

1997年秋季に豊前海で発生した*Heterocapsa circularisquama* 赤潮の発生状況と漁業被害の概要

江藤 拓也・桑村 勝士・佐藤 博之
(豊前海研究所)

The Occurrence of a *Heterocapsa circularisquama* Red Tide and Subsequent Damages to Shellfish in the Buzen Sea in Autumn 1997

Takuya ETOU, Katushi KUWAMURA and Hiroyuki SATOU
(Buzenkai Laboratory)

我が国では、1988年に高知県浦ノ内湾で新種の渦鞭毛藻*Heterocapsa circularisquama*の赤潮が発生した¹⁾。本種は二枚貝のみを斃死させる点で極めて特異な種である。その後、本種は急速に分布域を拡大し、西日本の各地で赤潮を頻発させ多大な漁業被害を生じさせている¹⁾²⁾³⁾。

豊前海でも、'97年秋季に初めて*H. circularisquama*赤潮が発生し、アサリが斃死する漁業被害を生じた。

本報告では、今回発生した*H. circularisquama*赤潮の発生状況と発生時の海況および漁業被害について報告する。

方 法

1. 赤潮海水の採水および海況

調査は'97年9月下旬から10月中旬にかけて毎週1回、図1に示した11定点において行った。各定点において満潮時に表層(0.5m)、2m層、5m層、底層(底上1m)からバンドーン採水器を用いて採水した。得られた試水は500mlポリビンに入れ、実験室に持ち帰り、その1mlを分取し、*H. circularisquama*の細胞を同定・計数した。また、STD(アレック電子AST1000M)を用いて、表層から底層まで0.5m深毎に水温と塩分を測定した。

赤潮の発生がみられたアサリ漁場(Stn. 1, 2)およびカキ漁場(Stn. 3)では2~3日おきにSTD観測を行うとともに表層水を採取し、*H. circularisquama*の計数と栄養塩類の分析を行った。さらに、9月29~30日にカキ漁場で、本種の昼夜の鉛直移動をみるため、4時間おき

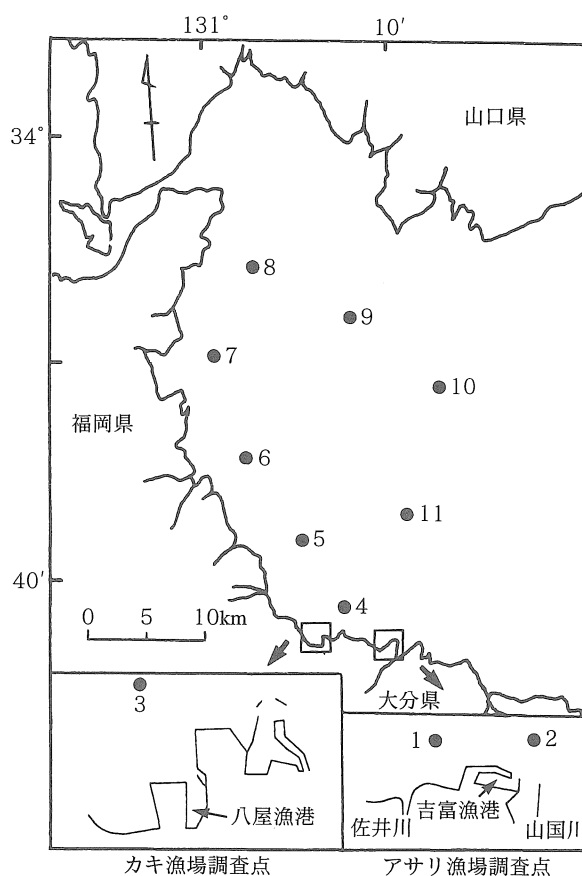


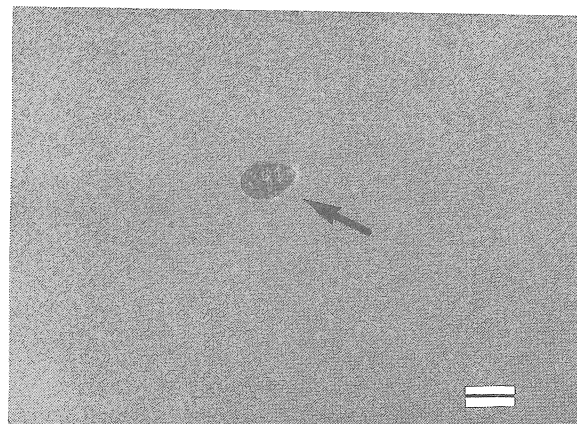
図1 調査定点

に20時間の調査を行い、0, 2, 5, 底上1mから採水し、*H. circularisquama*細胞を計数すると同時に光量子量(Biospher社QSR-250型)を測定した。

