

# 赤潮渦鞭毛藻 *Gymnodinium mikimotoi*

## の出現動向について

吉田 正雄・大塚 弘之・萩平 将

有害赤潮プランクトンである *Gymnodinium mikimotoi* (旧称 *G. nagasakiense*) は、昭和 40 年 8 月に *Gymnodinium* '65 年型種として長崎県の大村湾で初めて赤潮を形成して以来、本種による赤潮の発生は九州北部、瀬戸内海、熊野灘等の西日本を中心に大規模に発生し、魚介類の大量斃死を引き起こす等、大きな漁業被害を及ぼしている。特に近年では昭和 59 年に熊野灘で 43 億円、同 60 年に周防灘で 10 億円、平成 3 年には安芸灘～周防灘で 12 億円等の甚大な被害をもたらした。

徳島県における同種による赤潮の発生は、昭和 48 年に初めて記録され、以後平成 3 年までに 18 件の発生があり、この内被害件数は 10 回みられ、養殖漁業等に大きな被害をもたらしている。

本報告は、*G. mikimotoi* 赤潮による漁業被害の軽減を目的に本年度から調査を開始したものであるが、*G. mikimotoi* 赤潮が多発する鳴門市「内の海」を主調査対象水域として本種の出現状況を取りまとめた。なお、本県における過去の赤潮動向についてもその概要を報告する。

### 調査方法

#### 1 調査水域および時期

- 1) 内の海：6 定点を設定して、平成 3 年 4 月～平成 4 年 3 月の間に月 2～4 回の間隔で実施した（図 1）。
- 2) その他の水域：播磨灘南部水域では周年、阿南市「橋湾」「椿泊湾」では 5～9 月の間に各々 2～4 回/月の頻度で *G. mikimotoi* の出現動向について調査した。

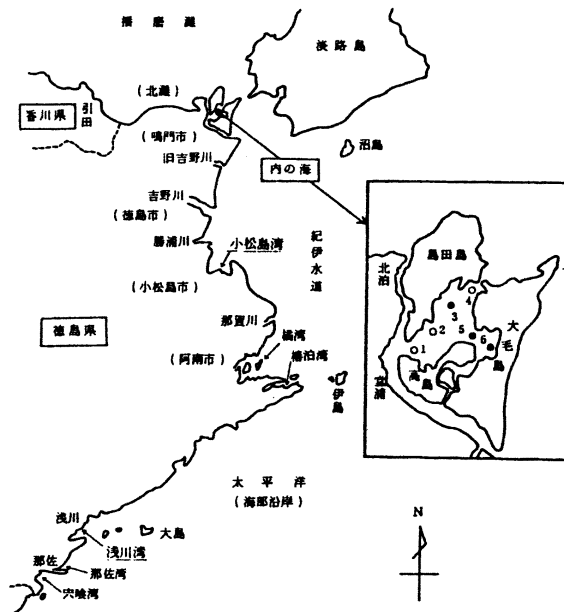


図1 調査位置

## 2 調査項目

- 1) 気象：香川県気象月報（高松地方気象台引田観測所資料）から引用。
- 2) 海象：水温、塩分、透明度について行い、観測層は1・5・10・B-1m層で実施した。なお、水温・塩分（比重）については鳴門分場汲み上げ海水の観測資料も併せて解析に使用した。
- 3) 水質：溶存酸素量、栄養塩類（ $PO_4\text{-P}$ 、 $DIN$ ・ $SiO_2\text{-Si}$ ）を1・5・10m層で測定した。
- 4) プランクトン：G. mikimotoi およびその他のプランクトンについて出現数と種組成を調査した。プランクトンの採集は、内径18mmのチューブを使用して、0~5m層を柱状に1ℓ採取し生試料とした。生試料は、重力濾過法により10mlまで濃縮し、この内より1mlを採取して検鏡し、同定・計数を行った。なお、St.3・5・6についてはその都度、北原式中層採水器により10m層の海水を採取して、上記と同様な操作を行いG. mikimotoiの出現動向を把握した。

## 調査結果

### 1 内の海

- 1) 気象：播磨灘南部水域に近い高松気象台引田観測所における6~9月の観測資料を図2に示した。気温は、平年に比べ6月下旬、7月下旬および9月上旬には高めであったが、8月上・中旬には低めで推移した。日照時間は、平年に比べ6月~7月中旬および8月下旬に低めであったが、特に8月下旬は3回の連続した台風の影響を受け26時間/旬と少なかった。9月上旬には多めで経過した。降水量は、平年に比べ全般にやや多めで推移し、特に7月下旬・8月下旬には台風の影響を受け、それぞれ50mm/日、100mm/日を越す降雨があった。

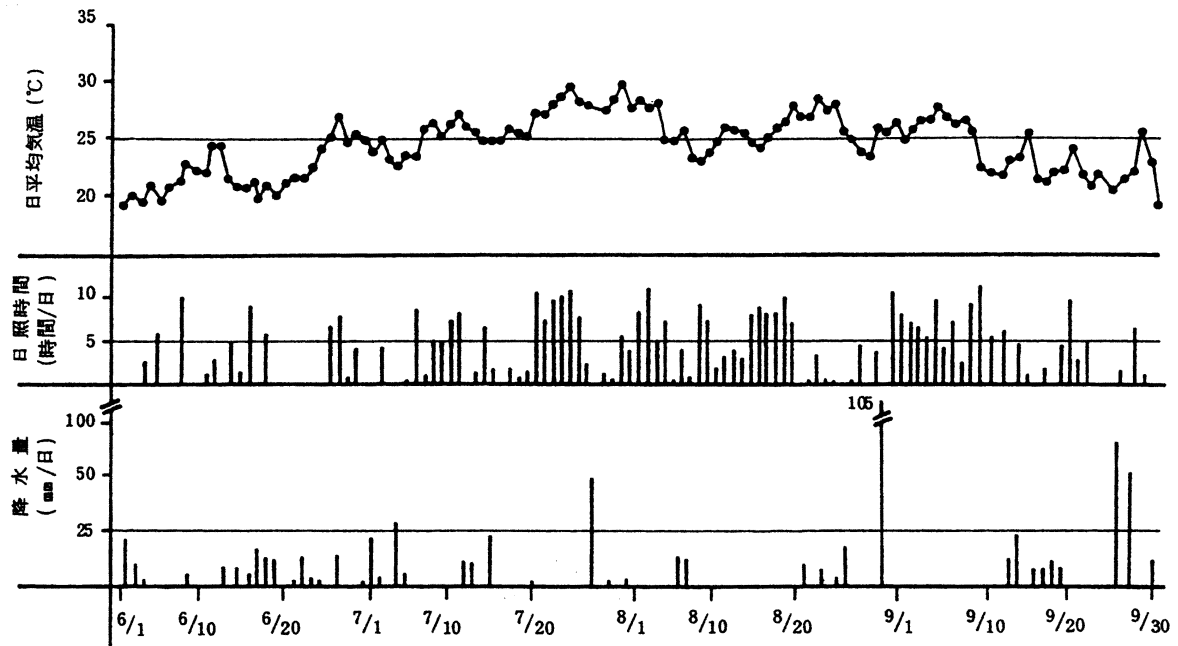


図2 播磨灘南部における気象の推移（高松気象台引田観測所資料）

2) 海象：赤潮発生期間の6～9月における水温・塩分の推移を図3・4に示した。

水温は、地点間における大きな差はなく、6～9月には1m層で18.1～27.0℃、B-1m層で17.3～26.2℃の間で推移し、表底層の最高水温は各々9月中旬に認められた。また、表底層の水温差は、6月下旬と7月下旬～8月上旬の間に大きくなり、それぞれ2.3℃、2.5℃で水温成層を形成したが、8月および9月の各下旬には0.1～0.3℃となり台風等の影響による鉛直混合がみられた。なお、地点別ではSt.6が最も表底水温差が出現しやすく（最高3.2℃）停滞水域であることが示唆された。塩分は、地点別、表底層差は台風の影響下にあった8月下旬を除きほとんど無く、1m層では31.0（8月下旬29.5）～31.7、B-1m層では31.1～32.0の間で変動し、表底層差は最大で0.5（8月下旬2.3）、それ以外では平均0.2であった。

3) 水質：赤潮発生時期の酸素飽和度の推移を図5、St.5における栄養塩類の推移を図6にそれぞれ示した。

酸素飽和度は、1m層では73.8～129.6%、B-1m層では9.6～88.1%の間で変動し、6月中旬および8・9月の各下旬には表底差が5～14%となり鉛直混合が認められた。なお、底層における貧酸素水塊の出現は、St.3では認められなかったが、St.5では7月中旬に18.6%（1.0ml/l）、St.6では6月下旬～8月上旬の間に9.6～35.4%（0.53～1.9ml/l）の水塊が認められた。

栄養塩類（ $\mu\text{g-at}/\ell$ 、St.5）の推移は、 $\text{PO}_4\text{-P}$ では1m層で0.00～0.13（平均0.04）、10m層で0.16～0.58（平均0.36）の間で変動し、底層では7月中旬と9月中旬に多かった。DINでは、1m層で0.2～0.9（平均0.59）、10m層で0.5～6.5（平均3.17）の間で推移し、底層では $\text{PO}_4\text{-P}$ と同様に6・7月中旬と9月中旬が多かった。 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ では、1m層で1.8～15.5（平均9.1）、10m層で11.7～28.5（平均19.3）の間で変動し、表層では9月中旬、底層では7月中旬にそれぞれ多かった。

