西表島ウダラ川河口域におけるミナミトビハゼ *Periophthalmus argentilineatus*による 炭素、窒素、リンの同化量について

Assimilation of Carbon, Nitrogen and Phosphorus by Mud-Skipper *Periophthalmus argentilineatus* in the Iriomote Island Udara River

上野淳一¹、河野裕美²、西村 修³、木村賢史⁴

¹東海大学海洋学部／〒424-8610 静岡市清水区折戸3-20-1

²東海大学沖縄地域研究センター／〒907-1541 沖縄県八重山郡竹富町字上原870-277

³東北大学大学院工学研究科土木工学専攻／〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06

⁴東海大学海洋学部海洋生物学科／〒424-8610 静岡市清水区折戸3-20-1

JUNICHI UENO¹, HIROYOSHI KOHNO², OSAMU NISHIMURA³, and KENSHI KIMURA⁴

¹Department of Marine Biology, Tokai University

/ 3-20-1, Orido, Shimizu, Shizuoka, 424-8610, Japan

²Okinawa Regional Research Center, Tokai University

/ 870-277, Uehara, Taketomi, Yaeyama, Okinawa, 907-1541, Japan

³Department of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

/ 6-6-06, Aoba, Sendai, 980-8579, Japan

⁴Department of Marine Biology, School of Marine Science and Technology Tokai University

/ 3-20-1, Orido, Shimizu, Shizuoka, 424-8610, Japan

Abstract

Distribution records and ecological studies of mangrove animals were investigated in the tidal flat and mangrove. However, few studies have assessed the influence of these animals on the surrounding environment. For clarifying the effect of mangrove animals on material balance, we examined the resource amount of the mudskipper *Periophthalmus argentilineatus* and its amount of assimilation of C,N,P. The mudskipper, *P. argentilineatus* inhabits the intertidal zone and is active on tidal flat surfaces during low tides. Between 2004 and 2007, we found that the population level of this species collected at the Udara River Estuary, Iriomote Island, increased each year. Juvenile fish represented 78–87% of the total captured fish. It is suggested that our investigation conspired at juvenile fish's land life shift time. Efficiency of the amount food of mudskipper were approximately 2.3–6.5%, which was noticeably lower than that of the other fish species. Fish's assimilation of C,N,P in 3 years that study area is 33~833gC, 8~215gN, 2~43gP, we suspected that this was related to the population growth. The C,N,P assimilation by *P. argentilineatus* were comparatively low, suggesting high energy expenditure by this species because it lives in a tropical area.

Key Words : Assimilation, Mud-Skipper, Food web, Mangrove, Tidal flat

1. はじめに

沿岸域は砂浜、干潟、サンゴ礁、藻場、マングローブ林等から成り立っており、それぞれに特有の生態系を形成し、種の多様性に寄与している。このうちマングローブは熱帯、亜熱帯の河口域などに発達し、水域、陸域、空域の多様な生物が互いに干渉し合って独自の自然環境、すなわちマングローブ生態系を作り出しており、複雑な食物連鎖により、優れた自浄機能を発揮している場である。また、貧栄養な熱帯、亜熱帯海域の中では比較的有機物の生産性が大きく、マングローブ林からの落葉、落枝などの有機物を起源とするデトリタス食物連鎖が形成されているのも、この生態系の特徴である。

マングローブ林から供給される粒子態有機物は非常に多く¹⁾、これらは堆積物中に蓄積、分解され、溶存態有機物や栄養塩類となり再びマングローブや生物の餌資源として利用されると同時に外洋に輸送され一次生産にも貢献している。よって、マングローブ水域における物質収支のメカニズムを明らかにすることは、マングローブ林や、周辺海域における生態的な環境特性を把握する上で極めて重要である。これまで西表島においては、河川に関する水質の物理化学的特性²⁾やマングローブ林内の堆積環境^{3,4)}などの研究事例があるが、マングローブ域に生息する生物の役割についての報告は少ない⁵⁾。また、干潟やマングローブ域に生息する生物の生態に関わる研究や干潟の浄化機能に関する報告は多く見られるが⁶⁻⁹⁾、そのほとんどがバクテリア、底生生物、海藻藻類などの浄化主体であり、魚類について検討した事例は少ない。

