

13. 赤潮対策技術開発試験 (中層赤潮)

は し が き

Gymnodinium nagasakiense 赤潮による漁業被害は、近年ますます広域化、多様化しており、高知県においても内湾の養殖水域で同種の分布が認められるほか、しばしば赤潮が発生し漁業被害が生じている。

このため、水産庁の委託により同プランクトンの増殖機構を解明し、被害防止技術の開発を図ることを目的とした中層増殖性広域赤潮被害防止技術開発試験を実施している。本報告書はこのうち平成2年度に実施した下記の内容について取りまとめたものである。

- 1 貧酸素水塊の形成状況並びにその消長原因の究明
- 2 *Gymnodinium nagasakiense* の出現動向

目 次

はしがき

I 調査の目的	1
II 調査の概要	1
1 貧酸素水塊の形成状況並びにその消長原因調査	1
1) 調査対象水域及び調査点	1
2) 調査時期及び回数	1
3) 調査方法	1
4) 結果及び考察	3
(1) 水質環境	3
(2) 底質環境	8
2 <i>Gymnodinium nagasakiense</i> の出現動向調査	11
1) 調査対象水域及び調査点	11
2) 調査時期及び回数	11
3) 調査方法	11
4) 結果及び考察	12
(1) <i>G.nagasakiense</i> の出現状況	12
(2) 栄養塩濃度の推移	15
(3) DOと <i>G.nagasakiense</i> の関係	19
(4) 水温と <i>G.nagasakiense</i> の関係	19
(5) 塩分と <i>G.nagasakiense</i> の関係	19
(6) 溶存態無機窒素 (D I N) 濃度と <i>G.nagasakiense</i> の関係	20
(7) $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度と <i>G.nagasakiense</i> の関係	20
III 要約	31
IV 3年間のとりまとめ	32
V 文献	32

貧酸素水塊の動態と *Gymnodinium* 赤潮との関連調査

高知県水産試験場

土居 聡・村田 宏・岩崎 健吾

I 調査の目的

有害プランクトンの一種 *Gymnodinium nagasakiense* による赤潮の発生には、水域の貧酸素化が関係していることが様々な報告によって示唆されているが、その具体的な関係については十分解明されていない。そこで、閉鎖性内湾において貧酸素水塊の形成状況を調査し、その消長原因を究明すると共に、*G.nagasakiense* の増殖に関与する機構を明らかにすることを目的とした。

II 調査の概要

1 貧酸素水塊の形成状況並びにその消長原因調査

1) 調査水域及び調査点

高知県中央部に位置する浦ノ内湾内の7定点(図-1)。

2) 調査時期及び回数

1990年4月から10月の間、上記7定点において月2回の定期調査を実施した。また、*G.nagasakiense* 赤潮出現期間中は、St.1, 2及び3において連続調査を実施した。

3) 調査方法

上記定点において水温、塩分及び溶存酸素(DO)を表層(0m)から底層(B-1m)まで2m間隔で測定した。また、貧酸素水塊と底質の関連を調べるために、定期調査にあわせてSt. C, 2, 及びDの3定点でエクマンバージ型採泥器を用いて底泥を採取し、COD, IL, TSSを測定した。

観測機器 ・水温、塩分：EIL MC-5型サリノメーター
 ・DO：YSI-57型DOメーター

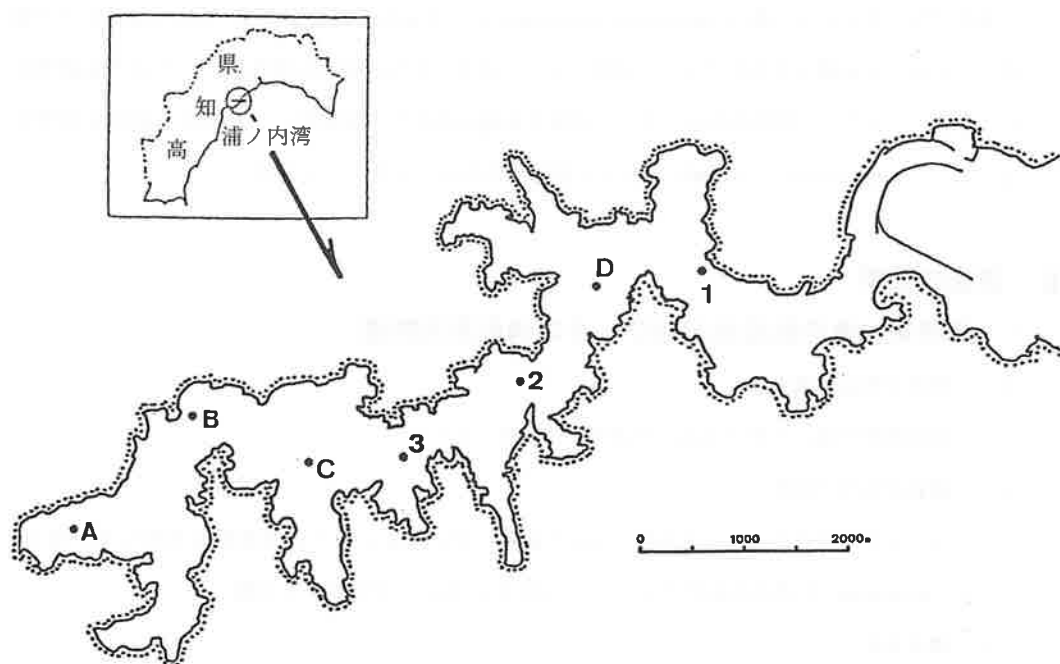


図-1 調査定点図

4) 結果及び考察

(1) 水質環境

4月から10月までの湾内縦断面における水温(℃)、塩分(‰)、DO(ppm)の鉛直分布をそれぞれ図-2, 3, 4に示した。

湾内水温(図-2)は4月上旬には表層から底層まで17℃前後と湾全体ではほぼ均一であったが、5月、6月と気温の上昇に伴って表層水温が上昇すると共に、底層との温度差が大きくなっていった。6月下旬には表層水温が30℃近くまで上昇し、表層と底層との温度差は約8℃となり、安定した成層の形成が認められた。その後9月上旬まで表層の水温は30℃前後で推移し、調査期間中の最高値は7月9日に湾奥のSt.Aで観測された32.1℃であった。しかし7月以降底層の水温も徐々に上昇したため、温度勾配は次第に緩やかになっていった。9月下旬から10月上旬にかけては気温の低下に伴って表層水温が低下し、表層で低く底層で高いという逆の鉛直分布がみられた。10月下旬には鉛直混合期に入り湾内水温は再びほぼ均一となった。

塩分の分布をみると(図-3)、浦ノ内湾は流入する河川がほとんどないものの強閉鎖性であるため、まとまった降雨があると表層に低塩分の海水が薄く広がる状態がみられ、表層の塩分が20‰以下となることもしばしば観測された。8月下旬の観測日には、台風による大量の降雨の直後であったため、湾奥の表層で10‰を下回る著しく低い値が観測された。しかしこれらの低塩分の海水は、比較的速やかに湾外に流出するために底層部まで影響が及ぶことはなく、底層の塩分には調査期間を通じて大きな変化は見られなかった。7月下旬から8月上旬にかけて、及び9月上旬には、高塩分の湾外海水が湾底層部へ差し込んだことによると思われる塩分分布の歪みがみられ、一時的に成層は破壊された。

DOの湾内平均値は4月から6月までは6~8ppmの間で推移していたが、7月以降10月上旬までは3~5ppmの間で推移した。鉛直分布についてみると(図-4)、調査を開始した4月から湾内のDO分布には明瞭な成層化が認められ、4月から5月にかけては表層のDOは10ppmを越える過飽和状態で、底層のDOは概ね2ppm台で推移した。6月中旬になると底層の水温が20℃を越えるようになり、St.3の底層では2ppm以下の貧酸素状態となっていた。6月下旬には湾央部の底層全域に貧酸素水塊が出現し、7月上旬にはSt.1を除く全定点に拡大した。7月下旬から8月上旬にかけて、及び9月中旬の大潮時には湾外海水の底層部への差し込みがあり、貧酸素水塊は湾奥に押しやられた形となった。特に9月中旬には強い差し込みがあったと思われる、貧酸素水塊は湾奥の中層に帯状に残っただけであった。しかし差し

込みによるDOの回復は一時的なもので、差し込み後に再び湾内が成層化されると差し込み前よりも強固な貧酸素水塊が出現した。このように潮汐の影響を受けて消長を繰り返しながらも貧酸素水塊は10月上旬まで湾中央から湾奥にかけての底層に形成され、10月下旬に湾内水の鉛直混合によって消滅した。

1988年から1990年までの浦ノ内湾における貧酸素水塊の形成状況を比較すると(表-1)、貧酸素水塊はいずれの年も6月中旬から下旬にかけて湾中央部(St.2~3)の底層を中心に発生して形成され、形成時の底層水温は21℃前後、表層塩分は21~27‰台と低目であり、いずれの年もほぼ似た状況であるといえる。これらのことから、浦ノ内湾における貧酸素水塊は底層の水温が20℃を越える頃に湾中央部を中心に出現し、その消長は成層化の進行と湾外水の差し込みによって支配されることが明らかになった。

湾奥部

湾口部

湾奥部

湾口部

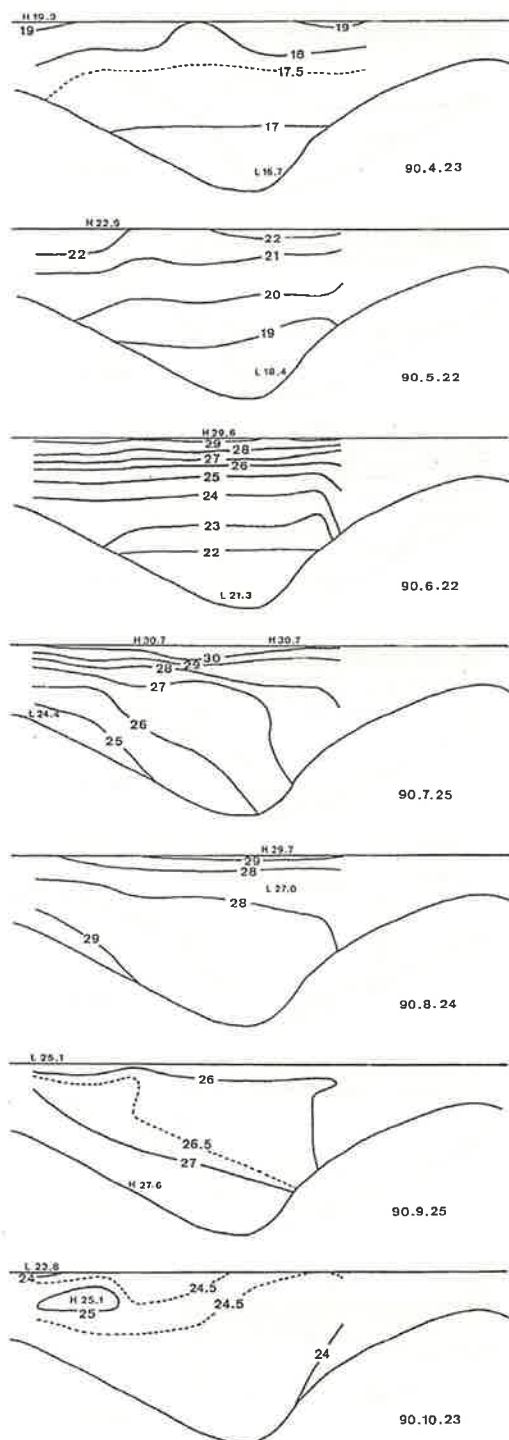
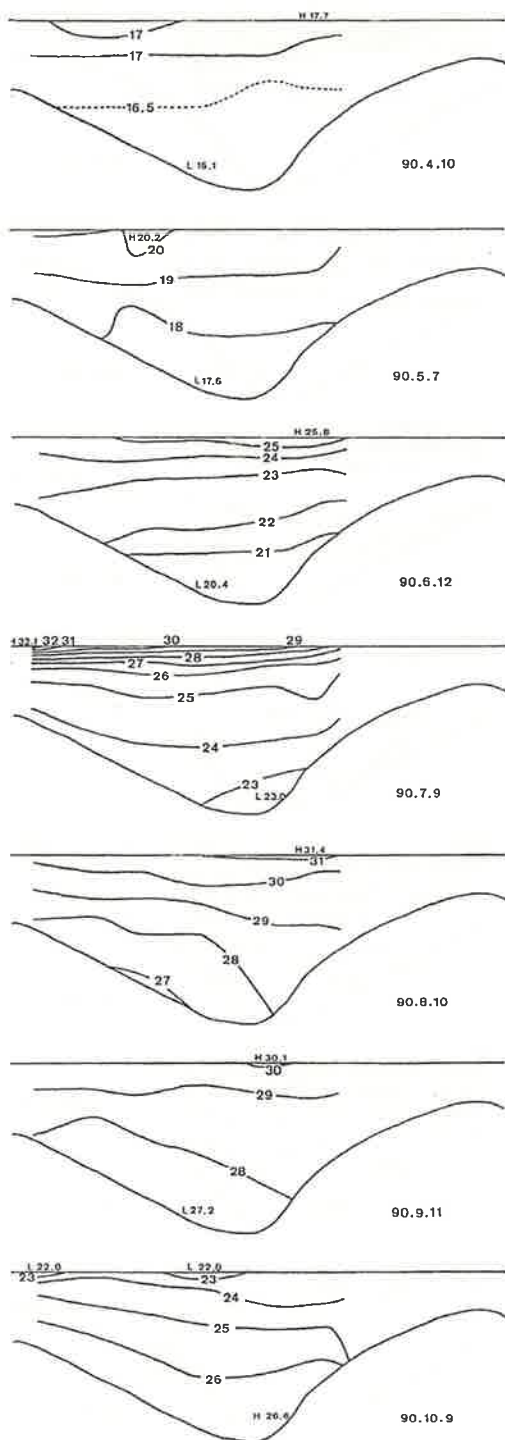


