

13. 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

I 試験の目的

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。これらの現象には、湾内に人為的に負荷され海底に堆積した有機物が深くかかっていると考えられ、底質環境の改善が必要とされている。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が、平成 2 年に浦ノ内湾で湾内の漁協が中心となって養殖場周辺に散布を行い、散布を行っ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 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みられ、その効果は 2 ヶ月程度持続した。

平成 4 年度は現場試験、底泥モデル実験によって散布規模、散布量等のより詳細な検討を行い、バイオコロニー散布による底質改善方法を確認し、概略マニュアルを作成する。

II 試験の概要

1 現場におけるバイオコロニー散布試験

(1) 調査時期

前年度の散布試験では、バイオコロニーの散布を、湾底層の貧酸素化が始まり底質が著しく悪化する直前の 7 月中旬から下旬にかけて行った。今年度は当初、散布時期を一ヶ月ほど早めれば、散布効果がより明瞭に表れるのではとの考えから、散布時期を 6 月上旬に予定していた。しかし、浦ノ内湾では 6 月末までモジャコ養殖が主体で、ハマチ養殖に移行し小割が固定されるのは 7 月以降である。そのため小割の位置が決まっていない状態では、バイオコロニーを散布しその場所で追跡調査することは困難であると判断した。従って、散布時期は前年度と同じように 2 回に分け、1 回目の散布は 7 月 9 日、10 日に、2 回目の散布は 2 週間後の 7 月 23 日、24 日に行った。そして水質・底質の調査は、散布前の調査を 5 月 29 日、6 月 11 日、7 月 2 日及び 8 日（散布前日）に行い、2 回目の散布後 1 週間目（7/30）、2（8/6）、4（8/20）、6（9/3）、8（9/16）、10（10/1）に散布後の追跡調査を行った。

(2) 調査定点

バイオコロニーの散布試験を行う際に、調査定点となる小割生簀で養殖される魚種、使用する餌料、その小割の位置関係が違えば、小割直下の底泥への負荷量も変わってくる。そのため、散布場

所はこれらの条件を同一にする必要があると考え、試験区域である光松漁場の全養殖業者から、養殖魚の種類、使用する餌料、小割の配置について聞き取り調査を行った。その結果、大部分の業者がハマチ当才魚を飼育し、餌料には冷凍生餌切り身を使用するということであり、それらの条件を備えた小割の中から図1のように散布区域を決定した。また今年度は、小割直下への散布だけでなく、航路も含めた広い範囲に散布した場合の散布効果をみるため、光松漁場の中央部に小割と周辺の航路を含めた50 m × 60 mの大規模散布区を設定した。

散布量は、平成3年度の試験で水・底質の改善効果がみられた300 g/m²の量で今年度も散布を行い、それよりも少ない量での効果の有無をみるため100 g/m²の濃度と、また多い場合の効果の違いをみるため400 g/m²の濃度と計3通り設定した。

調査定点は図2に示した。St. 1は100 g/m²の濃度で2回散布、St. 2及びSt. 3は300 g/m²の濃度で2回、St. 4は300 g/m²の濃度で3回散布した。3回目の散布は8月6日に行った。St. 5は400 g/m²で2回、St. 6とSt. 7は対照区である。

St. 5は当初、それよりも1つ湾奥側に設定していたが、養殖業者の都合により変更し、対照区のSt. 6と同じ列になった。そのことにより散布区であるSt. 5の影響を受ける可能性を考慮し、7月8日の調査日から新たに対照区としてSt. 7を設けた。

(3) 調査方法

まず散布方法であるが、今年度は1回の散布を2日に分けて行い、1日目に調査定点への精密散布を、2日目にそれ以外の場所への散布を行った。

精密散布の方法は、まず調査定点となる小割直下の10 m × 10 mの散布面積のうち、試料を採取する側の2 m × 10 mに、小割側縁両端からロープとおもりを垂直に降ろした。それを目印にダイバー2人が長さ約2 mの鉄製の棒2本をロープで10 mの長さに結んだものを1本ずつ持ち潜水し、底に沈めてある目印の場所にその鉄棒をロープを張った状態で海底に突き刺した。その時ロープは海底から約1 mの高さにくるようにした。次に各定点の散布濃度に応じてあらかじめ用意しておいたバイオコロニーを、海底に張ったロープに沿って両側1 mの範囲に散布した。残りの8 m × 10 mの部分についても同様に、潜水によって散布部分が重ならないよう散布した。

調査定点以外的小割への散布は、業者の許可を得て小割網の中へ直接散布した。但し400 g散布区は業者の意向で小割の周囲から散布した。小割の中へ直接散布した場合、給餌後であったためか魚がバイオコロニーを食べる様子もなく、散布直後に出る濁りもすぐに消え、またその後、飼育魚に何らかの影響が出ることはなかった。

また大規模散布区内の小割以外の場所には、小型船外機船によって小割列と平行に移動しながら、船上から手撒きによって散布した。

次に、上述の調査定点で散布前と散布後に行った水質・底質の調査項目と方法について示した。水質は、水温と塩分は底土上1 mの海水を測定し、またコア採泥によって得られる底土直上水(底土上10 cm)をサイフォンを用いて採水し、溶存酸素(DO)、pH、酸化還元電位(Eh)、全硫化物量(T-S)、及び栄養塩濃度を測定した。このうち水温、塩分はEIL社製MC-5型サリノメーターを用いて、pH、Ehはそれぞれ東亜電波製HM-10 P pHメーター、RM-10 P ORPメーターを用いて現場で測定した。DOはウィンクラーアジ化ナトリウム変法によって現場で試水を固定して持ち

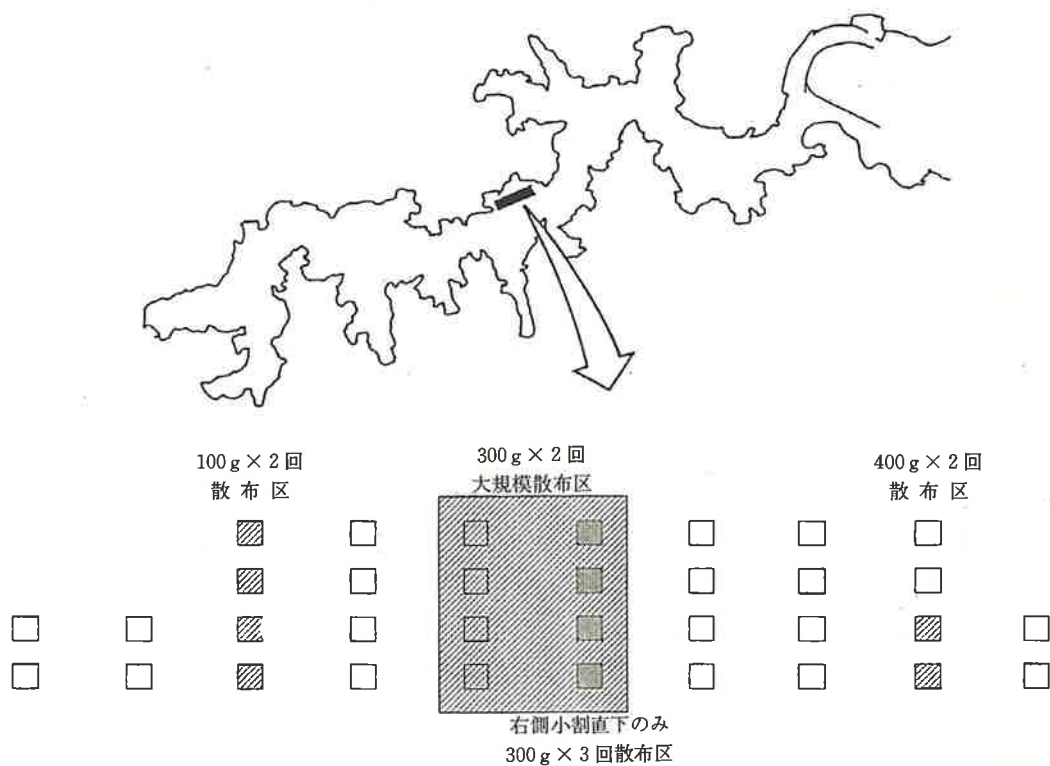


図1 現場試験における散布区域

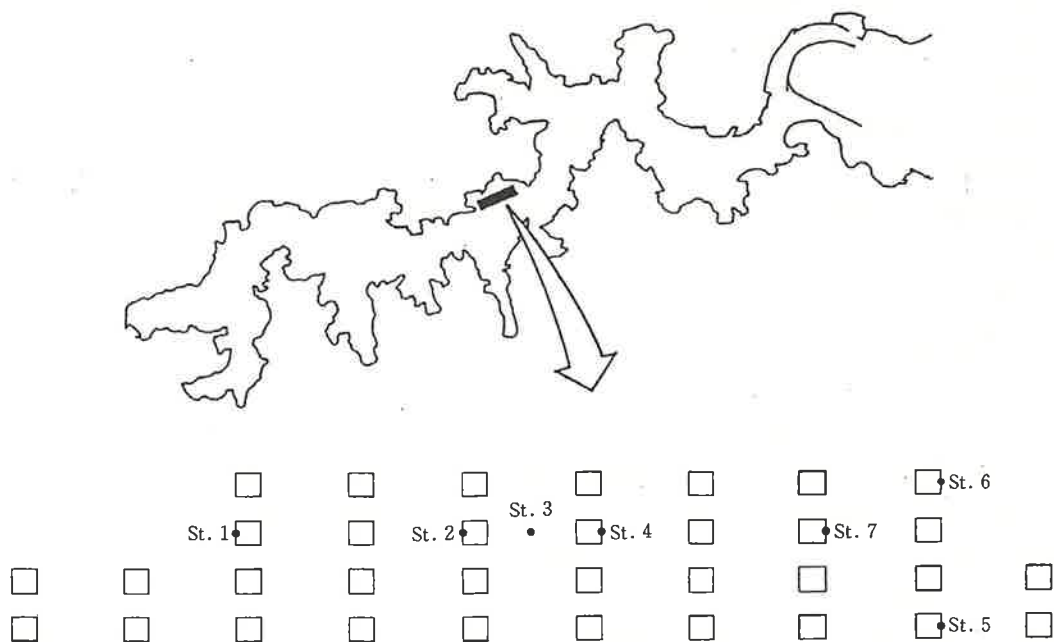


図2 現場試験における調査定点図

帰り、翌日測定した。T-S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、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 ($\text{NO}_2\text{-N}$) : BR法

硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) : カドミウムカラム還元後BR法

リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) : アスכולビン酸法

全窒素, 全リン (T-N, T-O) : アルカリ性ペルオキシ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כולビン酸法

底質については、小割側縁より橋本科学製KK式大型コアサンプラー（コア内径60mm）によって柱状採泥し、水質項目を測定後、残りの水を押し出して底泥表面の温度、pH、Ehを測定し、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全硫化物 (T-S), 強熱減量 (IL), 化学的酸素要求量 (COD), 全炭素 (T-C), 全窒素 (T-N) を測定した。T-Sは調査当日に分析し、他の項目は試料を凍結保存して分析に供した。また、IL, 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、1N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。測定方法及び機器を以下に示す。

pH : 東亜電波製 HM-10 P pHメーター

Eh : 東亜電波製 RM-10 P ORPメーター

T-S : ガステック検知管法

IL : 800℃で強熱後、恒量を求めた。

COD : 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 CNコーダー MT-500

(4) 結果

現場試験の、水質についての結果を図3から図14に、底質についての結果を図15から図26に示した。

<水質>

① 水温 (図3)

B-1m層の水温は、各散布区とも対照区と大差なく推移した。今年は例年よりも水温の上昇する時期が早く、昨年の調査では5月下旬の水温は19℃台であったのに対し、今年は22～23℃台と3～4℃程高く、バイオコロニーの散布後1週間目の7月30日には27～28℃台にまで上昇した。その後8月20日の調査時には全定点で1～1.5℃程の水温の下降がみられた。その後9月3日には再び上昇して28℃台となり、10月1日には低下して25℃台となった。

② 塩分 (図4)

B-1m層の塩分も水温と同様に、各散布区とも対照区と大差なく推移した。5月29日から散布後2週間目の8月6日までは各定点とも32～33‰台で推移していたが、8月20日には台風によ

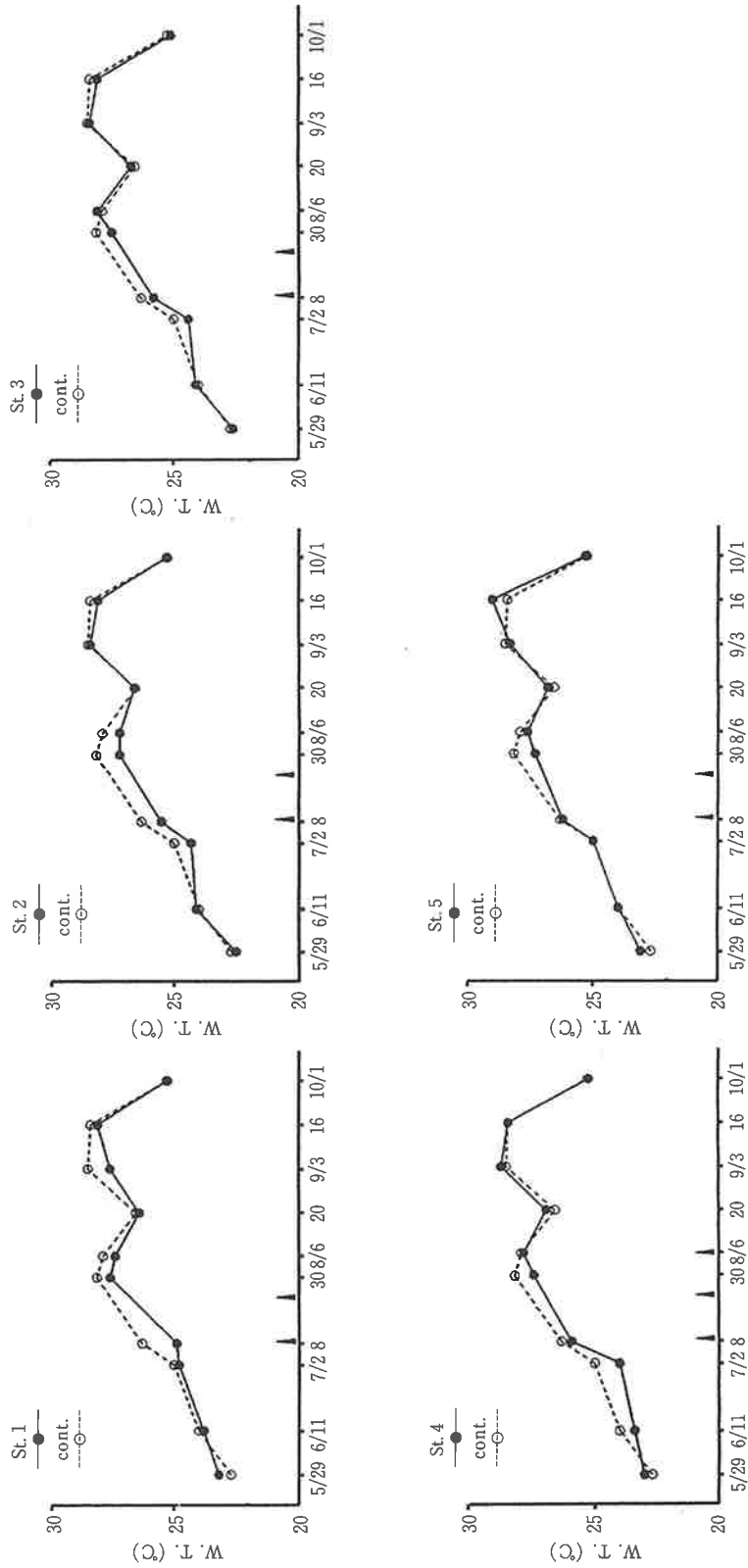


図3 各定点における底層水温の推移

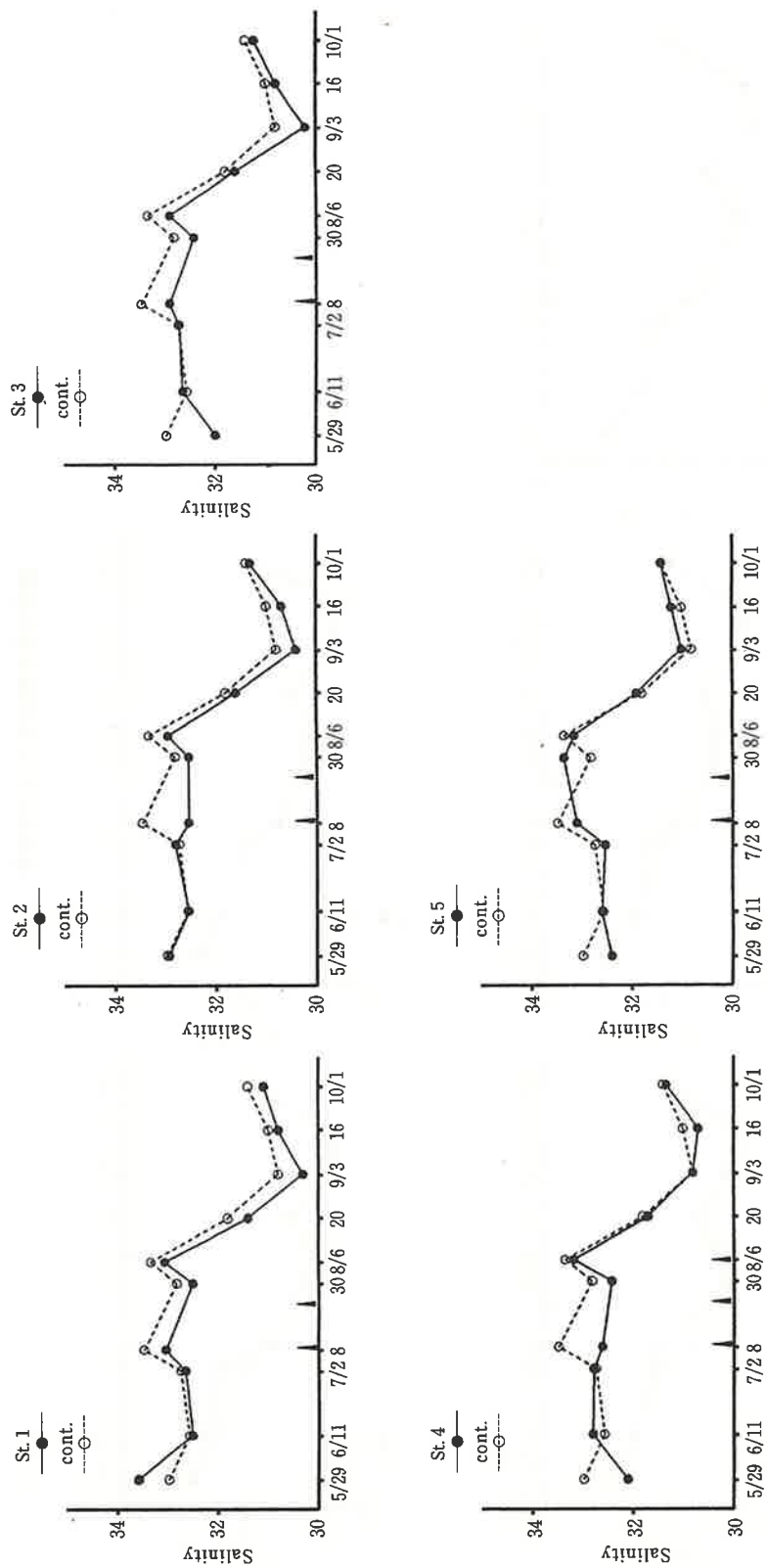


図4 各定点における底層塩分の推移

る降雨の影響で31%台にまで低下した。その後も降雨量が多く、30～31%台の低い値で推移した。

③ DO (図5)

底土直上水のDOについても、各散布区と対照区間に大きな差はみられなかった。5月29日から7月8日までは概ね3ppm以上の値で推移していたが、散布後1週間目の7月30日から2週間目の8月6日にかけて1～2ppm台に減少した。そして8月20日から9月3日にかけては底層が著しい貧酸素状態となり、1ppm以下になった。しかし9月16日以降は上下混合によって底層のDOは回復した。

④ pH (図6)

底土直上水のpHは、各定点とも同じ様な推移を示し、散布区と対照区間に大きな差は認められなかった。5月29日から7月8日までは8.1～8.2の値で推移し、7月30日には低下して8.0を下回る値となった。その後9月3日までは7.8～7.9で推移し、9月16日以降再び上昇して8.1台で推移した。

⑤ Eh (図7)

底土直上水のEhは、全体的には5月28日から7月8日まで概ね200～270mVの値で推移し、7月30日に低下して20～30mVとなり、8月6日には再び上昇して100～200mVとなるが、その後8月20日には低下して、以後10月1日までは徐々に増加した。

散布区のうち、St.3は小割生簀の間点であり、残餌等の有機物の負荷が他の定点に比較して少ないため、調査期間を通じて対照区や他の散布区と比較して値が大きかった。St.1, 2, 4では対照区に比較してEhが高い値で推移した。そして対照区との差はSt.1が最も大きく、次いでSt.2, St.4の順となった。St.5は9月3日までは対照区と同じように推移するが、それ以降にEhの上昇がみられた。

⑥ T-S (図8)

底土直上水中のT-Sは、5月28日から7月8日まではほぼ全定点で検出されなかったが、7月30日には全定点で非常に高い値がみられた。8月6日にはT-Sは再び減少し、ほとんど検出されなかったが、8月20日には再び増加し、その後徐々に値は低くなって行くが、底層のDOが回復した9月16日と10月1日にもT-Sは検出された。

各散布区を対照区と比較してみると、全ての散布区でT-Sの増加の抑制がみられ、このうちSt.3を除いた4散布区を比較すると、最も抑制効果がみられたのはSt.1で、次いで2, 4, 5の順となった。St.1とSt.2は散布直後から抑制効果がみられたが、St.4とSt.5は9月16日から抑制効果がみられ、St.1, 2に比較して抑制開始の時期が遅れていた。St.5は9月16日以降T-Sは全く検出されなかった。

⑦ アンモニア態窒素 (図9)

底土直上水中のアンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)の濃度は、散布前にはSt.1で他の定点より低かったものの、概ね同じような値で推移した。散布後は、散布区では対照区に比較して NH_4 の増加の抑制が認められた。いずれの定点も底層が著しく還元状態となる8月20日から9月3日にかけて NH_4 が増加しているが、散布区では対照区に比べてその増加が抑制された。小割直下の4散布区の

