

上出 貴士・小川 満也

目的

田辺湾では南部域が*Gymnodinium mikimotoi*の初期増殖域となり、そこで緩やかに増殖して小規模な赤潮を形成した後、南部域から北部域へと移動するとともに、湾全域に拡大することが明らかになっている。そこで、田辺湾南部における*G.mikimotoi*赤潮の発生機構を解明し、本種赤潮の予知手法と防除技術の開発を行う。

なお、当事業は水産庁の委託事業であり、その詳細は既に「平成9年度海域特性による赤潮被害防止技術開発試験報告書」として報告した。

方法

1 現場調査

調査は図1に示す田辺湾南部の6定点(St.6、7、37、38、A、B)で、6月から8月まで毎週1回(ただし、7月は週2回)の割合で合計17回実施した。調査項目は水温、塩分、溶存酸素と*G.mikimotoi*の細胞密度である。水温、塩分はSTD(アレック電子K.K製AST500-PK)を用いて、表層から底層まで0.5m間隔に測定した。溶存酸素測定および*G.mikimotoi*の細胞数を計数するための採水は北原式採水器を用いて、表面、3、5mと海底上1mの4層で行った。溶存酸素量はウィンクラー法で測定した。*G.mikimotoi*は通常、原海水1ml中の細胞数を計数しているが、1 cell/ml以下の密度の時は採水した300mlを、5 μmミリポアフィルターを用いて重力濾過し、20ml程度まで濃縮した後、その試水1ml中の細胞数を計数し、1ml当たりの細胞密度に換算した。

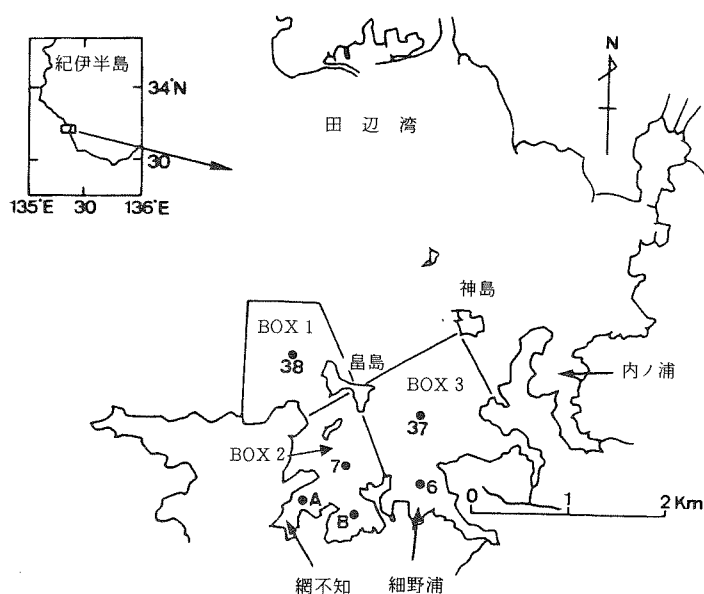


図1 田辺湾南部における調査定点およびボックスの区画

2 ボックスモデルの設定と海水交換量

田辺湾では*G.mikimotoi*の初期発生域が南部域の奥部(St.7、A、B)であることが明らかになっている。そこで、この3定点を1つのボックスに、また、このボックスに接する2つのボックスを設

* 海域特性による赤潮被害防止技術開発試験費による。

定し、各々の代表点をSt.37とSt.38とした(図1)。

ボックスモデルは1層ボックスを用い、木村ら^{1,2)}、杜多ら^{3,4)}に従って求めた。

結 果

1 *G.mikimotoi*の発生状況

*G.mikimotoi*は6月下旬から出現し、水深3.5m層を中心に増加しはじめ、7月下旬にピークを示した。最高密度は全点の水柱平均値が1.32 cells/ml (St.38の5m層で4.10 cells/ml)で赤潮を形成することはなかった(図2)。この間の増殖速度は0.22 div./dayであったが、出現密度が最大になった7月22日から24日の3日間では1.54 div./dayと高い値を示した。