図-2 浦ノ内湾における水温鉛直分布の推移 (°C)

湾奥部

湾口部 湾奥部

湾口部

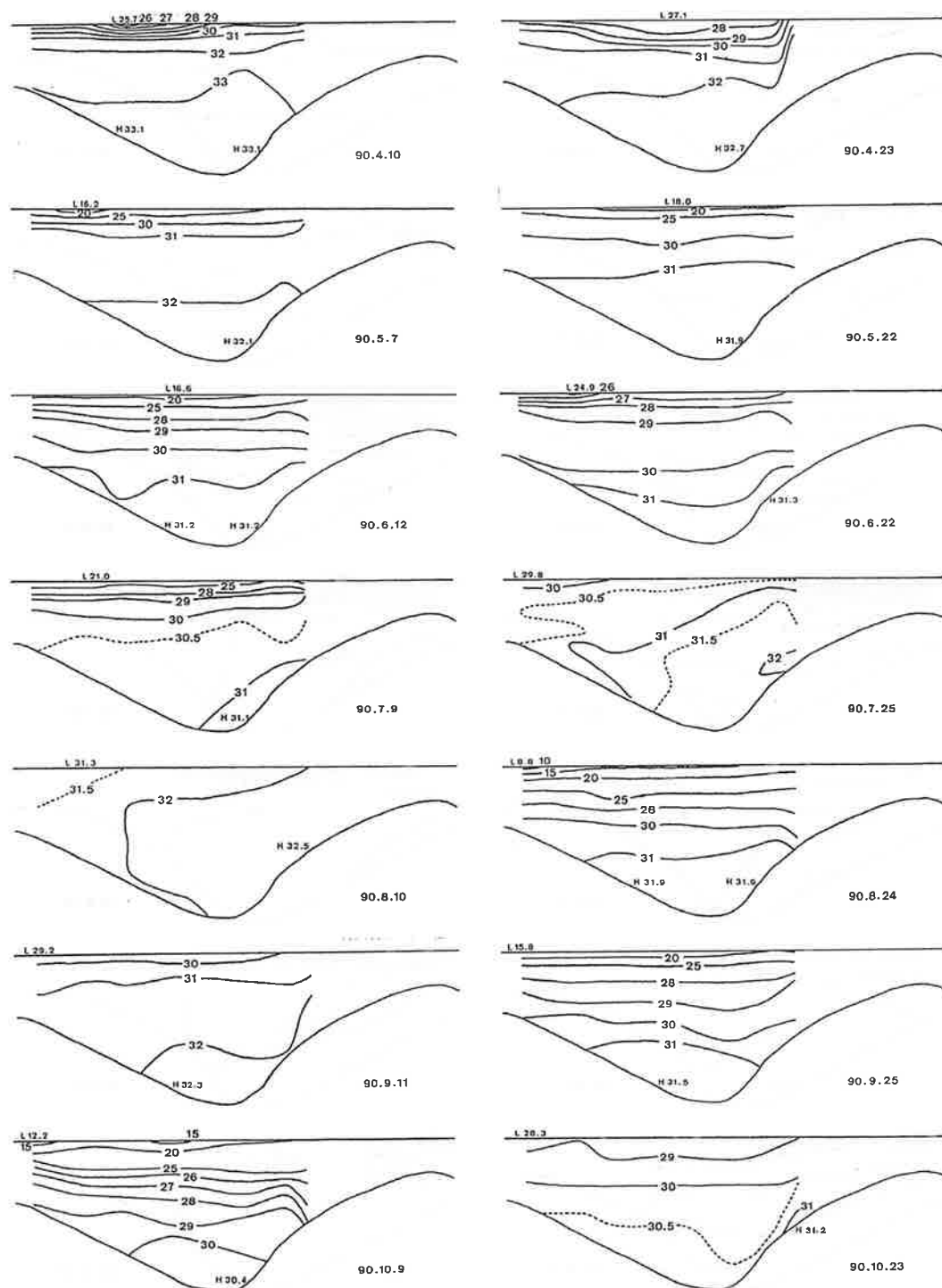


図-3 浦ノ内湾における塩分鉛直分布の推移 (‰)

湾奥部

湾口部 湾奥部

湾口部

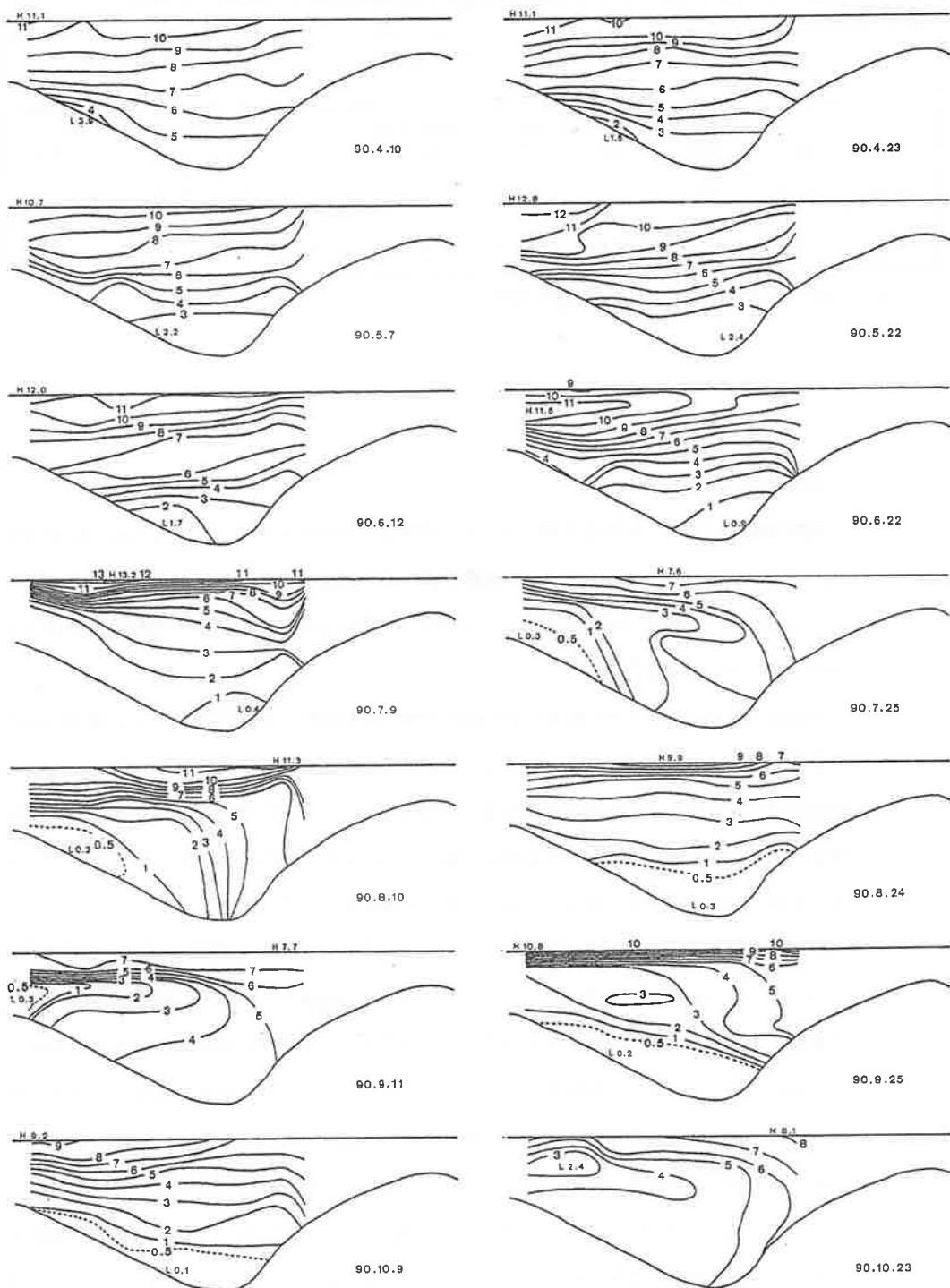


図-4 浦ノ内湾におけるDO鉛直分布の推移 (ppm)

表－１．浦ノ内湾における貧酸素水塊発生状況の比較（１９８８年～１９９０年）

	'88. 6. 15			'89. 6. 22			'90. 6. 22		
	W.T(℃)	S(‰)	DO(ppm)	W.T(℃)	S(‰)	DO(ppm)	W.T(℃)	S(‰)	DO(ppm)
St. 1	21.4	26.6	3.5	22.3	23.7	7.25	24.4	27.1	5.8
St. 2	21.0	23.8	1.8	21.8	25.1	1.65	21.3	26.3	0.9
St. 3	20.8	22.8	1.8	21.4	21.9	1.05	21.3	26.2	1.1

※ St. 番号は平成２年度における定点番号

(２) 底質環境

貧酸素水塊と底質との関連を調べるため、６月２２日から１０月までの間 St.C, 2, D の３定点で底泥の C O D, I L, T－S の変動を調べた。測定方法を以下に示す。C O D：アルカリ性過マンガン酸カリ分解法。I L：乾燥泥を電気炉を用いて 800℃ で強熱後、恒量を求めた。T－S：検知管法。

St.2 は３定点のうちハマチ養殖小割生簀が湾内で最も密集しているところで、底泥への汚染負荷が最も大きいと思われる。St.C 及び D はともに非養殖区であり、St.2 に比べて汚染負荷は少ないが、St.C は湾奥寄りで湾外水の影響を受けにくく、St.D は湾口寄りで湾外水の影響を受けやすい。底質は３定点とも泥質であったが、St.D は他の２点に比べ砂が混じっており、底質が異なっている。各定点における底質の変動を図－５～７に示す。

St.C は C O D が 22.39～39.43 O₂mg/dry g, I L が 9.90～12.91%, T－S は 0.465～1.222mg/dry g の範囲で変動した（図－５）。同定点は各項目とも St.2 と同程度の値を示し、非養殖区であるにもかかわらず底泥がかなり汚染されていることが窺われた。また、湾奥寄りであるために差し込みの影響を受けにくく、８月下旬までは D O が漸次減少し、それに伴う T－S の増加が見られた。９月上旬の D O の回復以降 T－S は減少傾向となった。

St.2 は C O D が 19.88～42.59 O₂mg/dry g, I L が 9.40～12.28%, T－S は 0.487～1.456mg/dry g の範囲で変動した（図－６）。同定点はハマチ養殖による底泥への有機物負荷が大きく、各項目とも高い値を示した。また、底層の D O の増減に少し遅れてこれらの測定値が変動する様子が窺われた。

St.D はCODが 9.07~14.30 $\text{O}_2\text{mg/dry g}$, ILが 5.46~6.31%, T-Sは0.083~0.353 mg/dry g の範囲で変動した(図-7)。同定点は湾口寄りで底質が他の2点とは異なり、海水交換もよく貧酸素水塊の形成も弱いため、底泥中の有機物も他の2点と比べて少なく調査期間を通じて変動も小さかった。

3定点での結果を比較すると、湾中央から湾奥にかけての底泥では有機物量が高く、汚染されていることが明らかになった。貧酸素水塊は例年湾中央部を中心に出現しており、これらの有機物が貧酸素水塊の形成に大きく関与している可能性が示されたが、明確な関係を究明するには今後より詳細な調査が必要である。

