

第5回

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター—講演会要旨集

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：2007年1月26日（金曜日）13:00～17:30

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、陸域と海域との間の物質交換が活発に行な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、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創造の上から、重要な鍵となっています。

熊本県の西側全域が接している有明海・八代海は、干満の差が湾奥では5 m以上にもなるほど大きく、沿岸域には広大な干潟が形成されています。また、希少・貴重な動物種が数多く生息しているなど、この海域は世界的に見ても特異なものとなっています。そして、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。また近年では、車エビやハマチ、ヒラメ、フグの養殖も盛んに行なわれています。ところが最近、生物多様性の減少、漁獲量の激減、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基礎から応用までの幅広い教育研究を行ない、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、環境省、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、他大学などと共同して、有明海の海底環境の変遷の分析、養殖ノリの色落ちのメカニズムや有用品種の分子育種という研究課題も進めています。また、平成17年度から21年度までの5年間は、文部科学省の科学技術振興調整費による「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験（代表：滝川清教授）」の研究も精力的に遂行しています。さらには、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や海域底泥層の改質装置についての特許出願などの知的財産形成にも努力しています。このような研究成果を地域に直接的に還元するために、市民公開講座の開催や県内外の大学や県内の小中学生・社会人への臨海実習の実施、高校と大学との連携教育事業の実施なども行なっています。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、有明海・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、私たちの研究活動の一端を皆さんにお知らせし、研究成果を地域に還元することを目的としています。限られた時間ではありますが、ご静聴の上、熱心なご討議やアドバイス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 明德

目次

1. 二枚貝を通してみる有明海・八代海の環境変化 (13:10～13:45) 1
 へんみやすひさ
 逸見泰久 (生物資源循環系解析学分野 教授)
2. 深海性ソコムジンコ類群集の時空間変異と干潟生態系との共通性
 (13:45～14:20) 5
 しまながもとひろ
 嶋永元裕 (生物資源循環系解析学分野 助教授)
3. 養殖ノリの環境ストレス応答 (14:20～14:55) 7
 たきお すすむ
 滝尾 進 (生物資源保全・開発学分野 教授)
4. 有明海の再生に向けた現地実証試験 (15:05～15:40) 10
 たきかわ きよし
 滝川 清 (水・地圏環境科学分野 教授)
5. 微小生物相の変化から見た有明海の環境変遷 (15:40～16:15) 17
 あきもとかずみ
 秋元和實 (水・地圏環境科学分野 助教授)
6. 人々は有明海の環境問題をどのように捉えているか (16:15～16:50) . . 23
 すずき たけし
 鈴木 武 (沿岸域社会計画学分野 客員教授)
7. 野鳥の池の実験から見えてきた海辺の自然再生の一手法 (16:50～17:25) . 27
 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)

司会進行：秋元和實

【注意】本講演要旨の著作権は、熊本大学沿岸域環境科学教育研究センターおよび著者に帰属しています。本資料の利用にあたっては、当センターおよび著者の両者に対して、書面等による許諾を必要とします。

1. 二枚貝を通して有明海・八代海の環境変化

逸見 泰久

はじめに

有明海・八代海における魚貝類の漁獲高は、1980年頃より激減し、現在では最盛期の5分の1にも満たない。原因については不明な点が多いが、おそらく、多くは複合的であり、また地域や魚貝類の種類によって異なるであろう。

本講演では、二枚貝（アサリ・ハマグリ・タイラギ・アゲマキ）を中心に、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報告する（図1）。

（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年代末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。ただし、資源管理や覆砂によって漁獲量が増加している事実は、乱獲や底泥の悪化の両方がアサリ激減の原因であることを示唆している。

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ヵ月間干潟で「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た。カラムシロやトライミズゴマツボなどで、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。

なお、講演では、熊本県におけるアサリの資源管理とその成果についても紹介する。

（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



図1. アサリ・ハマグリ・アゲマキ・タイラギ

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二枚貝であ
ったが、現在、多くの地域で絶滅状態であり、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（図 2）。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
の熊本県の漁獲量は、1970 年代の平均 3,500t から、2000
年代の平均 173t に激減している（図 3）。

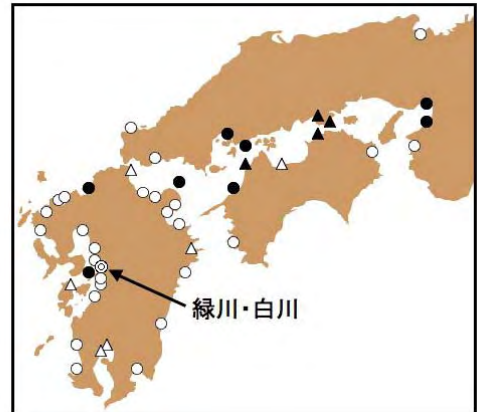


図 2 西日本におけるハマグリ生息状況。

◎：多い，○：普通，△：少ない，

▲：ほぼ絶滅，●：絶滅。

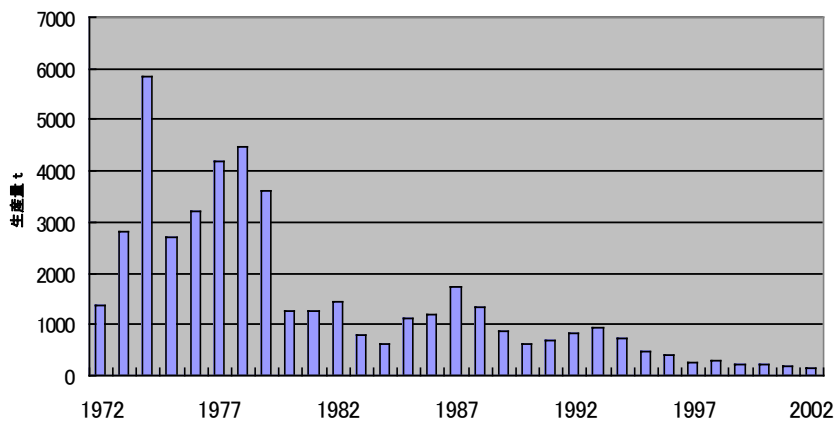


図 3 有明海・八代海におけるハマグリ漁獲量の年変動

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）・福岡県（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。

この他に、我々は、ハマグリ激減の原因を明らかにするために、福岡県加布里湾と熊本市白川河口で 2006 年 1 月より定量採集を行い、分布や成長を比較している。ちなみに、加布里湾では厳密な漁獲管理が行われており、人為的影響が小さい（殻長制限：5cm 以上，漁期：11 月～翌年 3 月，漁獲の制限：1 人 1 日 10kg 以内，漁業区の制定）。そのためか、ハマグリ密度が異常に高く、殻長 3cm 以上のハマグリに限定しても、平均 35 個体/m²前後が生息している。一方、緑川・白川河口は国内最大のハマグリ生産地であるが、漁獲に関する制限は殻長制限（3cm 以上）しかなく、乱獲のためか、殻長 3cm 以上のハマグリは高密度域でも 3 個体/m²程度に過ぎない。なお、殻長 3cm 未満のハマグリ密度は、加布里と白川河口で、それぞれ 200 個体/m²と 120 個体/m²で大型のハマグリ密度に比べれば差は小さい。さらに、分布調査の結果、いずれの海域においても、「ハマグリ稚貝は河川内の砂底に定着し、成長とともに海域に移動する」ことが明らかになった。このことは、ダム建設や川砂採砂等による河川内の泥化がハ

