

海洋環境浄化再生事業

本田 一三・山本 千裕・白石 日出人

福岡県有明海における一部の地先漁場において浮泥の堆積が進行し、海域の底質環境を悪化させている。このような海域に覆砂を行い底質を改良して、底質環境を浄化再生することにより、漁場生産力の向上と市民が潮干狩等に親しむ場の増大を図ることを目的とする。この事業は、平成4年度から平成8年度までの5年間の事業実施計画である。

4年度は、大牟田地先の干潟で底質の悪化した漁場に覆砂を行い、底質の改良造成工事を行った。造成漁場の底質の浄化再生効果を見るため底質改良予定地の造成前後の底質環境調査を行ったので、その結果を次の通り報告する。

方 法

調査は、図1に示す調査地点で、底質改良工事を実施する前の事前調査と底質改良工事を実施した後の経時変動調査の事後調査について実施した。底質改良工事は、6月上旬から7月下旬にかけて行われた。調査日は、一般調査の事前調査については、平成4年6月3～4日に100 mメッシュの63地点について底質環境調査を行い、COD、IL、硫化物および粒度組成の水平分布を見た。精密調査地点の4定点については、底質改良工事の事前、直後、1か月後、3か月後および6か月後の経時変動を見るため、底質環境についてはCOD、IL、硫化物および粒度組成の垂直分布、底生動物については4定点についてのベントス調査を行った。

採泥層は、一般調査については、表層から10 cmまでの1層を、精密調査については、底泥を直径4 cmのアクリルパイプで柱状採泥し、表層から

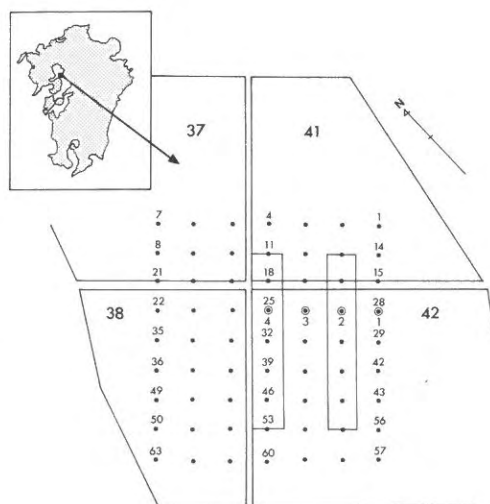


図1 海洋環境浄化再生事業の調査地点

●精密調査地点

・一般調査地点

10 cm, 10 cm～20 cm, 20 cm～30 cm, 30 cm～40 cm, 40 cm～50 cmまでの5層に分割した試料について分析した。

結果および考察

1. 一般調査

一般調査は、図1に示す63地点の底質の一般項目について、漁場造成事業前の造成予定地周辺の底質環境を見るために実施した。各項目の水平分布を図2～図5に示した。

(1) 化学的酸素要求量 (COD)

CODについては、調査した全域について5 mg

/g・dry 以上の値を示した。CODは、中央粒径値の大きい場所で10 mg/g・dry 以上の値を示す地点も見られたが、汚染の進行を示す20 mg/g・dry¹⁾以上の地点は存在しなかった。しかし、全調査地点でCODの値は5 mg/g・dry 以上で、底質としては汚染がやや進行している傾向にあり、底質悪化が懸念される環境と思われる。

(2) 硫化物 (H₂S)

H₂Sについては、調査した全域について0.0 mg/g・dry～0.24 mg/g・dryの範囲内にあった。H₂Sは、中央粒径値の大きい場所で0.10 mg/g・

dry 以上の値を示す地点が見られ、汚染の進行を示す0.20 mg/g・dry¹⁾以上の地点も1地点存在した。したがって、底質としては、H₂Sの値から見ると汚染がやや進行している傾向にあり、底質悪化が懸念される環境と思われる。

(3) 強熱減量 (I L)

I Lについては、調査した全域について2.70 %～7.82 %の範囲内にあった。I Lは、底質中の全有機物量の指標であるから、CODと正の相関が非常に強い。今回の調査でも強い相関が認められた。

(4) 中央粒径値 (M d φ)

砂の粒径と呼称の関係については、WENTWOKTHの粒径による堆積物の分類表によった。WENTWOKTHの粒径による堆積物の分類を表1に示した。

M d φについては、調査した全域について1.46～4以上であった。M d φ2以上の細砂より微細な砂が2/3以上を占めた。また、M d φ4以上の粗シルトより微細な泥が9地点あり、全域の1/6を占めシルトや粘土質の底質が多く見られた。砂地の漁場も一部見られたが、ほとんどの漁場で膝までぬかる底質であった。

以上から、造成漁場予定地はCOD値やH₂S値は高く、泥の粒径は小さく、造成前の干潟の底質は汚染の進行が見られる海域と言えよう。

2. 精密調査

精密調査は、図1に示す精密調査地点の4地点について柱状採泥し、垂直方向の底質の一般性状を調べた。その結果の垂直分布を図6～図9に示した。また、造成前後の底質及びベントスの経時

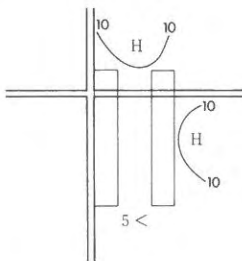


図2 化学的酸素要求量 (COD) の分布図 (単位: mg/g・d)

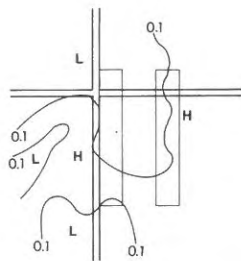


図3 硫化物 (H₂S) の分布図 (単位: mg/g・d)

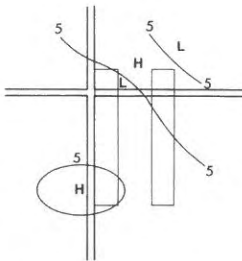


図4 強熱減量 (I L) の分布図 (単位: %)

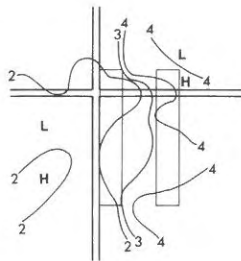


図5 中央粒径値 (M d φ) の分布図

表1 粒径による堆積物の分類表

mm 単位	2	1	0.5	0.25	0.125	0.062	0.032	0.016	0.008	0.004	0.002
φ 単位	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	←礫→			砂		→←		沈泥		→←	粘土→
呼 称	礫	極粗砂	粗砂	中砂	細砂	極細砂	粗シルト	中シルト	細シルト	極細シルト	粘土

(WENTWOKTH の分類表)

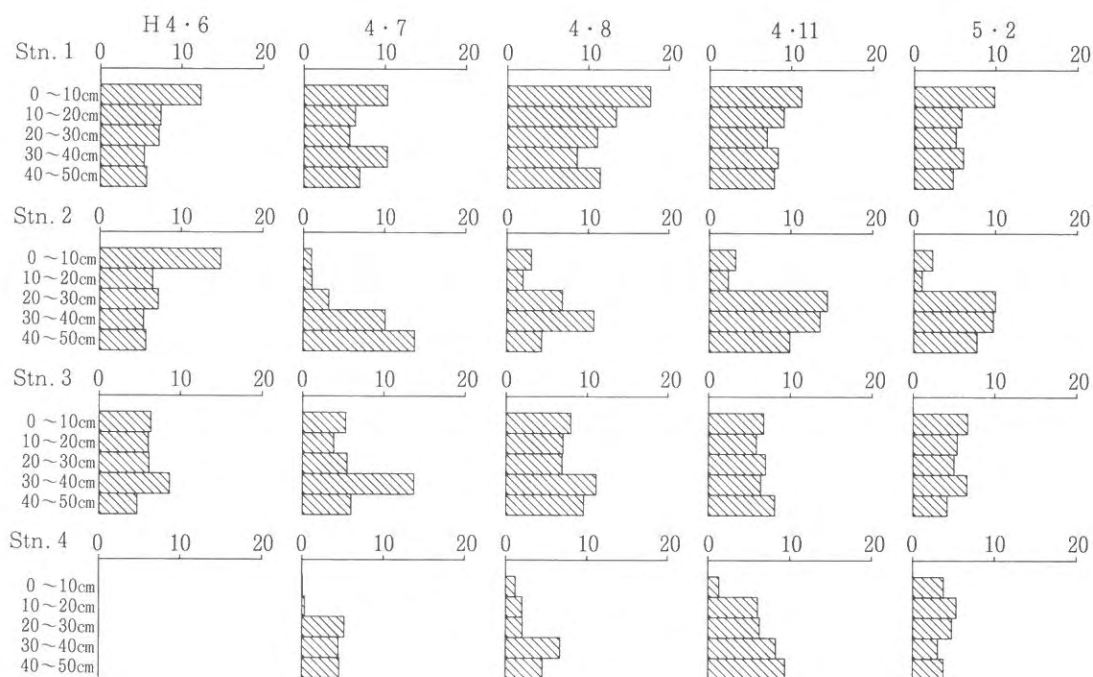


図6 化学的酸素要求量 (COD) の垂直分布および経時変化 (単位: $\text{mg/g} \cdot \text{d}$)

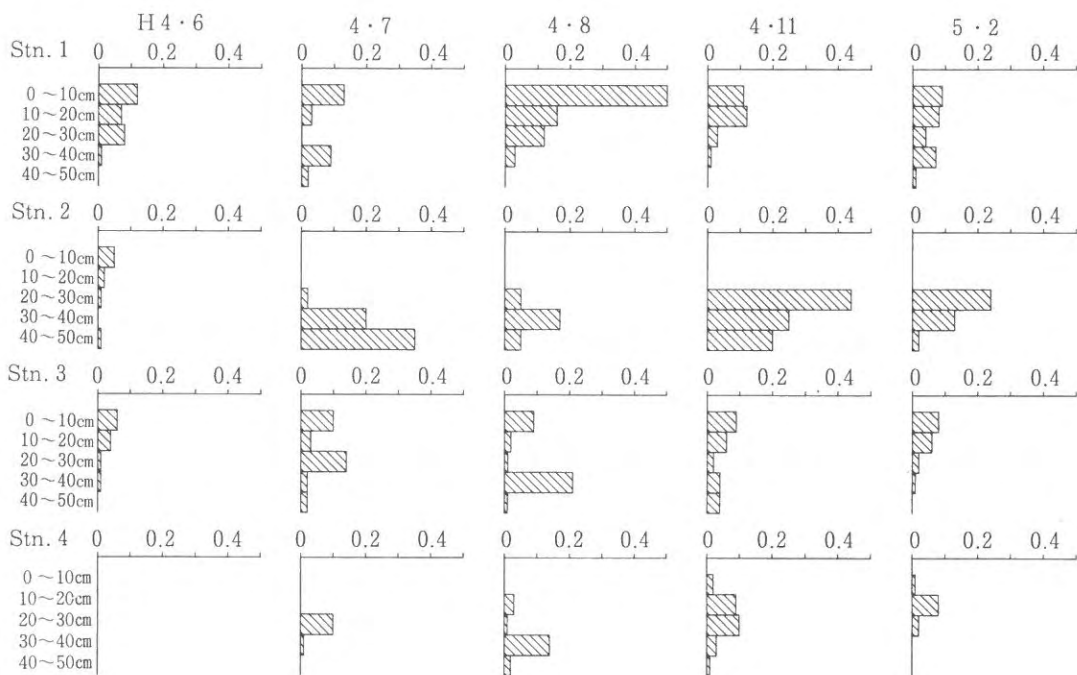


図7 硫化物 (H_2S) の垂直分布および経時変化 (単位: $\text{mg/g} \cdot \text{d}$)

