

和歌浦湾の栄養塩の現況と赤潮の発生状況*

竹内 照文・山内 信・小川 満也

和歌浦湾は湾口幅4 km、奥行き4 km、平均水深15 m程の西向きに開口した小湾である。湾内では船曳網漁業、東部の浅海域では秋～冬季にノリ養殖、また、北部の和歌浦湾周辺では四国方面から京阪神に運ばれる養殖魚類の一時蓄養が大規模に行われている。

ところが、近年湾内の漁業生産量が低下し、漁場環境の悪化が危惧されている。

そこで、1994年から漁場環境の実態を把握するための調査を行ってきたが、ここでは栄養塩の現況と赤潮の発生状況のについて取りまとめた。

方 法

調査は湾内5定点と下津港内に1定点を設け(図1)、1994年5月から、四季に1回ずつ行っているが、ここでは1996年2月までの8

回分について取りまとめた。採水はバンドーン採水器を用いて、表層と底層の2層で行い、水温、塩分の測定とクロロフィルaや栄養塩($\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$)の分析を行った。

栄養塩の分析方法は以下のとおりである。

$\text{NH}_4\text{-N}$: インドフェノール改良法

$\text{NO}_2\text{-N}$: ジアゾ化法

$\text{NO}_3\text{-N}$: Cdカラム還元法

$\text{PO}_4\text{-P}$: ストリックランド・パーソンズ法

また、関連する資料として、漁海況予報事業の調査結果や県下の赤潮発生状況を用いた。

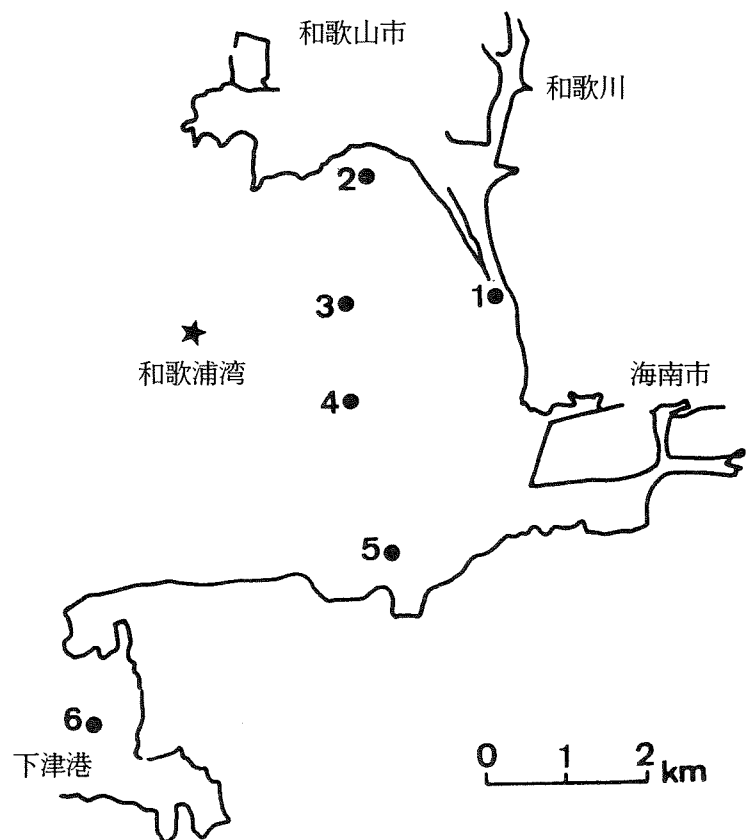


図1 調査定点
★: 漁海況予報事業定点

* 養殖漁場環境保全技術開発試験費による。

結果および考察

1 栄養塩の現況

無機3態Nと無機Pの推移を図2に示す。DINとDIPは表、底層とも同じ傾向で推移し、秋季に高く、夏季に低下していた。富栄養化の進行した田辺湾南部域では夏季に貧酸素水塊が形成され、底層で栄養塩濃度が高くなること知られている¹⁾が、ここでは田辺湾南部域のような現象がみられなかった。また、1994年11月や1995年12月には湾内全域にわたって表、底層ともDINやDIP濃度が高くなっていたが、無機態NではNO₃-Nが大部分を占めていたことから外海底層水の進入により、栄養塩が供給されたものと考えられる。一方、1995年4月には表層のDIN濃度が最高17.92 μg・at/lで、定点間の濃度差が大きかったが、底層では濃度が低く、あまり差が見られなかった。この時、NH₄-NとNO₂-Nが増加していたことから、ここでの栄養塩の増加は降雨に伴って陸上から負荷されたものと考えられる。