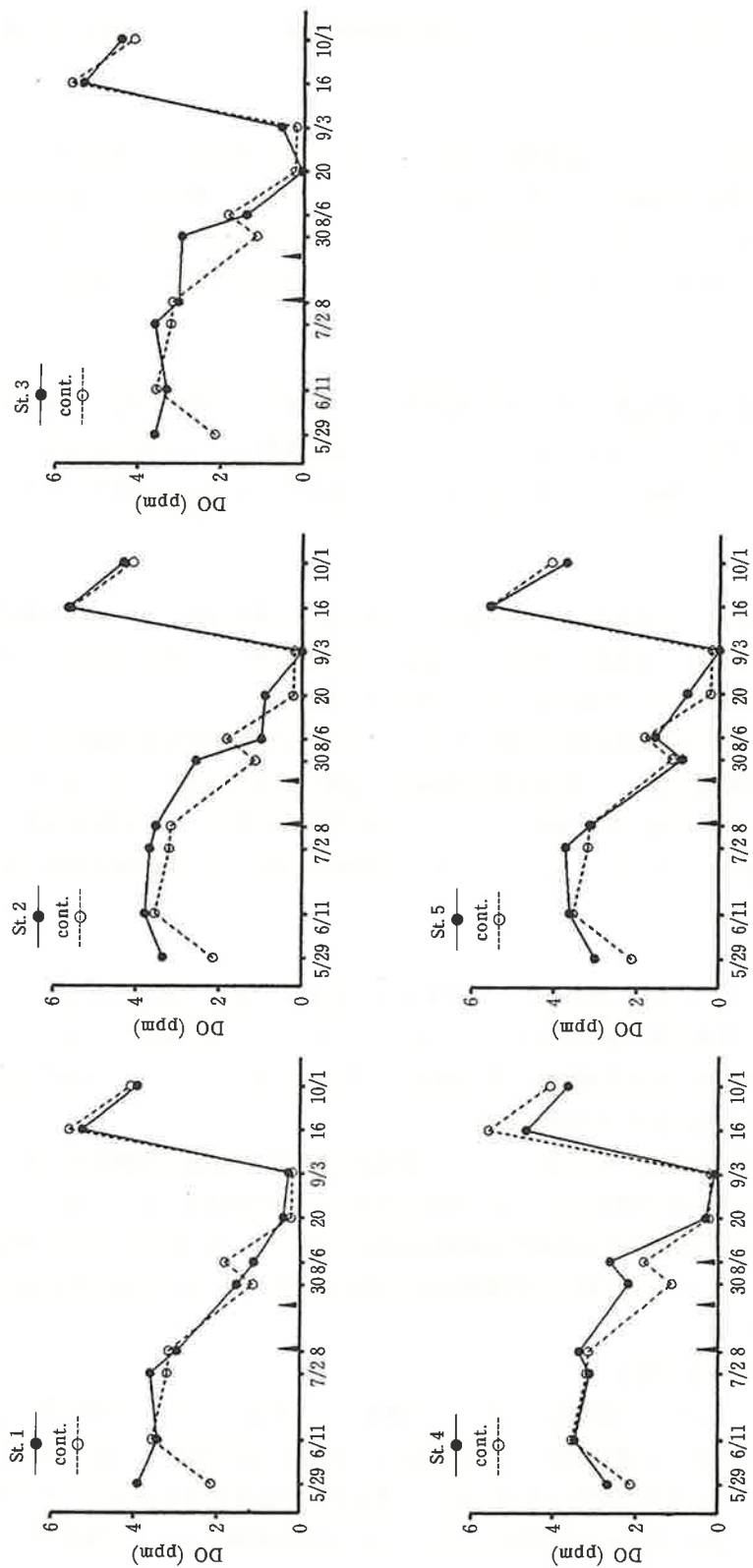


図5 各定点における底土直上水の DO の推移

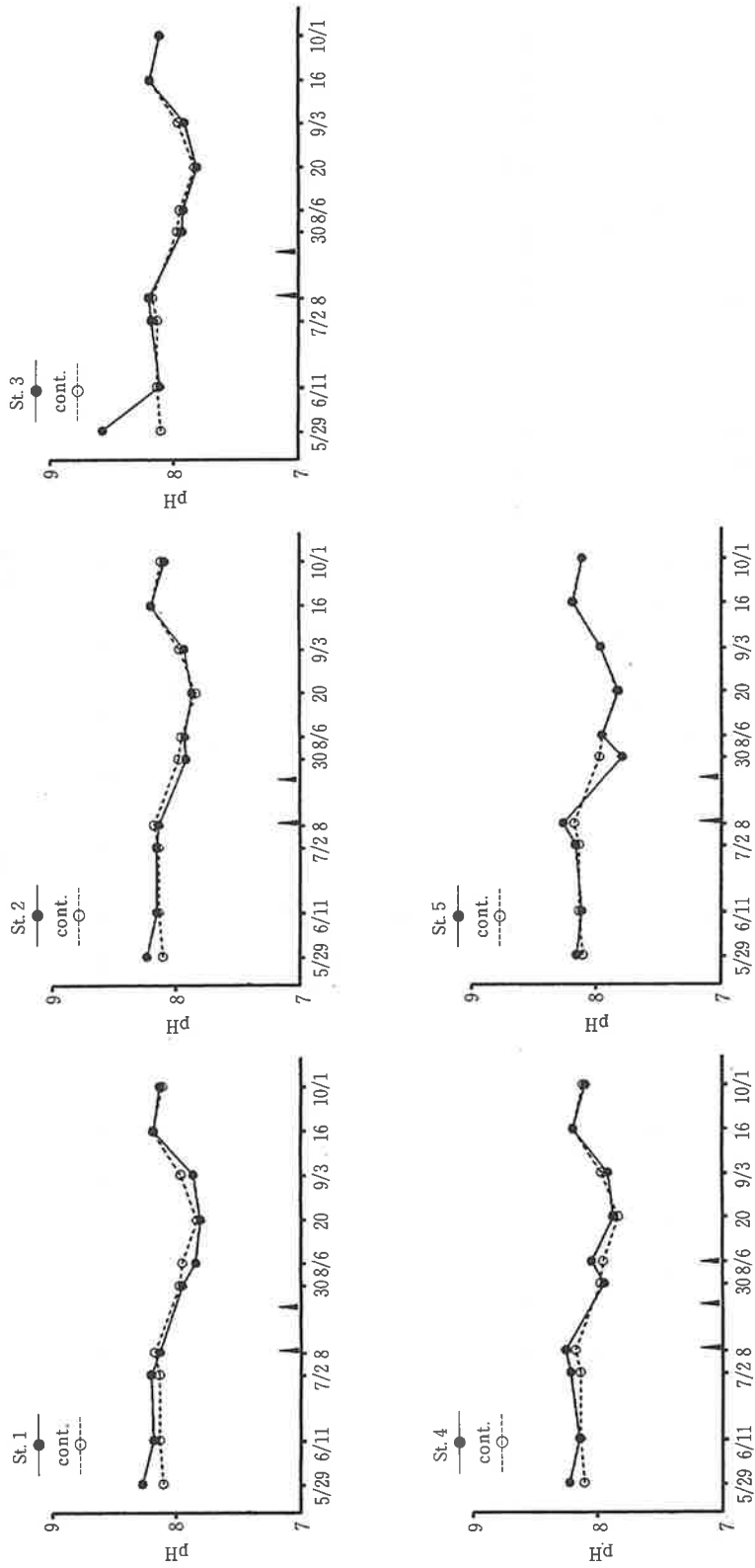


図 6 各定点における底土直上水の pH の推移

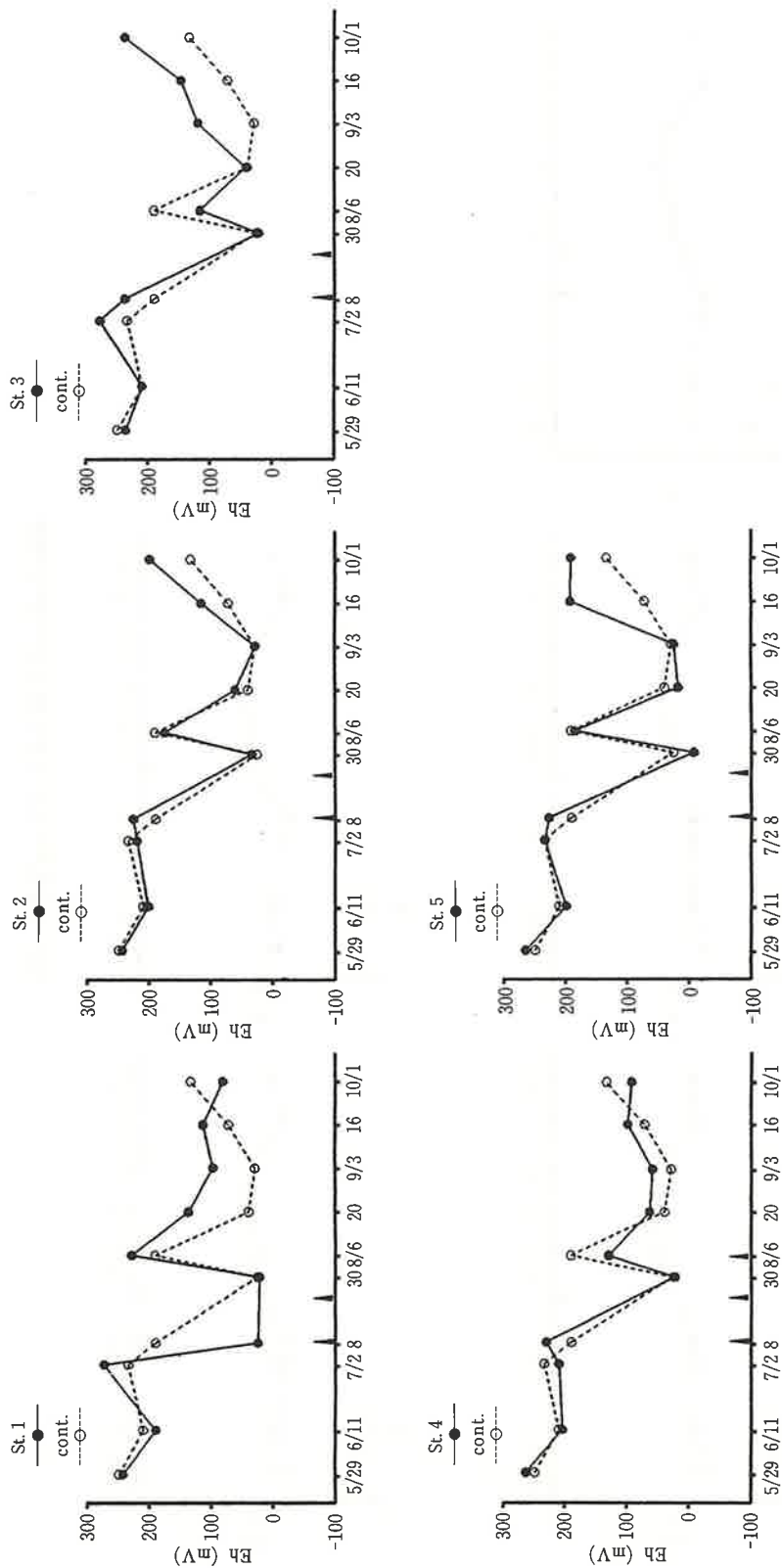


図7 各定点における底土直上水の Eh の推移

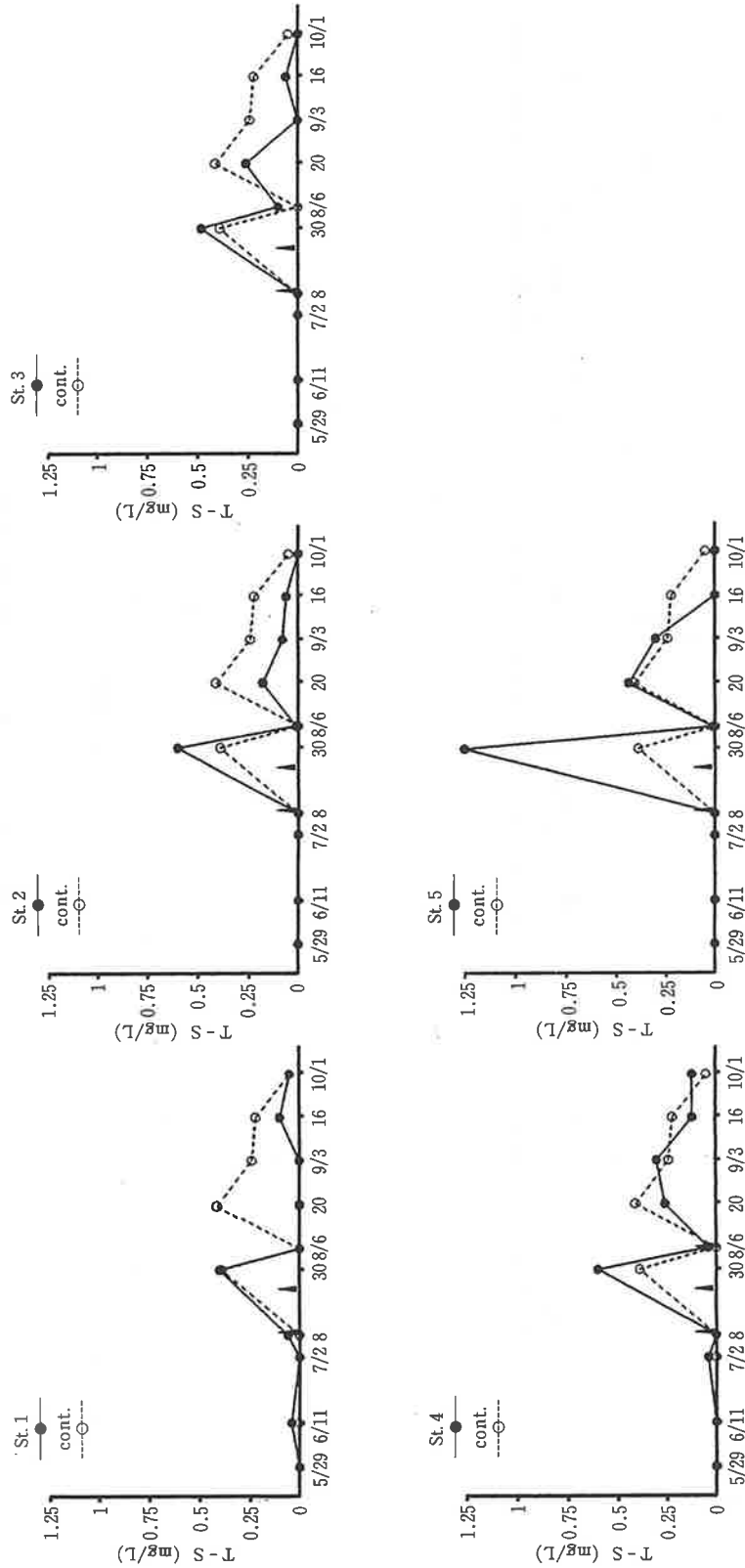


図8 各定点における底土直上水のT-Sの推移

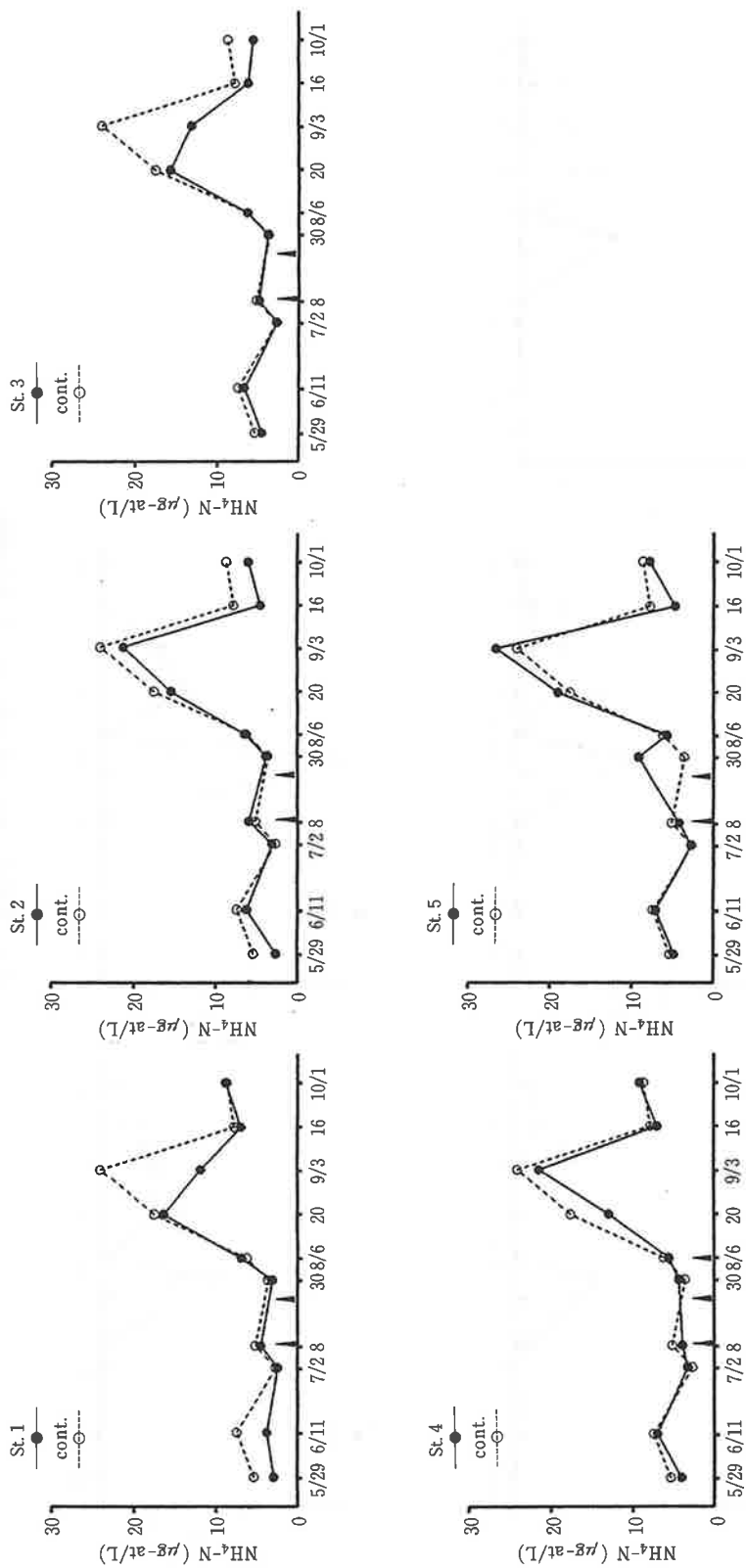


図9 各定点における底土直上水の $\text{NH}_4\text{-N}$ の推移

うち最も抑制効果が大きかったのは St. 1 で、小割のない St. 3 と同じ程度の抑制効果がみられた。St. 2 と St. 4 は St. 1, St. 3 ほど顕著ではないが、対照区に比較して NH_4 の増加が抑制されていた。St. 5 は 8 月 20 日から 9 月 3 日にかけては対照区と同じような値で推移したが、底層 DO が供給された 9 月 16 日以降は対照区よりも低い値となった。

⑧ 亜硝酸態窒素 (図 10)

底土直上水中の亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) の濃度は、散布前、散布後ともに各定点間の値に大きな違いはみられず、散布区と対照区の有為な差は認められなかった。散布前の 7 月 2 日から 8 日にかけて NO_2 の濃度が大きく増加していたが、散布後 1 週間目の 7 月 30 日には $1 \mu\text{g-at}/\ell$ 以下にまで減少した。その後は徐々に増加していき、10 月 1 日には St. 3 を除き各定点とも値が高くなった。

⑨ 硝酸態窒素 (図 11)

底土直上水中の硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) の濃度は、散布前には対照区の St. 6 が他の定点に比べやや高い値であったものの、ほぼ同じように推移した。散布後は、散布区と対照区の値に違いがみられた。St. 3 では散布後 1 週間目の 7 月 30 日に対照区に比べ NO_3 の増加がみられ、8 月 20 日から 9 月 16 日にかけて対照区よりも高い値で推移し、 NO_3 の増加が促進されていることが示された。また、St. 2 と St. 4 でも NO_3 の増加がみられ、特に散布後 4 週間目の (St. 4 では 3 回目の散布後 2 週間目) の 8 月 20 日には NO_3 が対照区に比べ著しく増加した。St. 1 と St. 5 は St. 2 と St. 4 ほどでないが、わずかながら NO_3 の増加が認められた。

⑩ リン酸態リン (図 12)

底土直上水中のリン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) の濃度は、散布前には St. 1 で他よりやや低かったものの、いずれの定点もほぼ似たような推移を示した。散布後は、散布区では対照区に比較して PO_4 の増加の抑制がみられた。St. 3 は小割からの負荷が少ない分他の定点に比べて増加の抑制効果が顕著であった。小割直下の 4 散布区を比較すると、最も抑制効果が大きかったのは St. 1 で、St. 3 とほぼ同程度の効果がみられ、特に 9 月 3 日には対照区の約半分の値にまで減少した。St. 2 と St. 4 は、St. 1 ほどではないが、増加の抑制が認められた。St. 5 は散布後 1 週間目の 7 月 30 日に対照区よりも増加しているが、それ以降 9 月 3 日までは対照区と同じように推移し、9 月 16 日以降は対照区よりも低い値となった。

⑪ T-N (図 13)

底土直上水中の全窒素 (T-N) は、散布前には多少の変動はあるものの、各定点とも大差なく推移した。散布後は、散布区で T-N の増加の抑制が認められた。抑制効果は小割直下の散布区の中では St. 1 で最も顕著に表れており、9 月 3 日には対照区の約半分の値となっていた。St. 4 も St. 1 ほどでないが、8 月 20 日から 9 月 3 日にかけて T-N の増加が対照区に比べ抑制されていた。St. 2 は散布後 9 月 3 日までは対照区と同じように推移したが、9 月 16 日以降は対照区よりも低い値となった。St. 5 は散布後むしろ対照区よりも高く、増加傾向で推移し、散布後 10 週間目の 10 月 1 日に対照区より低い値となった。

⑫ T-P (図 14)

底土直上水中の全リン (T-P) は、散布前には St. 1 で他より低かったものの、いずれの定点もほぼ同じような値で推移した。散布後は、散布区で対照区に比較して T-P の増加が抑制される

