

# 田辺湾における赤潮発生状況と *Gymnodinium nagasakiense* の出現環境\*

竹内 照文

## 目 的

海域が富栄養化すると、赤潮が多発したり、貧酸素水塊の出現することが知られ<sup>1)</sup>、東京湾の青潮<sup>2)</sup>や大阪湾での赤潮や貧酸素水塊の出現<sup>3)</sup>に代表されるように、近年、全国各地の閉鎖性水域で大きな問題になっている。

和歌山県沿岸では1975年頃から赤潮が熊野灘や枯木灘方面で発生するようになり、広域化の傾向にある<sup>4)</sup>。

紀伊半島西岸の中央部に位置する田辺湾は県下で赤潮が最も多発し<sup>5)</sup>、夏～秋季には貧～無酸素水塊の出現することもある<sup>6)</sup>。

近年、田辺湾ではマリノベーション構想や海洋リゾート基地としての開発構想が持ち上がるとともに、湾内の富栄養化問題、特に、赤潮の発生が周辺住民により注目されるようになってきた。そこで、富栄養化の実態を把握することにより、湾内の適正な利用を図っていくことは水産振興にとって重要なことである。

ここでは、田辺湾における赤潮の発生状況をとりとまとめ、富栄養化の実態について検討するとともに、湾内で多発する *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮の発生傾向と出現環境について整理したので報告する。

## 方 法

### 赤潮発生状況

赤潮の発生は、1972年から1988年までの「県下の赤潮発生状況について」をとりとまとめた。田辺湾での情報については1.各種調査(赤潮関連調査等)時の発見、2.漁業協同組合からの通報、3.各種船舶からの通報等がある。発見の件数は1が最も多いが、年により調査頻度にやや差があるので、発生件数が変わってくることは否定できない。ただ、1以外に2、3による情報もあり、これらを総合すると田辺湾ではかなり精度良く把握されているものと考えられる。また、2、3の通報後は出来る限り確認のための現場調査を行っている。

### *Gymnodinium nagasakiense* の出現環境

調査は1981年と1988年に湾東部の内ノ浦(図1)で行った。1981年には7月6日から7月18日まで連日観測を行い、その後、8月中旬まで3～6日間隔に6回調査した。1988年には6月上旬から8月下旬まで毎週1～2回の割合で、合計15回行った。調査項目は水温、塩分(1981年はカット)と *Gymnodinium nagasakiense* であり、バンドーン採水器を用いて、1981年には0、3、5、7、B-1

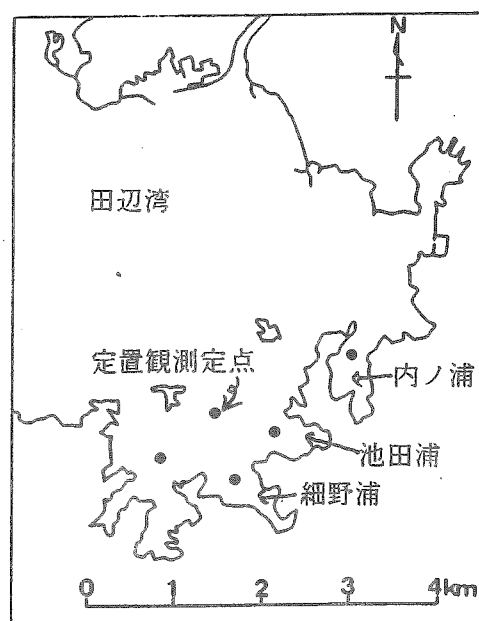


図1 調査水域と定点

\* 赤潮調査事業費による。

m、また、1988年には0、2、4、6、B-1 mの各々5層で行った。

なお、参考資料として堅田漁業協同組合が湾南部の細野浦や池田浦周辺（図1）で行っている定置観測結果（水温とDO）と気象月報（和歌山地方气象台）を用いた。

## 結果及び考察

### 1、赤潮の発生状況

赤潮の発生件数と延べ日数の推移を図2に示す。発生件数は1（1978、88年）～7（1979、87年）件で、年により若干の変動は見られるものの、ほぼ横ばい状態で推移している。県下全域では1976年の35件をピークに、減少傾向が続いているので、近年、県下全域の発生件数に占める田辺湾での発生比率が増加しつつある。継続日数は1976年頃までは30日以内であったが、1981年頃からは50日以上（Max.1987年90日）発生するようになり、長期化しつつある。

継続日数別の発生件数を表1に示す。1977年までは、5日以内の赤潮が全体の66%以上を占め、短時間で消滅するものが殆どであった。1981年頃からは6日以上継続するものが半数以上を占めるとともに、10日以上や30日以上継続する赤潮が頻発し、1件当たりの継続