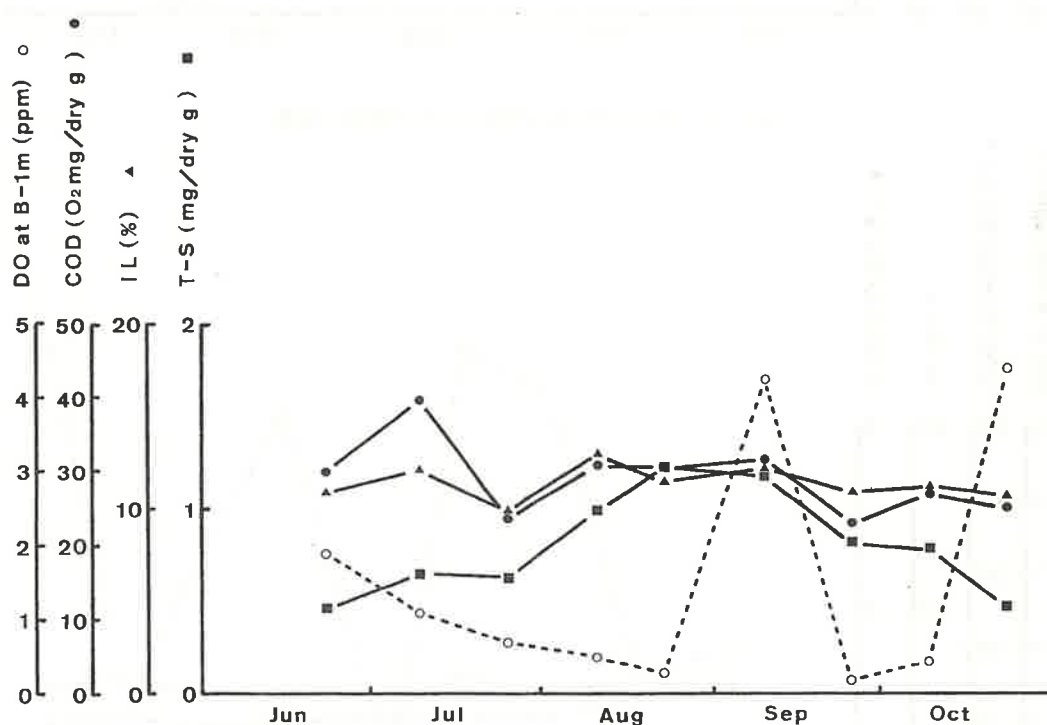


図-5 St.Cにおける底層水のDOと底質の変動

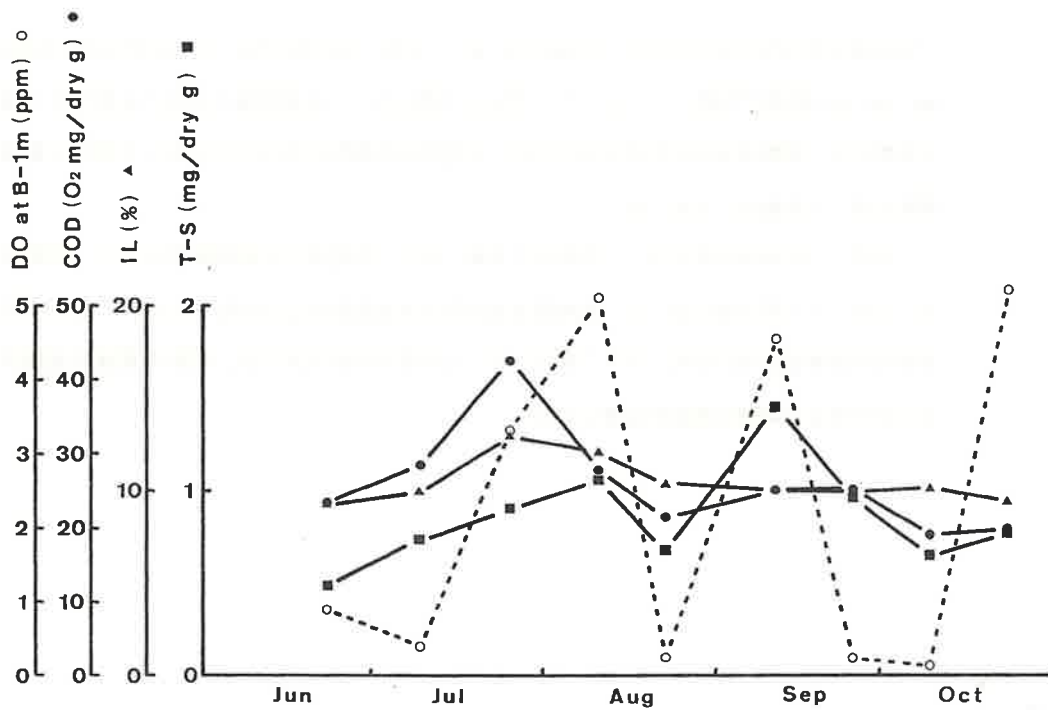


図-6 St.2における底層水のDOと底質の変動

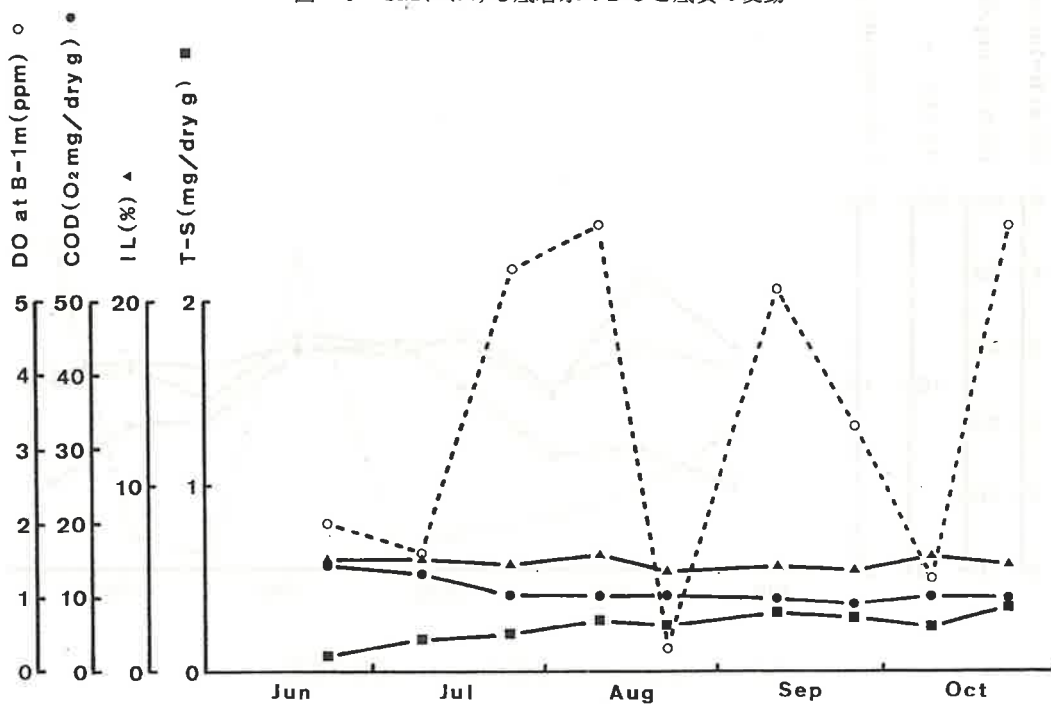


図-7 St.Dにおける底層水のDOと底質の変動

2 *Gymnodinium nagasakiense* の出現動向調査

1) 調査水域及び調査点

浦ノ内湾内の3定点(図-1 St.1, 2, 3)。

2) 調査時期及び回数

1990年4月から10月の間、上記定点において月2回の定期調査を、また赤潮出現時には連続調査を行った。

3) 調査方法

上記定点において表層(0m)、2m、5m、7.5m、10m、(12.5m)及び底層(B-1m)の各層でリゴーB号採水器を用いて採水し、*G.nagasakiense* 細胞数及び栄養塩濃度を求めた。

G.nagasakiense 細胞数については通常500mlを採水し、8 μ ニュークリポアフィルターを用いて50mlに重力ろ過濃縮後、グルタルアルデヒド溶液を最終濃度が約2.5%になるよう加え固定し、うち0.5mlを2回検鏡し計数を行った。赤潮時または細胞密度の高い際には生海水500mlのうち0.5mlを2回検鏡した。

栄養塩は250mlを採水し、0.45 μ ミリポアフィルターで吸引ろ過後オートアナライザー(TECHNICON TRAACS-800)により、それぞれ以下の方法で測定した。

NH ₄ -N	インドフェノール法
NO ₂ -N	BR法
NO ₃ -N	カドミウムカラム還元法
PO ₄ -P	アスコルビン酸法

4) 結果及び考察

(1) *G.nagasakiense* の出現状況

図-8に4月から10月までの、図-9に連続調査時の各定点における *G.nagasakiense* の出現状況を示した。*G.nagasakiense* は調査を開始した4月上旬から St.1-0m層を除く全層で分布が認められ、6月中旬までは水深5mから7.5mの中層を中心に $10^3 \sim 10^5$ cells/l のオーダーで出現した。赤潮発生の直前である6月22日から28日にかけて細胞数は急激に増加し、28日には St.2の2m層で 2.76×10^6 cells/l、St.3の2m層で 3.16×10^6 cells/l と細胞密度が 10^6 cells/l を越え、高密度分布層が中層から表層に浮上してくる様子が観察された。また、28日には湾奥部で船上から帯状の呈色水域が確認され、表層(0m)での細胞数は 4.0×10^6 cells/l であった。

6月30日になると赤潮による呈色域はほぼ湾全域に広がり、細胞数も St.2の表層で 1.395×10^7 cells/l、St.3の表層で 5.86×10^6 cells/l と増加し、表層を中心に定位するようになった。7月4日には降雨の影響で各定点とも表層の塩分がかなり低下し、表層の細胞数は $10^3 \sim 10^4$ cells/l にまで著しく減少した。しかし、St.2及び St.3の1mから2m層にかけては依然 10^6 cells/l を越える濃度で分布が認められ、7月9日から11日には表層の塩分の回復に伴い湾口部を除き再び表層に浮上し、呈色水域が広がった。しかしながら赤潮の規模は細胞数、呈色水域ともに降雨前ほどでなく、7月13日には呈色域が全く見られなくなり、細胞数も急激に減少した。

その後7月30日までは中層付近で 10^5 cells/l 以上の分布も認められたものの減少傾向が続き、8月下旬には St.3の2m層において 2×10^3 cells/l 観察されただけで他の採水層では全く観察されなかった。9月上旬には細胞数が再び増加し、St.3の5m層で 10^5 cells/l を越える濃度の分布がみられたものの、10月以降はどの採水点においても 10^3 cells/l 以下の分布となった。

