

## 三河湾と志摩度会海域における赤潮発生の特徴 一湾の形状と環境特性による検討

山本 民次・大中澄美子\*

広島大学生物生産学部, 東広島市 739-8528

1999年5月20日 受付

**要 旨** 三河湾と志摩度会海域における赤潮発生の特徴について、1979~1989年の11年間のデータを整理し、湾の形状および物理的、化学的環境という観点で比較考察を行った。三河湾は渥美湾と知多湾から成り、それぞれにおける年間平均赤潮発生延べ日数は、183日および107日であった。また、志摩度会海域では126日であった。赤潮発生の季節変動パターンはいずれの海域でも類似しており、ピークは6月と10月に見られた。しかしながら、志摩度会海域では鞭毛藻による赤潮が圧倒的であるのに対して、三河湾では珪藻類と鞭毛藻類が同等程度出現し、様相を異にしていた。この出現種の違いを生じさせる要因として、湾内水の滞留時間を決定する、湾口部の広さや水深あるいは容積などの湾の形状が、淡水流入量などとともに重要であると考えられる。例えば、志摩度会海域の代表的な入江である英虞湾と五ヶ所湾の海水交換率は、三河湾東部の渥美湾に比べて有意に大きい。水質もこれらの湾では大きく異なり、三河湾は低温・低塩分で、明らかに河川水流入量の大きさを反映しているのに対して、英虞湾や五ヶ所湾では高温・高塩分の黒潮の影響が大きいことを示している。また、栄養塩類濃度の最高値は英虞湾や五ヶ所湾の方が高く、湾の形状の影響が大きいものと解釈された。その他、後背地の利用形態や湾内での養殖形態などの面から赤潮発生状況の特徴に考察を加えた。

キーワード：赤潮、志摩度会海域、三河湾、湾の形状

---

### 緒 言

愛知と三重は隣接県であるが、両県の海岸形状や両県が擁する海域の海底地形は大きく異なり、それらは水産業の形態にも大きな影響を及ぼしている。愛知県の三河湾（知多湾と渥美湾を合わせた呼称）は浅く中規模の内湾であり、ここではアサリなどの採貝漁業とスサビノリ養殖業が中心に営まれている。一方、三重県沿岸の志摩度会海域は英虞湾や五ヶ所湾で代表されるような、いわゆるリアス式の、深く複雑に入り組んだ湾から成り、魚類、真珠、アオノリ（ヒトエグサ）などの養殖業が盛んである。

湾の形状の違いは、湾内で営まれる水産業の形態に影響するのみならず、赤潮の発生にも影響を及ぼしていることが想像される。ここでは1979~1989年の11年間に三河湾と志摩度会海域において発生した赤潮について集計し、その特徴について、湾の形状にともなう海水交換や上述したような漁業形態の違いを含めた物理・化学環境の違いによる説明を試みた。最近、地形形状による富栄養化の可能性について、国内の主な内湾を対象とした概括的な検討がなされているが（中尾・松崎, 1995）、ここではさまざまな資料を用いて記述的な解釈を行うことに重点を置いた。

### 材 料 と 方 法

資料として、「伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況」（愛知県, 1980, 1981；愛知県水産試験場, 1982, 1983, 1984；土屋ほか, 1985, 1986；宮本ほか, 1987；山本ほか, 1988, 1989；山本・土屋, 1990）および「赤潮情報伝達事業報告書」（三重県農林水産部水産事務局漁政課, 1980, 1981, 1982, 三重県農林水産部水産

---

\* 三重県水産技術センター伊勢湾分場, 〒510-0243 三重県鈴鹿市

事務局, 1983, 1984, 1985; 三重県水産技術センター, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990) を用いた。これらに記載されているデータから, 三河湾と志摩度会海域において1979~1989年(昭和54~平成元年)の11年間に発生した赤潮を比較した(Fig. 1)。

これらの赤潮発生モニタリング事業の背景とデータの性質などについては, すでに山本・橋本(1998)に解説されているのでここでは省略するが, 幾つかの点において, そのデータの取り扱いには注意を要する。例えば, 赤潮モニタリング事業の初期には, いわゆる貧酸素水塊の海表面露呈現象である青潮(地方により苦潮とも)が赤潮と混同されて記載されるなどの間違いも見受けられる。これは上記の報告書に丹念に目を通せば区別が可能であり, 青潮と思われるものでは, 底生魚類等の青潮からの逃避による波打ち際への移動集合や魚介類のへい死などの記載が多くなされているにもかかわらず, プランクトン細胞数は明らかに少ない。このようなことに注意を払うとともに, この研究では次に示す2つの基準に沿って, 報告データを一部改定して用いた。

- (1) 同一海域内で, 同一種類が, 同時期に引き続いて発生したとみなせる場合には, これを1つにまとめて一件の赤潮とする。三河湾のように海岸線が単調な場合は問題にはならないが, 志摩度会海域などではこのことが重要な前提条件となってくる。例えば, 五ヶ所湾内である種の赤潮が発生し, 隣りの英虞湾でも少し遅れて同一種の赤潮となった場合, これらはまとめて1件と数える。日数については, その発現種が五ヶ所湾で赤潮を形成してから, いずれかの湾で赤潮状態が解消した日の前日までということになる。もしこれらを別々に数え, 延日数も両湾の日数を足し合わせてしまうと, 延日数が法外に大きな値となってしまう。さらに, 隣り合う2つの湾の赤潮が拡大して湾口部