2. 赤潮現場における二枚貝の斃死状況

アサリの主漁場である佐井川河口域 (Stn. 1) と山国川河口域 (Stn. 2) で、赤潮発生前 (9月17日) と発生中 (27日) および発生後 (10月2日) にアサリの斃死状況の調査を行った。調査は干潮時に坪刈り (縦40×横30×深さ10cm) によりアサリを採取し、それぞれの生残率 (生貝/全ての貝×100) を求め、赤潮発生前と発生直後の生残率から斃死率を推定した。さらに、サイズ別に斃死率のちがいをみるため、20mm以上のアサリを成貝、20mm未満を稚貝としてそれぞれ計数した。

あわせて、カキへの影響をみるため、豊前市八屋のカキ漁場 (Stn. 3) で、赤潮発生前 (9月10日) と発生後 (10月2日) のカキの生残率も調べた。



スケールバー : 20 μm

写真1 *H. circularisquama*

3. 赤潮海水がアサリ、カキの生残に及ぼす影響

現場の赤潮海水がアサリ、カキに及ぼす影響を明らかにしようと試みた。試験に用いた海水は9月29日にStn. 1付近で採取した海水 (*H. circularisquama*細胞を10, 500cells/ml含む) を100 μmのネットでろ過した後、一晚23℃の恒温装置内に静置して用いた。実験には20l水槽に試験海水5lを入れ、一つには殻高3.5±0.2mmのアサリ5個体 (赤潮発生前にStn. 6付近で採取し、ろ過海水中で約2週間飼育していたもの) を入れた。他には殻高12.8mmと11.0mmのマガキ2個体 (赤潮発生前にStn. 7付近で採取し、約2週間ろ過海水中で飼育したもの) を入れ、飼育試験を行った。これらとは別に飼育水にろ過海水を用いた対照区を設けた。各試験区とも弱く通気を行った。

結 果

1. *H. circularisquama*細胞の出現状況および海況

今回観察された*H. circularisquama*細胞は大きさが約20 μmで、活発に遊泳していた。(写真1)。

1) 豊前海全域調査

表層の*H. circularisquama*細胞の水平分布を図2に示した。

*H. circularisquama*細胞は、9月24日に豊前市沿岸域で10³cells/ml以上の高密度の赤潮 (着色した状態を赤潮とする) がみられた。その時、北九州市恒見から行橋市の沿岸域でも低密度ながら*H. circularisquama*細胞が確認された。9月29日には、着色海域が築上郡吉富町沿岸域へと広がっており、北部でも局所的に*H. circularisquama*細胞が存在していた。その後、10月6日には、

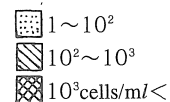
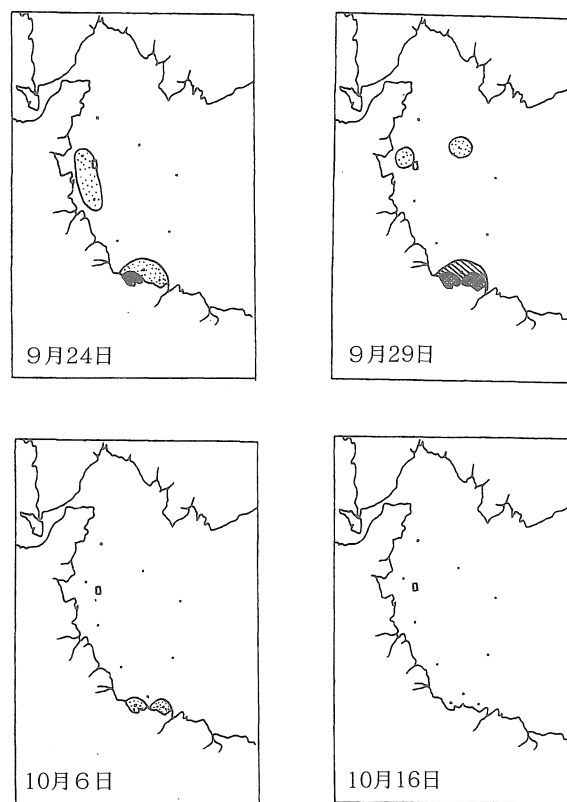


