

第4回
熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター 講演会

有明・八代海の再生・維持への研究
～沿岸域環境科学教育研究センターの活動～

日時：2006年3月17日（金） 13:00～17:20

会場：熊本大学工学部百周年記念館
熊本市黒髪2-39-1（熊本大学黒髪南地区）

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター

ご挨拶

沿岸域は陸域と海域が接する所であり、複雑な生態系が形成されている生物多様性の高い所です。また、沿岸域は人間活動の影響が集約する場でもあり、陸域と海域の間の物質交換が活発に行われる境界域でもあります。したがって、沿岸域における生態系、環境汚染物質の分布、水などの営力による土砂等の輸送や移動などの解明は、良好な環境の保全や将来の地球環境の予測上から、重要な鍵となっています。

有明海・八代海は干満の差が大きく、沿岸域には広大な干潟が形成されています。また、この海域特産の動物が数多く生息しています。この干潟浅海域は、古くからノリや真珠の養殖、アサリ等の採貝漁場として大きな経済的価値を持ってきました。また、最近では車エビやハマチ、ヒラメの養殖も盛んに行われています。ところが最近、生物多様性の減少、赤潮による養殖漁業の被害、いろいろな原因による環境悪化、台風による高潮災害など、早急に解決しなければならない多くの問題が発生しています。

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センターは、有明海・八代海を中心とする沿岸域環境に関する幅広い教育研究を行い、地域社会へ貢献することを目指しています。各研究グループは、海産生物の多様性や水産生物資源の調査研究、干潟沿岸域環境の保全・開発・防災などの研究を、国土交通省、熊本県、熊本県内漁協、地元企業などと連携して実施しています。また、他大学と共同して、有明海の海底環境の変遷の分析も行っています。さらに養殖ノリ品種のDNA鑑定法の開発や有用新品種の分子育種という研究課題を進めています。また、水産資源としての絶滅が危惧されているタイラギの新養殖法の特許申請やマガキによる水質改善策の研究を行う等の知的財産形成にも努力しています。平成17年度には、逸見教授が代表を勤める「日韓共同干潟調査団」が日韓国際環境賞を受賞したり、滝川教授が代表の「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験」が文部科学省の科学技術振興調整費に採択されました。また、各スタッフは、国・県・自治体などの審議会や委員会の委員を務めたり、各種の団体や企業に対する技術指導を行ったり、NPOと連携したりして、有明・八代海の再生に向けて多方面から社会に貢献しています。

本講演会は、地域貢献の一環として、沿岸域環境の諸問題を解説し、皆様方とともに考えることを目的としています。第1回目から第3回目まではいろいろな分野の硕学による講演を開催しました。第4回目の本年は、私達の研究活動を分かりやすく皆様に御報告させていただくことにしました。限られた時間ではありますが、御静聴の上、熱心な御討議をいただければ幸いです。

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター

センター長 内野 明徳

プログラム

- 13:00～13:10 開会 挨拶

内野明徳（沿岸域環境科学教育研究センター長）

- 講演（講演 30分、質疑 10分）

・13:10～13:50 「有明海・八代海の生物と漁業」 1

逸見泰久（生物資源循環系解析学分野 教授）

・13:50～14:30 「養殖ノリ色落ちのしくみを探る遺伝子研究」 9

瀧尾 進（生物資源保全・開発学分野 教授）

・14:30～15:10 「有明・八代海環境再生と防災との調和」 15

滝川 清（水・地圏環境科学分野 教授）

- 休憩（10分間）

・15:20～16:00 「地球科学から観た有明海・八代海の環境」 39

秋元和實（水・地圏環境科学分野 助教授）

・16:00～16:40 「有明海の環境に対する周辺地域の人々の意識構造」 43

鈴木 武（沿岸域社会計画学分野 客員教授）

・16:40～17:20 「野鳥の池の順応的な管理を目指した研究」 47

古川恵太（沿岸域社会計画学分野 客員助教授）

- 司会進行 滝川 清（沿岸域環境科学教育研究センター教授）

有明海・八代海の生物と漁業

沿岸域環境科学教育研究センター

逸見 泰久 (生物資源循環系解析学・教授)

演者の研究室は、上天草市松島町の附属施設（合津マリンステーション）にある。ここは、有明海と八代海の接点に位置し、両海域を対象とする研究にはうってつけの場所である。その利点を生かし、研究室では主として干潟・浅海域の生物を対象に、生態・水産・生物多様性に関する研究を行っている。

本公演では、研究室で行っている研究を簡単に紹介する。また、最近精力的に行っているハマグリ・タイラギなど二枚貝の資源保全に関する研究を例に、有明海・八代海の生物と漁業が置かれている現状について解説する。

【1】本研究室で行っている研究の概略

1. 生態に関する研究（生態）

甲殻類や貝類などを対象に、生活史や行動などの生態学的な研究を行っている。生物のもつ生活史（繁殖期や卵数などの特性）や行動（交尾行動や採餌行動など）が、環境にどのように適応して進化したのか？ 同種でも場所によって生活史や行動が異なるのはなぜか？ 近縁種間の生活史や行動の違いは、どのようにしてたらされたのか？ など、研究テーマは無限である。

このような研究は、まさに基礎研究であり、直接経済的利益をもたらすものではないかもしれない。しかし、まさに科学的興味に基づく研究であり、また、たとえその生物が人間にとて有用種でなくとも、有用種に応用できるものである。

現在までに、カニ類（シオマネキなど）・ヤドカリ類・ウミホタルなどの甲殻類、イボキサゴ・ウミニナ類などの巻貝、ミドリシャミセ



都市の「原風景」の干潟は、人間活動が大きく影響する環境である

ンガイ、ナメクジウオなどの研究を行い、特にナメクジウオの研究では、2005年度の「日本動物学会論文賞」を受賞した。

2. 水産資源保全に関する研究（水産）

有明海・八代海の漁獲量（特に魚貝類）は、1980年以降、急激に減少した。原因としては、海底の泥化・貧酸素水塊の発生・有害物質の堆積・乱獲などがあげられるが、今のところ、特定には至っていない。当研究室では、水産資源激減の原因を解明するため、また、水産資源の持続的な利用を可能にするために、魚貝類の資源量の把握や生活史の解明といった基礎データの収集を行っている。

今までに、タイラギ・マガキ・ハマグリなどを対象に水産学的な研究を行ってきた。そのうち、タイラギに関しては、養殖技術の開発を行った（特許申請中）。また、資源管理に基づくハマグリの持続的利用に関する研究（熊本大学政策創造研究センター・プロジェクト研究）を、熊本県水産研究センターと共同で行っている。

3. 生物多様性の保全に関する研究（生物多様性）

沿岸域は、海洋の中では人間生活との関連が最も強い環境である。特に干潟は「都市の原風景」と言われる。これは、大河川の流域に都市が発達し、河口部に干潟が発達するためであり、都市と干潟の結びつきは宿命的とも言える。

そのため、干潟を始めとする沿岸域は、人間生活の影響を最も強く受ける環境である。しかし、陸上に比べれば、生態系に関する研究は少なく、どのような生物が生息しているのさえ、十分わかっていないのが現状である。

生活様式の変化や都市化に伴って、沿岸域の環境悪化が大きな問題になってきた。有明海・八代海でも、海底の泥化・貧酸素水塊の発生・有害物質の堆積・赤潮などが深刻な問題となっているのは、前述したとおりである。しかし、有明海・八代海の生態系に関する研究は、始まったばかりと言っていい段階である。

当研究室では、有明海・八代海に、どのような生物が、どのくらいいるかというオーソドックスな調査（生物相調査）を中心に、両海域の生物多様性の解明とその保全に関する研究を行っている。生物相の把握は、その生態系を理解する上で重要・不可欠なものだが、一部の有用種を除き進んでいない。生物相を用いた環境の評価は、環境悪化の要因推定なども役立つものである。

また、最近は、有明海・八代海と密接な関係にある黄海（韓国）でも生物相調査を中心とした生物多様性保全に関する研究を進めている。この研究は、日韓の研究者で「日韓干潟調査団」（講演者は代表の一人）を組織し共同で行っているが、昨年、地道な研究が認められ「日韓干潟調査団」は「日韓国際環境賞」（毎日新聞・朝鮮日報）を受賞した。

なお、環境の悪化は、原因を特定するだけでなく、何らかの対策を立てなければ解決する

ものではない。研究室では、生物相調査と並行して、塩性湿地再生実験などを行い、沿岸域の生物多様性を回復するための具体的な対策を模索している。

さらに、国や県の多くの委員会の委員として、両海域の環境回復のための提言を行うと共に、今年度からは、「政策創造研究センター・プロジェクト」においても、両海域の保全に関する研究を進めている。

【2】有明海・八代海の底生生物の現状

はじめに

有明海・八代海の生態系の変化を正確に把握することは難しい。海域が広大なため、海域全域を対象とした野外研究がほとんどないのがその一因である。また、環境の季節変動や年変動が、環境変動の把握を難しくしている。しかし、その一方で、水産資源は確実に減少しており、生物多様性の悪化も著しい。

講演では、有明海・八代海の生態系を象徴する底生動物（アサリ・ハマグリなどの水産有用種やミドリシャミセンガイ・ナメクジウオなどの希少種）の現状を解説し、両海域の生態系悪化をもたらした原因について考察する。

（1）アサリ・・・畜養に伴う外来種問題

アサリ *Ruditapes philippinarum* は、我が国の沿岸域に最も普通に生息する食用二枚貝で、以前は各地の干潟の漁獲量の大半を占めるほど豊富に漁獲されていた。特に熊本県はアサリの主要な産地で、1980年代までは全国一の漁獲量を誇っていた。

しかし、他の魚貝類と比べても、アサリの資源量の激減は著しい。1983年には全国で160,424トン（熊本県で57,789トン）の漁獲があり、国・熊本県共に最大値を記録したが、その後激減し、2000年前後には、全国で35,000トン前後（熊本県で2,000～6,000トン）しか漁獲されていない。

アサリの漁獲量（資源量）の減少の原因については、乱獲や底泥の悪化などがあげられるが、はっきりした結論は出ていない。講演では、視点を変え、アサリの資源量減少に伴って行われている『畜養』の問題点について議論したい。

現在、日本で消費されるアサリの6割は北朝鮮・中国・韓国産であり、一部は2～3ヶ月間干潟で「養殖」し、その後、出荷している。これが畜養である。畜養することによって、「外国産のアサリも国内産として出荷される」という問題点もあるが、生態系に対しては『外来種問題』の方がより深刻である。

沿岸域の外来種としては、ムラサキイガイなど、「船体または木材付着」や「バラスト水」によって移動する場合が多く、神戸港など外国船の出入りが頻繁な港が主な侵入口であった。しかし、1990年以降は、有明海などで新たな外来種が見つかっている。カラムシロやトライ

ムズゴマツボなどで、これらの外来種はアサリといっしょに黄海などから持ち込まれたと考えられている。さらに、最近、道東を除く全国のアサリが、パーキンサス原虫 (*Perkinsus sp.*) に高い割合で感染していることが明らかになった。パーキンサス原虫は種類によっては二枚貝の大量死をもたらすことが知られている病原体である。アサリの畜養を行っている干潟で感染率が高いことや、遺伝子型が韓国産のものと類似していることより、国内で確認された原虫は輸入アサリと共に黄海から持ち込まれたと考えられている。

(2) ハマグリ・・・消えた身近な食材

ハマグリ類は、日本を始めとする東アジアの人々にとって、欠くことのできない食材である。縄文時代（約8,000年前）の貝塚から産出する貝類のベスト5は、ハマグリ・カキ類・アカニシ・アサリ・サルボウの順で、日本の多くの地域の人々がハマグリ類から多大な恩恵を受けていたことがわかる。

