

国際農林水産業研究センター 研究会報告集

No.3

汽水域の生物生産と環境保全機能

(1) 汽水域の生物と生態

(2) 汽水域の物質生産と循環

平成7年2月

農林水産省
国際農林水産業研究センター

国際農林水産業研究センター
研究会報告集 No. 3
汽水域の生物生産と環境保全機能
国際農業専門分野別研究会 研究報告資料

目 次

第1回 汽水域の生物と生態（平成6年3月8日）

1. 汽水域の微生物の分布と食物連鎖
水産庁養殖研究所環境管理部餌料生物研究室長 前 田 昌 調 …… 1
2. 汽水域における動物プランクトンの発生動態
「亜熱帯汽水域における動物プランクトンの組成と分布」
鹿児島大学水産学部研究生 岡 慎一郎 …… 3
3. 汽水域の仔稚魚の分布と生態—マングローブ域ははたして魚類のゆりかごか?—
東京水産大学水産学部魚類学研究室助手 河 野 博 …… 6
4. 汽水域に流入する土壌物質の影響
国際農林水産業研究センター水産部主任研究官 田 中 勝 久 …… 7
5. マングローブ林の生理・生態, 海岸林としての役割
京都大学農学部助手 西 村 和 雄 …… 10
6. 汽水域森林の管理・育成・利用の問題点—特に水産資源培養を見据えて—
岐阜大学農学部助教授 小見山 章 …… 17
- マングローブ湿地のワイズユース
コメンテーター 琉球大学理学部海洋学科教授 諸喜田 茂 充 …… 19

第2回 汽水域の物質生産と循環（平成6年6月24日）

1. 「汽水域」プロジェクトの概要
国際農林水産業研究センター海外情報部国際研究情報官 鈴 木 正 昭 …… 25
2. 海岸平野の形成過程とマングローブ立地の形成維持
森林総合研究所 森林環境部 立地評価研究室主任研究官 藤 本 潔 …… 32
3. 低湿地土壌のガス代謝
農業環境技術研究所 資源管理部資源生態管理科長 陽 捷 行 …… 36
4. 動物プランクトンの生産力測定
水産庁西海区水産研究所 海洋環境部部長 池 田 勉 …… 39
5. 汽水域での魚介類食物連鎖機構のレビュー
国際農林水産業研究センター 水産部主任研究官 早 瀬 茂 雄 …… 40
6. 汽水域における生産形態と産業の立地—インドネシアを事例として—
筑波大学 農林学系講師 増 田 美 砂 …… 44

マングローブ汽水域関連文献一覧表（1994年10月1日現在） …… 47-68

JIRCAS Workshop Papers

No. 3 (March 1995)

Bioproduction and the Role of Environmental Preservation in Brackish Water Regions

Contents

Biology and Ecology in Brackish Water Regions

1. The food-chain and distribution of micro organisms in brackish waters
Masachika MAEDA 1
2. Species composition and distribution of zooplankton in subtropical brackish waters
Shin-ichiro OKA 3
3. Distribution and ecology of larval/juvenile fishes in brackish waters: Is the mangrove
system really a cradle for fishes?
Hiroshi KOHNO 6
4. Effects of soil loading in brackish water areas
Katsuhisa TANAKA 7
5. Ecophysiological aspects and roles of the mangrove forests
Kazuo NISHIMURA 10
6. Problems in management, reforestation and utilization of mangrove forests
Akira KOMIYAMA 17
- Wise utilization of mangrove swamps
Shigemitsu SHOKITA 19

Biological Productivity and Material Circulation in Brackish Water Regions

1. "Productivity and sustainable utilization of brackish water ecosystems" project outline
Masaaki SUZUKI 25
2. Developmental processes of coastal plains and formative mechanisms of mangrove habitats
Kiyoshi FUJIMOTO 32
3. Production, oxidation, leaching and emission of radiative trace gases in wet lowland soils
Katsuyuki MINAMI 36
4. Zooplankton productivity measurement
Tsutomu IKEDA 39
5. The food-chain in subtropical/tropical brackish waters: A review
Shigeo HAYASE 40
6. Occupational conditions and locations of industry relating to brackish water areas in
Indonesia: A case study
Misa MASUDA 44

References to Biology and Ecology in Mangrove Brackish Water Regions..... 47 – 68

汽水域の生物生産と環境保全機能

はじめに

海水と淡水が入り交じる地域を意味する汽水域は、河川が流入する沿岸域を中心に海岸線を飾る花采のように分布している。温帯や寒帯では豊かな藻場の存在などから、水産生物幼稚仔の生育場や野生生物の繁殖・給餌や休息の場としてきわめて重要な位置を占めており、渡り鳥保護のためにラムサール条約などで取り上げられることも多い。熱帯や亜熱帯においてはマングローブと称される植物群が繁茂することが多く、温・寒帯同様野生生物の生息の場とともに、従来高価値の木材産出や水産資源の好適な培養の場として利用されてきた。

このような熱帯・亜熱帯汽水域は、近年の著しい人口増加や経済の発展に伴ない、付加価値の高い食糧確保の場として水田やエビなどの養殖池としての開発が急激に進んでいる。また、住宅・工業用地造成の場としての開発利用も進んでおり、国によってはマングローブ林の過半がすでに失われているとも報じられている。加えて、汽水域のみならず後背地の開発も併行して進んでおり、汽水域への土壌や農業資材、生活資材など各種の資材の流入もマングローブ林、沿岸に成育するサンゴや幼稚魚に大きな影響を与えていると考えられている。

このような開発によって従来汽水域が持っていたいろいろな機能が損なわれ、国や周辺地域に社会的・経済的な問題を投げかけ始めている。さらに、汽水域が開発されることによって湿地有機物の分解が進み、CO₂やCH₄などの温室効果ガスの大量発生も予想され、地球環境に与える影響も懸念される。世界で約1,500万haとも推計される残存するマングローブ林の開発は今後も進むものと予想され、地域の生活や沿岸漁業・林業の維持、地域防災、地球環境保全を視点に入れた開発基準の作成はきわめて重要であると認識されている。さらに、この開発基準はすでに荒廃した汽水域への適用も期待でき、既存のマングローブ林の持続的利用および荒廃地の復旧の基準ともなり得る等の効果がある。

そのため、1993年10月に発足した国際農林水産業研究センターは水産分野が加わり、その他分野も強化されたことによって分野を横断する研究が容易となり、今般この問題を取り上げ、長期的視野にたってプロジェクト化の可能性を検討することとなった。その一環として、汽水域における各種の問題点をより明確化し、具体的なものとするために、センター内外の識者を集め、研究会を開催することとした。本報告書は、平成6年3月8日と6月24日の二回にわけて国際農林水産業研究センターで行われた国際農業専門分野別研究会における発表内容、あるいは提出された資料内容をほぼそのまま、あるいは一部書き改めて取りまとめたものである。

水産部長 福 所 邦 彦
林業部長 大 角 泰 夫

I. 汽水域の生物と生態

1. 汽水域の微生物の分布と食物連鎖

前 田 昌 調

水産庁養殖研究所 環境管理部

Biology and Ecology in Brackish Water Regions

1. The food-chain and distribution of micro organisms in brackish waters

Masachika MAEDA

National Research Institute of Aquaculture

Nakatsuhama, Nansei-cho, Mie 422-1, Japan

汽水域では、河川より供給される有機物、微生物・微小生物等により大規模な有機物プールが形成されるため、生産性が高く、その面積が全海洋の約 200 分の 1 であるにもかかわらず、生産量は海洋全体の 10% ちかくに、沿岸生産量平均値の約 10 倍に達することが報告されている。

河川より海水中に流入する微生物数は、塩分濃度が高くなる水域において短時間内に減少する。大腸菌なども実験室海水中では生存できるが、自然海水中では長時間にわたって分布することはないと報告されている。この減少の原因としては、常在細菌等との拮抗作用、あるいは原生動物・動物プランクトン等による捕食などが考えられる。一方、海洋性の微生物は、温度の上昇した環境では適応範囲が増大し、塩分濃度の低い淡水性の水域でも生存することが知られている。微小藻類数は河川下流域で増加するが、海水中ではやはり減少する。また、陸起源の土壌は海水に接するとイオンバランスがくずれ凝集する傾向にあり、このときに微生物・藻類等を包含するため、その多くが沈澱する。

これらの陸生起源微生物、プランクトン、あるいは木本植物体などの分解速度は、微生物の作用に原生動物や小型動物の摂食活動が加わると、さらに速められる。例えば 35 日間のマングローブ葉体の分解におい

て、細菌のみの作用では湿重量の約 20% が減少するのみであるが、巻貝（キバウミニナ）の存在下では 50% の重量減少が認められた（図 1）。原生動物などは細菌を摂食するため、細菌量の過度の増大を抑制するとともに、間引き効果により細菌群集の活性を高める役割も果たしている。

微生物は、有機物を分解する過程で自らの細胞を形成する生産者としての側面もあらわす。最近の研究では植物プランクトンが生存・活動しているときには、

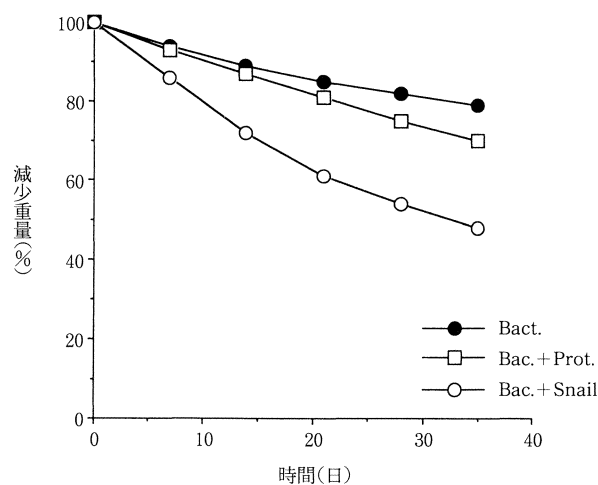


図 1 マングローブ葉の分解（多賀，1989 にデータを追加）

Bac.: 細菌, Prot.: 原生動物, Snail: 巻貝

光合成産物の約 30% が細胞外に分泌され、さらに動物による摂食・代謝過程等で排出される有機物をあわせると、56% が細菌の成長に使われることが明らかとなった。また全光合成量の約 40% が細菌細胞になることも報告されている。実際の測定例で、植物プランクトンの多い水域では細菌バイオマスも多かった。さらに魚類稚仔は植物プランクトンを消化できないこと、また広食性の動物プランクトン種が多いことも知られている。このような知見をもとにして食物移行の各過程を表すと、図 2 のような概念となる。

すなわちこのモデルは、光合成生物全てが直接餌料とはならず、これらの有機物生産を土台にして餌料微生物群集が形成され、この群集が食物連鎖の出発点になる内容となっている。この概念は、森林における食物の移行が、葉体より直接発するのではなく、地上での落葉の分解による微生物群集の発生、微小動物の摂食等の経路形成を経るとした考え方と一致する。

従来の食物連鎖の図式では、植物プランクトンが直接的に植食性動物に摂食されるとされてきた。本図式を魚介類の飼育に適応し、微小藻類を主餌料として稚仔を飼育した場合には、その多くは斃死する。一方、上記の食物連鎖概念を採用し、藻類とともに、微生物を添加するなどした場合には、稚仔の生残率は飛躍的に向上した。このように海洋においても、水域の食物移行過程の特徴的構成要素を把握することにより、その生産性を向上させることができる。

また、食物成分のある部分は魚介類の成長を促進することが知られており、これらの物質の性状解明は、魚つき林効果の解析においても重要である。

木本植物、河川、干潟、海原等で構成される汽水域

の光景は、これからのアメニティー構築のための重要な要素となる。さらに最近では、シンボルフィッシュ設定など、特定種の保存・保護活動を通して環境全体の保全、向上意識を高める方策も採用されている。今後、汽水域における環境保全と生産性向上活動との調和研究は、地球環境保全問題の中心課題の一つに位置すると考えられる。

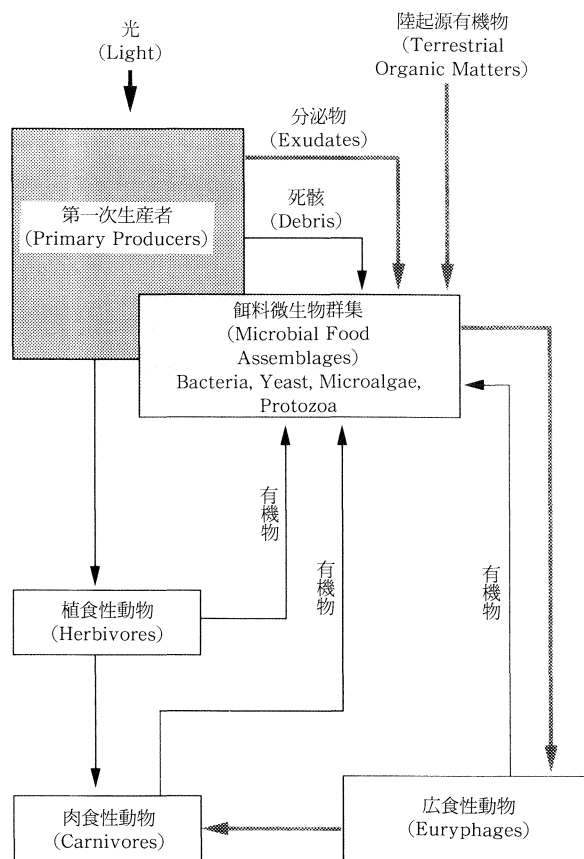


図 2 沿岸水域の食物連鎖概念図

I. 汽水域の生物と生態

2. 汽水域における動物プランクトンの発生動態

「亜熱帯汽水域における動物プランクトンの組成と分布」

岡 慎一郎

鹿児島大学 水産学部

Biology and Ecology in Brackish Water Regions

2. Species composition and distribution of zooplankton in subtropical brackish waters

Shin-ichiro OKA

Faculty of Fisheries, Kagoshima University

Shimoarata, Kagoshima 890, Japan

熱帯、亜熱帯のマングローブ林に近接する汽水域では、海洋や湖沼の採食食物網 (grazing food web) の起点となる植物プランクトンに乏しいことから、豊富に存在するマングローブの葉や小枝などに由来するデトリタスを起点としたデトリタス食物網 (detritus food web) が存在し、そこに生息する生物はこの食物網に依存して生活していると考えられている (Odum & Heald, 1975)。

このような食物網において動物プランクトンは、低次栄養段階の一員として重要な役割を演じていると考えられる。わが国においては亜熱帯性気候を呈する南西諸島の河口域にマングローブが分布しており、それに近接して汽水域が広がっている。しかしながらそこに出現する動物プランクトンに関する知見はほとんど得られていない。そこでわが国のマングローブの分布する亜熱帯汽水域における動物プランクトン群集の構造解析と生態学的特性を追究するため、1985年から西表島仲間川を主要な調査水域として、動物プランクトンの出現状況に関する基礎的な研究を行ってきた。今回はその研究結果の一部をもとに亜熱帯汽水域に出現する動物プランクトンの組成と分布について報告する。

西表島の仲間川における動物プランクトンの採集調

査は、河口から上流に向かって設置した5調査点(Sts. 1-5)において日中と夜間の満潮時に行った(図1)。また、1986年および1990年には、St. 4において3時間毎の24時間調査を行った。動物プランクトンは、コニカルネット(口径0.2 m, 目合約0.1 mm)とソリネット(口枠0.1 × 0.3 m, 目合約0.1 mm)の水平曳きにより、各調査点の表層、中層および近底層の3層

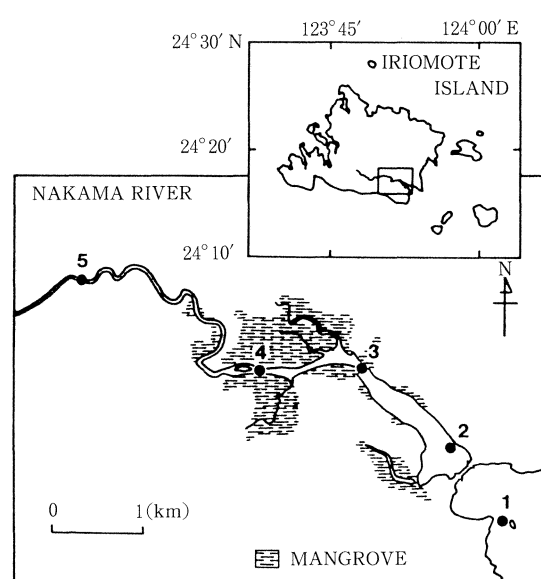


Fig. 1 Sampling stations located in the Nakama River.

Table 1 Density ($\times 10^2$ inds \cdot m $^{-3}$) of zooplankton collected at each station by day and at night in the Nakama River in October, 1985. (+: less than 100 inds \cdot m $^{-3}$, -: absent)

Species name	Day St.	2	3	4	5	Night St.	2	3	4	5
ARTHROPODA										
Crustacea										
Malacostraca										
Decapoda		—	+	—	—		+	+	+	+
Mysidacea		—	+	+	—		+	+	+	—
Amphipoda		1	2	1	+		+	1	+	+
Branchiopoda		—	—	—	—		—	+	—	+
Ostracoda		—	—	—	—		—	+	+	+
Copepoda		36	199	163	1520		156	204	148	72
Others		—	—	—	1		—	+	—	2
PROCHORDATA										
Appendiculata		+	+	+	+		1	1	1	—
CHAETOGNATHA										
Sagittoidea		+	+	—	—		+	+	+	—
NEMATODA										
Adenophorea										
Chromadridea		4	1	+	1		2	+	+	3
CNIDARIA										
Hydrozoa		+	+	+	—		+	+	+	—
Others		—	+	+	+		+	+	+	+
Larva of Benthos										
Decapoda		+	+	+	+		2	2	1	+
Isopoda		+	+	+	+		+	2	1	+
Cirripedia		+	+	+	—		+	+	+	—
Pelecypoda		+	+	+	—		2	2	3	—
Gastropoda		3	2	2	+		24	59	172	+
Polychaeta		1	+	+	2		5	3	+	1
Others		—	—	+	—		—	+	—	—
Total		49	208	169	1527		197	282	331	80

から採集した (図2)。

本研究において仲間川汽水域から採集された動物群は、軟甲類やカイアシ類などの甲殻類のほか尾虫類、毛顎類、線虫類、水母類、有孔虫類やベントスの浮遊期幼生などであったが、それらの中ではカイアシ類が最も優占しており動物プランクトンの主要な構成員であった (表1)。

カイアシ類は全部で27属63種に分類され、主な種は *Parvocalanus crassirostris*, *Bestiola sinicus*, *B. sp.*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *P. ishigakiensis*, *P. galletti*, *P. trihamatus*, *Calanopia thompsoni*, *Acartia sinjiensis*, *A. fossae*, *Oithona dissimilis*, *O. simplex*, *Oncaea media* であった。

仲間川は満潮時に侵入する海水のくさびが St. 4 付

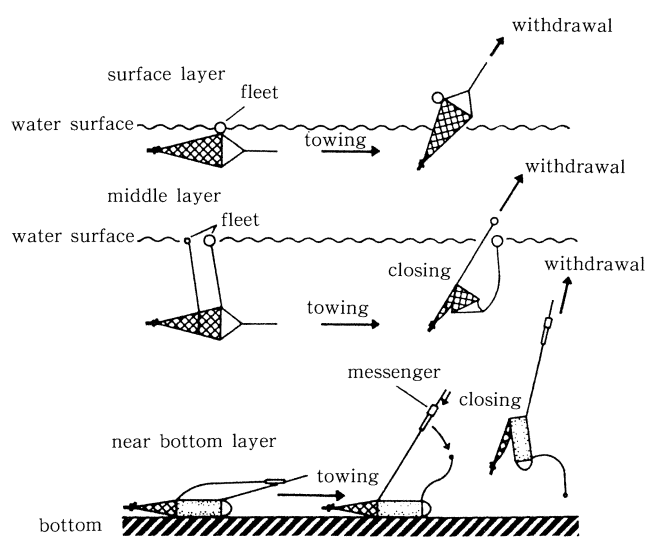


Fig. 2 Scheme of zooplankton sampling process at each layer, surface layer, middle layer and near-bottom layer.

近まで達するようで、St. 4より下流の調査点ではいずれも高塩分であったが、St. 5は極めて低塩分であった。*P. ishigakiensis*や*C. thompsoni*, *A. sinjiensis*などをはじめとしてほとんどの種はSt. 4より下流の高鹹水中に豊富に出現したが、これに対し*P. inopinus*はSt. 5に豊富に出現した(図3)。汽水域に出現する動物プランクトンの分布はそれらの塩分耐性と塩分とによってきまるとされ、その流程分布から海産種(狭塩性海産種, 広塩性海産種), 汽水種, 淡水種に分けられる(Grindley, 1981; Miller, 1983)。

*P. inopinus*は我が国の汽水域に多産するカイアシ類で仲間川汽水域においても代表的な種といえる。一方St. 4より下流の調査点に出現したカイアシ類は海

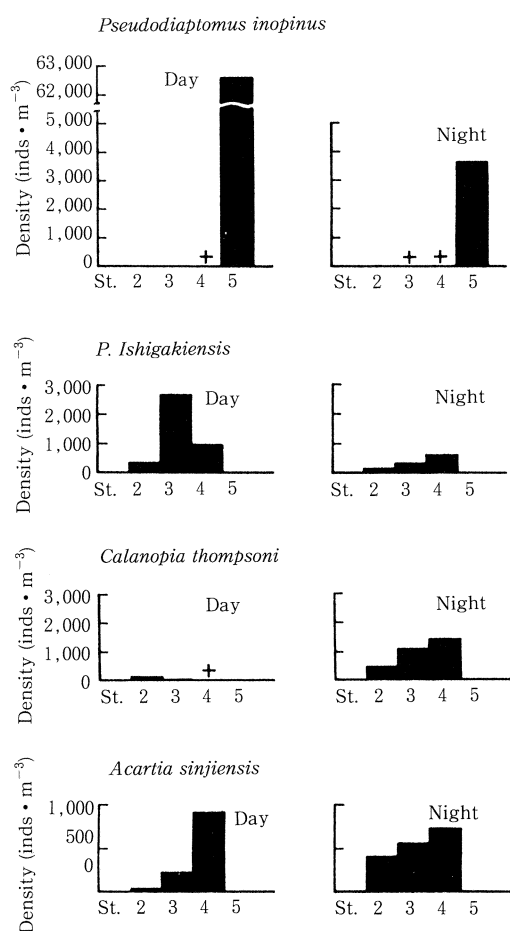


Fig. 3 Occurrence of major copepods in the Nakama River in October, 1985.

水とともに本水域に侵入した海産種と考えられるが、*A. sinjiensis*は沖縄地方の汽水域によく出現する種であり、また*P. ishigakiensis*や*B. sinicus*, *B. sp.*, *O. dissimilis*なども出現状況から広塩性種であると考えられた。

鉛直分布については、一般に多くのカイアシ類は日中は下層に沈降し夜間には上層へ浮上あるいは分散するとされ、仲間川においても一部の種においてこのような鉛直分布の昼夜変化がみられた(図4)。しかしながらほとんどの場合、鉛直分布の昼夜変化は不規則で不明瞭であった。

汽水域では著しく変化する環境のため動物プランクトンの分布構造も複雑となり、その実態を把握することは非常に困難である。今後は個々の動物プランクトンに対する環境変化の影響をより詳細に究明するとともに、スウォーミング、季節的消長、生活史、食性、捕食者と被食者との相互関係などについて研究する必要がある。

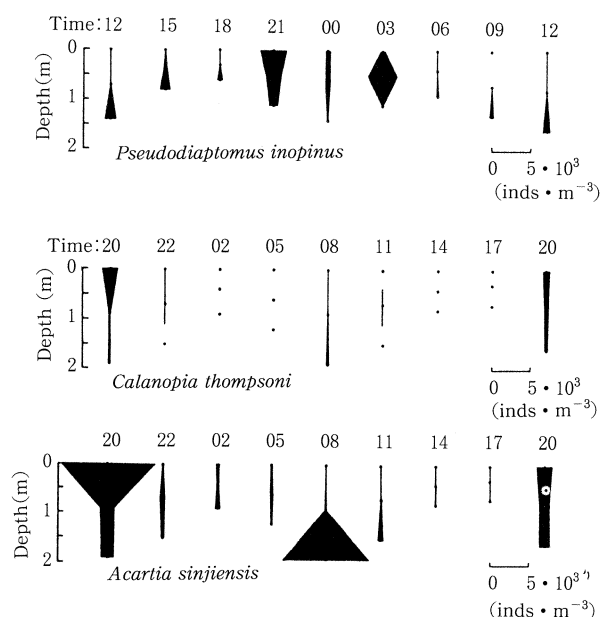


Fig. 4 Diel change of vertical distribution of *Pseudodiaptomus inopinus* (June, 1986), *Calanopia thompsoni* and *Acartia sinjiensis* (August, 1990) in the Nakama River.

I . 汽水域の生物と生態

3. 汽水域の仔稚魚の分布と生態:

マングローブ域は果たして魚類のゆりかごか?

