

海域特性による赤潮被害防止技術開発試験*

上出 貴士・小川 満也

目 的

田辺湾では夏季に有害種である *Gymnodinium mikimotoi* 赤潮がしばしば発生し、大きな漁業被害を及ぼすことがある。そこで、本種の赤潮発生機構を解明し、防除対策を確立することが緊急な課題となっている。

本県では平成元年度から上記の目的を達成するために水産庁の委託調査を実施してきた¹⁻⁹⁾。その結果、田辺湾では本種は南部海域で初めて出現し、ここで増殖して、小規模な赤潮を形成した後、湾全域に拡大すること¹⁰⁾や赤潮の発生には栄養塩などの環境要因よりも海水交換が重要であることが明らかとなった¹¹⁾。

平成10年度は前年度に引き続き、*G. mikimotoi* の発生と環境要因の関係や本種の増減と海水交換の関係について検討したので報告する。

事業を実施するにあたり、有益な助言とご指導を賜った南西海区水産研究所赤潮環境部と調査に協力いただいた堅田漁業協同組合に厚くお礼を申し上げる。

方 法

環境調査

調査は図1に示す田辺湾南部の7定点 (St. 6、7、8、37、38、A、B) で6月8日から9月1日まで毎週1回の割合で計13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 (アレックス電子K.K. 製AST500-PK) を用いて表面から底層まで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

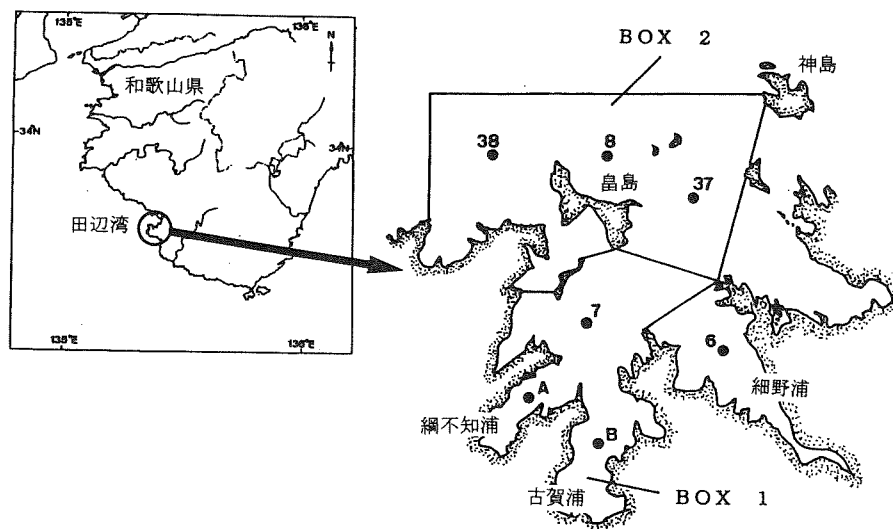


図1 調査定点

* 海域特性による赤潮被害防止技術開発試験費による。

表1 ボックス毎の層別面積と容積

	St	BOX.1			BOX.2		
		7	A	B	37	38	8
面	0m	0.38	0.15	0.32	0.71	0.58	0.632
	5m	0.3	0.064	0.2	0.66	0.21	0.56
	10m	0.24	0.05	0.14	0.57	0.11	0.496
	15m	0.054		0.016	0.40	0.063	
容積		3.767	0.875	2.454	9.803	2.861	6.544

用いて、表面、水深3、5 mと海底上1 mの4層で行った。

溶存酸素はウインクラー法で測定した。*G.mikimotoi*は通常、原海水1 ml中の細胞数を計数しているが、1 cell/ml以下の低密度の時は、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程度に濃縮した後、その試水1 ml中の細胞数を計数し、1 ml当たりの細胞数に換算した。

ボックスモデルの設定と海水交換

田辺湾では、*G.mikimotoi*の初期発生域が南部(St.7、A、B)であることが竹内ら^{10,11)}によって明らかになっている。そこで、この3定点をボックス1に、また、St.8、37、38をボックス2とした。