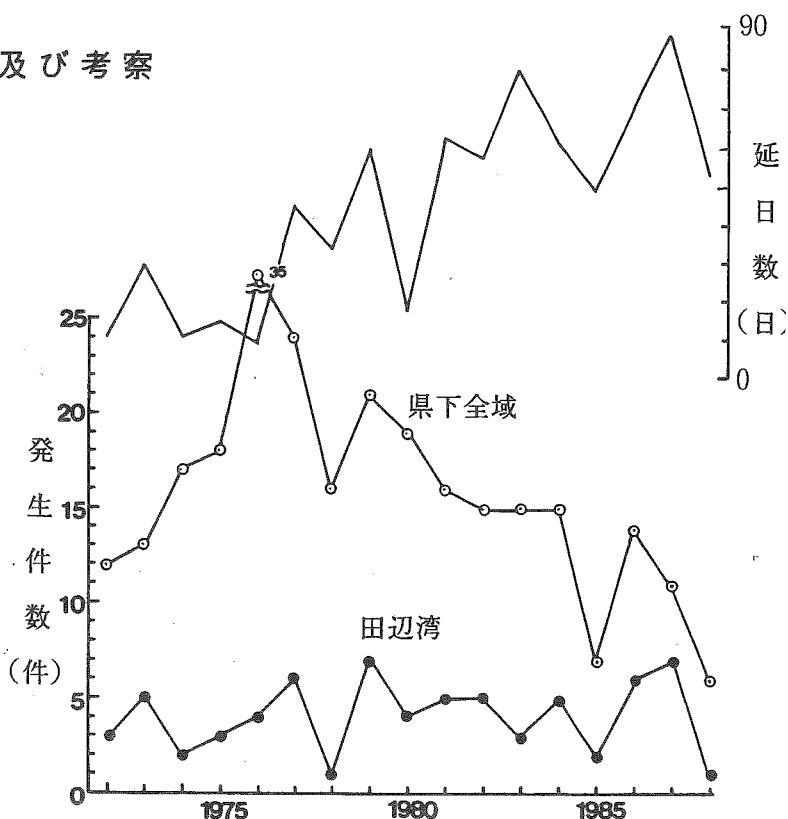


図2 田辺湾における赤潮の発生件数と延日数の推移

表1 継続日数別の発生件数

年	5日以内	6～10日	11～30日	30日以上
1972	2 (66.7)	1 (33.3)		
1973	4 (80)		1 (20)	
1974	2 (100)			
1975	3 (100)			
1976	4 (100)			
1977	4 (66.7)		2 (33.3)	
1978				1 (100)
1979	2 (28.6)	3 (42.8)	2 (28.6)	
1980	4 (100)			
1981	1 (20)	2 (40)	1 (20)	1 (20)
1982	3 (60)		1 (20)	1 (20)
1983	1 (33.3)		1 (33.3)	1 (33.3)
1984		3 (60)	2 (40)	
1985			1 (50)	1 (50)
1986	1 (16.7)	2 (33.3)	3 (50)	
1987	2 (28.6)	3 (42.8)	1 (14.3)	1 (14.3)
1988				1 (100)

( ) : 発生比率

表2 構成種別、月別赤潮発生件数(延件数による)

構成種	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
<i>Skeletonema costatum</i>							1			1	1			3
<i>Biddulphia</i> sp.											1			1
Diatom										1				1
<i>Noctiluca miliaris</i>				1	1					1	2			5
<i>Gymnodinium nagasakiense</i>							1	5	6	3				15
G. 84型								1			1			2
G. s p.						1	1	2	2					6
<i>G.nagasakiense</i> + G. 84型										1				1
<i>G.nagasakiense</i> + <i>Proro.dentatum</i>							1							1
<i>Scrippsiella trochoidea</i>			1	1				1	1					4
<i>Alexandrium catenella</i>						3								3
<i>Gonyaulax</i> s p.									1					1
<i>Prorocentrum triestinum</i>						2	1	1	1					5
<i>P.dentatum</i>								1						1
P. s p.							2			1				3
渦鞭毛藻			1											1
<i>Heterosigma akashiwo</i>						6	6	3	4	2				21
<i>H.akashiwo</i> + <i>P.minimum</i>								1						1
<i>H.akashiwo</i> + <i>Eutreptiella</i> sp.										1				1
<i>H.akashiwo</i> + <i>G.nagasakiense</i> + <i>Eut.sp.</i>								1	1					2
<i>Fibrocapsa japonica</i>									1	1				2
<i>Eutreptiella</i> sp. + <i>Gymno.sp.</i>											1			1
<i>Eutreptiella</i> sp. + <i>Chaetoceros spp</i>										1				1
<i>Trichodesmium</i> sp.									1					1
<i>Mesodinium rubrum</i>						1						1	1	3
未確認						1			3	1				5
合計		1	3	1	14	13	16	21	21	14	6	1	1	91

続日数が長期化するようになってきた。

延件数による構成種別、月別の発生件数を表2に示す。赤潮はほぼ周年にわたって認められたが、5月14件、6月13件、7月16件、8月21件、9月14件の発生があり、高水温期の5ヶ月間で全体の86%を占めていた。一方、秋～冬季の低水温期には少なく、毎月、1～3件程度の発生であった。赤潮の構成種は全部で19種確認され、珪藻、渦鞭毛藻、ラフィド藻、その他の藻類と繊毛虫に大別される。珪藻類の赤潮は6件で、全体の6.5%であった。渦鞭毛藻は52件で、全体の57%を占め、最も多かった。単一属では*Gymnodinium*属の単独ないし複合赤潮が28件で、このうち、*G.nagasakiense*の関連赤潮が19件で7～9月の高水温期に集中していた。*Prorocentrum*属の赤潮が5月から9月までの高水温期に11件発生し、これら2属の赤潮が最も多かった。これ以外に、*Alexandrium catenella*、*Gonyaulax* sp.や*Scrippsiella trochoidea*が赤潮を形成していた。ラフィド藻は27件で全体の30%を占めていたが、*Heterosigma akashiwo*が21件で最も多く、5、6月から9月頃まで発生していた。また、ラン藻類の*Trichodesmium*や繊毛虫の*Mesodinium rubrum*も赤潮を形成した。赤潮構成種の出現時期には特色があり、主要種の季節変動には次のようなパターンが認められた。低水温期の2、3月頃には*S.trochoidea*、春先の5月頃から*H.akashiwo*や*Prorocentrum*属が多発し、まれに*A.catenella*が出現した。7～9月の高水温期には*H.akashiwo*、*Prorocentrum*属とともに*G.nagasakiense*が発生し、しばしば大規模化した。また、秋口から冬季にかけて珪藻→*M.rubrum*類に移る状況が認めら

れた。

田辺湾では赤潮の発生件数がほぼ一定であったが、継続日数の長期化していることが明らかになった。また、CODが1972年頃から増加傾向にある<sup>7)</sup>。このことは栄養塩の供給され易い環境になってきたことを示すものであり、富栄養化の進行を示唆している。また、赤潮構成種では渦鞭毛藻とラフィド藻が多く出現していた。これは瀬戸内海全域<sup>8)</sup>での状況とよく似ていた。一方、大阪湾北東部の富栄養化の最も進行した水域では珪藻の出現比率が高く<sup>9)</sup>、これは栄養塩バランスの不均衡によるN、P比の増加によるところが指摘されている<sup>9)</sup>。田辺湾では今のところ、このような状況が認められていないが、今後、赤潮構成種の変遷を追跡するとともに、栄養塩濃度やN、P比との関連についても究明すべきであろう。

