

大村湾における貧酸素水塊の形成と赤潮発生について*

赤 木 聡**・石 崎 修 造**・山之内 公 子**
平 山 文 俊**・松 尾 征 吾**

1. はじめに

大村湾の水質調査は1971年より実施し、1978年からは17環境基準点を設けて環境監視を行っている。大村湾のCODは年々悪化の傾向を示し、とくに1976年以降は環境基準値の2mg/lを超過する状態になり、依然として環境基準の達成は困難な状況^{1,2)}にある。この要因には大村湾の流入負荷の6割を占める生活排水による有機汚濁と、底泥からの窒素・リンの溶出といった栄養塩負荷による内部生産があげられる。

具体的には、6、7月の梅雨期の降雨によってもたられる河川からの大きな負荷による海域のCOD上昇³⁾と、大村湾で特徴的な海底水の貧酸素水塊^{4,5)}が風によって湧昇し水質を悪化するものがある。この貧酸素水塊の形成は内湾の富栄養化の進行を示すものばかりでなく、湧昇や植物プランクトンの赤潮発生による水産生物の被害からも重要な問題である。

そこで、今回、大村湾の貧酸素水の実態を把握することと、その影響によって発生した渦鞭毛藻 *Prorocentrum sigmoides* による赤潮について調査を行ったのでその結果について報告する。

2. 大村湾の概況

大村湾は長崎県の中央部に位置し断層陥没によって形成されたといわれ⁶⁾、南北に約26km、東西に約11km、面積320km²（琵琶湖の約1/2）、平均水深15m、容積47.3億m³の中型湾である。北部の非常に狭い2つの瀬戸（早岐瀬戸・針尾瀬戸）を介して佐世保湾につながり、さらに佐世保湾は幅の狭い高後崎と寄船鼻

で挟まれた瀬戸を通じて外海に開けている。このように大村湾は湾口が狭く奥行きが広い袋状の二重構造のきわめて閉鎖性の強い内湾である。外海水との海水の交換や流動条件が悪く、潮位差も小さく、汚濁物質が蓄積されやすい水理特性を有している。

底質の性状は、湾口部で潮流の速い海域に岩礁および粗砂から細砂がみられるが、大部分は粘土成分を含んだシルトが分布している。

大村湾水域の背景には、約601km²の河川流域面積をもち、その流入水量は日平均約170万m³と推定されている⁶⁾。また、沿岸流域には大村市等3市8町からなる。流域人口は約23万人で長崎県の総人口159万人の約15%である。1972年から1985年までの人口の推移をみると県全体では2%の増加となっているが、同湾沿岸流域においては、湾奥部の時津町、長与町、多良見町、諫早市を中心に約37%の増加を示し、近年の高速道路の開通、リゾート開発により増加傾向にある。

3. 調査方法

調査地点を図1に示す。調査は毎月1回実施している環境監視調査と併せて1984年4月から1990年3月まで行った。底層水は海底上1m層である。測定および分析項目は水温、pH、溶存酸素(DO)、化学的酸素要求量(COD)、塩素イオン、総窒素(T-N)、総リン(T-P)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、リン酸態リン(PO₄-P)、クロロフィルa(Chl. a)、植物プランクトンである。

* Formation of Oxygen-Deficient Water Mass and Occurrence of Red Tide in Omura Bay

** Satoshi AKAGI, Syuzo ISHIZAKI, Kimiko YAMANOCHI, Fumitoshi HIRAYAMA, Seigo MATSUO Nagasaki Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science (長崎県衛生公害研究所)



図1 大村湾調査地点

調査地点の位置や水質の特徴から、針尾瀬戸からの外海水の影響を受ける湾口部（大串湾）、湾中部（中央中、中央南、堂崎沖）および陸域の影響を受ける湾奥部（長与浦、久留里沖、祝崎沖）の3水域について検討した。また、1989年11月6日の環境監視調査で *P. sigmoides* による赤潮が湾南部で確認されたので11月27日まで赤潮追跡調査を行った。

4. 調査結果と考察

4・1 経月変化（1984年4月から1990年3月までの水質の平均値）

表底水温差、底層水 pH、DO、COD、T-N、T-P、Chl. a の7項目について水域別に図2～8に示した。なお、ここで述べる項目は、湾中部・湾奥部において各3地点の平均値で、湾口部は1地点の値で表した。

4・1・1 湾口部

この水域は針尾の瀬戸から流入した海水の潮流があるため、表底層が混合されやすい。そのため、湾中部よりも水温差が小さい。年間で水温差が大きくなるのは5～8月であり、表層水が1.7～2.4℃高く、11月～2

