

16. バイオコロニー散布による底質改善試験

バイオコロニー散布による底質改善試験

はじめに

近年浦ノ内湾では、水質及び底質の悪化が進行し、赤潮の発生や貧酸素水塊の形成等によりしばしば漁業被害が生じている。これには、人為的に負荷され海底に堆積した有機物が深くかかわっており、底質環境の改善が対策の1つに挙げられている。

BSEバイオコロニーは枯草菌と呼ばれる *Bacillus subtilis* を主成分とする底質改良剤の一つである。平成2年に浦ノ内湾で地元の漁協が中心となって養殖漁場周辺に散布を行ったところ、散布した場所では底土表面がゼリー状に固まり、浮泥が著しく減少する等の効果がみられ、養殖漁場における底質改善に有用である可能性が示された。また、平成3、4年度に高知県水産試験場が行った試験の結果、バイオコロニーの散布によって底泥中の有機物、硫化物が減少し、また底土直上水のアンモニア態窒素、全硫化物濃度が減少する等の散布効果が認められた。

散布量、散布時期、散布場所、効果の持続期間などについて次のような点が明らかにされた。すなわち、小割網生簀直下では、7月の中旬に、1 m²あたりバイオコロニー300gを2回散布することが最適であり、その効果は2～3ヶ月間持続する。小割筏周辺の航路下では、1 m²あたりバイオコロニー300gを2回散布することにより、3ヶ月間以上の効果が期待できる。ただし、小割筏周辺の航路下では、小割網生簀直下散布の効果が波及し、これによって環境改善が図られ、散布する必要性が少ないと考えられる結果も同時に得られた。しかし、この点については対照区の設定が十分でなく結論が得られていない。

さらに、共同研究として行われた高知大学の研究結果からは、このバイオコロニーは水温5～15℃でも活力を維持していることが明らかにされた。また、室内実験の結果より、バイオコロニーは比較的酸素が少ない環境においても浄化能力を発揮するが、酸素が多い場合のほうがより浄化力が大きくなることも明らかにされた。このことより、湾内の底層水や底土に酸素が十分に補給される10月から11月に追加散布すればさらに大きい効果が期待できるのではないかと思われた。10月は海水の垂直混合期に入っており、漁場環境も部分的ではあるが自然の浄化力によって改善される時期である。この時期に底質の浄化が促進されるなら漁場保全上有効な手段となると考えられる。

平成5年度は、小割筏直下への散布が小割筏間の航路下へどの程度の波及効果を及ぼすか、また、10月における追加散布の効果を明らかにすることを目的に現場実験を実施した。

試験方法

(1) 調査定点

現場実験を実施した漁場は平成4年度と同じ光松漁場とした。散布場所、調査定点は、図1、2に示す通り、平成4年度をおおむね踏襲した。ただし、小割網生簀側面直下・対照区定点として平成4年度に定めたST5、6、7の代わりにST7、9を定めた。また、筏間航路下・対照区定点としてST8を追加した。なお、小割網生簀側面直下・対照区定点の1つであるST7は調査開始後短期間で養殖が中止されたため、調査結果は参考データとして付表に記すにとどめた。各定点と調査区の関係は次の通りである。

小割網生簀側面直下・散布区：ST 2（夏期、追加散布等量区）

ST 4（追加散布増量区）

小割網生簀側面直下・対照区：ST 9

筏間航路下・両散布筏中間点：ST 3（ST 2、4 の中間）

筏間航路下・散布筏の外側：ST 8（ST 2、4 の外側）

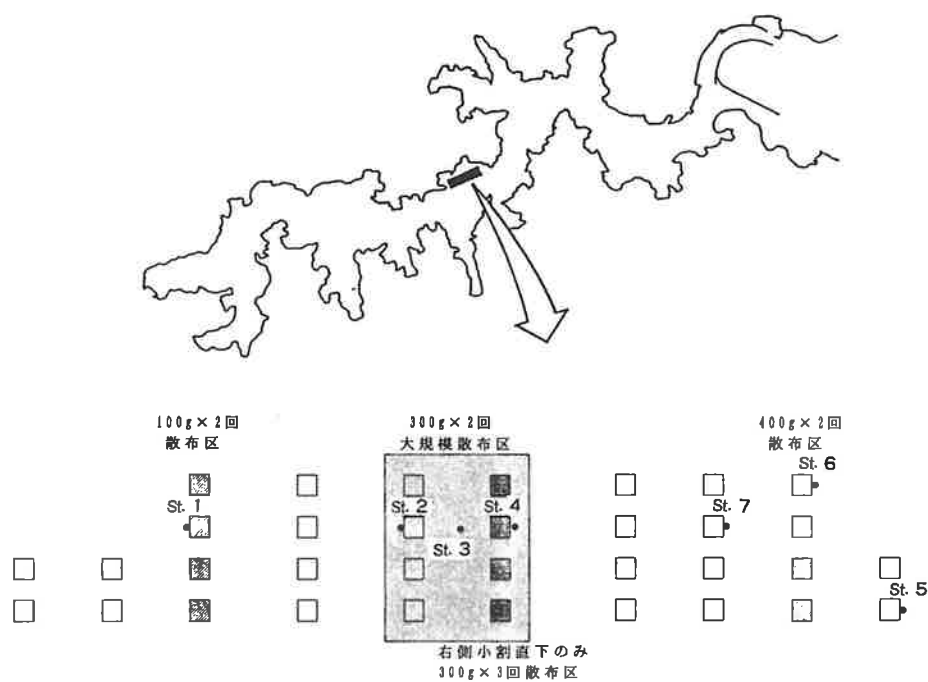


図-1 平成4年度現場試験における散布場所、範囲と調査定点

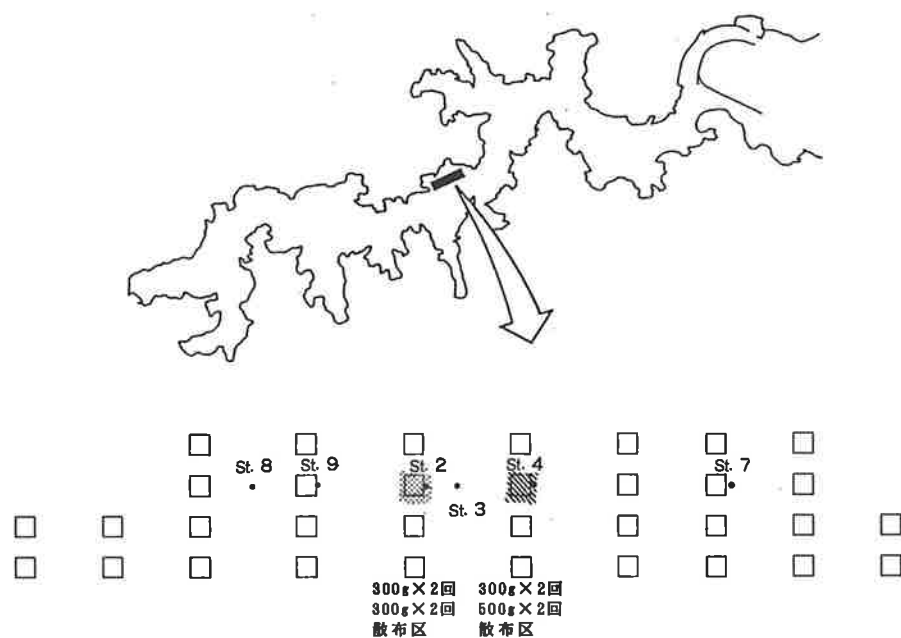


図-2 平成5年度現場試験における散布場所、範囲と調査定点

(2) バイオコロニー

株式会社BSE製のBSEバイオコロニーを用いた。なお、この製品は散布後すみやかに海底へ落下するように粒径を大きくした養殖漁場用である。

(3) バイオコロニー散布方法

散布は、7月の夏期散布と10月の追加散布の2度行った。夏期散布は1回目を7月16日、2回目の散布を7月23日に行った。追加散布は、1回目を10月8日、2回目の散布を10月15日に行った。

散布面積は小割筏直下の10m×10m、100m²の範囲とした。なお、小割網生簀の大きさは8m×8mである。

散布量は次の通りとした。

ST2： 7月 300g/m²×2回、10月 300g/m²×2回

ST4： 7月 300g/m²×2回、10月 500g/m²×2回

散布方法は、海底近くに散布場所とその範囲を細かく示す目印のロープを張り、ダイバーによる手撒き散布とした。散布量の正確を期するため、小割筏の4隅から垂下したロープの位置に鉄棒を突き刺し、これを基点にロープを四方形に固定した。さらに、定点側では2m×10mの範囲を、中間点3カ所に印をつけたロープで8等分し、あらかじめ小分けしておいたバイオコロニーを丁寧に散布した。残りの8m×10mの部分についても同様に、ロープによって4分割して散布した。ロープは海底から約1mの高さに張り、ダイバーの作業によって海底が攪乱されるのを防いだ。

(4) 調査日

事前調査をバイオコロニー散布の2、6日前の7月8日と7月14日に行った。散布後の調査を夏期散布の第2回散布日から数えて1週間目の7月28日、3週間目の8月11日、5週間目の8月26日、7週間目の9月10日、11週間目の10月7日に行った。さらに、追加散布後の調査を追加散布後3週間目の11月2日、9週間目の12月13日、18週間目の2月17日に行った。なお、調査定点を定めた小割網生簀へ養殖魚が収容され、養殖が開始されたのは7月9日から13日までの間であった。それ以前の約5カ月間、漁場を休ませる目的でこれらの小割筏は空けられた状態であった。12月13日は大潮、それ以外の測定日はすべて小潮時にあたる。

(5) 調査項目と方法

水温と塩分は海底上1mの海水について、EIL社製MC-5型サリノメーターを用いて測定した。溶存酸素(DO)、PH、酸化還元電位(EH)、酸揮発性硫化物量(AVS)及び栄養塩は、底土直上水を測定した。底土直上水は柱状採泥によって得られる底土上の海水を底土上10cmの位置からサイフォンによって採水した。柱状採泥には橋本科学製KK式大型コアサンプラー(コア-内径60mm)を用いた。DOは堀場製作所製DOメーター、PH、EHはそれぞれ東亜電波製HM-10P PHメーター、RM-10P ORPメーターを用いて現場で測定した。AVSは底土直上水を10mlとり、ガステック検知管法によって現場で測定した。栄養塩は底土直上水を250mlポリビンに採水し、調査終了後直ちに持ち帰り、0.45μmミリポアフィルターで吸引ろ過後、凍結保存し、後日、TECHNICON社製オートアナライザーTRAACS800システムにより、それぞれ以下の方法で測定した。

アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)	: インドフェノール法
亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)	: B R 法
硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	: カドミウムカラム還元後 B R 法
リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$)	: アスコルビン酸法

溶存全窒素、溶存全リン (DTN,DTP) : アルカリ性ペルオキソ二硫酸カリウムにより分解後、それぞれカドミウムカラム還元法及びアスコルビン酸法

底質については、上述の K K 式大型コアサンプラーによって柱状採泥したものについて、底土直上水を採水後、残りの水を押出し、底泥表面の温度、P H、E H を測定し、その後、0~2cm、2~4cm、4~6cm の 3 層に切りとり、試料を持ち帰りそれぞれについて A V S、I L、C O D、T - C、T - N を測定した。A V S は調査当日に分析し、他の項目は試料を凍結保存し、後日、分析に供した。また、I L、T - C、T - N は試料を 110℃ で乾燥後、粉碎して 0.5mm (32 メッシュ) のふるいを通ったものについて、1 N 塩酸で泥に含まれる魚骨や貝殻等を除き、蒸留水で洗浄後、分析を行った。これらの分析に供するサンプルとは別にもう 1 本柱状採泥したものを底土直上水を入れたまま実験室まで持ち帰り、酸化層・還元層の厚さを測定した。測定方法及び機器は以下の通りである。

P H	: 東亜電波製 H M - 1 0 P	P H メーター
E H	: 東亜電波製 R M - 1 0 P	O R P メーター
A V S	: ガステック検知管法	
I L	: 800℃ で強熱後、恒量を求めた。	
C O D	: アルカリ性過マンガン酸カリウム分解法	
T - C、T - N	: 柳本製作所製 C N コーダー M T - 500	

酸化・還元層の厚さ : 酸化層・還元層は透明な柱状採泥管を横側から観察し、酸化層は底土表面が黄茶色の部分の層の厚さを測定した。還元層は黒色部分を色見本を用いて 4 段階に区分した。マンセル記号で N 2.0 と 2.4 黒、灰黒を強還元層、N 2.8 と 3.6 の暗い灰色を中還元層、N 4.7 と 5.5 の灰色を弱還元層とし、それぞれの層の厚さを測定した。

結 果

水質についての結果を図 3 から図 1 6 に、底質についての結果を図 1 7 から図 3 3 に示した。

(1) 水 質

水 温

海底上 1 m (B-1m) 層の水温は、図 3 - 1、3 - 2 に示す通り、各散布区と対照区ともに大差なく推移した。バイオコロニー散布前後はおおよそ 24℃ であり、平成 4 年度とほぼ同じ水温であった。散布後 8 月上旬から 9 月上旬までは 26~28℃ 台で推移した。以後、次第に低下し、追加散布の前日の 1 0 月 7 日には 24℃ 前後となり、1 1 月上旬に 21℃ 前後、1 2 月中旬には 16℃ 前後となり、2 月中旬には 12~13℃ になった。

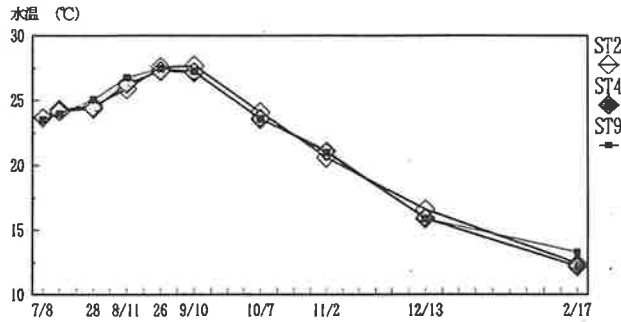


図3-1 底土直上水の水温の推移（筏設置場所）

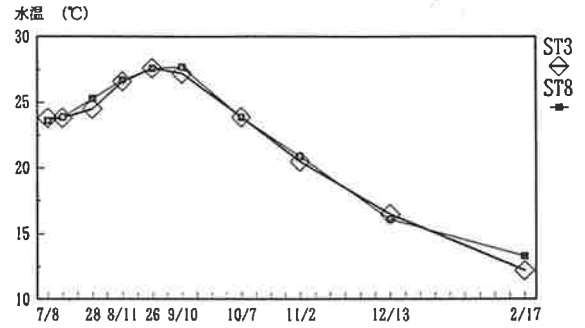


図3-2 底土直上水の水温の推移（筏間航路）

塩 分

海底上1m (B-1m) 層の塩分も図4-1、4-2に示す通り、各散布区と対照区ともに大差なく推移した。7月から12月までは、おおむね31~32‰台で推移していたが、7月下旬から8月上旬にかけて29~30‰と最低になり、10月中旬にも一時的に31‰前後に低下した。

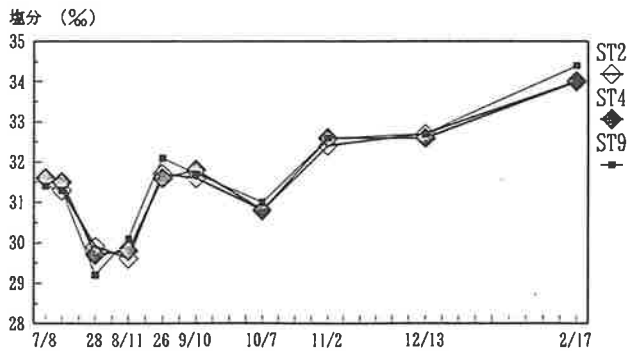


図4-1 底土直上水の塩分の推移（筏設置場所）

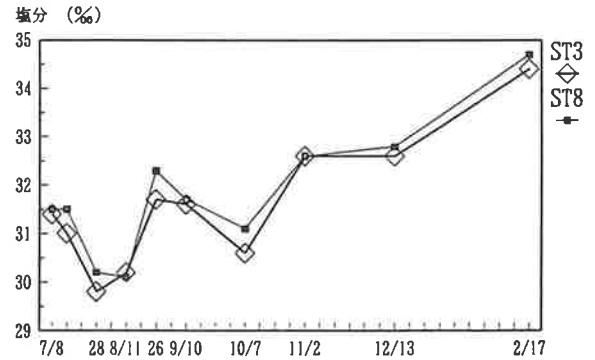


図4-2 底土直上水の塩分の推移（筏間航路）

底土直上水のDO

底土直上水のDOについても、図5-1、5-2に示す通り、各散布区と対照区の間には大きな差はみられなかった。7月中旬までは概ね0.5~1ppm前後の値で推移していたが、8月中旬には2ppm前後、9月中旬から11月上旬にかけて4~5ppmと増加し、2月には7.5ppmになった。平成4年度に認められた8月末から9月始めにかけての著しい貧酸素現象は観察されなかった。

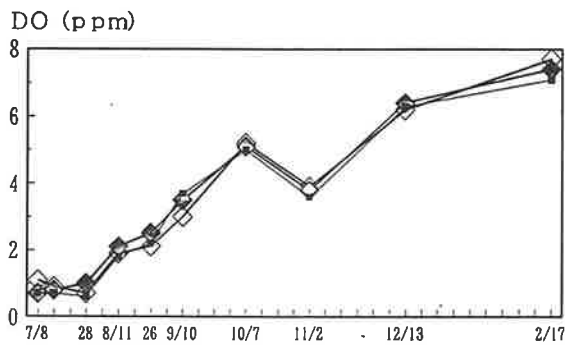


図5-1 底土直上水のDOの推移（筏設置場所）

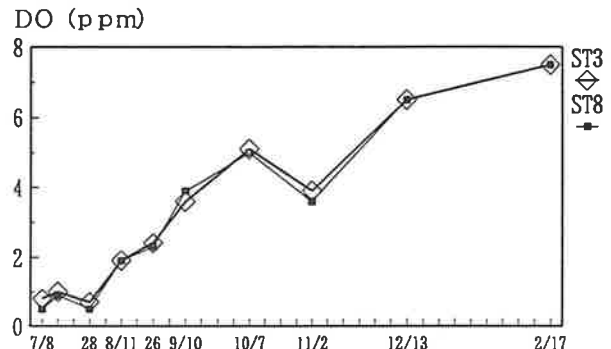


図5-2 底土直上水のDOの推移（筏間航路）

底土直上水の PH

底土直上水の PH は、図 6-1、6-2 に示す通り各定点とも同じ様な推移を示し、散布区と対照区の間大きな差は認められなかった。7 月中旬までは 7.6~7.8 で推移した。その後 12 月中旬までは 8.0~8.3 で推移し、2 月 17 日には 8.3~8.5 になった。ただし、ST2 はほとんどの場合、他の 2 区と比較して、0.1~0.2 低い値で推移する傾向が認められた。

浦の内湾では、夏期に成層が形成されるものの、外湾水の差し込み、即ち、高塩分、高酸素の海水が湾外から湾内底層へ送られることが知られている。水温、塩分、DO、PH の推移は、平成 5 年の外湾水の差し込みが 8 月上旬から 9 月上旬までの間卓越していたことを示すものである。海水の垂直混合は 9 月中旬から開始されたと考えられる結果であった。