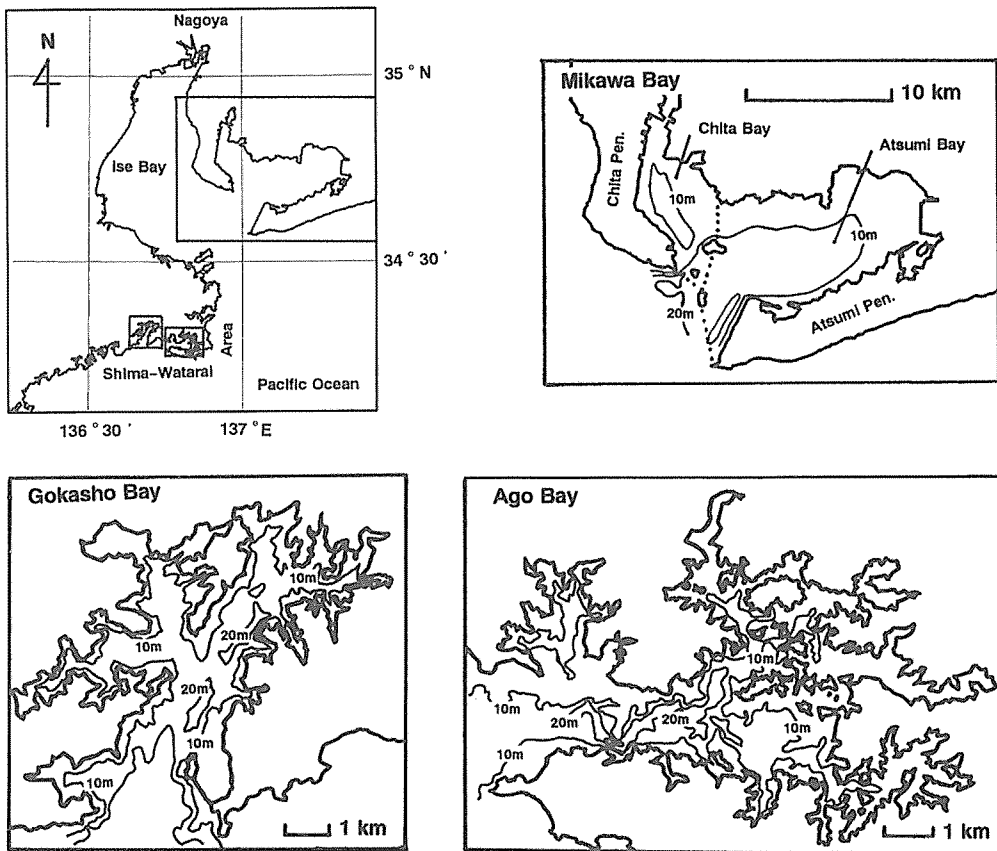


Fig. 1. Location map.

に至り、両湾の赤潮がつながってしまった場合には、解釈に困るからである。しかし、報告書の取りまとめ担当者も、この点については十分に注意を払っているので、実際に報告されているデータに手を加えたのは、志摩度会海域で1980年6月に発生したギムノディニウムの赤潮に関する部分のみであった。

- (2) 赤潮の発生状況の評価は、発生件数ではなく発生延日数で行う。例えば、水深の浅い内湾では、強風が吹けば水柱は容易に鉛直混合し、それまで表層に濃密化して赤潮状態を呈していたプランクトンが水柱全体に均一に分散して、見た目には赤潮は解消してしまう。このような場合には、風が止めば再び元の赤潮状態にもどる。そのような気象変動が二度三度とくり返されれば、赤潮の件数は2件3件と増すことになる。つまり発生件数では、その数え方次第で2倍3倍にもなり、過大評価の度合いが大きい。一方、延日数については、発生件数のカウントとは異なり、観測頻度と情報網の密度から考えて、発生日および消滅日の確認について±2日程度の誤差を含むだけにとどまるものと考えられる。したがって、赤潮発生状況の客観的な評価としては発生延日数の方が適切であると思われるからである。

### 結果および考察

#### 三河湾と志摩度会海域における赤潮発生の特徴

渥美湾では年間平均183日（123～258日）、知多湾では107日（62～169日）、志摩度会海域では126日（41～247日）の発生がみられた（Fig. 2）。毎年の変動は必ずしも小さくないが、志摩度会海域の1987～1989年における減少を除けば、1980年代は漸増傾向にあったといえる。中でも渥美湾での1983～1985年と、志摩度会海域での1984～1986年の増加が顕著であった。

各湾および海域における月ごとの赤潮発生延日数の周年変化を、11年間の平均値で Fig. 3 に示した。月当

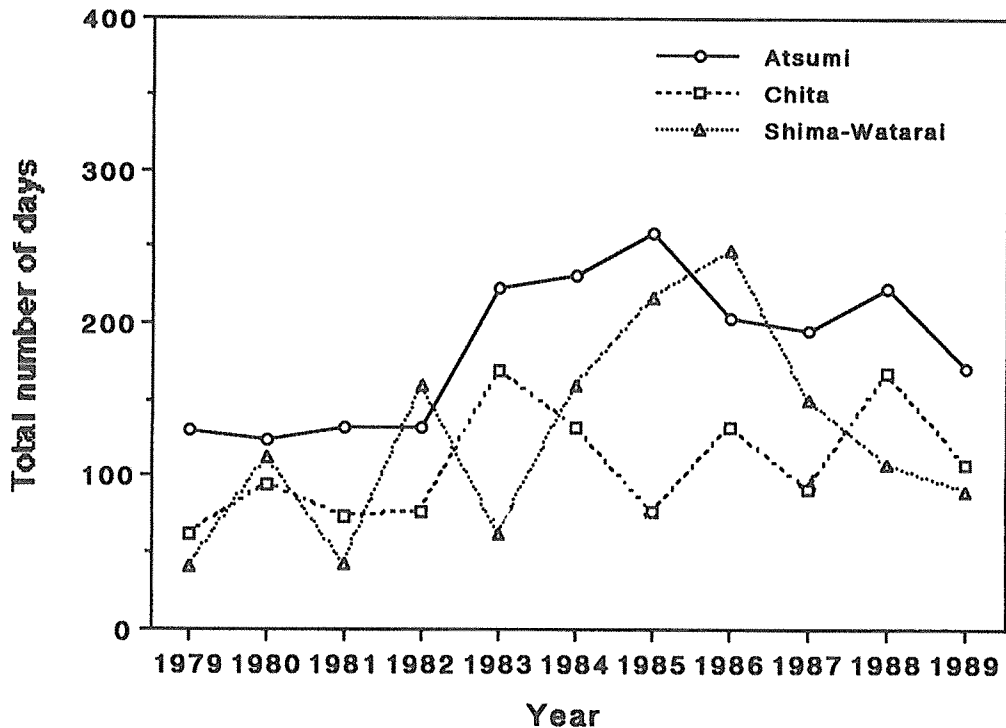


Fig. 2. Yearly variations in the bloom citations (total number of days the red tide existed) in Atsumi Bay (○), Chita Bay (□) and Shima-Watarai area (△).