そこで、マングローブ域に生息する生物が、どの程度物質収支に寄与しているのか把握するため、本研究では一生の多くをマングローブ域で過ごし、比較的同一エリア内で成長するミナミトビハゼ *Periophthalmus argentilineatus* を対象生物として、資源量調査と室内飼育による同化速度実験を実施することによりミナミトビハゼのC(炭素)、N(窒素)、P(リン)の同化量を求めた。なお、ミナミトビハゼによる同化量とは餌中のC、N、Pを摂餌によって体内に取り込み、同化した量と定義した。

2. 材料と方法

2.1.1 調査地の概要

調査は、沖縄県八重山諸島西表島西部の網取湾奥に位置するウダラ川(全長約2.4km、流域面積約2.3km²)の河口域にて実施した(Fig. 1)。西表島は沖縄本島より南西約430km(24°20'N 123°50'E)に位置し、沖縄県では本島に次いで大きく、約289km²の面積を有している。西表島のマングローブ林は国内最大の分布面積を誇り、調査対象地として選定したウダラ川河口域においてもオヒルギ *Bruguiera gymnorhiza* とヤエヤマヒルギ *Rhizophora stylosa* を主体に大群落が形成されている(Fig. 2)。ウダラ川における調査実験は2004年、2006年、2007年の3カ年で各年7～9月の3ヶ月間実施した。

2.1.2 調査対象種の概要

ミナミトビハゼ *Periophthalmus argentilineatus* (Fig. 3) は、スズキ目 *Percoiformes* ハゼ亜科 *Gobioidae*、ハゼ科 *Gobiidae*、トビハゼ属 *Periophthalmus* に属し、日本では奄美大島以南の南西諸島に広く分布している。生息環境は、汽水域であり、潮の干満によって水面の高さ

Fig.1 Map showing the location of the study area. The area of the experiment was the estuary of the Udara river. (24°19'N, 123°42'E)

Fig.2 Figure showing the tidal flat and mangrove area in the estuary of the Udara River. The Udara river environment consists of the wide mangrove forest, small creek and the tidal flat.

Fig.3 Figure showing the Mud-Skipper *Periophthalmus argentilineatus* lives in the estuary of the Udara river.

が変動する干潟やマングローブ林床内から水際にかけて生息している。魚類でありながら水中を苦手として陸上生活を行う両性魚類であり、陸上では鰓呼吸だけではなく皮膚呼吸も可能である。干潮時には頻繁に浅瀬で腹面を水に浸し、鰓のガス交換を行い、体表面の乾燥を防ぐために底泥上に体を倒すことで潤いを保つ行動を行う¹⁰⁾。トビハゼ *Periophthalmus modestus* の繁殖期が6月下旬～7月であるのに対し、ミナミトビハゼの繁殖期は3～7月中旬と非常に長い期間にわたっており、一生の繁殖期は1～3回と考えられている¹¹⁾。ミナミトビハゼの寿命は地域によって1～6年と大きく差があるが約3年で一生を終える個体が多いという報告がある¹²⁾。ミナミトビハゼは基本的に小型甲殻類や多毛類等を好んで食す肉食性であり、個体サイズによって摂食する対象が異なることが示されている¹³⁾。ミナミトビハゼの胃内容物を調査した研究では、全長20～50mmの個体はカイアシ類や端脚類を主に摂食し、 L_T (60～90mm) となると端脚類の割合が減少し、多毛類と甲殻類の占める割合が大きくなる傾向が見られている。さらに大型個体 L_T (100～130mm) となると胃内容物は甲殻類（カニ類）が優占するという報告がある¹³⁾。

2.2 資源量調査

ウダラ川に生息するミナミトビハゼの資源量を把握するためにサイズ群別資源量調査を実施した。ミナミトビハゼの採集方法を試行錯誤して検討した結果、小型個体は玉網を用いて、大型個体は玉網と釣竿を使用して竿の先に重りや疑似餌を付けて玉網の上で動かし、興味を示して近寄ってきた個体をすくい取る採集方法を採用した。なお、採集は本種の活動が最も盛んとなる大潮付近の干潮時に実施し、体長組成、体重を計測後、標識放流を3

