

赤潮対策技術開発試験 —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—

山本 千裕・本田 一三・白石 日出人

目 的

冬季有明海において現場海水の珪藻に対するAGP値を測定しこれを気象、海象、水質環境などの要因と総合的に解析することにより珪藻赤潮発生の予察手法を確立しノリ養殖管理に応用することを目的とした。

また、本年度は最も問題となっている赤潮原因珪藻 *Eucampia zodiacus* を用いてAGP試験を行うため本種の無菌培養技術を確立し、生理生態等の基礎的な特性を明らかにする事を主な目的とした。

方 法

1. 海洋調査

調査定点は図1に示した沖合と沿岸の2定点で、1月12日から3月2日にかけて計6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



図1 調査定点図

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、リン酸塩及び珪酸塩の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、プランクトン沈澱量、優占プランクトンの種類及び細胞数の計数、また珪藻赤潮発生時にはその発生範囲と原因プランクトン密度を観測した。個々の観測手法及び分析手法については海洋観測指針¹⁾にしたがった。また、全日射量などの気象データは佐賀地方気象台の資料を使用した。

2. *Eucampia zodiacus*の無菌培養

平成5年3月有明海で採取した海水から図2に示した手順によりマイクロピペットを用いて本種を単離し、これをSWM3補強海水にて培養し無菌化を試みた。

無菌化は、滅菌海水によるピペット洗浄法と、抗生物質の硫酸ゲンタマイシンの併用にて行った。

3. AGP試験

試験藻には、国立環境研究所より譲渡を受けた *Skeletonema costatum* の無菌クローン株(NIES 324株)を用いた。試験藻はあらかじめSWM-3補強海水で培養し、対数増殖期に達したものをを用いた。現場海水としては1月12日、1月20日、2月2日、2月9日、2月15日及び3月2日の定点観測時に採取した各定点の表層水を用いた。この現場海水を $0.22\mu\text{m}$ メンブランフィルターで濾過滅菌し、100mlネジ口三角フラスコに40mlづ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込みを防ぐため白金耳を用い微量の藻体を接種した。培養は温度 20°C 、光源には太陽光線に近い光質を有するTRUE-LITETM蛍光管を用い、照度 1.5×10^{16} quant $\text{a}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 、明12時間暗12時間の条件下で行った。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I(日本製薬(株)製の2種の無菌検査培地に少量のサンプルを接種して細菌の混入を監視した。培養中は、随時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

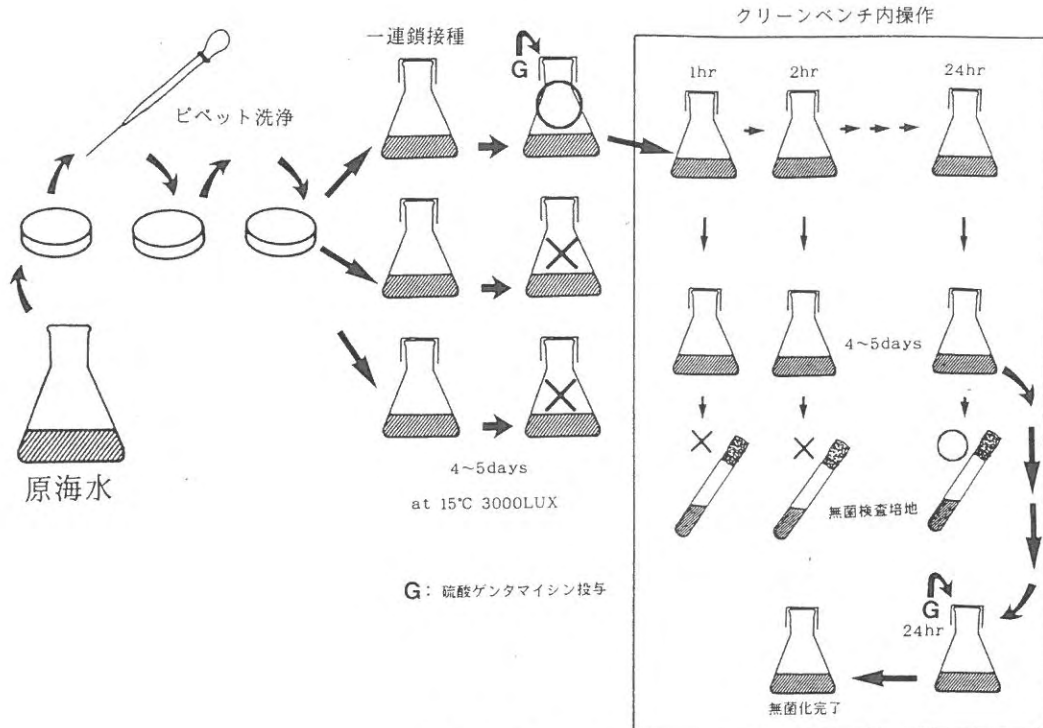


図2 無菌化の手順

で細胞数の計数を行った。試験は1サンプルについて5本行い各々のピーク時の細胞数のうち最高値と最低値を除いた3本の平均値をAGP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25日から3月10日にかけて *Rhizosolenia sociale* を主な構成種とする珪藻赤潮が発生した。有明海灣奥部全域で、この赤潮によって海域の栄養塩濃度は、DIN濃度は最も少ない地点で $1 \mu\text{g-at/l}$ 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の契機となった。

2) プランクトン沈澱量の推移

プランクトン沈澱量は、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値で 253 ml/m^3 と極めて高い値を示した。このように高い沈澱量を示した理由は、この赤潮の主な構成種である *R. sociale* は寒天状物質に覆われた球形の群体を作るため沈澱量が多めに測定されるためと考えられる。

3) 現場海水のAGP値の推移

現場海水のAGP値は図4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 $12,000 \sim 40,000 \text{ cells/ml}$ 前後の値を示した。2月25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AGP値も下

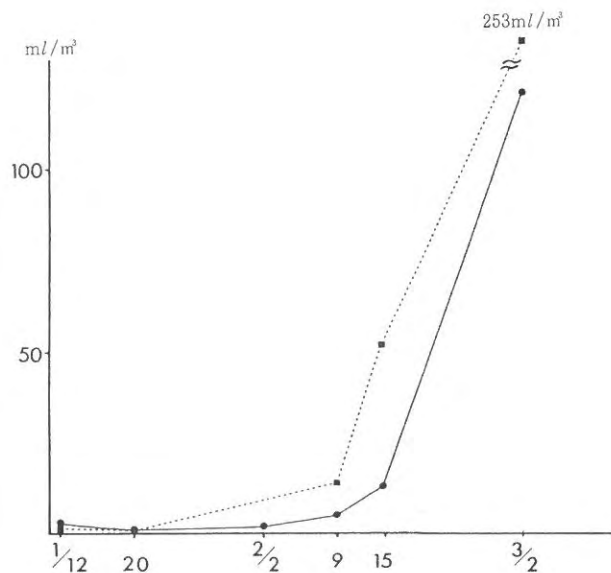


図3 プランクトン沈澱量の推移

がり、赤潮ピーク時の3月2日頃には沿岸、沖合とも $1,000 \text{ cells/ml}$ まで低下した。栄養塩類濃度の低下にほぼ比例して *Skeletonema* のAGP値が低下する現象は昨年度の試験においても確認されたことから、本種のAGP値は栄養塩類濃度に最も影響を受けると考えられる。

4) *E. zodiacus* 無菌培養株の成長速度

単離培養した無菌株のSWM補強海中での各温度における成長曲線を図5に示した。本株の成長速度は速く、

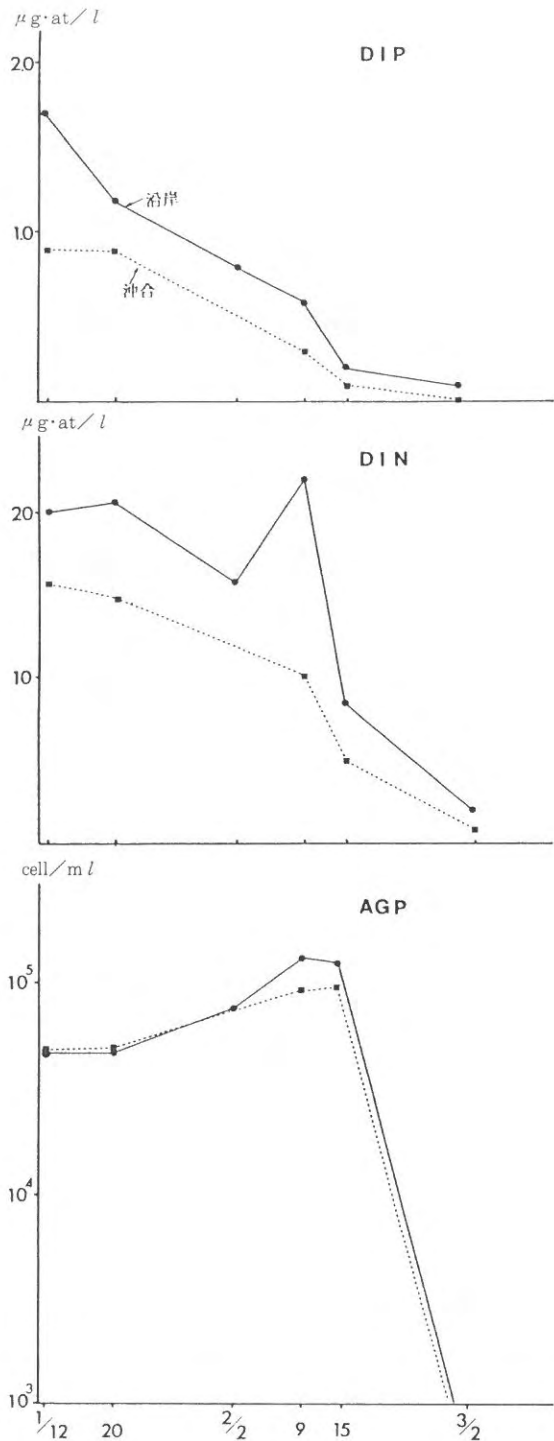


図4 AGP値の推移

20℃で4日、10℃でも7日でピークに達する結果が得られた。有明海では本種による赤潮は、発生の兆候が現れてから短期間のうちに海区全域に拡大することが観察されてきたが、この速い成長速度がこの理由の一つと考えられる。

5) *E. zodiacus*の耐高温性

本種の出現時期は有明海では冬～春にかけての低水温期で、夏季に殆ど見られなくなることから本海区での越

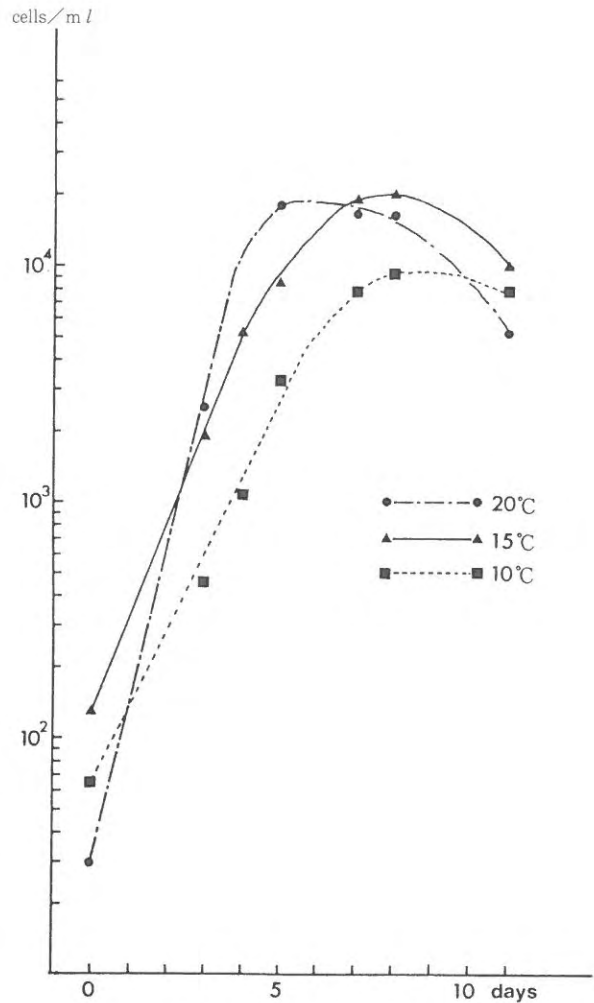


図5 培養温度別生長曲線

夏の形態については不明であった。このため、保存株の一部を春から秋にかけて室温で培養し観察を行った。この結果、8月上旬の最も高い時期で30℃を超える培養温度も記録されたが増殖には異常が見られず培養器の中では浮遊細胞のまま越夏することが確認された。また、休眠胞子の形成は観察されなかった。有明海の水温は夏季には29℃前後の温度に達するが、これらの結果から自然界でも本種は浮遊細胞の形態で越夏している可能性が示された。

6) 増大胞子の形成

珪藻は細胞分裂を繰り返しているうちに小型化していくが、本種では細胞幅が5～8 μm 程度に小型化すると増大胞子の形成が盛んになることが確認された。この時、図6に示したように細胞の一端がシャボン玉状に膨出して形成される事が観察された。また、この増大胞子をマイクロピペットで取り出し、新しい培地に移植すると細胞サイズの復活した大型の細胞が得られた。このようにして増大胞子を取り出して植え次ぐことにより継代培養