河 野 博

東京水産大学 魚類学研究室

Biology and Ecology in Brackish Water Regions

3. Distribution and ecology of larval/juvenile fishes in brackish waters:

Is the mangrove system really a cradle for fishes?

Hiroshi KOHNO

Laboratory of Ichthyology, Tokyo University of Fisheries

Konan, Minato, Tokyo 108, Japan

熱帯沿岸域は砕波帯、海草域、マングローブ域などで構成されるが、その中でもマングローブ域は従来から魚類のゆりかごとして注目を集めてきた。しかし、「マングローブ域が魚類のゆりかごである」というのは信仰のごとく唱えられている」という批判もある。

ここでは、こうした状況を背景にして、既存の研究結果を比較・検討することで、マングローブ域が魚類の生活史の中で果たす役割というものを考えてみる。

用いた文献はすべて公表されたもので、主に魚類相をあつかった約 15 論文と環境特性に関する約 10 論文、合計約 25 の論文に基づいて比較・検討を行った。比較した項目は、マングローブ域、砕波帯、海草域に出現する魚類について、科レベルでの出現頻度、出現量、幼魚の出現頻度・量などである。

マングローブ域で出現頻度の高い魚類としては、ボラ科、ハゼ科、フグ科などであり、また出現量が多いのはタカサゴイシモチ科、イワシ科、ヒイラギ科などであることがわかった。しかし、これらの魚類は砕波帯や海草域でも高頻度、多量に出現した。さらに、幼魚と成魚に区別して生息場所別に出現状況を比較したところ、マングローブ域だけに幼魚が出現する魚類はほとんどいないことが判明した。これらの結果から、果たしてマングローブ域だけに生活史の一部を依存する魚類が存在するのかどうか疑問が投げかけられた。

ここで、種レベルでの魚類とマングローブ域の関わりを知るために、Robertson and Duke (1990) の論文を紹介する。この論文では、主要魚種 20 種中、Mangrove-dependent あるいは Estuary-dependent と考えられる種類は 9 種であるとしている。さらに、種レベルでの詳細な研究例として、砕波帯でのキスとサバヒーの研究を紹介し、マングローブ域での魚類の種レベルでの詳細な研究の必要性を訴える。

I . 汽水域の生物と生態

4. 汽水域に流入する土壌物質の影響

田 中 勝 久

国際農林水産業研究センター 水産部

Biology and Ecology in Brackish Water Regions

4. Effects of soil loading in brackish water areas

Katsuhisa TANAKA

Fisheries Division, Japan International Research Center
for Agricultural Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

東南アジア諸国では、陸地の開発による土壌の流出が最も重大な海洋問題のひとつとなっており、土壌の河口や湾への堆積、サンゴ礁の影響などが問題とされている。開発による荒廃地からの土壌の年間浸食量は、林地や草地に比較して 150 倍にも達する。これは単純に計算すれば国土の 1 % が開発されれば土壌の浸食量は 2.5 倍になることを示している。さらに、近年のマングローブ林の伐採の進行の結果、汽水域の土壌貯留機能が著しく失われ、大雨にともなって開発地域から浸食され河川に運ばれる大量の土壌物質は、藻場やサンゴ礁に直接流出している。サンゴの表面に堆積した土壌物質はサンゴの共生藻の 1 次生産を低下させる。さらに、サンゴが土壌物質の除去のために分泌する粘液物質の生産は、サンゴの栄養源を消費し、生育に悪影響を及ぼしている。

熱帯沿岸域ではマングローブ林、藻場およびサンゴ礁生態系は互いに近接して存在し、密接に依存しあっ

ている。マングローブ林の持つ土壌の保留効果は藻場やサンゴ礁への土壌流出をおさえる一方、藻場やサンゴ礁は外洋の波浪を和らげ逆にマングローブ林の環境を守っている。また、藻場は河川水から負荷される栄養塩を消費し浄化することによりサンゴ礁域の富栄養化を防ぐ。マングローブ林、藻場、サンゴ礁の生態系は一つのシステムとして全体的に保護される必要がある(図 1)。

土壌物質自体にも山林、農耕地からの窒素やリンなどの富栄養化の原因となる栄養塩類が含まれており、特に無機態のリンが大量に含まれている。瀬戸内海の代表的な閉鎖性内湾域である広島湾では、土壌物質からの海域で循環可能な無機態リンの海域への負荷は河川から負荷される全リン負荷の 47% に達する。熱帯アジアの開発地域の場合では都市・産業排水による汚染の進んだ瀬戸内海以上にこの比率は高いものと考えられよう。また、この問題を地球規模で考えた試算に

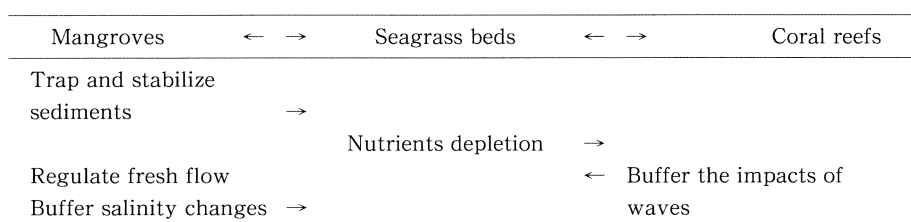


図 1 熱帯沿岸海域生態系の相互関係

よれば、土壤物質からのリンの負荷量は全海洋に河川から溶存態で負荷されるリン負荷量の2～5倍に達すると見積もられている。

サンゴ礁生態系には熱帯雨林に匹敵する生産力があるが、栄養塩濃度から見れば外洋域と同様に貧栄養な環境であり、栄養塩負荷の影響を非常に受けやすい。しかも、サンゴ礁に特有な窒素固定微生物の働きにより、窒素よりむしろリンが制限要因となっている場合が多い。従って、土壤流出の影響は、土壤に含まれる大量のリンの負荷を通じて沿岸域の富栄養化の面でも重大な影響を及ぼすものと考えられる。さらに、土壤物質の流入はリン、窒素などの主要栄養塩とともに、Fe, Mo, Mnなどの微量必須栄養素の供給の面でも重要である。

土壤流出のサンゴ礁生態系に及ぼす影響の例として、有害生物の大発生によるサンゴの食害の問題を取り上げてみよう。熱帯域の多くのサンゴ礁では土壤物質の流入とならんでオニヒトデ (*Acanthaster planci*) による食害によって壊滅的な状態になっているところが多い。このオニヒトデの大発生についても陸上からの負荷物質の増大が原因となっている可能性が指摘されている。これは、オニヒトデの大量発生の原因（またはきっかけ）が、台風による豪雨の結果、オニヒトデの幼生にとって餌料となる植物プランクトンの発生を助ける栄養塩類が陸上から供給され、植物プランクトンの大量発生（富栄養化）によって幼生の生残率が増大したためであるという仮説である。もし、この仮

説が正しいとすれば、陸上開発によって海域に負荷された土壤物質中のリンが重大な影響を及ぼしたとも考えることができよう。

最近、日本の黒潮流域のサンゴ群落では、オニヒトデ以外にも巻貝の一種のヒメシロレイシガイダマシ (*Drupella fragum*) の大量発生と、これによるサンゴの食害が広がり問題となった。この巻貝がオニヒトデとまったく同様のメカニズムによって発生しているとする仮説もある。陸上の開発による土壤物質の海域への流出は直接サンゴを死滅させると同時に、オニヒトデやヒメシロレイシガイダマシなどのサンゴ食害生物の大量発生を通じて、それ以上に広範囲かつ壊滅的な影響をサンゴ礁に及ぼしたのではないだろうか。

一方では、土壤流出の進行と同時に東南アジアでは富栄養化が著しくなっている。また、生活排水や都市下水の流入と養殖漁業にともなう過剰餌料や排出物による強度の有機汚濁は、沿岸底泥環境の悪化と、漁場の貧酸素化をもたらしている。海域の底泥に堆積した土壤物質中の無機能リンの大部分は貧酸素環境下で植物プランクトンが直接利用することができる溶存態のリン酸として、溶出する性質がある。このため、有機汚濁と結びついた土壤流出は生態系に大きな影響を及ぼし、ひいては赤潮や貝毒プランクトン、オニヒトデ等の、有害生物の異常発生の原因となっている可能性が高い(図2)。大量の赤潮プランクトンの死滅後の底泥への沈降は、その分解に伴って底層水の貧酸素化をさらに進め、その結果、甲殻類をはじめとするべ

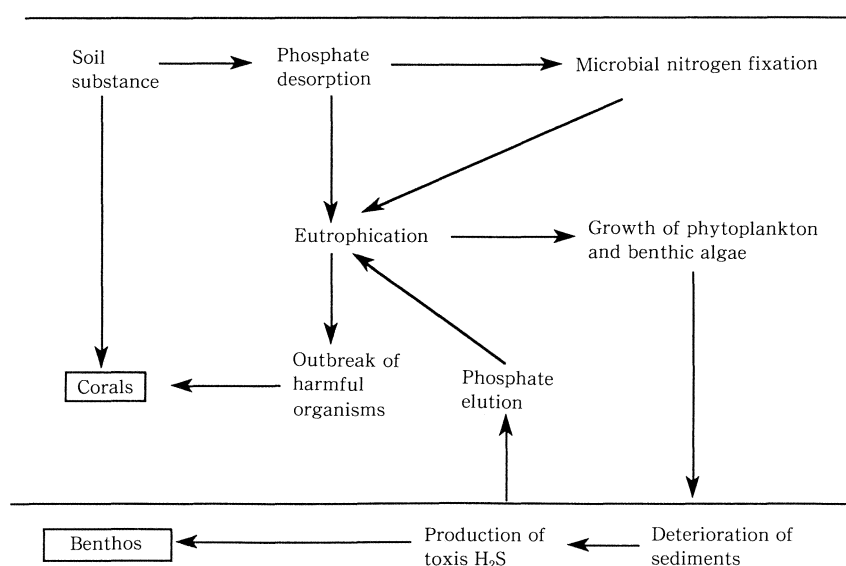


図2 土壤流出のサンゴ礁生態系におよぼす影響

ントス群集の大量死や多様性の低下をひきおこし、底魚などの水産資源に大きな影響を及ぼすことが予想される。

このように河川上流域の開発とマングローブ林の開発は、土壌流出、富栄養化、赤潮という経路を通じて

沿岸環境を完全に破壊する可能性を持っている。陸上環境の破壊はそのまま沿岸海域環境の破壊につながるものである。従って、マングローブ林の持つ土壌の保留効果を保つことは、沿岸域の持続的利用のためには必要欠くべからざる条件である。

I. 汽水域の生物と生態

5. マングローブの生理・生態, 海岸林としての役割

西 村 和 雄

京都大学 農学部

Biology and Ecology in Brackish Water Regions

5. Ecophysiological aspects and roles of the mangrove forests

Kazuo NISHIMURA

Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606-01, Japan

マングローブの生息環境は常時海水の潮汐にさらされているため、植物の生息環境としては非常にきびしいものがある。その理由は、

- 1) 高浸透圧環境
- 2) 湛水・嫌気条件
- 3) 高温・強光

などにあり、海岸植物よりもさらに不利な生息環境に森林を形成している。

海水は約 0.5 モルの塩化ナトリウムに相当する浸透圧を持っている。すなわち、イオン総量として 1 モルになり、これは 1 オスモル (Osmol) の浸透圧値を与える。マイナス 2.4 MPa の水ポテンシャルに相当する。ここでマングローブが根系から水を吸水するには、この大きな浸透圧に対抗するだけの浸透圧を体内で稼がねばならない。また、マングローブは水分経済を有効にすすめるためには、可能なかぎり蒸散を抑制し、なおかつ高温・強光を避けるような葉をもつ必要がある。大部分のマングローブ種では、葉が厚いクチクラをもち、特殊な形態の気孔をそなえて蒸散を抑えている。また、活動中心葉はほとんど垂直にたっており、日中の直射日光下でも葉温をあげないようにしている。土壌の湛水・嫌気条件に対しては、呼吸根と呼ばれる独特の器官を分化させ、地下部に酸素を送り込んでいる。また、根の表面は疎水性のスベリン層でおおわれ、根内部に海水の影響が直接およばないような構造になっている。

以上述べたようなマングローブ植物独特の体制は、常に海水の影響を受ける場所、すなわち潮間帯という特殊な環境条件で生息するための適応である。こういったマングローブの体制は、マングローブが 12 科、24 属、53 種の異なった種を包含しているにもかかわらず、共通している特徴であり、異なった種が平行進化を遂げたと考えてよい。

潮間帯に生息するマングローブは、一見したところ強い植物だとの印象を持つが、上述したような過酷な環境で生息しているために、僅かな環境条件の変化にも非常に敏感で、その打撃を受けやすい植物である。

近年、マングローブ林が錫の採掘、薪炭材あるいはエビの養殖場としてつぎつぎに伐採され、急速に海岸から姿を消しつつある。しかし、マングローブの植林は、その繁殖形態が特殊なために幼植物の確保がなかなか難しい。マングローブ植物は樹上で発芽し、ある程度の大きさに達するまで母樹から栄養を受け取った後に地上に落下する胎生種子や、種皮は破らないが内部で幼植物の形態をすでに備えている、半胎生種子などの形態をとるのが普通である。このような種子は、採種後の保存が困難で、数週間後には出芽・出根能力を失い壊死する。このようなマングローブ種子の特殊性が、マングローブ林再生の足を引っ張っている。

マングローブ林の現状・現況—バングラデシュの例から—

昨年 7 月から 3 カ月間、筆者は JICA の企画調査員

としてバングラデシュに派遣され、スンドルバン (Sundarban) 地区のマングローブ林を調査してきた。図1にはバングラデシュの位置を示した。このマングローブ林はインドとの国境をまたいで東西に、ガンジスデルタにひろがっている。図2には、バングラデシュにわずかに残っている森林 (国土面積の15%)，すなわちスンドルバンのマングローブ林がある地域

と、ミャンマー国境付近にあるチッタゴンヒルトラクトを示した。それでもスンドルバンは、単一面積では世界最大のマングローブ林である。バングラデシュ側だけでも、総面積5,730平方キロを占めている。このうち10%はスンドルバン内部を無数に走る水路で、大きい水路になると2万トンの船が通過できる。スンドルバンのマングローブ林を構成する樹種は、特産の

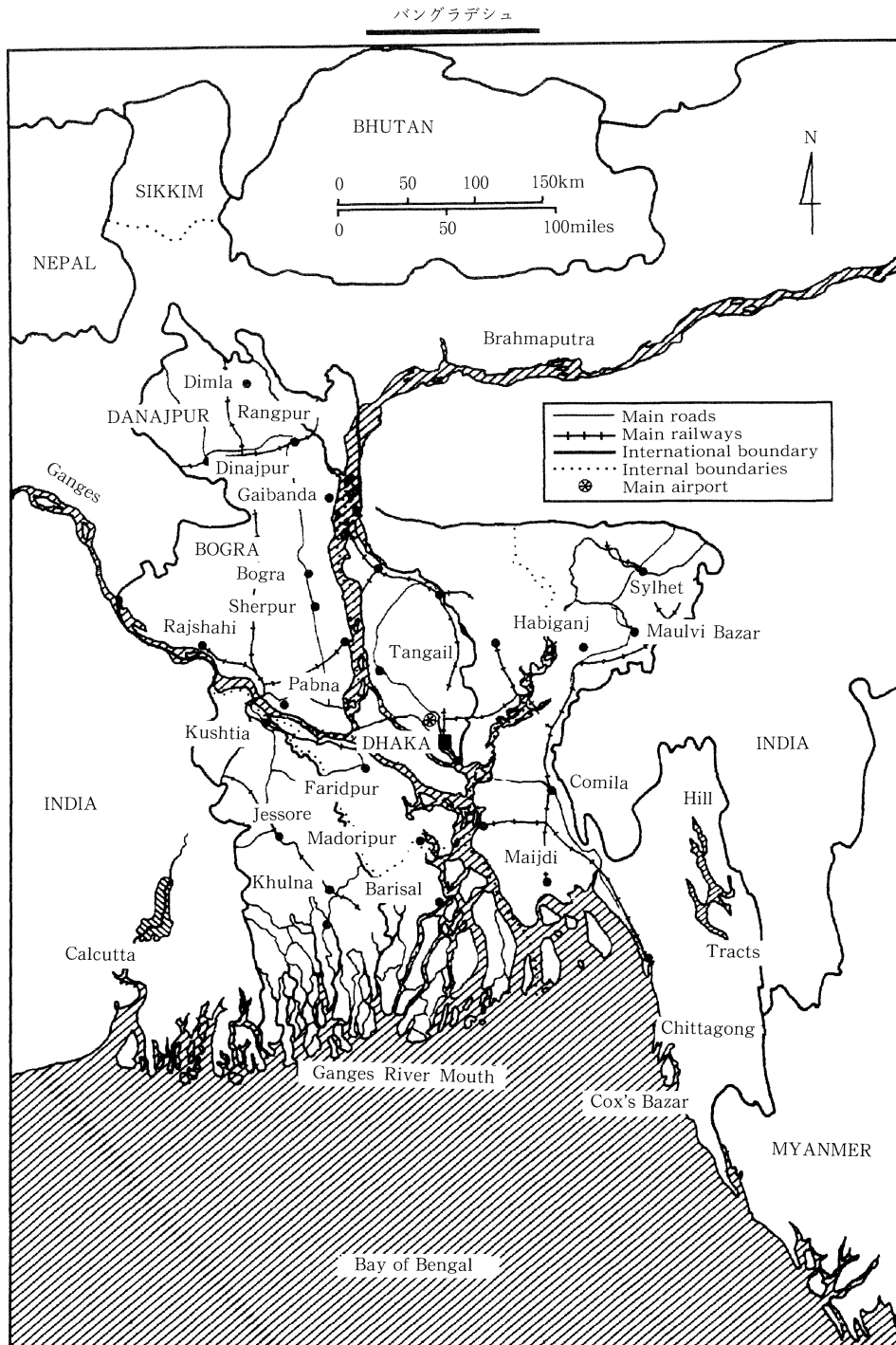


Fig. 1 Map of Bangladesh

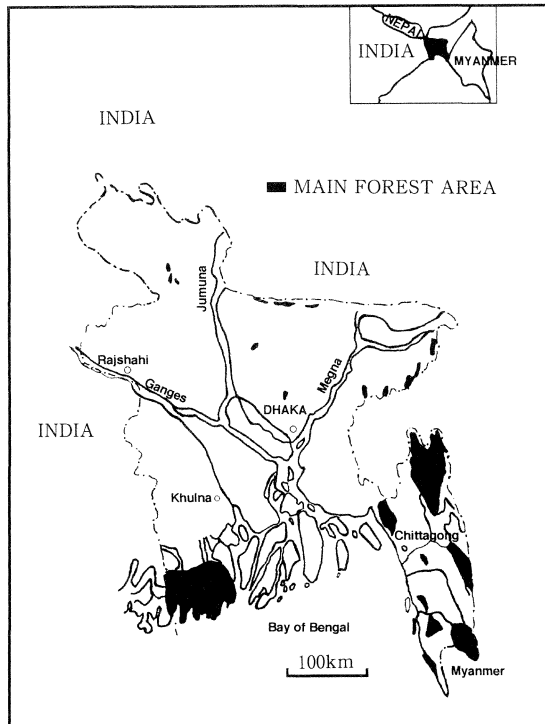


Fig. 2 Forest area in Bangladesh

スンドリ (Sundri; *Helitiera formes*) を含めて 30 種以上、沼沢林を構成する樹種を含めると 60 種以上はあると推定されるが、内部の詳細な調査は現在に至ってもなお、行われたことはない。わずかに、イギリスの ODA で概略調査が行われたにすぎない。1930 年のイギリス海軍水路部の調査によれば、当時のマングローブ林は現存部分の倍の面積をもち、カルカッタの近くにまで達していた。これが 60 年間で半分にまで減少したのである。その主な理由は、人口爆発による燃料としての伐採、独立運動・戦争の混乱時に起こった不法な伐採による。森林内部には、絶滅危惧種となりワシントン条約でも保護されているベンガルタイガーをふくめ、貴重な野生動物が今もなお豊富に生息している。水路にもウミガメ、ワニ、ガンジスカワイルカなどが生息し、豊富な魚種は汽水域の漁業を支えている。

ところで、スンドルバンのマングローブ林は今、消滅の危機にさらされている。その原因は、

- 1) 植民地時代、第 2 時世界大戦とバングラデシュ独立戦争時の混乱に、違法な伐採が続いてきたこと。
- 2) スンドルバン地区の上流域で 10 年前から行われてきた、洪水対策のための輪中化によって、それまで平野部に流入していた泥がスンドルバンに直接流れ込むようになった。このために、マングローブ林の水路の縁に沿って泥の堆積現象が急速にすすみ、

森林内部に潮が進入しにくくなってきたこと。

- 3) この堆積現象によって森林内部の土壌が乾燥しつつあり、とくに乾期には塩分を含んだ地下水が上昇する結果、表層土壌の塩類化が進行しつつある。
- 4) 塩類化の進行にともなって、耐塩性の弱い樹種が影響を受け、その樹勢が弱まりつつある。すでにパッチ状の枯死域がスンドルバン全域にみられ、しかも天然更新が塩類化によって阻害されている。
- 5) 灌漑を目的に建設されたガンジス上流部（インド側）のファラッカダムによって、乾期のガンジス河の水量が減少し、それまで海水の影響のあまりなかった地域まで海水が進入するようになってきた。
- 6) バングラデシュの国情から、森林資源は今もスンドルバンに頼らざるをえないこと。その主たる用途は、薪炭材、船舶用材、新聞用紙、建材などである。

スンドルバン地区の現況を述べるまえに、バングラデシュの地況をここで概説する。先の図でもあきらかにように、バングラデシュは水の国である。ガンジス、メグナ、プラマプトラの 3 大河川が集中し、国土のほとんどがそれらの運ぶ沖積土で形成されている。平均海拔は 3 メートルにも達しない。モンスーンの来襲する雨期には、モンスーンがベンガル湾の海水をバングラデシュに向かって南方から押し上げる。海水面が盛り上がる時期に、雨期にさしかかった 3 大河川は大量の水を上流域から運んでくる。このためにバングラデシュの国土全域にわたって、海水と河川水とがぶつかりあい、全土を水が浸してゆく。

図 3 に示したとおり、本来国土の海拔が低いバングラデシュでは、潮汐の影響は内陸深くにまでおよび、汽水が進入する水路の奥行きや、潮汐によって水流が逆行する地域は広い面積に及んでいる。しかも、乾期と雨期における河川の塩分濃度の変動は激しい。図 4 に示したが、スンドルバン地区の中央部を北から南へ流れるパッスール河（2 万トンの船が航行する）の中流域、すなわちスンドルバンマングローブ林と境界を接し、その北側にあるモングラ港では、乾期と雨期とでは塩分濃度が極端に変わっているのが明らかである。スンドルバンはガンジス河がベンガル湾に注ぐ位置を西から東へと移動する過程で、それを追うように分布域を広げてきた（図 2）。スンドルバンの東端は、ガンジスの支流であるバレスワール河（広いところでは幅 5 km を越えている）で、マングローブ林はここで途切れている。その理由はこの河の東岸からは水田が広がっているためである。この地域ではバレスワ

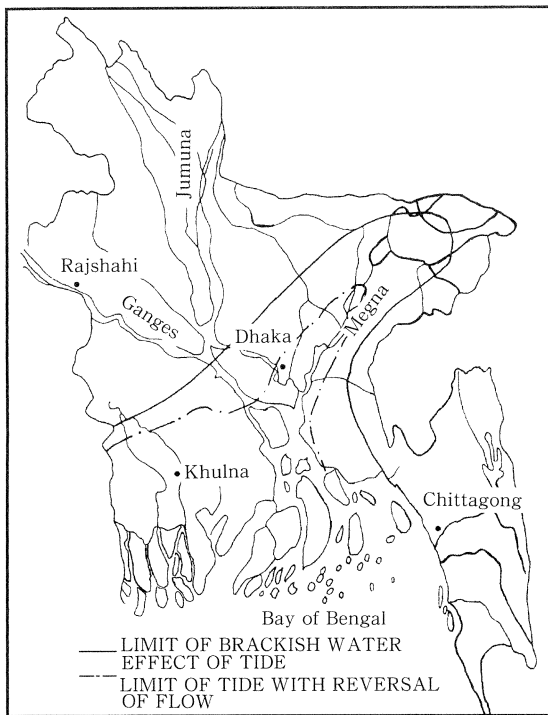


Fig. 3 Tidal effect in Bangladesh flood plain

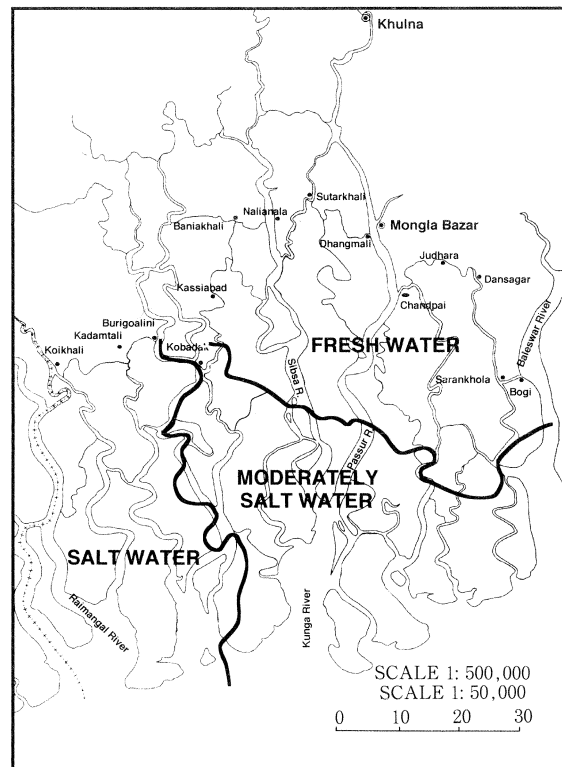


Fig. 5 Area that affected fresh, moderately and salt water in Sundarban mangrove forest

