

(56) 山口湾のアサリ生息阻害要因の検討

尾添 紗由美*・関根 雅彦・藤井 暁彦・浮田 正夫
今井 剛・樋口 隆哉

山口大学大学院 (〒755-8611山口県宇部市常盤台2丁目16番1号)

* E-mail: j013vn@yamaguchi-u.ac.jp

アサリ漁場が壊滅状態にある山口湾において、干潟再生事業の基礎資料とすることを目的に、アサリの保護放流実験、生態系モデル、潮流シミュレーションによりアサリの生息阻害要因の検討を行った。保護放流実験から、ナルトビエイの食害が大きいこと、食害がない場合、アサリの成育に最も適しているのは中潟であることが判明した。生態系モデルからは着底稚貝の多寡が重要であること、現段階ではナルトビエイの摂食速度に諸説あり、アサリ減少の原因がナルトビエイだと断定するには情報が不足していることが分かった。潮流シミュレーションからは、新地潟のアサリに寄与する産卵地は中潟西部、中潟に寄与するのは中潟そのものおよび海城、南潟に寄与するのは南潟そのものと推定された。

Key Words : short-neck clam, obesity index, current simulation, ecosystem model

1. 研究背景および目的

樫野川河口域から阿知須、岩屋にかけての山口湾は、西瀬戸内地域有数の広大な干潟が広がり、日本の重要湿地500に選定されるなど、全国的にも非常に重要な干潟環境である。その一方で、図-1に示すようにアサリ漁獲量は激減している。また、それに反比例するようなカキ殻の堆積をはじめとした生態系の改変が発生しており、自然再生協議会などによる干潟再生事業が展開されようとしている。

山口湾は、図-2に示すように、樫野川河口に位置する中潟、土路石川河口に位置する新地潟、長沢川河口に位置する南潟という3つの主要な干潟を持ち、過去には

それぞれでアサリの漁場が成立していたが、現在はまったく漁獲されておらず、中潟にはカキ殻の被度40%以上の区域が36haに渡って広がっている。

アサリの激減に関しては、農薬などの微量有害物質による水質汚染、下水道整備などに伴う栄養分の減少、干潟泥分の増加、ナルトビエイによる食害、カキとの競合など、種々の原因が推測されている。山口県が現地調査や文献調査等によりとりまとめた報告¹⁾によれば、中潟の泥分は47~89%、IL3.2~7.4%、新地潟、南潟の泥分は15~40%、IL1.3~3.6%であり、アサリ成貝に適した条件とされる泥分30%以下、IL6~12%と比べると、中潟は泥分が多すぎ、新地潟、南潟は有機物不足のように思われる。図-3の山口湾の泥分の推移からも、中潟におけ

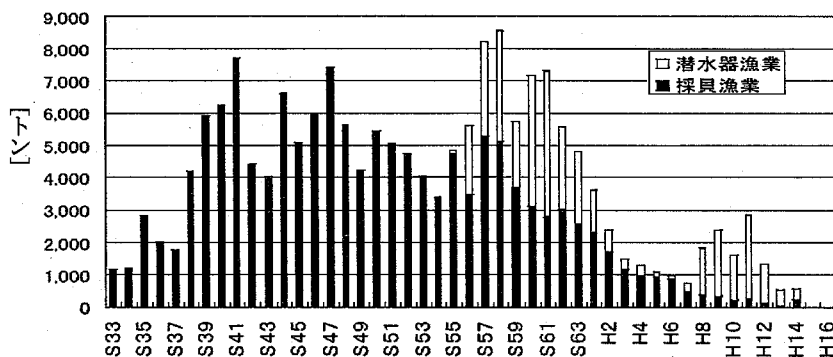


図-1 アサリ漁獲量の推移

る細泥化の進行が読み取れる。一方、主要流入河川である榎野川流域のBOD発生負荷量は昭和63年の4889トン／年が平成14年には2590トン／年に半減、T-Pは153トン／年から15%減少したものの、海水の影響を受ける榎野川河口干潮域の全窒素濃度は1.0mg/Lから1.5mg/L、全リンは0.10mg/Lから0.13mg/Lにそれぞれ増加、湾口部のクロロフィルa濃度は昭和56年以降横ばいであるなど、湾内の水質濃度からは栄養分が減少している証拠は読み取れない。カキ殻の堆積については、本来カキは泥分の多い干潟面に好んで生息する生物ではないことから、アサリとの競争に勝ったというよりは、アサリが漁獲されなくなり、干潟面の攪乱が少なくなったために堆積しやすくなったと考えられている。

