

諫早湾干拓事業に伴う「有明海異変」に関する 保全生態学的研究

諫早湾保全生態学研究グループ ●執筆分担者：佐藤 慎一／佐藤 正典
松尾 匡敏／市川 敏弘

1. はじめに

日本や韓国など東アジア各国では、近年大規模干拓工事に伴って広大な干潟・浅海域が急速に失われつつある（佐藤正典、2000）。有明海の諫早湾奥部では、1997年4月14日に干拓堤防の閉め切り（潮止め）が実施された（図1）。そして翌1998年には赤潮による漁業被害が開始し、2000年に海苔養殖が大打撃を受けたことなどにより、2002年4月24日～5月20日に一時的に調整池内に海水を導入する短期開門調査を実施した。さらに、2004年8月26日には佐賀県地方裁判所による干拓工事の差し止めを命じる仮処分決定がなされ、干拓事業は前面堤防が未完成のまま、工事が一時中断していた。ところが、その後の福岡高等裁判所控訴審判決（2005年5月）と最高裁判所抗告棄却（2005年9月）により、干拓工事は再開された。また、公害等調整委員会の裁定（2005年8月）でも申請は棄却され、諫早湾干拓と有明海異変の因果関係はいまだに公的には認められないままになっている。

しかし、現時点でも前面堤防は未完成の状態であり、今後もし水門を解放して海水を導入することがあれば、再び泥干潟が形成される可能性は十分に残されている。

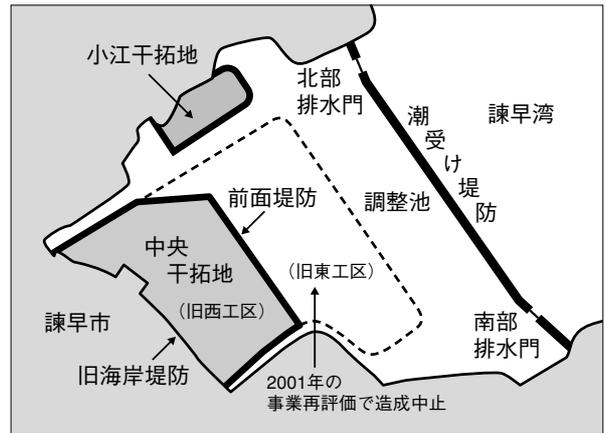


図1 諫早湾干拓事業の概要

本研究グループは、一貫して諫早湾干拓事業と「有明海異変」の因果関係の究明を行い、水門開放の必要性を訴えている。これが実現すれば、有明海は再び「宝の海」として蘇るに違いない。本研究では、干拓堤防閉め切り前から行われている採泥調査を今後も継続して行うことで、中長期開門調査に向けて検証可能な実証データの蓄積を目的としている。本研究により得られた成果は、中長期開門調査の実施をせまる理論的根拠として用いられるとともに、水門開放後に行われる調

■諫早湾保全生態学研究グループ

本研究グループは、長崎大学教育学部の東幹夫名誉教授と近藤寛教授および同水産学部の西ノ首英之名誉教授により、1997年4月の諫早湾干拓堤防閉め切り直前に調査活動を開始して以来、過去9年間にわたり継続的に採泥・採水調査を行っている。潮止め前から一貫してデータを取り続けている研究グループは他にないと思われる。これまでの調査活動により、諫早湾口海域では潮止め後2カ月で貧酸素水塊が発生したことや、潮止め後1年で急激に底生生物の現存量が減少したことなどを、科学的データにより初めて明らかにした。これらの研究成果は、『有明海の生きものたち』（海游舎）など多くの著書・論文で公表すると共に、公開シンポジウムを数多く主催することにより、諫早湾干拓事業の問題点を広く社会に訴えている。