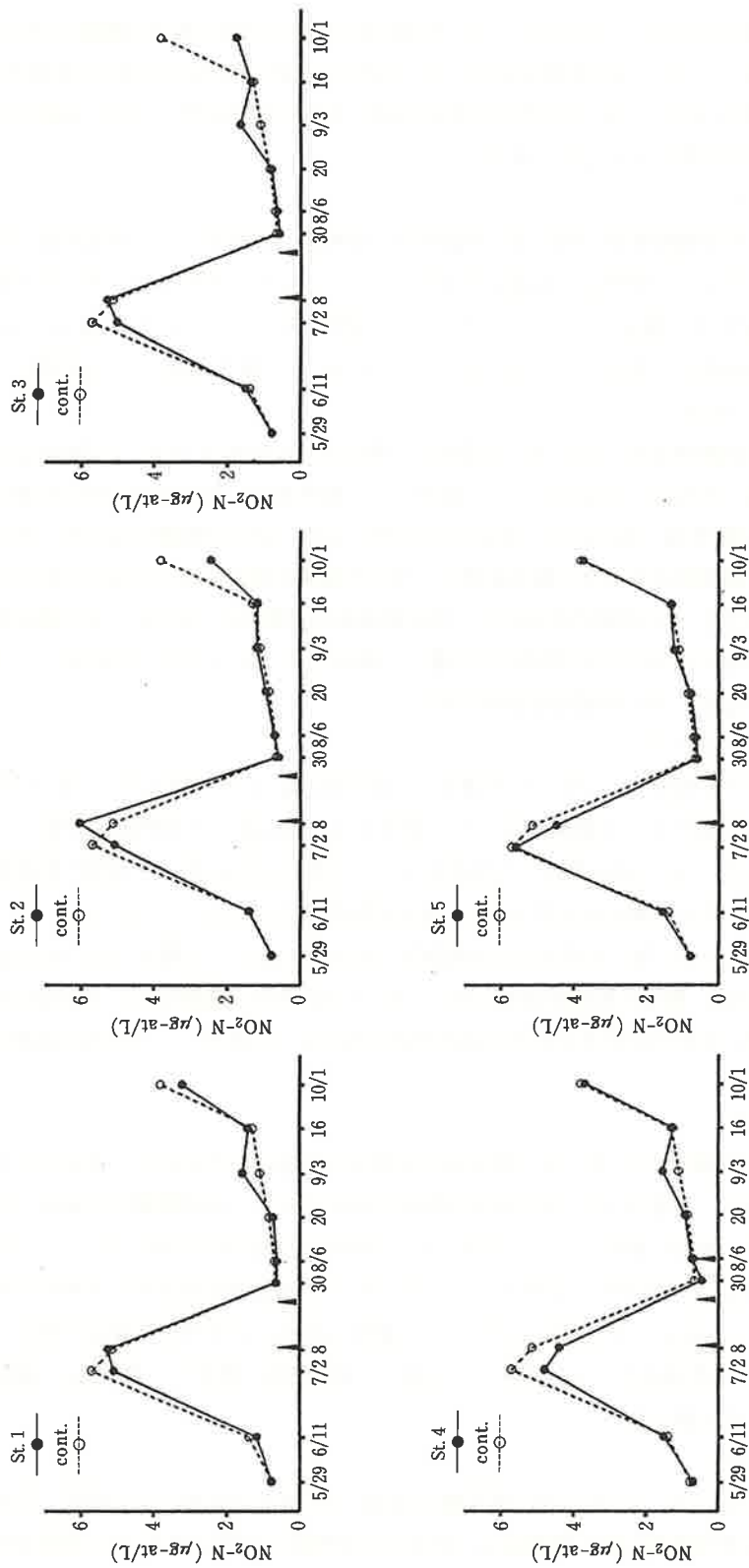


図10 各定点における底土直上水の $\text{NO}_2\text{-N}$ の推移

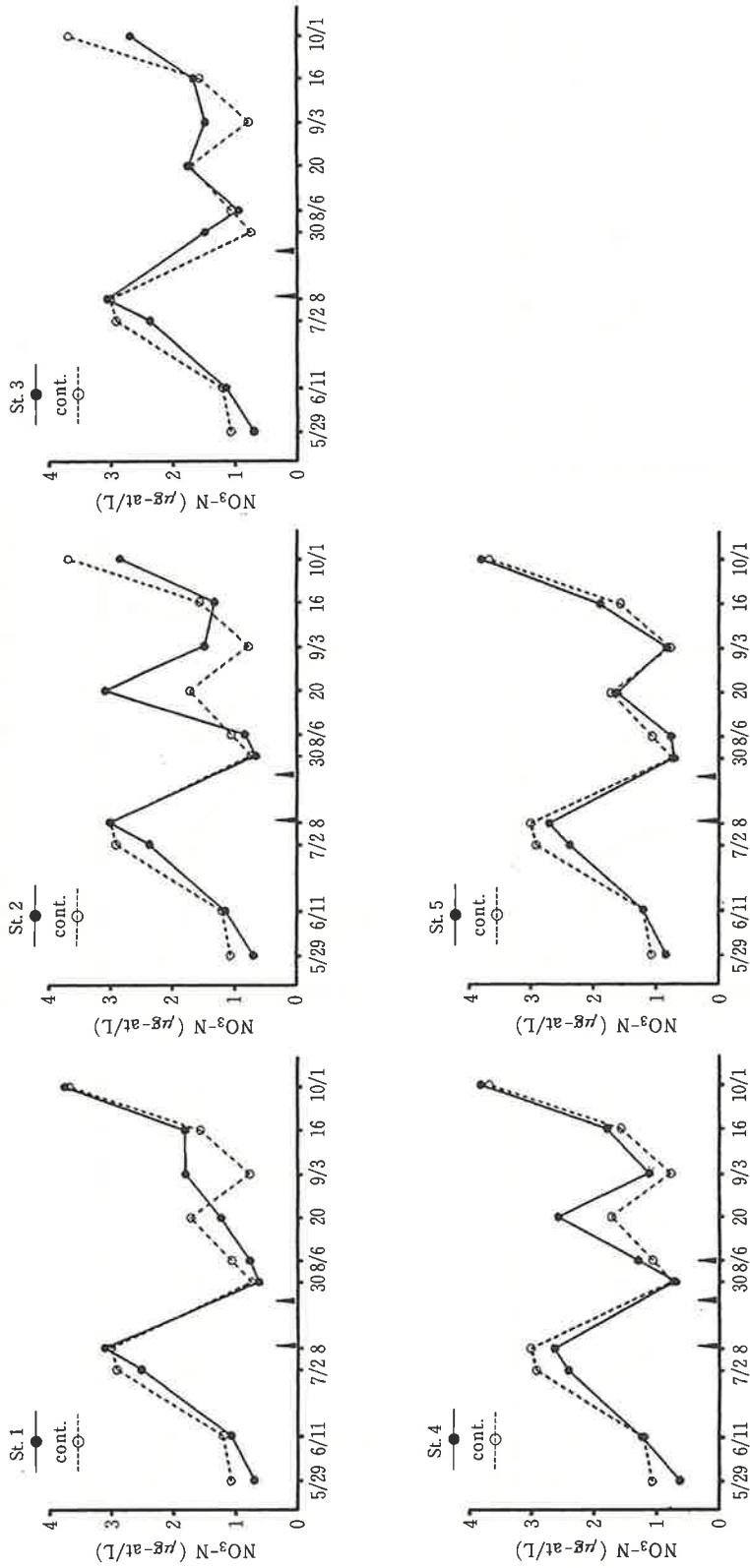


図11 各定点における底土直上水の $\text{NO}_3\text{-N}$ の推移

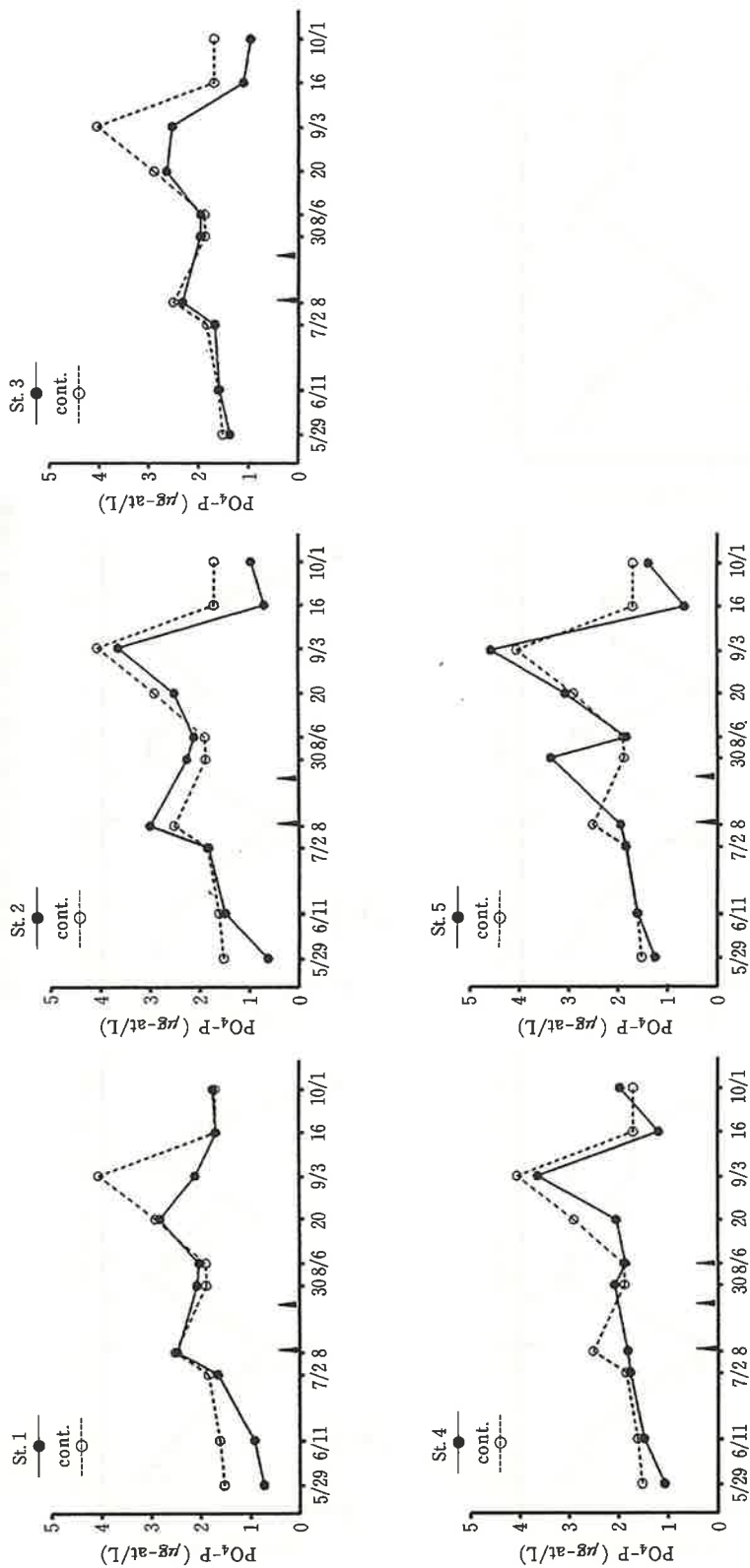


図12 各定点における底土直上水の PO_4-P の推移

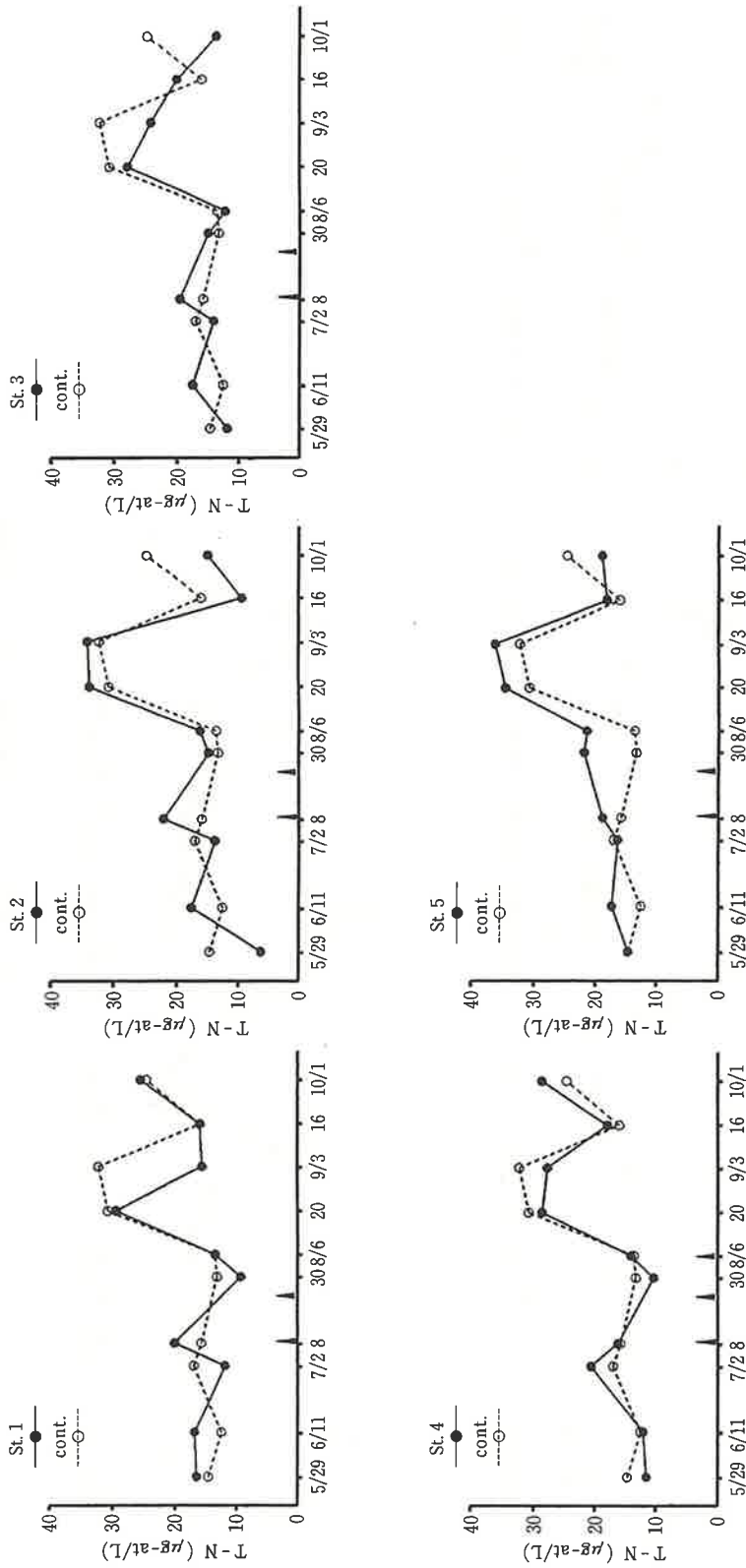


図13 各定点における底土直上水のT-Nの推移

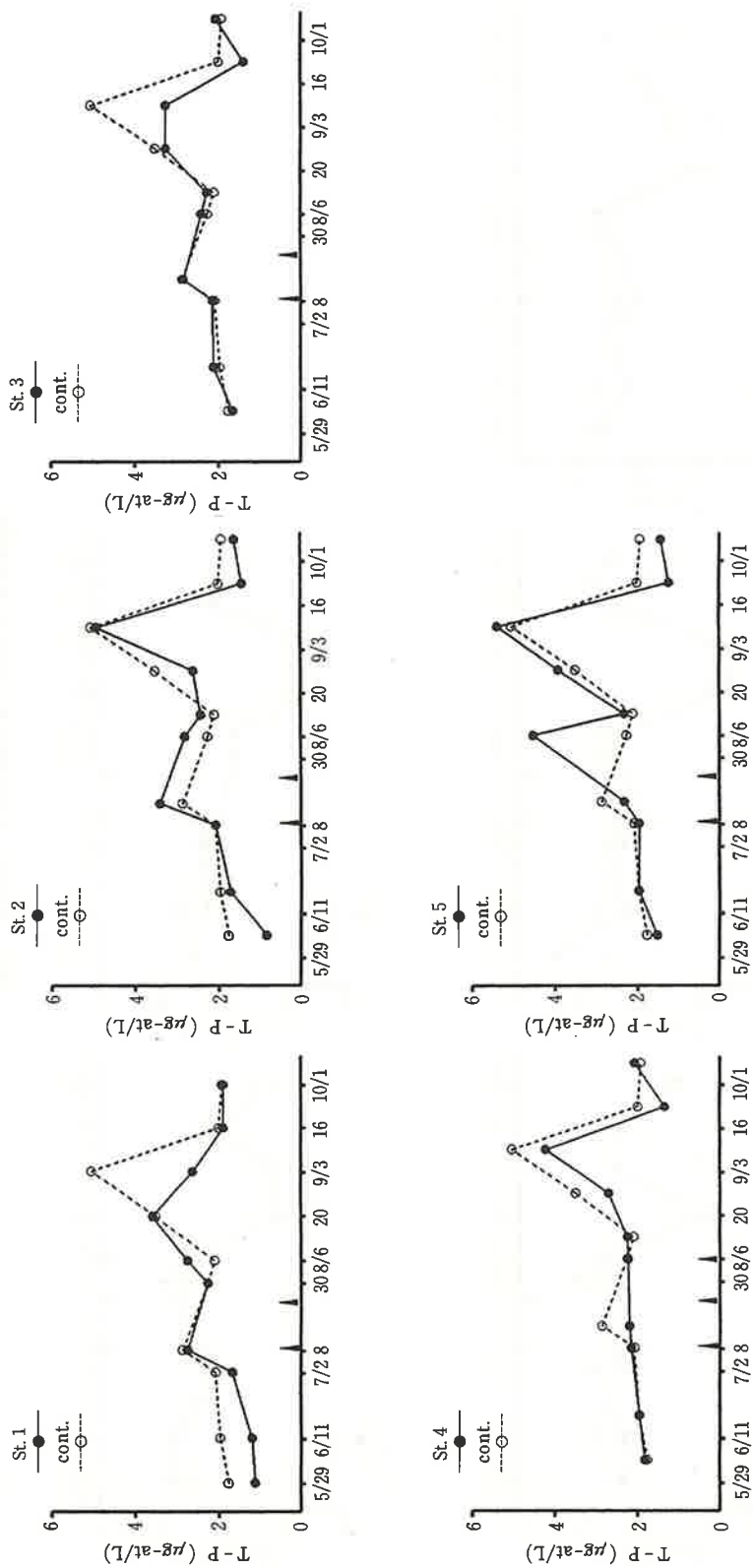


図14 各定点における底土直上水の T-P の推移

効果が認められた。小割直下の散布区のうちでは St. 1 が最もその効果が大きく、St. 3 と同じかむしろ大きいぐらいの効果が認められた。St. 4 は St. 1 ほどでなく、また St. 2 も St. 4 ほどでないがやはり抑制効果が認められた。St. 5 は対照区と大差なく推移したが、散布後 1 週間目の 7 月 30 日に他に比較して以上に高い値がみられた。また、9 月 16 日以降は対照区よりも低い値となった。

<底質>

① pH (図 15)

底土表面の pH は、全体的には 5 月 29 日から 7 月 8 日までは 7.5 ～ 8.0 の値で推移し、7 月 30 日以降低下して 7.2 ～ 7.4 の値で推移した。散布後における散布区と対照区の値を比較してみると、St. 1, St. 2, St. 3 は対照区とそれほど変わらない値で推移した。St. 3 は 8 月 20 日以降 pH は上昇した。St. 4, St. 5 は散布後 pH のわずかな上昇がみられた。St. 4 は 3 回目の散布を行った 8 月 6 日から 8 月 20 日にかけて上昇し、9 月 16 日以降は対照区とほぼ変わらない値となった。St. 5 は散布直後から pH の上昇がみられ、8 月 20 日以降は低下するが、10 月 1 日に対照区よりやや低くなるまで対照区よりも高い値で推移した。

② Eh (図 16)

底泥表面の Eh は、全体的には調査を開始した 5 月 29 日から徐々に低下し、7 月 8 日以降は全ての定点で -100 mV 以下の値となり、バイオコロニー散布後も概ね同じような値で推移した。

③ T-S (図 17, 18)

各定点における底泥中の T-S の推移について図 17 に、またバイオコロニー散布後の各散布区の T-S の値と対照区との差を図 18 に示した。

散布前は St. 3 の 0 ～ 2 cm, 2 ～ 4 cm, 4 ～ 6 cm の 3 層で対照区よりも低く推移した他は、各散布区とも 0 ～ 2 cm, 2 ～ 4 cm 層では対照区よりもやや高めに推移し、4 ～ 6 cm 層では St. 1 と St. 5 でやや高めに、St. 2 と St. 4 はほぼ同じ値で推移した。散布後は、各散布区で対照区に比較して T-S の産生抑制効果が認められた。小割直下の散布区の T-S の値を対照区と比較すると、まず 0 ～ 2 cm 層では、St. 2, St. 4, 及び St. 5 で散布後に T-S の値が減少し、St. 2 で一時逆転するものの、概ね対照区よりも低く推移した。St. 1 では、散布直前の 7 月 8 日から散布後 6 週間目の 9 月 3 日までは対照区よりも高く推移するが、9 月 16 日以降低くなった。最も抑制効果が大きかったのは 300 g の濃度で 3 回の散布を行った St. 4 で、7 月 30 日から 9 月 3 日まで継続的な抑制効果がみられた。次いで St. 5, St. 2, St. 1 の順となり、St. 1, St. 2 は抑制効果の表れるのがやや遅かった。次に 2 ～ 4 cm 層の値を比較すると、St. 1, 2, 4, 5 の全ての散布区で T-S の抑制効果がみられ、抑制の程度は各定点でほぼ同じくらいであった。4 ～ 6 cm 層では、各散布区とも対照区と大差なしか、やや高めに推移した。大規模散布区の St. 3 は、3 層のいずれにおいても T-S の抑制効果がみられ、2 ～ 4 cm, 4 ～ 6 cm 層での効果が他の定点に比べて大きかった。

④ IL (図 19, 20)

各定点における底泥中の IL の推移について図 19 に、またバイオコロニー散布後の各散布区の IL の値と対照区との差について図 20 に示した。

散布前の各定点における IL の推移をみると、St. 5 以外の散布区では 3 層のいずれにおいても対照区よりも高めに推移した。散布後も各散布区とも対照区よりやや高めの値で推移したが、

