

IV

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

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

東 幹夫*

Conservation ecological studies on the Ariake Sea Disaster caused by the Isahaya land reclamation project

Mikio Azuma*

要 約

国営諫早湾土地改良事業，通称諫早湾干拓事業（諫干）の開始（1989年）と潮止（締切）を契機に，有明海生態系の構造と機能が大きく変わり，時間とともに有明海異変と呼ばれる環境悪化と漁業不振が深刻化している。しかるに農水省は，有明海異変と諫干との因果関係を認めようとしない。加えて，佐賀地裁の工事差止め仮処分に対する福岡高裁の逆転判決や漁業被害の原因が諫干にあるとは認められないとの公害等調整委員会（公調委）の裁定，さらには福岡高裁を支持した最高裁の決定など，有明海異変と諫干との関わりを否定する裁定が相次いでいる。いっぽう私たち諫早湾保全生態学研究グループは，1992年から2001年まで島原半島沖で，さらに諫早湾潮止直前の1997年3月から諫早湾内（現在の調整池と潮受堤防外側），同年6月から有明海全域と有明海奥部海域において現在まで，採泥・採水調査を毎年継続している。さらに，既往諸調査では手薄になっている動物プランクトンや有明海特産魚ヤマノカミを含む仔稚魚から成魚までの生活史調査を行い，有明海異変のもたらす様々な現象とそれらの間の諸関係を多角的に記載し，諫干と有明海異変との関わりについて考察し，保全生態学的提案を行うための資料を蓄積してきた（資料1，2）。

本論文では，公調委が諫干との因果関係を否定した有明海異変のうち，私たちのグループ代表者が申請人側参考人の一人として関わってきた底質と底生生物の潮止後の変化を中心にして諫干との関係を考察した。要点は以下のとおりである。

私たちが行った有明海全域および諫早湾を含む有明海奥部における底質は，諫早湾内に限定したモニタリング調査結果を根拠にして潮止後の底質変化が諫早湾外有明海までは及んでいないと断定する農水省や公調委の判断とは決定的に異なり，1997年の潮止を契機に劇的とも言える経年変化を示した。しかもその変化は諫早湾内に止まらず，有明海のかなり広い範囲に及んでいることが実証された。また，潮止前の40年間ないし18年間維持されてきた海底堆積物の粒度の度数分布における最頻値（モード）が，潮止後僅か4～5年後に中粒砂から細粒砂へとシフトしたことが明らかになった。この変化は潮止後の流動の弱화를裏付けるものである。諫早湾口西側から島原半島東部沖12定点での中央粒径値 $Md\phi$ は，危険率5%未満の統計的有意性をもって経年的細粒化を支持しており，とりわけそれは2001年から02年の短期間に起こったことが危険率1%未満と言う高い有意水準で立証された。

したがって，生活様式が底質に大きく規定されている底生動物の生息密度や分布生態が潮止後変化しない筈はなく，農水省や公調委の見解に反して，潮止後の大きな変化が実証された。すなわち，潮止直後から2002年まで6月の諫早湾から有明海湾奥海域において，潮止め直後1 m²あたり1.4万個体以上の平均生息密度を示した全マクロベントスは2000年まで激減した（1997年を100%とすると99年は44%，2000年は30%）が2001年に42%まで回復した後，2002年にはじつに171%まで激増した。激増フェーズの主体は全マクロベントスの67%を占めるに至ったヨコエビ亜目と数種の二枚貝である。前者は*Corophium* sp. Aを優占種とするドロクダムシ科ヨ

* 長崎大学名誉教授

* Professor Emeritus of Nagasaki University

コエビで、後者は年毎に優占種を交替したヤマホトトギスガイ、チヨノハナガイ、ビロードマクラガイおよびシズクガイである。これらの激増の条件として、潮止め後の流動の弱화가、底質の細粒化だけでなく、夏場の貧酸素水塊や硫化水素などの底質や底層水の悪化をもたらし、環境悪化に耐えられない多くの底生動物の死滅による空隙を無～貧酸素に強い典型的なr戦略者を含むこれら二枚貝が大挙して場を占拠したものと考えられる。なお、ビロードマクラガイの激増には、覆砂の影響も考えられる。

はじめに

諫早湾干拓事業（以下、諫干）の正式名称は国営諫早湾土地改良事業である。これは、有明海（17万ha）の湾奥西部に位置する最大の支湾、諫早湾（1.1万ha）の約三分の一に当たる3,550haを7kmの潮受堤防で締切り、調整池（約2,600ha）と約900haの干拓地（農地）を造成する農林水産省と長崎県の事業である。諫干は1986年6月の潮受堤防中央部の地盤改良工事から始まり、1991～96年には築堤のための海砂の採取が諫早湾口部約160haで続けられ、1997年4月14日に潮受堤防開口部1.2kmが瞬時に締切られ（潮止）、1998年には潮受堤防が完成した。干拓工事の進捗率が94%に達した2004年8月には、佐賀地裁で工事差止め仮処分が決定し、工事がいったん停止した。ところが2005年5月、福岡高裁で逆転判決が出され、8月には、干拓工事と漁業被害との因果関係を争う公害等調整委員会（以下、公調委）が漁業被害の多くを認めながら、その原因が諫干にあるのかどうかは「高度の蓋然性をもって肯定するには至らない」との裁定を下した。さらに9月30日、最高裁第三小法廷は福岡高裁の決定を支持して、工事差止め仮処分を求めた漁民らの抗告を棄却する決定をした。この問題は今後佐賀地裁で進行中の本訴訟で争われるが、漁民側が直ちに工事を止める法的手段を失った中で、干拓工事は9割以上進み、諫早湾干潟の再生と有明海生態系の回復の展望にとって暗い影を落としている。

諫干は、1989年に始まり、97年の潮止を契機にした有明海生態系の構造と機能の変化は、潮止から4年足らずの2000年度の冬に有明海全域を襲ったノリの大凶作によって顕在化した。その後、有明海の環境悪化と漁業不振を伴う有明海異変は時間が経つにつれて深刻になっている。有明海は長年にわたる干拓・埋立、港湾建設や人工海岸、海砂採取、ダムや河口堰や河川改修、生活・産業・農畜産排水等による負荷の増大、など多くの人為的環境変化によって疲弊化が進んでいると言われている。それに加えて諫干は、潮止による潮流鈍化と干潟喪失に伴う浄化機能不全による調整池からの負荷を増大させ、疲弊

した有明海をいっそう悪化させた可能性が高い（佐々木、2005）。

諫干以降、近年の有明海生態系の変貌—有明海異変—が諫干とどのような因果関係にあるのかは、目下係争中であるが、私たち諫早湾保全生態学研究グループ（申請者）は、有明海異変の様々な現象とそれらの間の諸関係をできるだけ多角的に記述し、有明海異変と諫干との因果関係について考察するための素材と証拠を蓄積してきた。さらに私たちは、農水省が組織した有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会が提案し、農水省自身がいまだに拒んでいる中・長期開門調査に基づく有明海生態系の順応的管理adaptive managementへの切替えが喫緊の保全生態学的研究課題であることを強く訴えたいと考えている。

ここでは、公調委が諫干との因果関係を認めようとしなかった有明海異変のなかで、有明海生態系の重要な基盤の一部を構成する底質と、それによって生活様式が規定されている底生動物相の潮止後の変貌について記述する。これは、2003年4月と5月に公調委が受付した「有明海における干拓事業漁業被害原因裁定申請事件」において筆者が申請人側参考人として陳述した際の意見書の原稿をもとにして書き改めたもので、日本海洋学会編「有明海の生態系再生をめざして」の中で分担執筆した部分を一部修正して転載する。転載をお許しくださった（株）恒星社厚生閣の小浴正博氏に深謝の意を表したい。

さらにこの論文のあとに、2003年7月から05年6月までの2年間に表記テーマで実施してきた私たち諫早湾保全生態学研究グループの研究活動とその成果の概要（資料1）および2004年11月に長崎大学で開催した私たちグループ主催の公開シンポジウム「有明海を科学し再生の道をさぐる」の講演要旨集（資料2）を添付し、財団法人自然保護助成基金創立10周年記念特別助成研究論文集への報告の責を果したい。なお、関連した既往論文には資料番号（資料3、4、5）を付して巻末に添付する。

1. 底質の変化

(1) はじめに

そもそも、1997年4月の潮止後、諫早湾内はもとより有明海全域で潮汐減少に伴う潮流や恒流の弱화가実測されたり、数値シミュレートされており、海底堆積物の性状を規定する水の動きの変化に対応して底質が変わっていることが予測されたが、農水省の開門総合調査運営会議（以下、運営会議、2003）は潮止めが諫早湾外の流動に対する主要な影響要因とはなっていないと結論づけ、同じく農水省の中・長期開門調査検討会議（以下、検討会議）の専門委員会（2003）も、諫早の有明海への影響は諫早湾内にはほぼ止まっていて、湾外の有明海全体の流動にはほとんど影響を与えていない、とまとめた。さらに運営会議（2003）は、諫早湾潮受堤防の有無による底質の変化をコンピュータ解析によって検討し、「諫早湾の湾口の一部で細粒化の傾向は見られたが、その他の諫早湾内や湾外では細粒化の傾向は見られなかった。環境モニタリングによる観測データからは諫早湾湾口付近の底質の粒度について、一定の変化傾向は見られなかった」とし、その直後、検討会議の専門委員会（2003）は、諫早湾内では湾口定点（stn. S10）1点のみの1989年から2002年までの粒度組成の推移を示して、一定の変化傾向は見られないと述べた。これらの報告書はいずれも、潮止めに伴う底質の変化として諫早湾湾口の一部や有明海湾奥佐賀県側での細粒化を認めながら、底質の変化が諫早湾外までは及んでいない（有明海湾奥佐賀県側は諫早湾外ではないのか）と結論づけている。底質を決める海底堆積物の粒度組成は水の物理的性質（流動など）を反映したものである（茂木、1971）が、運営会議（2003）は、潮止が諫早湾外の流動に対する主要な影響要因とはなっていないと結論づけ、検討会議の専門委員会（2003）も、最近の研究成果に言及しながらも、諫早干拓の有明海への影響は諫早湾内にはほぼ止まっていて、湾外の有明海全体の流動にはほとんど影響を与えていない、とまとめている。公調委における国側の主張もこの結論に拠っている。しかし、私たちが潮止め直後と潮止め5年後に調査した有明海全域およびその間に実施した有明海奥部の採泥調査の結果、有明海の底質が大きく変わり、底生動物相も変貌していることが実証され（後述2を参照）、流動の弱화를裏付けることができた。