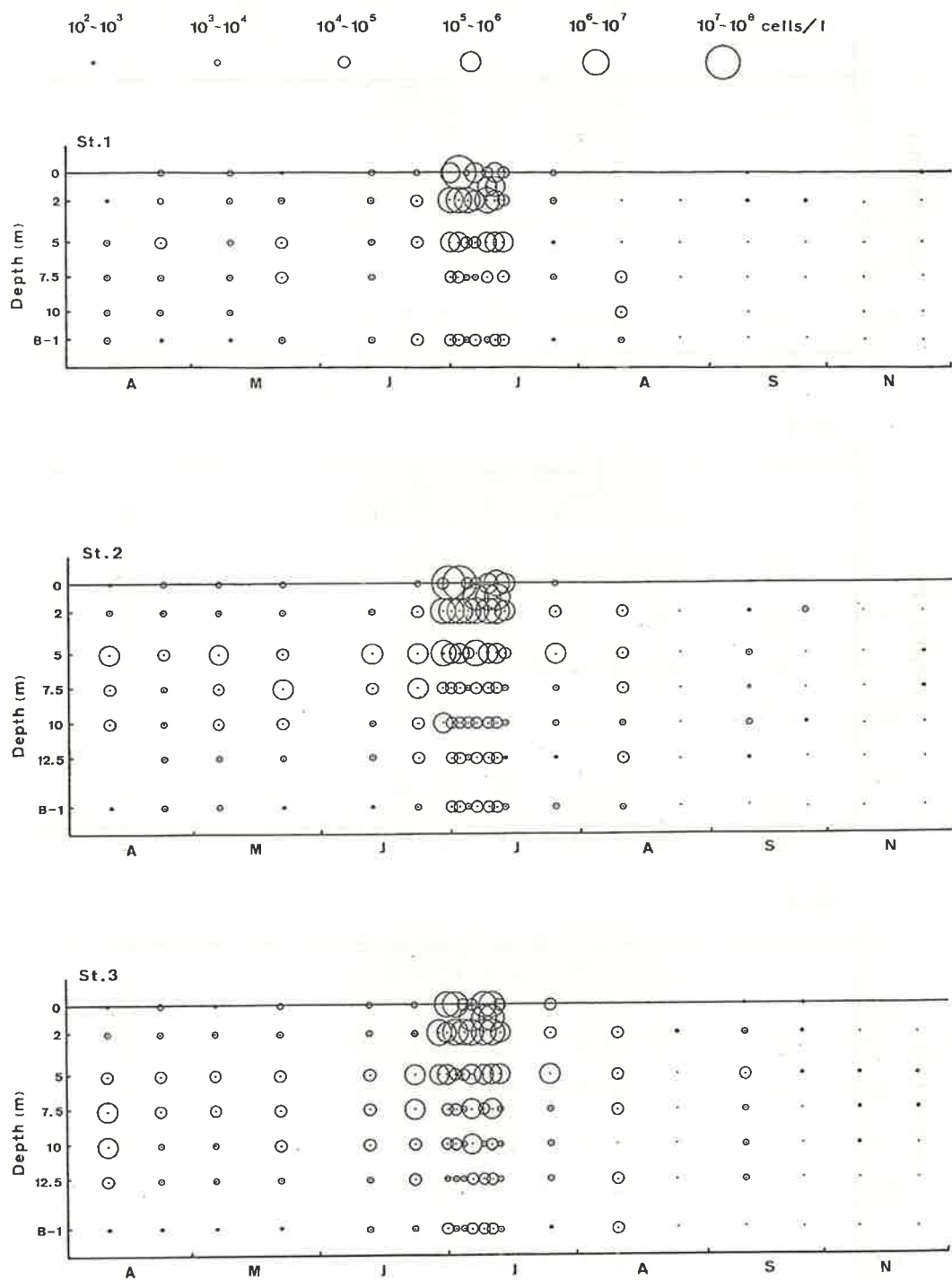


図-8 *G. nagasakiense* 出現状況の推移

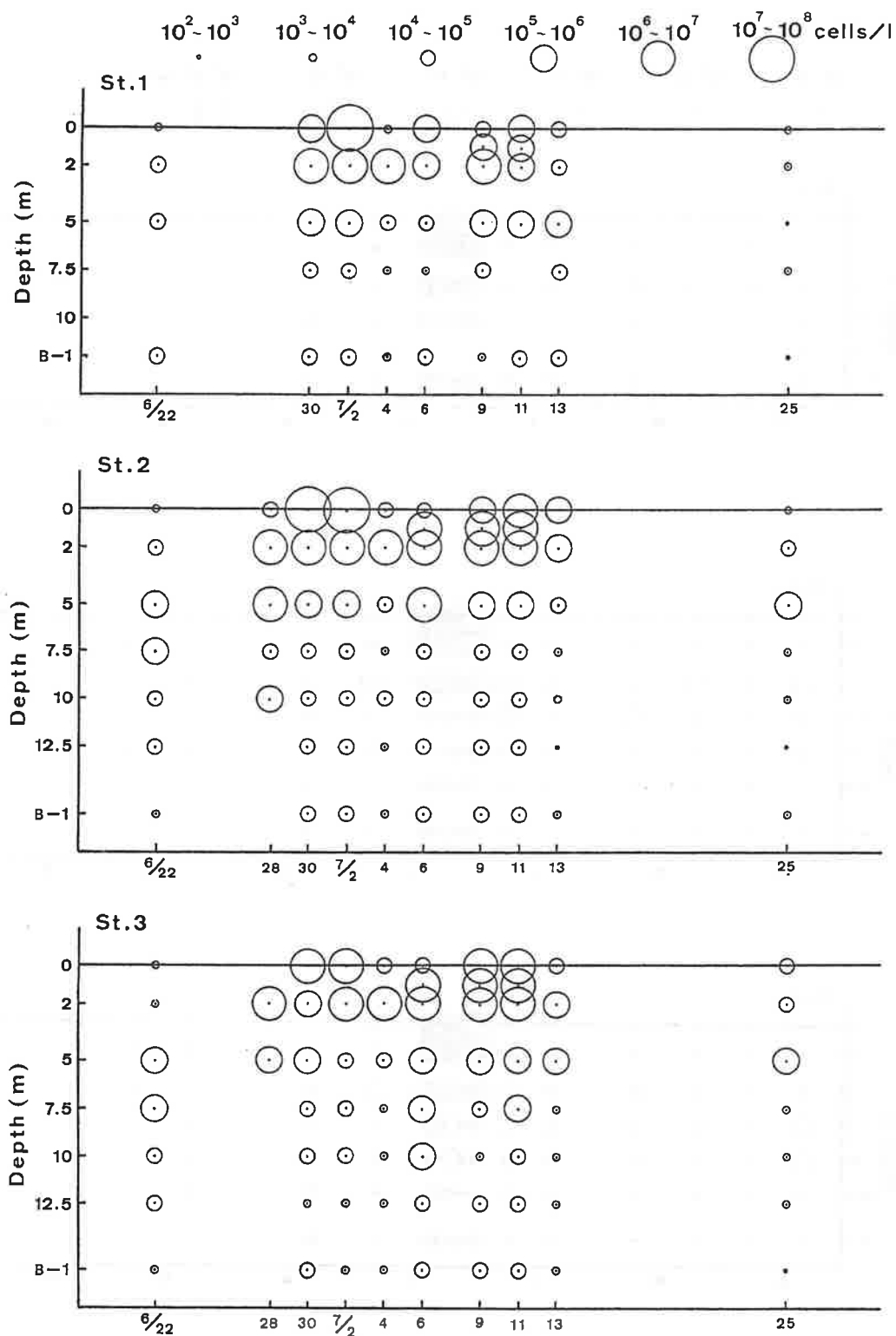
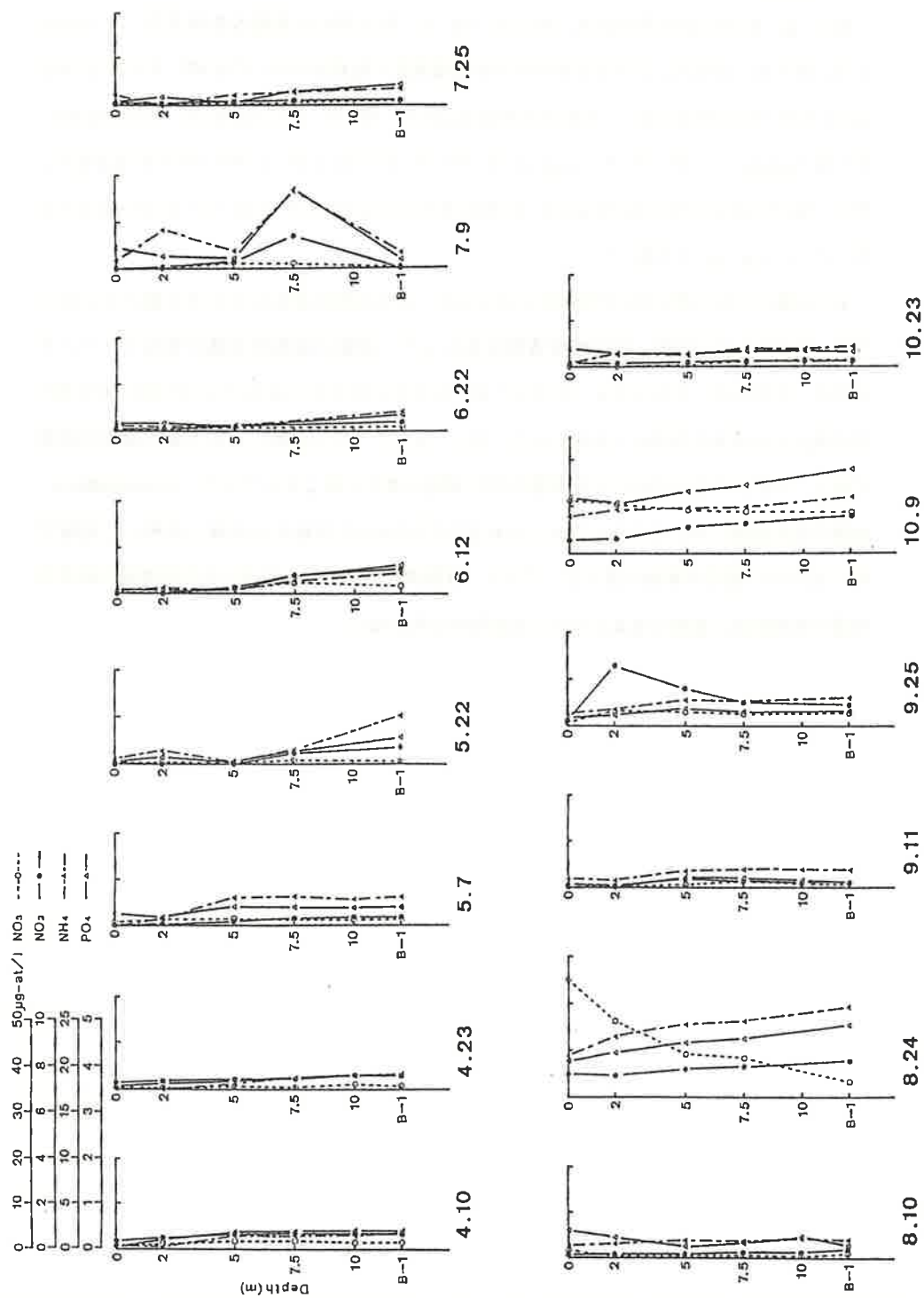


図-9 *G. nagasakiense* 出現状況の推移 (連続調査)

(2) 栄養塩濃度の推移

St.1, 2, 及び3における $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, 及び $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の推移を図-10から12に示した。各定点におけるそれぞれの栄養塩濃度の最高値はSt.1では $\text{NO}_3\text{-N}=25.22\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{NO}_2\text{-N}=2.58\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{NH}_4\text{-N}=9.61\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{PO}_4\text{-P}=1.77\text{ }\mu\text{g-at/l}$, St.2では $\text{NO}_3\text{-N}=30.02\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{NO}_2\text{-N}=6.71\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{NH}_4\text{-N}=23.15\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{PO}_4\text{-P}=6.37\text{ }\mu\text{g-at/l}$, また, St.3では $\text{NO}_3\text{-N}=40.12\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{NO}_2\text{-N}=5.17\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{NH}_4\text{-N}=17.11\text{ }\mu\text{g-at/l}$, $\text{PO}_4\text{-P}=6.41\text{ }\mu\text{g-at/l}$ であった。

St.1は湾口に近く湾外水との交換が十分行われ, また底泥の汚染もそれほど進んでいないため, St.2やSt.3に比較して栄養塩濃度は低かった。底層に貧酸素水塊が形成された6月22日, 7月9日, 8月24日, 9月25日, 及び10月9日にはSt.2と3で NH_4 及び PO_4 の底泥からの活発な溶出がうかがわれた。また, 8月24日は台風による大量の降雨の直後であり, いずれの定点においても表層の NO_3 濃度が著しく高くなっていた。*G.nagasakiense* 赤潮の発生直前に当たる6月22日にはSt.2及び3において表層から中層に比較して底層で NH_4 及び PO_4 濃度が極端に高くなっており, 貧酸素状態における底泥からの栄養塩の溶出が本藻の赤潮形成に重要な要素となった可能性が示唆された。



