

## 福岡湾における *Heterocapsa circularisquama* 赤潮発生年の海域環境について

佐藤 博之・山本 千裕・寺井 千尋

(研究部)

### Environmental factors underlying the occurrence of *Heterocapsa circularisquama* Red Tide in Fukuoka Bay

Hiroyuki SATOU, Chihiro YAMAMOTO and Kazuhiro TERAJ

(Research Department)

2004年7月に発生した *Heterocapsa circularisquama* 赤潮により、博多湾では二枚貝類の大量へい死が起こった。特に、漁獲対象となっているアサリでは、主漁場である能古島地先において、赤潮発生以後の水揚げがほぼ無いに等しい状況となっている。

福岡湾では、*H. circularisquama* 赤潮は'89年に発生しており、二枚貝類の大量へい死を引き起こしたがその後の10年間は発生はなかった。しかしながら、'00年、'02年及び'04年と立て続けに *H. circularisquama* による赤潮が発生し、そのうち'04年には大きな漁業被害が生じている。最近になって *H. circularisquama* による赤潮が多発する中、今後の漁業被害の発生が懸念されている。今回'82~'04年まで23年間の赤潮調査で得た資料をもとに福岡湾における *H. circularisquama* 赤潮の発生年、非発生年の海域環境を明らかにし予察技術の検討を行った。

#### 方 法

##### 1 水温、塩分、栄養塩類

解析には、'82~'04年までの7、8月期の資料を用いた。調査は毎月1回6点(図1)で行い0m、5m、海底直上1m(以後B-1m)の水温、塩分、栄養塩類及びプランクトンの細胞密度を測定した。水温、塩分はアレック電子社製 ACL208PDK を用いて観測し、栄養塩類(NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P)の測定は、ブランルーベ社製オートアナライザー TRAACS800で分析を行った。