これまで有明海の底質に関する調査は、主として鎌田（1967）および木下ほか（1979）によって行わ

れてきた。とりわけ後者の研究は、有明海および桶湾（千々石湾）の一部を含む232定点を約1.5海里（約2.8km）間隔に設定してスミス・マッキンタイア型採泥器（以下、SM-grabとよぶ）を主として用いて行った緻密で精度の高い堆積物研究である。これらの先導的研究と潮止め直後から現在まで私たちが続けてきた有明海の採泥調査結果とを比較することによって、諫早湾の潮止めが諫早湾内のみならず有明海の広い範囲の底質をどのように変えたかについて解説する。

私たち研究グループが有明海で採泥した海底堆積物の粒度分析は、共同研究者の長崎大学教育学部地学教室の近藤寛教授と卒・修論生たちによって行われ、その一部は近藤ら（2003）によって報告されている。今回の取りまとめに当たって、許可とご教示を頂いた近藤寛教授にお礼申し上げる。また、粒度分析値の統計的検定をご指導下さった長崎大学環境科学部の中村剛教授にも深謝する。

(2) 採泥調査と粒度分析の方法

諫早湾潮止から2カ月足らずの1997年6月3～5日、諫早湾の湾口周辺を含む有明海全域に92定点（約3km間隔）を設け、採泥および採水調査を長崎大学水産学部実習船「鶴水」（27.8トン）に乗船して行なった（以下の調査も同船を使用）。採泥にはSM-grab（採泥面積0.05m²）を用い、各定点で1回ずつ採泥した試料の泥温を測定した後、長さ12cm、内径2.6cmの塩化ビニールパイプを差し込んで柱状（コア）試料を抜き取り、粒度分析、炭酸カルシウムの測定に供した。その際、1997年の試料は1957年のSK式採泥試料（鎌田、1967）と比較するため採取試料全体を粒度分析に供したが、それ以外の年の試料は、パイプ内の上部から粒度境界部（試料が均一なものは上部5cm）までを分析に供した。その残りの採泥試料を船上で目合い1mmの篩（ふるい）にかけ、残った試料を約10%中性ホルマリン溶液で固定し、実験室に持ち帰り底生動物の選別・同定・計数に供した。

上記と同じ方法で、有明海全域の採泥調査は2002年6月にも88定点において実施した。その他、諫早湾口周辺海域において、1998年11月に36定点、1999年6月に38定点を採泥調査した後、2000年からは諫早湾から有明海奥部まで調査対象海域を広げ、6月と11月に50定点、2001年6月と11月に50定点、2003年と2004年11月に50定点（試料分析中）を採泥した。このように調査対象海域の広さによって定点数は異なるが、定点位置はGPSを用いて一致させた。粒度分析方法として、粒径の粗い砂礫部を1/2φ間隔で

篩分法、粒径の細かい泥質部を1φ間隔でピペット法によって分析した(普通、-6φ~4φまでを様々な目合いの篩を用いてふるい、各目合を通過する堆積物の乾燥重量割合を求める篩分法と4~10φまでは堆積粒子のサイズによって沈降速度が異なる性質を利用したピペット法を用いる:φについては後述)。試料の炭酸カルシウムCaCO₃量は、塩酸処理前後の重量差によって求める。これは貝殻などの生物遺骸の含量を知るために用いる。粒度分布重量曲線を積算して粒度分布積算曲線を描き、積算曲線上の四分位数Q₁(25%)、Md(50%)、Q₃(75%)の値をとり、次のTraskの式によって分級度(淘汰度 sorting, So)と歪度(skewness, Sk)を算出した。

$$So = \sqrt{Q_1/Q_3} \quad (Q_1 > Q_3)$$

$$Sk = Q_1 \cdot Q_3 / Md^2$$

堆積物の粒径は近似値に重量分布曲線の中央値(median diameter)Mdφによって代表させた。粒径は、ファイ(φ)スケールで表される。粒径d(mm)とφとの関係は、

$$d = 1/2^\phi = 2^{-\phi}$$

である。

堆積物の粒径による分類は、dが2mm(-1φ)と1/16(=0.0625)mm(4φ)で礫-砂-泥に分けられ、泥はさらに1/256(=0.0039062)mm(8φ)でシルトと粘土に分けられる。

(3) 有明海全域の粒度組成

A. 中央粒径値Mdφ等値線分布の変化

有明海底質の粒径サイズを中央粒径値Mdφ(前述)で表すと、その範囲は-1φ(2mm)の極粗砂から8~10φ(0.0039~0.001mm)の粘土までのかなり広い粒径範囲を示す。有明海の中でのMdφの等値線(コンター)によって地理的分布を描くことができる(近藤ほか, 2003)。

図1は、1997年(左)と2002年(右)のいずれも6月採泥時のMdφ分布パターンを比較したものである。底質が流速に規定(支配)されている(前述)ことから、流速の大きな早崎瀬戸周辺(大潮平均流速は6.6ノット、最大7ノット)から、島原半島南岸および三角半島付近は0φ(1mm)から1φ(0.5mm)の粗砂が分布するのに対し、三角半島から長洲にかけての熊本県沖や諫早湾から有明海湾奥の佐賀沖一帯は4φ(0.0062mm)以上のシルトが分布しており、とりわけ広大な泥干潟が発達している湾奥西側は8φ(0.004mm)から9φ(0.002mm)の粘土(有明粘土)が分布している。

さて、1997年と2002年を比較して気づくことは、2φ(0.25mm)から3φ(0.125mm)の細粒砂の分布パターンの違いである。1997年と比べて2002年には、細粒砂の範囲が拡大して、大牟田沖から島原近くまで広がり、さらに1997年には、1.5φであった広い範囲が2002年には島原沖に縮小し、島原から布津にかけて2φに置き変わっていることである。1997年に湾口から島原半島東まで連なり湾の中軸を島原沖や多比良や長洲沖まで途切れながら分布していた1φのコンターは2002年には消失し、その一部が1.5φに置き変わっている。要するに、潮止め直後から5年間で有明海の粒径分布は全般に細粒化していることがはっきりと読み取れ、潮受堤防に近い諫早湾口沖はもとより、そこから離れた有明海の広い範囲の底質を変化させていることがわかる。

そこで、潮止め後の2回の資料(前述)と潮止め前の有明海の底質を比較するため、まず、潮止めより40年前の鎌田(1967年)のMdφ等値線分布図を見た。これによれば、1997年や2002年の1φのコンターとほぼ同じ位置に早崎瀬戸から島原半島沖にかけての0φ(1mm)のコンターが湾入しており、採泥器の違いが関与している可能性が窺われる。いっぽう4φ以上の範囲は1997年や2002年のものと大差はないが、2~4φの間隔の拡大した2002年のものよりも1997年のパターンに近い。採泥定点と採泥用具が異なるため、厳密な比較は困難であるが、1957年当時の有明海の底質は潮止め5年後よりも潮止め直後のMdφ分布パターンに比較的近いことがわかった。次に、同じ採泥用具を用い、しかも定点数の多い潮止め前の底質資料として、潮止めの18年前にSM-grabで採泥し、Mdφの値によって粘土から礫および岩盤までの8種類の底質を区分して有明海と橘湾の底質図(図2)を作成した木下ほか(1979)と比較した。この図から有明海の底質をMdφに読み換えて図1と比べると、3~4φの極細粒砂(c)および2~3φの細粒砂(d)の分布が1997年になりに近いこと、逆に2~3φの細粒砂(d)の分布範囲が拡大し1~2φの中粒砂(e)の範囲が縮小した2002年の底質は1979年とはかなり異なっていることがわかった。また、1979年と1997年に島原沖などに分布していた0~1φの粗粒砂(f)は2002年には消失していることも大きな変化である。これらの比較から、潮止め18年前、あるいは40年前の状態を基本的に維持していた潮止め直後の有明海の底質が潮止めから僅か5年にして大きく変貌を遂げたことは明らかである。