## 2. *G. nagasakiense* 赤潮の発生傾向と出現環境

*G. nagasakiense*赤潮の発生例と漁業被害の状況を表3に示す。本種は1977年にはじめて確認されてから1988年までの間に単独赤潮が7件と複合赤潮が2件発生し、ほぼ、2年に1回以上の割合で赤潮を形成していた。発生は1979、'82、'86年や1987年を除くと、7月中～下旬頃からはじまり、8月下旬から9月上旬頃まで継続していた。継続日数は1979年を除くと10日以上で、1987年や'88年には約2ヶ月間に及んだ。漁業被害は1977、'87年と1988年の3件で、養殖魚や真珠貝に見られた。本種の赤潮が発生すると、広範囲に貧酸素化することがあり<sup>10)</sup>、天然魚に被害を及ぼしやすいことが報告されている<sup>10-12)</sup>。田辺湾でもカサゴ、キス、カニ、イセエビ等底生性の魚介類に多大の被害を及ぼし

表3 田辺湾における *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮の発生と漁業被害

No.	時 期	日数	漁業被害の有無	備 考
1	1977. 7.13-7.30	1 8	ハマチ、真珠貝	
2	1978. 7.26-8.28	3 4	無	
3	1979. 9.26-9.27	2	無	複合赤潮
4	1981. 7.27-8.30	3 5	無	
5	1982. 8. 4-8.15	1 2	無	
6	1984. 7.16-8.11	2 7	無	複合赤潮
7	1986. 8.25-9. 4	1 1	無	
8	1987. 6.22-7.23, 8.11-9.7	6 0	ハマチ、マイワシ	
9	1988. 7.17-9. 7	5 3	ハマチ	

ているが、十分に把握しきれないため漁業被害として記載されていない。

1980年から1988年（1986年を除く）までの湾南部における表、底層水温（図1の4定点の平均値による）の推移と赤潮発生の期間を図3に示す。赤潮発生時の水温は、1982年には表層が23.0～26.0℃、底層が21.5～25.5℃で水温上昇期に発生していたが、その他の年には、表層が25.0℃以上、底層が20.0℃以上で水温のピーク時に発生していた。*G. nagasakiense*の赤潮は西日本の内湾で夏季25.0℃以上の時に出現することが多く<sup>13-16)</sup>、田辺湾での出現水温もほぼ一致していた。しかし、1980年熊野灘南部域に出現した赤潮時の水温は21.0～25.0℃<sup>11)</sup>、また、1985年から1988年にかけて熊野灘南部沿岸域で*G. nagasakiense*の出現状況を調査したところ、22.0～25.0℃の範囲で恒常的に、しかも、比較的高密度に出現していた<sup>17)</sup>。更に、近年、周防灘沿岸<sup>18)</sup>、徳山湾<sup>19)</sup>や五ヶ所湾<sup>20)</sup>では冬季の低水温期にも本種の赤潮が発生している。また、本種の培養株では広い温度範囲で良好な生長を示すことが確認されており<sup>21、22)</sup>、きわめて広い温度範囲に適應することのできる種であると考えられている。また、1981、'82、'84、'85年や1988年の赤潮発生時に比べると、非発生年である1983年には上、下層の水温

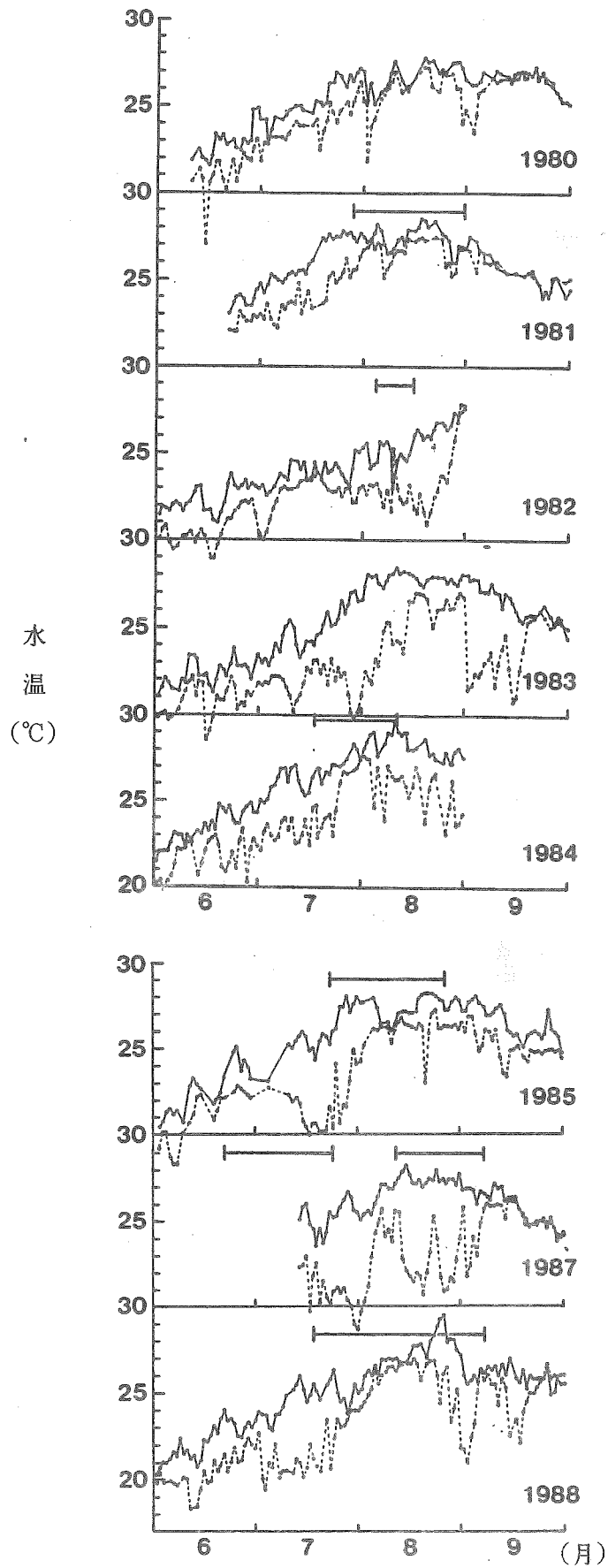


図3 表、底層水温の推移と *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮の発生期間  
 実線：表層水温、点線：底層水温、—|—：赤潮の発生期間