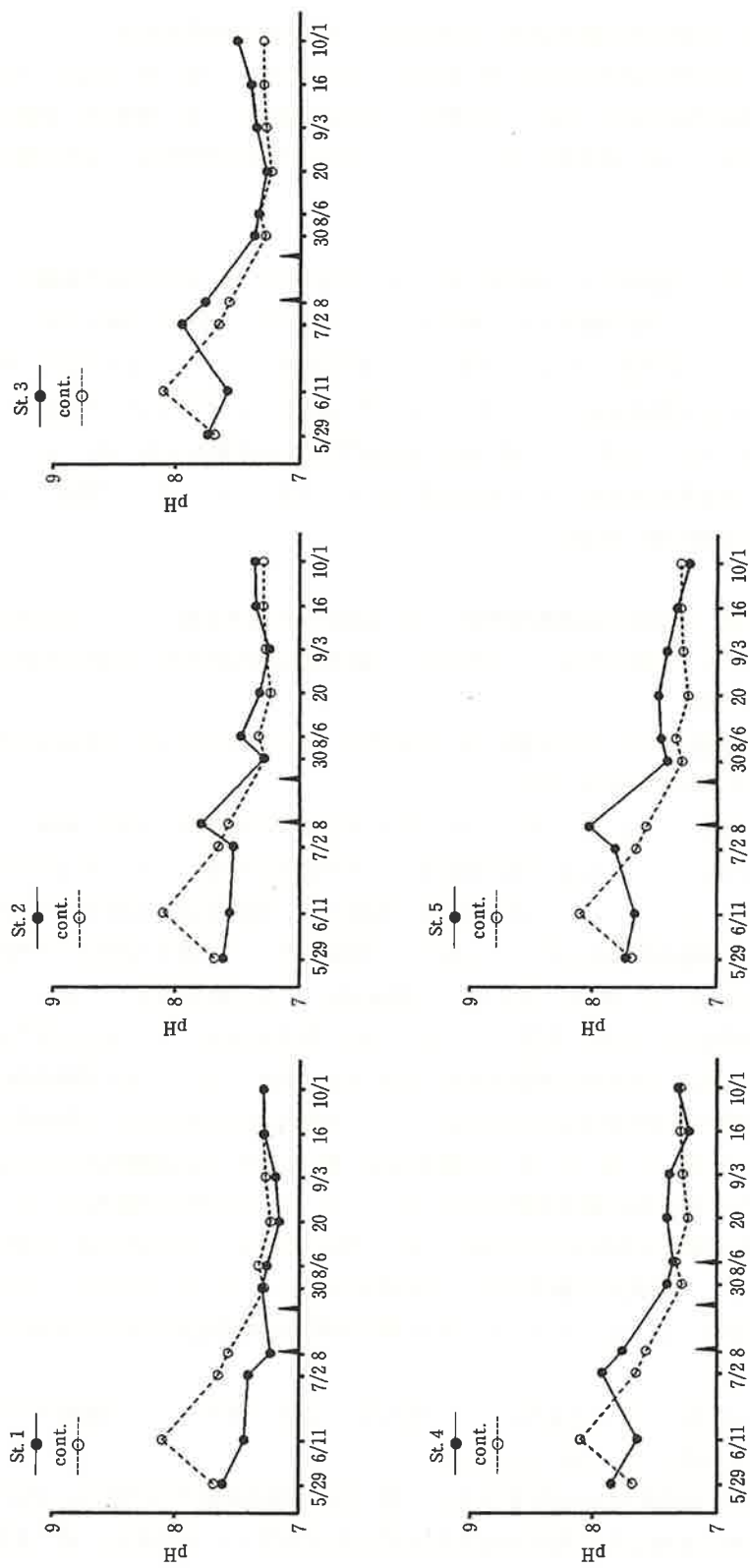


図15 底土表面の pH の推移

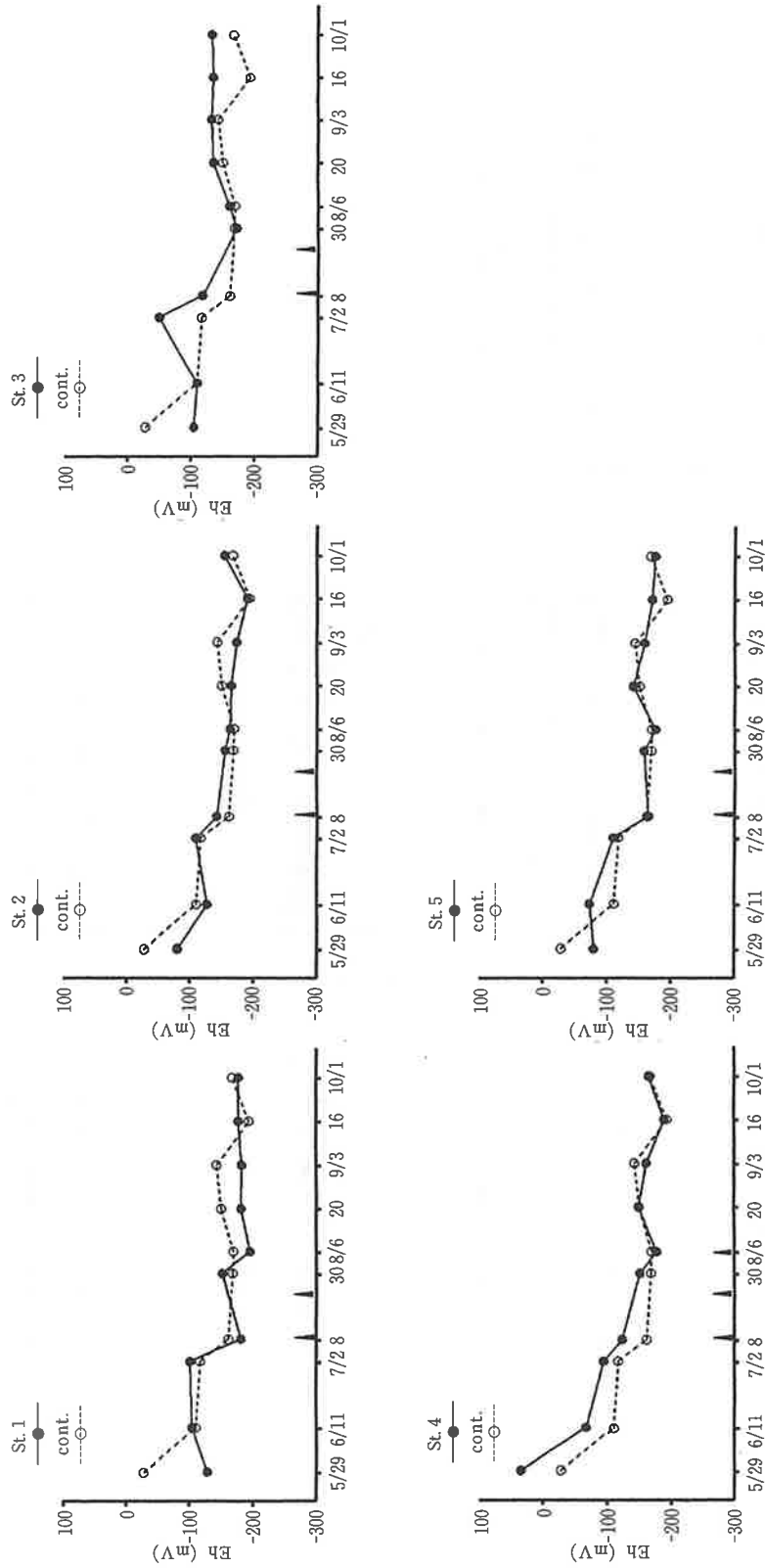


図16 底土表面の Eh の推移

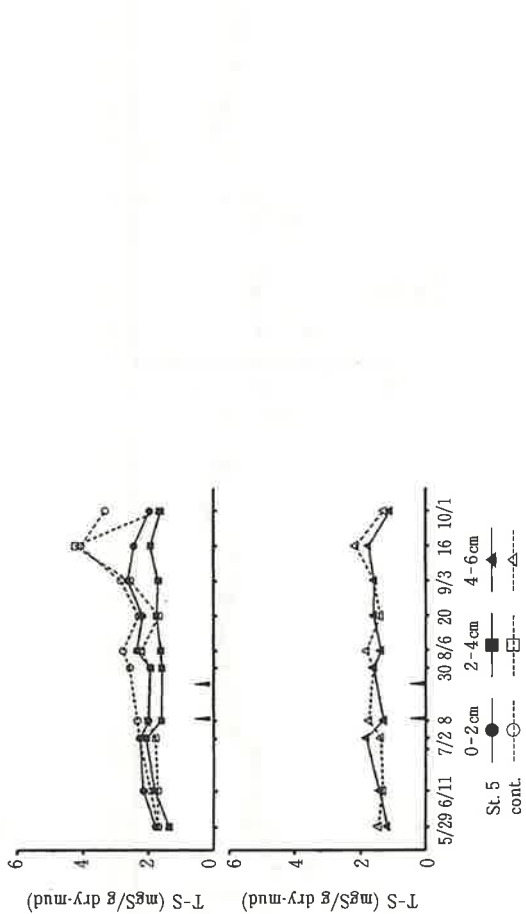
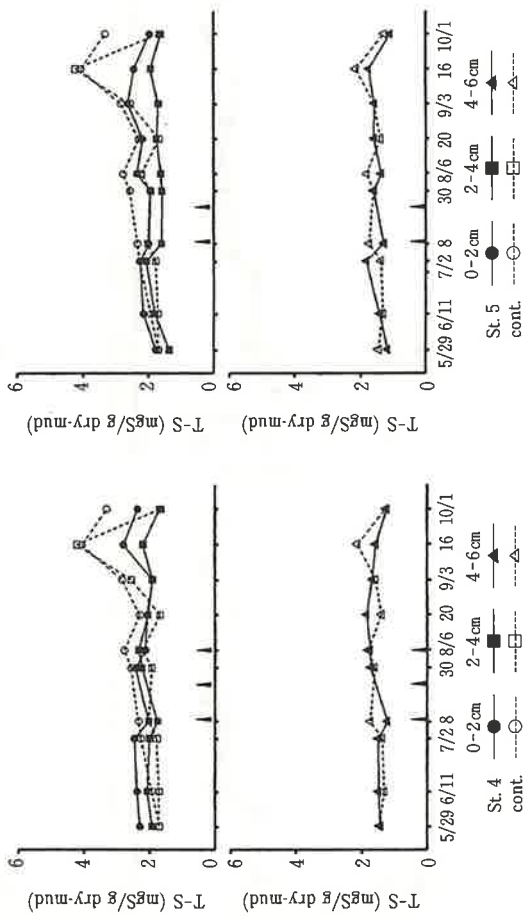
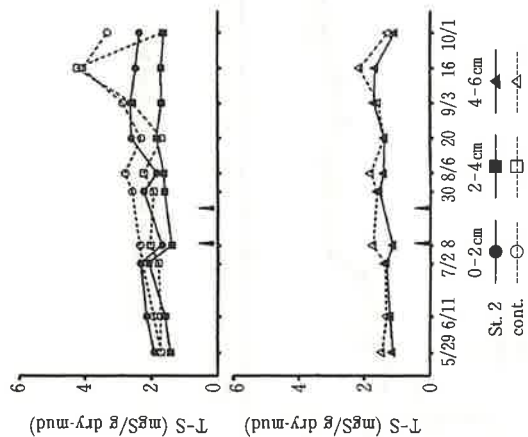
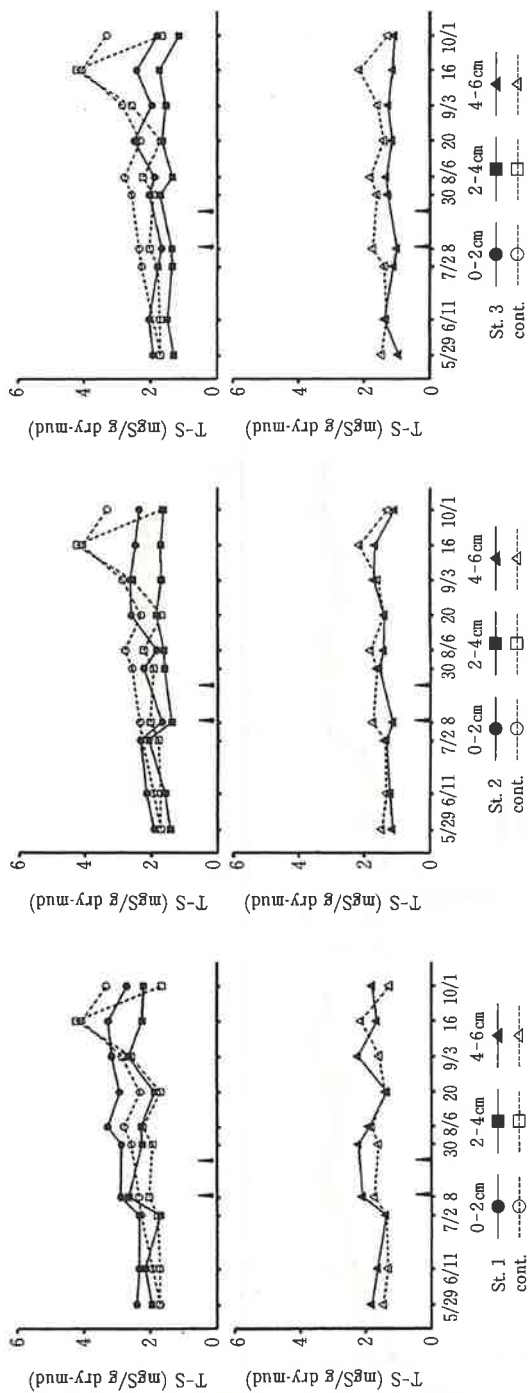


図17 底泥中の T-S の推移

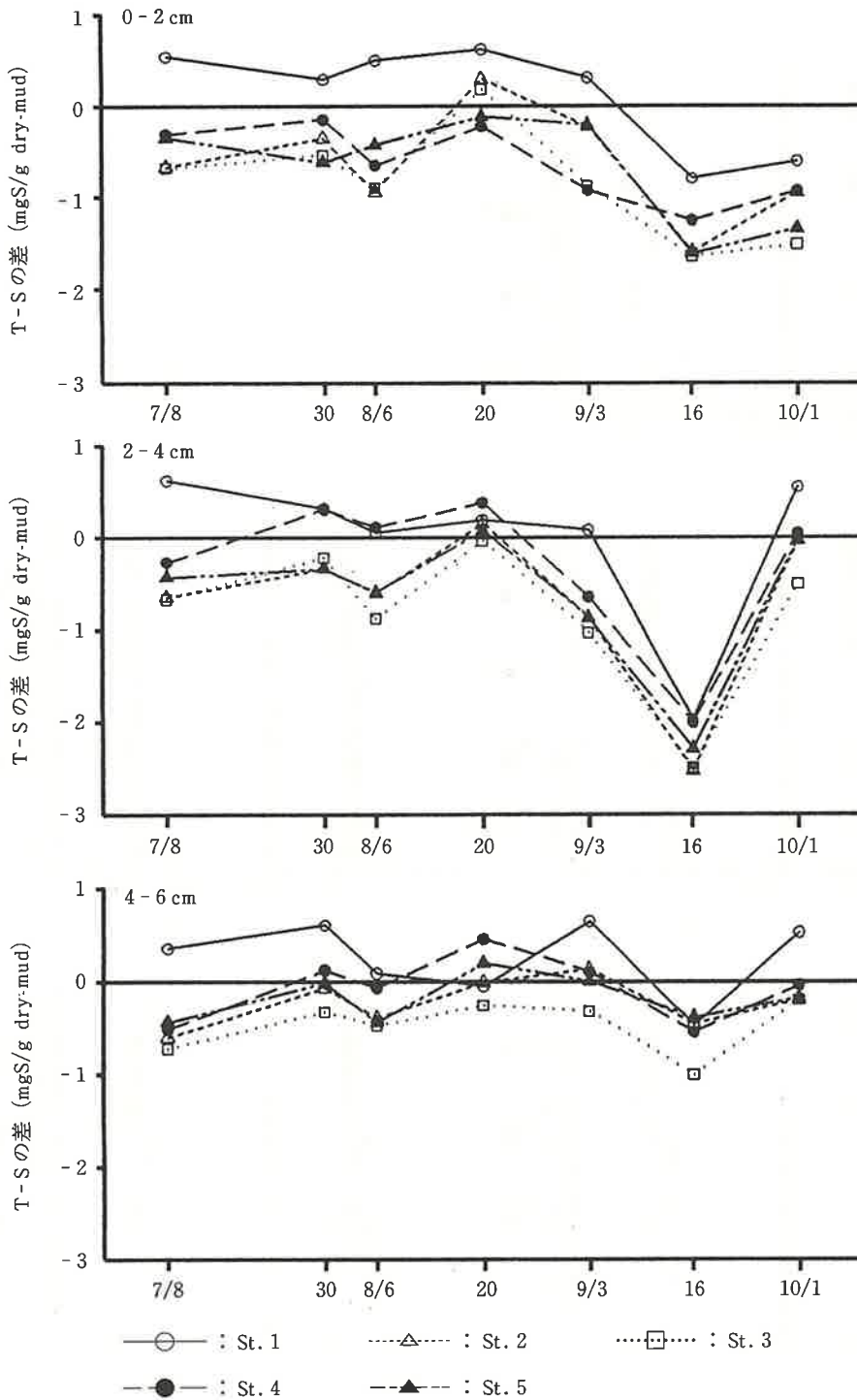


図18 各散布区のT-Sの値と対照区との差

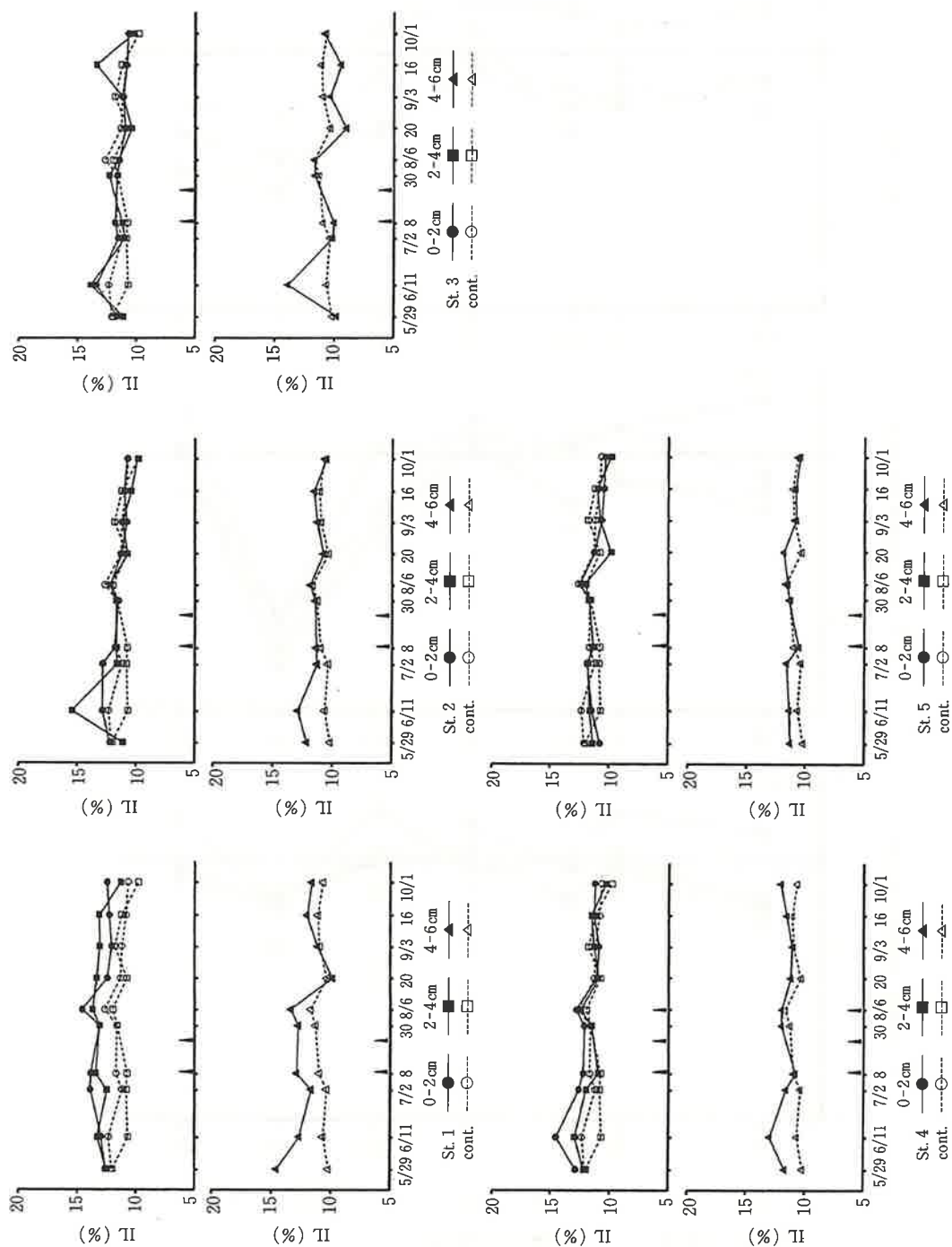


図19 底泥中のILの推移

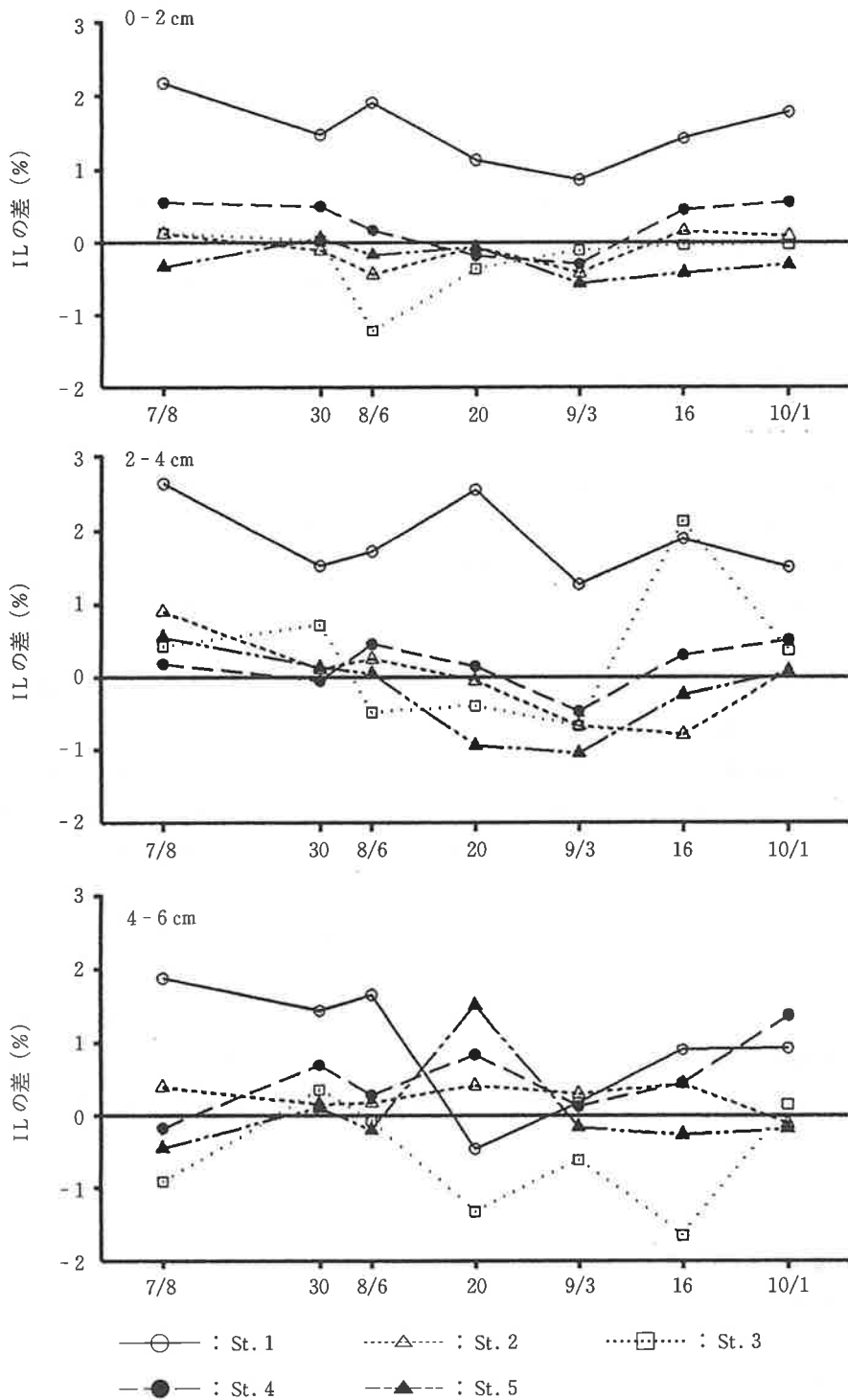


図20 各散布区のILの値と対照区との差

St. 1 以外の散布区ではその差が小となり、0～2 cm 層では8月20日から9月3日にかけていずれの定点でも対照区を下回り、また2～4 cm 層でもILの相対的な減少がみられた。4～6 cm 層ではSt. 3で対照区より低かった他は各区とも概ね対照区よりも高めに推移した。小割直下の各散布区の中では、St. 5が最も抑制効果が大きく、3層のいずれにおいてもILの抑制効果が認められた。St. 2とSt. 4は0～2 cm、2～4 cm 層ではILの抑制が認められたものの、4～6 cm 層では対照区より高い値で同じように推移した。St. 1は散布後いずれの層においても対照区より高めに推移したが、4～6 cm 層ではILの抑制効果が認められた。大規模散布区のSt. 3は、2～4 cm 層で9月16日に高い値がみられたが、概ね対照区よりも低い値で推移した。特に4～6 cm 層での抑制効果が他の定点に比べて大きかった。

⑤ COD (図 21, 22)

各定点における底泥中のCODについて図21に、またバイオコロニー散布後の各散布区のCODの値と対照区との差について図22に示した。

散布前の各定点におけるCODの推移は、各定点によってかなり異なるが概ねSt. 1, 2, 3及びSt. 4とSt. 5で同じような推移を示した。散布後の小割直下散布区の値を対照区と比較すると、0～2 cm 層ではSt. 1は対照区よりも高めに推移し、CODの抑制は認められなかった。St. 2は9月3日以降対照区よりも低めに推移し、St. 4とSt. 5は8月6日以降概ね対照区よりも低く推移した。抑制の程度はSt. 5が最も大きく、次いでSt. 4, St. 2の順となった。2～4 cm 層では、St. 1は8月20日に対照区との差が小さくなるが、その後再び対照区よりも高くなった。St. 2は対照区よりもやや低い値で推移したが、8月6日と9月3日には対照区よりも高い値となった。St. 4も対照区よりも低い値で推移するが、7月30日、9月3日、10月1日には対照区よりも高い値となった。St. 5は散布後常に対照区よりも低い値で推移し、8月20日にその差が最も大きくなった。抑制の程度はSt. 5が最も大きく、St. 2とSt. 4はあまり差がなく、St. 1が最も小さかった。4～6 cm 層では、St. 1で8月6日に著しく減少するが、その後8月20日からは対照区よりも高めに推移した。St. 2とSt. 4は対照区とほぼ同じかやや高めに推移するが、St. 2では9月16日以降、St. 4では9月3日以降対照区よりも低い値となった。St. 5は9月16日に対照区よりもわずかに高くなるが概ね低い値で推移し、9月20日から9月3日にかけて対照区よりも5 mg/g dry-mud ほど低い値となった。抑制の程度はSt. 5が最も大きく、次いでSt. 4, St. 2, St. 1の順となった。大規模散布区のSt. 3では、3層のいずれにおいても対照区よりも低く推移するが、抑制の程度はSt. 2, St. 4と同程度であった。

⑥ T-C (図 23, 24)

各散布区における底泥中のT-Cについて図23に、またバイオコロニー散布後の各散布区におけるT-Cの値と対照区との差について図24に示した。

散布前の各定点におけるT-Cの推移は、St. 1の3層で高かったほかはいずれの定点も同じような値で推移した。散布後の各小割直下散布区のT-Cの値を対照区と比較すると、0～2 cm 層では、St. 1は対照区よりも高い値で同じように推移した。St. 2では8月6日から9月3日にかけて減少し、抑制効果が小さいながらも認められた。St. 4は8月6日から9月3日にかけて減少し、8月20日から9月3日まで是对照区を下回る値となったが、9月16日以降は対照区よりも高めに推移し

