

赤潮発生監視調査事業

漁場環境科 石川徹・石井功・荻田淑彦

1 一般調査

(1) 目的

赤潮発生海域を対象として、赤潮多発期に海洋調査を実施し、赤潮発生機構の解明および発生予察手法確立のための関連データの蓄積および漁業被害の未然防止と被害軽減対策を図る。

(2) 調査方法

1) 調査場所と定点

対象海域である浦ノ内湾と野見湾の調査定点の位置を図1に示した。

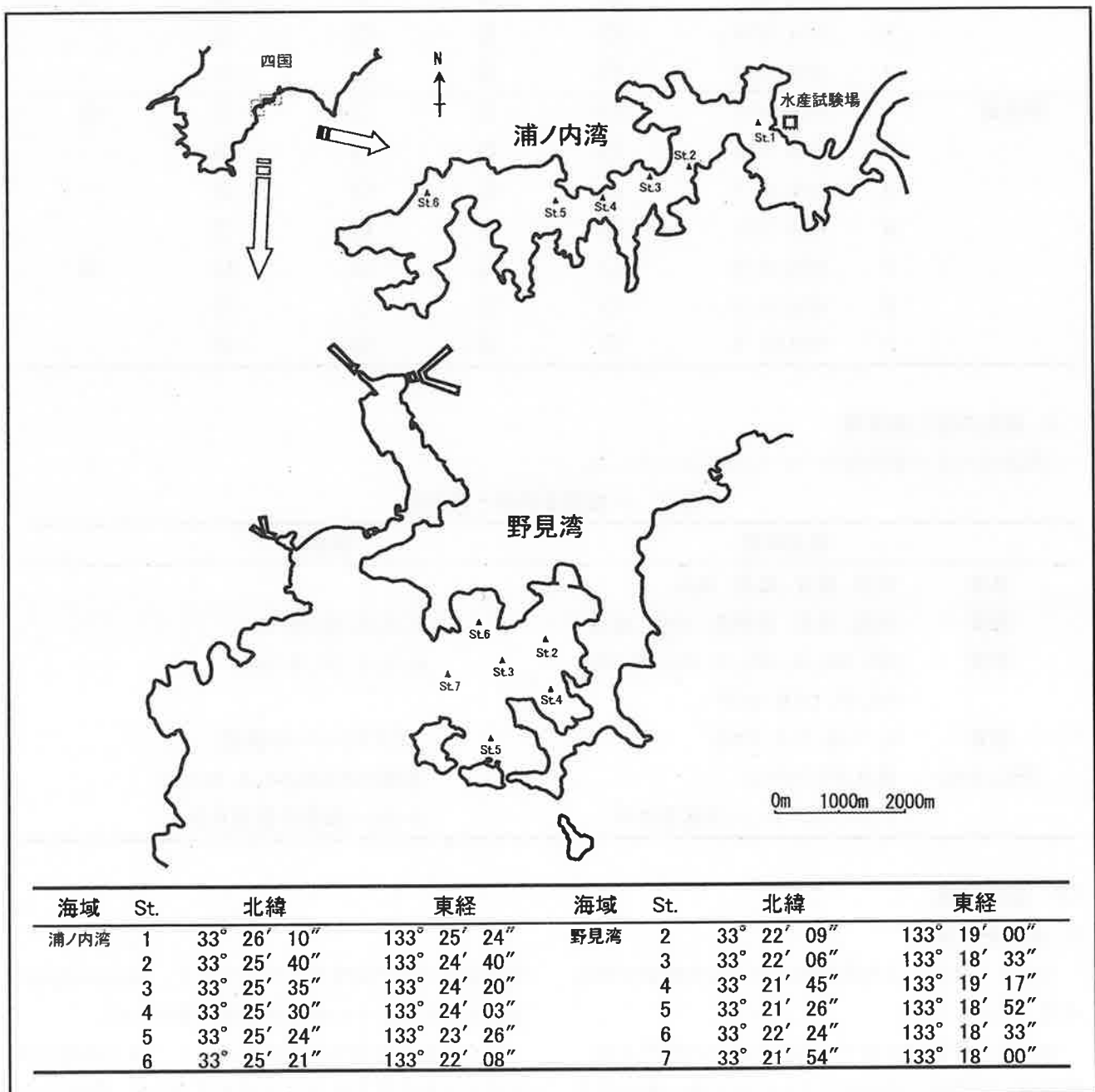


図1 浦ノ内、野見湾における赤潮調査定点

2) 調査月日と調査項目

一般調査月日と調査内容については表 1 に示した。

表 1 一般調査月日と調査内容

	回次	調査年月日	調査内容				
			気象	海象	水質	プランクトン	底質
浦ノ内湾	1	H14. 4.25	○	○	○	○	○
	2	H14. 5.23	○	○	○	○	
	3	H14. 6.19	○	○	○	○	
	4	H14. 7.17	○	○	○	○	
	5	H14. 8.21	○	○	○	○	○
	6	H14. 9.24	○	○	○	○	
	7	H14.10.15	○	○	○	○	
野見湾	1	H14. 4.11	○	○	○	○	○
	2	H14. 5. 9	○	○	○	○	
	3	H14. 6. 7	○	○	○	○	
	4	H14. 7.11	○	○	○	○	
	5	H14. 8. 8	○	○	○	○	○
	6	H14. 9. 5	○	○	○	○	
	7	H14.10. 9	○	○	○	○	

3) 調査内容と観測層

一般調査内容と観測層については表 2 に示した。

表 2 一般調査内容と観測層

調査内容		観測層
気象	天候、雲量、風向、風力	
海象	水温、塩分、透明度、水色、水深	0、2、5、10、B-1m
水質	DO、NH ₄ -N、NO ₂ -N、NO ₃ -N、DIN、 PO ₄ -P、DON、DOP	0、2、5、10、B-1m
底質	IL、T-N、T-S、COD	(エクマンバージ採泥)
プランクトン	採水プランクトン	表層(ST.3のみ0、5、B-1m)
	ネットプランクトン(沈澱量のみ)	B-2m～表層の垂直曳き

(3) 調査結果

1) 赤潮発生状況

平成 14 年度の土佐湾海域における赤潮発生状況を表 3 に示した。

赤潮発生件数は 6 件で、内訳は浦ノ内湾が 4 件、野見湾(須崎湾、桜川河口含む)が 1 件、浦戸湾が 1 件発生し、前年の発生件数 11 件より 5 件少なかった。

