

マングローブ水域環境における群集動態の解析と生産性の評価

Analysis of community structure and evaluation of biological productivity in mangrove aquatic regions

研究代表者	東京農業大学総合研究所教授 Prof., NODAI Research Institute, Tokyo Univ. of Agriculture Ryuzo MARUMO	丸 茂 隆 三
協同研究者	熊本大学理学部教授 Prof., Faculty of Science, Kumamoto Univ. Reiichiro HIROTA	弘 田 禮一郎
	東京水産大学教授 Prof., Tokyo Univ. of Fisheries Masaaki MURANO	村 野 正 昭
	琉球大学理学部助教授 Assoc. Prof., Faculty of Science, Univ. of the Ryukyus Mitsushige SHOKITA	諸喜田 茂 充
	東京大学海洋研究所助手 Assist. Prof., Ocean Research Institute, Univ. of Tokyo Takashi ISHIMARU	石 丸 隆

In order to make clear community structure and foodchain in Okinawan mangrove ecosystems, researches were carried out on water qualities such as water temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, phosphate, nitrate, nitrite, ammonia, chlorophyll and detritus, and on biological parameters such as microalgae, zooplankton and near-bottom animals mainly in the Nakama River, Iriomote Island.

Nutrients and organic matters produced in mangrove forests are quickly transported into the sea at low tide. Nutrient salts and phytoplankton were poor in the water column, while the standing crop of benthic microalgae was very large on the tidal flat. Detritus was deposited on the mangrove forest floor and river bottom and suspended in the water column. The source of such detritus is mangrove litters (leaves, twigs, trunks, roots, etc.), the production of algae and seaweeds, terrestrial organic matters (litters of trees, freshwater organisms, their remains, etc.) and marine organic matters. In these detritus sources mangrove litters are most important. The input of organic matters from the land showed a considerable amount in the upper reaches in the case of heavy rainfall.

There was found a large number of organisms near the river bottom. In the Nakama River, copepods dominated, consisting of *Pseudodiaptomus inopinus*, *P. ishigakiensis* and *Calanopia thompsoni* which occupied each distributional domain from the upper stream to the river mouth, successively. Adults of these copepods usually inhabited the bottom, and their nauplius and copepodite stages were in the water column. Most of females of the former two species were ovigerous and this suggests their high production rate near the bottom habitat. Amphipods were abundant next to copepods. A mysid, *Gastrosaccus formosensis* kept a stable population including ovigerous females. Insect larvae were collected from the fresh or less saline water of the upper stream. Larvae of shrimps, crabs and fishes occurred almost all stations and thus the mangrove waters produce a good nurseryground for the development of these larvae. The appearance of *Sagitta oceanica*, medusae and appendicularians in the Nakama River indicated the inflow of

研究目的

沖縄のマングローブ水域の生物群集については、これまで主に琉球大学の研究者によって、エビ・カニ類、貝類、魚類など大型動物の分類学的、生態学的研究が行なわれており、いくつかの種類は分布、生活史、食性などが明らかにされてきた。しかし、これら動物を含めたマングローブ生態系の全体的な仕組みについては、明らかにされていなかった。とくに、マングローブ水域の食物連鎖の基盤をなしている小型動物やデトリタスの挙動については、ほとんど分かっていなかった。

マングローブ水域生態系の大きい特徴の一つは、その生産が海洋一般におけるような植物プランクトンに始まるのではなく、マングローブリターに由来するという点である。沖縄のマングローブ水域でも、植物プランクトンに乏しく、デトリタスに富み、いわゆるデトリタス食物連鎖が形成され、動物プランクトンや近底層動物が豊富に育成されているものと考えられた。

このような背景をふまえ、本研究は、マングローブ水域におけるデトリタス食物連鎖を形成する生物群集の動態と、さらにこれらが食物連鎖を通して上位の動物に移行する過程を解明すること

を目的とした。
研究経過と成果

主研究サイトを西表島仲間川（図1, 2）に設けた。協同研究者および研究補助者は、年2~3回ここでマングローブ水域生物群集と水質など環境要因に関する調査を実施した。また、仲間川のほか、西表島後良川、浦内川、船浦湾、網取湾、石垣島宮良川、吹通川、名蔵川、沖縄島億首川、大浦川、慶佐次川、満名川などのマングローブ水域においても生態系調査を行なった。この報告では仲間川の結果を中心にして述べる。