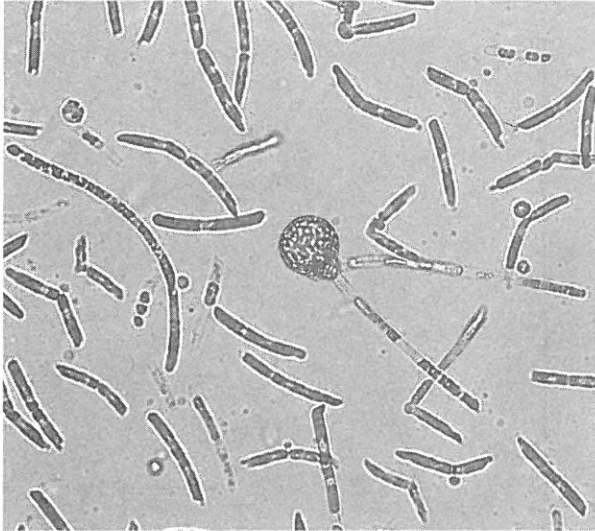


図6 増大胞子の形成

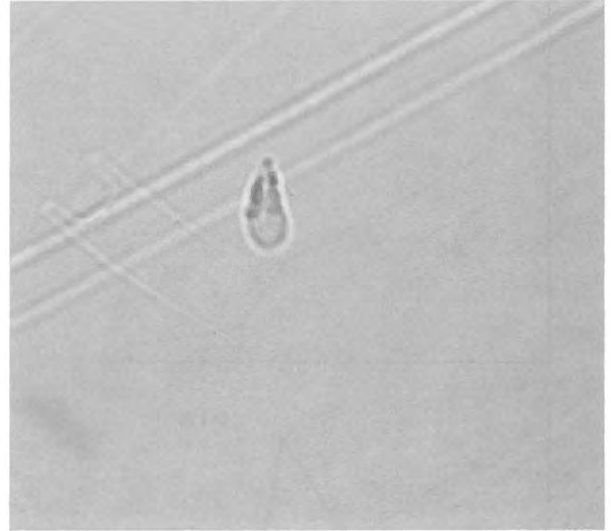


図7 精子の形態

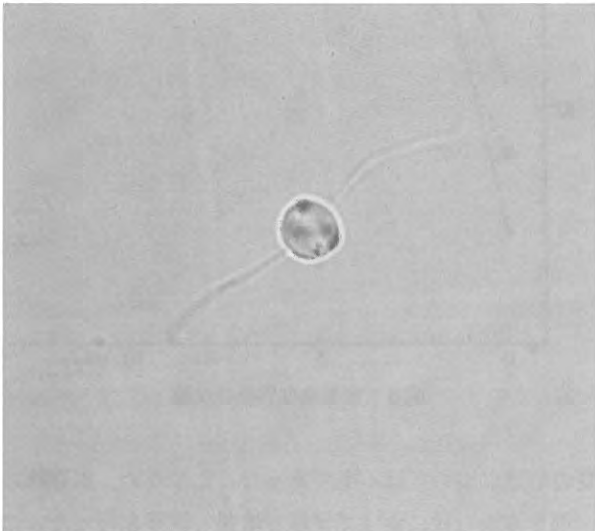


図8 精原細胞

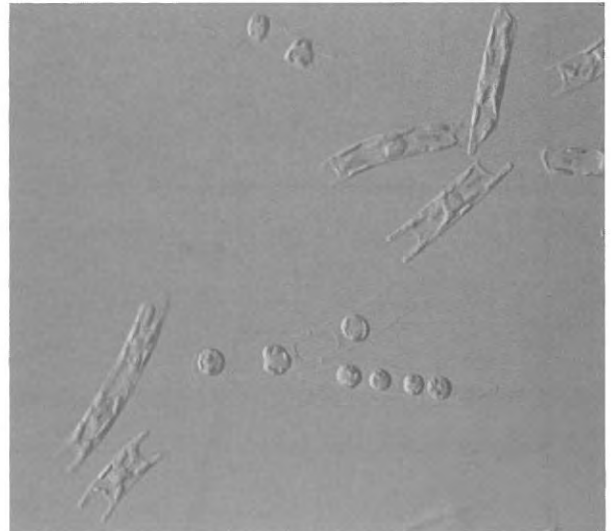


図9 細胞壁内の精原細胞

により脆弱化した株を若返らせることが可能となり、長期間にわたる継代培養が可能になるものと考えられる。

7) 精子の形成

培養中、図7に示したように精子(雄性配偶子)の形成を確認した。精子の形成はバッチ培養中、増殖が定常期に入ってから4~5日程度経過した時から形成され始め1週間程度でピークに達するとその後は凋落した。

中心目の精子は鞭毛が2本の精原細胞が分裂して形成されることが知られているが³⁾、今回の観察でも図8に示した精原細胞が観察された。また本種の精原細胞は細胞壁の中で形成され、その数は1細胞につき2個~4個形成されることも確認できた。しかしながら卵細胞については今回は観察されなかった。

今後は、卵細胞の発見と受精後の卵細胞の経過につい

て観察を行い、休眠胞子を形成の有無などを確認することが課題である。

8) 人工海水を用いた*E. zodiacus*の培養について

栄養要求量試験など栄養成分等の調整を必要とする試験を行うため人工培地による培養法の検討を行った結果、ASP2 (NTA) 培地を有明海の海水とほぼ同じになる程度まで主要塩類の量を増やした培地で、ある程度の培養が可能となった。しかしながら、図9に示したように、植え次ぎ世代を重ねると急激に増殖力が衰え3世代以降になると増えなくなる結果となった。この培地に海水を1%添加するとやや増殖力が回復することや、同じ培地でも*Skeletonema costatum*では継続的に培養が可能であることから、この人工培地にはこの種が特異的に要求する何らかの成分が欠落しているものと考えられる。今

後の課題として、この欠落していると考えられる成分を見つけだすことが必要と考えられる。当面の栄養要求量試験については黒潮海水などの栄養塩の極めて少ない海域の海水を使って行うことを検討する必要がある。

文 献

- 1) 気象庁編, 海洋観測指針, 日本海洋学会, pp 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, p45 (1967)
- 3) Drebes G., The Biology Of Diatoms, Blackwell Scientific Publications, pp 252-254 (1977)

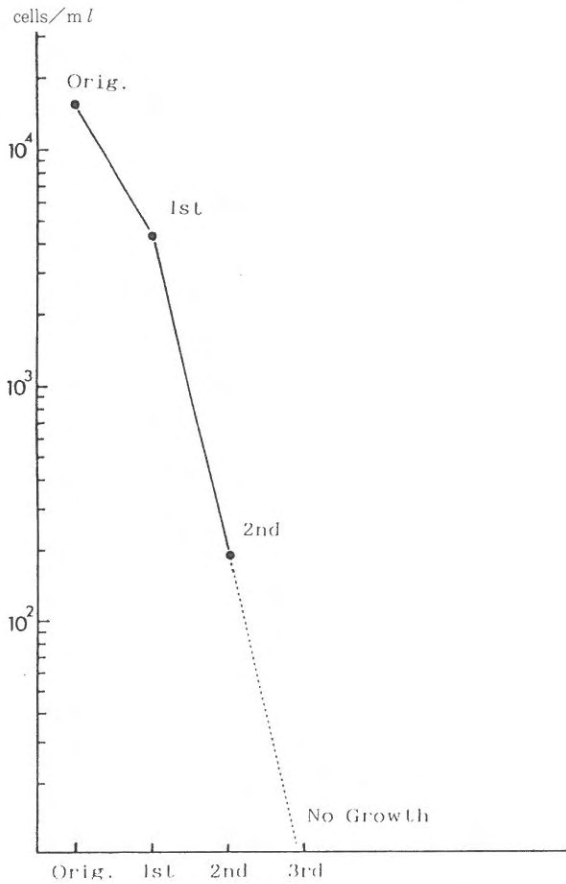


図10 ASP₂における増殖状況

海洋環境浄化再生事業

本田 一三・山本 千裕・白石 日出人

福岡県有明海においては、一部の地先漁場で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、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。

干潟域で、底質の悪化した漁場に覆砂を行い底質の改良造成工事が大牟田地先（平成4年6～7月、平成5年4～6月）及び大和地先（平成5年6～7月）で行われた。本年度は、各造成漁場の底質の経時変動調査と浄化再生効果を目的に、底質改良工事の造成前後の底質環境調査を実施したので、その結果を次の通り報告する。

調査方法

調査は、図1～図2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事後調査を実施した。底質改良工事が、平成4年6月上旬から7月中旬にかけて行われた大牟田沖のもの（A-line及びC-line）については、1年後の経過調査を精密

調査地点について、平成5年7月21日に実施した。平成5年4月中旬から6月上旬にかけて行われた大牟田沖のもの（B-line及びD-line）については、精密調査地点について底質改良工事の直後、1か月後、3か月後および6か月後の経時変動調査を平成5年6月5日、7月21日、9月14日及び12月1日に実施した。平成5年6月下旬から7月中旬にかけて行われた大和沖のもの（F-line）については、一般調査を底質改良工事前の平成5年6月23日に実施し、精密調査を底質改良工事直後、1か月後、3か月後および6か月後の経時変動調査を、平成5年7月15日、8月27日、10月25日及び平成6年1月28日に実施した。調査は、一般調査については、100mメッシュの70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。精密調査地点については、底質改良工事の直後、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、生物相についてはベントス調査を行った。

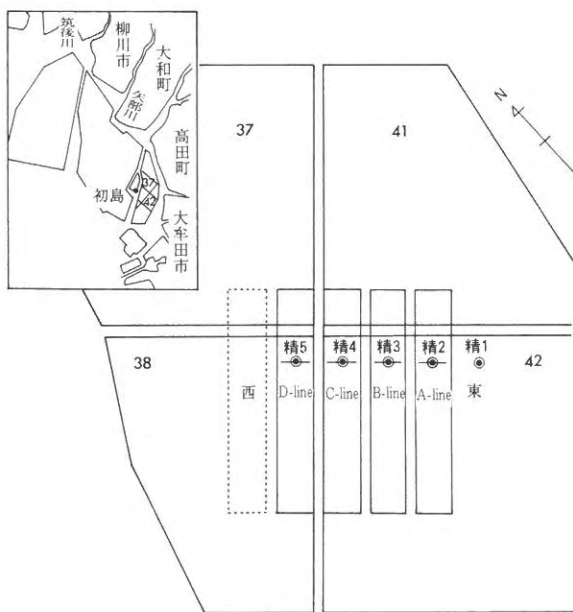


図1 大牟田沖調査地点

- 精密調査地点
- A～D-line形状調査
- A, C (平成4年6～7月造成)
- B, D (平成5年3～5月造成)

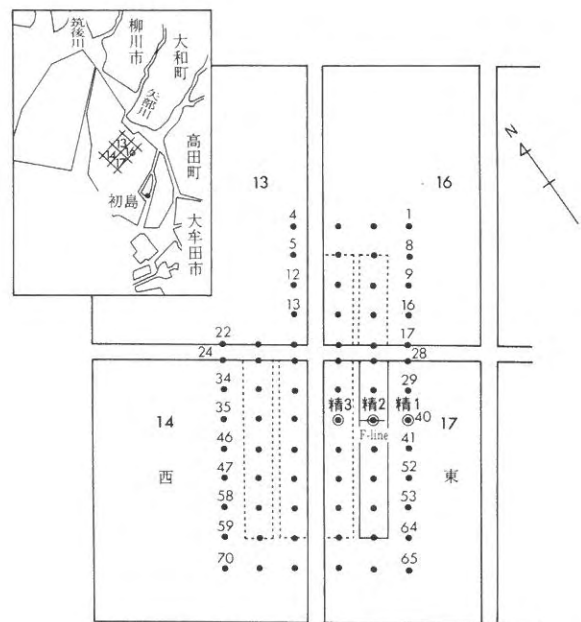


図2 大和沖調査地点

- 精密調査地点
- F-line (平成5年6～7月造成)
- 一般調査地点

採泥層は、一般調査については、表層から10cmまでの1層を、精密調査については、底泥を直径4cmのアクリルパイプで柱状採泥し、表層から10cm、10cm～20cm、20cm～30cm、30cm～40cm、40cm～50cmまでの5層に分割した試料について分析した。

生物相については、大牟田沖の分については25×25cm (0.0625m²) の枠取りをし、深さ15cmの底質の採泥をした。大和沖の分については、エクマンバージ型採泥器により20×20cm (0.04m²)、深さ10cmの底質の採泥をした。採泥した底質は、持ち帰り目あい0.5mmメッシュのナイロンネット地でふるい分けしナイロンネット地の上に残った動物の生物相を測定した。

結 果

1. 一般調査

大和沖で実施した一般調査は、図2に示す70地点の底質の一般項目について、漁場造成事業前に実施した。各項目の水平分布を図3～図6に示した。

(1) COD (化学的酸素要求量)

CODについては、調査した全域について3mg/g·dry以上の値を示した。COD値は10mg/g·dry以上を示す地点も数点見られ、中央粒径値の大きい場所で汚染の進行を示す20mg/g·dry以上の値を示す地点が1地点出現した。底質としては汚染がやや進行している傾向にあり、

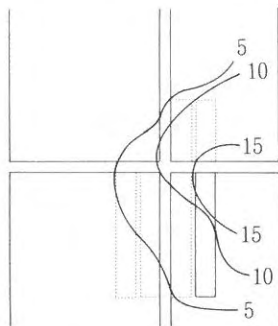


図3 大和沖CODの分布 (単位: mg/g·d)

底質悪化が懸念される環境と思われる。大和沖は、大牟田沖に比べてCOD値の高い傾向が認められた。

(2) H₂S (硫化物)

H₂Sについては、調査した全域について0.01mg/g·dry～0.74mg/g·dryの範囲内にあった。H₂Sは、中央粒径値の大きい場所で0.10mg/g·dry以上の値を示す地点が全調査地点の約半分見られ、汚染の進行を示す0.20mg/g·dry以上の地点も全調査地点の約1/3見られた。したがって、底質としては、H₂Sの値と同様に汚染の進行が窺え、底質悪化が懸念される環境と思われる。H₂Sの値もCODの値と同様に大牟田沖に比べて高い傾向が認められた。

(3) IL (強熱減量)

ILについては、調査した全域について1.47%～8.83%の範囲内にあった。IL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。また、IL値は、Mdφ (中央粒径値) 値の大きい泥程高い値を示した。

(4) Mdφ (中央粒径値)

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る。WENTWOKTHの粒径による堆積物の分類表を表1に示した。

Mdφについては、調査した全域について-0.71～4以上であった。Mdφ2以上の細砂より微細な砂が2/

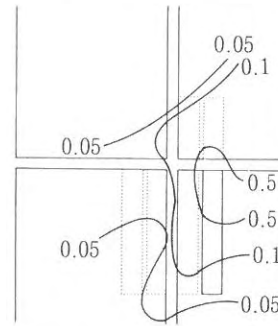


図4 大和沖H₂Sの分布 (単位: mg/g·d)

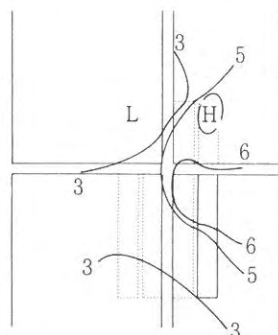


図5 大和沖ILの分布 (単位: %)