日本国内には、ハマグリ *Meretrix lusoria* とチョウセンハマグリ *M. lamarckii* の2種が生息する。このうち、ハマグリは、各地の干潟に最も普通に生息する種であったが、現在、多くの地域で絶滅状態であり（図1）、様々なレッドデータブックに、絶滅の危険がある種としてリストアップされている。また、外洋に面した海浜や潮下帯に生息するチョウセンハマグリの漁獲量も年々減少している。

1970年代には年3,000～9,000tあったハマグリの漁獲量は、1990年代には1,500tを割り込んでいる。

しかも、近年の漁獲量には輸入されたシナハマグリ *M. petechialis* がかなり含まれており、事態はより深刻である。主産地の熊本県の漁獲漁は、1970年代の平均3,500tから、2000年代の平均173tに激減している。

ハマグリ漁獲量の激減は、国内のハマグリ個体群の衰退によることは明らかである。我々の研究の結果、国内でハマグリが漁獲できるほど生息している地域は、熊本県（有明海・八代海）・佐賀県（加布里湾）・大分県（瀬戸内海沿岸）・京都府（若狭湾）などわずかであることが明らかになった（図1）。なお、ハマグリ激減の原因については、全くわかっていないが、ハマグリが砂質干潟に生息することを考えると、干潟そのものの悪化が主因である可能性が強い。砂質干潟は、富栄養化や泥化の影響を最も受けやすい場所と考えられるからである。

国産ハマグリ類の資源の減少に伴い、日本では主に朝鮮半島・中国からシナハマグリを輸入するようになった。1990年代には年2万5,000t以上のハマグリ類が輸入されており、国内

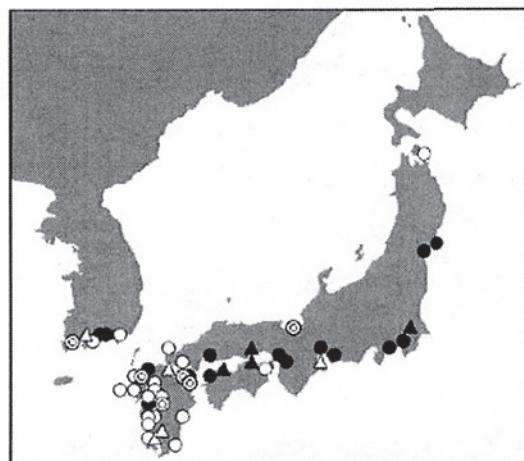


図1. ハマグリ *Meretrix lusoria* の生息分布の現状

- ◎：大きな個体群が存在
- ：小さな個体群が存在
- △：絶滅寸前
- ▲：現状不明、絶滅の可能性有り
- ：絶滅の可能性大

のハマグリ類消費の90%以上を海外に依存するようになった。

輸入されたハマグリ類の一部は、干潟に放流（畜養）され、再び漁獲されて、『地物ハマグリ』として市場に出回る（一部の良心的な漁協は、例えば『木曽三川産輸入養殖蛤』と表示している）。また、多くの潮干狩り場では、シナハマグリがまかれている。一部のシナハマグリは干潟から回収されず、その地域で繁殖しているものと考えられるが、詳しい研究は行われていない。

いずれにしてもシナハマグリは外来種であり、在来種ハマグリとの競合や交雑など、生態系に何らかの悪影響を及ぼしている可能性が強い。また、シナハマグリに混在して別の外来種や病原菌が干潟に導入される可能性もあり、現在盛んに行われている輸入アサリと同様の問題を抱えている。

（3）タイラギ・・・稚貝減少と成貝大量死のダブルパンチで激減

タイラギ *Atrina pectinata* は、浅海・干潟の砂泥底に生息する羽簾形の二枚貝である。有明海では重要な漁業対象種で、アサリに次いで漁業生産額が大きい二枚貝であった。しかし、近年、有明海では本種の大量死が続き、長崎県では1993年より、佐賀・福岡・熊本県では1999年より休漁が続いている。大量死の原因については、酸欠、有害物質の流入、底質の泥化、捕食者の増加などいろいろな説が出されているが、現在のところ、特定できていない。

演者は、有明海におけるタイラギ大量死の原因を明らかにするため、2000年より、有明海東部海域（福岡県）の干潟（低潮帯）と浅海（水深10m前後）で、タイラギの個体群生態学的研究を続けている。

1. 密度(春の稚貝) 1平方メートルあたりの個体数

	浅海	浅海最上部	干潟
1999年(平成11年)	不明	不明	不明
2000年(平成12年)	200~800	-----	12~16
2001年(平成13年)	150~200	-----	6~10
2002年(平成14年)	20以下?	6~7	3~4
2003年(平成15年)	100~200	-----	5~8
2004年(平成16年)	30~40	不明	30~50
2005年(平成17年)	2~3	不明	1以下

2. 大量死が始まった時期

	浅海	浅海最上部	干潟
1999年(平成11年)	不明	不明	不明
2000年(平成12年)	7月下旬	-----	健全に生育
2001年(平成13年)	5月下旬	-----	健全に生育
2002年(平成14年)	4月上旬	健全に生育	健全に生育
2003年(平成15年)	6月下旬	-----	健全に生育
2004年(平成16年)	7月中旬	健全に生育	健全に生育
2005年(平成17年)	?	?	?

-----：適当な生息地が発見できなかったため、調査せず

調査の結果、浅海ではタイラギの定着は多く（最大800個体/m²），春までは順調に成長したが（4月の時点で殻長10cm程度），夏を中心に死滅し、秋までに全滅した（表）。一方、干潟では、定着は少なかったが（3~50個体/m²），大量死は観察されなかった。大量死が起きた浅海では、夏になると成長が止まり、生殖腺も小さかった。一方、干潟では夏の成長が最もよく、生殖腺も肥大した。以上の結果より、タイラギの大量死は、生息環境の悪化によることが示唆された。具体的には、貧酸素水塊の発生が最も疑わしく、これには温暖化も

影響していると思われるが、秋以降に大量死が起きた場所もあることより、それ以外の要因（例えば、有害物質の堆積など）についての検討も必要である。

さらに、表からも明らかなように、稚貝の加入は、浅海域では減少し、干潟域では増加している。有明海西部浅海域（長崎県など）では稚貝加入の激減のため、タイラギがほとんど生息していないが、東部浅海域でも同様に、海底環境の悪化によって、稚貝が減少しつつある可能性が強い。そして、稚貝激減は、海底の泥化が原因であると考えられている。

干潟域では、逆に稚貝が増加しているが（2005年は激減）、これは浅海域に定着できなかった稚貝が仕方なく干潟に定着したのか、干潟がタイラギの定着に適するように変化したのかは不明である。しかし、博多湾では、「生息地が浅海から干潟に移った後で、タイラギが絶滅した」との漁民証言もあり、楽観はできない。

このように、有明海浅海域では、「稚貝加入量の激減」と「成貝の大量死」というダブルパンチで、タイラギ資源が壊滅に向かっている。

この他、水産有用種では、アゲマキの資源量激減が象徴的である。アゲマキは殻長10cm程の二枚貝であるが、1980年前後より全国一斉に激減し、ほぼ絶滅した。有明海・八代海では比較的近年までアゲマキが生息しており、1990年頃には数百トンの漁獲があったが、今は全く生息しておらず、ほぼ絶滅したと考えられる。このように時期の前後はあるにしても、全国ほぼ一斉の激減・絶滅には、何らかの有害化学物質の存在が疑われる。

（4）ミドリシャミセンガイ・・・消えつつある有明海の珍味

ミドリシャミセンガイ *Lingula unguis*（写真2）は、「カイ」という名前についているが、貝類（軟体動物）ではなく、腕足動物に属する『生きた化石』である。有明海では、「メカジヤ」と呼ばれ、郷土料理として重宝されている。全国の干潟・浅海域に生息する種類であるが、いずれの地域でも激減している。現在、ある程度の個体数が生息しているのは、国内では有明海北部と奄美大島笠利湾に過ぎない。一方、韓国（黄海）には本種が豊富に生息している。本種が漁獲されているのは有明海北部のみで、したがって激減の原因が乱獲であるとは考えられない。やはり生息環境の悪化を第一に疑うべきであろう。

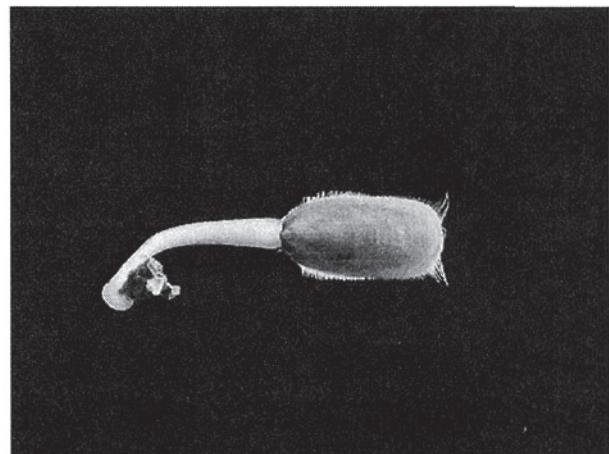


写真2 ミドリシャミセンガイ

（5）ナメクジウオ・・・海砂採取の犠牲者

ナメクジウオ *Branchiostoma belcheri*（写真3）は、西日本の太平洋沿岸域に広く分布して

いるが、有明海湾口部が日本最大の生息地である。「ウオ」という名前はついているが、魚類（脊椎動物）ではなく、原索動物（頭索類）である。水産有用種ではないが、脊椎動物の進化を考える上で学術的に貴重な動物である。

ナメクジウオは、潮間帯から水深50m程の浅海に生息する。体は細長く、乳白色で、体長は最大で6cm程に達する。体の大部分が半透明であるため、筋節・背鰓室・生殖腺などの構造が外部から観察できる。雌雄異体で、繁殖期には、精巣は青白く、卵巣は黄色く色づき、雌雄が判断できる。

有明海でもナメクジウオの生息環境は急激に悪化し、個体数は激減している。生息環境悪化の直接の原因は2つ考えられる。1つは、生息域の富栄養化である。ナメクジウオが好むのは他の底生動物が生息しない貧栄養の海砂であるが、一般家庭や食品工場、あるいは魚貝類の養殖場から多量の有機物がナメクジウオの生息地に流入し、生息地の富栄養化が進んでいる。

もう1つの原因是、生息地の泥化である。有明海では至る所で沿岸地形が改変され、潮流が弱まっている。また、砂防ダムなどの建設により、河川から海域に流入する砂が減少している。ただし、最も重要なものは、建設用・漁場造成用の海砂採取である。現在有明海では、天草有明町沖などで海砂が採取されているが、そこはまさにナメクジウオが高密度に生息する場所である。海砂採取が行われている場所では海底が泥化し、ナメクジウオの生息地が分断されている。ナメクジウオの個体数の減少には、化学物質の堆積など他にもいくつか考えられるが、直接の影響としては、この海砂採取が最大のものである。

おわりに

このように有明海・八代海の生態系の悪化を「底生動物」というフィルターを通して見ると、貧酸素水塊の発生・泥化・乱獲・外来種・有害化学物質・富栄養化・採砂など、様々な問題が浮き上がってくる。しかし、どの要因が、どの程度、環境の悪化に影響しているのかを正確に把握することは難しい。

現在、地球規模の温暖化が問題になっているが、温暖化が進むと、海面上昇によって沿岸域が消滅することは容易に理解できても、水温上昇に対する生物側の反応を予測することは、現時点では不可能に近い。しかし、その一方で、サンゴの北上、珪藻赤潮多発による海苔不作、貧酸素水塊の多発による底生動物の死滅、藻食魚の増加・活性化による藻場の消失など、いくつかのストーリーが現実に進行している。