1. 水質と藻類基礎生産

仲間川河口から中洲（図2, 測点2）付近にかけては、潮の干満の影響が直接および、満潮時には広いマングローブ林の奥部まで冠水するが、干潮時には川筋の一部を除いては、ほとんどの部分が干出する。1986年6月大潮の場合（図3）、中洲付近の塩分は5~30‰と大きく変動した。また、上流の地形の急遷点に当る測点1は、普通は真水であるが、1987年5月には、塩分は満潮時5‰、干潮時0.5‰という値が得られ、降雨量が少ない時には、このように海水の影響が上流まで及ぶことが分かった。

栄養塩の分布（図3）では、硝酸+亜硝酸、アンモニアの濃度はいずれも中流の測点3を中心に高く、海側の測点5や上流の測点1で低かった。1985年5月には、栄養塩濃度の高い水は、干潮

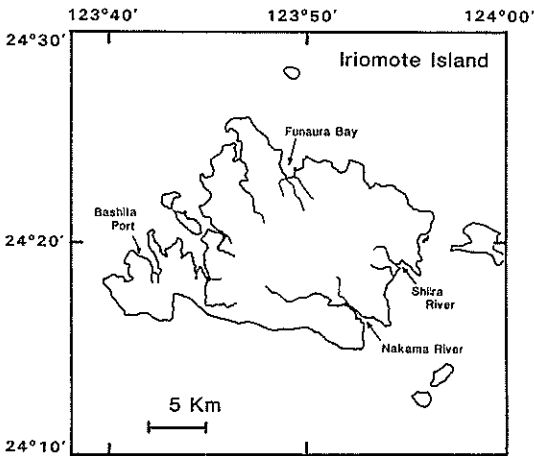


図1. 西表島調査域.

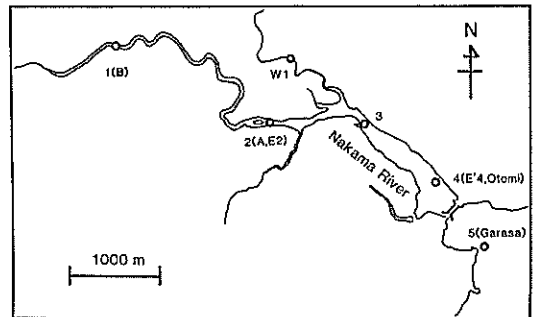


図2. 仲間川調査点.

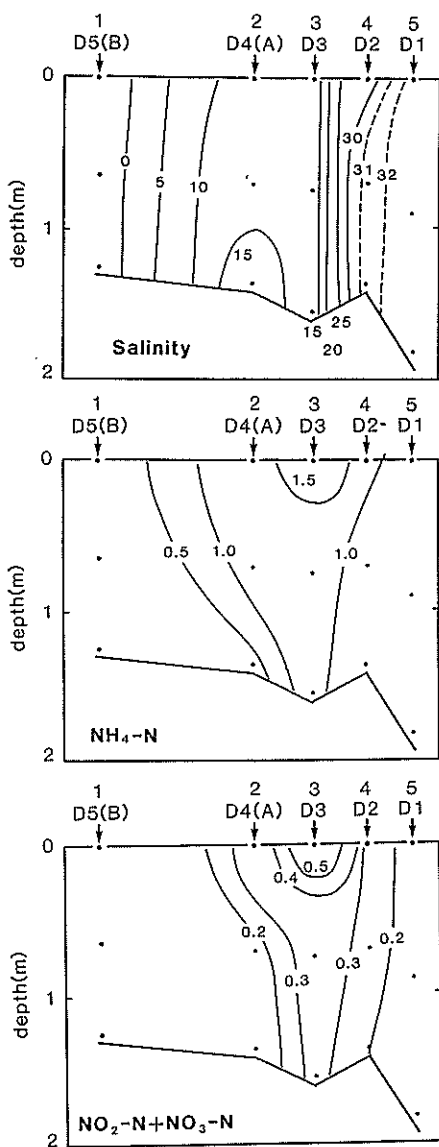


図3. 仲間川の塩分(%), アンモニア態窒素(μM), 硝酸態+亜硝酸態窒素(μM)の分布(1986年6月).