B. 中央粒径値Mdφ度数分布の変化

そこで次に、有明海全域採泥試料のMdφの度数

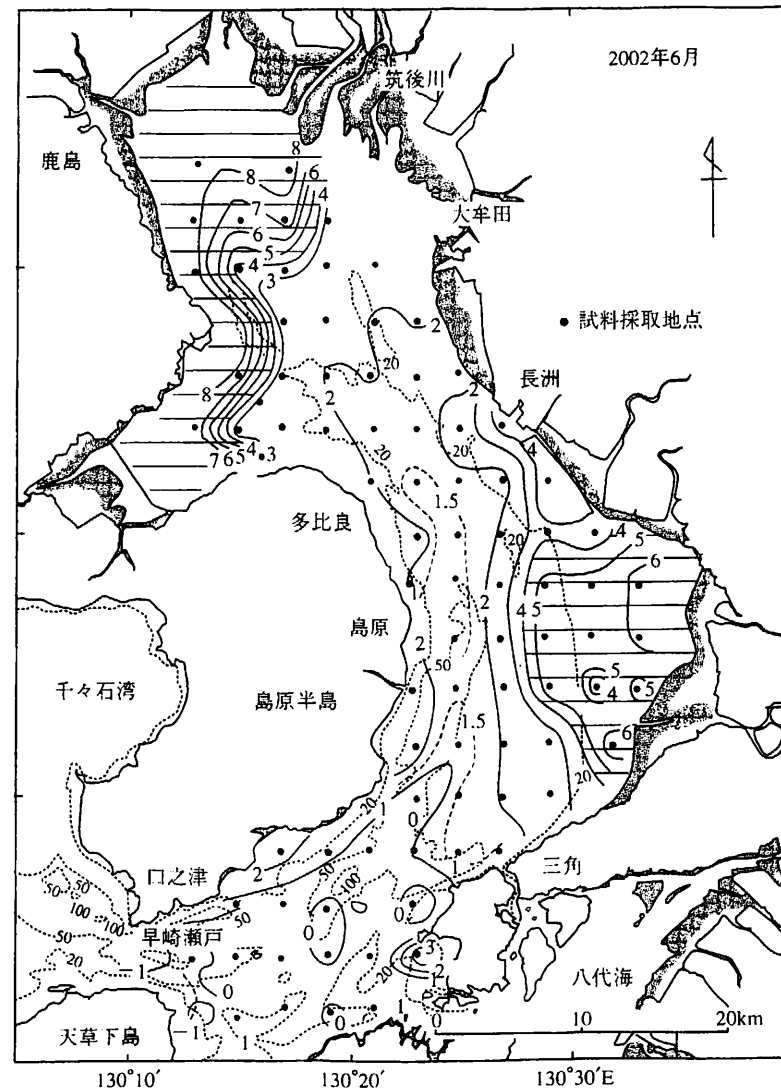
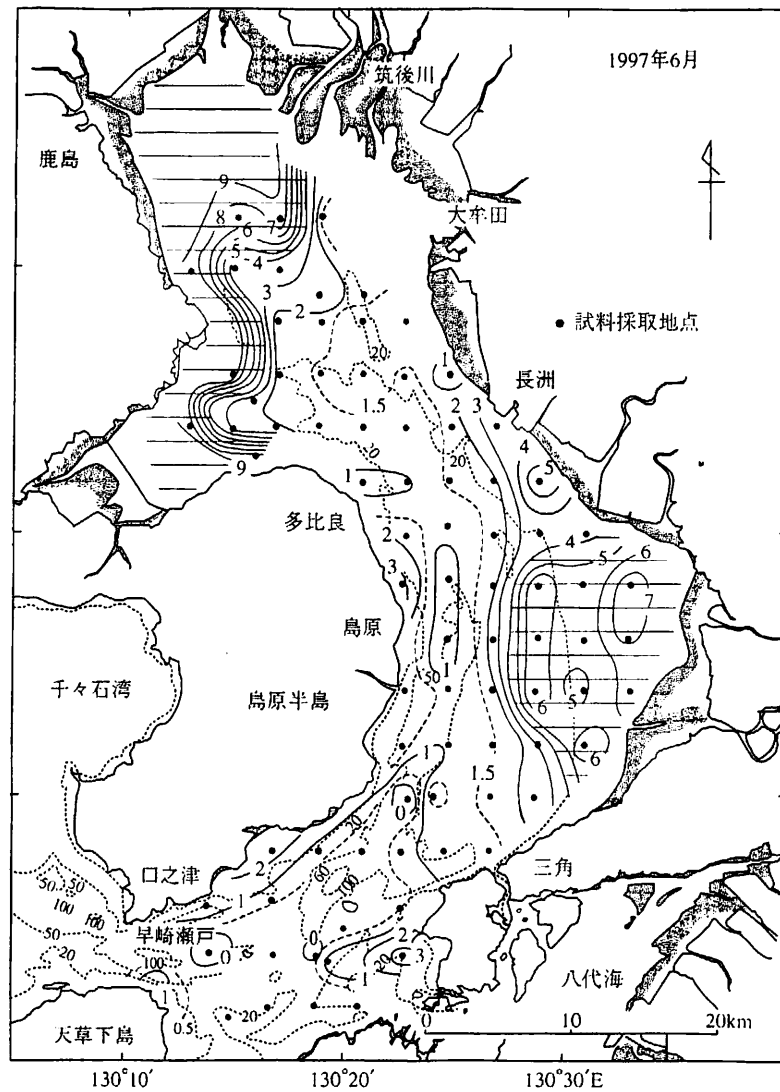
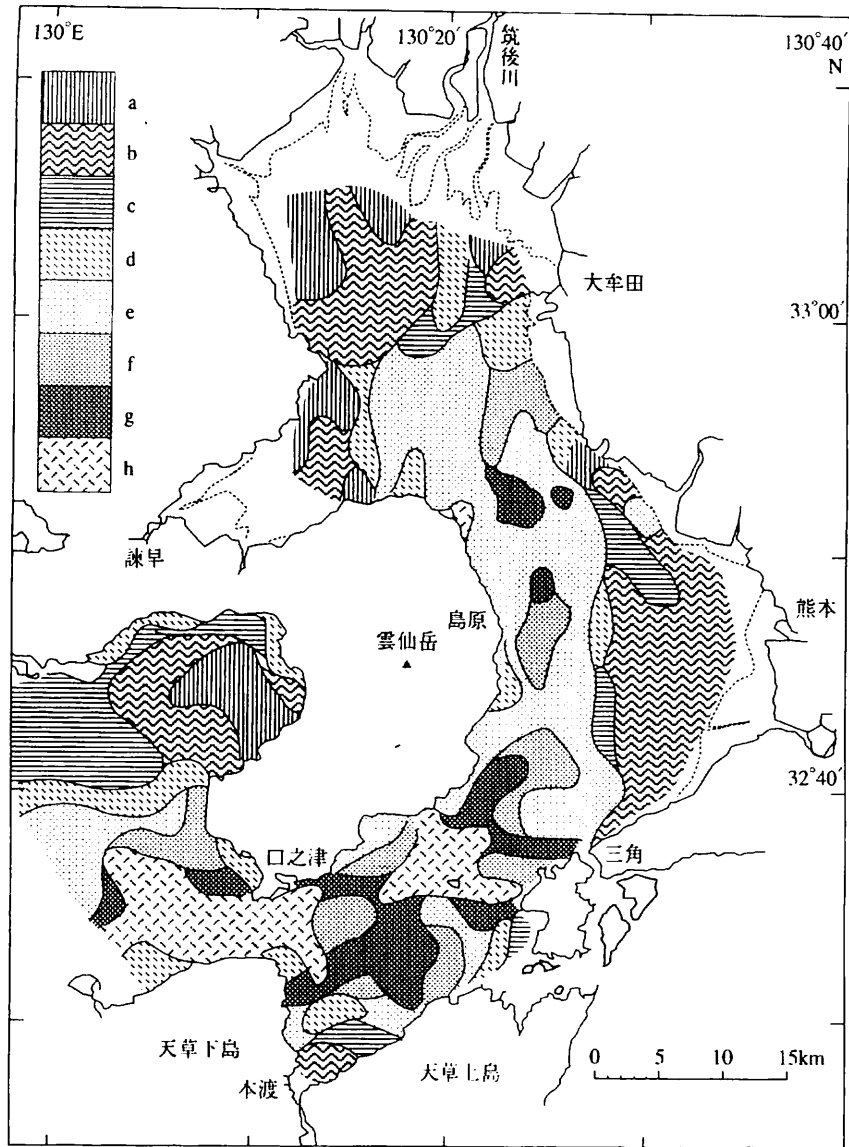


図1 有明海全域海底堆積物の中央粒径値Md φ 等値線図の1997年6月と2002年6月の比較 (0～9はφ, 破線・点線の数字は水深m)



a: 粘土, b: シルト, c: 極細粒砂, d: 細粒砂, e: 中粒砂, f: 粗粒砂,
g: 極粗粒砂, h: 礫および岩盤

図2 1979年における有明海および橘湾の底質分布図 (Mdφ値に基づく8種の底質(a~h)分布:
木下ほか(1979)を一部改変)

分布を比較するため、鎌田(1967)の1957年の採泥55試料とSM-grabによる潮止め直後の1997年の91試料(91定点のうちstn. A83の1試料は礫底のため採泥不能)および潮止め5年後の2002年の88試料を図3に示す。これらのヒストグラムから黒柱で表した最頻値(モード)が1957年と1997年とでは1~2φの中粒砂で一致しているのに対して、2002年のそれは2~3φの細粒砂にシフトしていることが明瞭である。つまり、潮止め直後まで40年間ほとんど変化しなかった粒径組成が潮止めから僅か5年にして細粒化していることが判明したのである。前述のように、1957年の採泥器は-5φ(32mm)という礫

(pebbles)まで採取できる構造をしているためヒストグラムが粗粒側にも広がっているが、モードが中粒砂であることは間違いなく、それが潮止めという大きな環境変化が起こされるまで維持されていたことがわかる。しかし、1957年の採泥試料は採泥定点と採泥用具が異なることと試料数がやや少ないなど、1997年および2002年との厳密な比較に難点があったため、1979年9~10月に通産省地質調査所が有明海と橘湾で行った堆積物に関する調査(木下ほか、1979)のうち有明海全域172定点のMdφに基づく底質の8分類(第4表)からMdφの度数分布を作成した。その結果、きれいな双峰型の度数分布が得ら

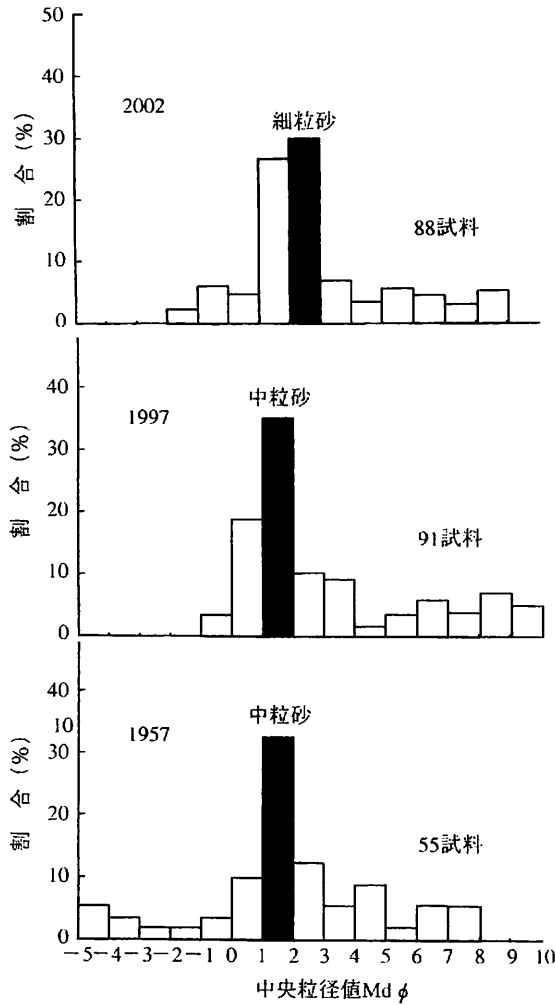


図3 有明海全域海底堆積物の中央粒径値Md φ の度数分布 (黒柱は最頻値)の1957年,1997年および2002年の比較

れ、Md φ 1～2の中粒砂がモード (27.9%) を占め、もう一つの山がMd φ 4～8のシルトに対応した (22.1%)。つまり、潮止めより18年前でも有明海の底質のMd φ モードは中粒砂を維持していたことが確認されたのである。また、潮止め後に有明海全域の底質を調べた熊本大学の秋元ほか (2004) によれば、木下ほか (1979) と比べて2001年には諫早湾でのシルトの割合が10%以上高くなっているほか、島原から熊本にかけての沖合でも細粒化が認められている。さらに私たちの調査で、潮止め後5年経った2002年には1～2 φ の中粒砂の柱をかなり残しながらモードを2～3 φ の細粒砂へと移行させる形で粒径組成の細粒化が生じたこと (前述) は、やはり潮止め後の流動の弱化を反映した現象と考えられる。