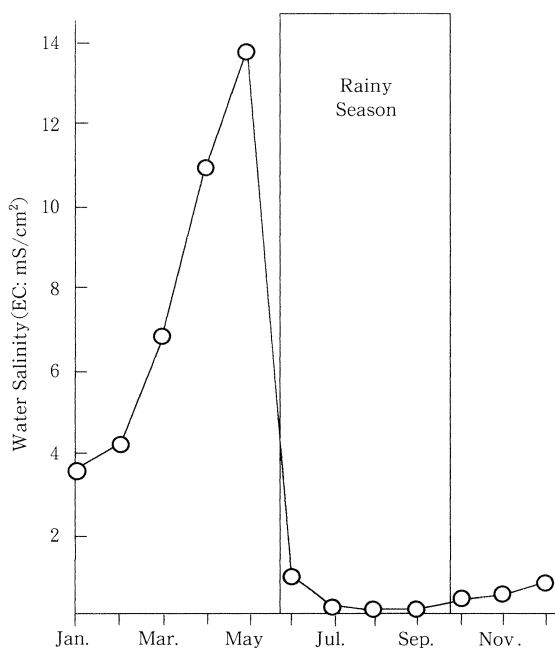


Fig. 4 Seasonal salinity change at Mongla port, Passour River

ル河が持ち込む淡水の影響が強いため，マングローブ林は海水の影響を受けることはない。図5には，スンダルバン地区マングローブ林の土壌塩分濃度の分布を示したが，北東部から南西部にかけて塩分濃度がしだいに濃くなっていることがわかる。河川の持ち込む淡

水の影響が大きい地域と，海水が侵入し，その影響が大きい地域とが明瞭に区別される。したがってスンダルバン地区における塩分の影響は，北より南，東より西が大きくなる傾向があり，南西部でもっとも大きく，北東部ではほとんどその影響がない。先述したように，マングローブは海水の影響を受けつつ生育しているが，海水の影響は少ない方が生育には都合がよい。なぜならば，影響の少ない分だけ塩分によるストレスがかからないからである。これはマングローブの生育にそのまま反映する。図6には，スンダルバン地区におけるマングローブの樹高を示したが，図5の塩分濃度の分布とよく一致していることが明らかである。すなわち，塩分濃度が低くて海水の影響を受けにくい地域では樹高が高い。反対に樹高の低い地域では，それだけ塩分（海水）の影響が大きいことを示している。

以上，ここに概説したような事実が，広大な地域に，しかも明瞭に見いだされるマングローブ林は，世界に類を見ない。これを補強する事実として以下の事実があげられる。

マングローブは樹種によって塩分に対する耐性が異なる。それは帯状分布として知られており，海に接し

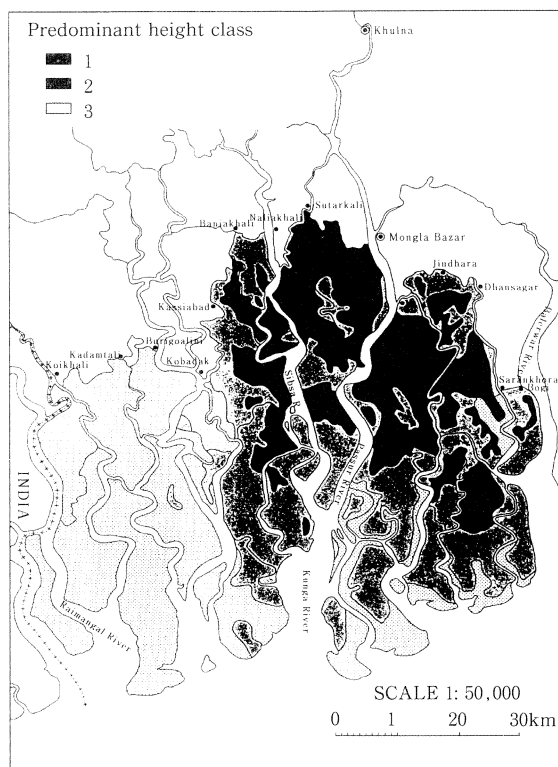


Fig. 6 Predominant tree height distribution of mangrove plants in Sundarban

ている先端部から内陸部にかけて、耐塩性の強い樹種からしだいに弱い樹種へと、植生が遷移していることが知られている。ただし、生態的には、この傾向と一致しないマングローブの生息地が多数知られている。こうした場合、生態学的な調査では生息地における樹種の分布だけの記述にとどまるのが通例である。しか

し、マングローブの種類によって耐塩性が異なるという事実は、筆者がすでに確認しており、耐塩性の強弱は塩分の影響と密接な関係があって、しかもそれが分布を決定している主要な要因であるといえる。図7に、筆者が確認したマングローブの耐塩性の度合いと生息分布の違いを示した。これは沖縄県西表島の例であるが、生息地とその土壤塩分濃度、マングローブの水ポテンシャルおよび、葉のナトリウム含量には密接な関係があった。ところがスンドルバンのマングローブ林では、塩分によるストレスと樹高との関係は明瞭であっても、樹種の分布様式が他のマングローブ林とは一致しない。たとえば、海水の影響がまったくみられない地域でも、30 cm 以上の胸高直径を持つ、最も耐塩性の強いマングローブ樹種に属している種類 (*Avicennia* や *Sonneratia*) が生育していた。これが意味しているのは、単に種ごとに固有な耐塩性の違いだけでなく、遺伝的な多様性が存在する事実を示している。つまり、単なる帯状分布だけでは、スンドルバンのマングローブ種の分布を説明できないという点にある。この成立要因は、塩分濃度に地域的な広がりがあり、マングローブ林が東漸して分布を拡大してきたことにもあると言えよう。野生生物もさることながら、マングローブ種にも遺伝的多様性を持つという意味で、単に世界最大であるにとどまらず、スンドルバンのマングローブ林が持つ意義は大きいものがある。

しかし、残念ながらスンドルバンのマングローブ林は荒廃しつつある。全域で枯死木がパッチ状にみられるのとは別に、図8に示したような荒廃地域が広がり

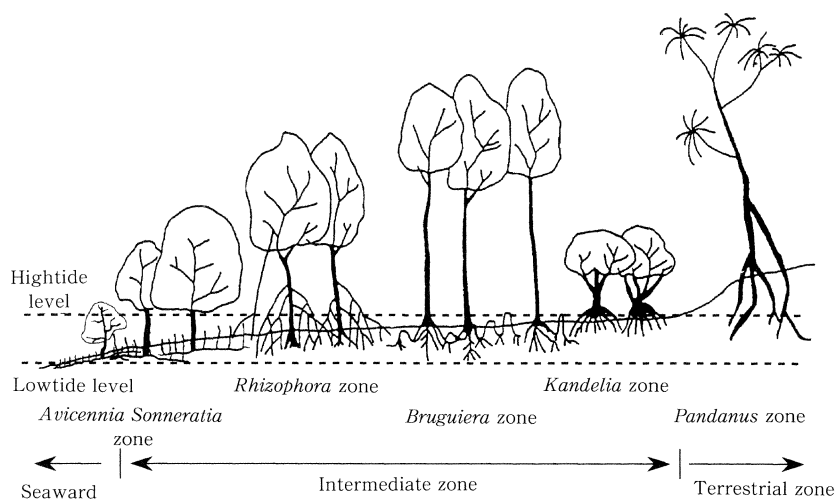


Fig. 7 Representative scheme of zonal formation about major mangrove species founded in Iriomote island

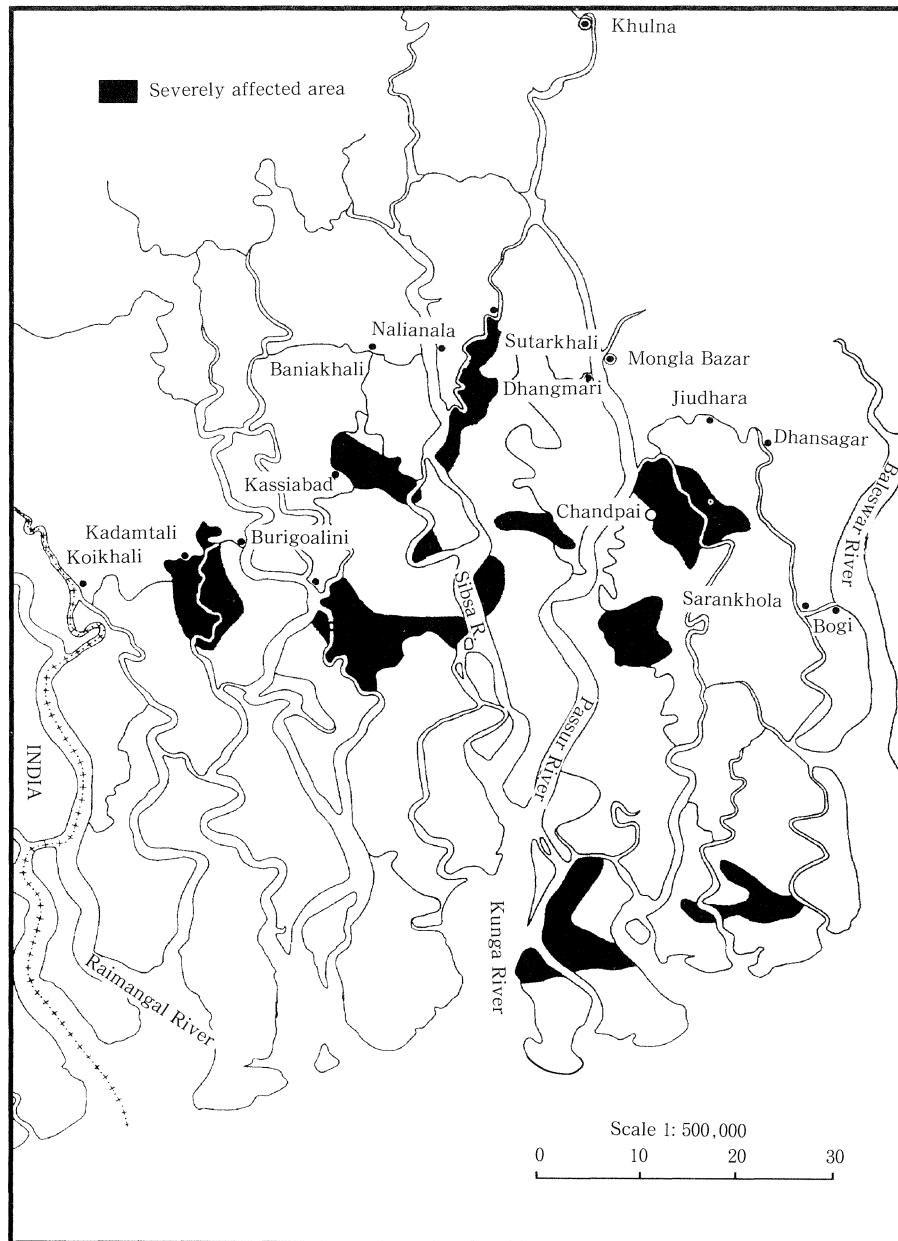


Fig. 8 Main devastated area in Sundarbans mangrove forest by overexploitation

つつある。それもマングローブ林の境界で、地域住民のすむ近くがもっとも荒廃している。このまま荒廃が進めば、マングローブ林だけでなく、貴重な野生生物までもが失われてしまう可能性は非常に高い。

ベンガル湾をはさんだスンドルバンの対岸、チョカリアスンドルバンには、6千haのマングローブ林が、10年前まで存在していたが、現在は1本も残ってはおらず、すべてエビの養殖場に姿を変えてしまった。チョカリアスンドルバンから南北に、南のコックスバザールから北のチッタゴンまで、海岸線のいたるところで零細漁民がプランクトンネットを張った手網を

もって、波打ち際に入り、エビの幼生を採集していた光景を眼のあたりにした。すくった動物プランクトンのうち、養殖の対象となるブラックタイガーの幼生は10%もなく、より分けた後のプランクトンは乾いた砂浜に捨てられていた。一方的な殺りくがベンガル湾の漁業資源を減少させている痛ましい光景でもあった。かつて、チョカリアスンドルバンにマングローブがあった頃は、沿岸漁業資源も豊かだったが、現在ではジリ貧で、しだいにとれなくなっていると、現地の漁民や水産関係者から聞いた。バングラデシュは雨期に、全土が水浸しになるので、内水面漁業が非常に盛

んな国でもある。そのせいからか、あまり沿岸漁業資源の減少は気にしていないようであったが、採卵から始まらないエビの養殖は、一方的な資源の収奪になっているため、近い将来に資源の急激な減少や枯渇が起こるのは必至であろう。

マングローブは、海と陸との境界に位置する森林として、サイクロンの襲来時には、防潮林や防風林の役割を果たし、内陸の塩害を軽減する意味で重要な意義を持っている。また、稚魚の避難場所となる日陰林としても重要であり、河川が運搬する泥や養分をいったん取り込み、リターとして土壌に再び有機物を供給して、森林に生息する無数の生物を養っている。また、

耐塩性を持っていて、なおかつ早く成長する樹種もあり、適度な管理をおこなえば無尽蔵の燃料を供給でき、海岸にすむ人間を含めた社会生態系としても重要な意義を持っている森林として、マングローブをみる必要がある。スンドルバンの語源は、ベンガル語で美しいを意味するスンドゥルと、森を意味するバンに由来している。調査の時にみた、スンドルバンの緑が地平線の彼方まで、その美しさを保てるようにしなければならない。衰退しつつあるスンドルバンのマングローブ林が人類の未来の姿と重なってはならないのである。

I . 汽水域の生物と生態

6. 汽水域森林の管理・育成・利用の問題点

—特に水産資源培養を見据えて—

小見山 章
岐阜大学 農学部

Biology and Ecology in Brackish Water Regions

6. Problems in management, reforestation and utilization of mangrove forests

Akira KOMIYAMA

Faculty of Agriculture, Gifu University, Gifu 501-11, Japan

汽水域森林として重要なマングローブ林の、管理・育成・利用について考える。この発表では、1. マングローブ植物の特性、2. マングローブ林における一次生産の特長、3. マングローブ林生態系の置かれる現状と対策について、とくに東南アジアに関する部分を検討したい。

マングローブとは、熱帯・亜熱帯の潮間帯に分布する植物群をさし、インド-太平洋地域では63種が含まれるという (Chapman, 1975)。東南アジアには、大陸部に113万ha、島嶼部に342万haのマングローブ林が存在する (FAO, 1982)。マングローブは海水の影響下で生活しているので、形態面で様々な工夫をしてそ

の環境に適応している。とくにタネと根が特殊化している。

いわゆる胎生種子と呼ばれるタネを持つものが多く、雌花が受精後にすぐ胚軸を伸ばす。親木に付いているのは、タネというより実生の段階に入っている。胎生種子は、潮流などにより不安定な泥に、速やかに着定する利点を持っている。マングローブの根は、支柱根型 (図1)・気根型・膝根 (板根) 型に分かれる。

これらの特殊な根の形態は、冠水と地下水位の高さによる気質の酸欠状態や養分分布に関係している。このような環境に適応した形態と機能を持つがために、マングローブは他の植物との競争に勝って、潮間帯を

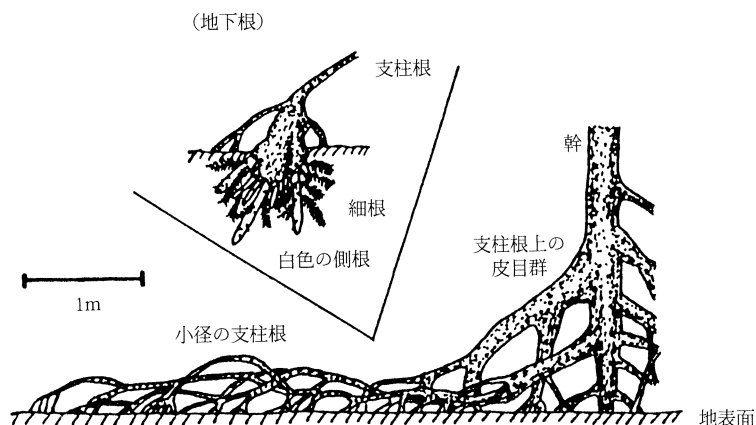


図1 フタバナヒルギの支柱根の形状

独占することができる。

マングローブ林は海に向かって解放された生態系である。そこで生産された有機物の一部は系外に流出するので、海洋が涵養される。マングローブ林の一次生産の規模と特徴を、我々が行ったハルマヘラ島（インドネシア）の調査例から明らかにした。天然帯で樹木センサスと直径測定を2年間繰り返した。このデータと相対成長関係によって、森林の現存量と成長量が求められる。葉などについてターンオーバーから枯死量を求めた。この結果、マングローブ林の一次生産の規模が内陸の熱帯林にも匹敵するほど大きいこと、その生産が根に多く分配されていることが分かった（図2）。

現在、マングローブ林は強い人為的影響のもとに、ほとんどが二次林化している。したがって、その管理はマングローブ林に対する人間の関わりを、十分に評価した上で行わねばならない。南タイでの炭焼きの例を挙げながら、管理上の注意点について述べる。とくに、二次林の一次生産の規模、伐採量、政府の指導の三者の間のバランスを解析して（図3参照）、マングローブ林の持続性を検討した。

また、マングローブ林はスズ鉱の露天掘りやエビ池の造成などで大規模に攪乱されている。これらの跡地

にマングローブ林をどう定着させるかが、将来の問題になる。我々がタイで現在行っている植林実験の結果から、土壌攪乱と造林木の死亡率の関係（図4参照）など、いくつかの問題点を解説する。

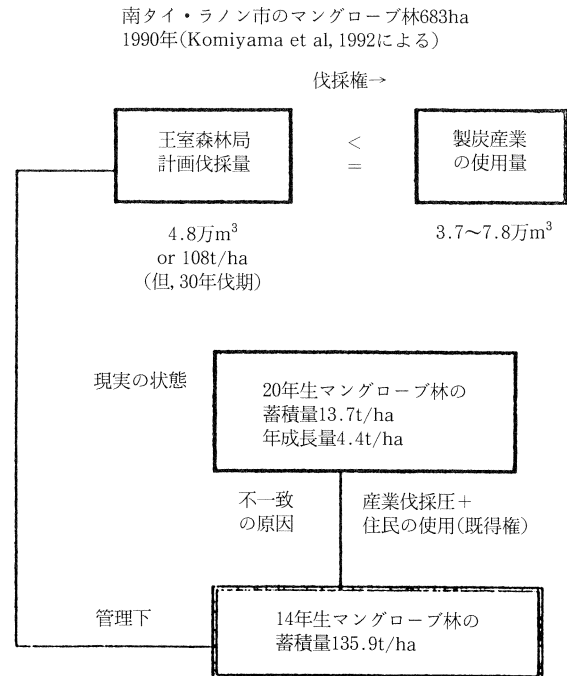


図3 マングローブ二次林は持続するか？

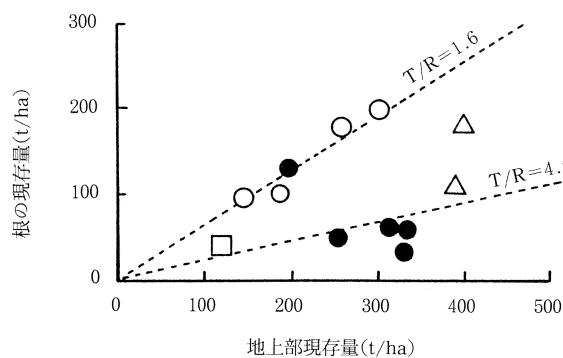


図2 マングローブ林と他の熱帯林の T/R 率
○*Rhizophora* △*Bruguiera* □*Sonneratia*
●他の熱帯林

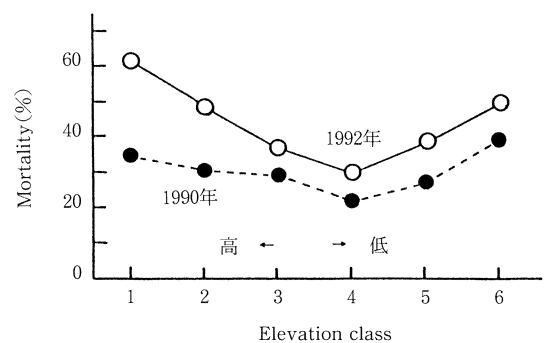


図4 スズ露天掘りで攪乱された場所での造林木の死亡率と微地形の関係

I . 汽水域の生物と生態

コメント: マングローブ湿地のワイズユース

諸喜田 茂 充

琉球大学 理学部海洋学科

Biology and Ecology in Brackish Water Regions

Wise utilization of mangrove swamps

Shigemitsu SHOKITA

Department of Marine Sciences, University of the Ryukyus

Senbaru 1, Nishihara, Okinawa 903-01, Japan

1. はじめに

北海道オホーツク海近海の流水は、ロシアのアムール川の水が凍結し南下したものであることがよく知られている。流水には広大なアムール川集水域の栄養塩類や有機物等が含まれ、それが溶けると肥料を散布したような効果があるという。従って、流水が多い年は豊漁が期待される。確かに、川は背後の集水域に森林が発達し健全であれば、良質の栄養塩類や有機物を汽水域や浅海にもたらし、生物生産が良好になる。川の栄養塩類に関する調査研究は比較的多いが、流下有機物の質や動態に関する研究は少ない。

我々は自然がきわめて健全な状態で保たれている沖縄県の西表島の河川で流下有機物調査を行っている。この調査結果の一部を予報的に紹介したい。また、沖縄県のマングローブ湿地における魚類を中心とした食性調査を行ったので、食物連鎖についても述べたい。

2. 流下有機物

調査は1985～1986にかけて北原式定量プランクトンネットを用いて西表島の仲間川と浦内川で行った。流下有機物の色は褐色または黒褐色を呈していた。内容物は植物の腐敗途中の破片・微細藻類・水生昆虫

類・甲殻類の脱皮殻・コエビ類のゾエア幼生・糞粒等から構成されていた。その中で植物の細片が多かった。仲間川における流下量は、乾重量で1070 g/m²/日で、地上マングローブリター (2.2 g/m²/日) に比べると断然多い。西表島のマングローブ湿地の黒褐色の泥の多くは、河川から流下する有機物であることが示唆された。

3. 魚類の食性

沖縄県と西表島マングローブ湿地における魚類の食性を図1, 2に示した(諸喜田他, 1988)。図の右側の魚類は沿岸域を主な生息域とする沿岸域生息魚類で、満潮時にマングローブ湿地に回遊し、中には干潮時にも留まっている種もいる。左は汽水域を主な生息域とする汽水域生息魚類と一部淡水域生息魚類である。これらの魚類の食性は、①藻食性(アイゴ類・カワスズメ等)、②雑食性(ボラ類・リュウキュウドロクイ等)、③プランクトン食性(オキナワトウゴロウイワシ)、④肉食性(オニカマス・フェダイ類等)に分けられた。肉食性魚類の中には、オニカマスのような魚食魚とミナミクロダイ等のような主に底生動物を食べるものとに分けられた。

