

## 8 赤潮の発生について

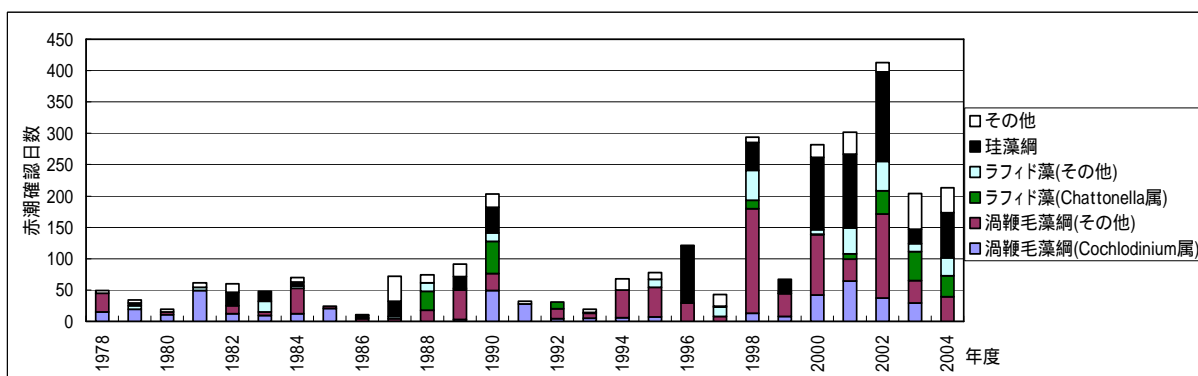
近年、八代海では有害赤潮が頻発し、平成12年夏季には約40億円に上る漁業被害が発生して大きな問題となった。八代海における赤潮発生状況、漁業被害の状況、主要な赤潮プランクトンのシスト分布、有害赤潮の発生機構等について概説する。

### 1. 近年の赤潮発生状況と漁業被害

(赤潮の発生)

- ・ 赤潮発生日数の推移をみると、近年増加傾向がみられる(図1.1)。
- ・ 赤潮発生時期については、近年、過去には発生が少なかった11月～2月の冬季の赤潮発生件数が増加。また、赤潮が多い夏季も発生件数が増加傾向(表1.1)。

図1.1 八代海で発生した赤潮確認日数の推移



注)複数のプランクトンが確認された場合、日数はダブルカウントして集計した。

表1.1 八代海における近年の月別赤潮発生件数

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	総件数
2004	1	0	0	1	3	2	1	1	1	0	2	2	14
2003	0	1	0	0	2	5	2	5	1	0	0	1	17
2002	0	1	0	1	2	0	6	3	1	0	0	1	15
2001	1	1	0	0	5	6	3	2	2	0	0	0	20
2000	2	0	0	0	1	2	2	2	1	1	1	7	19
1999	2	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	7
1998	1	1	0	0	0	7	2	2	1	1	0	1	16
1997	0	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	0	5
1996	0	0	0	0	2	3	0	3	0	1	0	1	10
1995	0	0	0	0	2	1	3	0	1	0	1	0	8
1994	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	0	5
1993	0	0	0	0	0	3	1	0	2	1	0	0	7
1992	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	4
1991	0	0	0	1	1	0	0	2	2	0	0	0	6
1990	0	0	0	0	3	2	2	2	0	0	0	0	9
1989	1	0	0	0	2	0	4	2	1	0	0	1	11

- ・ プランクトン別の発生件数(表 1.2)では、*Gymnodinium sanguineum*(=*Akashiwo sanguinea*)、*Cochlodinium polykrikoides*(+*Cochlodinium* '78 八代型)、*Heterosigma akashiwo* がほぼ毎年発生。続いて、*Skeletonema costatum*、*Chattonella antiqua*、*Mesodinium rubrum* 等の発生件数が多い。*G. catenatum* や *Alexandrium catenella* 等の貝毒原因種による赤潮も発生。