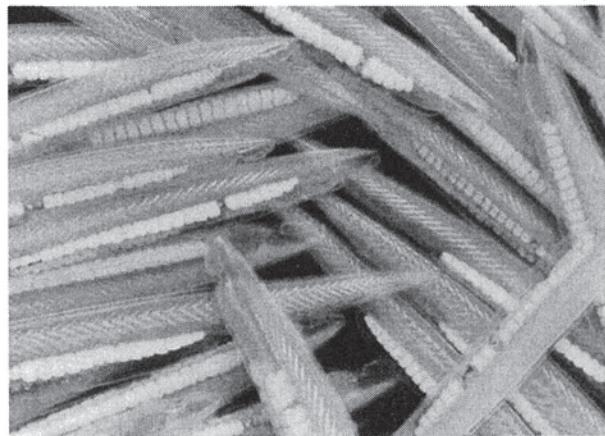


写真3 ナメクジウオ

「養殖ノリ色落ち」のしくみを探る遺伝子研究

沿岸域環境科学教育研究センター

たきお すすむ

瀧尾 進 (生命資源保全・開発学分野 教授)

養殖ノリに利用されているスサビノリ (*Porphyra yezoensis*) などの紅藻は、光合成色素としてクロロフィル、フィコビリン（フィコシアニンやフィコエリスリンなど）、カロチノイドなどを含む。これらの葉緑体内にある色素により生じるノリの「色」は商品価値を決定する最も重要な形質である。しかし、赤潮などによる海水中の栄養塩濃度の低下やカビの感染などにより植物体中の色素量が減少し、いわゆる「色落ち」を起こす。色落ちの仕組みを明らかにすることはノリ養殖において重要な研究テーマであるが、その分子機構については研究がほとんどおこなわれていなかった。我々は、2001 年の沿岸域センター設置を機に「スサビノリの色落ちの分子機構」について遺伝子レベルでの研究を開始した。本講演では、当研究室で得られたスサビノリの色落ちに関する研究成果を紹介したい。

「養殖ノリと実験生物としてのスサビノリ」

食用としているノリの葉状体は半数世代であり、冬期に成長し、春になると授精し倍数世代の糸状体となる。糸状体は貝殻に侵入して夏期を過ごす。スサビノリ (*Porphyra yezoensis*) ではフラスコ内で培養できる純系の培養株が分離されている（図 1）。糸状体は無菌状態で培養できるが、葉状体は完全無菌培養下では成長が悪く、小型のカルス状の細胞塊となり正常な葉状の形態が形成されない。正常な成育には植物体表面に付着する共生バクテリアの共存が必要である。実験室内では主要な生活環は 2～3 ヶ月で完結する。この他に、若い葉状体上に生じる単胞子が発芽して葉状体となる生活環があり、これは 1～2 週間で完結する。私達は、単胞子から生じた長さ 1～5cm の若い葉状体を実験材料として使用している。葉状体は 15°C、10 時間明期/14 時間暗期、空気の通気により培養を行っているが、この培養条件では葉状体からの生殖器官の形成は見られない。葉状体の継代培養には、市販の人工海水に無機塩類を添加し、オートクレーブ滅菌した培養液を使用した。栄養欠乏実験では完全合成培地を使用した。

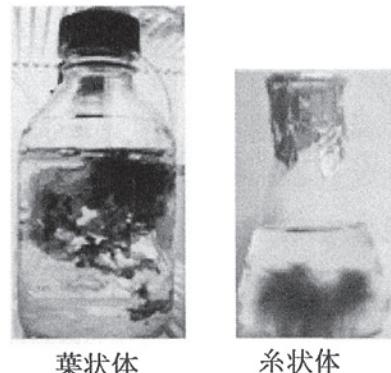
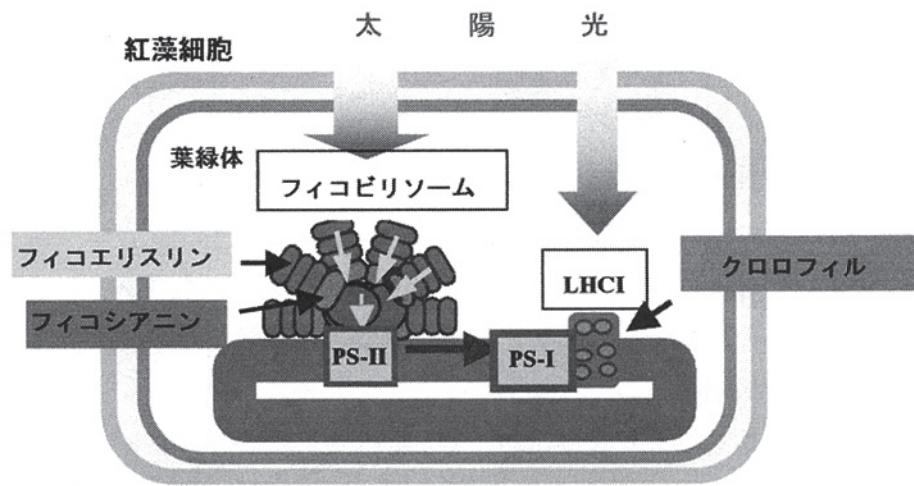


図 1 スサビノリの培養

「ノリの色」について

植物は外部環境の変化に対しさまざまな応答を示す。なかでも、エネルギー生産の場である葉緑体では反応中心複合体やアンテナ色素複合体は光条件だけではなく栄養欠乏などの各種ストレスにも応答しダイナミックな変動を示す。しかし、緑色植物ではそれらを構成する主要な色素がクロロフィルであるため、これらの構成成分の構造変化を植物の色調変化としては検出しにくい。一方、紅藻やラン藻では、アンテナ色素としてクロロフィルの他に多量のフィコビリン類（フィコエリスリン、フィコシアニンなど）を含むため（図2），環境変化に対し多様な「色調変化」を示す。



スサビノリの属する原始紅藻亜綱の仲間は進化上もっとも古い真核生物である。真核植物の葉緑体はラン藻が共生してできたと考えられている。ラン藻では幾つかの種では全

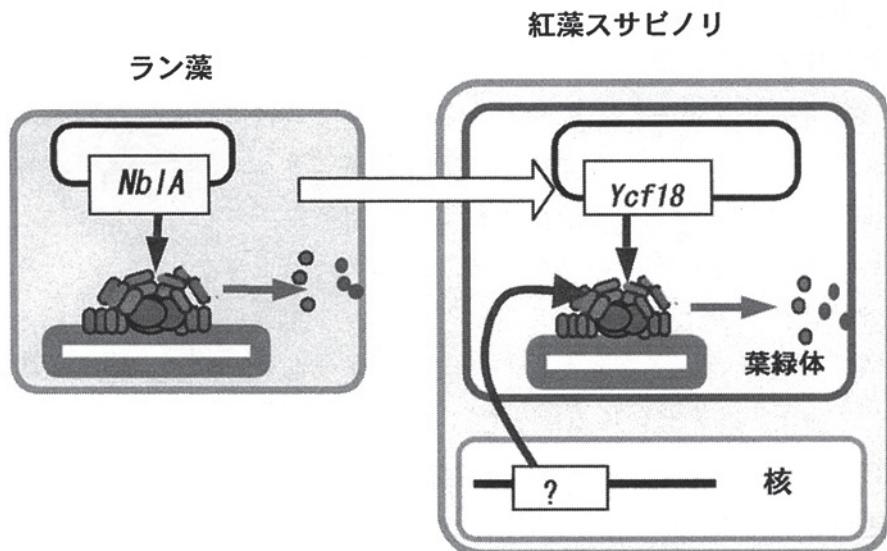


図3 ラン藻と紅藻のフィコビリソーム分解制御遺伝子

遺伝子構造が解読され、色素合成・分解に関する研究も進展している。我々は、フィコビリソームをもつラン藻での研究成果を参考に研究を進めてきた（図3）。

「ラン藻の色落ち制御遺伝子 *Nb1A*」

ラン藻では窒素欠乏時にも退色しない変異体が分離され、その原因遺伝子のひとつとして *nblA* (non-bleaching A) が同定されている（図3左）。*Nb1A* は約 60 アミノ酸よりなるタンパク質で、遺伝子破壊や遺伝子導入などにより、栄養欠乏による退色の初期反応に必須の遺伝子であることが確認されている。*Nb1A* タンパクはフィコビリソームタンパクに結合し何らかの構造変化を誘導し、分解過程を誘起すると考えられているが、プロテアーゼなど既存のタンパクとの相同性は無く、その作用機構の詳細は未だ不明である。*Nb1A* 遺伝子は通常の栄養状態ではその発現が強く抑制されているが、窒素欠乏などのさまざまな環境ストレスにより誘導される。

Nb1A 遺伝子はラン藻には存在するが、その他の原核生物には存在しない。真核植物では紅藻類はフィコビリソームをもち、葉緑体ゲノムに *Nb1A* と相同性のある遺伝子 *Ycf18*（図3右）があることが知られていた。しかし、*Ycf18* の機能については研究されていなかった。そこで、スサビノリの色落ちの分子機構解明の第一歩として、*Ycf18* の各種栄養欠乏に対する応答について調べてきた。

「スサビノリ *Ycf18* 遺伝子の発現パターン」

紅藻 *Ycf18* もラン藻 *Nb1A* と同様の機能をもつことを期待して研究を開始したが、以下のように、その発現パターンはラン藻 *Nb1A* とは著しく異なっていた（図4）。

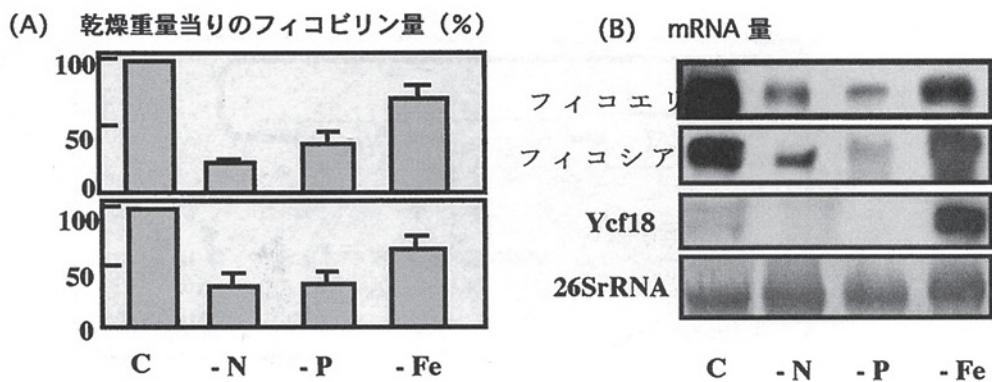


図4 各種栄養欠乏における色素量と mRNA 量
栄養欠乏は各 6 日目、C は通常状態

(1) ラン藻 *Nb1A* 遺伝子は通常条件では発現がみられないが、窒素欠乏、リン欠乏、鉄欠乏では高発現する。一方、スサビノリ *Ycf18* 遺伝子は通常条件下でもわず

ながら発現し、窒素欠乏やリン欠乏により発現が低下した。

(2) ラン藻 *NblA* 遺伝子は窒素欠乏の他にリン欠乏、イオウ欠乏、鉄欠乏などにより発現が誘導される。*Ycf18* は窒素やリン欠乏には応答しないが、鉄欠乏では顕著な発現誘導が見られた。いずれの条件下でもフィコビリン量およびクロロフィル量は減少したが、窒素欠乏やリン欠乏とは異なり鉄欠乏では葉状体が赤色化した。フィコエリスリンやフィコシアニン遺伝子の発現レベルは窒素欠乏とリン欠乏では培養と共に低下したが、鉄欠乏では高発現を維持していた。