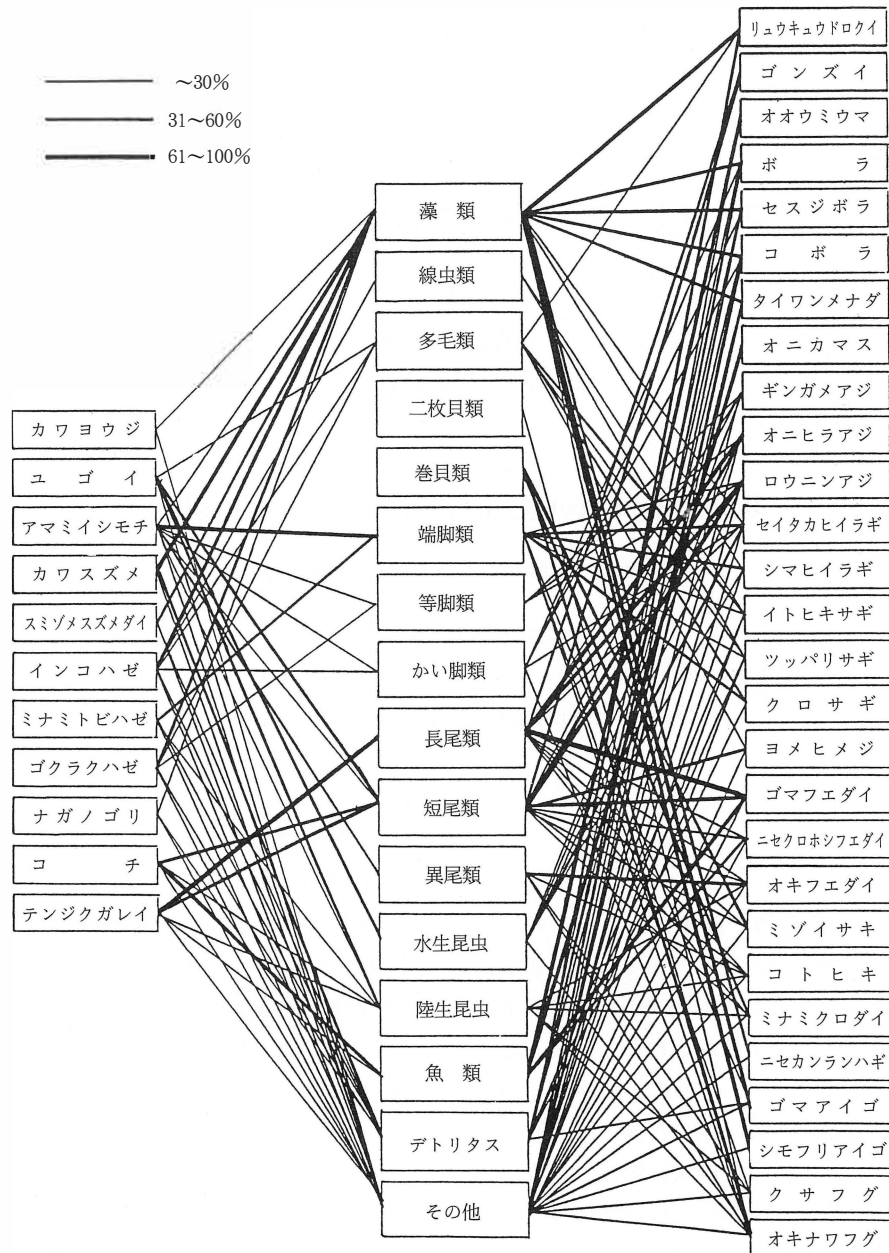


図1 沖縄島のマングローブ域における魚類の食性 (諸喜田ほか, 1988)

4. 食物連鎖

マングローブ湿地での栄養源は、マングローブ起源の葉・胎生種子や海から打ち上げられる海産植物等である。河川が流入するところでは、前述のように、これらにも増して流下有機物が多かった。西表島マングローブ湿地での食物連鎖を図3に示した (Shokita, 1989)。図から明らかなように、マングローブ起源のエネルギーの流れには2つの道筋がある。第一は、落葉等を直接キバウミニナやイワガニ類が食い、これらが

大型の肉食魚介類 (ノコギリガザミ類やミナミクロダイ等) に食われる。第二は、落葉等が細菌や菌類に分解され、分解途中の破片が細菌等とともに堆積物食者 (deposit feeder) や懸濁物食者 (suspension feeder) 等に食われる。さらにこれらの動物は、より大きな肉食性魚介類に食われる。河川や海起源の有機物は、堆積物食者・懸濁物食者・雑食性魚介類に利用され、これらが肉食性魚介類に利用される。西表島のマングローブ湿地では、サメ類が食物連鎖の上位を占め、ボラ類・ヒイラギ類・リュウキュウドロクイ等を襲い

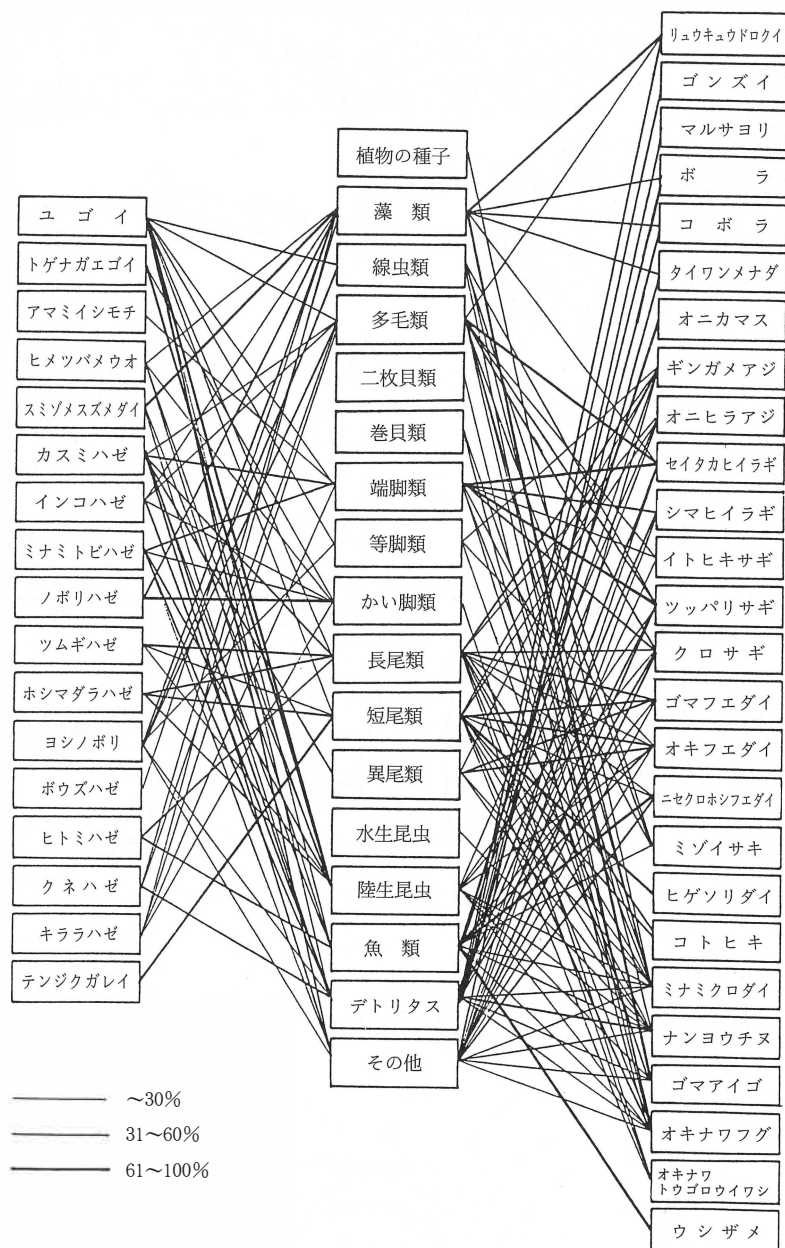


図2 西表島のマングローブ域における魚類の食性（諸喜田ほか，1988）

食っていた。

マングローブ湿地は汽水域生息魚介類の生活の場、あるいは沿岸域生息魚介類の餌場や稚魚の保育場になっている。さらに、マングローブ林は魚付林の役割も果たしていると思われるので、浅海域の漁場保全の面からマングローブを健全な状態に保つ必要がある。

5. おわりに

浅海漁場を保全するには、視点を変えて山・川・海

を一つの生態系としてとらえ、ばらばらにしないで、有機的につながっていることを理解する必要があるように思える。

発展途上国ではマングローブ林を切り開いて養殖場に行っている所が目立つが、それにともない浅海域や後背地が荒廃し、世界的に問題になっている。確かに高価なエビ類を養殖して輸出をすれば外貨獲得に寄与するが、沿岸環境が悪化するのも事実である。また、近年東南アジアのエビ養殖場で、養殖管理のまずさ等からウイルス性の魚病が発生して生産が不可能になった

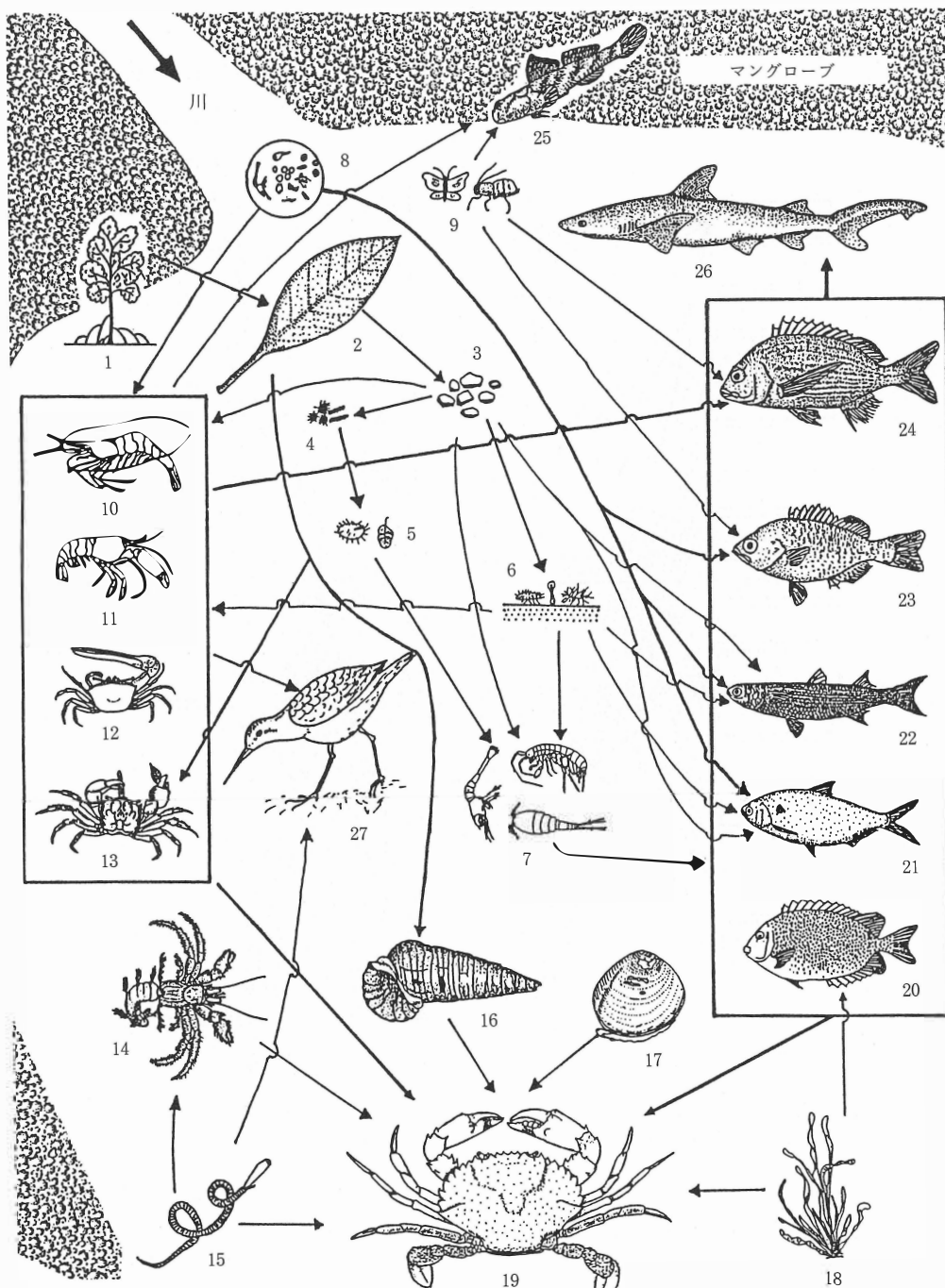


図3 西表島のマングローブ海域における食物連鎖 (Shokita, 1989)

所も目立つようになった。このような廃棄された養殖場は、マングローブを一部あるいは全面的に植林して沿岸漁場を保全する必要がある。

1993年6月に釧路市で第5回ラムサール会議が極東アジアではじめて開催された。この会議の目的の一

つは、アジア諸国の条約への加盟と登録湿地の拡大を促すことであった。アジアのマングローブ湿地も保全の対象になる。アジアの人達の多くは経済的に貧しいので、全面的に湿地の開発を禁止するとなると、抵抗があろう。湿地を保護するには経済力をつける必要が

ある。そこで、マングローブ湿地の持続的な開発，すなわち，生産性の高い湿地をいかに効率的あるいは賢明に利用する（ワイズユース）かが問われている。すなわち，マングローブ湿地は周辺環境への影響を最小限にして，そこを利用しながら保全する知恵と行動が

求められている。また，わが国はマングローブ湿地で養殖されたウシエビ等を輸入して利用しているので，マングローブ林の破壊に間接的に関わっているように思われるので，マングローブの保全とその植林のために技術と財政援助を行うことが望まれる。

II. 汽水域の物質生産と循環

1. 「汽水域」プロジェクトの概要

鈴木 正 昭

国際農林水産業研究センター 海外情報部

Biological Productivity and Material Circulation in Brackish Water Regions

1. "Productivity and sustainable utilization of brackish water ecosystems"

Project Outline

Masaaki SUZUKI

Research Information Division, Japan International Research Center
for Agricultural Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

課題名: 熱帯・亜熱帯汽水域における生物生産機能の解明と持続的利用のための基準化

1. 研究の背景

熱帯・亜熱帯地域で河川が流入する海洋の沿岸湿地帯（汽水域）にはマングローブを中心とする森林が発達し、またその後背地には農地及び集落などが分布している。

汽水域森林は高品質木炭の供給の場として利用されるほか、後背地の保全や水産資源の涵養にも極めて重要である。しかし、開発途上地域では、都市化、リゾート開発、エビの養殖、耕地面積の拡大など、人口・食料・経済上の諸問題に対応する必要性から、汽水域森林や低湿地の開発が急速に進行している。

無秩序な汽水域の利用は、侵食土壌や廃棄物の海域への流出などを伴い、水産生物稚仔の生息場を消失させるのみならず、赤潮の発生などによるサンゴ礁環境の崩壊等、汽水・沿岸域生態系の破壊をも引き起こす原因となっている。また、物質循環や海岸防災機能にも悪影響を及ぼしていると考えられる。

近年、マングローブ林はさまざまな視点から注目されつつあるが、汽水域の海洋生物・森林・土壌資源を

高度かつ持続的に利用していくためには、汽水域の生物生産機能を解明し、資源の利用基準を明かにすることが必要である。

2. 研究の目的

熱帯・亜熱帯汽水域におけるマングローブ林の分布状況を把握し、そこでの森林・水産生物生産機能の解明を通して、環境の保全を配慮した開発・管理基準を策定することにより、汽水域生態系の持続的利用に役立てる。

3. 研究の内容

- ①汽水域の類型化及び類型別プランクトンバイオマス：
汽水域を森林タイプ及びその劣化の程度等に応じて類型化し、類型別にプランクトンの質と量を把握する。
- ②汽水域土壌・森林バイオマスの分解と生物生産との

関係説明:

類型別に土壌及び森林バイオマスの分解能を明らかにし、プランクトンから稚仔魚にいたる生物生産過程におけるバイオマスの寄与の程度を説明する。

③流入物資が汽水域の生物生産機能に及ぼす影響の説明:

河川から汽水域に流入する土壌や肥料、農薬などの農業資材及び生活排水等が汽水域の森林、沿岸及びサンゴ礁の生物生産機能に及ぼす影響を及ぼしているかを説明する。

④汽水域における食物連鎖機構、エネルギー収支、環境収容力の説明:

類型別に食物連鎖機構を説明し、エネルギー収支を算定する。さらに、エネルギー収支に基づき環境収容力を推定する。

⑤汽水域の利用開発にかかわる社会・経済的評価:

汽水域の利用の現状を調査・分析し、理想的な利用・開発形態をモデル化する。

⑥持続的利用のための汽水域開発基準の策定:

上記の各種条件を総合化した上で、熱帯・亜熱帯汽水域の生産性を評価し、汽水域を持続的に利用する

ために必要な開発の基準を策定する。

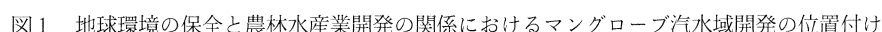
研究はマレーシアに拠点をおき、国際農林水産業研究センター沖縄支所との連携のもとに、国際水産資源管理センター (ICLARM) など国際研究機関の協力を得ながら、オーストラリア海洋科学研究所 (AIMS) などと三国間共同研究を実施する予定。

4. 主要担当機関

- ・国際農林水産業研究センター
- ・森林総合研究所
- ・西海区水産研究所
- ・マラヤ大学
- ・マレーシア農科大学 (UPM)
- ・オーストラリア海洋科学研究所 (AIMS)
- ・国際水産資源管理センター (ICLARM)

5. 研究期間

未定 (平成7年度～5年間で申請中)



この図は半円を地球に見立てて、上部を先進地域、下部を開発途上地域とした。いわゆる地球環境の問題は、先進地域を中心とした化石燃料の使用量増大や化学物質に起因する地球温暖化やオゾン層の破壊などから開発途上地域に見られる砂漠化や野生生物種の減少にいたるまで種々のものがある。汽水域開発の問題は図中央やや右寄りに位置付けたが、開発途上地域の人口増と係わりの深いものと考えられる。

熱帯・亜熱帯の汽水域に広く分布するマングローブ林は、近年急速に失われつつあるが、その根源には開発途上地域を中心に爆発的なとも言える人口の急増や経済活動の活性化があって、食料の増産や外貨獲得のために、汽水域の開発が進行してきた結果である。マングローブ汽水域の開発・利用の目的はエビや魚の養殖の場、農地や工場用地等への転用などである。マングローブ林は海岸防災や仔稚魚の函養をはじめとする様々な機能を果たしている。その無秩序な開発は単に汽水域の森林生態系の破壊をもたらすのみならず、さらには海洋汚染の進行、サンゴ礁など沿岸生態系の破壊につながっていく。これらは熱帯林や野生生物種の減少を伴うものであり、今日地球環境問題として取り上げられている問題である。

マングローブ汽水域の開発問題は農林水産業の分野のいずれにもかかわるものとして、極めて重要である。

熱帯・亜熱帯汽水域

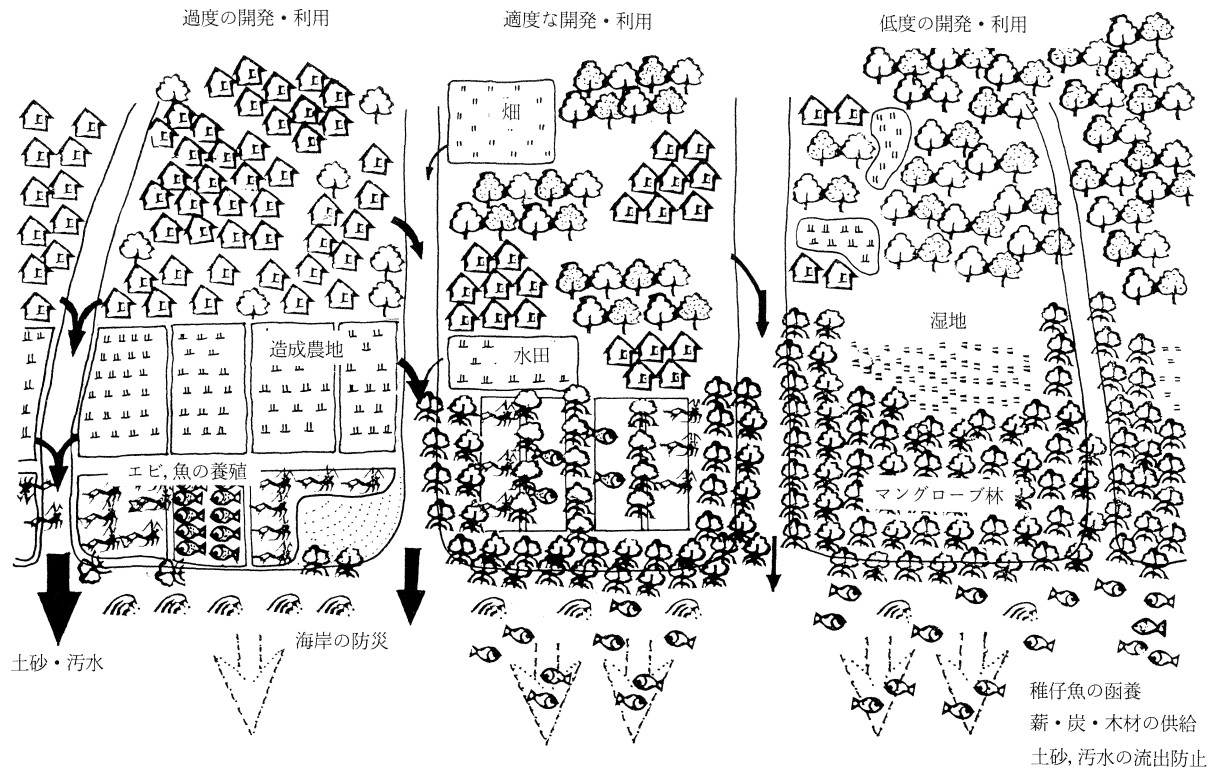


図2 熱帯・亜熱帯汽水域におけるマングローブ林とその開発、利用の模式図

マングローブ林は熱帯や亜熱帯地域の河口部の役割を中心に、広く分布している。世界のマングローブ林面積1,400万ヘクタールのおよそ5割が東南アジアに分布し、さらにその6割はインドネシアに分布している。インドネシアでは、ジャワ島を中心に魚の養殖池の開発が進んでいる。東南アジアの諸国では、フィリピンのようにすでにマングローブ林の大半を失ったところから、タイのようにその5割を失いつつある国、マレーシアのように十分な保護と管理がなされている国がある。マングローブ汽水域の開発・利用を進める場合には、海岸の防災や生態系保護の観点からマングローブ生態系の十分な理解に基づいた十分な配慮が必要がある。

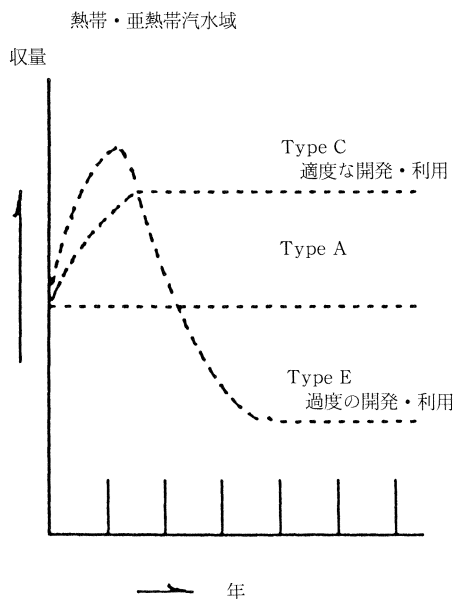


図3 マングローブ林の開発・利用と収量の関係

未利用あるいは利用度の低いマングローブ林(タイプA)と比較すると、過度の開発・利用を行った場合は一時的な利益をもたらす可能性はあるが長続きはしない(タイプE)。より高い収益を持続的に得ようとするなら、その開発は、開発が生態的に及ぼす様々な影響を考慮した適度なものである必要がある(タイプC)。

ここでは、マングローブ林が汽水域及び沿岸の水産資源の函養にいかなる役割を果たしているかということをも明らかにする必要があると考えている。そのため、マングローブ林のバイオマスと汽水域の海洋生物との食物連鎖機構を解明し、マングローブ汽水域がもつ環境収容力を解明することが必要であり、汽水域の開発・利用の実態を経済的に評価することが必要となろう。

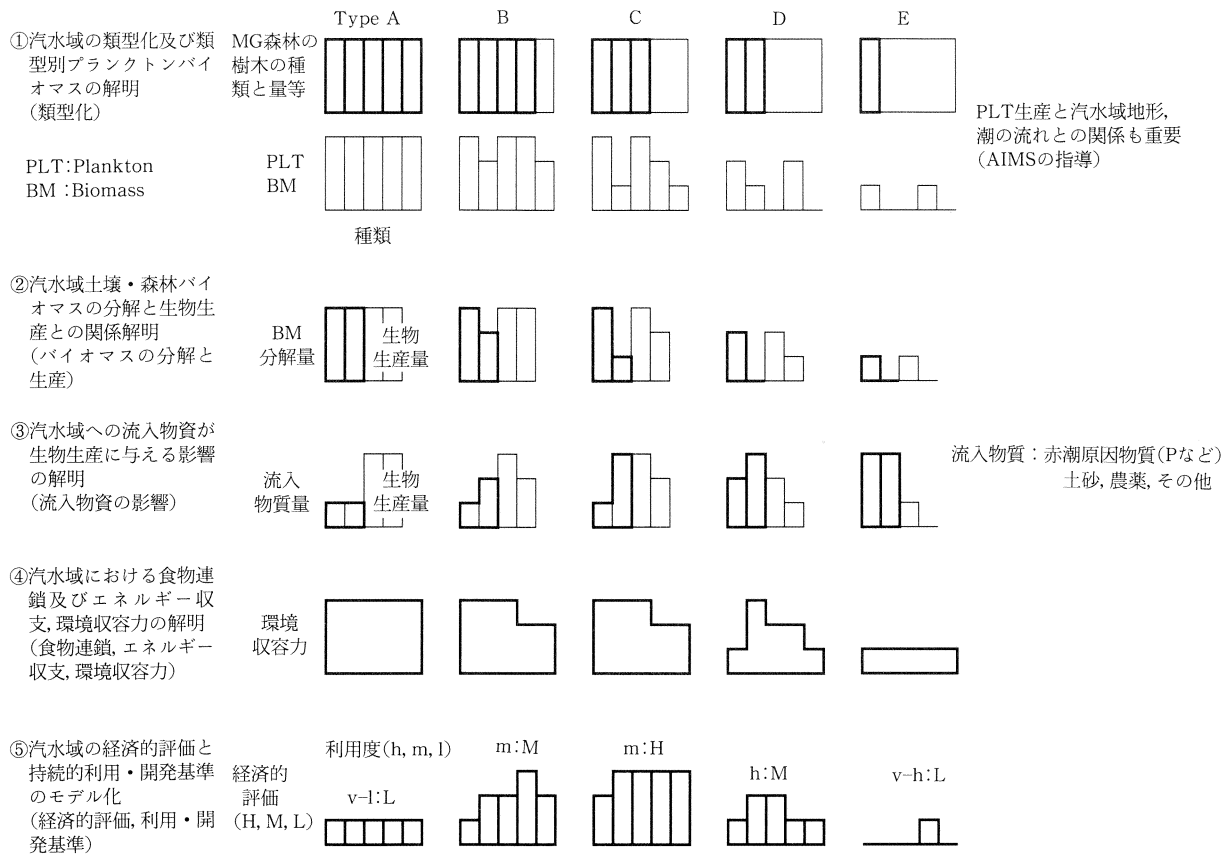


図4 マングローブ汽水域の開発の程度と課題との関係

プロジェクト課題解決に必要な中程度の課題とマングローブ汽水域の開発課程に応じて分類されるいくつかのタイプ (例えばタイプ A-E) との関係を図式にする以下のような。