そこで、降雨と栄養塩濃度の関係を検討するため、植物プランクトンによる取り込みがあまり大きくない時ということで、クロロフィルa濃度が4 μg/l以下であった5回の結果を用いて表層水における塩分とDINの関係を図3に示す。塩分が34以上の範囲ではDINが7 μg・at/l以下であったが、塩分が33.5付近ではDINが10 μg・at/lに増加し、塩分濃度の低下に伴って栄養塩濃度が

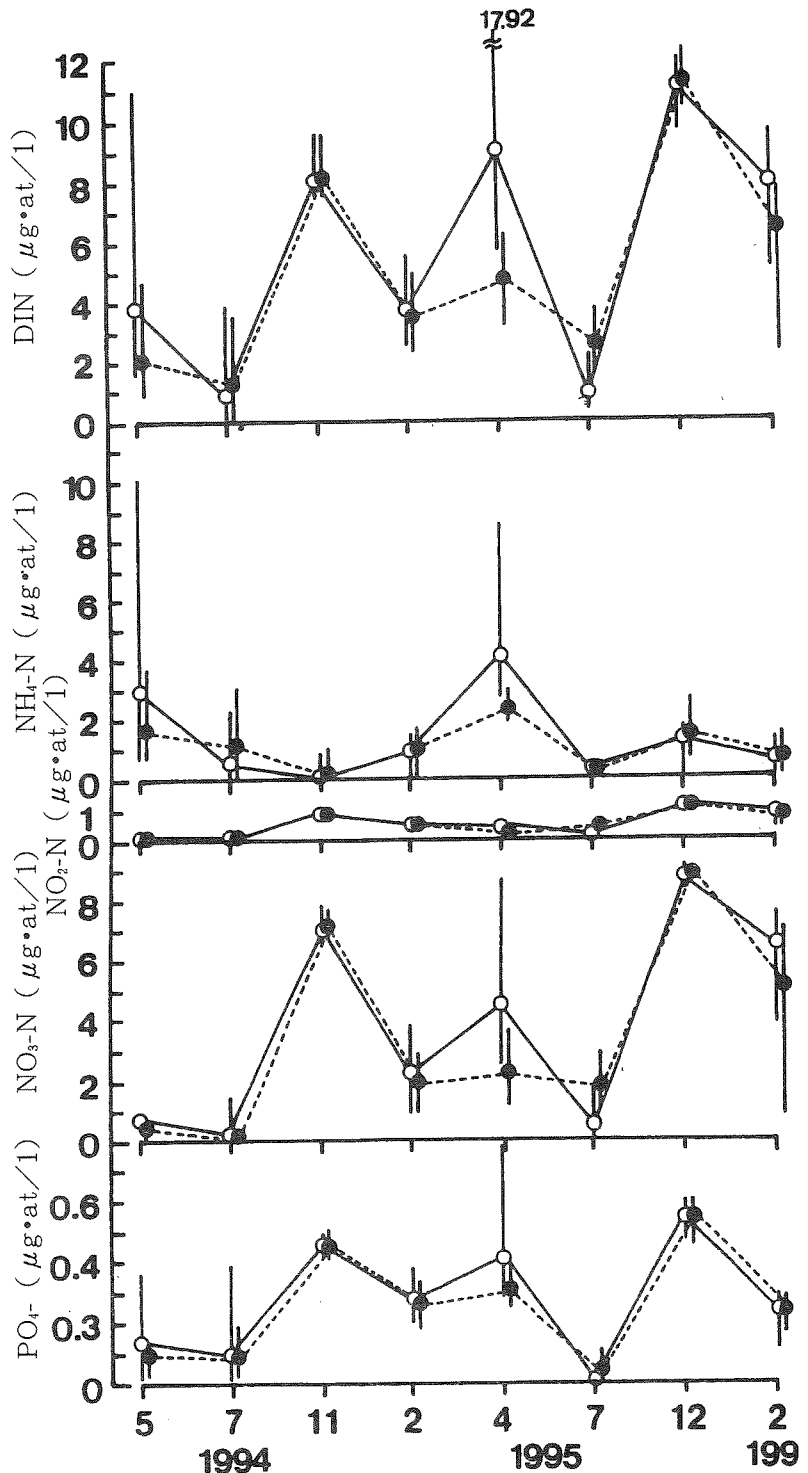
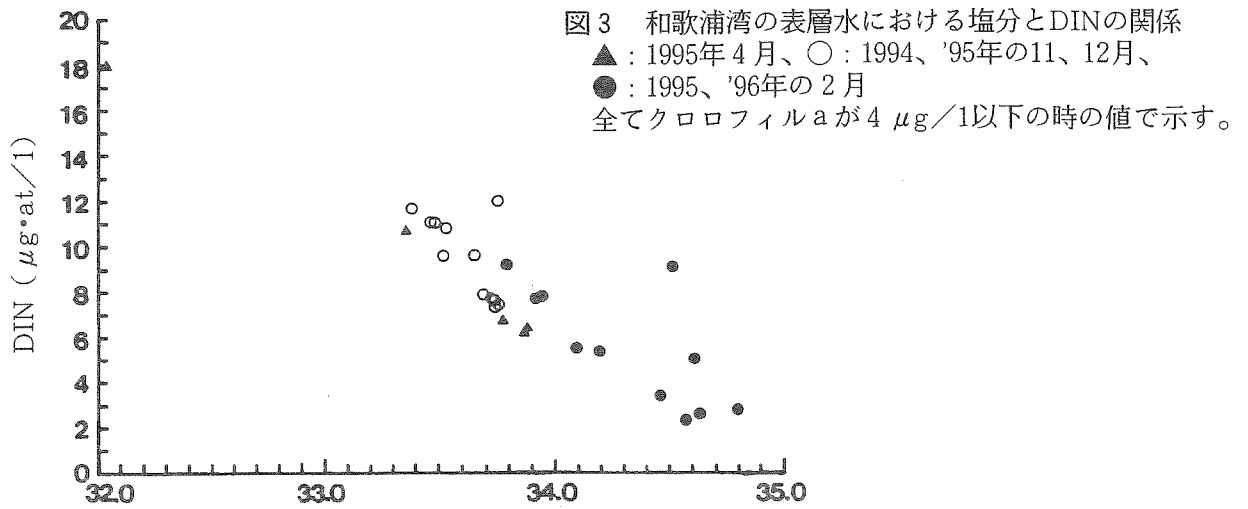