●助成研究テーマ

諫早湾干拓事業に伴う「有明海異変」に関する保全生態学的研究

●助成金額

2004年度 30万円

*1 底生生物：一般に「ベントス」と呼ばれる。海洋・湖沼・河川などの水底に生活する生物の総称。干潟で見られる底

生動物の代表例としては、貝類・甲殻類・多毛類・棘皮動物などがあげられる。

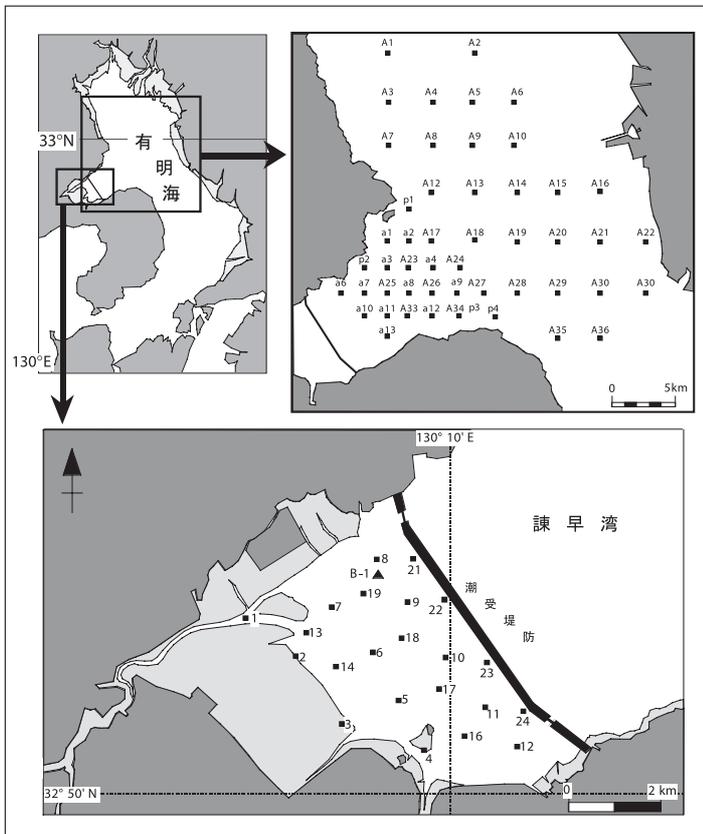


図2 有明海・諫早湾干拓予定海域の位置



図3 乾燥した諫早湾の泥干潟で見られたハイガイの死殻（撮影：佐藤慎一）



図4 ハイガイ（撮影：佐藤慎一）

査に対して、共通した精度で比較可能な水門開放以前の基礎データを供給することができる点で非常に重要である。

そこで本稿では、諫早湾干拓堤防内外で見られた環境変動と底生生物^{*1}群集の変化を紹介し、急激な環境変動に伴う底生生物群集の応答の共通性について考察する。

2. 諫早湾干拓予定地における採泥調査の結果

諫早湾奥部では、1997年4月14日に全長7050mの潮受け堤防によって、3550haの干潟・浅海域が締めきられた（図2）。潮受け堤防には2カ所の水門があり、引潮時に調整池から有明海へと排水を行うことで、調整池の水位を-1mに保っている。そのため、かつての潮間帯だった部分は完全に干上がり、おびただしい数の貝類の死殻が現れた（図3）。特に、潮間帯下部にはハイガイ *Tegillarca granosa*（図4）の死殻が密集して見られ、定量調査の結果を基に総個体数を推定すると、諫早湾干拓により約1億個体のハイガイが死滅したことが明らかになった（佐藤慎一、1997、2000、2001）。

本研究グループは、調整池内の12～20定点で小型

漁船による採泥調査を行っており、これまでに、潮止め直前（1997年3月）と、潮止め後14回（1997年5月、8月、1998年4月、8月、1999年7月、10月、2000年7月、2001年3月、2002年3月、5月、9月、2003年8月、2004年8月、2005年8月）の採泥を実施した。また、堤防外側の諫早湾海域では、諫早沖から有明海奥部にかけての50定点において、12回（1997年6月、1998年11月、1999年6月、2000年6月、2000年11月、2001年6月、2001年11月、2002年6月、2003年11月、2004年11月、2005年6月、2005年11月）の採泥調査を実施した。このうち、2005年6月の有明海50定点と8月の調整池における採泥調査の際に、高木基金からの助成金を使用させていただいた。ここに記して感謝の意を表します。