以上のように、山口市においてアサリにとって明確に悪化した環境条件は中潟の泥分だけであることから、山口市は平成16年度より、干潟泥の上下置換、カキ殻の粉碎、覆砂など、専ら干潟粒度分布の改善を目指した事業を展開している²⁾。しかしながら、既に懸念されている項目だけ見ても、ナルトビエイの食害や微量有害物質の影響はまったく検討されておらず、栄養分不足についても新地潟、南潟の低ILなどの要素もあり、完全に否定されたわけではない。さらに、南潟などでは稚貝の定着は相当数見られるものの夏を越えないという報告もあり、地盤高が不適となっていることも考えられる。

そこで本研究では、干潟再生事業に対して示唆を与えることを目的に、これまで検討が不十分であったアサリの食害状況と水質や栄養分の適否を確認するためのアサリの保護放流実験を実施した。またその結果を受けて、簡単な生態系モデルによるアサリ幼生の着底とナルトビエイの食害の影響の検討、潮流シミュレーションによるアサリ幼生供給源の検討を行った。

2. アサリ保護放流実験

(1)実験目的

本実験では、ナルトビエイやツメタガイ、アカニシなどの食害生物から保護された区画と保護されていない区画を近接して現地に設置し、それぞれのアサリの生残率を比較することで、食害の有無とその程度を確認する。また同様の調査を異なる地点で実施し、保護された区画のアサリの生残率や肥満度を比較することで、水質や栄養状態がアサリに影響を与えているかどうかを考察する。

(2)保護放流実施地点

保護放流実施地点として設定した、きらら浜自然観察公園内の人工干潟(以後自然公園とする)、中潟、幸崎、

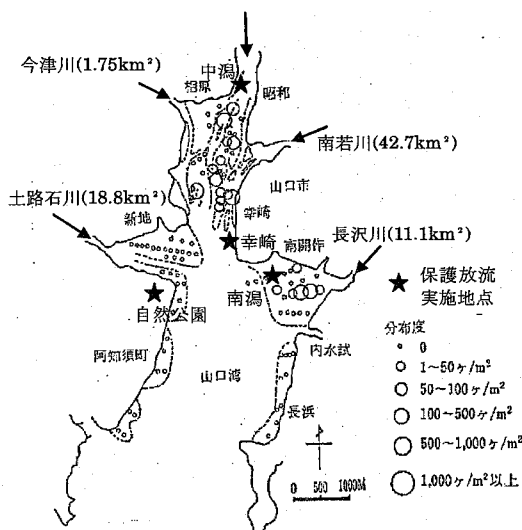


図-2 保護放流実施地点
(実線：海岸線，点線：干潟前縁面)

