

有明海福岡県地先における底質の季節変動

山本 千裕・切田 正憲*・本田 一三
(有明海研究所)

The seasonal change of mud quality
in Fukuoka prefectural Ariake Bay

Chihiro YAMAMOTO, Masanori KIRITA* and Kazumi HONDA
(Ariakekai Laboratory)

有明海は湾奥部で筑後川をはじめとする大小河川により土砂が海に運ばれ、広大な干潟を形成している。しかし、この干潟も1978年(昭和53年)以降海底陥没により徐々に減少し1991年(平成3年)現在、1978年度の約70%となっている。このような陥没域ではヘドロが堆積し底質の浄化機能が損なわれているものと考えられる。このため陥没地における底質や底生動物相の現況を明らかにするとともに、陥没していない非干出域や干潟域の底質を各季節ごとに比較検討し、陥没域の底質改善のための基礎的な資料を得る事を目的として本調査を実施した。

方 法

1. 調査定点及び調査回数

調査定点は経年的な底質の変動を観測するため、1989年度の調査¹⁾に引続き、図1に示した干潟域にStn. 1、陥没域にStn. 2、陥没していない砂泥質の非干出域にStn. 3の3定点を設定した。

調査は1990年6月から1992年4月の間、各季節ごとに計8回の調査を行った。また、干潟の干出や冠水の繰り返しが底質の浄化に及ぼす影響を

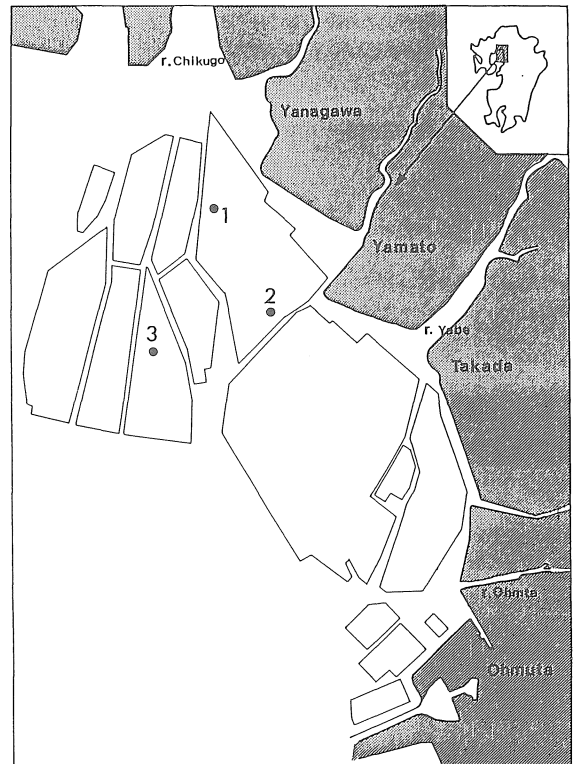


図1 調査点位置図

* 現企画管理部

検討するため'90年と'91年の8月に干潟域(Stn. 1)で干潟の干出前後にかけて調査を行った。

2. 調査方法

調査方法についても'89年度と同様¹⁾に以下に述べる方法で実施した。

(1) 底質分析

各定点ごとに柱状採泥を行い、表層から30 cmまでを0~1 cm, 1~5 cm, 5~10 cm, 10~15 cm, 15~20 cm, 20~30 cmの6層に分割しそれぞれのサンプルについて以下の方法で分析を行った。
粒度組成: J I S 淘汰ふるいによりふるいわけを行い、Wentworthによる粒径区分により粒度分布を算出した。

COD: 水質汚濁調査指針²⁾によるアルカリ性法

H₂S: 水質汚濁調査指針²⁾による検知管法

間隙水の窒素成分: 各サンプルに約1,500 gの遠沈を20分間かけ、流出してきた間隙水を蒸留水で希釈し窒素成分の分析を行った。無機態窒素の分析方法は、アンモニア態窒素ではインドフェノール改良法,³⁾ 硝酸・亜硝酸態窒素については Strickland⁴⁾らによるアゾ色素発色法の方法を用いて測定した。

(2) ベントス・付着藻類調査

底質調査と同時に以下の方法でサンプルを採集し、新日本気象海洋株式会社に分類計数を委託した。

マクロベントス: 小型エクマンバージ採泥器を用いて6回(0.12 m²)の採泥を行い、採取した海底泥を0.5 mmメッシュのナイロン網で洗浄濾過し0.5 mm以上の大きさのベントスを採取した。

メイオベントス: コアサンプラーを用いて表層から10 cm深までの海底泥を採取し中性ホルマリンで固定し分類計数に供した。

付着藻類: 前述のエクマンバージ採泥器を用い、表面から約5 cmの底泥を採取し中性ホルマリンで固定し分類計数に供した。

結果および考察

1. 各海域における底質の粒度組成, COD, 硫化物量及び間隙水中の窒素成分量の季節的变化

(1) 粒度組成

海域別に見ると干潟域と非干出域が中央粒径値2~3 Md φの細砂, 陥没域が4以上のシルトでこれらの組成は, 周年ほとんど変化がみられなかった。また, 深度別でも干潟域を除いて, 調査を行った30 cm層までは粒度組成の変化はほとんど認められなかった。干潟域では河川水の影響で河川の氾濫により表層が一時的にシルトとなる例も見られた。

