

# 有明海・八代海の生物棲息環境の 評価・保全・再生

内野 明德<sup>1</sup>・逸見 泰久<sup>2</sup>・魏 長年<sup>3</sup>・福田 靖<sup>4</sup>・上村 彰<sup>5</sup>

<sup>1</sup>研究代表者 熊本大学自然科学研究科教授（沿岸域環境科学教育研究センター長）

<sup>2</sup>学内共同研究者 熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター教授

<sup>3</sup>学内共同研究者 熊本大学政策創造研究センター助教授

<sup>4</sup>学外共同研究者 九州ルーテル学院大学教授

<sup>5</sup>学外共同研究者 熊本県環境生活部自然保護課

生物棲息環境の評価・保全・再生とモニタリングの実施を通して、(1)生物多様性保全のための生物棲息環境の把握と評価、(2)水産資源の持続的利用のための管理技術の確立、(3)環境と調和した防災と開発の3つの課題に取り組んでいる。

平成18年度は、ハマグリ資源の管理技術の確立、護岸堤防や埋立の際のミチゲーション技術の確立の2つの課題を中心にプロジェクトを遂行した。

水産資源の管理技術の確立では、ハマグリの厳格な資源管理が行われている加布里湾（福岡県）とほとんど資源管理が行われていない白川河口（熊本市）で比較調査を行った。その結果、白川でも稚貝の定着は多く、計画的な漁獲さえ行えば資源を大幅に増やすことができることがわかった。

ミチゲーション技術の確立では、護岸堤防によって消滅する塩性湿地の植物の移植とモニタリングを行い、台風や高潮などに強い移植先の選定が重要であることを明らかにした。また、それらの結果を元に、埋立地における塩性湿地の創生計画を作成した。

## 1. はじめに

現在、有明海・八代海の水産資源は環境悪化や乱獲により衰退の一途にある。また、両海域の生物多様性は減少し、特徴的で学術的にも貴重な種が急速に失われつつある。また、外来種の侵入や遺伝子汚染の問題も顕在化してきた。さらに、環境への配慮に欠ける防災工事や埋立などの開発事業が継続され、生物棲息環境の悪化に拍車をかけている。

今後、現状に則した水産資源の新たな管理と生物多様性保全技術の開発が急務である。また、環境と調和した防災工事の実施や、開発事業に対する規制・事業変更の判断基準の確立も不可欠である。しかし、沿岸域の環境は陸域・海域の影響を強く受けるために、変動が激しいのに加えて、独立した小面積の地域として把握することが難

しい．そのため，河川や里山といった環境に比べて，管理技術の確立が遅れている．

実効性と持続性のある技術の開発には，対象地域の生物相の把握と評価，ひいては生態系全体の理解が不可欠であり，それには緻密な現地調査と高度な環境評価能力を要する．さらに，水産資源の管理や環境と調和した防災事業には，漁業者や地域住民の合意形成も必要となる．

本プロジェクトは，生物多様性の保全・水産資源の持続的利用・環境に調和した防災と開発事業という3つの柱を持つ．平成18年度は，特に，ハマグリ資源の管理技術の確立，護岸堤防や埋立の際のミチゲーション技術の確立の2つの課題を中心にプロジェクトを遂行した．ただし，これらの課題は単独のものではなく，今後，生物多様性の保全とも有機的に結合して，政策提言を行っていく予定である．

## 2．水産資源の持続的利用のための管理技術の確立

### (1) はじめに

移動能力の乏しい水産資源（例えば貝類など）は，厳格な管理を行うことで持続的な漁獲が可能となり，漁獲総量も増加することが見込まれる．例えば，熊本県緑川河口では10年ほど前からアサリの漁獲制限が行われるようになり，最近になってやっと資源量の増加が観察されるようになった（中原・那須 2002）．

しかし，このような管理漁業が行われているのは，熊本県では一部の魚種であり，地域も限られている．近年の漁具漁法の性能向上と流通の近代化により，「根こそぎ採り，遠隔地に高く売る漁業」が行われている漁場が少なくない．そのような場所では漁業資源が枯渇するのは当然であるが，同時に周辺の漁場の資源量にも悪影響を及ぼしている．

本研究では，ハマグリをモデルに，資源管理の確立とブランド化による価値の付加を目指す．ハマグリは，縄文時代の貝塚から最も普通に産出する貝類で，最近までは全国の砂質干潟においてシオフキと共に優占種であった．しかし，1980年頃より多くの地域で漁獲量が激減し（図-1，2），多くの県では絶滅危惧種にさえ指定されている（表-1）．ハマグリは砂質干潟の食物連鎖の基盤となる種であり，また，生物攪乱により底質改善を行う種であることから，資源量の回復は，単に水産上の意義だけでなく，生物多様性や干潟環境を改善する上でも意義がある．

熊本県は，ハマグリ生産量日本一の県であり，緑川・白川の個体は殻の模様が美しいため（写真-1），京阪神などに高値で出荷されている．しかし，このことは地元（熊本市など）においてもあまり知られていない．ただし，県内いずれの漁場においてもハマグリは乱獲状態であり，絶滅が危惧されるほど資源量が減少している地域もある．また，ブランド化や地産地消など，ハマグリを高く売る努力がほとんど行われていないため，焼き蛤で有名な三重県桑名市などでは熊本産のハマグリが地元ハマグリの代用品として売られている．

今後，正確な基礎データとモニタリングに基づいた資源管理を進める必要があるが，それには漁業者間の合意形成が不可欠である．平成18年度は，資源管理や合意形成に

必要な基礎データの収集を中心に研究を行った。

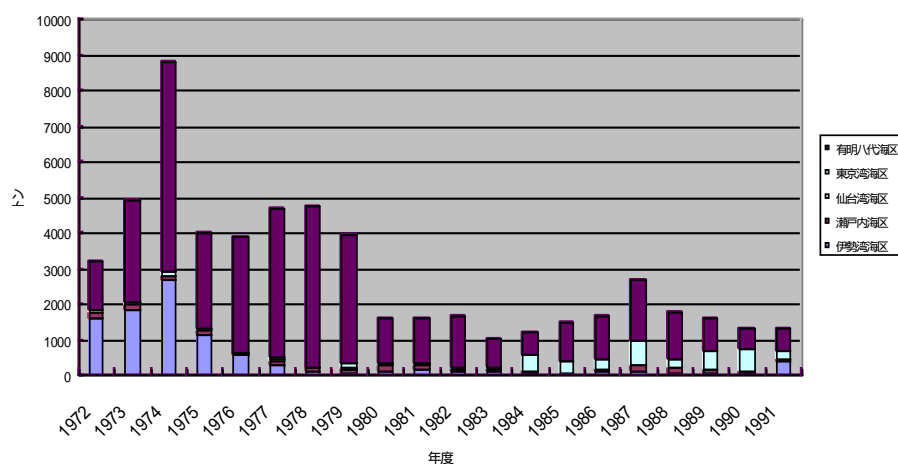


図-1 全国におけるハマグリの漁獲量の年変化。

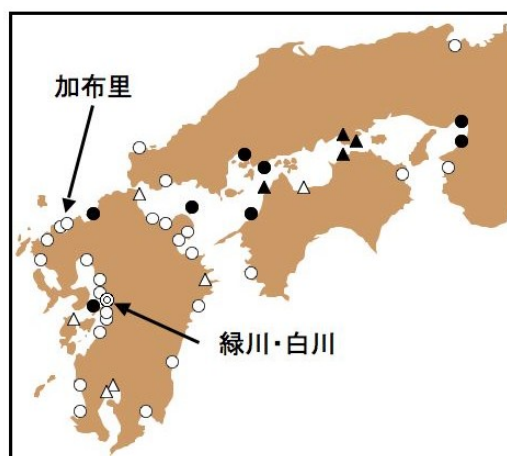


図-2 西日本におけるハマグリの棲息状況。●：多い，○：普通，▲：少ない，△：絶滅または絶滅寸前。

表-1 各地のレッドデータブック等におけるハマグリの評価。

評価	地域	資料名	発行年
減少	全国	水産庁版レッドデータブック	1991
危険	全国	WWFJ サイエンスリポート 3	1996
消息不明・絶滅	千葉県	千葉県レッドデータブック	2000
消滅	相模湾	相模湾レッドデータ貝類	2001
絶滅危惧ⅠA類	愛知県	愛知県版レッドデータブック(動物編)	2002
Aランク(絶滅危惧Ⅰ類)	兵庫県	兵庫県版レッドデータブック2003	2003
絶滅危惧Ⅱ類	愛媛県	愛媛県レッドデータブック	2003
絶滅危惧ⅠB類	熊本県	レッドリストくまもと2004	2004



写真-1 白川河口域のハマグリ。

## (2) 調査方法

ハマグリの資源管理の技術を確立するために，ハマグリの厳格な資源管理が行われている加布里（福岡県前原市）と，乱獲に近い形でハマグリが漁獲されている白川河口（熊本市）で，ハマグリの棲息状況や漁獲状況を比較した．また，調査結果を行政関係者や漁業者に説明し，資源管理策について協議した．管理型漁業には漁業者の合意形成と資源管理に対する理解が不可欠である．そのために，棲息状況の把握だけでなく，流通経路や漁業補償も含めた総合的な研究を行った．

加布里（福岡県前原市，図-3）と白川河口（熊本市，図-4）におけるハマグリの資源管理状況と調査方法を以下に示す．

### (a) 加布里湾

加布里湾は，福岡県糸島郡にある玄界灘に面した湾である．小河川の泉川（雷山川ともいう）が流入し，湾奥部には泥質ないし砂質の干潟が発達している．海岸部には糸島漁協の漁業権があるため，地元の加布里支所の組合員によってのみハマグリが採られているが，漁業権のない河川内では市民による採集も日常的に行われている．なお，糸島漁協ではハマグリの厳格な資源管理を行っており（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，漁業区のみでの採貝，操業日の設定），密漁や違反がないように厳しく監視している．