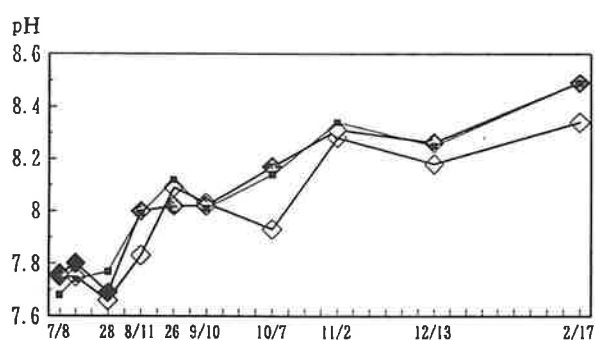


図6-1 底土直上水のpHの推移（筏設置場所）

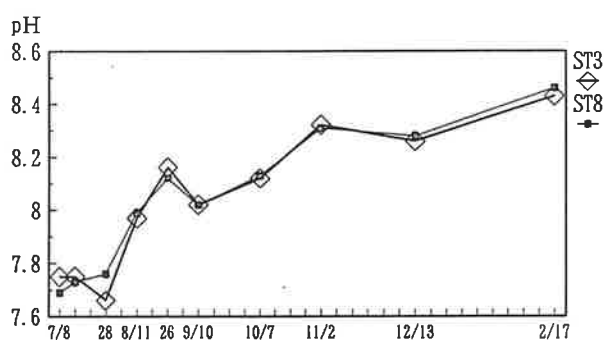


図6-2 底土直上水のpHの推移（筏間航路）

底土直上水の EH

底土直上水の EH は図 7-1、7-2 に示す通り、7 月 8 日には 150mV 前後であったものが 7 月 14 日から 28 日にかけて 35mV 以下に急減し、その後、再び、上昇傾向を示し、2 月 17 日には 300mV を越えた。上述の水温、塩分、DO、PH と異なり、各定点間、筏設置場所と筏間航路下、散布区と対照区でもそれぞれ異なる推移を示した。筏設置場所では、散布後 3、5、7 週間目にあたる 8 月 11 日、26 日、9 月 10 日に散布区である ST2、4 で大幅な上昇が認められ、対照区の ST9 よりも 100~150mV 高い値で推移し、バイオコロニー散布区と対照区で大きな差が認められた。この現象は追加散布後にも見られ、散布区は対照区よりも高い値で推移した。ただし、散布量を多くした ST4 (500g/m² 散布区) では散布直後に一時的な EH の低下があった。

このように、底土直上水の EH は湾外水の差し込みや垂直混合によって値が高くなるが、バイオコロニー散布区ではさらにそれが助長され、好気的環境になっていることが明らかである。

散布による効果の持続期間は夏期散布が約 3 カ月間、追加散布が約 4 カ月間であった。

筏間航路下においても両散布場所の中間点である ST3 と散布範囲外にある ST8 とは異なる傾向を示し、ST3 は ST2 と、ST8 は ST9 と似通った推移を示し、小割筏直下へのバイオコロニーの散布の影響が筏間航路下にまで及んでいると考えられる結果が得られた。

散布による波及効果の持続期間は夏期散布が 1 カ月間、追加散布が約 4 カ月間であった。

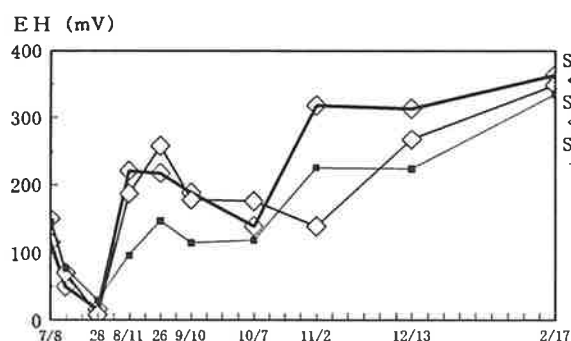


図7-1 底土直上水のEHの推移（筏設置場所）

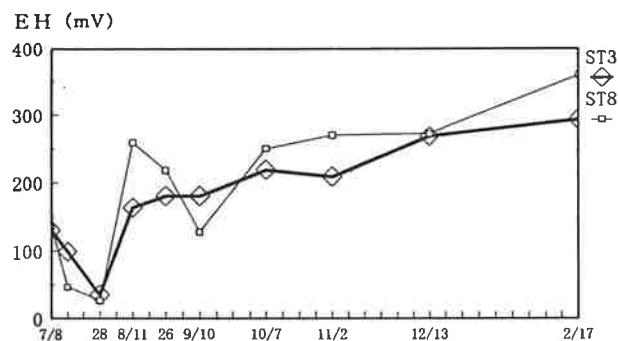


図7-2 底土直上水のEHの推移（筏間航路）

底土直上水のAVS

底土直上水中のAVSは、図8-1、8-2に示す通り、各定点間、筏設置場所と筏間航路下、散布区と対照区でもそれぞれ異なる推移を示した。

筏設置場所では、散布区ST2、4、対照区ST9ともに7月8日には $0.1\text{mg}/\ell$ 前後であったものが7月28日にはST2、9が 0.55 、ST4が $0.6\text{mg}/\ell$ まで増加し年間の最高値を示した。散布3週間目の8月11日、5週間目の26日にはいずれも $0\text{mg}/\ell$ と激減した。以後、9月10日にはST2が 0.05 、ST4が 0.01 であったのに対し、ST9は $0.25\text{mg}/\ell$ まで増加し、10月7日にはST2が 0.3 、ST4が 0.2 、ST9が $0.45\text{mg}/\ell$ といずれも増加して第2の峰を示すに至ったが、ST9が他の2区よりも高い値で推移した。11月には、ST2、4は 0 、ST9は $0.08\text{mg}/\ell$ となり、2月にはST9も $0\text{mg}/\ell$ になった。

このように底土直上水のAVSは、湾内底層への外湾水の差し込みによって著しく減少するが、それ以外のAVS値が高まる時期にあっては、ST9がST2、4よりも大幅に高い値を示した。ST2とST4の比較ではST4の方が夏期散布ではやや低く、追加散布ではやや高い値で推移した。ただし、上述のEH同様追加散布後の11月2日はST4が最も高い値であった。

昨年度までの試験結果からバイオコロニーを一度に多量散布することは微生物分解による酸素消費を促進し、一時的な酸素不足を生じる恐れのあることが指摘されたが、湾の底層まで酸素が豊富にある海水垂直混合期にあっても、 1m^2 あたり 500g の散布は嫌氣的傾向を助長する事が明らかにされた。

散布による効果の持続期間は夏期散布が約3カ月間、追加散布が約2カ月間であった。

筏間航路下における底土直上水中のAVSは、筏設置場所よりもAVSの値が全体的に低い値で推移した。特に筏設置場所で $0.3\text{mg}/\ell$ 前後の第2の高い値を示した10月7日にはすでに $0.05\text{mg}/\ell$ 以下に低下し、以後も $0.05\text{mg}/\ell$ 以下で推移した。対照区であるST8では7月8日に $0.16\text{mg}/\ell$ であったものが7月28日に $0.45\text{mg}/\ell$ と最高値を示した後、11月2日に $0\text{mg}/\ell$ になるまでの間 $0.05\sim 0.2\text{mg}/\ell$ の間を上下した。両散布場所の中間点であるST3は散布後1週間目の7月28日にはST8の約半分の $0.2\text{mg}/\ell$ に減少し、以後 $0\text{mg}/\ell$ で推移した。ただし、9月10日だけはST8より2週間遅れで $0.2\text{mg}/\ell$ の小さなピークを示した。このように、筏間航路のAVSは筏設置場所よりも低い値であるが、 1m^2 あたり 300g を小割筏直下へ散布することにより、筏間航路のAVSも減少する波及効果が認められた。散布による波及効果の持続期間は夏期が1カ月間であった。追加散布の効果は不明であった。

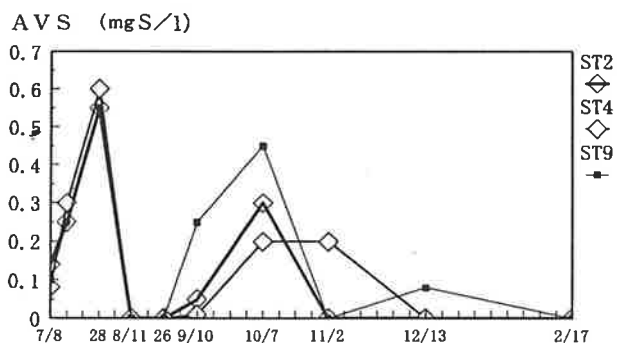


図8-1 底土直上水のAVSの推移（筏設置場所）

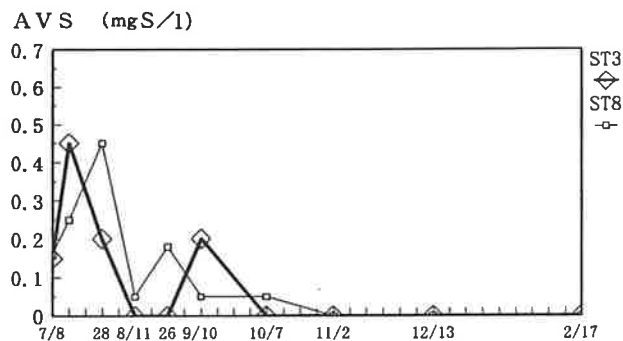


図8-2 底土直上水のAVSの推移（筏間航路）

底土直上水の溶存全窒素（DTN）

底土直上水のDTNは、図9-1、9-2に示す通り余り大きな変化は認められず、筏設置場所、筏間航路ともに20～25ppmの範囲内で上下した。ただし、外湾水の差し込みにより環境条件が全体的に改善された8月26日には $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ が急減した。筏設置場所の散布区であるST2、4はいずれも対象区のST9よりも高い値を示していたが、散布後3週間目から7週間目（8月11日から9月10日）までの間、ST9よりも低い値で推移した。追加散布前後の10月7日と11月2日には再びST9よりも高い値になったが、12月13日にはST9よりも低くなった。ST2とST4では夏期散布ではST4がやや効果が大きく、追加散布ではほとんど差が認められなかった。

筏間航路下のST3とST8では顕著な差は認められなかった。

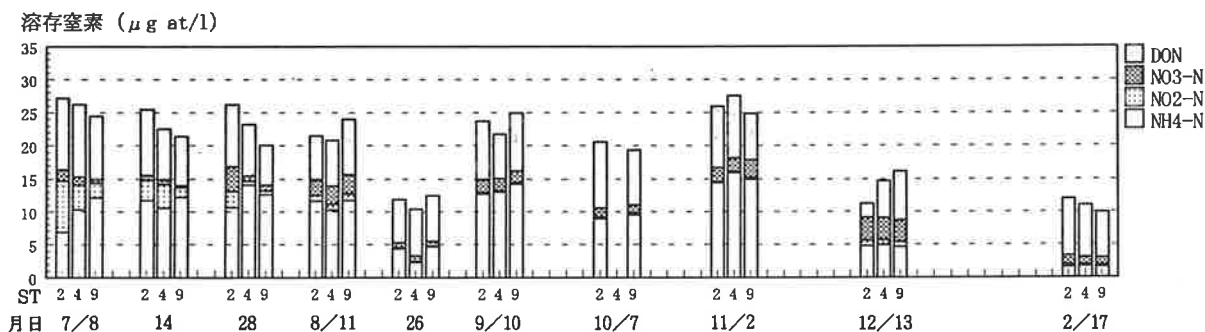


図9-1 底土直上水の溶存窒素の推移（筏設置場所）

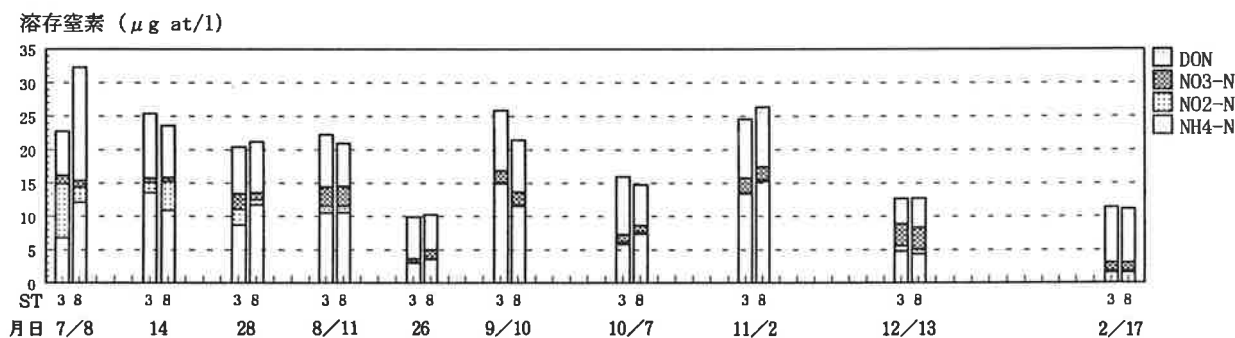


図9-2 底土直上水の溶存窒素の推移（筏間航路）

底土直上水NH₄-N

筏設置場所における底土直上水中のNH₄-Nは、図10-1に示す通り、ST2、4、9ともに2～15μg at/lの間で大きく増減を繰り返したが、その推移の中でST2は散布後5週目の8月26日から14週目の11月2日までわずかではあるが常にST9を下回る値を示した。ST4では初回散布、追加散布いずれの場合も散布直後に他の2区よりもわずかながら高い値を示した。しかし、その後の推移については、散布後11週目の10月7日まで、他の2区に比較して最も低い値で推移する傾向が強かった。12月13日、2月17日の2回はST2、4、9ともにほとんど同じ値であった。

筏間航路下のST3とST8も図10-2に示す通り、筏設置場所とほぼ同様の推移であったが、散布と関連づけられる特徴的な変化は認められなかった。

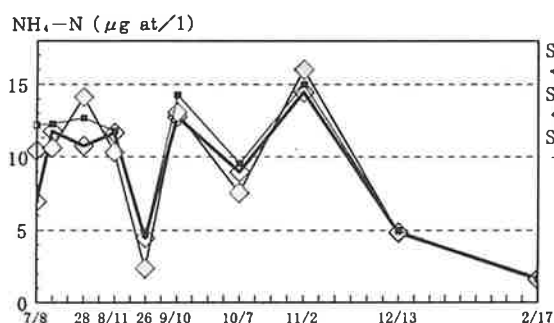


図10-1 底土直上水NH₄-Nの推移（筏設置場所）

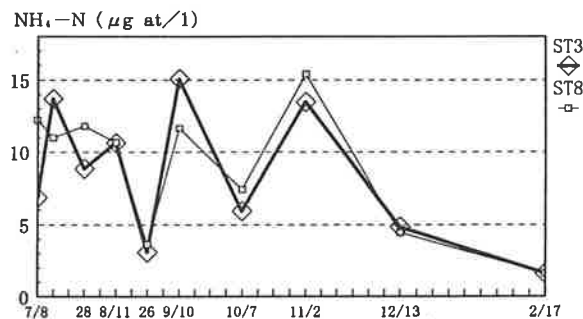


図10-2 底土直上水NH₄-Nの推移（筏間航路）

底土直上水NO₂-N

筏設置場所における底土直上水中のNO₂-Nは、図11-1に示す通り、ST2、4、9ともに7月8日に2～8μg at/lであったが、7月14日以降、急減傾向を示し、8月26日以降0.1～0.3μg at/lで推移した。ただし、12月13日は0.8μg at/l前後にやや増加した。ST2、4は散布前にはST9よりも高い値を示していたものが、散布後1週目の7月26日から3週目の8月12日にかけて急激に減少し、ST9と同じ値になり、2月17日までほとんど同じ値のまま推移した。

筏間航路下のST3とST8は図11-2に示す通り、筏設置場所とほぼ同様の変化を示したが、散布と関連づけられる特徴的な変化は認められなかった。

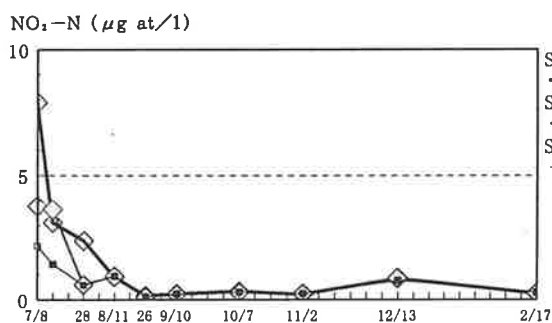


図11-1 底土直上水NO₂-Nの推移（筏設置場所）

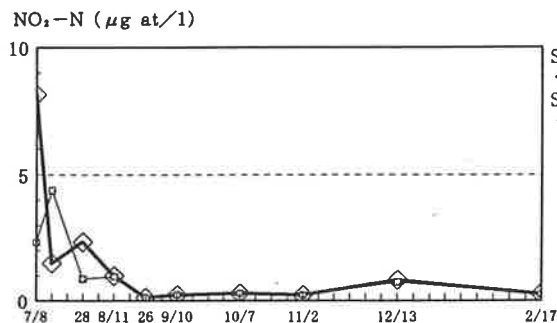


図11-2 底土直上水NO₂-Nの推移（筏間航路）

底土直上水NO₃-N

筏設置場所における底土直上水中のNO₃-Nも、図12-1に示す通りST2、4、9ともに0.4~4 $\mu\text{g at/l}$ の間で増減を繰り返した。ST2、4の散布前後に関する特徴的な変化は、追加散布後3週間目の11月2日にST2、4がST9よりも低い値を示したのみであった。

筏間航路下のST3とST8は図12-2に示す通り、筏設置場所とほぼ同様に推移した。散布と関連づけられる特徴的な変化として、夏期散布後5、7週間目の8月26日と9月10日にST3がST8よりも低い値を示した。

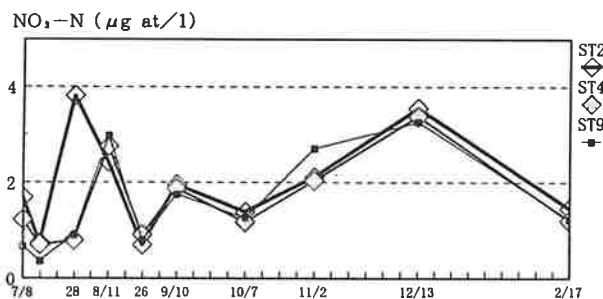


図12-1 底土直上水NO₃-Nの推移（筏設置場所）

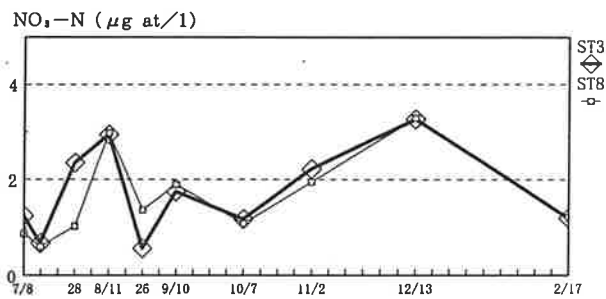


図12-2 底土直上水NO₃-Nの推移（筏間航路）

底土直上水のDON

筏設置場所における底土直上水中のDONは、図13-1に示す通りST2、4、9ともに6~11 $\mu\text{g at/l}$ の間で推移した。ST2、4は調査開始当初ならびに追加散布前後はST9よりも高い値であったが、散布後3週間目の8月11日ならびに追加散布9週間目の12月13日にはST9よりも低い値を示した。