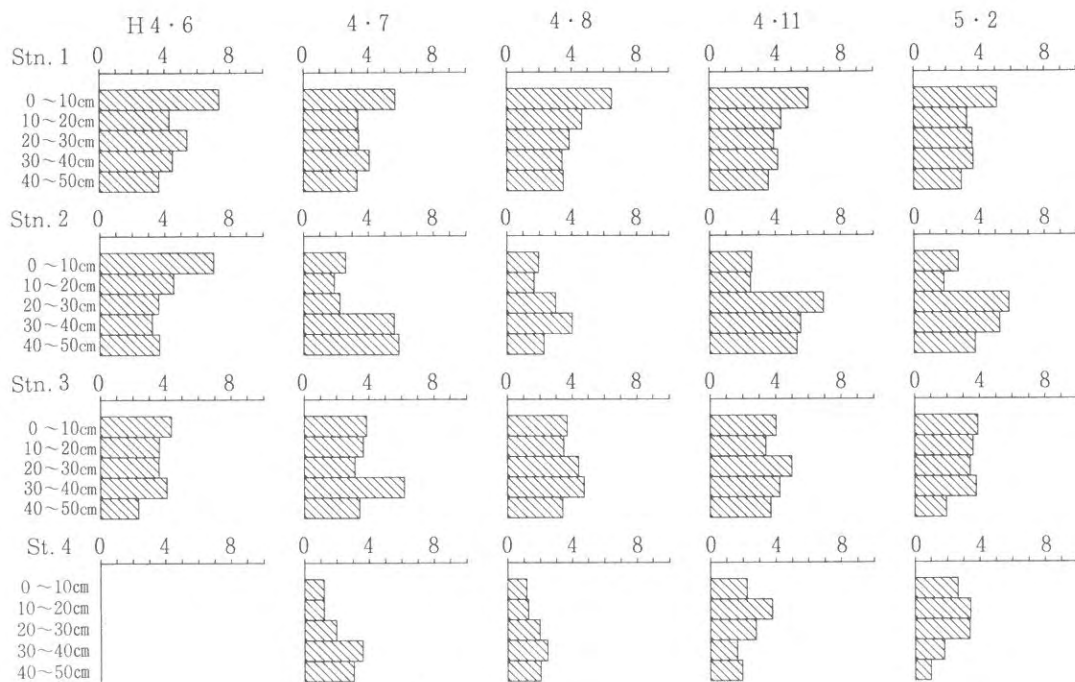


図8 強熱減量 (IL) の垂直分布および経時変化 (単位: %)

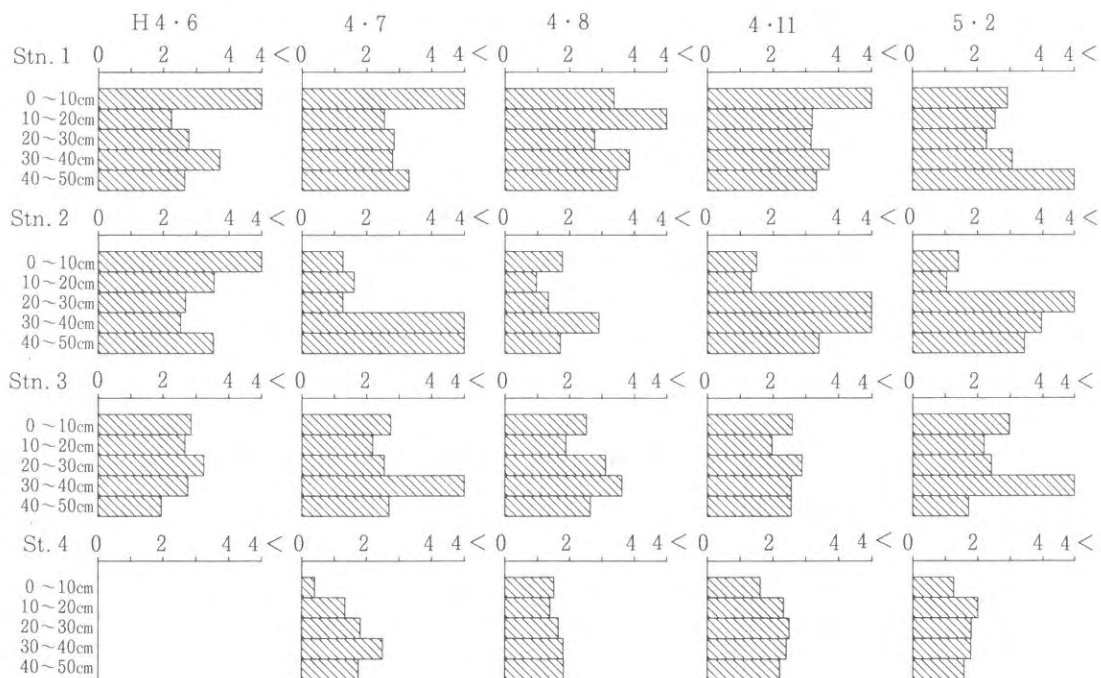


図9 中央粒径値 ($Md\phi$) の垂直分布および経時変化

変動を調べた。精密調査地点2及び4は底質改良の造成漁場地点、精密調査地点1及び3はその対照地点として設定した。

(1) CODの変動結果

CODの垂直分布については、底泥の表面から深くなるにしたがって、COD値は低下し、30～40 cm層で一時増加し、さらに深くなると減少する傾向が認められた。底質の有機物量の補給は、河川水から由来するものと推察されるので、泥層が深くなるにしたがって少なくなるものと思われるが、30～40 cmに断層が出来るのは、この30～40 cm層までは通気が行われ、好気性細菌の干潟浄化作用によるものではないかと推察される。

覆砂をした精密調査地点2及び4地点は、覆砂をした砂の厚さの部分が、COD値が極端に低く、それ以深は対照地点と同じ高い値を示した。

CODの経時変動を見ると、全地点ともCOD値は、夏季に高く、冬季に低い値を示す変動傾向で推移した。

(2) H₂Sの変動結果

H₂Sの垂直分布については、底泥の表面から深くなるにしたがって、H₂S値は低下し、30～40 cm層で増加した減少する傾向が認められた。この傾向は、各季節とも程度の差はあるが同じ傾向を示した。

覆砂をした精密調査地点2及び4地点は、覆砂をした砂の厚さの部分が、H₂S値が極端に低く、それ以深は対照地点と同じ高い値を示した。

H₂Sの経時変動はCODと同様な傾向で変動し、全地点ともH₂S値は、夏季に高く、冬季に低い値を示す変動傾向で推移した。

(3) ILの変動結果

ILの垂直分布についてはCODの変動とまったく同じ傾向で変動し、底泥の表面から深くなるにしたがって、IL値は低下し、30～40 cm層で増加した減少する傾向が認められた。この傾向は、各季節とも程度の差はあるが同じ傾向を示した。

覆砂をした精密調査地点2及び4地点は、覆砂をした砂の厚さの部分が、IL値がやや低くそれ

以深は対照地点と同じ高い値を示した。

ILの経時変動は、全地点とも季節変動はほとんど認められなかった。

(4) Mdφの変動結果

Mdφの垂直分布についてはCODの変動と同様な傾向で変動し、底泥の表面から深くなるにしたがって、Mdφ値は低下し20～50 cm層で増加し、また減少する傾向が認められた。

覆砂をした精密調査地点2及び4地点は、覆砂をした砂の厚さの部分が、Mdφ値が小さく、それ以深は対照地点と同じ大きい値を示した。

Mdφの経時変動は、全地点とも季節変動はほとんど認められなかった。

以上から、CODおよびH₂Sについては、垂直分布は深くなるにしたがって値は小さくなり、経時変動は夏季に高い値を示す変動傾向で推移した。ILおよびMdφについては、垂直分布は深くなるにしたがって値は小さくなったが経時変動はほとんど認められなかった。

覆砂する砂のCODやH₂Sの値は小さく、粒径値は大きいので、覆砂すれば確実に底質の改善は図れる。

3. 造成漁場形状変化調査

造成漁場形状変化は、造成1ヵ月後の造成漁場A-lineの断面図は砂厚が30 cmの台形図を示している。同地点での、造成8ヵ月後の造成漁場A-lineの断面図は台形の形が変化している。砂厚が40 cmの所や20 cmの所があり砂の移動があったものと思われる。これは、漁場造成地盤は泥質が多く覆砂泥が沈下し、沈下した場所に他の覆砂泥が、海域の潮汐や波浪等により移動してきたためではないかと思われる。したがって、部分的に沈下した漁場は砂厚が厚く、逆に沈下しなかった漁場が砂厚が薄かったものと思われる。また、造成漁場の表面は、造成漁場完工直後については、きれいな平面をしていたが、造成8ヵ月後の造成漁場の上部表面は、数カ所でタイドプールが認められた。泥質の多い場所では、砂厚のためにより沈下したタイドプールが出現したものと思われる。形成されたタイドプールは、水深が10 cm以下であった。

C-line については、造成直後の測定値はないが、造成 8 ヶ月後の C-line の断面図から A-line と同じ変動をしたものと思われる。C-line は、タイドプールは A-line に比べ少なく、図 5 に示すように C-line は A-line に比べ中央粒径値が小さく、砂泥の粒径が大きく造成前の底質が砂質分が多かったため造成面の沈下が少なかったものと思われる。また、造成域の形状は、6 ヶ月後で砂厚に変化が見られ周辺部で砂の移動が認められた。

以上から、造成漁場の形状変化は、部分的には砂の移動も見られるが、全体的にみると造成域の形状は、大きな変動は認められなかったと言える。

4. ベントス調査

調査地点ごとのベントスの種類及び個体数を、図 10 に示した。

6 月の着工前調査では、底質汚染の指標生物であるシズクガイが 3 定点とも検出されるなど、個体数には多少のバラ付きがみられるものの基本的なベントス組成に定点間の差は認められなかった。

7 月の調査では竣工後、それほど日数が経過していないにもかかわらず、漁場造成区の精密 Stn. 2 と精密 Stn. 4 の定点でマテガイの稚貝の発生がみられるようになった。また、多毛類も精密 Stn. 2 で 1,084 個体/m² と他の地点での 100 個体/m² 前後に対して約 10 倍の個体数を示すようになった。また、対象区の精密 Stn. 1 では汚染指標生物としてシズクガイに加えて多毛類のヨツバナスピオの出現が確認された。

8 月の調査ではベントス組成は 7 月とほとんど変化がなかったが、漁場造成区の精密 Stn. 2 と精密 Stn. 4 でマテガイに加え、シオフキの発生もみられるようになった。

11 月の調査では、汚染指標生物のシズクガイやヨツバナスピオは、いずれの定点からも検出されなくなった。これは冬季になって泥温が低下し、これらの指標生物が凋落したためと考えられる。漁場造成区の精密 Stn. 2 ではマテガイとシオフキは 8 月よりやや減少したが、両種とも 200 個体/m² 以上生残していた。一方、精密 Stn. 4 ではマ