各定点の位置はGPSで決定し、調整池ではEkman-Birge採泥器（採泥面積：15cm×15cm）を用いて3～9回、堤防外側海域ではSmith-McIntyre採泥器（採泥面積：0.05m²）を用いて各定点で1回の採泥を行った。得られた底質試料から粒度分析用に一部を取り除き、1mmの篩^{ふるい}にかけて残ったすべての底生生物を10%ホルマリンで固定した後、実験室において各個体の生死の確認と、高次分類群レベルでの仕分けを行った。また、各定点で多成分水質計（アレック電子製ADR-1000）を用いて表層水と底層水の水温・塩分・溶存酸



図5 ヒラタヌマコダキガイ (撮影: 佐藤慎一)

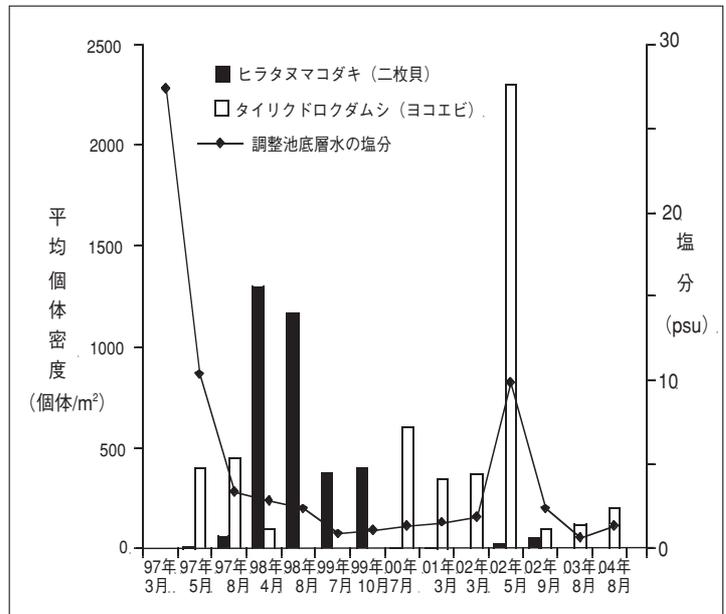


図6 諫早湾干拓調整池における塩分と底生生物の平均個体密度の経年変化

素濃度 (DO) を測定した他、各定点でバンドン型採水器を用いて表層と底層の海水を採取した。その後、試料類を各研究室に輸送し、二枚貝類は東北大学、多毛類は鹿児島大学、ヨコエビ類は長崎大学にて、種の同定および種ごとの個体数をカウントした。粒度分析は長崎大学、水質分析は鹿児島大学で実施した。以下、それぞれの分類群ごとに調査結果および水質分析の結果を報告する。

1) 二枚貝類

干拓調整池内において、潮止め前に見られた15種の海生貝類は、調整池の底層水塩分が5psu*以下になった時点(1997年8月)で完全に死滅し、その後は、1997年8月以降にヒラタヌマコダキガイ *Potamocorbula* sp. (図5) が調整池全域で急激に増殖した。しかし、本種も潮止め2年後の1999年7月以降は底層水の塩分が2psu以下に低下したことで減少を始め、2000年7月以降はほとんど見られなくなった(佐藤ほか, 2001; Sato and Azuma, 2002) (図6)。

その後、2002年4月に短期開門調査が実施されると、調整池の底層水の塩分は一時的に10psu以上となり、それから2002年9月までほとんどの定点では塩分が2psu以上であった。それに伴い、2002年5月より再びヒラタヌマコダキガイの稚貝が南部排水門周辺で採集

され、2002年9月には殻長20mm以上の成熟個体も得られた。この結果は、わずか20日間程度でも海水を導入したことで、ヒラタヌマコダキガイの浮遊幼生が調整池内に着底し、増殖できることを示した。このことは、中長期開門調査を行うことで、より多くの海生生物が比較的短期間で干拓調整池内に戻ってくる可能性が高いことを示唆している。