図2 豊前海全域調査

(表層の*H. circularisquama*細胞密度を示す)

着色域はなくなり、南部沿岸域でわずかにみられる程度であった。10月16日には、全点ともに*H. circularisquama*細胞は確認されなかった。

2) アサリ漁場 (Stn. 1, 2)

アサリ漁場における2定点の表層の*H. circularisquama*細胞および環境要因を表1に示す。

表1 アサリ漁場 (Stn. 1, 2) における*H. circularisquama*の出現状況と水質環境

観測日	調査点	栄養細胞密度 (cells/ml)	水温 (°C)	塩分	DIN ($\mu\text{g-at/l}$)	DIP ($\mu\text{g-at/l}$)
9月24日	Stn.1	230	22.7	24.8	—	—
	Stn.2	80	22.5	24.2	—	—
26日	Stn.1	3000	22.3	24.3	3.3	0.10
	Stn.2	200	22.2	27.3	110.2	0.76
29日	Stn.1	10500	22.1	25.8	—	—
	Stn.2	3500	21.8	27.0	—	—
10月2日	Stn.1	20	21.3	30.8	3.8	0.13
	Stn.2	200	21.0	26.0	230.2	1.68
6日	Stn.1	8	20.9	31.1	—	—
	Stn.2	50	20.7	26.9	—	—
9日	Stn.1	0	20.5	31.2	—	—
	Stn.2	0	20.2	28.0	—	—

— : は欠測

*H. circularisquama*細胞は、9月26日にStn. 1 (佐井川河口域) に高密度で出現しており、最高で 3×10^3 cells/mlを記録し、赤潮状態となっていた。Stn. 2 (山国川河口域) では 10^2 cells/mlの細胞密度であった。その後29日の観測では、両調査点とも細胞数は増加し、Stn. 1で、約 1×10^4 cells/mlの密度であった。10月に入ると*H. circularisquama*細胞数は減少し始め、10月9日にはみられなくなった。

*H. circularisquama*細胞数が 10^3 cells/ml以上を記録した時の水温は21.8~22.3°Cの範囲で、塩分は24.3~27.0の範囲であった。

栄養塩濃度は、DINで3.3~110.2 $\mu\text{g-at/l}$ 、DIPで0.10~0.76 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲であった。

3) カキ漁場 (Stn. 3)

(1) カキ漁場 (水深8 m) における*H. circularisquama*細胞数と環境要因の鉛直分布を図3に示す。

*H. circularisquama*細胞数は、9月24日に表層で 3×10^3 cells/mlを記録し、赤潮状態であった。その後、29日まで、ほぼこの密度で推移した。10月2日には $10^2 \sim 10^3$ cells/mlの密度に減少し、10月9日には全層で*H. circularisquama*細胞は確認されなくなった。赤潮状態時の*H. circularisquama*細胞は上層で高密度に分布していた。