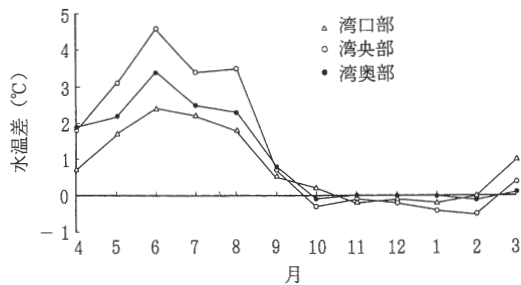


図2 表底水温差の経月変化

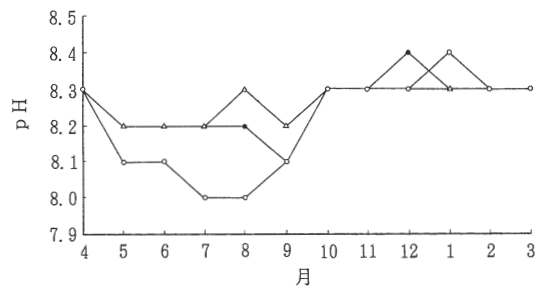


図3 pHの経月変化

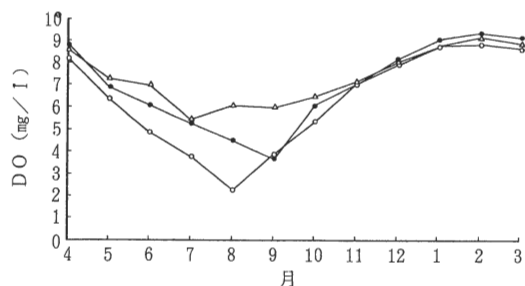


図4 DOの経月変化

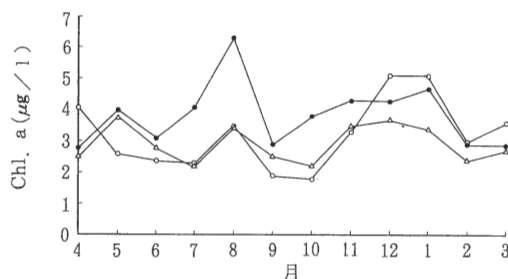


図8 Chl. aの経月変化

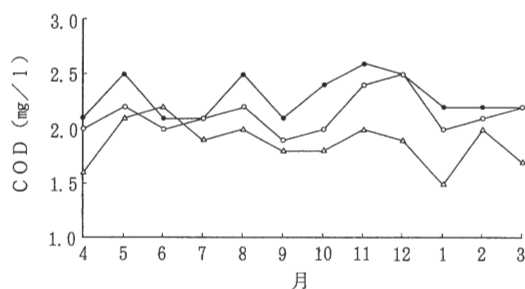


図5 CODの経月変化

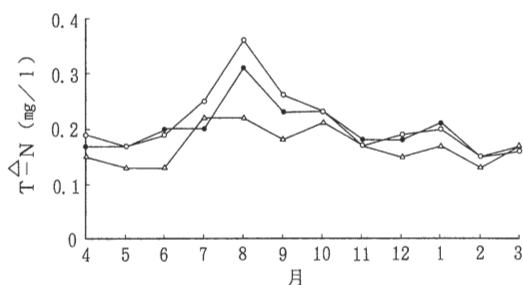


図6 T-Nの経月変化

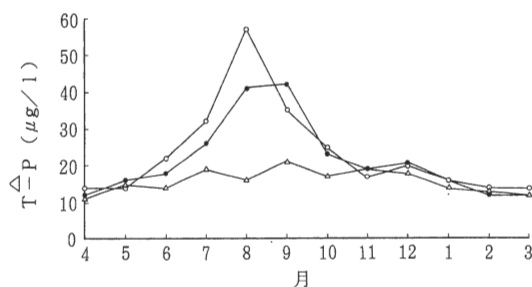


図7 T-Pの経月変化

月まで底層の方が0.2℃高い。湾口部のpHは年間を通して8.2から8.3と変動は小さい。DOは8月でも5mg/l以上であり成層は弱く貧酸素化しない。このため、栄養塩類のT-N、T-Pも他の水域と比べ、表底の

濃度差が小さく、おのおの8月で0.22、0.016mg/lと低かった。CODは平均で1.9mg/lと低く、Chl. aも2.9μg/lと周年変動、表底差は小さかった。

4・1・2 湾 央 部

湾央部では湾口部よりも海水の動きは少なく、水深も20mと深いため5月～8月まで表層の方が3.1～4.6℃と高く水温躍層が形成されている。10月から表底が逆転し2月まで底層の方が暖かい。pHは8月の表層水で8.4であるが底層水は8.0と差が大きい。DOが5mg/l以下の貧酸素水になる期間は6～9月の4カ月間に及ぶ。とくに8月はDOが2.3mg/lに低下し、1mg/l以下と極度に貧酸素化するときもある。