構成種は 7 種で前年より 2 種少なく、*Heterosigma akashiwo* を含むものが 4 件と最も多かった。

それぞれの赤潮発生状況を見ると、浦ノ内湾では平成 14 年 5 月 20 日～5 月 27 日に *H. akashiwo* による最高細胞数 36,000 cells/ml の赤潮が発生した。

7月8日～8月6日に*H. akashiwo*、*Heterocapsa circularisquama*、*Fibrocapsa japonica*、*Cochlodinium polykrikoides*、*Gymnodinium mikimotoi*による混合赤潮が発生し、最高細胞数は*G. mikimotoi*の35,500 cells/mlであった。また、8月17日～23日にかけては*Chattonella antiqua*、*Chattonella marina*による2種混合赤潮が発生し、最高細胞数は両種併せて（2種の区別が困難であったため）4,100 cells/mlを数え、養殖ハマチ当歳魚1,100尾に被害を及ぼした。8月23日～9月2日にかけて*H. circu*

*-larisquama*による最高細胞数21,480 cells/mlの赤潮が発生し同湾内のアサリに被害（金額不明）を生じ、魚介類の移動禁止措置が執られた。

野見湾では、5月16日～23日に最高細胞数 9,340 cells/mlの*H. akashiwo*による赤潮が発生した。

その他の海域では、浦戸湾で平成15年3月7日～4月9日まで*H. akashiwo*による最高細胞数 450,000 cells/mlの赤潮が発生したが、当該海域では養殖漁業が行われてないこともあり、漁業被害の発生は確認できなかった。

表3 赤潮発生状況（平成15年4月30日現在）

赤潮 NO.	赤潮 発生日	赤潮 終息日	赤潮発生 海域	赤潮構成種	最高細胞数 (cells/ml)	漁業被害 の有無	備考
1	5/16	5/23	野見湾 桜川河口	<i>Heterosigma akashiwo</i>	9340	無	
2	5/20	5/27	浦ノ内湾	<i>Heterosigma akashiwo</i>	36000	無	
3	7/8	8/6	浦ノ内湾	<i>Heterosigma akashiwo</i> <i>Heterocapsa circularisquama</i> <i>Fibrocapsa japonica</i> <i>Cochlodinium polykrikoides</i> <i>Gymnodinium mikimotoi</i>	17800 8 1616 18 35500	無	
4	8/17	8/23	浦ノ内湾	<i>Chattonella antiqua</i> <i>Chattonella marina</i>	両種併せて 4100	有	ハマチ当歳魚 1,100尾斃死。
5	8/23	9/2	浦ノ内湾	<i>Heterocapsa circularisquama</i>	21480	有	天然アサリに斃死 が認められる。 魚介類の移動禁 止措置を執る。
6	3/7	4/9	浦戸湾	<i>Heterosigma akashiwo</i>	450,000	無	

2) 浦ノ内湾

①気象

須崎地方の平成14年の気象データ（月別平均気温、月別積算日照時間、月別積算降水量）を図2に示した。

月別平均気温は7.7（1月）～27.7℃（8月）の範囲にあり、10、11月を除き平年値（S54～H13年の平均値、以下気象データに関しては同じ）より高めに推移した。特に3～5月は1.4℃以上高かった。

年間総日照時間は1,965時間で平年値より55時間少なく、月別累積日照時間は134時間（7月）～216時間（3月）の範囲にあり、3、6、8、9、10月を除き平年値より短めに推移した。特に、4月の

日照時間は平年値よりも44時間短かった。

年間総降水量は、2,253mmで平年値より367mm少なかった。月別累積降水量は31mm（2月）～439mm（9月）の範囲にあり、1、3、5、9、12月を除き平年値より少なめに推移した。特に、6、10月は、平年値より100mm以上少なかった。

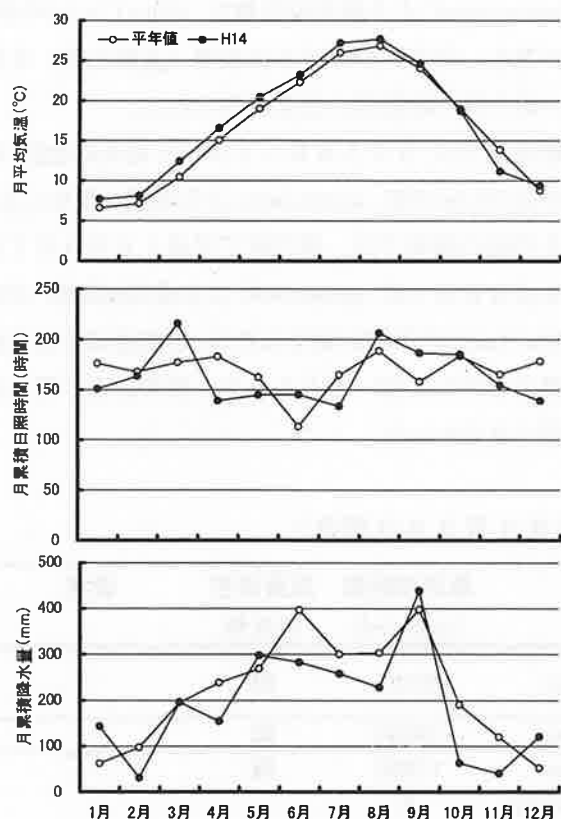


図2 須崎市の気象（気温、日照時間、降水量）
（高知地方気象台アメダス観測資料）

②海象

i. 透明度

調査期間中（4～10月）の浦ノ内湾（全6定点平均値）における透明度の推移を図3に示した。

透明度は1.9（8月）～5.1m（10月）の範囲にあり、6、10月を除き平年（S59～H13年までの平均値、以下同じ）より低めに推移した。特に4月は平年値を1.2m下回った。