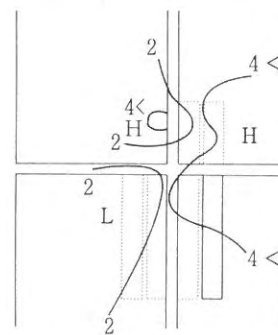


図6 大和沖Mdφの分布

表1 粒径による堆積物のWENTWOKTH分類表

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

3以上を占めた。また、Md φ 4以上の粗シルトより微細な泥が18地点あり、全域の1/3を占めシルトや粘土質の底質が多く見られた。

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 (大牟田沖)

精密調査は、図1に示す精密調査地点の5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。また、造成前後の底質及びベントスの経時変動を調べた。精密調査地点の精1は、対照区 (Stn. 1)、精密調査地点の精2 (Stn. 2)、精3 (Stn. 3)、精4 (Stn. 4) 及び精5 (Stn. 5) は底質改良の造成区として設定した。

(1) 平成4年7月に造成した大牟田沖 (A-line及びC-line) の底質改良工事1年後の変動について。

1年後の調査結果の垂直分布図を図7~図10に示した。

1) CODの変動結果

前回までの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、30~40cm層で一時増加、さらに深くなると減少する傾向が認められたが、1年後の今回もこの傾向が認められた。対照区 (Stn. 1) については、前回2月の調査に比べて全層で高い値を示したが、その他の地点では前回とほとんど同じ値を示した。

2) H₂Sの変動結果

前回までの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、30~40cm層で一時増加した減少する傾向が認められたが、1年後の今回もこの傾向が認められた。対照区 (Stn. 1) については、前回2月の調査に比べて高い値を示したが、その他の地点では前回とほとんど同じ値を示した。

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

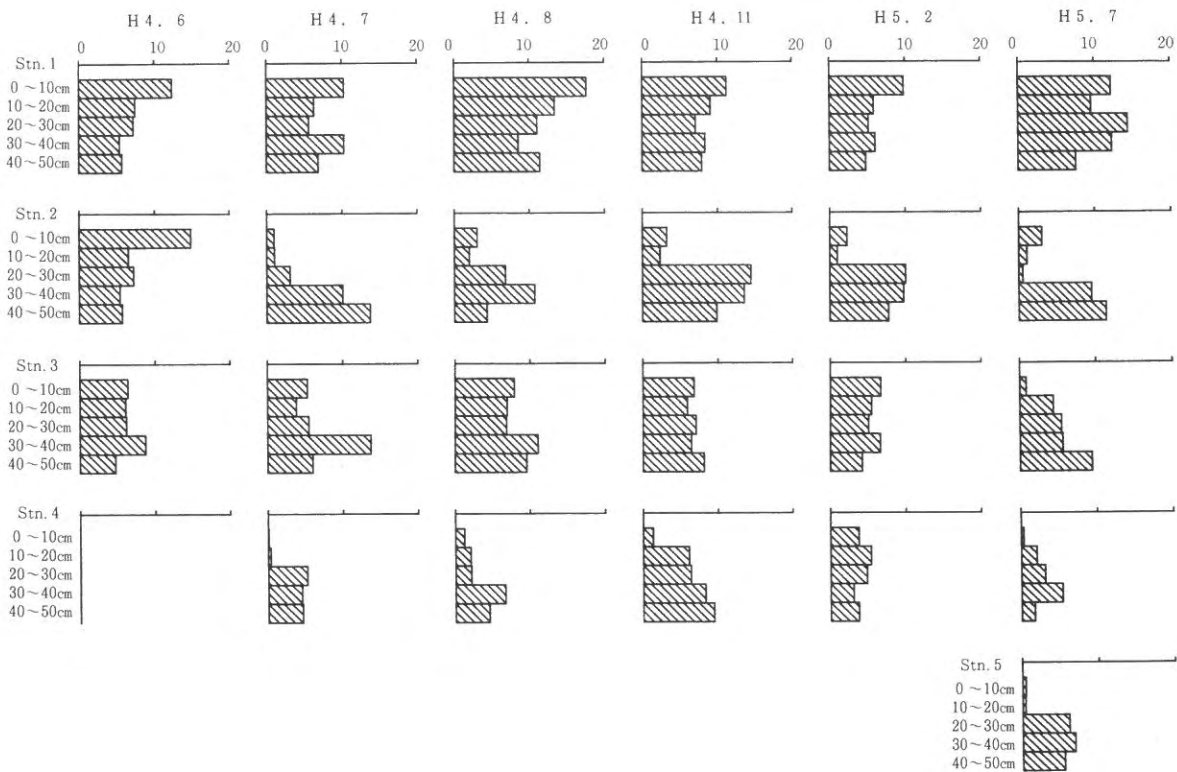


図7 大牟田沖CODの経時変化および一年後の結果 (単位: mg/g·d)

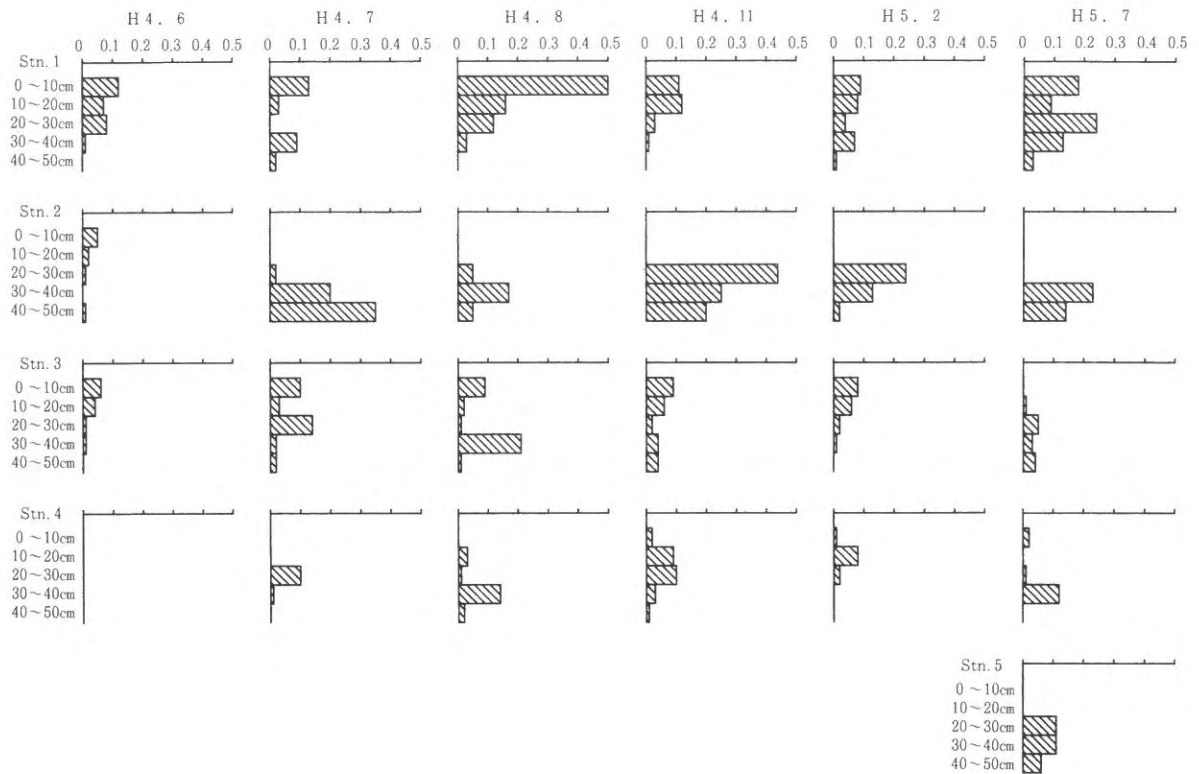


図8 大牟田沖 H_2S の経時変化および一年後の結果(単位: $mg/g \cdot d$)

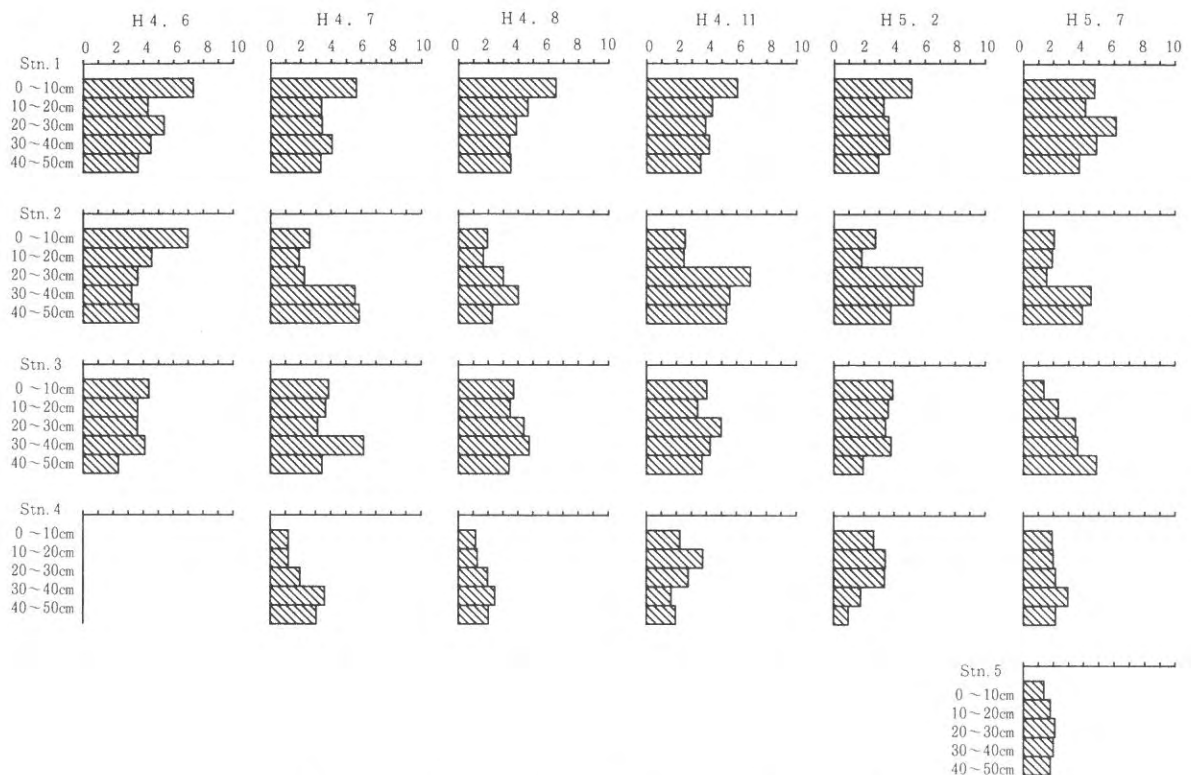


図9 大牟田沖 I L の経時変化および一年後の結果(単位: %)

じ傾向で変動し、底泥の表面から深くなるにしたがって I L 値は低下し、30~40cm層で一時増加した減少する傾向が認められたが、1年後の今回もこの傾向が認め

られた。対照区(Stn. 1)については、前回2月の調査に比べて高い値を示したが、その他の地点では前回とほとんど同じ値を示した。

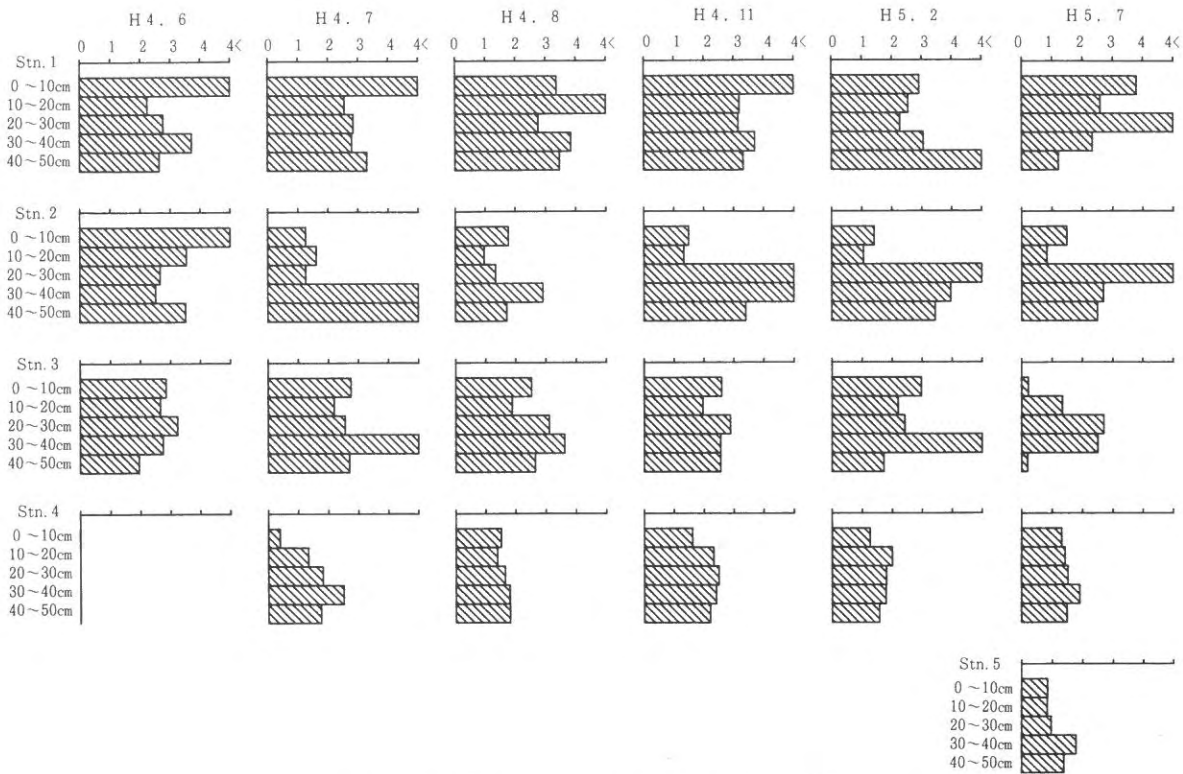


図10 大牟田沖Mdφの経時変化および一年後の結果

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値は地点によっては異なるが20~50cm層まで低下し、一時増加した減少する傾向が認められた。対照区(Stn.1)については、前回2月の調査に比べて高い値を示したが、その他の地点では前回とほとんど同じ値を示した。