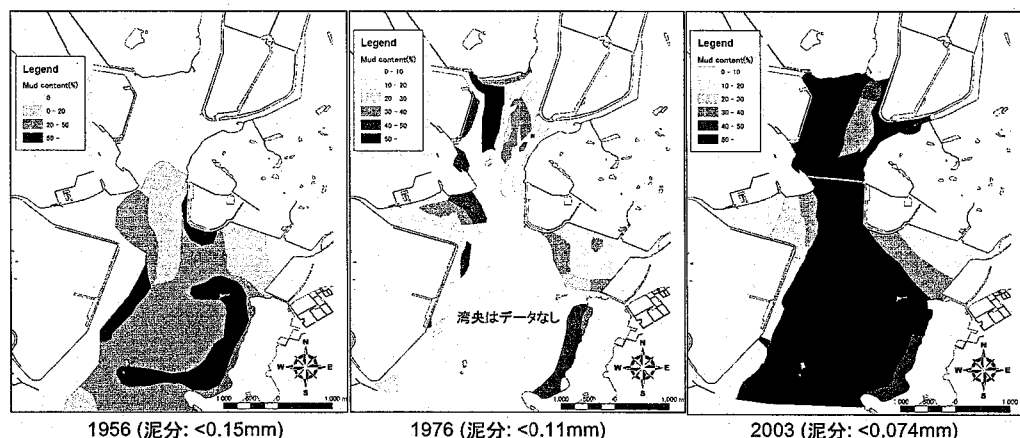


図-3 山口湾の泥分の推移

南潟の4地点を図-2に示す。自然公園は山潟湾の海水を導入しており、同じ水質で現在アサリが共生している地点として選定した。泥分ではなく水質や栄養分の違いに注目するため、各地点とも泥分がアサリの生息に不適にならないよう注意した。また、栄養を摂取できる時間や高温にさらされる時間の条件を揃えるため、人為的に水位変動を制御している自然公園以外は、できるだけ地盤高が同じになる地点を選定するよう努めた。上げ潮汀線が達した時刻から推定した各地点のDLと8月の冠水率(水中に没している時間の割合)、湿式ふるい分けにより求めた泥分率を表-1に示す。泥分率は幸崎、南潟が生息下限付近、冠水率は自然公園の値が他と比べて低くなっている。

表-1 調査地点データ

	自然公園	中潟	幸崎	南潟
地盤高(D.L)(cm)	180	64.0	93.0	85.0
冠水率	0.60	0.98	0.91	0.93
泥分率(%)	A	2.01	11.8	26.8
	B	2.14	12.3	28.6

A:沿岸環境調査マニュアルより(63 μm)

B:土木用語辞典より(75 μm)

(3)実験方法

実験は平成17年6月初旬から9月中旬に行った。6月8日に図-4に示すように1地点につき50cm四方のコドラートを5カ所設置し、それぞれ100個体の3cm程度のアサリを散布した後、4カ所については9mm目合い50cm四方の網で保護・養成した。またアサリの生息深度に温度ロガー(HOBO社Tidbit)を埋設し、実験全期間に渡って10分毎の温度を記録した。1ヶ月おきに網を設置してあるコドラートのうちの1ヶ所からアサリを回収し、その中から無作為に10個体取り出し殻長・殻高・殻幅・体重・軟体部湿重量・成熟度・生残率を測定した。測定結果を用いて式(1)より肥満度を求めた。また、網を設置していないコドラートは生残個体数を計数後、元に戻した。個体数が減少していた場合には、網を設置したコドラートの回収個体を用いて補充した。

肥満度=軟体部湿重量/(殻長×殻幅×殻高)×10⁶ …(1)

(軟体部湿重量:g, 殻長・殻幅・殻高:mm)

(4)結果と考察

アサリの生残率を図-5に示す。網の無いコドラート

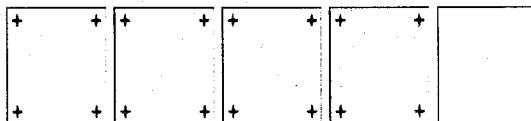


図-4 コドラートの設置方法

では自然公園以外は低い生残率となり、特に中潟では7月以降に毎月0%に近い値となった。アサリの殻が粉々に割られ、調査地点がくぼんでいるなどの周辺状況から、ナルトビエイによる食害がその原因であると考えられる。網を設置したコドラートでは中潟・幸崎で8割程度の高い生残率を示した。南潟は冠水率や泥分では幸崎と大きな差はないが、やや生残率が低い。南潟地点ではアナジャコの巣穴が多く、地盤が固くなりがちであることや、泥分がわずかの差とは言え生息限界に達していることなどが考えられるが、現時点では明確な理由は見出せない。自然公園は食害による影響はほとんど無いが、網を設置したコドラートで9月の生残率が低下した。これは網への海藻の大量付着により、干潟面が貧酸素になったためと考えられる。いずれにしても、山潟湾内でも食害がなければアサリ成貝が十分生残できる環境が残存していることが示された。

アサリの肥満度を図-6に示す。肥満度は中潟が一番高く、次に幸崎、南潟、自然公園となった。中潟は冠水率が最も高い上に、負荷供給源である榎野川河口に位置していることも肥満度に好影響を与えていると思われる。自然公園の肥満度が低いのは、冠水率の低さのためであ