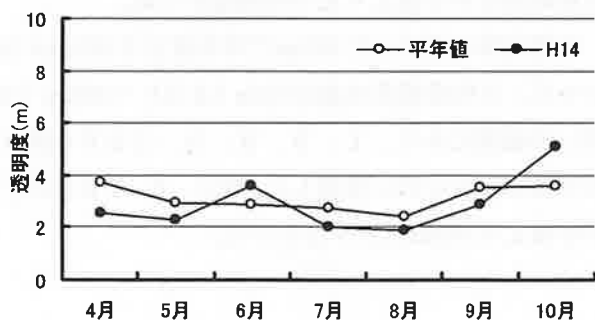


図3 浦ノ内湾の透明度の推移

ii. 水温

水温（全6定点平均値）の推移を図4に示した。

表層（0m層）は18.7（4月）～29.2℃（8月）の範囲にあり、8、9月を除き平年より高めに推移した。特に、5、6、10月は平年値より1℃以上高かった。

中層（5m層）は18.1（4月）～28.9℃（8月）の範囲にあり、全ての月で平年より高めに推移した。特に5～7月は平年値より1℃以上高かった。

底層（B-1m層）は17.3（4月）～27.6℃（8月）の範囲にあり、9月を除き平年より高めに推移した。特に6、7月は平年値より1℃以上高かった。

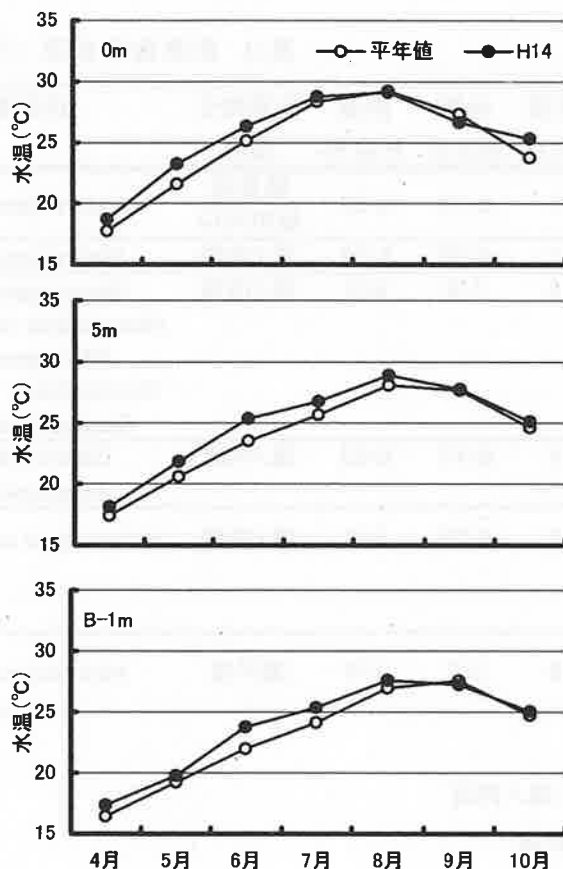


図4 浦ノ内湾の水温の推移

iii. 塩分

塩分（全6定点平均値）の推移を図5に示した。

表層（0m層）は26.6（5月）～32.4（6月）の範囲にあり、5月を除き平年より高めに推移した。特に、6月は平年値より6.2高くなった。

中層（5m層）は31.2（9月）～33.2（6月）の範囲にあり、全ての月で平年より高めに推移した。特に、6、8、10月は平年値より1以上高かった。

底層（B-1m層）は、31.9（9月）～33.3（4月）

の範囲で推移し、全ての月で平年より高めに推移した。特に、6、7月は平年値より1以上高かった。

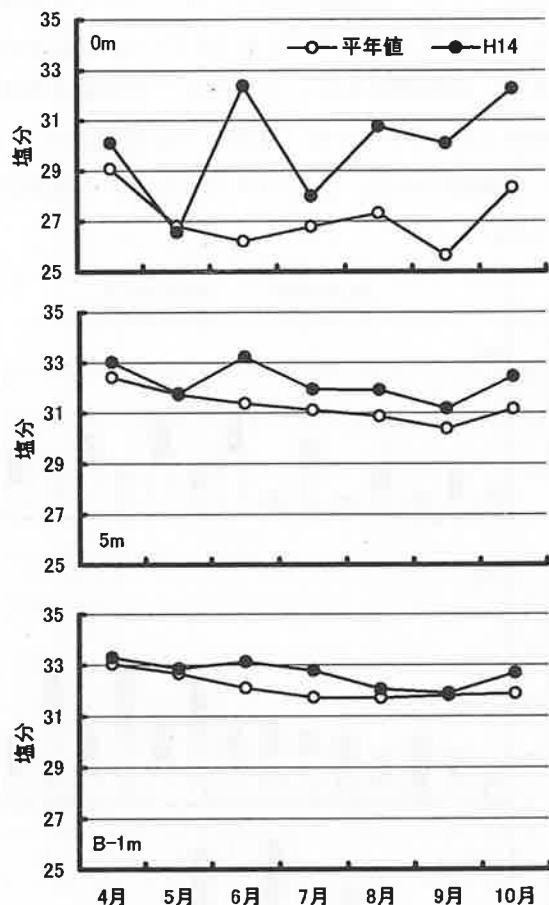


図5 浦ノ内湾の塩分の推移

③水質

i. 溶存酸素量 (DO)

溶存酸素量(全6定点平均値)の推移を図6に示した。

表層(0m層)は4.4(9月)～7.4ml/l(5月)の範囲にあり、5、7、8月を除き平年より低めに推移した。特に6、9月は平年値より1.3ml/l以上低くなった。

中層(5m層)は2.1(8月)～4.7ml/l(4月)の範囲で推移し、10月を除き平年より低めに推移した。特に、5月は平年値より1.4ml/l低くなった。

底層(B-1m層)は0.8(8月)～3.5ml/l(9月)の範囲にあり、9月を除き平年より低めに推移した。特に5月は平年値より1.1ml/l低かったが、9月は1.8ml/l高くなった。

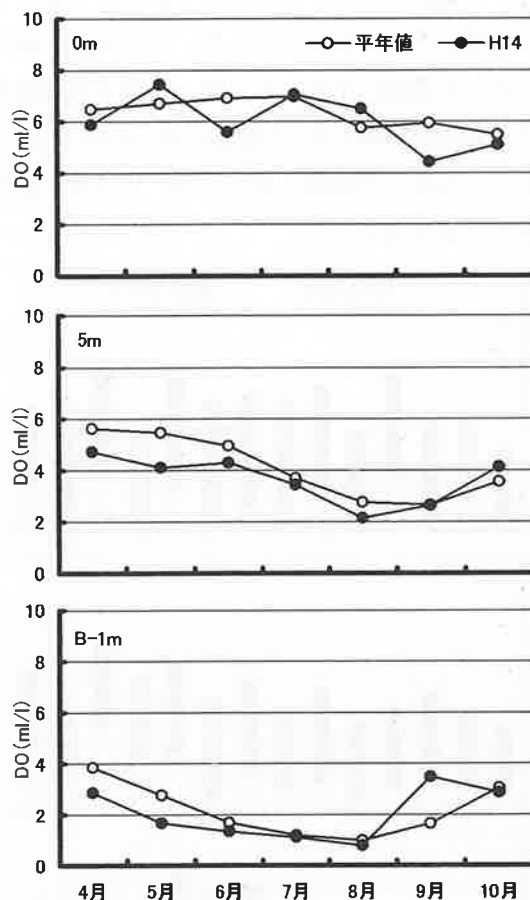


図6 浦ノ内湾の溶存酸素量(DO)の推移

ii. 栄養塩濃度

栄養塩濃度(全6定点平均値)の推移を図7、8に示した。

表層(0m層)の溶存態無機窒素(DIN)は1.09(6月)～2.16 $\mu\text{g-at/l}$ (7月)の範囲にあり、全ての月で平年値より低かった。溶存態有機窒素(DON)は6.35(4月)～11.21 $\mu\text{g-at/l}$ (8月)の範囲にあり、10月を除き平年値より高めに推移した。溶存態総窒素(T-N)は7.85(4月)～12.56 $\mu\text{g-at/l}$ (7月)の範囲にあり、全ての月で平年値より低めであった。