T-Nは7月から10月まで0.2mg/lを超え8月がピークで0.36mg/lと表層の2倍と高い。T-Pも8月がピークとなり57μg/lと表層の5倍と高い。CODは1.9から2.5mg/lと低めの変動であったが、12月は底層の方が表層に比べ0.3mg/l高く2.5mg/lであった。Chl. aも12、1月と底層水が5.1μg/lと高かった。

4・1・3 湾 奥 部

表層水温が底層水温よりも高くなるのは4月からであり、5月～8月は2.2～3.4℃の差がある。10月から湾央部と同様に逆転するが湾央部より小さく0.1℃である。DOは湾央部に比べ緩やかに低下し、8、9月が5mg/l以下になり、貧酸素水(5mg/l以下)になる期間は湾央部の半分の期間であった。DOの最低月は9月で3.7mg/lであった。貧酸素化は湾口部より強く、湾央部より弱い傾向を示す。T-Nも湾央部と同様8月にピークとなり0.31mg/lであった。T-Pは9月にピークに達し42μg/lであった。Chl. aは湾口部、湾奥部と比べ年間を通して高く、とくに8月は、6.3μg/lと高かった。

4・2 経 年 変 化

長崎県水産試験場の調査結果⁶⁾から1984年から1989年までの8月の底層の酸素飽和度を図9に示した。年によって飽和度の差はあるが、強い貧酸素水塊の出現は湾央部が顕著である。とくに1985年8月8日から10

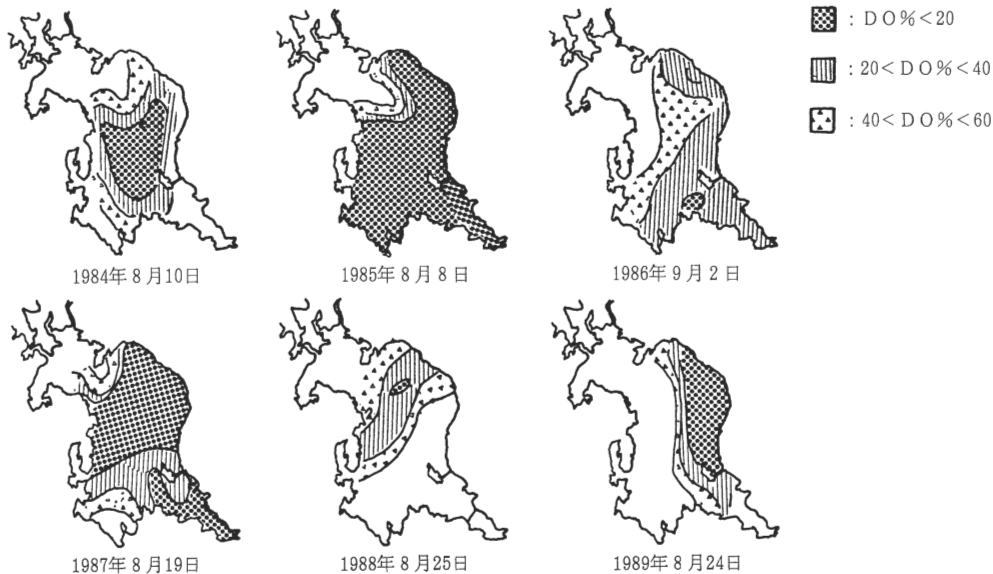


図9 8月の酸素飽和度の経年変化

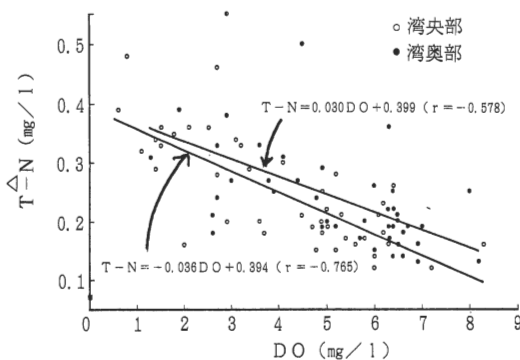


図10 T-N と DO の関係

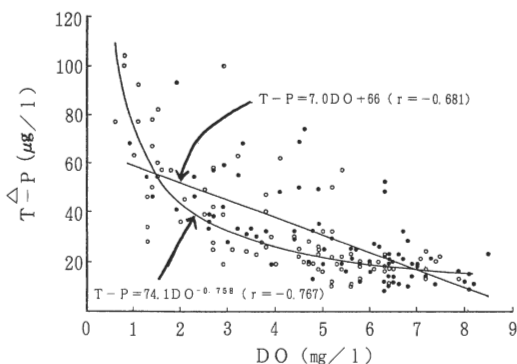


図11 T-P と DO の関係

日にかけては湾南部沿岸域でエビ・タコのへい死が見られた。また、貧酸素水塊の消長は台風による上下層の混合によって一時的に消滅する傾向もある。このように貧酸素水塊の形成は、海況や気象の変化によって毎年異なるものと考えられる。