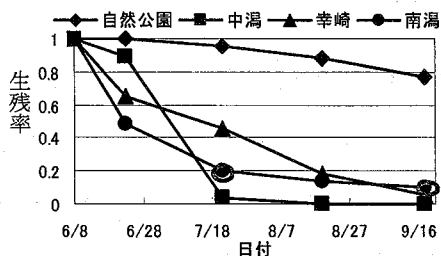
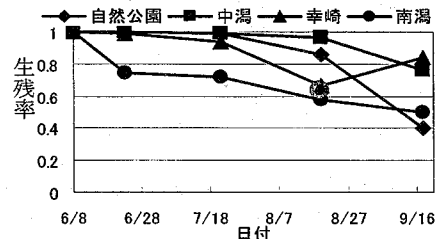


図-5 生残率(上:網あり, 下:網なし)

○:調査時にアカニシがいた

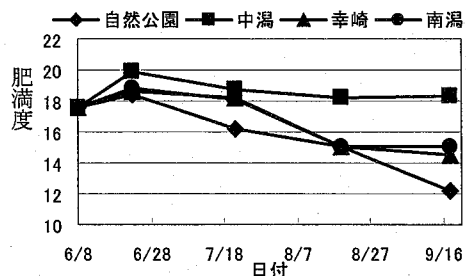


図-6 肥満度(山潟湾)

ろう。アサリの生産の多い他地域の夏期の肥満度は、大分県で8~14¹⁰⁾、盤洲干潟で9~19¹¹⁾、釧路で12~19⁹⁾などであり、肥満度から見る限り、山口湾が他地域と比較して栄養分の条件が大きく劣っているという証拠は見られない。

干潟の温度が最も高くなる8月の大潮、小潮時、および測定期間中最高温度が記録された8月18日の温度変化を図-7に示す。今回の調査地点では35℃以上となったのは約1時間、34℃以上としても1時間半だった。殻長0.9~2.3mmの稚貝は35~36℃では15~20時間で全滅するが33~34℃では72時間後でもへい死するものはいない⁸⁾と言われており、今回の調査地点では35℃以上となったのは約1時間、34℃以上としても1時間半だったため、今回の実験実施地点では夏期の高温で死ぬことはないと考えられる。

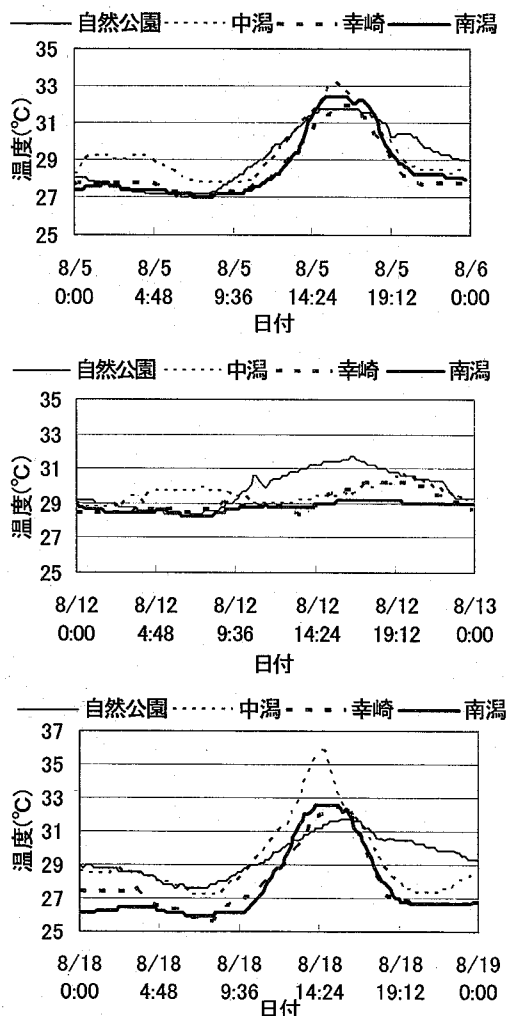


図-7 温度変化

(上：大潮，中：小潮，下：最高温日)