図2 和歌浦湾における無機能窒素とリンの推移
上からDIN、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-Pで示す。
○：表層、●：底層



増加する傾向が認められた。

次に、DIN、NH₄-N、NO₃-NとPO₄-Pの水平分布を図4に示す。ここでは栄養塩濃度が高かった5回の調査時の平均値で示した。DINは、表層では7~10 μg·at/l、底層では6.5~7.5 μg·at/lで北部でいくぶん高く、南部で低い傾向が認められた。また、DIPもDINと同じ分布傾向を示し、定点間の差があまり認められなかった。当湾が開放的な小湾であるため海水交換が良好なことを示唆するも

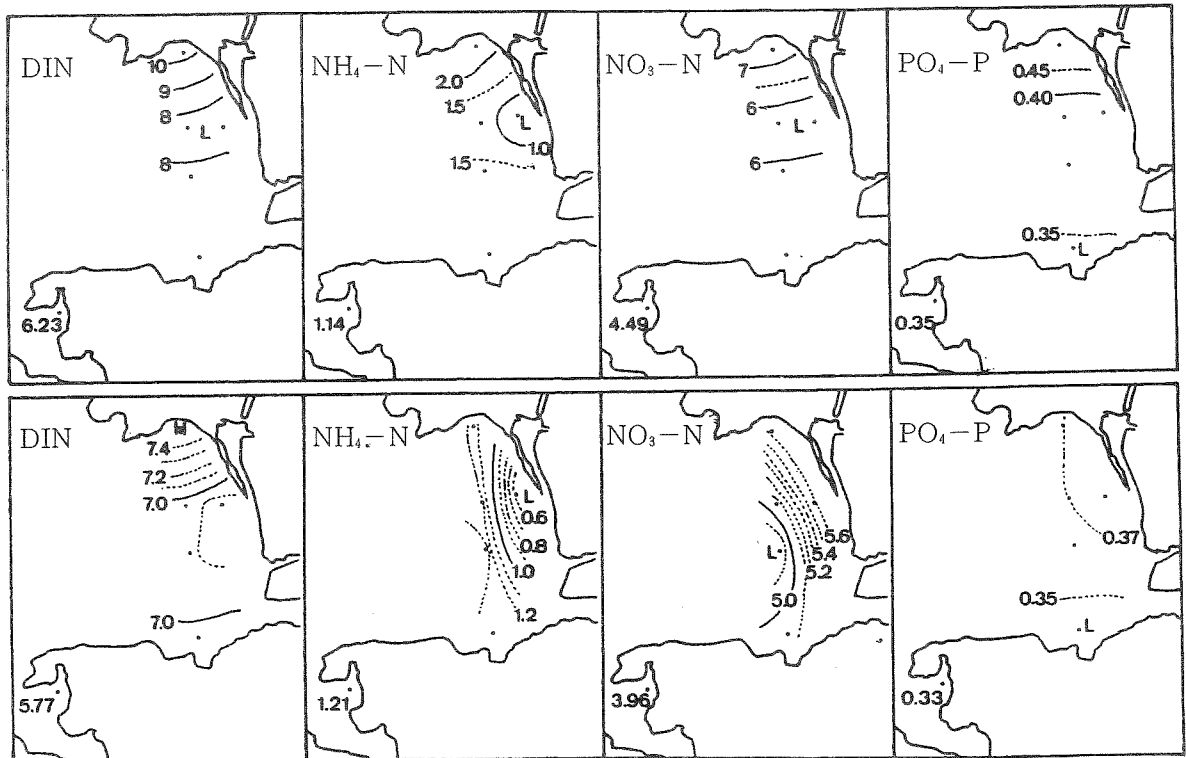


図4 和歌浦湾における無機態窒素とリンの分布
 1994年11月、'95年2、4、12月と'96年2月の平均値による。
 上段は表層、下段は底層の値を示す。

のである。

図2から、秋季に栄養塩濃度の高くなることがわかったが、この時期、北部の浅海域では古くから

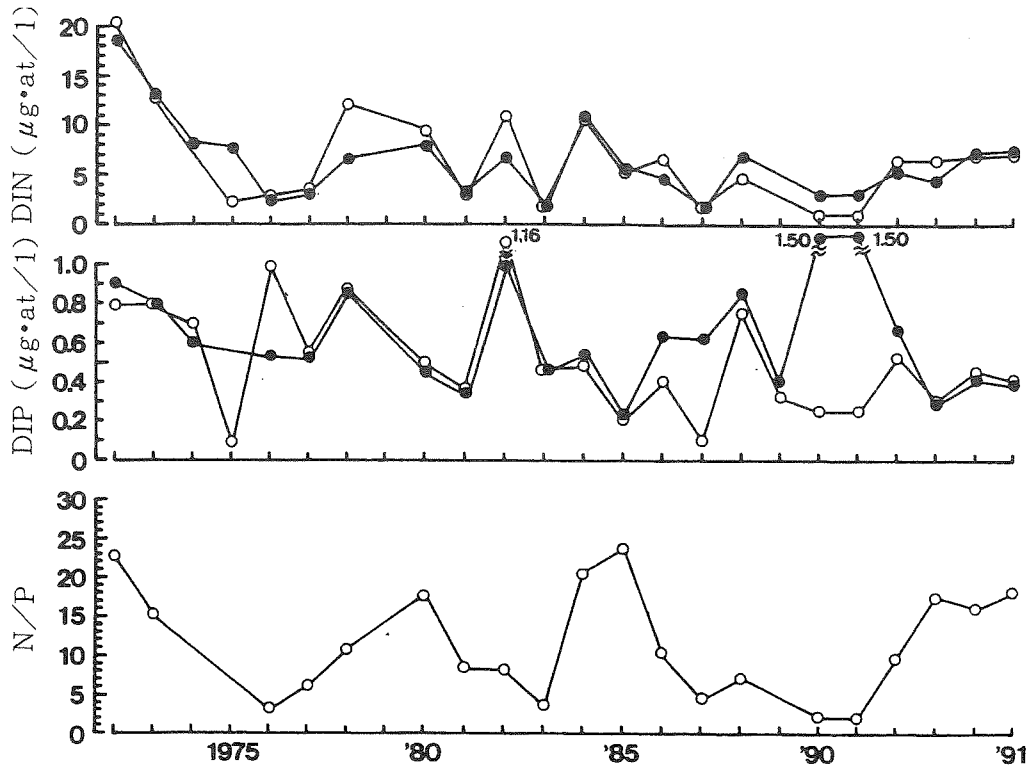


図5 和歌浦湾における秋季のDIN、DIPとN/Pの変遷（漁海況予報事業による。）
○：表層、●：底層 N/Pは表、底層の平均値による。