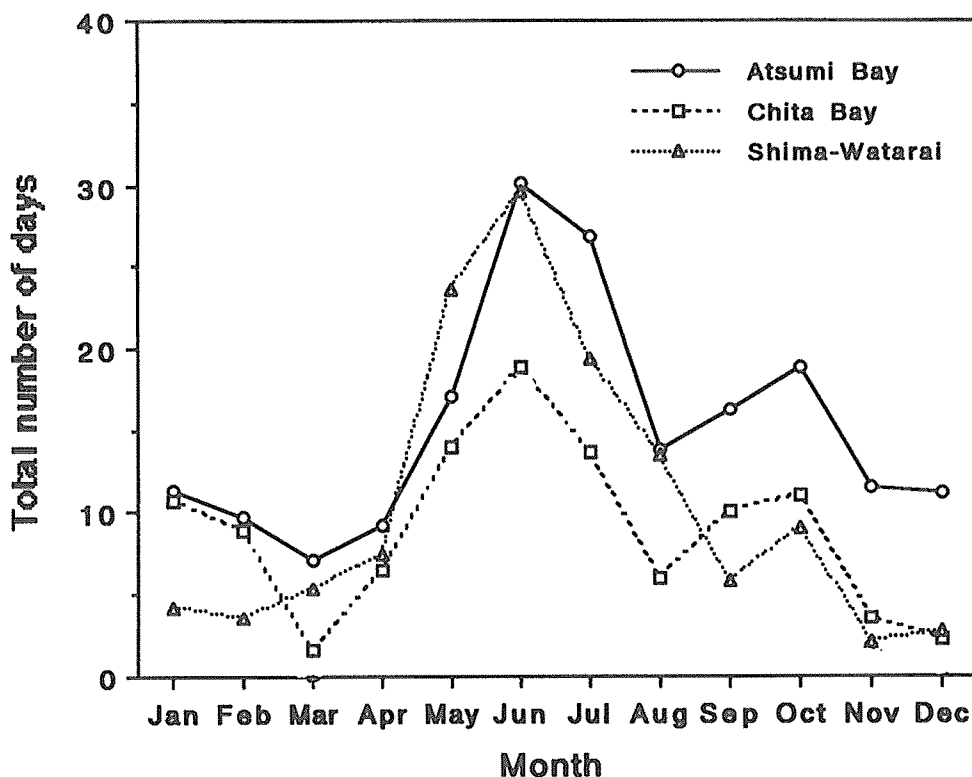


Fig. 3. Monthly variations in the bloom citations (total number of days the red tide existed) in the average during 1979-1989 in Atsumi Bay (○), Chita Bay (□) and Shima-Watarai area (△).

たりの平均延べ日数は、渥美湾で30.2日、知多湾で18.9日、志摩度会海域で29.6日である。いずれの海域も発生ピークは6月と10月に見られる。また、冬季には志摩度会海域で赤潮発生が非常に少ないのに対して、渥美湾ではこの時期もかなりの赤潮が見られ（12～2月で10日前後）、知多湾でも12月に少ないものの、1～2月にはやはり10日程度の赤潮が発生する。

これらすべての海域における赤潮発生状況に共通した過程については、おおよそ次のように説明できるであろう。これらの内湾・沿岸域では冬季の鉛直混合に加えて梅雨期における陸域からの栄養塩類の供給によって、赤潮発生ピークは初夏（6月）に見られる。特に、水深の浅い三河湾では海底まで有光層であるため（西條・宇野木, 1977; 田中・佐野, 1980）、成層しなくとも赤潮が発生すると考えられる。しかしながら、日射量の増加にともなう成層状態での赤潮は、結果として表層の栄養塩類の枯渇をまねき、8月初旬には一時的に赤潮の発生が見られなくなる。秋になると降雨量の増加と海表面の冷却による下層からの栄養塩類の供給により、初夏に次ぐ第2の赤潮発生ピークが見られる。冬季は主に水温の低下によって、赤潮の発生は少なくなるものと思われる。

Fig. 4には便宜的に珪藻類と鞭毛藻類の2群に分けて集計した結果を示す。鞭毛藻群には渦鞭毛藻をはじめ、ラフィド藻、クリプト藻、黄金色藻、ユグレナ藻など、鞭毛を有する藻類すべてを含めた。渥美湾と知多湾では珪藻類、鞭毛藻類両群の赤潮が見られる。渥美湾では鞭毛藻類の発生がやや多い傾向にあるが、知多湾では両者が毎年同等程度発生している（Fig. 4a, 4b）。これに対して、志摩度会海域では鞭毛藻類の発生が圧倒的であり、珪藻類の発生は1980年と1982年に見られたが、1980年代後半ではほとんど見られていない（Fig. 4c）。