マガリ個体群に深刻な影響を与えることを意味する。

このように、緑川・白川におけるハマグリを激減には、乱獲と河口域の環境悪化（特に泥化）が強く影響していると考えられる。

（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箒形の二枚貝である。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。

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1）。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。

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 |
| 2006年(平成18年) | 20~40 | 不明 | 0 |

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) | 不明 | 不明 | 不明 |
| 2006年(平成18年) | 8月 | 不明 | ----- |

----- : 適当な生息地が発見できなかったため、調査せず

表1 大牟田沖（有明海東部）におけるタイラギの稚貝密度と大量死の開始時期。

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高い。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年以降は激減）、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。

(4) アゲマキ・・・有害化学物質により絶滅？

アゲマキは、演者が有明海・八代海で本格的な調査を始める前に絶滅状態に陥ったため、十分な調査は行っていない。しかし、過去の資料を見る限り、今後資源を回復することはほぼ絶望的である。

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滅し、いずれの地域でもほぼ絶滅した。有明海・八代海には比較的最近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。実は、演者らは 2005 年 11 月に八代海北部においてアゲマキの幼貝 1 個体を採集したが、このアゲマキは国内最後のアゲマキの可能性さえある。このように時期の前後はあるにしても、全国ほぼ一斉の激滅・絶滅には、何らかの有害化学物質、例えば特定の農薬などの存在が疑われる。

ちなみに、韓国にはアゲマキが豊富に生息し、大量に輸入されている。現在、店頭で売られているアゲマキはほとんどが韓国産である。

おわりに

タイラギやアゲマキと異なり、アサリやハマグリは環境の悪化だけでなく、乱獲も大きく影響している。環境を昔のレベルにまで改善するにはかなりの時間を要するが、水産資源を管理し有効に活用するのは、関係者の合意形成さえうまくいけば、それほど時間のかかることではない。

昨年度より我々は熊本大学政策創造研究プロジェクト研究として、ハマグリは資源管理に関する研究を行っている。研究では、資源管理に必要なデータを蓄積するとともに、資源管理に関する有効な政策提言を行うために、県や漁協と協議を進めている。

参考文献

- 岩崎敬二・木村妙子・木下今日子・山口寿之・西川輝昭・西榮二郎・山西良平・林育夫・大越健嗣・小菅文治・鈴木孝男・逸見泰久・風呂田利夫・向井宏. 2004. 日本における海産生物の人為的移入と分散：日本ベントス学会自然環境保全委員会によるアンケート調査の結果から. 日本ベントス学会誌 59: 22-44.
- 逸見泰久. 2004. 八代海の干潟と生物, 月刊海洋：八代海 -環境と生物の動態 -, pp.53-58, 海洋出版（東京）.
- 逸見泰久・山口隆男. 2005. ナメクジウオの繁殖生態と個体群動態, 月刊海洋：境界動物の生物学 -脊椎動物への進化の研究最前線 -, pp.136-142, 海洋出版（東京）.
- 内野明德・逸見泰久・柿本竜治・福田靖・上村彰. 2006. 有明海・八代海の生物棲息環境の評価・保全・再生. 政策創造研究プロジェクト2005年度報告書. 237-259. 政策創造研究センター.
- 甲斐孝之・逸見泰久・平野光祐・坂本公太郎. 2006. 韓国セマングム, 有明海および奄美大島におけるミドリシャミセンガイ *Lingula anatine* の生息状況. 日韓共同干潟調査2006年度報告書. p.73-78. トヨタ財団市民社会プロジェクト助成報告書.
- 逸見泰久. 八代海の塩性湿地生物群集の評価・再生・創出, 河川環境管理財団河川整備基金助成事業「調査・試験・研究」報告書, 印刷中.

キーワード：有用二枚貝, 資源管理, 底泥の悪化, 乱獲, 外来種

2. 深海性ソコムジンコ類群集の時空間変異と干潟生態系との共通性

嶋永 元裕

深海性ソコムジンコ類群集の時空間変異

かつて深海は、エサに乏しく、環境の変化の少ない安定した世界で、少数の特殊な生物種のみが生息している世界であると考えられていた。しかし1960年代以降、深海底生生物の種の多様性が、浅海に比べて高い事が分かってきた。

「一見一様な環境が広がる深海底において、何故種の多様性が高いのか？」

種多様性が維持されるプロセスについては、いくつかの仮説が立てられているものの、それらを支持・否定する観測・検証は未だ十分されているとは言えず、このプロセスを解明する事は海洋生物学の重要な課題の1つになっている(Gage & Tyler 1991)。

深海におけるもう1つの大きな発見は、深海に季節がある事である。海面から深海に供給される有機物は数%であるが、春、海洋表層で植物プランクトンが急激に増加すると、海中を沈降する新鮮な有機物の粒子量が相対的に増加するので、海底に到達するエサ資源の量も増加し、その結果、バクテリアなどの底生生物群集に時間変動が生じる事が、1980年代から明らかになってきた。そして、このエサ資源の時間的な変動が、生物の多様性が維持される要因の1つになっているという考え方がある。

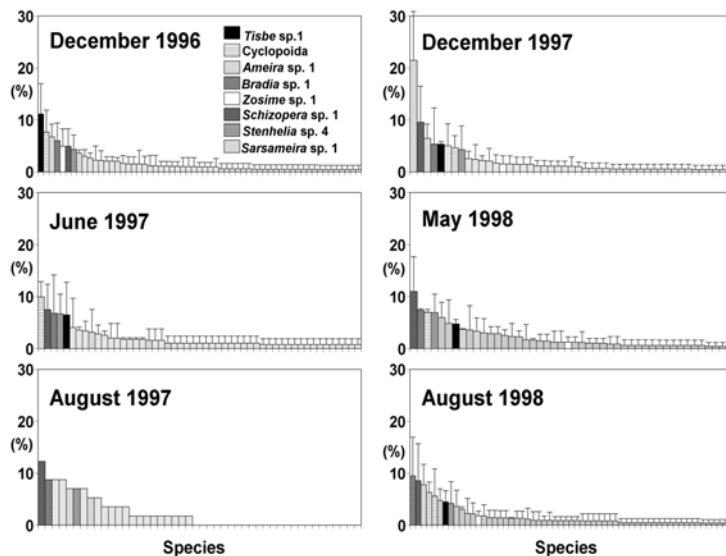


図 1. 優占率順に並べられた底生カイアシ類各種の頻度分布の時間的変動。
Bar は平均値, error bar は標準偏差をそれぞれ示す。

そこで、相模湾中央部の深海底(水深約1430m)に設置された定点に置いて、海底の堆積物中の新鮮な有機物量が増加する数ヶ月前(1996, 97年12月), 増加直後(97年6月, 98年5月), その2, 3ヶ月後(97, 98年8月)に、小型底生生物(メイオフ fauna: 1mmの篩を通過する動物群)の優占グループの一つである底生カイアシ類の種多様性と群集構造がどのように変化するかを調べた。