ボックスモデルは1層ボックスを用い、木村ら^{12,13)}、杜多ら^{14,15)}に従って求めた。各定点の支配する深度別面積と容積は表1に示した。また、後背地面積は4.17 km²とした。ここで湾内の物質収支を図2に模式的に示し、海水と物質の保存式は以下のとおりである。

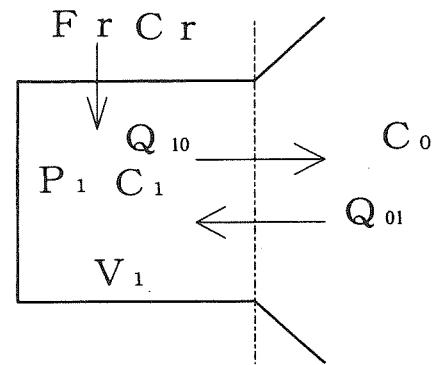


図2 塩分の収支を示す模式図¹²⁾

- Q₁₀ : 湾内から湾口に向かう輸送係数 (m³/hr)
- Q₀₁ : 湾口から湾内に向かう輸送係数 (m³/hr)
- Fr : 湾内への淡水流入量の総和 (m³/hr)
- V₁ : 湾内の容積 (m³)
- C₁ : 湾内の平均塩分
- C₀ : 湾口の平均塩分
- C_r : 河川等から流入する平均塩分
- P₁ : 湾内で生成される塩分の量

$$Q_{10} = Q_{01} + Fr \quad \text{----- 1}$$

$$V_1 \cdot dC_1 / dt = C_0 \cdot Q_{01} - C_1 \cdot Q_{10} + Fr \cdot Cr + P_1 \quad \text{----- 2}$$

1、2より、

$$Q_{10} = 1 / C_0 - C_1 \{ V_1 \cdot dC_1 / dt + (C_0 - Cr) Fr - P_1 \}$$

$$Q_{01} = Q_{10} - Fr$$

ここで塩分の保存を考えると、P₁ = 0、Cr = 0となり、 $Q_{10} = 1 / C_0 - C_1 (V_1 \cdot dC_1 / dt + C_0 \cdot Fr)$

また、湾内での物質の滞留の長さ、滞留時間 (T) は、 $T = V_1 / Q_{10}$

で決定される。

結果および考察

*G.mikimotoi*の発生状況

*G.mikimotoi*は6月中旬と7月上~中旬に出現した。水深3、5 m層を中心にみられたが、増殖す

ることはなかった。最高密度は湾奥の St. 7、A、B の水柱平均で 7.2×10^{-3} cells/ml であった。

水温、塩分から増殖速度を試算¹⁶⁾してみると、6月下旬は、0.749div./day と高かったが、7月は0.605～0.664div./day で推移し、8月は0.515div./day 以下で推移した(図3)。

G.mikimotoi の発生と環境要因の関係

表層水温は6～8月に高めで推移した。7月末は27℃前後まで下降したが、8月に入り上昇し、8月18日には30.2℃と最高値となった。

底層水温は6～8月が総じて高めで推移した。6月は23.8℃付近で推移したが、7月中旬から急速に上昇し、8月3日に27.9℃に達した。その後、下降傾向に転じたものの8月24日に28.7℃と最高水温になった(図4)。

塩分濃度は表・底層とも総じて低めに推移した。表層塩分は8月までは総じて33以下で推移した。6月下旬および7月下旬には、降雨の影響で大幅な塩分濃度の低下がみられた。底層塩分は33.08～33.72の間で変動した(図4)。

表層の酸素飽和度は80.0～141.1%で推移し、6月上・下旬、7月上・中旬、8月全期間において過飽和になった。また、6月中・下旬、7月下旬には降雨による密度成層の強化や陸上からの有機物の供給によって酸素飽和度が低下したと思われる。底層は6月下旬、8月上・中旬に貧酸素水塊を形