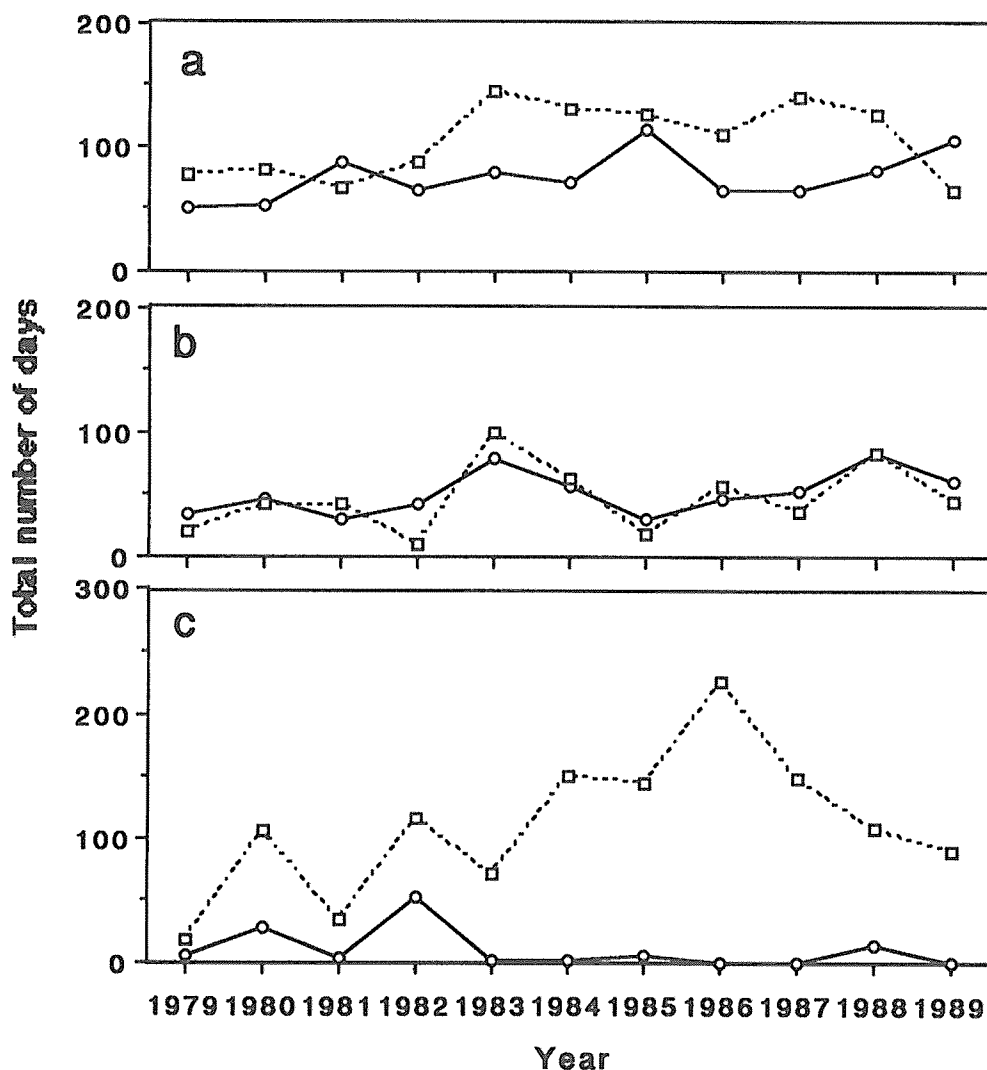


Fig. 4. Yearly variations in the bloom citations (total number of days the red tide existed) by diatoms (○) and flagellates (□). (a) Atsumi Bay, (b) Chita Bay, and (c) Shima-Watarai area.

#### 湾の形状および環境特性と赤潮発生

ここでは渥美湾、知多湾と、志摩度会海域の代表的な湾である英虞湾および五ヶ所湾について、湾の形状その他の環境特性と赤潮発生の特徴との関係について考察を試みる。

物質の湾外への排出率は湾内での物質の滞留時間の逆数であり、これは淡水流入量とともに、湾口部の広さや水深あるいは容積などの湾の形状に左右される。渥美湾と知多湾から成る三河湾の平均水深は9.2 mと浅いが、総面積は約600 km<sup>2</sup>あり、渥美および知多の両半島に挟まれた湾口部は幅10 kmほどしかないうえ、湾口中央には篠島があるため海水交換は悪く、半閉鎖的内湾といえる。MATSUKAWA and SUZUKI (1985)によれば、渥美湾での海水の滞留時間は成層期で22日、対流期で64日である (Table 1)。

一方、志摩度会海域はリアス式海岸であり、海岸線は複雑で小規模な湾が続いている。各小湾の湾口部は、その面積に対してそれほど狭くはなく、比較的開放的である。例えば、英虞湾では面積27.2 km<sup>2</sup>に対して湾口幅は2.2 kmで、五ヶ所湾は面積22.2 km<sup>2</sup>に対して湾口幅は2.6 kmである (Table 1)。また、これらの

Table 1. Comparison of configuration of bays and the physico-chemical conditions.