私達は、*Ycf18* にも *NblA* と同様の機能があるのではないかと予想していた。しかし、その発現パターンから、ノリ養殖における色落ちの主要因と考えられている窒素欠乏やリン欠乏による色落ちには *Ycf18* は関与していないと考えられた。ノリの色落ちに関与する環境因子として高水温やカビの感染なども良く知られている。*Ycf18* がこれらのストレスに応答するのかは今後の課題である。また、研究の副産物として見出された鉄欠乏による *Ycf18* の発現と葉状体の赤色化がどのような生理的機能をもつのかも今後の課題ある。

「栄養欠乏により誘導される葉緑体局在型プロテアーゼ遺伝子の検索」

ラン藻では窒素欠乏によりフィコビリソーム分解活性をもつプロテアーゼが誘導されることが報告されている。しかし、スサビノリのプロテアーゼについてはまったく研究例がない。そこで、スサビノリのフィコビリソーム特異的プロテアーゼ遺伝子を同定するための第一歩として、配列情報の明らかなプロテアーゼ遺伝子について、栄養欠乏に対する応答を調べた（図5）。

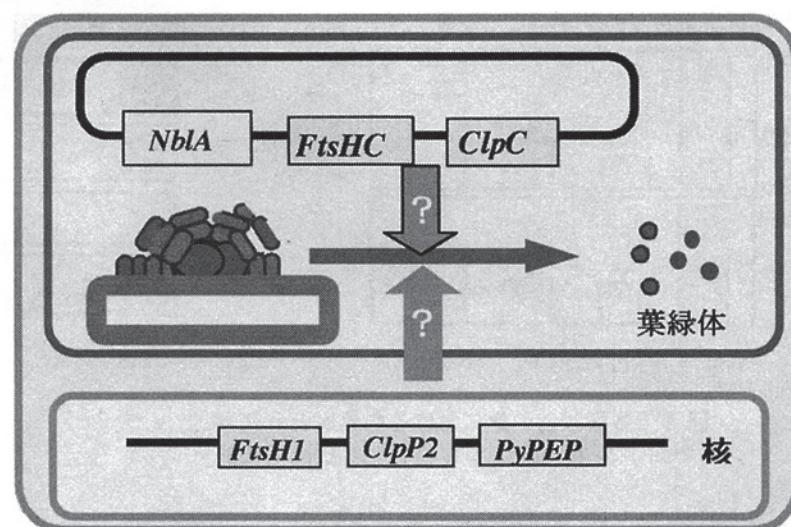


図5 スサビノリのプロテアーゼ

葉緑体ゲノムにコードされるプロテアーゼ遺伝子 (*FtsHC*, *ClpC* 遺伝子) および、スサビノリ EST データベースに見られるプロテアーゼ遺伝子 (*FtsH1*, *ClpP2* 遺伝子) を分離した。また、細菌のペプチダーゼと相同性のある遺伝子断片 *PyPEP* も *ClpP1* 遺伝子分離過程で偶然得られた。これらの遺伝子の発現レベルを窒素欠乏条件で調べたところ、葉緑体ゲノムにコードされる 2 つのプロテアーゼ遺伝子と核コードで葉緑体に移行するプロテアーゼ遺伝子 *FtsH1* は窒素欠乏には応答しなかった。一方、核ゲノムコードの *ClpP2* と *PyPEP* 遺伝子は窒素欠乏により発現が増大した。*ClpP2* は葉緑体輸送シグナル配列をもたないことから細胞質局在の可能性が高い。また、*PyPEP* は遺伝子の 5' 末端が分離されていないため葉緑体移行については不明である。一方、葉緑体輸送シグナル配列をもつ *FtsH1* 遺伝子は窒素欠乏では顕著な発現は見られなかったが鉄欠乏やリン欠乏では著しく発現が増大した。

現時点では、窒素欠乏により誘導される葉緑体移行型プロテアーゼ遺伝子は分離できていない。しかし、スサビノリにおいても同様のプロテアーゼが存在すると考えられる。今後は、さらに候補遺伝子を分離し、それらのなかからフィコビリソーム特異的プロテアーゼの同定を試みる予定である。

有明海・八代海再生と防災との調和

沿岸域環境科学教育研究センター

滝川 清 (水・地圏環境科学分野 教授)

目 次

はじめに

I 有明海・八代海の環境再生に向けて

- (1) 環境悪化の捉え方と処方箋
- (2) 熊本大学の有明再生の実証試験

(文部科学省科学技術振興調整費研究～再生への俯瞰的実証研究～)

II 複合型災害と対策

III 環境と防災の調和

おわりに

はじめに

有明海、八代海、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海のような閉鎖性水域や各地の沿岸域の環境質、生態系、生物生産基盤の劣化は目に余るものがある。わが国が、安心して生活できる国、安全な国であるには、自然災害に対する防災基盤整備とともに生物生産基盤を維持し、国民のための食糧確保が危機状態においても可能なようにし、合わせて、国土の環境が生態系を保持しうる状況になければならない。このための努力は、各府省、各分野、各地にてなされているが、効果が目に見えるまでには残念ながら至っていない。環境や生態系の再生は、これらが自己修復機能を有している間に、つまり生物群やその生息環境が復元できる状況にある間になされなければならない。

本研究は、有明海・八代海を対象とするが、この海域では陸域からの栄養塩や有機物の流入量は既にかなり減少しているにもかかわらず回復の兆候を見せずに悪化の傾向を示している。この意味で、自己修復機能はかなり低下しており、環境劣化のスパイラルに入り込んでいる。海域で生物生産を持続的にするには、海域を利用する各分野の従事者の努力に加えて、陸域からの各種物質の発生・輸送・負荷の過程全域にわたり制御する技術システムと社会システムが必要である。具体的な改善目標を設定し、それを達成するために俯瞰的立場から科学的知見を駆使することは、この海域にとって焦眉の急である。

有明海・八代海再生のための特別措置法（平成14年11月29日）が制定され、各府省の連携により施策が実施され始めている。しかしながら、研究は、個々の事象解明のためのものや、環境修復でもある側面のみに注目したものがほとんどである。各府省所轄の研究機関はそれぞれに課された研究課題の範疇を限定的に扱うことがほとんどで、対象とする閉鎖性水域全分野を視野に入れて研究課題の範疇を定めることには制度上無理がある。また、環境改善に、現象解明や基幹技術開発のような基礎的な研究を積極的に経費と時間をかけても、直接つながっていないのが実態である。

また、地球温暖化の影響により水温の上昇、海面上昇にともなう災害がすでに深刻化してきているが、大気環境の変化による気候変化、豪雨と渇水など両極端な現象の長期化と災害の巨大化が顕著に現れ、最近では、1999年9月の不知火海高潮災害、2003年7月の水俣「土石流災害」、2004年には史上最大10個の台風上陸を記録、これに伴う豪雨・強風・高潮・高波による災害、また、同じく2004年10月の新潟県中越地震災害、2004年12月にはスマトラ沖津波・地震災害、2005年8月には、米国メキシコ湾岸を襲ったハリケーン・カトリーナなど、巨大災害の頻発化とともに同時発生（複合災害）が相次いでいる。

台風の常襲地帯でもある熊本県下では、強風、豪雨による洪水、土砂災害、また高潮・高波等の海象災害などに悩まされ、自然災害に対する防災・安全対策は欠かすことができない。その反面、台風9918号による高潮災害に見られるような高潮対策のための海岸堤防等の防災構造物の建設が自然環境を阻害している面もある。まさに、この有明・八代海が直面する、二律相反した“環境と防災”的調和に関する早急な学術的・技術的対応を、緊急かつ積極的に行わねばならない。

すなわち、この海域では、「環境」と「防災」という相反する課題に直面している事実があり、環境あるいは防災のどちらかを選択するというような単純な課題ではなく、如何にして、この相反する、環境と防災に対処していくかという新たな課題があることを見据えなければならない。災害に強く安全でかつ環境と調和した、個性ある地域創りに関する早急な学術的、技術的対応へのマスタートップ作成を早急に創り上げねばならない。

本セミナーでは、有明海・八代海の海域環境及び防災に関する殆ど全ての国（各省庁）・県の委員会の委員長・委員（約40）を勤める立場を通して、その対策や政策への方向性を探り、提言する。

地球科学から観た有明海・八代海の環境 —近過去の環境変遷と人為的汚染の評価に向けて—

沿岸域環境科学教育研究センター

あきもと かずみ

秋元和實（水・地圏環境科学分野 助教授）

【地球科学の新たな試み】

有明海・八代海に限らず、都市に隣接する閉鎖性内湾沿岸域の環境や生態系は、流域や潮間帯の人工改変（ダム、護岸堤防など）、陸・水域からの流入物質（生活排水、産業廃水、人工飼料）の影響を強く受ける。悪化した自然環境を改善し、維持するために、世界中で原因とメカニズムの解明に向けた調査が行われている。しかし、現在の状況を調査するだけでは、中長期にわたる環境の変化の原因も、人為的影響も解らない。

有明海・八代海の環境の修復・保全は立法処置されているにも関わらず、対策に必要な1980年以前の環境情報は極めて少ない。原因を特定するために、さらに環境改善の目標値を得るために、近過去の環境を復元して不十分な記録を補う必要がある。このため、堆積物に残された記録から人為的影響を地球科学的手法による解析が求められている。

【地球科学的手法の特色】

現在科学（海洋学・水産学など）は生起している事象を種々の精密な調査・観測手法で記録しているが、変化の発生前に遡ってデータは取れない。特に、最近注目されている環境と生態系の変化は、10年から100年オーダーの現象であり、十分な測定資料は望めない。唯一、堆積物に残された記録を解析することで、近代的観測以前に遡って環境を推察できる。

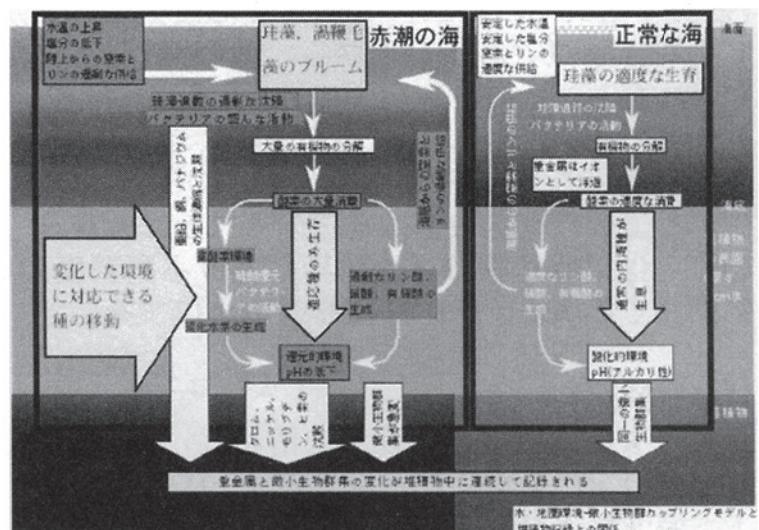


図2 水・地圏環境-微小生物群カップリングと堆積物記録の高精度解析との関係

また、生態系は様々な環境要因が重なりあった結果であり、物理・化学的数値のみでは、生態系の変化に直接に結びつかない。化石として残されている低次生物群集の変遷を放射年代に基づいて解析することで、はじめて生態系および環境の変化の原因に迫ることができる。

1997年には、環境復元へ原生生物の化石（微化石）の応用を目指した国際会議が新設された。急速な研究の進歩を背景に、2000年からは2年毎の開催されることになった。原生生物が注目された理由は、速い世代交代、堆積物に残される