ノリ養殖が行われ、栄養塩濃度が収穫量を支配する大きな要因になっている。ここでは漁海況予報事業の資料を用いて1972年から1991年までの秋季のDIN、DIPとDIN/DIPの推移を図5に示す。N、Pとも観測時の気象、海象条件によりパルス的に高い値を示すことがあるが、概ね、DINは2~10 μg·at/l、DIPは0.3~1.0 μg·at/lで推移し、20年間大きな増減は認められなかった。和歌浦湾のような流れの弱い水域ではノリ養殖にとってDINが10~12 μg·at/l必要とされているので、ここでの栄養塩濃度はノリ養殖にとっていくぶん少ないのではないかと考えられる。また、N/Pも25以下の範囲で増減している。近年、閉鎖的な内湾域ではPの削減によりN/Pが上昇し、このことが生物生産に及ぼす影響が危惧されているが、ここでの結果を見るかぎりN/Pの上昇するようなことは認められなかった。また、東部瀬戸内海では秋、冬季に大型珪藻の増殖による栄養塩の取り込みが起り、ノリ養殖にとって大きな問題になっている。和歌浦湾においても秋~冬季にヌタ状の浮遊物を観察することがあり、大型珪藻の増殖していることが認められているので(未発表)、ここでの栄養塩濃度が本来の濃度かどうか更に検討することが必要であろう。

2 赤潮の発生状況

和歌浦湾とその周辺水域における赤潮の発生件数の推移を図6に示す。1974年から1976年頃にかけて赤潮の発生件数が増加しているが、これは紀伊水道北部で頻発した*Noctiluca*赤潮が湾内に移動してきたものである。この3年間を除くと年間1~4件でほぼ横ばいに推移している。赤潮の月別構成

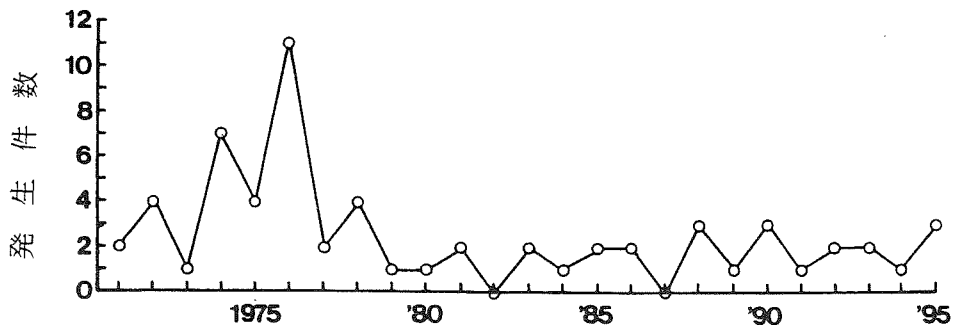


図6 和歌浦湾と周辺水域における赤潮発生件数の推移
(実件数による)