		Atsumi Bay	Chita Bay	Ago Bay	Gokasho Bay
Surface area (km <sup>2</sup> )		455 <sup>a)</sup>	149 <sup>a)</sup>	27.2 <sup>b)</sup>	22.2 <sup>c)</sup>
Average depth (m)		9.9 <sup>a)</sup>	7.1 <sup>a)</sup>	9.0 <sup>b)</sup>	12.7 <sup>c)</sup>
Volume (km <sup>3</sup> )		4.50 <sup>a)</sup>	1.04 <sup>a)</sup>	0.25 <sup>b)</sup>	0.28 <sup>c)</sup>
Mouth opening (km)		(9.7 as Mikawa Bay)		2.2 <sup>b)</sup>	2.6 <sup>b)</sup>
(km <sup>2</sup> )		(13.0×10 <sup>-2</sup> as Mikawa Bay)		2.0×10 <sup>-2</sup> <sup>b)</sup>	4.7×10 <sup>-2</sup> <sup>b)</sup>
Average freshwater input		35 <sup>d)</sup>	37 <sup>d)</sup>	no data	6.2 <sup>c)</sup>
(m <sup>3</sup> sec <sup>-1</sup> )					
Residence time of water		22-64 <sup>e)</sup>	no data	no data	3.3-4.7 <sup>c)</sup>
(day)					
Temperature (°C)	avg	16.0 <sup>d)</sup>	17.2 <sup>d)</sup>	18.6 <sup>b)</sup>	19.3 <sup>d)</sup>
	range	2.2-30.4	5.8-29.8	9.5-29.5	10.5-30.4
Salinity (‰)	avg	31.1 <sup>d)</sup>	29.5 <sup>d)</sup>	32.4 <sup>b)</sup>	33.7 <sup>d)</sup>
	range	24.6-33.7	16.1-33.3	5.7-34.8	4.8-35.5
DIN*1	avg	5.95 <sup>d)</sup>	6.76 <sup>d)</sup>	4.70 <sup>k)</sup>	4.34 <sup>d)</sup>
(μg at l <sup>-1</sup> )	range	0.39-27.9	0.08-32.8	0.09-103	0.10-64.4
Phosphate-P	avg	0.73 <sup>d)</sup>	0.44 <sup>d)</sup>	0.58 <sup>k)</sup>	0.51 <sup>d)</sup>
(μg at l <sup>-1</sup> )	range	0.05-4.41	ND*2-2.11	ND-19.3	0.10-17.2
Silicate-Si	avg	8.38 <sup>d)</sup>	19.9 <sup>d)</sup>	no data	14.5 <sup>d)</sup>
(μg at l <sup>-1</sup> )	range	1.75-20.3	ND-94.7	no data	0.20-257
Major source of nutrients		DS*3, LS*4	DS, IW*5	PC*6	FC*7

\*1: Dissolved inorganic nitrogen (ammonia+nitrate+nitrite), \*2: Not detected, less than the detection limit, mostly zero, \*3: Domestic sewage, \*4: Livestock sewage, \*5: Industrial wastewater, \*6: Pearl oyster culture, \*7: Fish culture.

a) Saijo (1984), b) Measured by Ohnaka, c) Toda et al. (1990), d) Suzuki and Matsukawa (1987), e) Matsukawa and Suzuki (1985), f) Aichi Fish. Inst. (1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983), g) Achiha et al. (1987), h) Mie Fish. Tech. Center (private comm.), i) Sugiyama et al. (1991), j) Yamamoto et al. (1992), k) Conf. Ago Bay Poll. Meas. and Fish. Res. Inst. Mie (1988, 1989, 1990), Hayashi et al. (1988), Niwa et al. (1989).

湾の平均水深はそれぞれ 9.0 m と 12.7 m で、それらの面積に対して比較的深い。杜多ほか (1990) が計算した五ヶ所湾における海水の滞留時間は3.3~4.7日であり、明らかに渥美湾よりも海水交換が良い (Table 1)。

赤潮に至る過程には、海水交換の大きさと原因プランクトンの増殖速度とのバランスが最も大きく関与する要因であることは、OKUBO (1982) が理論的に示したプランクトン・パッチ (patch) の形成理論から理解できる。この理論に従えば、一般的に増殖速度が大きい珪藻類が志摩度会海域で発生しても不思議ではないが、先述したように観察結果は逆である。志摩度会海域で発生が記録されている鞭毛藻は、実際には渦鞭毛藻 *Gymnodinium mikimotoi* が大半であり、例えば赤潮を形成する代表的な珪藻種である *Skeletonema costatum* の最大比増殖速度が 1.25 d<sup>-1</sup> であるのに比べて (樽谷・山本, 1994)、本種の最大比増殖速度は 0.7 d<sup>-1</sup> 程度と遅い (山口・本城, 1989)。このことは、プランクトンパッチ形成理論は海水の動きに対して受動的な振る舞いをする珪藻類には当てはまるが、鞭毛藻類には当てはまらないことを示唆している。

鞭毛藻に特有な機能は遊泳能力である。湾外に細胞が拡散されず湾奥に高密度の群集を維持するためには、エスチュアリー循環 (RATTRAY and HANSEN, 1962; 藤原, 1997; 山本ほか, 1999) による湾奥へ向かう下層流に乗ることが重要である。これには、珪藻類が自然沈降する以上に鞭毛藻の能動的な遊泳能力が有利に作用するであろう。また、海表面の擾乱が激しい場合には、珪藻類が受動的に懸濁させられてしまうのに対して、鞭毛藻類は擾乱を避けて下層へ移動し、擾乱がおさまるまで粘性底層で待機することも可能であろう。このように、とくに増殖速度の遅い鞭毛藻種のブルーム形成戦略は巧みであるはずである。

両海域における水質特性はかなり異なる (Table 1)。渥美湾の年間平均水温は16.0°C、知多湾のそれは

17.2℃であるのに対して、英虞湾では18.6℃、五ヶ所湾では19.3℃で、志摩度会海域の方が三河湾より2～3℃高い。また、年間平均塩分は渥美湾が31.1%、知多湾が29.5%であるのに対して、英虞湾が32.4%、五ヶ所湾が33.7%で、志摩度会海域の方が三河湾より2～4%高い。三河湾が低温・低塩なのは水深が浅く河川水の流入量が多いためであり、志摩度会海域が高温・高塩であることは、水深が深く河川水流入が少ない上、黒潮の影響があるためと思われる。

これらの湾における栄養塩濃度の平均値と範囲を Tabel 1 に示した。平均値では大きく異なるようには思えないが、それらの最高値は英虞湾と五ヶ所湾で大きい。このことの解釈は難しいが、水深が大きいことが1つの大きな要因となっていることが想像される。すなわち、沖合い深層からの供給、あるいは表層の擾乱が下層に及びにくいために、成層期には下層での有機物の分解が十分に進行するだけの時間があること、などが考えられる。