4・3 栄養塩と溶存酸素との関係

成層期における底層水の栄養塩濃度と溶存酸素とは密接な関係にある。そこで成層期における湾央部の底層水の T-N, T-P と DO の関係を図10, 11に示した。なお、湾口部は貧酸素化しないため関係は認められなかった。

4・3・1 T-N と DO

T-N と DO の関係は次のように一次式で表された。

$$\text{湾央部: } T-N = -0.036DO + 0.394 \quad r = -0.765 \quad n = 45$$

$$\text{湾奥部: } T-N = -0.030DO + 0.399 \quad r = -0.578 \quad n = 45$$

DO1mg/l 減少すれば、T-N は湾央部で 2.6、湾奥部で 2.1μg-at/l 再生される。

4・3・2 T-P と DO

T-P と DO の関係は湾央部で指数式で、湾奥部は一次式で表された。

$$\text{湾央部: } T-P = 74.1DO - 0.758 \quad r = -0.767 \quad n = 85$$

$$\text{湾奥部: } T-P = -7.0DO + 66 \quad r = -0.681 \quad n = 90$$

このように再生される栄養塩濃度は、湾央部が湾奥

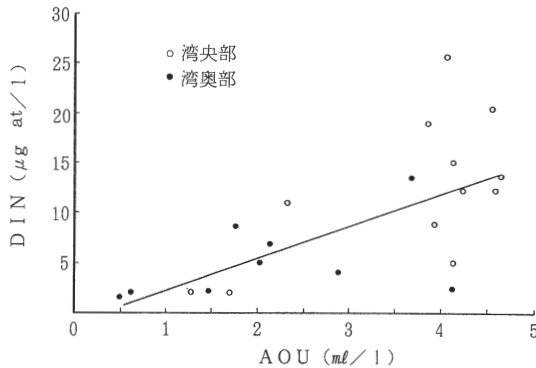


図12 DIN と AOU の関係

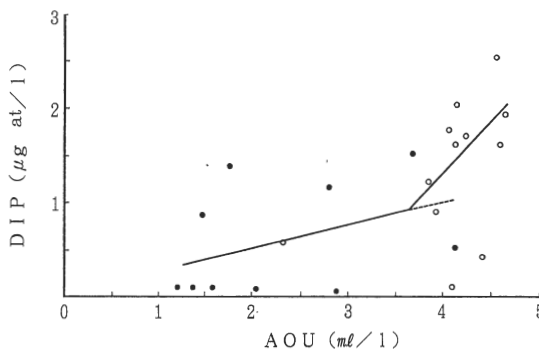
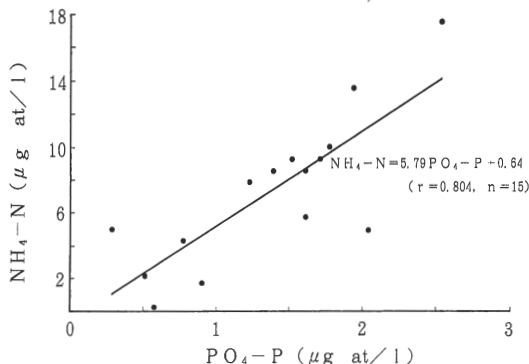


図13 DIP と AOU の関係

図14 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の関係

部に比べ高くなる傾向にある。

4・3・3 DIN と AOU の関係

次に底層水の貧酸素化の程度を AOU (Apparent Oxygen Utilization: 飽和酸素量と溶存酸素量の差) で表わし、1984年から1989年までの8月の無機態窒素 (DIN) と無機態リン (DIP) について検討した。

DIN と AOU の関係は図12に示すようにほぼ直線的

な関係があった。夏季の大村湾において底層水の DIN が有機物の分解に消費された酸素量にほぼ比例した濃度で存在することを意味する。大阪湾では城⁷⁾が酸素と窒素の原子比が理論値 13~17:1 に対し 12.6~23.1:1 と報告しているが、大村湾では 22:1 となり理論値からはずれている。この原因については今後の検討課題である。

4・3・4 DIP と AOU の関係

DIP と AOU の関係は図13に示した。大村湾は大阪湾⁷⁾と同様2本の直線で表わされる。傾きの小さい方の DIP は海洋プランクトンが完全酸化されるときに得られる O/P 比 (分解モデル) に基づく酸素消費量に対応した濃度で存在していると考えられる。また、傾きの大きい方の海域は湾奥部であって溶存酸素の消費に伴う有機物の分解で再生された DIP のほかに底泥から溶出した DIP が加わったものと考えられる。