表1 和歌浦湾とその周辺水域における赤潮の構成種別の発生件数
(延件数による)

構成種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
<i>Skeletonema costatum</i>							1	2					3
珪藻類	1												1
<i>Gymnodinium mikimotoi</i>								1					1
<i>G.sp.</i>		1		1									2
<i>Prorocentrum micans</i>						1	1						2
<i>P.sp.</i>									1				1
<i>Gonyaulax sp.</i>	2	2			1		1	2	1				9
<i>Peridinium rutandata</i>						1							1
<i>Ceratium furca</i>									1				1
<i>Noctiluca scintillans</i>			1	3	6	2	6	9			1		28
<i>Heterosigma akashiwo</i>					2	2	1						5
<i>Chattonella antiqua</i>							2	1	1				4
<i>Eutreptiella sp.</i>				1		1	1		1				4
<i>Chroomonas salina</i>											1		1
<i>Pyramimonas disomata</i>				1									1
有色鞭毛藻							1			1			2
<i>Mesodinium rubum</i>								1	1				2
未確認			1			1	1		1				4
合計	3	3	2	6	9	9	15	15	7	1	2	0	72

種別の発生件数を表1に示す。赤潮の発生は春先からの水温上昇に伴って増加し、夏季に最も多くなるが、この時期には2年に1回以上の割合で発生している。また、冬季の低水温期にも希に発生することがあった。構成種別にみると鞭毛藻類によるものが全体の約85%を占めて、珪藻類によるものは4件であった。また、鞭毛藻類では*Noctiluca*赤潮が最も多く、春先から夏季にかけて25年間に28件の発生があった。魚類養殖にとって有害な*Chattonella antiqua*が夏季に4件発生しているが、いずれも東部瀬戸内海全域で発生したもので、当湾だけで独自に発生したものでない。*Gymnodinium mikimotoi*は1件発生したが、これは下津港から和歌浦湾南部で発生したものである。また、*Gonyaulax sp.*が9件発生しているが、これは有殻の渦鞭毛藻類ということで、この中には有毒種である*Alexandrium catenella*が2件以上含まれている。珪藻類による赤潮は4件しか確認されていないが、

降雨後には珪藻類が増殖し、しばしば赤潮状に着色するし、また、前述したように秋～冬季にはヌタ状浮遊物が出現し、*Coscinodiscus spp.* や *Talassiosira spp.* の群体が確認されている。

次に赤潮の発生範囲を整理すると図7に示す4つの赤潮発生パターンに区分される。このうち、No. 1の湾外から流入する赤潮と南部域で発生するNo. 3のタイプが最も多く、前者では*Noctiluca*赤潮や*Chattonella*赤潮、後者では*Prorocentrum spp.* や*Heterosigma akashiwo*などの鞭毛藻赤潮がこのタイプに入る。また、*A. catenella*の栄養細胞とシストが南部域で最も高密度に出現することからここが初期出現域で、しかも増殖域になっていること知られている²⁾。南部域は図3に示すように栄養塩濃度は他の水域とあまり差が見られない。ところが、南部域は他の水域に比べると冬季の水温が高く、また、春～初夏の水温上昇期には1～3℃高めで、しかも塩分もいくぶん高めに推移することが知られている²⁾。また、ここは湾の形状から海南港等のいくぶん停滞域を抱えている。そこで、冬季の水温が高く、春先の水温上昇が早いことがシストを形成するプランクトンの発芽や、初期増殖を促進し、さらに、海水の停滞域でプランクトンを集積するのでここが赤潮の頻発する水域になっているものと考えられる。



図7 和歌浦湾と周辺水域における赤潮の発生パターン

文 献

- 1) 和歌山県水産試験場、1993：平成4年度貧酸素水塊被害防止対策事業報告書. pp.25.
- 2) 竹内照文、小久保友義、森 康雅、1996：赤潮防止対策事業－毒化モニタリング調査－. 平成6年度和歌山水試事報. 52-63.