(2) COD

図2に示したように, 海域別では陥没域で最も値が高く平均値で他の海域の3倍以上の値を示した。底泥のCOD値はこれに含まれる有機物の量を主に反映していることから, 陥没域では他の海域に比べ底泥中に有機物が多く含まれていることが考えられる。干潟域と非干出域を比較すると全般的に, 干潟域での値が高かった。これは干潟域が地理的に最も河口に近いので, 河川からの有機物の補給が非干出域に比べて多いためと考えられる。深度別では干潟域と非干出域では表層付近で高く, 深くなるに従って低くなる傾向がみられた。これらの地点では堆積物の多い表層付近でCOD値が最も高くなり, 深層部に行くにしたがって濾過作用や分解作用を受けCOD値が減少する傾向となるものと考えられる。一方, 陥没域では'91年の7月と10月を除き, 深層部でもCOD値が下がらずほぼ一様の分布となった。陥没域では底泥がシルト質であり, 微細なシルト粒子が有機物を吸着させて深層部まで入り込んだことと, 深層部では還元性が高くなっておりCOD値を引き上げる作用を及ぼしたことの2つが考えられる。

季節的な変動についてはいずれの海域でも一定の傾向は見られなかったが, '91年度調査では'90年度の調査に比べ全般的に高い値で推移し, 特に干潟域においてこの傾向が目立った。干潟域は河川水の影響を受けやすく, 特に'91年度は9月の台風17, 19号の影響や翌92年の2月から3月にかけての記録的な長雨の影響など, 特殊な気象条件が大きく影響したためと考えられる。

有明海福岡県地先における底質の季節変動

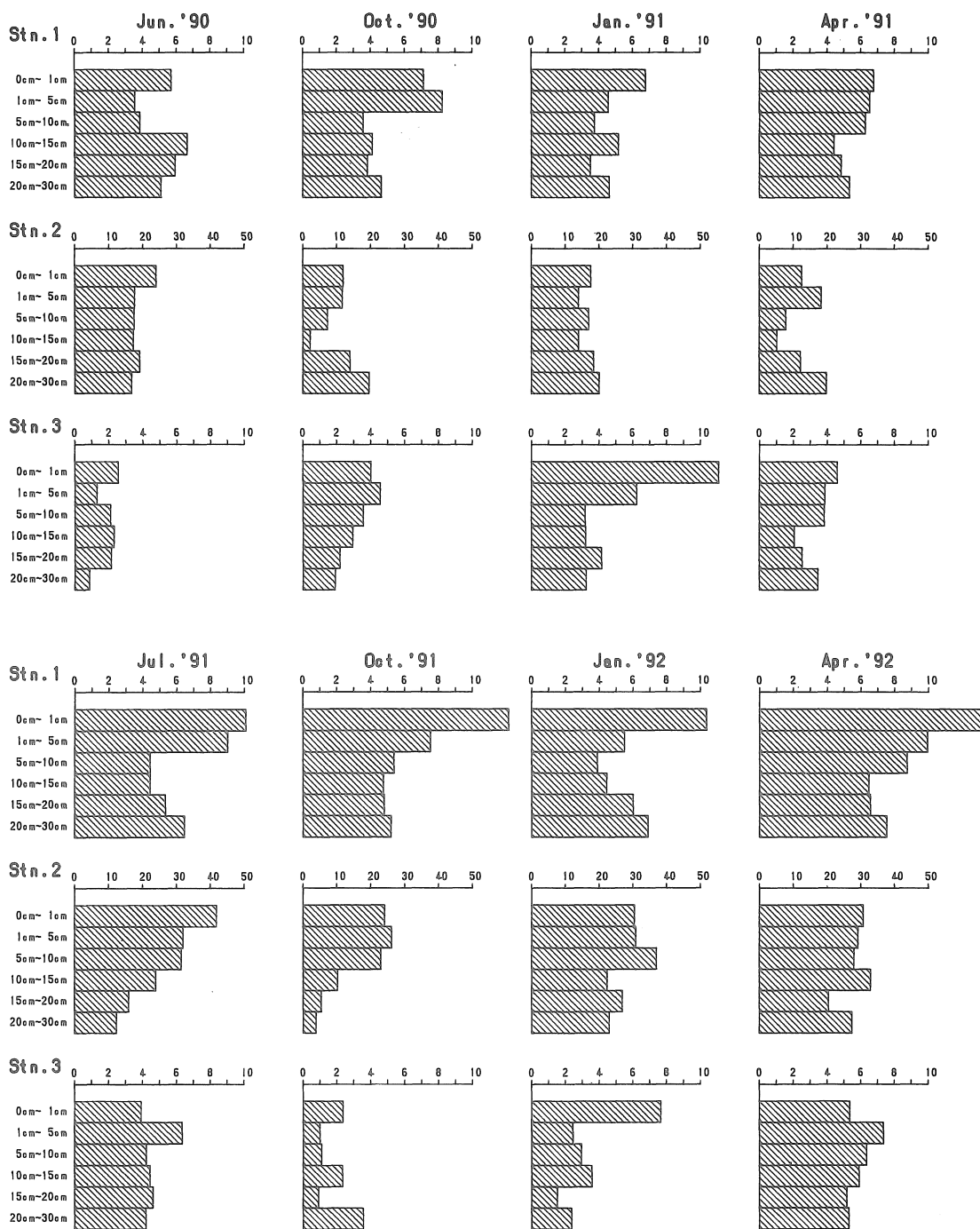


図2 C O D の 推 移 (単位mg/g·dry)

