

学位論文題名

Stable isotope analysis of organic matter sources and
food web structure of mangrove ecosystems in Thailand

(タイのマングローブ域における有機物の起源並びに食物網に関する研究)

学位論文内容の要旨

マングローブ林とは、熱帯や亜熱帯の河口域や入り江等の潮間帯で群落をなしている耐塩性の樹木群落である。満潮時に樹木は1-2m海水に覆われ、干潮時には陸地化し、陸同様の樹木になる。世界におけるマングローブの面積は約1,630万ヘクタールであるが、海藻の少ない熱帯や亜熱帯ではそれに代わる植物として重要と考えられている。

マングローブ林は防波、防潮、海岸浸食を防ぐ等の海岸保全、魚介類の産卵、生育の場として極めて重要であるにもかかわらず、世界に生育するマングローブ林のおよそ半分は伐採された。その主な理由として、エビ養殖場、リゾート地の造成、薪炭や家屋建築材等によるものである。世界のマングローブ樹木種はおよそ100種といわれているが、種の数や優占種は地域によって異なっている。日本では7種といわれている。日本の自然分布の北限は種子島、屋久島であるが、人為的に鹿児島県喜入町にメヒルギが植栽され、100年以上も生育していることから、喜入町が北限とみなされている。

タイのマングローブは約74種といわれている。その分布はタイ湾(Gulf of Thailand)とアンダマン海側の両方にあるが、湾側のマングローブ林は都市開発、リゾート地、エビ養殖場等のため、70%以上が消滅している。一方、アンダマン海側ではスズの採鉱や一部エビ養殖場のため、消滅している地域も存在するが、大部分は開発の手からのがれ、天然のマングローブ林が残存している。一般に、サンゴ礁やマングローブは魚介類の産卵、生育の場として考えられ、熱帯や亜熱帯では極めて重要である。

本研究ではマングローブ林が水棲生物に果たす役割について食物網を通して明かにした。

1998-2000年にかけて、湾側のチャンタナブリー県にある Khung Krabaen 湾ならびにアンダマン海側でミャンマーの国境に近いのラノン県

Klong Ngao に生育するマングローブについて、葉、水、泥、ベントス、魚を採取した。これら総試料およそ千について、C、N、安定同位体 (C、N) を測定した。

Khung Krabaen 湾は $4.6 \times 2.6 \text{ km}^2$ の大きさで、湾奥の沿岸は巾 500-800 m のマングローブ域 (264ha) である。その背後には多数のエビ養殖地があり、その総面積は 160ha である。マングローブ前面の底土の一部は海草 (*Enhalus acoroides*) や藻 (*Gracilaria sp.*, *Laurencia sp.*) が生育している。10種のマングローブの葉 (緑色、枯死した黄色) について、緑色、黄色の C/N 比はそれぞれ 28-47, 78-130 と両者間には大きな差がみられる。これは蛋白質の窒素が分解によって消失したのが主な理由だと考えられる。しかしながら、 $\sigma^{13}\text{C}$ 値については緑色と黄色との差はみられず、種による変動はみられるものの -28.3 ~ -32.8‰ であり、緑色、黄色の葉の平均値はそれぞれ -28.7 ± 1.6 , -30.2 ± 1.3 でフラクショネーションはみられない。一方、マングローブ底泥の C/N 比は約 15 でマングローブのそれとは大きな差がみられ、C/N 比からではマングローブ底泥の有機物起源を推測することは困難である。一方、 $\sigma^{13}\text{C}$ 値は -26.3‰ で葉より数% ポジティブである。これは底泥で炭素のフラクショネーションが生じていることから考えると、マングローブ底泥の有機物起源は落ち葉といえる。マングローブ前面、湾口、湾外について、底泥の $\sigma^{13}\text{C}$ はそれぞれ -15.1 ± 1.3 , -19.2 ± 0.36 , -17.5 ± 0.46 ‰ であった。これらの有機物起源は海草 (-15.6 ± 1.0 ‰)、プランクトン (-20.6 ± 0.7 ‰) によるものである。