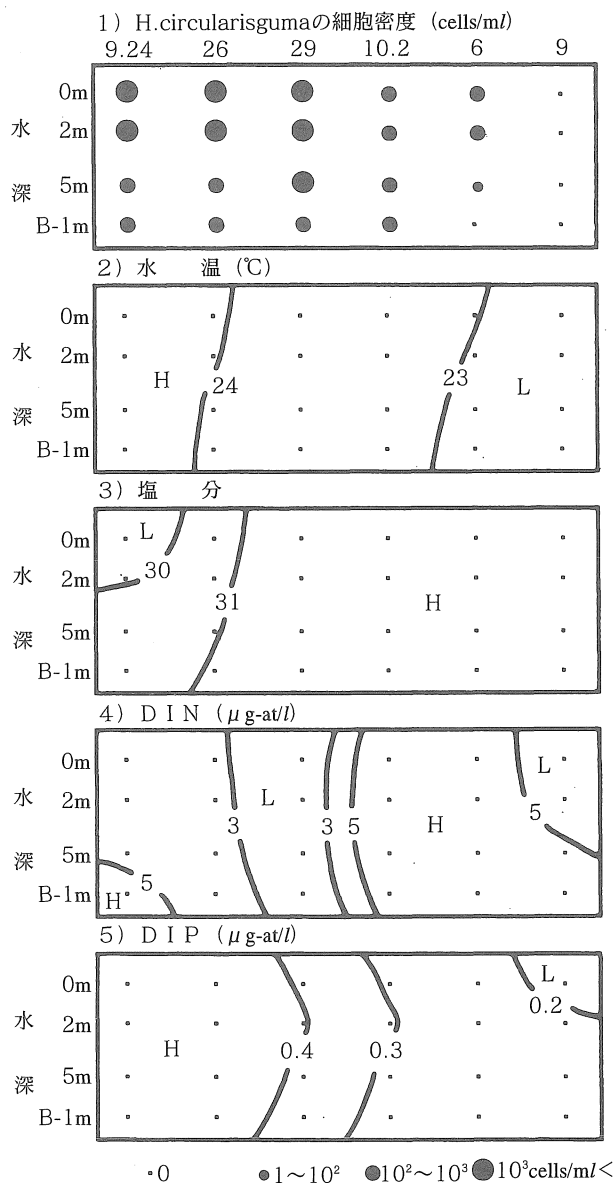


図3 カキ漁場 (Stn. 3) における*H. circularisquama*細胞の出現状況と水質環境

9月24日の表層水温は24.8°Cであり、その後水温は徐々に低下し、 10^3 cells/ml以下になった10月2日には23.1°Cを示した。*H. circularisquama*細胞がみられなくなった10月9日の水温は22.8°Cであった。*H. circularisquama*細胞出現時の底層水温は22.9~24.2°Cの範囲であった。なお、観測期間中、明瞭な水温躍層はみられなかった。

赤潮形成時の表層の塩分は29.9~31.1、底層の塩分は30.3~31.3の範囲であり、*H. circularisquama*細胞がみられなくなった10月9日には表、底層ともに31.7を示した。

*H. circularisquama*細胞が出現していた期間のDIN濃度は、表層で2.6~5.4 $\mu\text{g-at}/\text{l}$ 、底層で2.3~6.6 $\mu\text{g-at}/\text{l}$ の範囲であった。DIPは表層で0.18~0.44 $\mu\text{g-at}/\text{l}$ 、底層で0.20~0.40 $\mu\text{g-at}/\text{l}$ の範囲であった。

(2) カキ漁場の昼夜連続観測を行った結果を図4に示す。

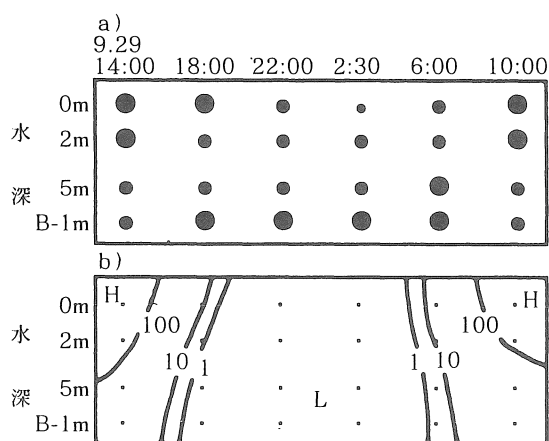


図4 夜間における *H. circularisquama* の細胞密度 (cells/ml) の変化と光量子量 ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{S}$)
 a) 細胞密度 ●0 ●1~10² ●10²~10³ ●10³cells/ml<
 b) 光量子量

細胞密度の変化をみると、昼間は上層に、夜間は下層に高密度に分布しており、本種が日周鉛直移動することがわかった。

*H. circularisquama*細胞が上層に高密度で分布している時の表層の光量子量は9月29日18時の表層を除くといずれも110~135 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{S}$ であった。

2. 赤潮現場における二枚貝の斃死状況

アサリの生残率を表2に示した。最初、*H. circularisquama*細胞はStn. 1付近に高密度で分布しており、2日後にStn. 2へ広がった。赤潮の発生が早かったStn. 1において、9月27日の成貝の生残率がStn. 2のそれに比

表2 アサリの生残率

	Stn.1			Stn.2		
	全貝	(稚貝)	(成貝)	全貝	(稚貝)	(成貝)
9月17日	95%	(95%)	(96%)	97%	(97%)	96%
27日	95%	(96%)	(86%)	97%	(97%)	96%
10月2日	65%	(78%)	(36%)	79%	(87%)	60%
	稚貝 (20mm以下)			成貝 (20mm以上)		