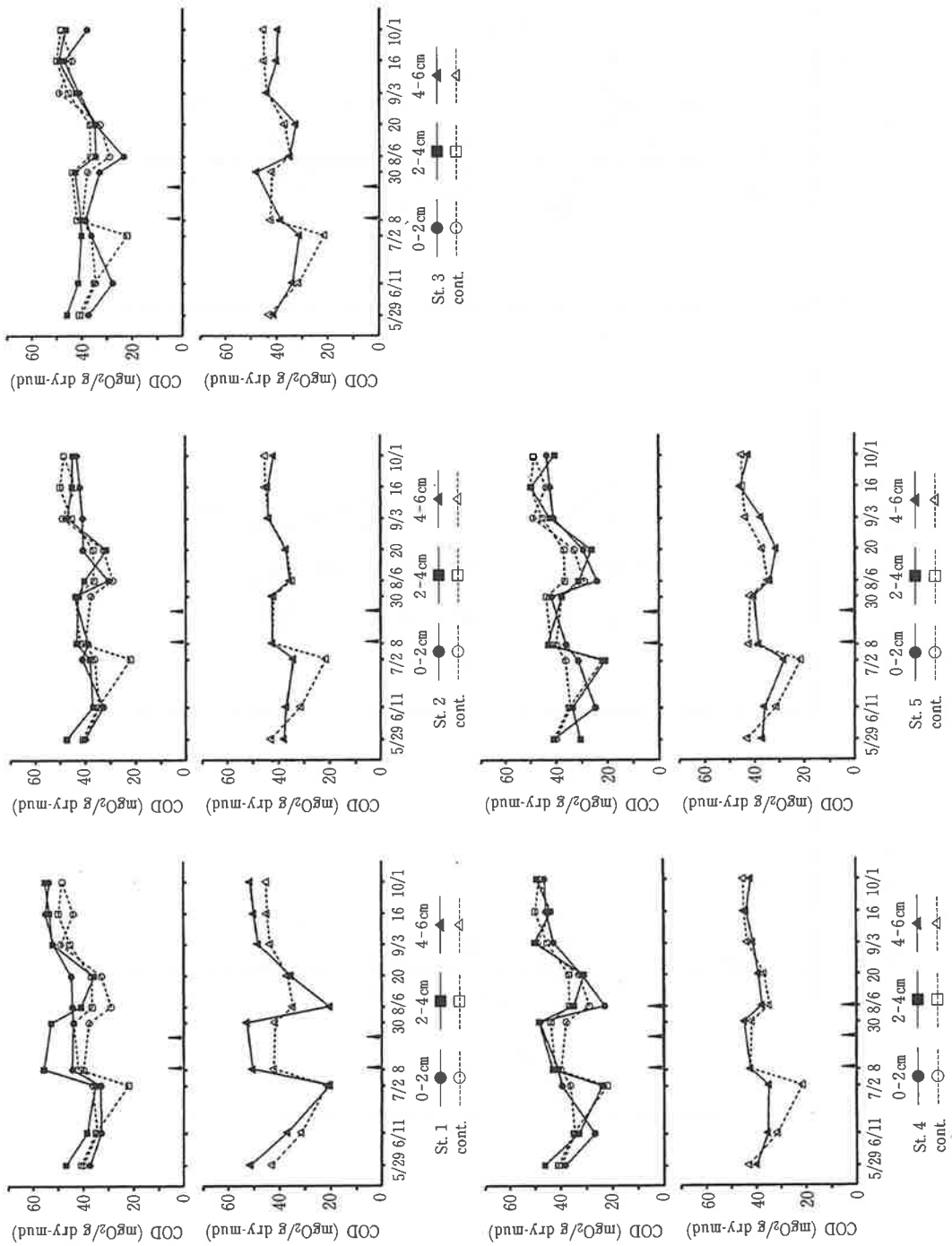


図21 底泥中の COD の推移

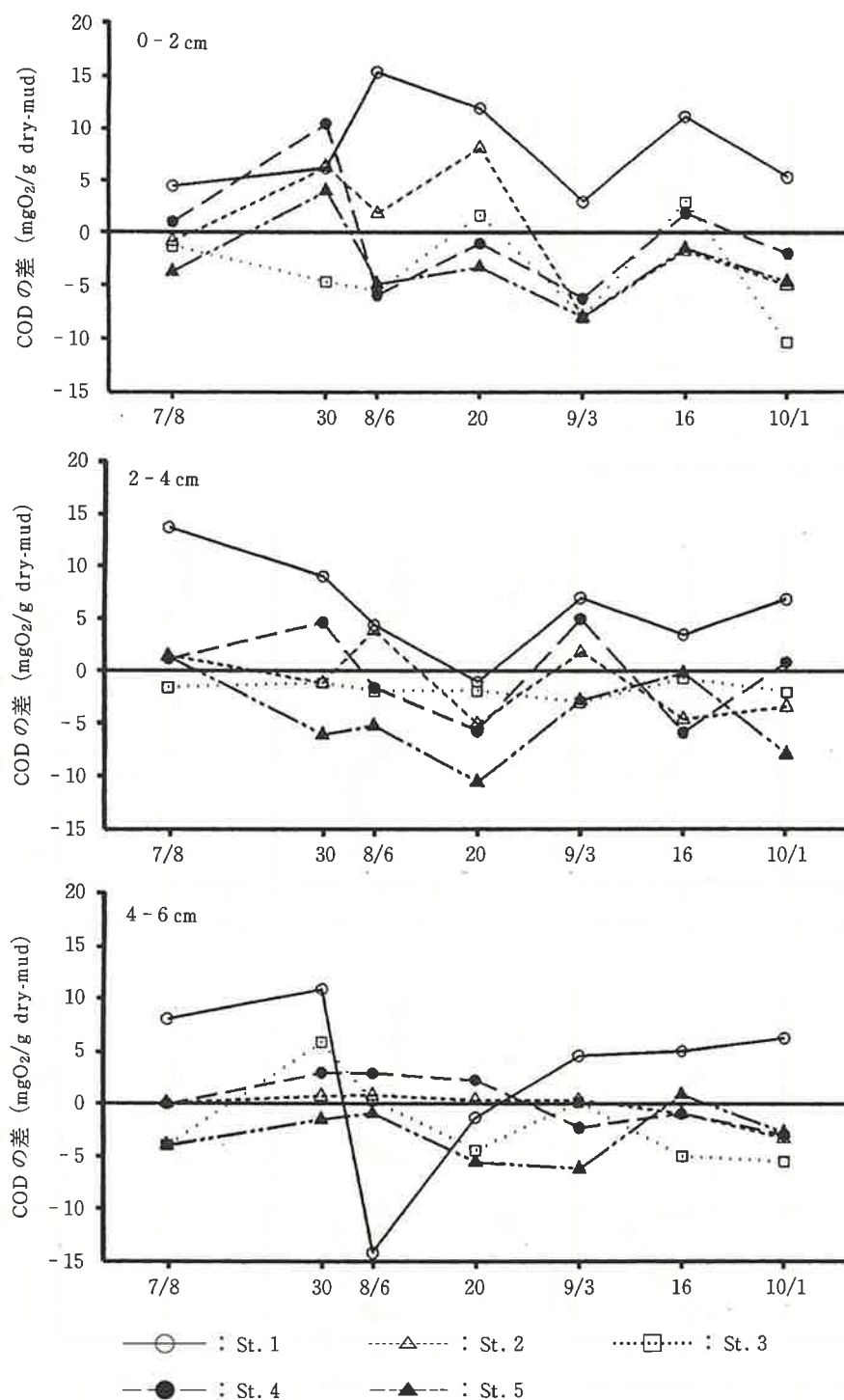


図22 各散布区の COD の値と対照区との差

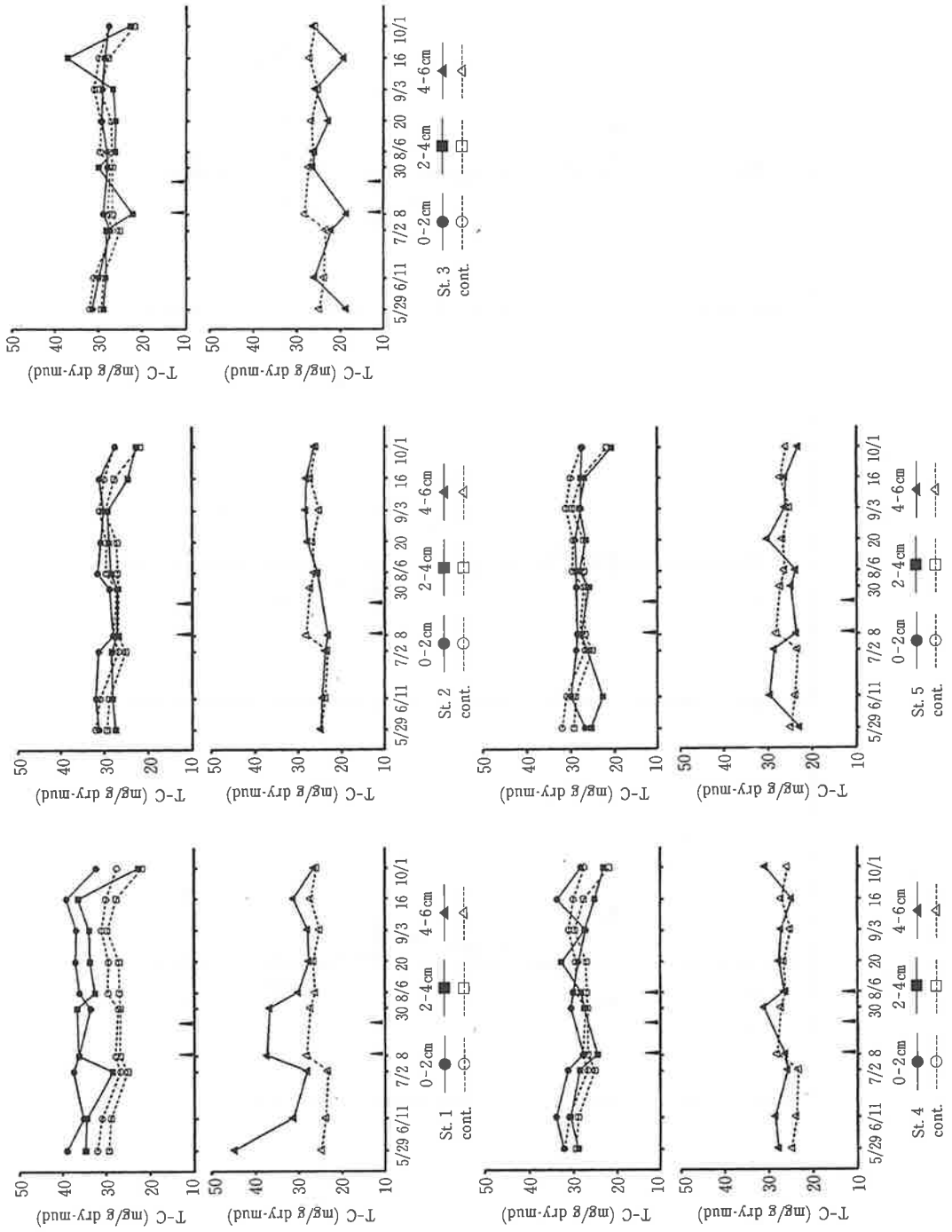


図23 底泥中のT-Cの推移

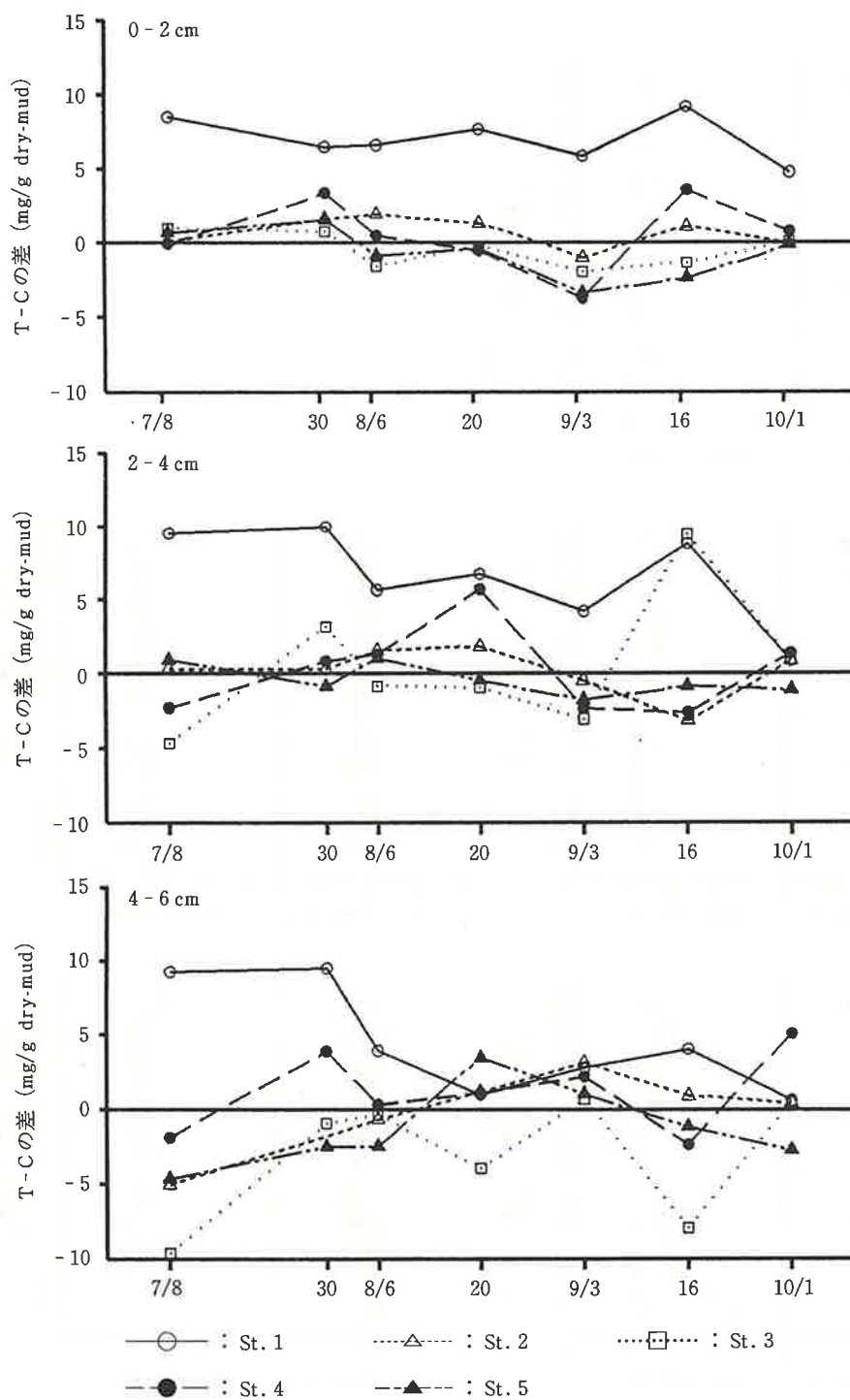


図24 各散布区のT-Cの値と対照区との差

た。St. 5では8月6日以降対照区よりも低い値で推移し、9月3日にその差が最も大きくなり、それ以降差は小さくなった。0～2 cm 層ではSt. 5が抑制効果が最も大きく、次いでSt. 4、St. 2の順となった。St. 1は対照区とほとんど変わらなかった。2～4 cm 層ではSt. 1は対照区よりも高い値で推移し、10月1日には対照区とあまり変わらない値となった。St. 2は8月20日まで対照区よりもわずかに高く、9月3日から16日にかけて対照区よりもやや低くなったが10月1日には逆にやや高くなり、対照区との差は小さかった。St. 4は7月30日から8月20日まで対照区よりも高く、9月3日から16日にかけて対照区よりも低い値となり、10月1日には再び対照区よりも高くなった。St. 5は8月20日以降対照区よりも低く推移したがその差は小さかった。2～4 cm 層ではSt. 5で最も抑制効果が大きく、St. 2とSt. 4は小さいが抑制効果が認められ、St. 1は効果はみられなかった。4～6 cm 層では、St. 1は散布後7月30日から8月6日にかけてT-Cが減少したが、その後は対照区よりもやや高い値で推移した。St. 2は8月20日には対照区よりも高くなり、それ以降高めで推移した。St. 4は9月16日に対照区よりも低い値がみられたものの、散布後は対照区よりも高い値で推移した。St. 5は8月6日から20日にかけて対照区より高くなるが、その後減少して9月16日以降は対照区よりも低い値で推移した。4～6 cm 層ではSt. 5が最も抑制効果が大きく、次いでSt. 4、St. 2、St. 1の順となった。大規模散布区のSt. 3は0～2 cm 層では8月6日以降対照区よりも低い値で推移するが、10月1日にはほぼ同じ値となった。2～4 cm 層では8月6日以降対照区よりも低く推移するが、9月16日に対照区に比べて非常に高い値がみられた。抑制の程度は9月3日までは各散布区の中では最も大きかったが、9月16日以降はむしろ抑制効果が小さくなった。

⑦ T-N (図25, 26)

各散布区における底泥中のT-Nの推移について図25に、またバイオコロニー散布後の各散布区のT-Nの値と対照区との差について図26に示した。

散布前の各定点におけるT-Nの推移は、St. 1の0～2 cm 層で他より高く、St. 5の0～2 cm、2～4 cm 層で低かったが、ほかは同じような推移を示した。散布後の小割直下散布区の各定点を比較すると、0～2 cm 層ではSt. 1は対照区よりも常に高い値で推移し、7月8日から30日にかけて大きく減少するがその後は増加し、対照区との差もあまり変わらず推移した。St. 2は散布後は対照区よりも低い値で推移し、9月16日に対照区よりも高くなるが10月1日には再び低くなった。St. 4は8月6日以降対照区よりも低い値で推移し、9月3日にその差が最も大きくなったが、それ以降差は小さくなり10月1日には対照区よりも高くなった。St. 5は散布前には対照区よりも高かったが、散布後対照区との差は小さくなり、8月20日から9月16日まで対照区よりも低い値で推移した。抑制の程度はSt. 4で最も大きく、次いでSt. 2、St. 5の順となった。St. 1は抑制効果はみられなかった。2～4 cm 層では、St. 1は7月8日から30日にかけてと8月6日から20日にかけて減少しているが、調査期間中対照区よりも高い値で推移した。St. 2は8月20日から9月16日にかけて対照区よりも低く推移するが、10月1日には対照区よりも高い値となった。St. 4は8月20日まで対照区よりも高かったが、8月20日から9月3日にかけて大きく減少し、対照区よりも低い値となった。その後再び差が小さくなり、10月1日には対照区よりもやや高い値となった。St. 5は7月8日から30日にかけて増加するがその後減少し、8月20日以降対照区よりも低い値で

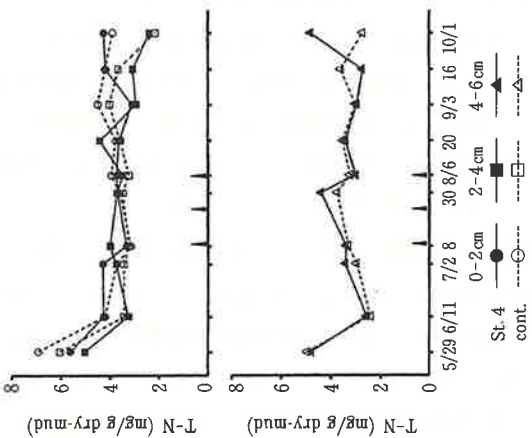
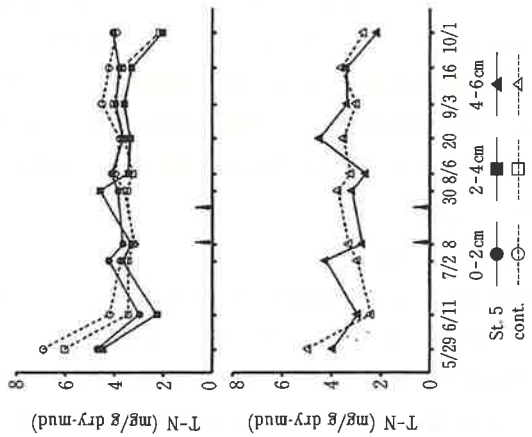
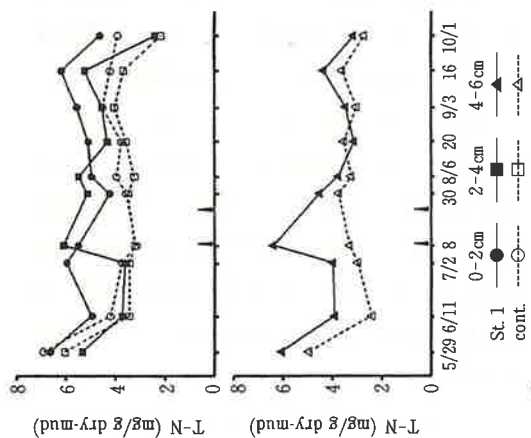
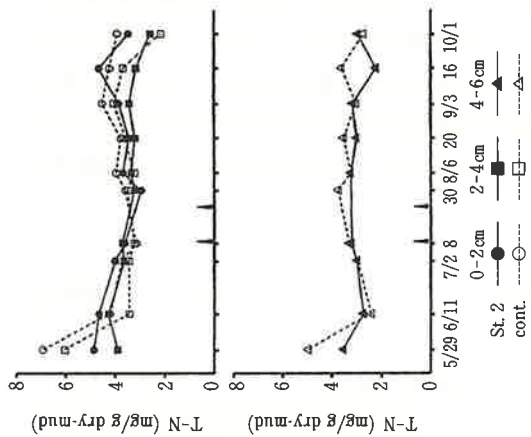
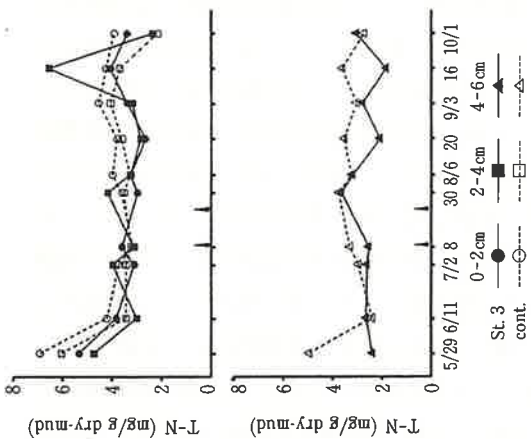


図25 底泥中の T-N の推移

バイオコロニー散布による底質改善試験

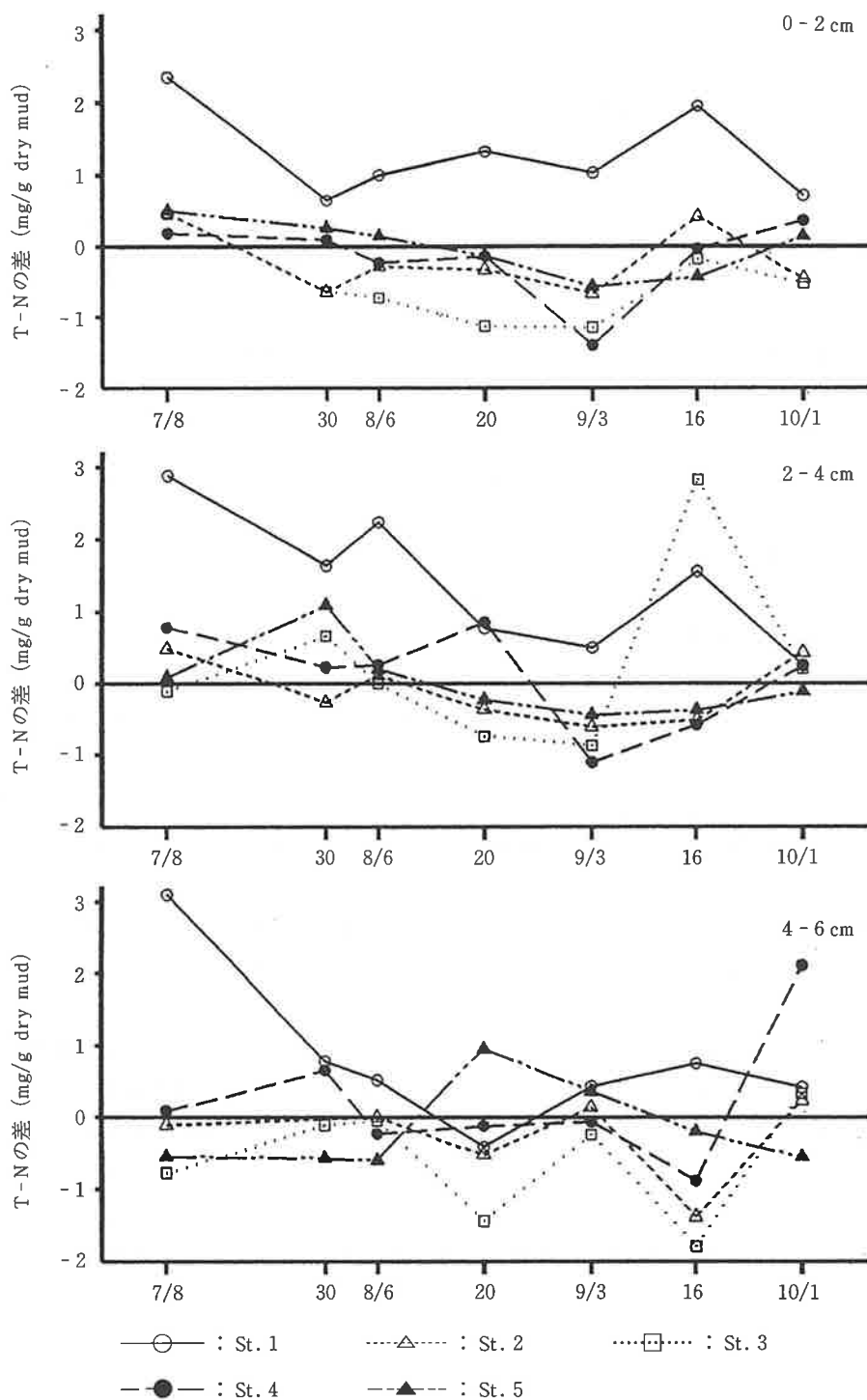


図26 各散布区のT-Nの値と対照区との差

推移した。抑制の程度は St. 4 が抑制開始の時期がやや遅れたものの最も大きく、次いで St. 5, St. 2 の順となった。St. 1 は抑制効果はみられなかった。4～6 cm 層では、St. 1 は 7 月 2 日から 8 日にかけて急激に増加するがその後 8 月 20 日まで減少し、8 月 20 日には対照区の値を下回った。その後は対照区よりも高い値で推移した。St. 2 は 8 月 20 日以降対照区よりも低い値で推移し、9 月 16 日には大きく減少した。その後 10 月 1 日には増加して対照区の値を上回った。St. 4 は 7 月 30 日から 8 月 6 日にかけて減少し、その後 9 月 16 日まで対照区よりも低い値で推移するが、10 月 1 日には大きく増加し非常に高い値を示した。St. 5 は 7 月 8 日から 8 月 6 日までは対照区よりも低く推移するが、8 月 20 日に著しく増加し対照区を上回った。その後再び減少し、9 月 16 日以降対照区よりも低い値で推移した。4～6 cm 層では抑制の程度はいずれの定点においても小さく、差はなかった。大規模散布区の St. 3 は 3 層のいずれにおいても抑制効果がみられたが、9 月 16 日に 2～4 cm 層で以上に高い値がみられた。抑制の程度は他の散布区よりも大きかった。

(5) 考 察

今回の浦ノ内湾養殖漁場で行った現場試験では、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た。

まず水質では、散布区において底土直上水の Eh の低下の抑制、T-S の産生抑制、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、T-N、T-P の増加抑制、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加促進作用が認められた。これらの作用は全て水質改善につながる効果である。各散布区におけるこれらの効果の程度を比較、総合すると、小割直下の散布区のうちでは 100 g の濃度で 2 回散布した St. 1 が改善効果が最も大きく、次に 300 g/m² の濃度で 2 回散布した St. 2 と、300 g/m² の濃度で 3 回散布した St. 4 がほぼ同じ程度の効果がみられた。St. 4 では、St. 2 と比べて 1 回多く散布したことによる効果の違いは認められなかった。最も効果の小さかったのは 400 g/m² の濃度で 2 回散布した St. 5 となり、水質ではバイオコロニーの散布による効果は散布量が多いほど小さくなる結果となった。大規模散布区の St. 3 での水質改善効果は、同じ濃度で小割直下に散布した St. 2 と比較するとその効果はいずれの項目でも大きかったが、100 g/m² の濃度で小割直下への散布を行った St. 1 での結果と比較するとほぼ同じ程度であり、小割周辺の航路等に広範囲に散布することはそれほど大きな改善効果はもたらさないことが示された。

次に底質では、散布区において T-S の産生抑制、IL、COD、T-C、T-N の減少促進作用が認められた。これらの作用は全て底質改善効果である。これらの底質改善効果を散布区、層別に比較すると、全体的に泥の深さ 4 cm まで改善効果が及ぶことが示された。最も改善効果の大きかったのは 400 g/m² の濃度で 2 回散布を行った St. 5 で、0～2 cm 層及び 2～4 cm 層だけでなく 4～6 cm 層でも IL、COD の減少促進作用が明らかに認められた。一方効果が最も小さかったのは St. 1 で、0～2 cm 層では効果が不明瞭であり、2～4 cm 層で T-S の産生抑制、IL、COD、T-C、T-N のわずかな減少促進作用が認められたにすぎなかった。St. 2 と St. 4 を比較すると概して St. 4 の方が改善効果が大きく、T-S の 0～2 cm 層、T-N の 3 層においては St. 5 よりも効果が大きかった。これらの結果底質の場合には、改善効果は散布量が多いほど大きいことが示された。大規模散布区の St. 3 では、COD の減少促進作用が St. 5 に比べて小さかったが、その他の項目では 3 層のいずれにおいても他の小割直下散布区を上回る効果が得られた。しかも効果の持続す

る時間が小割直下散布区に比較して長い結果となった。従って、小割直下だけでなくその周辺の航路筋にもバイオコロニーの散布を行うことは有効であるが、膨大な費用がかかることと、平成2年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、小割直下の散布によってその周辺の航路にも波及効果が得られており、早急に改善する必要がある場合には、最も汚染負荷がかかる小割直下への散布を行えば十分な底質改善効果が得られるものと思われる。

今回のバイオコロニー散布試験で得られた水質改善効果と底質改善効果をあわせて考えると、St. 1で散布した $100 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回の濃度では水質改善効果は期待できるが、底質改善効果が弱い。St. 5で散布した $400 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回の濃度では底質改善効果は最も大きく、泥の深さ6 cm までその効果が及ぶ。但し、浦ノ内湾のように極めて閉鎖的な内湾で底層が貧酸素状態に陥った場合には、水質改善効果は期待できない。しかもこのことは有害赤潮や硫化水素の発生等新たな漁業被害の要因を生む原因になりかねない。従って、養殖漁場小割直下におけるバイオコロニー散布量は、St. 2及びSt. 4で示された散布量すなわち $300 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回または $300 \text{ g/m}^2 \times 3$ 回が適当であると思われる。散布効果の持続期間はいずれの濃度で散布を行った場合でも概ね2～3ヶ月と思われる。

小割生簀の間に散布を行う場合については、上述のように早急な改善を要する場合のみ散布を行えば良いが、St. 3で行ったように 300 g/m^2 の濃度で2回散布すれば水質・底質共に十分な改善効果がみられたのでそれ以上高濃度の散布は必要ない。効果の持続期間は小割直下に散布を行った場合よりも長く3ヶ月以上は続くものと思われる。

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水域は富栄養化が進行する。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、分解によって生じた窒素、リン等の回収を行う手段も取らなければならないと考える。