3. 生態系モデルによる食害と幼生量の検討

(1) 検討目的

前章では、ナルトビエイの食害の影響が大きい地点が存在する事が示された。本章では、生態系モデルを用いて山口湾のアサリをめぐる生態系のなりたちを検討することを試みた。しかし、現時点では過去から現在にかけてアサリの生息量を減少させるような栄養分の変化についての有用な情報が得られていないことから、物質収支やエネルギー収支をとった生態系モデルを作成してもアサリ減少が評価できないことが予想される。また、粒度さえ適切なら、アサリの生息量を変化させる要因について、ナルトビエイの食害以外に有力な情報がないことから、ここでは着底稚貝数を出発点とし、成長段階ごとの死亡率を定数で与える単純な個体数のモデルを作成して、着底稚貝数およびナルトビエイの食害の影響を検討した。

(2) 生態系モデルの構成

シミュレーションソフトSTELLAを用い、図-8に示す生態系モデルを作成し、着定稚貝数とナルトビエイによる食害がアサリ生息数に与える影響を検討した。

ナルトビエイがアサリを摂食する速度についてはまだ定見がない。ナルトビエイ1個体が年間(200日)10kg(軟体部湿重量)摂食するという説から、1日に体重の半分の重さ(殻つき軟体部湿重量)を摂食するという説まである。また食害による成貝減耗の式にもいくつかのパターンが考えられる。本研究では、図-9内に示す捕食者数のみを用いた式と捕食者数に加えて被食者数を加えた2通りの式を用い、上述の2つの情報から導いた2つの摂食速度を用いてナルトビエイの食害影響を計算した。

(3) 計算結果

着定稚貝は50万個/m²でアサリ成貝の生産密度がアサ

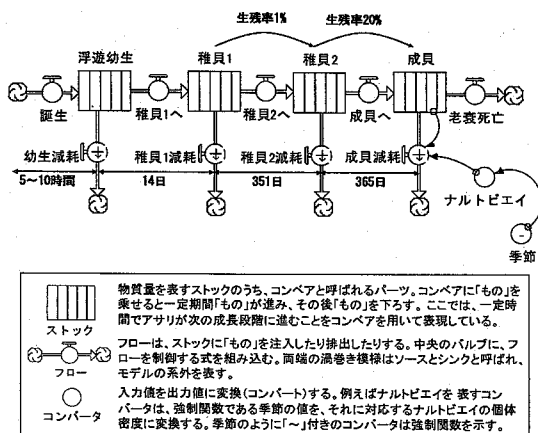


図-8 生態系モデル

り好漁場の約1000個/㎡に達し、着定稚貝10000個/㎡では生息密度19.47個/㎡となる。好漁場の浮遊幼生は数百個/㎡程度、山口では数十個/㎡程度であり、着定稚貝量を左右する浮遊幼生数がアサリの成貝の量に大きく影響を与えることが示唆された。ただし、浮遊幼生数と着底稚貝数の関係は水産分野でもいまだ研究中の分野であり、現時点ではこれ以上の考察はできない。

図-9の上段はアサリの個数がナルトビエイの密度のみで決まる式を用いたもので、ナルトビエイの摂食速度が最も大きくなる条件、下段はアサリの個数がナルトビエイとアサリの密度によって決まる式を用い、摂食速度が最も小さくなる条件の計算結果を示している。ナルトビエイ最大影響時にはアサリは絶滅し、最小影響時にはほとんど影響しないことが分かる。ナルトビエイの摂食速度についてはより精密な情報の蓄積が求められる。

4. 潮流シミュレーションによるアサリ幼生供給源の推定

(1) 解析目的

2. より、山口湾でもアサリの生息可能な部分が残されていることが判明した。また3. より、稚貝着底数がアサリ成貝数に強く影響していることが示唆された。このことから、山口湾の各干潟にどこから浮遊幼生が供給