また、*G.mikimotoi*は、全点で出現しており、湾奥部のSt.A、B、7で、いくぶん高密度に出現していたことから、ここが初期発生域であることが裏付けられた(図3)。

2 *G.mikimotoi*の発生と環境要因の関係

表層水温は6月中旬から上昇し、7月中旬まではスムーズに上昇していた。7月下旬に台風9号の通過による降雨で水温が約2~3℃下降したが、その後急上昇し、8月上旬にピークに達した。底層水温は6月上・中旬には22℃台で推移していた。7月上旬からゆるやかに上昇し、8月下旬に26℃台に達し、最高値となった(図4-上段)。

塩分濃度は表層では6月上・中旬に34前後で推移していたが、6月下旬には台風等による降雨のため29.14まで下降した。その後、33台で推移したが7月下旬には台風9号の影響で29.6まで下降した。8月に入ってから32前後で推移した。底層では33~34の間を緩やかに下降する傾向を示した。また、

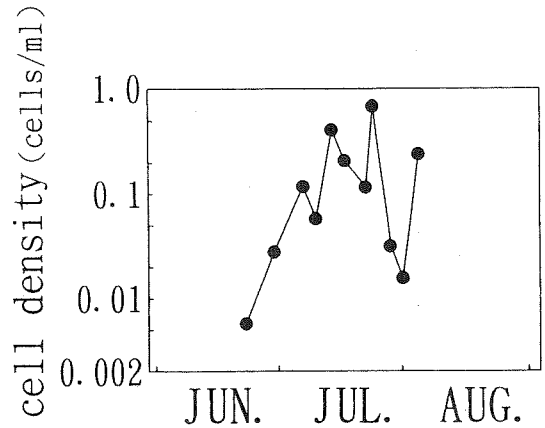


図2 田辺湾南部域における*Gymnodinium mikimotoi*の発生状況(1997.6.9~8.25) 6定点の全層の平均で示す。Y軸は対数表示で示す。

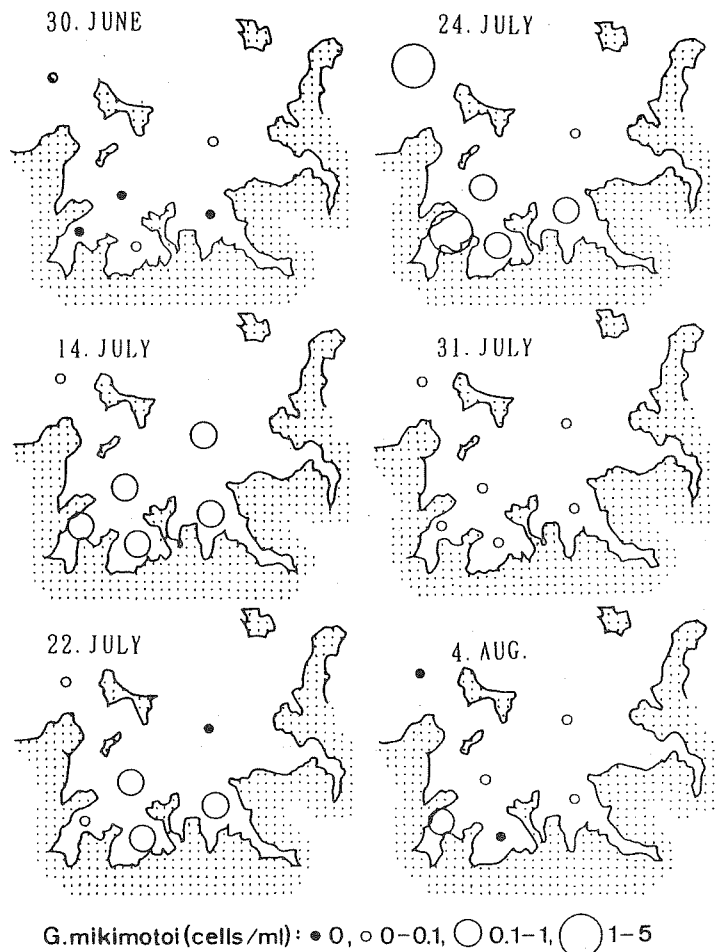


図3 田辺湾南部域における*Gymnodinium mikimotoi*の水平分布の推移(1997.6.5~8.25) 各定点ともに水柱平均値(0、3、5、B-1m)で示す。