中層(5m層)のDINは1.18(6月)～4.99 $\mu\text{g-at/l}$ (9月)の範囲にあり、5月を除き平年値より低めに推移した。DONは6.61(4月)～9.54 $\mu\text{g-at/l}$ (8月)の範囲にあり、8月を除き平年値より低めに推移した。T-Nは8.29(4月)～13.07 $\mu\text{g-at/l}$ (9月)の範囲にあり、5月を除き平年値より低めに推移した。

底層(B-1m層)のDINは4.31(9月)～10.41 $\mu\text{g-at/l}$

(5月)の範囲にあり、4、5月を除き平年値より低めに推移した。DONは 5.97 (4月)～ $12.49 \mu\text{g-at/l}$ (10月)の範囲にあり、5、8、10月を除き平年値より低めに推移した。T-Nは 11.33 (9月)～ $19.74 \mu\text{g-at/l}$ (8月)の範囲にあり、5、10月を除き平年値より低めであった。

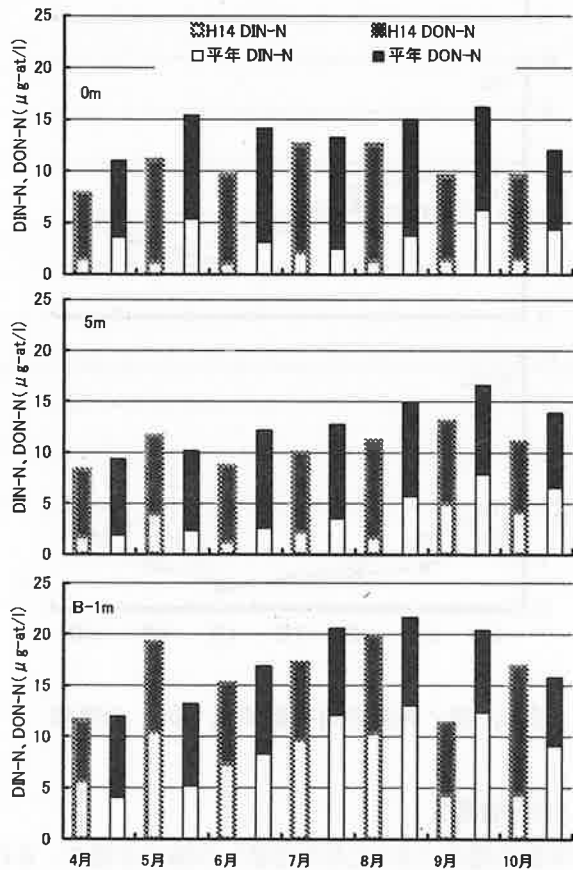


図7 浦ノ内湾の栄養塩(N)の推移

表層(0m層)の溶存態無機リン(DIP)は 0.11 (6月)～ $0.38 \mu\text{g-at/l}$ (9月)の範囲にあり、10月を除き平年値より低めに推移した。溶存態有機リン(DOP)は 0.05 (9月)～ $0.17 \mu\text{g-at/l}$ (10月)の範囲にあり、全ての月で平年値より低めに推移した。溶存態総リン(T-P)は 0.17 (6月)～ $0.51 \mu\text{g-at/l}$ (10月)の範囲にあり、DIPと同様に6月を除き平年値より低めに推移した。

中層(5m層)のDIPは 0.14 (4月)～ $0.70 \mu\text{g-at/l}$ (10月)の範囲にあり、4～6月を除き平年値より高めに推移した。DOPは 0.15 (4月)～ $0.55 \mu\text{g-at/l}$ (9月)の範囲にあり、4月を除き平年値より高めに推移した。T-Pは 0.29 (4月)～ $1.15 \mu\text{g-at/l}$ (9月)の範囲にあり、4、6月を除き平年値より低め

に推移した。

底層(B-1m層)のDIPは 0.36 (4月)～ $2.57 \mu\text{g-at/l}$ (7月)の範囲にあり、全ての月で平年値より高めに推移した。DOPは 0.41 (9月)～ $2.48 \mu\text{g-at/l}$ (8月)の範囲にあり、全ての月で平年値より高めに推移した。T-Pは 0.81 (4月)～ $4.93 \mu\text{g-at/l}$ (7月)の範囲にあり、全ての月で平年値より低めに推移した。

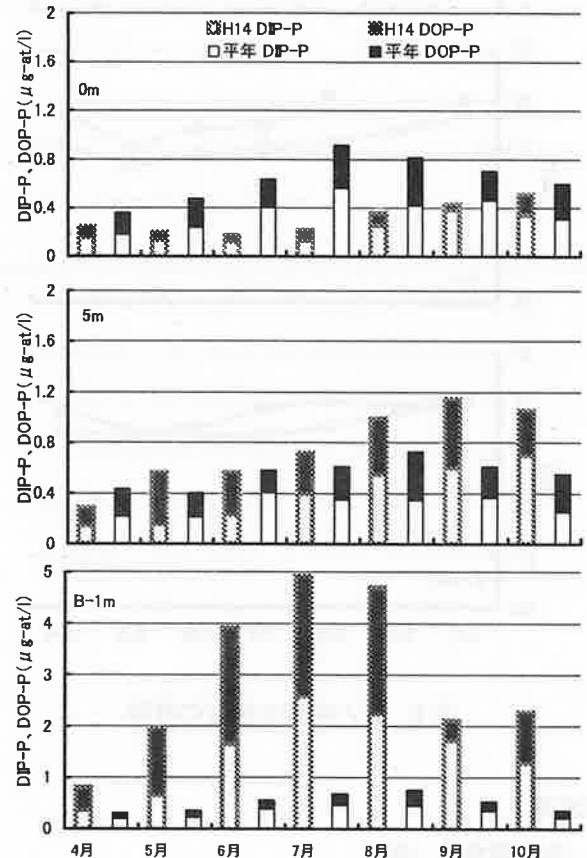


図8 浦ノ内湾の栄養塩(P)の推移

iii. クロロフィル-a量

浦ノ内湾(全6定点平均値)における0、5、B-1m層のクロロフィル-a量の推移を図9に示した。

表層(0m層)は 3.0 (10月)～ $13.2 \mu\text{g/l}$ (8月)、中層(5m層)は 7.4 (6月)～ $13.3 \mu\text{g/l}$ (8月)、底層(B-1m層)は 0.4 (5月)～ $5.0 \mu\text{g/l}$ (7月)の範囲にあった。