筏間航路下のST3とST8は図13-2に示す通り、筏設置場所とほぼ同様に推移したが、散布と関連づけられる特徴的な変化は認められなかった。

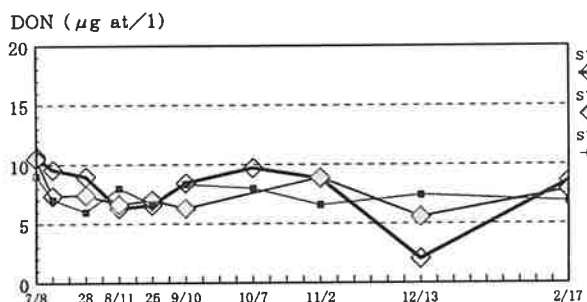


図13-1 底土直上水DONの推移（筏設置場所）

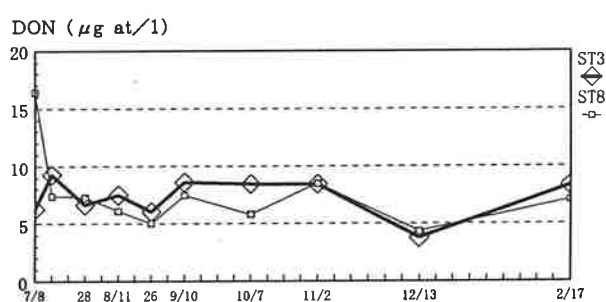


図13-2 底土直上水DONの推移（筏間航路）

以上、底土直上水の溶存窒素についてまとめると、バイオコロニー散布は溶存窒素を一時的に増加させる場合もあるが長期的には減少させる効果のあることが認められた。その効果は、夏期散布ではNH₄-Nに、追加散布ではDONに顕著に現れた。ただし、筏間航路下への波及は認められなかった。筏設置場所における効果の持続期間は夏期散布が約2カ月間、追加散布が1~3カ月間であった。ST2とS

T 4 の差はほとんど認められなかったが、夏期散布ではS T 4 がやや効果が高い結果であった。ただし、S T 4 では散布直後に $\text{NH}_4\text{-N}$ 、DONを一時的に増加させる作用が強かった。

底土直上水の溶存全リン（DTP）

底土直上水のDTPは、図14-1、14-2に示す通り、S T 2、4、9ともに7月8日から28日にかけては5～8 ppm前後で推移し、外湾水の差し込みにより環境条件が全体的に改善された8月26日は2 ppm前後と急減し、以後2～4 ppmの間で小幅な増減を繰り返した。

筏設置場所においては、散布後3週間から7週間目にあたる8月11日から9月10日までの間、S T 2、4はS T 9よりも低い値であった。S T 2とS T 4の比較ではS T 4がS T 2よりもやや低い値であった。

筏間航路下でも同様の推移を示したが、S T 3とS T 8では顕著な差は認められなかった。

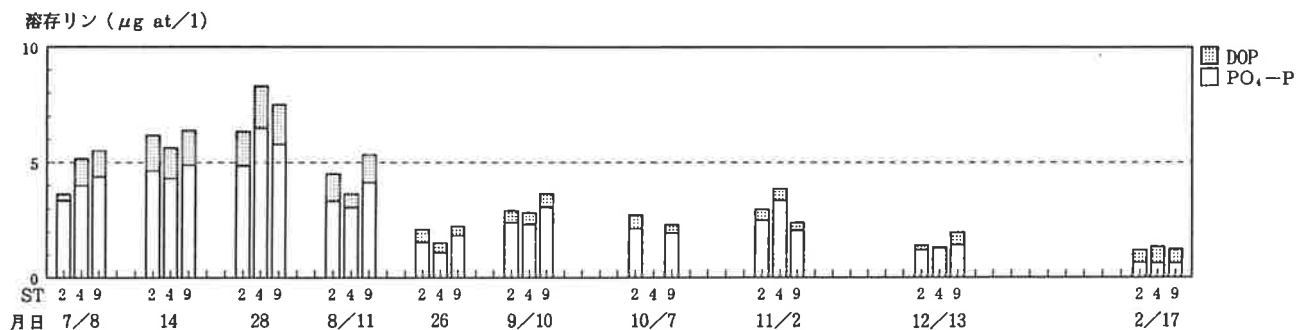


図14-1 底土直上水の溶存リンの推移（筏設置場所）

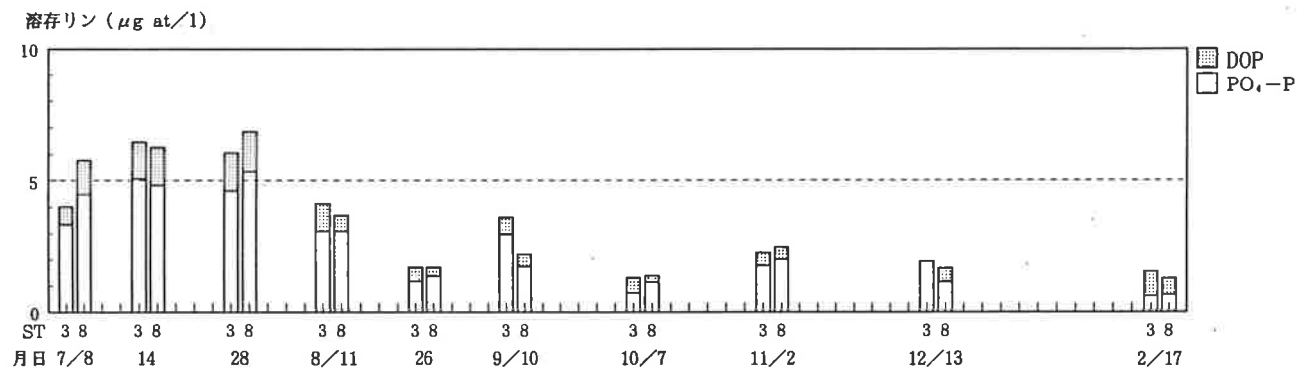


図14-2 底土直上水の溶存リンの推移（筏間航路）

底土直上水の $\text{PO}_4\text{-P}$

底土直上水の $\text{PO}_4\text{-P}$ の推移を図15-1、15-2に示した。筏設置場所における $\text{PO}_4\text{-P}$ はS T 2、4、9ともにほぼ同様の変化を示した。すなわち、7月8、14日には3～5 ppmであったが、7月28日には急増して4.6～6.5 ppmのピークを示した。その後、外湾水の差し込みにより環境が改善された8月26日には1.1～1.8 ppmに減少し、以後1～3 ppm前後で小幅な増減を繰り返し、2月17日には0.6 ppmになった。その推移の中でS T 2は、散布後3週間から7週間目にあたる8月11日から9月10日までの間S T 9よりも常に低い値であった。S T 4では夏期散布、追加散布い

ずれの場合も散布直後に他の2区よりも高い値を示し、その後は逆に、他の2区よりも低い値になった。ただし、追加散布に関してはST2, 4ともに減少効果は認められなかった。

筏間航路下における底土直上水中の $\text{PO}_4\text{-P}$ も、筏設置場所とほぼ同様の変化を示した。ただし、7月28日には急増することなく5ppm前後のままで推移したことが特徴的である。その後も全体的に筏設置場所よりも約0.5ppmほど低い値で推移する傾向であった。その推移の中で散布と関連づけられる特徴的な変化は認められなかった。

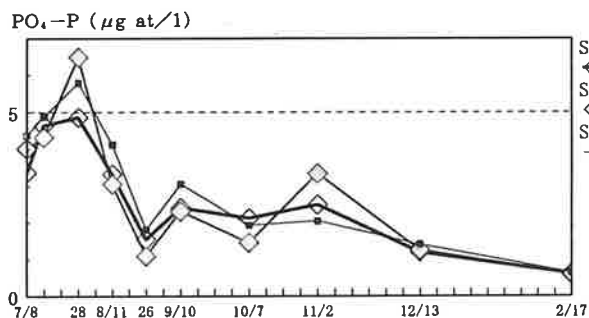


図15-1 底土直上水 $\text{PO}_4\text{-P}$ の推移（筏設置場所）

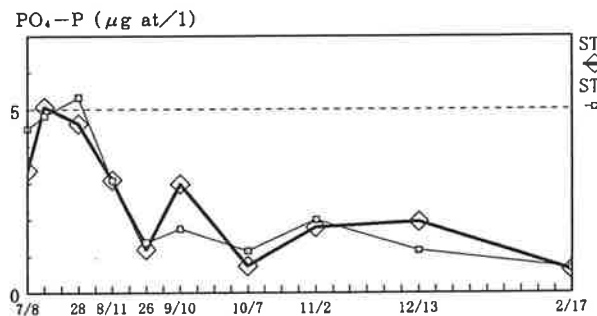


図15-2 底土直上水 $\text{PO}_4\text{-P}$ の推移（筏間航路）

底土直上水のDOP

筏設置場所におけるDOPは図16-1に示す通り、ST2、4、9ともにほぼ同様の変化を示し7月8日には0.3~1.2ppmであったが、7月28日にはやや増加して1.5~1.8ppmのピークを示した。その後減少傾向に転じ、0.4~0.6ppmの範囲で推移し、2月17日には0.6~0.7ppmになった。その推移の中で、追加散布9週間目の12月13日にST2、4はST9より低い値を示した。

筏間航路下における底土直上水中のDOPも図16-2に示す通り、筏設置場所とほぼ同様の変化を示した。ただし、散布後3週間目の8月11日から11週目の10月7日までのすべてST3がST8よりも高い値を示した。なお、追加散布後9週間目の12月13日は、筏設置場所同様散布区が対象区よりも低い値になった。

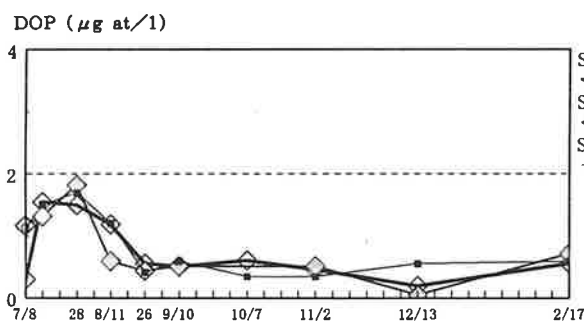


図16-1 底土直上水DOPの推移（筏設置場所）

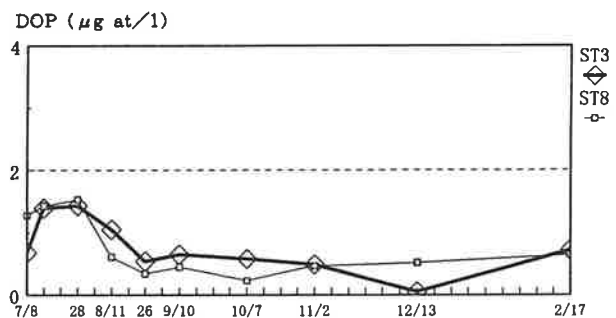


図16-2 底土直上水DOPの推移（筏間航路）

以上、底土直上水の溶存リンについてまとめると、バイオコロニー散布は溶存リンを一時的に増加させる場合もあるが、長期的には減少させる効果のあることが認められた。その効果は、夏期散布では $\text{PO}_4\text{-P}$ に、追加散布ではDOPに顕著に現れた。

筏間航路への波及効果は、追加散布のDOPに認められたが、逆に夏期散布ではST3のDOPが高まる結果となった。

効果の持続期間は、夏期散布が2～3カ月、追加散布が2カ月間であった。

ST2とST4の差はほとんど認められなかったが、ST4が一時的に $PO_4\text{-P}$ 、DOPを増加させるものの長期的には減少させる効果がやや大であった。

(2) 底 質

底土表面の泥温

底土表面の泥温は、図17-1、17-2に示す通り水温同様各散布区とも対照区と大差なく推移した。バイオコロニー散布前後はおよそ23～24℃であった。散布後4週間目の8月11日から9月8日までは26～27℃台で推移した。その後、次第に低下し、追加散布の前日の10月7日には約24℃となり、11月2日に約21℃、12月13日には約17℃となり、2月17日には約13℃になった。

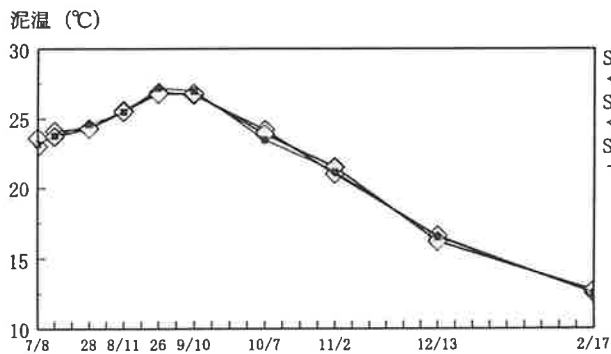


図17-1 表面泥温の推移（筏設置場所）

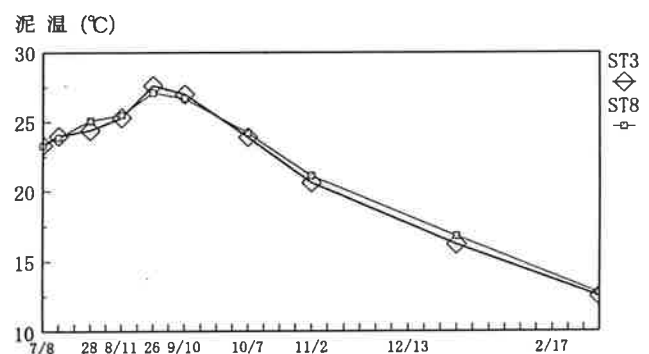


図17-2 表面泥温の推移（筏間航路）

底土表面のpH

筏設置場所における底土表面のpHは、図18-1、18-2に示す通りST4とST9は同様の推移を示し、7月8日から8月14日までは7.6～7.8の値で推移し、8月26日以降7.2～7.5の値で推移した。その推移のなかでST4はST9よりもやや高い値で推移することが多かった。ST2はST2、9よりも低めで推移する事が多く、7月8日から7月28日までは7.4～7.6の値で推移し、8月11日以降7.2前後の値で推移した。その推移のなかでST2は夏期散布直後7月28日、8月11日に他の2区に比較して大幅に低い値で推移したことが特徴的であった。

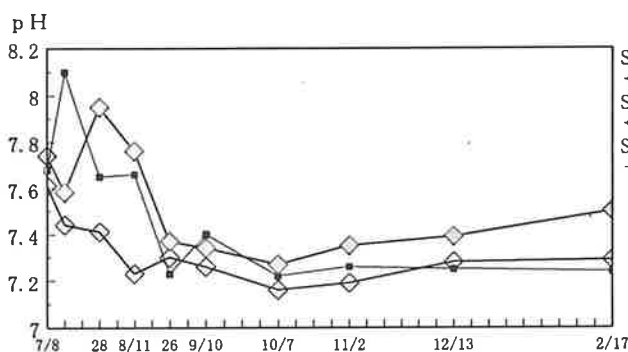


図18-1 底土表面のpHの推移（筏設置場所）

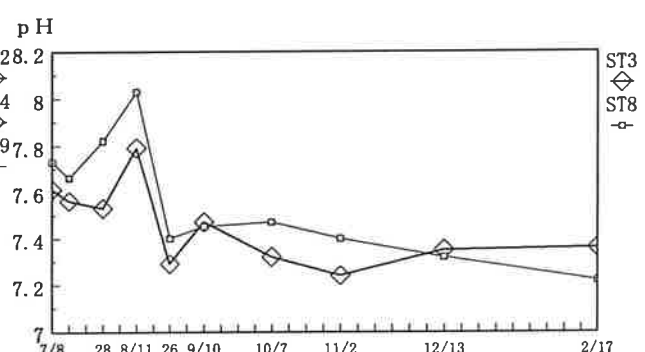


図18-2 底土表面のpHの推移（筏間航路）

筏間航路下における底土表面のPHも、ST4、ST9と同様の推移を示した。その推移のなかでST3はST8よりもやや低い値で推移することが多かった。

筏設置場所、筏間航路下ともに散布と関連づけられる特徴的な変化は認められなかった。

底土表面のEH

筏設置場所における底土表面のEHは、図19-1、19-2に示す通りST2、4、9とともに全体的にはほぼ同様の推移を示し、7月8日から12月13日までは $-115 \sim -181 \text{ mV}$ の値で推移し、2月17日には $+50 \sim 191 \text{ mV}$ の値まで上昇した。その推移のなかでST4はST9と大差ない値で推移したが8月11、26日の2回はST9よりもやや高い値になった。ST2はST9よりも高い値で推移する事が多く、特に12月13日にはST4、9が -140 mV 前後であったのに対し、 -6 mV になり、好氣的状態に回復するのが早かった。

筏間航路下における底土表面のEHも、筏設置場所と同様の推移を示したが、EHの上昇が筏設置場所よりも2カ月早く10月から認められた。ST3は散布後1~2カ月間ST8よりも高い値で推移した。

このようにバイオコロニー散布によってEHが高められる結果が得られたが、その持続期間は筏設置場所、筏間航路下ともに夏期散布が1~2カ月、追加散布が2カ月間であった。

ST2とST4ではほとんど差が認められなかったが、散布直後にST4ではEHが一時的に低下し、ST2の方が効果が高かった。また、追加散布後ST4はST9よりも低い値で推移した。

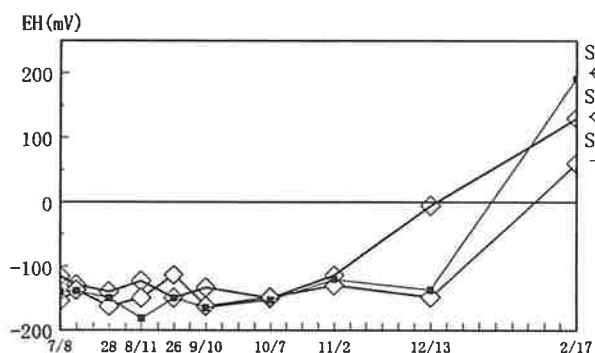


図19-1 底土表面のEHの推移（筏設置場所）

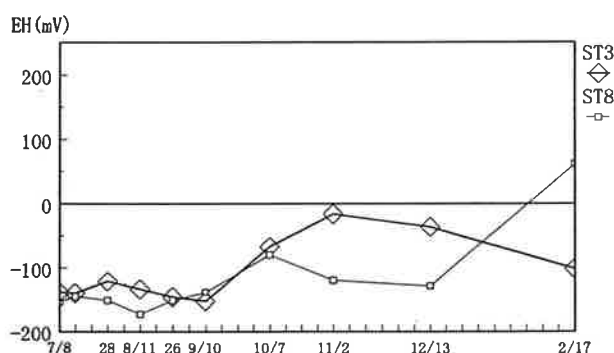


図19-2 底土表面のEHの推移（筏間航路）

底土各層のAVS

筏設置場所における底土各層のAVSは、図20-1、20-2に示す通り $0.3 \sim 3.1 \text{ mg/g dry mud}$ の範囲内で推移した。その中で表層の0~2cm層が他の2層よりも高く、4~6cm層が最も低い値を示すことが多かった。

各層毎のAVSの推移を図21-1~図21-3に示した。0~2cm層のST2のAVSは散布後7週目の9月8日までは対照区であるST9とほぼ同じか $0.5 \sim 0.75 \text{ mg/g dry mud}$ 上回る値を示した。しかし、散布後11週目の10月7日、追加散布後3、9週目の11月2日、12月13日にはST9を下回る値で推移した。ST4では初回散布後20週目の12月13日を除いて、ST9よ

りも常に高い値で推移した。

2～4cm層のST2のAVSは追加散布後3週目以降の11月2日から2月17日までは対照区であるST9より低い値を示したが、それ以前の時期については散布前後に関する特徴的な変化は認められなかった。ST4では追加散布後9週目以降の12月13日と2月17日で対照区であるST9より低い値を示したが、それ以前の時期については散布と関連づけられる特徴的な変化は認められなかった。

4～6cm層のST2のAVSは散布後3週間目の8月11日以降追加散布後9週目の12月13日までST9をわずかながら下回る値で推移した。ST4ではST9よりも常に高い値で推移し、散布前後に関する特徴的な変化は認められなかった。

筏間航路下における底土各層のAVSは、図20-2に示す通り0.3～2.7mg/g dry mudの範囲内で推移した。0～2cm層は他の2層よりも高い値を示す場合が多く4～6cm層が他の2層よりも低い値を示す場合が多かった。