ハマグリの現地調査は，漁業権のある地域で行った（33°33'N，130°10'E）．河川（上・下）・海域（上・中・下）にそれぞれ50cm四方の方形区を10カ所設置し，1mm目の篩で深さ5cmまでの砂泥をふるって，その中からハマグリを選別した．また，深さ5cm以深については手探りでハマグリを採集し，取り残しがないようにした．採集したハマグリは研究室に持ち帰り，方形区毎に殻長等を測定すると共に，密度を算出した．なお，採集は2006年1月～12月に行った．ただし，8月については，漁業権のない地域（河川最上部）でも採集を行った．

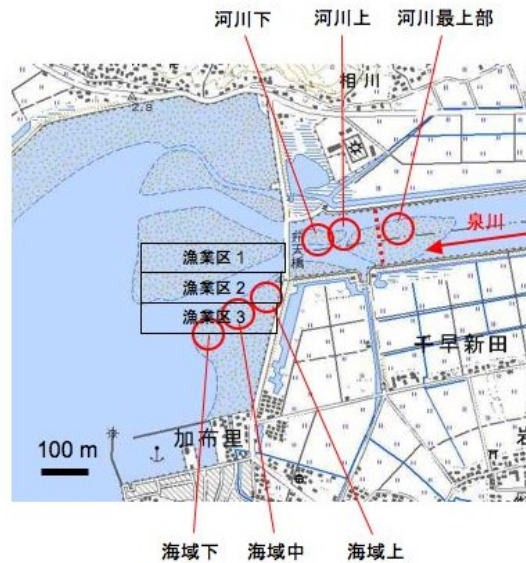


図-3 加布里調査地．.....より上流部には漁業権がないため，市民が自由にハマグリを採集している．

#### (b) 白川河口

白川は，熊本市にある有明海に注ぐ河川である．河口域には，緑川河口から坪井川河口まで連なる泥質あるいは砂質の広大な干潟が発達している．河口域では，川口漁協・沖新漁協・小島漁協などによりアサリ・ハマグリなどの二枚貝が漁獲されている．アサリは共販を中心とした資源管理が行われているが（殻長制限3.5cm，漁獲の制限，操業日の設定など），ハマグリについては殻長3cmの制限しかない．

調査は，加布里と同様の方法で行った．河川・海域にそれぞれ50cm四方の方形区を20～30カ所設置し（ $32^{\circ}47'N$ ， $130^{\circ}36'E$ ），深さ5cmまでの砂泥を1mm目の篩でふるって，その中からハマグリを選別した．また，深さ5cm以深については手探りでハマグリを採集し，取り残しがないようにした．採集したハマグリは研究室に持ち帰り，方形区毎に殻長等を測定すると共に，密度を算出した．なお，採集は2006年3月～2007年1月に行った．

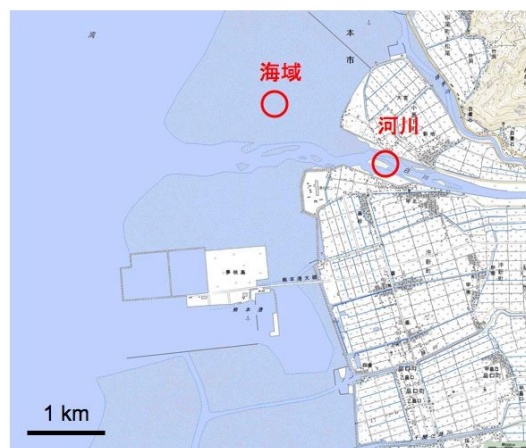


図-4 白川調査地．河川内には漁業権が設定されていない．



### (3) 調査結果

#### (a) 加布里

図-5 に加布里におけるハマグリ（5地点をあわせたもの）を示す。

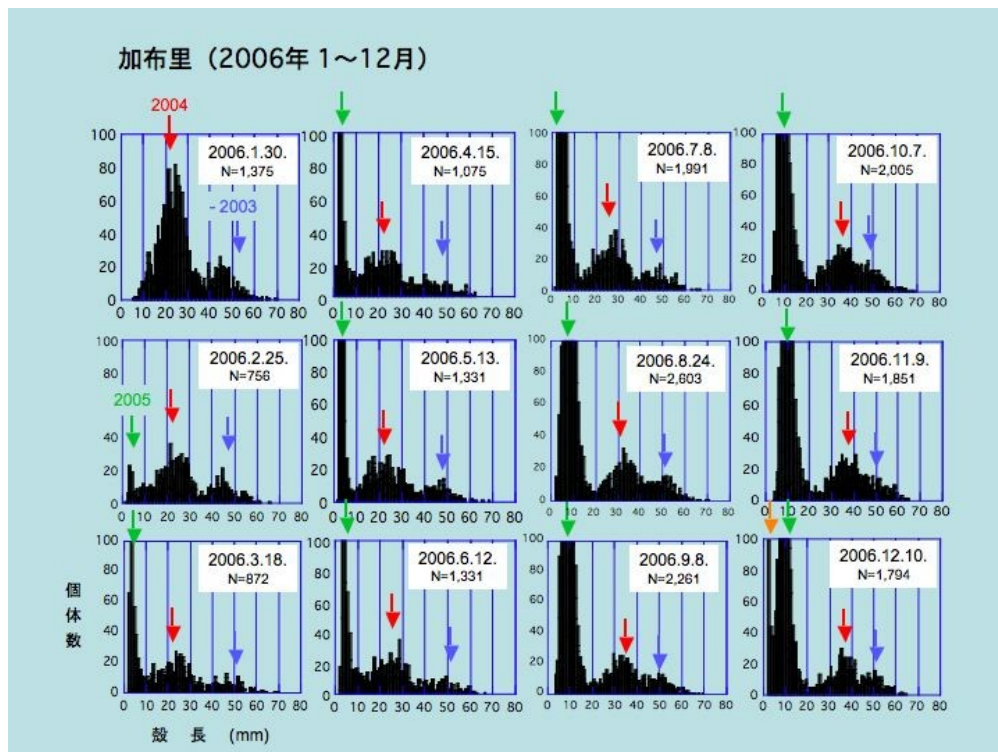


図-5 加布里におけるハマグリの殻長頻度分布（2006年1～12月）．  
Nは採集個体数， は各年級群を示す．

調査を開始した2006年1月には，頻度分布に2つのピークが認められた．おそらく，殻長25mm付近にピークを持つグループは2004年に生まれたハマグリ，殻長45mm付近にピークを持つグループは2003年以前に生まれたハマグリと考えられる．2月になると殻長3mm付近にピークを持つグループが出現するが，これは2003年に生まれたハマグリと考えられる．

図-6に各地点のハマグリの密度変化を示す．1年間（2006年）を通した全域のハマグリの平均密度は $32.1 / \text{m}^2$ で，2月が最低で $15.1 / \text{m}^2$ ，8月が最高で $59.6 / \text{m}^2$ であった．地点別に見ると，河川上 $44.4 / \text{m}^2$ ，河川下 $35.4 / \text{m}^2$ ，海域上 $36.2 / \text{m}^2$ ，海域中 $21.1 / \text{m}^2$ ，海域下 $20.3 / \text{m}^2$ であった．時期別に見ると，1～6月は河川で密度が高かったが，7月以降は海域上の密度が増加した．海域中と海域下は1年を通じて密度が低かった．

図-7に2006年3月における地点別の殻長組成を示す．新規加入（稚貝）は河川，特に河川上に多かったが，海域ではほとんど見られなかった．一方，殻長50mm以上のハマグリは河川ではほとんど見られなかったが，海域，特に海域下に多かった．

図-8に2006年8月における地点別の殻長組成を示す．新規加入（稚貝）は各地点共に増加したが，最も多かったのは海域上であった．一方，殻長50mm以上のハマグリは3月同様河川ではほとんど見られなかった．