表 1. 2 原因プランクトン別の赤潮発生件数

原因種		2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	1989	
渦鞭毛藻類	1 <i>Prorocentrum triestinum</i>				1			1				1	3			1	2	
	2 <i>Prorocentrum dentatum</i>							1										
	3 <i>Prorocentrum</i> sp.							4										
	4 <i>Prorocentrum</i> spp.					1												
	5 <i>Gymnodinium mikimotoi</i>			1	1	3											4	
	6 <i>Gymnodinium sanguineum</i>	2	1	1	1	2	2			4	1	1		1				
	7 <i>Gymnodinium breve</i>						1		3					1				
	8 <i>Gymnodinium catenatum</i>					1		1										
	9 <i>Gymnodinium</i> sp.	1							1		2	1					2	
	10 <i>Gyrodinium</i> sp.										1	1						
	11 <i>Cochlodinium polykrikoides</i>		3	3	7	2												
	12 <i>Cochlodinium</i> '78八代型							1	1				1	1	1	4	2	1
	13 <i>Cochlodinium convolutum</i>					1				1								
	14 <i>Cochlodinium</i> sp.											1						1
	15 <i>Noctiluca scintillans</i>	2		1														
	16 <i>Ceratium furca</i>								1	1		1						
	17 <i>Ceratium</i> sp.								1									
	18 <i>Alexandrium catenella</i>							1										
	19 <i>Alexandrium affine</i>	1	1															
	20 <i>Alexandrium</i> sp.		1															
	21 <i>Alexandrium</i> spp.					1	1											
	22 <i>Gonyaulax</i> sp.					1												
	23 <i>Heterocapsa</i> sp.												1					
24 <i>Thalassiosira</i> sp.							1	1	1	1								
25 <i>Thalassiosira</i> spp.			1	1	1													
26 <i>Skeletonema costatum</i>	1	2	4	3	2	1			2								1	
27 <i>Skeletonema</i> sp.								2										
28 <i>Rhizosolenia</i> sp.						1				1								
29 <i>Cheateoceros</i> sp.								2		1							1	
30 <i>Cheateoceros</i> spp.	1	1	2	1	1												1	
31 <i>Biddulphia</i> sp.					1													
32 <i>Asterionella glacialis</i>	1														2			
33 <i>Nitzschia delicatissima</i>								1										
34 <i>Nitzschia</i> sp.								1										
35 <i>Nitzschia</i> spp.			2		2													
36 <i>Fibrocapsa japonica</i>								1										
37 <i>Chattonella antiqua</i>		3	2	1	1	1	1						1		2	1		
38 <i>Chattonella</i> spp.	2																	
39 <i>Heterosigma akashiwo</i>	2	3	2	4	1	1	3	2		2		1						
40 <i>Heterosigma</i> sp.																	1	
ラフイ ド藻類																		
ハプト 藻類 絨毛虫 類	41 <i>Chrysochromulina</i> spp.			1														
	42 <i>Mesodinium rubrum</i>	5	6		2	3		2	2	1	2					1	2	
43 不明種												1	1	2				
年計		18	21	20	25	23	10	24	6	17	10	5	7	4	6	10	13	

(赤潮による漁業被害)

- ・ 赤潮被害の年間発生件数の推移をみると、1988年に被害発生件数が高く、その後、減少傾向が見られたが、2000年に再び高い件数を示した。全体的には増加傾向にある(図 1.2)。

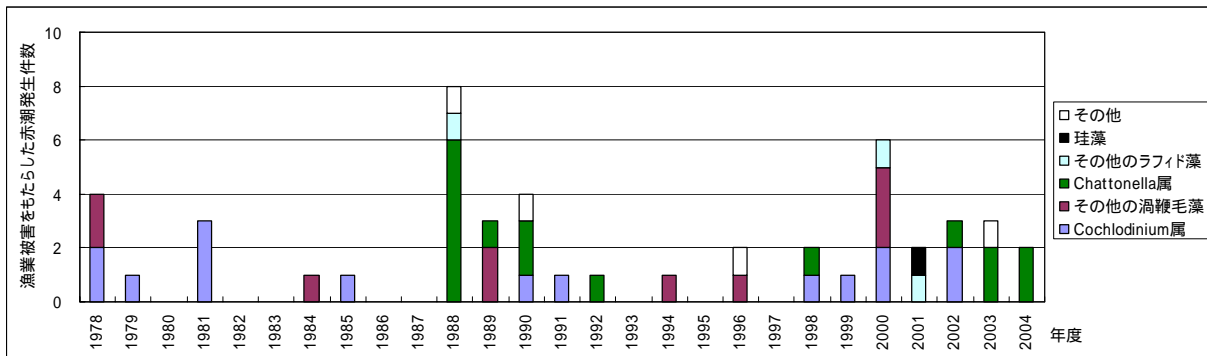


図 1.2 漁業被害をもたらした赤潮発生件数 (年間) の推移

- ・ 赤潮被害の発生時期については、2002年2月 (*Skeletonema costatum*、養殖ノリ色落ち) と1994年9~10月 (*Heterocapsa* sp.、貝類斃死)を除いて、被害の月別発生件数は7、8月に集中する傾向がある(表1.3)。
- ・ 原因プランクトン別の被害件数は、*Cochlodinium polykrikoides*(+*Cochlodinium* '78八代型) と *Chattonella antiqua* (+*Chattonella* spp.) の被害件数が多い。また、近年 *Heterocapsa* sp. による貝類の斃死と本種の出現の確認はない(表1.4)。
- ・ 赤潮の被害状況を見ると、*Chattonella antiqua* 又は *Cochlodinium polykrikoides* を原因種とした場合、養殖ブリやトラフグ等の斃死により特に大きな被害が発生(表1.5)。

表1.3 八代海における近年の赤潮による被害の月別発生件数

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	総件数
2004	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
2003	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3
2002	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	4
2001	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2000	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	6
1999	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1998	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1991	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1990	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	4
1989	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	3

表1.4 原因プランクトン別の漁業被害発生件数

		2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	1989
渦鞭毛藻類	5 <i>Gymnodinium mikimotoi</i>					3											2
	9 <i>Gymnodinium</i> sp.									2							
	11 <i>Cochlodinium polykrikoides</i>		1	2		2											
	12 <i>Cochlodinium</i> '78八代型						1	1							1	2	
23 <i>Heterocapsa</i> sp.												1					
珪藻類	26 <i>Skeletonema costatum</i>			1													
ラフィド藻類	37 <i>Chattonella antiqua</i>		3	1				1						1		2	1
	38 <i>Chattonella</i> spp.	2															
	39 <i>Heterosigma akashiwo</i>				1	1											
	年計	2	4	4	1	6	1	2	0	2	0	1	0	1	1	4	3