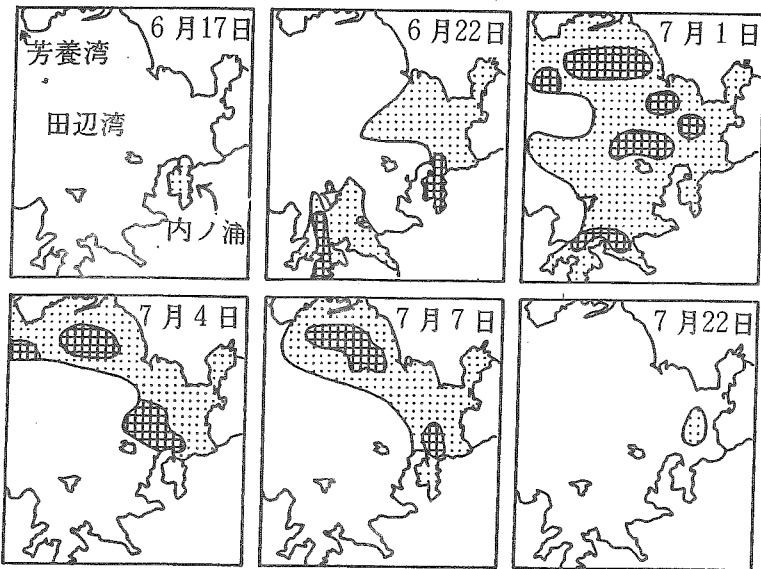


図4 *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮の分布域の推移(1987年)

..... : 着色域      ㊦ : 濃密域

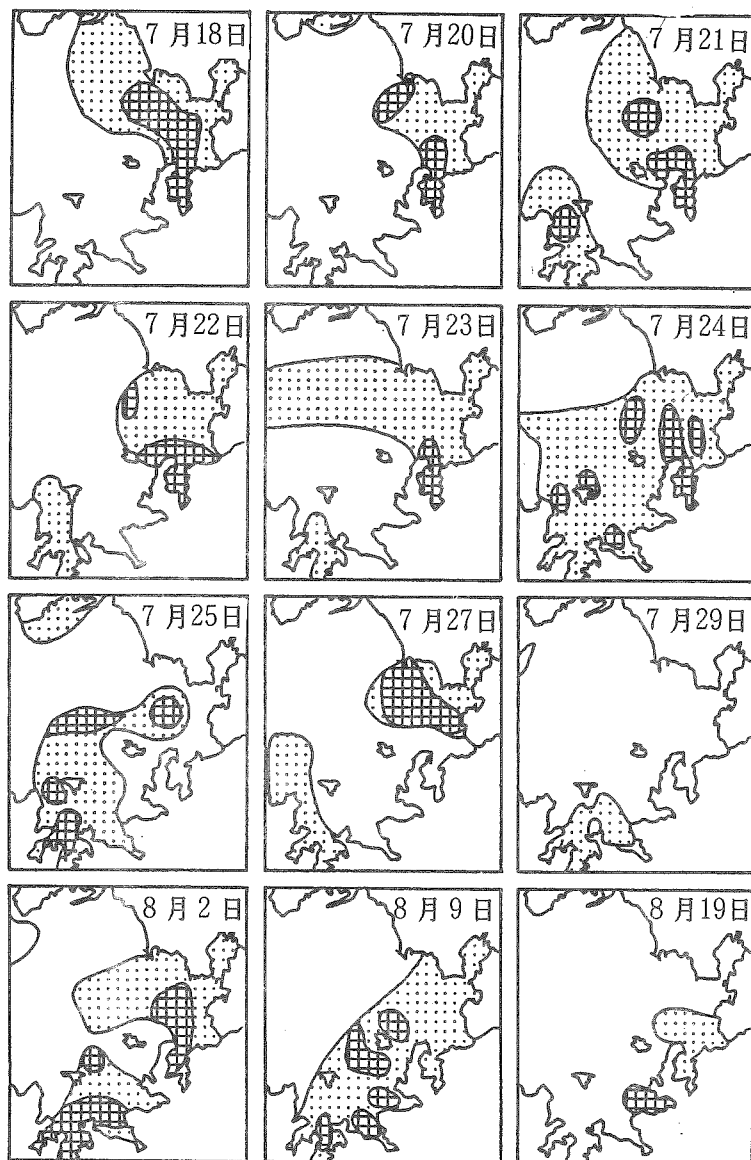


図5 *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮の分布域の推移(1988年)

..... : 着色域      ㊦ : 濃密域

差が若干大きく、温度成層の弱いときに本種の赤潮が形成され易いように思われる。

本種の赤潮が発生すると、一般に長期化することが明らかになったので、この間の分布動態を検討するため、1987年と1988年の赤潮の発生経過を図4、5に示した。1987年には6月17日に東部域の内ノ浦ではじめて確認された。6月22日には東部域で拡大するとともに、南部域でも着色しだした。7月1日には着色域が全域に拡大するとともにパッチ状の濃密域も全域に分散した。7月4日と7日には東部域から北部域にかけて着色していたが、南部域では赤潮が認められなかった。また、このころには赤潮の一部が芳養湾にまで拡大した。1988年には7月18日に東部域から北部域にかけての広い水域で赤潮が認められた。7月21日には南部域でも着色しだすとともに、しだいに拡大しはじめ、7月24日には北部域の一部を除くほぼ全域が着色した。7月末には一時的に縮小したが、8月上旬からは再び拡大し、8月9日頃には湾奥全域が着色した。8月中旬頃からは分布域が縮小しはじめ、9月上旬に消滅した。この2例の赤潮の発生経過を見ると、いずれも初期発生が東部域にみられ、その後、東部域と南部域に分散しながら全域に拡大するパターンを示した。竹内、芳養<sup>9)</sup>は田辺湾での赤潮発生パターンを3タイプに分類し、このうち、*G.n-nagasakiense* は東部域で初期発生し、徐々に全域に拡大するパターンを示すと報告しており、この2ヶ年の発生経過もほぼ一致していた。本種が赤潮を形成してから拡大するパターンは明らかになったので、今後は赤潮前の低密度の出現から増殖期にか