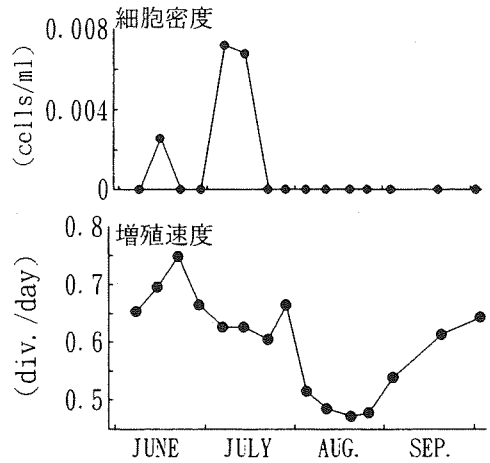


図3 *G.mikimotoi* の細胞密度と増殖速度の推移
細胞密度は、St. 7、A、Bの全層の平均値。
増殖速度は、山口・本城¹⁶⁾の式による。

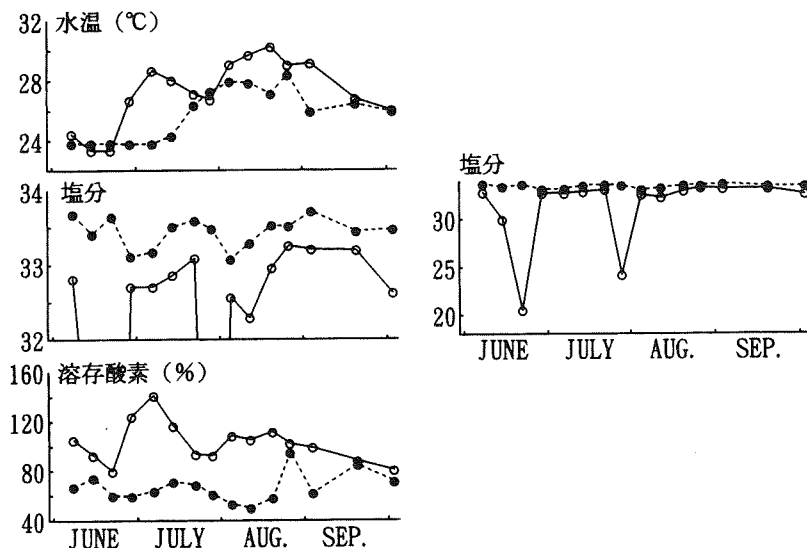


図4 田辺湾南部域における水温、塩分、酸素飽和度の推移
○：表層、●：底層
値は、湾奥の St. 7、A、Bの平均値で示す。

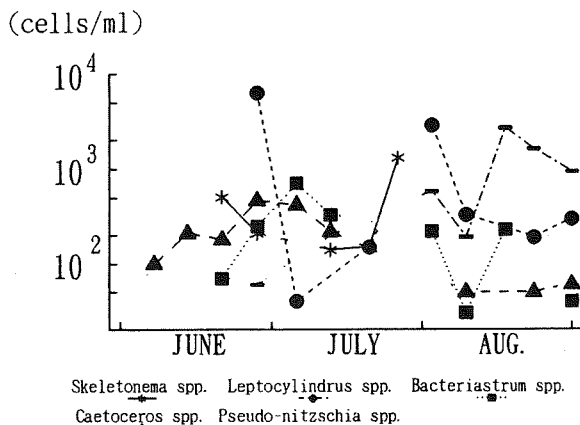


図5 主要植物プランクトンの推移
St.7 の表層の値で示す。

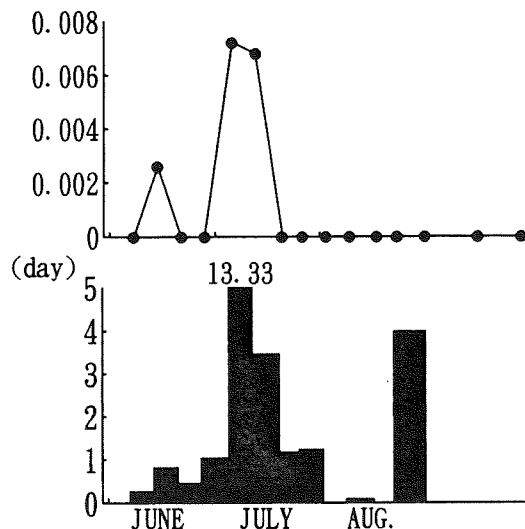


図6 *G. mikimotoi* の細胞数の推移 (上図) と海水交換 (下図) の関係

成した (図4)。

植物プランクトンは6月から7月中旬にかけて、*Chaetoceros spp.* がよくみられたが、それ以降は衰退した。また、6月末、8月始めに *Leptocylindrus spp.* が多くみられた。*Pseudonitzschia spp.* は8月に入って多く出現し、 10^3 cells/ml のオーダーを超えた。本年は珪藻類が多く、珪藻類の少なかった前年とは対照的な年であった。また、渦鞭毛藻もよくみられたが、高密度になることはなかった (図5)。海水交換については、本年は調査海域を2つのボックスにわけて考えた。滞留時間がほとんど1.5日以下で推移し、海水交換の良好な年であった。6月中旬に滞留時間0.82日とその前後に比べ、若干長くなった時に本種が初めて観察され、その後海水交換が良くなった時には検出されなくなった。7月は6～13日にかけて13.3日と大幅に滞留時間が長くなり、続く13～21日も3.46日であった。この時、本種は低密度ながら本年の最高密度となった。このように、*G. mikimotoi* の増殖期には滞留時間と本種の増減が概ね対応する傾向がみられた (図6)。

本年は6月から表・底層とも水温が高めで推移し、8月に至るまで総じて高めで変動した。また、海水交換も総じて良好に推移した。このため、本年の環境が *G. mikimotoi* にとって非常に増殖し難いものであったと考えられる。また、他のプランクトン、とりわけ珪藻類の増殖が著しく、このことも本種の増殖に関してマイナスに働いたと考えられる。

文 献

- 1) 和歌山県水産試験場・アジア航測株式会社、1990：平成元年度赤潮対策技術開発試験報告書—中層増殖性広域赤潮被害防止技術開発試験。PP. 43.