まず、①マングローブ林の樹木の種類と開発に伴う量的差異などをもとに、利用度の低いところから開発が極度に進んだところまでをいくつかのタイプに分類する (類型化)。そして、そのプランクトンの種類や量などバイオマスの実態を明らかにする。ついで、②汽水域土壌・森林バイオマスの分解量とそこから生まれる新たな生物生産量との関係の解明を行う。ここでは、③汽水域への流入物質がマングローブ汽水域の生物生産に対する影響も考慮する必要がある。これらに基づいて④汽水域における食物連鎖及びエネルギー収支、環境収容力の解明がなされねばならない。さらに、汽水域の持続的利用のための基準化を図るためには、⑤汽水域のタイプに応じて経済的評価が行われる必要もある。

熱帯・亜熱帯汽水域における生物生産機能の解明と
持続的利用のための基準化

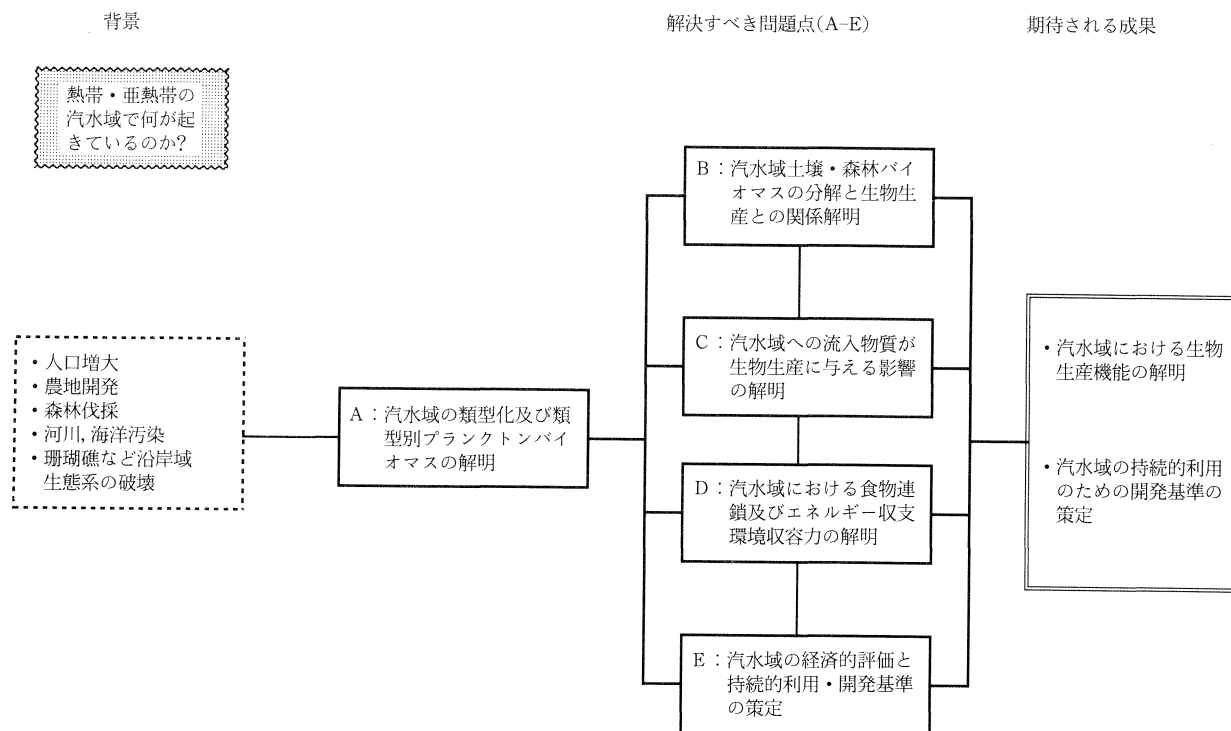


図5 プロジェクト課題のフローチャート

背景、解決すべき問題点、期待される成果などをフローとして表示した。

表1 トリバルタイトのための課題の分担案

「熱帯・亜熱帯汽水域における生物生産機能の解明と持続的利用のための基準化」

課 題	日 本	オーストラリア	マレーシア(仮)
1. 汽水域の類型化及び類型別プランクトンバイオマス			
1) 汽水域の類型化	○		
2) 類型別プランクトンバイオマス		◎	○
2. 汽水域土壌・森林バイオマスの分解と生物生産との関係			
1) 土壌及び森林バイオマスの分解能	○		
2) プランクトンの生物生産過程におけるバイオマスへの寄与の程度の解明		○	
3) 稚仔魚の生物生産過程におけるバイオマスへの寄与の程度の解明:	◎		○
3. 流入物質が汽水域の生物生産機能に及ぼす影響の解明			
1) 農業資材や生活排水の汽水域流入の影響	○		
2) サンゴ礁域への影響	○		
4. 汽水域における食物連鎖機構, エネルギー収支, 環境収容力の解明			
1) 汽水域の類型別食物連鎖機構の解明	○	○	○
2) エネルギー収支の解明	◎	○	
3) 環境収容力の推定	◎	○	○
5. 汽水域の利用開発にかかわる社会・経済的評価: 日本			
1) 汽水域利用の現状調査・分析・評価	○		
2) 理想的な利用・開発形態のモデル化	○		
6. 持続的利用のための汽水域開発基準の策定			
1) 熱帯・亜熱帯汽水域の生産性の評価	○		
2) 持続的利用のための汽水域開発基準の策定	◎	○	○

◎: 中心国 ○: 分担国

本プロジェクトは研究環境が優れているマレーシアで行うのが得策と思われる。また、この課題は、オーストラリアとの共同で推進することを考えている。予算が請求中のことだけでなく、マレーシアやオーストラリアの反応も現時点では必ずしも明確ではない。三国間の共同研究いわゆるトリバルタイトを行う予定であるが、そのたたき台として、表1を提案したい。

熱帯・亜熱帯汽水域における生物生産機能の解明と持続的利用のための基準化

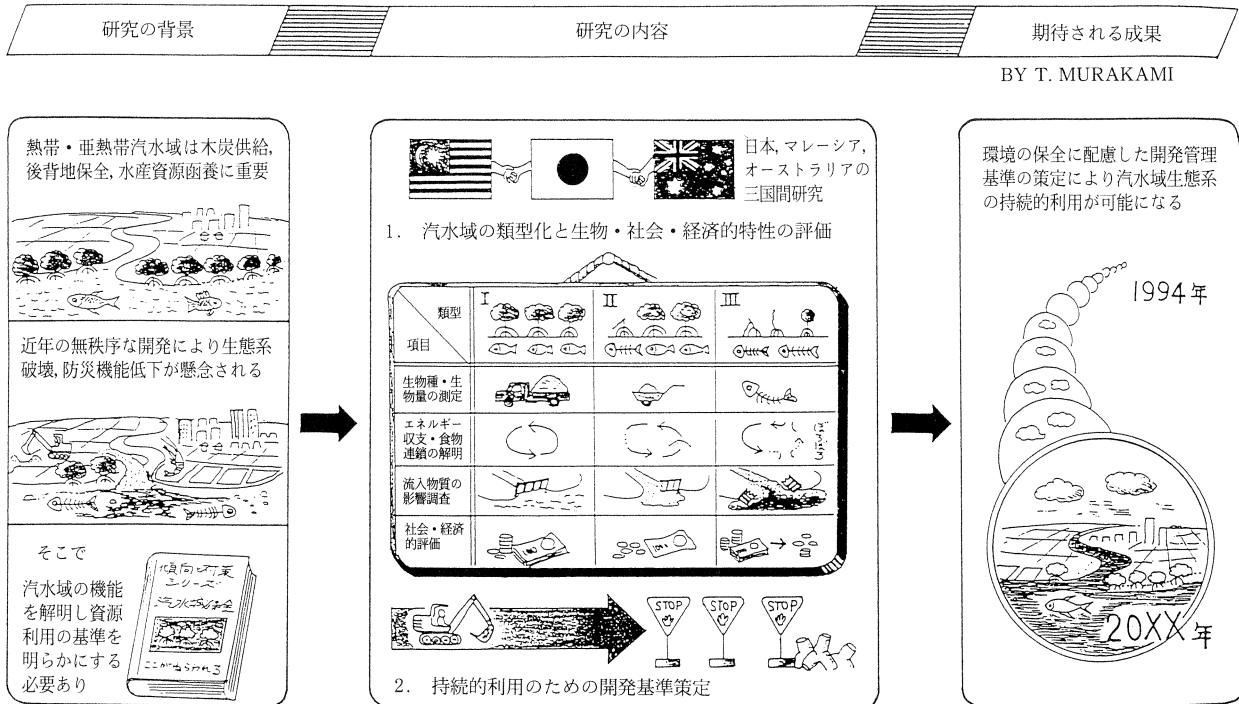


図6 絵でみるプロジェクト概要

この図は、本プロジェクトの概要を一目で理解できるように、研究企画科の村上敏文氏が作成してくれたもので、概要を見事に表現して下さい。厚く御礼申し上げます。

II. 汽水域の物質生産と循環

2. 海岸平野の形成過程とマングローブ立地の形成維持

藤 本 潔

森林総合研究所 森林環境部 立地評価研究室

Biological Productivity and Material Circulation in Brackish Water Regions

2. Developmental processes of coastal plains and formative mechanisms of mangrove habitats

Kiyoshi FUJIMOTO

Forest Environment Division, Forestry and Forest Products Research Institute

P. O. Box 16, Tsukuba Norin Kenkyu-Danchi, Ibaraki 305, Japan

1. はじめに

マングローブ林は熱帯・亜熱帯の潮間帯の成立する森林で、波浪や高潮から海岸域を守る海岸防備林として、また水産資源の涵養の場としてなど、他の森林とは異なる特有の機能を有する。しかし、近年の過度の伐採や養殖池への転用、あるいは集水域の開発に伴う土砂流入量の増大等の影響で、マングローブ林の立地環境は悪化の一途をたどっている。また、将来には温暖化に伴う海面上昇も予測されており、その上昇速度の如何では、マングローブ林そのものの喪失も懸念される。この様な現状の中でマングローブ林をはじめとした熱帯低湿地林の適切な管理・保全を行うためには、森林の形成維持メカニズムを把握した上で、森林が現在置かれている状態の評価とその将来予測を行うことが重要である。そのためには植生ばかりでなく、それを支える立地の形成維持メカニズムも踏まえた議論を行う必要がある。マングローブ林は海岸平野やサンゴ礁上の潮間帯に成立する森林であり、これらマングローブ林を支えている地形は現在の地形形成プロセスの下で常に変動しており、立地評価と将来予測を行うためには地形学的アプローチが一つの有効な手段となる。また、マングローブ林には地形配列と対応した植生配列が認められることから、この手法は森林自体

の形成維持機構解明のためにも有効と考えられる。

そこで本発表では、まず海岸平野の一般的な形成過程を概説した上で、マングローブ海岸における特有な形成維持機構について、ミクロネシアやフィリピン等の事例に基づいて解説する。

2. 完新世海水準変動と海岸平野の形成過程

一般に海岸平野（沖積平野）は、完新世前期の急激な海水準上昇で形成された内湾や溺れ谷を、完新世中期以降の海面安定期に河川等が運搬してきた土砂が徐々に埋積することによって形成されてきた（図1，図2）。しかしこの間にも振幅数 m 程度の海水準微変動があったことが認められており、これに伴う海岸線の移動や浜堤列等の微地形形成が行われた。マングローブが存在しない地域の海岸線の移動は、外部からの土砂流入に伴う埋積速度と海水準変動速度との相対関係で規定される。これに対しマングローブ海岸では、マングローブ林自体が生産するマングローブ泥炭の堆積が認められることから、その立地の形成維持機構には、外部からの土砂流入量のみならずマングローブ泥炭堆積速度も考慮に入れる必要がある。

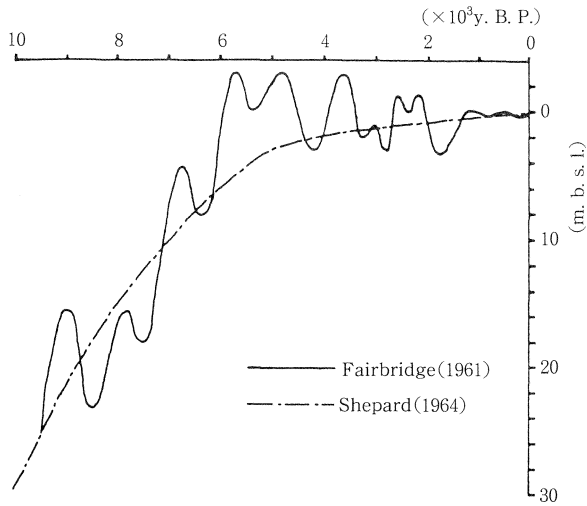


図1 完新世海水準変動の例

3. マングロープ林の立地型と形成維持機構

マングロープ立地は、それが位置する地形条件から、デルタ・エスチュアリ型、砂州・浜堤-ラグーン型、サンゴ礁・干潟型の3タイプに分類される。デルタ・エスチュアリ型は、河口部に位置し、多少とも河川による堆積・侵食作用の影響下にあるもの、砂州・浜堤-ラグーン型は、砂州や浜堤によって波浪や沿岸流などの海からの営力から保護された環境下にあるもの、サンゴ礁・干潟型は、顕著な河川の流入や砂州・浜堤等の地形的バリエーションが存在しない干潟上やサンゴ礁の礁原上に成立するものである。それぞれの立地型の形成維持機構と立地評価は以下のようにまとめられる。

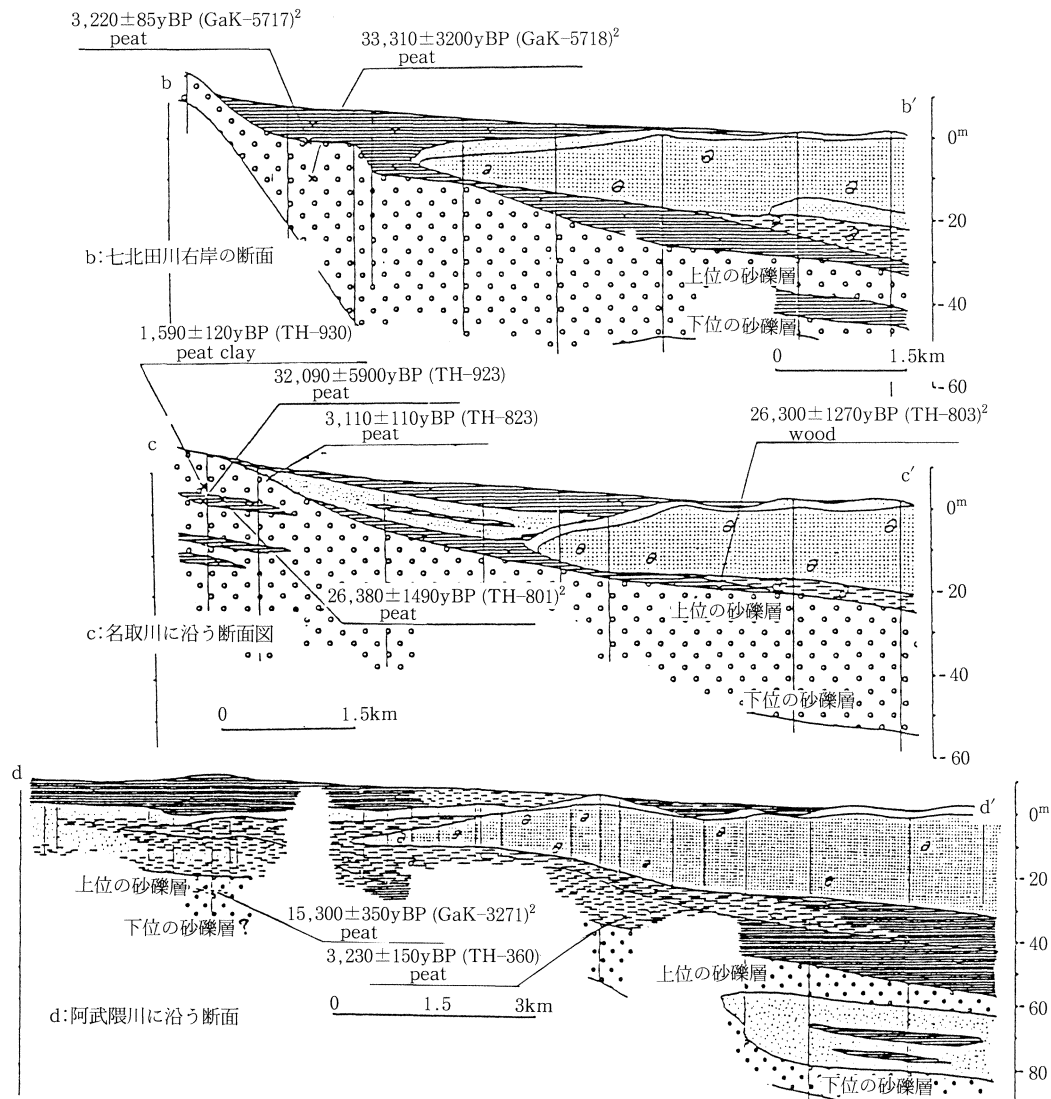


図2 海岸平野の堆積構造の例

デルタ・エスチュアリ型：この型のマングローブ立地の大枠は、後氷期海進後の海水準微変動期に、主として河川からの流入土砂による埋積によって形成されたもので、その地形プロセスは現在も進行中である。大河川のデルタでは相対的に流入土砂量が多く、ジャワ島で 125 m/yr で海岸線が前進した例や (Macnae, 1968), プラマプトラ川で分流河口が側方に 800 m/yr で移動した例も認められている (Coleman, 1969)。これに対し、太平洋地域の小島では流入土砂量は少なく、マングローブ林成立後の堆積物は、多少粘土分を含むものの、自然堤防域を除きほとんど泥炭質堆積物からなる (図3)。西表島のように新第三系の堆積岩からなる地域では、例外的に流入土砂量が多く、砂質堆積物からなる場合もある (図4)。また、この型の立地では、自然堤防と後背湿地など微地形分化も比較的明瞭で、これら微地形配列と対応した植生配列が見られる (図3)。

土砂流入量の多い地域では、ハビタットの形成は外部からの地形プロセスに支配されており、それが維持されている限りハビタットの維持は可能であり、かなりの程度の森林利用が可能と考えられる。ただし、伐採に伴う裸地の出現で表層堆積物が乾燥し、硫酸酸性化が進行する場合がある。また、海岸線に防護帯を設けないような皆伐は、バングラデシュで数年前に起

こった様に、サイクロン等に伴う破壊的な高潮被害や一時的な海岸侵食を引き起こす素因となる。土砂流入量の少ない地域でも、エスチュアリ内に存在する場合には、海岸侵食は起こりにくい。

砂州・浜堤-ラグーン型：この型の立地は、後氷期海進移行の海水準微変動に伴い砂州や浜堤が形成された後、その背後のラグーンが陸側からの土砂供給と海水準低下によってマングローブの成立可能な潮位環境となった時点で急速に拡大し、その後の海水準上昇と共にマングローブ泥炭を蓄積することによって現在に至っている (図5)。ハビタット内の微地形分化は一般に明瞭ではないが、一連の地形勾配に対応して植生の帯状構造が見られる場合もある。

この型の立地は、砂州や浜堤によって海からの営力から保護された環境下にあることから、波浪等によるハビタットの侵食が引き起こされることはほとんどない。しかし、この立地はマングローブ自身によって生産されたマングローブ泥炭で造られているものがほとんどであるため、過度の伐採は立地の維持力を低下させることとなる。この様な状況で海面上昇が進行した場合には、立地を維持できずに一気に森林喪失へと向かうこととなる。

サンゴ礁・干潟型：この型の立地のほとんどは、約 2000 年前に世界的規模で起こった 1～2 m 程度の海面低下で、サンゴ礁の礁原や浅海底がマングローブの成立可能な潮位環境となり、そこへマングローブが一気に拡大し、その後の海面上昇と共にマングローブ泥炭を蓄積することによって現在まで立地を形成・維持してきたものである (図6)。この型も微地形分化はほとんど認められないが、一般に海側から内陸側へ向かう地形勾配に対応した植生配列が認められる。

この型は、外部からの土砂流入もほとんどなく、波浪に対する地形的障壁も存在しない上、マングローブ自体が生産するマングローブ泥炭で形成・維持されて

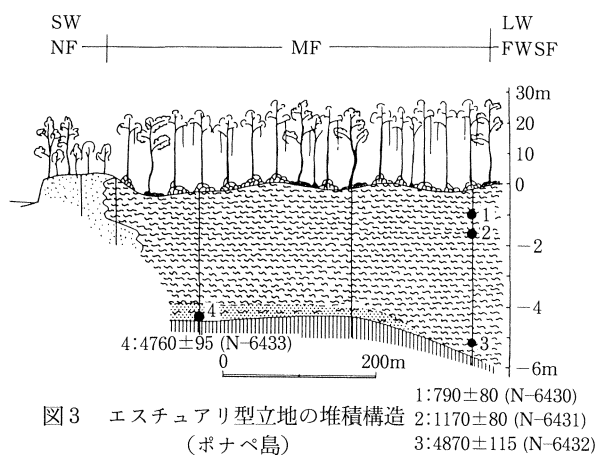


図3 エスチュアリ型立地の堆積構造 (ポナペ島)

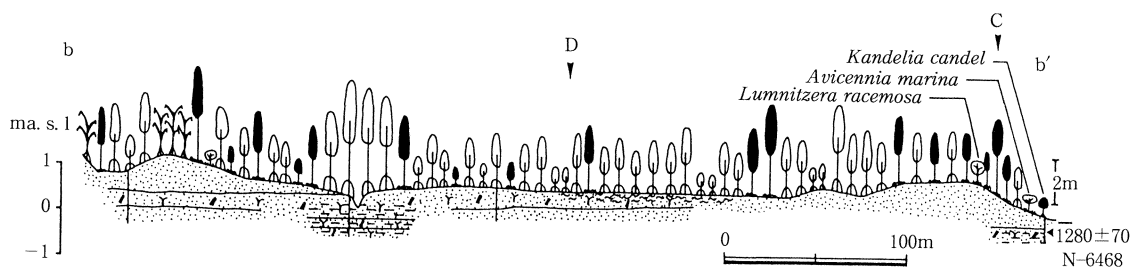


図4 デルタ型立地の堆積構造 (西表島)

いるため、過度の伐採は直ちに立地そのものの不可逆的な喪失を引き起こす素因となる。

4. 今後の研究展開

以上の様に、マングローブ立地の形成・維持機構を地形プロセスと共に把握することによって、将来にわたる立地の維持という視点に基づいた森林利用・管理の評価と今後の管理指針作成に資する基礎資料を提供することが可能となる。

将来に予想される海面上昇に対する影響予測を行うことも当面の重要課題である。これまでの調査で、少なくとも 2 mm/yr 程度の上昇速度に対しては、マングローブ泥炭を蓄積することによって立地の維持が可

能であることが明らかになった。今後はマングローブ泥炭堆積可能速度の最大値を実証的に見積もることが必要である。また、マングローブの植生構造は地形環境との対応が明瞭で、しかも地形変化は樹木一世代のタイムスケールより短期間に起こる場合が多いため、森林そのものの形成・維持機構を明らかにするためにも、地形形成プロセスを考慮した研究が望まれる。さらに、マングローブ林のみならず、その背後に分布する淡水湿地林や泥炭湿地林も含めた総合的な立地の形成・維持機構の解明や立地変化の将来予測を行うことも必要である。