なお、解析には調査点のうち河川の影響を直接受けにくい福岡湾湾央部にある Stn. 9を代表点として用いた。

##### 2 *H. circularisquama* 細胞数

採水は、北原式採水器を用いて0m、5m、B-1mを層別に採水し、500mlの容器に入れて持ち帰り、1mlづつ原則として3回頭顕微鏡下で計数を行った。なお、こ

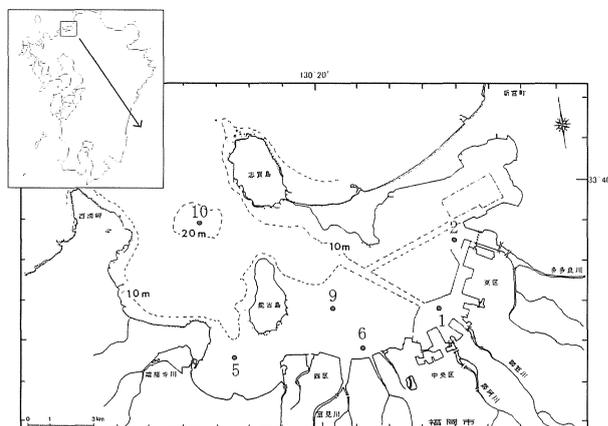


図1 調査点

こで赤潮として取り扱う細胞密度には、松山<sup>1)</sup>の定義に従い、基本的に細胞密度が100cells/mlを越えたものとした。

##### 3 福岡湾沿岸の下水処理場における処理量及び水質

解析には福岡市下水道局がホームページ上で公開している'93~'02年の下水処理量と処理水中のTN及びTP濃度の資料を用いた。

##### 4 福岡地区の降水量と福岡湾に流入する河川流量

福岡地区の降水量は福岡管区気象台の'89~'04の資料、河川流量は篠原<sup>2)</sup>が求めたデータを解析に用いた。

#### 結 果

##### 1 福岡湾7、8月期の水温、塩分、栄養塩濃度

'82~'04年の7、8月の水温と塩分の関係について図2に、DINとDIPの関係について図3に示す。なお、データはすべて0mとB-1mの平均値を用いた。

発生年月の塩分は32.53~33.60、水温は23.6~27.7°C

の範囲であった。

*H. circularisquama* による赤潮が発生した年月の塩分は32.53以上で、高塩分の環境で増殖する傾向があった。

発生年月の水温は、塩分に比べて広い範囲を示し、例年夏季に観測される水温であった。

発生年月の DIN は、1.08~3.21  $\mu$  M の範囲にあり、DIP は、0.04~0.19  $\mu$  M の範囲にあった。

DIP は、'00年8月を除くと、0.10  $\mu$  M 以下と低めであった。

DIN は、低め傾向ではあるが、DIP と比較すると広範囲の濃度で赤潮が発生している。

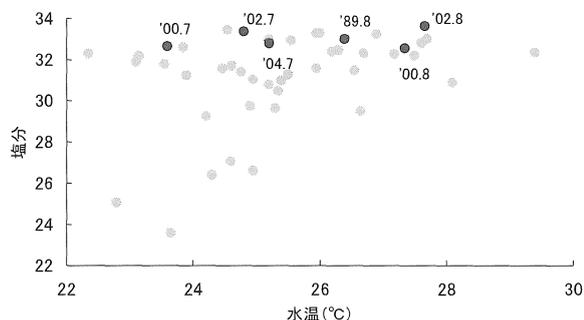


図2 '82~'04年の7、8月の水温と塩分の関係 (図中数字は発生年月を示す)

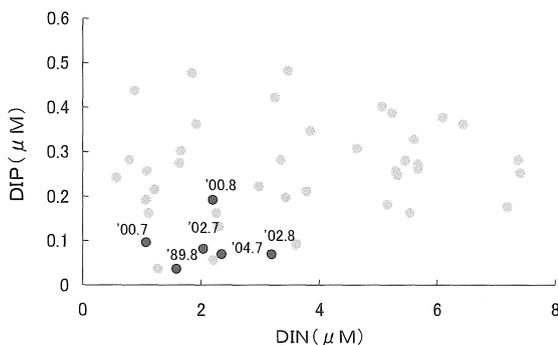


図3 '82~'04年の7、8月のDINとDIPの関係 (図中数字は発生年月を示す)

## 2 *H. circularisquama* の赤潮発生状況と細胞数

'82~'04年に *H. circularisquama* の赤潮が発生した期間と最高細胞密度は表1のとおりである。

'89年は、8月に15日間発生し、最高細胞密度は26,000 cells/ml と最も密度が高かった。8月27日台風17号接近に伴い風波が強まったので赤潮が逸散し8月29日に消滅したものと考えられた。

'00年は小規模な増殖が7月と8月にあった。7月は11日間発生したが、最高細胞密度は96cells/ml と低かった。8月も10日間発生したが、最高細胞密度は230cells/ml に止まった。7月の発生時には *Prorocentrum dentatum* を主体とした赤潮が、8月には *Thalassiosira sp.* を主体とした赤潮が発生していたため、*H. circularisquama* 増殖が抑制されたものと考えられた。

'02年は、7、8月に赤潮の発生があった。7月は8日間発生し、最高細胞密度は135cells/ml であった。*H. circularisquama* は135cells/ml まで増殖したが、1週間後の調査では、*Prorocentrum dentatum* が優占種となっており、*H. circularisquama* 赤潮は消滅している。8月も10日間発生し、最高細胞密度は770cells/ml まで増殖したが、赤潮発生後の8月16~21日にかけて最大風速7 m/s 以上の北風が8日間連続で観測されており、この風に伴うシケにより、*H. circularisquama* は逸散し増殖できなかったものと考えられる。

表に示した以外の期間に採水法による検鏡結果において *H. circularisquama* の細胞が認められたのは、'99年8月に Stn. 1 で3 cells/ml と9月に Stn. 6 で16 cells/ml であった。

表1 *H. circularisquama* 赤潮の発生状況

発生年	期間	最高細胞密度 (cells/ml)
1989	8月15~29日	26,000
2000	7月21~31日	96
	8月15~24日	230
2002	7月4~11日	135
	8月12~21日	770
2004	7月21~31日	4,500

## 3 福岡湾沿岸の水処理センターにおける排水の水質

福岡市では、下水処理を市内5ヶ所にある水処理センター(中部、東部、西部、和白及び西戸崎)で行っている(図4)。

各水処理センターの排水中の平均TN濃度とTP濃度の経年変化を図5に、TN:TP比の経年変化を図6に示す。

各水処理センターでは、'93年から'99年にかけて脱リンを目的とした嫌気好気法を整備している。その結果、排水中のTN濃度に大きな変化は認められないが、TP濃度は'93年が0.86mg/l であるのに対し、'02年が0.3mg/l と大幅に減少している。TP濃度を'93年と'02年を比較すると約1/3に減少しており、TN:TP比も'93と'02年を比較すると約4倍に上昇している。