ヶ年で8回実施した。

ミナミトビハゼは第一、第二背鰭を切除することでマーキングし、シュナーベル Schnabel 法（式1）を用いて個体サイズ群別資源量を推定した。本法は、①再捕した個体は殺さずに元へ戻すこと、②漁獲物中の未標識のものは全て標識することを原則としており、また、調査者自身が再捕と放流を繰り返すことができる場合に用いられるために、下式に基づき資源量を推定した。

$$N = (n_1 X_1 / x_1) X_1 + (n_2 X_2 / x_2) X_2 + \dots + (n_r X_r / x_r) X_r / (x_1 + x_2 + \dots + x_r) \dots \dots \dots (式1)$$

X: Label number of fish in resource of recapture

(再捕時の資源中の標識尾数)

n: Catch in number (漁獲尾数)

x: Recapture number of fish (再捕尾数)

2.3 室内飼育同化速度実験

本研究では、ミナミトビハゼの同化速度を把握する為に、自然環境下におけるミナミトビハゼの餌もアミ類 (*Neomysis* sp.) であることを前提に、これらを餌として与え室内飼育し、投餌量－残餌量から求めた摂餌量と定期的な体重測定、餌および飼育ミナミトビハゼ体内のC, N, P含有量を求めた。本種は個体の大きさによって同化速度に差があるため、稚魚 (L_T 40mm未満)、小サイズ (L_T 40～60mm未満)、中サイズ (L_T 60～80mm未満)、大サイズ (L_T 80mm以上) と設定した。飼育実験終了後、ミナミトビハゼと投餌した餌の乾重量1g当たりのC, N, P含有量を分析した。これらの分析結果からサイズ群別に1日当たりの成長量とそれぞれのC, N, P同化量を求めた。さらに、資源量調査で算出したミナミトビハゼの推定資源量から調査水域に生息するミナミトビハゼによる全C, N, P同化量を算出した。

2.4 マングローブ林からのC, N, P流入負荷量調査

マングローブ林内から河川に流入するC, N, P量を把握するため、ウダラ川流域におけるマングローブのリター量（落葉・落枝量）とその面積を求めることでマングローブ林から流出するC, N, P量を求めた。マングローブ林は、根から水分とともに体内に取り込んだ塩類を葉に蓄え落葉という形で排出している。マングローブ林の面積が大きくなると、林床に供給される落葉量（有機物量）は大きく、落葉を起点とする食物連鎖（物質の流れ）に大きな影響を与えていることが推測される。

そこで、マングローブ林床内に4×4m (16㎡) のネットを張り、1日当たりのリター量（落葉量）を計測後、

採取したリター中のC, N, P量を分析した。マングローブ林内では1年間を通してほぼ同じ量のリターが落下することから¹⁴⁾、調査期間は他の調査と同時期に行った。ウダラ川流域におけるマングローブ林の面積は、日本地図センターより入手したウダラ川流域の航空写真から求めた。

3. 結果および考察

3.1 個体サイズ群別の推定資源量

標識放流の結果から過去3カ年の推定資源量は、2004年で757尾、2006年4088尾、2007年8479尾と年々増加傾向を示し、資源量としては着実に増加していることが推察された (Table 1)。個体サイズ群別にみると稚魚 (L_T 40mm未満) が全体の78~87%を占めており、孵化後、沿岸海域で成長した稚魚が陸上生活に移行成長する時期に調査が合致したことがその原因として考えられる (Fig.

Table 1 Number of *Periophthalmus argentilineatus* sampling from 2004 to 2007 in Udara River.

Size of individual	Sampling year		
	2004	2006	2007
L_T (~40mm)	662	3,189	6,613
L_T (40~60mm)	51	245	509
L_T (60~80mm)	34	409	848
L_T (80mm~)	10	245	509
Total	757	4,088	8,479

Population amount was estimated by the method of Schnabel.

Fig.4 Changes of the size rate of the fish from 2004 to 2007 in the Udara river. Juveniles accounted for 87% (2004, N=757), 78% (2006, N=4088) and 78% (2007, N=8479) of the whole.