多様度は二つの要素(種の豊富さ species richness: 種の均等性 evenness)からなる。Species richnessの指標としては、Hurlbert rarefaction curveを用いて計算された50個体当りの種数の期待数($E_s(50)$)

を用いた。Evenness indexとしては J' を用いた。上記の通り、一般に深海の多様性は浅海よりも高い事が知られているが、相模湾の調査海域も例外ではなく、50個体当りの種の期待数($E_s(50)$)は、平均26種だった。これは他の深海底から報告されている底生カイアシ類群集の多様度と同程度の高さである。また、evenness (J')の観測期間中の平均値は0.91であった。しかし、いずれの指数の平均値・分散にも、月間で有意差は検出されなかった。さらに、底生カイアシ類群集の種組成の時間変動にも明確な季節性や、遷移のような方向性のある変動パターンは見出されず、むしろ空間変異の方が大きい事が示された(図1)。この結果は、深海において多くの種が共存できるプロセスを解くカギは、彼らの時間的な変動ではなく、空間分布を生み出

す機構の解明にある事を示している(Shimanaga et al. 2004). 実は, かなり以前から幾つかの研究が, 深海生物群集の構造が環境要因の空間的異質性に影響される事を示唆しているのだが(例えばThistle 1978), 深海底からm/cmスケールでサンプルを採集する事は極めて困難であり, 研究が進まないのが現状である.

干潟生態系の種の維持機構と深海底との共通性

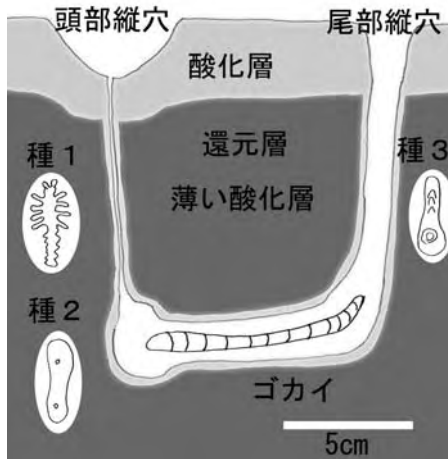


図2. ゴカイの巣穴と主な小型生物の分布. 小型各種のサイズは誇張されており, 分布中心は矢印で示されている. K. ライゼ「干潟の実験生態学」の図を元に著者が作成

さて, 干潟も一見一様な環境が広がる世界だが, 接近して観察すると, ゴカイやスナガニなどの大型底生生物(マクロファウナ)の巣穴が, 場所によっては表面を覆いつくしている事が分かる. マクロファウナは, 干潟生態系において, 生産量では, より小型のバクテリアやメيوفアウナに劣る場合があるものの, 彼らには, 小型生物では不可能な, 干潟の浄化槽としての機能を高める「環境改変能力」がある. 北海の干潟に普遍的に生息するタマシキゴカイの1種のU字型巣穴は, 堆積物中の還元層を貫く形で形成されるが, 巣穴の周りには薄い酸化層が形成され, 様々な好気性のメيوفアウナが巣穴内の微細構造を種特異的に利用している事が報告されている(図2). つまりスナガニ類やゴカイなどのマクロファウナの巣穴は, 一様な平面構造の広がる干潟に三次元的な厚みを与え, 酸素を泥の奥まで行き渡ら

せる「毛細血管」の役割を果たし, より小型の生物たちに微細生息場所を提供し, 結果として干潟全体の種多様性の増加に貢献しているのである. しかしながら, 微小生息環境の何が特定の種を魅了するのか, その要因に関する知見は乏しい. 一方, 深海底でもゴカイの作る構造物に特定の小型生物が集まっている事が知られているが, Grant (2000)は, 多くの深海研究者が, 類似した環境である浅海の堆積物環境の生態系にあまり注意を払ってこなかった事を指摘している. つまり「深海底の種の多様性に関するナゾを解くカギは干潟にあり」とも言えるのである. 深海種の多様性の維持機構に関する示唆は, より研究をしやすい干潟における多様性の維持機構の研究から得られると大いに期待できるのだ.

演者が今年から赴任した沿岸域環境科学教育研究センターの合津マリンステーションは, 日本最大級の干潟が広がる有明・八代両海の狭間に存在する. 干潟生態系における大型生物の環境改変作用と, それが, より小型の生物の群集構造・種多様性に及ぼす影響について, 今後調べていく予定である.

文献

Gage, J. D. & P. A. Tyler. 1991, Deep-Sea Biology. Cambridge university press, Cambridge.

Grant, A. 2000, PSZN Marine Ecology, 21:97-112.

Shimanaga, M., H. Kitazato and Y. Shirayama 2004, Marine Biology, 144:1097-1110.

Thistle 1978, Journal of Marine Research, 36:377-397.

ライゼ, K. 1985, 干潟の実験生物学(倉田博訳), 生物研究社, 東京.

キーワード: 深海, 種多様性, 干潟, メيوفアウナ, ソコミジンコ

3. 養殖ノリの環境ストレス応答

瀧尾 進

要旨

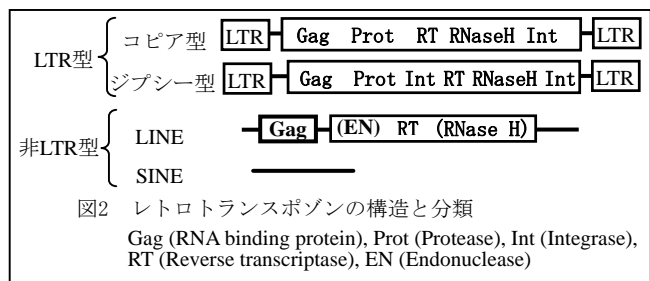
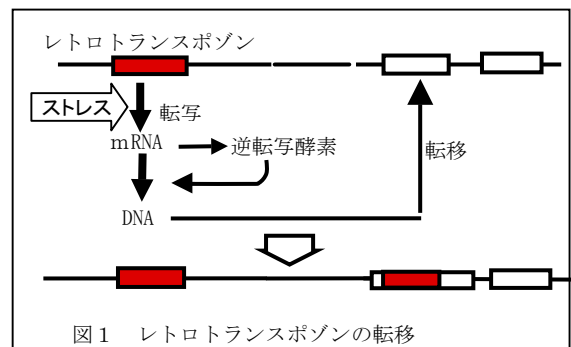
ノリ養殖に利用されている紅藻スサビノリは、我国の海水面養殖産業における重要な資源植物のひとつである。ノリ養殖は日本各地で行われているが、なかでも有明海・八代海は生産量の高さだけでなく高品質のノリを生産する点で貴重な海域である。養殖ノリの品種は、より高生産、高品質をめざして改良が進められてきたが、近年の沿岸域環境の変異により新たな取組みも必要となってきた。スサビノリは水産資源植物として重要であるが、実験生物として有用な特徴をもつことからモデル生物化にむけた基礎研究も進められている。