べてやや低かった。10月2日の調査時の生残率は、両点ともに低く、特にStn. 1の成貝の生残率は36%と著しく低かった。

赤潮発生後の生残率と発生前の生残率の差を赤潮発生期間中のアサリの斃死率として、表3に示した。

表3 アサリの斃死率と赤潮発生期間

調査点	アサリの斃死率			赤潮発生期間
	全貝	(稚貝)	(成貝)	
Stn.1	31%	(18%)	(60%)	5日間
Stn.2	18%	(10%)	(36%)	3日間

赤潮状態が5日間続いたStn. 1ではアサリの斃死率は31% (成貝: 60%, 稚貝: 18%)であり、3日間続いたStn. 2の斃死率は18% (成貝: 36%, 稚貝: 10%)であった。赤潮発生前(9月17日)の両点の生残率がほぼ同様であったことを考えると、今回のアサリの斃死率は赤潮の発生期間とよく対応していた。また、斃死率は両調査点とも成貝が稚貝より高かった。さらにこの干潟では、マテガイ、バカガイ、シオフキ等他の二枚貝の斃死もみられた。また、漁業者からの聞き取りによると、豊前市八屋、松江、築上郡椎田町地先の干潟でも小規模であるがアサリをはじめとする貝類の斃死が報告された。

カキ漁場(水深8m)では7日間赤潮が継続したが、赤潮発生前、後でカキの生残率に変化はみられず、カキへの影響はなかったと思われる。

3. アサリ、マガキの斃死実験

吉富地先で採取した赤潮海水(細胞密度約 1×10^4 cells/ml)を用いてアサリ、マガキの斃死実験を行った結果を表4に示す。

アサリは、実験直後から殻を閉じていた。2日目には試験区のアサリにピンセットで刺激を与えるとゆっくり殻をとじ、その動作は対照区のアサリに比べると緩慢であった。3日目には1個体の斃死が確認され、5日目にはすべてのアサリは斃死した。

一方、マガキの場合、赤潮海水に収容して数分後、両個体とも開閉運動を開始した。開閉運動は約5回/分であり、徐々に回数は減少した。その後、3日目には両個体ともにその動作が緩慢になった(外套膜を刺激すると動く)。その状態が続いた後、8日目に両個体とも斃死した。実験期間中、飼育水中の*H. circularisquama*細胞

密度には大きな変化がなかった。また、対照区のアサリ、マガキは実験完了時まですべて生存していた。

表4 アサリとマガキの斃死実験

飼育日	アサリ		マガキ	
	ヘテロカブサ区	対照区	ヘテロカブサ区	対照区
0	—	—	数分後開閉運動	—
1	—	—	—	—
2	動作緩慢	—	—	—
3	1個斃死	—	動作緩慢	—
4	—	—	—	—
5	全て斃死	—	—	—
6	—	—	—	—
7	—	—	1個斃死	—
8	—	全て生存	全て斃死	全て生存

アサリ：5個体 マガキ：2個体 — は変化なし
9月30日15:00から実験を開始し、10月8日15:00に終了した。

考 察

1. 栄養細胞の出現と環境要因

水温について、今回の*H. circularisquama*赤潮と他海域の発生事例（表5）と比較すると、英虞湾の夏季発生水温と類似している。室内で本種の培養株を用いて、生態を調べた結果、最適水温は30℃であり、10℃ではほとんど増殖しないことが報告されている⁴⁾。赤潮が発生した他海域をみると、各海域ごとに増殖に適した水温があると推察される。今後は、当海域における増殖適正水温を明らかにすることで、*H. circularisquama*赤潮発生時期を予察する一つの手法に利用できるであろう。

塩分について、今回の発生と他海域の発生事例（表5）と比較すると、今回の赤潮発生時の塩分は最も低い。室内実験によると、本種の最適塩分は30以上であり、そ

表5 *H. circularisquama*赤潮発生時の水温および塩分

海 域	水温 (°C)	塩 分
福 岡 湾	27.7~28.0	32.6~32.8
英 虞 湾	23.8~26.9	30.5~34.1
	16.9~22.2	
広 島 湾	14.7~17.8	31.7~32.2
豊 前 海	21.8~24.8	24.3~31.2