けての状況を調査することにより、初期発生と増殖域を究明する必要がある。

1981年と1988年の湾東部の内の浦における水温、塩分と *G. nagasakiense* の垂直分布の推移を図6、7に示す。1981年には *G. nagasakiense* が7月6日に確認され、9日まで  $10\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$  以下の密度で、表層から底層にわたってほぼ均一に分布していた。10日すぎから徐々に表層に集積しはじめ、15日には表層が  $195\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$  になったが、3 m以深では  $10\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$  以下であった。16日頃から急速に減少するとともに全層に分散しはじめた。20日すぎから再び、中層(4~7 m)付近で増加しはじめ、25日には  $10^2\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$  をこえ、更に、7月に入ると表層から8 m層まで  $10^3\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$  以上の密度になり、赤潮を形成した。この間の表層水温は  $26.0\sim 29.0^\circ\text{C}$ 、底層水温は  $24.5\sim 27.5^\circ\text{C}$  で、表、底層間の温度差が  $1\sim 3^\circ\text{C}$  であった。塩分は15日すぎの底層を除くと、表~底層にわたって  $33.00$  台で推移し、大きな変化は認められなかった。1988年には *G. nagasakiense* が6月上旬から出現しはじめ、下旬まで  $10\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$  以下の密度で全層にわたって均一に分散していた。7月上旬には2~6 m層を中心にして急速に増加しはじめ、10日すぎには赤潮を形成し、15日頃には  $10^4\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$  以上に達して濃密になった。また、 $10^3\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$  以上を越える頃からは表層に集積するようになった。7月下旬には一時的に減少するとともに全層に分散した。8月上旬からは再び増加して赤潮を形成し、8月中旬頃まで続いた。6月の表層水温は

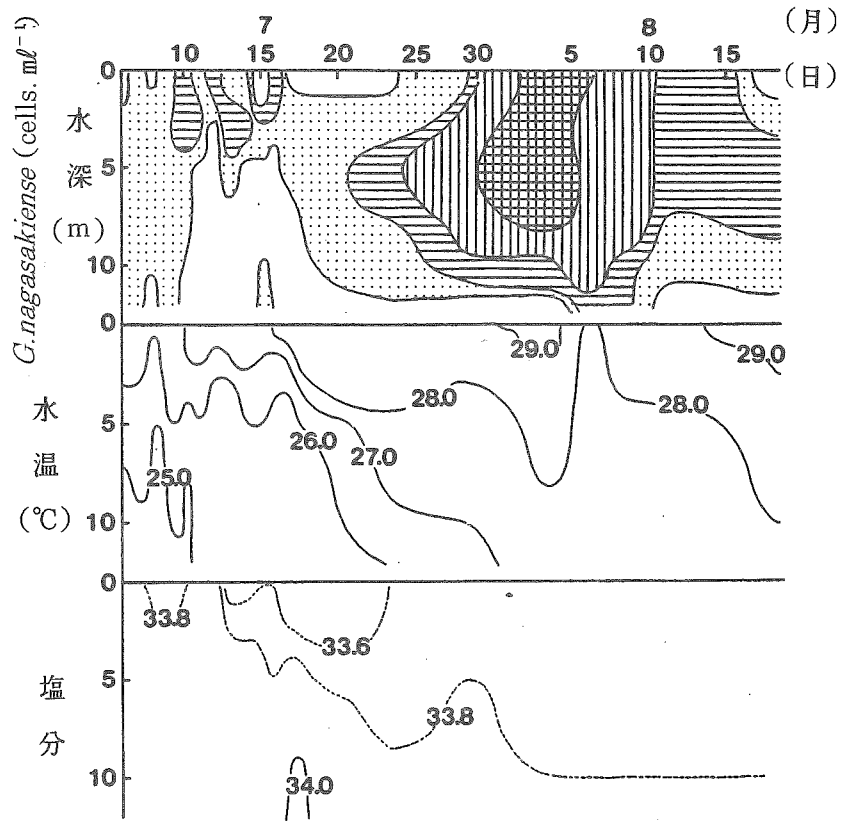


図6 内ノ浦における水温、塩分と *Gymnodinium nagasakiense* の推移(1981年)

\* *G. nagasakiense* ( $\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$ ):  
 □: 検出せず、    ▨:  $1\sim 10$ 、    ▩:  $10\sim 10^2$   
 ▨:  $10^2\sim 10^3$ 、    ▩:  $10^3\sim 10^4$

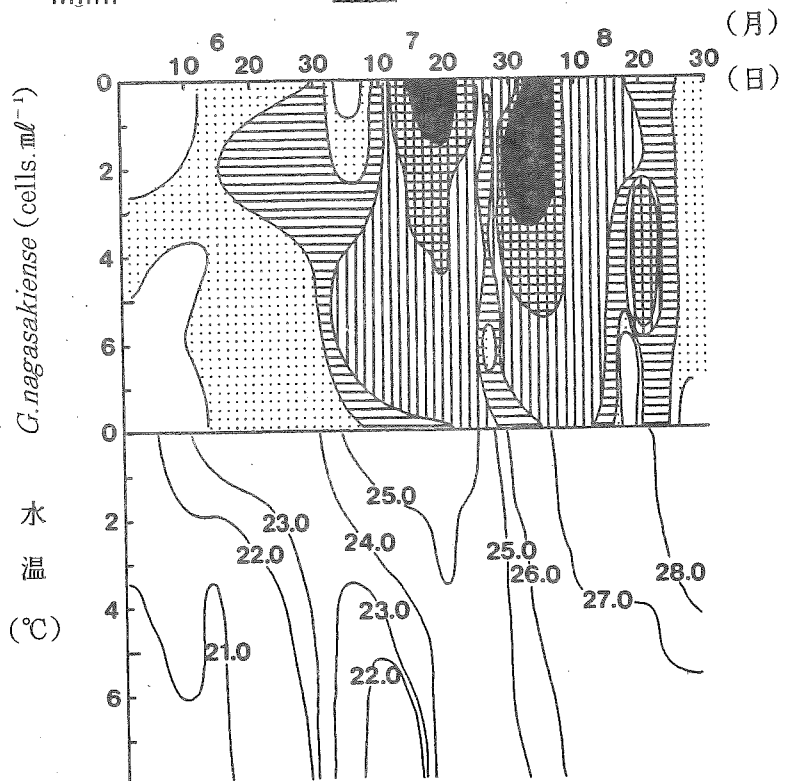


図7 内ノ浦における水温と *Gymnodinium nagasakiense* の推移(1988年)