テガイはほぼ前回の調査と同数程度生残していたが、シオフキがほとんど見られなくなった。ただしへい死した殻はそれほど多く発見されず、またシオフキはかなり移動性がある二枚貝であることからこれらのシオフキはなんらかの理由で他に移動したものと考えられる。

2 月の調査でも 11 月の調査と同様に汚染指標生物は検出されなかった。精密 Stn. 2 では、マテガイ、シオフキが前回に比べかなり多く出現した。また、精密 Stn. 4 のシオフキは前回同様ほとんど見られなかったがアサリ貝の稚貝が初めて検出された。これらのことから漁場造成区ではマテガイ、シオフキ、アサリ等の二枚貝の発生がみられ貝類資源の育成に効果が認められた。一方、現状のままである対象区では、これらの二枚貝の発生は全く見られずベントス相も比較的単調であることが示された。また、サルボウについては生息密度が比較的小さいため坪刈調査では検出されにくい、目視観察から漁場造成区のほうが対象区に比べ数多く生息していることが認められた。また坪刈調査では検出されなかったが、漁場造成区の砂質の表面にワレカラ等の節足動物類が数多く生息し、これらを餌とするウシノシタやコチなどの魚類が集まり、刺網漁業の好漁場となることが確認された。

要 約

1. 底質については、COD 及び H₂S から見ると汚染が進行している区域が見られ、底質の改良の必要なことが分かった。
2. 底質の粒径は、中央粒径値 (Md φ) が 4 以上のシルト質の区域が見られた。
3. 底質の COD、H₂S 及び Md φ の垂直分布は、深度が増すにしたがって値は小さくなった。
4. 造成地の形状変化は、造成後 1 年以内では造成地周辺部の砂は周囲に分散しており、タイドプールからの海水の排水で、造成地内に小さな窪が形成される部分もあるが、全体でみると大きな形状変化は認められなかった。
5. ベントスは、対照区域に於いては夏季に汚染

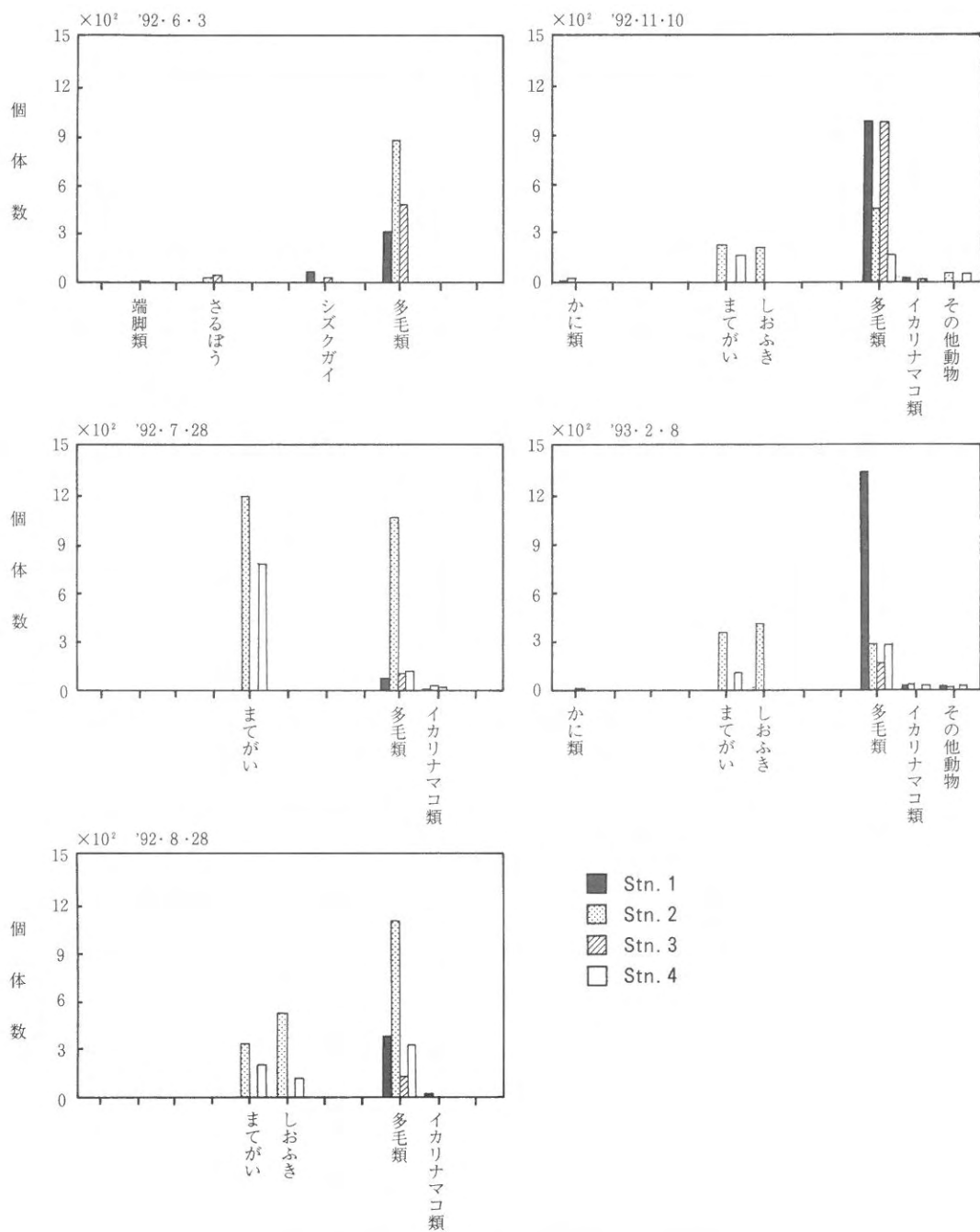


図 10 各定点における底生動物の現存量の季節変化

指標種が出現したが、冬季は汚染指標種は出現しなかった。

6. 造成域のベントスは、底質改良後はマテガイ、シオフキ、アサリ等の貝類の出現が確認された。
7. 造成域は魚類が集まり、刺し網漁場の好漁場域となっていた。

文 献

- 1) 日本水産資源保護協会 1983 ; 水産用水基準, 昭和 58 年

赤潮貝毒監視事業

(1) 赤潮調査事業

山本 千裕・本田 一三・白石 日出人

国の定めた赤潮情報伝達要項に基づき、有明海福岡県地先における赤潮の発生とその分布状況に関する情報の交換を関係各県の相互間において実施し、その結果を漁業者等に通報し、赤潮被害の軽減をはかる。

方 法

赤潮情報は漁業者や関係県の水産研究機関などから収集した。このようにして赤潮情報を得ると、調査船を用いて現場での調査を実施した。

調査項目は赤潮発生の範囲、水温、水色、赤潮原因プランクトンの種類及び発生密度で必要に応じて栄養塩類の分析も行った。

プランクトンの計数は、原則として生海水を直接計数する事によって行い、動きの激しい渦鞭毛藻類などについては2%のオスミウム酸水溶液で固定し計数した。

結果および考察

平成4年度の赤潮発生件数も前年度と同じ6件であった。内訳は珪藻類が4件、渦鞭毛藻類が1件、ラフィド藻類が1件でそれぞれの赤潮別の発生状況及び発達状況を表1及び図1に示した。

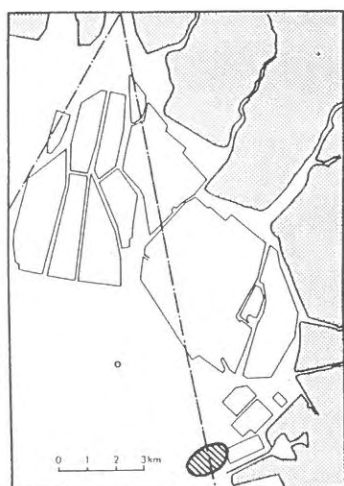
赤潮による被害では、8月に発生した *Chattonella antiqua* による赤潮でコノシロ、エツ等の魚類に被害が見られたほか、この赤潮発生以降クルマエビ、ガザミの漁獲が激減したとの漁業者の報告があった。クルマエビ、ガザミ等の甲殻類に与える本種の影響については知見が乏しく、漁獲減少の原因であることは断定することはできない。しかしながら有明海においてはこれらの甲殻類は極めて重要な漁業資源であり本種の赤潮の発生件

数は増加の傾向にあるため、今後は室内実験などでクルマエビなどの甲殻類に対する本種の影響について明らかにする必要がある。

10月の育苗期に発生した珪藻赤潮では、ノリ幼葉に色落ちが見られた。本年度は4月以降記録的な少雨傾向が続き、海域の栄養塩類濃度はDINで10 $\mu\text{g-at/l}$ 前後の低い値で推移してきたため、この赤潮発生により低栄養塩傾向は更に強まり、沖合の漁場では1 $\mu\text{g-at/l}$ 前後の極めて低い値となった。しかしながらこの赤潮は比較的短期間に終息したため、ノリ幼葉に対する壊滅的な打撃は避けられ、ノリ生産に対する影響はほとんどなかった。

本年度は、例年1月のノリ生産の最盛期に発生する *Eucampia zoodiacus* による赤潮発生がみられなかった。これは、1月の水温が平年より最高で4℃も高い高水温であったこと、1月上旬から中旬にかけて低日射量の日が続いたことが本種の赤潮発生を抑制させたためと考えられる。

2月の珪藻赤潮ではノリの色落ちが主に沖合漁場で見られたが、既にノリ養殖は終漁期に入っていたため経済的な損失は比較的少なかった。



1. *Chaetoceros* spp.
(5月26日～28日)



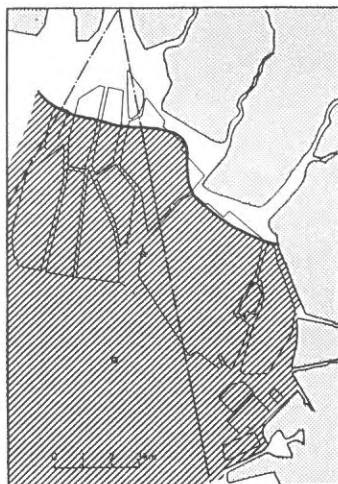
2. *Skeletonema costatum*
(7月21日～28日)



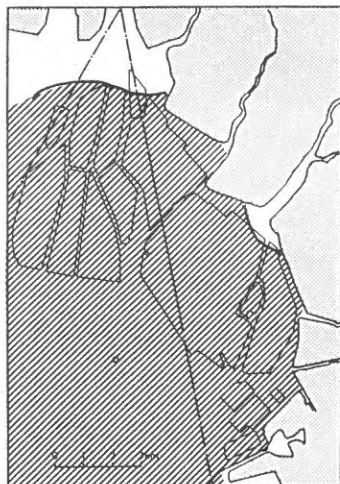
3. *Chattonella antiqua*
(8月17日～24日)



4. *Gymnodinium sanguineum*
(8月21日～28日)



5. *Chaetoceros curvisetum* 他
(10月7日～25日)



6. *Rhizosolenia* sp. 他
(2月4日～24日)