図一10 St. 1における栄養塩濃度の推移

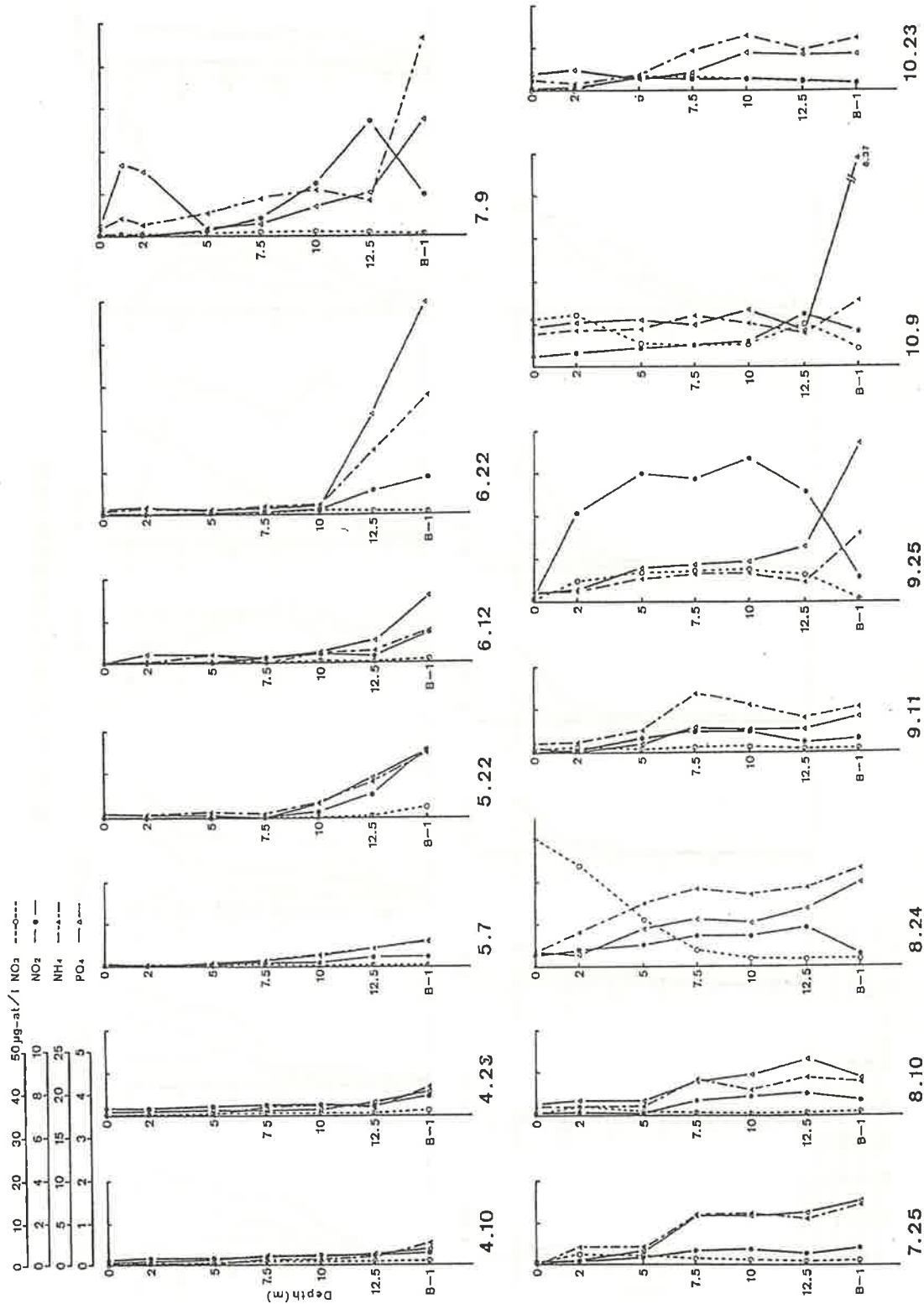


図-11 St. 2における栄養塩濃度の推移

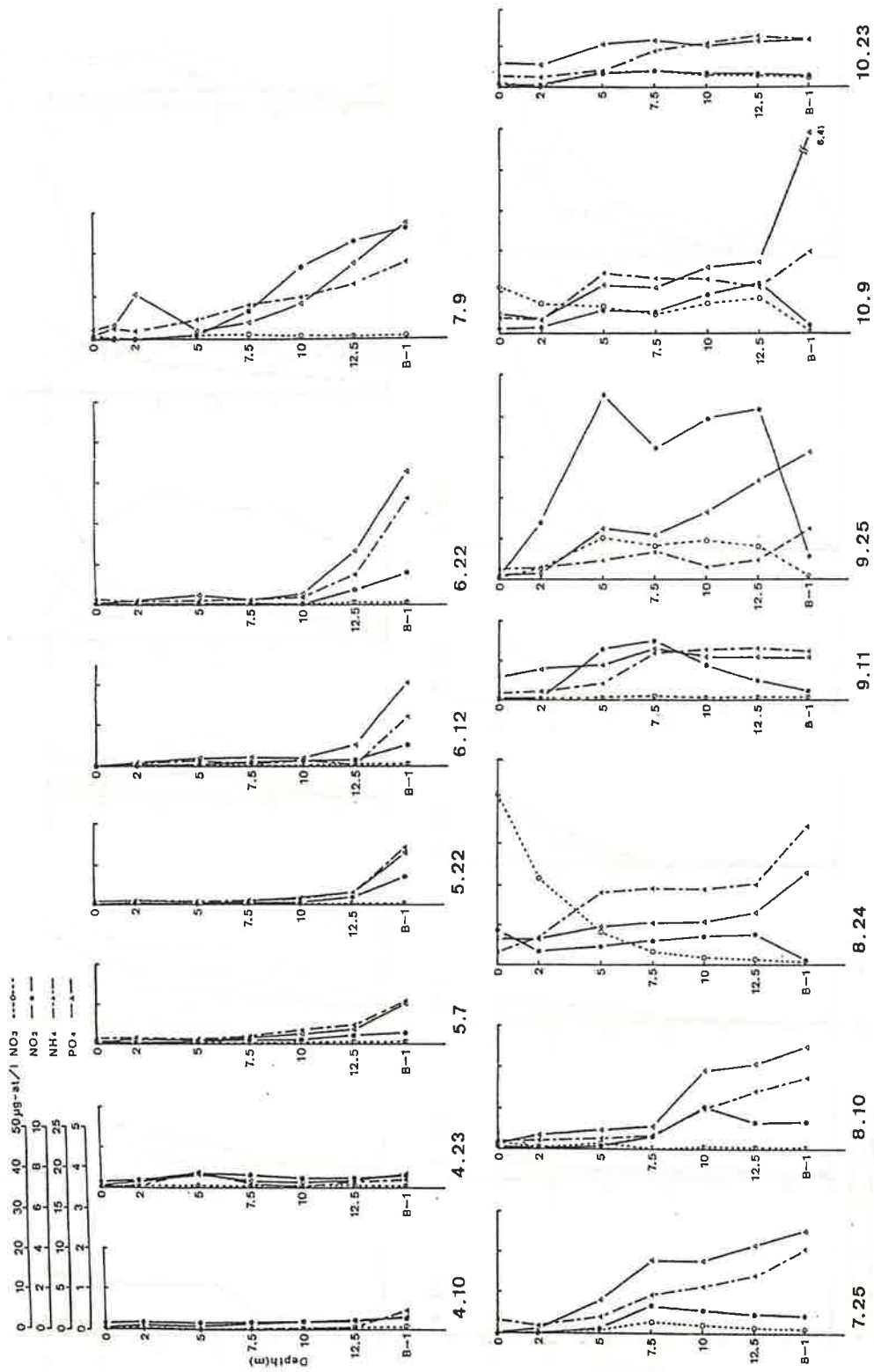


図-12 St. 3における栄養塩濃度の推移

(3) DOと*G.nagasakiense*の関係

図-13に4月から10月までの、図-14に連続調査時の各定点におけるDOと*G.nagasakiense*細胞数の推移を示した。

DO分布についてみると、3定点のうち最も湾奥側に位置するSt.3は、調査期間中ほぼ連続して4ppm以下の水塊が存在し、7月以降は2~5m層にまで浮上した。また2ppm以下の貧酸素水塊の形成も3定点のうち最も強く、8月上旬には7m層にまで浮上した。St.2の底層のDOは7月まではSt.3とほぼ似た推移を示したが、7月下旬から8月中旬にかけて及び9月中旬には差し込みによるDOの回復がみられた。貧酸素水塊の形成はSt.3とほぼ同じ時期に見られたが、規模はSt.3に比べると弱かった。St.1は他の2点に比べ底層のDOが高く、水域の特異性が窺われた。

G.nagasakiense 遊泳細胞は貧酸素水塊中にも 10^4 cells/lを越える分布がみられ、本藻の貧酸素水に対する適応性が示唆された。また、St.2及びSt.3では赤潮発生直前の6月中旬から下旬にかけて、貧酸素水塊の発生に伴う底層から中層域にかけてのDOの減少があり、それと同時に細胞数が増加し赤潮形成に至った。これらのことから今回の赤潮発生には貧酸素水塊の形成に伴う底層から中層にかけてのDOの低下が関連しているように思われる。

(4) 水温と*G.nagasakiense*の関係

図-15及び図-16に各定点における水温と細胞数の推移を示した。

本藻は16.1~30.6℃の広い範囲に出現し、 10^6 cells/l以上の分布も23.6~30.6℃と比較的広い範囲に認められた。4月から5月にかけて中層付近に定位していた本藻は、中層の水温が24~25℃になった6月中旬から下旬に細胞数を増加させ、6月下旬から6月末にかけて表層の水温が24~25℃に低下した時に、表層に浮上するとともに急激に増殖し赤潮を形成した。昨年の赤潮形成時には、表層水温は概ね27~29℃で推移し、今年のような急激な表層水温の低下は見られず、細胞数の増加も今年と比べて緩やかであったことから、今年本藻による赤潮が急激に発生し表層に浮上したのは、表層水温の低下によるものと思われる。

(5) 塩分と*G.nagasakiense*の関係

図-17及び図-18に各定点における塩分と細胞数の推移を示した。

本藻の出現範囲は11.5~33.1‰と極めて広く、 10^6 cells/l以上の分布も22.2~30.0‰と比較的広い範囲に認められた。4月から6月中旬にかけては中層から底層の塩分は徐々に低下していったが、6月末に塩分の上昇がみられた。この赤潮発生直前あたる6月末のDOと塩分の変化を見ると、この時期に底層部の海水が中層部まで浮上した可能性が示され、こうし

た海況の動きと *G.nagasakiense* 赤潮の発生に密接な関連があるように思われる。

(6) 溶存態無機窒素 (D I N) 濃度と *G.nagasakiense* の関係

図-19及び図-20に各定点におけるD I N濃度と細胞数の推移を示した。

本藻の出現が認められた水域のD I N濃度は $0.24 \sim 38.32 \mu\text{g-at/l}$ (平均 $5.64 \mu\text{g-at/l}$) と広範囲であった。しかし、 10^6 cells/l 以上の分布が認められた水域は $0.33 \sim 7.91 \mu\text{g-at/l}$ (平均 $3.15 \mu\text{g-at/l}$) の比較的低濃度の範囲であった。

赤潮発生直前から発生期間中には、貧酸素水塊の形成に伴う底泥からのD I Nの溶出がみられ、同時に表層から中層にかけての濃度も増加しており、赤潮発生との関連が示された。

(7) $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度と *G.nagasakiense* の関係

図-21及び図-22に各定点における $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度と細胞数の推移を示した。

本藻は $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度N.D.~ $5.29 \mu\text{g-at/l}$ (平均 $0.75 \mu\text{g-at/l}$) の比較的広い範囲に出現したが、概して $0.5 \mu\text{g-at/l}$ 以下の低濃度域に分布が認められた。 10^6 cells/l 以上の分布が認められた水域の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度はN.D.~ $3.40 \mu\text{g-at/l}$ (平均 $0.78 \mu\text{g-at/l}$) と、出現水域の濃度範囲と大きな差はなかった。赤潮発生直前にはD I N同様底泥からの活発な $\text{PO}_4\text{-P}$ の溶出が観測された。また、赤潮発生期間中、本藻が高密度に分布する水域で $\text{PO}_4\text{-P}$ が高濃度に存在することがあったが、これは本藻が増殖を続けながらも一方で細胞が分解されることによって濃度が一時的に増加したためと思われる。