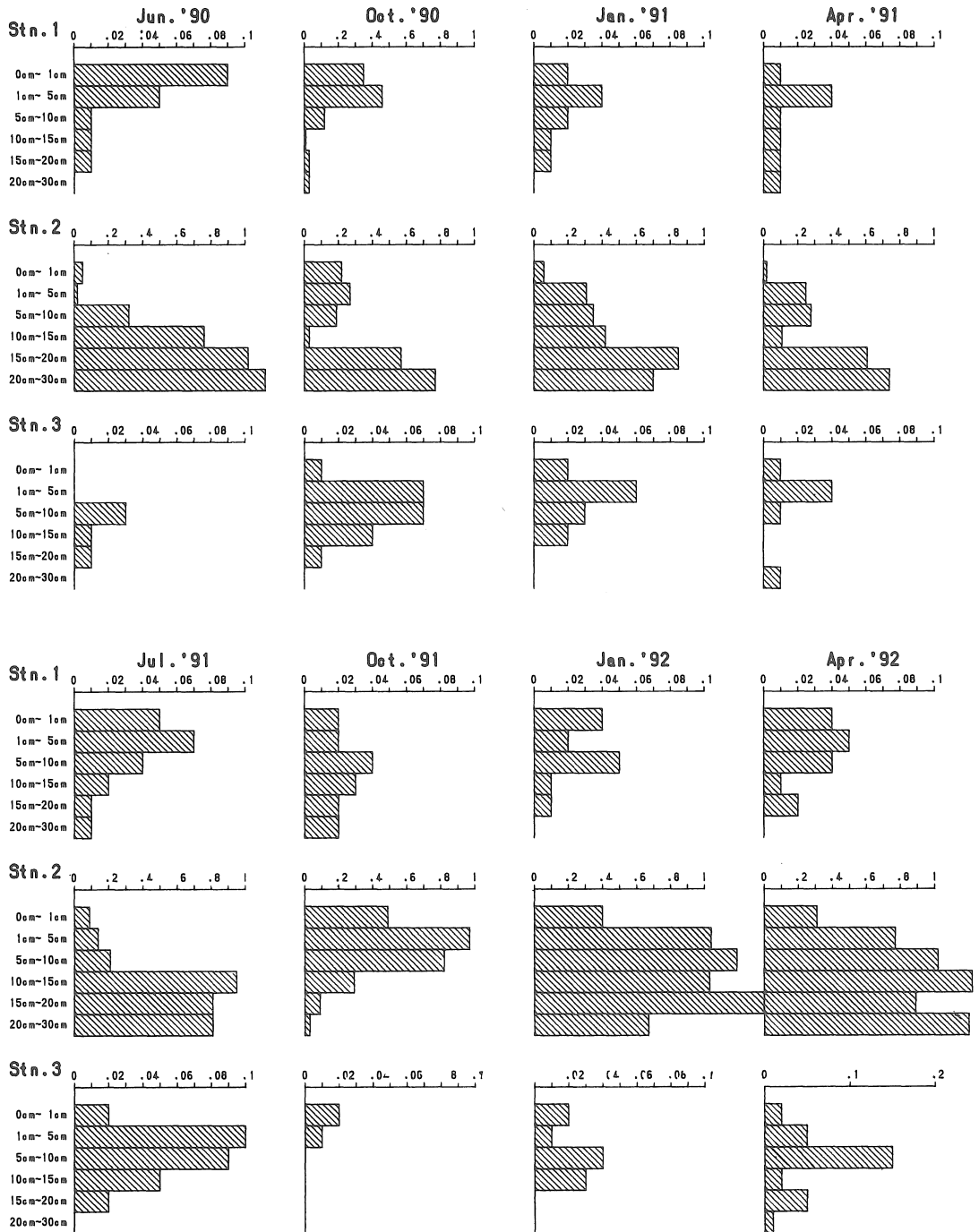


図3 硫化物の推移 (単位mg/g·dry)