4)。ウダラ川の至近に位置し、網取湾に注ぐ小河川であるバンタ湊の河口域は通常、堆積土砂によって海と隔てられており、河川水が海へと流入しないが、台風や大雨時には増水の影響で堆積土砂に切れ込みが生じ、河川水が直接海へ流出するという特殊な環境である。本河川の河口域においてもミナミトビハゼは生息するが、河川が海に開通しない時期には本種の個体数は極めて少なくなり、開通すれば個体数が再び増加するなど、生息個体数が増減を繰り返し資源量が安定しない。一方、ウダラ川は気象に関係なく、常に網取湾に注いでいるため、一度海に下った仔魚は再び河川を遡上しやすく資源量が年々増加する傾向にあるのではないかと考えられる。

3.2 室内飼育実験による同化速度の把握

フィールドで採捕されたミナミトビハゼと室内飼育したミナミトビハゼの体長と体重の関係について Fig. 5 に示す。図を見る限り双方の結果は類似しているが、共分散分析を用いて解析した結果、双方の結果には有意な差がみられた ($P < 0.05$)。自然界では常に飽食状態にいることは稀であるのに対して、室内実験では毎日飽食状態で餌を与えたため、単位体長当たりの体重がわずかに室内実験個体のほうが高い傾向が見られた。しかしながら、室内実験条件が成長阻害とはなっておらず、データとしては使用できるものと判断した (Fig. 5)。この条件下で飼育実験を約1ヶ月間/年の頻度で、3ヶ年実施した結果、1日当たりの個体サイズ別成長率は、大0.08~0.13%、中0.14%~0.20%、小0.23~0.59%、稚魚0.47~5.68%となり、個体サイズが小さくなるほど成長効率は高くなる傾向がみられた (Fig. 6)。この傾向は、シベリアア Chow ザメ *Acipenser baeri* や *Mystus nemurus*, *Hippoglossoides*

Fig.5 Relationship between total length and body weight of laboratory (N=48) and field (N=428) experiments.

Fig. 6 Changes of growth rate of fish per day from 2004 to 2007 according to size.

*pinetorum*でも一般的にみられている^{15)~17)}。また、イシガレイ *Kareius bicoloratus* については河口・干潟域に分布する稚魚ほど成長率が高いと報告されており^{18),19)}、干潟に生息するゴカイ類でも他魚種と同様に、小型個体ほど摂食量が多いことが示されている²⁰⁾。マングローブ域を含む河口・干潟域は潮汐の影響を大きく受けるなど生息環境としては厳しいが、比較的豊富な餌生物や隠れ場に恵まれていることなどから捕食者から回避できるという点においてマングローブ河口域は、生育場として有効に機能していることが推察できる。

ミナミトビハゼの1日あたり餌量効率(摂餌によって成長した割合)は、3カ年の室内実験における平均では、2004年で5.6%、2006年6.5%、2007年2.3%であったことから、ミナミトビハゼの餌量効率は2~6%程度と考えられる(Fig. 7)。なお、室内実験実施期間中の平均気温は28.2℃であった(気象庁)。

チョウザメ科のシベリアアヒ *Acipenser baeri* は水温26℃の飼育条件下で餌量効率は体重30gの個体が2.5~3.0% (BW/day)、体重1736gでは1.3~1.55% (BW/day)であると報告されており、体重の増加に従って餌量効率は減少し、小型魚ほどより高い摂食量を必要とするとして¹⁵⁾。また、*Mystus nemurus* (ギギ科)の餌量効率は水温29℃の飼育条件下で体重12~35gの個体が2.5% (BW/day)とされており、小型魚は同様の飼育条件下で大型魚より高い摂食量を必要とするものの、体重の増加に伴い、飼料消費量は減少するという報告がある¹⁶⁾。これらと比較すると、ミナミトビハゼの餌量効率は2.3~6.5%とやや高いものの、近縁種であるマハゼ

Fig. 7 Relationship between mudskipper's efficiency of amount of food per day from 2004 to 2007 and *Acanthogobius flavimanus*.