時には測点2付近に、満潮時には測点1にみられた。これは栄養塩の主な供給源は測点2,3付近のマングローブ林内にあり、その分布中心は潮汐に伴って移動することを示すものである。

干潮時にマングローブ林内にできる留り水や、林内から流れ出る細い流れからは、 $10\sim 35\ \mu\text{M}$ という高い濃度のアンモニアが検出された。林内

で無機化され、河川水中に供給されるアンモニアの量は大きい、これは貧栄養の沖合海水の流入によって希釈されるため、実際に河川水中から検出されるアンモニア濃度は低くなる。仲間川では、干満に伴う塩分濃度の大きい変動に示されるように、潮汐による河川水の交換率は非常に大きく、さらに河口は直接海に開くため、河川水に含まれる有機物や栄養塩は速やかに海に排出され、希釈されて、河川水は貧栄養に保たれる。

水中に存在するクロロフィル量は、全期間を通じて $0.2\sim 3\ \text{mg}/\text{m}^3$ 程度であった。1986年6月には、測点1の底層付近で $11.5\ \text{mg}/\text{m}^3$ という高い値が測点されたが、これは淡水渦鞭毛藻(*Peridinium oculatum*)の集積効果によると考えられ、例外的といえる。仲間川の植物プランクトンのクロロフィル濃度は、東京湾などの沿岸富栄養域のクロロフィル量($10\sim 100\ \text{mg}/\text{m}^3$)よりもはるかに低く、黒潮の亜表層クロロフィル極大における値のレベルであった。実際に試水中には植物プランクトンはほとんど認められず、また ^{13}C を用いて測定した基礎生産量も小さく、マングローブ水域の植物プランクトン基礎生産は非常に低いとする従来の説とよく一致した。

一方、底質中(表面から $0.5\ \text{cm}$ まで)のクロロフィル量は、中洲(測点2)近くの仲間川中央部では $3\sim 20\ \text{mg}/\text{m}^2$ 、マングローブ林内へ約 $60\ \text{m}$ 入った地点では $2\ \text{mg}/\text{m}^2$ 、河口干潟では約 $50\ \text{mg}/\text{m}^2$ 、さらに仲間川橋より海側の干潟では $200\ \text{mg}/\text{m}^2$ 以上の値が測定され、多量の微細藻類が底質表層に存在することが分かった。

底質中の微細藻類はほとんど珪藻であり、上流の淡水域では中心目珪藻 *Melosira* sp., 河口付近では羽状目珪藻 *Amphora acutiuscula*, *Cocconeis diminuta* が優先していた。底生珪藻の種類組成は、測点2,4のトランセクト上の各点はそれぞれ差異はなく、照度や干出時間にはあまり影響されず、主に塩分濃度によって決まるものと考えられた。

満潮時の水深を $1\ \text{m}$ とし、その水柱のクロロフィル濃度を $1\ \text{mg}/\text{m}^2$ とすると、底質中のクロロフィル量はその上の水柱 $1\ \text{m}$ に含まれる量の

2~200 倍にも及ぶことになる。とくにマングローブ樹で覆れていない水路や干潟では、底生珪藻の現存量は非常に大きかった。また、仲間川では、降雨直後の濁った水中の水深 2 m の底層で表面の 25% の照度が測定されており、満潮時の底質表面でも光合成生産に十分な光量が得られている。さらに、底生藻類はデトリタスと混じて、食植性近底層動物や干潟の巻貝、カニなどの好適な餌料となるため、マングローブ域の生産基盤として食物連鎖の中で果たす役割は重要であると考えられる。

仲間川において、植物プランクトン現存量が低いのは、河川水の交換が速く、生長を支える栄養塩とともに、藻類自身も海に運び去られてしまうことが原因であろう。一方、底質表面の微細藻類は、流出することがなく、また底質中で生産されるアンモニアを直ちに利用できるという利点をもつため、このように大きい現存量が維持されたものと考えられる。

2. プランクトンと近底層群集

沖縄のマングローブ水域では、水底数 cm の薄い層に種々の動物が生息しているが、この一群は近底層群集とよばれるものである。この群集はカイアシ類、等脚類、端脚類、アミ類、貝形類、多毛類、エビ・カニ・サカナ幼生、昆虫幼生などから構成されており、動物プランクトンと同様、あるいはそれ以上に甲殻類が卓越し、しかもごく少数の種が主体をなしていることが多い。

近底層動物は、プランクトン、ベントスとも生活の場を一部共有し、また習性に共通する点もあるが、研究対象としては、これらのいずれとも別の生態群として取り扱った方が都合が良い。とくに、その採集には、ソリネットというプランクトン、ベントスとは異なった方法を用いなければならない。近底層群集は生物量が大きく、生息密度が高いこと、およびデトリタス食物連鎖に関与して低次の生産を与えていることで、マングローブ生態系で重要な役割をもっている。しかし、これまではその存在さへあまり注目されず、ほとんど調査されていない。