(4) 諫早湾から有明海奥部海域の底質の粒度組成

底質の変化が諫早干拓の進む諫早湾内に止まらず、湾外の有明海湾奥まで及んでいることは佐賀県有明

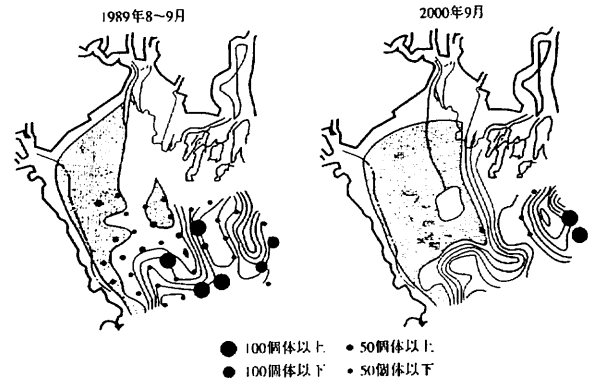


図4 諫早湾潮止め以前 (1989年) と潮止め3年後 (2000年) における有明粘土 (Md φ 7以上, 0.0078mm以下) の範囲 (灰色部) と黒丸の大きさで示すタイラギ生息密度 (100m² あたり個体数) の比較 (佐賀県有明水産振興センター資料より一部改変)

海水産振興センターの研究からも明らかである。つまり、有明海湾奥西側に分布した有明粘土からなる微細な (Md φ 7 (0.0078mm) より細かい) 底質の面積は、諫早干拓着工前 (1989年) と比べて、潮止め3年後 (2000年) には湾奥中央から東側に向って広範囲に拡大し、7 φ よりも粒径の粗い砂泥底を中心に生息していたタイラギが底質の細粒化にともなって姿を消し、湾奥東側の砂泥底に分布域をシフトさせ、分布範囲を縮小させているのである (図4)。

2001年6月に有明海の北緯32度40分以北の湾奥部と湾中央部および諫早湾において3海里 (5.5km) 間隔の53定点をSM-grab (0.05m²) によって採泥した陶山ほか (2003) によるMd φ の度数分布をみると、やはり双峰型のヒストグラムが得られており、Md φ 2～3の細粒砂がモード (12%) を占めている。この結果は私たちの調査とは採泥海域の範囲が異なるのでそのまま比較するのは難しいが、有明海全域の粒度組成のモードが細粒砂であった2002年6月の状態がちょうど1年前にもすでに起こっている点で興味深い。

潮止め直後とそれから5年後の2回の有明海全域調査だけではその間に起こった底質変化の過程を知ることができない。そこで、諫早湾から有明海湾奥部を対象にした採泥調査結果を手がかりにして、各年の6月分に11月分のデータを加えた6回分について各回のヒストグラムを比較しMd φ の度数分布の変化の過程を辿った (図5)。この図の各回のヒストグラムは粒径組成が-1～5 φ と6 φ 以上の2つのグループから構成されており、有明海全域のヒストグラム (図3) より粒径の細かい (φ の大きい) 部分の割合が大きい。これは諫早湾内及び有明海湾

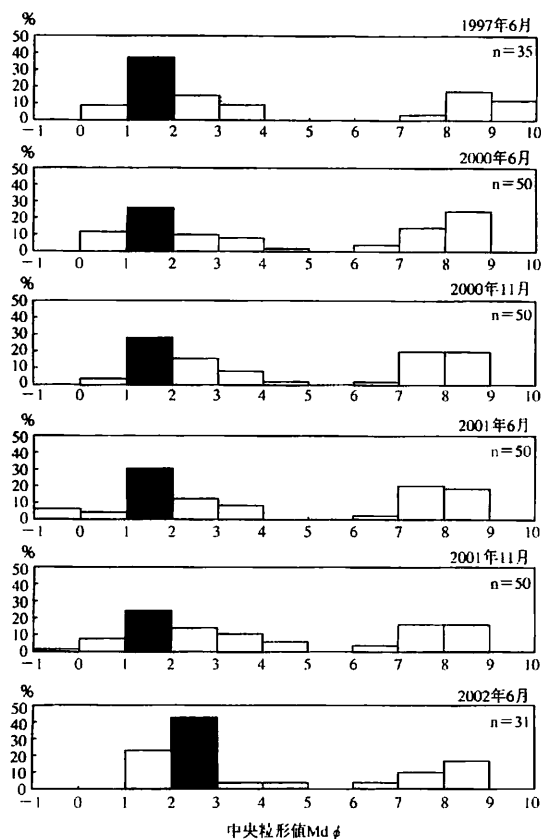


図5 諫早湾から有明海湾奥海域における海底堆積物の中央粒径値Md φ の度数分布(黒柱は最頻値)の経年変化

奥西側の有明粘土を含む泥底の定点の割合が有明海全域の定点より高いためである。この図から明らかのように、Md φ ヒストグラムの最頻値(モード)は1997年6月から2001年11月まで1~2 φの中粒砂(黒い棒)で変わっていないが、2002年6月には2~3 φの細粒砂に移行していることがわかる。2001年11月まで中粒砂が維持されていたこの結果は2001年6月にすでに細粒砂がモードを占めていた陶山ほか(2003)とは異なっている。それは、陶山ほか(2003)が採泥した湾中央部が私たちの採泥範囲には含まれていなかったことと、私たちが潮下帯のみを採泥したのに対して、陶山ほか(2003)では53定点のうち14定点(26.4%)が潮間帯(干潟域)であることが違いをもたらした原因であろう。ともあれ、これらの研究結果から潮止め4~5年後には底質の細粒化が起こっていることは明らかである。

図5において2001年6月と11月だけMd 0~1 φの極粗粒砂のヒストグラムが認められるがこれは、2000年秋から2001年春にかけて実施された覆砂の結果が反映されたものと考えられる。

1(2)の調査方法で記述したように、私たちは1997年と2002年の有明海全域調査を含めて諫早湾から有明海湾奥までの海域を対象とした採泥調査を9

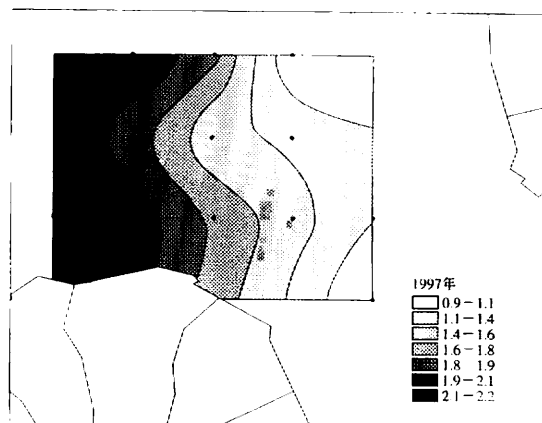


図6 諫早湾から有明海湾奥海域における共通12定点の1997年6月におけるGISによって色分けした中央粒径値Md φ 等値線図

回継続している。このうち、季節を揃えるため6月に実施した5回分を対象に、採泥定点が同一かつ含泥率(Md φ 4以上)50%以下の12定点に限定して粒度組成の経年変化が統計的に有意であるかどうかを共分散分析を用いて検定した。図6と図7のグラフで含泥率50%以上の定点を除いて統計処理したのは、さきに示した2峰型のヒストグラムを一緒にすると共分散分析における正規分布の前提が成り立たないためである。定点の位置は諫早湾口南東沖から長洲に向かう中央部付近である(図6)。この図は、1997年における共通12定点の中央粒径値Md φにもとづいて描いた等値線(コンター)を地理情報システム(GIS)を用いて色分けして示したもので、色の濃いほど粒径の小さい(細粒砂)ことを表している。図7は、1999年から2002年までのもので、6月に欠測した1998年をとばして図6に続いている。

これら2枚の図の色の最も濃い細粒砂の分布範囲の経年変化に注目すると、年を追って湾口から湾外中央部へ向かってその面積が拡大していることが読み取れる。とりわけ2002年にはそれ以前と比べて細粒砂の拡がりが顕著で、しかも0~1 φ(1~0.5 mm)の粗粒砂はなくなって1~2 φ(0.5~0.25 mm)の中粒砂から2~3 φ(0.25~0.125 mm)の細粒砂に置き変わっている。このことは、潮止め後の流動の弱まりが底質の粒度組成を細粒化させるとしても短時間で起こるのではなく、一定のタイム・ラグを伴いながら非線型的に変化することを示唆している。いずれにしても、図6と図7が示すGISを用いた中央粒径値の経年変化は危険率5%未満(p<0.05)の統計的に有意をもって経年的細粒化を支持している。この中でも特に2001年から2002年への変化はさらに有意水準が高い(p<0.01)。このことは、図5のヒ

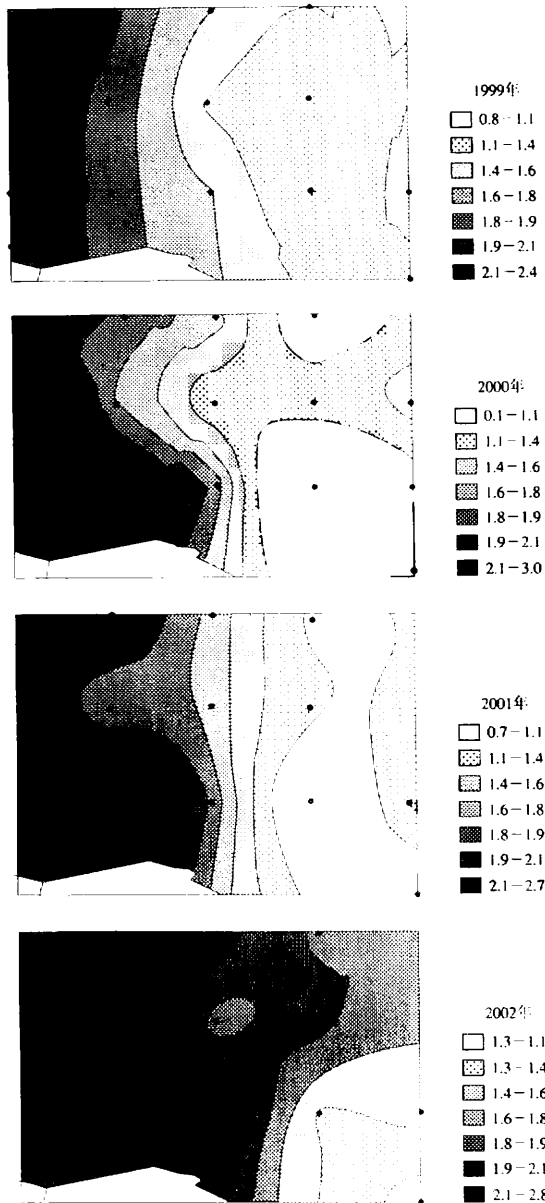


図7 諫早湾から有明海湾奥海域における共通12定点の1999年から2002年までのGISによって色分けした中央粒径値Md φ 等値線の経年変化

ストグラムが示す粒径の経年的細粒化が2001年と2002年の短期間に急激に起こり、流動の弱まりが一定のタイム・ラグを伴って粒度組成を変化させたことを裏付けている。