各層毎のAVSの推移を図22-1～図22-3に示した。0～2cm層のST3のAVSは初回散布、追加散布ともに散布直後に対照区であるST8よりも約0.9mg/g dry mud 低い値を示した。しかし、その他の時期については対照区との間に特徴的な差異は認められなかった。

2～4cm層のST3のAVSは散布前はST8よりも高い値を示していたものが散布後1週間目の8月11日から7週目の9月8日までST8をわずかながら下回る値で推移した。追加散布に関しては、散布と関連づけられる特徴的な変化は認められなかった。

4～6cm層のST3のAVSについては2～4cmとほとんど同様の結果であり、筏間航路ではABS産生抑制の効果が底上表面よりも2～6cm層に顕著に認められた。

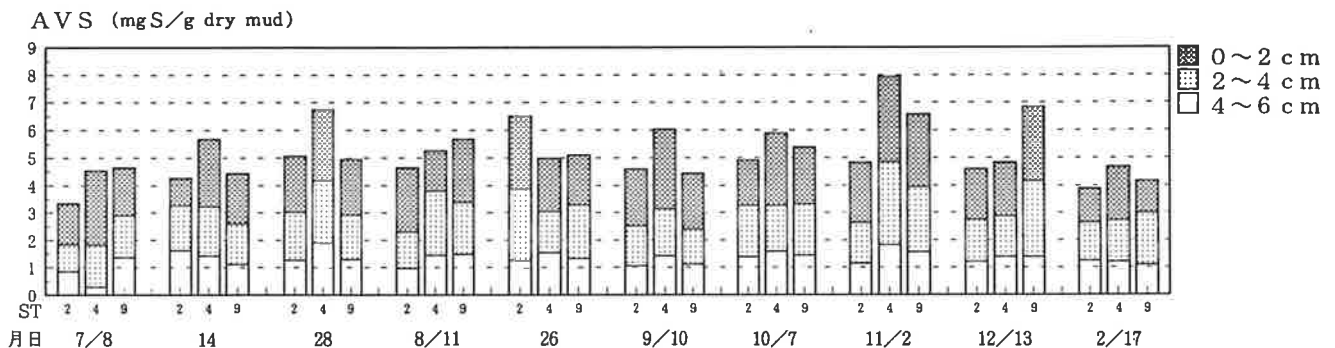


図20-1 底土各層におけるAVSの推移（筏設置場所）

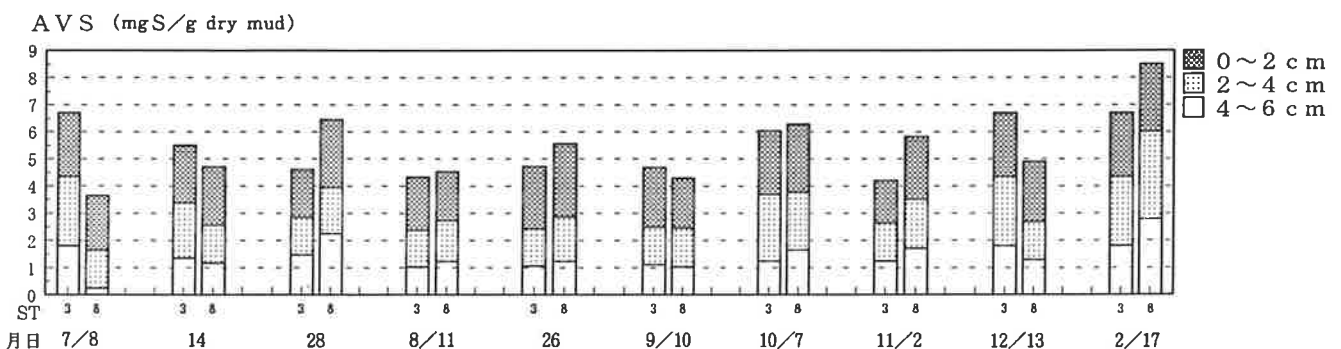


図20-2 底土各層におけるAVSの推移（筏間航路）

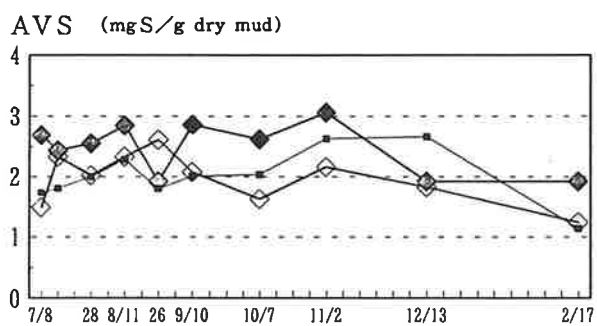


図21-1 底土AVSの推移（筏設置場所0～2cm層）

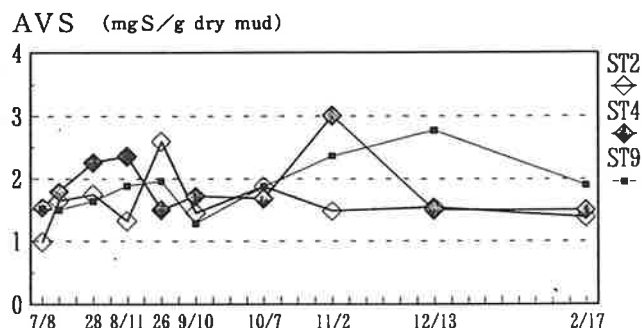


図21-2 底土AVSの推移（筏設置場所2～4cm層）

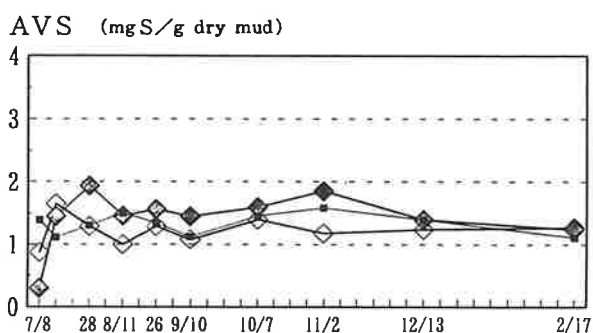


図21-3 底土AVSの推移（筏設置場所4～6cm層）

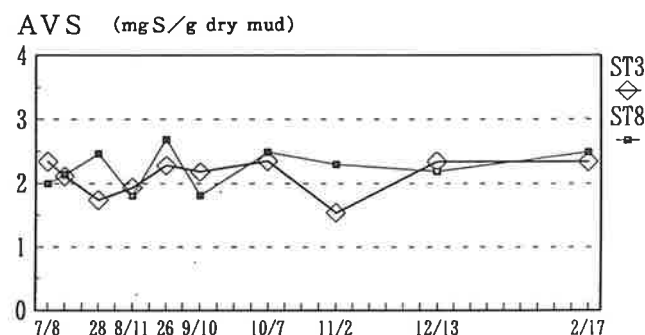


図22-1 底土AVSの推移（筏間航路0～2cm層）

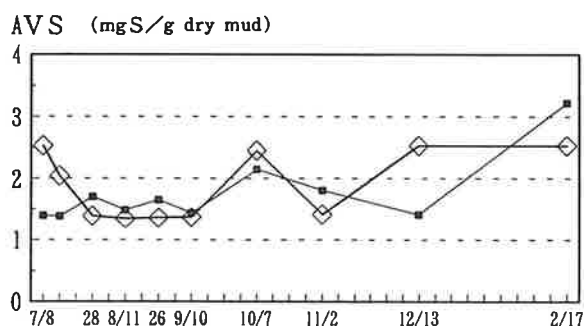


図22-2 底土AVSの推移（筏間航路2～4cm層）

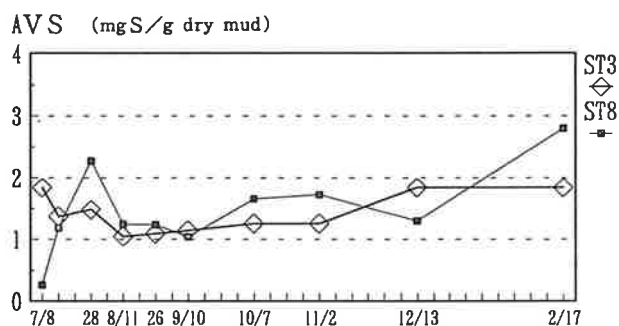


図22-3 底土AVSの推移（筏間航路4～6cm層）

このように、バイオコロニー散布によって底土におけるAVSが減少し、好气的状態が回復、維持されることが明らかになった。ただし、筏設置場所における夏期散布のAVS産生抑制効果は顕著でなく、筏間航路下では底土表面から6cmの層まで顕著に認められた。逆に、追加散布の効果は筏設置場所で底土表面から6cmの層まで顕著に認められ、筏間航路では底土表面の0～2cm層で認められたのみであった。

効果の持続期間は筏設置場所の夏期散布が1～2カ月間、追加散布が2～4カ月間であった。筏間航路下では夏期散布が1～2カ月間、追加散布が1～2カ月間であった。

ST2とST4の比較ではST2のほうが効果的であり、ST4は一時的に嫌気状態をもたらし、AVSを増加させることがあった。特に多量に散布された追加散布後、一時的にはあるが、ST4のAVSが増加し、ST9よりも高い値を示すことがあった。

底土各層の I L

筏設置場所における0～2cm層の I L は、図 23-1～図 23-3 に示す通り8～22 % の範囲内で推移し、散布区と対照区では散布と関連づけられる特徴的な変化は認められなかった。2～4cm層の I L は9～18 % の範囲内で推移し、散布後の3週間目の8月11日以降ほとんどの場合 S T 9 よりも低い値で推移した。4～6cm層の I L も、10～18 % の範囲内で推移し、8月11日以降ほとんどの場合 S T 9 よりも低い値で推移し、底土表面よりも下層の2～6cm層で I L を減少させる効果が認められた。なお、いずれの場合も散布直後に I L が増加した。S T 2 と S T 4 の差は2～4cm層で S T 2 がやや大きい効果を示したのみであった。

効果の持続期間は夏期、追加散布共に2～3カ月間であった。

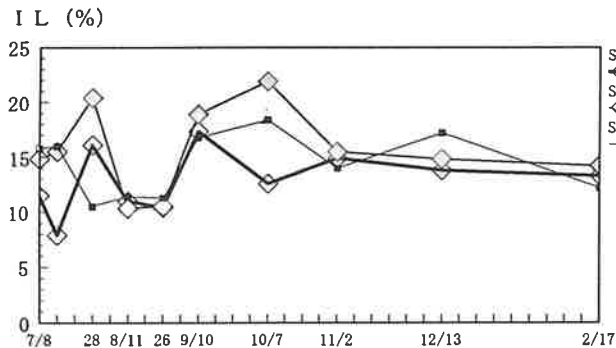


図23-1 底土0～2cm層 I L の推移(筏設置場所)

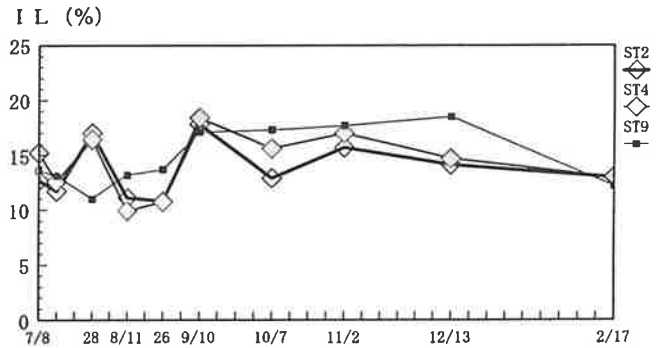


図23-2 底土2～4cm層 I L の推移(筏設置場所)

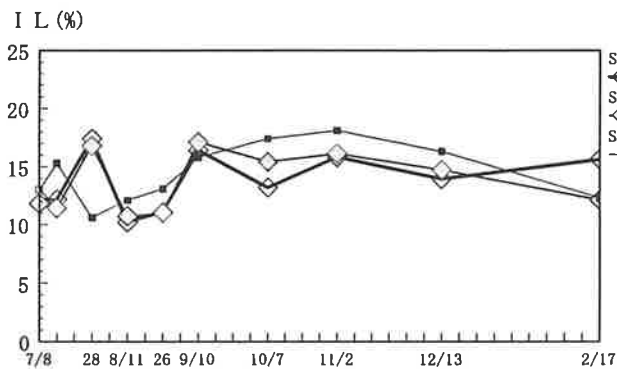


図23-3 底土4～6cm層 I L の推移(筏設置場所)

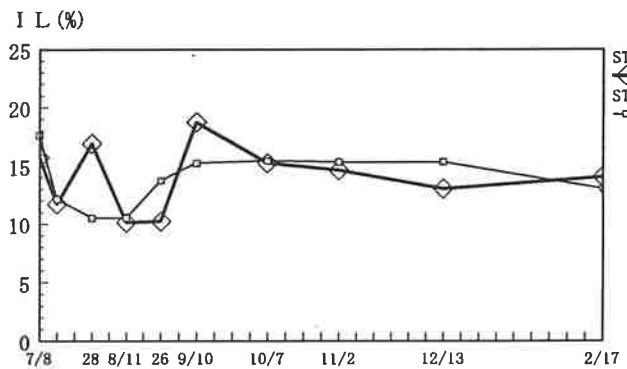


図24-1 底土0～2cm層 I L の推移(筏間航路)

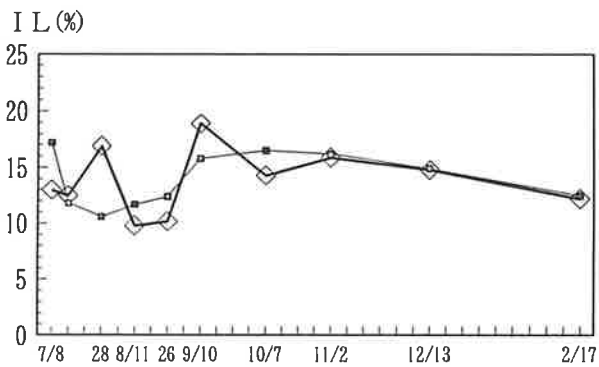


図24-2 底土2～4cm層 I L の推移(筏間航路)

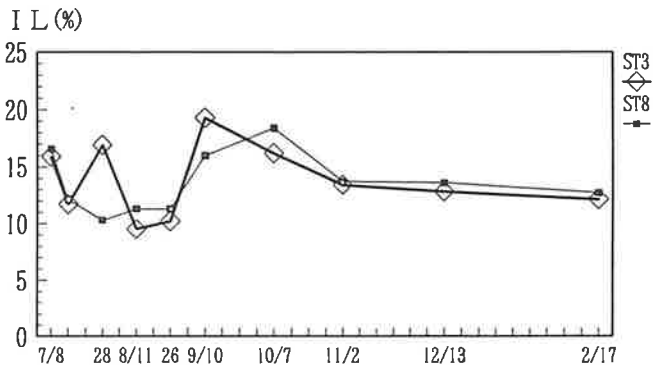


図24-3 底土4～6cm層 I L の推移(筏間航路)

筏間航路下では、図 24-1～図 24-3 に示す通り 0～2cm、2～4cm、4～6cmの各層とも I L は、

10～19 % の範囲内で推移し、散布区と対照区では散布前後に関する特徴的な変化は認められなかった。なお、ST 3 のいずれの層においても夏期散布直後に IL が増加した。

効果の持続期間は夏期散布が 1 カ月間、追加散布が 3 カ月間であった。

底土各層の COD

筏設置場所における底土各層の COD は、図 2 5 - 1 ～図 2 5 - 3 に示す通り 30～60mg/g dry mud の範囲内で推移した。各層の比較では 0～2cm 層が比較的高い値を示し、4～6cm 層が最も低い値を示した。

0～2cm 層の ST 2 は初回散布直後と追加散布直後に増加し、対照区である ST 9 よりも高いか同じ値を示した。しかし、その後再び減少し、ST 9 よりも低い値で推移した。特に、追加散布後の値は ST 9 よりも大幅に低い値で推移した。ST 4 の COD も初回散布直後と追加散布直後に増加し、対照区である ST 9 よりも高い値を示した。しかし、その後再び減少し、ST 9 よりも低い値で推移した。ただし、COD の減少の程度は ST 2 よりも小さかった。

2～4cm 層の ST 2、4 の COD についても初回散布と追加散布直後に一時的な増加が認められたが、その他の時期は対照区である ST 9 よりも低い値で推移した。ただし、ST 4 の COD は最後の 2 月 17 日には増加し、ST 9 よりも高い値になった。

4～6cm 層の ST 2 は 2～4cm 層と同様の傾向で推移した。ただし、ST 9 との差は 2～4cm ほど大きくはなかった。ST 4 で初回散布と追加散布後に一時的な増加が認められたが、その他の時期も ST 9 と大差ない値で推移した。ただし、追加散布後 3 週間目の 8 月 11 日以降は ST 9 よりも低い値で推移した。

このように筏設置場所における散布は底泥中の COD を一時的に増加させた後減少させる効果があり、その効果は 2～4cm で顕著であったが、4～6cm 層にも及んでいた。

効果の持続期間は 2～4 カ月間であった。ST 2 と ST 4 の比較では夏期散布では差がなく、追加散布において ST 2 のほうが効果がやや大きかった。

筏間航路下における底土各層の COD は、図 2 6 - 1 ～図 2 6 - 3 に示す通り 33～57mg/g dry mud の範囲内で推移し、各層の比較では筏設置場所と同様 0～2cm 層が比較的高い値を示し、4～6cm 層が最も低い値を示した。

ST 3 の COD は 0～2cm 層で初回散布後 7 週間目にあたる 9 月 8 日と追加散布後 3 週間目にあたる 11 月 2 日を除いて ST 8 を大きく下回る値で推移した。

2～4cm 層では追加散布後 9 週間目にあたる 12 月 13 日を除いて、ST 8 よりも低い値で推移した。

4～6cm 層では初回散布後 3 週間目にあたる 8 月 11 日と追加散布後 3 週間目にあたる 11 月 2 日を除いて、ST 8 よりも低い値を示すことが多かった。

このように、筏間航路下でも小割筏直下散布の波及効果によって底土の COD 低下が認められ、その効果は底土表面よりも 2～4cm 層で最も顕著であり、次に夏期散布では 0～2cm 層、追加散布は 4～6cm 層であった。

効果の持続期間は夏期散布が 2～3 カ月間、追加散布が 4 カ月間であった。

COD (mgO₂/g dry mud)

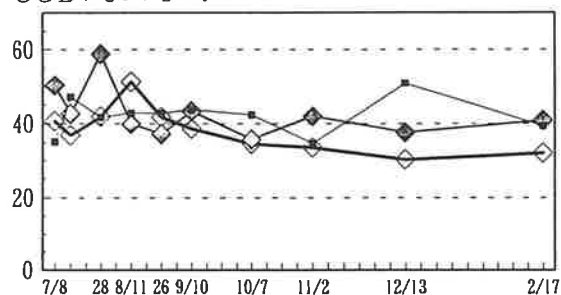


図25-1 底土CODの推移(筏設置場所0~2cm層)

COD (mgO₂/g dry mud)

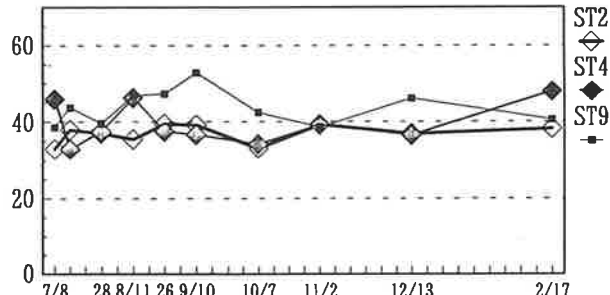


図25-2 底土CODの推移(筏設置場所2~4cm層)

COD (mgO₂/g dry mud)