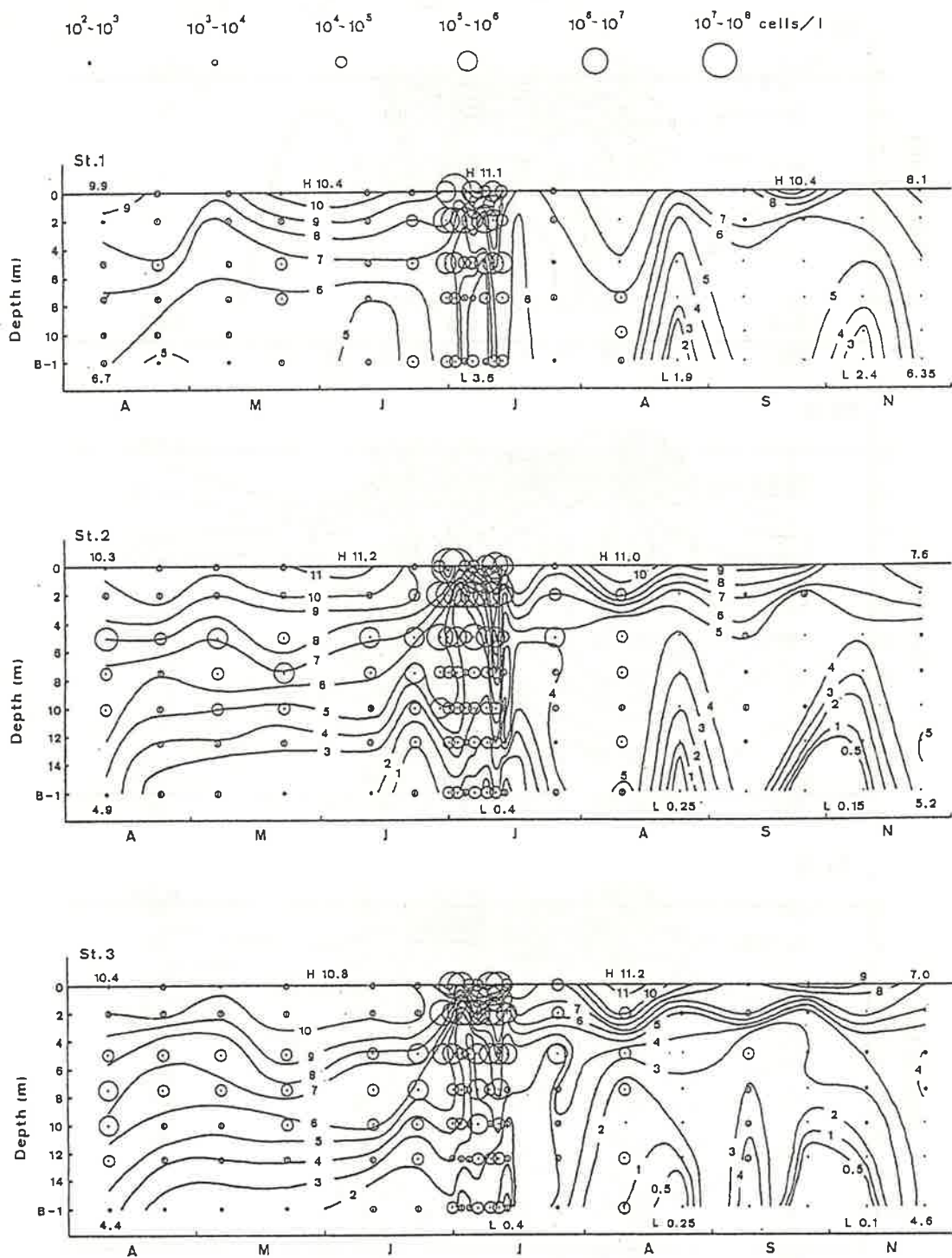


図-13 DO (ppm) と *G. nagasakiense* 出現状況の推移

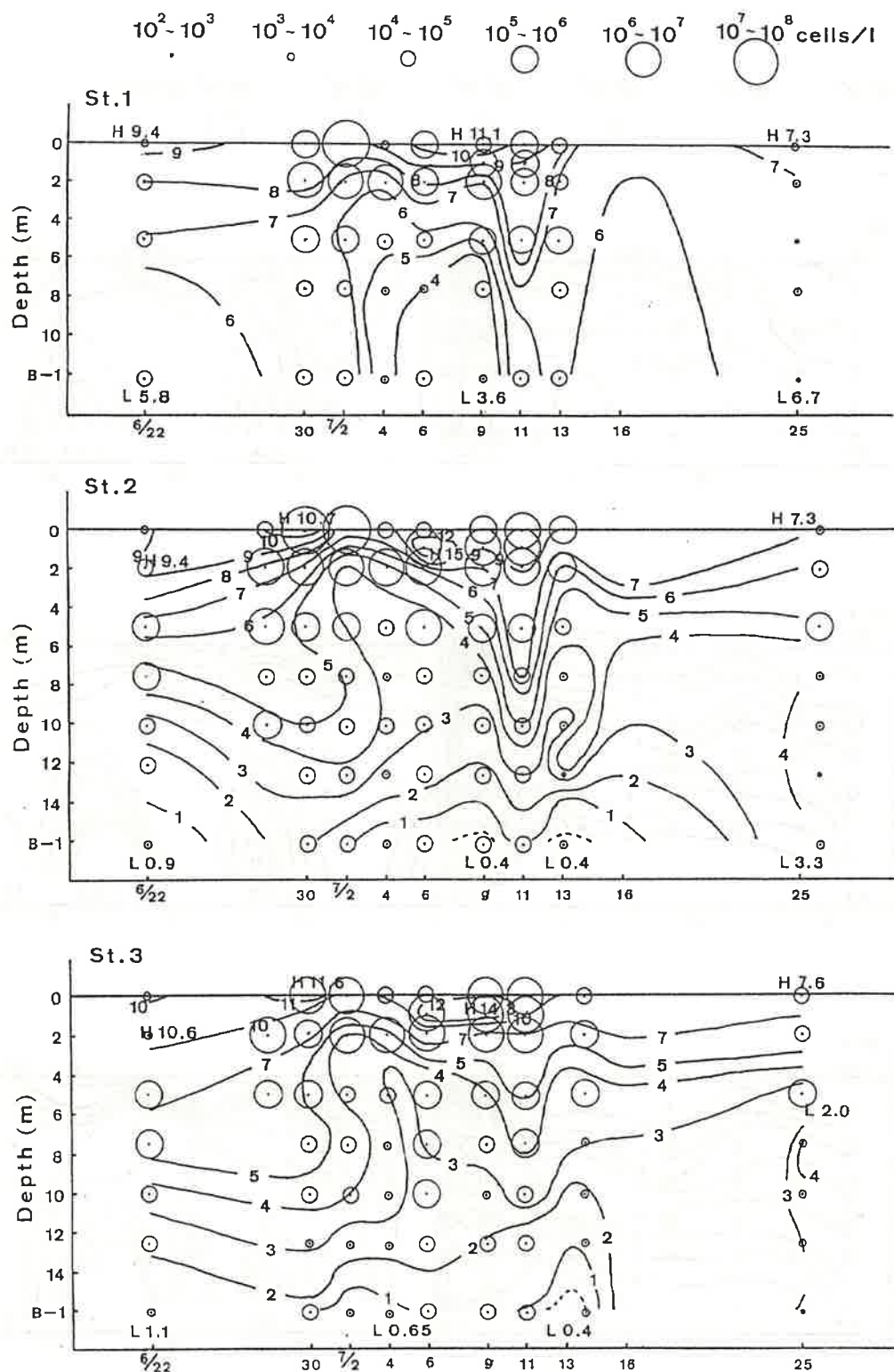


図-14 DO (ppm) と *G. nagasakiense* 出現状況の推移 (連続調査)

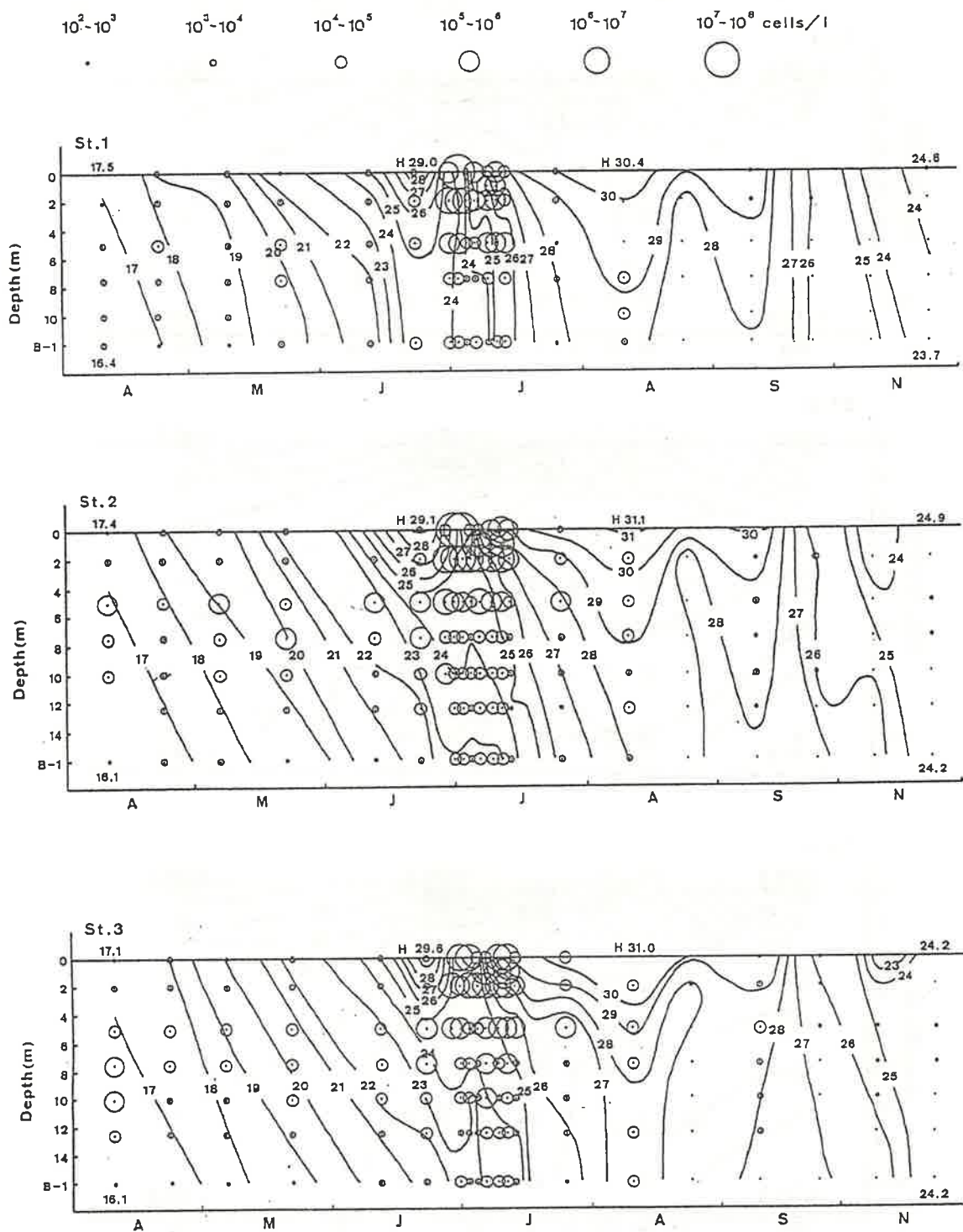


図-15 水温 (°C) と *G. nagasakiense* 出現状況の推移

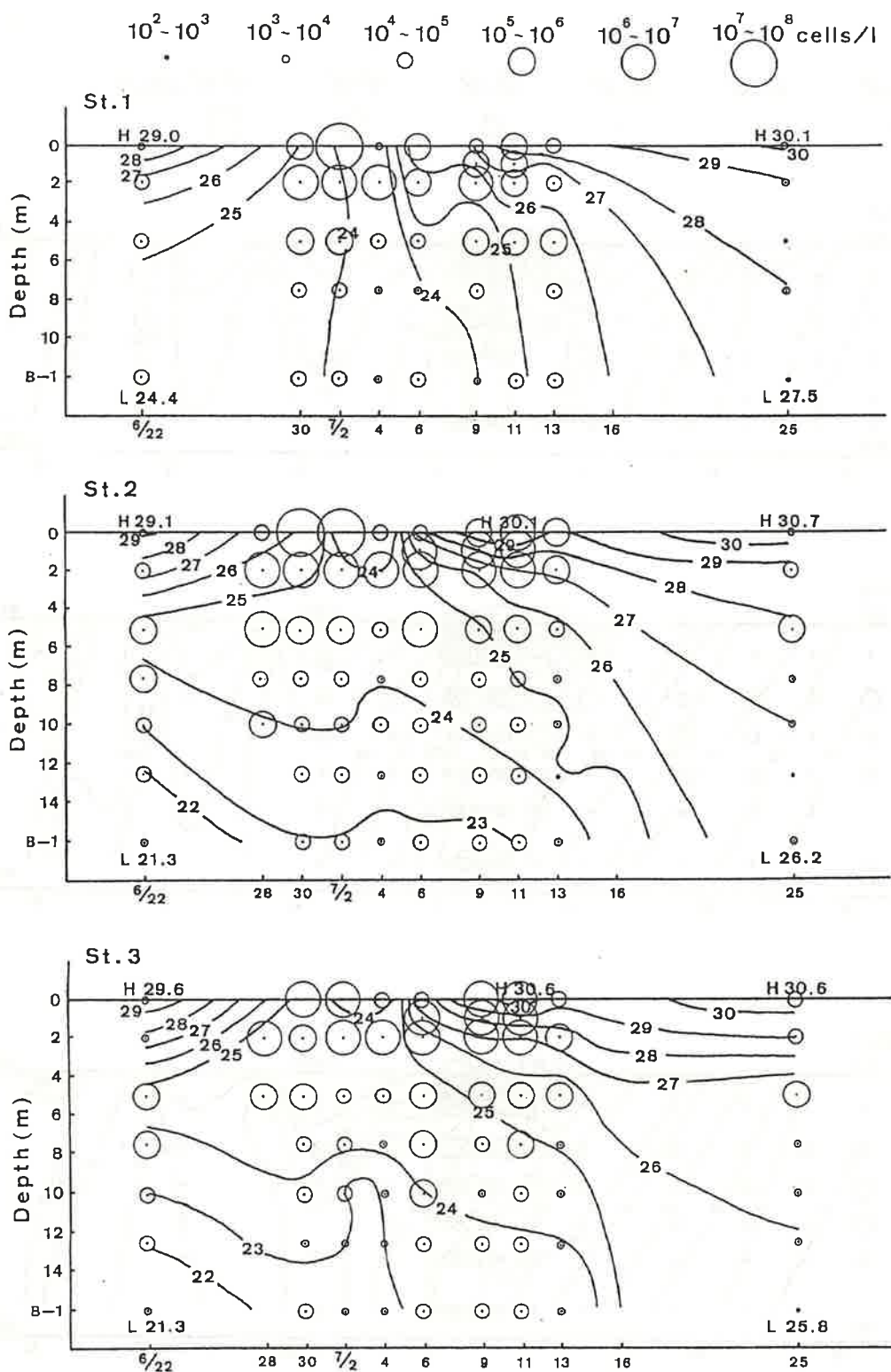


図-16 水温 (°C) と *G. nagasakiense* 出現状況の推移 (連続調査)