図1 平成4年度の赤潮発生状況

表1 平成4年度赤潮発生状況

番号	発生期間	赤潮構成種名 (最大密度 cells/ml)	発生状況及び発達状況
1	5月26日 ～28日	<i>Chaetoceros</i> spp. (2,000)	5月26日に大牟田港入口付近で小規模の発生を確認した。この赤潮はその後の発達は なく5月28日頃消滅した。
2	7月21日 ～28日	<i>Skeletonema costatum</i> (10,080)	7月21日に大牟田地先で発生を確認、その後佐賀県を含む有明海奥部全域に拡大し、 28日に消滅した。
3	8月17日 ～24日	<i>Chattonella antiqua</i> (1,740)	8月17日に本県西海域で発生を確認、その後本県沖合い域全域に拡大し21日には最大 密度に達した。その後急速に衰退し24日に消滅。
4	8月21日 ～28日	<i>Gymnodinium sanguineum</i> (720)	8月21日に大和町沖で発生を確認、26日にはピークに達した。その後赤潮は急速に衰 退し、28日には消滅した。
5	10月7日 ～25日	<i>Chaetoceros curviusetum</i> (900) <i>Eucampia zoodiacus</i> (170) <i>Lauderia</i> sp. (150) <i>Chaetoceros</i> spp. (140) <i>Coscinodiscus</i> spp. (3) その他の珪藻類 (110) 合計1,430	10月7日頃大牟田地先で左記複合種による珪藻赤潮の発生を確認した。赤潮はその後 有明海全域に拡大し、14日には合計で1,430 cells/mlのピークに達した後衰退を始め25 日に消滅した。
6	5年2月4日 ～24日	<i>Rhizosolenia</i> sp. (2,690) <i>Skeletonema costatum</i> (650) <i>Rhizosolenia setigera</i> (40) その他珪藻類 (110) 合計3,580	2月4日から本県地先全域で赤潮発生を確認した。赤潮はその後発達を続け、9日に は最大密度の3,580 cells/mlに達した。その後は沖合から衰退し、24日にはほぼ消滅し た。

赤 潮 貝 毒 監 視 事 業

(2) 貝毒調査事業

白石 日出人・本田 一三・山本 千裕

有明海福岡県地先における貝類の毒化状況を調査する。この調査は、貝類の毒化の有無、毒力、貝毒の出現時期などを把握し、貝毒原因プランクトンの出現動向や出現時期および漁場環境をあわせて調査することによって、貝毒の毒化現象と漁場環境の関連性を検討し、貝毒発生による漁業被害の防止を計ることを目的とする。

方 法

調査は、水温上昇期の5月から下降期の9月まで、毎月1回の計5回実施した。調査時期および検体数は表1に示した。調査対象貝類はアサリである。

アサリ *Tapes(Amygdala) philippinarum*
(A.ADAMS et REEVE)

(新日本動物図鑑 北隆館より)

近年アサリの生産量は、極端に減少しており全国的にも減少傾向にあるが、アサリ漁は有明海において主幹漁業であり、漁獲量も他貝類に比べて多く、主要な漁獲生産物であるので調査対象貝類とした。有明海福岡県地先におけるアサリ生産量を表2に示した。

調査地点は、図1に示した。調査項目は、水質調査、プランクトン調査、貝毒調査を行った。

水質調査については、表層および底層の水温、塩分、DO、CODおよび栄養塩類を測定した。

プランクトン調査については、表層および底層の海水2lを採取して、ホルマリン100mlを加え静置沈殿濃縮を繰り返し10mlに濃縮し、プラン

表1 貝毒および毒化原因プランクトンの調査時期と検体数

水域	項 目	種 類	月	5	6	7	8	9	合計
有	麻痺性貝毒	ア サ リ							
	お よ び			1	1	1	1	1	5
明	下痢性貝毒								
海	プランクトン	プランクトン		2	2	2	2	2	10

表2 福岡県有明海のアサリの漁獲量

年次	61年	62年	63年	元年	2年	3年	
漁獲量	福岡県	13,400	6,463	3,982	725	851	1,163
	(有明海)						
(トン) 全 国	120,545	99,517	88,151	80,732	71,199	65,353	

*福岡農林水産統計年報より

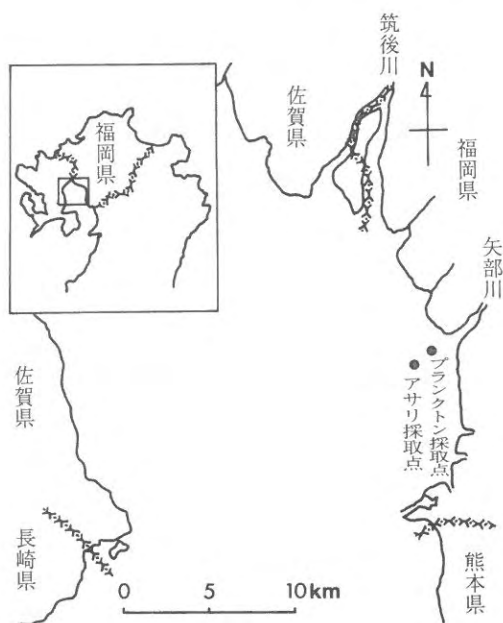


図1 調 査 地 点

クトンの同定・計数に用いた。同定・計数は、原因プランクトン、原因プランクトン近縁種および優占種プランクトン（上位3種）について行った。同定・計数は、環境テクノスに委託した。

貝毒調査については、アサリを生剥き身にして凍結保存し速やかに検査機関に搬入し、麻痺性貝毒および下痢性貝毒の検査をした。検査は、（財）日本缶詰検査協会福岡検査所に委託した。

結 果

1. 水質調査

水質調査結果は、表3に示した。水温、塩分、プランクトン沈殿量、DO、CODおよび栄養塩類の変動は、図2～図4に示した。

(1) 水温

平成4年度の水温は、平年値と比べて7月が高く、9月が低かった。表層水と底層水を比較すると、5～9月はいずれも表層水がやや高かった。

(2) 塩分

平成4年度の塩分は、平年値と比較して5月はやや低めで、6～9月は高めであった。表層水と底層水を比較すると、各月ともほとんど差が見られなかった。

(3) プランクトン沈殿量

平成4年度のプランクトン沈殿量は、平年値と比較すると5月は多め、6～9月は少なめであった。

(4) DO

平成4年度のDOは、7月の底層水以外は平年値より高めであった。表層水と底層水を比較すると、表層水の方がやや高かった。

(5) COD

平成4年度のCODは、8月に底層水で異常に高い値を示したが、これは採水の時、泥が多めに混ざったことが原因だと思われる。他は平年値の前後の値を示した。

(6) 珪酸塩 (SiO_2-Si)

平成4年度の珪酸塩は、9月を除いて平年値以下の値を示した。これは降水量が平年よりも少なかったためだと思われる。表層水と底層水の差はほとんど見られなかった。

(7) 磷酸塩 (PO_4-P)

平成4年度の磷酸塩は、珪酸塩と同様に9月を除いて平年値以下の値を示した。これも少雨の影響だと思われる。表層水と底層水の差はほとんど見られなかった。

(8) 無機三態窒素 (DIN)

平成4年度の無機三態窒素は、平年値と比べると9月を除いて平年値以下の値を示した。これは、少雨のため河川水による補給が少なかったためだと思われる。表層水と底層水の差はほとんど見られなかった。

2. プランクトン調査

有明海（福岡県地先）に出現した毒化原因プランクトン、毒化原因プランクトン近縁種およびプランクトンの優占種（各月上位3種）の種類および細胞数は表4に示した。

(1) 毒化原因プランクトンの出現状況

平成3年度は *Dinophysis acuminata* のみの出現で、*Alexandrium* 属の毒化原因プランクトンは出現しなかったが、4年度は毒化原因プランクトンの出現は認められなかった。

(2) 毒化原因プランクトン近縁種の出現状況

平成3年度は近縁種の *Dinophysis caudata* が出現したが、平成4年度は毒化原因プランクトン近縁種の出現は認められなかった。

(3) 優占種プランクトンの出現状況

平成4年度は調査期間中に出現した優占種プランクトンは前年同様に10種類であった。調査期間中を通して出現したプランクトンは、*Skeletonema costatum* で細胞数も多かった。5月の表層水で1,435,500 cells/lを記録したが、赤潮の状態にはなっていなかった。

3. 貝毒調査

アサリの貝毒検査結果は表5に示した。平成4年度は、アサリの麻痺性貝毒および下痢性貝毒はすべての検体で検出されなかった。

考 察

貝毒原因プランクトンの出現は、平成4年度は、毒化原因プランクトンおよび毒化原因プランクト

表3 水質調査結果（平成4年度）

観測年月日	5月2日	6月2日	7月31日	8月28日	9月28日	
観測時刻	7時36分	8時32分	9時03分	7時51分	9時12分	
気象	天候	くもり	快晴	晴れ	快晴	くもり
	雲量	10	0	2	0	10
	風向	NW	—	SSW	N	NNW
	風力	2	0	4	1	2
象	気温 (℃)	14.6	20.9	27.7	26.6	19.0
海	水深 (m)	4.5	4.5	4.8	4.8	4.9
	透明度 (m)	0.9	1.5	1.1	1.3	0.8
	波浪	2	1	2	1	1
	水色	17	14	15	14	15
	水温 表層	17.5	21.1	27.7	26.0	22.6
象	(℃) 底層	17.2	20.8	27.6	25.6	22.6
プランクトン沈殿量 (ml/100 l)		1.50	0.25	0.70	0.40	0.30
栄 養 塩 類 及 び そ の 他	実用塩分 表層	29.91	30.66	29.01	30.05	31.06
	(無名数) 底層	29.92	30.72	29.04	30.06	31.20
	pH 表層	8.28	8.33	8.31	8.29	8.19
	(無名数) 底層	8.28	8.32	8.31	8.29	8.19
	SiO ₂ -Si 表層	14.00	39.13	57.11	67.03	72.48
	(μg・at/l) 底層	14.00	39.13	55.96	64.90	71.39
	D I P 表層	0.13	0.27	0.42	0.42	1.25
	(μg・at/l) 底層	0.13	0.20	0.42	0.48	1.25
	NO ₃ -N 表層	2.95	0.76	0.80	2.42	5.95
	(μg・at/l) 底層	2.91	0.71	1.00	2.12	5.34
	NO ₂ -N 表層	0.27	0.18	0.60	2.66	3.64
	(μg・at/l) 底層	0.29	0.20	0.58	2.79	3.60
	NH ₄ -N 表層	4.86	3.40	2.85	2.48	19.70
	(μg・at/l) 底層	4.59	2.79	2.50	2.55	23.92
	D I N 表層	8.08	4.34	4.25	7.56	29.29
	(μg・at/l) 底層	7.79	3.70	4.08	7.46	32.86
	D O 表層	7.25	7.30	6.17	5.73	6.62
	(ppm) 底層	7.21	7.21	5.87	5.43	6.55
	C O D 表層	1.37	1.66	1.46	2.19	1.58
	(ppm) 底層	1.75	1.62	1.62	4.14	1.50