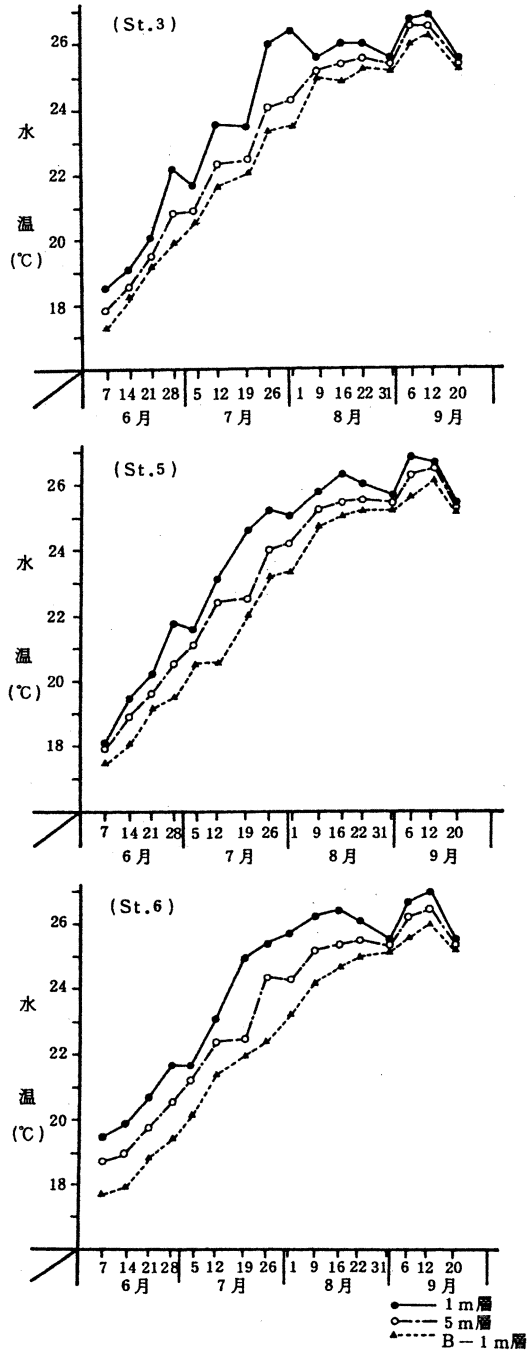


図3 各地点における水温の推移

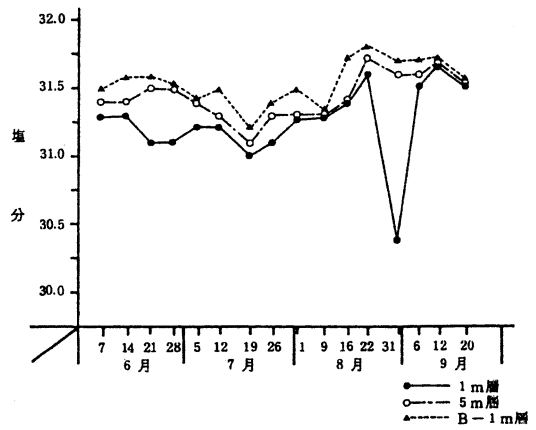


図4 塩分 (St. 3・5・6の平均値) の推移

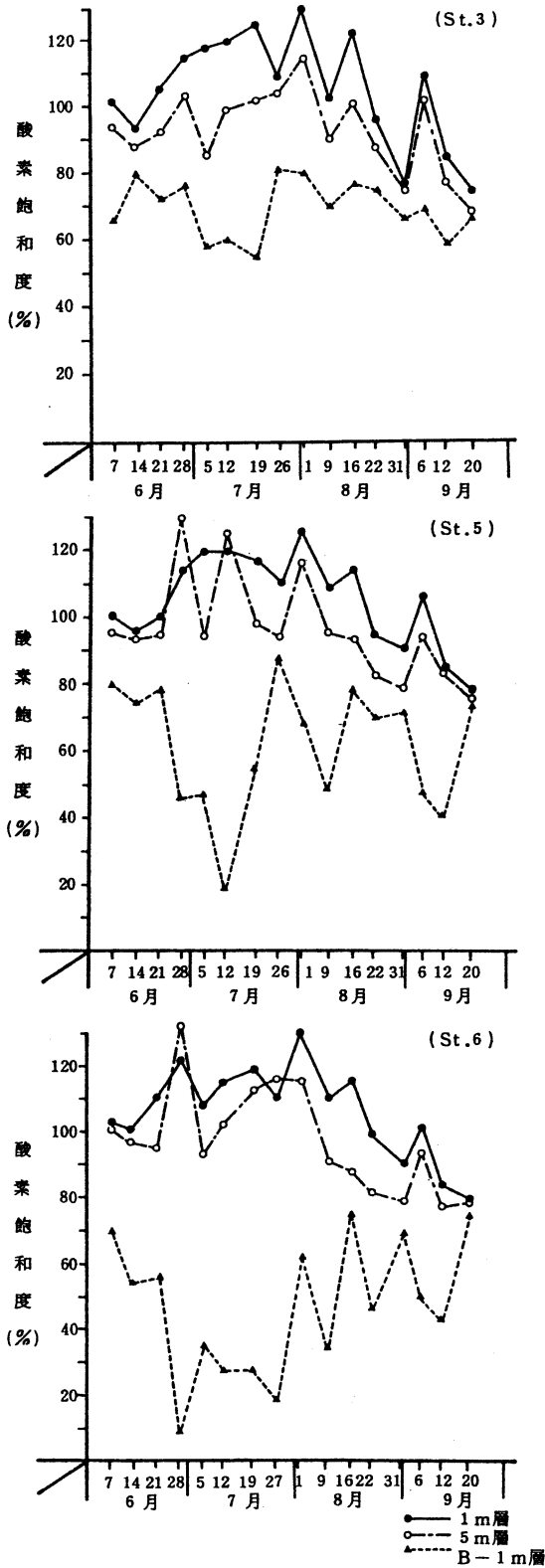


図5 各地点における酸素飽和度の推移

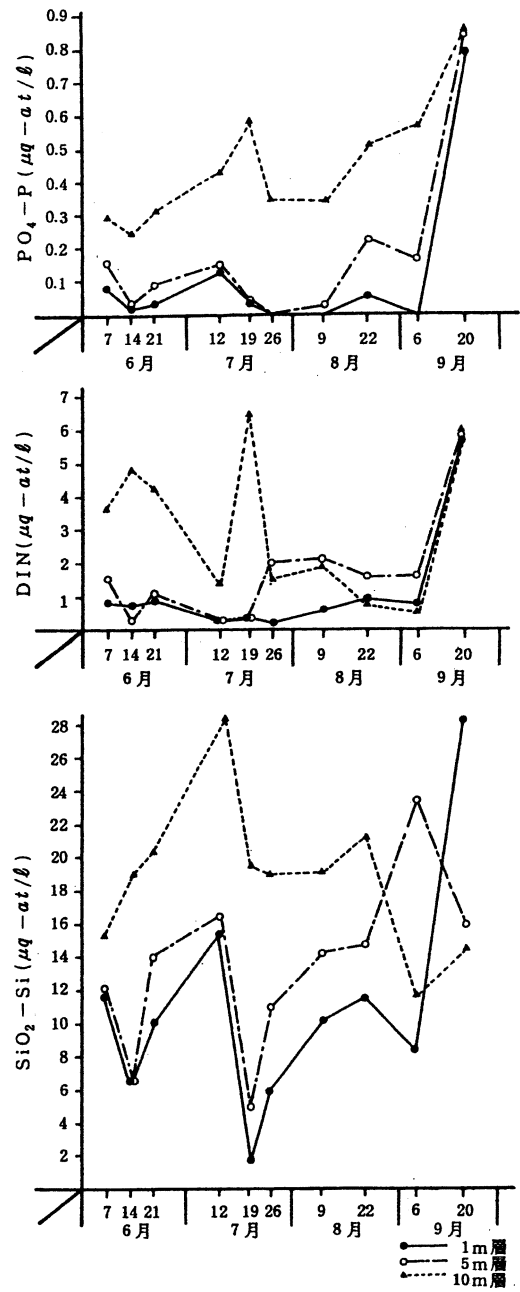


図6 St. 5 における栄養塩類の推移

4) プランクトン：周年における *G. mikimotoi* の出現状況を図 7~9, 赤潮発生時期におけるプランクトン組成比を図 10 に示した。

*G. mikimotoi* の出現状況は, 7月5日に内の海の西部域 (St.2) で濃縮試料から 0.01cells/ml が初めて検出され, 以後9月20日までの間および冬期12月20日から平成4年2月10日の間検出された。増殖のピークは, 8月に認められ最高出現数は St.6 で 8月上旬に 35cells/ml 検出されたのみで赤潮の形成までには至らなかった。なお, 冬期における出現は生海水からは検出されず, 全て濃縮試料のみから認められ, 最高出現数は 0.01cells/ml であった。地点別の出現状況は, 小鳴門海峡入口部 (St.1) および堀越水道入口部 (St.4) で少なく, 内の海の西部域 (St.3) と東部側の最奥部 (St.6) で多く検出された。また, 冬期には, 停滞域の St.3・5・6 のみで認められた。出現時期の水温は 9.8~27.0 , 塩分は 30.4~32.4 の範囲内で出現したが, この内, 夏期出現群では, 水温は 22.0~27.0 , 増加期 23.8~26.3 (平均 25.1 ) , 塩分は 30.4~32.0, 増加期 31.0~31.8 (平均 31.3) , 冬期出現群では, 水温は 9.8~14.0 (平均 11.7 ) , 塩分は 32.2~32.4 (平均 32. ) であった。

*G. mikimotoi* 出現時期におけるその他のプランクトンの出現組成の推移は, 鞭毛藻が 6月上旬に *Heterosigma* (15%), 6月下旬~7月上旬と8月下旬に *Prorocentrum* (28~93%), 9月中旬に *Gyrodinium* (8%) 等が主体となった他は全て珪藻類 (*Chaetoceros*, *Nitzschia*, *Skeletonema* 等) が優占し, 7月中旬以降は平均 95% を占めた。

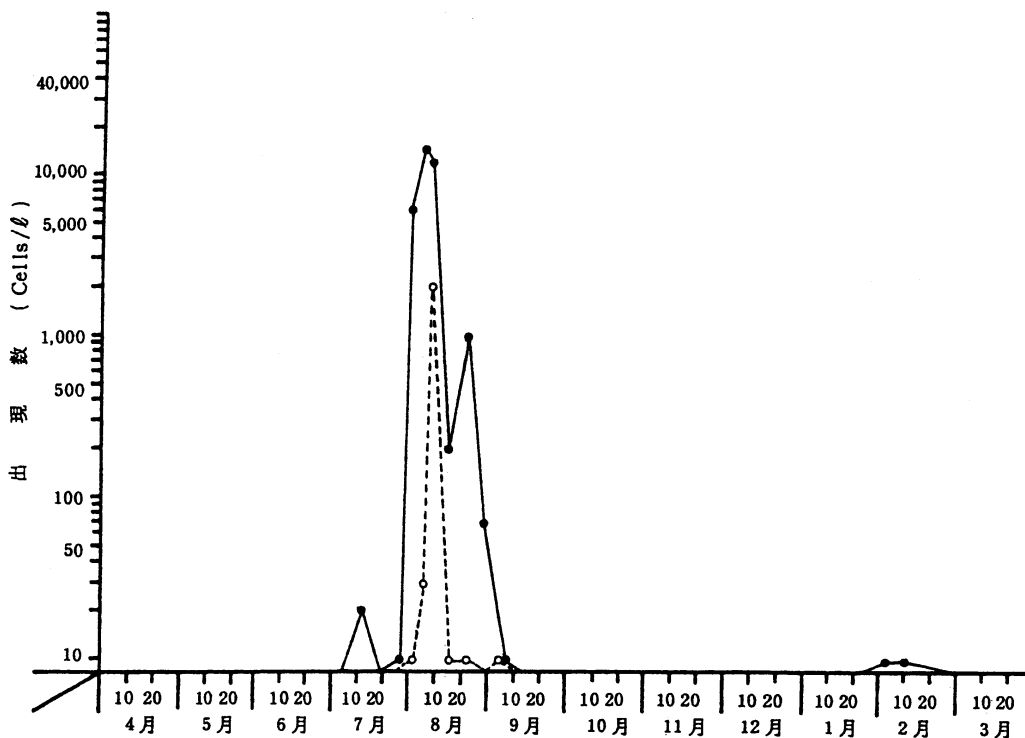


図7 St.3における*G.mikimotoi*の出現推移 (●- 0~5m層, ○-- 10m層)