- 2) 和歌山県水産試験場・アジア航測株式会社、1991：平成2年度赤潮対策技術開発試験報告書—中層増殖性広域赤潮被害防止技術開発試験。PP. 79.
- 3) 和歌山県水産試験場・アジア航測株式会社、1992：平成3年度赤潮対策技術開発試験報告書—中層増殖性広域赤潮被害防止技術開発試験。PP. 77.
- 4) 和歌山県水産試験場・アジア航測株式会社、1993：平成4年度貧酸素水塊被害防止対策事業報告

- 書. PP. 35.
- 5) 和歌山県水産試験場・アジア航測株式会社、1994：平成5年度貧酸素水塊被害防止対策事業報告書. PP. 15.
 - 6) 和歌山県水産試験場・アジア航測株式会社、1995：平成6年度貧酸素水塊被害防止対策事業報告書. PP. 16.
 - 7) 和歌山県水産試験場、1996：平成7年海域特性による赤潮被害防止対策事業報告書. PP. 8.
 - 8) 和歌山県水産試験場、1997：平成8年海域特性による赤潮被害防止対策事業報告書. PP. 9.
 - 9) 和歌山県水産試験場、1998：平成9年海域特性による赤潮被害防止対策事業報告書. PP. 9.
 - 10) 竹内照文・小久保友義・辻 泰俊・本城凡夫、1995：田辺湾における *Gymnodinium mikimotoi* 赤潮の群生長と流況による分布域の変化. 日水誌、61 (4)、494-498.
 - 11) 竹内照文・小久保友義・内田卓志、1997：田辺湾における *Gymnodinium mikimotoi* の増殖域の環境特性と本種赤潮の発生環境. 日水誌、63 (2)、184-193.
 - 12) 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.
 - 13) 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.
 - 14) 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* 赤潮の発生におよぼす海水交換の影響. 海岸工学論集、40、996-1000.
 - 15) 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、1990：五カ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.
 - 16) 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.