特有な形の殻、物理・化学的環境要因と密接に関連する個々の種の生態にある。国内では、松島湾、浜名湖、田辺湾、中海では、現在と数10年前との有孔虫群集を比較から、環境変化が議論されている。

【有明海・八代海における地球科学的研究】

有明海・八代海は、日本の総干潟面積の約50%の干潟と、4mを超える干満差から、独特的の環境を有する。さらに、埋め立ておよび護岸により地形が改変され、河川を通じて陸域からの無機・有機物が流入し、養殖漁業などの海面利用の過程で多様な化学物質が蓄積する。したがって、堆積物に残された記録から人為的影響を解析できる最適な海域といえる。

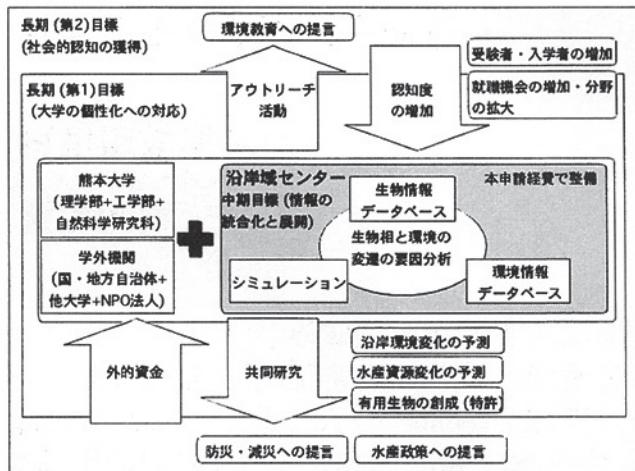
堆積物の分布は、有明海では鎌田(1967)および木下ほか(1980)により、八代海南部では(Rifardi, et al., 1998)により報告されている。熊本沖では、堆積物の移動・堆積が潮汐残差流と関係していることが明らかにされている(佐藤・松田, 2002)。有明海では直近の調査から25年が過ぎ、八代海では北部が未調査であることから、改善策で必要な堆積物の現状を把握する必要があった。一方、有明海の過去18,000年の地形と環境の変遷が、熊本沖で採取したピストンコア試料の層相、珪藻および有孔虫化石の層位変化に基づいて復元されている(塚脇ほか, 2000)。しかしながら、近過去の有明海に生息していた有孔虫種は現在のそれとは異なる(Akimoto, et al., 2004)。このことは、水産資源の減少期における高精度の環境解析には、有孔虫の分布に関する環境因子の詳細を明らかにすることが求められた。

【研究成果】

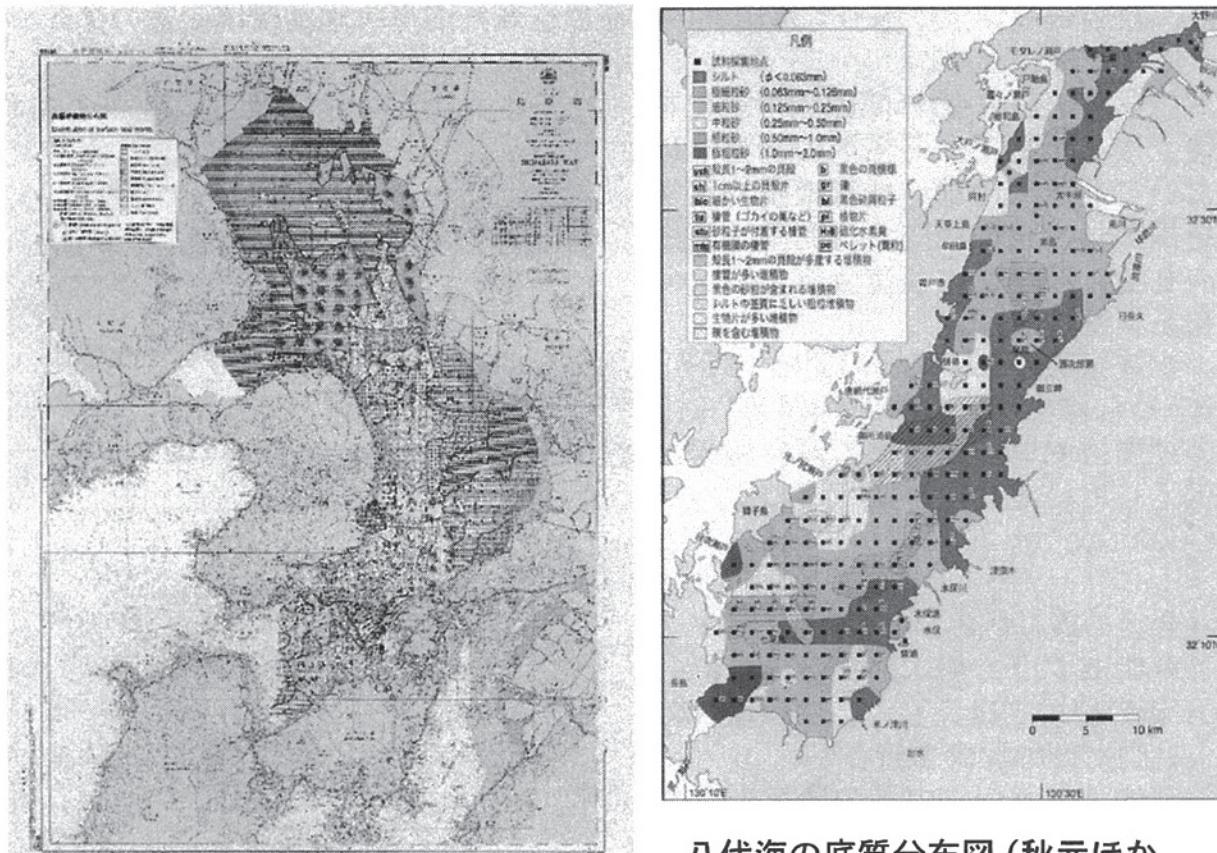
近過去における自然環境を解析し、人為的影響を評価するために不可欠な基礎資料を得るために、以下の3つの視点で研究を進めた。

1. 海洋および底質環境の特性の把握

有明海および八代海において、堆積物の分布と海水の挙動(秋元ほか, 2004, 2005, 2006)、ならびに高濃度の硫化水素を含む堆積物の分布と水塊との関係を明らかにした(田中・秋元, 2004)。さらに、熊本市沖では、シミュレーションの結果と比較し、有機物の集積を検討した(滝川ほか, 2005)。



環境情報データベースの社会的意義



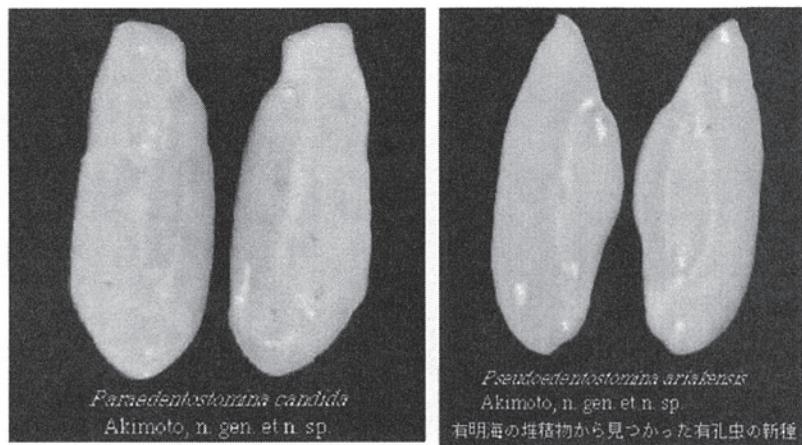
有明海の底質分布図（秋元ほか, 2004）

八代海の底質分布図（秋元ほか, 2005）

2. 環境復元を目的とした現生底生有孔虫群集の解析

有明海で採集した堆積物から有孔虫種を抽出し, 283タクサを分類し, 2新属, 12新種, 1新亜種を記載した (Akimoto, et al., 2002).

さらに, 有明海の212地点から採集した表層堆積物



試料から産出した底生有孔虫は, 103属429種(生体は84属222種)に同定された。現生群集の因子分析を行い, 種の分布と物理・化学・生物学的環境因子との関係を検討し, 化石群集に適用できる評価基準を作成した (Akimoto and Tanaka, 投稿中)。

3. 放射年代測定に基づく堆積物中に記録された海洋・堆積環境変遷の復元

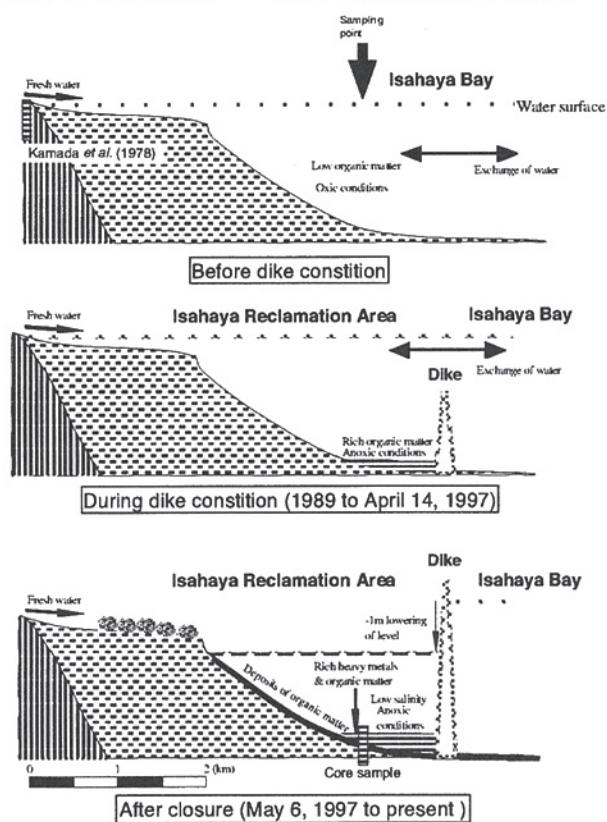
諫早湾の過去40年間の環境変化を復元するために、干拓地の調整池において、乱れのない柱状堆積物試料を採集し、粒度組成、含泥率、底生有孔虫、珪藻および重金属の層位分布を調査した。

水質記録のない築堤の開始(1989年)から締め切り(1997年4月)までの期間において、底層の溶存酸素が低下していたことが明らかになった(Akimoto, et al., 2004)。

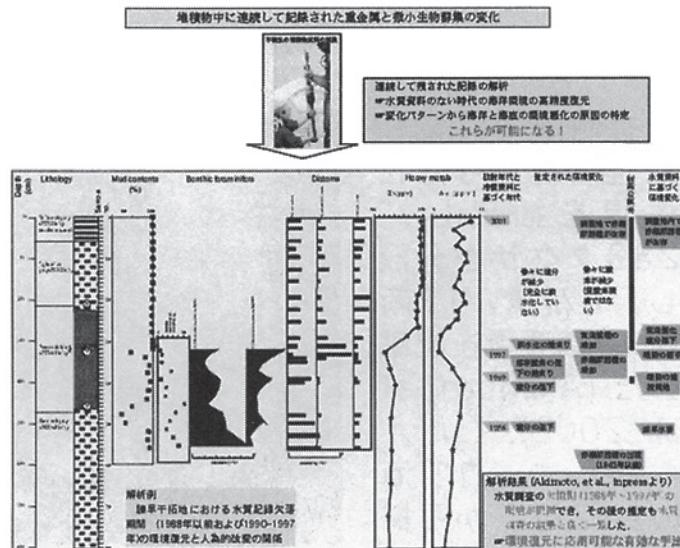
【今後の取り組み】

有明海では、熊本沖において過去60年の環境を復元し、自然環境への人為的影響の評価を行う。

八代海では、学内外の研究者と共同して、データベースの構築を進める。



諫早湾干拓地の調整池の環境変化



復元された諫早湾の過去40年間の環境変化

有明海の環境に対する周辺地域の人々の意識構造

沿岸域環境科学教育研究センター

すずき たけし
鈴木 武 (沿岸域社会計画学分野 客員教授)