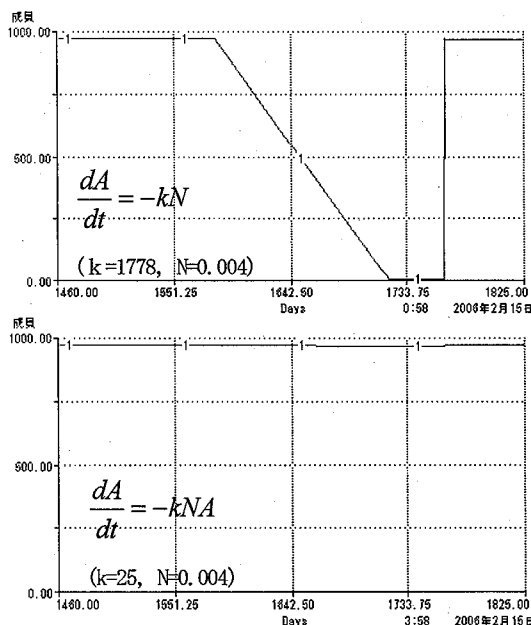


図-9 ナルトビエイによるアサリの減少(個/㎡)

(上：影響最大，下：影響最小)

A：アサリの成貝個数[個/㎡]，

k：ナルトビエイの摂食速度[個/尾・日]

N：ナルトビエイの密度[尾/㎡]

されるかがわかれば、その地点に食害を防ぎつつ母貝を生息させることでアサリ再生を図ることができる可能性がある。アサリは放卵された後、浮遊幼生としてプランクトン生活し、約2週間後、干潟上に着底する。従って、各干潟上にある水塊が2週間前にどこにあったかを知ることが本解析の目的となる。

(2) 解析方法

既報¹²⁾の山口湾のアマモ生息環境の解析で用いたODEM(Osaka Daigaku Estuary Model)による山口湾潮流モデル(差分格子間隔水平方向50mで102×146メッシュ、鉛直方向1m12層)をそのまま利用し、粒子追跡法で各メッシュ、各層の中央に配置した粒子群の位置を、M2潮平水時無風条件で2週間にわたって追跡し、2週間後に各干潟上に存在した粒子の初期位置を探索した。なお、初期条件として干潟以外の水面にも粒子を配置したのは、湾外から進入した浮遊幼生など、干潟面以外にも浮遊幼生のソースがあり得るとの判断からである。

(3) 計算結果と考察

粒子追跡の結果を図-10に示す。かつてアサリの好漁場であった中潟中部～東部は、榎野川から山口湾東部にかけての広い範囲の粒子が集中しやすいことがわかる。このため、かつて周防灘や山口湾にアサリが多数生息し



図-10 粒子移動の様子 (●：初期，○：2週間後)

ていた頃には、中潟に浮遊幼生が集積していたと想像される。また、干潟泥分の増加原因の追及は本研究の目的からは外れるが、仮に細泥分が榎野川から供給されるものとすれば、中潟が最も細泥化が進行した理由も理解できる。

新地潟は、もっぱら中潟中央から西部の粒子が集積する。従って、中潟のアサリ生息場が回復すれば、新地潟のアサリも回復する可能性がある。また中潟から新地潟にかけてアサリが回復すれば、山口湾西岸域全体のアサリ生息状況も改善すると思われる。

南潟は他の干潟に比べて粒子の交換が少ない。このため、南潟そのものからの浮遊幼生の供給の増加が必要である。南潟におけるアサリ生残率の低さは別にして、稚貝供給の観点からは南潟へのアサリ母貝の保護放流が有効な対策であると考えられる。

なお、本潮流シミュレーションでは、干潟を対象とした研究でありながら干潟面の干出は計算できていない。最干潮時にも0.5m程度の水深が保たれるように地形データが作成されている。また、大潮小潮の違いも扱っていない。このため、干潟浅部の粒子交換の再現性は高くはないと考えられる。しかし、湾全体にみた大まかな傾向は表現されていると考える。

5. 結論

保護放流実験から、今回の湾内の調査地点ではナルトビエイの食害が大きい地点が存在すること、食害がない場合、アサリの成育に最も適しているのは中潟の細泥化が進んでいない区域であることが判明した。

生態系モデルからは浮遊幼生の多寡が重要であること、現段階ではナルトビエイの摂食速度に諸説あり、アサリ減少の原因がナルトビエイだと断定するには情報が不足していることが分かった。