2 底泥モデルを用いた室内実験

底泥にモデル基質として魚粉を加え、現場試験で行った散布濃度と同じ条件でバイオコロニーを添加し、添加量と改善効果との関係を見るためのモデル実験を行った。

(1) 材料及び方法

底泥は浦ノ内湾湾央部の光松漁場（図1のSt.A）においてエクマンバージ型採泥器で採取したものをを用いた。この泥を0.5mm（32メッシュ）のふるいでろ過し、均一に攪拌して、底泥1ℓあたりマイワシの魚粉を乾燥させたもの10gを均一になるよう加えて使用した。3ℓのポリエチレン製円筒型広口ビンに上記底泥を1ℓ入れ、これに人工海水を2ℓ入れて3ℓとした。人工海水はpHが8.0になるよう2N塩酸で調節したものをを用いた。底泥と海水を入れた容器は、現場の貧酸素状態を再現するためにアルミハクで軽くフタをし、容器内にある程度のガス交換がされるようにして、25℃の恒温で保持した。実験区は対照区1、バイオコロニー添加区5の6とおり設定し、実験開始後7, 21, 35日目にバイオコロニーを添加した。加えたバイオコロニーの量は現場試験の散布量に基づいて容器の底面積から表1に示すように設定した。

表1 室内実験における各実験区のバイオコロニー添加量（g）

実験区 添加日	A	B	C	D	E	F
7日目	0	1.13	3.39	4.52	3.39	5.65
21日目	0	1.13	3.39	4.52	3.39	5.65
35日目	0				3.39	
合 計	0	2.26	6.78	9.04	10.17	11.30
現場での 散布量	0	100g/m ² × 2 回	300g/m ² × 2 回	400g/m ² × 2 回	300g/m ² × 3 回	500g/m ² × 2 回

※F区は、現場では行っていない散布濃度である。

これらについて週2～3回程度の間隔で海水500mlを交換して分析に供した。測定方法を以下に示す。

DO : 堀場製作所製 DO メーター HORIBA DO OM-14

pH : 東亜電波製 HM-10 P pH メーター

Eh : 東亜電波製 RM-10 P ORP メーター

T-S : ガステック検知管法

栄養塩：試水を0.45μミリポアフィルターでろ過し適宜希釈後、TECHNICON 社製オートアナライザー TRAACS800 システムにより自動分析

（現場試験と同様）

(2) 結 果

① DO（図27）

実験開始時のDOは4.94ppmであった。開始後1日目には全ての実験区でDOが0.1～0.2ppm

の値にまで低下し、3～16日目まで各区とも0～0.2ppmの間で推移した。20日目から40日目までの間は、各区ともDOが0ppmで全くの無酸素状態となった。44日目にB区でDOが回復し、48日目にはC区で回復した。65日目になると、対照区のA区とD区でもDOが回復したが、E区とF区は無酸素状態が続き、E区は65日目に回復し、F区は最後の70日目まで無酸素状態のままであった。DOの回復が最も早かったのは100g×2回散布のB区で、対照区より11日早く、次いで300g×2回のC区で対照区より7日早かった。D区、E区は対照区よりも回復が遅れ、F区は全く回復しなかった。各添加区のDOの回復の早さは、バイオコロニーの添加量の少ないものほど早く、多く入れたものは回復が対照区よりもむしろ遅い結果となった。

② pH (図 28)

実験開始時のpHは8.04であった。開始後3日目から8日目にかけて各区とも7.2～7.4の値にまで急激に低下した。その後23～27日目までは上昇し、その後はやや低下気味に推移した。各添加区と対照区とを比較すると、B、C区は対照区とそれほど変わらない値で推移し、D、E、F区は対照区よりもやや酸性で推移した。

③ Eh (図 29)

実験開始時のEhは322mVであった。実験開始後各区とも低下し、8日目には全ての実験区でマイナスの値となり、その後も低下し続けた。40日目頃から各区とも上昇に転じたが、B区が最も上昇が早く、44日目にはプラスの値となった。C区は48日目にプラスになり、D区とE区は51日目に、対照区のA区は55日目、F区が最も遅く62日目であった。B、C区は対照区よりもかなり高い値で推移し、D区は対照区よりもやや高く、E区は対照区とあまり変わらない値で推移した。F区は対照区よりも還元状態で推移した。EhもDOと同様にバイオコロニーの添加量の少ない実験区ほど良い結果が得られた。

④ T-S (図 30)

T-Sは実験開始後1日目には0.02～0.08mgS/lの低い値ながら全ての実験区で検出され、その後も急激に増加して16日目に40～50mgS/lと最も高くなり、その後は減少に転じた。T-Sの値が検出されなくなったのが最も早かったのはB区で、44日目に0mgS/lとなり、65日目にごくわずかに検出されたのを除くとそれ以降全く検出されなかった。次いでD区が早く、55日目に0mgS/lとなり、それ以降全く検出されなかった。65日目にはA区とE区で0mgS/lとなったが、F区は最後まで0mgS/lとなることはなかった。F区以外の添加区では対照区よりも低い値で推移し、T-Sの産生抑制効果が認められた。F区は対照区よりもわずかながら高めに推移し、T-Sの抑制効果は認められなかった。抑制効果はB区が最も大きく、次いでC、D、E区の順となり、バイオコロニー添加量の少ない実験区ほど良い結果となった。

⑤ アンモニア態窒素 (図 31)

NH₄-Nの単位時間、単位面積当たりの溶出量の推移を図に示した。NH₄-Nは各区とも実験開始後Ehが低下するに伴って急激に増加し、13～23日目にかけて概ね3～5mg-at/h/m²の値となり最も大きくなった。その後35日目までやや小さくなるが、38日目にかけては再び大きくなり、それ以降は増減を繰り返しながら小さくなっていった。70日目には2mg-at/h/m²以下の値となった。溶出速度の推移は各区ともほぼ同ような推移を示し、対照区とバイオコロニー添加区との差はみ

られなかった。

⑥ 亜硝酸態窒素 (図 32)

NO₂-N の単位時間、単位面積当たりの溶出量の推移を図に示した。NO₂-N は実験開始後 1 日目に各区とも約 2 $\mu\text{g-at/h/m}^2$ の溶出速度を示すが、その後は小さくなり、概ね 1 $\mu\text{g-at/h/m}^2$ 以下の値で推移した。NO₂-N もバイオコロニー添加区と対照区との差はみられず、ほぼ同ような推移を示した。

⑦ 硝酸態窒素 (図 33)

NO₃-N の単位時間、単位面積当たりの溶出量の推移を図に示した。NO₃-N は NO₂-N と同じような推移を示し、1 日目には全ての実験区で 1 ~ 2 $\mu\text{g-at/h/m}^2$ の溶出速度がみられたが、その後徐々に小さくなり、41 日目以降は 0.5 $\mu\text{g-at/h/m}^2$ の値で各区ともほぼ同ような値で推移した。バイオコロニー添加区と対照区との差はみられなかった。

⑧ リン酸態リン (図 34)

PO₄-P の単位時間、単位面積当たりの溶出量の推移を図に示した。PO₄-P は対照区では実験開始子日目にかけて溶出速度が急激に高くなるがその後 8 日目には減少し、8 日目から 35 日目までは概ね 50 $\mu\text{g-at/h/m}^2$ とほぼ一定の溶出速度で推移した。38 日目、51 日目には大きく増大し、また 62 ~ 65 日目にかけても速度の増大がみられた。これに比較して添加区では、実験開始後 35 日目までは対照区とほぼ同じ速度で推移していたが、38 日目以降対照区でみられた急激な速度の増大はみられず、38 ~ 41 日目にかけてやや速度が増大したが、その後は徐々に低下していき、一時的な溶出の抑制がみられた。抑制の程度は D, F 区で大きく、B, C, E 区では小さかった。

(3) 考 察

今回のモデル実験では、3 年度の実験方法を改良して現場水域の底泥と底層水の状態を再現するよう行ったにもかかわらず、容器内が長い間無酸素状態となり、Eh や T-S の値が現場での値に比較して非常に高く、現場の条件よりもかなり嫌気的な状態での実験となったため、現場散布試験で得られた結果とはかなりずれる結果となった。しかしながら、DO, pH, Eh, T-S の結果からもわかるように、バイオコロニーの添加量が多いほど酸素不足の状態が長く続き、水質の改善が遅れることが明らかになり、この傾向は現場試験で得られた底土直上水の水質改善効果と散布量の関係と一致した。海水交換がよく、酸素補給が十分に行われる場所や、汚染負荷が少なく浄化のために必要とする酸素量が少ない場合には、St. 5 で散布された量を散布しても水質改善効果に対して逆効果になることはなく、むしろ促進される可能性が示唆された。