(5) まとめ

本節で述べてきた私たちの採泥調査による有明海全域および諫早湾から有明海奥部の底質の経年変化は、潮止め後も諫早湾外までは及んでいないとの運営会議や検討会議の結論とは異なり、1997年の諫早湾潮止めをきっかけに劇的といってもいいほど顕著であり、その変化は諫早湾内に止まらず有明海全域

に及んでいることは明らかである。その変化が潮止め後の流動の弱化和対応している蓋然性は、潮止め前の40年間ないし18年間維持されてきた海底堆積物の粒径組成のモードが潮止めからわずか4～5年後に細粒化というかたちで顕在化してきたことから、高いものと考えられる。なお、流動の弱화가、潮止め直後に有明海湾口により近い島原半島沖の漁船漁業に逸早く現れていたことは、宇野木(2002)の「共振潮汐の性格として、上げ潮や下げ潮の場合に湾内の各断面を通る総流量の減少量は湾口(口之津)に近づくほど大きくなり、湾口で減少量が最大になる」との指摘を裏付けており、有明海全域の底質の細粒化が諫早湾から離れた島原半島沖を含む広い範囲に拡大している事実とも符合する。

なお、潮止後の潮流の流速が潮止前より2～3割減少したことを実測した成果は、西ノ首ら(2004)によって報告されている(資料3)。

2. 底生動物相の経年変化

(1) はじめに

諫早湾の潮止め後、諫早湾はもとより有明海の広い範囲で潮汐・潮流の弱化を招き、それに連動して有明海海底堆積物の細粒化が生じた蓋然性が高いことは1の底質の変化で述べてきたところである。海底に生息する底生動物の分布や生息密度が底質によって大きく規定されていることから、本節では、潮止め直後から現在までの(ただし、サンプル整理の終わった2002年までを中心に)大型底生動物相 benthic macrofauna (以下、マクロベントス)の経年変化について記述する。マクロベントスの分布生態や存在量のすべてが底質だけで決まるものではなく、潮汐・潮流の変化に伴う物理化学的な環境諸条件の変化、たとえば潮止後顕在化したといわれる貧酸素水塊の発生や浮泥の挙動変化、赤潮プランクトンの頻発と大量発生による死骸の蓄積にともなう底層の嫌気化、それらの悪循環に由来する海底環境悪化などもマクロベントス変化を考察する際の重要な要因であることは言うまでもない。しかし本節ではそれらの諸条件との関係を考察する前に、まず潮止め後の底質変化との対応関係に視点を合わせてマクロベントスがどのように変わったかを描きたい。

本節にはいる前に、マクロベントスのうち二枚貝類全体の種同定と計数の労を煩わせた東北大学総合博物館の佐藤慎一博士とヨコエビ類、とりわけドロクダムシ科ヨコエビの種同定をご指導、ご協力下さった日本海区水産研究所の首藤宏幸博士、諫早湾潮止め直前から共同研究者として堆積物の粒度分析に

取り組まれている長崎大学教育学部地学教室の近藤寛教授、の皆様へ厚くお礼申しあげる。

(2) 研究の方法

スミス・マッキンタイア型採泥器SM-grab (0.05 m²) で採取した試料を船上において目合 1 mm の篩で

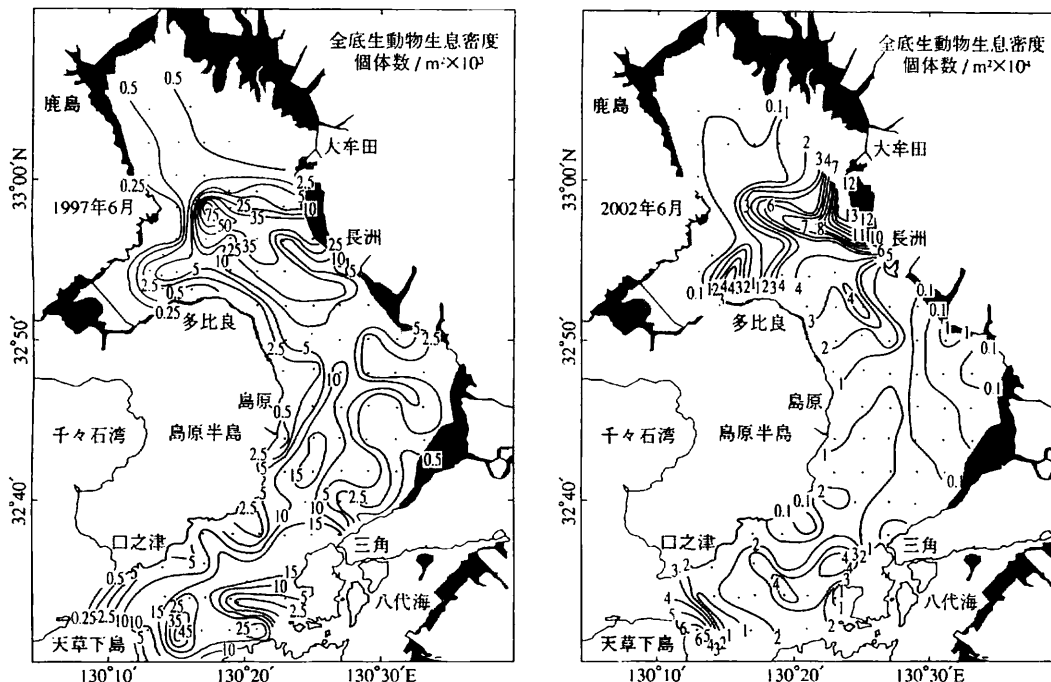


図 8 有明海全域における1997年6月と2002年6月の全底生動物生息密度 (1 m²あたり個体数) 等値線の比較

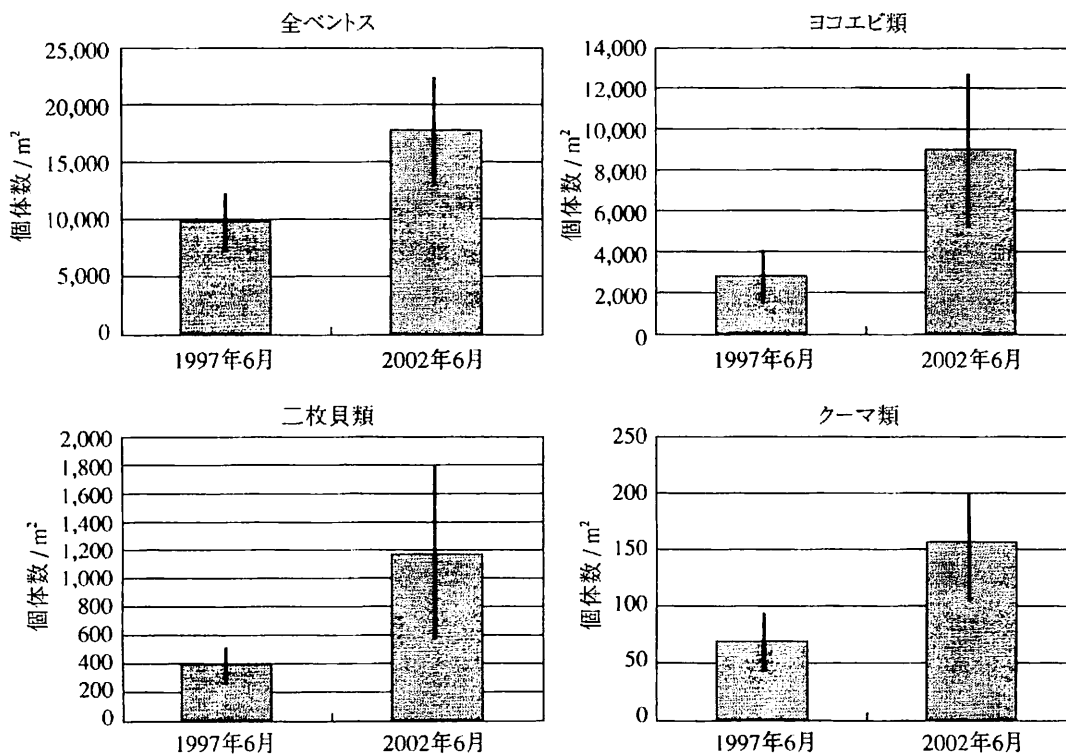


図 9 有明海全域における1997年6月と2002年6月の底生動物平均生息密度の比較において統計的有意差 (p < 0.05) が認められた全ベントス, ヨコエビ類, 二枚貝類およびクーマ類 (柱の中の縦棒は95%信頼限界)

ふるい、それに残った試料を約10%中性海水ホルマリンで固定して実験室へ運び、網ないし亜目以上の高次分類群レベルで同定し計数した。さらにマクロベントスのうち、二枚貝類は全種、ヨコエビ類についてはドロクダムシ科の一部の種については、同定・計数結果を上記研究者の厚意により用いた。

底質変化と対応させる際、堆積物の粒度組成だけでなく、鎌田(1967)による堆積型とそれに準拠した近藤ら(2002および未発表)を用いた(後述)。

(3) 有明海全域のマクロベントス

有明海全域のマクロベントスを調査した1997年6月(92定点)とその5年後の2002年6月(88定点)の全マクロベントス生息密度(1 m²あたり個体数)の等値線(コンター)分布を図8に示す。

1997年の諫早湾口東沖の最高密度域(7万個体/m²以上)は、2002年にもほぼ維持されているが、2002年にはそこよりも長洲から大牟田寄りに最高密度13万個体/m²以上の高密度域が分布している。また3万個体/m²の分布範囲も1997年より2002年の方が広がっている。全般に1997年より2002年の生息密度が増加していることがこの図から読み取れる。

その内訳を高次分類群レベルの平均生息密度で比較したところ、全マクロベントスはもとより、ヨコエビ類(亜目)、二枚貝類(綱)、クーマ類(目)の3つの高次分類群で統計的有意($p < 0.05$)に1997年より2002年の方が高かった(図9)。