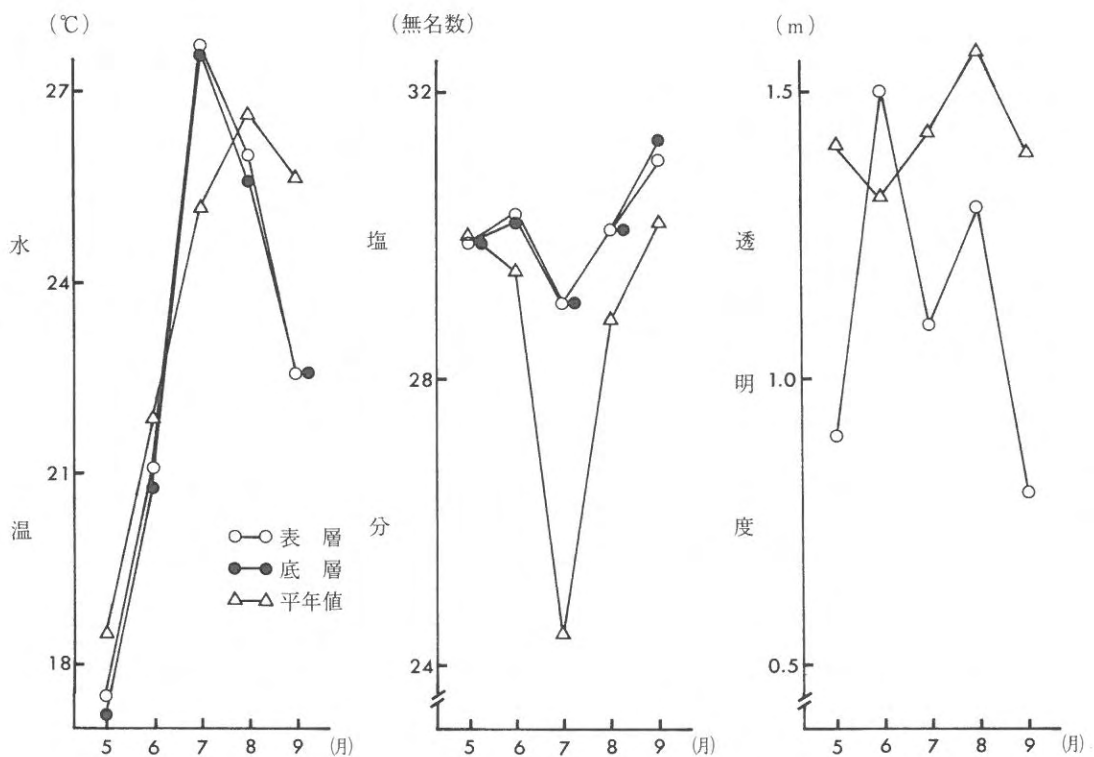


図2 平成4年度の海況変動

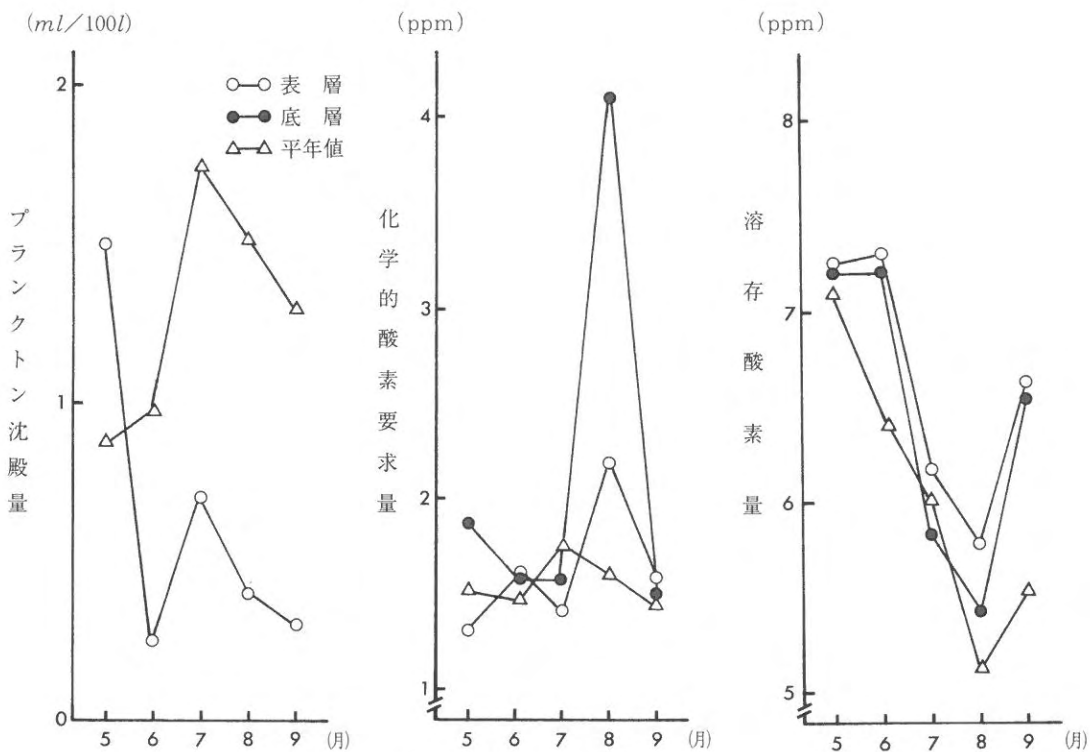


図3 平成4年度の海況変動

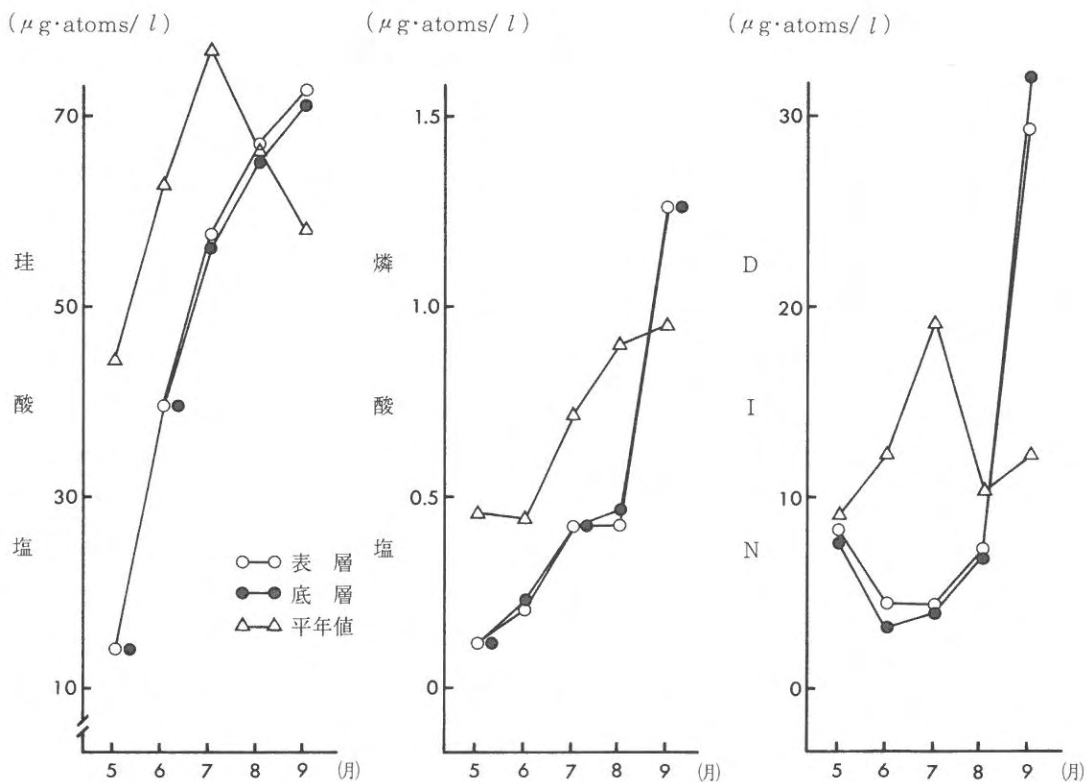


図4 平成4年度の海況変動

ン近縁種の出現は認められなかった。これは、少雨のための海水中の栄養塩不足など環境条件が満たされなかったためではないと思われる。

しかし、平成3年度は貝毒原因プランクトンと言われているプランクトンの出現が認められるので、貝毒発生の可能性も考えられ貝毒プランクトンの周年にわたる出現状況および貝毒の周年にわたる毒化状況を把握する必要がある。

文 献

- 1) 福岡県 1991; 平成2年度赤潮貝毒監視事業報告書

表4 貝毒原因プランクトン測定結果

(単位: cells/l)

項目/月日	層 別	5月2日	6月2日	7月31日	8月28日	9月28日
原 因	<i>Alexandrium</i> 表 層					
	<i>catenella</i> 底 層					
ブ	<i>Alexandrium</i> 表 層					
ラ	<i>tamarensis</i> 底 層					
ン	<i>Dinophysis</i> 表 層					
ク	<i>fortii</i> 底 層					
ト	<i>Dinophysis</i> 表 層					
ン	<i>acuminata</i> 底 層					
	<i>Skeletonema</i> 表 層	1,435,500	434,000	83,500	101,000	197,500
優	<i>costatum</i> 底 層	911,500	664,000	102,500	101,000	255,000
	<i>Leptocylindrus</i> 表 層		311,000			
占	<i>minimus</i> 底 層		347,000			
	<i>Leptocylindrus</i> 表 層				14,500	
種	<i>danicus</i> 底 層					
	<i>Rhizosolenia</i> 表 層					
ブ	<i>delicatula</i> 底 層				14,500	
	<i>Tharlassionema</i> 表 層	149,500				20,500
ラ	<i>nitzschoides</i> 底 層	147,500			7,250	29,500
	<i>Neodeluphineis</i> 表 層					
ン	<i>pelagica</i> 底 層			6,650		
	<i>Cylindrotheca</i> 表 層				11,000	22,000
ク	<i>closterium</i> 底 層			11,500		17,000
	<i>Nitzschia</i> 表 層	124,000	69,000			
ト	<i>pungens</i> 底 層	73,500	164,500			
	<i>Ceratium</i> 表 層			13,500		
ン	<i>furca</i> 底 層					
	<i>Tintinnopsis</i> 表 層			5,000		
	<i>directa</i> 底 層					

表5 貝毒調査結果表

アサリ 採取 地点	試料名	水質調査		アサリ 採取月日	個 体 数	殻長 (cm)		殻高 (cm)		殻付重量 (g)		処理 重量 可食部 (g)	検 査 月 日	麻痺性 毒力 可食部 (MU/g)	下痢性 毒力 可食部 (MU/g)	
		採水月日	透明度 (m)			水深 (m)	水温 (℃)	実用 塩分	最大	最小	最大					最小
有	ア	5月2日	0.9	0	17.5	29.91	5.4	3.4	2.5	1.5	32.8	7.0	2,000	610	5月6日	ND
					4.5	17.2	29.92									5月13日
		6月2日	1.5	0	21.1	30.66	4.9	3.1	2.3	1.4	21.8	5.6	2,000	640	6月9日	ND
					4.5	20.8	30.72									6月11日
明	サ	7月31日	1.1	4.8	27.7	29.01	4.2	2.9	2.0	1.2	13.8	3.7	2,000	675	7月8日	ND
					27.6	29.04										7月10日
		8月28日	1.3	0	26.0	30.05	3.7	2.7	2.0	1.3	12.1	3.7	2,000	930	8月10日	ND
					4.8	25.6	30.06									8月12日
海	リ	9月28日	0.8	0	22.6	31.06	5.0	2.6	1.8	1.2	23.0	3.3	2,000	610	9月9日	ND
					4.9	22.0	31.20									9月11日