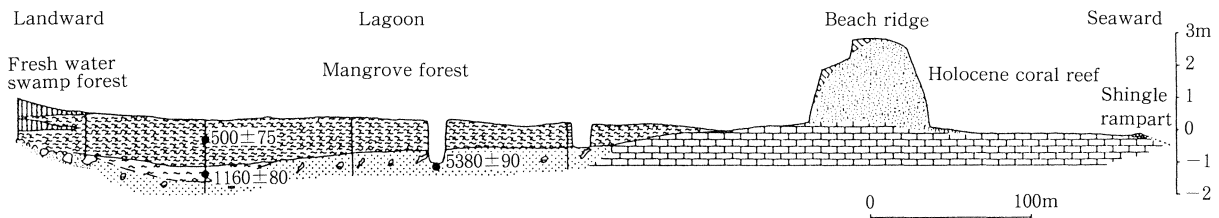


図5 砂州-ラグーン型立地の堆積構造（ミクロネシア，コスラエ島）

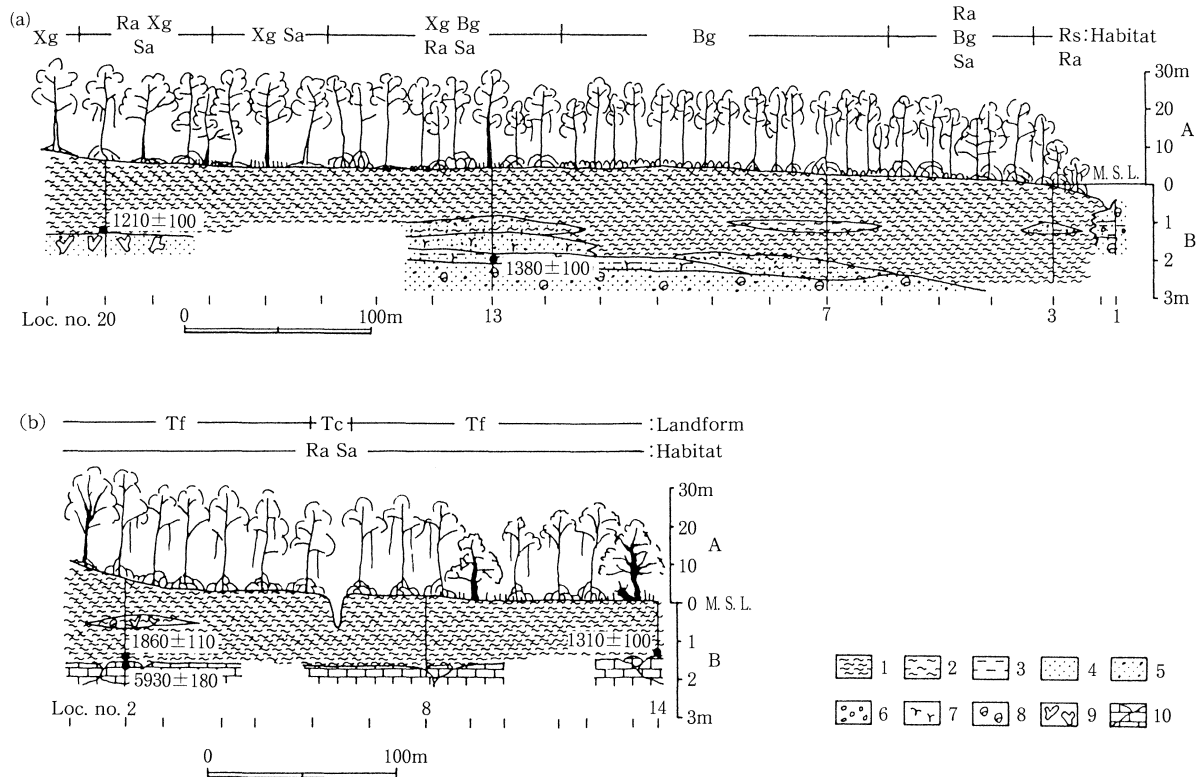


図6 珊瑚礁・干潟型の堆積構造（ボナベ島）

1: マングローブ泥炭, 2: 泥炭質粘土, 3: シルト, 4: 細～中砂, 5: 粗砂, 6: 礫, 7: 腐植, 8: 貝殻片, 9: サンゴ片, 10: サンゴ礁

II . 汽水域の物質生産と循環

3. 低湿地土壌のガス代謝

陽 捷 行¹

農業環境技術研究所

Biological Productivity and Material Circulation in Brackish Water Regions

3. Production, oxidation, leaching and emission of radiative trace gases in wet lowland soils

Katsuyuki MINAMI¹

National Institute of Agro-Environmental Sciences

土壌中の空気組成は、われわれが呼吸している大気組成とは大いに異なる。それは土壌中に存在する物質が、植物根の呼吸作用、無数に生息する微生物の働きかけ、さらにはさまざまな物理・化学・生化学的な作用を受けて変化し、その過程で多くのガス成分がたえず生成あるいは消失をくりかえしているためである。

そこでは、主に酸素 (O_2) が消費され二酸化炭素 (CO_2) が生成されている。したがって、土壌中の CO_2 の濃度は大気の約 360 ppm にくらべると、数十倍から数百倍も高い。一方、 O_2 の濃度はそれに見合うだけ低くなっている。 CO_2 の生成量に比べれば少ないが、ほかにも窒素 (N_2)、窒素化合物、硫黄化合物、炭化水素などのガスの生成・消費もたえず進行している。このように、土壌空気は大気成分とは異なる独自の成分からなっている。

このような現象のなかで、土壌空気のある成分の濃度が高まれば、これらは土壌の層から大気の層へと一部放出される。逆に土壌空気のある成分の濃度が低下し、大気中での濃度が高まれば、同様な現象によって

土壌はこれらのガスを吸収する。また、大気に存在する活性の高いガスは土壌粒子に直接吸着される現象も認められる。

このように、土壌と大気の二つの層は絶えず互いに深く影響を及ぼしあっている。この土壌と大気間のガス交換は、土壌生態系のガス代謝や物理・化学的な作用の結果として現われる。この土壌と大気間のガス交換には二つのメカニズムが関わる。その一つは、土壌空気と大気間に全体としての圧力勾配があるために、土壌空気が成分の変化をともしうことなしに、全体が移動する対流型移動 (convection) である。もう一つの重要なメカニズムは、各成分ガスについて濃度勾配が存在するときに、ガスの分子運動の結果として高濃度側から低濃度側へ濃度勾配に比例したフラックスが生じる拡散 (diffusion) という現象である。

“土は生きている”とよくいわれる。これは、この土壌と大気間のガス交換も意味するであろう。

表 1 および 2 に、われわれが呼吸している大気成分と、土壌空気の平均的な成分の濃度を示した。これによって、土壌空気と大気の組成の相違がさらに明らかにされるであろう。これらのことから、土壌圏で行なわれているガス代謝の結果は、大気圏の大気組成の変動にも影響を及ぼすことが理解される。なかでも、土壌圏で生成し大気に放出される CH_4 および N_2O な

¹現住所 国際農林水産業研究センター環境資源部

: Environmental Resources Division, Japan International Research Center for Agricultural Sciences

表1 清浄な大気の成分

成分	温度 (ppmv)	成分	濃度 (ppmv)
N ₂	780,900	H ₂	0.5
O ₂	209,400	N ₂ O	0.3
Ar	9,300	CO	0.1
CO ₂	345	Xe	0.08
Ne	18	O ₃	0.02
He	5.2	NH ₃	0.01
CH ₄	1.7	NO ₂	0.001
Kr	1.0	SO ₂	0.0002

表2 土壌空気成分

成分	濃度 (vol%)
N ₂	75-90
O ₂	2-21
CO ₂	0.1-10
CH ₄	tr-5
Ar	0.93-1.1
N ₂ O	tr-0.1

その他、各種炭化水素、NH₃、N₂O、NO、H₂、H₂S、CS₂、COS、CH₃SH、DMS、DMSO、揮発性アミン、揮発性有機酸など多数

どの微量ガスは、地球規模での温室効果やオゾン層破壊ともかわりが深いので、近年これらのガスの土壌生態系での生成メカニズム、土壌中での挙動およびフラックスに多くの研究者の目が注がれている。

そこで、それぞれのガスについて、その生成メカニズムを簡単に説明しよう。

1) 二酸化炭素

高等植物の根や土壌中の細菌・菌類・地中動物の呼吸で CO₂ が生成される。この現象を土壌呼吸と呼ぶ。土壌中に多量の有機物があり、施肥などにより栄養塩類が投入され、適度な土壌環境が成立すると、菌類や好気性細菌が活発になり、CO₂ の生成量は増大する。

土壌呼吸速度 (CO₂/m²/hr) は熱帯多雨林、暖帯照

葉樹林および温帯落葉樹林で、それぞれ 0.4-1.0, 0.2-0.6 および 0.15-0.4 の範囲にあるといわれている。

2) メタン

CH₄ は沼地、水田、低湿地、反すう動物・シロアリの消化器官などの嫌気条件下における微生物の活動によって生成される。水田土壌で生成される CH₄ には次の経路が明らかにされている。その一つは、CO₂ + 4 H₂A → CH₄ + 2 H₂O + 4 A で示される炭酸還元反応であって、CO₂ に対する水素供与体として、水素、ギ酸、C₃ 以上の飽和脂肪酸、C₂ 以上のアルコールが利用される経路である。他の一つは、C*H₃COOH → C*H₄ + CO₂ で示される。これは、メチル基がその結合水素の損失なしにそのまま CH₄ に転移するメチル基転移反応で、その基質として酢酸、メタノールが利用される経路である。メタノールや酢酸を利用する菌としては *Methanosarcina barkerii*、水素やギ酸を利用する菌としては *Methanococcus vannielii* が知られている。

3) 亜酸化窒素

土壌から大気に放出される N₂O は土壌中の微生物活動によって生成される。生成メカニズムの一つに脱窒作用がある。脱窒とは、土壌中の微生物により嫌気条件下で硝酸態窒素または亜硝酸態窒素が、ガス状の窒素 (N₂) か窒素酸化物 (NO または N₂O) に還元される反応で、すでに 19 世紀に明らかにされた事実である。

脱窒のほかに N₂O の重要な生成メカニズムに硝化作用がある。これは、好気条件下で土壌中の NH₄⁺ が硝酸態窒素に酸化される過程で N₂O が生成する現象で、近年明らかにされた事実である。この過程では主として *Nitrosomonas* 属の細菌が関与している。他に

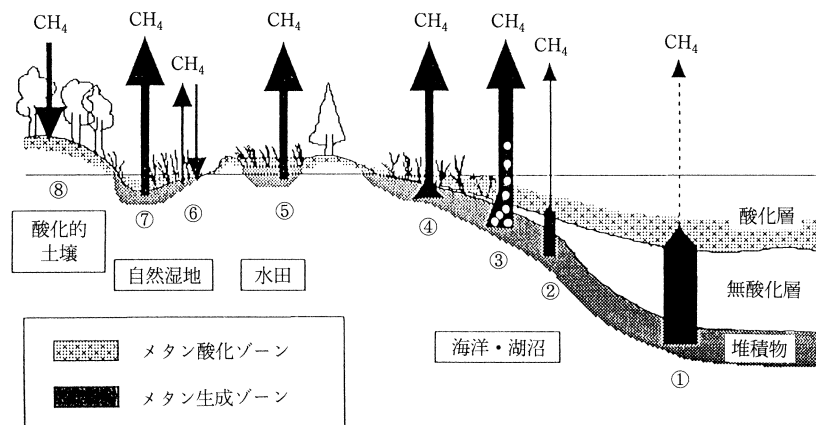


図1 低湿地帯土壌のガス代謝模式図

も非生物的過程で生成される場合もある。これは酸性土壌で NO_2^- または NH_2OH が集積したときにおこる反応で、化学的脱窒とよばれる。これは無菌状態でもおこるのが特徴であるが、一般的には量的にごく少ない。

4) 含硫ガス

土壌では6種類の含硫ガスが生成され、大気に放出されている。これらのガスの土壌中での主要な起源が明らかにされている。 H_2S の起源は主として硫酸塩、シスチンおよびシステイン、 COS はシスチン、システインおよびチオシアン酸塩、 CH_3SH 、 CH_3SCH_3 および CH_3SSCH_3 はメチオニン、 CS_2 はチオ硫酸塩、シスチンおよびシステインである。これらのガスが、どの程度大気に放出されているかは、今後の研究の成果を待ちたい。

5) その他のガス

その他、微生物による土壌中の有機物の分解によって、 H_2 、 CO 、 C_2H_4 、 C_2H_6 、 NO 、 NO_2 、 NH_3 、ethylene, ethane, propylene, propane, propadiene および butadiene など炭化水素化合物 ($\text{C}_1\sim\text{C}_6$) が生成している。

以上のことを前提にして、ここでは低湿地土壌でのガス代謝について考えてみる。とくに、環境保全的な観点から注目されているメタン、亜酸化窒素および含硫ガスについて触れる。なお、わが国では、古くから水田土壌について卓越した研究成果が得られている。この成果の汽水域への活用は、さまざまな意味でこの分野に有効と考えられる。

また、今後の研究を進めていくうえで重要になる点についても考える。その内容は、つぎの通りである。
①発生-吸収 (Source-Sink), ②乾-湿 (Wet-Dry Conditions), ③酸化-還元 (Oxidation-Reduction),

④淡水-汽水-塩水 (Fresh-Brackish-Salt), ⑤植物-地域-地形連鎖 (Plant-Plot-Toposequence), ⑥窒素・炭素・イオウ・リンなどのガスの相互作用 (Mutual Reaction of C-N-S-P Gases), ⑦生成-酸化-溶脱-発生 (Production-Oxidation-Leaching-Emission), ⑧森林-草地-畑-水田-湖沼-海洋: 地形連鎖 (Forest-Grassland-Upland-Paddy-Lake-Sea: Toposequence)

「ガイアの科学: 地球生命圏」の著者 J. E. Lovelock は、その著書で次のように語っている。海に関して、その科学、物理、生物学をはじめ、それらのあいだで起こる相互作用のメカニズムも含めた情報を集めることは、人類のなすべきもっとも重要な仕事のひとつである。海を知れば知るほど、海洋資源の利用をどこまで進めていいのかもわかるだろうし、惑星上の最優秀種として、現在手にしている力を乱用し、海というもっとも肥沃な領域から無謀な略奪や搾取をつづければどんな結果を招くかも理解できるであろう。陸地は地球表面の三分の一にも満たない。生命圏が、農業と牧畜のもたらした根本的变化に抗し、おそらく今後、われわれの人口が増加して農業がさらに集約化していくなかで、バランスを失わずにすむのはこのおかげだろう。けれども、海洋開発、とくに耕作に適した大陸棚に農業を拡張するにあたって、いままでどおりの勝手が通用するとは思ってはならない。実際、生命圏の最重要地帯である大陸棚をかき乱したらどうなるか、誰ひとり知らないのである。それゆえに私は、われわれの探検航海にさいしては、つねに視界にガイアをおさめ、海が〈彼女〉の大事な部分であることを忘れないことこそ、もっとも賢明でむくわれることの多い道だと信じて疑わない。

II. 汽水域の物質生産と循環

4. 動物プランクトンの生産力測定

池 田 勉

水産庁西海区水産研究所

Biological Productivity and Material Circulation in Brackish Water Regions

4. Zooplankton productivity measurement

Tsutomu IKEDA

Fisheries Oceanography Division, Seikai National Fisheries

Research Institute, Nagasaki 850, Japan

海洋に出現する動物プランクトン群集の特性として、分類学的多様性とそれを反映したサイズ・スペクトラムの大きな広がりが見られる。海洋動物プランクトン生態学の究極目標の一つは群集を構成する個々の種の生産力を把握し、種間の捕食-被食関係(栄養段階)を明確にすることによって、生態系内での動物プランクトンの機能的役割を定量的に解明することであろう。しかし、実際に同じ個体群を経時的に追跡し、その成長・死亡速度から生産速度を計算するのは、単一種でさえ多大の労力と時間を必要とし、場合によっては野外採集資料の解析だけでは不十分で飼育実験が不可欠となる。今まで試みられた動物プランクトン生

産力推定は主として野外採集が比較的容易な沿岸種に限られ、外洋種については殆ど報告が無い。

この様な理由を背景に、個々の種の個体群の生産力推定の研究と平行して、混合個体群の生産力を求める試みがなされてきた。ここでは、先ず混合個体群の生産力推定方法として、核酸(RNA)一成長速度に基づく方法、動物のサイズ-酸素消費速度に基づく方法、動物のサイズ-濾水速度に基づく方法について紹介しその利点・欠点について述べる。ついでオーソドックスなコホート追跡による単一種の生産力推定の事例を紹介する。

II. 汽水域の物質生産と循環

5. 汽水域での魚介類食物連鎖機構のレビュー

早瀬 茂雄

国際農林水産業研究センター 水産部

Biological Productivity and Material Circulation in Brackish Water Regions

5. The food chain in subtropical/tropical brackish waters: A review

Shigeo HAYASE

Fisheries Division, Japan International Research Center
for Agricultural Sciences, Tsukuba, Ibaraki 350, Japan

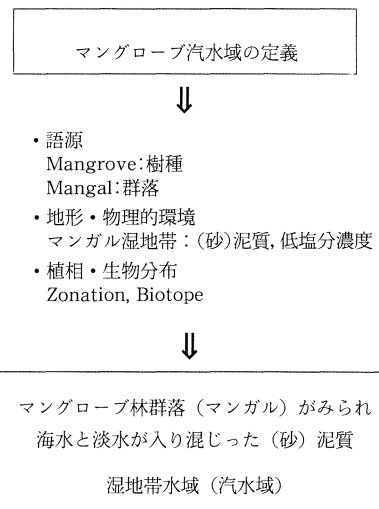
1. はじめに

沖縄、オーストラリア北東部（クインズランド周辺）及び半島マレーシアのマングローブ林の植相には共通項がみられる。すなわち、海面境界帯から内陸帯に向かって、*Avicennia*（ヒルギダマシ）群落→*Sonneratia*（マヤブシキ）群落→*Rhizophora*（ヒルギ）群落→*Bruguiera*（オヒルギ）群落が帯状に分布する。したがって熱帯・亜熱帯のマングローブ汽水域を類型化するに当たっては、①マングローブ林植相の分類学的側面よりも上記代表的数種（4～5種）に的を絞った樹齢別の類型化および、②マングローブ林の開発（伐採）に伴う劣化の度合いに重点を置いた類型化が必要とされる（図1）。

2. マングローブ汽水域の生物群集とその生活様式

マングローブ汽水域における動物の生活空間に関しては、若干類型化がなされており（Berry, 1963; MacNae, 1968; 西平ら, 1976; Shokita et al., 1983）、①マンガルバイオトープ、②外干潟バイオトープ、③水路バイオトープに大別される（図2）。マンガルバイオトープに生息する動物は、潮汐の影響を受ける潮間

帯生物群集の仲間（キバウミニナ類、トビハゼ類、アナジャコ類、ベンケイガニ類等）が主体となるが、林



〈各マングローブ汽水域の植相比較〉

*マングローブ林植相では沖縄・オーストラリア・東南アジアはほぼ共通している

汽水面→*Avicennia* (ヒルギダマシ) 群落→*Sonneratia* (マヤブシキ) 群落→*Rhizophora* (ヒルギ) 群落→*Bruguiera* (オヒルギ) 群落に至る

*類型化は伐採(開発)の度合いを中心とする?

図1 マングローブ汽水域の特性

マングローブ汽水域の生物群集

- 生活空間(Biotope)と生物群集
- Mangal Biotope: 表面, 内層, 小水路, タイドプール, 樹木etc.
- Outer-Mangal Tideal Flat Biotope: 表面, 内層
- Channel, Embayment and Sea Margine Biotope: クリーク, 河口
- 特に魚類・エビ類の分布と量(沖縄, オーストラリア, マレーシア)
- 漁業との対応: 選択性のない調査漁獲手法の開発

マングローブ汽水域での生息タイプ

- 水域生息魚類(定住型: Resident)
 - 長期型(Long-term)
 - 短期型(Short-term, Semi-resident)
- 水域周辺性魚類(回遊型: Migratory)

* 沖縄・オーストラリア・マレーシアの研究例



- マレーシアでは定住型は少なそう?
- 水域内外での漁業との対応を考慮して周辺魚に重点を絞る
- クルマエビ類の発育段階別質・量変化分析がポイント?

図2 マングローブ汽水域の生物群集と問題点

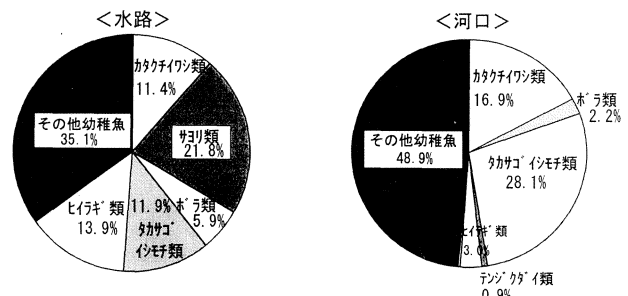
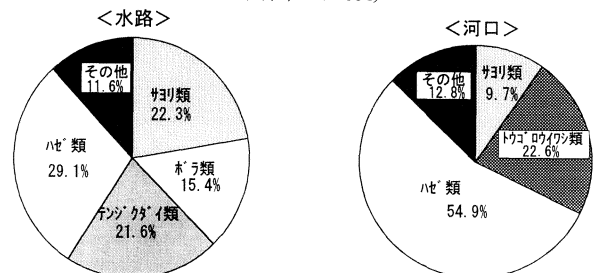
半島マレーシア西海岸
(Data from Chong *et al.* 1990)沖縄, 西表島ウグラ川
(資料: 澤本ほか1994)

図3 マングローブ汽水域の魚類相(漁獲尾数比率)

内にはところどころにタイドプールや小水路が形成され, 干出に耐えられないエビ類(テナガエビ類, クルマエビ類等)や魚類(ハゼ類, ボラ類)が一時的に集積する。外干潟はパイオニアマングローブ(ヒルギダマン, マヤブシキ等)が海側に生育場所を広げる前進地であり, 泥底質や砂泥底質環境での生活に適した巻貝(ヘナタリガイ等), 二枚貝(ウメノハナガイ等), 多毛類(ゴカイ類)やカニ類(シオマネキ類, コメツキガニ類等)が生息する。水路バイオトープは主に河口部で海水と淡水の混合する汽水域であり, ここには数十種の魚類やエビ類の幼稚仔が生息し, カタクチイワシ類, タカサゴイシモチ類, サヨリ類, ボラ類, テナガエビ類, サクラエビ類, クルマエビ類などが代表的魚介類として知られている(図3, 4)。マレーシアにおける生息域別魚介類密度を一例とすると, マングローブの水路・河口域には全域の50%を越える高密度の魚類・エビ類の生息が報告されている(図5)。

マングローブ水域に出現する魚(介)類は, その生活の仕方や利用法から, 卵から成体までを過ごす真のマングローブ水域生息魚類と, 生活史の一時期だけを過ごすマングローブ水域関係魚類(周辺性魚類: 諸喜田ほか1988)とに区分される。魚介類の生息場としてのマングローブ汽水域の役割としては, ①マングロー

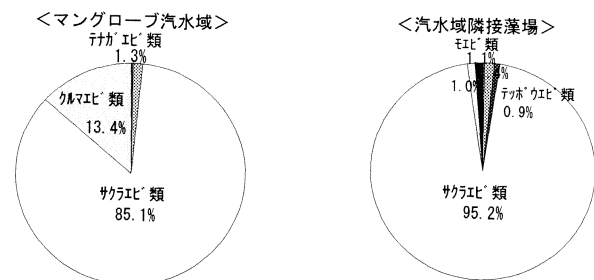
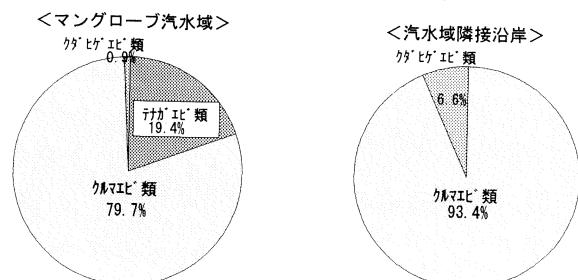
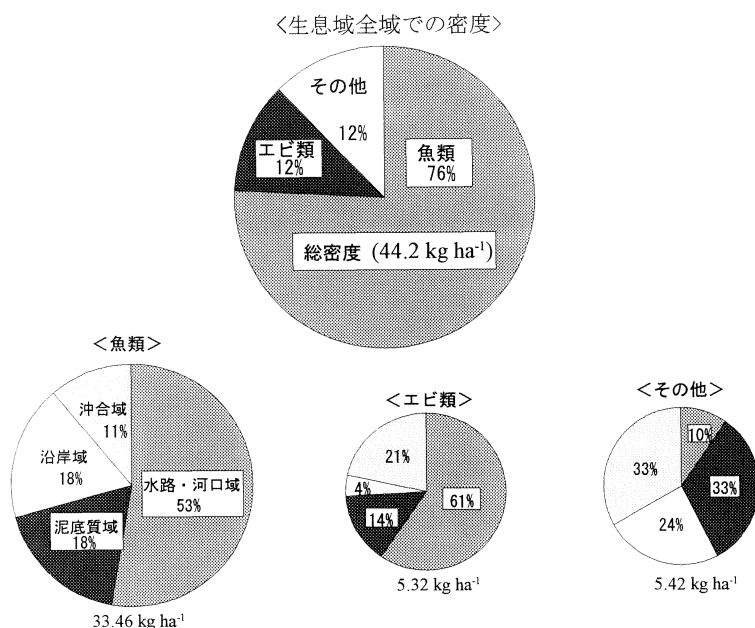
オーストラリア北西岸域(Queensland周辺域)
(Data from Robertson and Duke 1987)マレーシア半島西岸(Selangor州周辺域)
(Data from Chong *et al.* 1990)