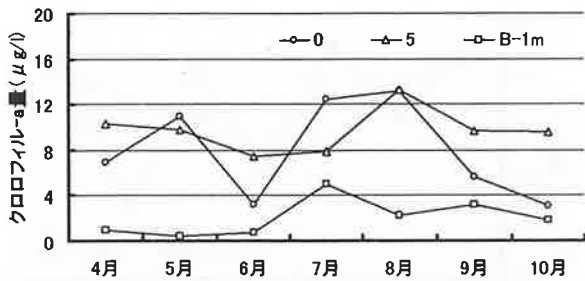


図9 浦ノ内湾のクロロフィル-a量の推移

④プランクトン

月別の優占種と最高細胞数についてみると、4月は微小藻類で計数不能、5月は*H. akashiwo*で3,220 cells/ml、6月は*Chaetoceros spp.*で3,160 cells/ml、7月は*F. japonica*で954 cells/ml、8月は*Leptocylindrus spp.*で19,220 cells/ml、9月も*Leptocylindrus spp.*で18,280 cells/ml、10月は*Ps-eudonitzschia spp.*で2,640 cells/mlであった。

調査時における有害(有毒)プランクトンの最高出現数は、4月に*H. akashiwo*が24 cells/ml、5月に*H. akashiwo*が3,220 cells/mlおよび*Alexandrium catenella*が2 cells/ml、6月に*H. circularisquama*が14 cells/ml、*H. akashiwo*が2 cells/mlおよび*G. mikimotoi*が4 cells/ml、7月に*H. akashiwo*が20 cells/ml、*G. mikimotoi*が50 cells/ml、*Gymnodinium breve*が2 cells/ml、*C. polykrikoides*が18 cells/mlおよび*H. circularisquama*が6 cells/ml、8月に*Chattonella spp.*が470 cells/ml、*H. circularisquama*が260 cells/ml、*H. akashiwo*が2 cells/ml、*G. breve*が2 cells/mlおよび*G. mikimotoi*が2 cells/ml、9月に*H. circularisquama*が14 cells/mlおよび*H. akashiwo*が8 cells/ml、10月に*H. circularisquama*が2 cells/mlであった。