英虞湾の発生水温は上段が夏季、下段が秋季を示す。

れより低いと悪くなることが報告されている⁴⁾。今回の発生から、当海域では本種は比較的低塩分下でも増殖し、赤潮を形成できると思われる。

栄養塩について、今回赤潮発生期間中のDIN、DIP濃度は、両者ともアサリ漁場で高かったものの、カキ漁場では低く推移していた。このことから*H. circularisquama*にとって栄養塩が増殖因子ではないと推定される。

*H. circularisquama*の水平分布をみると、沿岸域特に河口域付近で赤潮の形成が認められた。鉛直的にみると、日中は表層から2m層に高密度で分布していた。このことは、豊前海のカキ垂下水深と同じであり、さらに今回の室内実験で赤潮海水にカキを入れると約1週間で斃死したことから考えるとカキへの被害について警戒が必要である。また、夜間には底層に移動する日周鉛直移動が今回確認された。従って、当海域で近年盛んに行われているアカガイ養殖も注意する必要がある。

2. *H. circularisquama*赤潮による貝類への影響

今回のアサリを使った斃死試験（細胞密度約 1×10^4 cells/ml）では、供試したアサリは3~5日間にすべて斃死した。赤潮の発生期間中は小潮時であり、干潟は冠水しており、そこに生息していたアサリは常に高密度（200~10,000 cells/ml）の赤潮海水に暴露されていたと考えられる。このことから干潟に生息していたアサリは*H. circularisquama*の影響を受け斃死したと推察される。

約1週間と赤潮の継続期間がアサリ漁場より長かったカキ漁場ではカキの斃死は確認されなかった。室内実験では、カキは実験開始後7~8日間ですべて斃死した。今回の一昼夜観測で本種は日周鉛直移動が確認され、昼間は上層に、夜間は下層に移動することがわかった。漁場内のカキは上層に垂下されており、昼間は高密度の*H. circularisquama*に暴露されるものの、夜間はその影響が小さかったと推察される。そのため、赤潮状態が7日間継続したカキ漁場内ではカキは斃死をまぬがれたものと考えられる。

3. 本種赤潮の発生傾向と今後の対策

過去における*H. circularisquama*赤潮の事例は、夏から秋季の高水温期にかけて発生することが多い¹⁾。さらに室内実験でも高水温・高塩分がよく増殖することが報告されている⁴⁾。今回は、高水温期の9月に発生してお

り、夏から秋季を重点に*H. circularisquama*赤潮調査をする必要がある。

さらに二枚貝に対して影響が強いことから、*H. circularisquama*の増殖を初期の段階から把握し、避難等の対策ができるようなモニタリング体制を強化する必要がある。

要 約

- 1) 1997年9月下旬に、豊前海で初めて*H. circularisquama*赤潮が発生した。この赤潮で、アサリに漁業被害が生じた。カキ漁場でも赤潮の発生がみられたが、被害はなかった。
- 2) 本種栄養細胞は日中では主として表層から2 m層付近を中心に分布していた。昼夜間観測の結果、日周鉛直移動も観察された。
- 3) *H. circularisquama*赤潮の形成時の水温は21.8～24.8℃、出現時の水温は20.7～24.8℃を示した。出現時の塩分は24.3～31.2の範囲で推移していた。
- 4) 約 10^4 cells/mlの*H. circularisquama*の赤潮海水を

用いてアサリとマガキの斃死実験を行った結果、アサリは3～5日で、マガキは7～8日で斃死した。

文 献

- 1) 松山幸彦・永井清仁・水口忠久・藤原正嗣・石村美佐・山口峰生・内田卓志・本城凡夫：1992年英虞湾において発生した*Heterocapsa* sp. 赤潮発生期の環境特性とアコヤガイへい死の特徴について。日水誌, 61, 35-41 (1995).
- 2) 山本千裕・田中義興：福岡湾で発生した2種類の有害赤潮プランクトンについて。16, 43-44 (1990).
- 3) 松山幸彦・木村淳・藤井斉・高山晴義：1995年広島湾西部で発生した*Heterocapsa circularisquama*赤潮の発生状況と漁業被害の概要。南西水研研報, 30, 189-207 (1997).
- 4) 山口峰生：新型赤潮生物の増殖に及ぼす水温と塩分の影響。渦鞭毛藻・ラフィド藻等新型赤潮の発生機構と予察技術の開発に関する研究, 平成6年度研究報告書。7-12 (1995).