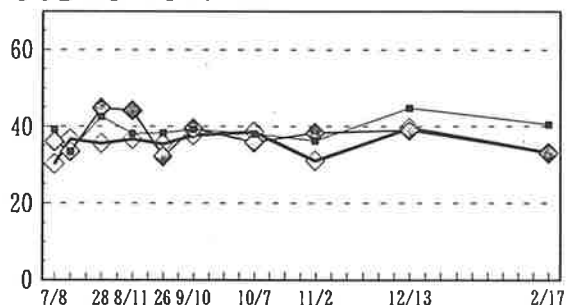


図25-3 底土CODの推移(筏設置場所4~6cm層)

COD (mgO₂/g dry mud)

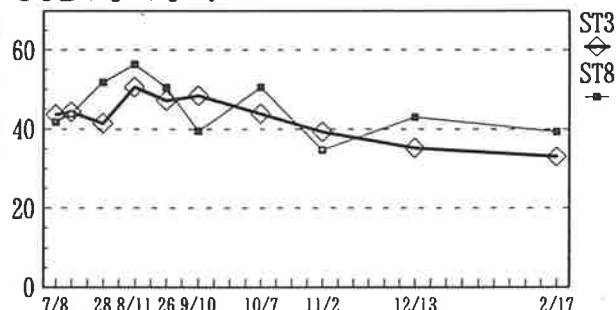


図26-1 底土CODの推移(筏間航路0~2cm層)

COD (mgO₂/g dry mud)

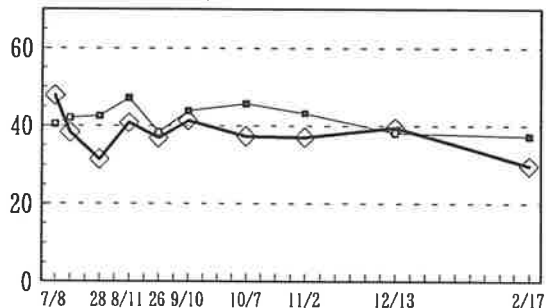


図26-2 底土CODの推移(筏間航路2~4cm層)

COD (mgO₂/g dry mud)

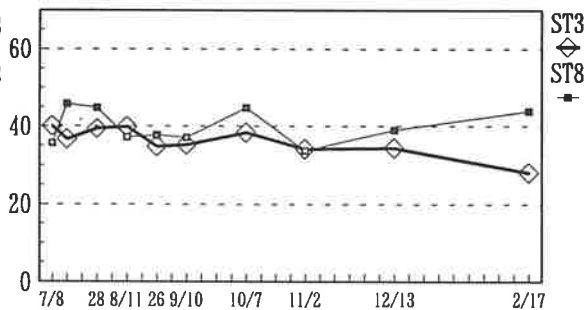


図26-3 底土CODの推移(筏間航路4~6cm層)

底土各層のT-C

筏設置場所における底土各層のT-Cは、図27-1~図27-3に示す通り15~34mg/g dry mudの範囲内で推移し、各層の比較では、4~6cm層がやや低い値を示した。外湾水の差し込みにより環境条件が全体的に改善された8月11日と8月26日にはIL同様に全層で低い値を示した。

筏設置場所における0~2cm層のST2、4のT-Cは、調査開始当初ST9よりも高い値であったが、散布後顕著な減少を示し、ST9を下まわるか、ほぼ同じ値で推移した。散布の効果としてT-Cの減少が認められ、その効果の持続期間は夏期散布が1~3カ月、追加散布は4カ月間であった。ただし、ST4における追加散布の効果は認められなかった。

2～4cm層のST2、4のT-Cについて、調査開始当初、ST9との差は認められず、散布11週目の10月7日にST2がST9よりも低い値になった。追加散布後の効果持続期間はST2が4カ月、ST4が3カ月間であった。

4～6cm層でも2～4cm層と同様の傾向で推移した。ただし、効果の持続期間はST2、4ともに追加散布後2カ月間であった。ST2とST4の差はほとんど認められなかったが夏期散布でST2がやや上廻った。

筏間航路下における底土各層のT-Cは、図28-1～図28-3に示す通り14～31mg/g dry mudの範囲内で推移し、各層の比較では筏設置場所と同様4～6cm層で低い値を示した。外湾水の差し込みにより環境条件が全体的に改善された8月11日と8月26日には筏設置場所同様に全層で低い値を示した。

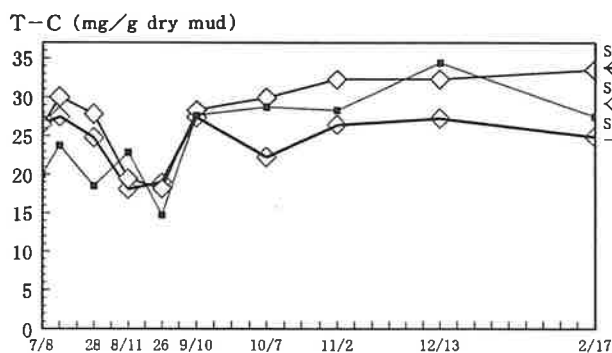


図27-1 底土0～2cm層T-Cの推移
(筏設置場所)

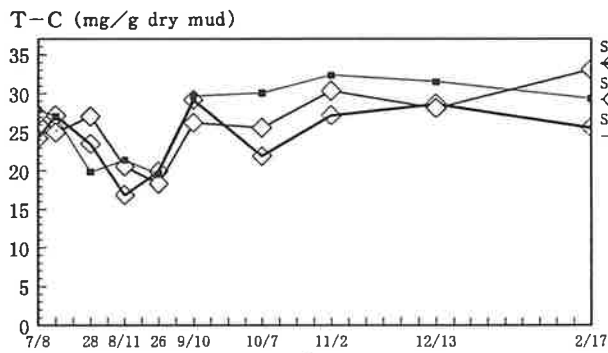


図27-2 底土2～4cm層T-Cの推移
(筏設置場所)

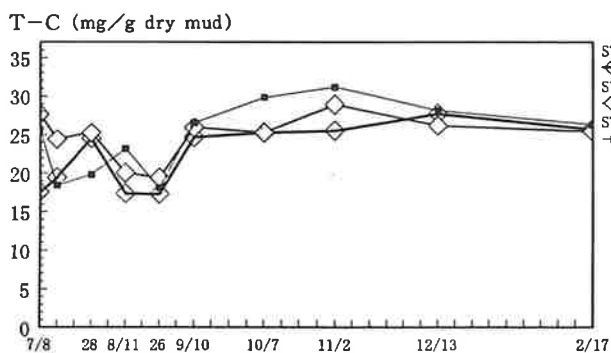


図27-3 底土4～6cm層T-Cの推移
(筏設置場所)

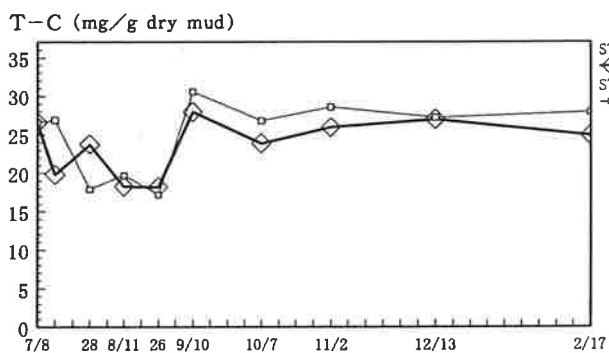


図28-1 底土0～2cm層T-Cの推移(筏間航路)

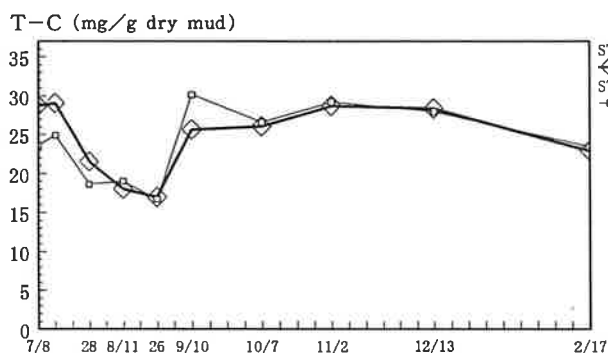


図28-2 底土2～4cm層T-Cの推移(筏間航路)

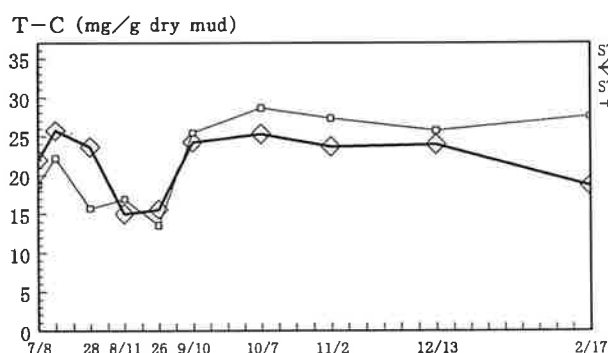


図28-3 底土4～6cm層T-Cの推移(筏間航路)

筏間航路下におけるST3のT-Cは調査開始当初ST8との差は認められず、散布7週間目の9月10日にST8より低い値となり、以後12月13日を除いてST8よりも低い値で推移した。散布波及効果の持続期間は夏期散布が約1カ月間（ただし2カ月後から）、追加散布が4カ月間であった。

2～4cm層、4～6cm層では調査開始当初ST8よりも高い値を示していたが散布後大幅な減少を示し、ST8と同じか下廻る値で推移した。ただし、2～4cm層においては追加散布ST8との差は認められなかった。

散布波及効果の持続期間は夏期散布が2～3カ月間、追加散布が4カ月間であった。

底土各層のT-N

筏設置場所における底土各層のT-Nは、図29-1～図29-3に示す通り2～6mg/g dry mudの範囲内で推移し、各層の比較では、4～6cm層が低い値を示した。IL、T-Cで見られたような8月11日から26日かけての減少は見られず、逆に対照区であるST9では上昇傾向が2～4、4～6cm層で認められた。

0～2cm層ではST2、4共に夏期散布においては散布と関連づけられるような変化は認められず、ST2のみが散布11週目の10月7日にST9よりも大幅に低い値になり、以後11月2日を除いて低いまま推移した。

効果の持続期間は、ST2では夏期散布について散布後2カ月目からの1カ月間、追加散布について4カ月間であり、ST4では不明であった。

2～4cm、4～6cm層のT-Nは調査開始から8月下旬までST9が増加傾向を示したのに対し、ST2、4は増加の幅が小さく、ほぼ横這い状態で推移し、8月28日以降は常に低い値で推移した。

効果の持続期間は夏期散布が3カ月、追加散布が4カ月間であった。ST2とST4の差はいずれもほとんど認められなかった。

筏間航路下における底土各層のT-Nは、図30-1～図30-3に示す通り2～5mg/g dry mudの範囲内で推移し、各層の比較では筏設置場所と同様4～6cm層でやや低い値を示した。筏設置場所のST9で見られたような7月から8月下旬にかけての増加傾向はよりゆるやかであった。

ST3のT-Nは0～2cm層では調査開始当初ST8との差は認められず散布5週間目の8月26日にST8より低い値となり、以後2月17日まで低い値で推移した。

2～4cm層では夏期散布後3週間目の8月28日から11週目の10月7日までST8より低い値で推移したが、追加散布後についてはST8とほとんど差が認められない状態で推移した。

4～6cm層では夏期散布後3週間目の8月28日以後2月17日まで終始、ST8より低い値で推移した。

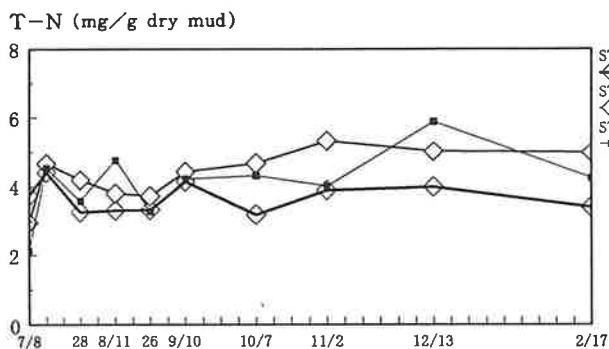


図29-1 底土0～2cm層T-Nの推移
(筏設置場所)

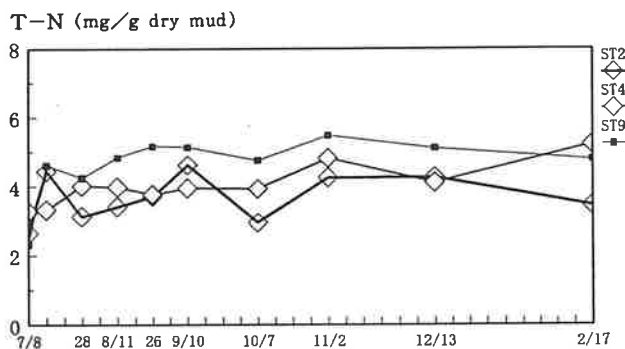


図29-2 底土2～4cm層T-Nの推移
(筏設置場所)

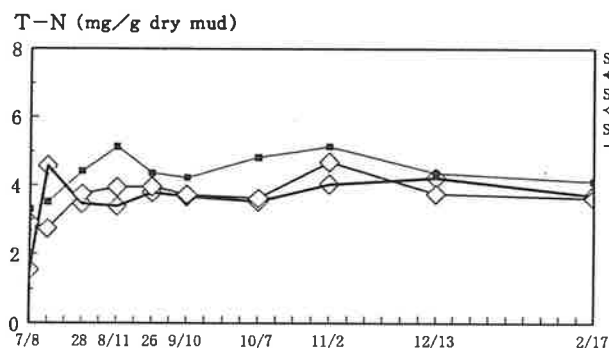


図29-3 底土4～6cm層T-Nの推移
(筏設置場所)

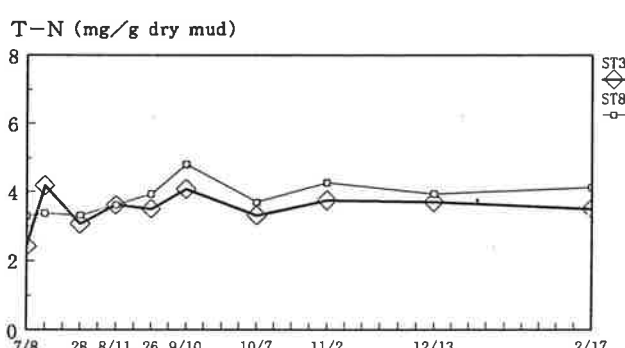


図30-1 底土0～2cm層T-Nの推移(筏間航路)

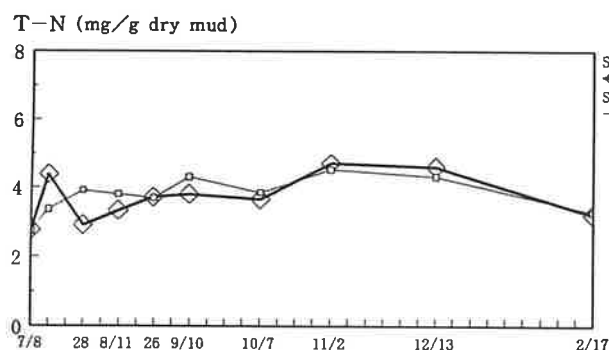


図30-2 底土2～4cm層T-Nの推移(筏間航路)

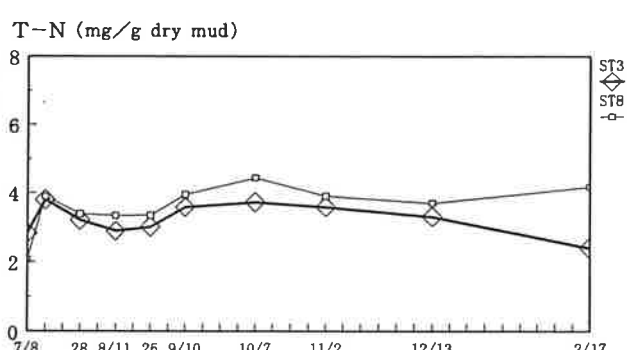


図30-3 底土4～6cm層T-Nの推移(筏間航路)

底土酸化層の厚さ

筏設置場所における酸化層は、図3 1-1に示す通り、対照区であるST9では調査最終回である2月17日に0.1mmの酸化層が形成されたのみであったのに対し、ST2、ST4では散布後8回の調査日の内4回酸化層の形成が認められた。散布の効果として酸化層形成促進が認められ、その効果の持続期間は夏期散布が2～4カ月、追加散布が4カ月であった。ST2とST4の比較では追加散布でST2がやや上廻った。

筏間航路下における酸化層は図3 1-2に示す通り、対照区であるST8でも10月7日以降3回0.1～0.2mmの酸化層の形成が認められた。ST3においては10月7日以降常に0.1～0.5mmの酸化

層の形成が認められ、ST8よりもさらに好気的環境になっていることが明らかになった。散布の波及効果は追加散布で認められ持続期間は4カ月であった。

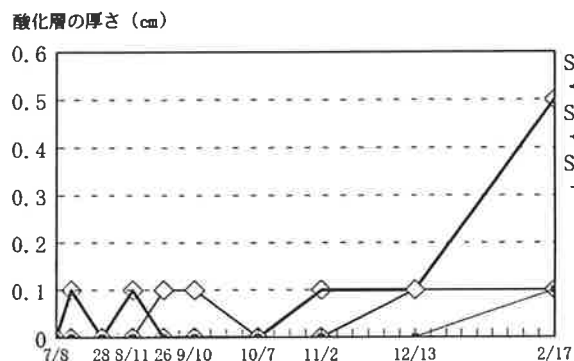


図31-1 底土酸化層の厚さの推移
(筏設置場所)

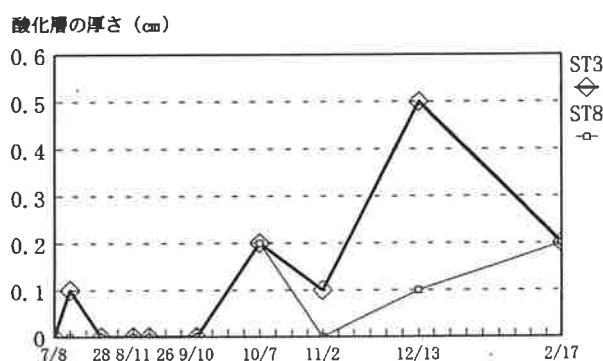


図31-2 底土酸化層の厚さの推移
(筏間航路)

底土還元層の厚さ

筏設置場所における底土の還元層は、図32-1に示す通り、ST2、4では弱還元層が厚く、対照区であるST9では強還元層が厚いことが特徴として認められた。強還元層の推移を図33-1に示した。散布の効果として還元層形成抑制が認められ、その効果の持続期間は夏期散布で3カ月間、追加散布で1カ月以上であった。ST2とST4の比較ではほとんど差が認められなかった。

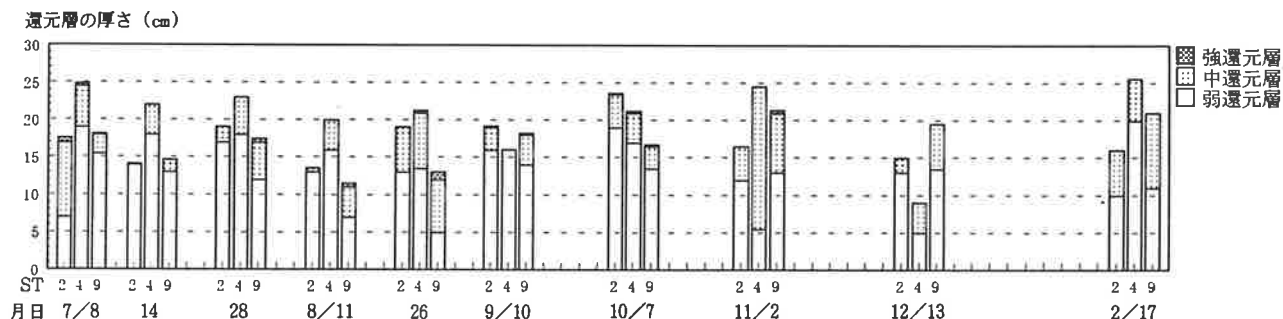


図32-1 底土還元層の厚さの推移 (筏設置場所)