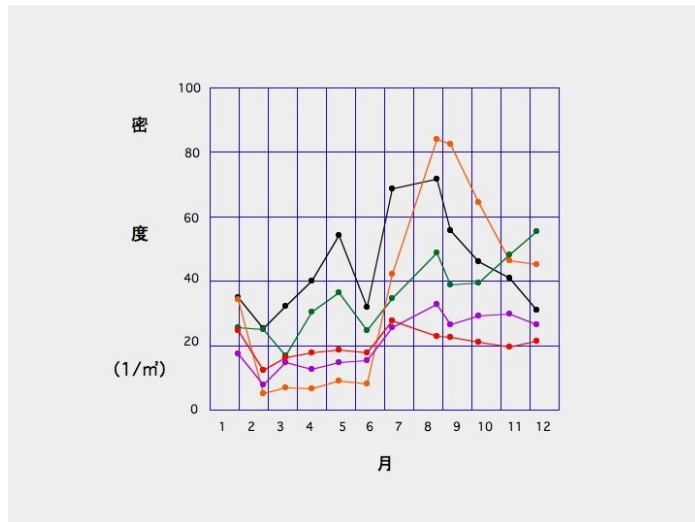


図-6 加布里の各地点におけるハマグリの密度変化． 河川上，  
河川下， 海域上， 海域中， 海域下．

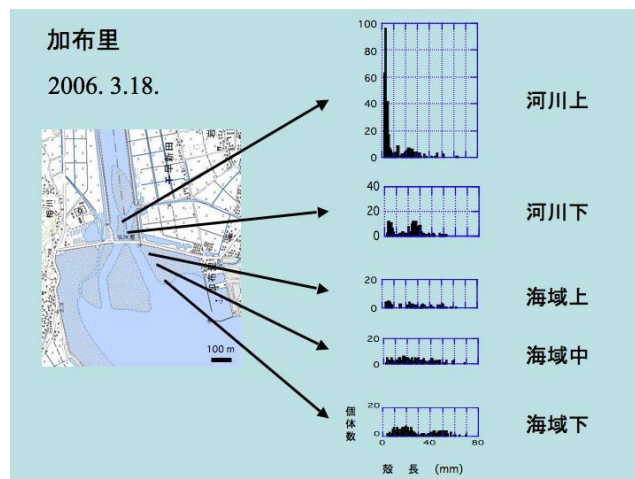


図-7 2006年3月における各地点のハマグリの殻長組成．

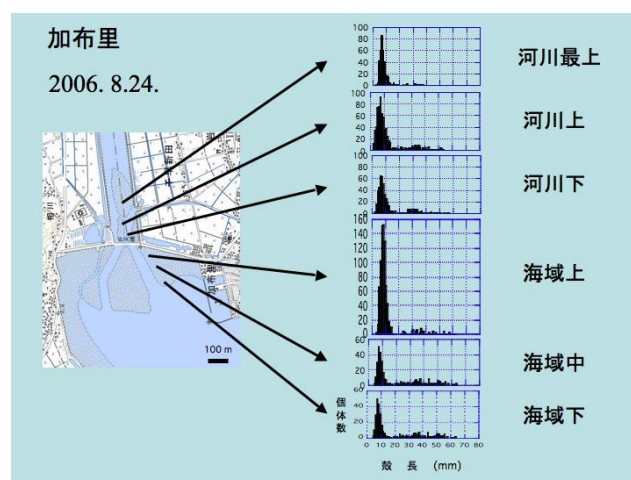


図-8 2006年8月における各地点のハマグリの殻長組成．

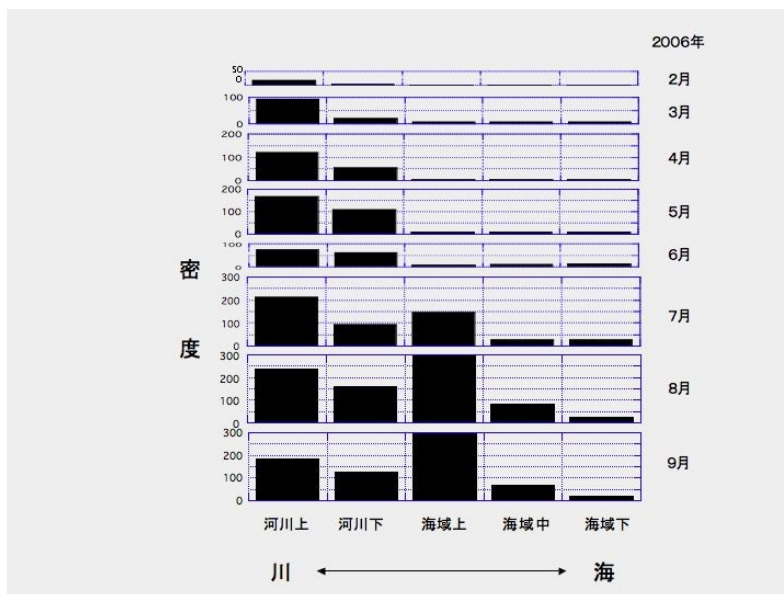


図-9 2006年2～9月における2005年年級群の密度 (1 / m<sup>2</sup>) .

図-9に各地点における2005年年級群 (2005年生まれの稚貝) の密度を示す . 新規加入個体は2～5月は河川上に多かったが , 7月以降は海域上で増加し , 8, 9月は海域上で最も密度が高かった .

#### (b) 白川河口

図-10に白川河口 (海域) におけるハマグリ の殻長組成を , 図-11に白川河口 (河川・海域) におけるハマグリ の密度変化を示す .

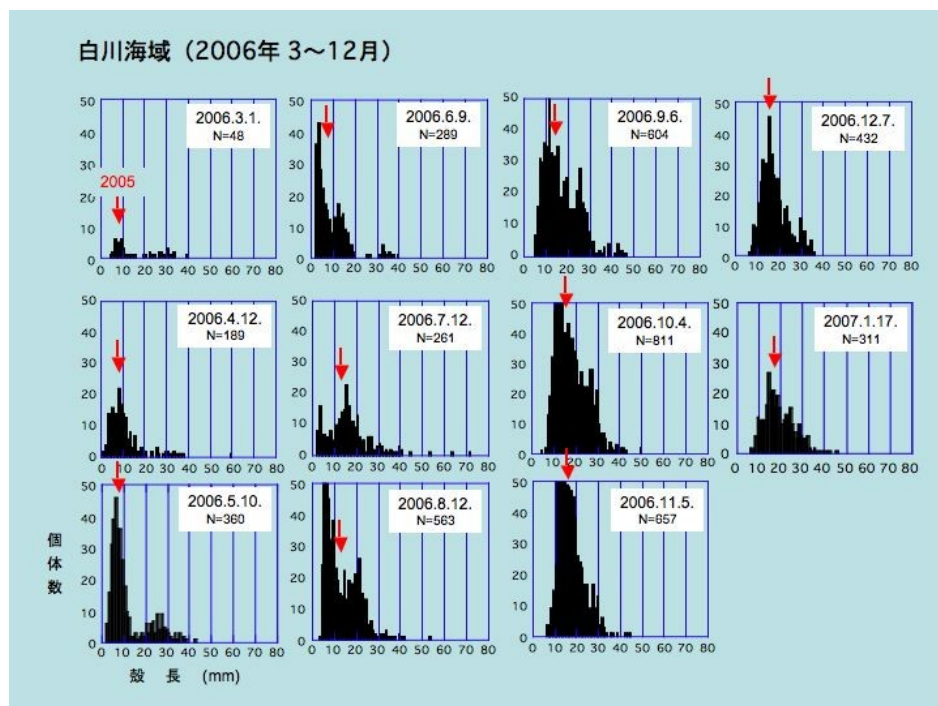


図-10 白川河口におけるハマグリ の殻長頻度分布 (2006年3月～2007年1月) .  
Nは採集個体数 , 2005年年級群を示す .



白川河口では，調査期間を通じて殻長30mm以上のハマグリが少なく，頻度分布には1つのピーク（2005年年級群）しか認められなかった．なお，河川では6月以降ハマグリが密度が激減したため，殻長組成は省略している．

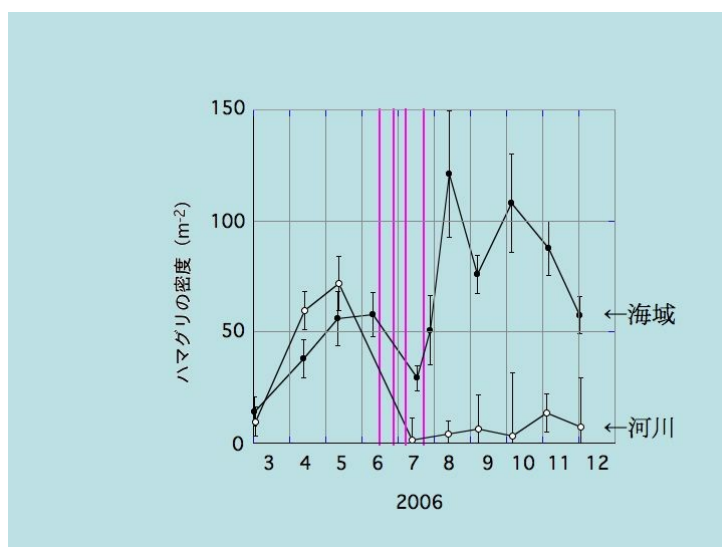


図-11 白川河口の河川および海域におけるハマグリの密度変化．  
赤線は30mm以上/日の降雨を示す．エラーバーは95%信頼限界を示す．

表-2 加布里と白川河口（海域）におけるハマグリの密度の比較（2006年8月）．

殻長	加布里	白川	加布里／白川
3 cm未満	171.6	117.9	1.46 倍
3 - 5 cm	27.2	3.0	9.07 倍
5 cm以上	8.1	0.2	40.50 倍
計	206.9	121.1	1.71 倍

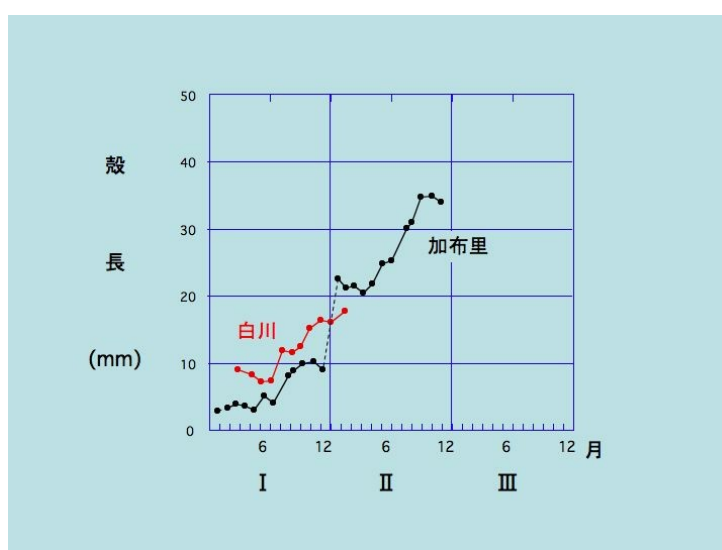


図-12 殻長組成から推定した加布里および白川河口（海域）におけるハマグリの成長曲線．

白川河口におけるハマグリ密度は、河川・海域とも4月に急増し、4～5月は共に50 / m<sup>2</sup>程度であった。しかし、その後、河川ではハマグリが5 / m<sup>2</sup>程度まで激減した。一方、海域では8月以降、逆にハマグリが増加し、月によっては100 / m<sup>2</sup>を超えるほどであった。