\* *G. nagasakiense* ( $\text{cells}\cdot\text{m}^{-1}$ ):  
 □: 検出せず、    ▨:  $1\sim 10$ 、    ▩:  $10\sim 10^2$   
 ▨:  $10^2\sim 10^3$ 、    ▩:  $10^3\sim 10^4$ 、    ■:  $10^4$ 以上

21.0~24.0°C、底層水温は20.0~23.5°Cで、表~底層間の温度差は1~3°Cであった。7月には表層が24.0~26.0°C、底層が22.0~25.0°Cで、表~底層間の温度差が1~5°Cになり、成層がやや強固になった。また、8月には表層が26.0~29.0°C、底層が25.0~27.0°Cであった。この2ヶ年の結果をみると、*G.nagasakiense*は赤潮を形成する1ヶ月以上前から出現し、全層に均一に分散しながら、推移していた。1981年の7月6~20日や1988年の6月上~下旬のように1ml当たり数個から10個までの間で、赤潮にいたる誘導期ではないかと考えられる。また、赤潮を形成する10日程前から中層付近に集積して急速に増加しはじめ、 $10^3 \text{ cells. ml}^{-1}$ を越えるころから表層に浮上、集積して赤潮を形成するといった図式が窺えた。*G.nagasakiense*は中層で増殖し、ある一定の密度に達すると表層に浮上することが知られており<sup>23)</sup>、ここでの結果と一致していた。本城<sup>24)</sup>は中層に定位することによって気象等の外部要因による(-)の作用を受けにくく、*G.nagasakiense*が赤潮を形成するための有利な生態的特徴になっていると指摘した。また、飯塚・上<sup>25)</sup>は*G.nagasakiense*がロジスチック曲線を描きながら増加することを報告しており、ここでの結果もほぼ一致していた。ただ、全層に分散しながら分布していたものが、赤潮形成の10日程前から、中層に集積して増殖しはじめていた。この時に何らかの環境変動がおこっていたことは想像され、今後、究明すべきであろう。

*G.nagasakiense*と*H.akashiwo*の赤潮の発生状況を図8に示す。*G.nagasakiense*赤潮は8件、また、*H.akashiwo*の赤潮は19件発生していたが、両者の発生年には、1. *G.nagasakiense*だけが発生する年(1977,'78,'82,'88年)、2. *H.akashiwo*だけが発生する年(1979,'80,'83,'85年)、3. *G.nagasakiense*と*H.akashiwo*の両者が発生する年(1984,'86,'87年)の関係がみられた。一般に、*H.akashiwo*は富栄養化した内湾に出現する指標種である<sup>26)</sup>のに対して、*G.nagasakiense*は中栄養水域に出現しやすいことが指摘されている<sup>25)</sup>。田辺湾では*H.akashiwo*が頻発する年には*G.nagasakiense*の赤潮が発生せず、また、逆の傾向も窺えたが、これは、年により、各々の種に好適な環境の形成されていることを示すものであり、*G.nagasakiense*赤潮の発生予知に春先の*H.akashiwo*の増殖が先行指標として使えることが示唆される。今後は、両者の種間関係について検討すべきであろう。

*G.nagasakiense*赤潮は底層水の無酸素化現象ののちに発生する場合と、降雨後におこる2つのタイプの存在することが指摘されている<sup>27)</sup>。無酸素化現象や降雨は表、底層水に栄養塩の増加を引き起こすと同時に金属類や有機物を供給するので、赤潮発生の前段階、引き金として考えられている。そこで、底層水のDOが調査されている1981,'82年と1988年の*G.nagasakiense*赤潮発生前1ヶ月間の降水量と底層水のD