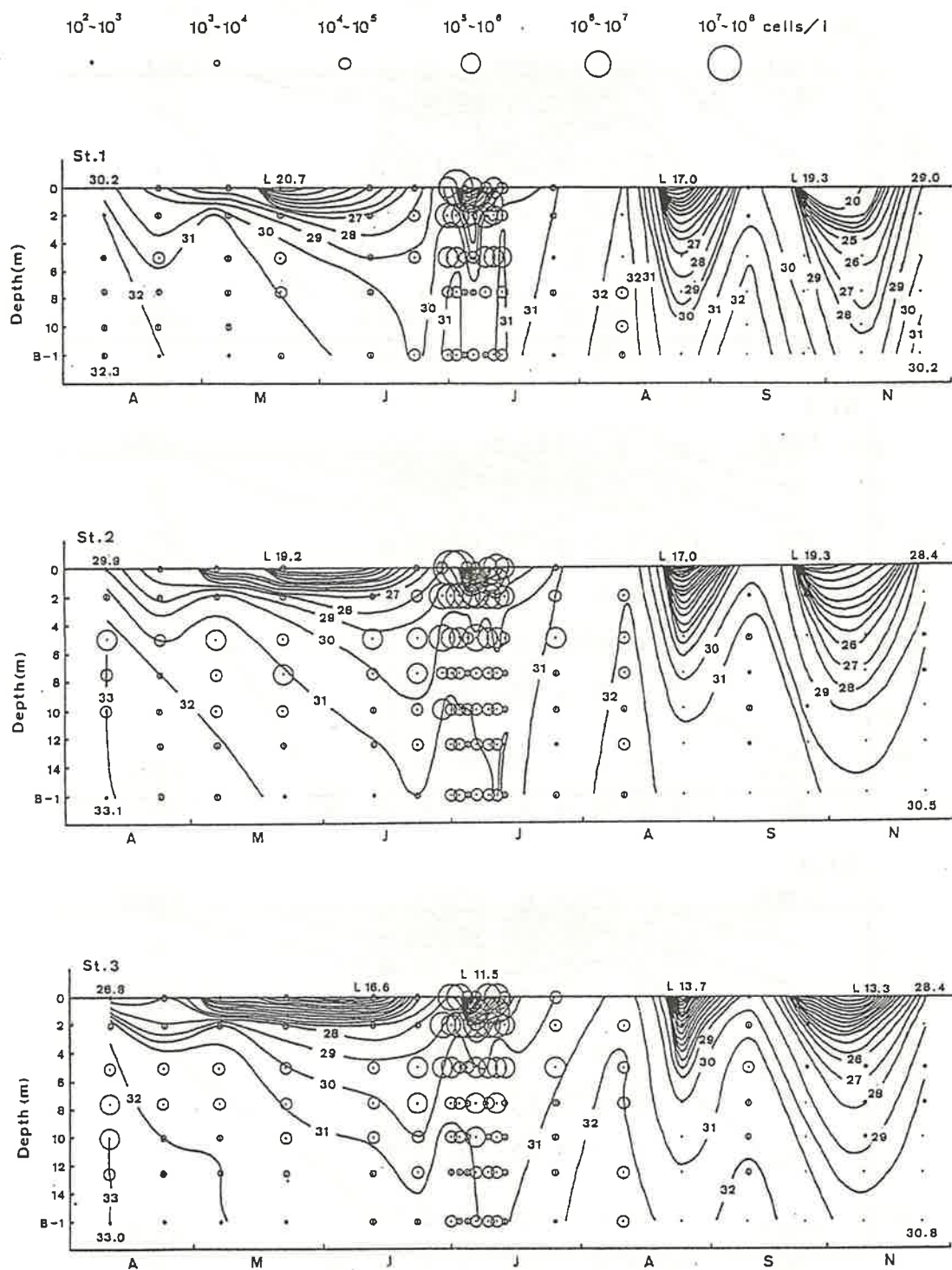


図-17 塩分(‰)と *G.nagasakiense* 出現状況の推移

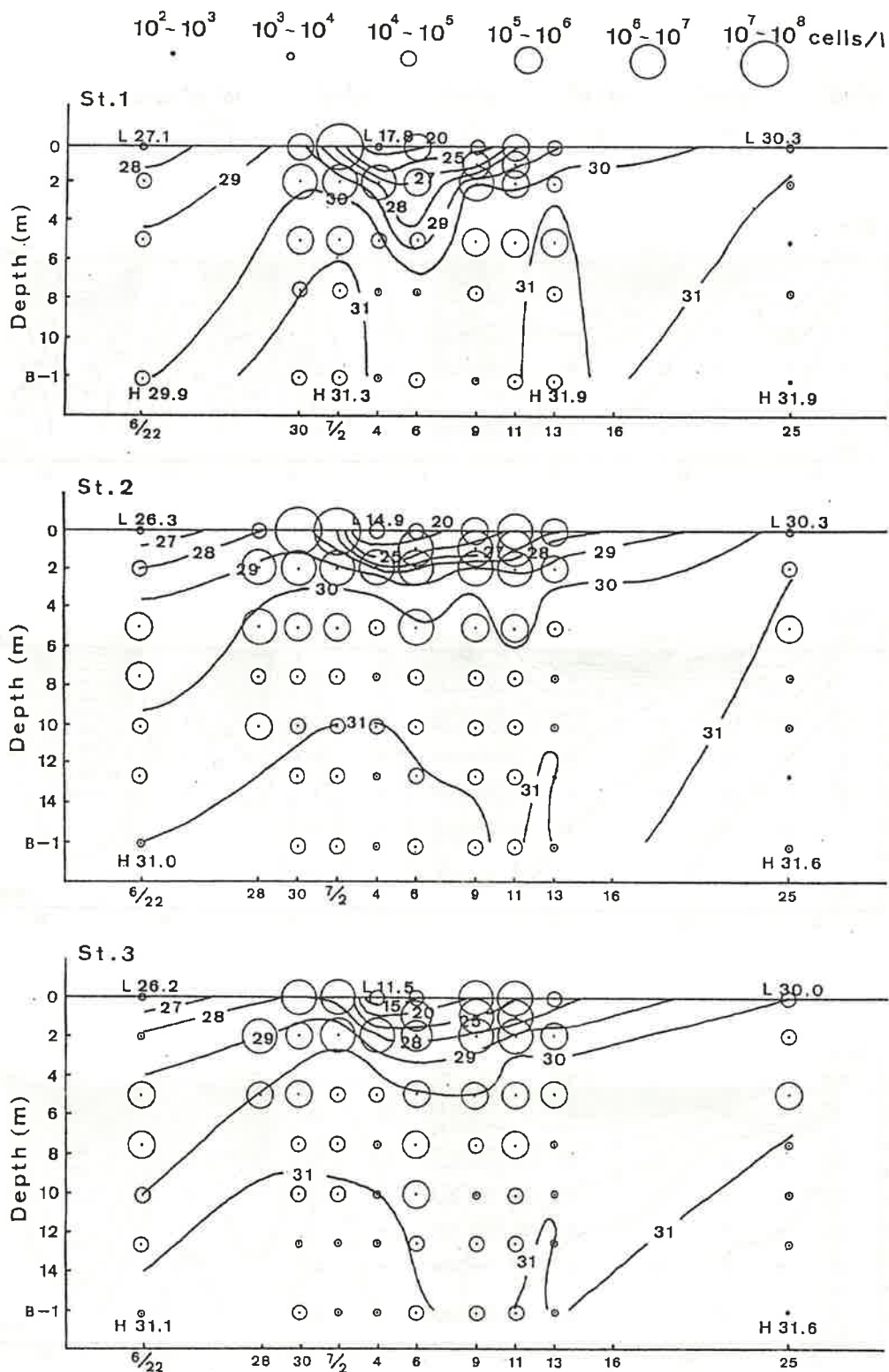


図-18 塩分 (%) と *G. nagasakiense* 出現状況の推移 (連続調査)

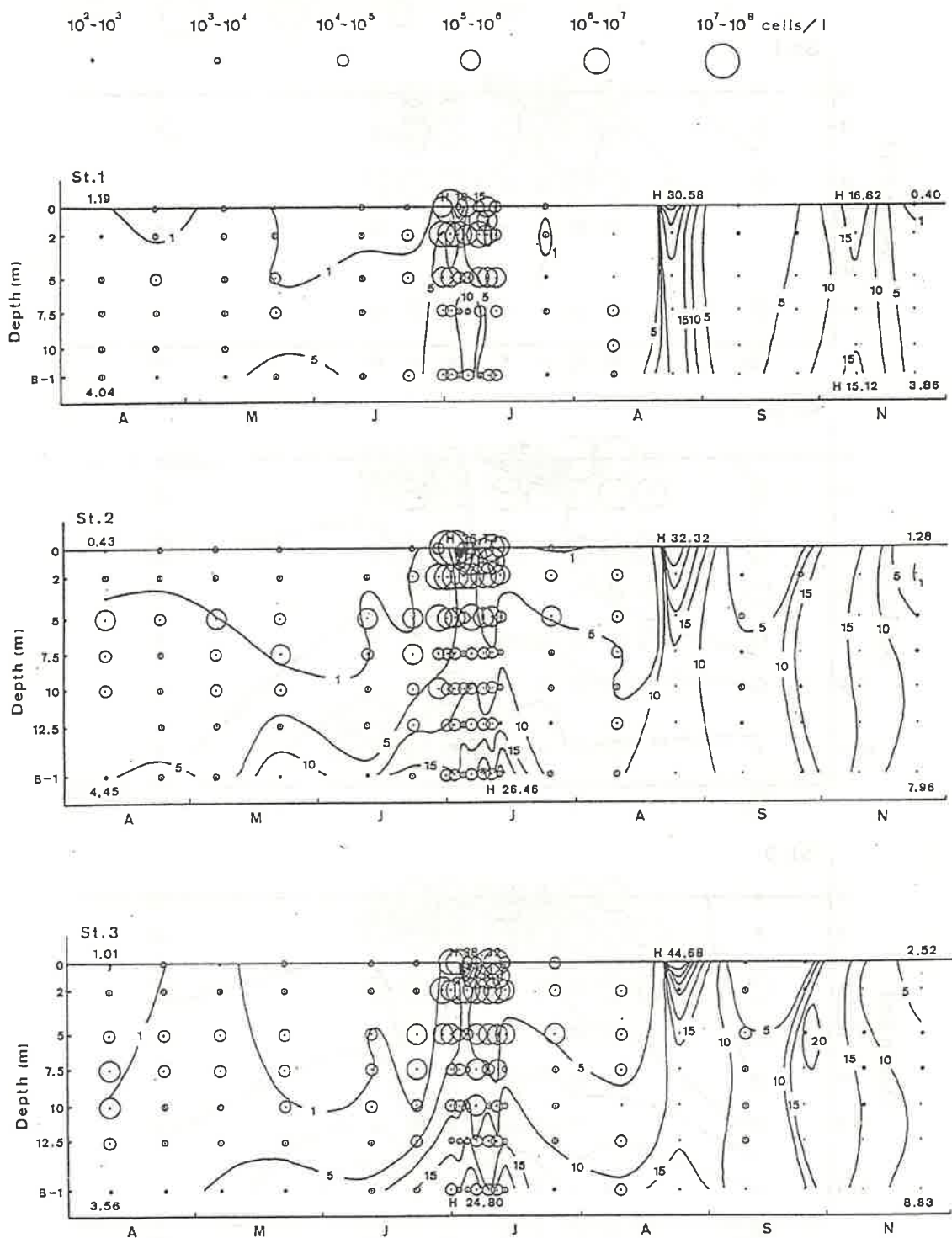


図-19 D I N濃度 ($\mu\text{g-at/l}$) と *G.nagasakiense* 出現状況の推移

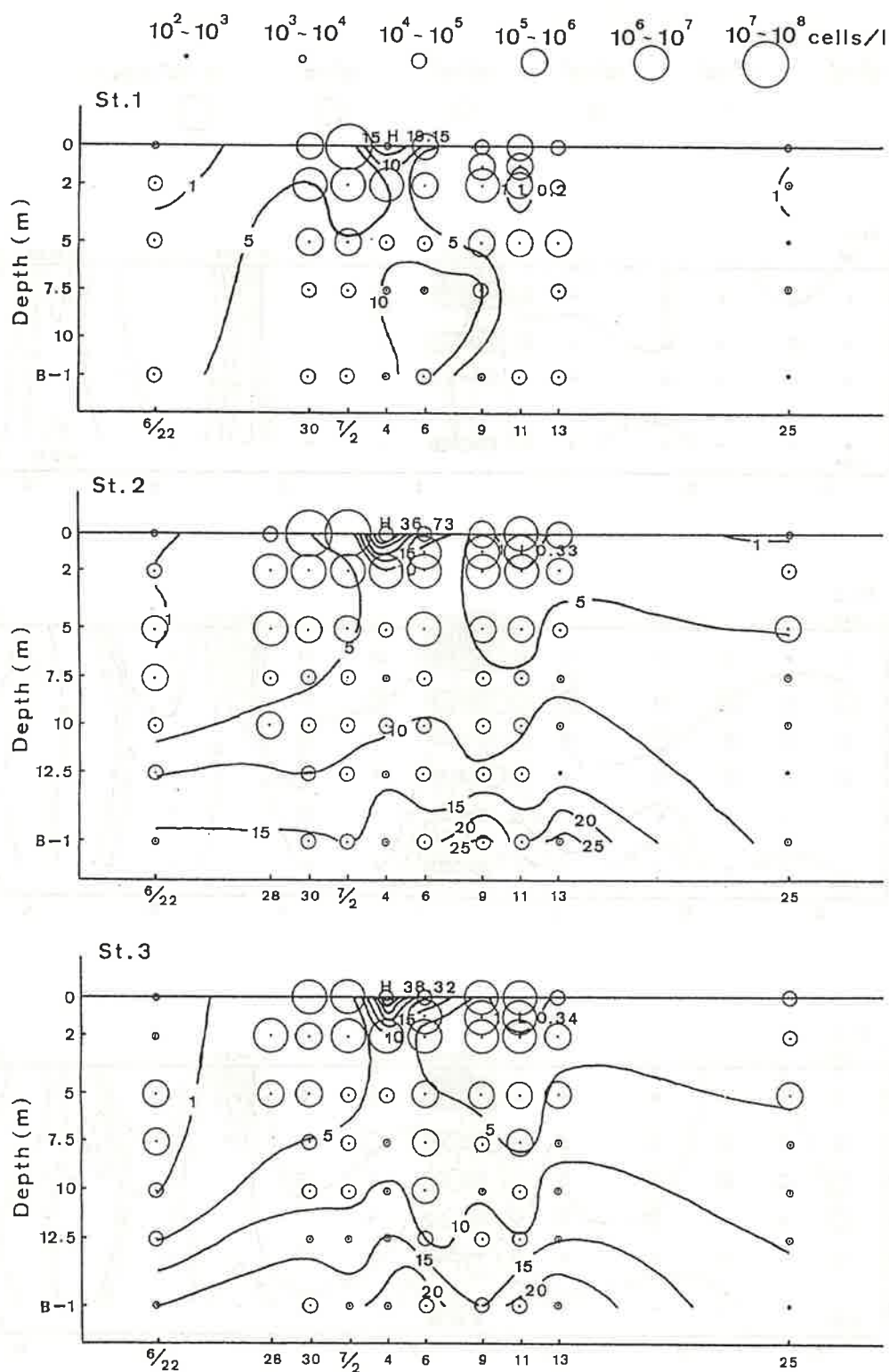


図-20 DIN濃度 ($\mu\text{g-at/l}$) と *G. nagasakiense* 出現状況の推移 (連続調査)