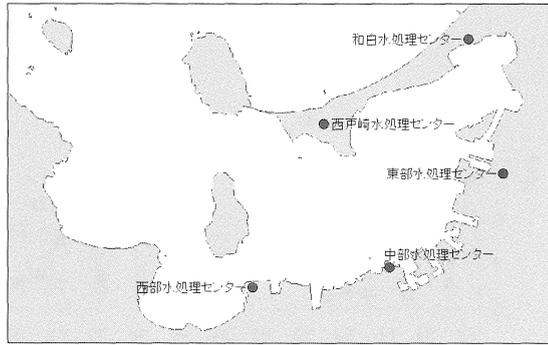


図4 福岡市水処理センター位置図

各水処理センターの一日あたりの処理量と福岡湾に流入する主な河川の平水流量を図7に示す。

水処理センターにおける一日あたりの処理量は、最も処理能力が大きい中部水処理センターで300,000m<sup>3</sup>/日であり、これは多々良川の平水流量（305,000m<sup>3</sup>/日）に匹敵する。

総処理量と主な河川の総流量を単純に比較すると、処理量は河川の約6割に達している。

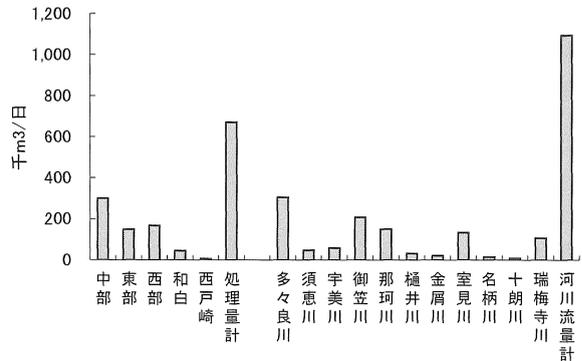


図7 水処理センターの処理量と主な河川の平水流量

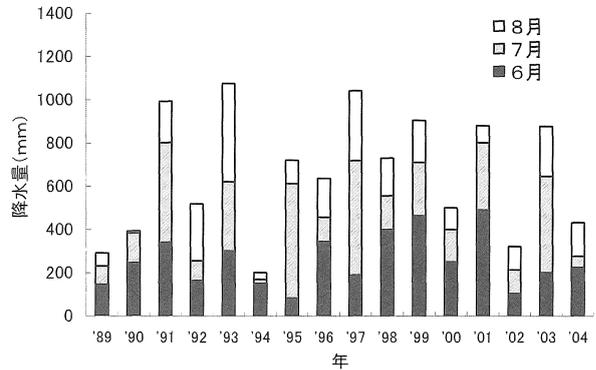


図8 福岡地区における6～8月の降水量の経年変化

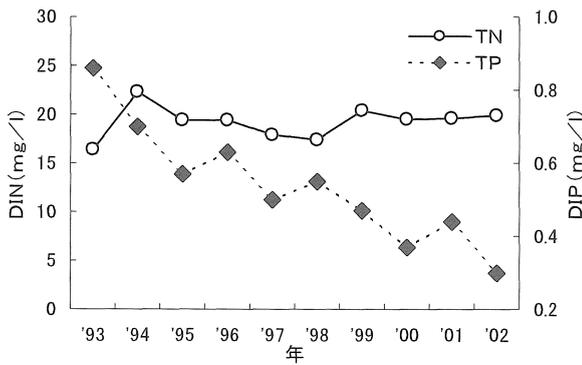


図5 処理排出水中のTN, TPの経年変化

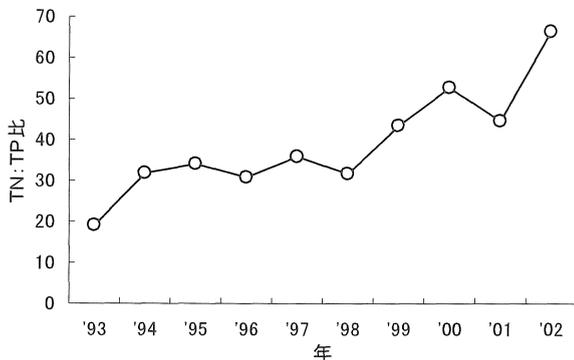


図6 処理排出水中のTN:TP比の経年変化

#### 4 福岡地区の降水量

福岡地区における6月～8月の降水量について、図8に示した。

*H. circularisquama* 赤潮の発生年 ('89, '00, '02, '04年)では、6～7月の積算降水量が213～400mmの範囲であり、8月まで含めると290～500mmの範囲であった。