仲間川の近底層では、昼夜ともカイアシ類が優

先するのが普通である。上流から河口に向けて、*Pseudodiaptomus inopinus*, *P. ishigakiensis*, *Calanopia thompsoni* がこの順にきれいに棲み分けている。さらに河口沖合の外洋水の影響下には、*Pseudodiaptomus nihonkaiensis* がしばしば出現する。このほかに、上流に Harpacticoida, 中流から河口に *Acartia*, Cyclopidae が出現する。*P. inopinus*-*P. ishigakiensis*-*C. thompsoni* の分布型は、沖縄のマングローブの生育する河川の典型的なタイプであり、この分布は一義的に塩分濃度分布に対応している。近底層では端脚類も多い。アミ類の 1 種、*Gastrosaccus formosensis* は中流から河口に出現する、仲間川近底層群集の要員である。本種は夜には成体の大群が近底層に出現するが、昼にはほとんど認められない。本種は砂に潜らないようであり、昼夜の挙動についてはさらに調査する必要がある。端脚類やアミ類では、抱卵中のものや孵化直後のものがよく認められ、旺盛な増殖を伺わせた。ユメエビ類の 1 種、*Lucifer hansenii* は、近底層、水中ともにしばしば大群をなして出現する。また多毛類もかなり普通に見られる。昆虫幼生は上流の低塩分の近底層に現れる。仲間川に多種のエビ・カニ類が生息しているが、増殖期には水中と近底層にゾエア幼生が大群をなして出現する。このように、マングローブ水域は、甲殻類、魚類など水産資源の幼生の好適な哺育場となっている。水中と近底層には、ヤムシ類の *Sagitta oceanica* が河口から中流にかけて分布し、沖合水の流入勢力を指標している。同様な分布は数は多くないが、クラゲ類や尾虫類にも認められる。

1986 年 6 月に、仲間川で 1 日昼夜 2 回の満潮時前後に近底層の調査を行った。2 回の結果 (図 4) を比較して、近底層における *P. inopinus* と *P. ishigakiensis* は、それぞれ前者は低い塩分域を、後者は高い塩分域を占めており、生息域が移動したことが分かる。このように、小型の近底層動物は水中のプランクトンほどではないにしろ、底層流に引きずられて移動するものであり、このため、個体群の一部は時には本来の生活圏の外へ運び去られてしまい、実際にそのような死骸が多数

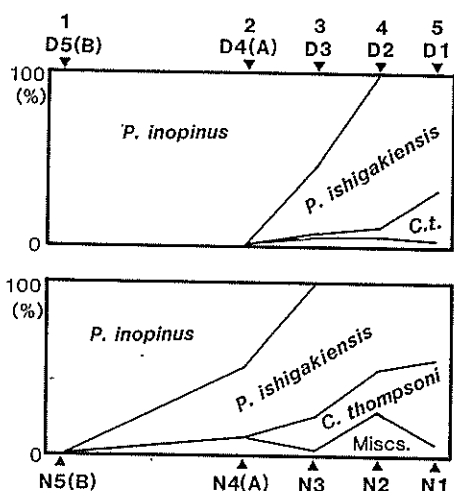


図4. 1986年6月15～16日2回の仲間川調査における近底層（底20cm層）のかりあし類組成の比較。

採集されることがある。

P. inopinus は仲間川の上流（塩分0～約10‰）に年間を通して常時採集される代表的なカイアシ類である。成体は昼は近底層にいるが、夜間には一部が水中に上昇する。コペポダイトは昼夜ともほとんど水中で生活する。また、ナウプリウスは近底層には見られず、昼夜とも水中にいる。本種の著しい特徴は、第1にコペポダイトに比べ成体が多いことであり、これは成体の生存期間が相対的に長いことを示している。第2に、性比が著しく雌に片寄り（例えば、1:26, 1:7, 1:17）、また抱卵雌の割合が大きく（例えば、80%, 60%）、これは旺盛な増殖を物語るものである。このような増殖特性は、潮汐流に伴う個体の生活圏外への散逸に対抗する個体群維持のための適応の一つと考えられる。なお、*P. ishigakiensis* も雌に片寄っていること、抱卵個体の多いことなど、*P. inopinus* ほどでないにしても、これと同様な増殖特性が認められる。