筏間航路下における底土の還元層は図32-2に示す通り、強還元層については対照区であるST8でも、7月28日に0.5mmと大きい値を示したのみで、逆にST3のほうがわずかながら強還元層の厚さは厚い状態で推移した。強還元層の推移を図33-2に示した。効果の持続期間は夏期散布で1カ月間認められたのみである。

このようにバイオコロニー散布は底土の酸化層形成を促進し、還元層の形成を抑制した。効果の持続期間は夏期散布が2～4カ月間、追加散布が4カ月間であった。

筏間航路下への波及効果については、夏期散布後の強還元層の形成抑制と追加散布後の酸化層形成に顕著であり、その持続期間はそれぞれ1カ月間、4カ月間であった。

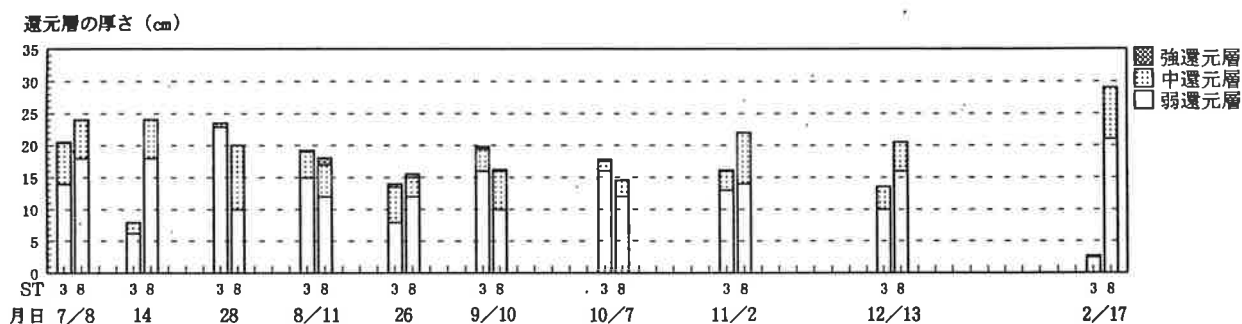


図32-2 底土還元層の厚さの推移（筏間航路）

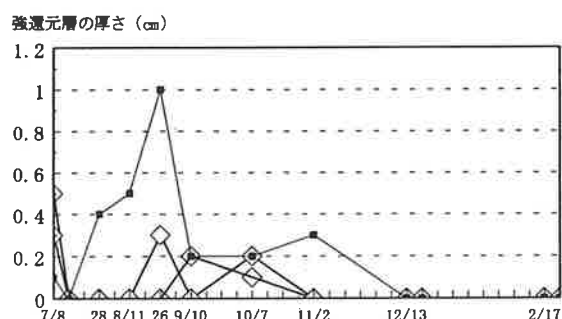


図33-1 底土強還元層の厚さの推移（筏設置場所）

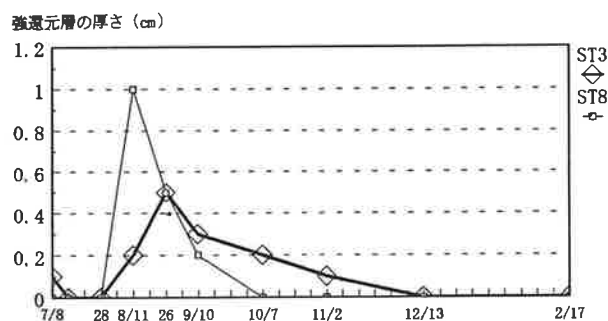


図33-2 底土強還元層の厚さの推移（筏間航路）

(3) 考察ならびにまとめ

今年度の浦ノ内湾養殖漁場で行った現場試験の結果は、平成4年度に得られた結果とほぼ一致する結果であり、散布区においてバイオコロニー散布による水質・底質改善効果が認められ、その効果は、筏間航路下まで及ぶことが明らかにされた。また、今年度初めて実施した秋期の追加散布についても散布効果のあることが明らかにされた。得られた結果の詳細は以下の通りである。

水 質

これまでに得られた結果を表1にまとめた。

散布区において底土直上水のEHの上昇促進、AVS、DTN、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、DON、DTP、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、DOPの減少が認められた。これらの作用は全て水質改善につながる効果である。ただし、DOPについては夏期散布後に筏間航路下で増加する作用が認められた。また、昨年度と比較すると、 $\text{NO}_3\text{-N}$ も減少効果がわずかながら認められた点が異なっている。1 m^2 あたり300gの散布量で4回散布したST2と、1 m^2 あたり300gの散布量で2回、1 m^2 あたり500gの散布量で2回追加散布したST4を比較すると、夏期散布ではST4のほうがやや効果が大きかった。ただし、散布直後に一時的にEHが低下したりAVS、 $\text{PO}_4\text{-P}$ などが増加するなど逆効果の面も生じ、また、追加散布ではST2と同じか逆に下回る場合もあった。平成4年度の結果から「水質に関してはバイオコロニーの散布による効果は散布量が多いと逆効果になる」ことがあきらかにされたが、今年度も

それを再確認する結果となった。なお、ST2とST4は夏期の散布量が同じであるにも関わらず、夏期散布の効果に若干の差が生じが、このことについては、後に底質の部分で考察するように、昨年度散布されたバイオコロニーが泥温の上昇とともに活動を再開し、その影響が水質にも及んだものと考えられる。ちなみに、ST4は昨年度他の実験区よりも1回多く、8月に追加散布した区である。

効果の持続期間は夏期散布がおおむね2～3カ月間、追加散布が2～4カ月間であった。

今年度新たな課題として検討した小割筏直下への散布の影響範囲として次のようなことが明らかにされた。散布筏間の中間点である筏間航路下ST3での水質改善効果は、夏期散布についてはAVS、NO₃-N減少効果、追加散布についてはEH上昇促進、DOP減少効果が認められ、筏間航路下全域に波及効果の及んでいることが明らかになった。平成4年度大規模散布区として筏間航路に1㎡あたり300g散布したST3では、1㎡あたり100gの散布量で小割筏直下へ散布した場合の効果とほぼ同じ程度の水質改善効果であった。筏間航路下における非散布の対照区を設けていなかったので厳密な論議はできないが、総合的に判断して小割筏周辺の航路等に広範囲に散布してもそれほど大きな改善効果はもたらさないと考えられる結果であった。今年度の結果から明らかなように、小割筏直下散布の波及効果が期待できるので、筏周辺の水質改善のための散布は必要ないと結論づけられる。

底 質

これまでに得られた結果を表2にまとめた。

平成4年度同様、散布区においてEHの低下抑制、AVSの産生抑制、IL、COD、T-C、T-Nの減少効果が認められた。これらの作用は全て底質改善効果である。層別には表層の夏期散布における効果がやや小さく、2～4cm層、次いで4～6cm層でその効果が顕著であった。平成4年度の調査では、4～6cm層まで顕著な効果が認められたのは1㎡あたり400gの散布量で2回散布した区であり、IL、CODの減少効果が認められ、一方、効果が最も小さかった1㎡あたり100gで2回散布した区では、0～2cm層で効果が不明瞭、2～4cm層でT-Sの産生抑制、IL、COD、T-C、T-Nのわずかな減少効果が認められたとの結果が得られている。今年度の散布量は両者の中間の散布量（1㎡あたり300g）であり、底質改善効果もちょうど両者の中間と云える結果であった。また、ST2、ST4ともに昨年度の散布区であり、ST2は1㎡あたり300g2回散布区、ST4は1㎡あたり300g3回散布区であった。今年度、昨年度より深い層で底質改善効果が現れたことについては、休眠状態にあった昨年度散布のバイオコロニーが泥温の上昇とともに活動を再開したことが考えられる。ちなみに、バイオコロニーは塩分0%で最も高い増殖量を示すが、塩分32%でも0%の場合の97%程度の増殖量を示し、海洋環境中で増殖力を失わないことが高知大学の室内実験から明らかにされている。一方、今年度は気象史上希に見る低温多雨の年であり、外湾水の差し込みが発達し、貧酸素層の発達が弱かった。このため養殖魚類の摂餌が活発になり、昨年度より夏期における有機物負荷が大きくなり、底土表面（0～2cm層）でのバイオコロニー散布の効果を打ち消したことも考えられる。

ST2とST4を底質全体について比較すると、夏期散布ではほとんど差が認められず、追加散布ではST2の方がやや改善効果が大きい場合が多かった。このことから、海水の垂直混合期においても多量散布は逆効果になる場合のあることが明らかになった。

表1. バイオコロニー散布が水質に及ぼす影響

		影響持続期間				ST 2、4 における散布効果の比較	
		筏設置場所		筏間航路下			
		項 目	効 果	夏期散布	追加散布	夏期散布	追加散布
PH	上 昇	3 カ月	4 カ月	1 カ月	4 カ月	ST 2 ≧ ST 4 (ST 4 散布後一時低下)	追加散布
AVS	減 少	3 カ月	4 カ月	1 カ月	—	ST 2 < ST 4 (ST 4 散布後一時増加)	追加散布
TNB	減 少	2 カ月	2 カ月	—	—	ST 2 < ST 4	追加散布
NH ₄ -N	減 少	2 カ月	?	—	—	ST 2 < ST 4 (ST 4 散布後一時増加)	追加散布
NO ₂ -N	減 少	1 カ月	?	?	?	ST 2 < ST 4	追加散布
NO ₃ -N	減 少	—	1 カ月	2 カ月	—	ST 2 ≧ ST 4	追加散布
DON	減 少	2 カ月	3 カ月	—	—	ST 2 < ST 4 (ST 4 散布後一時増加)	追加散布
DTP	減 少	2 カ月	2 カ月	—	—	ST 2 ≧ ST 4 (ST 4 散布後一時増加)	追加散布
PO ₄ -P	減 少	2 ～ 3 カ月	—	—	—	ST 2 < ST 4 (ST 4 散布後一時増加)	追加散布
DOP	減 少	1 カ月	2 カ月		2 カ月	ST 2 < ST 4 (ST 4 散布後一時増加)	追加散布
	増 加			3 カ月			

表2. バイオコロニー散布が底質に及ぼす影響

項目	散布の影響	泥の層 (cm)	影響の持続期間				ST2、4における散布効果の比較		
			役設置場所		役間航路下				
			夏期散布	追加散布	夏期散布	追加散布			
EH	低下抑制		1～2ヵ月	2ヵ月 (ST2のみ)	1ヵ月	2ヵ月	ST2>ST4 (ST2、4散布後一時低下)	追加散布	
	低下促進			4ヵ月 (ST4のみ)					
AVS	減少	0～2	－	2ヵ月	1ヵ月	1ヵ月	－	－	
		2～4	－	4ヵ月	2ヵ月	－	－	ST2>ST4 (ST4散布後一時増加)	
		4～6	1ヵ月 (ST2のみ)	2ヵ月 (ST2のみ)	2ヵ月	－	－	－	
IL	減少	0～2	－		1ヵ月 (ST2、4散布後一時増加)	3ヵ月	3ヵ月	－	
		2～4	2～3ヵ月	3ヵ月	1ヵ月 (ST2、4散布後一時増加)	－	－	ST2≒ST4 (ST2、4散布後一時増加)	
		4～6	2～3ヵ月	2ヵ月	1ヵ月 (ST2、4散布後一時増加)	－	－	ST2≒ST4 (ST4散布後一時増加)	
COD	減少	0～2	－	3ヵ月	2～3ヵ月	4ヵ月	4ヵ月	－	
		2～4	4ヵ月	2～3ヵ月	2～3ヵ月	4ヵ月	4ヵ月	ST2≒ST4 (ST2、4散布後一時増加)	
		4～6	－	4ヵ月	－	4ヵ月	4ヵ月	ST2>ST4 (ST4散布後一時増加)	
T-C	減少	0～2	1～3ヵ月	4ヵ月 (ST2のみ)	1ヵ月 (2ヵ月目から)	4ヵ月	4ヵ月	ST2≒ST4	
		2～4	1ヵ月 (2ヵ月目から)	3～4ヵ月	2ヵ月	－	－	ST2>ST4	
		4～6	1ヵ月 (2ヵ月目から)	2ヵ月	2～3ヵ月	4ヵ月	4ヵ月	ST2>ST4	
T-N	減少	0～2	1ヵ月 (ST2のみ2ヵ月目から)	4ヵ月 (ST2のみ)	2ヵ月 (1ヵ月目から)	4ヵ月	4ヵ月	ST2≒ST4	
		2～4	3ヵ月	4ヵ月	3ヵ月	－	－	ST2≒ST4	
		4～6	3ヵ月	4ヵ月	3ヵ月	4ヵ月	4ヵ月	ST2≒ST4	
酸化層	形成促進		2～4ヵ月	4ヵ月	－	4ヵ月	ST2≒ST4	ST2>ST4	
強還元層	形成抑制		3ヵ月	1ヵ月以上	1ヵ月	－	ST2≒ST4	ST2≒ST4	

筏間航路下においても散布場所と同様の傾向が認められ、層別には0～2cmと2～4cmにおいて効果が顕著に認められた。

効果の持続期間は夏期散布が1～3カ月間、追加散布はA V Sが1カ月間、その他が3～4カ月間であった。

底土の酸化層形成促進と強還元層の形成抑制効果も認められ、その効果の持続期間は夏期散布がおよそ3カ月間、追加散布は4カ月間であった。これらの結果は上述の水質、底質の化学分析の結果とよく一致した。今後、バイオコロニー散布を漁業者自らが実施しようとする場合、効果を判定するために詳細な化学分析を、しかも、層別に行うことは現実には相当困難を伴うと考えられる。この酸化層と強還元層の厚さを測定する方法は漁場改良の診断のための簡易法として有効と考えられる。

筏間航路下への効果についても散布場所と同様の傾向が認められ、0～2cm層と2～4cm層において波及効果が顕著に認められた。

波及効果の持続期間は夏期散布が1～3カ月間、追加散布はA V Sが1カ月間、その他が3～4カ月間であった。

平成2年度に深浦漁協と高知県中央漁業指導所が行った散布試験では、小割筏直下の散布によってその周辺の航路下にも波及効果があると考えられる結果が得られており、今年度の結果と考えあわせると周辺の航路下にまで散布の効果が波及することは確実であると考えられる。

平成4年度大規模散布区として筏間航路に1㎡あたり300g散布したS T 3では、ほとんどの項目で小割筏直下散布区を上廻る底質改善効果が得られ、効果の持続期間も長いという結果が得られている。しかし、筏間航路における非散布の対照区を設けていなかったので厳密な論議はできなかった。しかも、筏周辺の区画漁業権の範囲全体に散布しようとするれば小割筏直下のみに散布する場合の7～10倍の費用がかかる。むしろ、今年度明らかにしたように、小割筏直下のみに散布してその波及効果を生かすことが合理的と思われる。早急に漁場を改善する必要がある場合には、筏周辺へ散布するよりも、最も汚染負荷がかかる小割筏直下へ繰り返し追加散布するほうが漁場全体の環境改善に効果的であると考えられる。

追加散布については平成4年度に1㎡あたり300g1回の追加散布を8月6日に行い、この方法でも底質改善に効果があり、1㎡あたり400gを2回散布するよりも300gを3回散布するほうがより効果的であるとの結果が得られている。今年度実施したように10月中旬の追加散布は夏期散布の有効期間、泥温の推移を考えあわせると追加散布に最も適した時期であったと思われる。泥温は、平成4年度が、10月上旬に25℃前後あった。平成5年度は10月上旬が24℃前後、12月中旬が16℃前後であった。高知大学の研究によれば、室内実験において、バイオコロニーは25℃付近に最適温度があるものの15℃でもほぼ同様に増殖し、5℃でも時間はかかるものの同じ最大増殖量を示すことが明らかにされている。また、7℃における酵素活性は一般の湾内底泥細菌の約10倍の活性を示し、低温で高い活性を示す特徴があるとされている。今年度の現場調査で全体的には1月まで項目によっては2月まで追加散布の効果が持続されることが明らかにされ、室内実験の結果と一致する結果であった。なお、追加散布の散布量については、散布の時期が海水の垂直混合期にあたり、夏期散布に最適であるとされた量より多く散布することの効果を期待した。しかし、得られた水質、底質に対する

効果を考えあわせると、多量散布は得策でないと判断される結果であった。

調査を実施した浦の内湾では、1月から6月までの期間、本養殖の漁場を休ませている。したがって、10月以降の追加散布は必要ないと考えられるが、10月以降も養殖を継続している漁場では泥温が15℃を越える時期にもう1度追加散布を行うことは有効であると考えられる。

バイオコロニーの改善効果はこれまで述べたように有機物の無機化、硫化水素発生の抑制等であるので、バイオコロニーの散布によっても水域全体の富栄養化を軽減することはできない。むしろ場合によっては、一時的にせよ、底層水の富栄養化、嫌気化が助長される場合のあることが平成4、5年度の結果に示されている。バイオコロニー散布は微生物による生物浄化であり、その作用は微妙で複雑である。従って、バイオコロニーの散布を行って底質改善を行う場合には、漁場の特徴をよく把握したうえで散布方法を決定することが必要である。また、分解によって生じた窒素、リン等の回収を行う手段も同時に取らなければならないと考えられる。

要 約

1. 浦ノ内湾において、主に養殖漁場周辺の底質環境を改善することを目的として、細菌を主成分とする底質改良剤（バイオコロニー）による底質改善試験を平成4年度に引き続き行った。

平成5年度は、小割筏直下への散布が小割筏周辺航路下までどの程度の波及効果を及ぼすか、また、10月の追加散布効果の有無を明らかにすることの2点を目的に現場実験を実施した。

2. 散布場所は小割筏直下のみの2カ所とした。散布方法は潜水による手撒きとし、7月に夏期散布と10月に追加散布を行った。一方の散布区では散布量を7月、10月ともに1㎡あたり300gを2回とし、ST2とした。他方の散布区では散布量を7月に1㎡あたり300gで2回、10月に1㎡あたり500gで2回とし、ST4とした。水質・底質の調査を散布の8日前と2日前の2回、散布後1週間目の7月28日から翌年2月17日までの間8回実施した。

3. 調査漁場底層の水温、塩分、PH、DOは各調査定点ともほぼ同じ値を示し、均質な海域であった。7月下旬から8月中旬にかけては、湾内の海水は滞留傾向にあったが、今年度は外湾水の湾内底層への差し込みが盛んであり、8月下旬以降、昨年度認められたような貧酸素状態になることはなかった。

4. 調査漁場底質の泥温、PH、は各調査定点ともほぼ同じ値を示し、均質な海域であった。バイオコロニーが高い増殖を示す15℃以上の泥温は12月中旬まで維持されており、7月から10月中旬までの間は酵素活性が高まる25℃前後で推移した。

5. 散布場所である筏設置場所における水質への散布の効果は次のようであった。

底土直上水のEH、AVS EHの上昇、AVS減少効果が認められた。ただし、散布直後に一時的なEHの低下、AVSの増加が見られる場合があった。効果の持続期間は3カ月間であった。

底土直上水の栄養塩 AVS、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、DON、PO₄-P、DOPの増加抑制作用が認められた。効果の持続期間はおおむね2～3カ月間であった。