図4 マングローブ汽水域及び隣接水域のエビ類



ブ林的“魚付林”としての役割（集魚効果、隠れ場）、②捕食者の侵入を限定する（防波堤となる）汽水的環境（塩分濃度、濁り等）効果のほか、マングローブ起源の餌料が豊富であるため③幼稚仔の“餌場”としての役割等が考えられている（Robertson and Blaber, 1992）。

3. 食物連鎖機構

マングローブ汽水域のエネルギーの流れは、海洋生態系に一般にみられる海藻類や植物プランクトンに由来するよりも、マングローブ林の落葉等（リター）に由来するデトリタスから始まるほうが重要であると言われている（Odum and Heald, 1975）。

マングローブ起源のエネルギーの流れには、①落葉等→キバウミニナ、イワガニ等による直接捕食→大型肉食魚介類（ノコギリガザミ類、ミナミクロダイ等）と、②落葉等→細菌類による分解（デトリタス：河川や海起源の有機物も含む）→堆積物・懸濁物（デトリタス）食者→大型肉食魚介類の2つの道筋があることが示されている（MacNae, 1966; Lear & Truner, 1977; 諸喜田ほか, 1988）（図6）。また、マングローブ及び河川や海起源のデトリタスから大型肉食魚介類に至るエネルギーの流れをモデル化した研究例も見られる（Tenore *et al.*, 1981）。しかし、①及び②が東南アジアのマングローブ汽水域生態系に普遍的な現象であ

るのかについては調べられていないし、エネルギーフローの量的把握に至ってはまだほとんど研究がなされていない。したがって今後は、類型別マングローブ汽水域の捕食-被食関係（生態的地位）を明確にすることによって、各マングローブ汽水域生態系内でのデトリタスの機能的役割を定量的に解明し、環境収容力の比

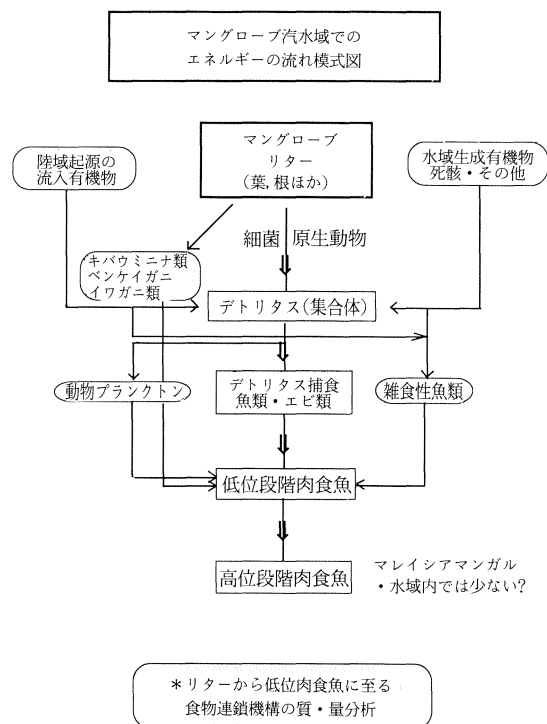


図6 マングローブ汽水域でのエネルギーフロー

較をすることが重要となる。

図7にマングローブ林を開発・伐採することが及ぼす生物・物理的影響を模式的に示した。過度の開発・伐採は土壌の侵食という物理的影響を引き起こすのみならず、侵食に伴う土壌物質や後背地から流出する

(富) 栄養物質が汽水域を通じて海洋域にまで流れこみ、汽水域生態系や海洋生態系の擾乱を引き起こす要因となることが十分考えられる。環境保全的観点からも食物連鎖機構を通じた環境収容力の比較研究の進展が望まれる。

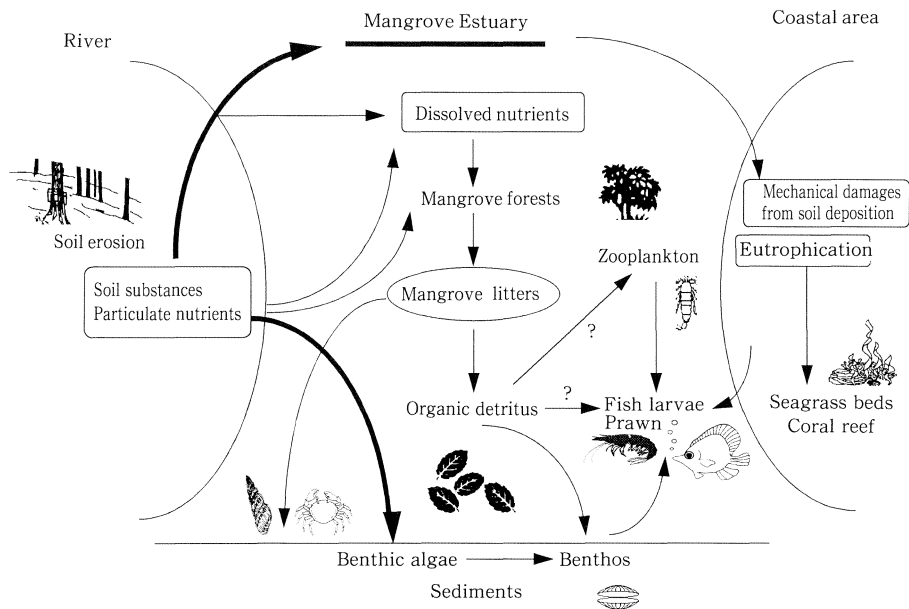


図7 マングローブ林伐採に伴う汽水域・海洋域生態系への影響模式図

II. 汽水域の物質生産と循環

6. 汽水域における生業形態と産業の立地

—インドネシアを事例として—

増 田 美 砂

筑波大学 農林学系

Biological Productivity and Material Circulation in Brackish Water Regions

6. Occupational conditions and locations of industry relating to brackish water areas in Indonesia: A case study

Misa MASUDA

Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba
Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

- | | | |
|---|----------------|---|
| <p>1. マングローブ林の2種類: 「線」と「面」</p> | <p>20世紀～</p> | <p>スマトラ東海岸の開発が始まる←→ボルネオ島 (1970年代以降開発が本格化)
集落の後背湿地から建築用材や造船用材が切り出され、マングローブ林からは薪炭材採取がなされる。</p> |
| <p>①海岸線を縁取るマングローブ林→開墾に対し脆弱
特に後背地の農業開発に影響される</p> <p>②型のマングローブ林に比べ層の幅が数10m程度のため、行政対象から外れ、体系的な保全対策がたてられない</p> | | <p>*スマトラのパンロン (板廊, panglong) 経営</p> |
| <p>②大河川の河口部に成立するマングローブ林→層状構造が発達
人間の居住環境としては適さない—開墾の影響を受けにくい</p> <p>最大の影響—森林伐採
薪炭原木
杭, 足場丸太
パルプ材</p> | <p>1960年代～</p> | <p>ボルネオ島西部の低湿地林開発
<i>Gonystylus bancanus</i>, <i>Dyera</i> spp., <i>Eusideroxylon</i> spp., <i>Koompassia</i> spp. など</p> |
| | <p>1970年代～</p> | <p>小規模な労働組織による湿地林開発から
コンセッション・システムへ</p> |
| | <p>1980年代～</p> | <p>コンセッションによるマングローブ林の伐採→チップ
エビ養殖池の拡大
トランス・マイグレーション政策による湿地林の開墾
森林資源の枯渇</p> |
| <p>2. スマトラおよびボルネオ低湿地の開発過程</p> <p>大河川—上流と下流の物資の流通を担う大動脈
→河口部に商業集落が形成
*シンガポール経済圏の影響</p> | <p>1980年代</p> | |

3. 開発資本に翻弄される地域住民

沿岸漁民：

汽水域に適応した伝統的漁法の発達

生産物：加工→販売

生鮮水揚集荷のネットワーク形成

→仲買人の所有する小型船舶による沿岸漁業

マングローブ製炭：

商人型—スマトラ（リオウ州）のパンロン経営

20世紀初め—製材/製炭/薪/タンニン生産に専門化

薪/タンニン生産パンロンは戦後消滅

→製材パンロンはコンセッションに替わる

製炭パンロンのみ存続

→輸出向けマングローブ製炭はアチェにも拡大

農民型—西カリマンタン

→NGOが支援に乗り出す

低湿地と山地の伐出技術の比較：

	低 湿 地	山 地
伐出技術		
キャンプ	小規模	大規模
林道建設	不要	ブルドーザー/コンパウンダー
伐採	斧/チェーン・ソー	チェーン・ソー
搬出	木馬	トラクター/スキッター
運材	木馬/トロッコ/機関車 →流送/ポンツーン	ロギング・トラック →流送/ポンツーン
特長	人力依存	重機依存
資 本	少ない先行投資 →コンセッション と旧来のシステムと が共存	先行投資が重要 コンセッション・シ ステムのみ可能
労 働		
組織	組組織	班組織
技能	季節労働者	熟練労働者
雇用形態	手配師の介在	会社に直接雇用

4. 資源をめぐる問題点

①型のマングローブ林の果たす環境保全機能—海岸線の浸食防止

エビ養殖の問題点：

企業型—大規模、資本集約的

養殖自体の保続的経営は可能

もとの植生が何かが問題

すでに荒廃した土地の用途としては、造林の義務づけ等と組み合わせれば問題ないのではないか

農民型—小規模

経営の保続性に問題（→「海の焼畑」）

技術的には改善が必要

②型のマングローブ林—水産資源の涵養

チップ材伐採の問題点：保続的経営の展望があるか

開発資本の展開：？→湿地林伐採→マングローブ林伐採→？

製炭経営の問題点：

パンロン経営：

植民地期～現在まで窯の数に大きい変化はない

←マングローブ林資源は近年急速に低質化

→製炭経営以外に、減少を来す要因があるのではないか

日本的な農民型保続的経営の可能性

ただし、現行林業関連法規はそのような活動をサポートする体制にない

マングローブ汽水域研究関連文献集に関して

以下に東南アジアやオーストラリアを中心とする熱帯・亜熱帯マングローブ汽水域の研究に関する文献収録を、年代順に整理し添付した。これはあくまで1994年10月1日現在国際農林水産業研究センター水産部で収録した部分で、しかも汽水域の生物生態や生産、物質循環の研究に限っている。また、当初本報告書は講演のレジメ集程度にとどめる予定であったので、各講演者に引用文献の記載をお願いしなかった。従って、本文中には引用文献を割愛したが、必要な部分に関しては、ここに収録した文献及び追加部分（未収集）の中から引き出し、活用していただきたい。

その後続々追加文献が集まりつつあり、隣接沿岸水域の生態系までも含めると莫大な文献数となろう。本文献の収集にあたっては、水産庁中央水産研究所の図

書館を始め、国内外の多くの関係者の方々のご厚意にあずかった。深く感謝したい。

この文献が広く皆様のお役に立てればと願っています。文献の閲覧等をご希望の方は以下にご連絡下さい。

（文責 早瀬茂雄）

〒305 茨城県つくば市大わし1-2
国際農林水産業研究センター 水産部

早瀬茂雄 又は 田中勝久

Tel: 0298-38-6357 Fax: 0298-38-6655

E-mail: xhayase @ jircas. affrc. go. jp
katuhi @ jircas. affrc. go. jp

マングローブ汽水域関連文献一覧表

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1961	Hesse P. R.	Some differences between the soils of <i>Rhizophora</i> and <i>Avicennia</i> mangrove swamps in Sierra Leone	Plant and Soil	14	335-346
1962	Golley F. B., H. T. Odum and R. F. Wilson	The structure and metabolism of a Puerto Rican red mangrove forest in May	Ecology	43	1-19
1963	Hesse P.R.	Phosphorus fixation in mangrove swamp muds	Nature	193	295-296
1965	Giglioli M.E.C. and I. Thornton	The mangrove swamps of Keneba, Lower Gambia River Basin. I. Descriptive note on the climate, the mangrove swamps and the physical composition of their soils	J. Appl. Ecol.	2	81-103
1973	Lindall W. N. Jr	Alternation of estuaries of south Florida: a threat to its fish resources	Mar. Fish Rev.	35(10)	26-33
1974	Lugo A.E. and S.C. Snedaker	The ecology of mangroves	Ann. Rev. Ecol. System	5	39-65
1975	Odum W. E. and E. J. Heald	The detritus-based food web of an estuarine mangrove community	Estuarine Research, Academic Press, N.Y.		265-286
	Percival M. and J. S. Womersley	Floristics and ecology of the mangrove vegetation of Papua New Guinea	Botany Bulletin	8	1-94

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1975					
	Albright L. J.	'In situ' degradation of mangrove tissues (note)	New Zealand J. Mar. Freshwater Res.	10	385-389
1976					
	Nielsen C.	Notes on <i>Littorina</i> and <i>Murex</i> from the mangrove at Ao Nam-Bor, Phuket, Thailand	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	11	1-4
	Gotto J. W. and B.F. Taylor	N ₂ -fixation associated with decaying leaves of the red mangrove (<i>Rhizophora mangle</i>)	Appl. Environ. Microbiol.	31	781-783
1977					
	Christensen B. and S. Wium-Andersen	Mangrove plants, sea grasses and benthic algae at Surin Islands, west coast of Thailand	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	14	1-5
	Turner R. E.	Intertidal vegetation and commercial yields of penaeid shrimp	Trans. Am. Fish. Soc.	106(5)	411-416
	Frith D. W.	A selected bibliography of mangrove literature	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	19	1-142
	Onuf C. P., J. M. Teal and I. Valiela	Interactions of nutrients, plant growth and herbivory in a mangrove ecosystem	Ecology	58	514-526
1978					
	Boonruang P.	The degradation rates of mangrove leaves of <i>Rhizophora apiculata</i> (Bl.) and <i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh. at Phuket Island, Thailand	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	26	1-7
	Limpsaichol P.	Reduction and oxidation properties of the mangrove sediment, Phuket Island, southern Thailand	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	23	1-13

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1978					
	Beumer, J. P.	Feeding ecology of four fishes from a mangrove creek in north Queensland Australia	J. Fish Biol.	12	475-490
	Zuberer D. A. and W. Z. S. Silver	Biological nitrogen fixation (acetylene reduction) associated with Florida mangrove	Appl. Environ. Microbiol.	35	567-575
	Cooksey J.S. and B. Cooksey	Growth-influencing substances in sediment extracts from a subtropical wetland: investigation using a diatom bioassay	J. Phycol.	14	347-352
1979					
	Cundell A. M., M.S. Brown, R. Stanford and R. Mitchell	Microbial degradation of <i>Rhizophora mangle</i> leaves immersed in the sea	Esty. Coast. Mar. Sci.	9	281-286
	Bunto J.S., K. G. Boto and G. Boto	A survey method for estimating potential levels of mangrove forest primary production	Mar. Biol.	52	123-128
	Potta M.	Nitrogen fixation (acetylene reduction) associated with communities of heterocystous and non-heterocystous blue-green algae in mangrove forests of Sinai	Oecologia (Berl.)	39	359-374
	Goulter P.F.E. and W.G. Allaway	Litter fall and decomposition in a mangrove stand <i>Avicennia marina</i> (Forsk.) Vierh., in Middle Harbour, Sydney	Aust. J. Mar. Freshwat. Res.	30	541-546
1980					
	Blaber S. J. M. and T. G. Blaber	Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish	J. Fish Biol.	17	143-162
	Blaber, S. J. M.	Fish of the Trinity Inlet System of North Queensland with notes on the ecology of fish faunas of tropical Indo-Pacific estuaries	Aust. J. Mar., Res.,	31	137-46

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1980					
	Quinn N. J.	Analysis of temporal changes in fish assemblages in Serpentine Creek, Queensland	Env. Biol. Fish.	5(2)	117-133
	Semeniuk V.	Mangrove zonation along an eroding coastline in King Sound, northwestern Australia	J. Ecology	68	789-812
1981					
	Boto K.G. and J.S. Bunt	Tidal export of particulate organic matter from a northern Australian mangrove system	Estu. Coast. Shelf Sci.	13	247-255
	Krishnamurthy, K. and M. J. Prince Jeyaseelan	The early life history of fishes from Pichavaram mangrove ecosystem of India	Reun. Cons. int. Explor. Mer.	178	416-423
	Boto K.G. and J.S. Bunt	Dissolved oxygen and pH relationships in northern Australian mangrove waterways	Limmol. oceanogr.	26	1176-1178
	Tenore K. R., L. Cammen, S.E.G. Findlay and N. Phillips	Perspectives of research on detritus: do factors controlling the availability of detritus to microconsumers depend of its source?	J. Mar. Res.	40(2)	473-490
1982					
	Ong J.E.	Mangrove and aquaculture	Ambio	11	252-257
	FAO	Management and utilization of mangrove in Asia and the Pacific	FAO Environment Paper	3	160 pp.
	田川日出夫	マングローブとマンガルの生態 I	海洋と生物 19	4(2)	82-91
	田川日出夫	マングローブとマンガルの生態 II	海洋と生物 20	4(3)	177-179

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1982					
	田川日出夫	マングローブとマンガルの生態 III	海洋と生物 22	4(5)	340-342
	Fry B., R.S. Scalan, J.K. Winters and P.L. Parker	Sulfur uptake by salt grasses, mangroves and seagrasses in anaerobic sediments	Geochim. Cosmochim. Acta.	46	1121- 1124
1983					
	Frith D. W. and S. Brunenmeister	Fiddler crab (Ocypodidae: Genus Uca) size, allometry and male major chela handedness and morphism on a Thailand mangrove shore	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	29	1-16
	Christencen Bo	Mangroves- what are they worth?	Management and utilization of mangroves in Asia and the Pacific, FAO/UNA SYLVA	35 (139)	2-15
	Boto K. G. and J. T. Wellington	Phosphorus and nitrogen status of a northern Australian mangrove forest	Mar. Ecol. Prog. Ser.	11	63-69
	田川日出夫	マングローブとマンガルの生態 IV	海洋と生物 24	5(1)	43-47
	田川日出夫	マングローブとマンガルの生態 V	海洋と生物 27	5(4)	247-251
1984					
	野沢治治・西島信昇・ 諸喜田茂充・三好英夫	マングローブ域の生物過程(丸茂隆 三編) 恒星社厚生閣 東京	海洋の生物過程		81-90
	Bell, J. D., D.A. Pollard, J.J. Burchmore, B.C. Pease and M.J. Middleton	Sturcture of a fish community in a temperate tidal mangrove creek in Botany Bay, New South Wales	Aust. J. Mar. Freshw. Res.	35	33-46

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1984					
	Boto K. and J. T. Willington	Soil characteristics and nutrients status in a northern Australian mangrove forest	Estuaries	7	61-69
	Rodelli M.R., J.N. Gearing, P. J. Gearing, N. Marshall and A. Sasekumar	Stable isotope ratio as a tracer of mangrove carbon in the Malaysian ecosystem	Oecologia	61	326-333
1985					
	Boonruang P. and V. Janekarn	Distribution and abundance of panaeid postlarvae in mangrove areas along the east coast of Phuket Island, southern Thailand	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	36	1-29
	Blaber S.M.J., J.W. Young and M. C. Dunning	Community structure and zoogeographic affinities of the coastal fishes of the Dampier region of North-western Australia	Aust. J. Mar. Freshw. Res.	36	247-266
	Inoue, H	Suspended particles and bottom sediments in the Khlong Ngao, Southern Thailand, as affected by the tin-mining operation	Proceedings of International Seminar on Environmental Factors in Agricultural Production		
	Kunstadter P.	1. Socio-economic and demographic aspects of mangrove settlements	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F. Bird and S. Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		1-10
	Aksornkoae S., S. Priebprom, A. Saraya and Jitt Kongsangchai	2. Mangrove resouces and the socio-economics of dwellers in mangrove forests in Thailand	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F. Bird and S. Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		11-43
	Sangdee P.	3. Health and sanitation among mangrove dwellers in Thailand	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F. Bird and S. Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		44-49
	Chan H.T.	4. Human habitation and traditional uses of the mangrove ecosystems in Peninsular Malaysia	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F. Bird and S. Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		50-61
	Mantra I. B.	5. Socio-economic problems of the Kampung Laut community in Central Java	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F. Bird and S. Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		62-67

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1985					
	Bird E. C.	6. Human interaction with Australian mangrove ecosystems	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F.Bird and S.Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		68-78
	Silva A. T. M.	7. Ecological and socio-economic aspects of environmental changes in two mangrove-fringed lagoon systems in Southern Sri Lanka	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F.Bird and S.Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		79-86
	Mainoya J. R., S. Mesaki and F.F.Banykwa	8. The distribution and socio-economics aspects of mangrove forests in Tanzania	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F.Bird and S.Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		87-95
	Miyawaki A.	9. Socio-economic aspects of mangrove vegetation in Japan	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F.Bird and S.Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		96-103
	Snedaker S. C.	10. Traditional uses of South American mangrove resources and the socio-economic effect of ecosystem changes	Man in the Mangrove (eds. P. Kunstadter, E.C.F.Bird and S.Sabhasri) The United Nations University NRTS-29/UNUP-607		104-112
	Torgersen T. and A. R. Chivas	Terrestrial organic carbon in marine sediments: a preliminary balance for a mangrove environment derived from ^{13}C	Chem. Geol. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam	52	379-390
1986					
	Alongi D. M.	The influence of mangrove-driven tannins on intertidal meiobenthos in tropical estuaries	Oecologia	71	537-540
	Wright J. M.	The ecology of fish occurring in shallow water creeks of a Nigerian mangrove swamp	J. Fish Biol.	29	431-441
	Tomlinson P. B.	1. Ecology	The Botany of Mangrove . Cambridge University Press (Cambridge)		3-24
	Janekarn V. and P. Boonruang	Composition and occurrence of fish larvae in mangrove areas along the east coast of Phuket Island, Western Peninsular, Thailand	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	44	1-22

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1986					
	久馬一剛・古川久雄	第1章 東南アジアの低湿地の景観的特徴	東南アジアの低湿地（農林水産省熱帯農業研究センター）		1-11
	古川久雄	第2章 東南アジア低湿地の地形発達史	東南アジアの低湿地（農林水産省熱帯農業研究センター）		12-40
	久馬一剛	第3章 東南アジアの低湿地の土壌	東南アジアの低湿地（農林水産省熱帯農業研究センター）		41-103
	山田 勇	第4章 東南アジアの低湿地の植生	東南アジアの低湿地（農林水産省熱帯農業研究センター）		104-196
	山田 勇	付録1 マングローブの分布各論 付録2 マングローブの構成種各論	東南アジアの低湿地（農林水産省熱帯農業研究センター）		234-301
1987					
	Robertson A. I. and N. C. Duke	Mangrove as nursery sites: comparisons of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitats in tropical Australia	Mar. Biol.	96	193-205
	Alongi D. M.	Intertidal zonation and seasonality of meiobenthos in tropical mangrove estuaries	Mar. Biol.	95	447-458
	高谷 晃・松田義弘・佐藤義夫	マングローブ水域の環境特性	沿岸海洋研究ノート	25(1)	52-60
	Stanley S. O., K. G. Boto, D. M. Alongi and F. T. Gillan	Composition and bacterial utilization of free amino acids in tropical mangrove sediments	Mar. Chem.	22	13-30

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1988					
	Yanez-Arancibia A., A.L. Lara-Dominguez, J.L. Rojas-Galaviz, P. Sanchez-Gil, J.W. Day Jr. and C.J. Madden	Seasonal biomass and diversity of estuarine fishes coupled with tropical habitat heterogeneity (southern Gulf of Mexico)	J. Fish Biol.	33	191-200
	Pinto L.	Population dynamics and community structure of fish in the mangroves of Pagbilao, Philippines	J. Fish Biol.	33	35-43
	Little M.C., P.J. Reay and S. J. Grove	The fish community of an East African mangrove creek	J. Fish Biol.	32	729-747
	Kristensen E., F.O. Andersen and L. H. Kofoed	Preliminary assessment of benthic community metabolism in a south-east Asian mangrove swamp	Mar. Ecol. Prog. Ser.	48	137-145
	Alongi D. M.	Microbial-meiofaunal interrelationships in some tropical intertidal sediments	J. Mar. Res.	46	349-365
	宮脇昭・奥田重俊・藤 原一絵・大野啓一・中 田栄二	西表島マングローブ林の植生生態 学的考察 (マングローブ生態系の 動態と保全に関する基礎研究)	「環境科学」研究報告集 (B-344-R12-04)		3-30
	倉石 (普)・湧島 智 ・桜井直樹	マングローブの生育条件	「環境科学」研究報告集 (B-344-R12-04)		31-39
	野沢治治・吉川信博・ 長田和人・S. Limsakul	西表島クイラ川の底棲マクロファ ウナ	環境科学」研究報告集 (B- 344-R12-04)		40-47
	西平守孝・土屋 誠・ 久保博之	仲間川マングローブ湿地における 巻貝類の分布とキバウミニナによ るマングローブ葉の分解	環境科学」研究報告集 (B- 344-R12-04)		48-60
	諸喜田茂充・天久尊哉 ・吉田裕之・盛島秀紀	沖縄のマングローブ域における魚 類相とその食性	環境科学」研究報告集 (B- 344-R12-04)		61-76