表-2に加布里と白川河口（海域）における殻長毎のハマグリ密度を示す。このように、加布里に比べ、白川河口（海域）ではハマグリ密度が低かったが、殻長3cm未満の個体では1.46倍と差が小さく、逆に、殻長5cm以上の個体では40.50倍もの差があった。

図-12に殻長組成から推定される加布里と白川河口（海域）のハマグリ成長曲線を示す。1年間のデータからであるため不確かな部分も多いが、両海域のハマグリは、生後1年で殻長10mm程度、2年で25mm程度に成長すると考えられ、もし、この速度で成長を続けるとすると3年で40mm程度になるものと思われる。

#### (4) 考察

糸島漁協加布里支所では、加布里湾において厳格なハマグリ資源の管理を行っている。漁期は11月から翌年3月で、これはハマグリ繁殖期の夏季を避けるためである。漁獲サイズは、県の条例では殻長4cmであるが、漁協独自に殻長5cm以上と定め、それより小さなハマグリを漁獲しても漁協でチェックし、当番を決めて海に放流している。漁獲量も1人1日10kgまでである。さらに、河川（泉川）内は禁漁とし、海域も3漁場に分けて、漁場を変えながらハマグリを漁獲している。

これに対し、白川河口では漁獲サイズ（3cm以上）の制限しかない。また、海域は小島漁協・沖新漁協が漁業権を持つが、河川内に漁業権はなく、一般市民のハマグリ採捕を規制することもできない。さらに、ハマグリに関しては、アサリと違って共販制度がなく漁協等で管理していないため、殻長制限も違反が多く、殻長3cm未満のハマグリも多数漁獲され、市場に出回っている。すなわち、白川河口でハマグリは乱獲状態であり、この状況は隣接する緑川河口においても大差ない。

今回の調査結果には、この乱獲の影響がはっきりと現れている。例えば、白川河口では、殻長3cm以上のハマグリがほとんど見られず、殻長5cm以上に至っては加布里の40分の1程度の密度しかなかった。しかし、稚貝は少なくはなく、殻長3cm未満のハマグリは加布里では172 / m<sup>2</sup>、白川河口（海域）では118 / m<sup>2</sup>であった（約3分の2）。このことは、乱獲状態の白川でさえ、稚貝の供給は十分に行われており、漁獲管理さえ行えば十分に資源が回復し、大型のハマグリも増加することを示唆している。

また、今回の調査では、ハマグリ稚貝の着底場所として、砂地、特に河川内の砂地の重要性が明らかになった。加布里では多くの稚貝が河川内に着底し、成長と共に海域に移動した。白川河口でも、大雨の後に河川内のハマグリが減少し、逆に海域のハマグリが増加したが、これは、河川から海域へのハマグリ受動的な移動であると考えられる。ちなみに、緑川では河川内が泥質のため、稚貝は河口域にある砂地に着底し、成長と共に周辺に移動しているとのことである（生嶋私信）。これらの事実は、砂地、特に河川内の砂地の環境の悪化がハマグリ資源の壊滅に直結することを示唆している。ハマグリ激減の原因として、河川内の砂利採取や砂防ダム建設による流下砂

量の減少が指摘されているが，本研究の結果もそれを支持している．

今後，白川・緑川においてもハマグリ資源管理を進める必要があるが，それには，いくつか解決しなければならない問題がある．図-13に白川・緑川河口におけるハマグリ資源管理への道筋の一例を示す．

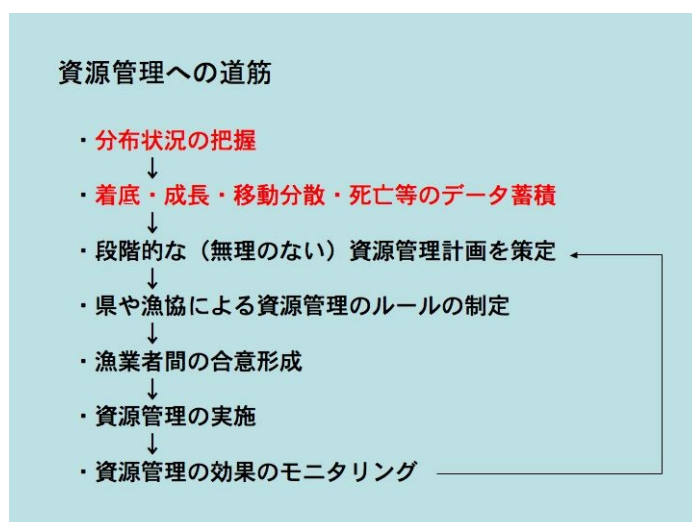


図-13 白川・緑川河口におけるハマグリ資源管理への道筋（一例）．

今回，我々の行った研究は，図-13の赤字の部分である．本研究では，河川ならびに海域におけるハマグリ分布と移動を明らかにすると共に，成長や生残についても十分とはいえないまでもデータを収集した．今後，段階的で無理のない資源管理計画案を策定する必要がある．ただし，資源管理にはいくつかの道筋が考えられるし，また策定した案については，行政や漁業者との協議を重ねながら現実的な案に改訂する必要がある．

例えば，ハマグリ資源管理の一案としては，殻長制限を3cmから4cmにあげる方法が考えられる．白川河口では加布里同様，ハマグリは1年に1cm以上成長すると考えられるので（図-12），漁業者は1年足らず漁獲を控える必要がある．この間に，ハマグリが大量に死亡する，または他の漁業者に漁獲されるようでは資源管理は難しいが，幸い，ハマグリの生残率はアサリなどに比べてずっと高いと考えられる（図-6, 11）．

ただし，一部の漁業者，または一部の漁協だけが資源管理を行うことは難しいので，少なくとも特定の海域でハマグリを漁獲しているすべての漁業者間で合意形成ができるかどうか重要となってくる．おそらく，これを実現するためには，行政による条例の改正や漁協間の合意などが必要となってくるであろう．その他，資源管理には，禁漁区の設置や漁期の制定なども有効である．どのような資源管理が実現可能かについては，来年度以降，行政や漁業者と協議を重ね，よりよい資源管理の道を探りたい．

また，ハマグリのブランド化についても，関係者と協議を進めていきたい．熊本県は全国一のハマグリ生産県でありながら，その事実はほとんど知られていない．その原因は，宣伝不足であることは明らかである．「焼き蛤」で有名な三重県桑名市（木曾三川）では，熊本のハマグリが放流され，その後採集されて地元産として販売され

ているが、このことは桑名のハマグリに比べ、熊本のハマグリが、いかに無名で安価であるかを象徴している。写真-1にも示したように、熊本のハマグリは、他県のハマグリに比べて殻模様が美しく、ブランドとして十分やっていけるものと思われる。今後は、行政や漁協だけでなく、流通や食品の専門家とも協議し、『熊本のはまぐり』を広める戦略を模索していく。

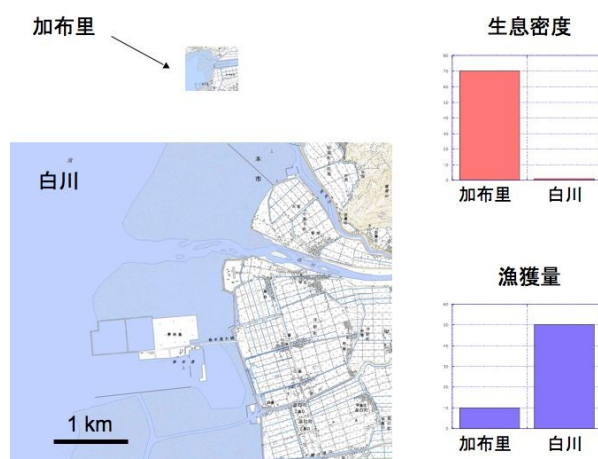


図-14 加布里と白川河口のハマグリ漁場・密度・漁獲量の比較。

白川ではハマグリ密度は低かったが、単に漁獲量だけを比べると、緑川・白川河口は加布里の約5倍あり、これはハマグリに限れば全国一の漁獲量である(図-14)。原因は、漁場の広さの違いによるもので、ハマグリ棲息面積は正確には把握できていないが、棲息密度と漁獲量から単純に計算すると、緑川・白川河口は加布里の50倍程度広い漁場を持つものと推測される。

緑川・白川河口においても厳格なハマグリ漁獲制限が実施されれば、資源量だけでなく、漁獲量が大幅に増加することが期待できる。しかし、そのためには、棲息状況や成長量・産卵量などの科学的データの蓄積だけでなく、漁業権の設定や漁業者間の合意形成なども必要となるであろう。

### 3. 環境と調和した防災と開発

#### (1) はじめに

熊本県は、干潮差の大きい閉鎖的な内海である有明海と八代海を有する。沿岸域には国内最大の干潟が発達し、そこには干潟特有の多種多様な生物が生息している。河口域には、海域からの海水と川からの淡水の混ざり合う場所、すなわち汽水域が形成されるが、そこには急激な塩分の変化に適応した特有の生物相が成立している。特に、河岸や干潟最上部には、ヨシ・フクド・ハママツナといった耐塩性の強い塩生植物が生育するが、このような場所を塩性湿地(salt marsh)と呼ぶ。なお、この塩性湿地は上記にあげた河口域に加えて、地下水が湧き出す海岸にも形成される。

塩性湿地には、同時に特異的な底生動物相が成立する。中でも、フトヘナタリ科のフトヘナタリ・シマヘナタリ・クロヘナタリ、カワザンショウ科のアズキカワザンショウ、オカミミガイ科のオカミミガイ、アマオブネガイ科のヒロクチカノコ、ドロアワモチ科のセンベИАワモチなどは、塩性湿地のみに棲息する巻貝（腹足類）である。