1. はじめに

有明海は、日本一の干満差（最大で約6m）と日本一の干潟面積（2400km²）を持つ島原半島、天草諸島、宇土半島に囲まれた湾で、魚、エビ、カニ、タコ、貝などが豊富な海域である。ノリ養殖が盛んで、生産量は日本一である。また、特異な海域環境のため、有明海でしか見られない生物も多くいる。そして、周辺には、元寇以後造られてきた広い干拓地があり、主に農業に使われている¹⁾。

そのような有明海で2000年12月に大規模なノリの色落ちが発生した。そのためノリ漁業者らは、諫早湾干拓堤防の水門の開放を求めて、2001年1月に海上デモと干拓工事現場での座り込みを行った。それらが全国に報道され、有明海の環境悪化が社会的な問題とみられるようになった。こうした状況を受け、農林水産省は、有明海の漁業生産の不振の原因究明と対策を提言するため、「農林水産省有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会」を同年3月に設置し、2003年3月に最終とりまとめを出した。この間、有明海等の環境の保全・改善と水産資源の回復等を目的に、そのための計画の策定、関連各種事業と調査研究の実施を進めるため、国会は「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律」を制定し、2002年11月に施行した。この法律に基づき、有明海及び八代海の再生に係る評価等を行う「有明海・八代海総合調査評価委員会」が2003年2月に設置され、評価作業が開始された。

こうした政府の動きと並行して、訴訟や公害調停が行われた。

訴訟は、2002年11月に、漁業者らが諫早湾干拓事業工事差止めの提訴と仮処分申立をしたことに始まる。その後追加提訴がなされた。佐賀地裁は2004年8月に工事差し止めの仮処分命令を出したが、2005年5月、福岡高裁は仮処分決定を取り消した。2005年6月、原告側はこれを不服とし、最高裁に抗告を行った²⁾。2005年9月最高裁は、高裁の判断に違法はないとの決定を下したため、同年10月に、漁業者が排水門の常時開門、開門調査および工事の一時凍結の新たな仮処分を申し立てた³⁾。その後追加申立があり、原告団は2533人（2005年12月）となった⁴⁾。

公害調停は、2003年4月に、漁業者らが諫早湾干拓事業と漁業被害の因果関係の認定を求める原因裁定を申請したことに始まる。2005年8月、公害等調整委員会は、潮受け堤防による湾閉め切り以降にノリ不作など漁業被害が発生したことを認めたが、これまでのデータや研究などでは両者の関連を認定するのは困難とした^{5), 6)}。

このように、人間の活動や自然の変動によって有明海の環境が大きく変化し、それが社会的な関心事となっている。こうしたなかで、有明海周辺に生活する人々の「有明海の環境」に対する意識を調べ、有明海の環境問題を考えていくための基礎資料とするため、熊本県三市（熊本、本渡、菊池）の住民を対象にアンケートを実施した。

表-1 調査票の送付・回答数

項目	熊本	本渡	菊池	未答	Total
A: 発送数	800	800	800	—	2400
B: 配達数	721	751	735	—	2207
C: 回答数	90	129	88	5	312
回答率(B/C)	12.5%	17.2%	12.0%	—	14.1%

表-2 回答者の年齢

年代	熊本	本渡	菊池	未答	Total	N
未回答	0	2	0	50	2	5
10代	1	1	0	0	1	2
20代	7	3	2	0	4	12
30代	12	11	5	0	9	29
40代	20	26	22	17	23	71
50代	20	27	26	0	24	76
60代	21	14	22	0	18	56
70代	17	10	22	33	16	49
80代	2	6	2	0	4	12
Total	100	100	100	100	100	
N	90	128	88	6		312

単位：Nはサンプル数、その他は%。

表-3 回答者の性別

性別	熊本	本渡	菊池	未答	Total	N
未回答	6	11	11	50	10	32
男	60	68	65	50	64	201
女	34	21	24	0	25	79
Total	100	100	100	100	100	
N	90	128	88	6		312

単位：Nはサンプル数、その他は%。

2. アンケート調査の概要

対象者は、住宅地図から無作為に各市 800 名を抽出し、全体で 2,400 名を抽出した。アンケートは 2005 年 8 月に発送し、回収した。送達数に対する回答の割合は全体で 14.1% であった（表-1）。回答者の年齢構成は、10-30 代が 14%，40-50 代が 47%，60-80 代が 38% である（表-2）。男女構成は、男性 64%，女性 25% である（表-3）。性別未回答者が全体の 10% いるが、男性には性別回答をこばむ誘因が考えにくいくことから、性別未回答者を女性とみなして整理を行った。

3. 有明海の環境対策に対する認識

(1) 対策の方向

有明海の環境の現状を考えたとき、各環境項目に対して、「今より悪化させない」、「もっと良くする」、「現状の対応でよい」、「対応を少し減らす」のどのような対策が必要か、回答者の考え方を質問した。その際に、どの対策にも必ず何らかのコストがかかることを考慮するように記述した。この質問に対する回答は、図-1 のとおりである。

「もっと良くする」とした割合が最も多いのは「海岸でのゴミや利用のマナー」で、回答割合は 74% である。次に多いのは、「魚介類」と「水質・底質」の 62% である。その次に多いのは、「藻場」の 44%，「砂浜」の 41%，「干潟」の 39%，「公園や緑地」の 46%，「海や海辺の景観」の 38% である。

「もっと良くする」と「今より悪化させない」をあわせ、「何らかの対応が必要」と考えている割合が多いのは「水質・底質」、「海岸での利用やゴミのマナー」、「魚介類」で 90% 強あり、1 位グループを形成している。2 位グループは「干潟」、「藻場」、「砂浜」で 80% 弱である。

(2) 取り組み方

各環境項目に対する対策の方向が「今より悪化させない」、「もっと良くする」もしくは「対応を減らす」の場合に、それらに対する取り組み方を質問した。この質問に対する回答は、図-2 のとおりである。ここでは対策の方向ごとに分けて整理していないが、「対応を減らす」と応えている割合が非常に小さいので、「何らかの対応が必要」と考えている者がどのような取り組み方をすべきと考えているかを表している。

「必要である」とした割合が最も高いのは、「海岸でのゴミや利用のマナー」で 81% である。次に高いのは「魚介類」と「水質・底質」で 78% で、これら 3 項目で 1 位グループを形成している。2 位グループは「干潟」、「藻場」、「砂浜」で 60% 代である。3 位グループは「歴史的文化的資源」、「景観」、「岩場」、「公園や緑地」で 50% 代である。いずれの対策も概ね 1/2 以上が

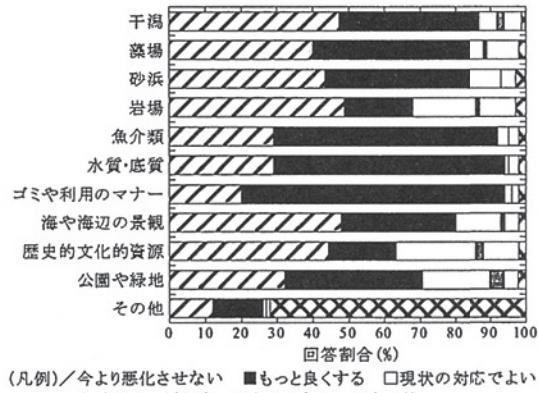


図-1 各環境項目に対する対策の方向

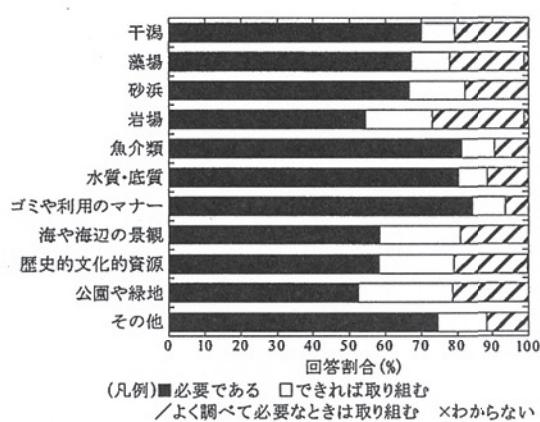
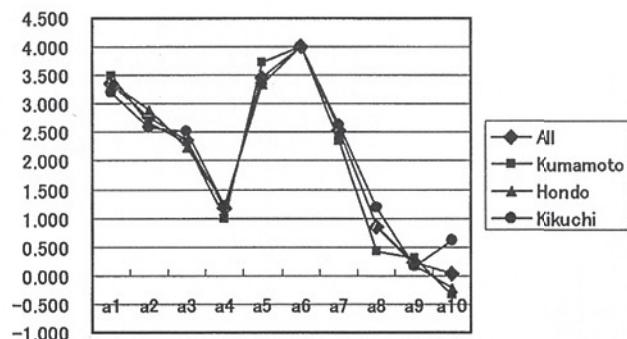


図-2 各環境項目に対する対応の必要度



注1) 行は回答項目、列は環境項目である。環境項目は、X1：「干潟」、X2：「藻場」、X3：「砂浜」、X4：「岩場」、X5：「魚介類」、X6：「水質・底質」、X7：「海岸でのゴミや利用のマナー」、X8：「海や海辺の景観」、X9：「歴史的文化的資源」、X10：「公園や緑地」、X11：「その他」である。

図-3 対策の重要な順位

「必要である」としている。「よく調べて必要なときは取り組む」という不確実性を感じる者の割合は、1位グループが10%前後、2位グループと3位グループが20%前後である。

(3) 対策の重要な順位

各環境項目に対する対策の取り組み方を調べただけでは、各環境項目間の相対的な対策の重要度が分からぬ。そのため、対策をとることが重要であると考える環境項目を1位から6位まで質問した。その結果をダミー変数の和からなる効用関数を仮定し、Logitモデルを使って各変数の重み係数を求めたものが図-3である。1位グループは、3.(1)の結果とは異なり、「水質・底質」、「魚介類」、「干潟」である。

「海や海辺の景観」で若干の地域差があるが、それ以外は地域間で違いがほとんどない。それは、対策間の相対的な重要度は、地域ごとにあまり違いがないことを意味している。

4. 有明海の環境に关心を持つ理由

有明海の環境に关心を持つ最も大きな理由を質問した。その結果は図-4のとおりである。回答割合が大きいのは、「子供たちや後世の人々のために汚れない自然を残さなければならない」の39%、「むだな開発による環境破壊を止めたい」の23%、「水産資源の減少を防がなければなければならない」の10%、「汚れた環境は人間の健康を害するおそれがある」の8%の順である。

有明海の環境に关心を持つ理由を地域で分けてみると、「子供たちや後世の人々のために汚れない自然を残さなければならない」では熊本が少し小さく、「むだな開発による環境破壊を止めたい」では本渡が小さい。

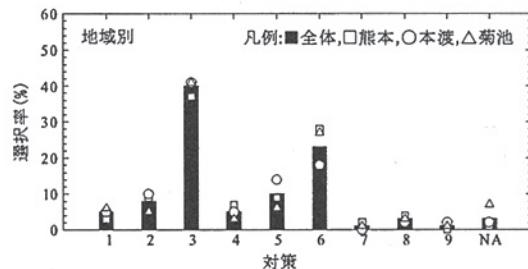
「水産資源の減少を防がなければなければならない」では本渡が大きく、「汚れた環境は人間の健康を害するおそれがある」では菊池が小さい。