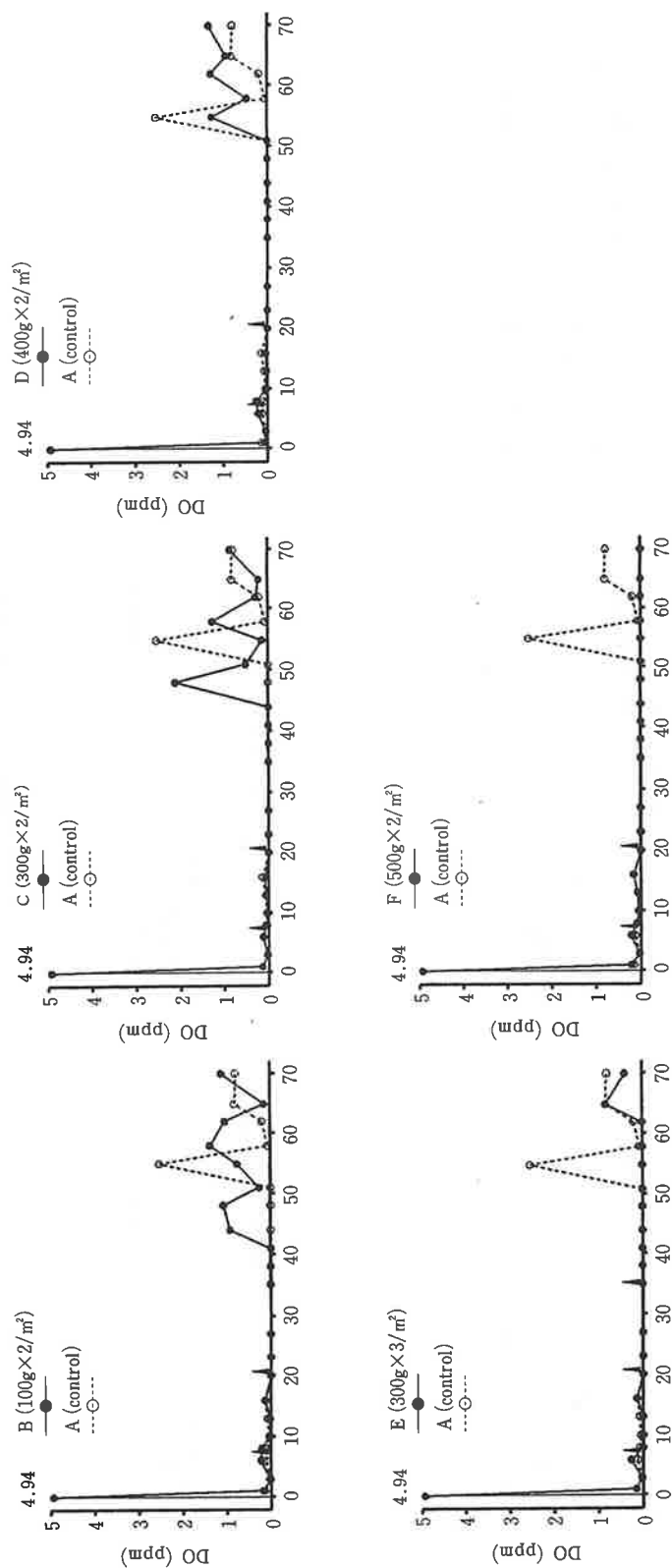


図27 室内実験における DO の推移

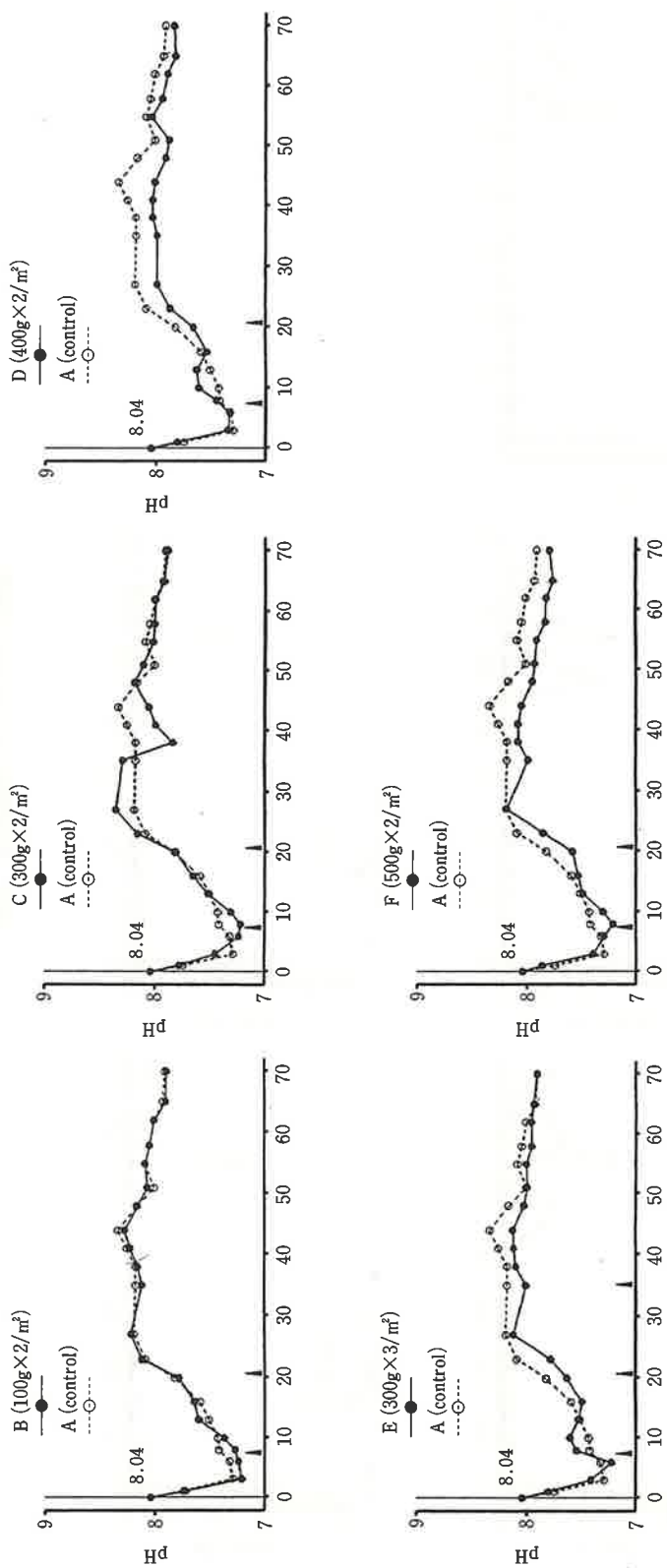


図28 室内実験における pH の推移

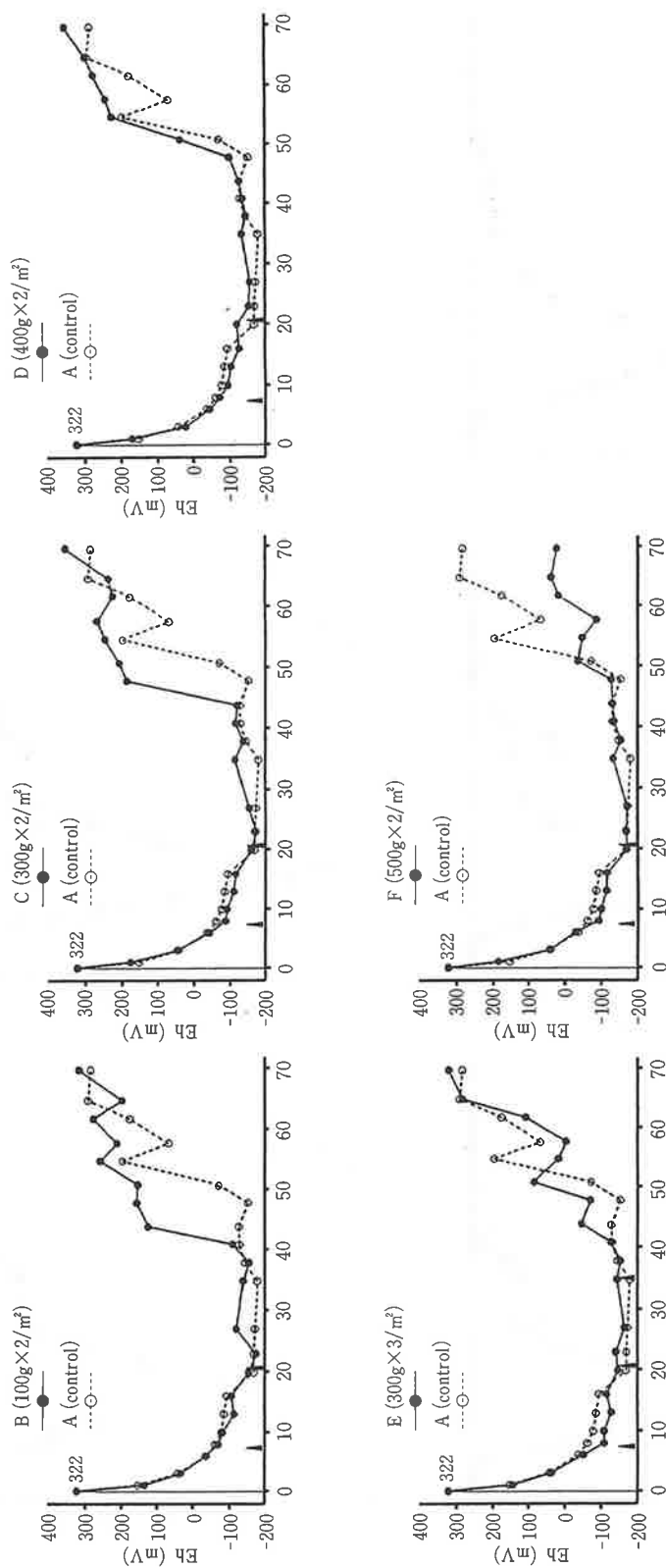


図29 室内実験における Eh の推移

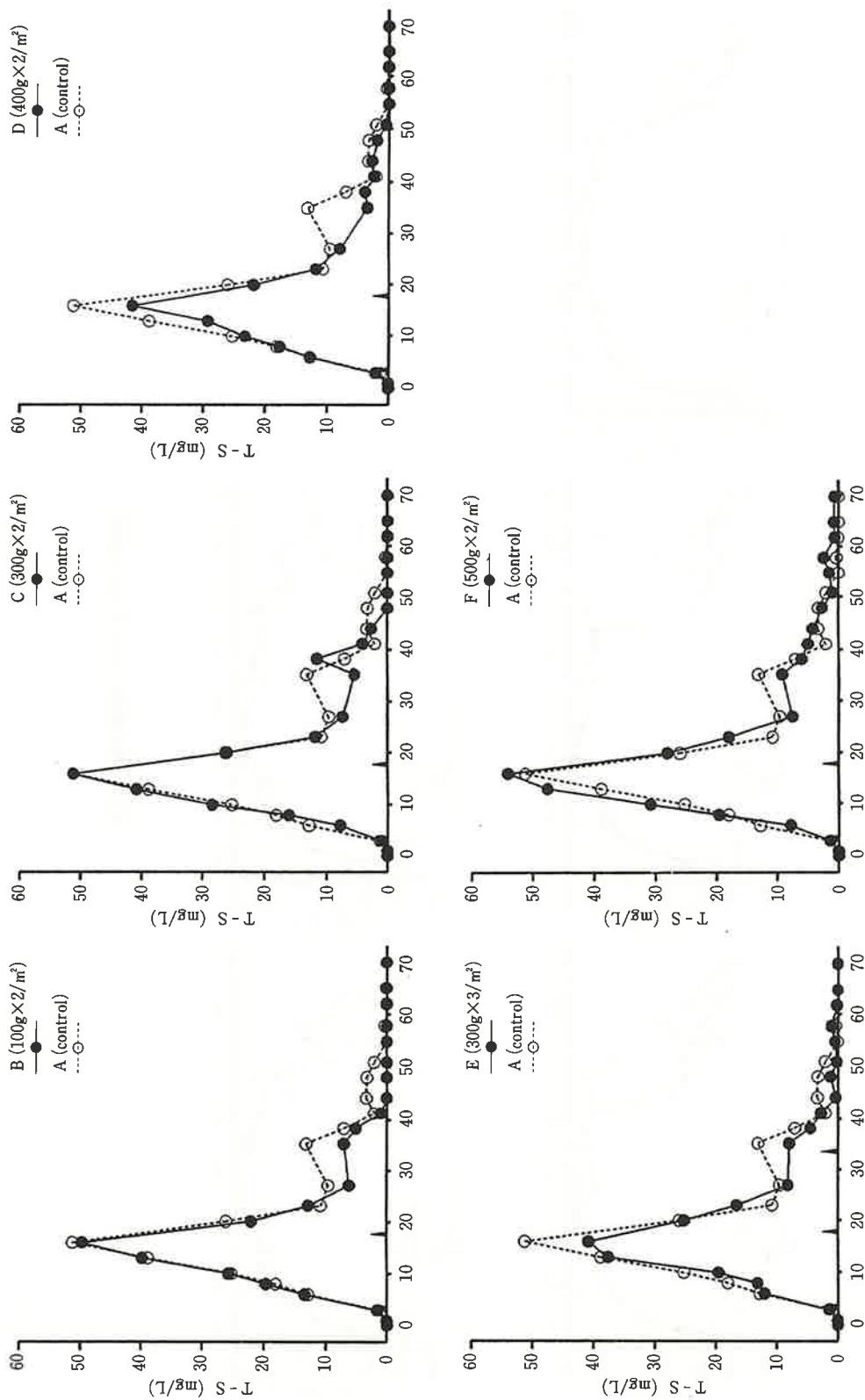


図30 室内実験における T-S の推移

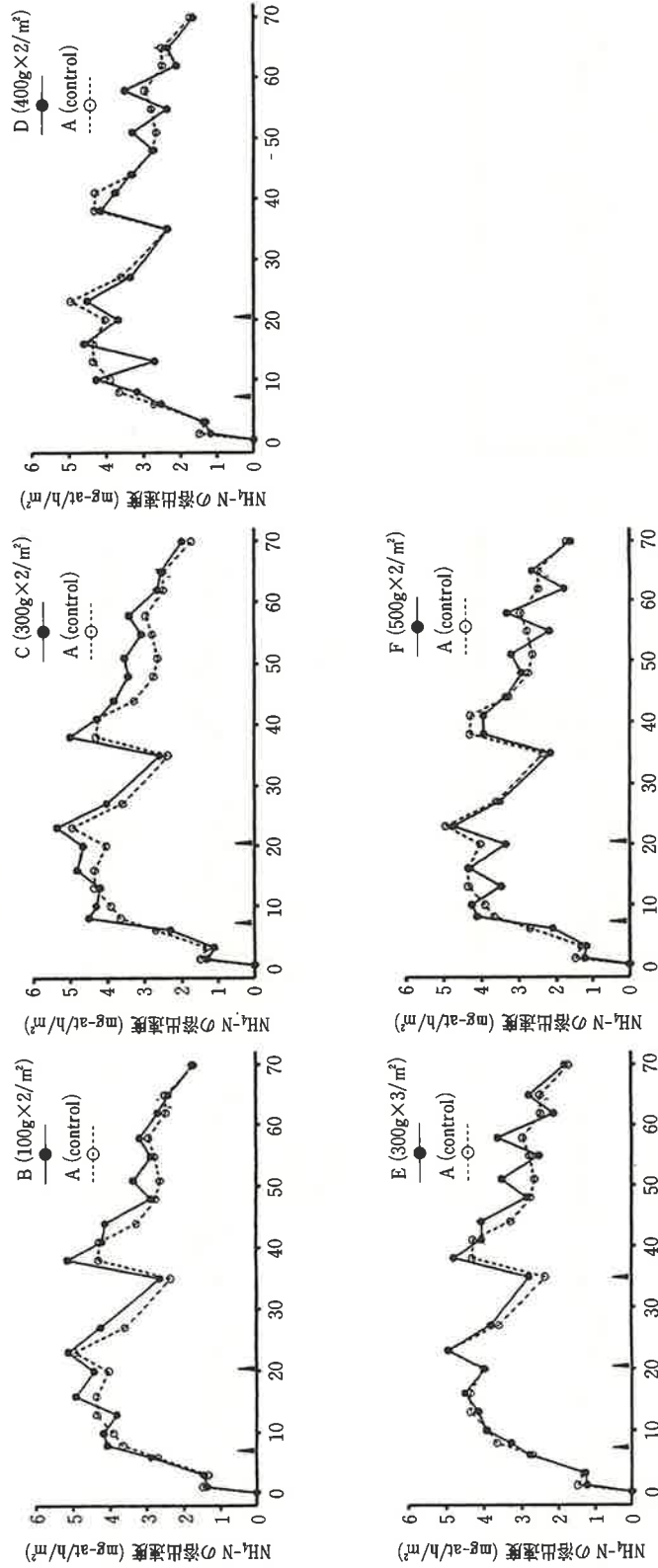


図31 室内実験における $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出速度の推移

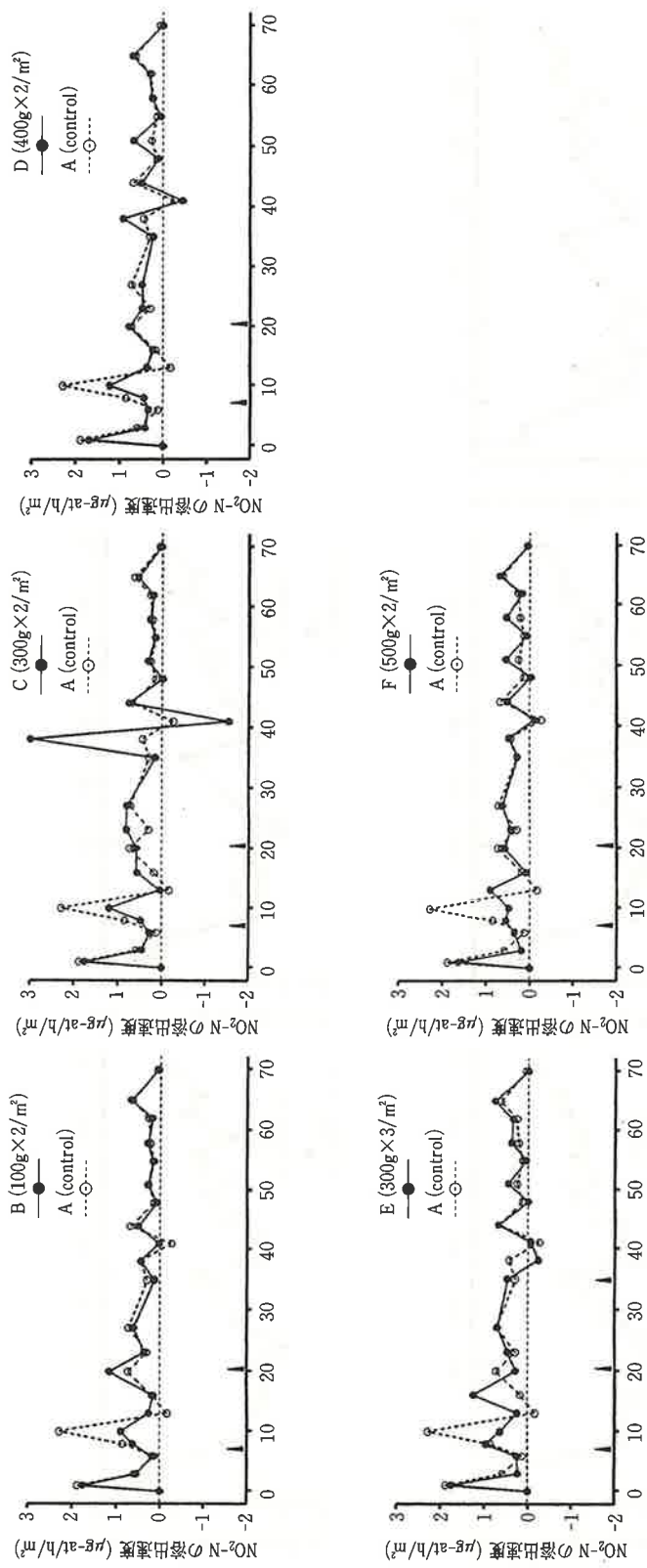


図32 室内実験における $\text{NO}_2\text{-N}$ 溶出速度の推移

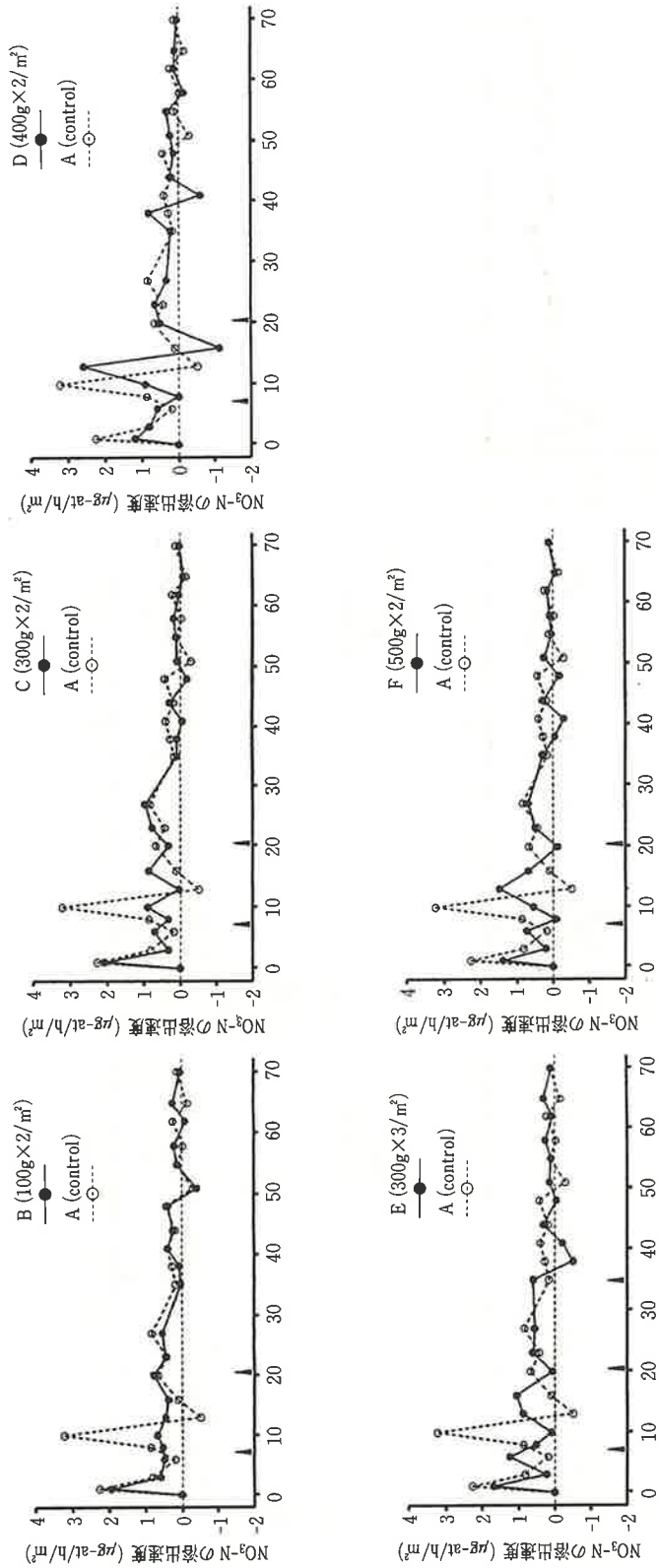


図33 室内実験における $\text{NO}_3\text{-N}$ 溶出速度の推移

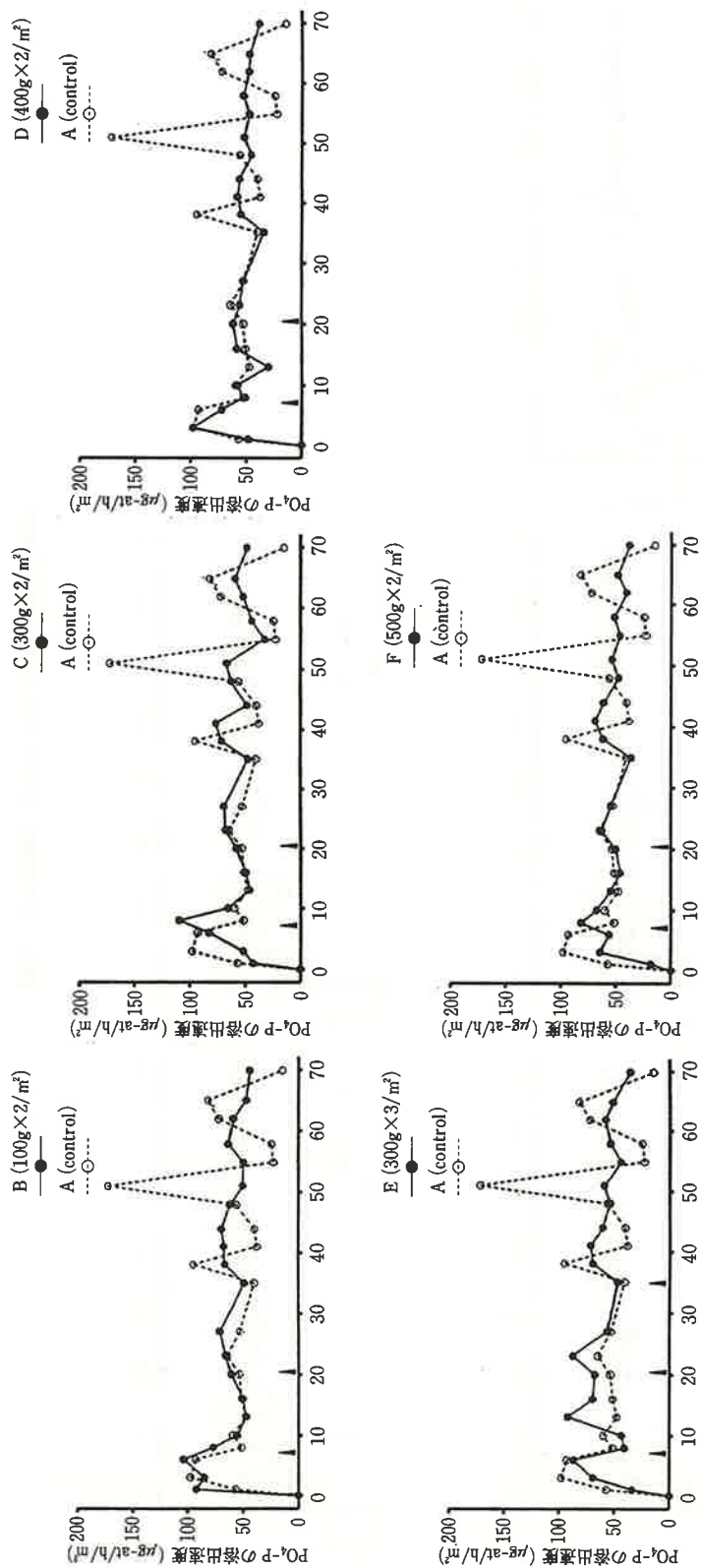


図34 室内実験における $\text{PO}_4\text{-P}$ 溶出速度の推移

Ⅲ 要 約

1. 長年にわたる給餌養殖によって汚染の進行した浦ノ内湾において、主に養殖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3年度に引き続き行った。
2. 現場試験では対照区2区と小割直下散布区4区、大規模散布区1区の計7区設定し、散布量と散布回数を変えて試験を行った。散布量は100g×2回、300g×2回、300g×3回、400g×2回の4通り設定し、1回目の散布を7月9、10日に、2回目の散布を7月23、24日に行った。そして水質・底質の調査を5月から10月まで行った。
3. 現場試験の結果、底土直上水については、バイオコロニー散布後、Ehの低下抑制、T-S、NH₄-N、PO₄-P、T-N、T-Pの増加抑制、NO₃-Nの増加促進作用が認められた。
4. バイオコロニー散布による水質改善効果の程度を各散布区間で比較、総合すると、St. 1 > 2, 4 > 5の順位になり、散布量が多い場合には逆効果になることが示された。
5. 底質については、バイオコロニー散布後、T-Sの産生抑制、IL、COD、T-C、T-Nの減少促進作用が認められ、底質改善効果は全体的に泥の深さ4cmまで及ぶことが示された。
6. バイオコロニー散布による底質改善効果の程度を各散布区間で比較、総合すると、St. 5 > 4 > 2 > 1の順位になり、散布量が多いほど効果が高いことが示された。
7. 底土直上水についての水質改善効果と底質改善効果の結果から、養殖漁場小割生簀直下におけるバイオコロニーの散布量は300gの濃度で2回または3回散布するのが適当であることが示された。
8. 大規模散布区では、水質・底質ともに小割直下散布区の中で最も効果の大きかった定点と同程度の改善効果がみられたが、小割周辺の航路に散布することによる改善効果はそれほど大きくなることが示された。
9. バイオコロニー散布効果の持続期間は、小割直下では2～3ヶ月、小割周辺の航路では3ヶ月以上に及ぶことが示された。
10. 底泥モデル実験では、バイオコロニーを多く散布するほど水質改善が遅れることが明らかになり、このことは現場試験における底土直上水改善と散布量との関係と一致した。

11. 底泥モデル試験の結果から、底層の環境が良い水域では、現場試験での St. 5 で散布された量を散布しても水質改善効果に対して逆効果になることはなく、むしろ促進される可能性が示された。

Ⅳ バイオコロニー散布の概略マニュアル

平成3年度と4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概略指針（概略マニュアル）を作成した。

1. 目的

底泥への汚染負荷が長年にわたって継続され、漁場老化が進行した養殖漁場において、細菌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、強力な有機物分解能力を有する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) 養殖漁場小割生簀直下
- 2) 小割周辺の水路
- 3) 養殖漁場以外の閉鎖生の強い内湾

〔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生簀直下が最も適当である。小割周辺の航路については、小割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には散布を行えば良い。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ための費用がかかりすぎる。

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月の中旬に1度、回に分けて散布するのが最適である。

〔解説〕

バイオコロニーの主催菌である *Bacillus subtilis* は通性嫌気性細菌であるため、底泥中に存在する好気性細菌による有機物分解が進む海水循環期に散布を行うよりも、底層水が環境が悪化する停滞期に散布することで、硫化水素の発生等環境の悪化を防ぐことができる。但し、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月に再度追加散布の必要が生じる場合も考えられる。また、水産環境水基準等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、

10月か11月にもさらに散布することが必要である。いずれの場合にも、毎年散布を続けなければ効果はなく、一度浄化した場所は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) 小割生簀直下の場合

海水停滞期 … $300 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回散布で2～3ヶ月

海水循環期 … $300 \sim 1,000 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回散布で3ヶ月以上

2) 小割周辺の航路の場合

$300 \text{ g/m}^2 \times 2$ 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

$180 \sim 440 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回散布で半年以上

〔解説〕

1) 小割生簀直下の場合

$100 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回散布でも有効であるが底質改善効果が弱い。 $500 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回散布は最も効果が大きく、底質に対しては泥の深さ6cmまでその効果が及ぶ。しかし停滞期で底層水への酸素補給が少ない場合には水質改善が遅れる。このことは赤潮発生等漁業被害への影響を考慮すると得策でない。

2) 小割周辺の航路の場合

$300 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回散布で底質に対しては小割直下における $500 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回散布した場合と同様の、水質に対してはそれ以上の効果を示しているの、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

6. 散布方法

1) 小割生簀直下の場合

潜水による散布または小割生簀の上からの散布

2) 小割周辺の航路の場合

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) 小割生簀直下の場合

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。散布方法については新たな方法の模索も含めて検討中である。

2) 小割周辺の航路の場合

船上から手撒きで散布する。

- 3) 養殖漁場以外の閉鎖生の強い内湾
船上から手撒きで散布する。

7. 散布にかかる経費

1) 小割生簀直下の場合

バイオコロニー費 … 1 小割生簀当たり 21,000 円
($300 \text{ g/m}^2 \times 2$ 回散布の場合)

潜水により散布する場合は潜水人夫費

2) 小割周辺の航路の場合

バイオコロニー費 … 1 m^2 当たり 210 円

3) 養殖漁場以外の閉鎖生の強い内湾

バイオコロニー費 … 1 m^2 当たり 126～308 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。

V 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

Ⅵ 付表

水質底質調査結果（平成4年5月29日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	23.2	22.5	22.6	23.0	23.1	22.7	
Sal. (‰)	33.59	32.94	32.00	32.10	32.40	32.98	
Bottom DO (ppm)	3.89	3.34	3.57	2.68	3.01	2.13	
pH	8.27	8.23	8.57	8.22	8.15	8.10	
Eh (mV)	242	243	235	263	264	248	
T-S (mg/ℓ)	0	0	0	0	0	0	
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.70	0.70	0.70	0.63	0.84	1.07	
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.77	0.79	0.78	0.70	0.79	0.78	
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	2.90	2.60	4.48	3.99	4.83	5.33	
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	0.73	0.63	1.38	1.07	1.25	1.52	
T-N (μg-at/ℓ)	16.51	6.25	11.88	11.49	14.61	14.67	
T-P (μg-at/ℓ)	1.13	0.85	1.66	1.82	1.51	1.76	
Mud Temp. (°C)	23.5	22.4	22.9	23.2	23.8	22.9	
pH	7.61	7.61	7.74	7.85	7.73	7.68	
Eh (mV)	-129	-81	-106	34	-80	-29	
T-S (0-2cm)	2.40	1.91	1.93	2.30	1.77	1.70	
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	1.95	1.42	1.30	1.93	1.37	1.71	
(4-6cm)	1.82	1.14	0.95	1.44	1.18	1.46	
IL (0-2cm)	12.59	12.21	11.62	12.88	10.76	12.09	
(%) (2-4cm)	12.52	11.11	11.09	12.18	11.37	11.98	
(4-6cm)	14.54	12.11	9.81	11.70	11.26	10.18	
COD (0-2cm)	37.31	40.18	37.31	38.21	40.80	39.88	
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	46.78	47.29	45.93	46.28	30.47	40.93	
(4-6cm)	51.27	37.84	41.04	39.77	36.93	42.94	
T-C (0-2cm)	38.95	31.22	31.38	32.15	26.75	32.02	
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	34.76	27.33	28.82	28.86	25.37	29.32	
(4-6cm)	44.71	24.74	18.70	27.75	22.77	24.72	
T-N (0-2cm)	6.62	4.86	5.32	5.62	4.69	6.91	
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	5.32	3.90	4.73	5.03	4.48	6.03	
(4-6cm)	6.06	3.54	2.38	4.78	3.95	4.94	

水質底質調査結果（平成 3 年 6 月 11 日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	23.8	24.1	24.1	23.4	24.0	24.0	
Sal. (‰)	32.50	32.55	32.65	32.80	32.60	32.57	
Bottom DO (ppm)	3.42	3.78	3.29	3.48	3.63	3.54	
pH	8.18	8.15	8.11	8.14	8.11	8.13	
Eh (mV)	189	201	209	203	198	209	
T-S (mg/ℓ)	0.04	0	0	0	0	0	
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	1.07	1.15	1.14	1.23	1.20	1.20	
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	1.18	1.43	1.51	1.51	1.55	1.40	
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3.75	6.23	6.65	6.97	7.08	7.45	
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	0.92	1.49	1.59	1.48	1.60	1.61	
T-N (μg-at/ℓ)	16.87	17.58	17.48	12.02	17.32	12.54	
T-P (μg-at/ℓ)	1.20	1.72	2.11	1.95	1.96	1.97	
Mud Temp. (°C)	24.5	23.6	24.1	23.5	22.8	23.7	
pH	7.44	7.56	7.58	7.64	7.66	8.10	
Eh (mV)	-105	-128	-111	-68	-73	-111	
T-S (0-2cm)	2.33	2.14	2.05	2.38	2.16	1.93	
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	2.15	1.58	1.49	2.08	1.80	1.71	
(4-6cm)	1.64	1.21	1.38	1.49	1.42	1.32	
IL (0-2cm)	12.95	12.82	13.37	14.54	11.45	12.33	
(%) (2-4cm)	13.28	15.42	13.87	12.96	11.63	10.69	
(4-6cm)	12.63	12.86	13.87	12.97	11.35	10.65	
COD (0-2cm)	32.73	32.73	27.66	26.73	24.65	34.41	
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	38.43	36.85	41.36	32.90	33.51	35.00	
(4-6cm)	36.85	36.97	33.79	35.26	36.05	31.32	
T-C (0-2cm)	32.19	31.95	29.90	33.88	29.92	30.96	
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	34.51	28.11	28.21	30.62	22.66	28.87	
(4-6cm)	31.23	24.41	25.86	28.49	29.47	23.71	
T-N (0-2cm)	4.94	4.66	3.83	4.26	2.96	4.20	
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	3.72	4.27	3.00	3.24	2.25	3.43	
(4-6cm)	3.90	2.73	2.64	2.57	2.95	2.40	

水質底質調査結果（平成4年7月2日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	24.8	24.3	24.4	24.0	25.0	25.0	
Sal. (‰)	32.64	32.81	32.72	32.78	32.53	32.74	
Bottom DO (ppm)	3.60	3.67	3.58	3.13	3.73	3.20	
pH	8.20	8.15	8.18	8.21	8.16	8.13	
Eh (mV)	272	219	277	209	232	233	
T-S (mg/ℓ)	0	0	0	0.04	0	0	
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	2.51	2.37	2.36	2.40	2.37	2.91	
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	5.09	5.09	5.02	4.79	5.59	5.70	
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	2.42	3.11	2.60	3.26	2.77	2.66	
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	1.65	1.82	1.68	1.76	1.84	1.84	
T-N (μg-at/ℓ)	11.96	13.77	14.12	20.58	16.33	17.00	
T-P (μg-at/ℓ)	1.67	2.07	2.13	2.15	1.96	2.08	
Mud Temp. (°C)	24.4	25.3	25.6	24.6	26.0	25.2	
pH	7.41	7.53	7.95	7.92	7.82	7.65	
Eh (mV)	-102	-110	-51	-95	-110	-118	
T-S (0-2cm)	2.33	2.32	1.78	2.47	2.26	2.27	
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	1.69	2.07	1.35	2.01	2.07	1.78	
(4-6cm)	1.38	1.33	1.11	1.50	1.82	1.38	
IL (0-2cm)	13.89	12.81	11.54	12.62	11.83	11.22	
(%) (2-4cm)	12.49	11.62	10.98	11.98	11.80	10.83	
(4-6cm)	11.64	11.28	10.15	11.59	11.58	10.37	
COD (0-2cm)	32.90	41.00	36.20	39.27	31.17	36.13	
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	35.14	38.09	40.08	23.80	20.99	22.01	
(4-6cm)	20.32	34.13	31.05	34.98	28.08	21.44	
T-C (0-2cm)	37.47	31.23	27.15	31.19	28.71	26.71	
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	28.45	28.27	28.15	28.53	26.17	25.03	
(4-6cm)	28.02	23.71	21.96	25.65	28.52	23.22	
T-N (0-2cm)	5.95	4.00	3.10	4.29	4.21	3.73	
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	3.61	3.63	3.96	3.75	3.68	3.43	
(4-6cm)	3.97	2.99	2.61	3.42	4.24	2.96	

水質底質調査結果（平成4年7月8日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	24.9	25.5	25.8	25.9	26.2	26.7	25.9
Sal. (‰)	33.04	32.55	32.91	32.61	32.10	33.48	32.83
Bottom DO (ppm)	2.96	3.52	3.01	3.38	3.12	3.09	3.22
pH	8.13	8.13	8.20	8.25	8.26	8.23	8.11
Eh (mV)	24	225	237	230	226	186	191
T-S (mg/ℓ)	0.06	0	0	0	0	0	0
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	3.10	3.01	3.05	2.62	2.70	2.72	3.27
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	5.26	6.05	5.29	4.39	4.48	4.43	5.83
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	4.50	5.94	4.80	3.91	4.19	4.84	5.44
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	2.47	3.00	2.33	1.81	1.95	2.27	2.74
T-N (μg-at/ℓ)	20.12	22.02	19.52	16.24	18.82	14.75	16.85
T-P (μg-at/ℓ)	2.74	3.40	2.83	2.20	2.31	2.58	3.16
Mud Temp. (°C)	24.3	25.5	25.8	26.2	25.3	25.9	25.2
pH	7.23	7.79	7.76	7.76	8.03	7.66	7.48
Eh (mV)	-182	-143	-119	-124	-165	-167	-157
T-S (0-2cm)	2.88	1.67	1.66	2.03	1.99	1.91	2.77
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	2.64	1.38	1.36	1.76	1.60	1.66	2.39
(4-6cm)	2.09	1.13	1.01	1.22	1.30	1.27	2.20
IL (0-2cm)	13.85	11.80	11.81	12.24	11.35	11.24	12.11
(%) (2-4cm)	13.40	11.67	11.19	10.95	11.32	10.14	11.38
(4-6cm)	12.84	11.35	10.05	10.79	10.53	10.01	11.91
COD (0-2cm)	44.24	38.87	38.40	40.79	35.95	38.75	40.79
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	55.61	43.31	40.24	42.97	43.17	36.62	47.07
(4-6cm)	50.43	42.39	38.39	42.30	38.34	37.01	47.65
T-C (0-2cm)	36.25	27.88	28.79	27.68	28.45	26.78	28.80
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	36.23	26.97	22.04	24.44	27.55	22.24	31.12
(4-6cm)	37.31	23.07	18.49	26.24	23.49	21.32	34.84
T-N (0-2cm)	5.49	3.60	3.59	3.32	3.64	2.90	3.38
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	6.09	3.69	3.10	3.99	3.29	2.60	3.82
(4-6cm)	6.39	3.19	2.54	3.39	2.76	1.70	4.90

バイオコロニー散布による底質改善試験

水質底質調査結果（平成4年7月30日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	27.6	27.2	27.5	27.4	27.3	28.3	28.0
Sal. (‰)	32.50	32.54	32.42	32.42	33.35	32.82	32.90
Bottom DO (ppm)	1.54	2.55	2.93	2.19	0.90	2.21	0.08
pH	7.95	7.91	7.93	7.94	7.79	7.95	7.98
Eh (mV)	21	33	21	22	-8	31	19
T-S (mg/ℓ)	0.40	0.60	0.48	0.60	1.25	0.42	0.36
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.62	0.66	1.48	0.70	0.71	0.74	0.74
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.65	0.59	0.58	0.46	0.60	0.70	0.64
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3.08	3.84	3.72	4.36	9.19	4.48	2.68
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	2.07	2.26	1.98	2.08	3.36	2.21	1.55
T-N (μg-at/ℓ)	9.37	14.80	15.03	10.31	21.86	14.90	11.62
T-P (μg-at/ℓ)	2.26	2.81	2.41	2.23	4.52	2.71	1.81
Mud Temp. (°C)	28.4	28.4	28.0	28.0	28.7	28.1	26.7
pH	7.30	7.29	7.37	7.40	7.40	7.23	7.33
Eh (mV)	-153	-156	-173	-152	-158	-177	-161
T-S (0-2cm)	2.86	2.21	2.03	2.42	1.95	2.28	2.86
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	2.24	1.59	1.71	2.23	1.59	1.35	2.51
(4-6cm)	2.21	1.54	1.28	1.73	1.59	1.03	2.18
IL (0-2cm)	13.09	11.50	11.64	12.13	11.67	11.08	12.16
(%) (2-4cm)	13.09	11.68	12.30	11.52	11.70	10.60	12.54
(4-6cm)	12.71	11.42	11.62	11.97	11.37	10.22	12.32
COD (0-2cm)	43.78	43.88	32.89	48.08	41.62	36.00	39.25
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	52.71	42.52	42.54	48.38	37.63	40.73	46.70
(4-6cm)	52.71	42.55	47.73	44.81	40.27	36.91	46.70
T-C (0-2cm)	33.56	28.73	27.87	30.50	28.67	26.13	28.10
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	36.66	26.92	29.89	27.46	25.81	23.55	29.79
(4-6cm)	36.66	25.20	26.27	31.09	24.70	21.43	32.93
T-N (0-2cm)	4.23	2.94	2.95	3.67	3.83	3.52	3.63
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	5.12	3.22	4.14	3.71	4.57	2.49	4.46
(4-6cm)	4.52	2.88	3.63	4.39	3.18	2.22	5.26