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、ある深度で一時増加した減少する傾向が認められる。また、覆砂した地点の下の泥は高い値を示す傾向が窺えた。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り一時増加した減少する傾向が認められたが、経時変動はほとんど認められなかった。

造成後1年では、造成地の底質の変化(汚染の進行)はほとんど認められなかった。

(2) 平成5年6月に造成した大牟田沖(B-line及びD-line)精密地点の経時変動

調査結果の垂直分布を図11~図14に示した。

1) CODの変動結果

CODの垂直分布については、対照区(Stn.1)では

底泥の表面から深くなるにしたがって、COD値は低下し、20~30cm層で一時増加し、さらに深くなるに減少する傾向が認められた。造成区(Stn.3及びStn.5)では、覆砂部分の砂地では極端に低い値を示し、深くなるにしたがってCOD値は増加した。造成区は対照区に比べて低い値を示した。

CODの経時変動を見ると、全地点とも季節変動はほとんど認められなかった。

2) H₂Sの変動結果

H₂Sの垂直分布については、対照区(Stn.1)では底泥の表面から深くなるにしたがって、H₂S値は低下する傾向が認められた。造成区(Stn.3及びStn.5)では、覆砂部分の砂地では極端に低い値を示し、砂地の下の泥の部分は高い値を示した。

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、全地点とも季節変動はほとんど認められなかった。

3) ILの変動結果

ILの垂直分布については、対照区(Stn.1)では底泥の表面から深くなるにしたがって、IL値は低下する傾向が認められた。造成区(Stn.3及びStn.5)では、

底泥の表面から深くなるにしたがって、IL値は横這いか増加傾向が認められた。造成区では、覆砂部分の砂地では低い値を示し、砂地の下の泥の部分はやや高い値を示した。

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、対照区(Stn.1)では底泥の表面から深くなるにしたがって、Mdφ値は低下する傾向が認められた。造成区(Stn.3及びStn.5)では、覆砂部分の砂地では低い値を示し、砂地の下の泥の部分は高い値を示した。

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。

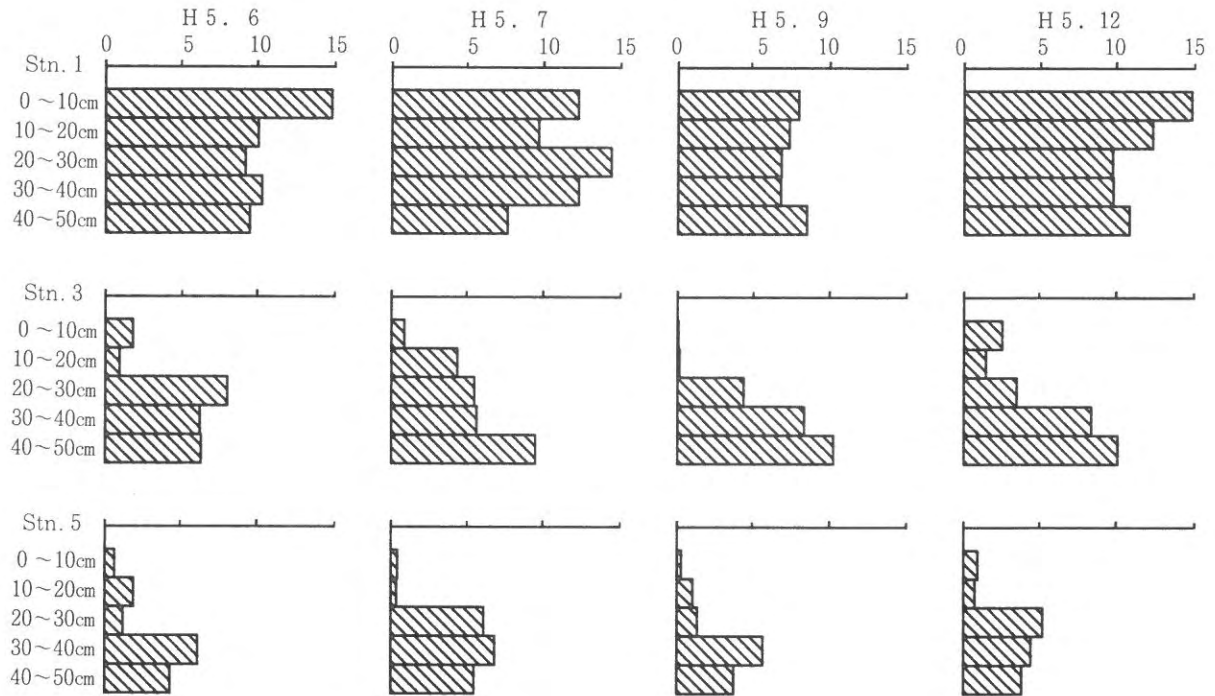


図11 大牟田沖CODの経時変化(単位: mg/g·d)

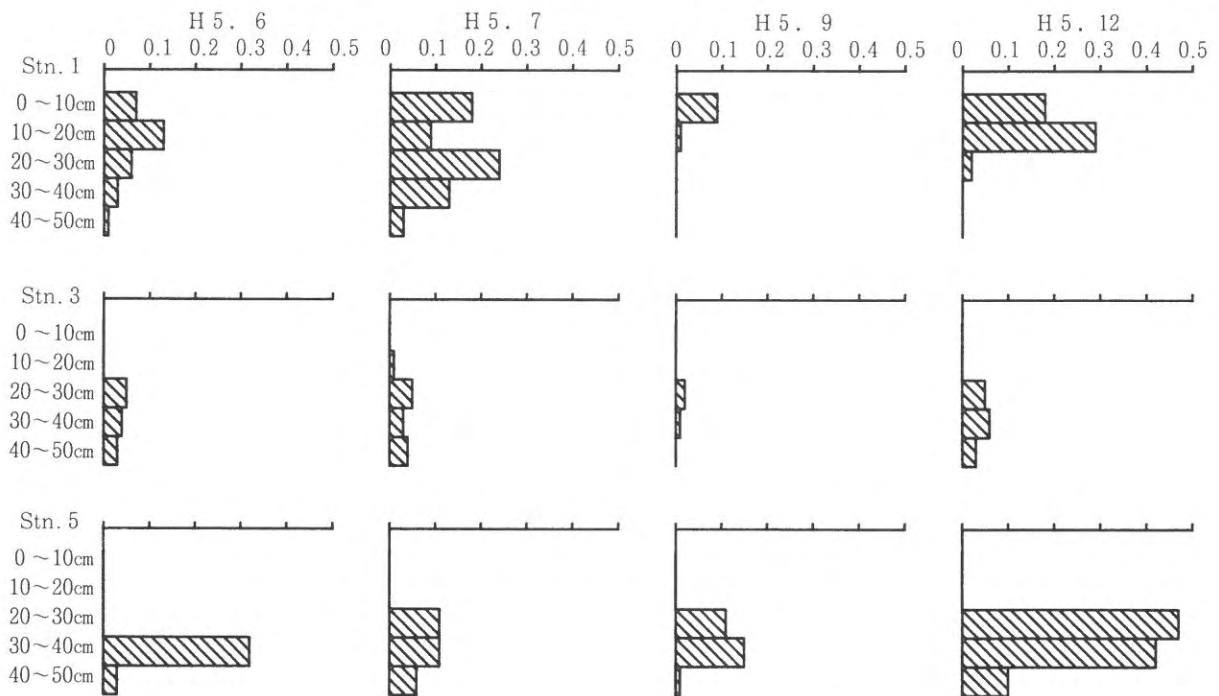


図12 大牟田沖H₂Sの経時変化(単位: mg/g·d)

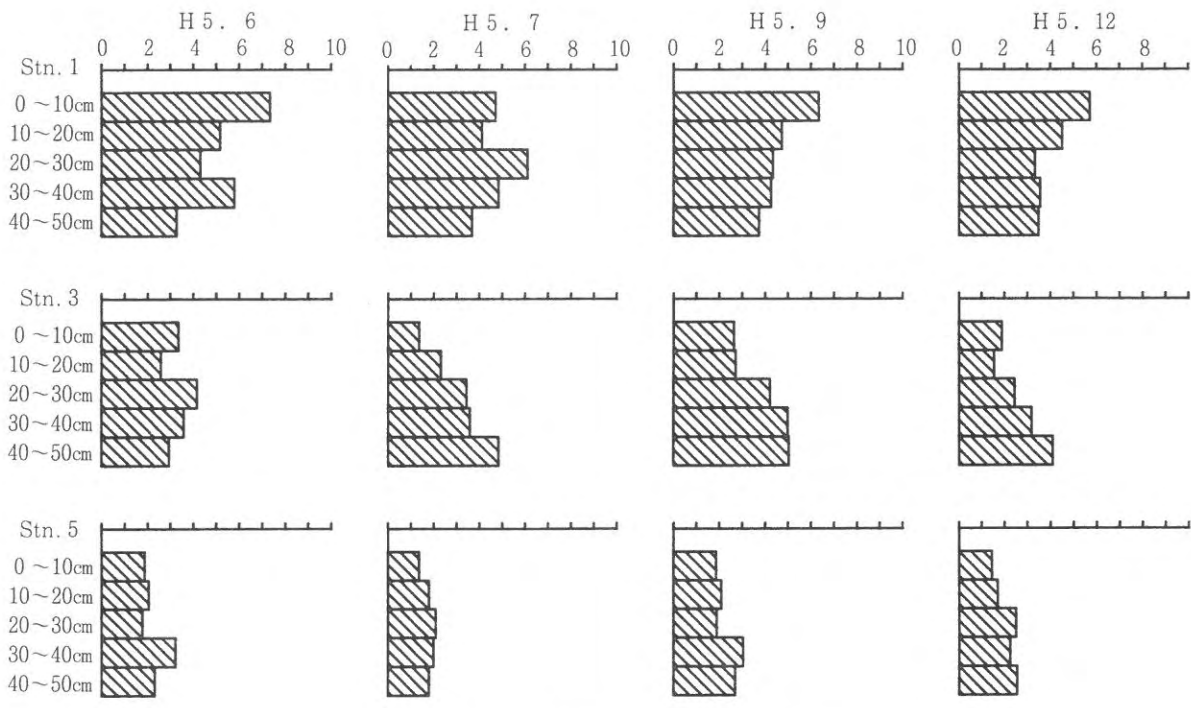


図13 大牟田沖 I L の経時変化 (単位: %)

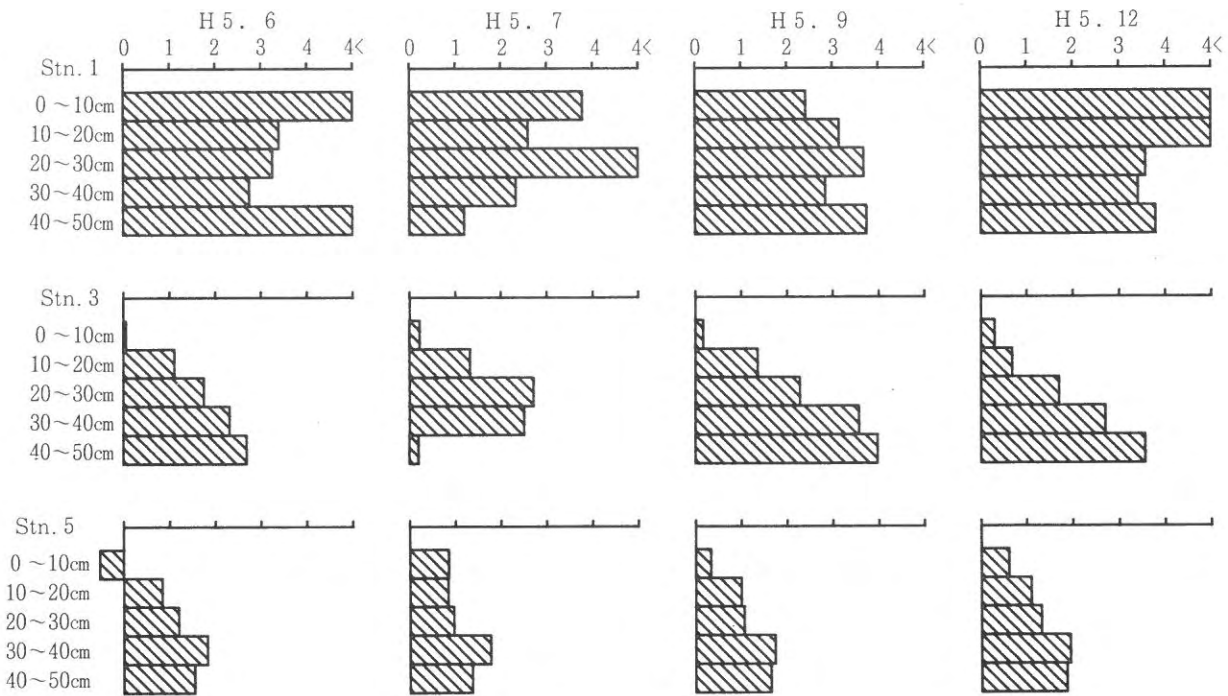


図14 大牟田沖 M d φ の経時変化

以上から、COD、 H_2S 、I L 及び M d φ 値は、対照区では垂直分布は深くなるにしたがって値は小さくなる傾向を示し、逆に造成区では深くなるにしたがって値は大きくなる傾向を示した。経時変動は認められず横這い傾向で推移した。

3. 精密調査 (大和沖)

精密調査は、図 2 に示す精密調査地点の 3 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。また、造成前後の底質及びベントスの経時変動を調べた。精密調査地点の精 1 (Stn. 1) は、対照区、精密調査地点の精 2 (Stn. 2) 及び精 3 (Stn. 3) は底質改良の造

成区として設定した。大和沖の調査結果の垂直分布を図15～図18に示した。

(1) 平成5年7月に造成した大和沖 (F-line) 精密地点の経時変動調査結果

1) CODの変動結果

CODの垂直分布については、対照区 (Stn.1) では

底泥の表面から深くなるにしたがって、COD値は低下する傾向が認められた。造成区 (Stn.2) では底泥の表面から深くなるにしたがって、COD値は増加する傾向が認められた。対照区 (Stn.3) では底泥の表面から深くなるにしたがって、COD値は低下する傾向が認められた。