追加散布の効果 夏期散布と同様の効果が認められ、その効果の持続期間はEH、AVSで4カ月

間、栄養塩類で2カ月間前後であった。

6. 散布場所である筏設置場所における底質への散布の効果は次のようであった。

底泥のEH、AVS EHの低下抑制、AVSの減少効果が認められた。ただし、散布直後に一時的なEHの低下、AVSの増加が見られる場合があった。効果は追加散布で顕著に認められ、底泥の0~6cm層まで改善され、その持続期間は2~4カ月間であった。夏期散布の場合は、4~6cm層でEHが1~2カ月間、AVSが1カ月間認められたのみであった。

底泥のIL、COD IL、CODを散布後一時的に増加するが、長期的には減少させる効果があり、その効果は2~4cmで顕著であったが、4~6cm層にも及んでいると考えられる結果であった。

効果の持続期間は2~4カ月間であった。ST2とST4の比較ではST2のほうが効果が顕著であった。

底泥のT-C、T-N T-Cは0~2cm層で、T-Nは2~4、4~6cm層で顕著な減少効果が認められた。効果の持続期間は夏期散布が1~3カ月間、追加散布が4カ月間であった。ST2とST4の比較では夏期散布においてほとんど差が認められなかったが、追加散布においてはST4の効果が不明の場合が多かった。

7. 筏間航路下の水質に対する散布の波及効果は次の点ようであった。

底土直上水のEH、AVS 夏期散布では、AVSの減少、追加散布ではEHの上昇を促進する効果が顕著であった。波及効果の持続期間は夏期散布が1カ月間、追加散布が4カ月間であった。

底土直上水の栄養塩 夏期散布ではNO₃-N減少、DOPの増加が認められたが、その他の項目については対照区との間に差が認められなかった。追加散布の場合はDOPの減少が認められたのみであった。

8. 筏間航路下の底質に対する散布の波及効果については次のようであった。

底泥のEH、AVS EHの低下抑制、AVSの減少が認められた。効果の持続期間は1~2カ月間であった。

底泥のCOD CODについて減少効果が認められ、その効果は底土表面よりも2~4cm層で最も顕著であり、次に4~6cm層であった。

効果の持続期間は夏期散布が2~3カ月間、追加散布が4カ月間であった。

底泥のT-C、T-N 0~2cm層においては、調査開始当初はT-C、T-Nともに散布と関連づけられる変化は認められなかったが、散布後5~7週間目以降減少傾向を示した。効果の持続期間は夏期散布が1カ月間、追加散布が4カ月間であった。2~4cm、4~6cm層においては、散布後から減少傾向を示すことが多かった。効果の持続期間は夏期散布が2~3カ月間、追加散布が4カ月間であった。

ST2とST4の比較ではT-CでST2の効果がやや高く、T-Nではほとんど差が認められなかった。

9. バイオコロニー散布は底土の酸化層形成を促進し、還元層の形成を抑制した。効果の持続期間は夏期散布が2~4カ月間、追加散布が4カ月間であった。筏間航路下では、夏期散布後の強還元層の形成抑制と追加散布後の酸化層形成に顕著であり、その持続期間はそれぞれ1カ月間、4カ月間であっ

た。

10. バイオコロニーの追加散布による水質、底質改善効果は、10月中旬の散布が効果的であることが明らかにされた。
11. 底土直上水の水質改善効果ならびに底質改善効果の結果から、養殖漁場小割生簀直下に1㎡あたり300gの散布量で2回、追加散布として10月に同量をさらに2回散布するのが適当であることが示された。底層まで溶存酸素が豊富になる海水の垂直混合期においても、1㎡あたり500gの散布は一時的ながら嫌気の状態を招くため、その効果との対比において得策ではないと判断される結果であった。
小割筏直下に1㎡あたり300gの散布量で2回、追加散布として10月に同量をさらに2回散布することにより筏間航路下の水質、底質も改善されることが明らかにされた。

バイオコロニー散布マニュアル

平成3年度から5年度に浦ノ内湾で行ったバイオコロニー散布による底質改善試験の結果を整理し、バイオコロニー散布による底質改良の事業実施の指針（散布マニュアル）を作成した。

1. 目的

養殖漁場など底泥への有機汚染負荷が長年にわたって継続され、漁場老化が進行している海域において、細菌（*Bacillus subtilis*）を主成分とする底質改良剤であるバイオコロニーを散布し、強力に有機物分解を促進するとともに、この微生物を添加することによって従来の浄化細菌の働きを助け、底質を改良することを目的とする。

2. バイオコロニーとは

バイオコロニーとは、*Bacillus subtilis*（枯草菌）を主体とする微生物培養物を多孔質の岩石に含芯させたものである。タンパク質、炭水化物の分解能に優れ、有機物汚染の浄化に適している。また、現場散布試験や海底泥を用いた室内実験の結果から、硫化水素の発生を抑制する効果も明らかにされた。これまで市販されている水質浄化細菌は硝化作用の強化をねらったものがほとんどであったのに対し、本製品は有機物を分解、無機化する作用に主眼を置いたものである。

3. 散布場所

散布場所としては次のような水域が考えられる。

- 1) 養殖漁場小割筏直下
- 2) 小割筏周辺の航路
- 3) 養殖漁場以外の閉鎖性の強い内湾

〔解説〕

散布を行う水域としては、養殖漁場の中でも底泥の汚染が著しい養殖小割筏直下が最も適当である。小割筏周辺の航路については、小割筏直下への散布による波及効果が期待できるので、早急に改善する必要がある場合以外には散布を行う必要はない。また、養殖は行われていないが、閉鎖生が強く底質の改善を必要とする内湾では、散布を行うことは有効であるが散布の対象となる範囲が広くなるため費用がかかりすぎるおそれがある。この場合、最も汚染の進行した場所に集中散布する方法も考えられる。

4. 散布時期及び散布回数

散布時期は効果の持続期間、水温、環境の悪化する時期等を考慮すると、7月の上旬に1度、2回に分けて散布するのが最適である。追加散布は9月から10月中旬に1度2回に分けて散布する。冬期も魚類養殖が継続されている場所ではさらにもう一度泥温が15℃を越した時期に追加散布することが望ましい。

〔解説〕

バイオコロニーの主細菌である *Bacillus subtilis* は通性嫌気性細菌である。このため、底層水の環境が悪化する停滞期においても、散布によって有機物の分解し、硫化水素の発生等環境の悪化を防ぐことができる点に特徴がある。

浦ノ内湾よりも水・底質環境が悪い水域では当然有効期間が短くなり、9月に追加散布するほうがよい場合も考えられる。また、環境基準にかかわる一定の基準値を目標に底質の持続的改善を求めるならば、汚染負荷が休止される期間であっても泥温が上昇する3月頃に再度追加散布することが望ましい。低温における酵素活性は低下するものの、7℃で一般の湾内底泥細菌の約10倍の活性を示し、低温期においても散布の効果が期待できる。

いずれの場合にも、汚染負荷が持続されるかぎり、散布も持続し行う必要がある。一度浄化した場所は、養魚堆積物処理技術等の開発によって、再汚染を防止することが望ましい。

5. 散布量及び有効期間

1) 小割筏直下の場合

海水停滞期、海水循環期ともに 1 m²あたり300g、2回散布で2～4か月間

2) 小割筏周辺の航路下の場合

A案 小割筏直下散布の波及効果で3～4か月間

B案 1 m²あたり300g、2回散布で3ヶ月以上

3) 養殖漁場以外の閉鎖生の強い内湾

A案 1 m²あたり100～200g、2回散布で半年以上

B案 対象範囲の中で汚染の程度が高い場所に1 m²あたり300gで2回、スポット的散布により
3～4か月

〔解説〕

1) 小割筏直下の場合

1 m²あたり100gで2回の散布でも有効であるが底質改善効果が弱い。1 m²あたり500gで2回の散布は底質改善効果は最も大きく、泥の深さ6cmまでその効果が及ぶ。しかし海水の停滞期はもちろんのこと、垂直混合期においても底層水への酸素補給が少ない内湾の場合には水質改善が遅れ、底質が一時的に悪化する。このことは赤潮発生、底棲生物等への影響を考慮すると得策でない。多量に散布する必要のある場合、また、多量に散布できる場合には、1度に散布する量を増すのではなく、回数を増すほうがより効果的である。

2) 小割筏周辺の航路の場合

A案 小割筏直下の波及効果が筏間航路下にまで及び、泥の深さ6cmまで効果が認められる。したがって、特別の場合を除き、小割筏直下へ散布すれば、筏周辺には散布する必要はない。

B案 1 m²あたり300gで2回の散布した場合、底質に対しては小割筏直下の500gで2回散布と同様の、水質に対してはそれ以上の効果を示している。したがって、これ以上高濃度の散布は必要ない。

3) 養殖漁場以外の閉鎖生の強い内湾

A案 1 m²あたり400gから500gの散布でより高い効果が得られる。漁場改善後に高められる漁場の経済的価値と散布費用との兼ね合いで散布量を決定すればよい。

B案 経費節約型の散布案である。早急な漁場改善には適さないが、環境が悪化する時期を中心に繰り返し散布を行えば、漁場は着実に改善される。スポット散布の影響範囲は散布面積のおよそ2.5倍である。ただし、実際には対象海域の底層水の流れを考慮して具体的に検討する必要がある。

6. 散布方法

1) 小割筏直下の場合

潜水による散布または小割網生簀の上からの散布

2) 小割筏周辺の航路の場合

船上からの散布

3) 養殖漁場以外の閉鎖生の強い内湾

船上からの散布

〔解説〕

1) 小割筏直下の場合

潜水による散布は、散布を行う水域の潮流がある程度速い場合等に有効であり、また汚染の著しい場所に確実に散布できるが、潜水人夫の費用が必要となる。小割の上からの散布は生簀内の魚類への影響が心配される。平成4年の現場試験では、調査定点以外の小割への散布は小割生簀の上から行ったが、生簀内で飼育中のハマチへの影響はなかった。

バイオコロニーの落下速度を早めるために、粒径を大きくした養殖漁場用バイオコロニーを用い、給餌後の時間帯に散布する等の配慮が必要である。

2) 小割周辺の航路の場合

船上から手撒き散布で問題はない。

3) 養殖漁場以外の閉鎖生の強い内湾

船上から手撒き散布で問題はない。

7. 散布にかかる経費

バイオコロニーの単価を20kg入り7000円として計算すると、散布に必要な経費は次の通りである。

1) 小割筏直下の場合

バイオコロニー費 … 1小割筏あたり 21,000円

(小割網生け簀を8m角、散布範囲は10m四方、1㎡あたり300gで2回散布の費用。潜水により散布する場合は別途、潜水人夫費が必要)

2) 小割筏周辺の航路下の場合

A案 バイオコロニー費 … 不要

B案 バイオコロニー費 … 1㎡あたり 210円

3) 養殖漁場以外の閉鎖性の強い内湾

A案 バイオコロニー費 … 1㎡あたり 70～140円

B案 バイオコロニー費 … 1㎡あたり 8円

8. 漁場の維持管理について

バイオコロニーの散布効果は、有機物の無機化、硫化水素等の発生の抑制等であり、魚類養殖等によって負荷された過剰な窒素、リン等の総量は変わらず、その水域が富栄養状態にあることに変わりはない。バイオコロニーの散布によって無機化された栄養塩類は、何らかの方法で陸上へ回収しなければ浄化は完了しない。

試験実施機関及び担当者・指導助言者

担当者

高知県水産試験場	漁場環境科長	広 田 仁 志
	主任研究員	谷 口 道 子
	主任研究員	岩 崎 健 吾
	技 師	織 田 純 生

高知県中央漁業指導所	改良普及員	土 居 聡
------------	-------	-------

指導・助言者

高知大学農学部	教 授	西 島 敏 隆
	助 教 授	深 見 公 雄

【参考文献】

- 1) 三重県浜島水産試験場(1980-1981)：石灰による底質改良試験。
昭和54－55年度赤潮対策技術開発試験報告書
- 2) 高知県水産試験場(1980-1983)：覆砂による底質改良試験。
昭和54－57年度赤潮対策技術開発試験報告書
- 3) 高知大学大学院修士論文(1994)：細菌性浄化剤による内湾の底質改善に関する研究
- 4) 高知県中央漁業指導所(1988)：バイオコロニー散布による野見湾環境改善調査結果
- 5) 深浦漁業協同組合、高知県中央漁業指導所(1991)：バチルスズブチルスの主成分とする環境改良剤による浦ノ内湾漁場改善について

付表1

水質底質調査結果 (平成5年7月8日)

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	23.7	23.7	23.5	23.8	23.6	23.5
Sal ()	31.1	31.6	31.4	31.4	31.5	31.5
Bottom DO (ppm)	1.1	0.7	0.7	0.8	0.5	0.6
pH	7.75	7.76	7.68	7.75	7.69	7.55
Eh (mV)	116	150	145	131	136	124
AVS (mg/l)	0.14	0.08	0.1	0.15	0.16	0.06
NH ₄ -N (μg-at/l)	6.93	10.43	12.22	6.85	12.22	9.79
NO ₂ -N (μg-at/l)	7.89	3.77	2.18	8.12	2.33	5.04
NO ₃ -N (μg-at/l)	1.68	1.22	0.67	1.24	0.88	1.04
PO ₄ -P (μg-at/l)	3.36	4.01	4.38	3.34	4.48	4
DON (μg-at/l)	10.7	10.49	9.04	6.27	16.41	10.39
DOP (μg-at/l)	0.3	1.17	1.14	0.68	1.28	1.19
Mud Temp. (°C)	23	23.6	23.2	23.3	23.3	23.1
pH	7.61	7.74	7.68	7.61	7.73	7.85
Eh (mV)	-115	-154	-140	-137	-153	-165
AVS (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	1.49	2.69	1.74	2.34	2	1.75
2~4 cm層	0.99	1.54	1.52	2.53	1.4	1.1
4~6 cm層	0.87	0.3	1.39	1.84	0.26	1.04
IL (%)						
0~2 cm層	11.5	14.8	15.8	15.7	17.6	13.9
2~4 cm層	12.7	15.2	13.6	13	17.2	12.2
4~6 cm層	12.2	11.8	13	15.9	16.6	17.2
COD (mgO ₂ /g dry mud)						
0~2 cm層	40.72	50.35	35.07	43.65	41.73	37.1
2~4 cm層	32.98	45.86	38.68	47.85	40.47	34.13
4~6 cm層	30.18	36.04	39.37	40.01	35.67	38.66
T-C (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	26.56	26.47	19.99	26.64	26.62	22.62
2~4 cm層	24.2	27.26	27.94	28.72	23.64	21.51
4~6 cm層	17.61	27.65	25.68	21.96	18.8	18.56
T-N (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	3.73	2.95	2.14	2.43	3.3	2.3
2~4 cm層	2.66	3.28	2.34	2.77	2.74	1.8
4~6 cm層	1.55	2.89	3.3	2.84	2.07	1.27
酸化層 (cm)	0	0	0	0	0	0
強還元層 (cm)	0.5	0.3	0.1	0.1	0	0.5
中還元層 (cm)	10	5.5	2.5	6.5	6	9
弱還元層 (cm)	7	19	15.5	14	18	12

付表2
水質底質調査結果（平成5年7月14日）

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	24.3	24.2	24	23.8	23.9	24.1
Sal ()	31.3	31.5	31.3	31	31.5	31.5
Bottom DO (ppm)	0.9	0.8	0.7	1.0	0.9	1.2
pH	7.75	7.8	7.74	7.75	7.73	7.76
Eh (mV)	50	70	77	99	47	74
AVS (mg/l)	0.25	0.3	0.25	0.45	0.25	0.2
NH ₄ -N (μg-at/l)	11.79	10.61	12.29	13.69	10.99	9.33
NO ₂ -N (μg-at/l)	3.11	3.64	1.44	1.5	4.39	3.88
NO ₃ -N (μg-at/l)	0.74	0.7	0.36	0.68	0.60	0.8
PO ₄ -P (g-at/l)	4.64	4.32	4.89	5.07	4.83	4.19
DON (μg-at/l)	9.57	7.34	7.05	9.26	7.4	6.56
DOP (μg-at/l)	1.55	1.32	1.51	1.39	1.43	1.22
Mud Temp. (°C)	24.1	23.7	23.8	24	23.9	23.9
pH	7.44	7.58	8.1	7.56	7.66	7.64
Eh (mV)	-129	-137	-138	-139	-144	-137
AVS (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	2.33	2.43	1.81	2.11	2.14	2.16
2~4 cm層	1.64	1.79	1.5	2.04	1.39	2.36
4~6 cm層	1.65	1.45	1.12	1.37	1.19	1.55
IL (%)						
0~2 cm層	7.9	15.5	16	11.7	12.1	11.9
2~4 cm層	11.7	12.6	13.1	12.5	11.8	16.2
4~6 cm層	12.2	11.4	15.3	11.7	12.1	15.4
COD (mgO ₂ /g dry mud)						
0~2 cm層	40.72	42.63	47.16	44.41	43.87	42.36
2~4 cm層	32.98	32.99	43.77	38.31	42.06	39.42
4~6 cm層	30.18	33.52	33.43	36.67	45.75	38.37
T-C (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	27.5	30.02	23.77	19.85	26.9	25.18
2~4 cm層	27.23	25.01	27.08	29.08	24.93	29.24
4~6 cm層	19.49	24.41	18.46	25.77	22.26	26.47
T-N (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	4.4	4.66	4.53	4.18	3.38	3.17
2~4 cm層	4.43	3.33	4.61	4.39	3.37	3.72
4~6 cm層	4.57	2.73	3.52	3.79	3.89	3.77
酸化層 (cm)	0.1	0	0	0.1	0	0
強還元層 (cm)	0	0	0	0	0	0
中還元層 (cm)	3.1	4	7.1	1.6	6.1	7.1
弱還元層 (cm)	14	18	19	22.5	18	19

付表3
水質底質調査結果（平成5年7月28日）

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	24.6	24.4	25.1	24.5	25.3	24.9
Sal ()	29.9	29.7	29.2	29.8	30.2	29.9
Bottom DO (ppm)	0.7	1.0	0.6	0.7	0.5	0.6
pH	7.66	7.69	7.77	7.66	7.76	7.73
Eh (mV)	16	8	30	35	27	44
AVS (mg/l)	0.55	0.6	0.55	0.2	0.45	0.45
NH ₄ -N (μg-at/l)	10.77	14.14	12.71	8.84	11.8	12.66
NO ₂ -N (μg-at/l)	2.38	0.6	0.59	2.34	0.87	0.66
NO ₃ -N (μg-at/l)	3.81	0.79	0.9	2.35	1.03	0.80
PO ₄ -P (g-at/l)	4.86	6.49	5.8	4.61	5.33	5.83
DON (μg-at/l)	8.97	7.4	5.99	6.63	7.3	8.29
DOP (μg-at/l)	1.5	1.82	1.7	1.43	1.53	1.95
Mud Temp. (°C)	24.3	24.3	24.6	24.4	25.1	24.7
pH	7.41	7.95	7.65	7.53	7.82	7.92
Eh (mV)	-140	-162	-149	-121	-150	-142
AVS (mg/g dry mud)						
0~2cm層	2.02	2.55	2	1.74	2.47	2.46
2~4cm層	1.75	2.26	1.64	1.39	1.71	2.66
4~6cm層	1.29	1.94	1.31	1.48	2.27	2.94
IL (%)						
0~2cm層	16.1	20.4	10.5	16.9	10.5	9.2
2~4cm層	17	16.4	11	16.9	10.6	9.2
4~6cm層	17.4	16.8	10.6	16.9	10.3	9.5
COD (mgO ₂ /g dry mud)						
0~2cm層	41.88	58.77	41.73	41.51	51.85	39
2~4cm層	37.09	37.54	39.67	31.42	42.55	40.86
4~6cm層	35.59	44.85	42.59	39.44	44.82	43.23
T-C (mg/g dry mud)						
0~2cm層	24.79	27.85	18.52	23.76	17.92	17.19
2~4cm層	23.52	27.08	19.91	21.57	18.65	18.81
4~6cm層	24.53	25.25	19.86	23.63	15.76	18.03
T-N (mg/g dry mud)						
0~2cm層	3.26	4.18	3.58	3.06	3.32	3.66
2~4cm層	3.14	4.01	4.25	2.92	3.92	3.75
4~6cm層	3.46	3.75	4.42	3.21	3.38	3.37
酸化層 (cm)	0	0	0	0	0	0
強還元層 (cm)	0	0	0.4	0	0	0.2
中還元層 (cm)	2	5	5	0.5	10	4.5
弱還元層 (cm)	17	18	12	23	10	9