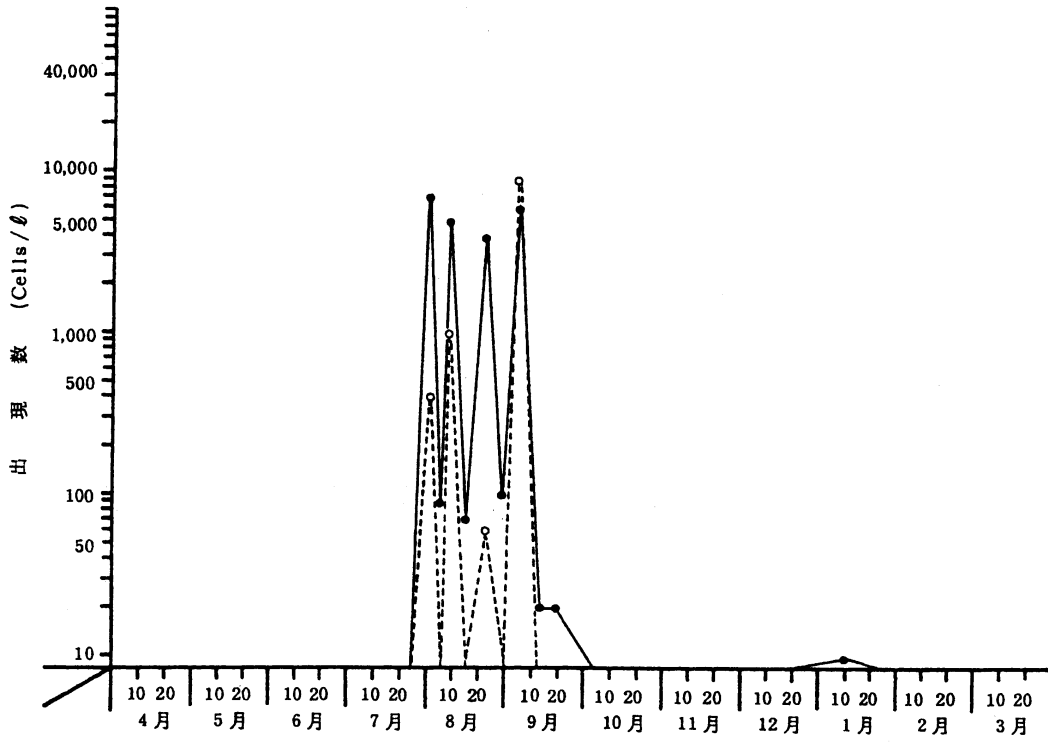


図8 St. 5における*G. mikimotoi*の出現推移 (●- 0~5m層, ○-- 10m層)

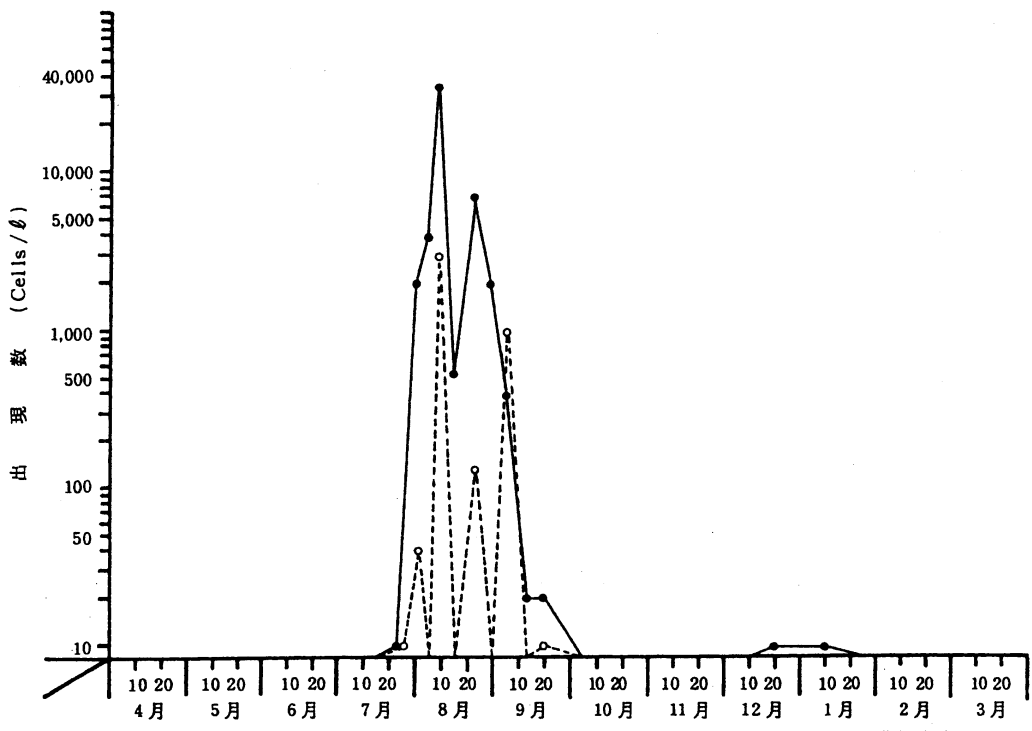


図9 St. 6における*G. mikimotoi*の出現推移 (●- 0~5m層, ○-- 10m層)

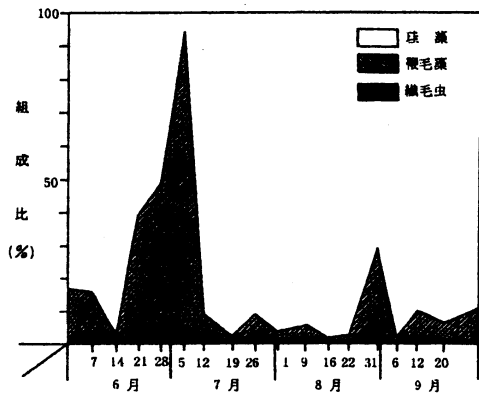


図 10 St.5 におけるプランクトン組成比の推移

## 2 その他の水域における *G. mikimotoi* の出現動向

1) 播磨灘南部: 出現は、5月下旬に初めて検出され、その後7月下旬～8月上旬の間に増加し、最高出現数が 24cells/ml となり、8月中旬からは減少傾向になったが、9月上旬まで確認された(図 11)。出現時期の水温は、16.1～27.2℃、増加期 23.1～24.6℃ (平均 23.9℃)、塩分は、30.6～31.6、増加期 31.1～31.2 (平均 31.1) であった。

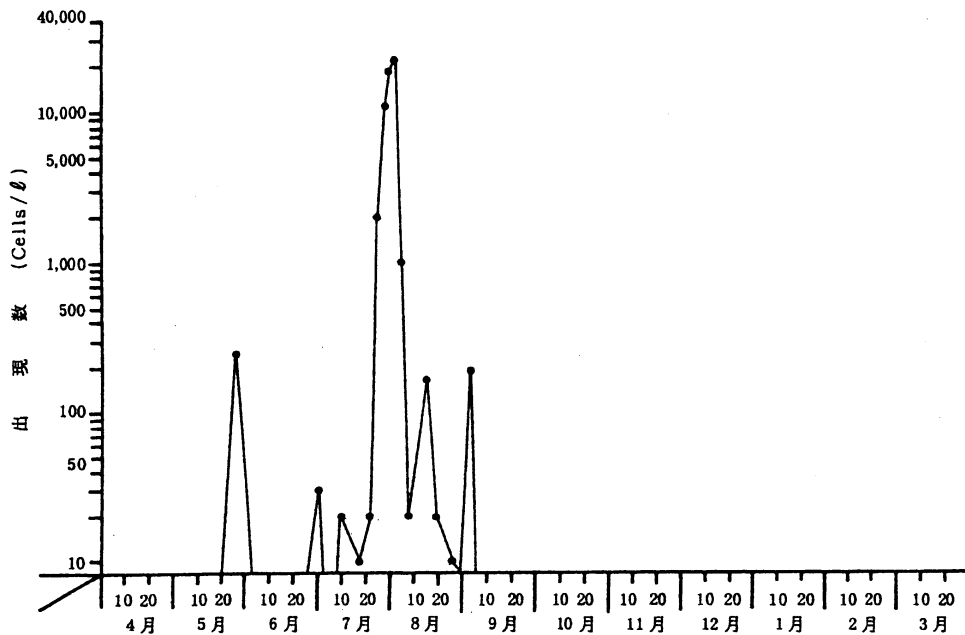


図 11 播磨灘南部海域における *G. mikimotoi* の最高出現数の推移

2) 橘湾および椿泊湾: 両湾共に同様な出現傾向を示し、6月下旬と8月～9月上旬の間に出現し、最高出現数は橘湾で 8cells/ml、椿泊湾で 1cells/ml であった(図 12)。出現時期の水温は、橘湾では 21.5～27.3℃ (平均 26.3℃)、椿泊湾では 22.0～25.4℃ (平均 25.2℃)、塩分は、橘湾では 30.5～32.5 (平均 31.6)、椿泊湾では 30.2～31.8 (平均 30.8) であったが、水温・塩分共に橘湾の方が高めで出