渥美湾で赤潮の発生が多いのは次のように考えられる。まず、規制項目である COD だけでみても、渥美湾に流入する豊川水系の集水域には畜産業、繊維工業、旅館業などが多く、これらは1日の排水量が50 t (特定事業場) 未満の事業場が多いため規制対象になっていない。ちなみに、特定事業場に占める規制対象事業場の割合は、豊川水系では約13%しかない(愛知県, 1990)。さらに畜産業が盛んなため、CODのみならず、窒素、リンの排出が多い。日比野(1984)が原単位法で見積った三河湾全体に対するCODの負荷の内訳は、生活排水と工業排水でほとんど二分している。一方、窒素、リンの負荷では生活排水と畜産排水が二分している。これは畜産排水がいかに多くの窒素、リンを排出しているかということを示すものである。また、畜産農家は明らかに知多湾よりも渥美湾側に片寄っている(日比野, 1984)。

知多湾でも渥美湾と同程度の負荷があり、湾の体積が小さいことを考慮すると渥美湾より比負荷は大きいくらいである(SUZUKI and MATSUKAWA, 1987)。しかし、SUZUKI and MATSUKAWA (1987)が行ったボックスモデルによる三河湾の窒素収支計算によれば、知多湾上層で生産された有機物は湾口で沈降・分解し、これらは湾外へ出るのではなく渥美湾へ入るといふ。このことが渥美湾の富栄養化をますます進行させ、両湾の赤潮発生日数の違いを明瞭にしている原因であると言われてしている(SUZUKI and MATSUKAWA, 1987)。

赤潮の発生は栄養塩濃度の低下という点で、渥美湾、知多湾で行われているササビノリ養殖に被害を与えているが、ササビノリによる栄養塩取り込みの半飽和定数が植物プランクトンのそれよりはるかに大きいことから考えて(山本・高尾, 1988)、ササビノリが現場の栄養塩を消費し尽くしてしまうことによる赤潮発生の抑制はありえない。

1989年度の愛知県のアサリの生産は9,121トンで全国第一位を記録し、このうち98% (8,907トン)は三河湾で採られたものである(愛知県, 1990)。三河湾内に生息するアサリがどの程度、粒状態有機物を濾過摂食しているかについての見積もりは他に譲るとして(青山・鈴木, 1997)、アサリもササビノリも収穫されることで湾内の窒素やリンの除去がなされていると考えれば、長期的には赤潮発生の低減に一役買っていると言えよう。ちなみに、食品成分表(香川, 1991)を用いて、アサリとノリの漁獲(東海農政局統計情報部, 1988, 1989, 1990)によって三河湾から採り上げられた窒素量を計算すると、1987～1989年の平均でそれぞれ年間33 tNと40 tNであり、これらの合計は河川を通して三河湾に負荷される1日分の窒素量35.3 tN(西條, 1984)と比べると、2日分にしかならない。ただし、ノリ乾製品1枚の重量は3 gとした(野田・岩田, 1983)。

志摩度会海域に注ぐ大きな河川はなく、産業の規模も負荷に大きく寄与するほどではないので、栄養塩の負荷は陸域から供給されるものよりもむしろ内湾で行われている養殖によるところが大きいと思われる。英虞湾ではアオノリ養殖と真珠養殖とが行われており、五ヶ所湾ではタイ類、ブリ類等の魚類養殖が中心となっている。

志摩度会海域と渥美湾の赤潮発生日数を比較すると、3～8月はあまり変わらないのに対して、9～2月では志摩度会海域の方が明らかに少ない(Fig. 3)。志摩度会海域におけるアオノリの養殖は9月頃から行われ、英虞湾を例にとると1987～1989年の平均で356トンのアオノリ乾製品を生産した。これを食品成分表(香川, 1991)で窒素量に換算すると、3.7 tNを生産時期の11～5月に除去したことになる。これは湾の体積当たり除去量としては15 tN km<sup>-3</sup>であり、養殖期間が約半年であるにも関わらず、三河湾でアサリとノリによって1年間に除去される窒素量13 tN km<sup>-3</sup>より多い。アオノリ養殖場は河口域にあるので、流入する河川水

に含まれる栄養塩類を吸収することで、9～2月頃の英虞湾内における赤潮発生の抑制に大きく寄与しているものと想像される。

アコヤガイは植物プランクトンを摂食して成長するので、これらを取上げた場合には間接的に窒素を除去したことになるが、その糞は大型粒子となって海底に沈降するので、海底の汚濁を進行させる原因となっていると思われる。アコヤガイの糞粒は他の有機物と同様に、水温の高い時期に効率よく分解され、水中に栄養塩を再供給しているであろう。これが志摩度会海域の夏季の赤潮発生日数の増加 (Fig. 3) に寄与している1つの原因と考えられる。

本研究では三河湾および志摩度会海域の赤潮発生状況の違いを湾の形状その他の環境特性の違いから説明を加えることを試みたが、定量的な詰めが十分でなかったことは否めない。杜多ほか (1993) は五ヶ所湾の支湾である追間浦における *Gymnodinium mikimotoi* 赤潮の消長に海水交換がどの程度効いているかをボックスモデルを用いて検討している。計算結果は、海水交換のみで *G. mikimotoi* の細胞密度の増減を説明できないことを示しており、その原因は生物学的パラメータに関する考慮が足りないためであることは明らかである。しかしながら、赤潮発生のメカニズムを定量的に検討する意味で、このような試みは重要であり、今後、それぞれの海域に対してもこのようなアプローチが適用されることが期待される。

## 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、貴重な時間をさいて御校閲下さり、有益な御助言をいただいた元三重大学生物資源学部教授の岩崎英雄博士、および広島大学生物生産学部教授の松田 治博士に感謝します。また、五ヶ所湾の水質データを快くご提示いただいた水産庁養殖研究所の杜多 哲氏に感謝します。広島大学生物生産学部 Vaishali Pawar 女史には英文を手直ししていただいた。併せてお礼申し上げます。