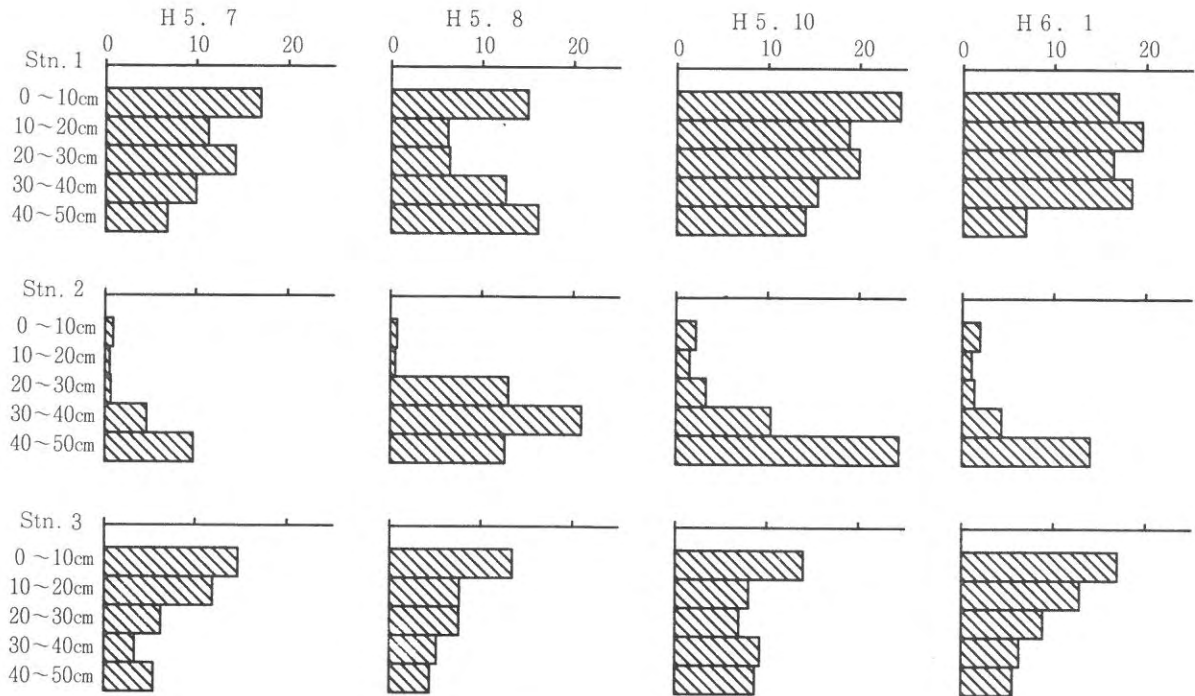


図15 大和沖CODの経時変化 (単位: mg/g·d)

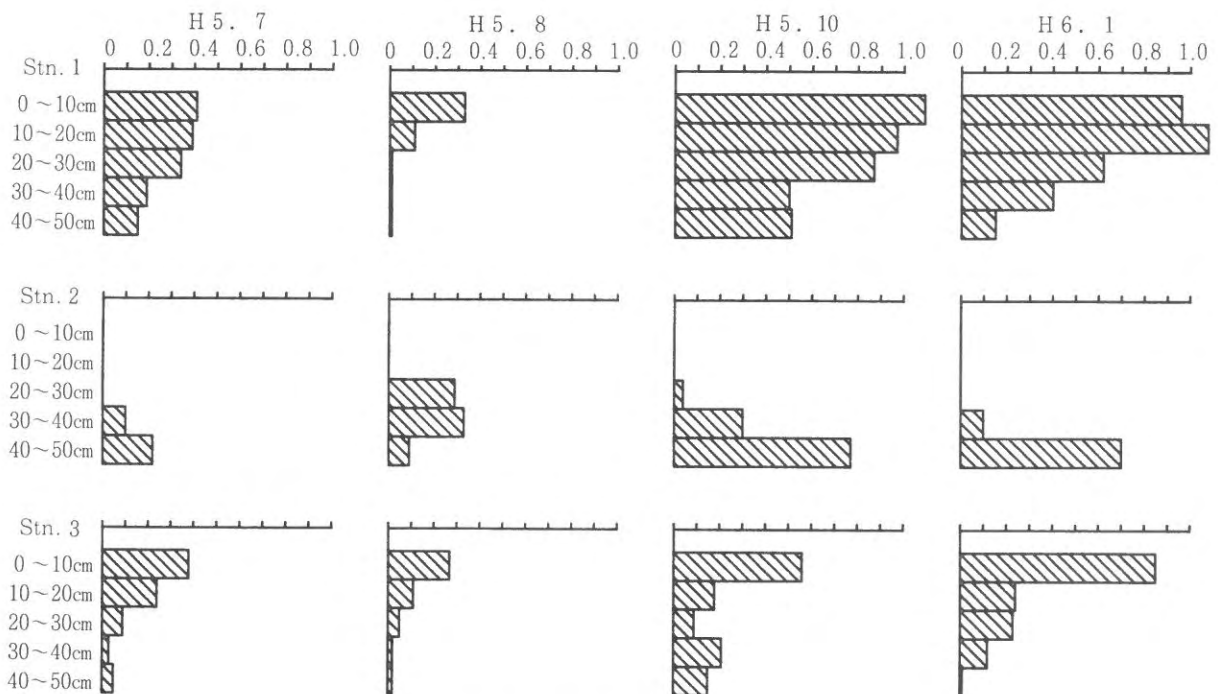


図16 大和沖H₂Sの経時変化 (単位: mg/g·d)

覆砂をした造成区 (Stn. 2) は、覆砂をした砂の厚さの部分で、COD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。

CODの経時変動を見ると、全地点ともCOD値は、冬季にやや高く、夏季にやや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、対照区 (Stn. 1) では底泥の表面から深くなるにしたがって、H₂S値は低下する傾向が認められた。造成区 (Stn. 2) では底泥の表面から深くなるにしたがって、H₂S値は増加する傾向が認められた。対照区 (Stn. 3) では底泥の表面から深

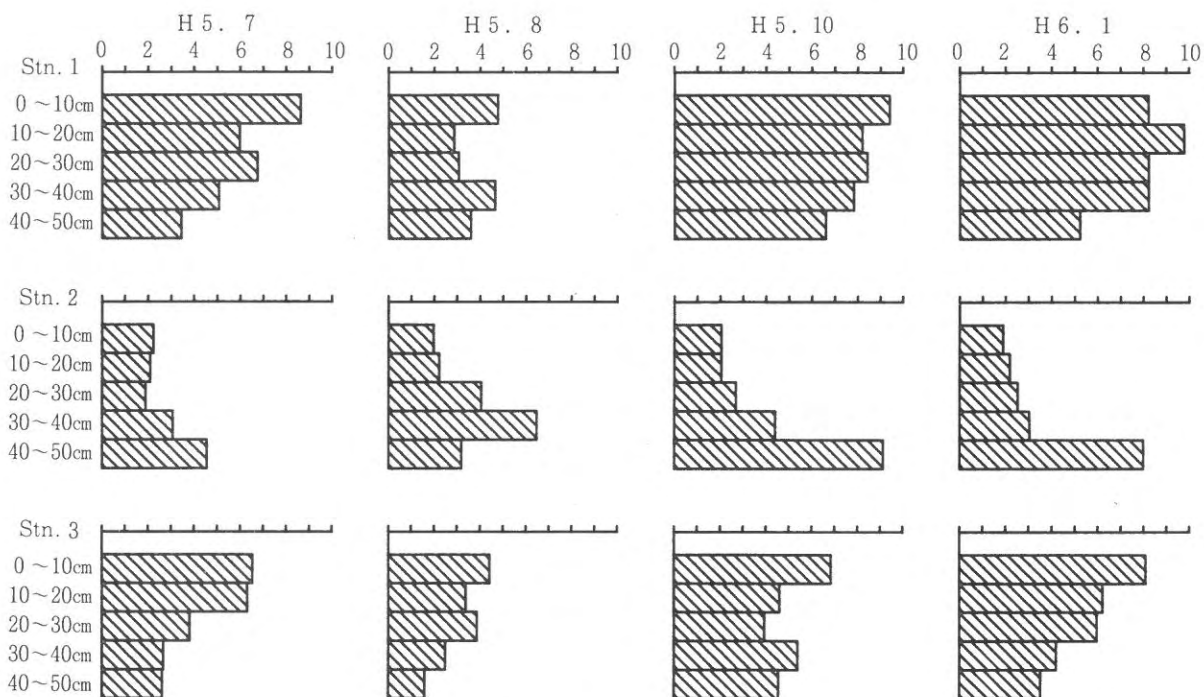


図17 大和沖I Lの経時変化 (単位: %)

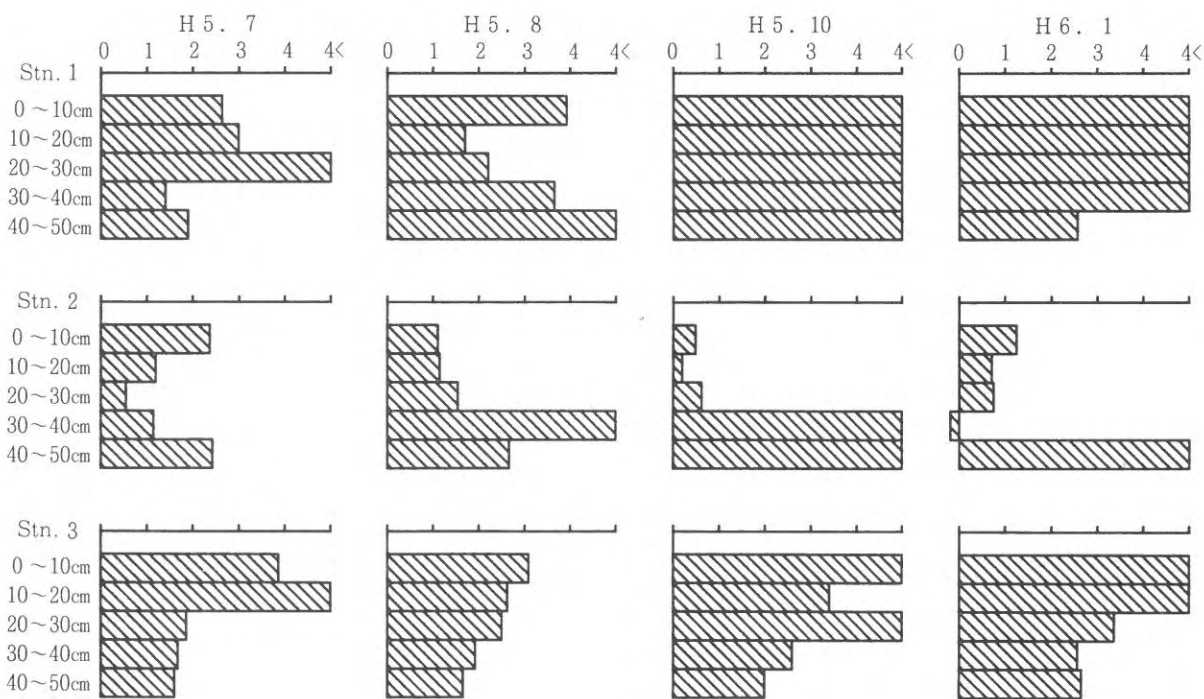


図18 大和沖M d φの経時変化

くなるにしたがって、 H_2S 値は低下する傾向が認められた。

覆砂をした造成区(Stn.2)は、覆砂をした砂の厚さの部分が、 H_2S 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。

H_2S の経時変動は、冬季にやや高く、夏季にやや低い値を示す変動傾向で推移した。

3) I Lの変動結果

I Lの垂直分布については、対照区(Stn.1)では底泥の表面から深くなるにしたがって、I L値は低下する傾向が認められた。造成区(Stn.2)では底泥の表面から深くなるにしたがって、I L値は増加する傾向が認められた。対照区(Stn.3)では底泥の表面から深くなるにしたがって、I L値は低下する傾向が認められた。

覆砂をした造成区(Stn.2)は、覆砂をした砂の厚さの部分が、I L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。

I Lの経時変動は、冬季にやや高く、夏季にやや低い値を示す変動傾向で推移した。

4) M d ϕ の変動結果

M d ϕ の垂直分布については、対照区(Stn.1)では底泥の表面から深くなるにしたがって、M d ϕ 値は低下する傾向が認められた。造成区(Stn.2)では底泥の表面から深くなるにしたがって、M d ϕ 値は増加する傾向が認められた。対照区(Stn.3)では底泥の表面から深くなるにしたがって、M d ϕ 値は低下する傾向が認められた。

覆砂をした造成区(Stn.2)は、覆砂をした砂の厚さ

の部分が、M d ϕ 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。

M d ϕ の経時変動は、冬季にやや高く、夏季にやや低い値を示す変動傾向で推移した。

以上から、COD、I L、 H_2S 及びM d ϕ の対照区については、垂直分布は深くなるにしたがって値は小さくなり、造成区については深くなるにしたがって値は大きくなる。経時変動は冬季に高い値を示し、夏季に低い値を示す変動傾向で推移した。

覆砂する砂のCOD、I L、 H_2S 及びM d ϕ の値は小さいので、覆砂すれば確実に底質の改善が計れるものと思われる。

4. 造成漁場形状変化調査

造成漁場形状変化は、図19～図21に示すとおりである。この図から、大牟田沖造成区(A-line及びC-line)は、断面図および砂厚が1年前とほとんど同じ図形を示している。

大牟田沖造成区(B-line及びD-line)は、断面図および砂厚が1年前とほとんど同じ図形を示しているが、縁辺部ではやや砂が流れて砂厚さが薄くなっている所がある。