表1. 5 八代海における近年の赤潮による被害発生状況

番号	発生期間	海域	構成種	被害内容	被害状況	被害金額 (千円)	被害金額 順位
1	040806-040814	八代海南部長島町、東町	<i>Chattonella</i> spp.	養殖ブリ斃死	1,540尾	2,500	
2	040730-040823	八代海北部上天草市、河浦町	<i>Chattonella</i> spp.	養殖ブリ等の斃死	91,200kg	26,800	
3	030911-030919	八代海龍ヶ岳町～河浦町	<i>Chattonella antiqua</i> , <i>Cochlodinium polykrioides</i>	養殖ブリ等斃死	93640尾	287,382	5
4	030715-030718	八代海東町	<i>Chattonella antiqua</i>	養殖ブリ斃死	20,000尾	32,000	
5	030710-030722	八代海全域	<i>Chattonella antiqua</i>	養殖ブリ等、定置クロダイ斃死	318,092尾、 60尾	331,666、不明	4
6	020823	八代海東町	<i>Cochlodinium polykrioides</i>	養殖ブリ等斃死	650,000尾	587,808	3
7	020817-020827	八代海津奈木町～水俣市	<i>Cochlodinium polykrioides</i>	養殖ヒラメ斃死	不明	不明	
8	020724-020731	八代海御所浦町	<i>Chattonella antiqua</i>	養殖シマアジ斃死	370尾	698	
9	020214-020320	八代海鏡町～大矢野町	<i>Skeletonema costatum</i>	養殖ノリ色落ち	不明	不明	
10	010514	八代海三角町	<i>Heterosigma akashiwo</i>	ボラ等斃死	不明	300	
11	000826-000828	八代海東町、出水市	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	養殖ブリ等、蓄養クルマエビ等	675尾、不明	945、不明	
12	000821-000831	八代海水俣市、御所浦	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	養殖アワビ、トラフグ斃死	183,000個、 29,400尾	28,270	
13	000720	八代海東町	<i>Cochlodinium polykrioides</i>	養殖ブリ斃死	350尾	1,225	
14	000714-000731	八代海熊本県沿岸	<i>Cochlodinium polykrioides</i>	養殖トラフグ等斃死	2,901369尾	3,982,839	1
15	000624-000707	八代海楠瀬湾	<i>Chattonella antiqua</i>	養殖カンパチ斃死	30尾	162	
16	000518	八代海東町	<i>Heterosigma akashiwo</i>	養殖ブリ斃死	不明	不明	
17	990819-990826	八代海津奈木町	<i>Cochlodinium polykrioides</i>	養殖トラフグ斃死	28,700尾	57,907	
18	980817-980821	八代海津奈木町	<i>Cochlodinium</i> '78八代型	養殖ブリ斃死	30尾	57	
19	980729-980810	八代海大矢野島・維和島、 御所浦	<i>Chattonella antiqua</i>	養殖ブリ、ハマチ斃死	270尾	493	
20	960613	八代海東町	<i>Gymnodinium</i> sp.	養殖マダイ斃死	1.5kg	54	
21	960609	八代海御所浦、新和町、水俣市	<i>Gymnodinium</i> sp.	養殖トラフグ等斃死	35,000尾	不明	
22	940906-941012	八代海楠瀬湾～有明海	<i>Heterocapsa</i> sp.	アコヤガイ、アサリ斃死	679,000個	226,000	
23	920725-920803	八代海南部東町	<i>Chattonella antiqua</i>	養殖ハマチ斃死	3,710尾	9,482	
24	910805-910814	八代海田浦町、津奈木町	<i>Cochlodinium</i> '78八代型	養殖マダイ、トラフグ等斃死	31,600尾	13,090	
25	900902-900910	八代海水俣、芦北	<i>Cochlodinium</i> '78八代型	養殖トラフグ、チヌ等斃死	7,150尾	10,080	
26	900831-900902	八代海南部東町	<i>Cochlodinium</i> '78八代型	養殖ブリ斃死	4,064尾	30,300	
27	900718-900807	八代海熊本県沿岸	<i>Chattonella antiqua</i>	養殖ブリ、マダイ等斃死	842,389尾	992,673	2
28	900719-900727	八代海南部東町	<i>Chattonella antique</i>	養殖ブリ斃死	30,000尾	107,000	
29	890815-890819	八代海東町、宮ノ浦	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	養殖ブリ斃死	164,920尾	97,160	
30	890808-890821	八代海中部全域	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>	養殖マダイ等斃死	489,770尾	158,594	
31	890731-890801	八代海東町	<i>Chattonella antique</i>	養殖ブリ斃死	35,060尾	62,560	

## 2 赤潮原因種のシスト調査

### (1) 目的と方法

瀬戸内海区水産研究所は、有害ラフィド藻 *Chattonella antiqua*, *C. marina* 及び *Heterosigma akashiwo* とそれらの競合生物である珪藻類の代表的な3群 (*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* spp.) のシスト及び休眠期細胞の分布状況について、2005年6月上旬に八代海20定点で採泥調査を実施(図2.1)。試料については、珪藻類と *H. akashiwo* は終点希釈法(0~1cm層)により、*Chattonella antiqua*, *C. marina* 及び *Alexandrium tamarense*, *A. catenella* は直接計数法(0~3cm層)により、シストの存在密度を測定し、合わせて泥分率と泥比重を測定(0~3cm層)。