有明海福岡県地先における底質の季節変動

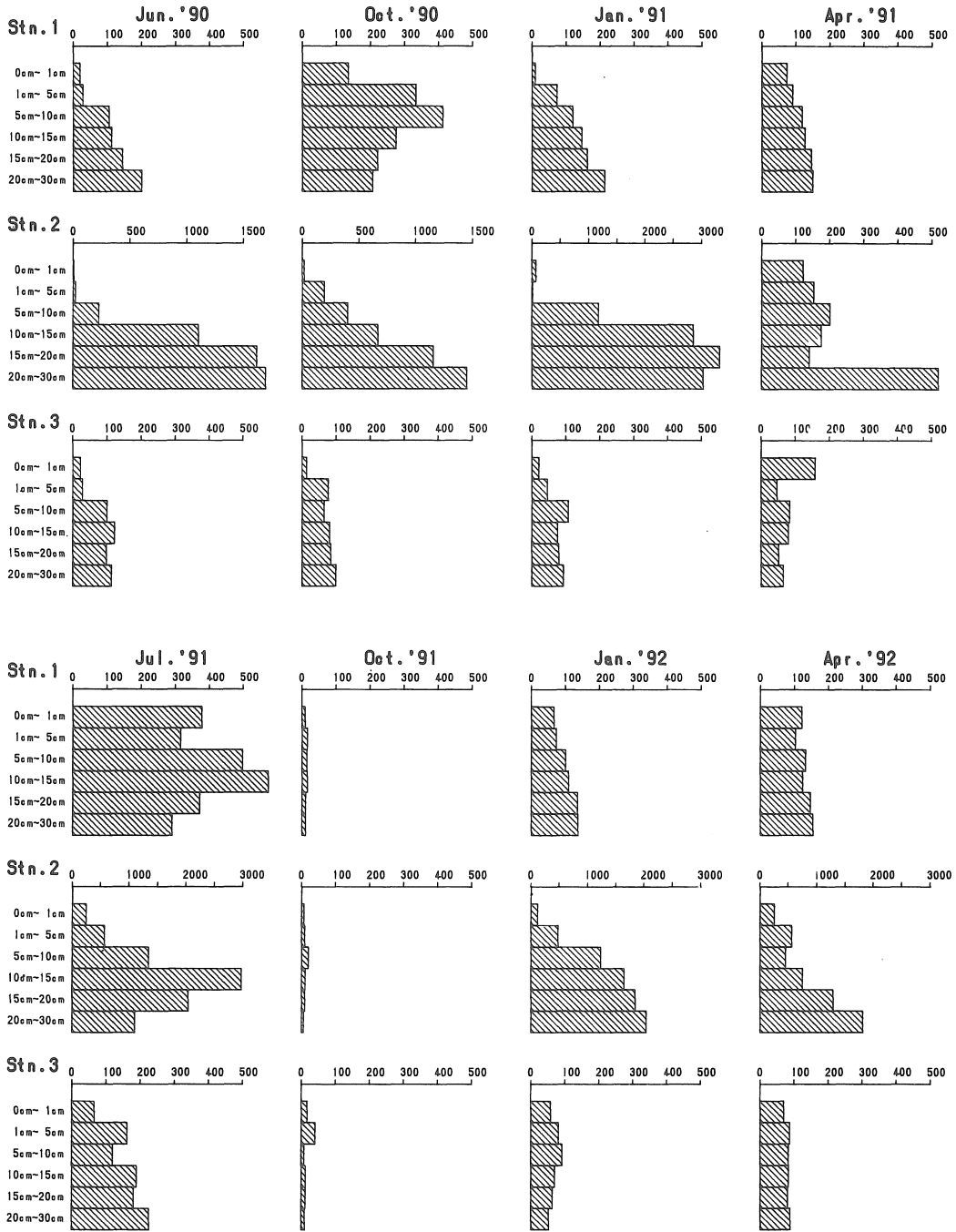


図4 間げき水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の推移 (単位 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{L}$)

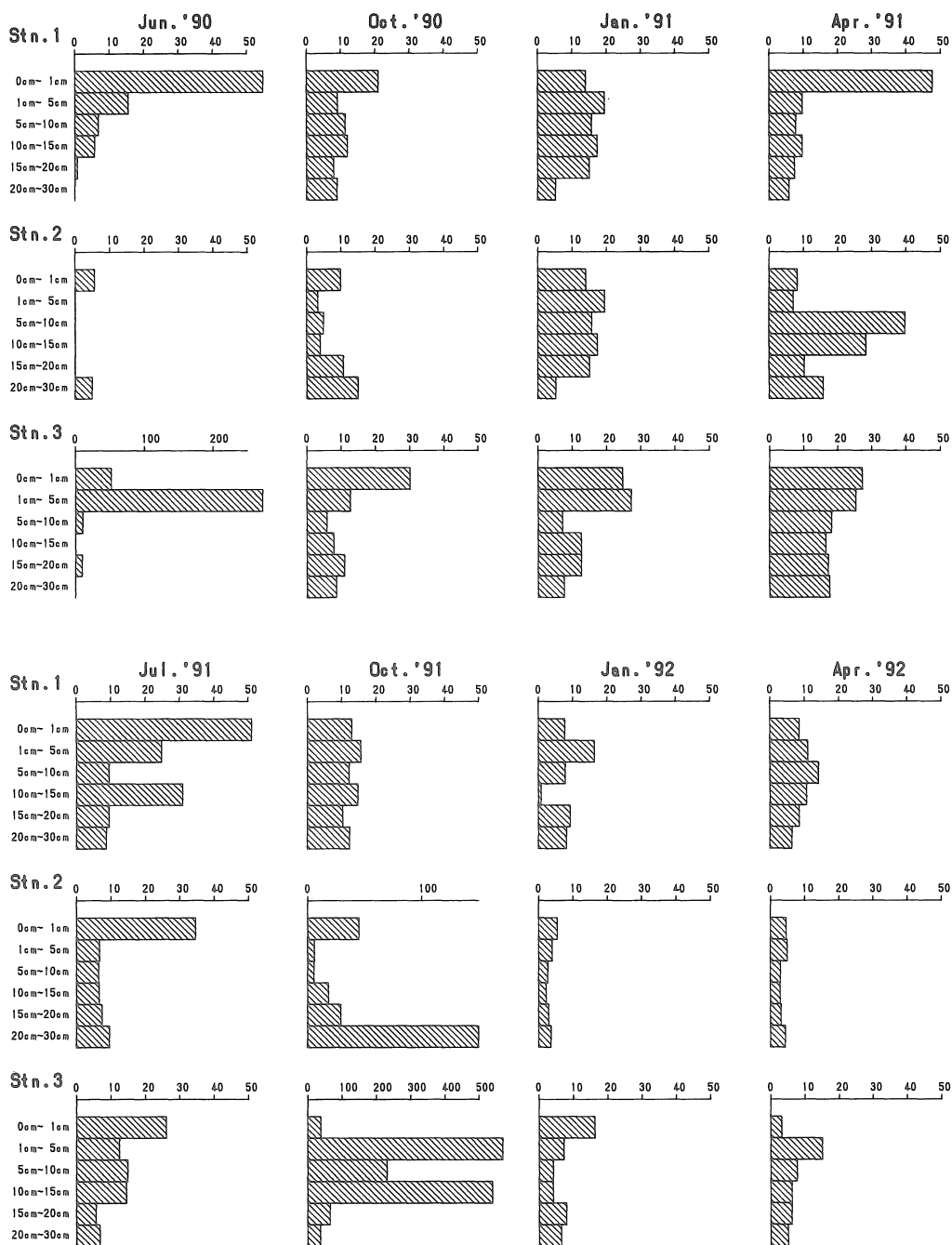


図5 間げき水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ の推移 (単位 $\mu\text{g}\cdot\text{at}/\text{l}$)