4・3・5 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の関係

底層水の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の関係を図14に示した。再生される窒素、リンとは高い相関を示し、その原子比は、5.8であった。半田⁸⁾の伊勢湾における報告では、植物プランクトン態有機物を微生物学的に分解した際、再生される窒素に対するリンの原子比は、3.3~4.8 と報告しており、今回の大村湾での値もほぼ近いと考えられる。このことは、植物プランクトンの分解過程は、窒素よりもリンの再生が先行するものと考えられる。

5. *P. sigmoides*による赤潮発生

5・1 *P. sigmoides* の出現状況

1989年11月6日の環境監視時に、彼杵港から郡川沖にかけて *P. sigmoides* による赤潮が目視 (赤潮予察調査事業水色カード: 33番 {驚茶色}) され、そのときの個体数は、 $2.4 \times 10^6 \text{ cells/l}$ であった。調査期間中の最高個体数は11月27日に久留里港沖で、 $2.5 \times 10^6 \text{ cells/l}$ (優占率99.5%) であった。その後11月27日までの赤潮追跡調査を表1に示す。長与堂崎鼻において1月17日に確認されたのが最後であった。

5・2 *P. sigmoides* と COD の関係

表1に赤潮追跡調査結果を示す。表層水の COD は11月6日の赤潮地点を除くと最高 7.7mg/l (11月27日久留里港沖) と環境基準値の約 3.5 倍にも達した。

このとき表層水の COD (Y) と *P. sigmoides* の細胞数 (X) の間には、

$\text{COD} = 2.66 \times 10^{-6} X + 2.33$ ($r = 0.938$ $n = 33$) (1) という関係式が成立し、高い相関があった。また、COD の成分は懸濁態が42%、溶存態が58%で、懸濁態

表 1 赤潮追跡調査結果

採水年月日	地点名	気温 (°C)	水温 (°C)	透明度 (m)	pH (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)	COD (mg/ℓ)	Cl ⁻ (mg/ℓ)	<i>Prorocentrum sigmoides</i> ×10 ⁴ (cells/ℓ)	植物プランクトン総数 ×10 ⁴ (cells/ℓ)
1989.11.6	中央北 S	16.8	20.8	5.8	8.3	7.6	2.6	17000	10.8	11.4
	中央中 S	18.2	20.8	6.5	8.3	7.5	2.8	17200	8.6	9.3
	中央南 S	20.0	20.7	6.6	8.3	7.4	3.5	17200	23.8	24.6
	喜々津 S	19.0	21.1	2.5	8.4	7.0	6.5	17300	87.8	92.5
	久留里沖 S	19.3	21.5	4.3	8.3	6.0	4.9	17700	68.4	70.8
	モニター S	19.0	21.2	6.2	8.4	7.2	4.5	17400	48.4	49.4
	赤潮地点						7.9	16000	245.5	248.4
1989.11.13	喜々津 S	17.6	20.2	3.1	8.6	9.4	6.2	17000	134.2	137.3
	喜々津 M		20.5		8.6	8.8	6.0	17100		
	祝崎沖 S	17.0	19.9	3.4	8.6	9.3	3.0	17000	14.8	18.3
	祝崎沖 M		20.2		8.6	9.3	5.6	17200		
	競艇場沖 S	16.2	20.1	4.6	8.6	8.8	2.6	17300	7.0	8.3
	競艇場沖 M		20.3		8.6	9.0	2.6	17300		
	郡川沖 S	16.0	20.1	6.2	8.6	9.0	3.0	17300	9.6	10.9
	郡川沖 M		20.3		8.6	8.7	2.6	17300		
	彼杵港 S	15.0	19.9	6.3	8.6	8.6	2.0	16300	0.2	1.1
	彼杵港 M		20.0		8.6	8.6	2.0	17200		
	中央中 S	15.0	20.4	6.1	8.6	7.7	2.3	17800	3.0	3.3
	中央中 M		20.5		8.6	7.8	1.7	17900		
	中央南 S	16.0	20.4	3.2	8.6	10.2	4.8	17300	66.8	69.4
	中央南 M		20.4		8.6	10.2	4.8	17400		
	久留里沖 S	16.0	20.4	4.2	8.6	9.0	3.2	17300	26.6	29.3
	久留里沖 M		20.5		8.6	9.0	2.8	17400		
	モニタ S	16.8	20.2	5.2	8.6	9.1	3.4	17300	29.8	30.3
	モニタ M		20.3		8.6	9.3	3.0	17300		
1989.11.20	喜々津 S	8.9	16.4	2.1	8.4	7.8	5.1	17000	86.2	88.3
	喜々津 M		16.3		8.4	7.6	4.5	18000		
	祝崎沖 S	12.0	17.5	4.0	8.4	7.6	2.6	17700	15.2	16.8
	祝崎沖 M		17.2		8.4	7.6	3.2	17700		
	競艇場沖 S	11.9	17.6	4.8	8.4	7.7	2.2	17100	2.4	3.0
	競艇場沖 M		17.2		8.4	7.7	2.0	18000		
	郡川沖 S	11.3	17.5	5.3	8.4	7.6	2.5	17500	11.2	12.1
	郡川沖 M		17.1		8.4	7.8	2.7	17700		
	彼杵港 S	13.2	18.2	4.8	8.4	7.8	2.2	18000	13.6	14.6
	彼杵港 M		18.0		8.4	7.6	2.4	17500		
	中央中 S	12.2	18.4	5.5	8.4	8.5	2.5	17300	14.2	14.6
	中央中 M		18.2		8.4	7.8	2.0	17700		
	中央南 S	12.0	18.3	6.1	8.4	8.3	1.9	17700	3.8	4.4
	中央南 M		18.1		8.4	7.7	1.9	17300		
	久留里沖 S	11.5	17.4	3.9	8.4	8.5	3.5	17300	49.4	49.8
	久留里沖 M		17.1		8.4	8.3	3.2	17100		
	モニタ S	14.0	18.0	5.2	8.4	7.9	2.8	16600	52.4	53.4
	モニタ M		17.9		8.4	8.0	3.9	18400		
1989.11.27	喜々津 S	9.7	16.2	2.6	8.2	7.9	5.0	17500	106.2	107.5
	喜々津 M		16.2		8.2	7.9	5.9	17400		
	祝崎沖 S	11.0	17.1	5.3	8.2	7.9	3.3	18000	31.0	32.4
	祝崎沖 M		17.0		8.2	7.5	3.3	18100		
	競艇場沖 S	11.7	16.3	3.9	8.2	8.0	3.3	17100	35.4	37.4
	競艇場沖 M		16.4		8.2	8.1	3.2	17400		
	郡川沖 S	13.0	16.2	5.9	8.2	8.2	2.4	17300	16.0	16.6
	郡川沖 M		16.4		8.2	8.2	2.6	18400		
	中央中 S	13.4	17.2	8.0	8.2	8.1	1.5	17900	10.8	11.6
	中央中 M		17.4		8.2	7.9	1.6	18500		
	中央南 S	15.0	17.8	6.7	8.2	7.5	2.3	17900	18.6	20.4
	中央南 M		17.6		8.2	7.8	2.7	18000		
	久留里沖 S	13.9	17.1	1.6	8.2	8.5	7.7	17500	252.4	254.0
	久留里沖 M		17.0		8.2	8.2	7.2	18700		
	モニタ S	14.6	17.9	6.9	8.2	7.5	2.1	17800	13.0	13.9
	モニタ M		17.8		8.2	7.7	2.1	17800		