現した。

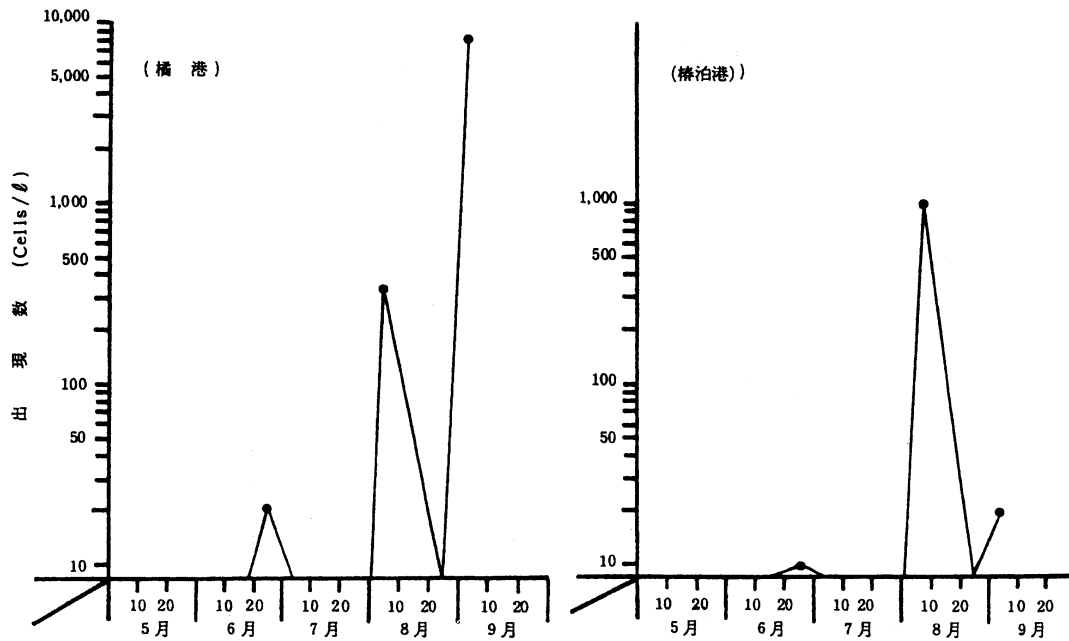


図 12 橘湾, 椿泊湾における G. mikimotoi の最高出現数の推移

### 3 平成 3 年度以前における赤潮発生事例について

#### 1) 徳島県下における赤潮発生状況

G. mikimotoi 赤潮は, 昭和 48 年に初めて椿泊湾で発生し, 以後 18 件が記録されている。発生海域は, 播磨灘南部 (10 件), 紀伊水道 (7 件), 太平洋沿岸 (1 件) でみられ県下全域におよんでいる (表 1)。一方, 漁業被害は, 18 件中 10 件に発生し, 播磨灘南部で 4 件, 紀伊水道で 5 件, 太平洋沿岸で 1 件であった (図 13)。なお, 昭和 41 年 7 月下旬に椿泊湾で G. mikimotoi 類似種による赤潮が大規模に発生し, 養殖ハマチ 50 万尾を繁殖させる甚大なる被害を起こした記録も残されている。

表1 徳島県下における *G. mikimotoi* 赤潮の発生状況

発生時期	発生海域	被害	出現数 (Cells/ml)	備考
S.48・8・1～15	椿泊湾	有	24,330	養殖ハマチ 4,500尾斃死 (酸欠)
S.52・8・8	北灘沿岸 (北泊沖)	無	11,250	
8・8・8～12	紀伊水道沿岸 (今切川沖～椿泊湾)	有	55,560 (今津沖)	今津及び橘湾で天然魚の斃死
8・19～23	北灘沿岸 (引田～折野)	無	7,770	
S.53・8・15	北灘沿岸 (長浜～折野)	有	47,200	天然魚 (カサゴ・ベラ・メバル等) の斃死
8・16～30	内の海	無	2,000	
S.54・8・6～17	播磨灘南東部	有	110,000	天然魚の斃死
8・10～22	内の海	有	7,860	養殖ハマチ若干数斃死
S.55・8・23～31	北灘沿岸 (大須～北泊口)	無	31,970	
S.60・8・12～22	内の海	無	2,840	
S.62・7・30 ～8・11	内の海	無(?)	2,900	<i>Chattonella antiqua</i> との複合相赤潮 ( <i>Chattonella</i> 赤潮(7/28～8/9) 養殖ハマチ40,000尾の斃死)
8・21～28	椿泊湾	無	3,250	
8・24～28	橘湾	無(?)	71,500	8月上旬に <i>Chattonella</i> 赤潮による養殖ハマチの大量斃死有り。
S.63・8・7～15	紀伊水道沿岸 (中林地先)	有	155,500	天然魚(サバ・イワシ・アナゴ・タイ等)の斃死
8・8～15	橘湾	有	14,410	天然魚・サザエ等の斃死
8・8～15	椿泊湾	有	160,640	天然魚介類(ハモ・カワハギ・タコ等)の斃死
8・11～12	太平洋沿岸 (由岐・日和佐・浅川)	有	20,640	養殖ハマチ・カンパチ及びアワビ・サザエ等の斃死
H.2・8・27～ ～9・12	内の海	有	27,220	養殖ハマチ・ヒラメ・カワハギ及び天然魚介類 (ボラ・スズキ・オコゼ・カキ・カニ)等の斃死

※S.41・7・25～31, 椿泊湾で *G. mikimotoi* 類似種赤潮が大規模に発生し, 着殖ハマチ50万尾を斃死させた。

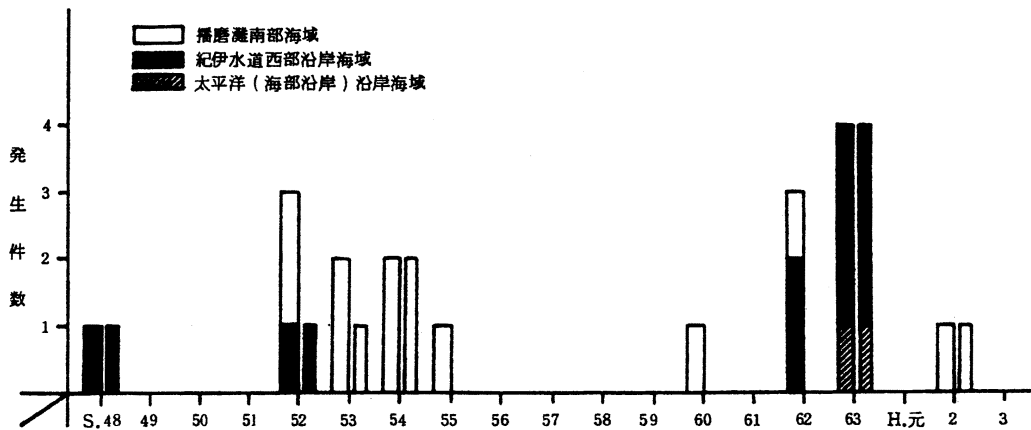


図13 徳島県下における *G. mikimotoi* 赤潮の発生推移および被害件数 (左棒…発生件数) (右棒…被害件数)

## 2) 内の海における赤潮発生状況

内の海での赤潮発生は, 昭和53年から認められ, 現在までに5件発生し, この内2件が漁業被害を伴い, 養殖ハマチや天然魚介類を斃死させた。なお, 各年の赤潮発生経緯を図14～24および表2～3にま

とめて示した。

a. 赤潮分布域の推移：初期発生水域は、概ね St. 6 付近の東部域奥側からの事例が多くみられ、その後拡大しながら全域に分布を始め、風や潮流の影響を受け各地先で濃密な赤潮を形成するようになることがうかがわれた。また、赤潮継続期間は、10～16日間（平均13日）で比較的長い赤潮になることが多かった（図14～16）。