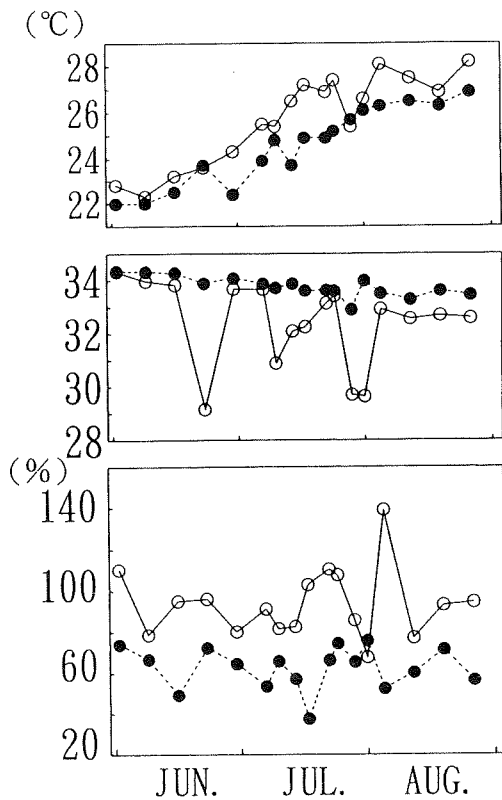


図4 田辺湾南部の表層と底層における水温(上段)、塩分(中段)と酸素飽和度(下段)の推移
St.7、A、Bの平均値で示す。
○: 表層、●: 底層

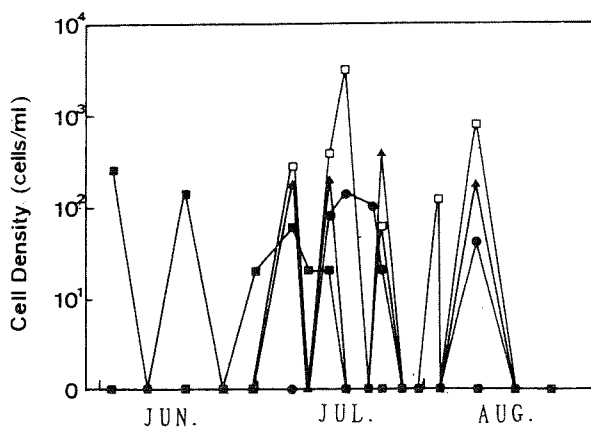


図5 St.7の表層におけるプランクトンの推移
□: *Chaetoceros* spp.
■: *Prorocentrum* spp.
▲: *Bacteriastrum* spp.
●: *Rhizosolenia* spp.

7月下旬には台風による降雨のため32.91まで下降した。その後は33台で推移した(図4-中段)。

酸素飽和度は、表層では67~140%の間で推移し、6月上旬、7月下旬と8月上旬には過飽和に、また、7月下旬には降雨の影響で著しく低下した。底層は80%以下で推移し、6月中旬、7月上~中旬、8月上旬と下旬に60%以下の貧酸素水塊を形成した(図4-下段)。

植物プランクトンは、珪藻類では*Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia* spp.が、渦鞭毛藻では*Prorocentrum* spp.が優占していたが、 10^3 cells/ml以上になることがほとんどなく、例年より低い密度で推移した。特に、台風9号通過後はほとんどみられなかった(図5)。