## 引用文献

- 阿知波英明・瀬古幸郎・戸田章治・家田喜一・柳川 渉・鈴木 裕・土屋晴彦・猿木 弘・朝田英二・茅野博美・森田和夫・島井和久・横江準一・山本民次・中村富夫・藤崎洗右 (1987) : 知多半島沿岸漁場調査, 一昭和41年度より60年度まで20年間のまとめ。42 pp.
- 英虞湾汚染対策協議会・三重県水産技術センター (1988) : 昭和62年度英虞湾真珠養殖漁場汚染対策調査報告書。25 pp.
- 英虞湾汚染対策協議会・三重県水産技術センター (1989) : 昭和63年度英虞湾真珠養殖漁場汚染対策調査報告書。24 pp.
- 英虞湾汚染対策協議会・三重県水産技術センター (1990) : 平成元年度英虞湾真珠養殖漁場汚染対策調査報告書。26 pp.
- 愛知県 (1980) : 昭和54年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。36 pp.
- 愛知県 (1981) : 昭和55年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 38, 46 pp.
- 愛知県 (1990) : 平成2年版環境白書, 平成元年度公害の状況及び自然環境の保全等に関する年次報告。450 pp.
- 愛知県 (1991) : 漁業の動き1990。動向調査資料, 87, 77 pp.
- 愛知県水産試験場 (1982) : 昭和56年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 41, 40 pp.
- 愛知県水産試験場 (1983) : 昭和57年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 44, 38 pp.
- 愛知県水産試験場 (1984) : 昭和58年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 50, 43 pp.
- 愛知県水産試験場 (1978) : 昭和53年度漁況海況予報事業結果報告書。p. 62-85.
- 愛知県水産試験場 (1979) : 昭和54年度漁況海況予報事業結果報告書。p. 116-139.
- 愛知県水産試験場 (1980) : 昭和55年度漁況海況予報事業結果報告書。p. 96-119.
- 愛知県水産試験場 (1981) : 昭和56年度漁況海況予報事業結果報告書。p. 71-95.



- 愛知県水産試験場（1982）：昭和57年度漁況海況予報事業結果報告書。p. 67-91.
- 愛知県水産試験場（1983）：昭和58年度漁況海況予報事業結果報告書。p. 67-91.
- 青山裕晃・鈴木輝明（1997）：干潟上におけるマクロベントス群集による有機態懸濁物除去速度の現場測定。水産海洋研究, 61, 265-274.
- 藤原建紀（1997）：淡水影響域におけるエスチュアリー循環流と生物・物質輸送。海と空, 73, 23-30。
- 林 茂幸・丹羽 誠・西村守央・竹内俊博（1988）：英虞湾及び五ヶ所湾における環境特性と赤潮生物の生理的特性に関する研究。昭和62年度赤潮調査事業報告書, 35 pp.
- 日比野雅俊（1984）：三河湾集水域における地域変化と汚濁負荷。西條八東（編），内湾の環境科学，三河湾・伊勢湾の研究を中心として，上巻，pp. 38-62，培風館，東京。
- 香川 綾（1991）：四訂食品成分表。368 pp. 女子栄養大学出版部。
- MATSUKAWA, Y. and T. SUZUKI (1985) : Box model analysis of hydrography and behavior of nitrogen and phosphorus in a eutrophic estuary. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 41, 407-426.
- 三重県農林水産部水産事務局漁政課（1980）：昭和54年（1月1日～12月31日）の三重県沿岸における赤潮発生状況。37 pp.
- 三重県農林水産部水産事務局漁政課（1981）：昭和55年に三重県沿岸に発生し，主として漁業被害をもたらした赤潮の発生状況について。57 pp.
- 三重県農林水産部水産事務局漁政課（1982）：昭和56年（1月～12月）に三重県沿岸海域に発生した赤潮について。36 pp.
- 三重県農林水産部水産事務局（1983）：昭和57年（1～12月）三重県沿岸海域に発生した赤潮について。33 pp.
- 三重県農林水産部水産事務局（1984）：昭和58年（1～12月）三重県沿岸海域に発生した赤潮について。43 pp.
- 三重県農林水産部水産事務局（1985）：昭和59年（1～12月）三重県沿岸海域に発生した赤潮について。28 pp.
- 三重県水産技術センター（1986）：昭和60年三重県沿岸海域に発生した赤潮（赤潮情報伝達事業報告書）。31 pp.
- 三重県水産技術センター（1987）：昭和61年三重県沿岸海域に発生した赤潮（赤潮情報伝達事業報告書）。35 pp.
- 三重県水産技術センター（1988）：昭和62年三重県沿岸海域に発生した赤潮（赤潮情報伝達事業報告書）。35 pp.
- 三重県水産技術センター（1989）：昭和63年三重県沿岸海域に発生した赤潮（赤潮情報伝達事業報告書）。39 pp.
- 三重県水産技術センター（1990）：平成元年三重県沿岸海域に発生した赤潮（赤潮情報伝達事業報告書）。28 pp.
- 宮本淳司・土屋晴彦・水質調査船乗組員（1987）：昭和61年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績 績Cしゅう, 70, 58 pp.
- 中尾 徹・松崎加奈恵（1995）：地形形状による富栄養化の可能性。海の研究, 4, 19-28.
- 丹羽 誠・中西克之・竹内俊博（1989）：英虞湾及び五ヶ所湾における環境特性と赤潮生物の生理的特性に関する研究。昭和63年度赤潮調査事業報告書, 46 pp.
- 野田宏行・岩田静昌（1983）：新編海苔製品向上の手引き。297 pp, 全国海苔貝類漁業協同組合連合会，東京。
- OKUBO, A. (1982): Horizontal dispersion and critical scales for phytoplankton patches. *In*, STEELE, J. H. (ed.), *Spatial Pattern in Plankton Communities*, Ser. IV, 3, pp. 21-42, Plenum Press, New York and London.
- RATTRAY, M. and D.V. HANSEN (1962): A similarity solution for circulation in an estuary. *J. mar. Res.*, 20, 121-133.
- 西條八東（1984）：内湾の富栄養化。西條八東（編），内湾の環境科学，三河湾・伊勢湾の研究を中心とし