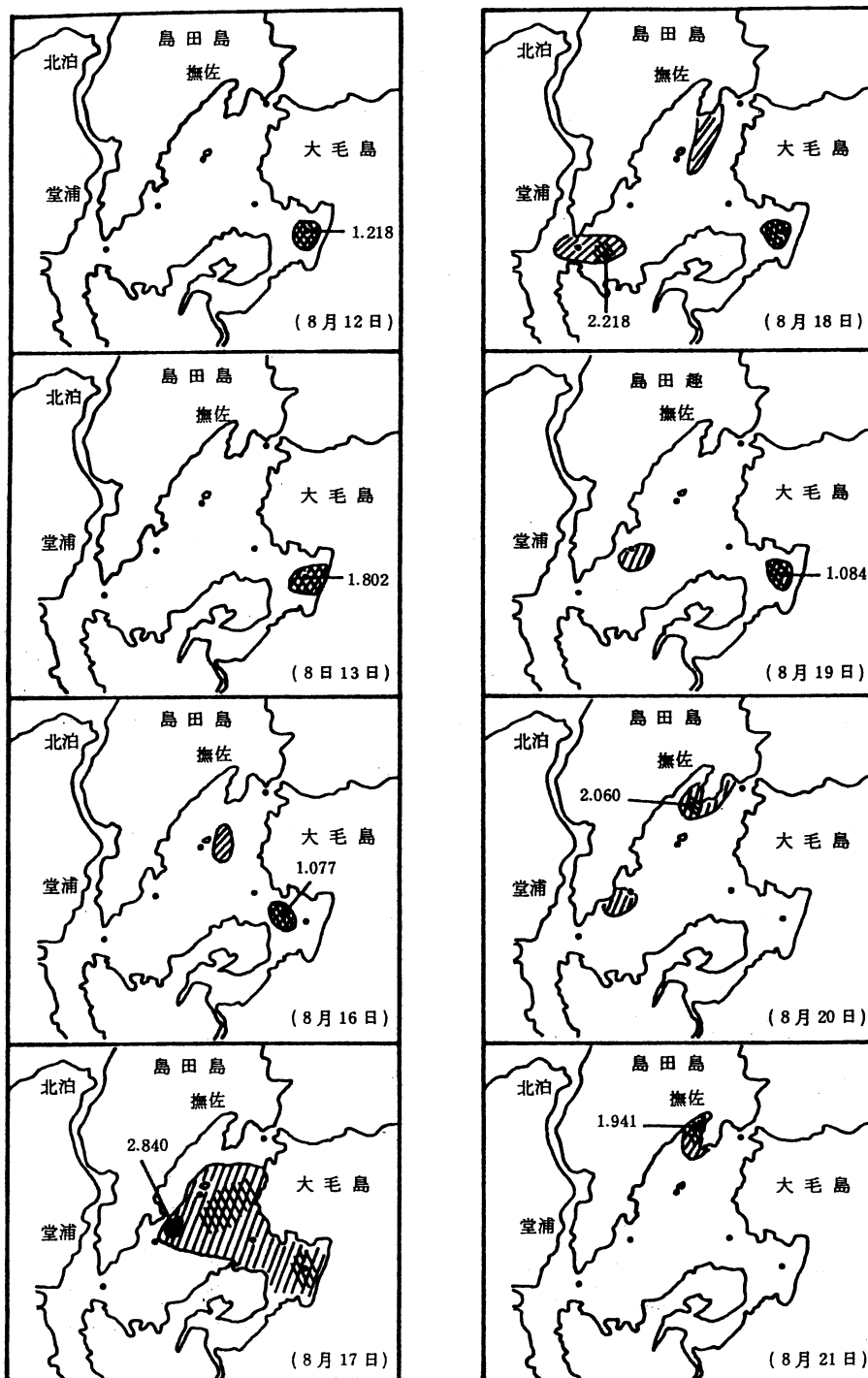


図14 G. mikimotoi 赤潮の分布域の推移（昭和60年） 図中の数字は最高出現数（Cells/ml）

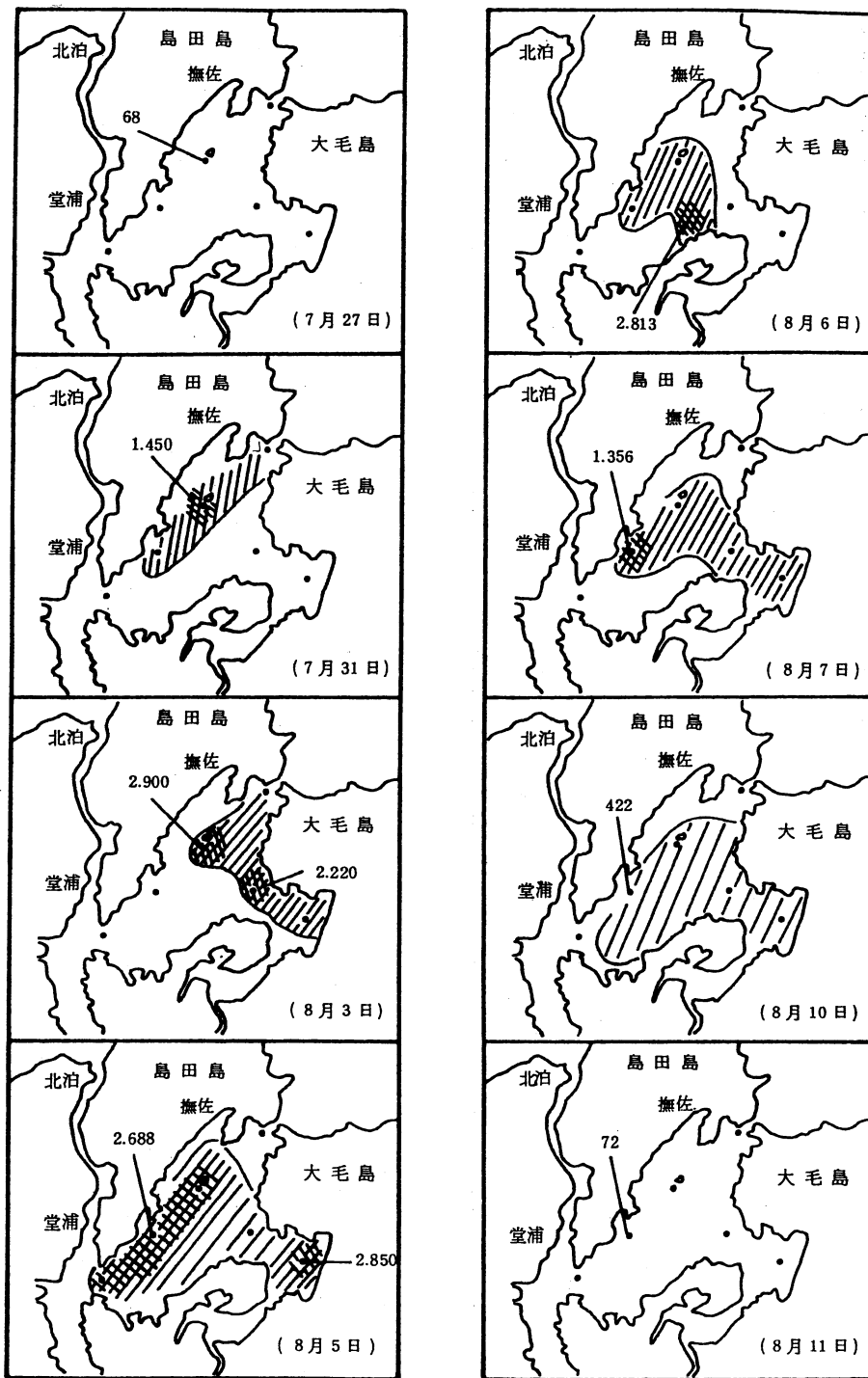


図 15 G. mikimotoi 赤潮の分布域の推移 (昭和 62 年) 図中の数字は最高出現数 (Cells/ml)

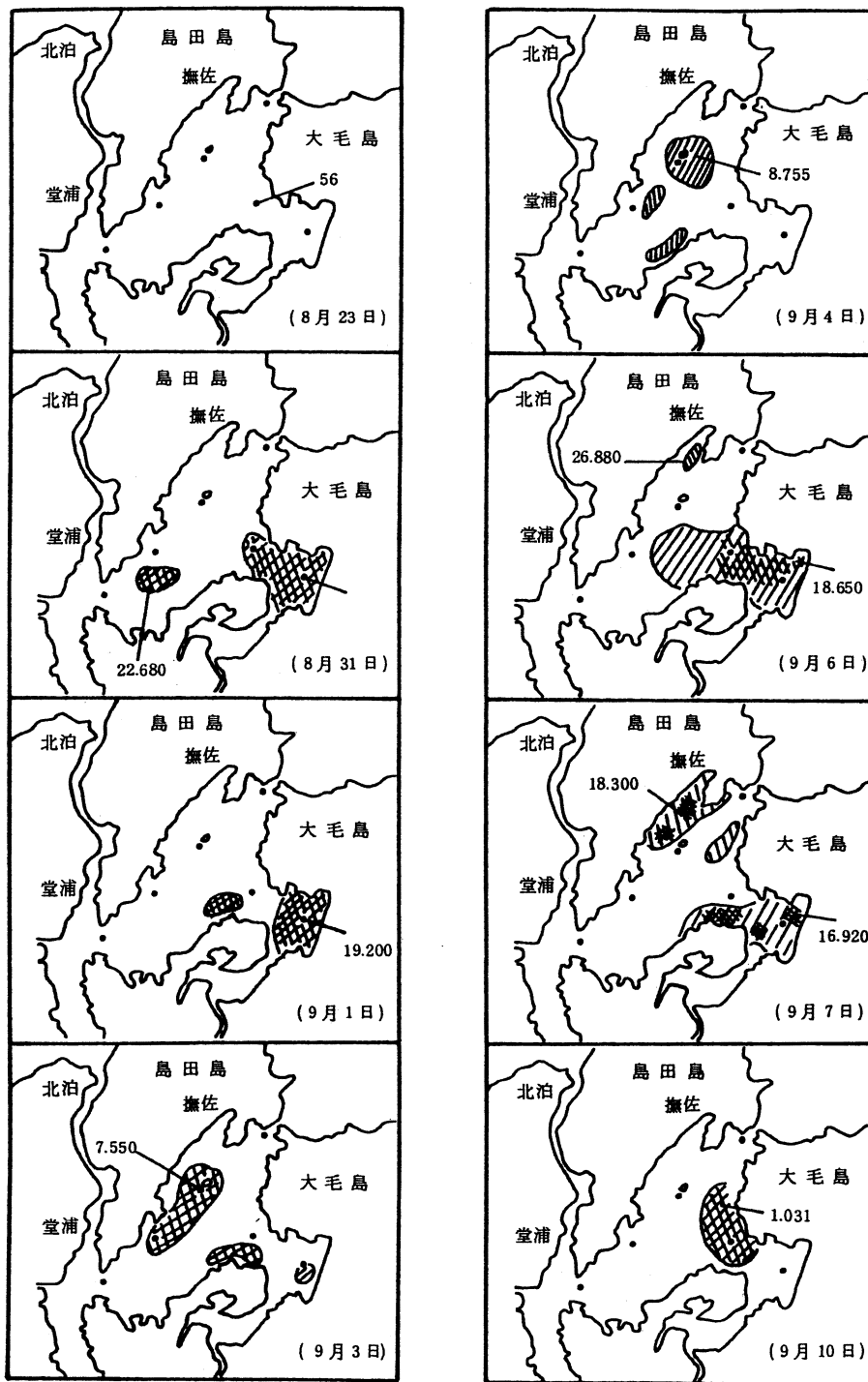


図 16 G. mikimotoi 赤潮の分布域の推移 (平成 2 年) 図中の数字は最高出現数 (Cells/ml)

b. 赤潮発生前後の環境

[ 気象 ]: 赤潮発生年の気温は, 梅雨明け後安定した盛夏の天候が続き, 平年に比べ高めであった。日照時間は, 平年に比べ多めの方が多く, 少なくとも平年並みであった。一方, 降雨量は, 少ない年に発生しているが, 赤潮発生の 5~15 日前には台風や前線の影響による降雨がみられた (表 2)。

表2 G. mikimotoi 赤潮の発生前後における気象環境

発生年度	気 温	日 照 時 間	降 雨 量
S. 53年	(高温) 安定した盛夏の天候が続 き, 平年より1.1~1.8℃の高目。	(多照) 梅雨が短期間であっ たため, 平年より50~100 時 間/月多目。	(少雨) 10~50mm/月内外で平年の 10~30%で異常に少なかった。
S. 54年	(高温) 7月中旬~8月中旬の間 は連日30℃以上の盛夏。8月下旬 は不安定であったが0.9℃の高目。	平年並みか, やや少な目。	(少雨) 平年の40~50%で, 特に 8月は少な目。
S. 60年	(高温) 7月下旬以降は連日盛夏 となり, 平年より1℃前後の高目。	(多照) 7月下旬以降は晴天 が続き平年よりかなり多目。	(少雨) 8月中旬の台風を除き, 平年の40~50%少な目。
S. 62年	8月中旬平年よりやや低目であっ た。他は平年並みかやや高目。	7月やや少な目, 8月平年並 み。	7月中旬は台風によりやや多目, 8月は平年並み。
H. 2年	(高温) 梅雨明後盛夏となり, 平 年よりかなり高目。	8月上旬は多目, その他は平 年並み。	(少雨) 8月後半に台風によるま とまった雨が合った。他は平年よ り少な目。