このように塩性湿地は生物多様性を保全する上で重要な地域であるが、人間の生活圏に隣接して成立するため、人間生活の影響を強く受け、その多くが消滅あるいは悪化しているのが現状である。そして、その結果、塩性湿地に生育棲息する塩生植物や底生動物の多くが、各地で絶滅、あるいは絶滅の危機に瀕している。

熊本県では、有明海の菊池川から緑川にかけての沿岸域、ならびに八代海の宇土半島南岸と大野川・氷川河口に生物相の豊かな塩性湿地が見られる。しかし、堤防建設と埋立の二つの脅威により、その多くが消滅しつつある。以下に、その詳細と我々が行っている政策提言や研究について説明する。

有明海・八代海では、近年、護岸改修工事が相継ぎ、塩性湿地の消失・悪化が著しい。特に、1999年の台風18号による高潮災害以降、八代海湾奥部では護岸改修工事や水門の増設が盛んに行われるようになり、塩性湿地や周辺の干潟の消失・悪化が続いている。防災の重要性は言うまでもないが、そのために生物多様性が犠牲になることは、可能な限り避けなければならない。我々は、堤防や水門の建設が環境に十分に配慮して行われるように提言すると共に、護岸改修工事や水門の増設が塩性湿地生物群集へ与える影響を最小限に留めるために、塩性湿地生物群集の現状把握と移植等による新たな棲息地の創生を行っている。平成18年度は、前年度に移植したヨシとそこに棲息する巻貝のモニタリング、並びに自然植生における巻貝の分布調査を継続し、塩性湿地の再生・創生技術の開発を行った。

一方、並行して、埋立におけるミチゲーション技術の開発も行った。近年、熊本県では大規模な埋立は行われなくなったが、小規模な埋立は数多く行われている。そして、その多くが浚渫土砂の処理を目的とする埋立である。有明海・八代海の海底は、大部分が泥質であるのに加えて干満の差が激しいため、航路や港湾に土砂が堆積しやすく、そのため、頻繁に海底を浚渫する必要がある。しかし、浚渫によって生じた土砂の捨て場を陸上に確保するのには限界があり、その結果、浚渫土砂の処理を目的とした埋立が頻繁に行われている。これらの埋立の多くは、埋立面積は小さいものの、海岸に沿って帯状に行われることが多いため、塩性湿地に多大な影響を及ぼす場合が多い。例えば、熊本市の塩屋海岸で行われた浚渫土砂による埋立では、オカミミガイ類やセンベИАワモチ・ウモレベンケイガニなどの希少種を多産する塩性湿地が完全に消滅してしまった。これらの底生動物の一部は戸馳島（宇城市三角町）に移植されたが（篠崎ほか、2001）、移植は完全な失敗に終わり、移植地でこれらの生物を確認することはできない。さらに、塩屋地区では、第二次の埋立が新たに計画されている。我々は、第二次の埋立実施がやむを得ない場合でも、環境に最大限配慮して行うことと、新たな埋立地に第一次埋立で消滅した塩性湿地を再生することの2つを事業主体の熊本県に対して提言している。平成18年度は、塩性湿地再生の方向性について熊本県と協議を進めると共に、現地調査や塩性湿地再生案の作成を県の委託業者である（株）西日本技術開発と共に進めた。





(i) 汐入

汐入では，2005 年 5 月末から 7 月末に，塩性湿地の一部で堤防増設工事が行われた．それに先立ち，工事予定地のヨシと貝類を，2005 年 5 月 28 日から 6 月 5 日に移植した（写真-2～4）．



図-16 桂原(調査地位置図)．



写真-2 調査地写真．左は 2001 年 5 月撮影．右は 2005 年 12 月撮影．右の写真の赤枠が今回の堤防工事区域．右の写真では堤防が完成し，ヨシ原が大幅に減っている．

工事予定地のヨシと巻貝を，2005 年 5 月 28 日から 6 月 5 日に移植した（写真-3, 4, 図-17, 18）．移植は，ヨシや貝類にダメージを与えないように手作業で行い，塩性湿地の底泥を 30cm 四方，深さ 30～40cm の小ブロックに分け，ヨシや巻貝と共に人力で移植地に移した．移植先は，工事予定地に隣接する裸地で，高度の異なる 4 ライン（上から，ライン A，B，C，D とする）に分けて行った．なお，移植後にはヨシの根本に移植元の土壌を被せた．

ヨシの成長

移植地と自然植生のヨシの成長を調べるために，ヨシをランダムに選び，番号を書

いたビニールテープで個体識別して，ほぼ 1 カ月毎に草丈を測定した．また，各ラインに生育しているすべてのヨシの本数を定期的に数えた．さらに，2005 年には移植地のヨシは穂を出さなかったが，2006 年には一部のヨシが出穂したため，12 月に各ラインのヨシの出穂状況を調査した．



写真-3 汐入における堤防工事風景．



写真-4 移植地の写真．高所よりライン A，B，C，D とした．

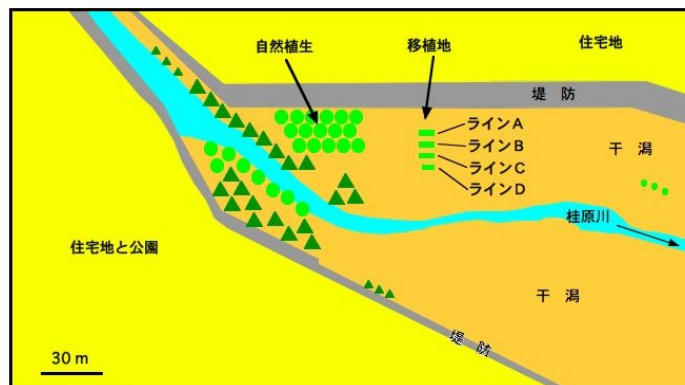


図-17 移植地の位置図．  
○：ヨシ，△：フクドの分布を示す．

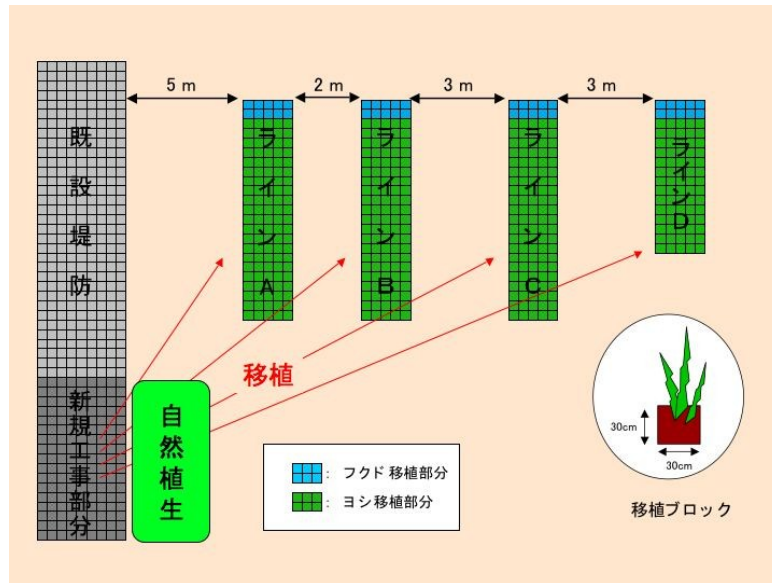


図-18 自然植生・移植地・堤防の位置図．

#### 移植地における巻貝の分布

移植地における巻貝の分布を調べるために，ライン A，B，C，D に方形区をランダムに置き，その中の巻貝を採集した．調査は，9 月 25 日，11 月 6 日，12 月 10 日に行った．なお，採集は，調査地に 50cm 四方のコドラートをランダムに設置し，その中の巻貝をすべて採集する方法を用いた．ただし，微小なカワザンショウ類については，50cm 四方のコドラートの中に 10cm 四方のコドラートを 2 回ランダムに置いて採集した．採集した巻貝は実験室に持ち帰り，種の同定と個体数のカウントを行った．

#### 自然植生におけるヘナタリ類の分布

植生の違いによるヘナタリ類の分布様式を調べるために，2006 年 8 月から 12 月まで 1 カ月毎に，自然植生において，ヘナタリ類を採集し，植生との関連を調べた．調査は，4 タイプの植生と裸地に方形区をランダムに置いて，その中のヘナタリ類をすべて採集した．

#### 棲息環境

自然植生や移植地の環境を比較するため，各地点で塩分・土壌粒度・土壌含水率・土壌硬度，地盤高を測定した．

#### (ii) 海岸

2005 年 10 月末から 11 月に，海岸部の堤防増設工事が行われたため，塩生植物を自生地の前面に移植した（写真-5，図-19）．移植対象となった植物は主にナガミノオニシバで，他にハマサジ・ハママツナが混じった．移植は，11 月 1～3 日に行い，重機によって表土を剥ぎ取り，写真-5 のように岩で囲んだ移植地に移した．なお，堤防によって消滅する塩生植物の生育面積は約 120 m<sup>2</sup>，一方，移植地の面積は約 400 m<sup>2</sup>であった（約 8m x 50m）．



移植した植物のその後の生育状況をモニタリングするために，2006 年 8 月と 9 月に 1m 四方の方形区を移植地に並べて置き，方形区内の植物等の様子を写真で記録した．方形区は密着させて隙間のないように並べ，移植地全体を分割して撮影した．