(3) 硫化物

図3に示したように海域別では陥没域で最も高く干潟域と非干出域はほぼ同じ値を示した。

層別の値は表層で最も高く深くなるにしたがって減少し、逆に陥没域では深くなるにつれて増加する傾向がみられた。これは、硫化物が主に有機物の分解生成物に由来すると考えられる事から、前述したCODと同じ理由で干潟域と陥没域では表層付近で最も高くなる一方、陥没域ではシルト質の高い吸着力⁵⁾によって有機物は抱え込まれ、さらに間隙水が入れ替わり難いため酸素不足で嫌気性の硫化細菌によって底層部ほど硫化物が生成されるためと考えられる。季節的な変動については陥没域では春季から冬季に高く、夏季から秋季にかけて低くなる傾向がみられたが、他の海域では一定の傾向は見られなかった。これは、前述したように季節変化よりも個々の気象条件が大きく影響したためと考えられる。

(4) 間隙水中のアンモニア態窒素

図4に示したように海域別では陥没域で高く、最大値では3,000 $\mu\text{g-at/l}$ を超える値を測定した。アンモニア態窒素はタンパク質やアミノ酸などの主に生物に由来する窒素成分の分解生成物であり好氣的にも嫌氣的にも生成される。⁶⁾ このため酸素の豊富な環境では生成したアンモニア態窒素は亜硝酸態窒素や硝酸態窒素まで速やかに硝化される⁶⁾が、陥没域のような嫌氣的な環境ではアンモニア態窒素以降の分解は進まず、さらにシルト質の底質ではアンモニウムイオンなどの正のイオンを吸着させる能力が砂質に比べて大きい⁵⁾ため蓄積される一方となり、これが陥没域で高いアンモニア態窒素濃度を示した理由と考えられる。干潟域と非干出域を比較してみると、干潟域では平均136.6 $\mu\text{g-at/l}$ 、非干出域が平均83.1 $\mu\text{g-at/l}$ で、一般的に干潟域で高めであった。これは、前述したように干潟域は河口域に近い非干出域に比べ多くの有機物の補給があるためと考えられる。

季節的に見た場合CODや硫化物と同様、一定の傾向は見られなかったが、'91年10月の値は3

海域とも著しく低い値となった。これは9月に襲来した台風により海底が強く攪拌され、アンモニア態窒素の海水中への溶出やバクテリアによる硝化が促進されたためと考えられる。

(5) 間隙水中の硝酸態窒素

図5に示したように海域別では陥没域の平均値が15.7 $\mu\text{g-at/l}$ 、干潟域が25.6 $\mu\text{g-at/l}$ 、非干出域が43.1 $\mu\text{g-at/l}$ とこれまでとは逆に、陥没域が3海域の中で最も低くなる傾向がみられた。層別では0~1 cm層平均が51.1 $\mu\text{g-at/l}$ 、30 cm層平均が14.8 $\mu\text{g-at/l}$ と表層で高く深層部で低くなる傾向が見られた。季節的な変動は他の成分同様、一定の傾向は認められなかったが、'90年6月の非干出域の5~10 cm層と'91年10月の陥没域及び非干出域の10 cm層以下で100 $\mu\text{g-at/l}$ をこえる高い値を観測した。'90年6月の非干出域についてはこのような高い値を示した理由は不明であるが、'91年10月の場合は先述した台風によりアンモニア態窒素の硝化が促進された結果、大量の硝酸態窒素が生成されたためと考えられる。

亜硝酸態窒素については、平均濃度が硝酸態窒素の28.2 $\mu\text{g-at/l}$ に対し2.0 $\mu\text{g-at/l}$ と極めて薄く、不検出地点も数多く存在したため特徴的な傾向は認められなかった。

2. 底生生物の出現状況

地点別の出現種類数の推移を図6に個体数の推移を図7に示した。地点別の出現種類数は、干潟域で平均34種、陥没域で平均24種、非干出域で平均47種で、出現種のうち、最も多かったのは多毛類を主体とする環形動物で、各海域とも出現種類数の半分以上を占めた。季節的には、1月と4月に多く6月と7月で少なくなる傾向がみられた。特に'91年7月の陥没域では種類数5種類、個体数142個体/ m^2 と著しい減少がみられ、この調査時の泥温は25.8℃、硫化物濃度1 mg/g·dryを越える高い値を示した。このベントス減少の理由として、このような高温条件下で高濃度の硫化物にさらされた結果、多くのベントス類が死滅したことが考えられる。