3. デトリタス

マングローブ水域のデトリタスは、植物破片、動物遺骸をはじめ、これらの崩壊中のもの、糞粒、さらにコロイドサイズの粒子まで、様々の種類と大きさのものを含んでいる。さらに、これらの有

機基質には、細菌、菌、藻、原生動物など微細な生物が依存し、また溶存態の無機・有機の化合物が吸着されるなど複雑な集合体を形成している。

マングローブ水域では、生物生産はマングローブ樹の落下リター、その中でも主に落葉に基づくものとされ、多くのモデルでそのような図が画かれている。しかし、今回の調査では、林内土壤デトリタスの存在量が非常に大きく、落下リターのみでなく、これも水域への有機物のインプットとして、重要な部分を占めるものと考えられた。インプットとしては、これらマングローブ樹の生物量のほかに、陸起源の流入有機物と水域で生成される有機物がある。前者は昆虫破片、樹木片、草・藻類であり、後者は甲殻類遺骸、脱皮殻、糞粒、藻類などであり、これらは水底ではマングローブ起源のデトリタスと混在している。

林内のリターやデトリタスは分解され、窒素などはマングローブ樹の栄養として再び根から吸収される。一部は貧毛類など土壤動物の餌料として攝取される。さらに一部は流出し、水中に懸濁し、あるいは水底に沈積して、水域の生物生産を支えることになる。また、浮葉などのように早い時期に海に流出して、マングローブ生態系から抜け出す部分もある。水域のデトリタスは、プランクトン、近底層動物、ベントスにより、それぞれの生息場で攝取され、デトリタス食物連鎖に組み込まれる。また、水中にはデトリタスなどから溶出した有機物が溶存態で存在するが、その量はかなり大きいものと推定される。水中・水底デトリタスは、毎日2回起こる下げ潮で下流に運ばれてゆき、上げ潮でその一部は戻されるとしても、大部分はすみやかに海へ散逸してしまう。これに対し、林内土壤中に豊富に保蔵されているリターやデトリタスが落下リターとともにその損失を補っているものと推定できる。

デトリタスの挙動の概要について述べてきたが、以下にこれに関与する要素について説明する。マングローブ樹から地上に落下するリター（葉、小枝、樹皮、種子、花、昆虫、糞など）は、リターバックで採集され、測定される。沖縄のマングローブリターについては、乾重量で800g/

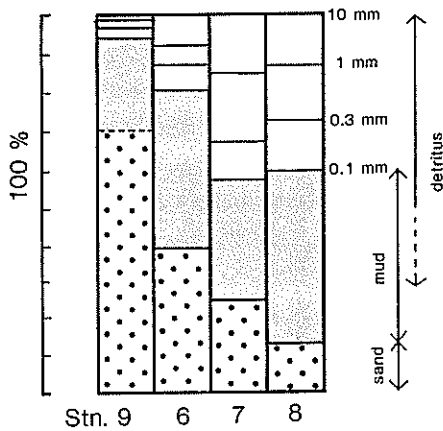


図5. 仲間川 E2 トランセクトにおける土壌組成 (1985年5月).
測点 7.8 はマングローブ林内.

m^2/year ($2.2 \text{ g}/\text{m}^2/\text{day}$) というデータがある。

仲間川の土壌中(深さ3 cm)のデトリタス(> 0.3 mm)乾重量は林内奥部の2点(図5, 測点7と8)で $1121 \text{ g}/\text{m}^2$, $1204 \text{ g}/\text{m}^2$ で, 平均は $1163 \text{ g}/\text{m}^2$ であった。また, 林内土壌中の有機デトリタス量は約60%という高い値を示した(図5)。今ここで, 土壌中(深さ3 cm)のデトリタスが潮流に洗われて, 1か月で全部流出してしまうと大胆に仮定すると, これを補うためには, 毎日の林内土壌デトリタスの生成量として, $39 \text{ g}/\text{m}^2$ が必要となる。この値は, 葉を主体とする落下リター供給量 $2.2 \text{ g}/\text{m}^2/\text{day}$ に比べれば, はるかに大きく, 細根や気根などの木質片を含む土壌デトリタスの大きい貢献が推定される。ただ, 堅い木質部の分解は葉に比べその進行は遅いと思われるが, この点は今後解明する必要がある。

マングローブ林内土壌中からは, 小型の貧毛類が普遍的に採集され, その個体数は多いものでは $232/100 \text{ cm}^2$ であった。また, 線虫も普通に見られた。マングローブ林内の土壌動物の生態と役割は興味深い問題である。