5. 費用の負担

有明海の環境問題について周辺地域の人々や企業がどれだけ費用を負担すべきかを質問した。結果は図-5のとおりである。「ほとんどを地域で負担すべきだが地域だけではどうしようもない」とした割合が45%で最も多い。それに対して、無力感を含んでいない「ほとんどを地域で負担すべき」を選択した割合は3%しかない。2番目に多いのは「ほとんどを全国で均等に負担すべき」で22%，3番目に多いのは「有明海周辺地域と他地域が同等に負担すべき」で17%であり、両者をあわせた何らかの割合で国の負担を求める回答の割合は39%である。「ほとんどを地域で負担すべきだが地域だけではどうしようもない」では熊本が小さく、「有明海周辺地域と他地域が同等に負担すべき」では菊池が小さい。

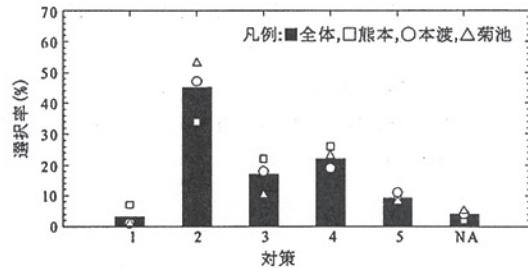
6. 対策に対する責任意識

有明海の環境対策を、回答者の回答に従って実行した場合、その結果に責任を持つことができるかを質問した。結果は図-6のとおりである。「責任を持てるとも持てないとも言えない」が31%で最も多く、ついで「意見は聞



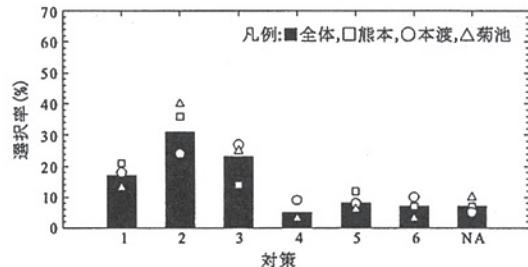
(凡例) 1: 汚れない環境は人生を快適にする, 2: 汚れた環境は人間の健康を害するおそれがある, 3: 子供たちや後世の人々のために汚れない自然を残さなければならない, 4: あらゆる生命を大切にしなければならない, 5: 水産資源の減少を防がなければならない, 6: むだな開発による環境破壊を止めたい, 7: その他, 8: よく分からぬが、何となく心配だ, 9: 関心がない

図-4 有明海の環境に关心を持つ理由



(凡例) 1: ほとんどを地域で負担すべき, 2: ほとんどを地域で負担すべきだが地域だけではどうしようもない, 3: 有明海周辺地域と他地域が同等に負担すべき, 4: ほとんどを全国で均等に負担すべき, 5: その他

図-5 有明海の環境問題に対する費用負担



(凡例) 1: 責任を持つことができる, 2: 責任を持てるとも持てないとも言えない, 3: 意見は聞いて欲しいが、責任は持てない, 4: そのようなことにかかわりたくない, 5: そのようなことをしてはならない, 6: その他

図-6 対策に対する責任意識

いて欲しいが、責任は持てない」が23%、「責任を持つことができる」が17%である。そして、「そのようなことにかかわりたくない」もしくは未回答とした割合は12%である。見方を変えれば、何らかの関与をしようとする者のうち、「責任を持つことができる」としなかった慎重派が71%を占めているとみることができる。

法律用語辞典⁷⁾によれば、「責任とは、一般には、自己の行為の結果について、何らかの義務、不利益、制裁を負わされること」である。有明海の環境問題のように、複雑な自然の機構を相手にし、多額の費用を必要とすると予想される対策の結果に対して、個人で責任をとるということは、極めてリスクの高い行為だといわざるを得ない。にもかかわらず、「責任を持つことができる」とした人々がいる。少なくとも、これらの事柄に対して十分に自信があるということであろう。それとともに、そうした人々は、期待効用最大化の仮説が成り立っていると考えるならば、自分は十分な知識を持っているので失敗をすることはまずない、もしくは、自分の意見には多くの人が賛同するはずだなどの理由から、うまくいかなかった場合の自分の損害に注意があまりむいていない、ないしは、損害を小さく見積もっていると考えることができるだろう。

7. まとめ

有明海の環境問題を考えていくための基礎資料とするため、熊本県内三市（熊本、本渡、菊池）の住民を対象に、有明海の環境に対する意識を聞くアンケートを実施した。その結果、「改善」もしくは「悪化防止」の必要を感じている人の割合が最も高い環境項目は「海岸でのゴミや利用のマナー」、「魚介類」および「水質・底質」であったが、環境項目間で優先順位が高いのは「水質・底質」、「魚介類」および「干潟」であった。有明海の環境に关心を持つ理由は、「次世代への配慮」が最も多く、ついで「むだな開発の防止」、「水産資源の減少防止」、「健康影響への懸念」であった。「むだな開発の防止」とした割合は、他地域と比べて本渡は少し小さかった。有明海の環境問題に対する費用負担は、「ほとんどを地域で負担すべきだが地域だけではどうしようもない」が45%で最も多かったが、何らかの割合で国に負担を求める回答は39%に達した。自分が回答した対策方針についての社会に対する責任意識では、「責任を持つことができる」とはしない慎重派が71%を占めていた。

マスコミ報道では、特徴的な出来事が報道されるが、そこから地域の人々がどのような認識を持っているかを推量することはできない。有明海の環境問題のような広域的な問題に取り組んでいくためには、科学的知見の他に地域の人々がどのような思いを持っているかを知ることが必要である。このアンケートによって、地域の人々が有明海の環境に対してどのような認識を持っているかについての一部を明らかにできたのではないかと考える。

参考文献

1. 国際エメックスセンター：日本の閉鎖性海域(88 海域)環境ガイドブック、国際エメックスセンター、2001.
2. 佐賀新聞社：諫早差し止め取り消し－福岡高裁決定－、佐賀新聞5月17日、2005.
3. 読売新聞社：諫早湾干拓 漁業者17人、新たな仮処分申請、読売新聞11月1日、2005.
4. 読売新聞社：諫早湾干拓訴訟 502人が追加提訴／佐賀地裁、読売新聞12月9日、2005.
5. 公害等調整委員会：平成16年度公害等調整委員会年次報告、2004.
6. 毎日新聞社：諫早湾干拓 不漁との因果関係認定の申請棄、毎日新聞8月31日、2005.
7. 法律用語研究会編：法律用語辞典第2版、有斐閣、2001.

野鳥の池の順応的な管理を目指した研究

沿岸域環境科学教育研究センター

ふるかわけいた
古川恵太 (沿岸域社会計画学分野 客員助教授)

1. はじめに

有明海は日本を代表する大型閉鎖性内湾であり、我が国の大潟総面積の40%に及ぶ広大な干潟が発達した海域である。この干潟環境は、これまで潮汐や気象条件、底生生物や微生物の活動などが微妙なバランスを形成し、生態系の生息環境として、また漁場としても重要な役割を果してきた。しかし、近年、沿岸域の開発や河川からの栄養塩流入の質や量の変化などにより、内湾への水質負荷が増大してきている。このことが一要因となって、ノリの色落ち被害など環境悪化に伴う諸現象が顕在化しており、早急な干潟環境の浄化機能の再生・回復が社会的に強く求められている。造成干潟によるこうした機能の發揮について、機能の発現までの時期や特徴をまとめ、さらには管理手法など検討するために、熊本県によって熊本港の埋立地に造成された干潟において、環境変動の調査を実施している。本研究では、その調査結果をまとめ、干潟造成後の環境要素（地形、底質、水質、生物）の短期的な遷移過程について報告する。

2. 調査概要

調査の概要本調査対象である「熊本港親水緑地公園、野鳥の池(以下野鳥の池)」は、有明海の浚渫土を用いて建設された熊本港北東角を掘り込んで造成した干潟である(平成14年10月竣工)。図-1に示すように、野鳥の池は石積護岸によって外海と隔てられ、4つの通水管(直径1.0m)により潮汐の干満に応じて海水が自由に出入りしている。地盤勾配は周り

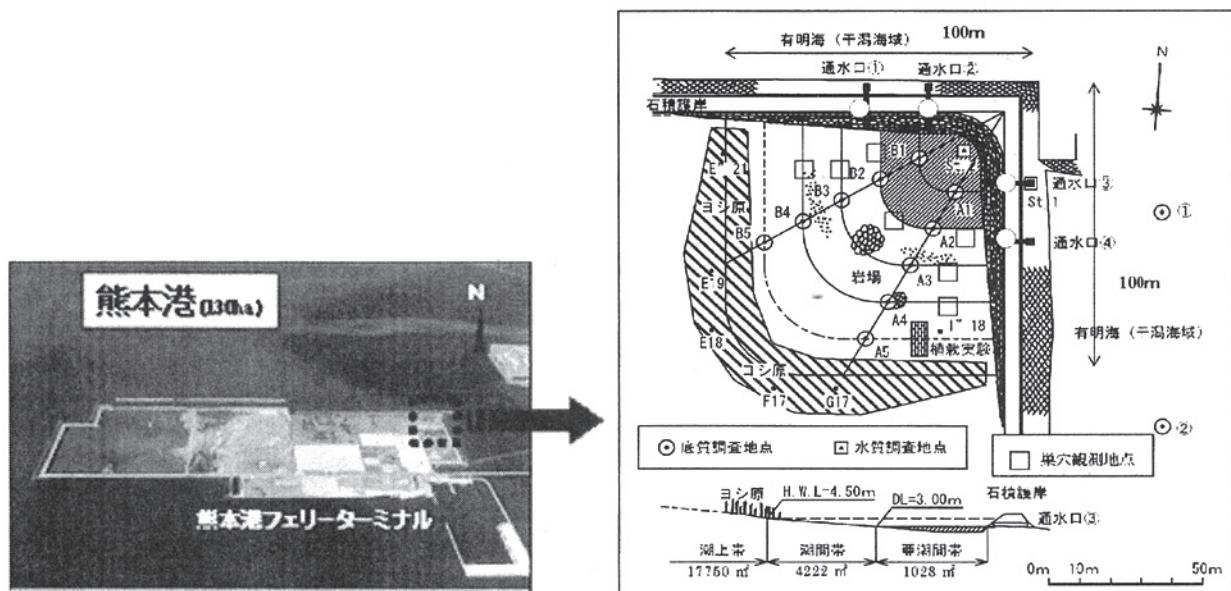


図-1 野鳥の池の概略図

の干潟域(約 1/600)よりも急勾配な約 1/36 であり、含泥率は約 70%を占める泥質干潟である。野鳥の池内には、常に海水が溜まっている亜潮間帯が存在しており、水深は干潮時(水面 DL+3.0m)で平均 0.3m である。また比較対照地として、野鳥の池の東側約 30m に位置する①、②地点(DL+2.4m)(以下「比較対照干潟」と略す)を設けた。潮間帯では、目盛付きの杭を地盤高 0.5m 間隔で亜潮間帯内の DL+2.5m から H.W.L の 4.5m まで、A・B ラインの 2 測線計 10 地点を設置している。調査内容は、各々の杭において、地形の定点観測、地盤の強度を測るコーン貫入試験、柱状試料を採泥し粒度分析、含水比、COD_{sed}、強熱減量、硫化物含有率、ORP、pH について底質調査を行った。通水口③の出入口 St.1 と亜潮間帯 St.2 において pH、DO、導電率、塩分、水温、濁度、水深などについて水質の連続観測、図中の潮間帯の△の地点では巣穴観測も行った。