写真-5 海岸部における塩生植物の移植のようす．

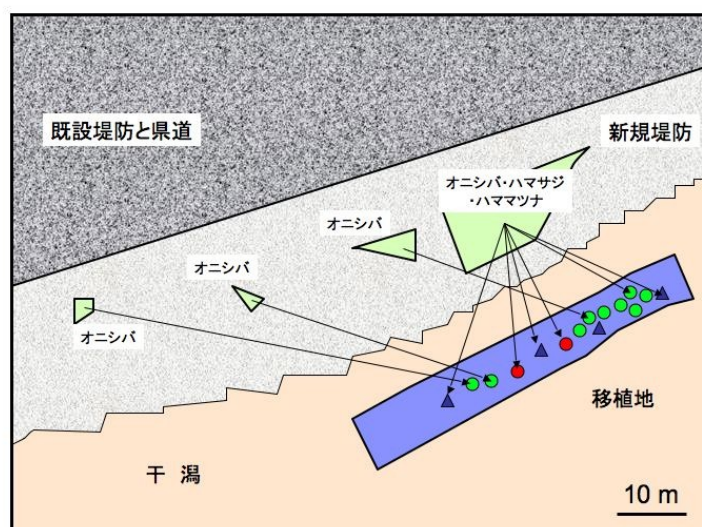


図-19 海岸部における塩生植物の移植模式図．

#### (b) 塩屋海岸

第一次の埋立で消滅した塩性湿地と跡地（埋立地）の状態を知るために，現地調査と文献調査を行った．また，進行中の埋立計画とミチゲーションをよりよいものにするため，県ならびに環境影響評価書作成を委託されている（株）西日本技術開発と協議を重ねた．



### (3) 調査結果

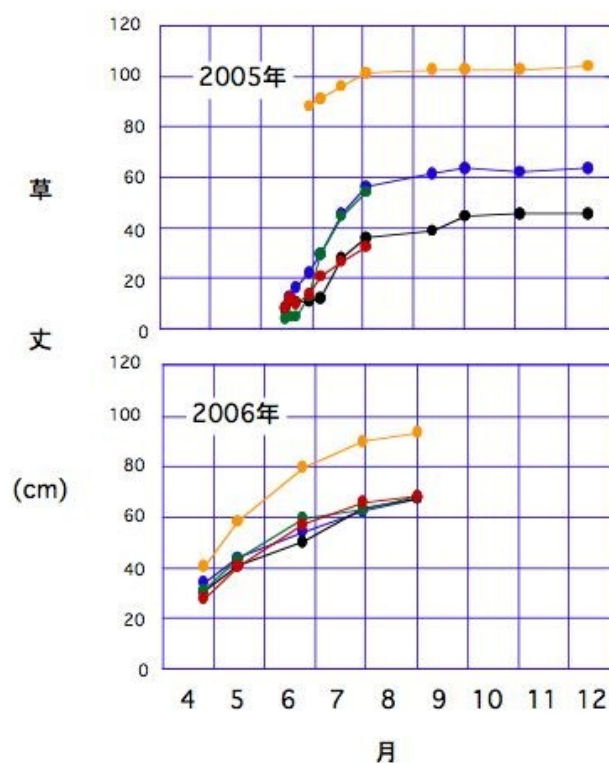
#### (a) 桂原

##### (i) 汐入

##### ヨシの成長

自然植生のヨシは、2006 年 4 月以降急激に成長し、9 月 1 日には草丈 93cm に達した。移植地のヨシも 4 月以降急激に成長したが、自然植生に比べて成長は遅く、9 月 1 日でも草丈 70cm を越えなかった（図-20）。なお、移植地ライン間でみると、4 月 24 日には草丈に差が見られたが（28～34cm）、9 月 1 日の時点ではほぼ同じであった（67～68cm）。なお、7 月以降は自然植生・移植地ともに成長しないヨシも数多く見られた。また、2005 年と 2006 年を比較すると、2005 年は草丈 60cm を越えたのは A ラインだけだったが、2006 年にはすべてのラインのヨシが草丈 60cm を越えた。

図-20 各ラインにおけるヨシの成長。○：自然植生，●：ライン A，



○：ライン B，●：ライン C，●：ライン D。

移植地におけるヨシの総本数は、2006 年 4 月 27 日では A 地点が最も多く、ラインが下がるほど減少した（図-21）。しかし、9 月 25 日では A ラインで減少、他のラインでは増加したために、差は小さくなった。また、2005 年と比較すると、測定時期が異なるため一概には言えないが、ラインが下がるほどヨシの密度が低くなる傾向は同じであった。

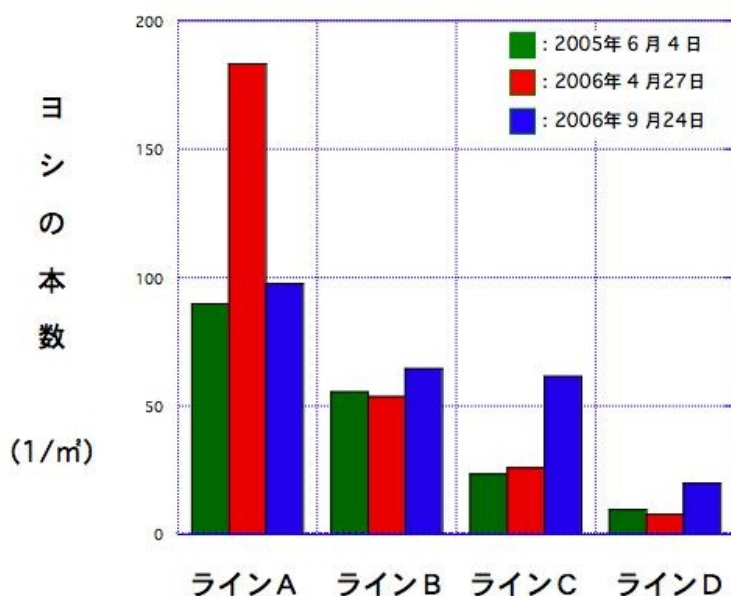


図-21 各ラインにおけるヨシの密度。

移植地のヨシは2005年には穂をつけなかったが、2006年にはラインA、B、Cで、一部のヨシが穂をつけた。ただし、穂をつけたヨシの割合は場所によって異なり、自然植生では74%のヨシが出穂したが、ラインA、B、Cでは、それぞれ41%、11%、17%のヨシが出穂しただけで、ラインDでは出穂したヨシは皆無であった。また、出穂したヨシの平均草丈は自然植生で最も高く（109cm）、移植地間では大差なかった（ラインA：81cm、ラインB：84cm、ラインC：84cm）。

#### 移植地における巻貝の分布

図-22に移植地の各ラインにおける巻貝の分布を示す。なお、アズキカワザンショウとヒラドカワザンショウは、区別が難しい個体もあったため、一括してカワザンショウ類とした。

調査時期によって多少の違いはあったが、フトヘナタリはラインA、Bに多く、ラインDにはほとんど見られなかった。逆に、クロヘナタリはラインDに多かった。シマヘナタリはどのラインでも少なかったが、ラインAで最も多く、ラインDでは見られなかった。ヘナタリはラインDでわずかに観察されただけであった。カワアイは移植地では全く見られなかった。一方、カワザンショウ類は最も高密度で、どのラインでも同じように見られた。

#### 自然植生におけるヘナタリ類の分布

図-23に自然植生におけるヘナタリ類の方形区あたりの個体数を示す。植生Ⅰはヨシ主体の被度50%以上の植生、植生Ⅱはヨシとフクドが混じった被度50%以上の植生、植生Ⅲはフクド主体の被度50%以上の植生、植生Ⅳはヨシ主体の植生50%未満の植生である。