[ 海象 ]: 水温・塩分共に昭和 60 年を除き高水温・高塩分の年に発生しており, 特に水温では降雨の後, 穏やかな日が続く急上昇した時期, 塩分では降雨後の低塩分が回復する時にそれぞれ顕著な増加がみられ赤潮を形成した。なお, G. mikimotoi 赤潮の発生時の水温は, 22.8~28.1 で 1,000cells / ml以上出現した増加期の水温は 24.3~28.1 (平均 26.3 )であった。なお, 最高出現数は水温が最も高かった平成 2 年にみられ 27,220cells / mlを検出した。一方, 塩分は, 29.4~32.6 の間で出現し, 32.0 以下の若干低めの時に増加がみられた (表 3, 図 17~21)。

表3 G. mikimotoi の出現環境

発生年度	水 温 (℃)		塩 分	最高出現数 (Cells/ml)
		1,000Cells/ml以上		
S. 53年	25.3~27.8 (平均26.4)		32.1~32.6	2,000
S. 54年	24.9~27.5 (平均25.7)		31.7~32.5	7,860
S. 60年	23.8~27.8	24.3~26.7 (平均25.8)	29.4~31.1	2,840
S. 62年	22.8~27.1	24.6~27.1 (平均25.7)	31.4~32.0	2,900
H. 2年	25.7~28.1	26.7~28.1 (平均27.4)	31.5~32.0	27,220

[ 水質 ]: 酸素飽和度の推移を資料の整った昭和 62 年および平成 2 年についてみると, 赤潮の発生 1~2 ヶ月前から発生直前まで飽和度 40~60%の貧酸素水塊が形成されており, その後海況の変動により鉛直混合された後に出現数の増加があり, 表層では 130~200%の飽和度となった (図 22~23)。栄養塩類の推移を平成 2 年の観測資料からみると, 赤潮発生直前に鉛直混合により, 栄養塩類が底層から上層へ補給されていることが認められ, この栄養塩類を吸収して増殖したものと推察された (図 24)。

なお, G. mikimotoi 赤潮の発生は, Chattonella 赤潮の発生中に複合相赤潮として形成され, Chattonella が消失した後まで継続する事例が多くみられた。このことはプランクトンの競合関係や

増殖速度・栄養塩類の利用能力等に起因するのではないかと考えられ、今後両者の種間関係についても解明していく必要がある（図 17・18・20）。

以上のように、本種の赤潮発生には、梅雨明け後の好天による気温の上昇、日照時間の増加、降水量が少ないこと等の気象条件（高温・多照・少雨）および台風等の影響による鉛直混合、底層での貧酸素化等による栄養塩の溶出・供給、水温の急上昇、低塩分化からの回復などの海象条件が重なりあって本種を増殖させるような海域環境を作り、赤潮を誘発させるのではないかと推察された。今後、これらの現象が赤潮の発生にどのように関連しているかをさらに検討していく必要がある。