大和沖造成区(F-Line)は、底質のM d ϕ 値が大きく粒径が小さな浮泥であるため、砂厚さの変動が大牟田沖に比べて大きい。

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よう。

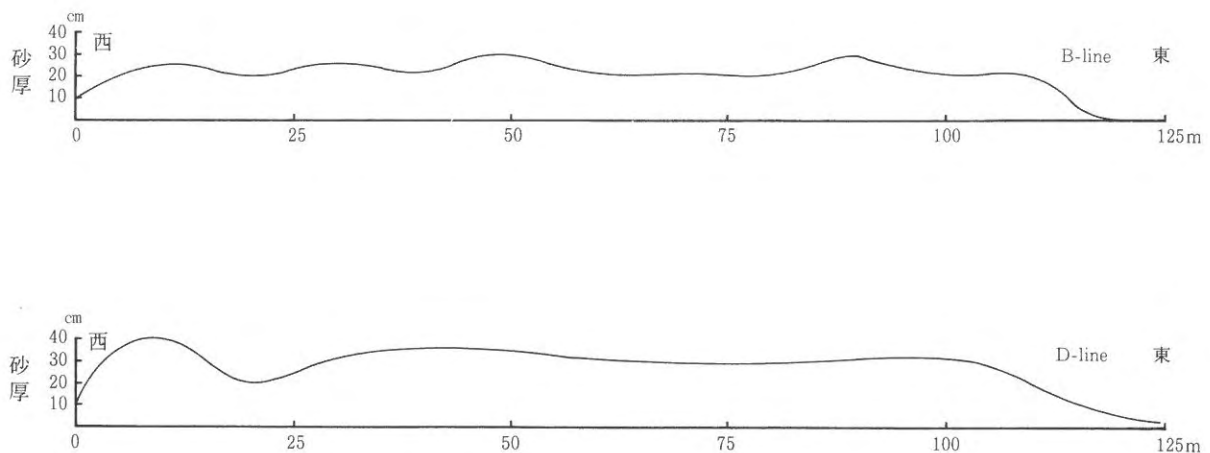


図19 大牟田地先造成地砂厚断面(平成5年7月21日調査)

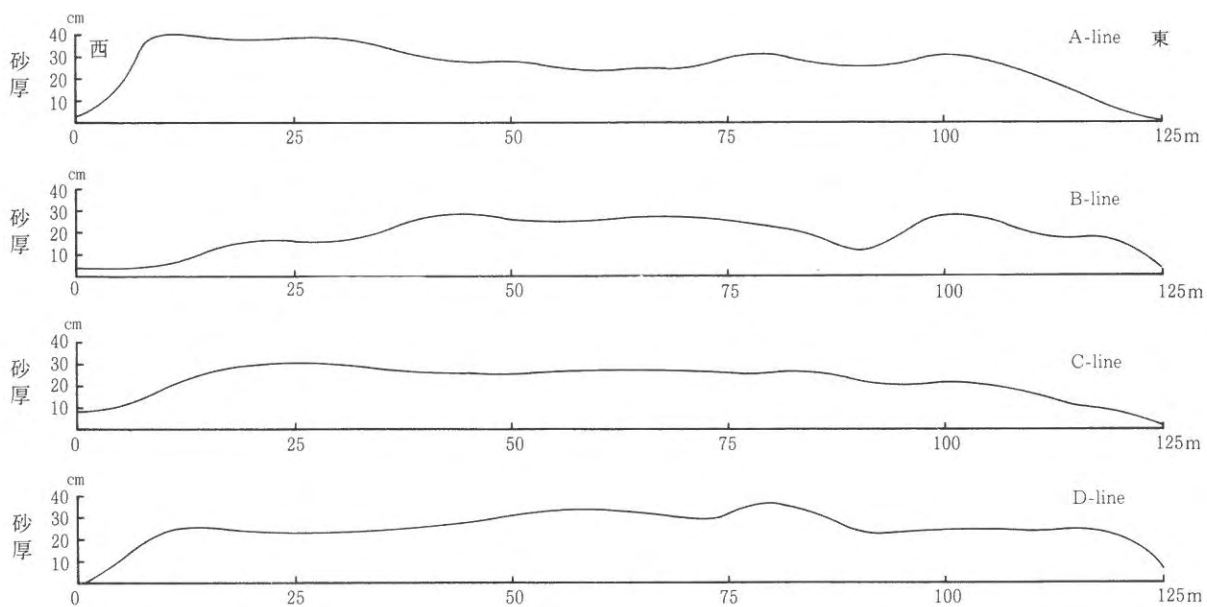


図20 大牟田地先造成地砂厚断面（平成6年3月28日調査）

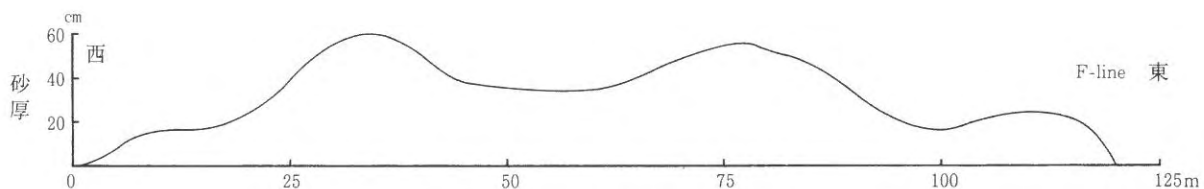


図21 大和沖造成地砂厚断面（平成6年2月24日調査）

5. ベントス調査

ベントスの種類及び個体数は、図22～図23に示した。

(1) 大牟田沖（A-line及びC-line）のベントス調査結果

平成4年度造成区大牟田沖の1年後のベントスは、対照区（Stn.1）ではサルボウガイの二枚貝や甲殻類の出現も見られたが多毛類やせん虫類が多く見られた。汚染指標種は、シズクガイが出現した。対照区では、せん虫が27,200個体/m²ともっとも多かった。造成区のStn.2とStn.4の定点でマテガイの親貝やサルボウガイの二枚貝も見られたが、多毛類やせん虫類が多く見られた。汚染指標種は、3種類とも出現しなかった。造成区では、せん虫が480個体/m²ともっとも多かった。

造成区については、対照区と比べると、多毛類、その他のベントス及び汚染指標種が少なく、貝類や甲殻類が多く出現した。

経時変動を見ると、対照区ではせん虫が多く見られたがその他の組成は大きな変動は見られなかった。造成区では、組成については大きな変化はなかったが、マテガ

イの個数が減少したがサイズが大きくなった。また、造成区のStn.4地点ではアサリ貝が16個体/m²出現した。

平成5年度対照区のベントス変動については、平成4年度の対照区を引き続き対照区として使用している。平成5年度対照区のベントス変動は、生物相の組成はほとんど変わらなかったが、個体数は夏季に多く冬季に少ない傾向で変動した。対照区は、多毛類やその他のベントスが多く出現し、甲殻類や貝類は少し出現した。6月には、汚染指標種であるシズクガイが出現し、7月の調査でも確認されたが、9月及び12月の調査では確認できなかった。

平成5年度造成区のベントス変動は、対照区に比べ造成直後の平成5年6月についてはベントス個数が、対照区に比べて非常に少ない。7月になると貝類が極端に多くなり、造成区（Stn.5）ではアサリが16個体/m²出現した。9月になるとベントスの個体数は減少し、12月には更に減少した。造成区では、汚染指標種の3種類は、何れの造成区及び何れの月にも出現しなかった。

(2) 大和沖のベントス調査結果

大和沖 (F-line) のベントス調査結果は、生物相については大きく変わらない。主なベントスは、多毛類及びせん虫であるが、7月の調査ではStn. 3 でアサリの稚貝が、平成4年1月の調査ではStn. 2 及びStn. 3 で小型のエビ類が出現し、その個体数は少なかった。また、汚染指標種については、7月の対照区 (Stn. 3) でシズクガイが50個体/m²、10月の対照区 (Stn. 1) でヨツバナスピオが125 個体/m²出現した。

大和沖と大牟田沖のベントス相を比べると、大和沖は甲殻類や貝類は極端に少なく、その個体数も極端に少ない。また、その他のベントスについても大和沖は生物相も少なく、その個体数も極端に少ない。汚染指標種については、大牟田沖はシズクガイが、大和沖はシズクガイとヨツバナスピオが出現し、生物相や個体数が極端に少

ないので、大牟田沖に比べて大和沖が底質汚染の進行している海域と言えよう。

以上から、造成区では汚染進行を示す多毛類や汚染指標種が少なく貝類や甲殻類が多くなっており、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照区では、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目視観察から造成区のほうが対照区に比べ数多く生息していることが認められた。また坪苺調査では検出されなかったが、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、二枚貝や甲殻類を餌とするイイダコが集まり、刺網漁業やタコ壺漁業の好漁場となっていることが確認された。

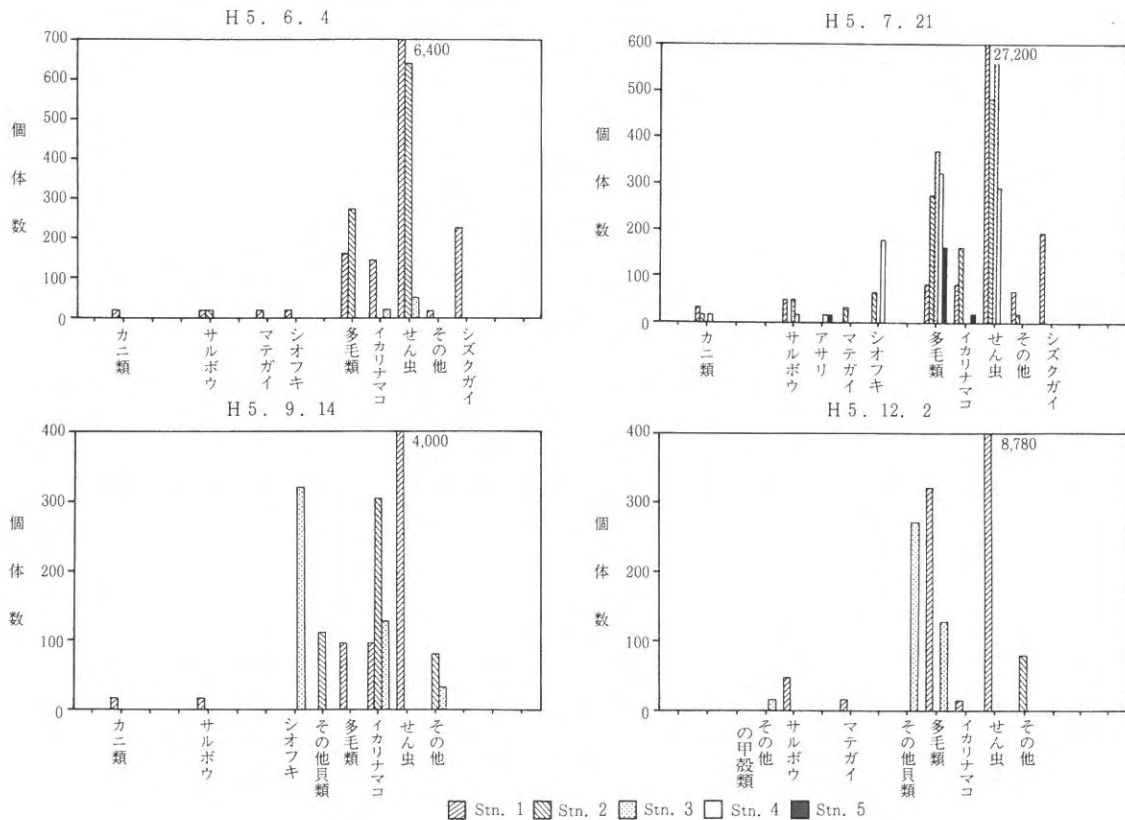


図22 大牟田沖における底生生物の現存量季節変化

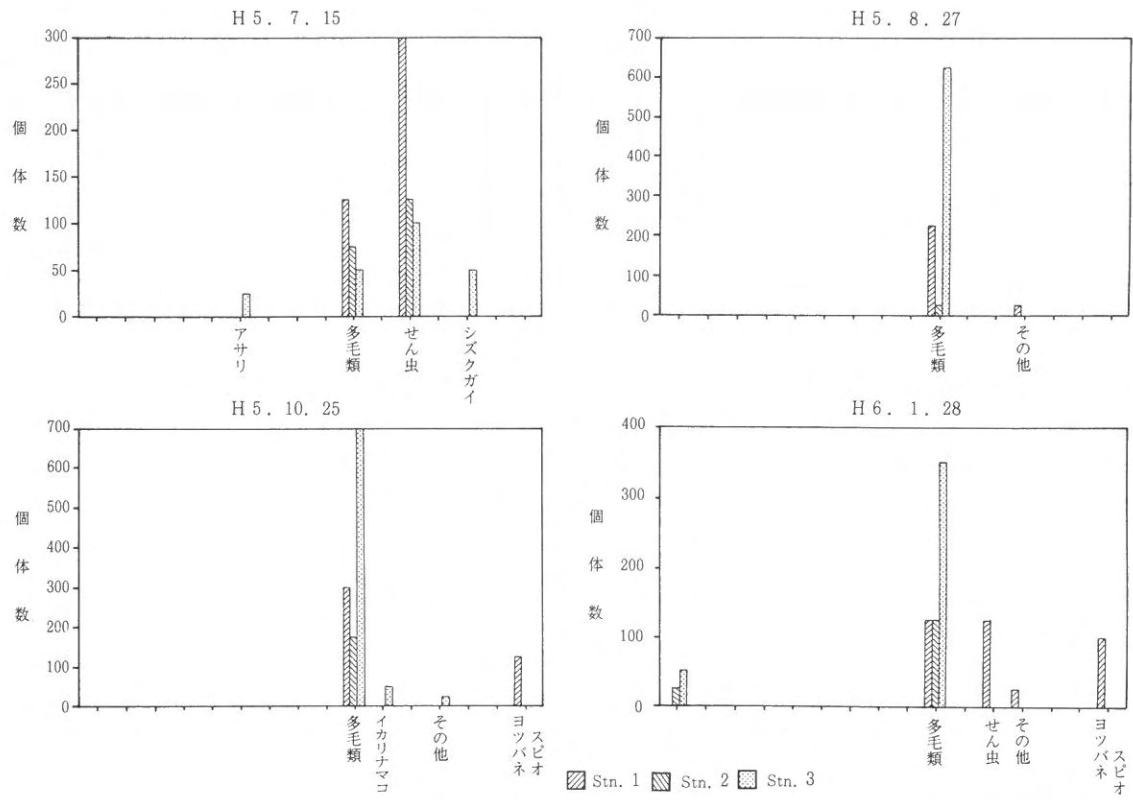


図23 大和沖における底生生物の現存量季節変化

漁場環境調査指導事業

白石 日出人・本田 一三・山本 千裕

I 大牟田地先漁場環境調査

大牟田川および諏訪川河口域のノリ漁場では、ノリ葉体の生理障害が発生したり、ノリ葉体が流失したり、ノリの製品に小穴があいたりする被害が発生している。この海域は、他海域に比べて流速が小さく河川水の拡散が行われにくく、低塩分濃度で高栄養塩濃度の水塊が形成されやすい海域である。そこで大牟田地先漁場を中心にした海況調査を行って、大牟田地先ノリ漁場の環境特性を把握し、ノリ養殖の管理並びにノリ製品の品質向上を図るための資料を得ることを目的とした調査を実施したので、以下にその概要を報告する。