潮流シミュレーションからは、中潟には榎野川から山口湾東部にかけての広い範囲の粒子が集中しやすいこと、新地潟のアサリに寄与する産卵地は中潟中西部、南潟に寄与するのは南潟そのものと推定された。

以上の結果を総合し、現時点で得られた情報から山口湾のアサリ再生事業に助言するとすれば、以下のようになる。

1. 中潟の細泥化が進んでいない区域に竹柵などで保護された母貝団地を造成すれば、中潟から新地潟、山口湾西岸にかけての広い範囲でアサリが再生される可能性がある。

2. 中潟は浮遊幼生が集積しやすい場所であるため、中潟の細泥化の進んだ区域に対する粒度分布改善事業は有効である可能性がある。ただし、細泥化メカニズムの解明と細泥化抑制策を同時に行うことが必要なのは言う

までも無い。

3. 南潟にも同様の母貝団地を造成すれば、南潟への稚貝供給を改善できる可能性がある。ただし、低生残率の原因解明が必要なことは当然である。

本研究では、山口湾のアサリ生息場の再生に向けて基礎的な検討を行った。細泥化メカニズムの解明、湾外からの浮遊幼生の進入シミュレーション、干潟耕耘などのその他の干潟改善手法の効果の評価、栄養分や粒度分布と関連付けた生態系モデルの作成、ナルトビエイの摂食量の高精度化など、残された課題は多い。地道に取り組んでいきたい。

謝辞：本論文をまとめるに際して、現地調査で多大なご協力をいただいた山口県環境生活部の山野元氏、山口県水産研究センターの多賀茂氏および松野進氏、山口県立きらら浜自然観察公園の中田栄一郎、また資料を提供いただいた(株)東京久栄の高月邦夫氏に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 山口県：山口県瀬戸内海アサリ資源回復計画，2006
- 2) 山口県環境生活部：平成16年度榎野川河口干潟再生推進計画調査 報告書，2005
- 3) 井上泰：山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について，水産土木，Vol.16(2)，p.29～36，1980
- 4) 中山威尉：アサリの生息密度が成長に及ぼす影響中央水産試験場 水産工学室 試験研究は今，No.558
- 5) 岡部勝一：山口大学卒業論文 山口湾におけるアマモ生息可能域の探索，2004
- 6) 日本水産資源保護協会：水生生物生態資料，1981
- 7) 井上泰：山口・大海湾におけるアサリの生態と環境について，水産土木，Vol.16(2)，p.29～35，1980
- 8) 日本水産資源保護協会：水産生物の生活史と生態，1985
- 9) 山口県環境生活部：平成15年度榎野川河口干潟再生推進計画調査 報告書，2005
- 10) 岩男昂（大分県海洋水産研セ）：アサリ漁場の環境特性，大分県海洋水産研究センター調査研究報告，No.4，p.57～63，2003
- 11) 西沢正（ケー・シー・エス），柿野純（千葉県水試），中田喜三郎（資源環境技総研），田口浩一（コンピューター・テクノロジー・インテグレイタ）：東京湾盤洲干潟におけるアサリの成長と減耗，水産工学，Vol.29，No.1，p.61～68，1992
- 12) 岡部勝一：山口湾におけるアマモ分布可能域の探索，環境工学研究論文集，p.359～365，2004

「2006.5.26受付」

Study on the cause of decrease in short-neck clam population in Yamaguchi bay

Sayumi OZOE, Masahiko SEKINE, Akihiko HUIJI, Masao UKITA
Tuyosi IMAI and Takaya HIGUCHI

Graduate school of Science and Engineering, Yamaguchi University

The purpose of this research is to discover a reason of short neck clam (*Ruditapes philippinarum*) extinction in Yamaguchi bay. From the comparison between survival ratio of clams released with/without protection by net, it is found that longheaded eagle ray heavily prey on the clam, and that Nakagata is the most suitable habitat for the clam if there is no predation. Current simulations reveal that Shinchigata receives clam larva from Nakagata, Nakagata receives clam larva from Nakagata itself and outside the bay, and Minamigata receives clam larva from Minamigata itself. An ecosystem model shows that the number of planktonic larva is critical for clam production and that the number of ray is a potential reason of clam extinction.