一方、堤防外側海域では、潮止め直後の1997年6月には諫早沖50定点において36種294個体/m²の二枚貝類が得られたが、その後は急激に減少している(図7)。本研究では、6月と11月に採泥を行っているが、季節変化の影響を除くために6月のデータのみを比較すると、1997年6月から2000年6月にかけて種数・平均個体密度が減少しており、2000年6月には17種142個体/m²となった(図7)。その後は、ピロードマクラ *Modiolus* (*M.*) *comptus* (図8) が急激に増加し、二枚貝全体で2002年6月には29種667個体/m²、2003年11月には31種908個体/m²まで増加した。しかし、現在もソーティング作業中の2004年11月の採泥試料では、すでに各定点で底生生物が急激に減少する傾向が見られている。今後、抜本的な環境改善を行わない限りは、調整池外側海域においても、特定の種のみが急激な増加と減少を繰り返す不安定な生態系が維持されてゆくものと予測される。

*1 psu: 実用塩分単位のこと。海水の塩分の単位には千分率(パーミル)が用いられるが、化学的な分析から得られた塩

分と区別するために、塩分値にpsuを付けるようになっている。一般的な海水のpsu値は、だいたい30程度である。

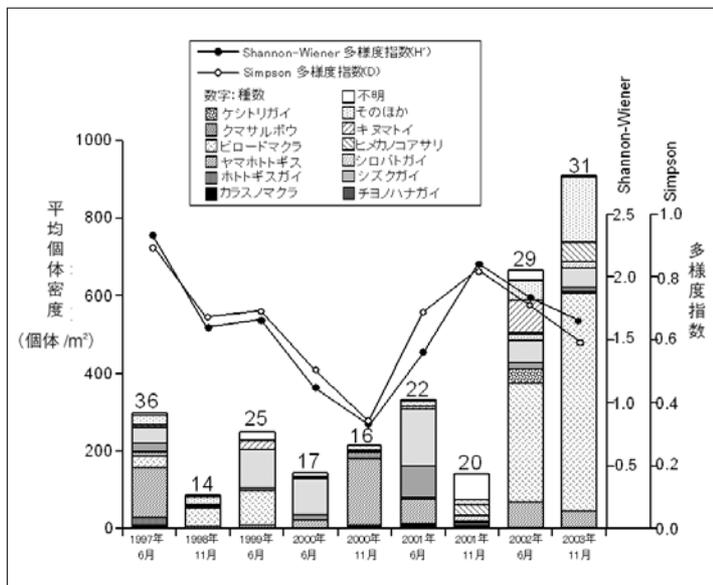


図7 有明海50地点における二枚貝類の種数・平均個体密度・多様度指数の経年変化



図8 ビロードマクラガイ (撮影：佐藤慎一)

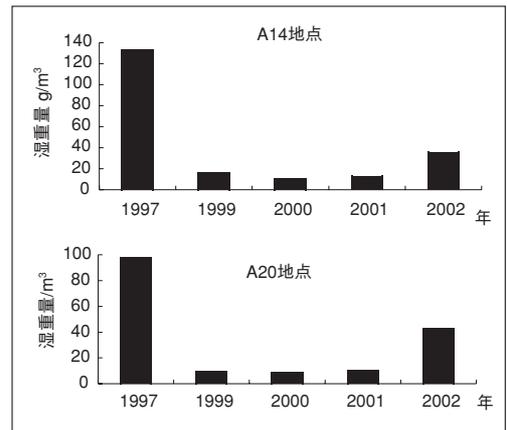


図9 有明海2地点における多毛類の現存量の経年変化(6月)

2) 多毛類

諫早湾内において、潮受け堤防の閉め切り後に多毛類の現存量(湿重量)と個体密度は、二枚貝類の結果と同じように急速に低下し、1997年8月までに潮受け堤防内の多毛類相はほぼ壊滅した。これらの標本の詳細な分類学的検討は目下継続中である。

また、1997年～2002年に有明海奥部で得られた標本を用いて、有明海奥部の中央部にあたるA14地点およびA20地点において、多毛類の現存量の経年変化を検討した。その結果、両地点とも1997年から2000年にかけて減少したが、その後は増加に転じていることが分かった(図9)。これらの増減傾向は、二枚貝類で見られた経年変化(図7：佐藤・金澤, 2004；金澤ほか, 2005)と非常に類似しており、今後それらを規定する共通の環境因子の特定が期待される。なお、有明海の多毛類相の全容解明のため、有明海各地の干潟部で随時採集した多毛類標本についても、合わせて詳細な分類学的検討を行った。サシバゴカイ科とカンムリゴカイ科については加藤哲哉博士(京都大学)に、ツバサゴカイ科とカンザシゴカイ科については西栄二郎博士(横浜国立大学)にそれぞれ標本を送付し、詳細な検討を依頼している。