3) 野見湾

①海象

i. 透明度

調査期間中(4~10月)の野見湾(全6定点平均)における透明度の推移を図10に示した。

透明度は3.5(7月)~7.5m(10月)の範囲にあり、4、7、9月を除き平年より高めに推移した。特に6、10月には平年値(S59~H13年までの平均

値、以下同じ)より2m以上高くなった。

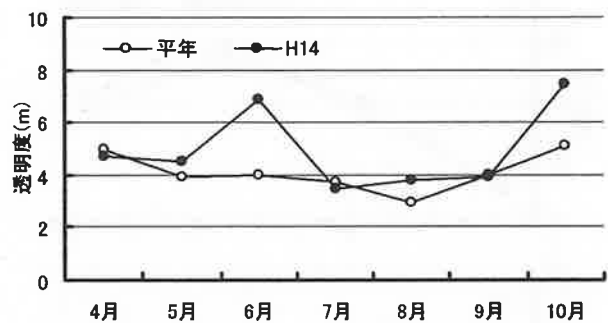


図10 野見湾の透明度の推移

ii. 水温

野見湾(全6定点平均)における0、5、B-1m層での水温の推移を図11に示した。

表層(0m層)は17.6(4月)~29.6℃(8月)の範囲にあり、4、7月を除き平年より高めに推移した。特に9、10月には平年値より1.5℃以上高くなった。

中層(5m)は17.7(4月)~28.3℃(8月)の範囲にあり、4月を除き平年より高めに推移した。特に6月には平年値より1.7℃高くなった。

底層(B-1m)は17.6(4月)~27.3℃(9月)の範囲にあり、4、8月を除き平年より高めに推移した。特に6月には平年値より1.4℃高くなった。

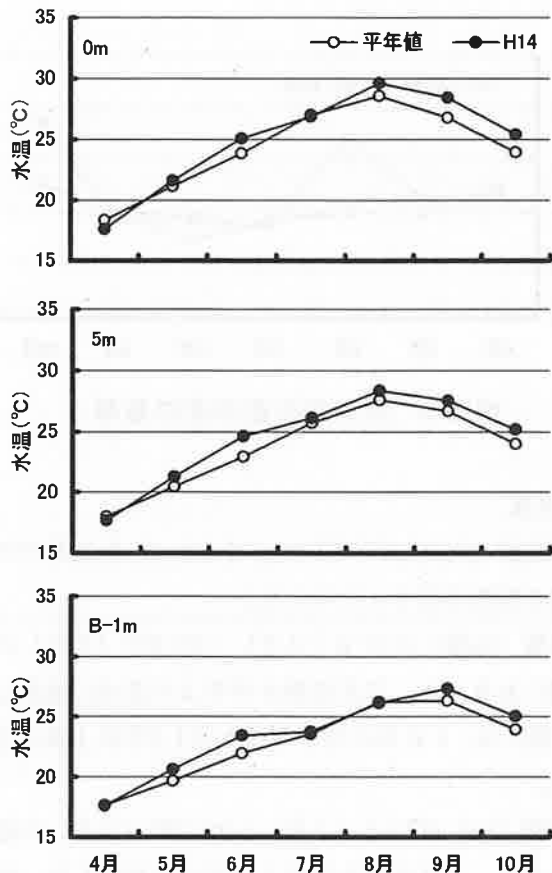


図 1 1 野見湾の水温の推移

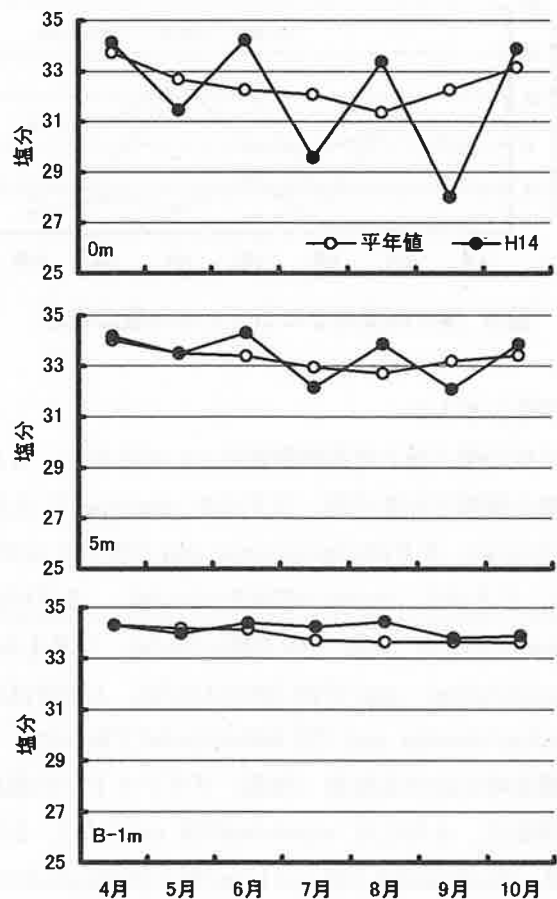


図 1 2 野見湾の塩分の推移

iii. 塩分

野見湾（全6定点平均）における0、5、B-1m層での塩分の推移を図12に示した。

表層（0m）は28.0（9月）～34.2（6月）の範囲にあり、5、7、9月を除き平年より高めに推移した。特に6、8月には平年値より2以上高くなったが9月には4.2低くなった。

中層（5m）は32.1（9月）～34.3（6月）の範囲にあり、5、7、9月を除き平年よりやや高めに推移し、大きな差は見られなかった。

底層（B-1m）は33.8（9月）～34.4（8月）の範囲にあり、5月を除き平年よりやや高めに推移し、大きな差は見られなかった。

②水質

i. 溶存酸素量（DO）

溶存酸素量（全6定点平均）の推移を図13に示した。

表層（0m）は3.6（10月）～5.7ml/l（4月）の範囲にあり、5～7月を除き平年より高めに推移した。特に5～7月には平年値より0.7ml/l以上低くなった。

中層（5m）は3.2（9月）～5.1ml/l（4月）の範囲にあり、5、9月を除き平年より高めに推移した。特に8月には1.0ml/l高くなった。

底層（B-1m）は3.0（9月）～4.6（4月）の範囲にあり、6、9月を除き平年より高めに推移した。特に8月には0.5ml/l高くなったが、6月は0.5ml/l低くなった。

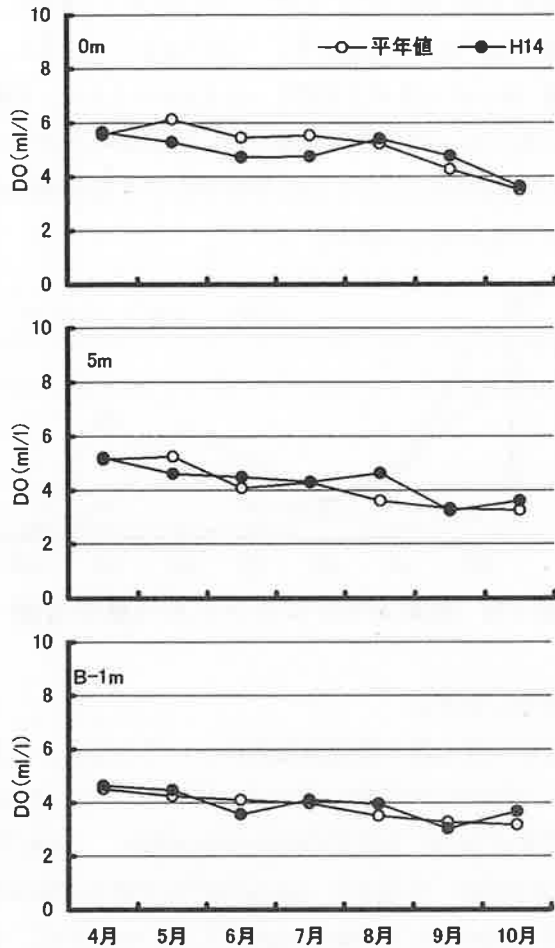


図 13 野見湾の溶存酸素量の推移

ii. 栄養塩濃度

栄養塩濃度（全6定点平均）の推移を図 14、15 に示した。

表層（0m）のDINは0.62（8月）～10.80 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、5、7月を除き平年より低めに推移した。DONは7.12（7月）～11.79 $\mu\text{-at/l}$ （8月）の範囲にあり、4、6、7月を除き平年より高めに推移した。T-Nは8.59（4月）～21.07 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、5、7、8月を除き平年より低めに推移した。

中層（5m）のDINは0.97（8月）～11.20 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、5月を除き平年より低めに推移した。DONは7.63（4月）～10.27 $\mu\text{g-at/l}$ （8月）の範囲にあり、4～6月を除き平年より高めに推移した。T-Nは9.79（4月）～21.17 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、5、9月を除き平年より低めに推移した。

底層（B-1m）のDINは3.50（8月）～10.86 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、5月を除き平年より低めに推移した。DONは6.19（7月）～9.59 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、4月を除き平年より高めに推移した。T-Nは9.97（7月）～20.45 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、5月を除き平年より低めに推移した。