の占める割合が通常時 (22:78) より高くなっていた。

さらに、懸濁態 COD (P-COD) と細胞数 (X) との関係にも

$P-COD = 2.31 \times 10^{-6} X + 1.07$ ($r = 0.972$ $n = 7$) (2) という式が得られた。(2) 式から *P. sigmoides* 1 個増すと P-COD は、2.5ng 増すと考えられる。

大村湾の AGP 試験で純培養した緑色鞭毛藻 *Heterosigma akashiwo* 1 個当りの COD は、定常期で 0.23 ng という値が得られており、この約10倍が *P. sigmoides* の持つ COD となる。このことから、藻類の大きさ (*P. sigmoides* 70~75 μ m $\times$ 30~40 μ m, *H. akashiwo* 8~25 μ m $\times$ 6~15 μ m) によって COD も異なることが考えられる。

5・3 赤潮発生要因

表 2 に示すように1988年と1989年の2年間は、*P. sigmoides* が9月か10月の初秋に発生し、発生前の調査月にはまったく観測されていない。また、2カ年ともはじめに喜々津川沖で多くの個体数が観測されている。さらに発生1カ月で個体数がピークに達するという共通点が見られている。1988年は赤潮に至らず、1989年に大規模な赤潮になったのか、その発生要因を検討するため気象および水質について表 3 に中央南の表層水と底層水のデータを示す。

降水量は1988年5月から7月にかけて多く、10月から12月は少ない。1989年は7月と9月に392, 365mm と多く降っている。また、8月1日から3日、26日から27日にそれぞれ台風12号、17号が通過していた。

次に水質は1988年の塩素イオンが6月に14,900 mg/l と低くなったが、10月には18100mg/l にまで回

表 2 *Prorocentrum sigmoides* 発生経過 (cells/ℓ)
(上: 1988年, 下: 1989年)

	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
喜々津	0	21,000	71,500	5,000	2,500
久留里	0	500	19,000	5,500	2,100
中央南	0	2,500	10,400	300	500
中央中	0	2,100	10,800	1,800	1,300
中央北	0	700	2,500	0	500