さらに、1997年と2002年に有明海全域で得られた試料を基にチロリ科の分布を比較したところ、1997年には5種(合計142個体)、2002年には6種(合計259個体)が確認された。どちらの年も、有明海の奥部から湾口部にかけての広い範囲に、*Glycera nicobarica*と*G. onomichiensis*が比較的高密度に分布していた(図10)。その分布域は、底質の中央粒径値が1～3φ(中粒砂-細粒砂)の範囲(東, 2005)にほぼ一致した。一方、湾口部付近(底質の中央粒径値が1φ以下)には、*G. lapidum*, *G. alba*(両年とも)、*G. cf. oxycephala*(1997年だけ)、*G. tessellata*, *Hemipodia yenourensis*(2002年だけ)が分布していた。

本研究では、サシバゴカイ科の標本のうち少なくとも*Mysta* sp.については未記載種であることが明確になり、現在は記載準備中である。これ以外にも、複数の科で未記載種が見つかったので、今後も継続して分類学的検討を進め、新種の記載に努めたい。これは、有明海の底生生物の豊富さを示す重要な証拠となる。また、採泥試料中の多毛類の分類は、その多くが継続中の段階であるため、今後も積極的に同定作業を行うことで、諫早湾潮止め後のより詳細な底生生物群集の変化を明らかにしたい。