方 法

平成5年度は図1に示す12地点で、満潮後2時間についての塩分分布を調査した。調査は、毎月1回奇数月は大潮時、偶数月は小潮時に測定した。

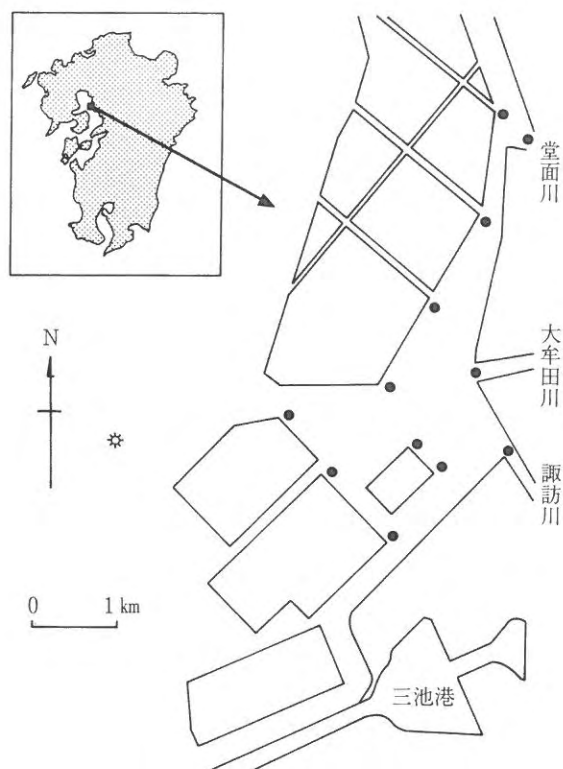


図1 調査地点

結果および考察

大牟田地先漁場は、大牟田川、堂面川及び諏訪川からの河川水の流入があるが、いずれもその河川自体からの流量は少ない。河川自体からの流量は少ないものの都市排水や工場排水及び炭坑排水等が加わり、この海域の形状特性から低塩分水塊が形成される。この漁場の北側には、一級河川の矢部川がありこの影響を大きく受ける海域でもある。

また、この海域の潮流は小さく、諏訪川河口域ではその傾向がさらに顕著である。したがって、この海域に流出される河川水の拡散及び混合は、他の海域に比べて小さく低塩分水塊が滞留するものと考えられる。

1 平成5年度の調査結果

調査結果については、変動傾向の特異な月である7月、10月、12月および2月の塩分分布を図2～図3に示した。

7月の梅雨期は、表層水については、大牟田川、堂面川および諏訪川河口域でやや低塩分が認められ、特に諏訪川では塩分濃度が3と低かった。底層水については、大牟田地先河口域で全体的にやや低塩分が認められた。

10月は、表層水については大牟田地先河口域でやや低塩分が認められ、特に堂面川と諏訪川で塩分濃度がそれぞれ18、8と低かった。底層水については、大牟田地先河口域で全体的にやや低塩分傾向が認められた。

12月は、10月と同様の傾向を示し、表層水については、堂面川と諏訪川で塩分濃度がそれぞれ21、9であった。底層水については、塩分濃度が10月よりも少し高めであった。

2月は、表層水については、大牟田地先河口域でやや低塩分が認められ、特に諏訪川で塩分濃度が5と低かった。底層水については、大牟田地先河口域で低塩分は認められなかった。

河口域の垂直分布を見ると、表層水の低塩分の見られる河口域では、表層から1m～2mまでは低塩分層であるが、2m以深は沖合い水と変わらない高い塩分濃度を示した。

要 約

1. 水温については、大牟田地先漁場への温排水の流入等による温度上昇は認められなかった。
2. 塩分については、諏訪川河口域の表層水の塩分濃度低下が著しかった。
3. 大牟田川の表層及び底層については、塩分濃度の低下が少ないので河川流量も少ないものと判断した。
4. 塩分濃度の河口域での垂直分布を見ると、表層水の塩分濃度低下が認められる諏訪川河口域に於いても、底層水の塩分は高い値を示した。したがって、表層水と底層水の攪はん混合を行うことによって、低塩分濃度の水塊の消滅を図ることも可能であろう。

Ⅱ 筑後川河川調査

久留米市の筑後川に建設した筑後大堰は、昭和54年4月に着工し昭和59年10月に完工した。筑後大堰完工後の環境への影響調査として水質調査を実施したので、その結果を以下に報告する。

方 法

筑後大堰の上流から河口域までの間の図4に示す8地点について、セメント工事の影響指標としてpH、濁りの影響指標として懸濁物質（SS）、有機物質として化学的酸素要求量（COD）、海域への負荷量として栄養塩類を測定した。調査時刻は、河川水自体の水質を把握するため、海水の影響の少ない干潮時に調査を実施した。

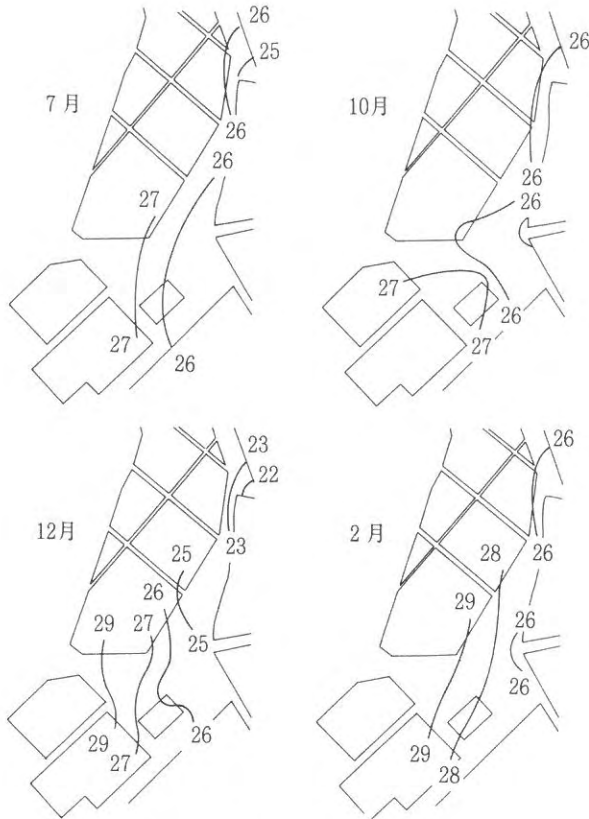


図2 大牟田地先塩分分布（表層）

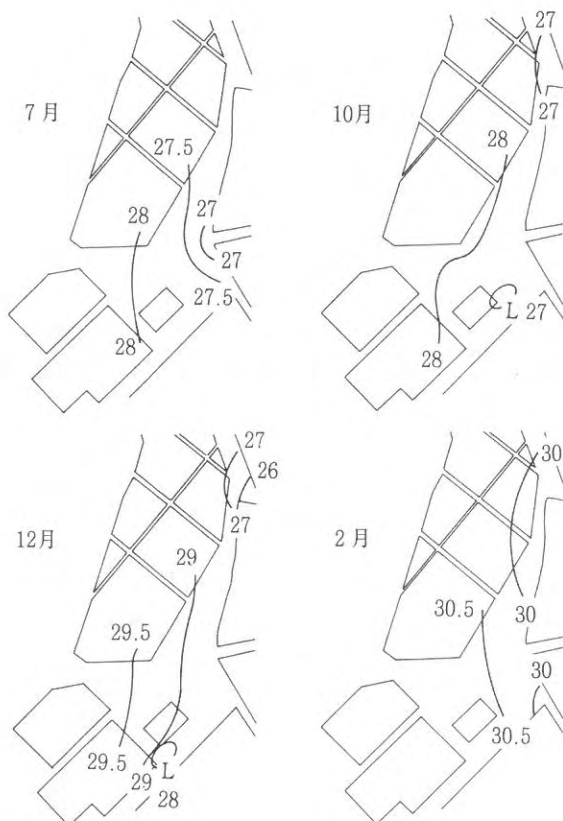


図3 大牟田地先塩分分布（底層）

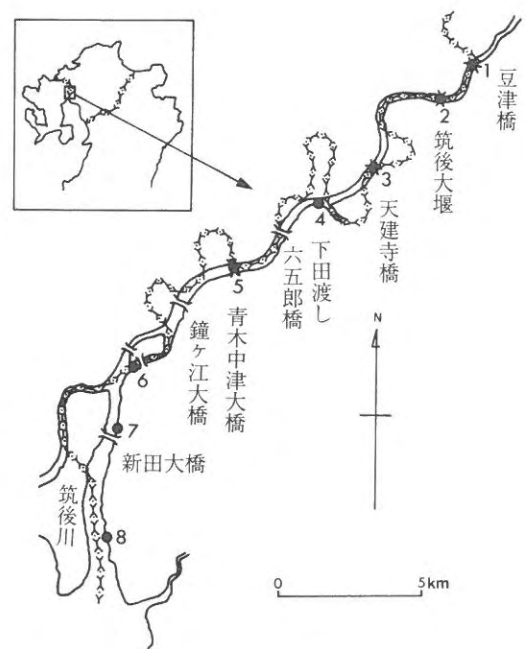


図4 調査地点

結果および考察

調査結果の水質変動を、図5及び図6に示した。

1. 水温

本年度は、冷夏暖冬傾向が影響して河川水の水温も夏期は低め、冬季は高めで推移し、水温は9.3～26.6℃の範囲内であった。地点別にみると夏期は上流域に比べ河口域に行くにしたがって水温が高くなる傾向が、冬期はその反対の傾向が認められた。上流域と河口域の温度差を比べると夏季に大きく冬季に小さかった。最大の温度差は8月の3.0℃であった。

2. 塩分

塩分は、海域の影響の少ない干潮時に測定しているので、筑後大堰付近では真水に近い小数点以下一位の値であった。塩分濃度は、上流域から河口域にかけて上昇するが、本年度はその値が0.06～12.0であった。筑後川河川の感潮域は、久留米市の瀬の下の上流域と言われるが、筑後大堰が建設されてからは筑後大堰付近と思われる。

3. pH

本年度は、夏季に低く冬季に高い値を示す傾向が認められ、pHは7.14～8.25の範囲内であった。河川的生活環境保全に関する環境基準値は、pHが6.5～8.5の範囲内となっており、平成5年度のpHはこの値の範囲内に入っている。pHは、河口域が海水の影響を受け高い値を示すこともあり、一般的にみて一定の傾向は窺えなかった。海水の影響の少ない時刻に調査しているが、河口域付近

になると海水の影響を受け塩分濃度は上昇する。しかし、塩分濃度上昇に伴うpHの上昇は認められず、pHの変動要因はプランクトンの発生による影響や空気中の炭酸が海水に溶解する影響が大きいものと推察した。

前年同様に、本年度は筑後大堰周辺部でpH値が高くなるという現象は認められなかったので、セメントアクによるpH上昇はなかったものと推察した。

4. 懸濁物質質量(SS)

SSは、夏季から冬季にかけて高い値を、冬季から春季にかけて低い値を示す変動で推移し、本年度は2～606ppmの範囲内であった。筑後大堰でのSS値は、周辺部の値と比べると全体的に低い傾向が認められた。地点別にみると上流から河口域にかけてSS値は、増加傾向を示した。

5. 化学的酸素要求量(COD)

本年度のCODは、特に大きな変動は認められずどちらかと言えば、夏季に高く冬季に低い値を示す変動で推移し、その値は0.73～7.13ppmの範囲内であった。筑後大堰でのCOD値は、その周辺部と比べると低い値を示す月も見られるが差は小さく、全般的に周辺部とほとんど差が見られなかった。地点別にみると上流域から河口域にかけてCOD値は、増加傾向を示した。

6. 栄養塩類

1) 磷酸塩(PO₄-P)

磷酸塩は、海域では夏季に高く冬季に低い値を示す一峰型で推移するが、河川域では夏期と冬期にピークを示

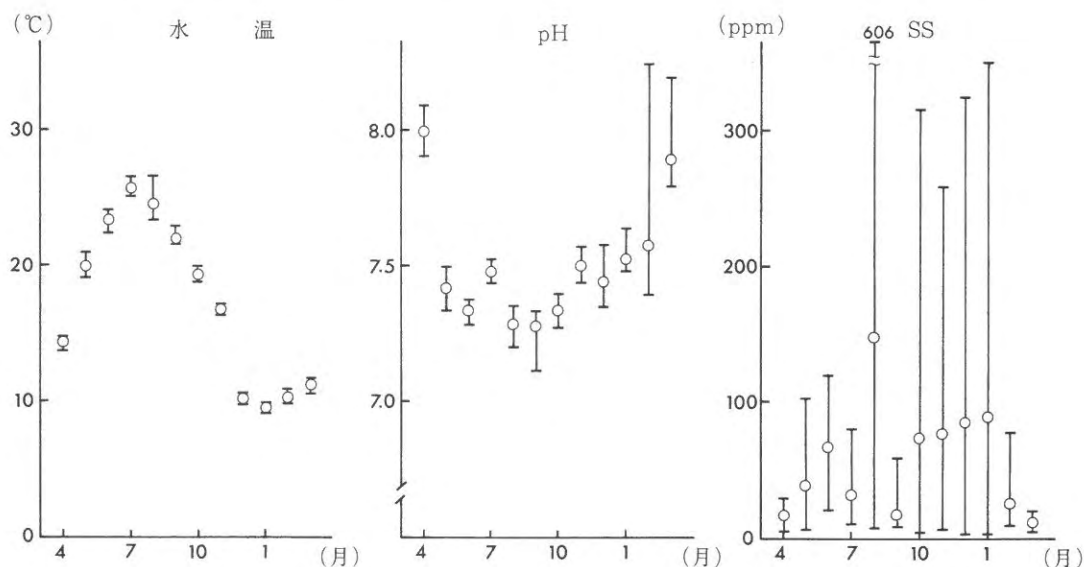


図5 筑後川河川水質変化

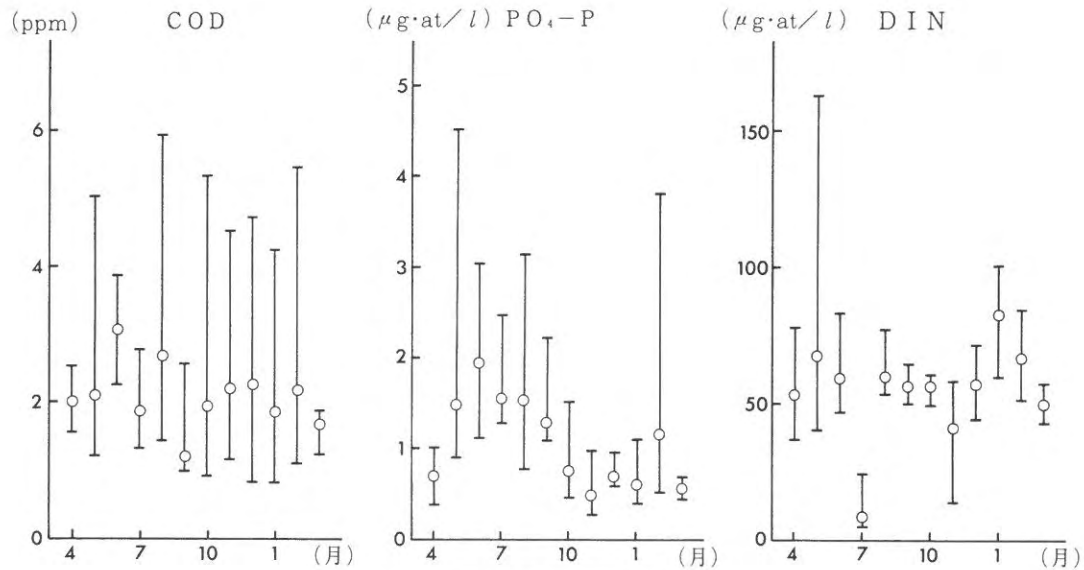


図6 筑後川河川水質変化

す二峰型で推移した。本年度はの磷酸塩の値は0.26~4.53 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ の範囲内にあった。筑後大堰での磷酸塩の値は、周辺部と比べてほとんど差が認められなかった。地点別に見ると上流域から河口域にかけて増加傾向が認められた。