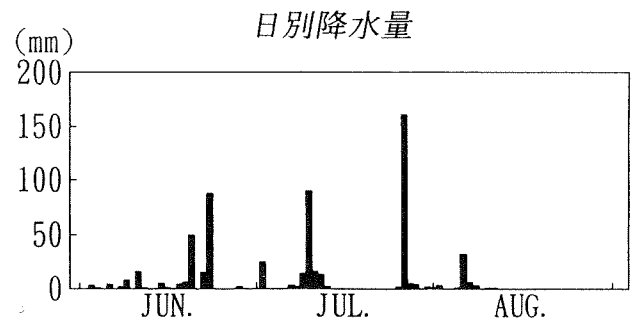
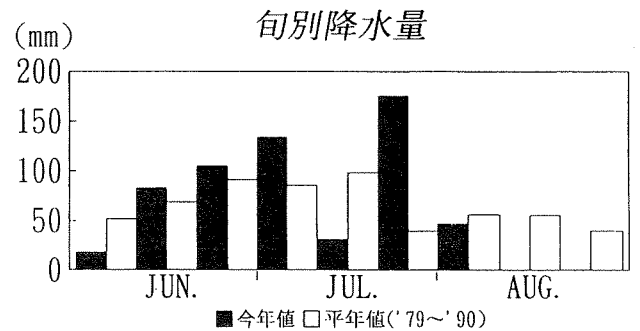


図6 旬別、日別降水量の推移(1997年6月~8月)

降水量は旬別にみると(図6-上段)6月中・下旬は平年よりも多めで推移し、7月中旬は平年より67.6mm少なく、7月下旬は135.5mm多かった。8月は平年より少なく、中・下旬は降雨がなかった。また、日別降水量をみてみると(図6-下段)、6月は雨の日が多く、特に下旬には50mm以上の降雨のあった日が2日あった。7月は中旬には雨がなかったが、上旬と下旬にはまとまった降雨があった。特に26日は台風9号通過の影響で多量の降雨があった。8月は中・下旬は雨の日がなかった。