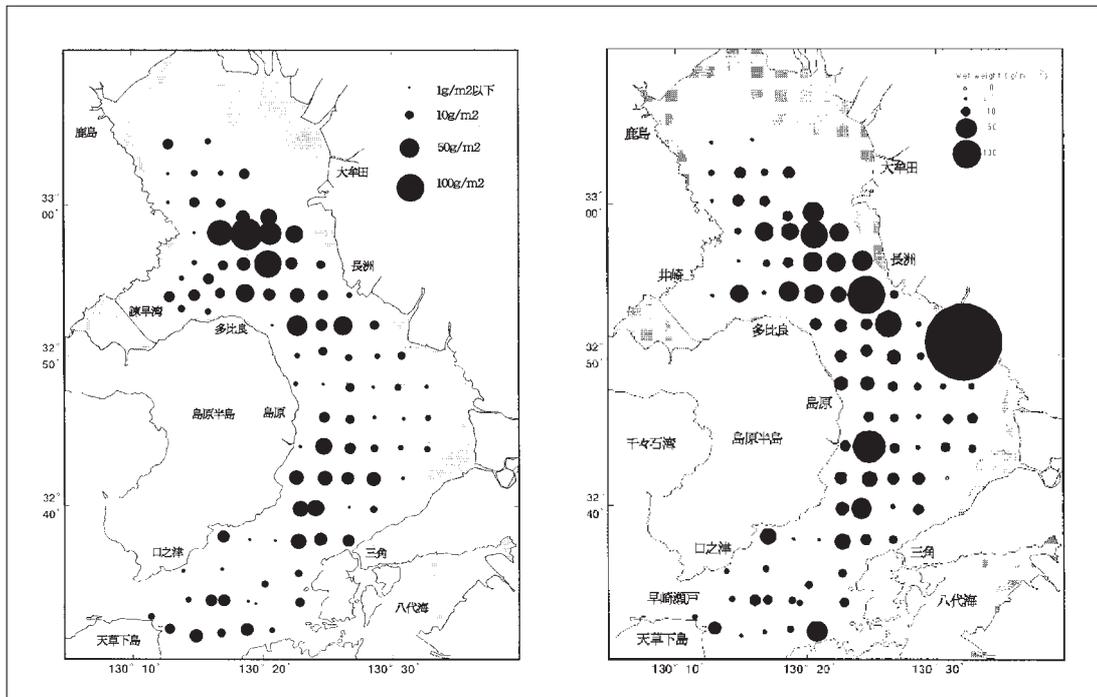


図10 1997年6月(左)と2002年6月(右)の有明海全域における多毛類湿重量

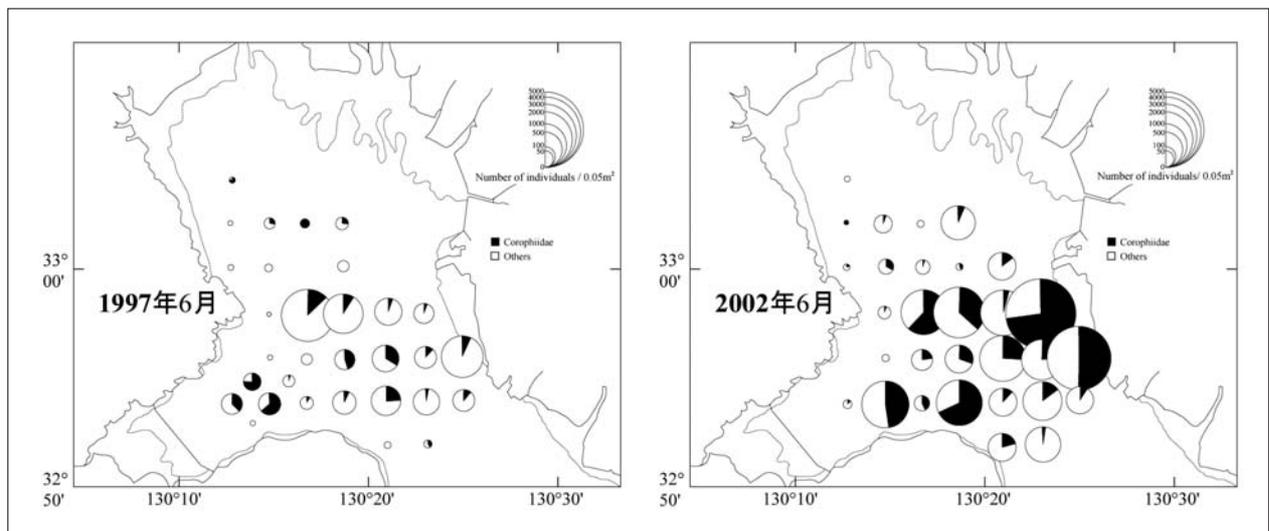


図11 1997年6月(左)と2002年6月(右)の有明海50地点におけるヨコエビ類の個体密度とドロクダムシ科の編組比率(円グラフの黒色部分)

3) ヨコエビ類

ヨコエビ類は、有明海全域において1997年には24科94種12434個体が、2002年には27科89種37649個体がそれぞれ採集された。大まかな変化を見るためにそれぞれの科が占める割合を見ると、イシクソコエビ科Isaeidaeが両年とも全体の約40%を占めていた。この中で注目すべきはドロクダムシ科Corophiidaeが2002年に全体の約39%を占めるようになっていたこと

である(図11)。Corophiidaeは内在管生息者(infaunal tube-dweller)であり、懸濁物-堆積物食者(suspension-deposit feeder)でもあるため、これらの占める割合も増加していた。2002年に最も多く採取された*Corophium* sp. Aについてその分布域を図示すると2001年6月の調査で観測された貧酸素水塊^{*3}の周囲に集中的に分布していた。*Corophium volutator*が日見の種であり、かつ貧酸素や硫化水素に敏感な種であることがわかっており、同じ属である*Corophium*

*3 貧酸素水塊：海底の溶存酸素濃度が著しく低下する現象。一般に、溶存酸素濃度が2~3mg/L以下になると、貧酸素状

態とされる。貧酸素水塊(これが表層に上昇すると青潮と呼ばれる)が発生すると、周辺海域で貝類などが大量に死滅する。

spp.についても同様の生態を示すことが予測される。また、*Corophium* spp.が集中的に分布していた諫早湾口周辺海域では諫早湾の潮止めにより潮汐・潮流の減衰と連動して底質が細粒化していることが報告されており、このことは泥で生管をつくる *Corophium* spp.にとっては生息に適した環境となったことも生息密度の上昇に拍車をかけた可能性がある。