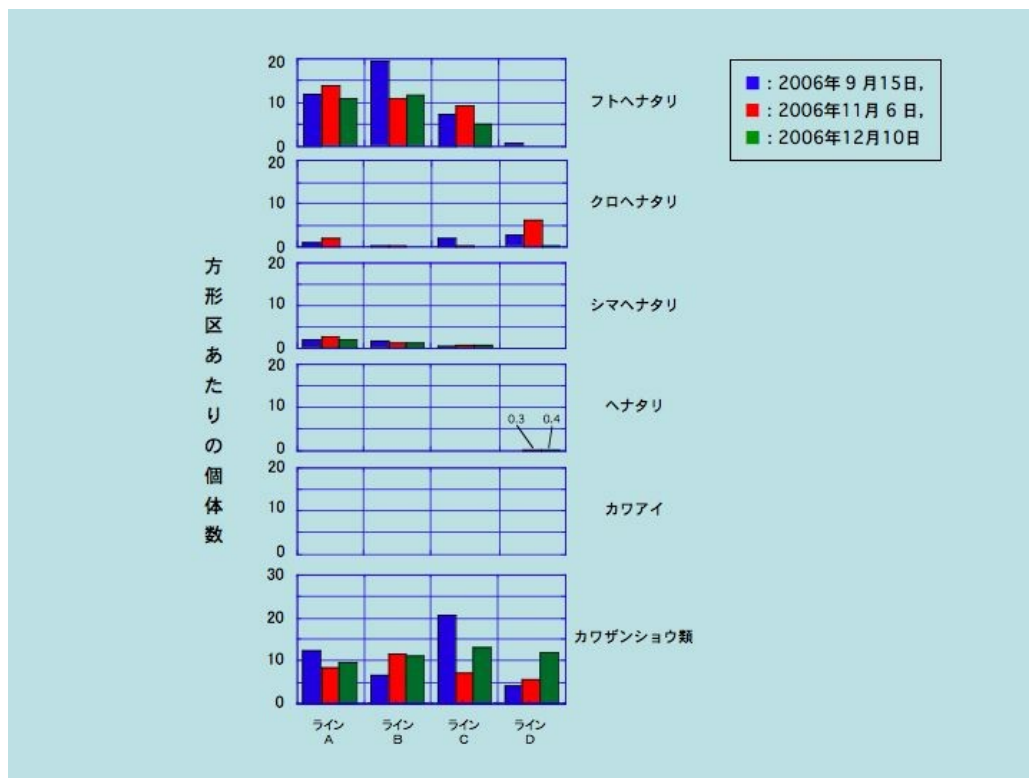


図-22 各ラインにおける巻貝の密度．ヘナタリ類は50cm四方の方形区あたり，カワザンショウ類は10cm四方の方形区あたりの個体数．

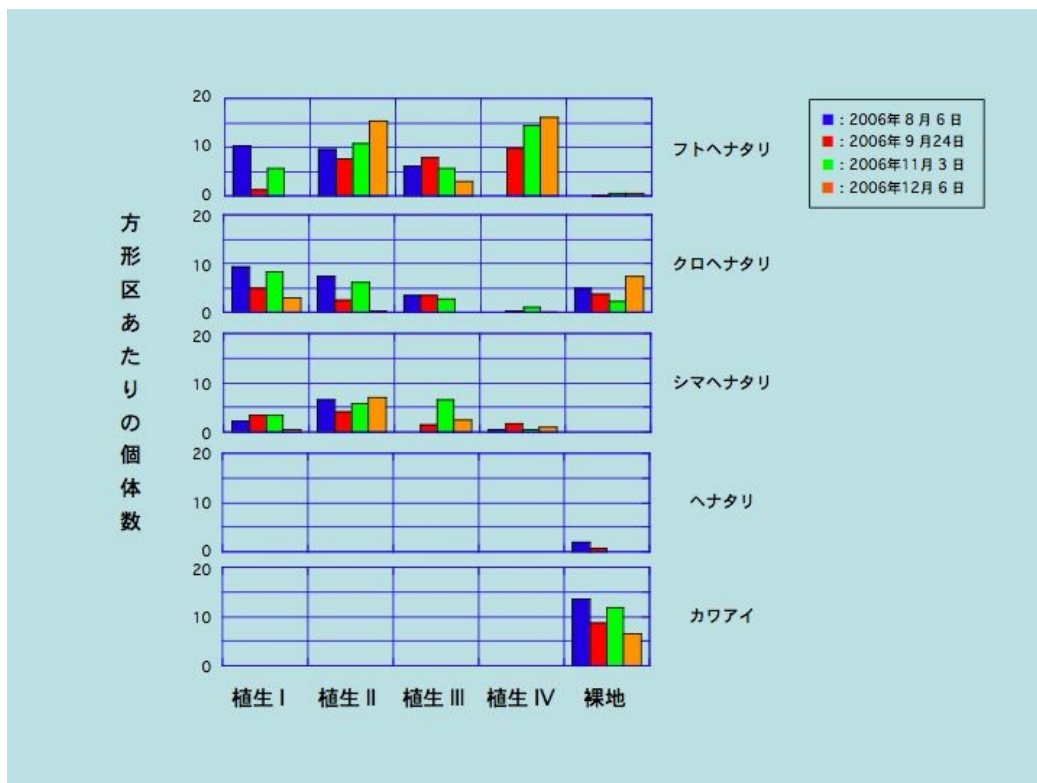


図-23 自然植生におけるヘナタリ類の方形区（50cm四方）あたりの個体数．植生 I ～ IV の詳細は文中に記す．

フトヘナタリは植生がまばらな場所でも多く見られたが、シマヘナタリは主に植生の密な場所で多く見られた。クロヘナタリは植生の密な場所と裸地に多く、植生がまばらな場所には少なかった。ヘナタリとカワアイは裸地にのみ見られた。

#### 棲息環境

塩分は各地点で差がなく、ほぼ25‰であった。土壌粒度は、ライン間では比較的類似していた（自然植生では未測定）。土壌含水率はラインDで高く、自然植生32%に対し、ラインAで29%、ラインBで27%、ラインCで29%、ラインDで36%であった。土壌硬度は高度が下がるにつれて減少し、自然植生で22に対し、ラインAで24、ラインBで23、ラインCで17、ラインDで6であった。ラインD（0cm）に対する相対的な地盤高は、ラインAで40cm、ラインBで39cm、ラインCで21cmであった。

#### (ii) 海岸部

桂原海岸部に移植された塩生植物の追跡調査については、分析が進んでいないため、十分な結果は得られていない。しかし、目視による調査では、以下のような結果を得た。

まず、移植（2005年11月）の翌年にあたる2006年8月の調査では、移植した植物は順調に定着し、ハママツナでは流入種子の発芽も多数確認された（写真-6）。しかし、9月の調査では、大部分のハマサジやハママツナは波で流失し、ナガミノオニシバも一部が枯死していた（写真-7）。これは、2006年9月17日に当地を直撃した台風13号の影響と考えられる。



写真-6 海岸部の移植地（2006年8月3日撮影）



写真-7 海岸部の移植地（2006年9月27日撮影）



(b) 塩屋海岸

塩屋海岸にあった塩性湿地は、埋立による海水流入の遮断により（図-24），密なヨシ原に変わってしまった（写真-8）。これは、淡水は依然として流入しているため、淡水でも生育できるヨシのみが生き残ったためである。しかし、このヨシ原はヨシが密生し、水面が全くないため、以前棲息していたオカミミガイ類などの塩性湿地棲の底生動物はもちろんのこと、カエル類やトンボ類なども全く観察することができなかった。



図-24 埋立によって消滅した塩性湿地の位置（赤丸）。右の地図のように塩性湿地は海から遮断されたが、淡水の流入があるため淡水の湿地となり、写真-8のように密なヨシ原に変わっている。



写真-8 塩屋海岸のヨシ原。埋立前は希少種の多い塩性湿地であった。



#### (4) 考察

##### (a) 桂原

2005年に移植したヨシは、移植後に一度地上部が枯れたが、これは移植時期が6月であったため、高温の影響によるものと考えられた（内野ほか、2006）。ただし、その後、ヨシは再び芽吹き、ラインAでは草丈60cmを越えた（図-20）。一方、2006年には大部分のヨシは枯れることなく成長し、草丈は平均で60cmを越えた。これは、移植後2年が経過したため、移植の影響が軽減した結果であると考えられる。ただし、自然植生と比べると成長には依然として差があった。また、ライン間でも生育密度には差が見られ、高所ほど高密度であった。これらの結果から、ヨシの移植に関しては、地下茎に十分に栄養を貯蔵し、また高温の影響のない秋または冬場に行うこと、さらに、移植高度を十分配慮することが重要であることが明らかになった。

一方、巻貝の分布は種類によって違いが大きかった。植生に大きく依存していたのは、フトヘナタリとシマヘナタリであり、クロヘナタリ・ヘナタリ・カワアイは裸地で多く見られた。また、カワザンショウ類は植生の粗密に関わらず多かった。これらの結果より、多くの巻貝が棲息する湿地を創生するには、単にヨシなどが高密度に生育するだけでは不適當で、植生の密な地域から裸地までの多様な環境が存在することが重要である。このことは、塩屋海岸に塩性湿地を再生・創生する際にも言えることである。既に埋め立てられた塩屋海岸の塩性湿地は、現在は密なヨシ原に変化しているが（写真-8）、仮にこの場所に塩性湿地を復活させる場合は、海水の流入を十分に確保しヨシの成長を抑制するか、頻繁に刈り入れを行うなどの処理を施す必要があると思われる。

桂原の海岸部の移植は11月の低温期に行ったおかげで、移植した塩生植物は順調に根付き、また、1年草のハマツナでは流入種子の発芽も少なくなかった（写真-6）。しかし、これらの塩生植物のうち、ハマサジやハマツナは2006年9月17日に当地を直撃した台風13号の影響で、そのほとんどが移植地から流失してしまった（写真-7）。有明海でも、熊本新港の周囲に造成された人工なぎさでも、移植したハマツナのほとんどがこの台風によって流失したことが報告されている（滝川私信）。ただし、この台風の影響は、桂原の汐入の移植地（ラインA～D）にはほとんどなかった。このように、海域に面した造成地に移植した塩生植物は、台風の際の高潮や風雨に弱いことが明らかになった。今後、新たな移植地を創生する場合は入り江方式にするなど、可能な限り台風や高潮などから移植地や移植植物を守る工夫が必要である。また、現在、ミチゲーション案を作成中の塩屋海岸の埋立地でも、塩性湿地は入り江方式で創生することが望ましいと思われる。

##### (b) 塩屋海岸

塩屋海岸の新たな埋立計画におけるミチゲーション（特に塩性湿地の再生・創生）について、熊本県や（株）西日本技術開発と協議を重ねてきた。現在、平成18年度末になって設置された「塩屋漁港埋立計画ミチゲーション検討委員会」でプロジェクトメンバーの内野・逸見・福田が委員に任命されるなど、協議は具体的な段階に入っている。ここでは、塩屋海岸の現状とミチゲーション案を紹介する。

既に述べたように，塩屋海岸の塩性湿地は，オカミミガイ類やセンベシアワモチ・ウモレベンケイガニなどの希少種を多産する重要な底生動物の棲息地であったが，埋立によって海水の流入が遮断されたために，塩性湿地は淡水性の密のヨシ原に変わってしまった．一部の底生動物は宇城市三角町の戸馳島に移植されたが（篠崎ほか，2001），移植は完全な失敗に終わり，現在，戸馳島では移植した底生動物を確認することができない．なお，この移植には2つの問題があると考えられる．1つは移植地が海に面し，安定した移植地ではなかったことである．もう1つは移植先の海岸にセンベシアワモチなどの希少種がいたために，戸馳島が移植地に選定されたのであるが，既に移植地はこれらの希少種にとって飽和密度に達していた可能性がある．結果的には，おそらく台風によって移植地の環境が破壊されたと考えられるが，生息密度を考慮せずに移植を行ったのは問題である．

生物の移植は，新たに棲息環境を創生，あるいは悪化した棲息環境を再生した後に行うのが理想的である．ただし，塩屋海岸の場合には，既に塩性湿地は消滅し，移植する生物も死滅しているため，移植する生物はいない．塩屋海岸については，以下の2つのミチゲーション案を提案する．