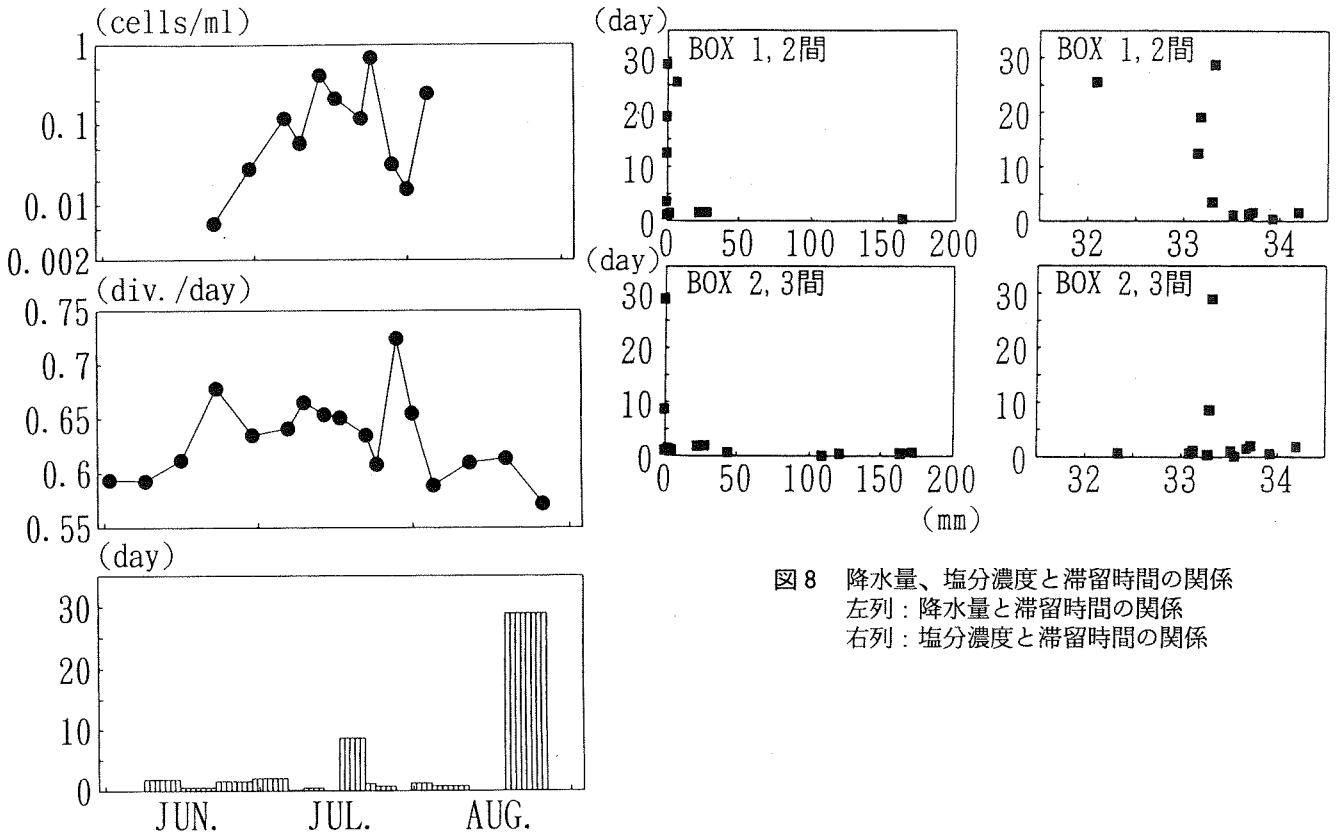


図8 降水量、塩分濃度と滞留時間の関係
左列：降水量と滞留時間の関係
右列：塩分濃度と滞留時間の関係

図7 *Gymnodinium mikimotoi*の発生状況(上段)、増殖速度(中段)とボックス2、3の滞留時間(下段)の推移
*G.mikimotoi*の発生状況は、St.7、A、Bの全層平均値で示す。また、対数で表示する。
増殖速度は、山口、本城の式による。

表1 ボックスごとの層別面積と容積

S t.		BOX. 1			BOX. 2	BOX. 3	
		7	A	B	3 7	3 8	
面	水深 0 m	0.38	0.15	0.32	0.71	0.58	
	" 5 m	0.3	0.064	0.2	0.66	0.21	
	" 1 0 m	0.24	0.05	0.14	0.57	0.11	
	積	" 1 5 m	0.054		0.016	0.4	0.063
		" 2 0 m				0.023	
容 積		3.767	0.8745	2.454	9.7705	2.861	

海水交換については、その計算結果と定点ごとの面積や容積を表1、2に示した。また、ボックス2、3間の滞留時間と*G.mikimotoi*の増減および増殖速度(山口・本城の式⁵⁾による。)の推移を比較すると、6月から7月中旬まで比較的多量の降雨がみられたため滞留時間は2.03日以下になった。7月14日から24日にかけては降雨がなかったため滞留時間がいくぶん長くなる傾向にあった。また、この時期は*G.mikimotoi*の増殖時期と一致しており、24日には最高密度に達した。7月26日には台風9号の通過があり、多量の降雨がみられ、滞留時間も短くなった。また、*G.mikimotoi*も大きく減少した。8月に滞留時間は長くなり、4日には*G.mikimotoi*も0.24cells/mlといくぶん増加したが、下旬にはみられなくなった(図7)。また、滞留時間と降水量、塩分濃度の関係をもてみると(図8)、多量の降雨のあった時や外海水の進入時(高塩分)に滞留時間は短くなる傾向にあった。

本年は7月に入って降雨が少なく、海水交換も弱まった時期に*G.mikimotoi*が増殖を始めた。また、この時期は水温もスムーズに上昇し、本種にとって増殖に適した環境であったと考えられる。しかし、24日に本年の最高密度である1.32cells/mlに達した後、台風9号の通過があった。この時、表層の水温や表・底層の塩分濃度の低下がみられ、酸素飽和度についても表・底層で差がみられなくなるなど海水交換が促進され、*G.mikimotoi*の密度も大幅に減少した。これは多量の降雨が海水交換を促進させて、増殖途上にあった本種が拡散されたものと思われる。8月初めには密度の増加はみられたが、その後海水交換が弱かったにもかかわらず本種はみられなくなった。これは図7にみられるように水温と塩分で算出した増殖速度も8月以降は小さくなる傾向にあり、本群は増殖期の群ではなくなったものと考えられる。