非発生年では、'95年以降6～7月の積算降水量が457mm以上、8月まで含めると636mm以上と発生年に比べて降水量が多かった。

#### 考 察

##### 1 *H. circularisquama* 赤潮の発生環境

*H. circularisquama* 赤潮が発生した年月の水温は夏季であれば通常観測される範囲のものであり、水温からみると7、8月期は赤潮発生に適した環境にあるといえる。

塩分は、非発生年月に比べ高い値が観測されている。いずれの発生年も梅雨時期に降水量が少なく、河川水の流入が少ないため、高塩分になったと考えられる。

*H. circularisquama* は高水温、高塩分の環境下で活

発に増殖することは明らかにされており、<sup>3)</sup> 福岡湾における *H. circularisquama* 赤潮発生時の水温、塩分環境はこれと一致する。

発生年月の DIN は、例年に比較して低めの傾向がみられるが、明確な差はなかった。

一方、発生年月の DIP は、非発生年月と比較してかなり低めであった。

*H. circularisquama* による赤潮発生時に、DIN 濃度に比較して、DIP 濃度が極端に低い環境は、英虞湾や広島湾でも観測されている。<sup>1)</sup> 内田ら<sup>3)</sup> は、*H. circularisquama* が、赤潮生物の中で、最小細胞内窒素・リン含有量が比較的小さく、他の赤潮生物と比較して、低リン環境において高密度に増殖することができ、さらに、DIP のみならず DOP をも栄養源として利用できることと報告している。加えて、*H. circularisquama* と競合関係にある珪藻類は、栄養源として DOP の利用能が低いため、低 DIP の環境下では増殖が抑制される。<sup>1)</sup>

発生年に福岡湾で観測された夏季の低 DIP 環境は、*H. circularisquama* の増殖に有利に働くことになり、これらの報告と一致する。

本種による赤潮の発生年月の環境条件をまとめると、①6～7月の降水量が400mm 以下、②福岡湾内の塩分が32.53以上、③DIP 濃度が $0.10 \mu M$  以下であることが明らかとなった。今後、これらの環境条件を監視していくことで本種による赤潮発生を予察することが可能と考えられた。

## 2 福岡湾における栄養塩環境の推移

福岡湾における低栄養塩環境は、梅雨時期にまとまった雨がなく河川からの栄養塩の供給が乏しいこと、その後、太平洋高気圧の勢力が強まり、天候が安定することで海域では成層が発達し、底層からの栄養塩供給がなされにくいことが重なり形成される。とくに、表・中層では、極端な低 DIP 環境となる傾向がある。

しかしながら、最近の *H. circularisquama* 赤潮の発生時にみられるように、降水量が少ないと、底層まで DIP 濃度が著しく減少する傾向が頻繁に起きている。

これは、海域における DIP 濃度の減少が最近になって顕著になってきた可能性が考えられる。

そこで、Stn. 9 における'82～'04年の7月0m、B-1mのDINの経年変化を図9に、DIPの経年変化を図10に、DIN:DIP比の経年変化を図11に示す。