私たちは、2001年の沿岸域センター設置を機に「養殖ノリの環境ストレス応答機構」について遺伝子レベルでの研究を開始し、「色落ちの分子機構」や「レトロトランスポゾン」を中心に研究を進めている。レトロトランスポゾンは多くの生物の染色体中に存在する転移因子の一種である。高等動植物には多様な転移因子が存在するが、その大部分は転移能を失い進化の遺物として染色体中に蓄積している。しかし、イネでは培養ストレスにより活性化し染色体中に増殖する因子が同定され、その活性化を利用して効率的な変異体作出や遺伝子解析に利用されている。私たちは、スサビノリに増殖能をもつレトロトランスポゾンが存在するならば、分子育種や遺伝子解析に活用できるのではないかと考え、その分離を行ってきた。本講演ではスサビノリから見つかったレトロトランスポゾンの性質とそれらのストレス応答について解説したい。

「レトロトランスポゾン」とは

染色体中に存在するレトロトランスポゾン遺伝子は、ある種のストレスにより活性化しRNAに読み取られ、そのRNAから逆転写酵素によりDNAが作られ、そのDNAが染色体の他の部位に挿入（転移）される（図1）。

レトロトランスポゾンは、末端反復配列（LTR）をもつLTRレトロトランスポゾン（コピア型とジブシー型）と非LTR因子（LINEとSINE）に大別できる。LTR因子やLINEは自身の遺伝子産物をもちいて増殖することができるが、SINEはタンパク質の遺伝情報をもたず他の因子の助けを借りて増殖すると考えられている（図2）。これらの因子の植物系統間での分布をみると、いずれの因子も高等植物のさまざまな種から報告されているが、藻類については研究例が少なく、数種の緑藻のみであった。



スサビノリ LTR レトロトランスポゾン

LTR レトロトランスポゾンの逆転写酵素遺伝子の保存配列を用いてゲノミック PCR を行い、コピー型 (PyRE1, PyRE2) およびジプシー型 (PyRE3, PyRE4) と相同性のある約 270bp の遺伝子断片を分離した [図 3]. また, スサビノリ EST クローンには多数のジプシー型因子の断片がみられたがコピー型は AV430372 のみであった. ゲノミックサザン解析の結果から PyRE2 と AV430372 はシングルコピー遺伝子であると推定された. これらの因子は出現してから一度も転移しなかったと考えられる. しかし, 転移能のあるイネのレトロトランスポゾン Tos17 はシングルコピー遺伝子であった. スサビノリのこれらの遺伝子も何らかのストレスにより転移する可能性があることから, これらの全長遺伝子を分離した.

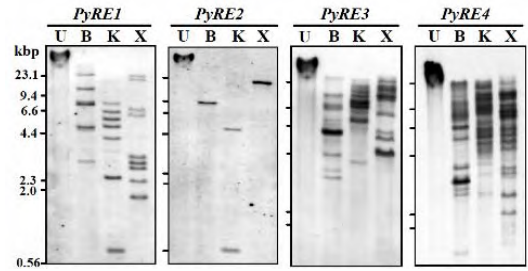


図 3 各遺伝子断片のサザン解析

PyRE2 の全長遺伝子 PyRE2A は逆転写酵素 (RT) と RNase H (RH) しかコードしていなかった. このような単純な遺伝子構成からなる逆転写酵素遺伝子はバクテリア起源因子にのみ知られており真核生物の核ゲノムに存在する例はなかった. PyRE2A は植物のコピー型因子の祖先遺伝子ではないかと考えられた (図 4).

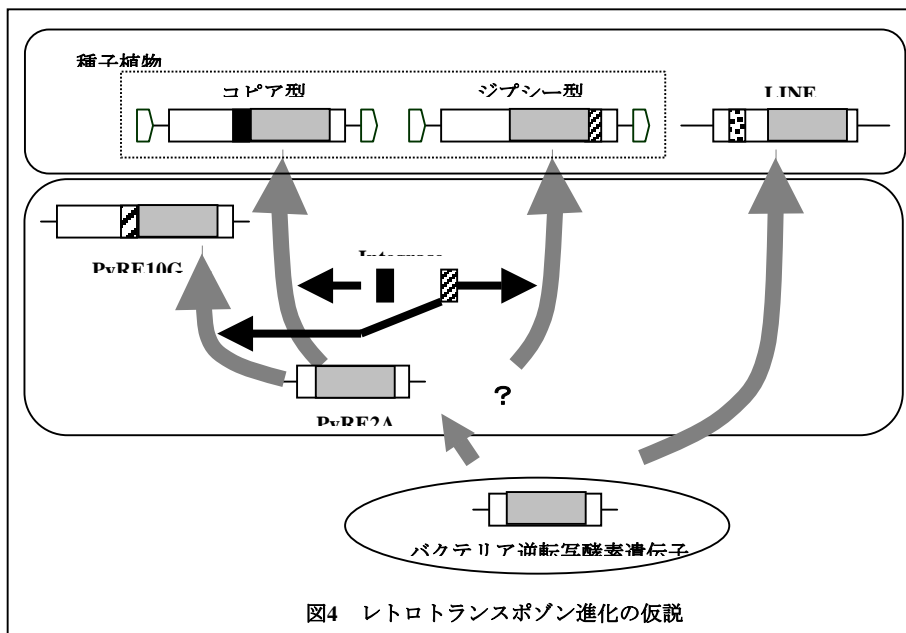


図 4 レトロトランスポゾン進化の仮説

EST クローン AV430372 の全長遺伝子 PyRE10G は従来の LTR レトロトランスポゾンと同様に 5 種のタンパク質遺伝子をコードしていた. それらの配列順序から PyRE10G はコピー型因子と考えられた. また, PyRE10G の逆転写酵素と RNase H の塩基配列も種子植物のコピー型因子と高い相同性を示した. しかし, Integrase 遺伝子はジプシー型因子と相同性が高かった. コピー型とジプシー型因子は逆転写酵素と Integrase の遺伝子内での配置順序が異なるが, これらがどのように分化したかはレトロトランスポゾン進化の謎のひとつである. 近年, 進化の初期段階で 2 種の遺伝子が異なる順番で融合したとの仮説が提起されていた. スサビノリの PyRE10G がコピー型遺伝子とジプシー型遺伝子をキメラにもつことは, この仮説を支持してお