1つは，現在は密なヨシ原となっているかつての塩性湿地に海から水路を引き，海水を導入する『塩性湿地の再生案』である．ヨシは海水に弱いので，おそらく海水を導入することによって生育密度がまばらになり，代わってハママツナなどの塩生植物が自生する可能性が高い．底生動物の多くはプランクトン幼生の時期を持ち，自由に分散できるので，センベシアワモチなどの新たな加入も期待できる．もう1つは，今後造成される埋立地に海水を引いて入り江を創る『塩性湿地の創生案』である．新たな埋立地には元々動植物は存在しないので，入り江に流入する種子やプランクトン幼生によって新たな塩性湿地生物群集が形作られる．その際，成立する群集のタイプは，導入する海水の量（塩分を調節）や地盤高によって決定されと考えられる．当然のことながら，創生する塩性湿地は，消滅した塩性湿地のミチゲーションであるから，オカミミガイ類やセンベシアワモチなどかつて棲息していた底生動物が定着し，成長できるような塩性湿地を復活したい．

#### 4．おわりに

今後は以下の方向で研究を進め，社会に対して有効な政策提言ができるように努力したい．

##### (1) 生物多様性保全のための生物棲息環境の把握と評価

熊本県下の重要な塩性湿地・干潟の生物棲息状況は，昨年度の研究により，ほぼ明らかにすることができた（内野ほか，2006）．今後は，八代海北岸や塩屋海岸における塩性湿地の再生・創生を成功させるためにも，両地域とその周辺において重点的に生物相の調査研究を行いたい．

## (2) 水産資源の持続的利用のための管理技術の確立

ハマグリをモデルに研究を行い、白川河口におけるハマグリの棲息状況・漁獲状況をほぼ明らかにすることができた。緑川河口のハマグリの棲息状況・漁獲状況については熊本県が調査を行っているので、今後も協力して調査研究を進めたい。また、水産資源の管理には、対象種の生活史や棲息状況の把握だけでなく、漁業者の合意形成や漁獲規制の制定などが必要である。今後は、熊本県・熊本市だけでなく、漁連・漁協に対しても、研究結果の説明や資源保全に関する協議を重ね、有効な政策提言を行えるようにしたい。

## (3) 環境と調和した防災と開発

八代海北岸（桂原）では、高潮堤防建設に対し、塩生植物と貝類の移植によるミチゲーションを行った。現在のところ、汐入での移植は成功している。また、海岸部での移植の成功は、台風の被害から塩生植物がどの程度回復できるかにかかっている。いずれにしても、今後も両地点でモニタリングを継続し、塩生植物や底生動物の移植技術の確立に努めたい。一方、塩屋海岸では、新たに造成される埋立地に塩性湿地を創生する取り組みを進めている。この地区では、生物相の豊かな塩性湿地が過去の埋立により消滅しているため、桂原のように移植すべき生物はいない。したがって、どのような湿地を創れば、どのような塩生植物や底生動物が移入してくるのかを前もって予測する必要がある。そのためには、桂原周辺の塩性湿地での生物相調査や、既に各地で行われた塩性湿地創生の事例調査などが重要となってくる。今後は、熊本県や（株）西日本技術開発とも研究・協議を進め、有効なミチゲーション案を作成したい。

## 5. 付録

調査を行った塩性湿地に出現した主要な動植物の概略を記す。評価は「レッドリストくまもと 2004」による。

### < 植物 >

- ・ヨシ *Phragmites australis*（イネ科）、評価なし。

世界の亜寒帯・温帯・暖帯に広く分布し、日本では北海道から沖縄まで分布するイネ科の多年草。全国各地の湖沼や河川などの湿地に群生する代表的な抽水性大型植物で、広大なヨシ原を形成する。地上茎は堅く、地上部は直立して高さ1～3mになる。花期は8～10月で、冬には枯れる。生育場所は主に中・下流から河口域にかけての水際付近で、水深1m位までは耐えることができる。低地の湿地にも多く、一般に水分を多く含んだ砂泥質の、窒素分の多い富栄養地に育成するが、発達した地下茎が地中1m位まで匍匐（ほふく）し、嫌気化した土壌まで侵入する。

- ・フクド *Artemisia fukudo*（キク科）、準絶滅危惧。

河口の塩性湿地に群生するキク科の1年草または多年草。近畿地方から九州にかけて分布する。草丈は30～50cmで、葉は大きく円形状に広がる1年草または多年草であり、夏から秋にかけて花を咲かせ種子を生じる。1年を通して生体がみられる。

- ・ナガミノオニシバ *Zoysia sinica* var. *nipponica* (イネ科), 準絶滅危惧.

内湾や河口の岩場や砂礫地などの磯浜に生育する草丈 10~20cm のイネ科の多年草。満潮時に海水につかるような磯浜の最も汀線に近い場所に生育する。根茎は地中を深くはい、節ごとに直立した茎を地表に伸ばす。葉は平らまたは内側に巻き、葉先は硬化して刺状となるが、さわっても痛くはない。

- ・ハマサジ *Limonium tetragonum* (イソマツ科), 絶滅危惧 類.

塩性湿地のなかでも、おもに砂礫質に生育する草丈 30~60cm のイソマツ科の二年草。葉は根元から放射状に出し、無毛で光沢がある。葉の縁はなめらかで、葉は長楕円状へら形で先は鈍いか、ややとがり、下部はしだいに細まり柄状となる。群生する葉の中央から著しく分岐した茎を伸ばし、多数の花のかたまりを円錐状につける。

- ・ハママツナ *Salsola maritime* (アカザ科), 情報不足.

海岸の砂地や泥地に生える 1 年草。草丈 20~60cm。茎は直立して多くの枝を張る。葉は細長く長線形で、先はとがる。花は 1~5 個が葉のつけ根にかたまる。種子は、レンズ形でかたい種子と円盤形でやわらかい種子の 2 種類があり、やわらかい種子はすぐに発芽する。秋には全体が赤くなる。

#### < 巻貝 >

- ・フトヘナタリ *Cerithidea rhizophorarum* (フトヘナタリ科), 準絶滅危惧.

殻長約 4cm。他種に比べて太く、成殻では殻頂部が失われるのが特徴。殻表には多くの顕著な螺肋と、弱く細い縦肋をもつが、老齢個体では摩滅する。殻口外唇が反転する。殻色変異に富むがおおむね白っぽく、薄い茶褐色~紫褐色の幅広い色帯を螺肋に巡らす個体が多い。生息域は東京湾以南、西太平洋、内湾の潮間帯、ヨシ原やマングローブ林の泥上。

- ・クロヘナタリ *C. largellerti* (フトヘナタリ科), 絶滅危惧 類.

殻長約 3cm。縦肋は強いものからほぼ平滑なまでの、個体変異が大きい。螺肋が弱い。殻口外唇は反転せず薄く鋭い。殻色は概して黒っぽい、稀にオレンジ色の個体も現れる。茶褐色の色帯をそなえる場合もある。生息域は東京湾以南、東南アジア、フィリピンからオーストラリア北部まで。内湾の潮間帯、ヨシ原やマングローブ。

- ・シマヘナタリ *C. ornate* (フトヘナタリ科), 絶滅危惧 A 類.

殻長約 3.5cm。縦肋は強く、螺肋は弱い。殻口外唇は反転する。殻色は変異に富むがおおむね白っぽく、薄い茶褐色~紫褐色の幅の狭い色帯を螺肋に巡らす個体が多い。国内では瀬戸内海と有明海・八代海にわずかに生息する。生息域は、朝鮮半島、中国。内湾の潮間帯とヨシ原。

- ・ヘナタリ *C. cingulata* (フトヘナタリ科), 準絶滅危惧.

殻長約 3cm。高い円錐形。体層は幅広く、強い縦張肋がある。殻口は大きく外側に広がり、前端は水管溝をこえてのびる。縦肋は上部の螺層では強く、螺肋と交差して顆粒状になる。生息域は房総半島、山口県北部以南、インド西太平洋域。汽水域、潮間帯、内湾の干潟。

- ・カワアイ *C. djadjaniensis* (フトヘナタリ科), 準絶滅危惧.

殻長約 5cm。体層の縦張肋が弱く、殻口前端の張り出しが弱い。また、縦合下とその

次の螺溝の深さが同じである．生息域は房総半島，山口県北部以南，奄美大島，沖縄，東南アジア．内湾の潮間帯，泥地．

- ・ ヒラドカワザンショウ *Assiminea hiradoensis* (カワザンショウ科)，評価なし．

殻長約 7mm．九州西岸から瀬戸内海西部にかけて分布．河口域のヨシ原に生息し，ヨシの根元や泥上にみられる．は有明産の個体は鮮やかな橙色からレモン色の殻や茶褐色の殻を持つ物が多い．

- ・ アズキカワザンショウ *Pseudomphala latericea* (カワザンショウ科)，準絶滅危惧．

殻長は約 7.5mm．有明海特産．ヒラドカワザンショウと同じように河口域のヨシ原に生息する．殻は紅色から朱色である．

#### 参考文献

- 1) 中原康智・那須博史：主要アサリ産地からの報告－有明海熊本県沿岸，日本ベントス学会誌 57, pp.139-144, 2002.
- 2) 篠崎孝・大下茂・羽原浩史・菊池泰二：干潟に生息する貴重種（貝類）のミチゲーション事例，土木学会第 56 回年次学術講演会講演要旨集, pp. 304-305, 2001.
- 3) 内野明德・逸見泰久・柿本竜治・福田靖・上村彰：有明海・八代海の生物生息環境の評価・保全・再生（中間報告書），平成 17 年度熊本大学政策創造研究センタープロジェクト研究報告書, pp. 237-.259, 2006
- 4) 熊本県：熊本県の保護上重要な野生生物リスト－レッドリストくまもと 2004－，熊本県, 2004．