### (2) 結果及び考察

八代海における主要な珪藻類休眠期細胞 (*Skeletonema costatum*, *Chaetoceros* spp., *Thalassiosira* spp. 3群の合計) の水平分布を図2.2、鞭毛藻類シストの水平分布を図2.4~2.6、泥分率の水平分布を図2.7に示した。

珪藻類休眠期細胞は、八代海北部、中央部(御所浦島東部)で  $10^5$  MPN/cm<sup>3</sup> を越える高密度で分布。全域での存在密度(平均±SD)は  $4.5 \times 10^5$  MPN/cm<sup>3</sup> であり、前年度より約10%増加。

3群の珪藻類休眠期細胞の存在密度から各定点における各群の存在割合を求めた結果、北部~中央部は *Chaetoceros* spp. が、中央部及び南部の沿岸域では *S. costatum* が優占(図2.3)。2005年は前年調査に比べて *Chaetoceros* spp. の増加が顕著。

*H. akashiwo* のシストは南部の数定点を除く全定点でみられた(図2.4)。全域での存在密度(平均±SD)は  $442 \pm 660$  MPN/cm<sup>3</sup> であり、前年度の約4倍に増加。

*C. antique* + *C. marina* シストはほぼ全定点でみられ、とりわけ北部海域で  $100$  cysts/cm<sup>3</sup> を越える高い密度で分布(図2.6)。全域での存在密度(平均±SD)は  $61 \pm 86$  cysts/cm<sup>3</sup> であり、前年度の約半分に減少。

有毒プランクトン *A. tamarense* + *A. catenella* のシストは北部、中部及び南部の5定点及び宮野河内湾のみで検出。最大値は北部(St.1)の  $16$  cysts/cm<sup>3</sup>。宮野河内湾での分布密度は  $9$  cysts/cm<sup>3</sup> と前年の約1/5に減少(図2.6)。

泥分率は中央部(御所浦島東部、水俣沖)と宮野河内湾で高い傾向を示した(図2.7)。泥性状と休眠期細胞密度との関係を解析した結果、泥分率と *H. akashiwo* シストとの間に統計的に有意な相関がみられた ( $r=0.45$ ,  $p<0.05$ )。

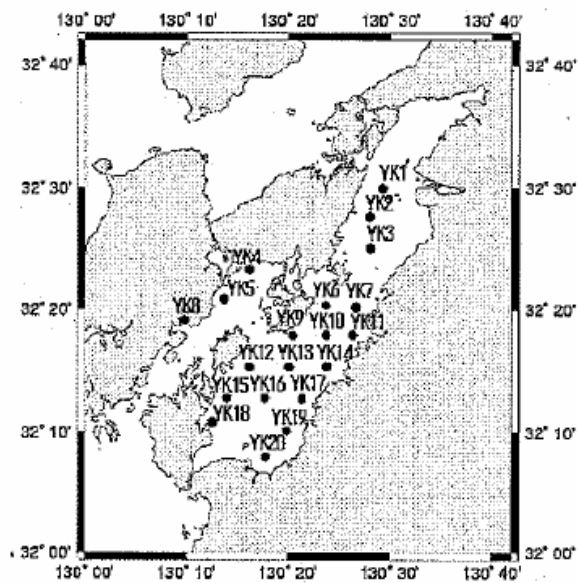


図 2.1. 調査定点

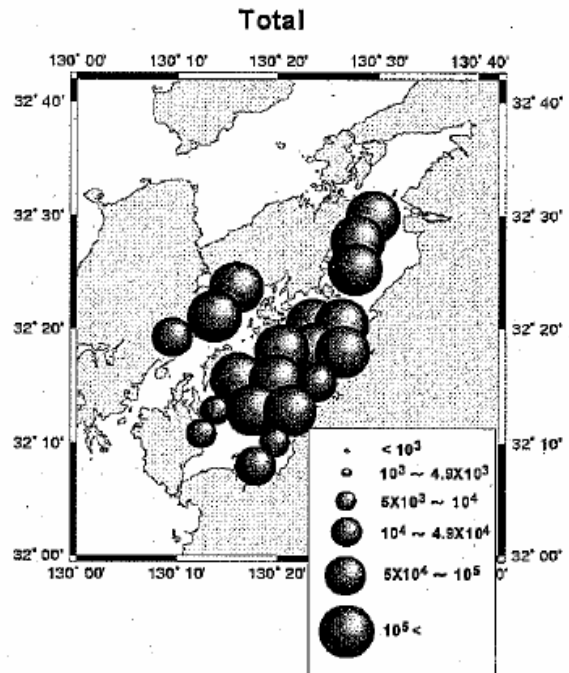


図 2.2. 珪藻類休眠期細胞の分布密度:  
3 群合計 (MPN/cm<sup>3</sup> wet sediment)