*Acanthogobius flavimanus*の餌量効率が22~24%程度²¹⁾であることを考慮すると、ミナミトビハゼの餌量効率は非常に低いことが分かる。マハゼの寿命は概ね1年(冬眠4ヶ月/年)であり最大体長12cm、体重20gと仮定すると、1日の成長量は $20\text{g}/240\text{日} = 0.08\text{g}$ であるのに対し、ミナミトビハゼの寿命は約3年(冬眠1ヶ月/年)で最高体長11cm、体重8.12g(今回の調査結果より)とすると、 $8.12\text{g}/990\text{日} = 0.008\text{g}$ となり1日の成長速度はマハゼの1/10と低いことがわかる。寿命が1年のマハゼは、1年以内に成熟し子孫を残すための繁殖活動に必要なエネルギーを蓄えることができるのに対して、ミナミトビハゼは寿命が約3年と長い。これは生息環境が熱帯・亜熱帯で温度が高いことから代謝エネルギーの消費量が大きく、成長・成熟するのに時間を要するため、進化の過程で種の維持という点から寿命が延びたのではないかと推測される。したがって、餌量効率もマハゼに比べてミナミトビハゼが低くなったと考えられる。

飼育実験終了後、ミナミトビハゼと投餌した餌のC, N, P含有量を分析した結果、ミナミトビハゼに含有される3カ年のC, N, P量は、いずれの個体サイズも389~610mgC/g, 78~101mgN/g, 12~43mgP/gと僅かながら年変動を示しつつも概ね安定した含有量を示した。その際、投与した餌に含有されるC, N, P量は366~482mgC/g, 74~95mgN/g, 56~125mgP/gであった(Table 2)。

室内実験における2007年度のミナミトビハゼのC, N, P同化量は、個体のサイズに比例して大きくなることが分かりC, N, P同化構成比は3年間の平均でみるとC:N:P=20:5:1であった。干潟に生息する主な底生生物

Table 2 Changes of the amount of C,N,P contained in the fishes and foods from 2004 to 2007.

	2004		2006		2007	
	Fish [†] (mg/g) (Ratio [§])	Food [‡] (mg/g) (Ratio)	Fish (mg/g) (Ratio)	Food (mg/g) (Ratio)	Fish (mg/g) (Ratio)	Food (mg/g) (Ratio)
C	403 (16)	387 (3.1)	610 (14)	482 (8.4)	389 (32)	366 (6.5)
N	101 (4)	89 (0.7)	78 (2)	74 (1.3)	100 (8)	95 (1.7)
P	25 (1)	125 (1)	43 (1)	57 (1)	12 (1)	56 (1)

[†] Mean value that contains all sizes of fish. (2004:N=19, 2006:N=14, 2007:N=10)

[‡] The food given by the laboratory experiment was a *Neomysis* sp.

[§] C,N and P assimilation composition ratio to P=1.

のC, N, P構成比をみると、二枚貝類 (50:11:1)、多毛類 (35:7:1)、甲殻類 (42:7:1) である。ミナミトビハゼの餌となる多毛類と甲殻類のC, N, P構成比と比べてみるとCが1.7~2.1倍、Nが1.4倍と高いことが分かる²²⁾。また、マハゼ (17:5:1) とミナミトビハゼ (20:5:1) のC, N, P構成比が比較的類似していることが判った。成長によって同化した炭素、窒素、リン量は少量であったため、摂餌によって体内に取り込まれた炭素、窒素、リンの多くは、糞や呼吸によって排出されたものと考えられる。各動物による同化量の違いは、摂食する餌生物が異なることも原因の一つとして考えられる。他魚種を扱った飼料原料別成長試験では、餌原料の違いによって餌料効率および同化量が変化することが報告されている²³⁻²⁵⁾。当実験では餌としてアミ類を与えたが、自然界ではアミ類やヨコエビ類の他に、干潟に生息する稚ガニやゴカイ類などの小型底生動物を主に捕食するため、自然界での同化量と必ずしも同一にならない可能性はあるが、実験条件などから判断して大きな違いはないものと考えられる。

調査水域全体の1日あたりのミナミトビハゼによるC, N, P同化量は3ヵ年でみると33~833gC, 8~215gN, 2~43gPと大きく変動する結果となった (Fig. 8)。これは、調査水域におけるミナミトビハゼの資源量が2004年から2007年にかけて11.2倍と飛躍的に増加したことが原因として考えられる。ミナミトビハゼによるC, N, P同化量は小さいものであったが、本種の生息地が亜熱帯であることから、摂取したエネルギーの多くが代謝量として消費され、C, N, Pの同化量が低く抑えられていることが考えられる。

Fig. 8 Amount of assimilation in the study area from 2004 to 2007 by fish per day.