り、スサビノリはレトロトランスポゾンの進化について重要な情報を提供してくれそうである。

スサビノリの SINE

SINE (short interspersed element) は 150~500bp の非自律性因子の一種で多くの高等動植物ゲノムに存在する。SINE はゲノムへの挿入時に生じたと考えられる重複した標的配列 (TSD) を遺伝子の両端にもつ (図 5)。植物の SINE は、tRNA クローバー様二次構造や内部に RNA

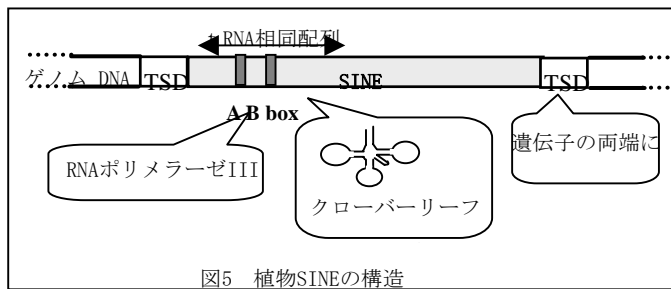


図5 植物SINEの構造

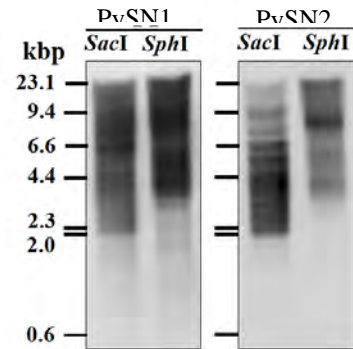


図6 SINEのサザン解析

ポリメラーゼ III のプロモーター様配列をもつことから、tRNA から進化したと考えられている。現在までに陸上植物以外の植物としては緑藻クロレラから報告されているが、それらは従来の tRNA 様構造の特徴をもたず、解析は進んでいない。私たちはスサビノリから 176bp と 171bp の 2 種の SINE 様配列 (それぞれ *PySN1* と *PySN2* と命名) を見出したが、それらは種子植物にみられる構造的特長をもち tRNA 由来と考えられた。両因子はさまざまな染色体部位に散在していると考えられ (図 6)、それらのコピー数は *PySN1* が 4600 と *PySN2* が 8900 と算出された。その値はイネの p-SINE1 に匹敵していた。p-SINE1 はイネの系統解析に利用されていることから、ノリの SINE 配列もノリ品種の DNA 鑑定など分子マーカーとして利用できる可能性がある。

スサビノリのレトロトランスポゾンのストレス応答

スサビノリかた分離した各種レトロトランスポゾン遺伝子の発現レベルを調べた。コピー型逆転写酵素遺伝子配列をもつ *PyRE2A* や *PyRE10G* の発現は弱く、プロトプラスト処理や銅処理などによっても転写は増大しなかった。しかし、コピー型逆転写酵素遺伝子断片の *PyRE1* はこれらのストレス処理により転写が活性化した。*PyRE1* はゲノム中に 5~8 コピー存在すると考えられ、現在、これらのなかから転移能をもつ遺伝子の分離を試みている。

スサビノリの染色体には SINE も多量に蓄積していることが明らかになったが、通常状態では発現レベルは低かった。この時の転写産物の塩基配列を調べたところ、SINE 単独では発現しておらず、SINE とは関連のない遺伝子とのキメラ遺伝子として発現していることがわかった。

キーワード：遺伝子，環境ストレス，進化，スサビノリ，レトロトランスポゾン

4. 有明海の再生に向けた現地実証試験

滝川 清

要旨

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。

有明海・八代海の海域環境の特性および環境変動要因等について、これまで、日本学術振興会の科学研究費基盤研究(A)の3課題を含む10課題（総額161,400千円）、その他の外部資金も多数獲得（約40件、40,000千円（5年間））し、数多くの調査・研究を実施してきているところであるが、本報告では、特に、17年度から超大型研究プロジェクトである文部科学省の科学技術振興調整費 重要課題解決型研究「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験」（平成 17 年度～21 年度の5ヵ年間：約4億円）による、有明海再生のための調査研究ならびに現地実証試験について報告する。

キーワード：環境、生態系、再生、現地実証、大型プロジェクト

5. 微小生物相の変化から見た有明海の環境変遷

秋元和實

はじめに

有明海の環境汚染の原因は解明されておらず、さらに状況の悪化が懸念されている。さらに、海域ごとに異なる環境の特性を考慮せずに実施した改善は、良好な状態を長期間にわたって維持することが難しい。このため、汚染の原因の分析と環境の再生の方策には、海域全体の物理・化学的環境と生物生産過程を視野に入れた総合的調査と環境変動の要因となる社会環境との関係を明らかにすることが不可欠である。しかしながら、海洋学・水産学などは、赤潮の発生など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。このため、現象の発生後に実施する測定からは、希求される観測開始前のデータは得られないので、原因を特定することはできない。さらに、物理・化学的数値の変化は、生態系の変化に直接に結びついていない。

過去を研究する利点

本講演の根幹である堆積物と化石を用いた近過去の環境復元は、注目されている環境と生態系の情報が近代的観測以前に遡って把握でき、生物群の実態に迫れる。これにより、人為的影響による環境変化と生物群との応答が解明できる。特に、改善策による良好な状態を長時間にわたって維持するためには、海域ごとに異なる環境の特性および変遷を十分に考慮しなければならない。

さらに、海域の流動シミュレーションは、底生生物の分布を規制する堆積物の分布の将来像を示す。過去の堆積物の変遷は、これらのシミュレーションの検証に用いることが可能であり、将来発生する可能性の高い生物相の変化を予測する手がかりを与える。

調査の概要

「干潟環境の物質収支と特性と海底・海中環境の特性把握」(平成 17-19 年度)は、文部科学省科学技術振興調整費「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験」において、陸域-干潟域-海域の環境における未解明の事象の把握と相互関係などメカニズムを明らかにするための総合調査である。

「放射年代測定や物理分析等による堆積物の特性把握」の目的は、堆積物に残された 1950 年代以降の自然環境の記録を、最新の環境解析で 10 年以下のオーダーで把握することにある。

平成 17 年度には、白川河口沖において採集した不擾乱の堆積物の柱状試料について、放射年代を測定し、粒度、重鉱物、重金属、窒素、生物遺骸を分析した。この結果から、近過去の環境変遷を高い精度で復元した。さらに、この結果と陸域・海域で報告されている各種観測試料と比較した。これにより、海域環境の変遷に陸域の人為的負荷の変遷が密接に関連している根拠も得られた。