文 献

- 1) 木村晴保・宗景志浩・渡辺久芳、1985：講座ボックスモデル。水産土木、22(1)、91-95。
- 2) 木村晴保・宗景志浩・渡辺久芳、1986：講座ボックスモデル〔Ⅱ〕—高知県古満目湾への適用例。水産土木、22(2)、63-73。
- 3) 杜多 哲・阿保 勝・本城凡夫・山口峰生・松山幸彦、1993：迫間湾における*Gymnodinium*赤潮の発生に及ぼす海水交換の影響。海岸工学論集、40、996-1000。
- 4) 杜多 哲・松山幸彦・本城凡夫・大和田紘一・浅川昭彦・飯倉敏弘・熊田 弘・山本茂也、1990：五ヶ所湾とその支湾における海水交換の季節変動影響。養殖研報、18、13-29。
- 5) 山口峰生・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。Nipponn Suisan Gakkaisi、55、2029-2036。

表2 海水交換量計算結果

ボックス1と2

期間	塩 分		期間 (時間)	海水交換量 (トン)	滞留時間 (day)
	内側	外側			
6/9 - 6/16	34.200	34.305	168	1.8×10^5	1.62
6/16 - 6/23	33.923	34.086	168	6.3×10^5	0.47
6/23 - 6/30	33.677	33.912	168	2.1×10^5	1.40
6/30 - 7/7	33.722	33.829	168	1.8×10^5	1.66
7/7 - 7/10	33.551	33.466	96	-1.4×10^6	-0.21
7/10 - 7/14	33.274	32.760	120	-1.9×10^5	-1.52
7/14 - 7/17	33.148	32.676	96	2.4×10^4	12.52
7/17 - 7/22	33.289	33.328	144	8.2×10^4	3.61
7/22 - 7/24	33.508	33.584	72	2.5×10^5	1.20
7/24 - 7/28	33.345	31.501	120	-1.1×10^5	-2.74
7/28 - 7/31	32.089	31.001	96	1.2×10^4	25.60
7/31 - 8/4	33.123	32.888	120	-2.7×10^5	-1.08
8/4 - 8/11	33.090	32.904	168	-1.4×10^5	-2.06
8/11 - 8/18	33.174	33.092	168	1.5×10^4	19.20
8/18 - 8/25	33.312	33.515	168	1.0×10^4	28.89

ボックス2と3

期間	塩 分		期間 (時間)	海水交換量 (トン)	滞留時間 (day)
	内側	外側			
6/9 - 6/16	34.200	34.322	168	1.6×10^5	1.88
6/16 - 6/23	33.923	34.114	168	5.4×10^5	0.55
6/23 - 6/30	33.677	33.935	168	1.9×10^5	1.53
6/30 - 7/7	33.722	33.853	168	1.5×10^5	2.03
7/7 - 7/10	33.551	33.614	96	1.9×10^6	0.16
7/10 - 7/14	33.274	33.441	120	6.0×10^5	0.49
7/14 - 7/17	33.148	33.298	96	-7.4×10^4	-3.98
7/17 - 7/22	33.289	33.383	144	3.4×10^4	8.70
7/22 - 7/24	33.508	33.580	72	2.6×10^5	1.14
7/24 - 7/28	33.345	32.572	120	4.0×10^5	0.74
7/28 - 7/31	32.089	32.509	96	-3.0×10^4	-9.88
7/31 - 8/4	33.123	33.381	120	2.5×10^5	1.19
8/4 - 8/11	33.090	33.158	168	3.9×10^5	0.75
8/11 - 8/18	33.174	33.271	168	-1.3×10^4	-22.70
8/18 - 8/25	33.312	33.516	168	1.0×10^4	29.03