1997年以降のマクロベントスの経年的変化をたどるためには、5年も離れた有明海全域のデータよりも、諫早湾を含む有明海湾奥海域のデータ(1997年と2002年のデータからその範囲を切り取ったデータを加えた)の方が優れているので次にその資料を検討する。

(4) 諫早湾から有明海奥海域のマクロベントス

A. 平均生息密度の経年変化

マクロベントスの生息密度は季節的变化を示すが普通である。経年変化を見る場合には季節をそろえる必要があるため、調査回数の多い6月のデータを用いて棒グラフで比較した(口絵-IVページ、図10)。

まず、全マクロベントスについて、1997年の平均生息密度14,515個体/m²を100%とすると、1999年は44%、2000年は30%と年を追って減少し、その後2001年に42%まで回復した後、2002年にはじつに171%まで激増した。さきに述べた2002年の有明海全域の全マクロベントスが1997年を上回ったことは湾奥海域においてより顕著に表れた。

潮止直後から3~4年間は減少のフェーズを、それ以降は激増のフェーズを示すという相反する生息密度変化がマクロベントスで生じている問題は重要なので、その内訳を高次分類群群についてみておこう。1997年から2000年までの3年間減少のフェーズを示した後2001年から2002年にかけて激増したのは、線虫類、クモヒトデ類、二枚貝類、介形類、巻貝類であり、いっぽう、減少のフェーズが2001年までの4年間続いた後、2002年に激増するという共通したパターンを示したのは、ヨコエビ類、タナイス類、クーマ類などの小型甲殻類であった(図10)。前述のように、マクロベントス全体では3年間で30%まで激減し、小型甲殻類の場合は4年目まで減少が持続するなど、潮止めから3~4年間は平均生息密度が年を追って顕著に減少したのはなぜか。さらに、その後、激増のフェーズに転じたのはなぜであろうか。

まず、減少のフェーズについて考察してみよう。諫早湾干拓工事の開始から諫早湾周辺海域の環境悪化が進み、マクロベントスの生息条件に悪影響を与えたことは、たとえばタイラギ漁業への影響(山下, 1980)などを引くまでもなく、推察されるが、1997年4月の潮止めによって諫早湾周辺海域のみならず湾外の有明海の広い範囲にわたって生態系の質的変化が生じたことは、1の底質の変化からも明らかである。すなわち、浄化機能の高い広大な諫早干潟の喪失に伴う負荷の増大、流動の弱화에起因する底質の細粒化と夏場を中心とした貧酸素水塊の発生や硫化水素などによる底層水や底質環境の劣悪化など、マクロベントスの生存そのものを脅かす海底の環境悪化が生息密度の顕著な減少をもたらした蓋然性は高い。環境省水環境部(2003)は、マクロベントスの生息に影響する環境要因を検討し、底層の溶存酸素濃度の低下がマクロベントスの制限要因となっていること、夏季の底質との関係では、シルト・粘土含有率が高いほど、また硫化物濃度が高いほど種類数、個体数とも少ない傾向があることを報告している。マクロベントスの生息条件に対するこれらの環境要因の変化が、諫早湾潮止め後の流動の弱化和連動して生じていることを裏付ける多くの知見があり、それらの変化を媒介にしてマクロベントス相が変化していることは明らかである。

次に、その後の激増のフェーズを招いたのはどうしてか。それは、一言で言うならば、マクロベントスの著しい減少が激増を引き起こした最大の原因ではないか、ということである。海底堆積物の経年変化ですで見えてきたように、潮止め後の流動の弱化によって経年的細粒化が進行したが、その変化が顕

在化の度合いを強めたのは、2001年から2002年にかけてであった。それに伴ってマクロベントス相がどのような変貌を遂げたかは、高次分類群の中の属や種レベルで見られる典型的な変化に着目することによって明らかになるであろう。そのうえで、改めて激増フェーズの特徴についてまとめることとする。

全マクロベントス当たりの各高次分類群の編組比率を示す図11の棒グラフは、ヨコエビ亜目の激増とそれに伴う甲殻類の増加を表している。とりわけ1997年に30%を占めていたヨコエビ亜目は1999年に31%、2000年に16%、2001年に5%まで落ち込んでいたのが、2002年には全ベントスのじつに67%を占めるまでに激増したことは注目される。そこでまず、ヨコエビ亜目の中のどんな種が増加したのかを検討した。

B. ヨコエビ亜目の分布パターンの経年変化

1997年から2002年の6月の調査のうち有明海湾奥

の定点を欠測した1999年を除く4年間のヨコエビ亜目の生息密度コンターの分布を図12に示す。

1997年に諫早湾口東沖の高密度域（これは全マクロベントスのそれと一致）は、2000年と2001年には消滅し、1000個体/m²のコンターが分散縮小しただけではなく、生息密度0域が湾奥部や諫早湾内に点在する。ところが、2002年になると、1万個体/m²のコンターの湾中央部から東寄りに10万個体/m²を上回る高密度域が出現していることが読み取れる。これは、図8の長洲から大牟田寄りに形成された高密度域とぴったり重なり、全マクロベントスのほとんどがヨコエビ亜目によって占められていることを物語っている。

ヨコエビ亜目の激増の主体がドロクダムシ科の *Corophium* sp. Aであることが、日水研の首藤博士の同定の結果判明した。この種は我が国から報告されたとのドロクダムシにも当てはまらない種で、じ

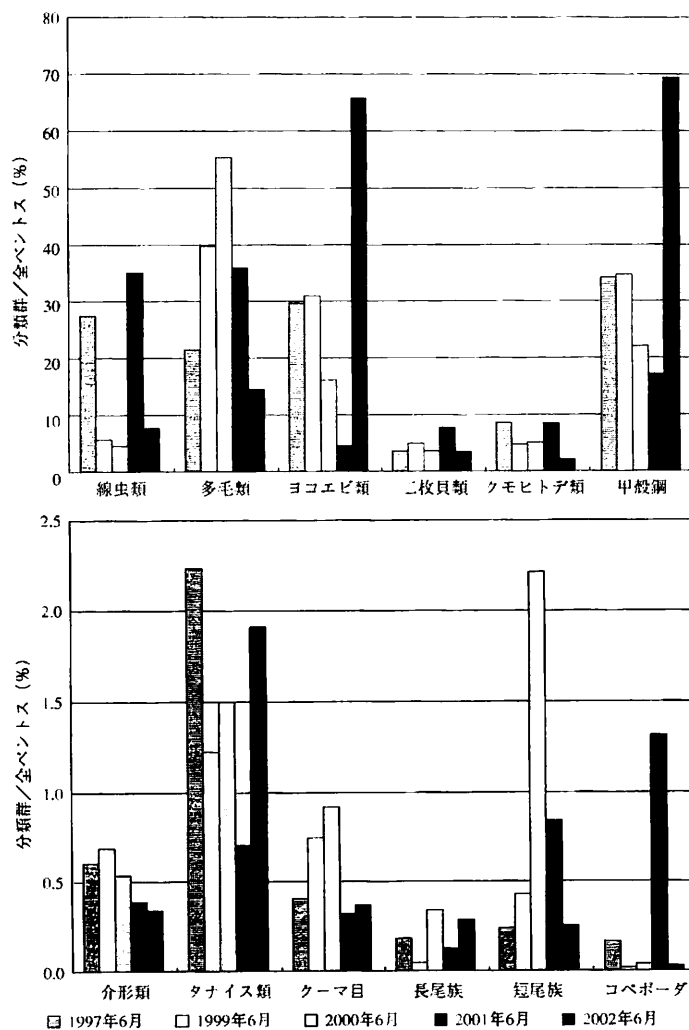


図11 諫早湾から有明海湾奥海域における6月の全ベントス中に占める底生動物各高次分類群の平均生息密度の割合（編組比率）の1997年から2002年までの経年変化

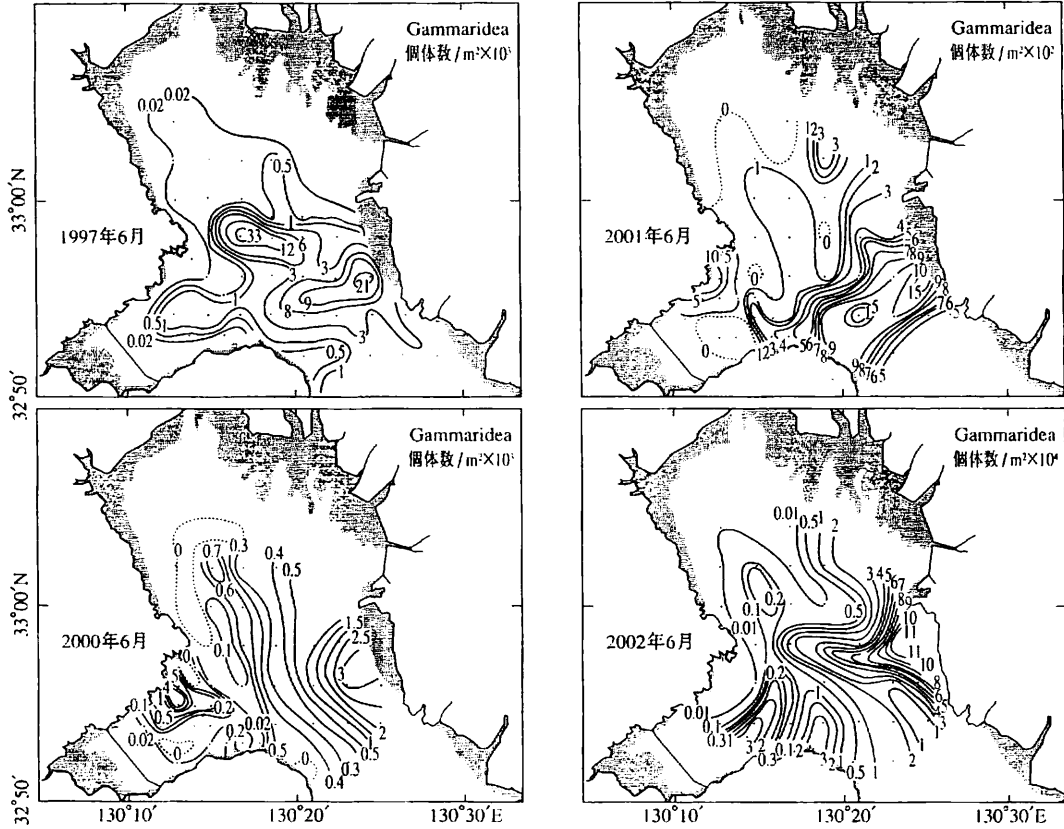


図12 諫早湾から有明海灣奥海域における6月のヨコエビ類生息密度(1 m²あたり個体数)等値線の1997年から2002年(98, 99年を除く)の経年変化

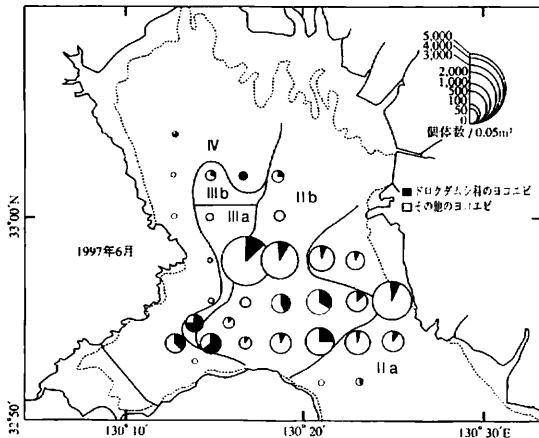


図13 諫早湾から有明海灣奥海域の各堆積型分布範囲における1997年6月のヨコエビ類全体に占めるドロクダムシ科ヨコエビの生息密度(採泥器あたり個体数)の割合

つは少数ながら1997年にも採集されている。

そこで、再び1997年6月における諫早湾を含む有明海灣奥の各定點におけるヨコエビ類全体の生息密度と其中でドロクダムシ科ヨコエビの占める割合とを円グラフに表わし、堆積型と対応させて示した