陸域から流入する有機物については, 仲間川上流部で, 1昼夜毎時プランクトンネットで採集を行なって, 採集物(>0.1 mm)沈殿量として $14260 \text{ ml}/\text{m}^2/\text{day}$ の値を得た。水底デトリタス

試料で, 沈殿量 1 ml は平均乾重量 75 mg に当たるので, これにより換算すると, 陸域流入有機物乾重量は $1070 \text{ g}/\text{m}^2/\text{day}$ となる。また, 浦内川上流で同様な採集を行なった結果, 大量降雨時には平常時の数~数十倍の沈殿量に増大するが, これを除いた平常時の沈殿量はほぼ $16000 \text{ ml}/\text{m}^2/\text{day}$ (乾重量 $1200 \text{ g}/\text{m}^2/\text{day}$) であった。この値は仲間川と同じレベルである。流入物の内容は, 葉片, 淡水エビ・サカナ幼生, 水生昆虫, 線藻・珪藻, 脱皮殻, 昆虫破片, 糞粒などである。仲間川では, 支流からの流入や降雨時の注水をもすれば, 陸域有機物のマングローブ生態系へのインプットはかなり大きいかも知れない。ただ, 顕微鏡下では水底デトリタスから陸域起源と認められるのは, 上流部に限られている。

水中に懸濁するデトリタス粒子は, 一部は林内土壌から直接運ばれ, 一部は水底に堆積したデトリタスから巻き上げられてできたものである。これらは大部 0.1 mm 以下の小型の粒子である。仲間川の懸濁デトリタス(> 20μ)は, 乾重量で平均 $2.5 \text{ g}/\text{m}^2$ であった。

水底に沈積しているデトリタス(>0.3 mm)は仲間川支流で乾重量 $4.2 \text{ g}/\text{m}^2$ という大きい値が得られたが, 測定された64試料の大部分は $0.5 \text{ g}/\text{m}^2$ 以下であり, 意外に小さい値であった。1987年5月仲間川下流部の定置観測で, 水底真上の下げ潮の流速 $30\sim 40 \text{ cm}/\text{sec}$ の時に, 水底のデトリタスと砂がソリネットに多量に採集された。このように流速が大きい場合には, 軽い小型のデトリタス粒子は水中に浮上しつつ, 重い大きい粒子は河床を転がりながら流されてゆくものと考えられる。

今仮りに, 水中と水底のデトリタス $2.5 \text{ g}/\text{m}^2$ と $0.5 \text{ g}/\text{m}^2$, 計 $3 \text{ g}/\text{m}^2$ が, 1日2回の下げ潮に運ばれてすべて海に流出してしまうものとする。これだけの損失を補うための主な供給源は, 大きい生成量 ($39 \text{ g}/\text{m}^2/\text{day}$) をもつ林内土壌デトリタスとするのが素直であろう。