DIN は年による変動は大きいものの長期的には明確な変化はなく、横ばいで推移している。

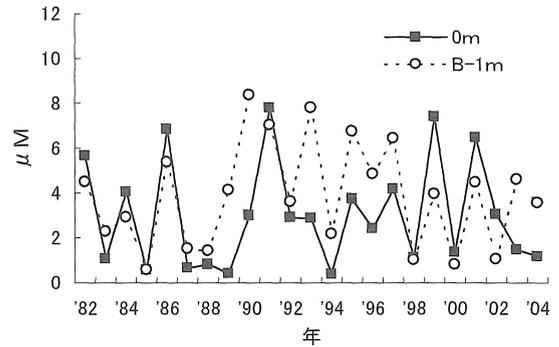


図9 7月0, B-1mのDINの経年変化

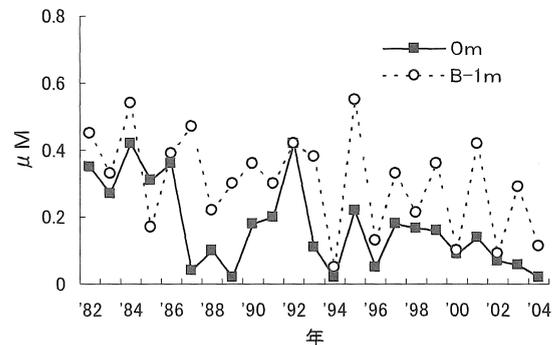


図10 7月0, B-1mのDIPの経年変化

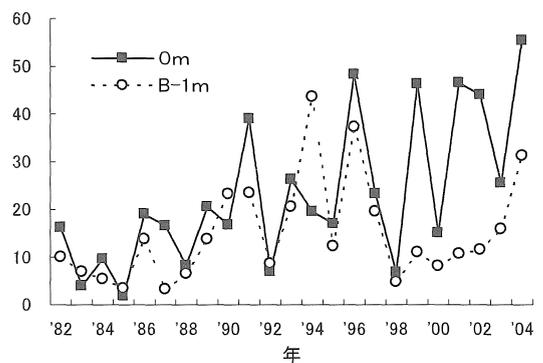


図11 DIN:DIP比の経年変化

一方、DIP は、DIN 同様に年による変動はあるものの長期的にみると表・底層とも減少傾向にある。

その結果、DIN:DIP 比は増加傾向にあり、'80年代と'00年代を比較すると約4倍の差がついていた。

DIN:DIP 比が高い状態が継続的に続くと、植物プランクトン相が *H. circularisquama* などリン制限環境に適した種に占められてくるのが近年指摘されている。<sup>1)</sup>

福岡湾においても大規模な赤潮となった'89, '04年の DIN:DIP 比は、それぞれ0 mで154, 55とかなり高く、小規模な発生となった'00, '02年では13~44の範囲にあり、赤潮の規模が大きいほど DIN:DIP 比が高い傾向がみられた。

'93年以降、福岡湾に供給されるリン量は、各水処理センターの脱リン処理によって制限され、その処理排水量は河川流量と比較すると6割に達している。仮に河川水によって供給されるリン量が流入量と比例しているとすれば降水量が少なくなると水処理センターの脱リン処理の効果でリン供給量は極度に低くなり、反対に降水量が多くなれば河川水に含まれるリンが多量に供給されることになる。このため、少雨によって低リン環境が引き起こされており、大河川の流入がない福岡湾ではリン環境に高度下水処理が及ぼす影響は小さくないと考えられる。さらに、上野ら<sup>4)</sup>は、福岡湾東部海域において下水道の高度処理の導入により、全リン濃度及びクロロフィル a 濃度が減少傾向にあることを報告している。

福岡湾において今後さらにリン供給が減少し DIN:DIP 比が高い環境傾向が進むと、*H. circularisquama* のような低栄養塩環境に適した種の赤潮が発生しやすい環境に変化していくものと考えられる。さらに、赤潮生物の増殖に影響を及ぼすだけでなく、福岡湾の基礎生産力が変化する可能性もあり、漁業生産への影響など様々な角度から適正な栄養塩環境のバランスを検討することが必要であろう。

## 要 約

- 1) 福岡湾における *H. circularisquama* 赤潮の発生年、非発生年の海域環境について解析を行った。
- 2) *H. circularisquama* 赤潮の発生年の特徴として、6~7月の降水量が400mm以下、7月の塩分が32.53以上、DIP濃度が0.10 μ M以下という傾向が明らかとなった。
- 3) 大河川の流入がない福岡湾では、下水高度処理がリン環境に大きな影響を与えている可能性が示唆された。
- 4) 福岡湾の DIN:DIP 比が高い栄養塩環境が進展すると *H. circularisquama* のような低栄養塩環境に適した種の赤潮が発生しやすい環境に変化していくと考えられた。

## 文 献

- 1) 松山幸彦：有害渦鞭毛藻 *H. circularisquama* に関する生理生態学的研究-I *H. circularisquama* 赤潮の発生および分布拡大機構に影響する環境要因等の解明. 水産総合研究センター研究報告第7号24-105
- 2) 篠原満寿美：福岡湾における夏季貧酸素水塊の発生状況. 福岡県水技研究報告第12号81-87
- 3) 内田卓志・松山幸彦・山口峰生：有害渦鞭毛藻 *Heterocapsa circularisquama* の赤潮発生機構、有害・有毒赤潮の発生と予知・防除, 水産研究 書48, 社団法人日本水産資源保護協会, pp.137-149
- 4) 上野祐子・宮原正太郎：博多湾東部海域における栄養塩及びクロロフィル a の経年変化. 福岡市保健環境研究所報第28号106-109