一方、調整池内においては潮止め前の1997年3月23日には海産種を中心として15種が採取された。潮止め後1年の1998年4月まで塩分濃度の減少と並行してヨコエビ類の種数は減少した。しかし、汽水域に生息するタイリクドロクダムシ *Corophium sinense* は塩分が10psu前後になるとその生息密度を上昇させた(図6)。その後タイリクドロクダムシは塩分の更なる減少とともに生息密度を減少させた。2000年には海産種を含む6種が採取された。動物プランクトンにおいてもこの調査時に海産種が採取され、潮受け堤防からの漏水がその原因だと考えられている。2002年3月まで安定した状態が継続していたが、2002年4月24日から5月20日まで行われた短期開門調査の影響で調整池内の塩分は上昇し、2002年5月の調査ではこれまでの密度を大きく上回る生息密度でタイリクドロクダムシが採取された(図9)。これは塩分が、タイリクドロクダムシが好むと考えられる10psu前後になったことに加え、1997年には存在していたほかのヨコエビ類が減少し、餌や生息空間をめぐる競争関係が弱くなっていることが理由として考えられる。短期開門調査後、2002年9月には塩分も下降し、タイリクドロクダムシの生息密度は開門調査前よりも低くなった。2002年9月の調査では二枚貝類のヒラタヌマコダキガイが採取された(図6)が、塩分に対する条件はタイリクドロクダムシと同じことが考えられる。ここで採取された時期にタイムラグが生じたのには、ヨコエビ類は直達発生であるのに対して二枚貝類は浮遊幼生期を経て定着するためと考えられる。2004年までタイリクドロクダムシは低密度で生息していたが、2005年にはさらに生息密度を減少させた。

ヨコエビ類については、過去9年間に採泥調査で得られた試料の種レベルでの分析を行うことで、環境改変に対する生物の反応についてのパターンを示すことができると考えられる。今回、有明海全域と調整池内のヨコエビ類の変化として、共通して *Corophium* spp.が増加するという結果が得られた。このことから、環境改変時には *Corophium* spp.など日和見な種が増加し、その後に新たな種が移入してくることを拒んでいる可能性がある。一方、諫早湾調整池内の調査で新種のヨコエビ類 (*Kamaka* sp.) が採取されており、これ

も現在記載が進んでいる。

4) 水質の分析結果

2005年6月と11月に有明海奥部50定点、また8月には潮受け堤防内16定点と堤防外15定点において、それぞれ表層と底層の水を採水した。この試水を用いて栄養塩(硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素、リン酸態リン、およびケイ酸態ケイ素)、溶存有機窒素、およびクロロフィル(植物プランクトン現存量)の7項目について分析し、その分布の特徴を調べ過去のデータと比較した。その結果、栄養塩やクロロフィルは海域、季節、年度によって大きく変動することが明らかになった。有明海奥部海域の硝酸は0.1~22 μ M、アンモニアは0~3.3 μ M、リン酸は0~6 μ M、ケイ酸は4~380 μ Mの範囲で分布した。調査海域の栄養塩の水平分布は、有明海奥部に向かうにつれて濃度が高くなっていくことが特徴的であった。また、潮受け堤防内の栄養塩濃度は一般にその外側の海域よりも高く、排水門から排水される高濃度栄養塩の水が海域の分布に影響を与えている可能性が示唆された。有明海奥部で過去に得られたデータ(11月)と比較すると、栄養塩濃度は潮止め後2001年で最大となり2003年に大きく減少し、それ以後は増減を繰り返している。

また、植物プランクトンの現存量の指標となるクロロフィル濃度は、有明海奥部50定点では1~13 μ g/L、堤防内の淡水域では21~135 μ g/Lであった。クロロフィル濃度も海域によって大きく変動すること、また調整池は恒常的な赤潮状態に相当する高いクロロフィル濃度をもつことがわかった。過去のクロロフィル濃度(11月)と比較すると、有明海奥部では2000年から2005年に向けて数倍以上増加する傾向にあった。