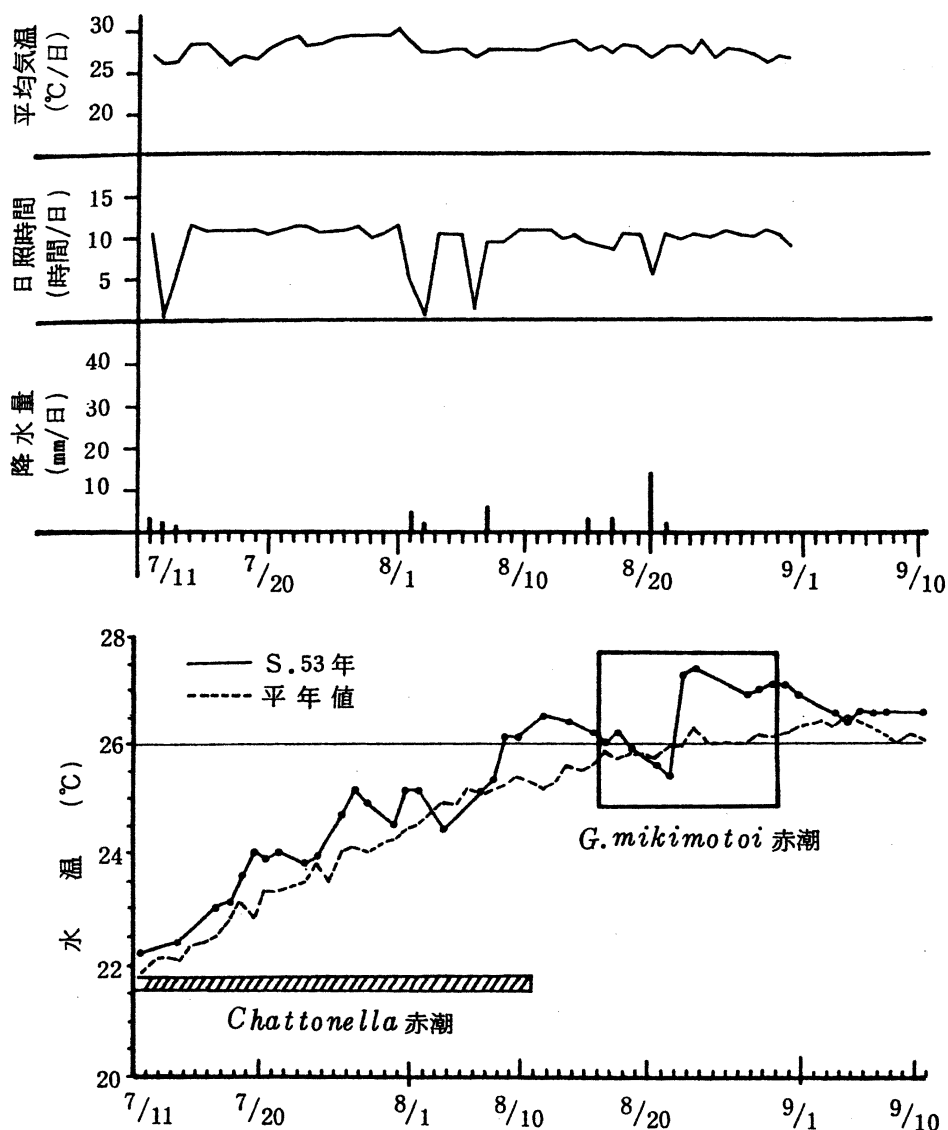


図 17 昭和 53 年気象・水温の推移

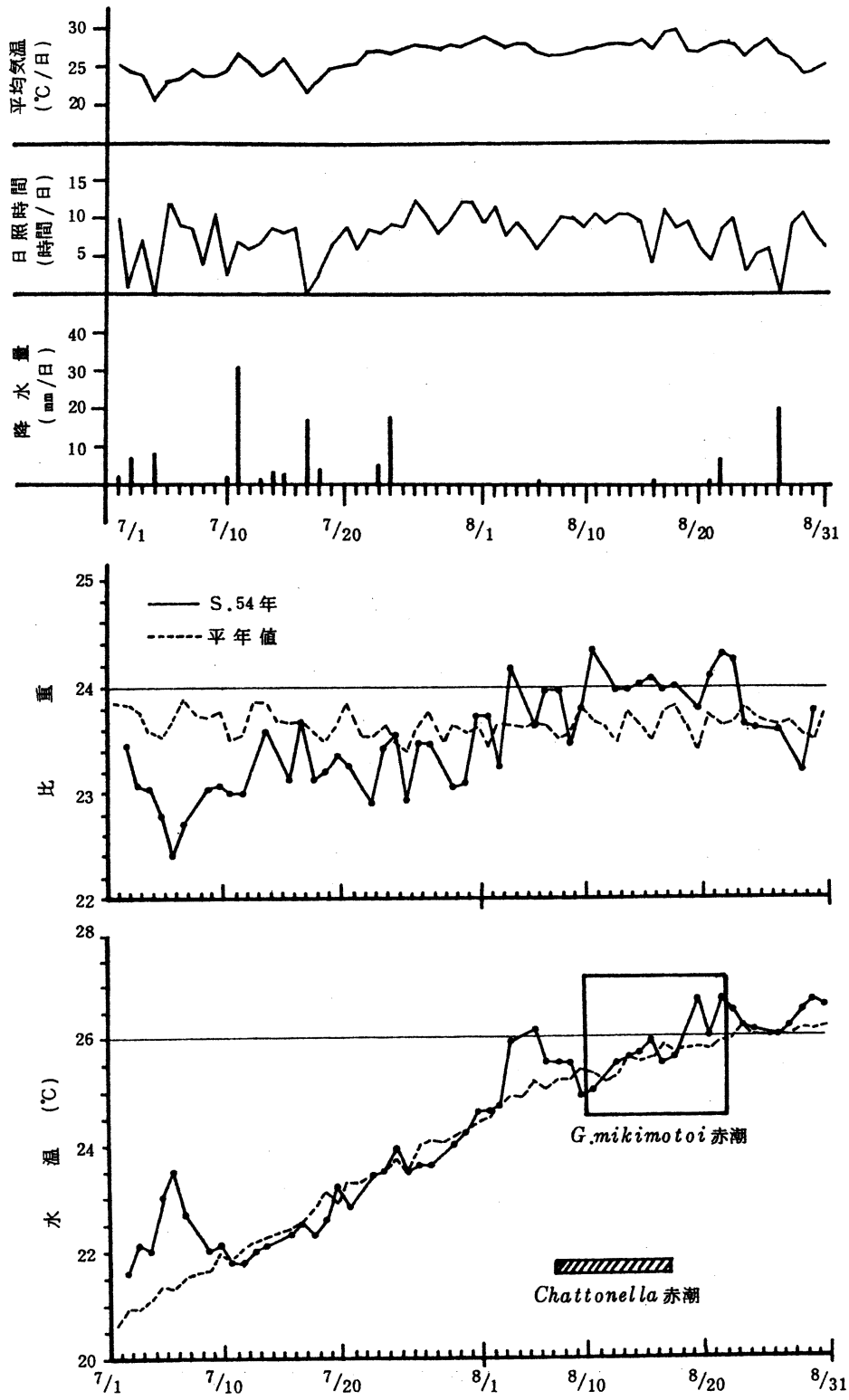


図 18 昭和 54 年気象・比重・水温の推移



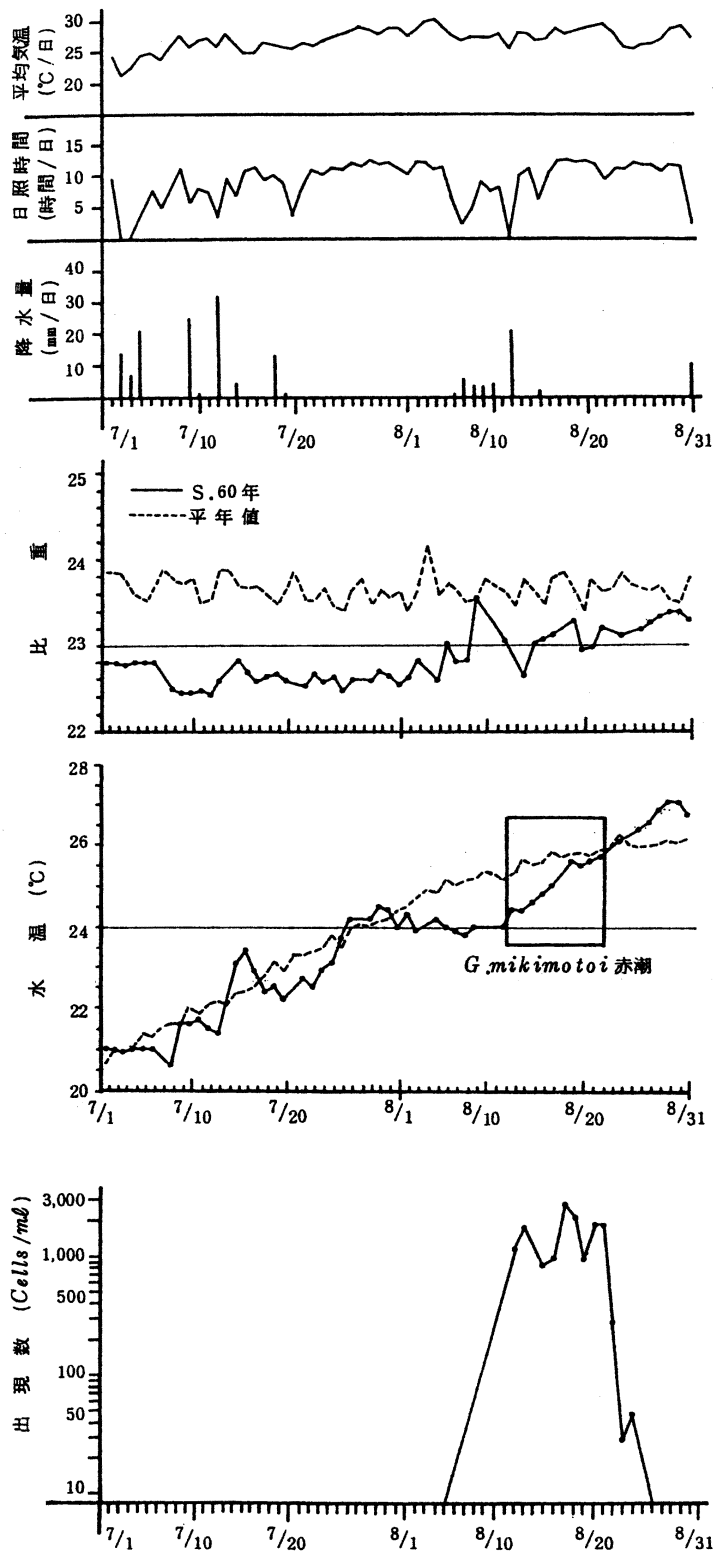


図 19 昭和 60 年気象・比重・水温および *G. mikimotoi* の推移

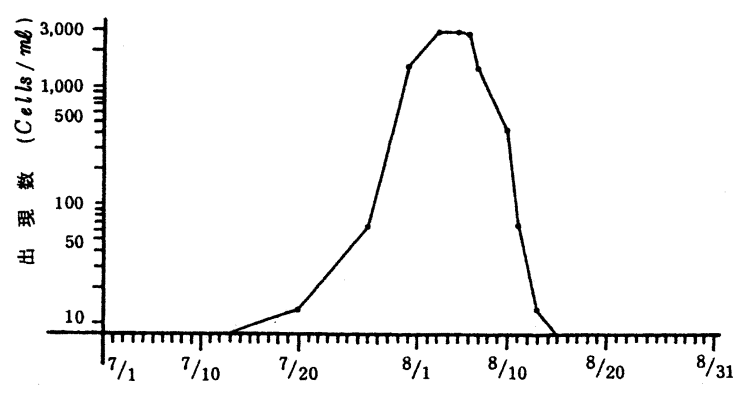
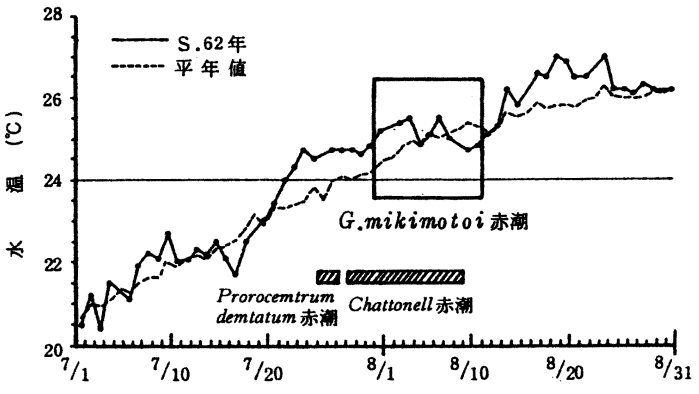
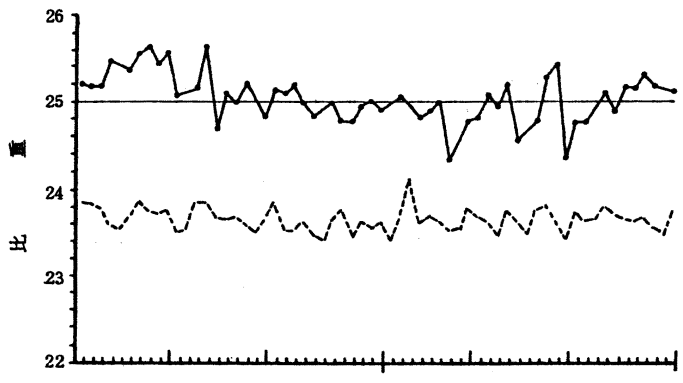
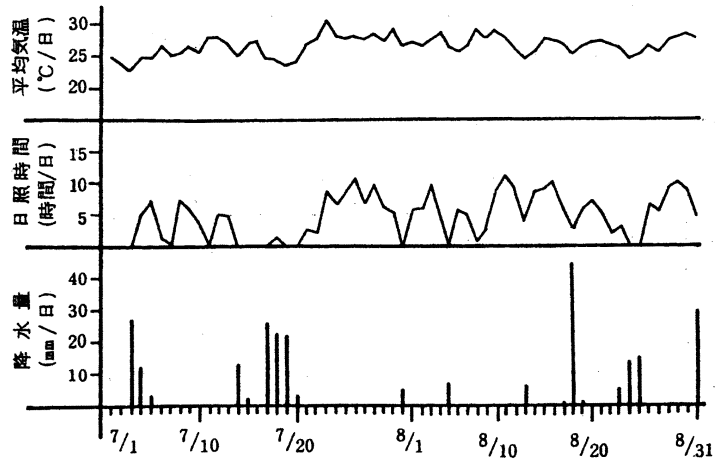