今後の展開

平成 18 年度には海苔の養殖の影響を見積もるために流域の人口密度が低い菊池川沖で、19 年度には熊本市の拡大の影響を見積もるために緑川沖で調査する。これまでに、復元した環境変化も併せて、放射年代値に基づいて時系列で整理して、有明海東部における環境の時空間的变化を明らかにする。この結果と、「1-1(1) 生物生息環境の歴史的変動特性把握」により得られている陸域や海域での自然環境や社会環境の変遷と照合して、持続可能な再生に向けて必要な海域汚染の負荷の要因の絞り込みと、目標となる過去の環境の状態を提示する。

有明海東部における研究手法の確立は、より複雑な海況や負荷要因が想定される湾奥や他の海域への本手法の適用につながり、有明海をはじめとする内湾域の環境再生の目標設定に寄与する。

キーワード：高度成長期，堆積物，微小生物，環境変遷，人為的汚染

6. 人々は有明海の環境問題をどのように捉えているか

鈴木 武・滝川 清

1. はじめに

有明海は、日本一の干満差（最大で約 5.4m）と日本一の干潟面積（1700km²）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。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。また、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、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、有明海の問題は社会問題となった。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 2001 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、「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」が制定され、2002 年 11 月に施行された。この法律に基づき、「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、同評価委員会は、2006 年 12 月①問題点とその原因・要因、②再生への取り組みについての考え方を委員会報告にまとめた。

諫早湾干拓工事差止め訴訟とその仮処分申立が、2002 年 11 月漁業者らによって起こされた。2004 年 8 月佐賀地裁は工事差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 月原告側は最高裁に抗告を行った²⁾が、2005 年 9 月最高裁は抗告を退けた。そのため、2005 年 10 月漁業者は排水門の常時開門、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⁾。2006 年 1 月福岡県有明海漁連は、排水門を開き、干拓事業と不漁の関係を調査することを国に求める訴訟を起こした⁴⁾。2006 年 12 月福岡地裁はこの訴えを却下した⁵⁾。

工事差止め提訴後の 2003 年 4 月、漁業者らは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の公害調停を申請した。2005 年 8 月公害等調整委員会は、湾閉め切り以降に漁業被害が発生したことを認めたが、両者の関連を認定するのは困難とした^{6),7)}。

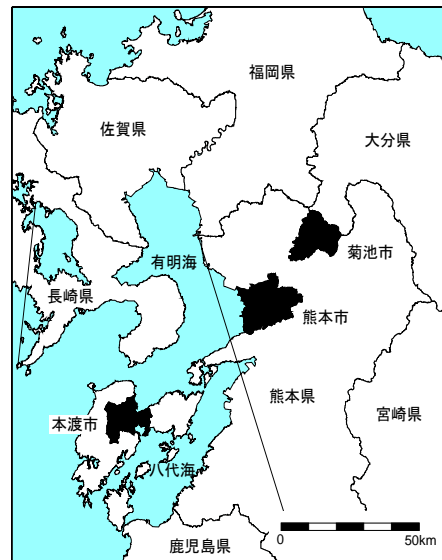
有明海の問題はかなり難しい社会問題になっている。こうした有明海の問題に取り組んでいくには、問題の確認や目標の設定を行い、さまざまな選択肢に対する順位付けを行うなどしていく必要がある。そのためには、自然科学的な分析を進めるとともに、人々の認識を把握することが必要である。そうした人々の認識を把握する一助として、熊本県熊本市、本渡市、菊池市の住民を対象に、有明海の問題属性の変化や費用負担などに対する認識を調べる質問票調査を実施した。

表-1 対象地域の面積・人口

| 項目 | 熊本 | 本渡 | 菊池 |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 面積 | 267km ² | 145km ² | 183km ² |
| 人口 | 656 千人 | 40 千人 | 27 千人 |
| 1 次産業人口 | 3.6% | 6.9% | 17.9% |
| 2 次産業人口 | 18.6% | 19.9% | 28.6% |
| 3 次産業人口 | 76.0% | 73.1% | 53.5% |

注 1) 人口は 2003 年 3 月末の住民基本台帳人口である。

注 2) 産業別人口の割合は 2000 年 10 月 1 日の国勢調査による。



(2004 年度末の行政区界)

図-1 調査対象地域

2. 質問票調査の対象者と回収状況

質問票調査は、熊本県熊本市、本渡市および菊池市の住民を対象とした。熊本市は有明海中部に面し、干拓堤防の外側に干潟が広がる地域で、熊本県の県庁が所在する地域である。本渡市は有明海の湾口部に面し、岩礁型海岸の多い地域であり、天草の政治、経済、教育、交通の中心的な地域である。菊池市は熊本市の北東 22km の内陸部に位置し、酪農や施設園芸や観光が盛んな地域である。また、菊池市内を流れ

表-2 質問票の送付・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% |

有明海に注ぐ菊池川は、熊本県第二のCOD負荷量を持つ河川である^{1),9)}。

対象者は、各市ごとに住宅地図から無作為に800戸、全体で2,400人を抽出した。質問票は2005年9月10日を回答期限として2005年8月に発送した。未達分を除いた配達数は2,240で、それに対して回答のあった数は全体で312であった(表-2)。

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。男女構成は、男性64%、女性25%であった。性別未回答者が全体の10%いたが、男性には性別回答をこぼむ誘因が考えにくいいため、性別未回答者を女性とみなして整理した。

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-2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。

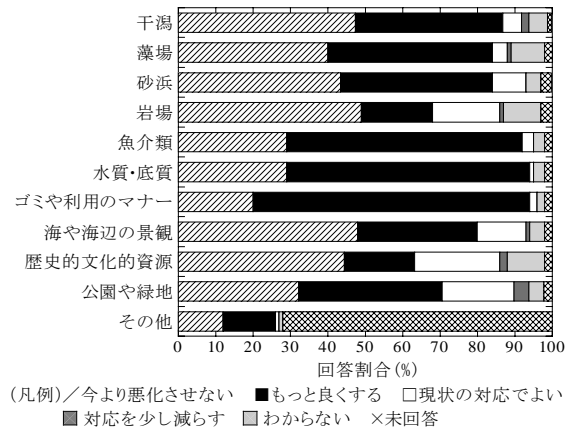


図-3 各環境項目に対する対策の方向

(2) 有明海的环境に関心を持つ理由

有明海的环境に関心を持つ最も大きな理由を質問した。その回答は図-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。