付表4

水質底質調査結果 (平成5年8月11日)

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	25.9	26.3	26.8	26.6	26.7	26.4
Sal ()	29.6	29.8	30.1	30.2	30.1	29.7
Bottom DO (ppm)	1.9	2.1	1.8	1.9	1.9	1.9
pH	7.83	8	7.99	7.97	7.99	7.98
Eh (mV)	221	187	96	164	260	149
AVS (mg/l)	0	0	0	0	0.05	0.05
NH ₄ -N (μg-at/l)	11.67	10.33	11.8	10.63	10.68	9.58
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.92	0.94	0.96	0.99	0.96	1.01
NO ₃ -N (μg-at/l)	2.42	2.75	2.97	2.94	2.98	3.15
PO ₄ -P (g-at/l)	3.33	3.06	4.13	3.08	3.07	2.64
DON (μg-at/l)	6.28	6.62	8	7.48	6.11	6.81
DOP (μg-at/l)	1.19	0.6	1.21	1.05	0.61	0.65
Mud Temp. (°C)	25.6	25.5	25.5	25.3	25.5	25.6
pH	7.23	7.76	7.66	7.79	8.03	7.76
Eh (mV)	-123	-149	-181	-133	-172	-166
AVS (mg/g dry mud)						
0~2cm層	2.33	2.85	2.28	1.93	1.8	2.78
2~4cm層	1.32	2.36	1.89	1.35	1.49	2.12
4~6cm層	1	1.46	1.51	1.05	1.25	1.49
IL (%)						
0~2cm層	11	10.3	11.4	10.1	10.5	10.9
2~4cm層	11.1	9.9	13.2	9.8	19.74	11.1
4~6cm層	10.2	10.7	12.1	9.5	19.05	1
COD (mg O ₂ /g dry mud)					16.94	
0~2cm層	51.31	39.9	42.82	50.64		42.61
2~4cm層	35.47	46.29	46.91	40.72		49.01
4~6cm層	36.71	44.22	38.18	39.93		42.85
T-C (mg/g dry mud)						
0~2cm層	18.13	19.43	22.87	18.27	19.74	20.19
2~4cm層	16.89	20.59	21.43	18.02	19.05	20.05
4~6cm層	17.4	20.06	23.22	15.04	16.94	17.51
T-N (mg/g dry mud)						
0~2cm層	3.31	3.79	4.76	3.62	3.62	3.82
2~4cm層	3.42	3.99	4.84	3.34	3.81	4.35
4~6cm層	3.39	3.94	5.13	2.89	3.34	3.99
酸化層 (cm)	0.1	0	0	0	0	0
強還元層 (cm)	0	0	0.5	0	0	0.2
中還元層 (cm)	0.5	4	4	0.5	10	4.5
弱還元層 (cm)	13	16	7	23	10	9

付表5
水質底質調査結果（平成5年8月26日）

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	27.6	27.3	27.5	27.6	27.6	27.7
Sal ()	31.7	31.6	32.1	31.7	32.3	31.7
Bottom DO (ppm)	2.1	2.5	2.2	2.4	2.3	2.4
pH	8.09	8.02	8.12	8.16	8.12	8.14
Eh (mV)	218	258	147	181	219	175
AVS (mg/l)	0	0	0	0	0.18	0.15
NH ₄ -N (μg-at/l)	4.47	2.35	4.72	3.09	3.64	4.17
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.16	0.1	0.12	0.13	0.12	0.13
NO ₃ -N (μg-at/l)	0.7	0.91	0.8	0.57	1.37	0.59
PO ₄ -P (μg-at/l)	1.55	1.09	1.82	1.19	1.38	1.32
DON (μg-at/l)	6.56	6.96	6.64	6.02	5.03	6.35
DOP (μg-at/l)	0.56	0.44	0.42	0.54	0.34	0.42
Mud Temp. (°C)	26.9	26.8	27.2	27.6	27.1	27.3
pH	7.3	7.37	7.23	7.29	7.4	7.4
Eh (mV)	-149	-113	-149	-145	-150	-150
AVS (mg/g dry mud)						
0~2cm層	2.61	1.92	1.8	2.28	2.69	2.98
2~4cm層	2.6	1.5	1.96	1.36	1.65	2
4~6cm層	1.29	1.56	1.34	1.09	1.24	1.46
IL (%)						
0~2cm層	10.4	10.5	11.3	10.2	13.7	10.5
2~4cm層	10.8	10.7	13.7	10.2	12.4	11.3
4~6cm層	11.1	11	13.1	10.2	11.3	11.6
COD (mgO ₂ /g dry mud)						
0~2cm層	41.77	37.11	42.76	47.2	50.45	40.4
2~4cm層	39.52	37.4	47.26	36.88	38.45	34.41
4~6cm層	35.42	32.21	38.29	34.86	37.79	31.66
T-C (mg/g dry mud)						
0~2cm層	18.99	18.16	14.73	18.22	17.21	17.1
2~4cm層	19.93	18.34	19.61	17	16.73	16.55
4~6cm層	17.31	19.43	18.11	15.62	13.56	16.1
T-N (mg/g dry mud)						
0~2cm層	3.33	3.72	3.28	3.51	3.94	3.64
2~4cm層	3.72	3.77	5.17	3.72	3.7	3.9
4~6cm層	3.79	3.96	4.36	3.01	3.35	3.69
酸化層 (cm)	0	0.1	0	0	0	0
強還元層 (cm)	0	0.3	1	0.5	0.5	0.5
中還元層 (cm)	6	7.5	7	5.5	3	6
弱還元層 (cm)	13	13.5	5	8	12	15

付表6
水質底質調査結果（平成5年9月10日）

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	27.7	27.2	27.3	27.2	27.7	27.2
Sal ()	31.6	31.8	31.7	31.6	31.7	
Bottom DO (ppm)	3.0	3.5	3.7	3.6	3.9	3.5
pH	8.03	8.02	8.01	8.02	8.02	8.03
Eh (mV)	189	178	115	181	128	156
AVS (mg/l)	0.05	0.01	0.25	0.2	0.05	0.01
NH ₄ -N (μg-at/l)	12.78	13.08	14.29	15.06	11.65	13.02
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.23	0.23	0.23	0.22	0.24	0.23
NO ₃ -N (μg-at/l)	1.95	1.87	1.75	1.75	1.9	1.83
PO ₄ -P (μg-at/l)	2.41	2.31	3.06	2.97	1.75	2.07
DON (μg-at/l)	8.41	6.28	8.34	8.59	7.45	7.99
DOP (μg-at/l)	0.51	0.52	0.6	0.65	0.45	0.45
Mud Temp. (°C)	26.7	26.8	27	27	26.7	26.9
pH	7.26	7.34	7.4	7.47	7.45	7.35
Eh (mV)	-133	-162	-164	-152	-137	-156
AVS (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	2.07	2.86	2.01	2.18	1.81	2.12
2~4 cm層	1.45	1.72	1.29	1.37	1.44	1.46
4~6 cm層	1.08	1.45	1.13	1.14	1.05	1.47
IL (%)						
0~2 cm層	17.3	18.9	16.8	18.7	15.2	14.8
2~4 cm層	17.8	18.4	17.1	18.9	15.8	14
4~6 cm層	16.4	17.1	15.8	19.3	16	14.6
COD (mg O ₂ /g dry mud)						
0~2 cm層	38.56	43.42	43.78	48.48	39.55	43.39
2~4 cm層	39.2	36.59	52.81	41.38	43.81	36.39
4~6 cm層	37.73	39.43	39.39	35.29	37.09	35.78
T-C (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	27.4	28.37	27.68	27.92	30.54	27.9
2~4 cm層	29.21	26.27	29.72	25.66	30.18	29.71
4~6 cm層	24.74	25.94	26.57	24.26	25.49	29.03
T-N (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	4.14	4.42	4.22	4.08	4.8	4.89
2~4 cm層	4.62	3.95	5.14	3.81	4.31	4.66
4~6 cm層	3.67	3.73	4.23	3.58	3.95	4.4
酸化層 (cm)	0	0.1	0	0	0	0
強還元層 (cm)	0.2	0	0.2	0.3	0.2	0
中還元層 (cm)	3	0	4	3.5	6	5
弱還元層 (cm)	16	16	14	16	10	5

付表7・

水質底質調査結果 (平成5年10月7日)

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1 m W.Temp. (°C)	24.1	23.6	23.6	23.9	23.9	23.8
Sal ()	30.8	30.8	31	30.6	31.1	30.9
Bottom DO (ppm)	5.2	5.1	5.0	5.1	5.0	5.3
pH	7.93	8.17	8.14	8.12	8.13	8.14
Eh (mV)	139	176	119	220	251	238
AVS (mg/l)	0.3	0.2	0.45	0	0.05	0.15
NH ₄ -N (μg-at/l)	8.98	7.55	9.57	5.94	7.42	7.42
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.32	0.29	0.31	0.3	0.3	0.32
NO ₃ -N (μg-at/l)	1.38	1.17	1.26	1.18	1.09	1.16
PO ₄ -P (μg-at/l)	2.12	1.45	1.94	0.73	1.15	0.81
DON (μg-at/l)	9.7		8	8.43	5.83	10.08
DOP (μg-at/l)	0.61		0.35	0.58	0.23	
Mud Temp. (°C)	24.2	23.9	23.5	23.9	24.2	23.7
pH	7.16	7.27	7.22	7.32	7.47	7.4
Eh (mV)	-150	-148	-152	-67	-79	-137
AVS (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	1.63	2.62	2.04	2.35	2.49	2.18
2~4 cm層	1.88	1.68	1.88	2.45	2.15	2.51
4~6 cm層	1.4	1.6	1.46	1.26	1.66	2.12
IL (%)						
0~2 cm層	12.6	21.9	18.4	15.2	15.4	14.7
2~4 cm層	12.9	15.6	17.3	14.3	16.5	16.2
4~6 cm層	13.2	15.4	17.4	16.2	18.4	16.1
COD (mgO ₂ /g dry mud)						
0~2 cm層	34.51	35.72	42.31	43.81	50.58	40.1
2~4 cm層	33.13	34.17	42.5	37.25	45.61	43.49
4~6 cm層	38.56	35.89	38.18	38.38	44.9	44.98
T-C (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	22.26	29.95	28.75	23.88	26.79	29.15
2~4 cm層	21.93	25.6	30.07	26.08	26.64	29.23
4~6 cm層	25.31	25.29	29.86	25.32	28.68	26.04
T-N (mg/g dry mud)						
0~2 cm層	3.18	4.67	4.31	3.32	3.7	4.57
2~4 cm層	2.96	3.93	4.76	3.66	3.86	4.94
4~6 cm層	3.53	3.62	4.82	3.73	4.44	4.07
酸化層 (cm)	0	0	0	0.2	0.2	0
強還元層 (cm)	0.1	0.2	0.2	0.2	0	0
中還元層 (cm)	4.5	4	3	1.5	2.5	4.5
弱還元層 (cm)	19	17	13.5	16	12	13

付表8
水質底質調査結果（平成5年11月2日）

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	20.6	21.1	21	20.5	20.9	21
Sal ()	32.4	32.6	32.6	32.6	32.6	32.6
Bottom DO (ppm)	3.9	3.8	3.6	3.9	3.6	3.9
pH	8.28	8.31	8.34	8.32	8.31	8.32
Eh (mV)	318	139	226	209	271	139
AVS (mg/l)	0	0.2	0	0	0	0
NH ₄ -N (μg-at/l)	14.46	16.02	15.01	13.48	15.4	14.85
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.21	0.23	0.24	0.22	0.23	0.23
NO ₃ -N (μg-at/l)	2.11	2.03	2.7	2.22	1.95	2.02
PO ₄ -P (μg-at/l)	2.49	3.34	2.05	1.78	2.00	1.88
DON (μg-at/l)	8.81	8.89	6.58	8.43	8.5	8.25
DOP (μg-at/l)	0.46	0.52	0.35	0.49	0.47	0.55
Mud Temp. (°C)	21	21.5	21.2	20.6	21.1	21.5
pH	7.19	7.35	7.26	7.24	7.4	7.38
Eh (mV)	-114	-130	-120	-16	-119	-114
AVS (mg/g dry mud)						
0~2cm層	2.16	3.06	2.63	1.54	2.3	1.94
2~4cm層	1.48	3.01	2.37	1.42	1.81	2.28
4~6cm層	1.18	1.85	1.59	1.26	1.73	
IL (%)						
0~2cm層	14.9	15.5	14	14.6	15.3	13.8
2~4cm層	15.7	17	17.7	15.9	16.2	15.4
4~6cm層	15.8	16.1	18.1	13.4	13.7	14.5
COD (mg O ₂ /g dry mud)						
0~2cm層	33.55	41.95	34.66	39.33	34.71	31.97
2~4cm層	39.38	39.16	38.69	37.07	43.23	32.6
4~6cm層	31.06	38.29	36.26	34.14	33.73	36.2
T-C (mg/g dry mud)						
0~2cm層	26.47	32.27	28.32	25.94	28.58	28.83
2~4cm層	27.23	30.34	32.35	28.74	29.25	27.65
4~6cm層	25.55	28.91	31.2	23.7	27.33	25.53
T-N (mg/g dry mud)						
0~2cm層	3.89	5.31	4.01	3.75	4.27	4.59
2~4cm層	4.25	4.82	5.48	4.71	4.53	4.52
4~6cm層	4.04	4.68	5.14	3.59	3.9	3.95
酸化層 (cm)	0.1	0	0	0.1	0	0.1
強還元層 (cm)	0	0	0.3	0.1	0	0
中還元層 (cm)	4.5	19	8	3	8	7.5
弱還元層 (cm)	12	5.5	13	13	14	12

付表9
水質底質調査結果（平成5年12月13日）

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	16.6	15.9	15.9	16.5	16.1	15.9
Sal ()	32.7	32.6	32.7	32.6	32.8	32.7
Bottom DO (ppm)	6.2	6.4	6.3	6.5	6.5	6.4
pH	8.18	8.26	8.25	8.26	8.28	8.27
Eh (mV)	313	268	224	269	273	262
AVS (mg/l)	0	0	0.08	0	0	0
NH ₄ -N (μg-at/l)	4.81	4.98	4.68	4.85	4.46	5.78
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.87	0.77	0.82	0.85	0.77	0.75
NO ₃ -N (μg-at/l)	3.54	3.37	3.26	3.31	3.23	3.29
PO ₄ -P (μg-at/l)	1.2	1.25	1.41	1.94	1.16	1.11
DON (μg-at/l)	2.03	5.57	7.41	3.76	4.34	6.53
DOP (μg-at/l)	0.2	0.05	0.56	0.01	0.52	0.61
Mud Temp. (°C)	16.6	16.2	16.5	16.2	16.8	15.9
pH	7.28	7.39	7.25	7.35	7.32	7.22
Eh (mV)	-6	-148	-136	-36	-128	-54
AVS (mg/g dry mud)						
0~2cm層	1.82	1.92	2.66	2.34	2.19	1.74
2~4cm層	1.54	1.5	2.78	2.53	1.42	1.6
4~6cm層	1.24	1.4	1.4	1.84	1.3	1.17
IL (%)						
0~2cm層	13.8	14.8	17.2	13	15.3	15.5
2~4cm層	14.1	14.7	18.5	14.8	14.9	16.4
4~6cm層	13.9	14.7	16.3	12.8	13.6	15
COD (mgO ₂ /g dry mud)						
0~2cm層	30.2	37.53	50.92	35.25	42.96	38.2
2~4cm層	36.89	36.52	46.18	39.45	38.15	38.65
4~6cm層	39.55	38.98	44.88	34.44	39.1	37.04
T-C (mg/g dry mud)						
0~2cm層	27.31	32.27	34.39	26.96	27.2	31.23
2~4cm層	28.68	28.14	31.52	28.4	28.01	30
4~6cm層	27.75	26.22	28.18	24	25.81	25.71
T-N (mg/g dry mud)						
0~2cm層	3.98	5.01	5.88	3.71	3.94	5.12
2~4cm層	4.26	4.11	5.12	4.6	4.32	5.01
4~6cm層	4.23	3.75	4.36	3.31	3.7	3.75
酸化層 (cm)	0.1	0.1	0	0.5	0.1	0.1
強還元層 (cm)	0	0	0	0	0	0
中還元層 (cm)	2	4	6	3.5	4.5	3.5
弱還元層 (cm)	13	5	13.5	10	16	14

付表10
水質底質調査結果 (平成6年2月17日)

	筏設置場所			筏間航路		参考地点
	St.2	St.4	St.9	St.3	St.8	St.7
B-1m W.Temp. (°C)	12.4	12.2	13.3	12.2	13.3	13.1
Sal (%)	34	34	34.4	34.4	34.7	34.5
Bottom DO (ppm)	7.7	7.4	7.1	7.5	7.5	6.8
pH	8.34	8.49	8.49	8.43	8.46	8.52
Eh (mV)	364	349	335	294	360	360
AVS (mg/l)	0	0	0	0	0	0
NH ₄ -N (μg-at/l)	1.65	1.69	1.64	1.61	1.61	1.56
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.3	0.28	0.24	0.25	0.26	0.26
NO ₃ -N (μg-at/l)	1.45	1.19	1.22	1.22	1.2	1.17
PO ₄ -P (μg-at/l)	0.64	0.62	0.62	0.62	0.67	0.59
DON (μg-at/l)	8.59	7.83	6.86	8.32	7.08	6.9
DOP (μg-at/l)	0.56	0.72	0.6	0.95	0.64	0.91
Mud Temp. (°C)	12.5	12.7	12.5	12.5	12.7	12.3
pH	7.29	7.5	7.24	7.36	7.22	7.31
Eh (mV)	130	60	191	-101	62	140
AVS (mg/g dry mud)						
0~2cm層	1.24	1.92	1.14	2.34	2.49	1.7
2~4cm層	1.38	1.5	1.9	2.53	3.22	2.51
4~6cm層	1.27	1.24	1.11	1.84	2.8	1.94
IL (%)						
0~2cm層	13.3	14.2	12.2	14	13	18.5
2~4cm層	13	13	12.2	12.2	12.5	12.5
4~6cm層	15.6	12.1	12.3	12.1	12.7	13.5
COD (mg O ₂ /g dry mud)						
0~2cm層	32	40.89	39.3	32.98	39.27	38.16
2~4cm層	38.18	47.96	40.61	29.66	37.28	39.76
4~6cm層	33.17	33.06	40.63	28.09	43.99	38.74
T-C (mg/g dry mud)						
0~2cm層	24.9	33.48	27.53	24.92	27.93	30.07
2~4cm層	25.63	33.1	29.39	22.96	23.49	29.07
4~6cm層	25.72	25.44	26.3	18.67	27.59	31.92
T-N (mg/g dry mud)						
0~2cm層	3.4	4.98	4.25	3.51	4.13	4.96
2~4cm層	3.45	5.22	4.79	3.21	3.29	4.49
4~6cm層	3.71	3.62	4.11	2.4	4.17	5.52
酸化層 (cm)	0.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
強還元層 (cm)	0	0	0	0	0	0
中還元層 (cm)	6	5.5	10	0.2	8	6
弱還元層 (cm)	10	20	11	2.5	21	14.5