3. 結果概要

調査の結果と考察野鳥の池の地形変動は、通水開始後約 6 ヶ月で亜潮間帯と水際で約 10cm の堆積が見られ、約 2 年で 25~30cm の堆積が進行している(図-2)。底質の硫化物は比較対照干潟と池内亜潮間帯で存在が確認されたが、池内潮間帯ではほとんど確認されなかった。

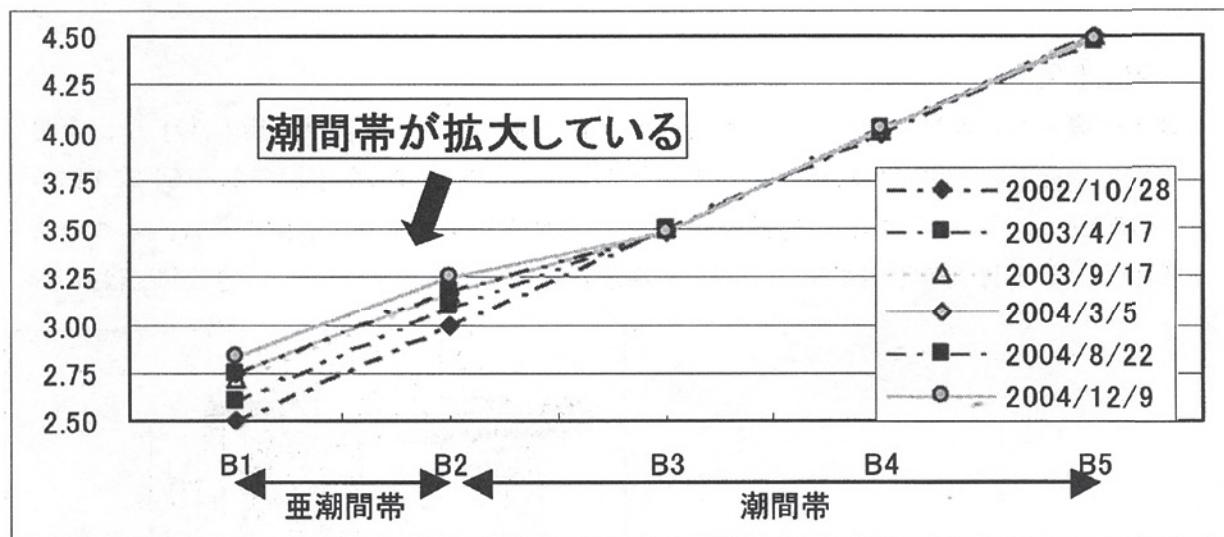


図-2 野鳥の池の地形変動

これは潮間帯が、潮汐や生物などによって常に好気的環境を維持されたことによるものと考えられる。図-3 に示すように、亜潮間帯では 20cm の層で大幅な増加傾向が見られた。これは、底質の堆積により嫌気的な環境が維持され、増加していくものと考えられる。生物においては、出現数・個体数とも初期の遷移課程を脱し、周囲の干潟同様の季節変動を示す段階に到達したと考えられるデータが観測されている(図-4)。また、地盤高による生物の棲み分けがなされており、多様な干潟環境が連続的に形成されつつあることが確認できるが、比較対照区とは異なる生物相となっている。図-5 は池内の海水の DO と全天日射

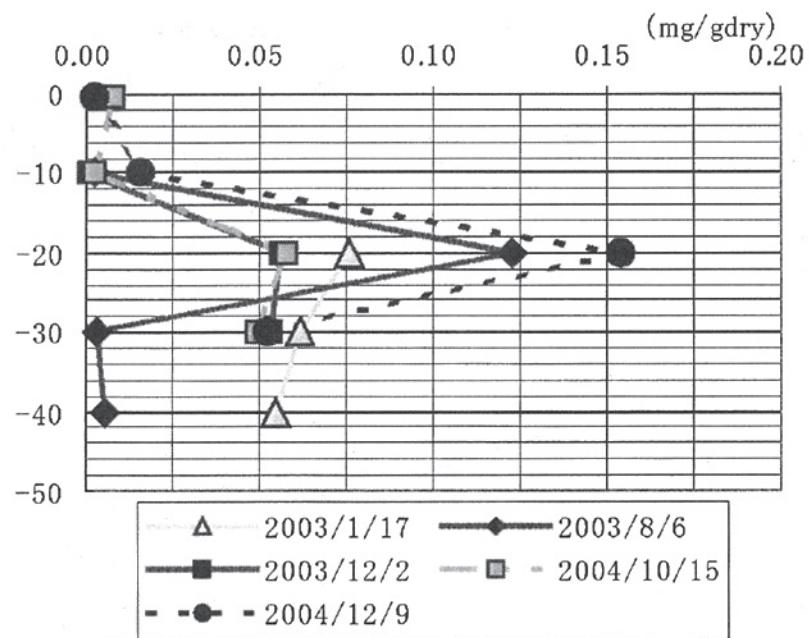


図-3 亜潮間帯 B1 地点の硫化物含有率（対乾燥土壤）の鉛直プロファイル

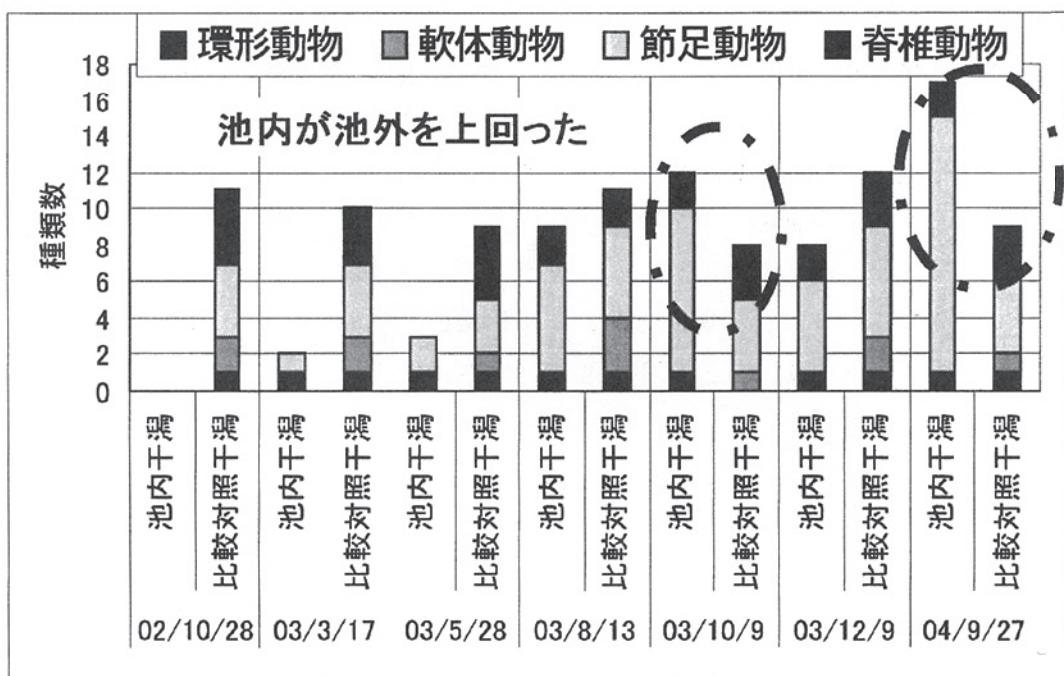


図-4 生物の出現種類数

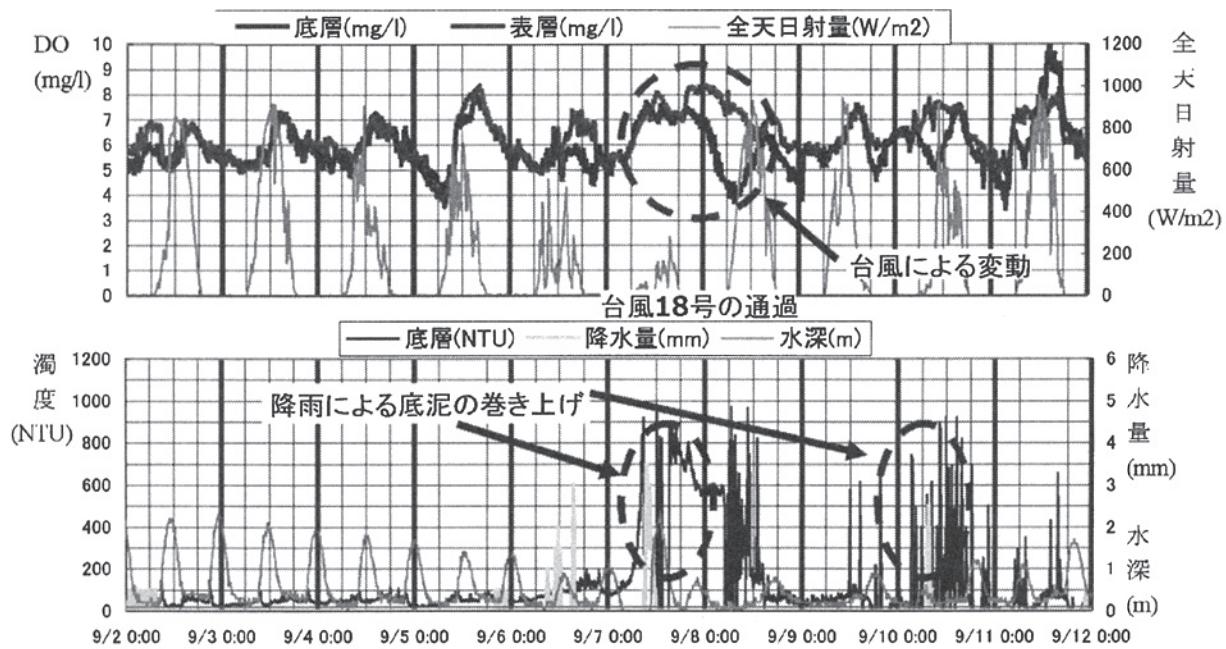


図-5 DO（底層・表層）と全天日射量の関連（2004年9月）

量の日変化である。図より、昼夜の生産・消費の交代といった定常的な変動パターンおよび、台風（T0418, 9月7日）などの擾乱とそれからの回復等が観察され、安定した生物活動の場となっていることが推察される。

4. おわりに

野鳥の池の完成よりこれまで2年が経過し、地形、底質、水質、生物の変動特性について追跡調査を行った。その結果、野鳥の池は、造成初期からの過渡的な変化が生物種の多様化や水質浄化能力の向上といった方向へ収束に向かっていることが期待される結果が得られた。こうした機能発揮のプロセスを明らかにすることは、干潟環境の再生・回復に有益な指針となる。

なお、本研究にあたり、ご指導いただいた滝川教授、実験・解析に参画していただいた田中助手、森本氏、増田氏、三迫氏をはじめとする滝川研究室関係諸氏に厚くお礼を申し上げる。

センター組織図

センター長　内野 明徳

(教育研究分野)

生物資源循環系解析学

教授 逸見 泰久
助教授 (欠員)
技術職員 島崎 英行

生物資源保全・開発学

教授 瀧尾 進

水・地圏環境科学

教授 滝川 清
助教授 秋元 和實

沿岸域社会計画学(客員部門)

教授 鈴木 武
助教授 古川 恵太

(海洋施設)

合津マリンステーション

(所在地) 〒861-6102 熊本県上天草市松島町合津 6061

(連絡先) TEL 0969-56-0277

FAX 0969-56-3740

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター

(所在地) 〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号

(事務連絡先) 熊本大学学術研究協力部研究協力課

TEL 096-342-3143

FAX 096-342-3149

(ホームページ) <http://www.kumamoto-u.ac.jp/center-for-marine/top.htm>