この湾ではエビ養殖池の排水によって湾が汚染されていない。このことは、海水中の栄養塩の分析値からも明らかである。その理由の一つとして、マングローブ林が排水を浄化しているのではないかと推定される。マングローブの葉と底土の $\sigma^{15}\text{N}$ はそれぞれ 5.2 ± 0.77 , 5.2 ± 0.88 ‰ であった。一方、アングマン海側で自然が保全されているラノン県 Klong Ngao での葉と底土の $\sigma^{15}\text{N}$ はそれぞれ 3.7 ± 0.43 , 3.7 ± 0.27 ‰ で、明らかにエビ養殖池が存在する Khung Krabaen 湾の方がポジティブであった。エビの餌の $\sigma^{15}\text{N}$ は 7.3 ± 0.90 ‰ で著しくポジティブであり、葉はよりポジティブな $\sigma^{15}\text{N}$ 値を有する排水の無機態窒素を同化するため、Klong Ngao に比べよりポジティブになっているものと推定される。定量的な議論は現在のところ困難であったが、定性的にはマングローブ林が排水を浄化しているものと思われる。

次にマングローブ内での食物網についての結果を示す。高次捕食者になると、 $\sigma^{15}\text{N}$ は数% ポジティブになるが、 $\sigma^{13}\text{C}$ は一般的には変動が小さい。各々の $\sigma^{13}\text{C}$ 、 $\sigma^{15}\text{N}$ から次ぎの結果が得られた。マングローブの葉や底土に含有される葉とプランクトンの死骸をカニ (*Sesarma mederi*) や魚

(*Scatophagus argus*) が捕食する。一方、魚 (*Valamugil seheli*, *Leiognathus splendens*) は着床藻類を、多毛類(Benthic worms)、カニ (*Uca vocans*)、貝 (*Sinotaia ingallsiana*) はデトリタスを、エビ (*Metapenaeus ensis*, *Penaeus indicus*, *Penaeus merguensis*) や、貝 (*Crassostrea commercialis*) はプランクトン、魚 (*Ambassis commersoni*, *Sillago sihama*)、大型カニ (*Scylla serrata*) は小型のカニ、エビ、貝を摂取する食物網が成り立っていた。これまでタイでは、食物網について試料の消化管の内容物を調べる方法をとっていたが、消化が進むこと、小型のエビ等では摂取している餌の判別は困難であった。

アンダマン海側に位置するラノン県 Klong Ngao マングローブ域における食物網の結果を示す。6種のマングローブ葉を摂取、底土、懸濁物質、魚、エビも同様に採取した。魚 (*Leiognathus splendens*, *Scatophagus argus*, *Valamugil speigleri*) はマングローブの葉を摂食しているが、エビ (*Penaeus indicus*, *Penaeus merguensis*) はプランクトンを摂取していた。このエビを魚 (*Stolephorus indicus*, *Ambassis commersoni*, *Dasyatis imbricatus*, *Lactarius lactarius*) が摂取し、これらの魚を *Plotosus canius*, *Thryssa mystax*, *Otolithes ruber* の魚が摂取する食物網が成り立っていた。両マングローブを通して、一連の食物網での炭素源はマングローブの葉とプランクトンであることが明らかとなった。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 松 永 勝 彦
副 査 教 授 中 尾 繁
副 査 助 教 授 築 田 満

学 位 論 文 題 名

Stable isotope analysis of organic matter sources and food web structure of mangrove ecosystems in Thailand

(タイのマングローブ域における有機物の起源並びに食物網に関する研究)

マングローブ林とは、熱帯や亜熱帯の河口域や入り江等の潮間帯で群落をなしている耐塩性の樹木群落である。

マングローブ林は防波、防潮、海岸浸食を防ぐ等の海岸保全、魚介類の産卵、生育の場として極めて重要であるにもかかわらず、世界に生育するマングローブ林のおよそ半分は伐採された。その主な理由として、エビ養殖場、リゾート地の造成、薪炭や家屋建築材等によるものである。世界のマングローブ樹木種はおよそ100種といわれているが、種の数や優占種は地域によって異なっている。

タイのマングローブは約74種といわれている。その分布はタイ湾(Gulf of Thailand)とアンダマン海側の両方にあるが、湾側のマングローブ林は都市開発、リゾート地、エビ養殖場等のため、70%以上が消滅している。一方、アンダマン海側ではスズの採鉱や一部エビ養殖場のため、消滅している地域も存在するが、大部分は開発の手からのがれ、天然のマングローブ林が残存している。