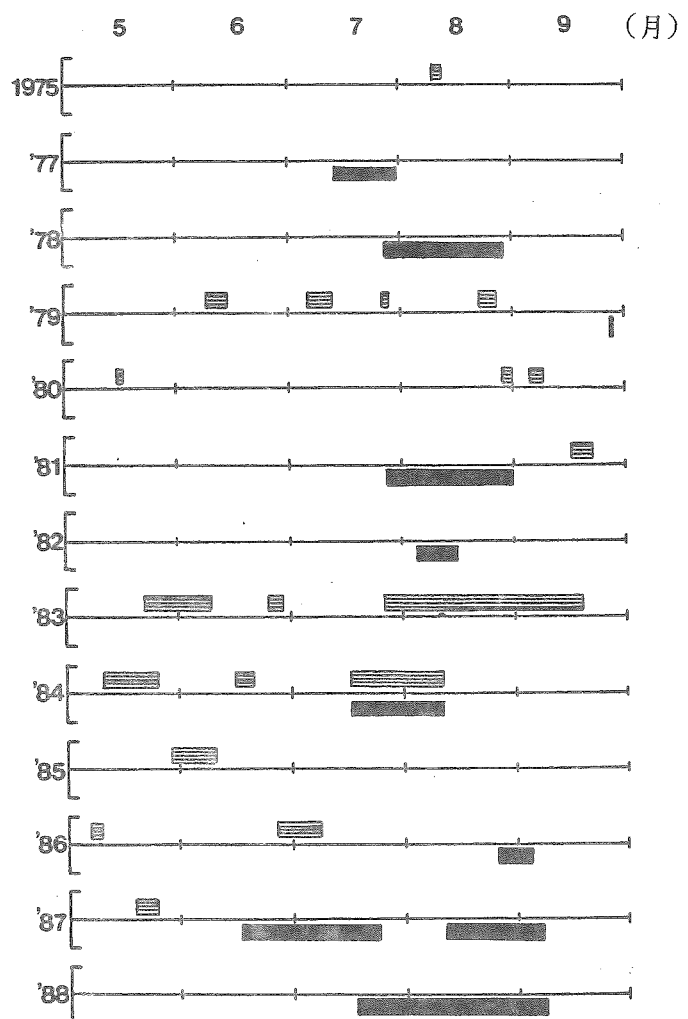


図8 *Gymnodinium nagasakiense* と *Heterosigma akashiwo* の赤潮発生状況

■: *Gymnodinium nagasakiense*, ▨: *Heterosigma akashiwo*



○の推移を図9に示す。1981年の場合は赤潮前1ヶ月間に93mmの降雨があったが、発生前11日間には全くなかった。底層水のDOは8日程前から $3\text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下の値がつづき、それ以前に比べると急速に

低下していた。1982年は1ヶ月間に837mmの降雨があり、発生前9～11日(249mm)と、1～3日(192mm)に大雨があった。底層水のDOは2、3日前と5、6日前には $3\text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ 以下になったが、それ以外はあまり低下することはなかった。1988年は1ヶ月間に248mmの降雨があり、発生前20日頃と3～4日前に集中していた。底層水のDOは $3\sim 5\text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ で推移することが多く、1981年や1982年のように赤潮発生前に貧酸素化することがなかった。この3ヶ年をみると、赤潮の発生前には降雨なり、貧酸素化現象が認められた。特に、1982年には発生の10日前に両方の現象がみられた。これらの現象がどの程度のN、P等を水中に供給し、赤潮の発生に関連しているかは明らかでないが、発生前には飯塚<sup>27)</sup>が指摘しているように、一時的に栄養塩等を増加させるような環境変動のおこっていることが明らかになった。今後は、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究明すべきであろう。

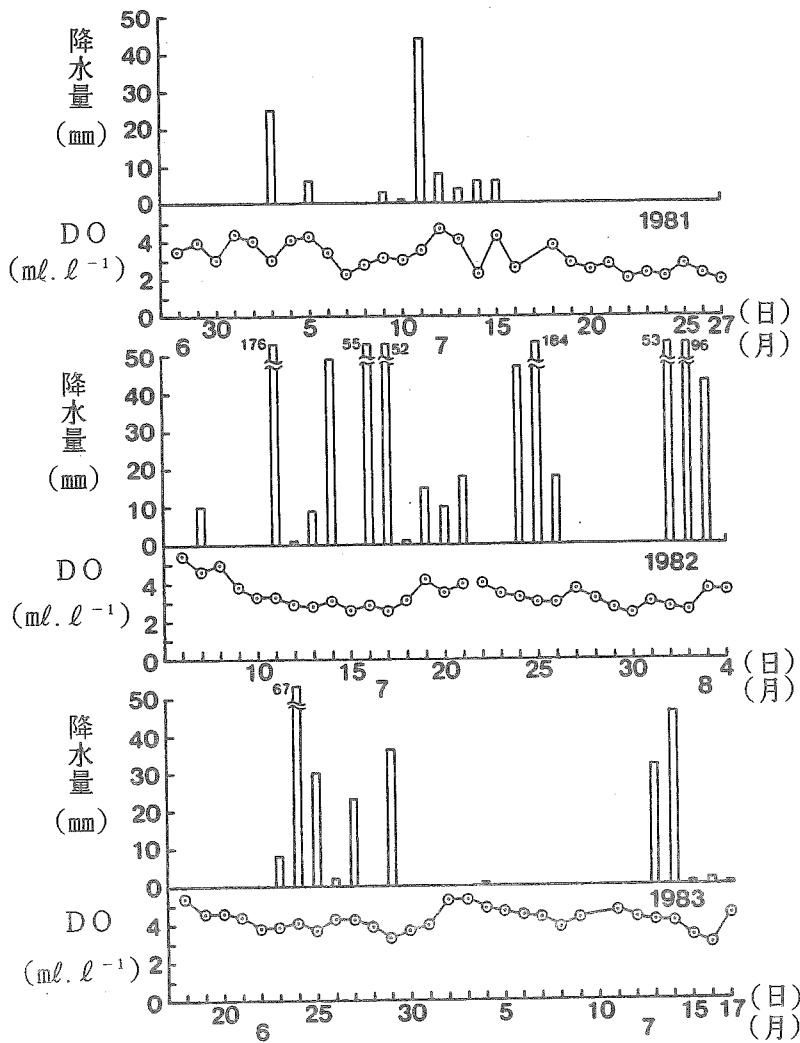


図9 *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮1ヶ月前の  
降水量と底層水のDOの推移

## 要 約

田辺湾における赤潮発生状況と *G. nagasakiense* 赤潮の発生傾向や出現環境について整理し、以下のことが明らかになった。

### 1、赤潮の発生状況

- (1) 発生件数は1～7件で、ほぼ横ばい状態で推移している。
- (2) 年間の赤潮日数は1976年頃までは30日以内であったが、1981年頃からは50日以上になり、長期化していた。
- (3) 1件当たりの継続日数は1981年頃から長期化し、30日以上継続する赤潮が頻発するようになってきた。
- (4) 赤潮の発生は周年にわたっていたが5～9月頃が多く、高水温期の5ヶ月間で全体の86%を占めていた。
- (5) 赤潮の構成種は全部で19種確認された。渦鞭毛藻によるものが全体の57%を占め、このうち *G. nagasakiense* の関連赤潮と *Prorocentrum* 属の赤潮が多く、*Alexandrium catenella*, *Gonyaulax* sp.