4. 沖縄マングローブ水域における食物連鎖

西表島のマングローブ水域には, ノコギリガザミ, ウシエビ, モエビ, ミナミクロダイ, ボラな

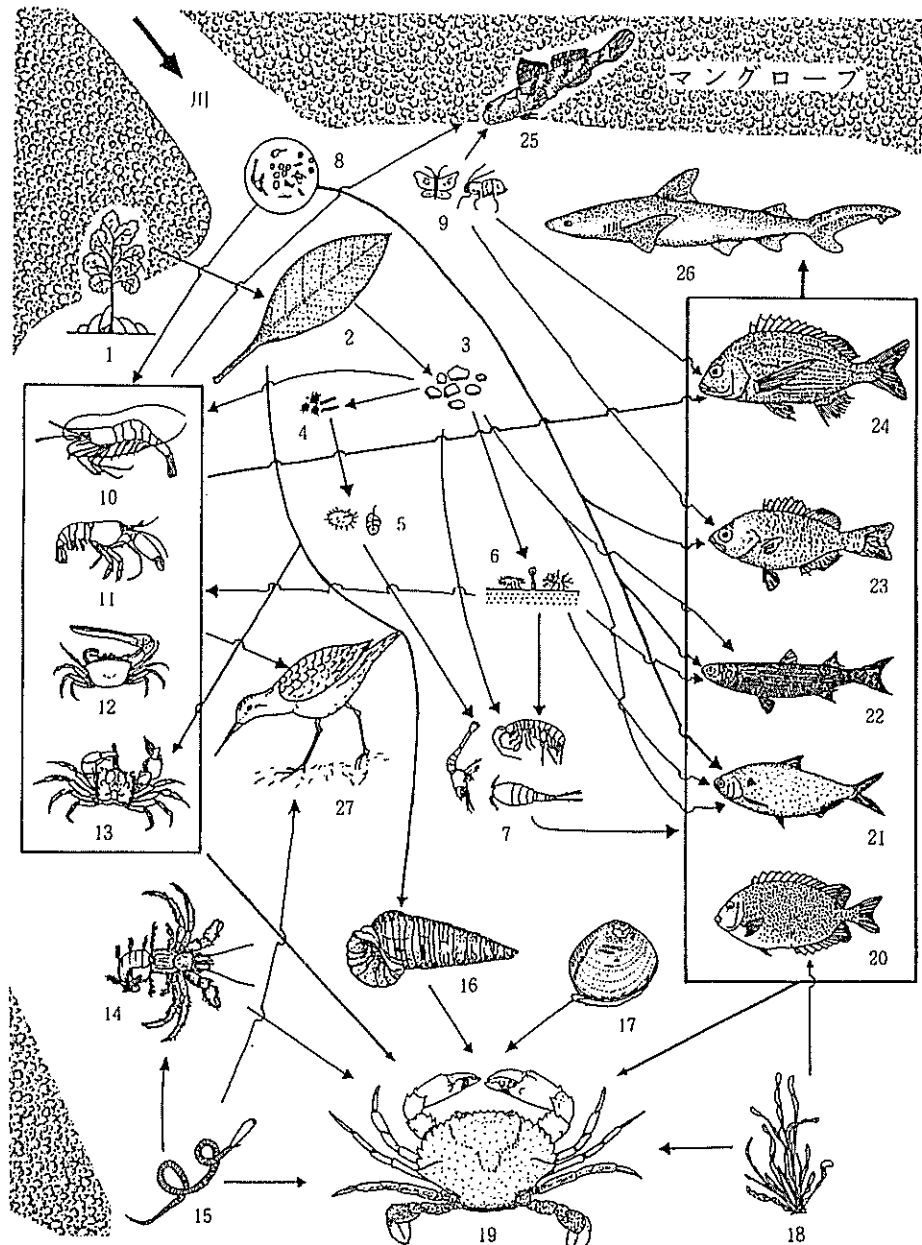


図6. 西表島マングローブ水域における食物連鎖
 1, ヤエヤマヒルギ; 2, 葉; 3, 破片; 4, 細菌類; 5, 原生植物; 6, 微小底生生物 (メイオベントス); 7, 動物プランクトン; 8, 河川起源の有機物; 9, 昆虫類; 10, スネナガエビ; 11, テッポウエビ類; 12, シオマネキ類; 13, ミナミアシハラガニ; 14, ツメナガヨコバサミ; 15, 多毛類; 16, キバウミナ; 17, シレナジミ; 18, 藻類; 19, ノコギリガザミ; 20, ゴマイゴ; 21, オキナワコノシロ; 22, ボラ類; 23, ユゴイ類; 24, ミナミクロダイ; 25, ミナミトビハゼ; 26, サメ類; 27, シギ類。 (諸喜田, 1988)

ど有用な水産生物が生息している。また、多種に及ぶプランクトン、近底層動物、ベントスが繁栄している。これらに関する、本研究をはじめ、これまで得られた知見に基いて、食物連鎖図が描かれた(図6)。

西表島のマングローブから出発する食物の流れには二つの道筋がある。一つは、マングローブの落葉が直接キバウミニナや貝類に捕食され、ついでこれらが大型魚貝類など(ノコギリガザミ、ミナミクロダイ)に捕食されるという流れである。もう一つは、落葉などリターが分解し、デトリタス化し、メイオベントス、近底層動物、動物プランクトンなどデトリタス食者に攝食され、さらにこれが高次の動物食者に移行するという流れである。この流れには、林内の土壌デトリタスも大きく関与する。また、有機物は河川を通して陸域からもマングローブ生態系へ流入する。マングローブ水域では、植物プランクトンは僅少であり、一方底生および付着の微細藻が豊富である。

マングローブ水域は沿岸性魚類の餌場であり、稚仔魚の保育場となっており、さらにマングローブ林は魚付林の役目を果たしている。しかし、近年は沖縄のあちこちで、開発工事、赤土流出、富栄養化などにより、マングローブ林やそこに生活する生物が被害を蒙ったり、破壊されたりしている。マングローブ生態系を保全するとともに、積極的にマングローブ林を造成することも考慮すべきであろう。