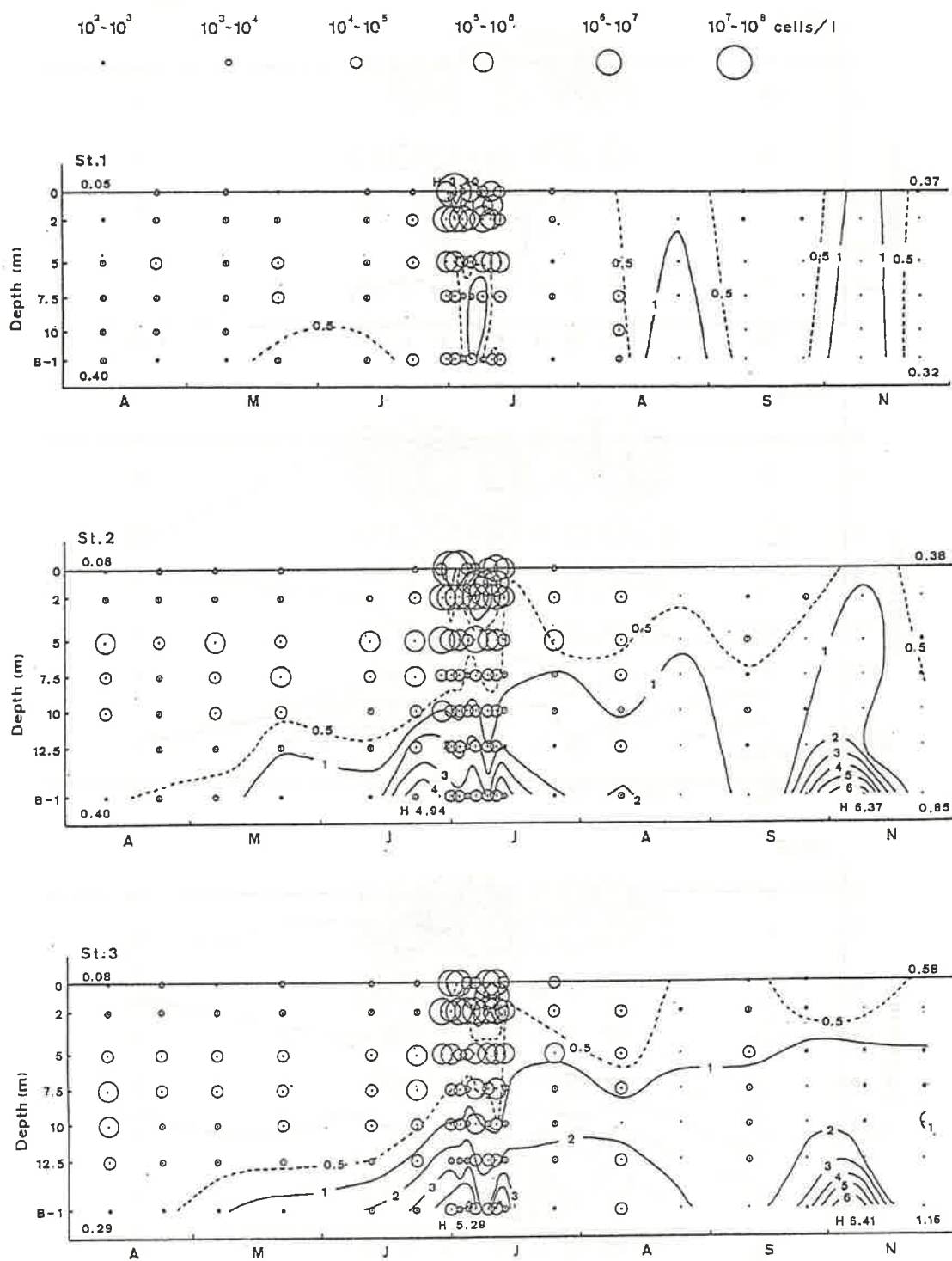


図-21 PO₄-P濃度 (μg-at/l) と *G.nagasakiense* 出現状況の推移

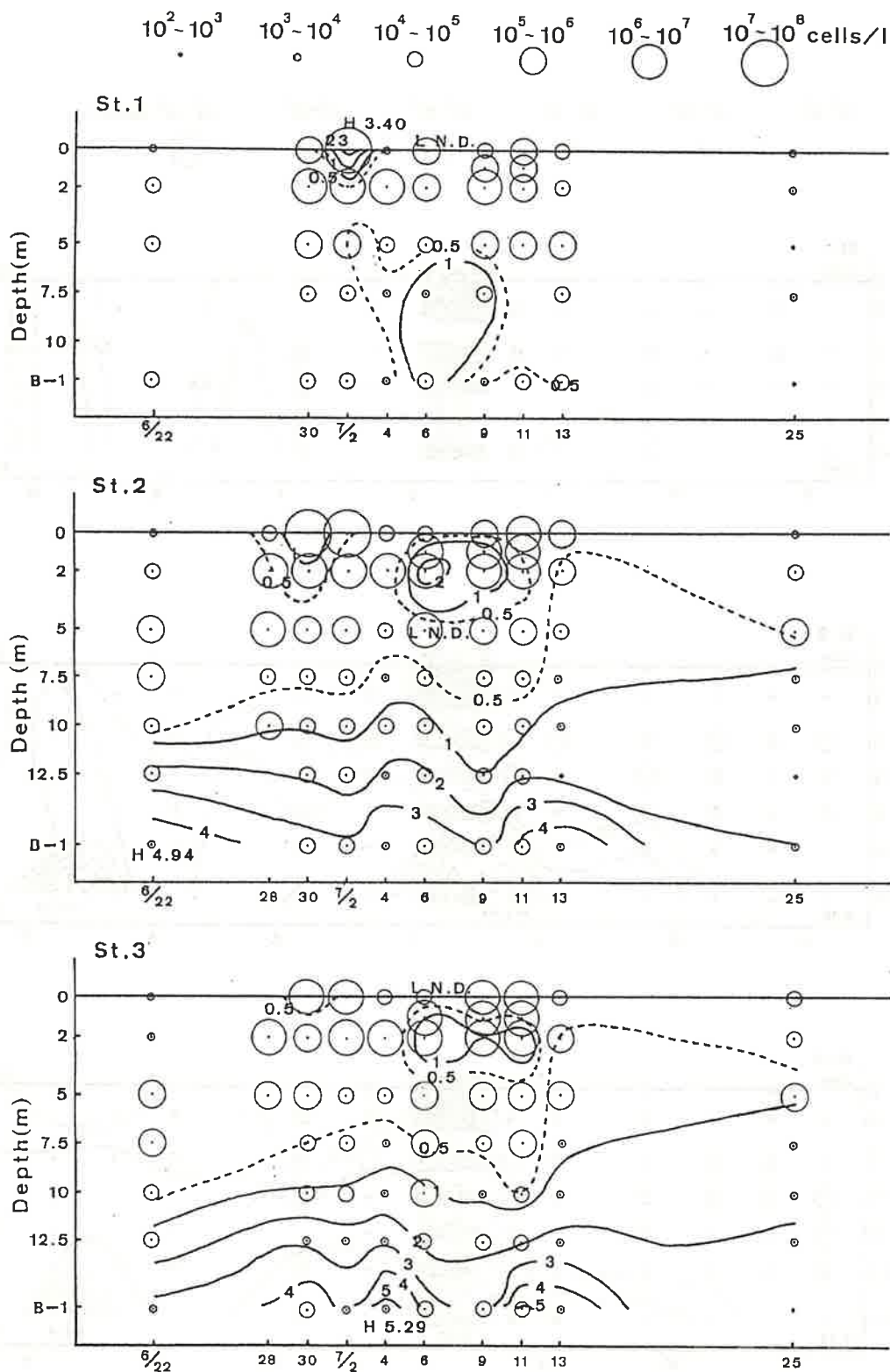


図-22 PO_4-P 濃度 ($\mu g-at/l$) と *G. nagasakiense* 出現状況の推移 (連続調査)

Ⅲ 要 約

1. 赤潮プランクトンの一種である *Gymnodinium nagasakiense* の増殖と貧酸素水塊との関係を知るため、4月から10月の間、月2回、浦ノ内湾の7定点において貧酸素水塊の形成状況と *G.nagasakiense* の出現状況を調査した。また、赤潮発生時に湾内3定点において連続調査を実施した。
2. 湾内のDO鉛直分布についてみると、4月から明瞭な成層化が認められ、6月下旬から10月上旬にかけて2ppm以下の貧酸素水塊が形成されたが、10月下旬には上下混合による成層の破壊によって消失した。
3. 7月下旬から8月上旬にかけて、及び9月上旬の大潮時には、湾外海水の底層部への差し込みがあり底層のDO濃度は回復した。
4. *G.nagasakiense* は調査を開始した4月からSt.2及び3の中層で 10^4 cells/lを越える濃度で分布が認められ、6月30日から7月13日にかけて湾内全域で赤潮を形成した。その後急激に減少し、10月には全定点において 10^3 cells/l以下の濃度となった。
5. 赤潮の出現期間中、DOが2ppm以下の水塊にも 10^4 cells/lを越える濃度で分布が認められ、本藻の貧酸素水に対する適応性が示唆された。
6. 赤潮発生直前から初期にかけて貧酸素水塊の発生に伴う底層から中層域のDOの減少があり、また貧酸素水塊の出現による底泥からの栄養塩の溶出が本藻の増殖に影響を及ぼした可能性が示唆された。
7. DO以外の環境要因と *G.nagasakiense* の関係は次の通りであった。

1) 水温との関係

16.1～30.6℃の広い範囲に出現し、 10^6 cells/l以上の分布も23.6～30.6℃の比較的広い範囲に認められた。赤潮発生直前の表層水温の急激な低下が赤潮の急激な発生と表層への浮上を引き起こした可能性が示された。

2) 塩分との関係

11.5～33.1‰の極めて広い範囲に出現し、 10^6 cells/l以上の分布も22.2～30.0‰と比較的広い範囲に認められた。

3) DIN濃度との関係

0.24～38.32 $\mu\text{g-at/l}$ の広い範囲に認められたが、高密度分布域は比較的低濃度の範囲であった。

4) PO₄-P濃度との関係

N.D.～5.29 $\mu\text{g-at/l}$ の比較的広い範囲に出現したが、概して0.5 $\mu\text{g-at/l}$ 以下の低濃度域に

分布が認められた。

Ⅳ 3年間のとりまとめ

1988年から1990年に浦ノ内湾で行った貧酸素水塊と *G.nagasakiense* 赤潮との関連調査から以下のことが明らかになった。

1. 浦ノ内湾における貧酸素水塊は、いずれの年も6月中旬から下旬にかけて湾中央部の底層を中心に出現し、形成時の底層水温は21℃前後、表層塩分は21～27‰台とやや低めであった。
2. 貧酸素水塊は10月に湾内水の鉛直混合によって消滅したが、出現期間中の消長は湾外水の差し込みと成層化の進行によって支配され、特に差し込み後には差し込み前よりもその規模が拡大した。
3. 貧酸素水塊の浮上は降雨時または降雨直後によく認められ、降水量の多寡と浮上の規模がよく相関した。また、潮位差の拡大する時期に浮上し、減少する時期に改善される傾向が認められた。
4. *G.nagasakiense* は浦ノ内湾では周年にわたって遊泳細胞の分布が認められ、'89年には7月下旬～8月上旬、'90年には6月下旬～7月中旬にかけて湾全域で赤潮を形成した。
5. 本藻は1ppm以下の著しい貧酸素水塊中にも 10^4 cells/l以上の分布がしばしば見られ、本藻の貧酸素水に対する適応性が示唆された。
6. '89年及び'90年の赤潮発生直前から発生初期にかけて貧酸素水塊の浮上に伴う底泥からの栄養塩の溶出があり、'88年にも細胞数の急激な増加に際しては前駆的に同様の現象がみられ、このことが本藻の増殖に影響を及ぼした可能性が示された。
7. 本藻の分布は水温、塩分とも広い範囲に認められ、 10^4 cells/l以上の分布も比較的広範囲であった。
8. 本藻はDIN、 PO_4-P 濃度の広い範囲に分布が認められたが、 10^4 cells/l以上の分布は比較的低濃度の水域に認められた。

Ⅴ 文 献

1. 飯塚 昭二 (1989) : 無酸素化現象と *Gymnodinium* 赤潮との関連に関する研究, 昭和63年度赤潮対策技術開発試験報告書
2. 宗景 志浩・木村 晴保 (1989) : 浦の内湾のDO収支と貧酸素水塊の形成及び消滅機構, 海岸工学論文集, 第36巻, pp.864～868.