や *Scrippsiella trocoidiea* による赤潮も出現した。ラフィド藻は全体の30%を占め、このうち、*Heterosigma akashiwo* によるものが最も多かった。

(6) 赤潮の主要種は *Scrippsiella trocoidiea* → *Heterosigma akashiwo*, *Prorocentrum* 属 → *G. nagasakiense* → 珪藻 → *Mesodinium rubrum* というようなパターンで季節変動していた。

## 2、*G. nagasakiense* 赤潮の発生傾向と出現環境

(1) *G. nagasakiense* 赤潮は1977年に確認されてから1988年までに9件発生していた。発生は7月中、下旬からはじまり、8月下旬～9月上旬まで継続することがあり、1ヶ月以上にわたって長期化することが多い。

(2) *G. nagasakiense* 赤潮は表層水温が25°C以上、底層水温が20°C以上のピーク時に発生することが多い。

(3) *G. nagasakiense* 赤潮は湾東部で発生し、徐々に全域に拡大した。

(4) *G. nagasakiense* は赤潮発生1ヶ月程前に表～底層に分散しながら出現し、増減なく推移していた。10日程で前から中層に集積して、増殖しはじめ、 $10^3 \text{ cells. ml}^{-1}$  に達すると表層に浮上、集積するパターンが窺えた。

(5) *G. nagasakiense* が大発生する年には、*H. akashiwo* が発生せず、また、逆の関係も窺えた。

(6) *G. nagasakiense* 赤潮の発生する1ヶ月前には貧酸素化現象ないし、降雨が認められた。

## 文 献

- 1) 柳 哲雄、1988：海の科学—海洋学入門。恒星社厚生閣、東京、1—126。
- 2) 菅原兼男・佐藤正春、1966：東京湾の赤潮。千葉水試報告、第8号、57-95。
- 3) 城 久、1986：大阪湾における富栄養化の構造と富栄養化が漁業生産におよぼす影響について。大阪水試研報、第7号、1—174。
- 4) 竹内照文、1980：和歌山県沿岸域の赤潮—1971年から1979年までの赤潮発生状況。昭和54年度和歌山水試事報、186-199。
- 5) 竹内照文・芳養晴雄、1980：田辺湾の赤潮—1 発生傾向と環境について。昭和54年度赤潮予察調査報告書（瀬戸内海ブロック）水産庁、59-74。
- 6) 竹内照文・芳養晴雄・中西 一、1982：田辺湾の赤潮—2 1979、'80年の定置観測結果と赤潮発生の関係について。昭和55年度赤潮予察調査報告書（瀬戸内海ブロック）、水産庁、67-76。
- 7) 加来靖弘、1989：田辺湾の現状と将来、プリント版。
- 8) Akihiko Shirota, 1989: Red Tide Problem and Countermeasures(1). Int. J. Aq. Fish. Technol. Vol. 1 25-38.
- 9) 矢持 進、私信。
- 10) 竹内照文・金盛浩吉・渡辺勇二郎・芳養晴雄・金丸誠司・中西 一・小川満也・竹内淳一・南忠七、1986：1984年7月熊野灘南部域に出現した *Gymnodinium nagasakiense* 赤潮について(調査報告)。昭和59年度和歌山水試事報、54-111。
- 11) 竹内照文・中西 一・加来靖弘・渡辺勇二郎・芳養晴雄、1981：1980年熊野灘南部水域に出現した *Gymnodinium type' 65* 赤潮について。昭和55年度和歌山水試事報、64-92。
- 12) 金丸誠司・金盛浩吉、1986：漁場診断調査事業。昭和59年度和歌山水試事報、117-150。
- 13) 田中義興・川上大和・川辺克己、1979：博多湾における *Gymnodinium ' 65* 型種の出現と環境について。昭和52年度福岡水試研究業務報告、171-181。
- 14) 酒井博行・沢田茂樹、1979：宇和海の赤潮。昭和53年度赤潮予察調査報告書（瀬戸内海ブロック）、水産庁、167-178。
- 15) 飯塚昭二・入江春彦、1966：1965年夏季大村湾赤潮の海況とその被害—2、後期赤潮とその生物学的特徴について。長崎大学水産学部研究報告、21、67-101。

- 16) 池田武彦・小林知吉・桃山和夫、1981：昭和54年度徳山湾における連続観測—*Gymnodinium* type' 65赤潮について、昭和54年度赤潮予察調査報告書（瀬戸内海ブロック）水産庁、91-102.
- 17) 和歌山県水産試験場、1989：昭和63年度赤潮対策技術開発試験報告書、2-1 赤潮予察実用化技術開発試験—ギムノディニウム赤潮の発生機構解明及び発生予察に関する研究、1-30.
- 18) 寺田和夫・池内 仁・高山晴義、1987：冬季の周防灘沿岸で観察された *Gymnodinium nagasakiense* 日本プランクトン学会報、30（2）201-203.
- 19) 池田武彦、私信.
- 20) 本城凡夫・植本東彦、1985：五ヶ所湾および隣接湾における冬から春期にかけての *Gymnodinium nagasakiense* 細胞密度の変化、日本水産学会秋季大会講演要旨集、100.
- 21) 石丸 隆、1986：昭和60年度赤潮対策技術開発試験報告書 2-1 赤潮予察実用化技術開発試験報告書—ギムノディニウム赤潮の発生機構解明及び発生予察に関する研究（和歌山県水産試験場編）、1-48.
- 22) 山口峰夫・本城凡夫、1989：有害赤潮鞭毛藻 *Gymnodinium nagasakiense* の増殖におよぼす水温、塩分および光強度の影響、日本水産学会誌55(11)、2029-2036.
- 23) 飯塚昭二・平山和次、1980：赤潮の生長—群生長と分裂速度、赤潮に関する近年の知見と研究の問題点、赤潮研究会編集委員会、水産研究叢書、33、74-81.
- 24) 本城凡夫、1987：赤潮種と発生環境—ギムノディニウム、赤潮の科学（岡市友利編）、恒星社厚生閣、東京、228-237.
- 25) 飯塚昭二・上 真一、1987：赤潮の生態学的諸問題、4・1 群生長・生物間関係・行動生態、赤潮の科学（岡市友利編）、恒星社厚生閣、東京、91-123.
- 26) 山田真知子・鶴田新生・吉田陽一、1980：植物プランクトンの富栄養階級表、日本水産学会誌、46（12）、1435-1438.
- 27) 飯塚昭二・入江春彦、1972：大村湾の赤潮発生環境と発生要因、内湾赤潮の発生機構（水産研究叢書）、日本水産資源保護協会、35-57.