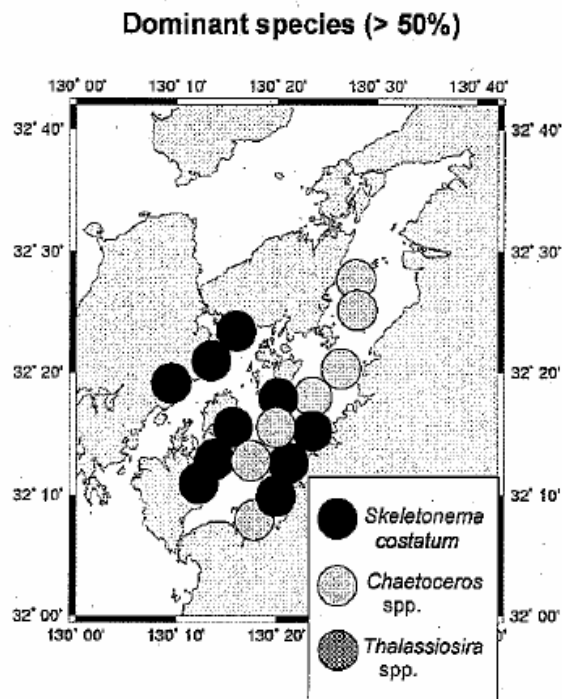


図 2.3. 八代海の各定点における珪藻類休眠期細胞の優占度 (> 50%)

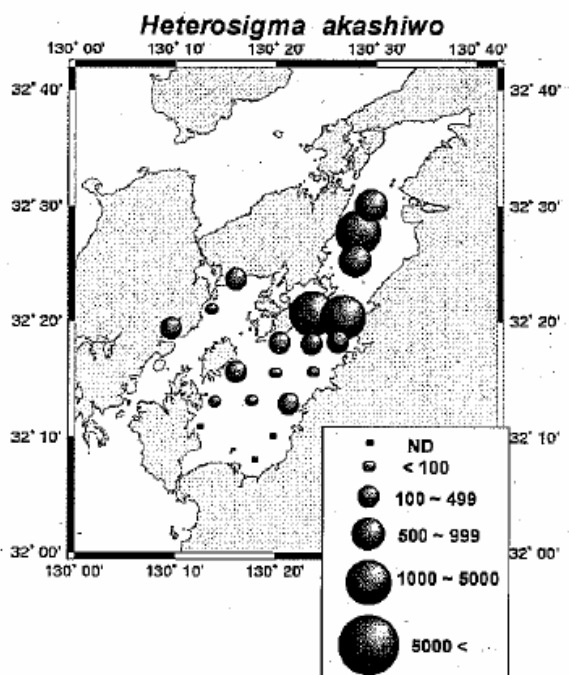


図 2.4. *Heterosigma akashiwo* シストの分布密度 (Cysts/cm<sup>3</sup> wet sediment)

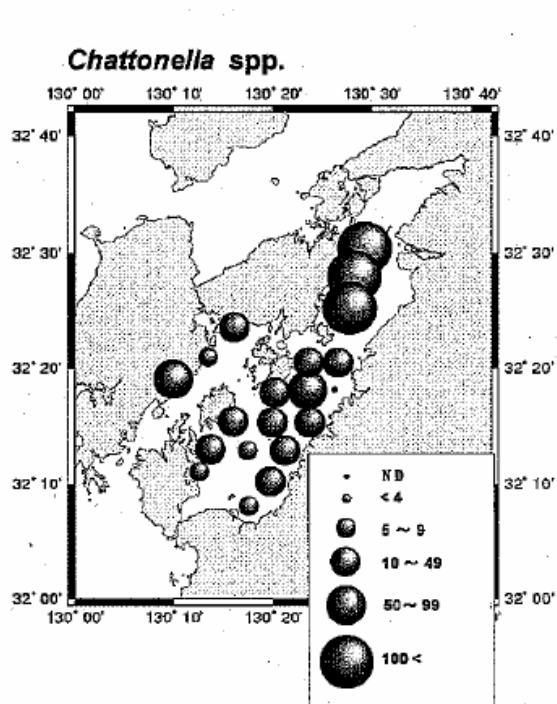


図 2.5. *Chattonella* spp. シストの分布密度 (MPN/cm<sup>3</sup> wet sediment)

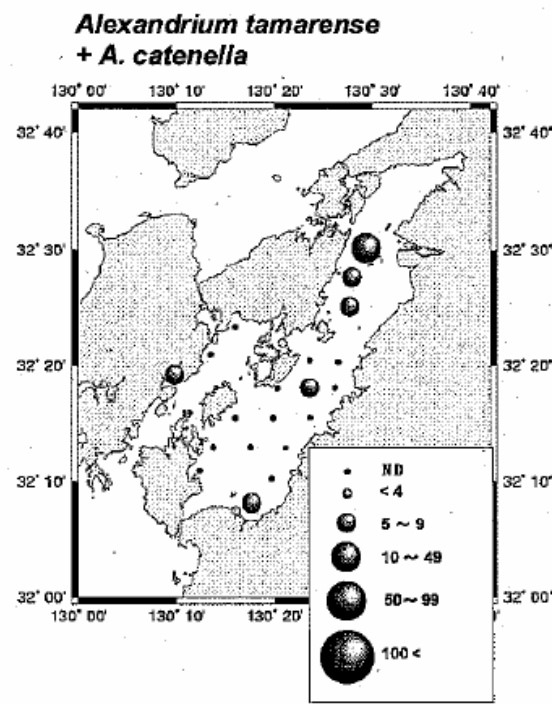


図 2.6. *Alexandrium* spp. シストの分布密度 (Cysts/cm<sup>3</sup> wet sediment)