のが図13である。

ここで、堆積型について説明しておく。鎌田(1967)は、Mdφに対するSoおよびSkの値をとった粒度分布図を描き、堆積物のパターン(堆積型)を識別した(図14)。それによれば、大部分の砂質堆積物はII型に含まれる。Mdφ0~3の堆積物のSoが1.25から3の範囲に集中することが著しい特徴である。II型はMdφ1.5付近をもって粗粒のIIa型(中~粗粒砂)と、5%以上の含泥量をもつ細粒のIIb型(細~中粒砂)に分ける。歪度でみるとIIa型はSk>1で粗粒部の分級が悪いが、IIb型はSk<1で細粒部の分級が悪くなる。泥質堆積物はMdφが3~8のシルト質のIII型と、粘土を50%以上含む(Mdφ>8)粘土質のIV型に区分する。有明海においては便宜上III型を5φをもってIIIa型(シルト~極細粒砂)とIIIb型(シルト)とに細分した。IIIa型におけるSoは2.0~5.0を示し、両隣のIIb型やIIIb型と比べて分級が悪い。IIIb型のSo値はばらつきがさらに大きい。比較的良好なものも存在する。III型のSk値が1以下であるのは著しい特徴であるが、IV型に近づくに従い1.0付近の正規分布に集中する傾向を見せる。いっぽう極粗粒砂を含む礫質部でも

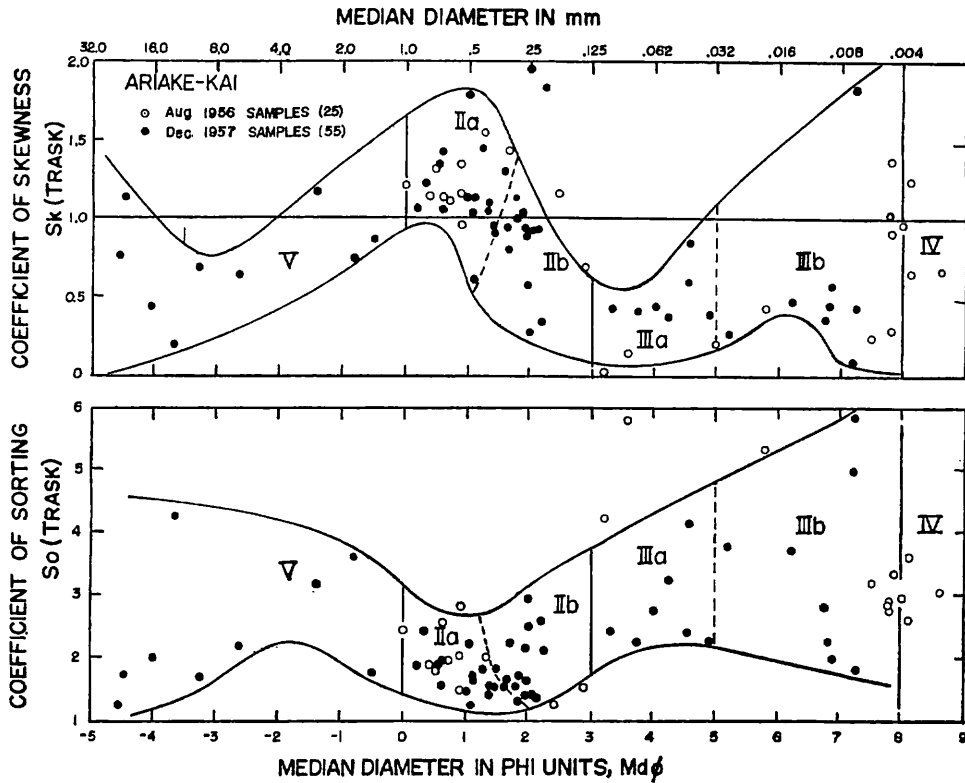


図14 1956年8月(25定点, 白丸)および1957年12月(55定点, 黒丸)における有明海全域海底堆積物の粒度分布と堆積型区分。横軸は中央粒径値Mdφ(上図はmm, 下図はφスケール), 縦軸は至度Sk(上)と分級度So(下)を表す(鎌田, 1967による)

Mdφが0以下では分級も不良となり, 砂質のII型から識別されるV型(礫)を構成する。

浅海堆積物の一般則として鎌田(1967)は, Mdφがおよそ-6, 2, 8付近にそれぞれ, 礫質, 砂質, 泥質の堆積物中における分級のよいものが集中する傾向を指摘し, これら3つの粒度付近ではそれぞれ堆積条件に安定さをもつこと, 堆積条件が重複してくると分級の悪い中間相が形成され, IIIa型はII型とIIIb型の中間相であり, 含泥量25~50%のsilty sandであると述べている。鎌田(1967)は諫早湾から有明海奥部にかけて分布するIIIb型を有明粘土(ガタ)に対応させているがMdφ8以上の粘土をIV型と定義するならIIIb型ではなくIV型とすべきであり, 近藤ほか(2003)はそのように訂正している。

諫早湾口東沖の高密度域はIIb型の底質で, その堆積型に出現するドロクダムシ科ヨコエビは諫早湾内の1定点およびそのそばのIIIa型に属する定点と並んで高い割合を占めるが, それ以外の定点ではそれほど高くない。さらにIIa型ではドロクダムシ科ヨコエビの割合はかなり低い。この図と比較するため, ヨコエビ亜目の密度が増加した2002年6月の同海域におけるドロクダムシ科ヨコエビの各定点における割合と堆積型との関係を図15に示し, 見比べて

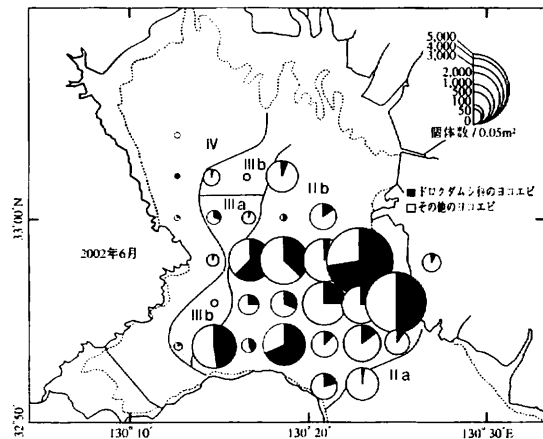


図15 諫早湾から有明海湾奥海域の各堆積型分布範囲における2002年6月のヨコエビ類全体に占めるドロクダムシ科ヨコエビの生息密度(採泥器あたり個体数)の割合

みよう。湾奥西岸寄りの堆積型IIIa, IIIb, IV型の分布パターンは両年でそれほど大きく変化していないし, ヨコエビ亜目の生息密度も全般的に極めて低い。それに対して1997年に大牟田沖から長洲沖, さらにそこから有明海湾中部へと広く分布していたIIa型が2002年には縮小してIIb型に置き換わり, IIb型の分布域内の多くの定点でヨコエビ亜目の生息密

度が激増しただけでなく、そのなかに占めるドロクダムシ科ヨコエビの割合が1997年と比べて高い定点が増えていることがわかる。とりわけドロクダムシ科ヨコエビは荒尾沖と諫早湾口南岸沖および北岸沖で高い割合を示している。つまり、1997年に見られた粗～中粒砂で分級（粒子の揃い具合）が最もよく、歪度が1以上のⅡa型が、2002年には中～細粒砂で歪度1以下で細粒部の分級の悪いⅡb型へと置き換わり、底質の細粒化（泥化）が進行したことがドロクダムシ科を主体としたヨコエビ垂目の激増に結びついたものと考えられる。ドロクダムシの仲間は泥やデトリタス（浮泥が沈積したもの）を固めて細い円筒状の巣をつくって棲んだり、泥底にU字型の坑道をつくって棲んだり、固着性の泥質棲管をつくって棲むヨコエビ類で、いずれにしても泥質を好むことから、流動の弱さを反映した底質の細粒化（＝泥化）にともなって激増したことは間違いない。

西海区水産研究所（2003）は2002年6月と10月に有明海湾奥から熊本県沖までの50定点を採泥し、2002年6月の全ベントス平均生息密度が2001年6月の2630個体/m²を上回る3791個体/m²へと増加し、そのなかでヨコエビ類の比率が高かったと報告している。また、環境省水環境部（2003）は、西海区水産研究所とほぼ同じ範囲の20定点において2001年2月から2003年1月まで7回の採泥調査を行い、マクロベントスの種類数、個体数、および湿重量の経時変化を報告した。この中で、私たちの2002年6月の調査に近い2002年5月の優占種として*Corophium* sp.と*Photis* sp.をあげている。前者が*Corophium* sp. Aと同一種かどうかわからないが、*Corophium*属のヨコエビが優占したことは私たちの調査結果と一致する。ヨコエビ垂目の中でドロクダムシのような特定の科や属のヨコエビが2002年に激増したのは、底質の細粒化（泥化）という生息条件が、ドロクダムシに適していただけではなく、砂地や砂泥地を好む他の多種のヨコエビの生存を損ない、それらの生息密度の激減を引き起こしたことも重要な要因となっている。つまり、それがドロクダムシに生息場所ない生態的地位を譲る重要な条件となったものと考えられる。全マクロベントスに占めるヨコエビ垂目の割合が、1997年の30%から4年後には5%まで激減した（前述）後、泥化の顕在化とあいまってドロクダムシ科ヨコエビが激増したものと考えられる。