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1988					
	丸茂隆三・石丸 隆・河村知彦	沖縄マングローブ域のプランクトン・近底層群集とデトリタス	環境科学」研究報告集(B-344-R12-04)		77-94
	石丸 隆・丸茂隆三・河村知彦	西表島仲間川マングローブ域の水質と藻類基礎生産	環境科学」研究報告集(B-344-R12-04)		95-99
	三好英夫	マングローブ由来有機物の分解	環境科学」研究報告集(B-344-R12-04)		100-114
	Kimura K. and H. Wada	Tannins in mangrove roots and their roles in the root environment	環境科学」研究報告集(B-344-R12-04)		115-122
	久馬一剛・西村和雄・平井英明・舟川晋也	マングローブ林下の土壌／堆積物の特性	環境科学」研究報告集(B-344-R12-04)		123-147
	Robertson A. J., P. Dixon and P. A. Daniel	Zooplankton dynamics in mangrove and other nearshore habitats in tropical Australia	Mar. Ecol. Prog. Ser.	43	139-150
	Alongi D. M.	Bacterial productivity and microbial biomass in tropic mangrove sediments	Micro. Ecol.	15	59-79
1989					
	国際食糧農業協会	アジア・太平洋地域のマングローブ資源ーその管理と利用ー	国際農業技術情報(FAO Environment paper 3 Management and utilization of mangroves in Asia and the Pacific)	73	1-32
	Shokita S.	Macrofaunal community structure and food chain at the mangals	Rep.train.cour. life hist. of sel. species of flora and fauna in mang. ecos. (UNDP/UNESCO Reg. Pro. RAS/86/120)		1-46
	Zamora P.M.	Keynote address: Impact of fish-pondification on the mangrove ecosystem of the Philippines	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		21-37

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1989					
	Rahman A. A.	Country report :Malaysia	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		39-42
	Zamora P. M.	Country report:The Philippines:mangroves of the Philippines	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		43-65
	Sakardjo S.	Tumpang sari pond as a multiple use concept to save the mangrove forest in Java	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		115-128
	Sakardjo S.	Litter fall production and turnover in the mangrove forest in Muara Angke-Kapuk, Jakarta	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		129-143
	Othman S.	The structure of vegetation and rate of litter production in a mangrove forest at Siar Beach, Lundu, Sarawak, East Malaysia	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		145-155
	Marsono D.	Synecological consideration of rehabilitation of mangrove vegetation	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		171-180
	Hardjosuwarno S.	The impact of oil refinery on the mangrove vegetation	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		181-192
	Shamsudin L.	The suitability of aquaculture in a tropical mangrove ecosystem along the coast of Peninsular Malaysia	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		225-231
	Widiarti A. and R. Effendi	Socio-economic aspects of tambak forest in mangrove forest complex	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		275-279
	Ahmad T.	Potentialities of mangrove forest related to coastal aquaculture: a case study in Bone-bone, Luwu, South Sulawesi	Symposium on Mangrove Management:Its Ecol. and Econ. Cons. (BIOTROP Spec. Publ. No. 37)		287-299

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1989					
	中村武久・福岡誠行・ 中須賀常夫・近藤勝彦 ・T. Santisuk, S. Aksornkoae, S. Havanon	第1章 東南アジアのマングロー ブ植物とその生態 1. 種類とその分 布	東南アジアのマングローブーそ の生態と生理ー東京農業大 学総合研究所文部省科研費 海外学術調査報告		1-32
	中村武久・福岡誠行・ 中須賀常夫・近藤勝彦 ・T. Santisuk, S. Aksornkoae, S. Havanon	第1章 東南アジアのマングロー ブ植物とその生態 2. 林分構造と現 存量	東南アジアのマングローブーそ の生態と生理ー東京農業大 学総合研究所文部省科研費 海外学術調査報告		33-44
	中村武久・福岡誠行・ 中須賀常夫・近藤勝彦 ・T. Santisuk, S. Aksornkoae, S. Havanon	第1章 東南アジアのマングロー ブ植物とその生態 3. オヒルギの受 粉生態	東南アジアのマングローブーそ の生態と生理ー東京農業大 学総合研究所文部省科研費 海外学術調査報告		45-48
	井上裕雄・佐々木孝他	第2章 マングローブ林の環境 1. マングローブの地上環境	東南アジアのマングローブーそ の生態と生理ー東京農業大 学総合研究所文部省科研費 海外学術調査報告		49-58
	井上裕雄・佐々木孝他	第2章 マングローブ林の環境 2. マングローブの地下環境	東南アジアのマングローブーそ の生態と生理ー東京農業大 学総合研究所文部省科研費 海外学術調査報告		59-81
	井上裕雄・佐々木孝他	第2章 マングローブ林の環境 3. マングローブの水圏	東南アジアのマングローブーそ の生態と生理ー東京農業大 学総合研究所文部省科研費 海外学術調査報告		82-95
	倉石 晋・矢吹万寿・ 加藤 茂他	第3章 マングローブの生理とマ ングローブ林の成長	東南アジアのマングローブーそ の生態と生理ー東京農業大 学総合研究所文部省科研費 海外学術調査報告		96-168
	Alongi D. M.	The role of soft-bottom benthic communities in tropical mangrove and coral reef ecosystems	Aquatic Sciences	1	243-280
1990					
	佐藤義夫・前田義弘・ 岡部史郎	マングローブ水域の底層における 水質変化とその物理的、化学的機 構	沿岸海洋研究ノート	28(1)	51-62
	Gong W.K. and J. E. Ong	Plant biomass and nutrient flux in a managed mangrove forest in Malaysia	Estu. Coast. Shelf Sci.	31	519-530

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1990					
	Chong V. C., A. Sasekumar, M.U.C. Leh and R. D'Cruz	The fish and prawn communities of a Malaysian coastal mangrove system, with comparisons to adjacent mud flats and inshore waters	Estu. Coast. Shelf Sci.	31	703-722
	社団法人 海外林業 コンサルタンツ協会	マングローブ林保全造成基礎調査 事業調査報告書	マングローブ林保全造成基 礎調査事業調査報告書		110 pp.
	Robertson A. I. and N. C. Duke	Recruitment, growth and residence time of fishes in a tropical Australian mangrove system	Estu. Coast. Shelf Sci.	31	723-743
	Chansang H. and S. Poovachiranon	The fate of mangrove litter in a mangrove forest on Ko Yao Yai, Southern Thailand	Phuket Mar. Biol. Ctr. Res. Bull.	54	33-46
	Mazda Y., Y. Sato, S. Sakamoto, H. Yokochi and E. Wolanski	Links between physical, chemical and biological processes in Bashita-minato, a mangrove swamp in Japan.	Est. Coast. Shelf. Sci.	31	817-833
	Blaber S.J.M. and D.A. Milton	Species composition, community structure and zoogeography of fishes of mangrove estuaries in the Solomon Island	Mar. Biol.	105	259-267
	Morton R. M.	Community structure, density and standing crop of fishes in a subtropical Australian mangrove area	Mar. Biol.	105	385-394
1991					
	Ong J. E. and W.K. Gong	The fate of carbon in a tropical mangrove ecosystem	Seminar Kebangsaan- Environment and Conservation 16-19 Dec. 1991, Penang Malaysia		16 pp.
	Janekarn V. and T. Kiorboe	Temporal and spatial distribution of fish larvae and their environmental biology in Phang-Nga Bay, Thailand	Phunket mar. biol. Cent. Res. Bull.	56	23-40
	Poovachiranon S. and P. Tantichodok	The role of sesamid crabs in the mineralization of leaf litter of <i>Rhizophora apiculata</i> in a mangrove, southern Thailand	Phunket mar. biol. Cent. Res. Bull.	56	63-74

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1991					
	Eong O. J. and W. K. Gong	Mangroves	The state of nature conservation in Malaysia Chapter 4 (Edited by R. Kiew)-Malayan Nature Society		22-28
	Kosuge T. and S. Poovachiranon	Ecological notes on the Ocypodid crab <i>Dotilla wichmani</i> , De Man, 1892 in the Gulf of Thailand	Proceedings to the Third Technical Conference on Living Aquatic Resources, Chulalongkorn University, Bangkok		89-100
	Janeakarn V. and T. Kiorboe	The distribution of fish larvae along the Andaman coast of Thailand	Phuket mar. biol. Bull.	56	41-61
	Suvapepun S.	Long term ecological changes in the Gulf of Thailand	Mar. Poll. Bull.	23	213-217
	Fortes M. D.	Seagrass-mangrove ecosystems management: a key to marine coastal conservation in the ASEAN region	Mar. Poll. Bull.	23	113-116
	Brotoisworo E.	Problems of enclosed coastal seas development: The Bituni case, Irian Jaya, Indonesia	Mar. Poll. Bull.	23	431-435
	Ong J.E. and W.K. Gong	Monitoring baseline parameters in the mangrove ecosystem	Proceeding of the Regional Symposium on Living Resources in Coastal Areas, 30 Jan.-1 Feb. 1989, Manila, Philippines		469-472
	Cheeseman J. M., B. F. Clough, D.R. Carter, C.E. Lovelock, Ong J.-E. and R.G. Sim	The analysis of photosynthetic performance in leaves under field conditions: A case study using <i>Bruguiera</i> mangroves	Photosynthesis Research	29	11-22
	Naamin N.	The ecological and economic roles of Segara Anakan, Indonesia, as a nursery ground of shrimp	Proceed. ASEAN/US Tech. Workshop on Integ. Trop. Coas. Zone Mana., ICLARM Conf.Proceed.	22	119-130
	James N. Paw and Chua Thia-Eng	An assessment of the ecological and economic impact of mangrove conversion in Southeast Asia	Proceed. ASEAN/US Tech. Workshop on Integ. Trop. Coas. Zone Mana., ICLARM Conf.Proceed.	22	201-212

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1991					
	Soemodihardjo S., Suroyo and Suyarso	The mangroves of Segara Anakan: an assessment of their condition and prospects	Proceed. ASEAN/US Tech. Workshop on Integ. Trop. Coas. Zone Mana., ICLARM Conf.Proceed. 22		213-222
	Panvisavas S.,P. Agamanon, T. A. Thurasook and K. Khatikarn	Mangrove deforestation and uses in Ban Don Bay, Thailand	Proceed. ASEAN/US Tech. Workshop on Integ. Trop. Coas. Zone Mana., ICLARM Conf.Proceed. 22		223-230
	Chan H.T.	The need to develop a management scheme for mangrove forests in South Johore to ensure resource sustenance	Proceed. ASEAN/US Tech. Workshop on Integ. Trop. Coas. Zone Mana., ICLARM Conf.Proceed. 22		311-315
1992					
	Blaber S.J.M., D. T. Brewer, J.P. Salini, J.D. Kerr and C. Conacher	Species composition and biomasses of fishes in tropical seagrasses at Groote Eylandt, Northern Australia	Estu. Coast. Shelf Sci. 35		605-620
	肥後竹彦・高木由夫・ 谷本照己	マングローブ水域の水理環境特性 ー石垣島吹通川における観測ー	中工試報告	(39)	19-36
	Malaysian Coastal Resources Study Team, Min. Sci., Tech. and Envi., Malaysia	The coastal resources management plan for South Johore, Malaysia	Associ. Southeast Asian Nations/U.S., Coast. Res. Manage. Proj. Techn. Publ. Series 11, ICLARM Cont. No. 782		291 pp.
	Gong W.K.	Mangrove forest and human activity	Int. Symp. "Envir., Regene. of Culture: Perspect. Gender, Family, Ethn. and State", Univ. Sains Malaysia		13 pp.
	Dyer K. R., W.K. Gong and J. E. Ong	The cross sectional salt balance in a tropical estuary during a lunar tide and a discharge event	Estu. Coast. Shelf Sci. 34		579-591
	Uncles R. J., W.K. Gong and J.E. Ong	Intertidal fluctuations in stratification within a mangrove estuary	Hydrobiologia	247	163-173
	Gong W. K., J.E. Ong and B.F. Clough	Photosynthesis in different aged stands of a Malaysian mangrove ecosystem	Third ASEAN Sci. and Tech. Week Conf. Proceed.:Marine Science:Living coastal Resources	6	345-351

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1992					
	Ong J. E., W. K. Gong, Y. P. Wong and H. K. Wong	Identification of mangrove vegetation zones using MiroBRIAN and LANDSAT Imagery	Third ASEAN Sci. and Tech. Week Conf. Proceed., Marine Science: Living Coastal Resources	6	383-386
	Woodroffe C.	Mangrove sediments and geomorphology	A.I. Robertson and D.M. Alongi (eds.) Trop. Mang. Ecos., American Geophysical Union, Washington, D.C.		7-41
	Wolanski E., Y. Mazda and P. Ridd	Mangrove hydrodynamics	A.I. Robertson and D.M. Alongi (eds.) Trop. Mang. Ecos., American Geophysical Union, Washington, D.C.		43-62
	Duke N. C.	Mangrove floristics and biogeography	A.I. Robertson and D.M. Alongi (eds.) Trop. Mang. Ecos., American Geophysical Union, Washington, D.C.		63-100
	Smith III T. J.	Forest structure	A.I. Robertson and D.M. Alongi (eds.) Trop. Mang. Ecos., American Geophysical Union, Washington, D.C.		101-136
	Alongi D.M. and A. Sasekumar	Benthic communities	A.I. Robertson and D.M. Alongi (eds.) Trop. Mang. Ecos., American Geophysical Union, Washington, D.C.		137-171
	Robertson A. I. and S. J. M. Blaber	Plankton, epibenthos and fish communities	A.I. Robertson and D.M. Alongi (eds.) Trop. Mang. Ecos., American Geophysical Union, Washington, D.C.		173-224
	Clough B.F.	Primary productivity and growth of mangrove forests	A.I. Robertson and D.M. Alongi (eds.) Trop. Mang. Ecos., American Geophysical Union, Washington, D.C.		225-249
	Robertson A. I., D.M. Alongi and K. G. Boto	Food chains and carbon fluxes	A.I. Robertson and D.M. Alongi (eds.) Trop. Mang. Ecos., American Geophysical Union, Washington, D.C.		293-326
	志村 茂	マングローブ域の漁業管理 バングラデシュのスンドルバンの事例	海外漁業協力	46	8-26
	Komiyama, A., J. Kongsangchai, P. Patanaponpaiboon, S. Aksornkoae & K. Ogino	Socio-ecosystem studies on mangrove forests—Charcoal industry and primary productivity of secondary stands	Tropics	1 (4)	233-242

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1993					
	Kathryn A. B. Stephen D. Garrity and S. C. Levings	How many years until mangrove ecosystems recover from catastrophic oil spill.	Mar. Poll. Bull.	26(5)	239-248
	Indonesian Institute of Science	National strategy for mangrove forest management in Indonesia-draft-III	The office of state ministry of the environment and institute of mangrove research and development		1-42
	Lacerda L. D. and C. D. Field (eds.)	Proceedings of a workshop on conservation and sustainable utilization of mangrove forests in Latin America and Africa regions	International Society for Mangrove Ecosystems (ISME) and International Tropical Timber Organization (ITT0)		1-28
	Siddiqi N. A., M.R. Islam, M. A. S. Khan and M. Shahidullah	Mangrove nurseries in Bangladesh	ISME Mangrove Ecosystems Occational Papers (ed. C. D. Field)	(1)	1-14
	Primavera J. H.	Mangrove conservation and brackish water pond culture in the Philippines	Protection and sustainable use of wetland resources in the Philippines - Philippines Wetland Workshop Proceedings		77-90
	Boards of Directors State-owned Forest Enterprise	Implementation of the social forestry program with silvo-fishery system in the mangrove forest in Java	Boards of Directors State-owned Forest Enterprise, Jakarta		1-11
	澤本彰三	西表島ウダラ川マングローブ域の メイオベントスに関する予察的研究	東海大学海洋研究所研究報 告	14	99-103
	Chan H. T., J. E. Ong and A. Sasekumar	The socio-economic, ecological and environmental values of mangrove ecosystems in Malaysia and their state of conservation	Mangrove Ecosystem Technical Reports (The economic and environmental values of their present state of conservation in the	1	41-81
	Ong J. E.	Mangrove - a carbon source and sink	Chemosphere	27(6)	1097- 1107
	Choy. S.K.	The commercial and artisanal fisheries of the Larut Matang district of Perak	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar (ed.) ASEAN- Aust. Mar. Sci. Proj.- Liv. Coas. Res. (Malay.)		27-40

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1993					
	Sasekumar A.	A review of mangrove-fisheries connections	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar(ed.) ASEAN-Aust. Mar. Sci. Proj.-Liv. Coas. Res. (Malay.)		47-50
	Chales L. M. U. and A. Sasekumar	Food of the catfish eel, <i>Plotosus canius</i> in Malaysian mangrove waterways	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar(ed.) ASEAN-Aust. Mar. Sci. Proj.-Liv. Coas. Res. (Malay.)		76-93
	Low J. K. Y. and L. M. Chou	Fish fauna of some Singapore mangrove and near-shore habitats	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar(ed.) ASEAN-Aust. Mar. Sci. Proj.-Liv. Coas. Res. (Malay.)		94-113
	Robertson A. I.	Fish, prawns and mangroves: patterns and processes	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar(ed.) ASEAN-Aust. Mar. Sci. Proj.-Liv. Coas. Res. (Malay.)		114-130
	Blaber S.J.M.	Mangrove fish research at CSIRO Division of Fisheries	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar(ed.) ASEAN-Aust. Mar. Sci. Proj.-Liv. Coas. Res. (Malay.)		131-136
	Dolar L.L. and M. L. Lepiten	A study on the mangrove, seagrass and coral reef fishes of North Bais Bay, central Philippines	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar(ed.) ASEAN-Aust. Mar. Sci. Proj.-Liv. Coas. Res. (Malay.)		137-172
	Burhanuddin	A study on mangrove fish at Handuleum Group and Panaitan Island of Ujung Kulon National Park	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar(ed.) ASEAN-Aust. Mar. Sci. Proj.-Liv. Coas. Res. (Malay.)		173-182
	Sivasothi N., D. H. Murphy and P.K.L. Ng	Tree-climbing and herbivory of crabs in the Singapore mangrove	Proceedings Workshop on Mangrove Fisheries and Connections. A. Sasekumar(ed.) ASEAN-Aust. Mar. Sci. Proj.-Liv. Coas. Res. (Malay.)		220-236
1994					
	澤本彰三	マングローブ水域の稚仔魚生育場としての役割	平成5年度科学研究費補助金(一般C)研究成果報告書		18 pp.
	Kosuge T., Poovachiranon S. and Murai M.	Male courtship cycles in three species of tropical <i>Ilyoplax</i> crabs (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae)	Hydrobiologia	285	93-100

Year	Author	Title	Source	Vol.	Pages
1994					
	Kosuge T., M. Murai and S. Poovachiranon	Breeding cycle and mating behavior of the tropical ocypodid <i>Ilyoplax pangetica</i> (Kemp 1919) (Crustacea Brachyura)	Tropical Zoology	7	25-34
	宮本千春	育つべくしてー沙漠海岸のマング ローブ育林ー(2)	熱帯林業	(30)	2-11
	Ong J.-E., W.-K. Gong and R. J. Uncles	Transverse structure of semi- diurnal currents over a cross- section of the Merbok Estuary, Malaysia	Estu. Cast. Shelf Sci.	38	283-290
	Sasekumar A., V.C. Chong, K.H. Lim and Harinder Singh	The fish community of Matang waters	Proceedings 3rd ASEAN- Australia Symposium on Living Coastal Resources, Reserch Papers	2	in press
	Harinder R. S. and A. Sasekumar	Distribution and abundance of marine catfish (Fam: Ariidae) in the Matang mangrove waters	Proceedings 3rd ASEAN- Australia Symposium on Living Coastal Resources, Reserch Papers	2	in press
	Chong V.C., A. Sasekumar and K.H. Lim	Distribution and abundance of prawns in a Malaysia mangrove system	Proceedings 3rd ASEAN- Australia Symposium on Living Coastal Resources, Reserch Papers	2	in press
	Sasekumar A., V.C. Chong and Harinder Singh	The physical and chemical characteristics of the Matang mangrove waters	Proceedings 3rd ASEAN- Australia Symposium on Living Coastal Resources, Reserch Papers	2	in press

その他

- | | | | |
|---|------|--|--|
| 檜垣宮都・高木孝雄 | 1985 | マングローブ林の土壌環境、「マングローブ環境」 | 東農大総研
67-70 |
| Savage T. | 1972 | Florida mangroves as shoreline stabilizers | Fla. Dept. Nat. Res. Proj.
19
46pp |
| Sato., Y., Y. Mazda and S. Okabe | 1990 | Changes in water properties of a mangrove area due to physical-chemical mechanisms | Bull. Coast. Ocean.
(沿岸海洋研究ノト)
28
51-62 |
| Takaya A., Y. Mazda and Y. Sato | 1987 | Environmental characteristics of mangrove basin-hydrography and water quality in Bashita-minato, Iriomote Island | Bull. Coast. Ocean.
(沿岸海洋研究ノト)
25
52-60 |
| Sasekumar A., N. Marshall and D.J. Macintosh (eds.) | 1994 | Ecology and Conservation of Southeast Asian Marine and Freshwater Environments including Wetlands | Developments in Hydrobiology 98, Kluwer Academic Publishers, Netherlands
350 pp |
| Alongi, D.M. | 1994 | The role of bacteria in nutrient recycling in tropical mangrove and other coastal benthic ecosystems | Hydrobiologia
285
19-32 |
| Berry A. J. | 1963 | Faunal zonation in mangrove swamps | Bull.Nat.Mus.Singapore
32
90-98 |
| MacNae W. | 1968 | A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West-Pacific region. | Adv. Mar. Biol.
6
73-269 |
| Chapman, V.J. | 1975 | Mangrove Vegetation | J. Cramer, 447 pp. |

西平守孝・国喜真隆	1976	潮間帯	「おきなわの自然」 沖縄県自然保護課 41-63
Shokita, S., K. Nozawa, N. Yoshikawa and S. Limsakul	1983	Macrofauna in mangrove areas of Thailand.	Mangrove Ecology in Thailand, Nozawa(ed.) 33-62
Coleman, J.M.	1969	Brahmaputra River: channel processes and sedimentation.	Sedimentary Geology 3 129-239
Fairbridge, R.W.	1961	Eustatic changes in sea level	Physics and chemistry of the earth 4 99-185
Fujimoto, K. and T. Miyagi,	1993	Developmental process of tidal-flat type mangrove habitats and their zonation in the Pacific Ocean:a geomorphological study.	Vegetatio 106 137-146
松本秀明	1988	仙台平野における沖積層基底の形態一埋没段丘と基底をなす砂礫層の分布・年代一	井関弘太郎編「日本における沖積平野・沖積層の形成と第四紀末期の自然環境とのかかわりに関する研究」昭和61-62年度科学研究費 53-58
Miyagi, T. and K. Fujimoto,	1989	Geomorphological situation and stability of mangrove habitats at Truk Atoll and Ponape Island in the Federated States of Micronesia.	Sci. Repts. Tohoku Univ., Ser. 7 (Geogr.) 25-52
Shepard, F.P.	1964	Sea-level changes in the past 6,000 years: a possible archeological significance	Science 143 574-576
MacNae, W.	1966	Mangroves in eastern and southern Australia	Aust. J. Bot. 14 67-104

- | | | | |
|-----------------------|------|---|--|
| MacNae, W. | 1967 | Zonation within mangroves associated with estuaries in North Queensland | Estuaries(ed.Lauff,G.H.), Amer. Assoc. Advan. Sci. Publ., Washington 432-444 |
| Lear,R. and T. Truner | 1977 | Mangroves of Australia | Univ. Queenasland Press 84 pp. |
| Grindley, J.R. | 1981 | Estuarine plankton | Estuarine Ecology with Particular Reference to South Africa (ed. Day, J.H.), A.A. Balkema, Rotterdam 117-146 |
| Miller, C.B. | 1983 | The zooplankton of estuaries. | Estuaries and Enclosed Seas (ed. Ketchum, B.H.), Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam 103-149 |

国際農林水産業研究センター研究会報告集
No.3

平成 7 年 2 月

●編集・発行●

農林水産省・国際農林水産業研究センター
〒305 茨城県つくば市大わし1-2
事務局：企画調整部情報資料課 ☎0298-38-6340

●印 刷●

筑波印刷情報 サービスセンター協同組合
〒305 茨城県つくば市吾妻3-10-1 (松見ビル3F)
TEL 0298-51-4111(代) FAX 0298-52-3756