3.3 マングローブ林からのC, N, P流入負荷量調査

マングローブから落葉として流出するC, N, P負荷量に対するミナミトビハゼのC, N, P同化寄与率を求めるために、ウダラ川河口域のマングローブ林から落葉により流出するC, N, P流出負荷量を算出した。その結果、1日あたりの16m²におけるリター量は2004年18.464g-dry/day, 2006年13.494g-dry/day, 2007年15.98g-dry/dayであった。なお、2007年のリター量については、リターを回収するネットが満潮時に海水に浸かり、リターが流出した為、1日当たりの16m²におけるリター量は2004年および2006年のデータを平均し15.98 g-dry/dayとした。リター乾燥重量1g中のC, N, P含有量は426.9mgC/g, 3.16mgN/g, 0.13mgP/gであった (Table 3)。

ウダラ川流域におけるマングローブ林の分布面積は2004年度の調査結果から約24,600m²となり、約20年前 (1984年) の同地域の面積 (約19,000m²) と比較すると5,600m²増加していることが分かった。その増加量は1年で約280m²と推測されることから、2006年 (約25,160m²)、

Table 3 The amount of C, N, P content in litter and flow from a mangrove.

Elements	Litter lg (mg/g)	Amount contained in litter and a mangrove		
		Mangrove (g-dry/day)		
		Year		
		2004	2006	2007
C	426.9	12119	9059	10847
N	3.16	89.7	67.1	80.3
P	0.13	3.7	2.8	3.3

2007年(約25,440m²)と計算された。

マングローブ林16m²の1日当たりのリター量と分布面積より、1日当たりのウダラ川流域におけるリター量は2004年:28388g-dry/day、2006年:21219g-dry/day、2007年:25408 g-dry/dayと算出され、リター1g中に含有されるC、N、P量の結果より、1日当たりのマングローブ林から流出するC、N、P量を求めると、9059-12119gC/day、67.1-89.7 gN/day、2.8-3.7gP/dayであった(Table 3)。

マングローブ林からのC、N、P流入負荷に対するミナミトビハゼの同化比率を算出すると、C:0.3-7.7%、N:9.1-268%、P:58-1562%となり、とりわけN、Pの比率が高い結果となった。ミナミトビハゼはリターなどを餌として成長するカニやゴカイ等の底生動物を捕食し、食物連鎖ピラミッドでは二次消費者レベルに位置するためミナミトビハゼの体内に保有されるN、P量はマングローブのリターに含有される量に比べてはるかに高い値を示している。調査エリア内に生息するミナミトビハゼは、全体でマングローブから供給されるN、P量のNで最大約2日分、Pで約11日分の量を同化しており、マングローブ内における物質循環に少なからず寄与していると考えられる。

4. まとめ

ウダラ川流域に生息するミナミトビハゼの資源量とC、N、P同化量を算出し、本種がマングローブ水域の物質循環に果たす役割を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 調査水域におけるミナミトビハゼの資源量を把握するために標識放流調査を実施した結果、過去3カ年の推定資源量は、2004年で757尾、2006年:4088尾、2007年:8479尾と年々増加傾向を示した。このうち稚魚サイズは全体の78-87%を占めた。

- 2) 飼育実験を約1ヶ月間実施した結果、3カ年の1日当たりの個体サイズ別成長率は、大0.08-0.13%、中0.14-0.20%、小0.23-0.59%、稚魚0.47-5.68%となり、個体サイズが小さいほど成長効率は高くなるという一般的な生物の成長と同様の傾向がみられた。1日あたり餌量効率は、2004年では5.6%、2006年:6.5%、2007年:2.3%となり、マハゼに比べて餌量効率としては低い結果となった。この原因として、本種が亜熱帯気候に生息することから代謝によるエネルギー消費が大きいことが推察された。調査水域全体の1日あたりのミナミトビハゼによるC、N、P同化量は資源量の増加やトビハゼ体中のC、N、P含有量の値により3カ年では33-833gC、8-215gN、2-43gPと大きく変動する結果となった。
- 3) マングローブで落葉するリター量は1g-dry/day/m²となり、リター1g中には426.9mgC/g、3.16mgN/g、0.13mgP/g含有されていた。これらの値からマングローブ林から流出する一日当たりのC、N、P量を算出すると9059-12119gC/day、67.1-89.7 gN/day、2.8-3.7gP/dayと見積もられた。マングローブ林からのC、N、P流入負荷に対するミナミトビハゼの同化比率はC:0.3-7.7%、N:9.1-268%、P:58-1562%と、N、Pで高い割合になり、マングローブから供給されるN、P量のNで最大約2日分、Pで約11日分の量を同化していると見積もられた。