※麻痺性毒力のNDとは：< 2MU/g (可食部)

下痢性毒力のNDとは：<0.05MU/g (可食部)

赤潮技術開発試験

(1) 赤潮情報ネットワーク実用化技術開発試験事業

山本 千裕・本田 一三・白石 日出人

昭和63年度から平成2年度までの3ヶ年行われた珪藻赤潮被害防止技術開発試験の結果、有明海における冬季の珪藻赤潮の発生は、日射量などの気象要因が大きく関与していること。また、平成2年度の調査結果からは冬季珪藻赤潮の初期発生海域をほぼ特定することができた。さらに、本試験で行った流況シミュレーションで赤潮の拡散モデルが明らかにされた。しかしながら、これらの調査では調査期間がわずか3年と短く、この間の赤潮発生例も1件だけと少ないため赤潮予察手法を確立するまでには至っていない。このため、珪藻赤潮に関する観測データをより多く蓄積することによりコンピュータネットワークを利用した赤潮発生予察に適用できるような簡易予察手法を確立し、これらの結果をノリ養殖管理に応用するシステムを構築するための基礎資料を得ることを目的とした。

方 法

調査点は図1に示した4定点で実施した。調査期間は原則として11月から3月にかけてのノリ養殖期間で期間中週1回の間隔で水質及びプランクトン調査を行った。

水質調査では表層、2 m及び低層で採水を行い、水温、塩分、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、クロロフィル a について測定した。

プランクトン調査では北原式定量プランクトンネットを用いて水深1.5 mから表層までの垂直曳で採集を行いプランクトン沈殿量の測定を行った。さらに、表層、2 m層、底層の3層について2,000 mlの海水を採取し、ホルマリン固定後沈殿法によりプランクトンを濃縮し、出現プランクト

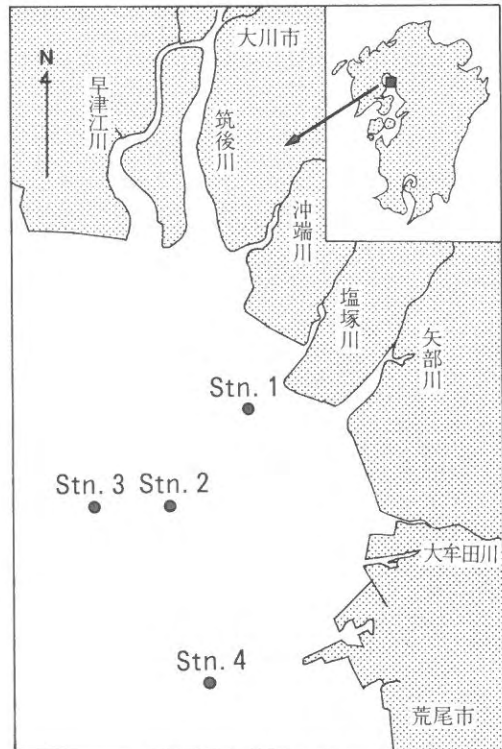


図1 調査地点

ンの種別の細胞数を計数した。

調査期間中の、水温塩分量の連続的な計測データは当研究所の大牟田沖自動観測装置のデータを利用した。

気象要因のうち全天日射量については佐賀地方気象台、気温及び降水量については九州総合農業試験場(羽犬塚)の資料を用いた。

結 果

1. ネットプランクトン沈殿量の推移

ネットプランクトン沈殿量の推移を図2に示し

た。10月の中旬から下旬にかけて 80 ml/m^3 前後のピークが見られるが、これは珪藻赤潮が発生したためである。この時の原因プランクトンは *Coscinodiscus* spp. を主な構成種とする複合赤潮で、最大密度は $1,473 \text{ cells/ml}$ であった。この赤潮では発生時期がノリ養殖の育苗期にあたるため、その後のノリ生産に与える影響が心配されたが赤潮が比較的短期間に終息したためノリの生産には影響がなかった。その後、本年度は1月まで赤潮発生は見られず、何れの定点でも 5 ml/m^3 前後の沈澱量で推移したが2月4日から24日にかけて *Rhizosolenia* sp. を主な構成種とする複合種による赤潮が発生し沈澱量は 65 ml/m^3 まで上昇した。このため海域の栄養塩濃度が一時的に低下し、一部の海域ではノリの色落ち被害が発生した。しかしながらノリ養殖はすでに終漁期に入っていたため経済的な損失は比較的少なかった。

2. *Eucampia zoodiacus* 出現状況

本年度は10月の赤潮発生時に赤潮構成種の一つとして 170 cells/ml というこの時期では例を見ない高密度で出現した。しかしながら、赤潮終息後は $1 \sim 2 \text{ cells/l}$ 台の低密度で推移し赤潮状態には至らなかった。

3. 水質環境の推移

各定点の表層における水質の各項目の推移を図3に示した。

水温：本年度も前年度同様、1月の水温が 10°C を下回る水温はほとんど観測されず暖冬傾向を反映したものとなった。

実用塩分：前年度は、12月下旬と2月上旬の降雨の影響で各定点とも一時的に塩分の低下が見られたが、平成4年度は少雨傾向のため高塩分傾向で推移した。

DIN：前年度と同様に10月中旬に珪藻赤潮

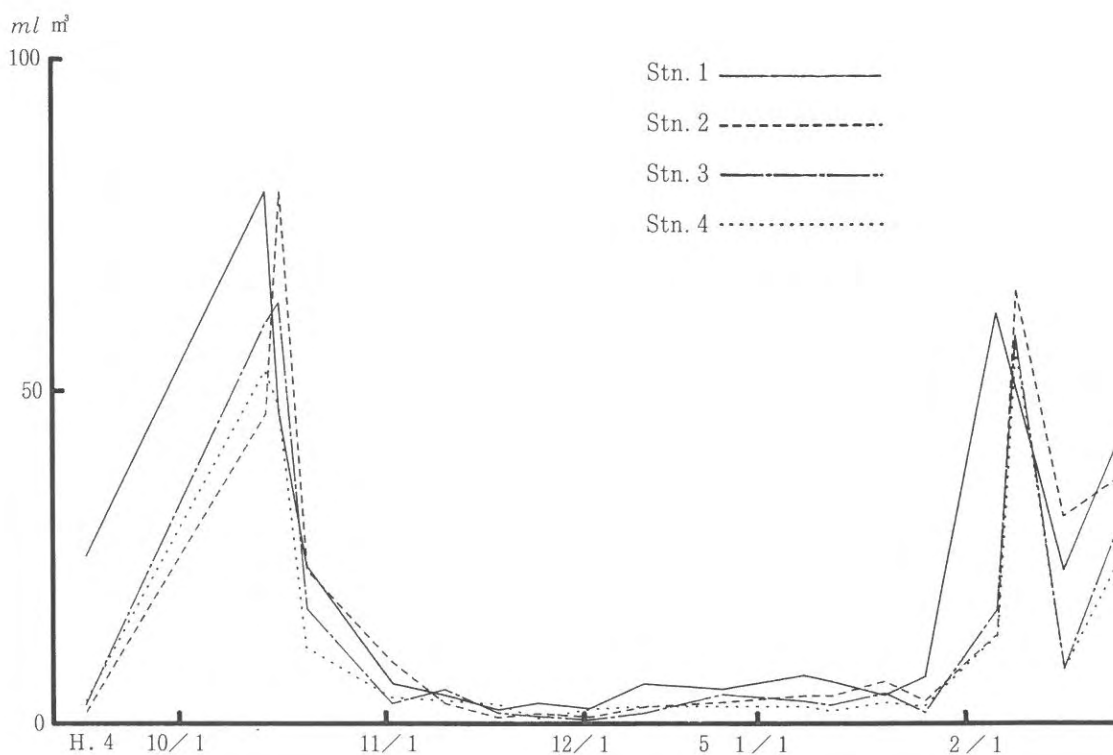


図2 ネットプランクトン沈澱量の推移

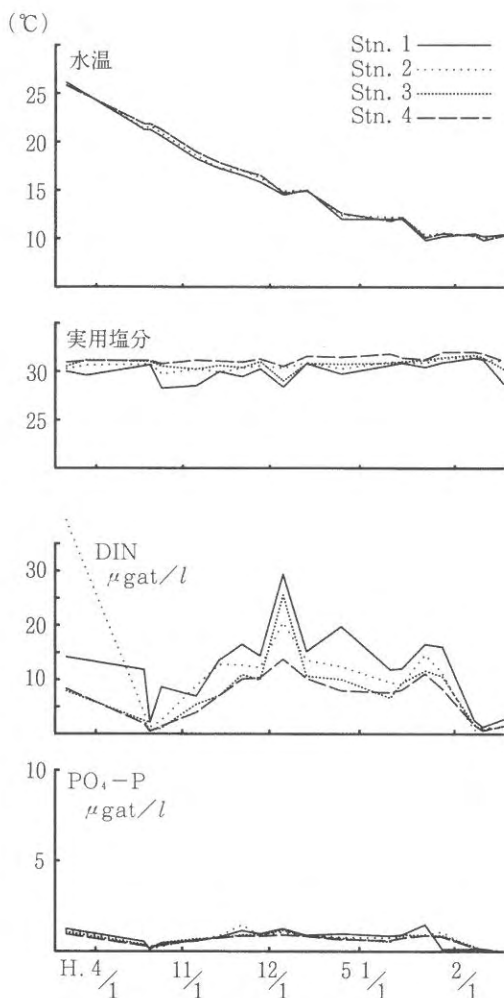


図3 水質環境の推移

が発生し $1\mu\text{g-at/l}$ 前後まで低下したがその後は $10\mu\text{g-at/l}$ 以上のレベルで推移した。しかしながら、2月上旬の赤潮により再び $1\mu\text{g-at/l}$ のレベルまで低下した。

$\text{PO}_4\text{-P}$: DIN と同様、10月中旬と2月上旬の珪藻赤潮により最も低い時は検出限界以下まで低下した。が全般的には $1\sim 2\mu\text{g-at/l}$ のレベルで推移した。

4. 全天日射量

10月から2月までの全天日射量の推移と赤潮発生期間を図4に示した。10月の赤潮では全天日射量の推移と赤潮発生との関係は認められなかった。今年度の1月の日射量は $5\text{mj/m}^2\cdot\text{day}$ を下

回る低日射量の日が継続したが、これを珪藻赤潮発生年である平成3年の同期間と比較すると3年が 135mj/m^2 に対し4年度では 90mj/m^2 と著しく少なかった。

考 察

本年度も前年度に引き続き冬季に*Eucampia*赤潮が発生しなかったが、その環境条件を発生年である平成2年度と比較すると、最も大きな相違点は水温と全天日射量である。水温では1月から2月にかけての水温が2年度よりも $2\sim 5^\circ\text{C}$ 高く、全天日射量では12月下旬から1月上旬にかけての日射量が積算値で $25\sim 45\text{mj/m}^2$ 少なかったことがあげられる。

水温に関しては現在のところ室内実験で水温と増殖速度との関係を実験中である。

これまでの調査結果から本種の赤潮発生は日射量が $8.5\text{mj/m}^2\cdot\text{day}$ を上回った日が継続することが発生要因の一つであることが示されており¹⁾今回の調査もこれを裏付けるものとなった。このように赤潮発生の予知を的確に行うためにはこの日射量の予測が重要なポイントとなるが、日射量は天候により著しく変化するためその予測は天気予報に左右される。現在のところ天候の長期予報の精度に問題があり、この点の改善を待つ必要がある。