	9 月	10 月	11 月*	12 月	1 月
喜々津	0	232,500	878,000	357,500	37,500
久留里	0	8,750	684,000	238,950	12,500
中央南	0	10,000	238,000	133,750	40,000
中央中	0	3,750	86,000	186,250	32,500
中央北	0	13,750	108,000	13,750	7,500

*: 1989年11月6日 (表 1)

復していた。一方、1989年は7月に15800mg/l と最低になり、3月にやっと18200mg/l と回復するように7月から10月の長期に渡り塩素イオン濃度が低くなっていた。水温は1988年9月の表層で26.5℃, 11月にはすでに17.8℃と低下しているのに対し、1989年は9月27.6, 10月25.7, 11月21.0℃と2, 3度高くなっていた。底層の水温も1989年11月でも21.1℃と高くなっていた。次に栄養塩は1988年の底層の DO が7月から9月に3.2~3.9 と貧酸素化し、T-N, T-P も8月には0.31, 0.057mg/l と溶出していた。1989年8月は台風の影響で水温躍層が大きく崩れ DO も5.3mg/l と上下層の水塊の混合が起こり、栄養塩や植物プランクトンの増殖因子を含んだ底層水を表層に分布させ、*P. sigmoides* の大規模な増殖が起こったと考えられる。

過去に *P. sigmoides* による赤潮が発生したのは1981¹⁰⁾, 1982¹¹⁾, 1985年¹²⁾の3回でそのときの湾中央部の調査結果では、表層の水温が高く、塩分濃度が低い。さらに底層貧酸素化現象が起こっており、それとともに底層水の栄養塩濃度が高くなっていた。飯塚ら¹³⁾の報告によると大村湾の赤潮は、局所性赤潮と全湾型赤潮とに分けられ、全湾型赤潮の発生は海底水無酸素化過程で生じる栄養塩類の供給との関連によって起こるという。1989年の赤潮は広域的に発生し、栄養塩も底層から供給されているので全湾型の赤潮と考えられる。

6. ま と め

大村湾の貧酸素水塊の形成と赤潮発生について1986年から1990年まで調査を行った結果次のことがわかった。

- 1) 大村湾は毎年夏季に水温躍層を生じ、貧酸素水塊を形成する。その傾向は湾中央部が湾口部、湾奥部よりも強く水温差も3.1~4.6℃と大きく、DO も2~3mg/l に低下し、1mg/l 以下と極度に貧酸素化するときもある。
- 2) 栄養塩類と DO と関係が深く、湾中央部が湾奥部に比べ底泥から窒素・リンを多く溶出する。
- 3) 1989年11月に *Prorocentrum sigmoides* による赤潮が発生し、1990年1月まで出現し、細胞数1個当たりの COD は2.3ng であった。
- 4) *Prorocentrum sigmoides* の発生要因は、表層、底層の水温にも20℃以上あり、塩分濃度が低下しているとき、さらに底層水の貧酸素化現象が起こり(栄養塩が溶出し)、台風の影響による上下層水塊の混合(底層水の湧昇)起因しているものと考えられる。

表3 環境監視調査(中央南)における気象および水質の比較(上段:1988年, 下段:1989年)