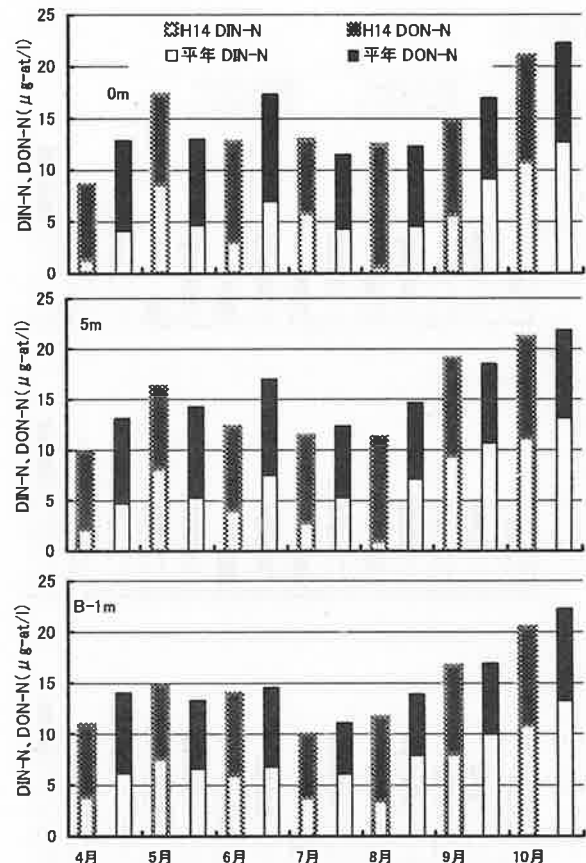


図 14 野見湾の栄養塩(N)の推移

表層（0m）のDIPは0.05（9月）～0.95 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、5、10月を除き平年より低めに推移した。DOPは0.12（10月）～0.315 $\mu\text{g-at/l}$ （8月）の範囲にあり、全ての月で平年より低めに推移した。T-Pは0.23（7月）～1.07 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、全ての月で平年より低めに推移した。

中層（5m）のDIPは0.10（7月）～0.98 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、5、10月を除き平年より低めに推移した。DOPは0.11（10月）～0.37 $\mu\text{g-at/l}$ （8月）の範囲にあり、全ての月で平年より低めに推移した。T-Pは0.33（7月）～1.10 $\mu\text{g-at/l}$ （10月）の範囲にあり、全ての月で平年より低めに推移した。

に推移した。

底層 (B-1m) のDIPは0.34 (7月) ~1.24 $\mu\text{g-at/l}$ (9月) の範囲にあり、7、8、10月を除き平年より高めに推移した。DOPは0.10 (9月) ~0.21 $\mu\text{g-at/l}$ (8月) の範囲にあり、全ての月で平年より低めに推移した。T-Pは0.52 (7月) ~1.34 $\mu\text{g-at/l}$ (9月) の範囲にあり、全ての月で平年より低めに推移した。

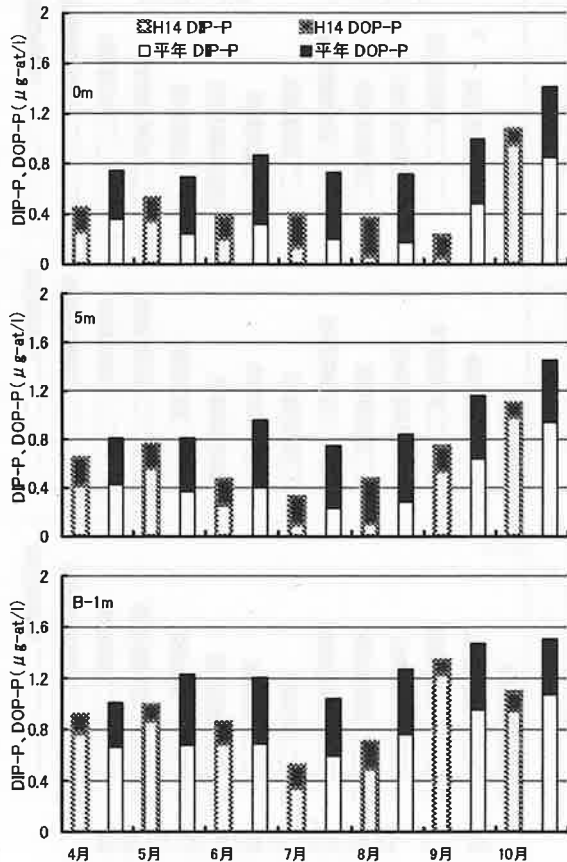


図 15 野見湾の栄養塩(P)の推移

iii. クロロフィル-a量

野見湾 (全6 定点平均) における0、5、B-1m層のクロロフィル-a量の推移を図 16 に示した。

表層 (0m) は0.5 (10月) ~11.2 $\mu\text{g/l}$ (4月)、中層 (5m) は0.8 (10月) ~16.2 $\mu\text{g/l}$ (4月)、底層 (B-1m) は0.6 (8月) ~1.9 $\mu\text{g/l}$ (4月) の範囲にあった。4月に表中層で高い値が見られたが、これは *Thalassiosira* spp. 等を中心とする珪藻の増殖によると考えられた。

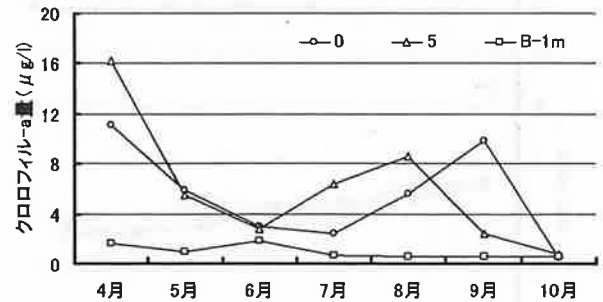


図 16 野見湾のクロロフィル-a量の推移

③プランクトン

月別の優占種と最高細胞数についてみると、4月は *S. costatum* で360cells/ml、5月も *S. costatum* で210cells/ml、6月は *Pseudonitzschia* spp. で300cells/ml、7月は *S. costatum* で5,250 cells/ml、8月は *Leptocylindrus* spp. で7,780 cells/ml、9月は *S. costatum* で690cells/ml、10月は *Chaetoceros* spp. で30cells/mlであった。

月別の有害(有毒)プランクトンの最高出現数は、4月に *A. catenella* が53cells/mlおよび *H. akashiwo* が32cells/ml、5月に *H. akashiwo* が8 cells/mlおよび *G. brevey* が2cells/ml、6月には *H. akashiwo* が2cells/ml、*G. mikimotoi* が2cells/mlおよび *G. brevey* が2cells/ml、7月には *Dinophysis acuminata* が2cells/mlおよび *H. akashiwo* が2cells/ml、8月には *H. akashiwo* が2cells/ml観察された。

2 臨時調査

(1) 目的

赤潮発生時に発生状況、環境条件等を把握するために行う。また、漁業者に対して得た情報を赤潮速報として提供する。

(2) 調査方法

1) 調査海域

高知県沿岸域

2) 調査点

適宜選定

3) 調査項目

プランクトン細胞数、水温、塩分、溶存酸素量、透明度他必要により適宜選択

4) 調査期間

平成14年4月1日～平成15年3月31日

(3) 調査結果（実績）

表3に示した赤潮が発生している時期を中心に調査期間中に21回の臨時調査を行い、その他の調査も含めて41回の赤潮情報の提供を行った。

3 連続調査

(1) 目的

赤潮発生の環境要因の解明および赤潮予察手法確立のために、漁業被害を伴うおそれのある、*G. mikimotoi*、*H. akashiwo*、*Chattonella* spp.、*H. circularisquama*などの赤潮発生時に海洋環境調査を行う。