Eucampia zoodiacus については何れの年度でも10月から12月にかけて浮遊細胞が検出されており赤潮の種 (seed) は常に存在しているものと考えられる。特に平成4年度の場合、10月に 170cells/ml という高い密度で出現している。筆者の室内実験においても本種は 20°C を超える温度で高い増殖速度を示しており、本種の赤潮発生は冬～春季の低水温期に限らないことを示唆している。

また、新たな問題点として平成3年度、4年度では10月のノリ育苗期に珪藻赤潮が発生した。これまでは冬季のノリ生産期における赤潮発生に調査の力点が置かれていたが、育苗期における赤潮はそのシーズン全体のノリ生産に影響する可能性があり、この発生を事前に予知することは極め

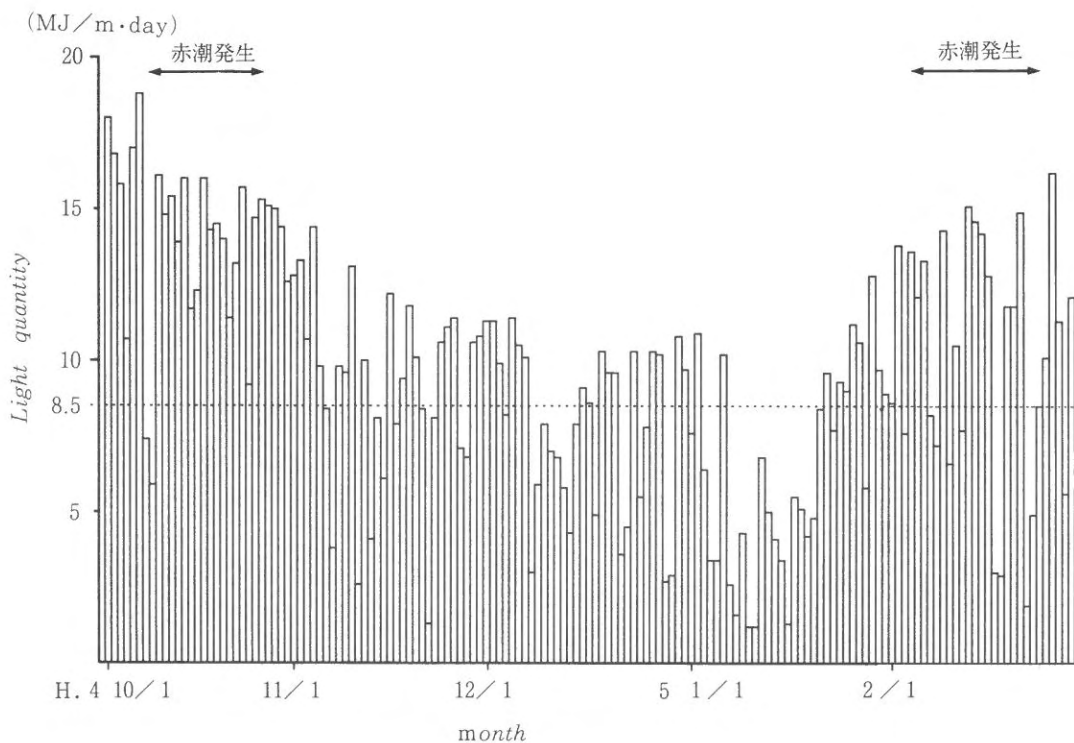


図4 平成4年度全天日射量の推移

て重要である。この時期の日射量は冬季に比べ十分に多く、制限要因となりにくいと考えられることからこれまでと異なった解析が必要と考えられる。

文 献

- 1) 本田清一郎(1989): 浮遊珪藻 *Eucampia zoodiacus* の増殖を支配する環境要因. 昭和62年度福岡県有明水産試験場業務報告. 福岡県. 119 - 123

赤潮技術開発試験

(2) マリンバイオテクノロジーによる赤潮被害防止技術開発試験事業

山本 千裕・本田 一三・白石 日出人

有明海奥部では冬季のノリ養殖時期に *Eucampia zoodiacus* などの大型の浮遊珪藻類を原因種とする赤潮がしばしば発生し、海水中の栄養塩類を大量に消費するため海域の栄養塩レベルは著しく低下する。その結果、本海区の主要産業であるノリ養殖業では栄養塩不足による色落ちのためノリの商品価値が低下し経済的に大きな被害を引き起こしている。このため、赤潮の発生や終息を的確に予測して適切な養殖管理を行うことにより被害を最小限にとどめることは養殖経営上極めて重要である。この研究では、冬季有明海において現場海水の珪藻に対するAGPを測定しこれを気象、海象、水質環境などと総合的に解析することにより赤潮発生を予察する手法を確立しノリ養殖管理に対応することを目的とした。

方 法

1. 海洋調査

調査定点は図1に示した沖合いと沿岸の2定点で、1月8日から2月24日にかけて計7回の海洋調査を実施した。調査項目は海況一般項目として水温、塩分、透明度、水色の4項目、栄養塩類として $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の三態窒素、リン酸塩、珪酸塩の5項目、プランクトン関連項目として懸濁物質(SS)、クロロフィルa、プランクトン沈殿量、優占プランクトンの種類及び細胞数の計数を実施。珪藻赤潮発生時にはその発生範囲と原因プランクトンの種類、密度を観測した。観測方法及び分析方法については海洋観測指針¹⁾に従った。また、全天日射量などの気象データは佐賀地方気象台の資料を利用した。

2. AGP試験

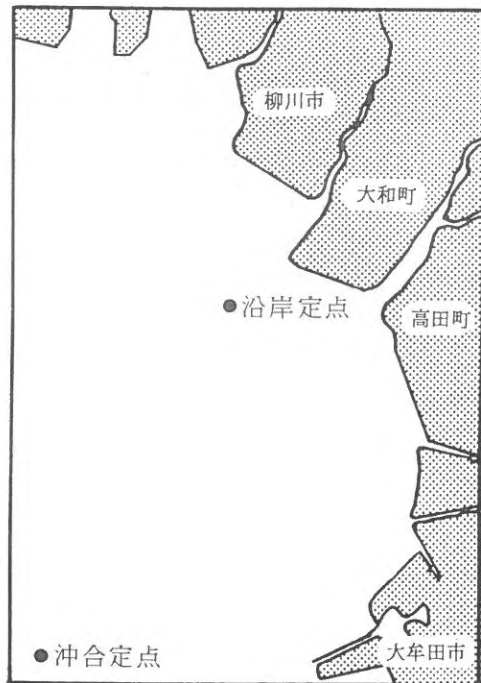


図1 調査定点図

試験藻として国立環境研究所より譲渡を受けた *Skeletonema costatum* 無菌クローン株 (NIES 324 株) を用いた。現場海水としては1月8日、1月26日、2月16日、及び2月24日の定点観測時に採取した各定点の表層水を用いた。試験藻はあらかじめSWM-Ⅲ補強海水で培養した対数増殖期のものを用いた。この現場海水を0.22 μm メンブランフィルターで濾過滅菌し、18 cm 試験管に10 ml ずつ分注し試験藻を接種した。

接種は接種藻自体や培地からの栄養塩類の持ち込みを防止するため、白金耳を用いて微量接種することによって行った。微量天秤を用いて測定し

た接種量は平均 0.4 mg, 初期密度は 2~10 cells/ml 出, 培地等から持ち込まれた栄養塩類は約 25,000 倍に希釈されることになりその影響をほとんど無視できることになる。培養は温度 20℃, 光源には太陽光線に近い光質をもつ TURU-LITE™ 蛍光管を用い照度 1.5×10^{16} quanta/cm²・s, 明 12 時間暗 12 時間の条件下で行い定常期に達した時の細胞密度を A G P 値とした。また, 培養中は随時, 0.4% の寒天を添加した STP 無菌検査培地²⁾ 及び市販のチオグリコール酸無菌検査培地 (日本製薬(株)) に少量のサンプルを接種し細菌の混入を監視した。また, 定期的にクリーンベンチ内で無菌的に少量のサンプルを取り出し, 顕微鏡下で細胞数を計数した。試験は海水サンプル 1 つにつき 5 本行い最大と最小値を除いた 3 本の平均値をそのサンプルの A G P 値とした。

結果および考察

1) 調査期間中の珪藻赤潮発生状況

調査期間中の 2 月 4 日から 2 月 18 日にかけて *Rhizosolenia delicatula* を主な構成種とする珪藻赤潮が発生した。発生海域は図 2 に示した有明海湾奥全域で 2 月 9 日の赤潮ピーク時における細胞密度は *R. delicatula* が 2,690 cells/ml, *Skeletonema costatum* が 650 cells/ml, *R. setigera* が 40 cells/ml, その他の珪藻類が 200 cells/ml, 計 3,580 cells/ml であった。この赤潮によって, 海域の栄養塩濃度は D I N で最も少ない地点で $1 \mu\text{g-at/l}$ まで低下し, 養殖ノリの色落ちが始まる $7 \mu\text{g-at/l}$ を大きく下回ったため今年度のノリ養殖を終了する経営体が多かった。

2) 栄養塩類の推移

赤潮発生以前の DIN 濃度は, 沖合い定点では $7.5 \sim 11 \mu\text{g-at/l}$, 沿岸定点では $12 \sim 17.5 \mu\text{g-at/l}$ で有明海では通常観測されるレベルで推移した。赤潮発生後は沖合いでは $0.5 \sim 1.5 \mu\text{g-at/l}$, 沿岸では $1.5 \sim 2.5 \mu\text{g-at/l}$ まで低下し, 前述したように本年度ノリ養殖の終了を早める結果となった。また, $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度は赤潮発生前は沿岸定点で $0.85 \sim 1.6 \mu\text{g-at/l}$, 沖合定点では $0.6 \sim 0.85$

$\mu\text{g-at/l}$ で D I N と同様に通常のレベルで推移したが, 赤潮発生後は両定点とも $0.2 \mu\text{g-at/l}$ 以下

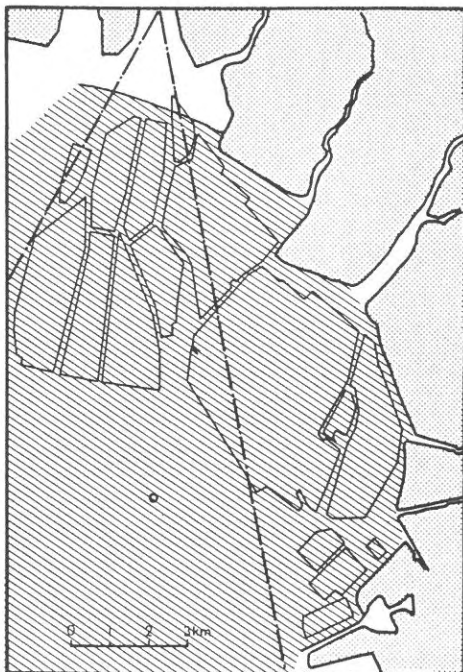


図 2 珪藻赤潮発生域 (ピーク時)

となり 2 月 16 日以降は検出限界以下となった。(図 3)