- て, 上巻, pp. 1-37, 培風館, 東京。
- 西條八東・宇野木早苗 (1977) : 伊勢湾・三河湾の海況特徴と生産力。沿岸海洋研究ノート, 14, 10-18.
- 杉山元彦・田中信彦・浅川明彦・坂見知子・飯倉敏弘・杜多 哲・北村章二・本城凡夫・白石 学・淡路雅彦・山本茂也・佐古 浩・熊田 弘 (1991) : 五ヶ所湾における海洋観測記録 (1986年-1989年)。養殖研資料, No. 9, 77 pp.
- SUZUKI, T. and Y. MATSUKAWA (1987) : Hydrography and budget of dissolved total nitrogen and dissolved oxygen in the stratified season in Mikawa Bay, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 43, 37-48.
- 樽谷賢治・山本民次 (1994) : 広島湾産 *Skeletonema costatum* のリン酸塩取り込みおよび増殖の動力学。広島大学生物生産学部紀要, 33, 59-64.
- 田中庸史・佐野方昂 (1980) : 三河湾における植物プランクトンの一次生産動態に関する一考察。日本プランクトン学会報, 27, 75-85.
- 杜多 哲・杉山元彦・本城凡夫・大和田紘一・浅川明彦・田中信彦・佐古 浩・北村章二・淡路雅彦・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。養殖研報, 18, 13-29.
- 東海農政局統計情報部 (1988) : 第35次愛知農林水産統計年報 (水産編)。p. 275.
- 東海農政局統計情報部 (1989) : 第36次愛知農林水産統計年報 (水産編)。p. 287.
- 東海農政局統計情報部 (1990) : 第37次愛知農林水産統計年報 (水産編)。p. 289.
- 土屋晴彦・鈴木 裕・水質調査船乗組員 (1985) : 昭和59年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 58, 52 pp.
- 土屋晴彦・宮本淳司・水質調査船乗組員 (1986) : 昭和60年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 63, 60 pp.
- 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。日水試, 55, 2029-2036.
- 山本民次・橋本俊也 (1998) : 画像処理による赤潮情報の解析。平野敏行 (編), 沿岸の環境圏, pp. 921-932, フジ・テクノシステム, 東京。
- 山本民次・高尾允英 (1988) : スサビノリ *Porphyra yezoensis* 葉体のアンモニア態および硝酸態窒素の取り込みに及ぼす温度の影響。藻類, 36, 37-42.
- 山本民次・土屋晴彦 (1990) : 平成元年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 80, 43 pp.
- 山本民次・土屋晴彦・水質調査船乗組員 (1988) : 昭和62年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 74, 41 pp.
- 山本民次・土屋晴彦・水質調査船乗組員 (1989) : 昭和53年伊勢湾・三河湾の赤潮発生状況。愛知水試研究業績Cしゅう, 78, 43 pp.
- 山本民次・土屋晴彦・井野川仲男・蒲原 聡・岡田 元 (1992) : 渥美湾における冬季の赤潮の発生・消滅に伴う窒素収支。沿岸海洋研究ノート, 30, 79-90.
- 山本民次・芳川 忍・橋本俊也・高杉由夫・松田 治 (1999) : 広島湾北部海域におけるエスチュアリー循環過程。沿岸海洋研究, 37 (印刷中)

## Comparison of Red Tide Occurrence and their Characteristics between Mikawa Bay and Shima-Watarai Area with Reference to the Configuration of Bays and the Environmental Conditions.

Tamiji YAMAMOTO and Sumiko OHNAKA\*

*Faculty of Applied Biological Sciences, Hiroshima University,  
Higashi-Hiroshima 739-8528, Japan*

Using the data recorded for 11 years from 1979 to 1989, characteristics of red tide occurrence were compared between Mikawa Bay and Shima-Watarai area in relation to the configuration of the bays and their physical and chemical environmental conditions. The average bloom citations per year (total number of days the red tide existed) in Atsumi Bay and Chita Bay, which are the branches of Mikawa Bay, were 183 days and 107 days, respectively. That in Shima-Watarai area was 126 days. The seasonal variation pattern of the red tide occurrence was similar in these areas, with the peaks in June and October. However, the composition of red tide forming taxa was different; flagellates were the major component in Shima-Watarai areas, while diatoms and flagellates occurred equally in Mikawa Bay. The configuration of the bay such as the mouth opening, depth and the volume which determine the residence time of water in the bay along with the amount of freshwater input is considered to be the important factor affecting the species composition. The residence time of water was significantly short in Ago Bay and Gokasho Bay, which are the inlets of Shima-Watarai area, compared to Atsumi Bay of eastern half of Mikawa Bay. The water quality of Mikawa Bay was also found to differ from that of Shima-Watarai area. Low temperature and low salinity in Mikawa Bay clearly reflects the influence of considerable amount of riverine inputs. On the other hand, influence of the Kuroshio water with high temperature and high salinity was obvious in Shima-Watarai area. The maximum nutrient concentration was higher in Shima-Watarai area than in Mikawa Bay, indicating the influence of the difference in the configuration of the bays. The effects of land use of the tributary area and the type of mariculture are also discussed.

**Key words:** Bay configuration, Mikawa Bay, Red tide, Shima-Watarai area

---

\* Fisheries Research Institute of Mie, Ise Bay Branch, Suzuka 510-0243, Japan