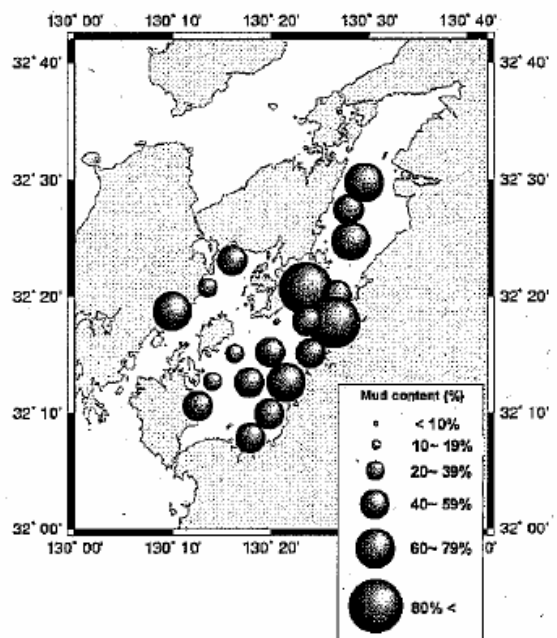


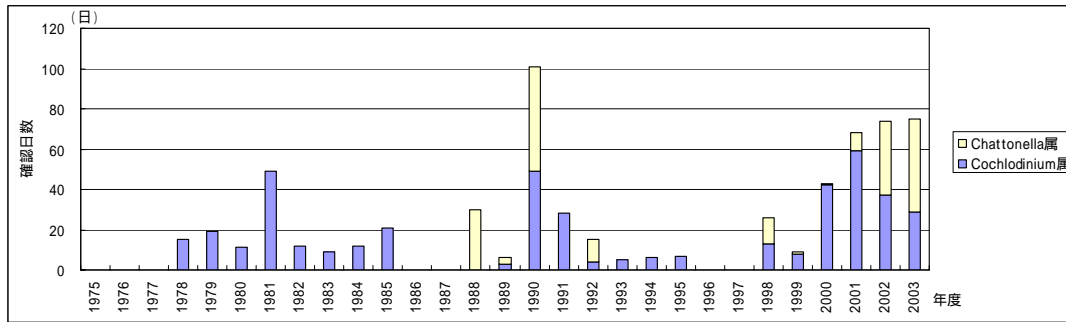
図 2.7. 泥分率(%)の分布



### 3 有害赤潮種に関する知見

八代海に出現する代表的な有害赤潮種は、渦鞭毛藻 *Cochlodinium* 属、ラフィド藻 *Chattonella* 属であり、いずれも魚類養殖に多大な被害をもたらす。前者は 1978 年から赤潮の記録があり、その後頻りに赤潮を形成し続けている。後者は 1988 年に初めて赤潮が記録され、近年頻発する傾向にある。これまで発表された研究論文及び蓄積されたデータに基づき、これらの赤潮についての特徴を記載する。

図 3.1 *Cochlodinium* 属、*Chattonella* 属による赤潮発生日数の推移



#### (1) *Cochlodinium* 属

八代海においては、特に渦鞭毛藻類 *Cochlodinium polykrikoides* が大規模な赤潮を起こし、重大な漁業被害を与えており、御所浦、津奈木周辺の発生が頻繁であった(図 3.2)。

*C. polykrikoides* 赤潮は 7 月上旬～9 月上旬に発生し、2000 年夏季には約 40 億円の被害を引き起こした。このときの水温と塩分の範囲は、24.5～26.6℃、32.0～33.0psu、増殖速度は 0.32 divisions/day であり、室内実験で得られた最適増殖速度とほぼ一致した(図 3.3)。赤潮発達期に水深 10m 付近で水温・塩分躍層が形成されたが、赤潮衰退期以降は崩壊していた。赤潮形成期の底層水中には高濃度の栄養塩が分布しており、これらは底泥から溶出し、貯蔵されたと考えられる。