図 20 昭和 62 年気象・比重・水温および *G. mikimotoi* の推移

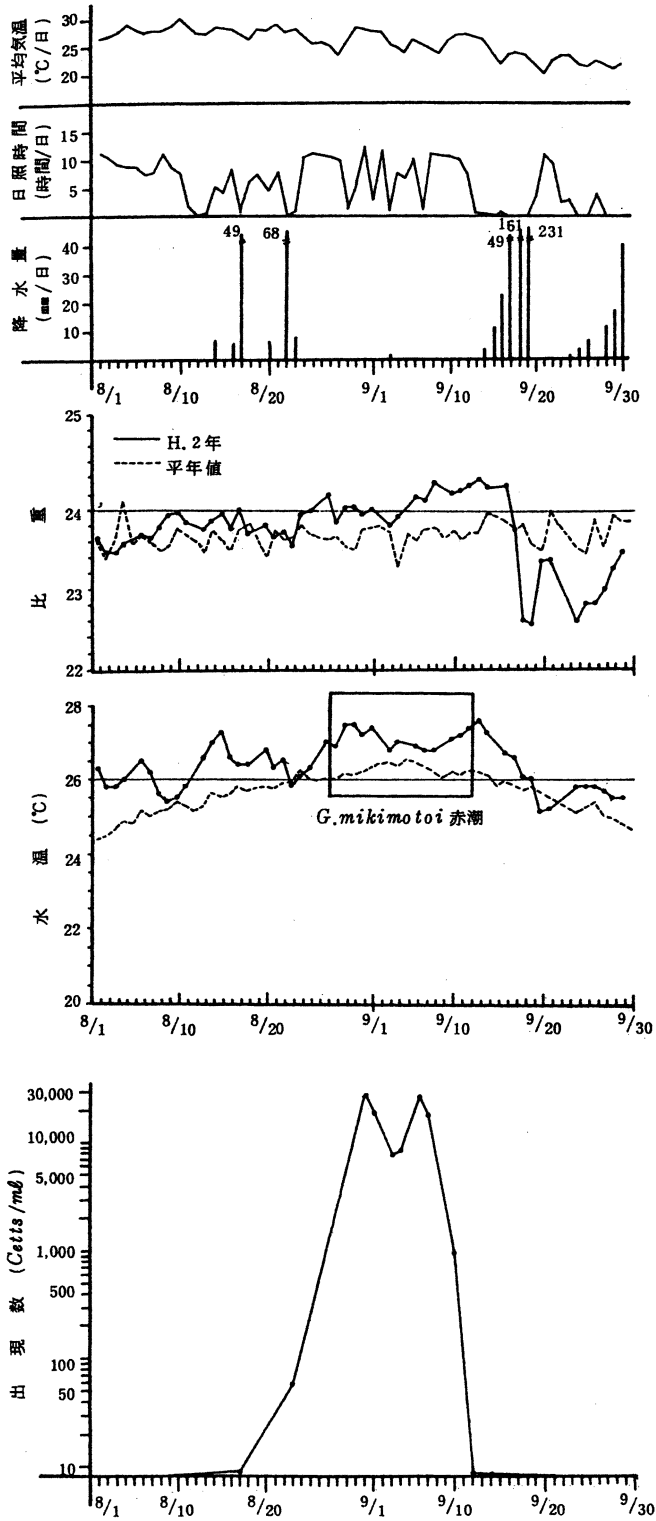


図 21 平成 2 年気象・比重・水温および *G. mikimotoi* の推移

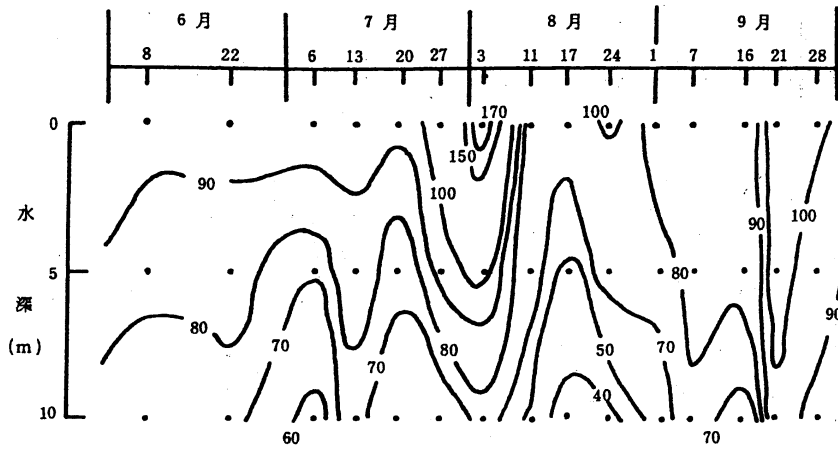


図 22 昭和 62 年酸素飽和度 (%) の推移, 内の海 St. 5

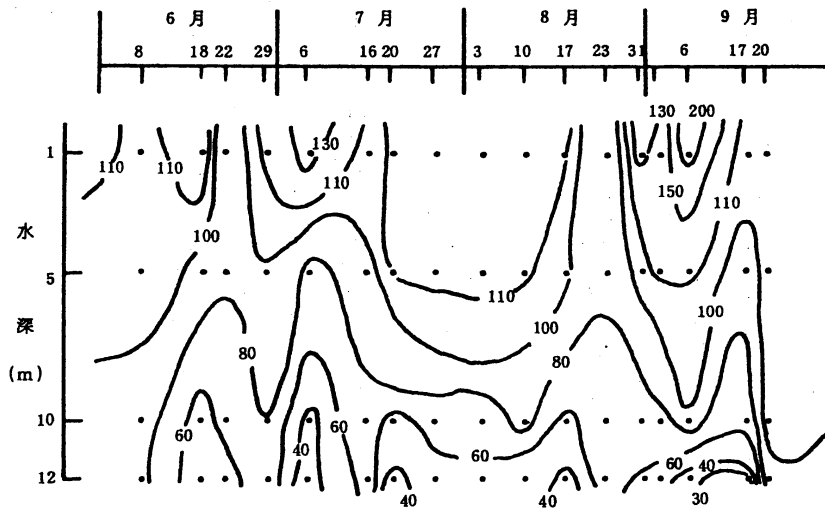


図 23 平成 2 年酸素飽和度 (%) の推移, 内の海 St. 5

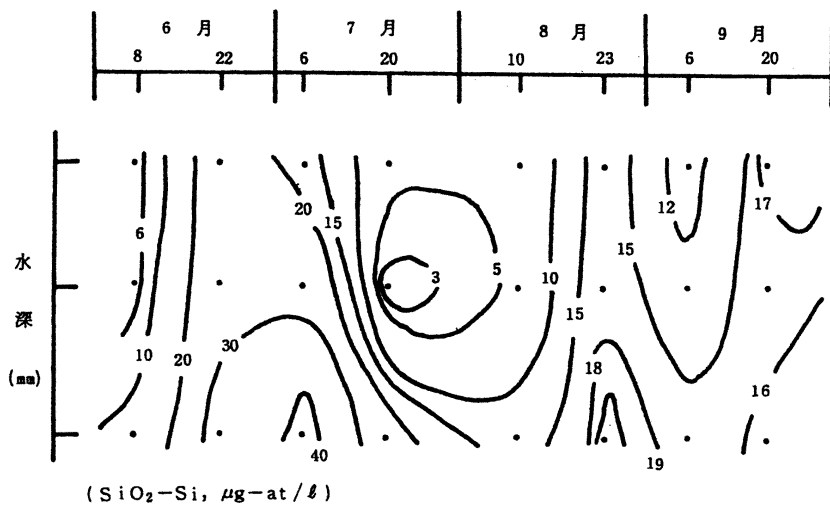
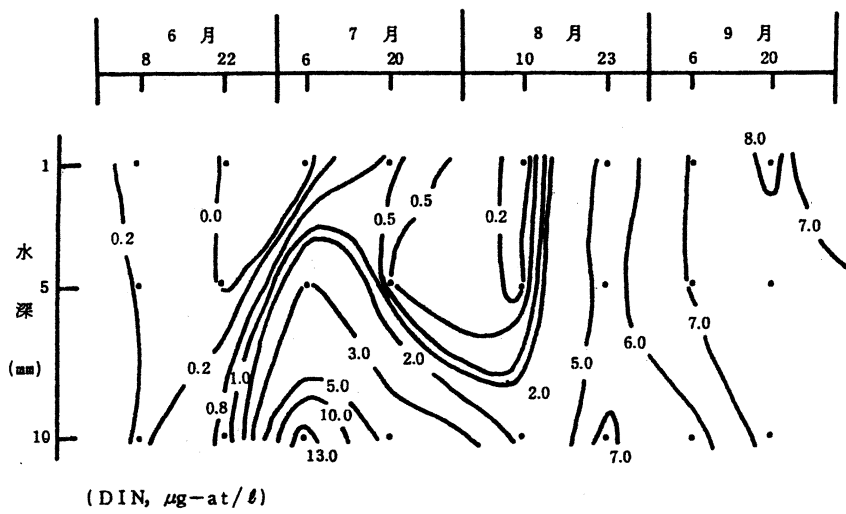
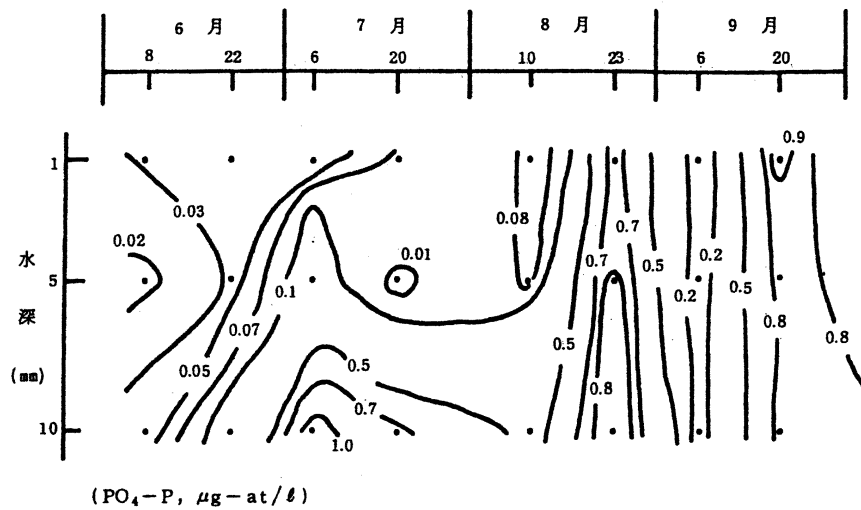


図 24 平成 2 年栄養塩類の推移, 内の海 St.5

## 要 約

平成3年度における *G. mikimotoi* の出現動向および本県での *G. mikimotoi* 赤潮の発生状況と鳴門市「内の海」で発生した事例について検討した。

### 1 平成3年度の調査結果

- 1) 8月は、日照時間が異常に少なく、降雨量が多かった。
- 2) 6~9月の水温は、1m層で18.1~27.0℃、塩分は29.5~31.7の間で変動した。
- 3) 酸素飽和度は、1m層で73~130%、B-1m層で9~88%の間で推移し、6月下旬~8月上旬の間9~35%の貧酸素水塊が出現した。
- 4) 栄養塩類は、 $PO_4\text{-P}$ ・DIN共に底層で7月中旬に多く、 $SiO_2\text{-Si}$ は7月中旬に多く検出された。
- 5) プランクトンの出現組成は、7月中旬以降珪藻類が95%を占めた。
- 6) *G. mikimotoi* の出現状況
  - a. 内の海:7月上旬~9月下旬および12月下旬~2月上旬の間出現し、最高出現数は35cells/mlであった。出現水温は、9.8~27.0℃、塩分は30.4~32.4であった。なお、冬期での出現が確認され、*G. mikimotoi* は遊泳細胞の状態越冬している可能性が示唆された。
  - b. 播磨灘南部:5月下旬~9月上旬の間出現し、最高出現数は24cells/mlであった。出現水温は、16.1~27.2℃、塩分は30.6~31.6であった。
  - c. 橘湾および椿泊湾:両湾共に6月下旬~9月上旬の間出現し、最高出現数は橘湾で8cells/ml、椿泊湾で1cells/mlであった。出現水温は、21.5~27.3℃、塩分は30.2~32.5であった。

### 2 平成3年度以前における赤潮発生事例

- 1) 県下全域での発生状況

本種の赤潮は、昭和48年(椿泊湾)に初めて発生し、18件が記録されている。発生海域は県下全域に及び、この内被害件数は10回発生した。
- 2) 内の海での発生状況
  - a. 昭和53年から発生し、5件みられたが漁業被害は2件であった。
  - b. 初期発生水域は、東部域の奥部からの事例が多かった。
  - c. 発生年は、安定した天候で高温・多照・少雨であったが、赤潮発生前には台風や降雨が認められた。
  - d. 水温、塩分は、高めで推移し、水温の急上昇時に増加がみられた。
  - e. 出現水温は、22.8~28.1℃で1,000cells/ml以上の出現時には平均26.3℃であった。
  - f. 塩分は、29.4~32.6の間であったが、やや低塩分化した時に増殖する傾向がみられた。
  - g. 酸素飽和度は発生1~2ヶ月前頃から40~60%の貧酸素水塊がみられた。
  - h. 栄養塩類は、発生直前に鉛直混合により底層から上層へ供給されているのが認められた。