2) 珪酸塩 (SiO_2-Si)

珪酸塩は、海域では7月と12月にピークを持つ二峰型で推移するが、河川域では本年度については4月、6月、11月及び3月にピークを持つ四峰型で推移した。本年度については247~674 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ の範囲内にあった。筑後大堰での珪酸塩の値は、周辺部と比べてほとんど差が認められなかった。地点別に見ると上流域から河口域にかけて減少傾向が認められた。

河川域の珪酸塩は、海域の値の数倍の値を示し海域への大きな補給源であることが分かる。

3) 溶存性無機三態窒素 (DIN)

DINは、海域では珪酸塩と同様に7月と12月にピークを持つ二峰型で推移するが、河川域では平成4年度と同様に本年度は5月と1月にピークを持つ二峰型で推移したが、1月のピークが高く、海域と異なった変動を示した。本年度は4~164 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$ の範囲内にあった。筑後大堰でのDINの値は、周辺部と比べてほとんど差が認められなかった。

7. 海域への負荷量

筑後川河川が海域へ及ぼす影響物質として有機物、磷酸塩及び無機三態窒素の負荷量を試算したので、その結果を表1に示した。

有機物量としてのCODの流入負荷量は、昭和62年度

から平成5年度までの平均は0.20t/日で、平成5年度が一番多かった。また、年月日変動幅は小さかった。

磷酸塩の負荷量は、昭和62年度から平成5年度までの平均は0.37t/日で、負荷量は平成5年度が一番多かった。

DINの負荷量は、昭和62年度から平成5年度までの平均は9.11t/日で、平成5年度の負荷量は平成3年度について2番目の値であった。

表1 筑後川河川流入負荷量

項目	流入負荷量		
	COD t/日	PO ₄ -P t/日	DIN t/日
昭和62年度	0.22	0.53	10.56
昭和63年度	0.20	0.13	6.32
平成元年度	0.12	0.20	6.96
平成2年度	0.16	0.28	8.13
平成3年度	0.24	0.41	13.06
平成4年度	0.18	0.31	8.15
平成5年度	0.31	0.70	10.56
平均値	0.20	0.37	9.11

要 約

1. 筑後大堰付近の感潮域の塩分濃度は、0.06~0.19と真水に近かった。
2. pHは、筑後大堰付近においては環境基準値の6.5~8.5の範囲内にあり、筑後大堰による影響は認められなかった。
3. 懸濁物質量は、筑後大堰付近においては低い値を示し、河口域では極端に高い値を示した。
4. CODは、筑後大堰付近においては1.47ppmと低い

値を示し、河口域では極端に高い値を示した。河口域では、懸濁物質が多いのでCOD値が高くなったものである。

5. COD, 磷酸塩およびDINの流入負荷量がかなり多く、降水量が平年よりも多かったのが原因であろう。栄養塩類は、海域に比べすべて高い値を示し海域の重要な補給源となっている。

III ノリ時期の海水中のクエン酸濃度

近年、ノリ養殖ではノリ葉体の藻類および雑菌消毒法として、ノリ網を酸性溶液に浸す方法が用いられている。ノリ漁場で使用される酸性処理液は、有機酸であるクエン酸、フィチン酸等が主成分である。従って、漁場環境の観点から、早急に海水中の酸性処理液の濃度を調査する必要がある。

そこで、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を用い、海水中のクエン酸濃度を測定した。

方 法

満潮約1時間前後に採取した海水のpHを測定した後、本田³⁾ら(1986)の方法に従って、海水中のクエン酸濃度を測定した。

(装置) 高速液体クロマトグラフ (HPLC) は検出器に440型低波長紫外外部検出器およびShimadzu製のC-R3Aを装置したWaters製ALC/GPC204型(6000A,U6K)のコンパクト型液体クロマトグラフを用いた。

(試薬) クエン酸標準液は105から110℃で約4時間乾燥したクエン酸 $\text{COOHCH}_2(\text{OH})(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ (和光純薬製・試薬特級)を正確に1g秤量し、水に溶解し1lとした(1ml=1mg Citric Acid)。リン酸 H_3PO_4 は和光純薬製特級を用いた。水は、イオン交換水をMillipore製のMilli Qにより精製したものをを用いた。

(HPLCの条件) カラム: Shodex Ionpak KC-811 300×8mm i.d., 移動相溶媒: 0.1% リン酸水溶液, 流量 0.6ml/min, 検出波長: UV214nm, 感度: 0.02(Aufs), カラム温度: 70℃, 注入量: 100 μl

(定量操作) 海水試料を0.45 μm メンブランフィルターで濾過した後、HPLCに100 μl を注入し、あらかじめ作成した検量線からクエン酸の濃度を求める。

結果および考察

調査地点は図7に示した8地点である。海水のpHを測定した結果、平成5年度は前年同様にクエン酸の影響と推察されるpHの低下は認められなかった(表2)。ま

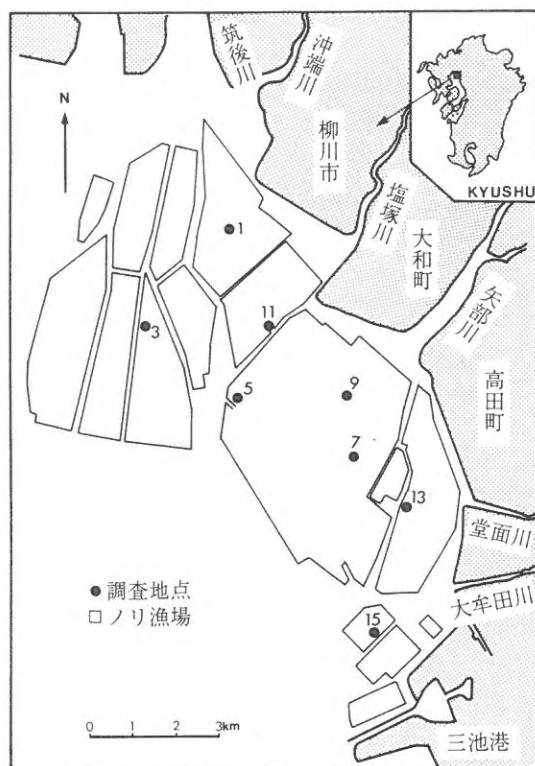


図7 クエン酸濃度の調査地点

表2 平成5年度のpHの測定結果

調査年月日	H6.1.4	H6.1.17	H6.1.24	H6.1.28	H6.2.7
	pH	pH	pH	pH	pH
調査点 1	8.15	8.15	7.80	8.16	8.22
3	8.14	8.15	8.16	8.12	8.21
5	8.15	8.16	8.26	8.10	8.25
7	8.15	8.17	8.26	8.18	8.26
9	8.16	8.20	8.23	8.17	8.27
11	8.15	8.17	8.22	8.16	8.25
13	8.15	8.15	8.22	8.16	8.26
15	8.14	8.16	8.16	8.17	8.22

た、HPLCによる海水中のクエン酸濃度を測定した結果、いずれの調査点でも定量下限値(1 $\mu\text{g/ml}$)以下であった(表3)。クエン酸は海水による希釈および細菌に

表3 平成5年度の海水中のクエン酸濃度の測定結果

調査年月日	海水中のクエン酸濃度				
	H6.1.4	H6.1.17	H6.1.24	H6.1.28	H6.2.7
調査点 1	nd	nd	nd	nd	nd
3	nd	nd	nd	nd	nd
5	nd	nd	nd	nd	nd
7	nd	nd	nd	nd	nd
9	nd	nd	nd	nd	nd
11	nd	nd	nd	nd	nd
13	nd	nd	nd	nd	nd
15	nd	nd	nd	nd	nd

nd<1 $\mu\text{g/ml}$

よる分解などのため、海水のpHを大幅に低下させることはないと考えられる。今後、クエン酸のバクテリアによる分解速度および生物に及ぼす影響の検討が必要である。

文 献

- 1) 白石日出人・本田一三・山本千裕 1993；漁場環境調査指導事業 平成4年度福岡県水産海洋技術センター事業報告 P.265-272
- 2) 日本水産資源保護協会 1983；水産用水基準
- 3) 本田清一郎 1986；福岡県有明水産試験場研究業務報告P.165-169

水質監視測定調査事業

山本 千裕・本田 一三・白石 日出人

有明海本県地先海域は水質汚濁防止法第16条の規定に基づき、環境基準監視調査水域に定められており環境基準の類型別指定がなされている。このため本県ではこれらの水質維持達成状況を把握するため水質調査を実施している。当研究所ではこれらの調査で試料の採水及び水質分析の一部を担当したのでその結果を報告する。

方 法

調査定点及びその水域類型を図1に示した。試料の採取は満潮2時間前と満潮2時間後の2回各調査点の0m, 2m層で行った。調査は平成5年5月, 8月, 11月, 平成6年2月の各月に実施した。当研究所担当の調査項目は一般気象, 海象, 生活環境項目, (pH, DO, COD, 全リン, 全窒素) 及びその他の項目(塩素イオン, リン化合物, 窒素化合物)である。なお生活環境項目の内大腸菌及びn-ヘキサン抽出物, 健康項目, 特殊項目については保健環境研究所が分析を担当した。

結果および考察

各年度の類型ごとの要約値を表1及び表2に示した。pH値の基準値はA,B類型で7.8~8.3, C類型では7.0~8.3であり平成4年度5年度とも最大値ではこれを上回る数値を示した例も見られるが, 基準となる75%値ではすべて各類型の基準値内であった。COD値はA類型の基準値が2 mg/l, B類型3 mg/l, C類型8 mg/l以下となっており, 75%値では平成3, 4年度ともすべて基準値内であった。平成4年度のA類型で最大値が2.4と基準をやや上回っているがこれはそのとき発生していた赤潮により一時的に値が上昇したものと考えられる。DO値はA類型で7.5mg/l, B類型で5 mg/l, C類型で2 mg/l以上と基準が定められている。平成5年度ではこの基準を満たしており特に水産生物に影響を及ぼすような低酸素水塊は見られなかった。

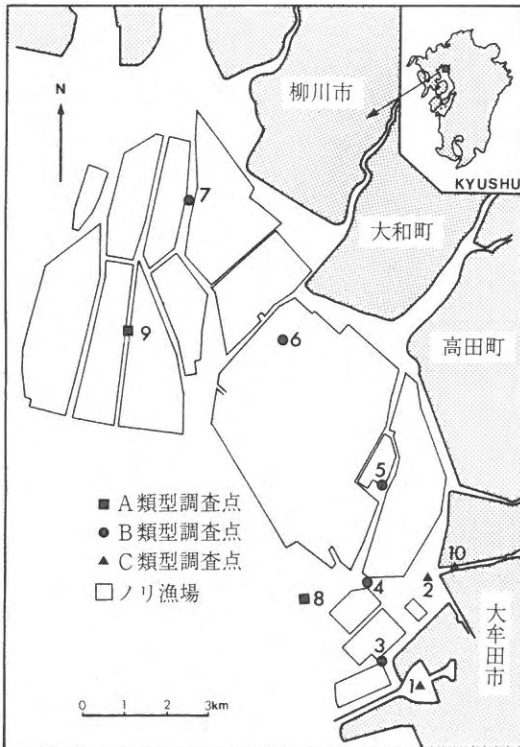


図1 類型別調査点位置図

表1 平成4年度水質類型別要約値

類型	項目	最小値	25%値	中央値	75%値	最大値
A	pH	8.1	8.2	8.3	8.3	8.3
	COD(mg/l)	1.0	1.4	1.6	1.9	2.4
	DO (mg/l)	5.6	6.5	7.4	9.2	10.7
B	pH	8.0	8.2	8.3	8.3	8.4
	COD(mg/l)	0.9	1.4	1.6	1.8	3.0
C	pH	7.9	8.1	8.2	8.3	8.4
	COD(mg/l)	1.1	1.4	1.6	1.9	4.6
	DO (mg/l)	4.9	6.5	7.3	8.8	10.3

表2 平成5年度水質類型別要約値

類型	項目	最小値	25%値	中央値	75%値	最大値
A	pH	8.1	8.1	8.2	8.2	8.3
	COD(mg/l)	1.0	1.2	1.3	1.5	1.8
	DO (mg/l)	4.9	7.1	7.3	9.2	10.9
B	pH	8.1	8.1	8.2	8.2	8.3
	COD(mg/l)	0.8	1.2	1.3	1.5	2.2
C	pH	8.0	8.1	8.2	8.2	8.3
	COD(mg/l)	0.5	1.2	1.4	1.8	3.5
	DO (mg/l)	5.4	6.8	7.2	9.4	10.6