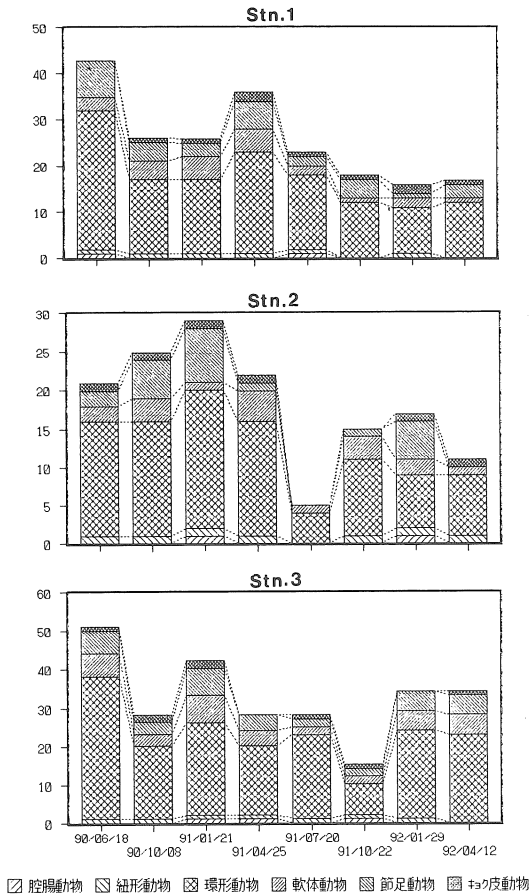


図6 動物門別出現種類数 (単位 種/㎡)

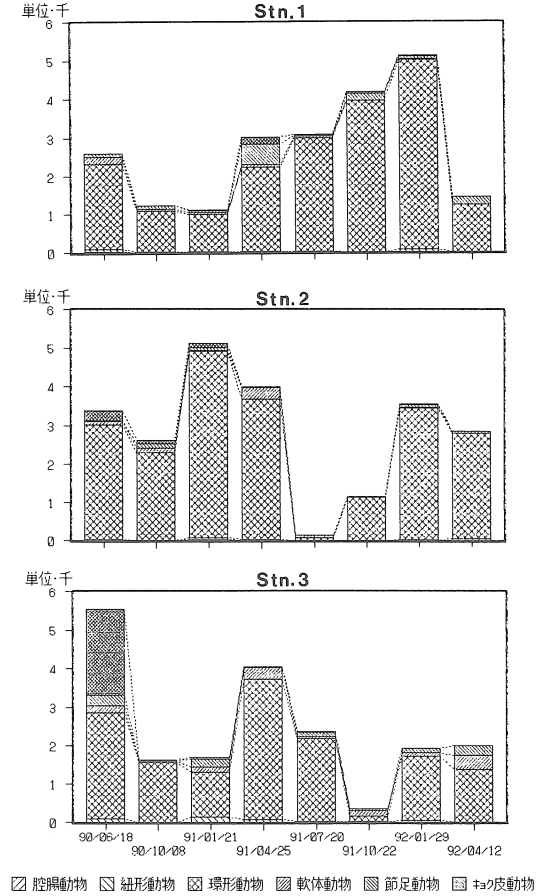


図7 動物門別出現個体数 (単位 個体/㎡)

3. 干潟底質の干出に伴う経時変化

(1) COD

底質のCOD値は、'90年度では0～10 cm層が6～14 mg/g·dry, 10～30 cm層の値が2～5 mg/g·dryと表層部がやや高く、'91年度では0～5 cm層の値が1～3 mg/g·dry, 5～30 cm層の値が3～7 mg/g·dryと前年度と逆に表層部が低かった。(図8, 図9) COD値の経時変化を見ると表層泥では冠水時から干出時にかけて増加し, 干出時から冠水時にかけて減少した。この理由として干出時には光合成細菌や好気性の細菌の働きが活発になり, それらの代謝生成物によりCOD値が上昇し, 冠水時にはこれらの物質が海水中に溶出するためCOD値は減少するものと考えられる。

(2) 硫化物

底質の硫化物濃度は、'90年度では0～1 cm層および10～30 cm層の値は検出限界 (0.01 mg/g·dry) 近くの低い値を示し, 一方1～10 cm層の値は0.1～0.5 mg/g·dryとその上下の層に比べ高い値を示した。(図8) '91年度では1～20 cm層の値は検出限界近くの低い値で, 0～1 cm層および20～30 cm層の値は検出限界以下であった。(図9) 底質の硫化物濃度の経時変化を見ると表層泥では冠水時から干出時にかけて増加し, 干出時から冠水時にかけて減少した。この理由も前述したCODと同様, 干出時に生成した硫化物が冠水時に海水中に移行して減少したためと考えられる。