(2) 調査方法

1) 調査海域

浦ノ内湾

2) 調査点

図1のST.3（光松）

3) 調査項目

プランクトン細胞数、水温、塩分、溶存酸素量、透明度他

4) 調査期間

平成14年7月1日～9月2日（計13回定期調査2回含む）

(3) 調査結果

連続調査期間中の湾中央部（ST.3）における、各層（0、2、5、10、B-1）の水温、塩分、DO（溶存酸素量）及び有害種を中心としたプランクトンの最高細胞数（水柱平均）の推移を図17に示した。

調査期間中プランクトンは大きく4つのグループの出現傾向を示した。平成14年7月上旬から中旬に出現した*H. akashiwo*（第一優占種）、*G. mikimotoi*、*C. polykrikoides*、*H. circularisquama*のグループⅠ、7月下旬から8月上旬に出現した*F. japonica*（第一優占種）、*G. mikimotoi*のグループⅡ、8月中旬に出現した*Chattonella* spp.のグループⅢ、8月下旬から9月上旬にかけての*H. circularisquama*のグループⅣに分けることが出来る。

これらを水温等の環境条件と比較すると、グループⅠは7月初旬の大潮による鉛直混合の後に発生し7月中旬の降水による表面塩分の低下の後に消滅した。グループⅡは表層塩分が低下した時期に入れ替わるように増殖したがこのときの中心は中層（2m以下）であった。この後、降雨があり表面塩分が若干低下した付近で終息している。グループⅢは8月中旬に発生し他の3グループと異なり夏季の比較的水質の安定した時期（成層期）に発生しているが、この後のグループⅣの増殖に押される形で終息した。グループⅣは先の8月下旬の大潮による鉛直混合の後に発生し、最も大規模で密度の高い増殖を見せたが9月上旬の降雨による表面塩分の低下の後急速に終息した。

特に、プランクトンの種については*H. circularisquama*は過去にも見られたように大潮後の鉛直混合の後に発生、*G. mikimotoi*は中層を中心に増殖し、比較的表面塩分の低下には強く、*Chattonella* spp.は夏季の水質安定時に発生する等の傾向が見られた。

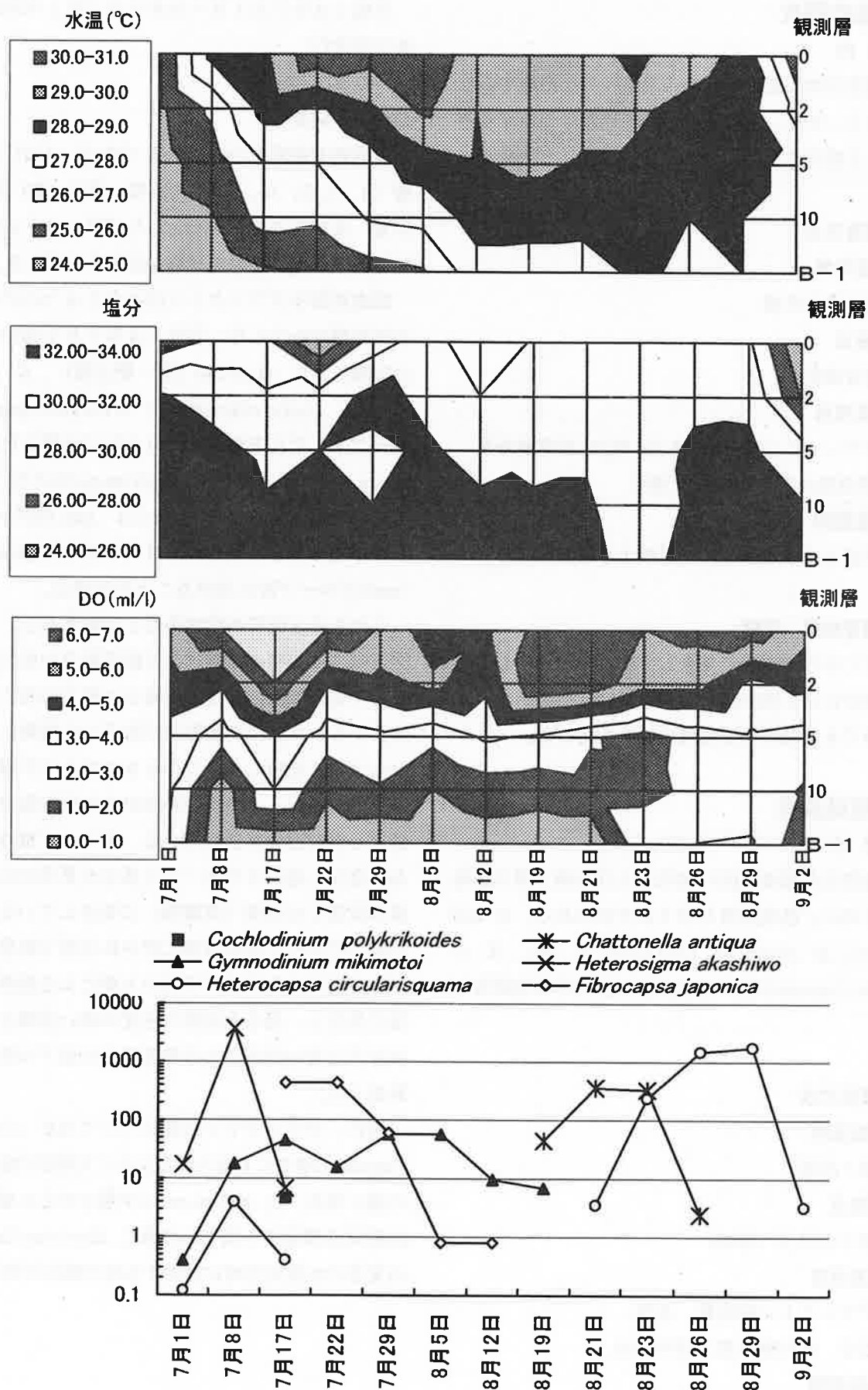


図 1 7 浦ノ内湾中央部における、水温、塩分、DO及びプランクトンの最高細胞数（水柱平均）の推移