本研究ではマングローブ林が水棲生物に果たす役割について食物網を通して明らかにすることを目的とした。

1998-2000年にかけて、湾側のチャントナブリー県にある Khung Krabaen 湾ならびにアンダマン海側でミャンマーの国境に近いラノン県 Klong Ngao に生育するマングローブについて、葉、水、泥、ベントス、魚を採取した。これら総試料およそ千について、C、N、安定同位体 (C、N) を測定した。

Khung Krabaen 湾におけるマングローブ前面の底土の一部は海草(*Enhalus acoroides*)や藻(*Gracilaria* sp., *Laurencia* sp.)が生育している。10種のマングローブの葉(緑色、枯死した黄色)について、緑色、黄色の C/N 比はそれぞれ 28-47, 78-130 と両者間には大きな差がみられる。これは蛋白質の窒素が分解によって消失したのが主な理由と考えられる。しかしながら、

$\sigma^{13}\text{C}$ 値については緑色と黄色との差はみられず、種による変動はみられるものの-28.3 ~ -32.8‰であり、緑色、黄色の葉の平均値はそれぞれ-28.7 ± 1.6, -30.2 ± 1.3 でフラクショネーションはみられない。一方、マングローブ底泥の C/N 比は約 15 でマングローブのそれとは大きな差がみられる。それゆえ、C/N 比からではマングローブ底泥の有機物起源を推測することは困難である。一方、 $\sigma^{13}\text{C}$ 値は-26.3‰で葉より数‰ポジティブである。これは底泥で炭素のフラクショネーションが生じていることから考えると、マングローブ底泥の有機物起源は落ち葉といえる。マングローブ前面、湾口、湾外について、底泥の $\sigma^{13}\text{C}$ はそれぞれ-15.1 ± 1.3, -19.2 ± 0.36, -17.5 ± 0.46 ‰であった。これらの有機物起源は海草 (-15.6 ± 1.0 ‰)、プランクトン(-20.6 ± 0.7 ‰)によるものである。

次にマングローブ内での食物網についての結果を示す。々の $\sigma^{13}\text{C}$ 、 $\sigma^{15}\text{N}$ から次の結果が得られ高次捕食者になると、 $\sigma^{15}\text{N}$ は数‰ポジティブになるが、 $\sigma^{13}\text{C}$ は一般的には変動が小さい。各れた。マングローブの葉や底土に含有される葉とプランクトンの死骸をカニ (*Sesarma mederi*) や魚 (*Scatophagus argus*) が摂取する。一方、魚 (*Valamugil seheli*, *Leiognathus splendens*) は着床藻類を、多毛類等(Benthic worms)、カニ (*Uca vocans*)、貝(*Sinotaila ingallsiana*)はデトリタスを、エビ(*Metapenaeus ensis*, *Penaeus indicus*, *Penaeus merguensis*) や、貝 (*Crassostrea commercialis*)はプランクトン、魚 (*Ambassis commersoni*, *Sillago sihama*)、大型カニ (*Scylla serrata*) は小型のカニ、エビ、貝を摂取する食物網が成り立っていた。

これまでタイでは、食物網について試料の消化管の内容物を調べる方法をとっていたが、消化が進むこと、小型のエビ等では摂取している餌の判別は困難であった。しかし、同位体測定では、三種のエビの食性を明かにすることが出来た。

アンダマン海側に位置するラノン県 Klong Ngao マングローブ域における食物網の結果を示す。魚 (*Leiognathus splendens*, *Scatophagus argus*, *Valamugil speigleri*) はマングローブの葉を摂食しているが、エビ (*Penaeus indicus*, *Penaeus merguensis*) はプランクトンを摂取していた。このエビを魚 (*Stolephorus indicus*, *Ambassis commersoni*, *Dasyatis imbricatus*, *Lactarius lactarius*) が摂取し、これらの魚は *Plotosus canius*, *Thryssa mystax*, *Otolithes ruber* の魚が摂取する食物網が成り立っていた。

本研究によって、マングローブでの生物生産が高いのはマングローブの落葉を炭素源とする食物網がなりたっていることを安定同位体の測定により明らかにした。よって、審査員一同は申請者が博士(水産科学)の学位を授与される資格のあるものと判定した。