ミナミトビハゼの詳細な生態に関しては不明な点が多く、卵から孵化した稚魚がマングローブ域に再び侵入する経路なども明らかとされていない。成魚の生息環境がマングローブ域であることから、卵から孵化し、トビハゼ型に変態するまでの約1ヶ月間はウダラ川が流入する網取湾内で過ごし、外海まで拡散しないのではないかと考えられる。また、河口域に生息する魚類は一般的に移動能力が大きいので、干潟およびマングローブ域内に留まらず一過性の種が多いが、ミナミトビハゼは変態後、マングローブ域において一生を過ごす魚類であることから、マングローブ水域の生物による安定した浄化主体の一員として有力であることがいえる。

西表島に生息する大型巻貝であるキバウミニナは1日に約3gのヤエヤマヒルギの葉を食べるという報告がある²⁶⁾。直接摂取された葉の一部は消化吸収されてしまうが、一部は糞として排出される。糞は有機物含有率が高く、また波浪によって簡単に粉碎され細かい粒子となるので、小型のエビやカニ、貝、多毛類にとっては良好な餌となる。これらの底生生物はミナミトビハゼの餌とな

ることから、マングロープ水域に生息する生物は互いに食物連鎖の中でC, N, Pの挙動に大きく関与していると考えられる。マングロープ水域のC, N, Pの動態を解明することにより、マングロープ生態系の複雑な物質収支が明らかになると考えられる。