3. むすび

諫早湾干拓調整池では、潮止め後4カ月でほとんどの海産種が死滅し、その後にヒラタヌマコダキとタイリクドロクダムシが一時的に増殖した。これらの種は、2002年4~5月に実施された短期開門調査の際にも急激に増殖した。このことは、中長期開門調査を行うことで、より多くの海生生物が比較的短期間で干拓調整池内に戻ってくる可能性が高いことを示唆している。一方、堤防外側の有明海では、潮止め後2年で二枚貝と多毛類が激減し、その後2001年から2002年にかけて急増した。また、2002年6月にはドロクダムシ科も増加している。これらの底生生物の変化は、2001年6月に発生した貧酸素水塊の周囲海域で生じており、2002年6月に見られた堆積物の細粒化とも連動してい

る。すなわち、現在の有明海奥部の底生生物相は、急激な環境変動の影響により、少数の特殊な種が大増殖しては消滅する不安定な状態に陥っていると言えよう。

諫早湾は、潮止めから9年以上が過ぎ、今も前面堤防の建設等が進められている。その間に、赤潮や貧酸素水塊の頻繁な発生や、潮流速度の減少と底質の細粒化、ノリや貝類などの漁獲量の急激な減少など、「有明海異変」を示すさまざまな環境の劇的変化が見られた。私たちの研究成果は、それらの異変のほとんどが、諫早湾干拓を起因として、各々の事象が複雑に影響しあっていることを示している。しかし、国による調査や裁判所・公調委などの判決では、それら異変の原因は「科学的に明らかではない」との判断が繰り返されるばかりで、根本的な解決の動きはまったく見られていない。このような社会情勢を変えるために、本研究の成果を積極的に市民に対して提供することで、より多くの人たちに政治の怠慢に対する鋭い監視の目を持ってもらいたい。

そして、根本的な解決に乗り出さない限り、有明海異変が今後も続くことは明白であり、いつかは水門を開放せざるを得ない日が来ると予測される。現時点では、調整池内にはほとんど大型底生生物も生息しておらず、大きな変化も見られないのだが、現時点で水門開放以前の地道な調査を続けることが、水門解放後の調査に生かされることになる。今後も、有明海全域において採泥・採水調査を行い、底生生物の定量的解析を継続的に実施することで、潮受け堤防完成後の生物相の変化を詳細に分析し、未来世代のために少しでも多くの客観的データを市民に提供し解説してゆきたい。

【文献】

- 東 幹夫 (2005) 底質の変化, 日本海洋学会 (編) 有明海の生態系再生をめざして, 94-104, 恒星社厚生閣, 東京.
- 金澤 拓・佐藤慎一・東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之・松尾匡敏 (2005) 諫早湾潮止め後の有明海における二枚貝群集の変化, 日本ベントス学会誌, **60**, 30-42.
- 佐藤正典 (2000) 有明海の生き物たち—干潟・河口域の生物多様性, 海游舎, 東京.
- 佐藤慎一 (1997) [諫早湾干拓] 貝類の生態, サイエンス (科学朝日), **24**: 74-75.
- 佐藤慎一 (2000) 諫早湾干拓地の現世古生態学, 地質学雑誌, **106**: V-VI.
- 佐藤慎一 (2001) 諫早湾干拓地の貝類相—泥干潟における貝類の帯状分布—, 第四紀研究, **40**: 43-51.
- Sato, S. and Azuna, M. (2002) Ecological and paleoecological implications of the rapid increase and decrease of an introduced bivalve *Potamocorbula* sp. after the construction of a dike for reclamation in the Isahaya Bay, Western Kyushu, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **185**: 369-378.
- 佐藤慎一・東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之 (2001) 諫早湾干拓地の貝類相—調整池における貝類相の時間的変化—, 第四紀研究, **40**: 85-95.
- 佐藤慎一・金澤 拓 (2004) 干拓堤防締切り後の諫早湾および有明海中央部における二枚貝類の変化, 化石, **76**: 90-99.
- 佐藤慎一・山下博由 (2006) 2000年~2003年の間に見られた韓国セマングム地域の干拓防潮堤建設に伴う干潟貝類群集の変化—諫早湾干拓における調査結果と比較して—, 日韓共同干潟調査団 (編) 「日韓共同干潟調査2006年度報告書」, 54-70, 日韓共同干潟調査団, 熊本.