C. 二枚貝優占種の分布パターンの経年変化

有明海全域において平均生息密度が有意に増加した高次分類群のひとつに二枚貝類があった（前述、図9）。その中で諫早湾から有明海湾奥までの海域で高い生息密度を示す優占種が3種いることが東北

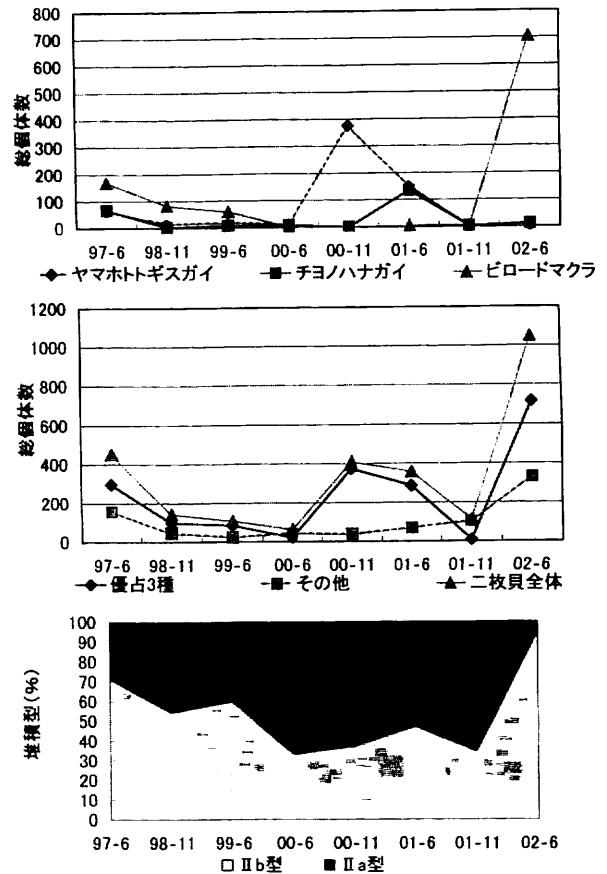


図16 諫早湾から有明海湾奥海域における二枚貝類優占3種の種別総個体数の経年変化（上）、全二枚貝類、優占3種およびその他二枚貝類総個体数の経年変化（中）、およびビロードマクラガイが出現した堆積型Ⅱa型とⅡb型の割合の経年変化

大の佐藤博士の同定資料から判明した。すなわち、ヤマホトトギスガイ、チヨノハナガイおよびビロードマクラガイである。

図16の上は、これら3種がその順に大量出現する様子がSM-grabによる採集総個体数の折れ線グラフで示されている。

まず、2000年11月にはヤマホトトギスガイが卓越して他の2種を抑え、2001年にはヤマホトトギスガイの生息密度の低下に伴ってチヨノハナガイがそれと並ぶほど増加する。2001年11月に優占3種が消滅したのは同年夏の有明海を襲った著しい貧酸素水塊によって多くが死滅したためと考えられる。優占3種とその他の二枚貝類の激減の後、2002年6月にビロードマクラガイだけが他の優占2種を抑えて激増している。図16の上と中のグラフから2002年6月のビロードマクラガイの激増は優占3種全体の圧倒的部分（89%）を占めていることが読み取れる。その他の中にはキヌマトイガイ（13.0%）やシズクガイ（8.3%）が含まれる。前者は小型の二枚貝で2006年

6月まではピロードマクラガイに伴って変動していたが、2003年11月にはその対応関係は認められなかった。後者は貧酸素に対する抵抗性が強く、軟質の細泥底に棲む二枚貝で優占3種が極低密度になった2000年6月には単独で、99年6月にはピロードマクラガイとともに、2001年にはチヨノハナガイとともに高密度を示したが、ピロードマクラガイが激増した2002年6月と2003年11月にはヤマホトトギスガイやチヨノハナガイとともに低密度となった。これら優占二枚貝は、無～貧酸素に強いといわれるバカガイ科のチヨノハナガイや互いに足糸で絡み合せてマット状になり有用二枚貝を窒息させるといわれているイガイ科のヤマホトトギスガイやピロードマクラガイさらにアサジガイ科のシズクガイなど、底質環境が悪化し、他の二枚貝類がいなくなると急激に分布を広げる典型的なr-戦略者といわれる種で、もちろん非有用貝である。2002年以降のこれら優占二枚貝の動態はそれ以前とは様相を異にしており、ピロードマクラガイの圧倒的優位によって特徴付けられる。2003年11月の粒度分析が終っていないので、ここでは2002年6月までの資料に基づいて図16の下のグラフにピロードマクラガイが分布していた堆積型のうちⅡa型とⅡb型の割合の経年変化を示した。1997年から2001年11月まで70～40%ほどを変動していたⅡb型が、ピロードマクラガイの激増した2002年には90%まで急増してⅡa型から置き変わっていることがわかる。このことは、2001年11月の貧酸素水塊によって多くの二枚貝が激減した後、ピロードマクラガイがまっさきに場を占拠して激増したことと対応しており、ピロードマクラガイにとって底質の細粒化と連動した貧酸素水塊による他の二枚貝の激減ないし消滅が個体群増加の好条件を提供したことを示唆している。この二枚貝は2002年6月には7定点(23%)で出現し、そのうち3定点(10%)において濃密な(平均生息密度4640個体/m²)マットをつくり、分布域も偏っていたが、2003年11月には12定点(40%)まで分布域を広げただけでなく、平均生息密度も最高値(932個体/m²)を記録した。幼生個体が着底できる基質の存在が欠かせないピロードマクラガイの増殖にとって、諫早湾沖の覆砂(図5)は2002年以降の高密度を支える条件になったものと考えられる(金澤ら、2005)。

(5) まとめ

以上述べてきた私たちの採泥調査による有明海全域および諫早湾から有明海湾奥海域のマクロベントスは、開門総合調査運営会議(2003)や中・長期開門調査検討会議(2003)の結論に反して、諫早湾潮

止め後大きく変化していることを明らかにした。西海区水産研究所(2003)や環境省水環境部(2003)の採泥調査結果も私たちのデータと大きくは異っていない。潮止め直後から2002年までの経時変化を辿ることのできる6月の諫早湾から有明海湾奥海域において、潮止め直後1mあたり1.4万個体を上回る高い平均生息密度を示した全マクロベントスは2000年まで年を追って激減した(1997年を100%とすると99年は44%、2000年は30%)。ところが2001年に42%まで回復した後、2002年にはじつに171%まで激増した。激増フェーズの主体となったのは全マクロベントスの67%を占めるに至ったヨコエビ亜目と数種の二枚貝である。前者は*Corophium* sp. Aを優占種とするドロクダムシ科ヨコエビで、後者は年毎に優占種を交替したヤマホトトギスガイ、チヨノハナガイ、ピロードマクラガイおよびシズクガイである。これらドロクダムシ科ヨコエビや優占二枚貝の激増の条件として、1で示した底質の細粒化が関わっており、潮止め後の流動の弱화가、浮泥の沈泥化等による底質の細粒化だけでなく、夏場の貧酸素水塊や硫化水素などの底質や底層水の悪化をもたらし、環境悪化に耐えられない多くの底生動物の死滅による空隙を無～貧酸素に強い典型的なr-戦略者を含むこれら二枚貝が大挙して場を占拠したものと考えられる。さらに、ピロードマクラガイの激増には覆砂による人為的底質改変の影響が関わっている可能性がある。

なお、潮止後の諫早湾奥部(現在の調整池)および有明海中央部における二枚貝類の変化については、佐藤・金澤(2004)が詳細な報告を行い(資料4)、さらに金澤ら(2005)は資料4に加えて島原沖の二枚貝群集の経年変化についても詳しい分析・考察を行っている(資料5)。これらの資料は、本論文を補強する重要な成果である。

引用文献

- 秋元和實(編)、2004。「がらかぶ」が見た有明海の風景—環境変化をとらえるための表層堆積物(底質)データベース—。熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター、20pp。
- 開門総合調査運営会議、2003。諫早湾干拓事業開門総合調査報告書。九州農政局、68pp。
- 鎌田泰彦、1967。有明海の海底堆積物。長崎大学教育学部自然科学研究報告、18、71-82。
- 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. 環境省水環境部, 2003. 有明海水質等状況調査の結果について. 農林水産省有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会資料集(4). 水産庁増殖推進部, pp. 371-439.
- 木下康正・有田正史・小野寺公児・大嶋和雄・松本英二・西村清和・横田節哉, 1979. 有明海および周辺海域の堆積物. 通商産業省工業技術院地質調査所公害特別研究報告書, 61, 29-67.
- 近藤 寛・東 幹夫・西ノ首英之, 2003. 有明海における海底堆積物の粒度分布とCN組成. 長崎大学教育学部紀要自然科学, (68), 1-14.
- 茂木昭夫, 1971. 汀線と碎波帯. 「浅海地質学」(星野通平編), pp. 109-252.
- 佐々木克之, 2005. 有明海環境変化と生態系異変の総括. 「有明海の生態系再生をめざして」(日本海洋学会編), 恒星社厚生閣, pp. 167-173.
- 佐藤慎一・金澤 拓, 2004. 干拓堤防締切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.
- 西海区水産研究所, 2003. 二枚貝等の生産阻害機構の解明と生産回復手法の開発. 農林水産省有明海ノリ不作等対策関係調査検討委員会資料集(4). 水産庁増殖推進部, pp. 241-242.
- 中・長期開門調査検討会議, 2003. 諫早湾干拓事業中・長期開門調査検討会議報告書. 1-1~9-1. (2003)
- 陶山典子・輿石裕一・須田有輔・村井武四, 2003. 底質から見た有明海北部の海域区分とマクロベントスの分布. 水産大学校研究報告, 51(4), 105-114.
- 西ノ首英之・小松利光・矢野真一郎・斉田倫範, 2004. 諫早湾干拓事業が有明海の流動構造へ及ぼす影響の評価. 海洋工学論文集, 51, 336-340.
- 宇野木早苗, 2002. 有明海における潮汐と流れの変化—諫早湾干拓事業の影響を中心に—. 海と空, 78, 19-30.
- 山下康夫, 1980. 有明海産タイラギに関する研究—1. 漁獲量変動周規性について. 佐賀県有明水試報, 7, 85-88.