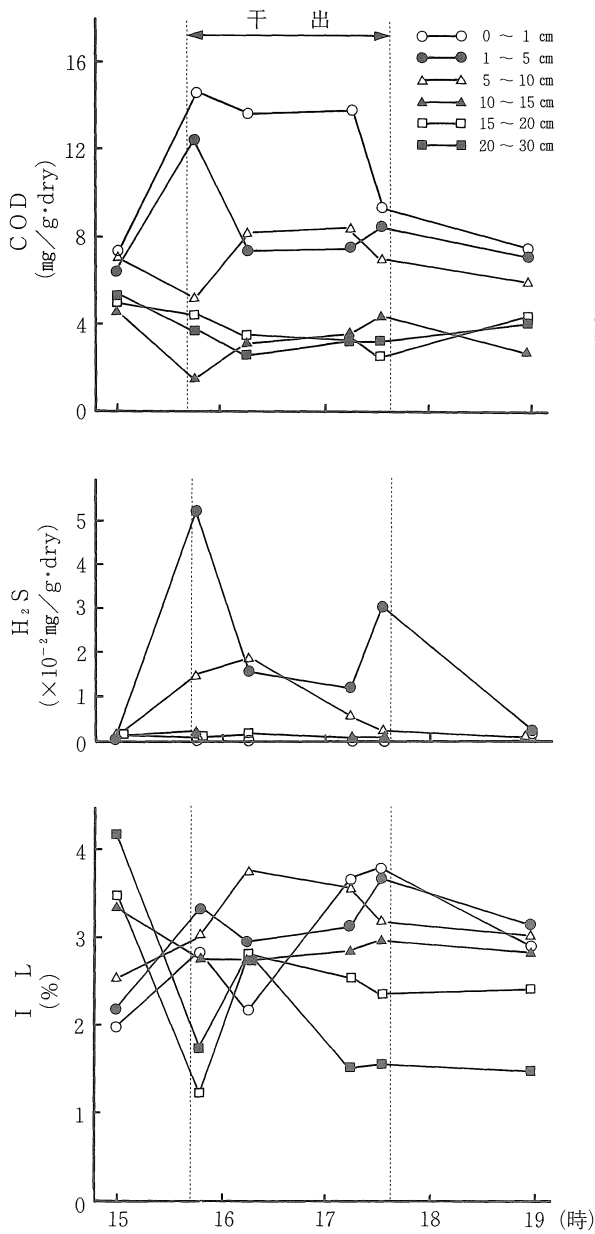


図8 底土の干出とCOD, H₂Sおよび強熱減量の変動 (1990年度)

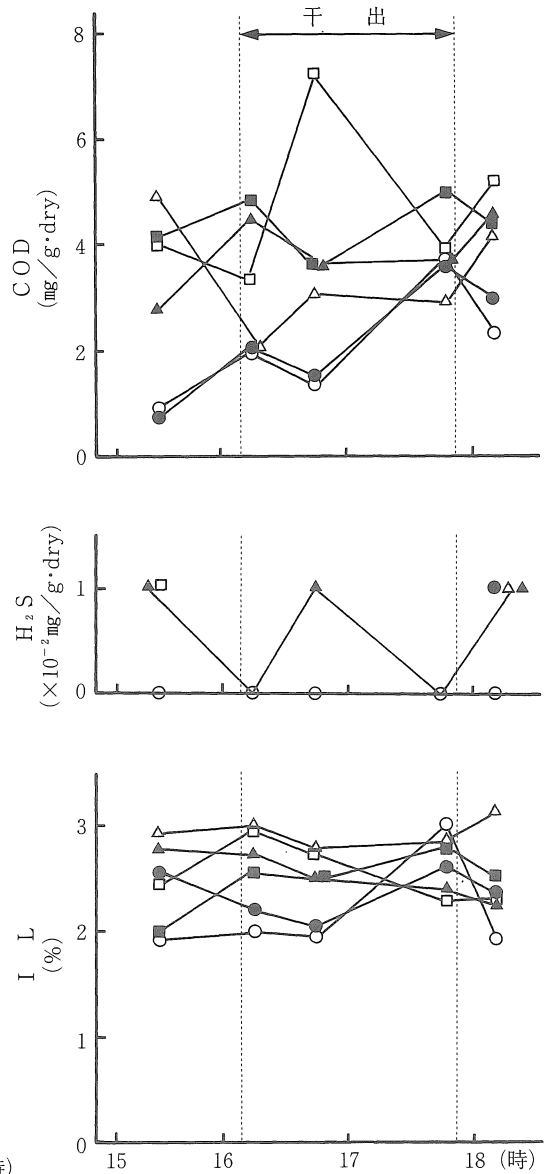


図9 底土の干出とCOD, H₂Sおよび強熱減量の変動 (1991年度)

(3) 強熱減量

底質の強熱減量は'90年度では表層から深度が増すにつれて値が小さくなった(図8)。「91年度では0~5 cm層の値が小さく、5~15 cm層では大きくなり、15~30 cm層ではやや減少し、表層から10 cm層付近が最大値であった(図9)。底質

の強熱減量は、干出時および冠水時の値は横ばい状態で有意な差は認められなかった。強熱減量は、干出や冠水による影響を受けにくいものと考えられる。

(4) アンモニア態窒素

底質の間隙水中のNH₄-N濃度は、「90年度で

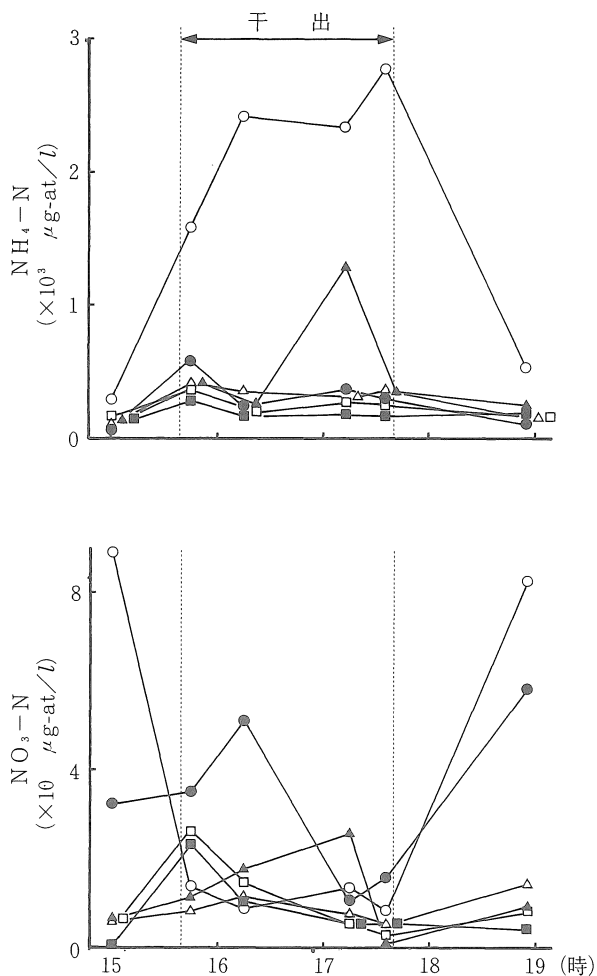


図10 底土の干出と $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の変動 (1990年度)