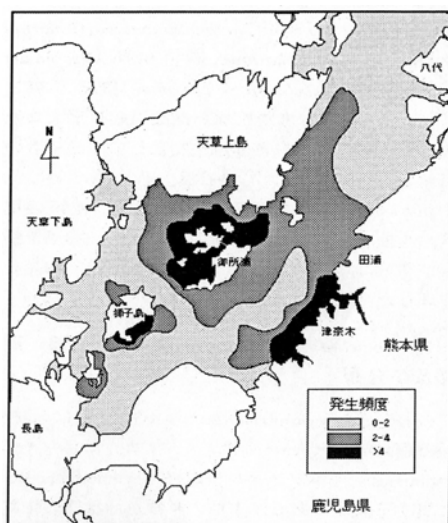


図 3.2 *C. polykrikoides* の海域別赤潮発生頻度

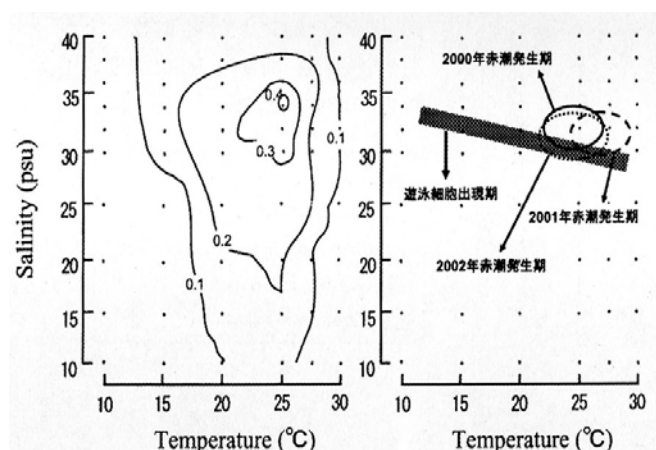


図 3.3 *C. polykrikoides* の水温と塩分に対する増殖応答(左)と現場における赤潮発生期および遊泳細胞出現期の水温と塩分(右)



八代海の定点調査では *C. polykrikoides* のシストは確認できず、冬季に遊泳細胞（単細胞）の存在が確認されている。本種の seed population は越冬栄養細胞である可能性が高い。栄養細胞は水温と日射量の増加とともに高塩分環境下で増殖し、連鎖細胞が観察される頃から急速な増殖が始まり、物理的集積等も加えて赤潮形成すると、1.4~3.6m/h の速い日周鉛直移動により底層の豊富な栄養塩を利用して赤潮を持続すると考えられる。その後、風雨等による水柱の攪乱と塩分低下、海水交換及び捕食圧の増大等によって赤潮は消滅に向かい、赤潮衰退後、本種は栄養細胞で越冬すると思われる（図 3.4）。

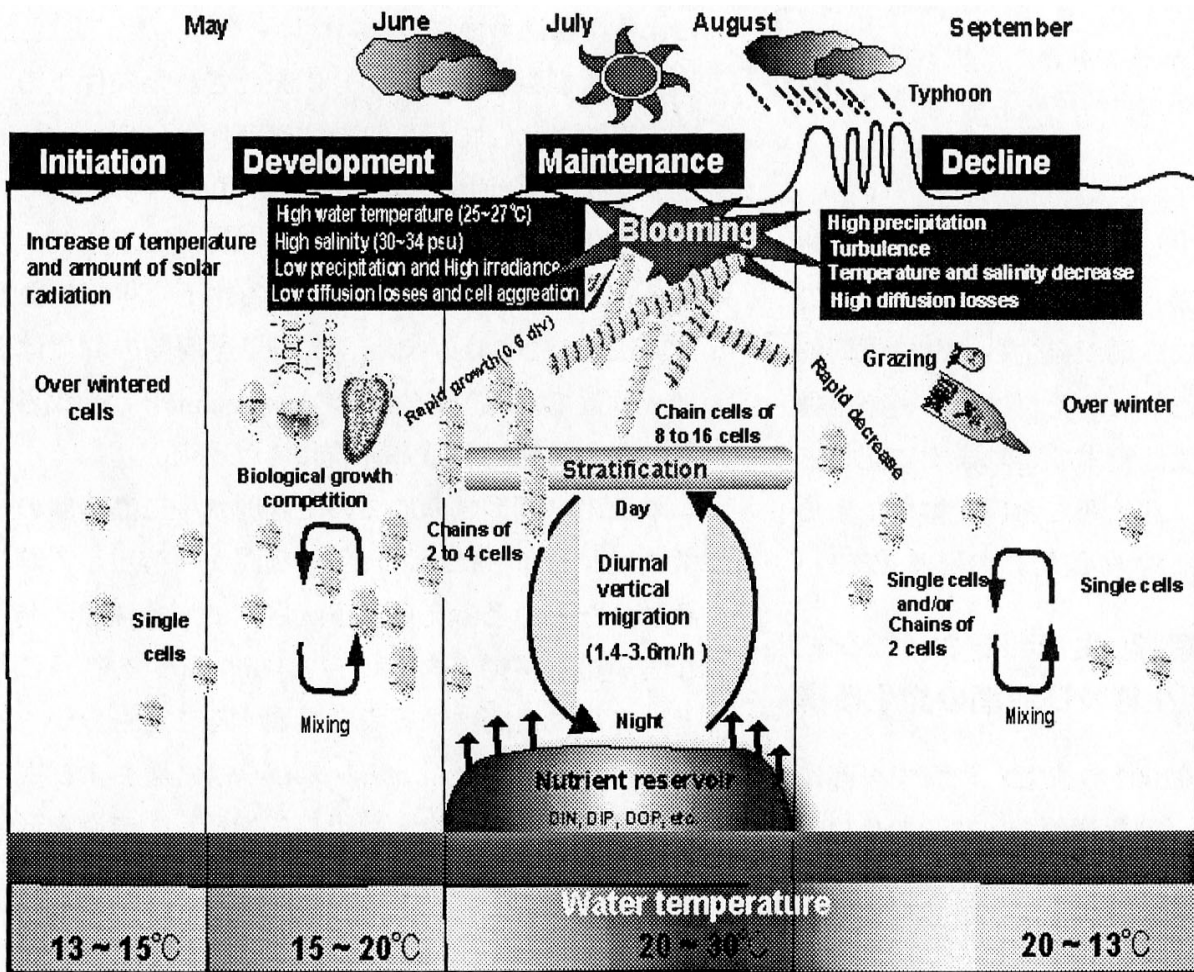


図 3.4 八代海における *C. polykrikoides* の赤潮発生機構模式図

*C. polykrikoides* は、塩分濃度の変化に敏感（狭塩分性種）であり、本種の赤潮は湯水年に発生し、降雨年で非発生であることが示唆される（図 3.5、図 3.6）。高水温期の湯水と高塩分海水の持続は本種による赤潮発生の予察の指標になりうると考えられる。