今後の課題と発展

今回の沖縄マングローブ水域生態系の研究では、水質・底質、微細藻類生産、プランクトン、近底層生物、デトリタス生産などについて、新しい成果が得られ、既存の知見とも合わせて、西表島マングローブ水域の食物連鎖図を作成することができた。この研究を通じて、今後推進すべき個々の研究課題がいくつか導かれたが、全体の方向としては食物連鎖と物質循環の定量的解明に発展させてゆくことが必要であると考えられる。

マングローブ水域では、海洋一般において植物プランクトンがその場の生物生産を支えているのと異なり、マングローブリターが生産の基盤と

なっている。西表島マングローブ林はこのような独特な仕組みをもつ典型的な生態系を形成しており、得難い研究の場といえる。

マングローブ林は世界の熱帯・亜熱帯沿岸に広く生育する常緑樹林であり、その利用価値が高いために、乱開発が進行し、壊滅の危機にさらされている。マングローブの保全・利用の基礎研究としての国際協力が進展中であるが、沖縄のマングローブ研究はこのような国際研究協力の一環としても重要な意味をもつものであり、今後の発展が期待される。

謝 辞

今回の研究助成によって、マングローブの研究分野で貴重な成果が得られ、また今後の研究展開の基盤を築くことができた。

ここに日産科学振興財団および選考委員の方々に深甚の謝意を表する次第である。

発表論文

- 1) Ishimaru, T., M. Mimuro & Y. Fujita: Estimation of phytoplankton photosynthesis using a fluorescence induction technique. *J. Plankton Res.*, 7, 679-689 (1985).
- 2) Marumo, R., S. Laoprasert & C. Karnjanagorn: Plankton and near-bottom communities of mangrove regions in Ao Khung Kraben and the Chantaburi River, Thailand. *Mangrove Estuarine Ecology in Thailand*, 55-76 (1985).
- 3) Marumo, R.: Biological research in aquatic mangrove regions in Japan. *Mangrove Ecosystems of Asia and the Pacific* (ed. C. D. Field & A. J. Dartnall), 70-83 (1987).
- 4) Shokita, S.: Larval development of the palaemonid prawn, *Macrobrachium grandimanus*, reared in the laboratory. *Zoological Sci.*, 2, 785-803 (1985).
- 5) Shokita, S., S. Limusakul & C. Karnjanagorn: Distribution and abundance of the giant potamidid snail, *Terebralia palustris* in Thai mangal. *Mangrove Estuarine Ecology in Thailand*, 39-54 (1985).
- 6) Shokita, S., K. Nozawa, N. Yoshikawa & S. Limusakul: Macrofauna in mangrove area in Thailand. *ibid.*, 33-61 (1985).
- 7) Shokita, S. & A. Yamashiro: Larval development of the land hermit crabs, *Coenobita rugosus* and *C. cavipes* reared in the laboratory. *Galaxea*, 5, 267-282 (1986).
- 8) 石丸 隆, 丸茂隆三, 野沢治治: 沖縄マングロー

- ブ水域の生物群集と環境 (1) 西表島仲間川の水質環境と基礎生産. 1986 年日本海洋学会春季大会講演予稿集, 156-7 (1986).
- 9) 石丸 隆: 生物・環境測定法の現状と問題点. 沿岸研究ノート, 24, 106-113 (1987).
- 10) 丸茂隆三, 石丸 隆, 野沢治治: 沖縄マングローブ水域の生物群集と環境 (2) 西表島仲間川の近底層群集. 1986 年日本海洋学会春季大会講演予稿集, 158 (1986).
- 11) 丸茂隆三, 石丸 隆: 沖縄マングローブ水域の生物群集と環境. 第 1 回環境科学シンポジウム講演要旨, 268-9 (1986).
- 12) 丸茂隆三: マングローブ生態系の動態と保全に関する基礎研究. 昭和 61 年度動態領域研究発表会講演報告集, 18-22 (1987).
- 13) 丸茂隆三, 諸喜田茂充, 石丸 隆: マングローブ水域のデトリタス. 1987 年度日本海洋学会春季大会講演予稿集, 300 (1987).
- 14) 丸茂隆三編著: 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, p. 147 (1988).
- 15) 諸喜田茂充編著: 沖縄の危険生物 152 頁, 沖縄出版, 沖縄 (1986).
- 16) 諸喜田茂充編著: サンゴ礁域の増養殖, 341 頁, 緑書房, 東京 (1988).