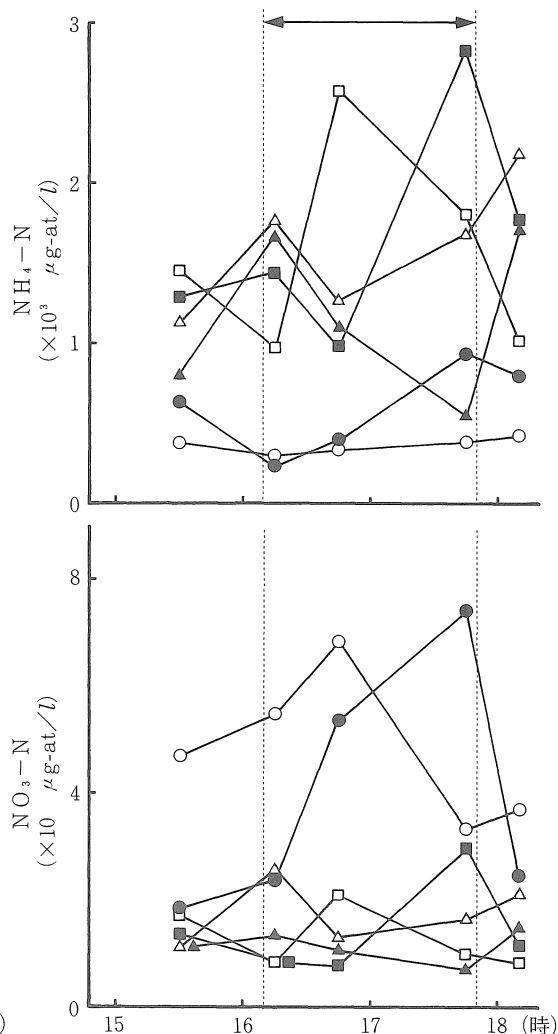


図11 底土の干出と $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の変動 (1991年度)

は表層から深度が増すにつれて値が小さくなった (図10)。⁷⁾ '91年度では、逆に表層から深度が増すにつれて値が大きくなった (図11)。間隙水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化を見ると、'90年、'91年とも干潮時にこの値が上昇する傾向が見られた。特に'90年度では各層共に冠水時から干出時にかけて増加し、干出時から冠水時にかけて減少する傾向が顕著に認められ、表層部で干出時に $2,770 \mu\text{g-at/l}$ の高い値を測定した。海底堆積物の表層ではバクテリアの数が多く、有機物の供給

も多いので代謝が活発に進行し、干出時に有機物が分解されて $\text{NH}_4\text{-N}$ が形成されたものと思われる。⁷⁾ また冠水すると値が減少するのは、前述したCODや硫化物と同様に冠水すると $\text{NH}_4\text{-N}$ が海水中に移行するためと考えられる。

(5) 硝酸体窒素

底質の間隙水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、'90年度では表層から深度が増すにつれて値が小さくなった。(図10) '91年度では逆に表層から深度が増すにつれて値が大きくなった。(図11) これは、N

H₄-N濃度の変動と同じ傾向であった。間隙水中のNO₃-N濃度は、経時変化を見ると'90年度では冠水時から干出時にかけて減少し、干出時から冠水時にかけて増加した。'91年度は各層とも増加減少を繰り返し、'90年度のように顕著な経時変化は認められなかった。

以上のことから本調査定点のような砂質の干潟では干出時には活発なバクテリアの作用により分解が促進され大量の分解生成物が生成されるが、底質の通水性が良好なためこれらの生成物は冠水時速やかに海水に溶出し浄化が進行する。一方、陥没域では、常時冠水しておりまた底質がシルト質であるため通水性が劣るため分解物質が溶出され難く、さらに通水性が劣ることは好気性バクテリアの働きを抑え、これが底質浄化を妨げる要因の一つとなっているものと考えられる。

文 献

- 1) 切田正憲・本田清一郎・本田一三：海底形状変化に伴う有機物汚濁の漁業への影響，平成元年度水産庁委託有害物質漁業影響調査報告，福岡県有明水産試験場，1989，p 2
- 2) 荒川清：底質調査法，水質汚濁調査指針（日本水産資源保護協会編），恒星社厚生閣，東京，1980，pp. 244-257
- 3) Liddicoat, M.I., Susan Tibbits, and E.I. Butler, The determination of ammonia in seawater, *Limnol. Oceanogr.*, vol 20, pp. 131 - 132, 1975
- 4) Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R., A practical Handbook of Seawater Analysis, *J. Fish. Res. Bd. of Canada*, Bul. 167, 1972
- 5) 国松孝男：土壌による排水処理の実際と展望，公害と対策，vol 21, No. 14, 公害対策技術同友会，東京，pp. 13 - 33, 1985
- 6) 板野新夫：土壌微生物学，産業図書，東京，1948，pp. 121 - 123
- 7) 服部明彦：沿岸水域における窒素・リンの挙動，用水と排水，vol. 28, No. 1, 産業用水調査会，東京，pp. 20 - 28, 1986