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	平均
気温	13.9	19.1	22.2	26.8	26.6	23.9	18.9	12.4	8.3	8.7	8.4	10.0	16.6
	15.7	18.0	21.3	25.6	27.0	24.2	18.0	13.7	9.2	5.8	9.7	11.2	16.6
平均風速	4.1	3.9	3.5	3.6	3.5	3.8	3.7	4.9	4.4	3.9	4.1	4.2	4.0
	3.3	3.2	3.6	4.3	4.0	3.2	3.4	4.5	3.8	4.4	3.6	4.2	3.8
降水量	134.0	327.0	490.5	230.0	222.5	169.0	24.0	30.5	18.5	139.5	193.5	189.0	180.7
	35.0	110.5	172.0	392.0	57.0	365.5	15.0	21.0	25.5	76.5	146.5	138.0	129.5
表層													
水温	13.1	20.1	24.6	28.1	28.3	26.5	22.1	17.8	13.5	11.5	10.1	12.1	19.0
	15.0	18.2	22.7	23.5	27.2	27.6	25.7	21.0	14.4	11.2	10.7	11.9	19.1
塩素イオン	18000	16700	14900	16600	17200	17200	18100	18400	18300	18200	18100	17700	17450.0
	17500	17700	17700	15800	16700	16700	16900	17000	17300	17400	17400	18200	17191.7
DO	9.3	8.8	9.0	7.0	7.2	6.5	6.9	7.7	8.3	8.9	9.3	9.2	8.2
	9.3	7.9	7.7	7.8	7.2	7.3	6.7	7.3	8.3	9.0	9.2	9.6	8.1
COD	1.7	3.0	3.1	2.7	2.4	2.5	2.2	2.2	1.9	1.5	1.9	1.9	2.3
	2.1	2.3	2.8	2.6	2.9	2.6	2.3	3.4	2.7	1.9	1.9	2.3	2.5
T-N	0.16	0.27	0.26	0.17	0.17	0.23	0.16	0.17	0.17	0.21	0.16	0.15	0.19
	0.20	0.19	0.17	0.32	0.21	0.21	0.18	0.28	0.27	0.38	0.17	0.24	0.24
T-P	10	12	10	8	10	22	23	21	16	19	14	12	14.8
	14	15	11	15	15	18	18	29	37	14	15	12	17.8
Chl. a	2.5	4.2	9.4	4.0	6.3	6.2	4.8	5.7	4.0	2.9	2.3	1.4	4.5
	3.0	3.3	6.5	8.1	5.9	4.8	4.2	10.0	7.0	3.8	1.1	2.5	5.0
底層													
水温	12.1	17	19.9	22.7	24.1	25.8	22.3	18.6	13.9	11.3	10.1	11.7	17.5
	13.4	16.8	19.1	21.5	25.9	26.5	25.5	21.1	14.2	11.7	11.1	11.6	18.2
塩素イオン	18300	17600	17500	17300	18100	18000	18200	18400	18400	18700	18200	18000	18058.3
	18300	18300	18300	18100	17700	17800	17100	17600	17600	17700	17900	18300	17891.7
DO	9.2	6.2	5.1	3.7	3.2	3.9	6.3	7.4	8.1	8.7	9.0	8.6	6.6
	8.3	6.6	5.7	4.4	5.3	3.6	5.1	6.4	7.8	8.7	8.7	9.2	6.7
COD	1.5	2.4	2.2	2.2	2.3	2.0	1.7	1.9	1.9	1.5	2.1	2.3	2.0
	1.7	2.0	2.3	2.0	2.5	2.0	1.8	2.6	2.7	2.0	2.0	2.1	2.1
T-N	0.15	0.22	0.26	0.23	0.31	0.26	0.15	0.14	0.16	0.2	0.17	0.18	0.2
	0.15	0.17	0.17	0.25	0.23	0.22	0.25	0.23	0.19	0.16	0.16	0.14	0.2
T-P	11	20	20	35	57	37	25	20	16	16	15	15	23.9
	14	13	15	20	16	28	23	17	26	19	15	13	18.3
Chl. a	2.5	5.1	2.7	2.7	11.0	4.3	3.2	5.0	3.2	4.6	5.0	2.1	4.3
	3.6	2.0	5.3	1.1	3.7	1.6	2.1	4.1	6.9	5.4	3.0	4.0	3.6

単位 気温, 水温: °C, 平均風速: m/秒, 降水量: mm, DO, COD, T-N: mg/ℓ, T-P, Chl. a: μg/ℓ

一 参 考 文 献

- 1) 長崎県保健環境部:「環境白書」(平成4年版) pp. 297, 1992.
- 2) 長崎県衛生公害研究所:「大村湾内部生産水質影響調査結果報告書」pp. 8, 1991.
- 3) 赤木聡, 釜谷剛, 山之内公子, 宮本眞秀, 石崎修造, 山口道雄:大村湾における降雨と湧昇による水質変動, 用水と廃水, Vol. 33, No. 9, p. 35-42, 1991.
- 4) SATOSHI AKAGI, FUMITOSHI HIRAYAMA: Formation of Oxygen-Deficient Water Mass in Omura Bay, Marine Pollution Bulletin, Vol. 23, pp. 661-663, 1991.
- 5) 飯塚昭二, 関 虹:大村湾における無酸素水塊の形成, 沿岸海洋研究ノート, Vol. 26, No. 2, pp. 75-86, 1989.
- 6) 長崎県水質審議会, 長崎県環境部:「大村湾水質汚濁対策基本計画」, pp. 7, 1981.
- 7) 長崎県水産試験場:「長崎県水産試験場事業報告」1985-1990.
- 8) 城久: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, 大阪府水産試験場研究報告, No. 7, 1986.
- 9) 半田暢彦, 武居薫:底泥海水境界層の有機物代謝, 沿岸海洋研究ノート, Vol. 18, No. 2, pp. 100-105, 1981.
- 10) 長崎県水産試験場:「昭和56年度長崎県水産試験場事業報告」pp. 172-185, 1983.
- 11) 長崎県水産試験場:「昭和57年度長崎県水産試験場事業報告」pp. 140-151, 1983.
- 12) 長崎県水産試験場:「昭和60年度長崎県水産試験場事業報告」pp. 173-202, 1986.
- 13) 飯塚昭二, 平山和次:「沿岸域保全のための海の環境科学」, pp. 324-342, 恒星社厚生閣, 東京, 1983.