水質底質調査結果（平成4年8月6日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	27.4	27.2	28.1	27.8	27.6	28.0	27.8
Sal. (‰)	33.07	32.96	32.90	33.18	33.15	33.35	33.13
Bottom DO (ppm)	1.14	1.00	1.39	2.64	1.57	1.89	1.74
pH	7.84	7.92	7.92	8.04	7.95	7.94	7.95
Eh (mV)	228	174	116	129	184	191	188
T-S (mg/ℓ)	0	0.01	0.10	0.04	0.01	0	0
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.77	0.84	0.94	1.29	0.76	1.08	1.04
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.63	0.71	0.64	0.74	0.63	0.66	0.72
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	6.90	6.45	6.27	5.55	5.68	6.10	6.36
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	2.02	2.11	1.97	1.86	1.82	1.95	1.83
T-N (μg-at/ℓ)	13.52	16.16	12.25	14.04	21.39	12.72	14.35
T-P (μg-at/ℓ)	2.75	2.42	2.28	2.25	2.31	1.99	2.21
Mud Temp. (°C)	27.6	26.8	29.3	27.5	27.8	28.4	28.2
pH	7.26	7.47	7.34	7.35	7.45	7.40	7.26
Eh (mV)	-196	-164	-161	-178	-176	-163	-177
T-S (0-2cm)	3.28	1.83	1.88	2.13	2.35	2.79	2.77
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	2.27	1.61	1.34	2.33	1.62	2.28	2.16
(4-6cm)	1.90	1.41	1.33	1.74	1.37	1.98	1.64
IL (0-2cm)	14.56	12.20	11.44	12.82	12.47	12.68	12.62
(%) (2-4cm)	13.69	12.22	11.50	12.43	12.02	11.60	12.33
(4-6cm)	13.32	11.84	11.60	11.94	11.47	11.53	11.80
COD (0-2cm)	44.14	30.67	23.25	22.86	23.89	29.60	28.04
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	40.80	40.25	34.45	34.76	31.13	37.40	35.41
(4-6cm)	20.50	35.53	35.03	37.68	33.78	34.03	35.41
T-C (0-2cm)	36.12	31.49	27.93	30.01	28.64	29.62	29.48
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	32.55	28.44	26.10	28.17	27.90	25.93	27.90
(4-6cm)	30.05	25.47	25.81	26.44	23.69	25.67	26.62
T-N (0-2cm)	5.08	3.43	2.63	3.62	3.63	3.61	3.91
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	4.32	3.19	2.82	4.41	3.33	2.90	4.22
(4-6cm)	3.11	3.00	2.09	3.40	4.48	2.83	4.21

水質底質調査結果（平成4年8月20日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	26.4	26.6	26.7	26.9	26.8	26.5	26.6
Sal. (‰)	31.40	31.60	31.60	31.70	31.90	31.80	31.80
Bottom DO (ppm)	0.41	0.91	0.04	0.30	0.78	0.38	0.05
pH	7.80	7.86	7.81	7.87	7.82	7.79	7.86
Eh (mV)	136	60	41	63	17	9	68
T-S (mg/ℓ)	0	0.18	0.26	0.26	0.44	0.58	0.24
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	1.23	3.08	1.75	2.56	1.61	1.14	2.28
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.73	0.94	0.79	0.92	0.77	0.67	1.02
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	16.50	15.44	15.75	12.87	19.03	19.78	15.28
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	2.81	2.50	2.65	2.04	3.07	3.52	2.27
T-N (μg-at/ℓ)	29.41	33.77	27.84	28.60	34.53	32.49	28.84
T-P (μg-at/ℓ)	3.58	2.60	3.25	2.70	3.92	4.34	2.68
Mud Temp. (°C)	26.3	26.9	26.4	27.1	26.9	26.6	26.9
pH	7.16	7.32	7.27	7.40	7.47	7.22	7.23
Eh (mV)	-182	-166	-136	-150	-141	-150	-152
T-S (0-2cm)	2.92	2.59	2.48	2.07	2.18	2.28	2.31
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	1.87	1.83	1.64	2.05	1.75	1.57	1.78
(4-6cm)	1.35	1.39	1.14	1.85	1.59	1.18	1.61
IL (0-2cm)	12.43	11.23	10.93	11.11	11.23	11.02	11.58
(%) (2-4cm)	13.33	10.73	10.39	10.93	9.84	10.15	11.41
(4-6cm)	9.88	10.74	9.01	11.18	11.85	9.82	10.83
COD (0-2cm)	44.57	40.66	34.29	31.52	29.24	29.64	35.60
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	35.57	31.54	34.66	30.90	26.08	37.90	35.36
(4-6cm)	35.48	37.12	32.41	39.08	31.25	38.24	35.36
T-C (0-2cm)	37.00	30.75	29.15	28.82	28.97	27.95	30.84
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	33.68	28.82	26.02	32.64	26.52	23.85	30.13
(4-6cm)	27.53	27.71	22.65	27.65	30.07	22.72	30.45
T-N (0-2cm)	5.08	3.43	2.63	3.62	3.63	3.61	3.91
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	4.32	3.19	2.82	4.41	3.33	2.90	4.22
(4-6cm)	3.11	3.00	2.09	3.40	4.48	2.83	4.21

水質底質調査結果（平成4年9月3日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	27.6	28.4	28.4	28.7	28.3	28.5	28.5
Sal. (‰)	30.30	30.40	30.20	30.80	31.00	30.80	31.30
Bottom DO (ppm)	0.28	0.00	0.54	0.08	0.00	0.00	0.36
pH	7.86	7.92	7.91	7.91	7.96	8.00	7.91
Eh (mV)	96	27	119	58	24	41	15
T-S (mg/ℓ)	0	0.08	0	0.30	0.30	0.25	0.22
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	1.80	1.48	1.47	1.11	0.82	0.84	0.69
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	1.57	1.19	1.65	1.54	1.23	1.26	0.94
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	11.89	21.26	13.13	21.41	26.58	24.91	23.17
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	2.10	3.63	2.53	3.63	4.57	4.53	3.57
T-N (μg-at/ℓ)	15.70	34.09	24.15	27.74	36.16	35.58	28.84
T-P (μg-at/ℓ)	2.63	4.92	3.25	4.23	5.39	5.43	4.66
Mud Temp. (°C)	29.0	29.1	29.2	29.3	29.1	28.9	29.3
pH	7.19	7.24	7.35	7.38	7.40	7.26	71.27
Eh (mV)	-183	-174	-133	-162	-159	-151	-136
T-S (0-2cm)	3.15	2.61	1.96	1.91	2.63	2.88	2.79
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	2.64	1.69	1.53	1.91	1.69	2.28	2.84
(4-6cm)	2.22	1.71	1.26	1.68	1.58	1.45	1.71
IL (0-2cm)	12.08	10.78	11.09	10.90	10.64	11.58	10.84
(%) (2-4cm)	13.08	11.14	11.14	11.34	10.76	11.45	12.16
(4-6cm)	11.11	11.23	10.34	11.06	10.78	10.28	11.59
COD (0-2cm)	51.77	40.76	40.77	42.51	40.79	48.47	49.10
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	52.12	46.97	42.10	50.11	42.29	42.70	47.59
(4-6cm)	48.24	43.94	43.74	41.34	37.43	39.41	47.59
T-C (0-2cm)	36.85	30.02	29.02	27.24	27.62	32.47	29.56
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	33.87	29.18	26.62	27.35	27.92	28.74	30.62
(4-6cm)	27.82	28.15	25.72	27.17	26.03	23.43	26.64
T-N (0-2cm)	5.53	3.83	3.35	3.10	3.93	4.90	4.09
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	4.52	3.41	3.15	2.92	3.58	3.79	4.27
(4-6cm)	3.45	3.16	2.78	2.96	3.38	2.49	3.55

水質底質調査結果（平成4年9月16日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	28.1	28.1	28.1	28.4	29.0	28.4	28.4
Sal. (‰)	30.80	30.70	30.80	30.70	31.20	31.00	30.70
Bottom DO (ppm)	5.25	5.63	5.28	4.66	5.52	5.32	5.81
pH	8.18	8.19	8.19	8.19	8.18	8.19	8.20
Eh (mV)	112	115	146	98	191	72	70
T-S (mg/ℓ)	0.10	0.06	0.06	0.12	0	0.22	0.22
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	1.81	1.32	1.66	1.78	1.88	1.42	1.70
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	1.42	1.17	1.36	1.25	1.32	1.23	1.36
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	6.94	4.48	6.15	6.96	4.66	7.52	8.05
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	1.68	0.69	1.10	1.18	0.65	1.52	1.85
T-N (μg-at/ℓ)	16.03	9.34	20.02	17.93	18.14	13.72	18.23
T-P (μg-at/ℓ)	1.89	1.43	1.39	1.34	1.22	1.91	2.08
Mud Temp. (°C)	28.7	29.9	28.0	29.0	28.0	28.8	29.7
pH	7.28	7.35	7.39	7.22	7.32	7.25	7.32
Eh (mV)	-178	-191	-136	-190	-171	-209	-180
T-S (0-2cm)	3.26	2.46	2.41	2.80	2.44	5.19	2.93
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	2.24	1.70	1.73	2.21	1.93	5.86	2.57
(4-6cm)	1.66	1.67	1.13	1.58	1.74	2.22	2.04
IL (0-2cm)	12.27	11.01	10.81	11.31	10.42	11.09	10.60
(%) (2-4cm)	13.11	10.43	13.35	11.53	10.98	10.89	11.54
(4-6cm)	11.98	11.51	9.43	11.52	10.82	10.37	11.76
COD (0-2cm)	54.81	41.83	46.64	45.54	42.08	47.92	39.37
(mgO ₂ /g dry-mud) (2-4cm)	53.19	45.03	48.95	43.79	49.48	51.90	47.45
(4-6cm)	49.92	43.90	39.91	43.91	45.74	42.22	47.75
T-C (0-2cm)	39.08	31.06	28.60	33.59	27.59	31.98	27.92
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	36.40	24.49	37.03	25.05	26.74	25.87	29.33
(4-6cm)	31.11	28.01	19.18	24.76	25.95	24.35	29.83
T-N (0-2cm)	6.16	4.63	4.03	4.17	3.78	4.85	3.56
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	5.22	3.14	6.49	3.07	3.28	3.25	4.06
(4-6cm)	4.35	2.22	1.83	2.73	3.40	2.84	4.35

水質底質調査結果（平成4年10月1日）

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
B-1 m W. T. (°C)	25.3	25.3	25.1	25.2	25.3	25.2	25.3
Sal. (‰)	31.09	31.32	31.23	31.34	31.41	31.40	31.23
Bottom DO (ppm)	3.93	4.31	4.39	3.65	3.72	4.02	4.14
pH	8.13	8.08	8.11	8.09	8.11	8.11	8.11
Eh (mV)	80	198	236	92	190	98	165
T-S (mg/ℓ)	0.05	0	0	0.12	0	0.10	0
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	3.75	2.84	2.67	3.81	3.80	3.62	3.71
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	3.21	2.44	1.75	3.68	3.73	3.68	3.92
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	8.80	5.99	5.53	9.08	7.81	9.36	7.93
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	1.74	0.96	0.96	1.96	1.38	1.87	1.51
T-N (μg-at/ℓ)	25.56	14.88	13.62	28.65	18.92	28.00	21.25
T-P (μg-at/ℓ)	1.89	1.62	2.06	2.07	1.42	2.32	1.53
Mud Temp. (°C)	25.3	25.0	24.8	24.8	24.9	25.0	25.1
pH	7.29	7.36	7.50	7.31	7.22	7.24	7.33
Eh (mV)	-178	-155	-134	-166	-175	-174	-163
T-S (0-2cm)	2.70	2.35	1.79	2.37	1.96	4.07	2.54
(mgS/g dry-mud) (2-4cm)	2.19	1.61	1.14	1.69	1.62	1.30	2.00
(4-6cm)	1.80	1.08	1.08	1.24	1.10	1.26	1.29
IL (0-2cm)	12.47	10.78	10.66	11.26	10.37	10.43	10.95
(%) (2-4cm)	11.31	9.89	10.19	10.33	9.87	9.50	10.11
(4-6cm)	11.59	10.54	10.81	12.04	10.48	10.92	10.40
COD (0-2cm)	53.35	42.97	37.71	46.30	43.34	43.16	52.93
(mgO ₂ /dry-mud) (2-4cm)	55.03	44.72	46.17	49.04	40.27	47.84	48.54
(4-6cm)	51.30	41.74	39.51	42.07	42.29	41.41	48.54
T-C (0-2cm)	32.24	27.41	27.50	28.24	27.28	26.46	28.50
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	22.53	22.53	22.59	23.04	20.65	20.25	23.18
(4-6cm)	26.38	26.20	26.29	30.85	23.07	26.38	25.18
T-N (0-2cm)	4.62	3.45	3.38	4.26	4.04	3.98	3.82
(mg/g dry-mud) (2-4cm)	2.40	2.57	2.35	2.39	2.03	1.88	2.42
(4-6cm)	3.14	2.95	3.05	4.83	2.18	2.51	2.93

バイオコロニー散布による底質改善試験

室内実験結果（開始前及び開始直後）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	4.94	—	—	—	—	—
pH	8.04	—	—	—	—	—
Eh (mV)	322	—	—	—	—	—
T-S (mg/ℓ)	—	—	—	—	—	—
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	—	—	—	—	—	—
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	—	—	—	—	—	—
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	—	—	—	—	—	—
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	—	—	—	—	—	—

室内実験結果（1日目）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.14	0.17	0.14	0.06	0.15	0.21
pH	7.74	7.72	7.78	7.80	7.80	7.86
Eh (mV)	153	135	176	171	145	185
T-S (mg/ℓ)	0.04	0.08	0.02	0.04	0.05	0.02
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.36	0.31	0.33	0.19	0.27	0.22
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.30	0.28	0.28	0.27	0.28	0.26
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	237.1	217.5	209.4	188.4	195.0	196.4
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	9.09	14.75	6.81	7.68	5.35	2.91

室内実験結果（3日目）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.03	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03
pH	7.29	7.21	7.45	7.34	7.41	7.39
Eh (mV)	42	34	46	22	37	40
T-S (mg/ℓ)	1.30	1.60	1.00	2.16	1.44	1.32
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.46	0.36	0.29	0.36	0.22	0.19
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.36	0.33	0.30	0.28	0.23	0.21
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	557.6	592.0	474.6	546.0	515.0	490.3
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	36.24	35.50	20.35	35.57	25.02	22.12

室内実験結果 (6 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.12	0.23	0.13	0.22	0.27	0.22
pH	7.32	7.24	7.24	7.33	7.22	7.29
Eh (mV)	-36	-34	-42	-44	-50	-28
T-S (mg/l)	12.8	13.4	7.8	12.8	12.0	7.8
NO ₃ -N (μg-at/l)	0.35	0.43	0.50	0.48	0.72	0.45
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.26	0.27	0.31	0.32	0.25	0.29
NH ₄ -N (μg-at/l)	1608	1714	1368	1515	1621	1281
PO ₄ -P (μg-at/l)	64.85	69.65	51.00	54.60	55.65	39.28

室内実験結果 (8 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.07	0.21	0.04	0.25	0.00	0.08
pH	7.42	7.27	7.22	7.45	7.54	7.21
Eh (mV)	-61	-68	-87	-72	-107	-92
T-S (mg/l)	18.0	19.6	16.0	17.6	13.2	19.6
NO ₃ -N (μg-at/l)	0.47	0.41	0.39	0.27	0.57	0.23
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.42	0.35	0.33	0.32	0.45	0.34
NH ₄ -N (μg-at/l)	2070	2262	2208	1862	1956	2034
PO ₄ -P (μg-at/l)	52.91	63.76	63.56	47.63	44.31	48.08

室内実験結果 (10 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.05	0.03	0.02	0.03	0.00	0.04
pH	7.43	7.37	7.31	7.61	7.60	7.30
Eh (mV)	-77	-81	-91	-94	-107	-99
T-S (mg/l)	25.2	25.6	28.4	23.2	19.6	30.8
NO ₃ -N (μg-at/l)	1.29	0.45	0.50	0.44	0.35	0.30
NO ₂ -N (μg-at/l)	0.97	0.48	0.57	0.57	0.46	0.35
NH ₄ -N (μg-at/l)	2411	2605	2618	2411	2353	2503
PO ₄ -P (μg-at/l)	48.61	53.54	56.56	45.33	38.70	48.51

室内実験結果（13日目）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.08	0.03	0.07	0.02	0.00	0.08
pH	7.51	7.60	7.52	7.63	7.52	7.49
Eh (mV)	-85	-113	-110	-103	-126	-113
T-S (mg/ℓ)	38.8	39.8	40.8	29.2	37.6	47.6
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.48	0.47	0.43	1.49	0.61	0.88
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.47	0.39	0.34	0.50	0.38	0.63
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3440	3290	3482	2642	3306	3070
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	50.12	52.81	53.71	40.05	65.79	53.46

室内実験結果（16日目）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.14	0.13	0.08	0.04	0.13	0.16
pH	7.59	7.64	7.65	7.54	7.49	7.53
Eh (mV)	-93	-106	-116	-128	-114	-115
T-S (mg/ℓ)	51.2	49.6	51.2	41.6	40.8	54.0
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.32	0.44	0.65	0.30	0.85	0.82
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.35	0.29	0.47	0.40	0.81	0.39
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	4020	4208	4268	3685	4020	3796
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	52.78	53.70	53.84	50.78	70.16	52.02

室内実験結果（20日目）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	7.82	7.78	7.82	7.66	7.63	7.58
Eh (mV)	-168	-154	-159	-120	-145	-170
T-S (mg/ℓ)	26.0	22.0	26.2	21.8	25.2	28.0
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.60	0.74	0.57	0.49	0.52	0.38
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.66	0.90	0.63	0.72	0.64	0.59
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	4832	5192	5376	4420	4796	4272
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	63.72	68.92	67.46	68.46	82.52	61.16

室内実験結果 (23 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	8.09	8.12	8.16	7.87	7.78	7.85
Eh (mV)	-169	-175	-172	-153	-139	-167
T-S (mg/ℓ)	10.8	12.8	11.8	11.9	16.6	18.0
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.54	0.63	0.69	0.59	0.58	0.45
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.52	0.68	0.74	0.63	0.59	0.54
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	5088	5372	5592	4648	5060	4668
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	66.78	70.30	70.28	65.64	88.28	64.46

室内実験結果 (27 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	8.19	8.22	8.36	7.99	8.12	8.18
Eh (mV)	-172	-120	-154	-156	-163	-170
T-S (mg/ℓ)	9.60	6.20	7.40	8.00	8.20	7.50
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.84	0.70	1.00	0.54	0.68	0.69
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.75	0.77	0.93	0.66	0.78	0.71
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	5156	5732	5708	4748	5276	4864
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	71.33	84.88	83.73	71.10	85.68	71.18

室内実験結果 (35 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	8.18	8.12	8.30	7.99	8.01	7.99
Eh (mV)	-179	-140	-114	-134	-143	-131
T-S (mg/ℓ)	13.12	7.04	5.44	3.52	7.96	9.20
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.68	0.44	0.68	0.59	1.13	0.75
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.80	0.60	0.72	0.67	1.06	0.77
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	5912	6600	6512	5652	6536	5492
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	91.63	110.7	108.3	84.38	108.3	86.00

室内実験結果（38 日目）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	8.18	8.16	7.84	8.03	8.10	8.08
Eh (mV)	-145	-157	-138	-145	-152	-153
T-S (mg/ℓ)	7.04	5.12	11.50	3.92	4.48	6.00
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.51	0.28	0.42	0.72	0.39	0.93
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.66	0.55	1.84	0.81	0.49	0.67
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	5384	6176	6060	5156	5972	4972
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	97.05	94.18	95.10	74.03	94.10	77.88

室内実験結果（41 日目）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	8.26	8.23	8.00	8.03	8.12	8.08
Eh (mV)	-129	-110	-115	-136	-126	-134
T-S (mg/ℓ)	2.08	1.00	4.08	2.40	2.72	5.00
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.47	0.34	0.21	0.12	0.11	0.07
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.25	0.30	0.30	0.24	0.25	0.32
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	5080	5488	5452	4692	5300	4684
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	72.75	85.48	90.13	69.68	87.15	76.73

室内実験結果（44 日目）

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	8.34	8.28	8.06	8.01	8.13	8.05
Eh (mV)	-128	125	-120	-127	-46	-130
T-S (mg/ℓ)	3.36	0	2.68	2.76	0.36	4.20
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.35	0.31	0.26	0.18	0.21	0.17
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.47	0.41	0.53	0.37	0.47	0.43
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	4428	5060	4896	4228	4924	4236
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	60.13	81.5	74.0	66.40	78.0	72.45

室内実験結果 (48 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	1.07	2.10	0.00	0.00	0.00
pH	8.17	8.16	8.19	7.91	8.03	7.95
Eh (mV)	-152	157	185	-100	-70	-126
T-S (mg/ℓ)	3.28	0	0	1.92	1.24	2.70
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.46	0.41	0.03	0.19	0.09	0.00
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.35	0.28	0.29	0.28	0.26	0.23
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	4244	4692	4944	4112	4588	4248
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	69.70	85.58	81.65	66.65	78.23	71.18

室内実験結果 (51 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.00	0.26	0.50	0.00	0.00	0.00
pH	8.01	8.07	8.11	7.88	8.00	7.93
Eh (mV)	-71	154	207	35	85	-35
T-S (mg/ℓ)	2.08	0	0	0.48	0.18	0.94
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.12	0.03	0.05	0.21	0.12	0.10
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.32	0.29	0.32	0.48	0.37	0.39
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3648	4244	4472	3884	4260	3922
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	121.60	72.33	77.85	62.48	72.25	65.68

室内実験結果 (55 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	2.52	0.75	0.13	1.26	0.00	0.00
pH	8.09	8.09	8.02	8.04	8.01	7.91
Eh (mV)	196	258	246	225	18	-47
T-S (mg/ℓ)	0.02	0	0	0	0.48	1.50
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.14	0.09	0.10	0.32	0.13	0.08
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.27	0.27	0.28	0.30	0.24	0.26
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3827	4232	4476	3685	4004	3602
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	82.78	72.5	64.5	65.58	68.6	66.60

バイオコロニー散布による底質改善試験

室内実験結果 (58 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.06	1.37	1.25	0.46	0.00	0.00
pH	8.05	8.05	8.01	7.94	7.96	7.83
Eh (mV)	68	213	268	242	-2	-86
T-S (mg/ℓ)	0.34	0	0	0	1.04	2.40
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.07	0.15	0.14	0.11	0.20	0.09
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.26	0.29	0.29	0.29	0.32	0.41
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3568	3906	4148	3742	3986	3612
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	58.23	71.35	57.35	62.20	64.20	62.13

室内実験結果 (62 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.19	1.03	0.27	1.28	0.00	0.00
pH	8.01	8.01	8.00	7.89	7.96	7.82
Eh (mV)	177	277	225	275	109	19
T-S (mg/ℓ)	0.06	0	0	0.00	0.22	0.58
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.18	0.02	0.10	0.13	0.15	0.15
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.32	0.28	0.29	0.36	0.41	0.35
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3588	3917	4020	3444	3602	3170
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	78.90	78.10	65.28	65.58	73.23	60.68

室内実験結果 (65 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.81	0.14	0.20	0.93	0.82	0.00
pH	7.93	7.90	7.92	7.82	7.94	7.76
Eh (mV)	292	198	237	297	284	40
T-S (mg/ℓ)	0	0	0	0	0	0.70
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.03	0.13	0.02	0.12	0.23	0.02
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.48	0.48	0.43	0.54	0.60	0.53
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3213	3358	3482	3054	3360	3053
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	83.65	66.7	65.1	59.73	65.9	57.35

室内実験結果 (70 日目)

	A	B	C	D	E	F
DO (ppm)	0.79	1.11	0.85	1.32	0.39	0.00
pH	7.91	7.89	7.89	7.83	7.91	7.79
Eh (mV)	285	316	353	352	322	24
T-S (mg/ℓ)	0	0	0	0	0	0.60
NO ₃ -N (μg-at/ℓ)	0.10	0.11	0.03	0.09	0.21	0.11
NO ₂ -N (μg-at/ℓ)	0.32	0.31	0.26	0.31	0.34	0.34
NH ₄ -N (μg-at/ℓ)	3180	3289	3534	3030	3341	3006
PO ₄ -P (μg-at/ℓ)	58.70	72.9	75.4	64.53	65.4	65.40