5. 謝辞

本研究を進めるに当たり、東海大学沖縄地域研究センターから研究教育助成をいただきました。研究の目標達成に大いに役立ち、ここに謝意を表します。

また、3年間にわたり沖縄地域研究センターで卒業研究の一環として現地データの収集等に努力していただいた水産学科水産資源開発課程2004年度卒業生 境 庸子氏、小林未紗氏、2006年度卒業生 水島由季子氏、今さやか氏、2007年度卒業生 朝倉淳也氏、堤 健太氏に深く感謝いたします。最後に、西表滞在中に学生の研究活動を支援していただきました東海大学沖縄地域研究センターの崎原 健 技術員および水谷 晃 技術員に心から感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 赤松良久, 池田駿介, 中嶋洋平, 戸田祐嗣: マングロープ水域における出水時の粒子態物質の輸送に関する研究. 土木学会論文集 No.768/ II -68, 179-191 (2004)
- 2) 安田訓啓, 佐藤義夫, 吉野美紀, 稲葉 章: 西表島の浦内川と浦内湾の物理的・化学的特性. 東海大学海洋研究所研究報告 25, 73-89 (2004)
- 3) 瀬戸浩二, 川畑幸子, 高津和人, 高安克己: 西表島ウダラ川河口におけるマングロープ沼の堆積環境. 汽水水域研究 LAGUNA 6, 273-282 (1999)
- 4) 羽川貴弘, 鈴木 款, 宮坂 均, 松井直弘: 石垣島マングロープ域堆積物における窒素化合物の動態. 静岡大学地球科学研究報 30, 17-25 (2003)
- 5) 増地 矢恵子: マングロープの微生物生態系とその役割. *Microbes and Environments*, Vol. 13, No. 4, 203-215 (1998)
- 6) 河口定生, 馬場繁幸: ミナミコメツキガニの摂餌孔による底質耕耘がマングロープ林の堆積環境に及ぼす影響. 九大農学芸誌, 第62巻, 第2号, 1-4 (2007)
- 7) 鈴木輝明: 干潟域の物質循環と水質浄化機能. 地球環境, 11(2), 161-171 (2006)
- 8) 諸喜田 茂充, 長井 隆, 藤田喜久, 成瀬 貴, 伊藤 茜, 長松俊貴, 山崎貴之, 新城光悦, 永田 有: マングロープ域の甲殻類の生態分布と生活史—大浦川マングロープ域と流入河川における甲殻類の生態分布と現存量—. (財) 亜熱帯総合研究所 (編), マングロープに関する調査研究報告書平成13 年度内閣府委託調査研究, 南風原印刷, 那覇, 73-86 (2002)
- 9) 李 正奎, 西嶋 渉, 向井徹雄, 滝本和人, 清水徹, 平岡 喜代典, 岡田光正: 自然および人工干潟における構造と有機物分解能の比較 —広島湾におけるケーススタディー. 水環境学会誌, 20(3), 175-184 (1997)
- 10) Jie Zhang, Taichi Taniguchi, Toru Takita, and Ahyaudin B. Ali: A study on the epidermal structure of *Periophthalmodon* and *Periophthalmus* mudskippers with reference to their terrestrial adaptation. *Ichthyological Research* 50, 310-317 (2003)
- 11) 池辺裕子, 仲里裕子: トビハゼとミナミトビハゼの繁殖. 生物の科学, 遺伝, 第54巻, 11号, 44-49 (2000)
- 12) G. Kruitwagen, T. Hecht, H. B. Pratap, S. E. Wendelaar Bonga: Changes in morphology and growth of the mudskipper (*Periophthalmus argentilineatus*) associated with coastal pollution. *Marine Biology* 149, 201-211 (2006)
- 13) G. Kruitwagen, I. Nagelkerken, B. R. Lugendo, H. B. Pratap and S. E. Wendelaar Bonga: Influence of morphology and amphibious life-style on the feeding ecology of the mudskipper *Periophthalmus argentilineatus*. *Journal of Fish Biology* 71, 39-52 (2007)
- 14) Ochiai. Y.: Research on Mangrove Forest Reserve, Malaysia. JIRCAS Newsletter No.16: 4 (1998)
- 15) F. RAD, G. K. KSAL, M. KINDIR: Growth Performance and Food Conversion Ratio of Siberian Sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) at Different Daily Feeding Rates. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 27, 1085-1090 (2003)
- 16) Ng, W. K., Wang, L. KIM-SUN, R. HASHIM and A. ALI: Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquaculture International* 8: 19-29 (2000)
- 17) 三原行雄: 北海道えりも以西太平洋海域に分布するソウハチの年齢と成長. 北海道立水産試験場研究報告, 63, 21-32 (2002)
- 18) M. Kirk D, Yoh Yamashita, Hideaki Yamada, T. Timothy E. Targett: Spatial and temporal patterns of juvenile stone flounder *Kareius bicoloratus* growth rates during and after settlement. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES* 131, 49-59 (1996)
- 19) Yamashita. Y., Osamu Tominaga, Hideki Takami and Hideaki Yamada: Comparison of growth, feeding and cortisol level in *Platichthys bicoloratus* juveniles between estuarine and nearshore nursery grounds. *Journal of Fish Biology*, 63, 617-630 (2003)
- 20) 栗原康, 稲森悠平, 土屋誠: 人工干潟の研究 (1) —汚泥捕食者としてのゴカイ (*Neanthes japonica*) の生態的特性—. 下水道協会誌, 17(191) (1980)
- 21) 木村賢史, 西村 修, 木幡邦男, 市村 康, 稲森悠平, 須藤隆一: 干潟のマハゼが水環境の改善に果た

- す役割 (2003) (未発表)
- 22) 環境庁水質保全局：瀬戸内海浅海域浄化機能基本調査報告書 (1994)
- 23) 金城清昭, 吉里文夫, 水谷亮介, 田辺 勝：ヤイトハタの給餌率と飼料種類に関する養殖試験 (ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業). 沖縄県水産試験場事業報告書, 137-142 (2007)
- 24) 熊丸敦朗：ナマズの養殖技術に関する研究—I ナマズの飼育特性について. 茨城内水試調研報, 36, 1-5 (2000)
- 25) 木本圭輔, 佐藤公一：モイストペレット, エクストルーダー飼料, および生餌を給餌したホシガレイの成長. 大分海水研調研報, 4, 1-8 (2003)
- 26) 土屋誠, 宮城康一：南の島の自然観察, 東海大学出版会, 神奈川, 194pp (1991)

(受付 2011.10.11)

(受理 2012.1.8)