有明海的环境に関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。

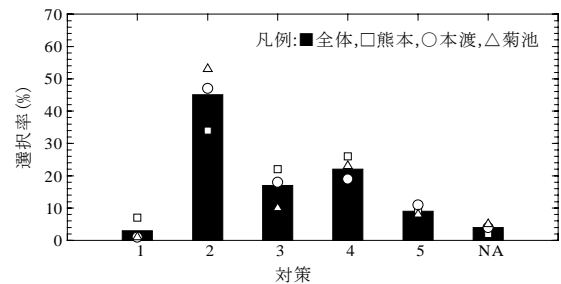
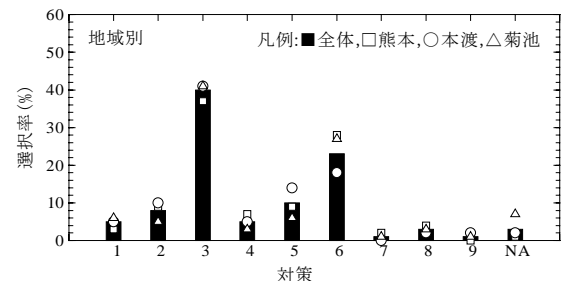


図-4 有明海の環境問題に対する費用負担

(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-4 有明海の環境問題に対する費用負担



(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: よく分からないが、何となく心配だ, 9: 関心がない

図-2 有明海的环境に関心を持つ理由

(3) 費用の負担

有明海的环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。回答は図-4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。

(4) 支払意思額

有明海的环境属性の改善と費用負担の条件を様々に変化させ、それらの優先順位を質問した。その結果をもとに対数線形型効用関数を仮定したランダム効用モデル⁸⁾により、有明海の各環境属性の変化に対する支払意思額を推計した。回答者の中には、ネガティブな効果が優越するケースがあっても、何の対策もとらないケースを最悪とした者がかなりいた。このため、何の対策もとらないケースを最悪としなかった群について分析を行った。

対策をとる行為自体に対するWTP(1家庭1月あたりの支払意思額中央値)は1,100円であり、地域別では、熊本が2,000円、本渡が1,600円、菊池が0円であった。

各環境属性が10%改善する場合のWTPは、「水質・底質」の改善が190円、「魚介類の生息量」の増加が120円、「干潟の面積」の増加が61円、「ノリ生産量」の増加が54円であった。

地域別では、熊本、本渡、菊池の順でWTPが大きかった。熊本は、「ノリ生産量」のWTPが大きく、「水質・底質」や「魚介類の生息量」と同程度であった。本渡は、「ノリ生産量」のWTPがほとんど0であった。

男女別では、男性のWTPが女性より大きかった。女性は「干潟の面積」のWTPが第2位の「魚介類の生息量」と同程度である一方、「ノリ生産量」のWTPがほとんど0であった。

年齢別では、Low(10~30代)、Middle(40~50代)、High(60以上)の順でWTPが大きかった。Highでは「干潟の面積」のWTPがほとんど0であった。

4. まとめ

有明海的环境問題を考えていくための基礎資料とするため、熊本県熊本市、本渡市、菊池市の住民を対象に、質問票調査を実施した。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。有明海的环境に関心を持つ理由は、「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。有明海的环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%で最多であったが、何らかの割合で国に負担を求める回答は39%に達した。対策をとる行為自体に対するWTPは、全体で1,100円、熊本では2,000円、本渡では1,600円、菊池では0円であった。該当する環境属性が10%改善すると考えた場合、「水質・底質」の改善は190円、「魚介類の生息量」の増加は120円、「干潟の面積」の増加は61円、「ノリ生産量」の増加は54円のWTPであった。

マスコミ報道では、特徴的な出来事が報道されるため、それらを寄せ集めただけでは地域の人々がどのような認識を持っているかを知ることができない。有明海的环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、科学的知見とともに、地域の人々がどのような思いを持っているかを知る必要がある。この調査によって、地域の人々が有明海的环境に対してどのような認識を持っているかある程度知ることができたと考える。

社会としての意思決定を行う際には、人々の持つ思いが重要な意味を持つ。しかし、人々は問題に対して十分な情報を持っているとは限らないし、社会の隅々まで思いをめぐらしているとも限らない。人々の思いをそのまま金科玉条にするのではなく、それらを十分に理解したうえで、さらに様々な事柄を考慮して社会として賢明な選択を行っていくことが必要である。有明海的环境問題がそのような方向に向かうこ

表-3 対策をとる行為自体に対するWTP

| | 全体 | 熊本 | 本渡 | 菊池 |
|-----|-------|-------|-------|----|
| WTP | 1,100 | 2,000 | 1,600 | 0 |

注) WTPの単位は、円/家庭/月である。

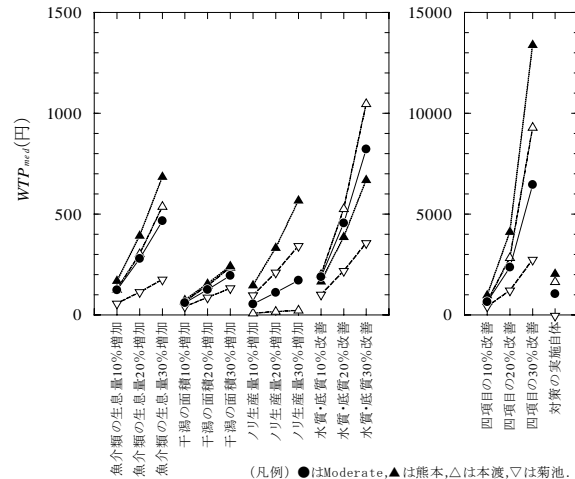


図-5 環境属性の変化に対するWTP

とを期待したい。

文献

- 1) 有明海・八代海総合調査評価委員会：委員会報告平成18年12月21日，環境省・有明海・八代海総合調査評価委員会，2006.
- 2) 佐賀新聞社：諫早差し止め取り消しー福岡高裁決定ー，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) 西日本新聞社：開門調査求め国提訴 福岡県有明海漁連 「不漁の原因解明を」 諫早，西日本新聞2月1日，2006.
- 5) 朝日新聞社：諫早湾干拓開門訴訟、漁連の訴え却下 福岡地裁，朝日新聞12月19日，2006.
- 6) 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.
- 7) 毎日新聞社：諫早湾干拓 不漁との因果関係認定の申請棄却，毎日新聞8月31日，2005.
- 8) McFadden, D.: Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, in Zarembka, ed., *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, 1974.
- 9) 熊本県：熊本県統計年鑑，熊本県，2004.

