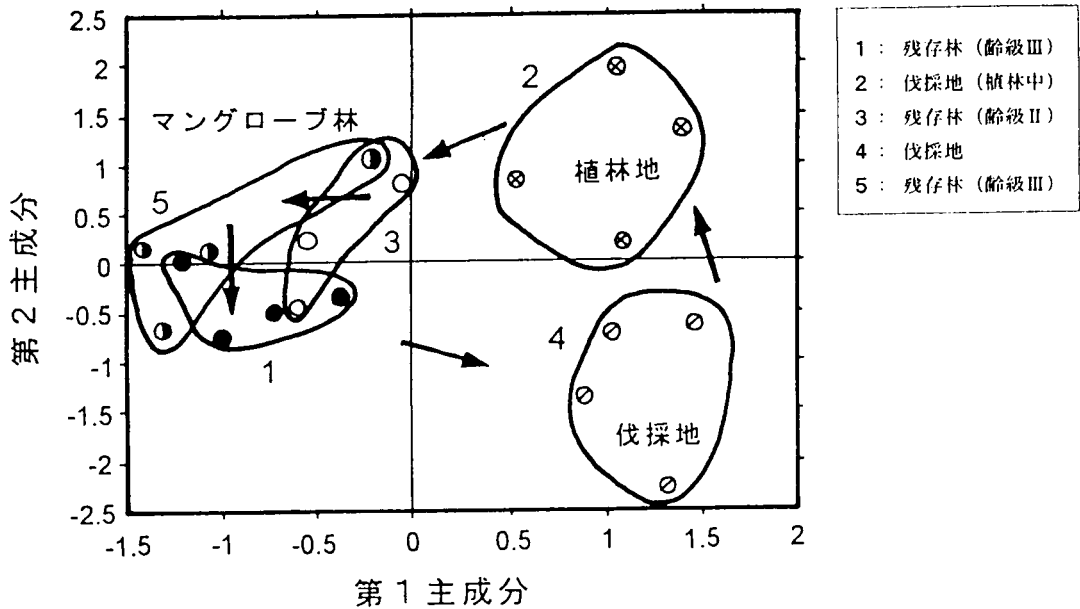


図4 マングローブ林内における水質と大型ベントスとの関係に関する主成分分析

安定同位体 $\delta^{15}\text{N}$ 値では一次生産者（陸上植物、珪藻）が1.96～6.91と低い値を、二次生産者（陸上動物や貝類）は4.28～12.24とやや高い値を、高次生産者（魚類）は11.46～15.03と高い値を示した。一方、 $\delta^{13}\text{C}$ 値はマングローブの陸上生態系と、干潟などの海洋生態系との間で区分でき、陸上動物は-24.59～-22.08と低い値を、貝類、魚類など水棲動物は-24.69～-11.84と高い値を示した。 $\delta^{13}\text{C}$ 値と $\delta^{15}\text{N}$ 値の組み合わせから、マングローブ林内の動物は陸上植物を一次生産者とする森林生態系におおむね依存し、前浜干潟の動物は陸水生生態系生産物に依存していることが明らかになった（図5）。また、ゲッシン類は貝類より栄養段階が高いことや、魚類の中には珊瑚礁生態系など特殊な CO_2 環境下に属していたものもマングローブ地域に回遊してくることが示唆された。生育年数の異なるマングローブ林の植物試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、森林密閉性を反映していることが示され、また土壌の $\delta^{13}\text{C}$ 値はそれ以前の植生状況の積算値を示すと考えられた。

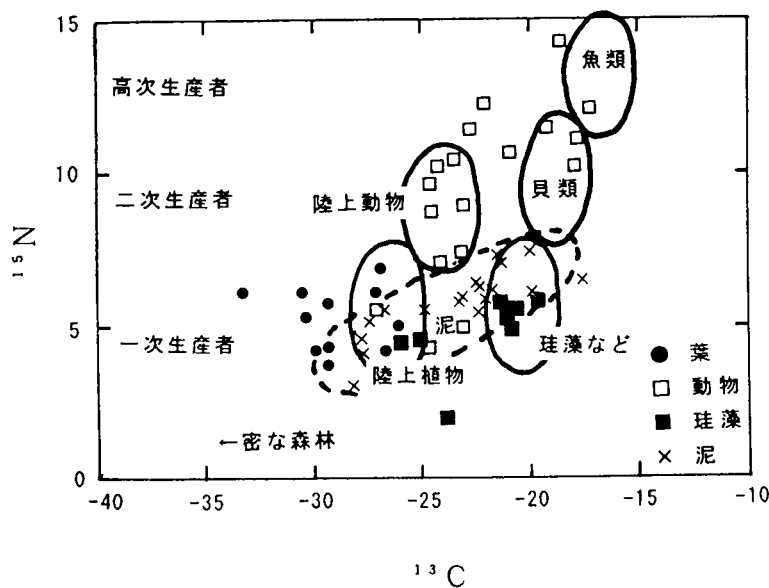


図5 マングローブ地域の全試料の $\delta^{13}\text{C}$ ・ $\delta^{15}\text{N}$ 値分布

(4) 貝殻成長線の測定

前浜干潟に生息するフクレハイガイは若齢貝が大半を占め、大型の貝殻はほとんど採取できなかった。これは捕獲圧が高いためである。貝殻成長は全般的に良好で、9月中旬に採取した貝の約50%がその年発生した当歳貝であった。残りは1年貝で、1月から3月に相当するところに障害輪が認められ、雨季の大雨などの気象状況が貝殻成長に大きな影響を与えることが示唆された。

(5) 保全対策の検討

マタン地域は西表島に比べ、死んだ植物根の生根に対する割合が高く、土壤に有機物を多く含み嫌気的な環境を示していた。これはマタン地域が何度も伐採を行っていることによると考えられる。マタン地域内部の伐採状況ごとに生物相を見ると、伐採地では大型巻貝類が増加し、ハゲコウが採食に利用するなどハビタットタイプを増加させている一面もあるものの、多くの大型ベントスや鳥類の生息密度、大型哺乳類の利用頻度が減少し、また、河岸林の伐採により魚付林の機能が劣化している。伐採地周辺では林内養分(N, P)の流出も招いていることが明らかになった。マングローブ林の多様な生物相の回復を施業計画に組み込むには、林業的に再生可能な範囲で施業を行うとともに、伐採地の配分や個々の伐採面積の縮小によって大規模なオープンハビタット化を避けるよう考慮するべきである。また、行政的な地域保全対策として、水鳥や渡り鳥の主要な生息地である北部地区のケロンパン島周辺を保護地域に指定することが望ましい。

研究発表の状況

Omori, K., M. Yoneda, S. Hawa, B. Nor, N. Ahmad, Y. Sawashi, and K. Kato.

Succession of benthos community in the Matang Mangrove Forest Reserve, in Malaysia.
(submitted to Aquatic Conservation)

加藤和明. 1995. マレーシアマタンマングローブ沿岸域におけるシギ・チドリ類と餌ベントスとの対応関係について. 平成7年度愛媛大学理学研究科生物学専攻修士論文.

大森浩二、米田政明、小池裕子、澤志泰正、加藤和明. マレーシアマタンマングローブ域におけるベントス群集と林齢との関係について. 日本生態学会第42回全国大会平成7年8月発表予定.

連絡先：〒113 東京都文京区湯島2-29-3

(財) 自然環境研究センター

Tel. 03-3813-8897, Fax. 03-3813-8898, Nifty serve #RGE02262