3) プランクトン沈殿量の推移

プランクトン沈殿量の推移は, 図 3 に示したとおり赤潮発生前は $2 \sim 7 \text{ ml/m}^3$ で推移し, 赤潮発生時には最大で 56 ml/m^3 であった。本海区ではこれまで経験的に沈殿量が 70 ml/m^3 を上回った場合を赤潮と判断してきたが, 今回はこれを下回る沈殿量で海域の栄養塩濃度が著しく低下し赤潮状態と判断された。この理由として今回発生した赤潮のおもな構成種である *Rhizosolenia delicatula*, *R. setigera* は比較的密度の高い沈殿を作るため沈殿量としては低めに測定されたためと考えられる。

4) 現場海水の A G P 値の推移

現場海水の A G P 値は図 3 に示したとおり赤潮発生前は沿岸海水, 沖合海水ともほぼ一定して 40,000 cells/ml 前後の値で推移した。2 月 4 日に赤潮が発生すると, 栄養塩レベルの低下にほぼ連動するように A G P 値も下がり, 赤潮ピーク時

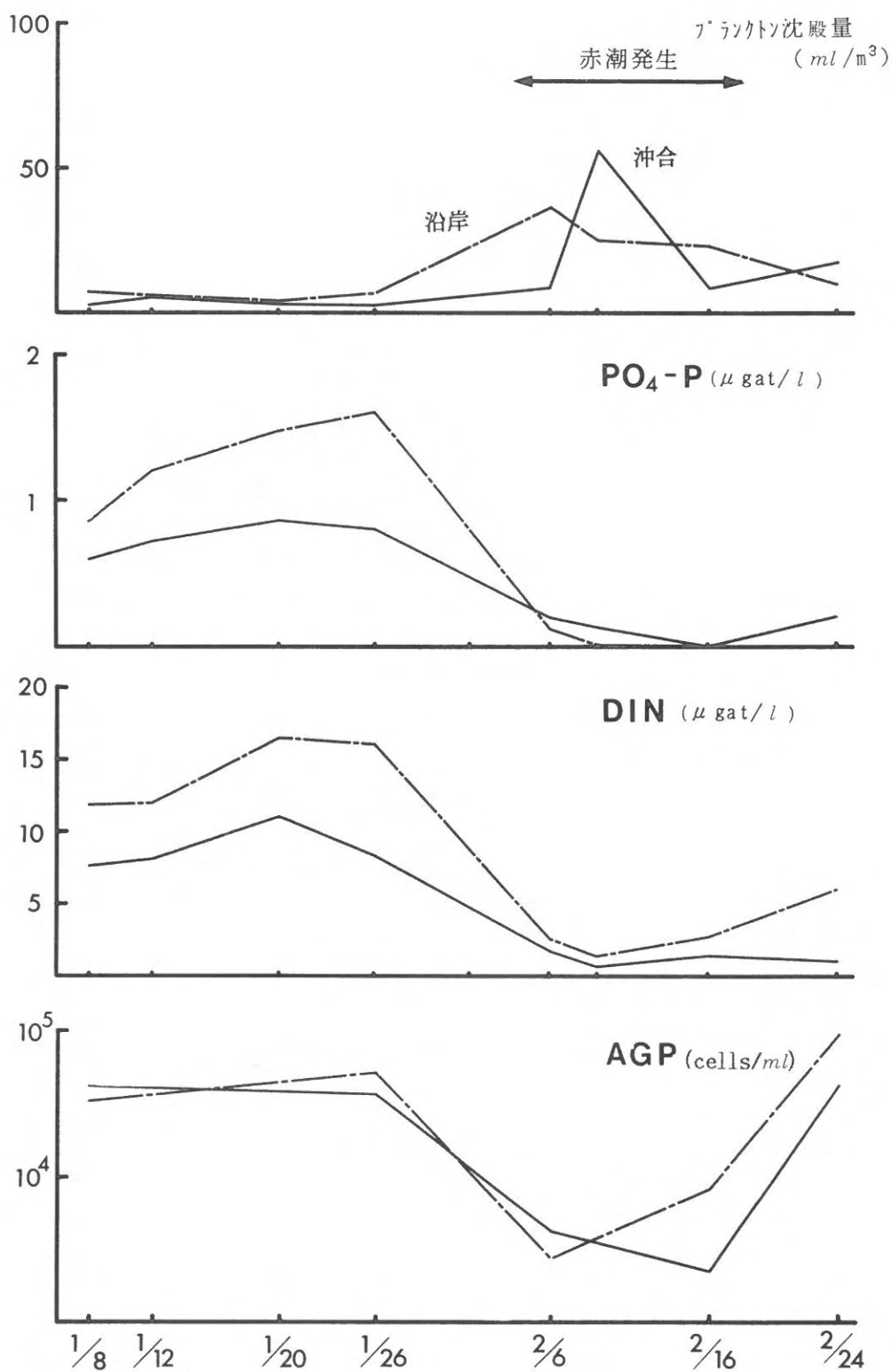


図3 AGPとプランクトン沈殿量及び栄養塩類の推移

の2月6日頃には沿岸定点で2,700 cells/ml, 沖合定点で4,100 cells/mlまで低下した。しかし, 赤潮終息後は栄養塩レベルがまだ十分に回復していないにもかかわらずAGP値は急速に回復し2月24日の現場海水では沖合い定点の海水で赤潮発生前と同レベルの41,800 cells/mlに, また沿岸定点の海水では赤潮発生前を上回る93,800 cells/mlに達した。ただ, このときの試験藻の状態は栄養塩不足のため色素が極めて乏しい色落ち状態であった。このように, 赤潮終息時には低栄養の現場海水でも高いAGP値を示したことから, 赤潮発生直後に観測されたAGP値の低下の理由として栄養塩類の減少のほかに, 赤潮プランクトン自身による何らかの増殖阻害効果が原因となっている可能性を示唆しているものと考えられるが, まだ試験例が不足しており今後とも継続して試験することが必要である。

5) AGP値と日射量の関連

有明海において, 冬季の珪藻赤潮の発生は日射量が最大の要因となっており $200 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{day}$ ($8.4 \text{ mj/m}^2 \cdot \text{day}$) 以上の日射量が赤潮発生の条件の一つであることがこれまでに報告されている。⁴⁾ このことから考えると今年度の場合, 赤潮発生前の1月の海水は比較的高いAGP値で推移し潜在的に赤潮が発生する可能性を示してきたが, 全天日射量は図4に示したように $8.4 \text{ mj/m}^2 \cdot \text{day}$ 以下の体日射量の日が継続したため, 赤潮発生が抑制されたものと考えられる。その後は, 1月下旬から日射量が増加し $8.4 \text{ mj/m}^2 \cdot \text{day}$ を越える日が継続して現れるようになり, 2月上旬から赤潮が発生した。このように今年度では1月中は海水自体には潜在的に赤潮を発生させる能力を有していたにもかかわらず低日射量が制限要因となって赤潮の発生が抑制されたものと考えられる。

これらのことから長期予報等で日射量の予測が可能となればAGP試験の結果と組み合わせ赤潮発生の予測が可能となるものと考えられる。

6) 問題点と今後の計画

今年度実施したAGP試験では試験藻の接種量が微量であったため, 図5に示したように最大密

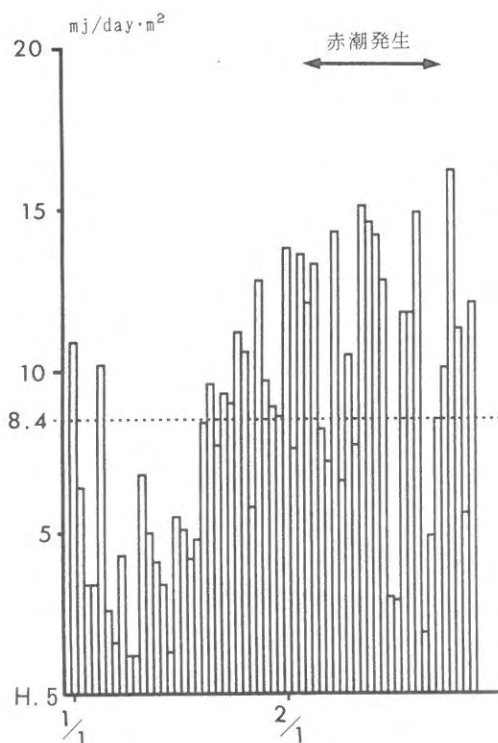


図4 赤潮発生前後の全天日射量の推移
(佐賀地方気象台資料)

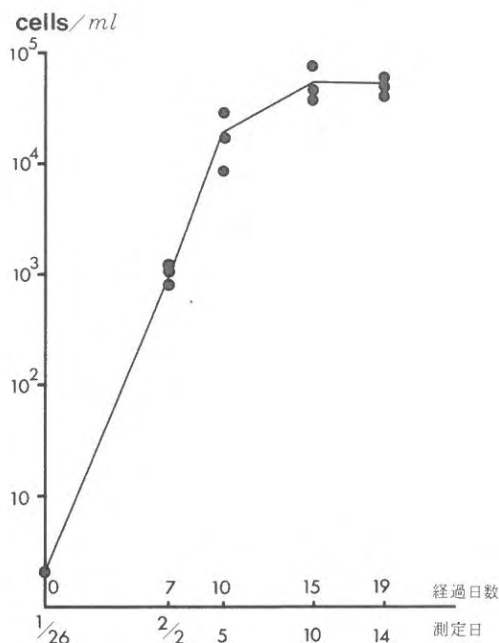


図5 微量接種時の増殖曲線

度に達するまで15日余りを要しており、実用的なレベルでは大きな問題となる。今後は、飢餓培養による前処理⁴⁾を行い、栄養塩類の持ち込みを制限しつつ接種密度を高めることにより試験期間を短縮することを検討する必要がある。

これまで本海区でノリ養殖時期に発生する珪藻種のうち、最も大きな問題となってきた珪藻種は *Eucampia zoodiacus* である。この珪藻は12月下旬から2月にかけてのノリ養殖の最盛期に大規模に発生することが多く、発生期間も1カ月以上の長期にわたって継続することからノリ養殖に極めて大きい被害を及ぼしてきた。今年度のAGP試験では培養が容易であることや、栄養要求量などの株の性質が明らかにされていることから試験藻として *Skeletonema costatum* (NIES 324 株) を使用してきたが、赤潮予察の目的とする *E. zoodiacus* とは異なったAGP値を示している可能性が考えられる。このため、正確な赤潮発生の予察を行うためには本種のプランクトンを用いたA

GP試験を実施することが必要と考えられる。本種のプランクトンについては平成5年3月8日に当海区で採取した浮遊細胞から単離培養し無菌化したクローン株を得ることに成功している。平成5年度の研究ではこの珪藻を用いたAGP試験を実施するため、本種の栄養要求量等の基礎的な性質を明らかにしていく計画である。

文 献

- 1) 気象庁編, 海洋観測指針, 日本海洋学会, p 145 - 186 (1985)
- 2) 岩崎英雄, 微細藻類の分離と培養, 日本水産資源保護協会, p 45 (1967)
- 3) 本田清一郎, 昭和62年度九州海域赤潮調査報告書, 水産庁, p 92 (1968)
- 4) 西島敏隆, 山砥稔文, 畑幸彦, 赤潮珪藻 *Skeletonema costatum* の栄養要求とAGP試験に供するための調整法, 水質汚濁研究 vol. 13 - 3, 日本水質汚濁研究協会, (1990)