キーワード：有明海，住民意識，アンケート，コンジョイント分析，支払意思額

7. 野鳥の池の実験から見てきた海辺の自然再生の一手法

古川 恵太

干潟の再生を例にして

干潟は、浅海域において、無くてはならない多様な機能を発揮する可能性を持っている。例えば、1) 基礎生産を担う機能、2) 生物生息機能、3) 水質浄化機能、4) 親水機能、5) 環境の安定化機能が代表的な機能である。干潟の再生ということは、こうした機能も合わせて再生していくということであると考えられる。ところで、こうした機能は、どのように発揮されているのであろうか。

干潟を単純に地形だけから見ると、干満を繰り返す潮間帯の場であり、海域へ土砂を投入することによって、容易に造成することが可能である。しかし、干潟は本来、河川からの土砂供給と海域への土砂流出のバランスにより河口デルタとして発達していくダイナミックな地形であり、場そのものが遷移過程にあるとともに、そこで生息する生物と環境との相互作用が活発な場でもある。

そうした、変動を伴う場の中での、地形安定と生物生息の2面から干潟の再生を考えていくことが必要であり、その段階としては、以下の4つの段階があると考えられる。

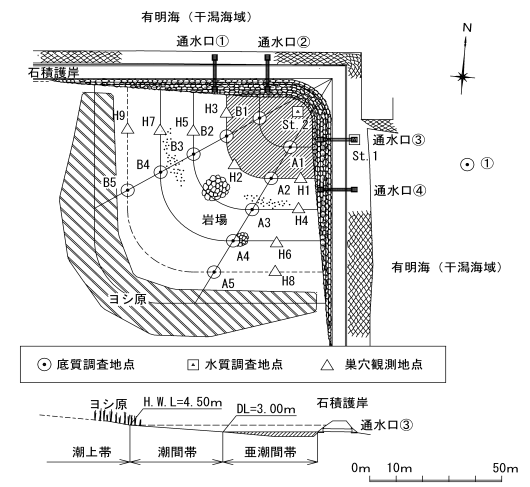
- ・ 地形の動的な安定
- ・ 生産者・消費者・分解者の適当な割合での棲み分け
- ・ 季節変動やイベントに対して、生態系とし回復力を持ち持続的に維持されるとともに、生物の遷移が起こる
- ・ 生態系として、洪水調節・生物生息・生物生産・海水浄化・親水利用等の機能を発揮する

こうした段階を経て、干潟を再生するためには、環境変動に即した順応的な場作りの技術とともに、生態系ネットワークを含む、生物生息のための環境整備(生き物の棲みかづくり)といった技術が必要である。

野鳥の池の自然再生

熊本県親水緑地公園、野鳥の池（以下「野鳥の池」）は、野鳥観察および環境学習の場の創成および干潟域の環境変動要因の分析とその影響評価を主な目的として熊本港の北東角に造成された人工の潟湖干潟である。埋立地の隅角部およそ100m × 100mの領域に、最低の地盤高がDL 2.5m、最高の地盤高がDL 5.0mの常に海水が溜まっている亜潮間帯（池）を持つ泥質干潟が出現した。池と外海である有明海は DL 3.0m~3.5mに設置された4本の導水管を通してつながっており、潮汐により自由に海水交換が生じる状況にある。

野鳥の池が2002年に造成されてから約3年間で、4cm強の堆積が起こっている。特に、池の水際において最大で60cmの堆積が生じている。局所的には通水管の近くや地盤高の高いところでは侵食が見られている。こうした変化は、池外からの流入海水が持ち込む濁りの堆積や、背後地から雨水とともに生じる流れによる侵食、



図一 野鳥の池の地形

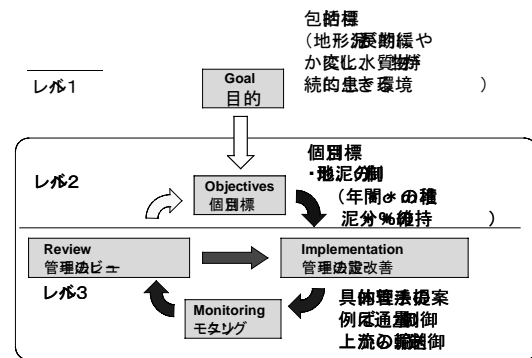
土粒子の運搬・沈降などによる影響が考えられる。こうした地形の変化は継続しており、泥の移送を軸にした動的に安定な場が創生されていると評価できる（森本ら，2005b）。

そうした、地形変化（底質変化）に追従するように、生物の棲み分けが進んできた。例えば、カニに着目すると、植生群落を好むアシハラガニはヨシが自生しているところ、軟泥を好んで生息するヤマトオサガニは池の水際の地盤が緩やかなところ、ヨシや塩生植物生えている付近の固く締まった砂泥質を好むシオマネキ等が野鳥の池の地盤高の高いところというように、地盤高や底質の違いによって棲み分けが生じていることがわかった。すなわち、様々な役割をもつ生物の棲み分けも進行してきたと評価できる（森本ら，2006）。

第3段階の生態的な持続性については、短期変動に関しては降雨のようなかく乱に対して、十分な回復力を持つことが示されている（森本ら，2005a）。今後、長期的な生態系の応答について検討していくことが課題である。

順応的管理による再生の実践

場の再生（復元）の評価について、また定説や汎用的な手法は開発されていない状況にある。環境省は藻場の復元における配慮事項として「あらかじめ設定した評価年次（中間年次を含む）において、藻場の復元に係る目標が達成できているかが客観的に評価され、その結果に応じて適切な措置が実施されるよう取り計らわれていること。」と指摘している（環境省，2004）。こうした、評価に応じた措置の実施のためには、順応的管理手法の導入が適当であり、今後の藻場の再生の推進のためにも有効であると考えられる（古川ら，2005）。



図－2 順応的管理の考え方

干潟・浅場の回復は、海の再生の象徴としての意義もあり、事業として（土木の視点）、自然再生として（環境の視点）、産業振興として（水産の視点）、生物多様性の向上として（生物の視点）、それぞれ重要な取り組みであると位置づけられる。野鳥の池で示された一つの可能性は、今後浅羽・干潟の回復による海の再生の推進に大きな力となることが期待されている。

参考文献

環境省（2004）：「藻場の復元に関する配慮事項」について、平成16年3月30日報道発表資料
 古川恵太・小島治幸・加藤史訓（2005）：海洋環境施策における順応的管理の考え方，海洋開発論文集，第21巻，pp.67-72。
 森本剣太郎・三迫陽介・滝川清・古川恵太・田中健路・増田龍哉（2005a）：熊本港野鳥の池における干潟造成後の環境の短期的な変移課程に関する研究，海洋開発論文集，第21巻，pp.665-670。
 森本剣太郎・滝川清・古川恵太・増田龍哉・田中健路・三迫陽介（2005b）：創生された潟湖干潟の特性と環境変動メカニズムの解明に関する研究，海岸工学論文集，第52巻，pp.1171-1175。
 森本剣太郎・滝川清・古川恵太・増田龍哉・幸田亜紀・山下絵里子（2006）：人工潟湖干潟における生態系発達機構と物質収支に関する研究，海岸工学論文集，第53巻，pp.1241-1245。

キーワード：自然再生，干潟造成，物質循環，順応的管理

センター組織

センター長 内野明德

(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 嶋永元裕

技術職員 島崎英行

生物資源保全・開発学

教授 滝尾 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 (客員分野)

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

〒861-6102

熊本県上天草市松島町合津 6061

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 熊本市黒髪 2-39-1

(事務連絡先) 熊本大学研究・国際部研究支援課 (担当：藤田，石橋)

TEL 096-342-3143 (直通)

FAX 096-342-3149 (直通)