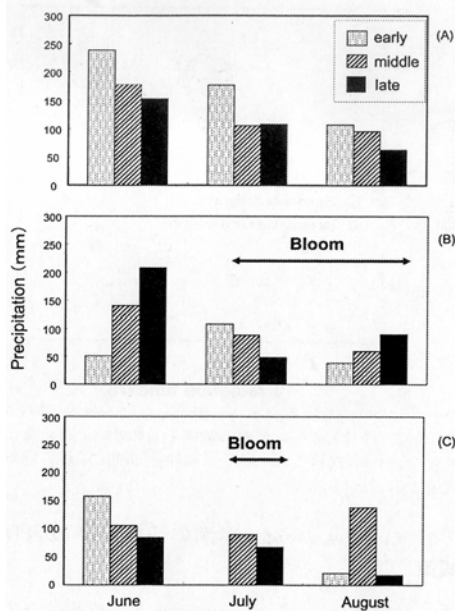


図 3.5 八代海における *C. polykrikoides* 赤潮発生と降水量(1978 年～2000 年)の関係(降水量の資料は八代市気象庁より)

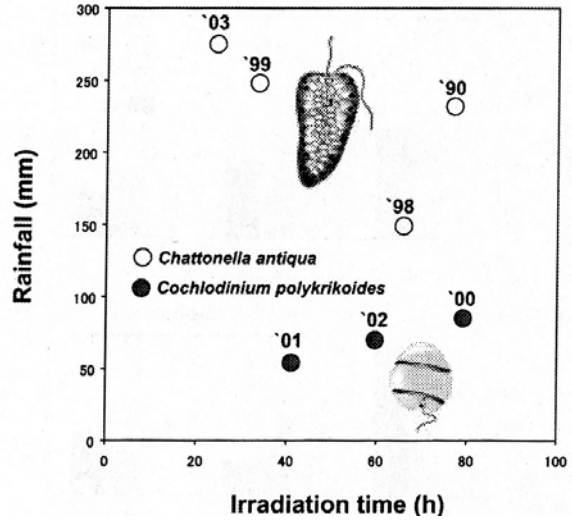


図 3.6 八代海における *C. polykrikoides* と *C. antiqua* の赤潮発生年と日照時間と降水量の関係(日照時間と降水量は気象庁八代市資料に基づき、赤潮発生期前の 10 日間累積値で示す)

2000 年の *C. polykrikoides* 赤潮は御所浦、津奈木で初期発生し、その後、分布を大きく拡大させた（図 3.7）。初期発生海域での監視、粘土散布等による細胞防除は、本種による赤潮の被害軽減に寄与できるものと考えられる。

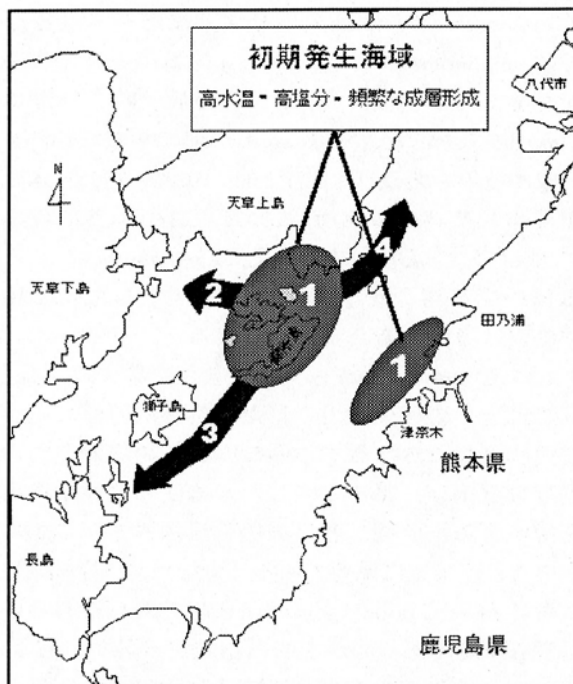


図 3.7 八代海における *C. polykrikoides* 赤潮の分布拡大経過図

(2) Chattonella 属

八代海での本属による赤潮の発生は 1988 年に初めて記録されたが、この頃は宮野河内湾などの底質の COD が水産用水準を超え、熊本県内の養殖場の水質 DIN と DIP 濃度及び底質の硫化物濃度が最高値を示した時期に当たる(図 3.8、図 3.9)。これらの海域は Chattonella 属のシストが多く分布する北部八代海ではないが、Chattonella は富栄養化が進行した時期に定着した可能性を示唆している。

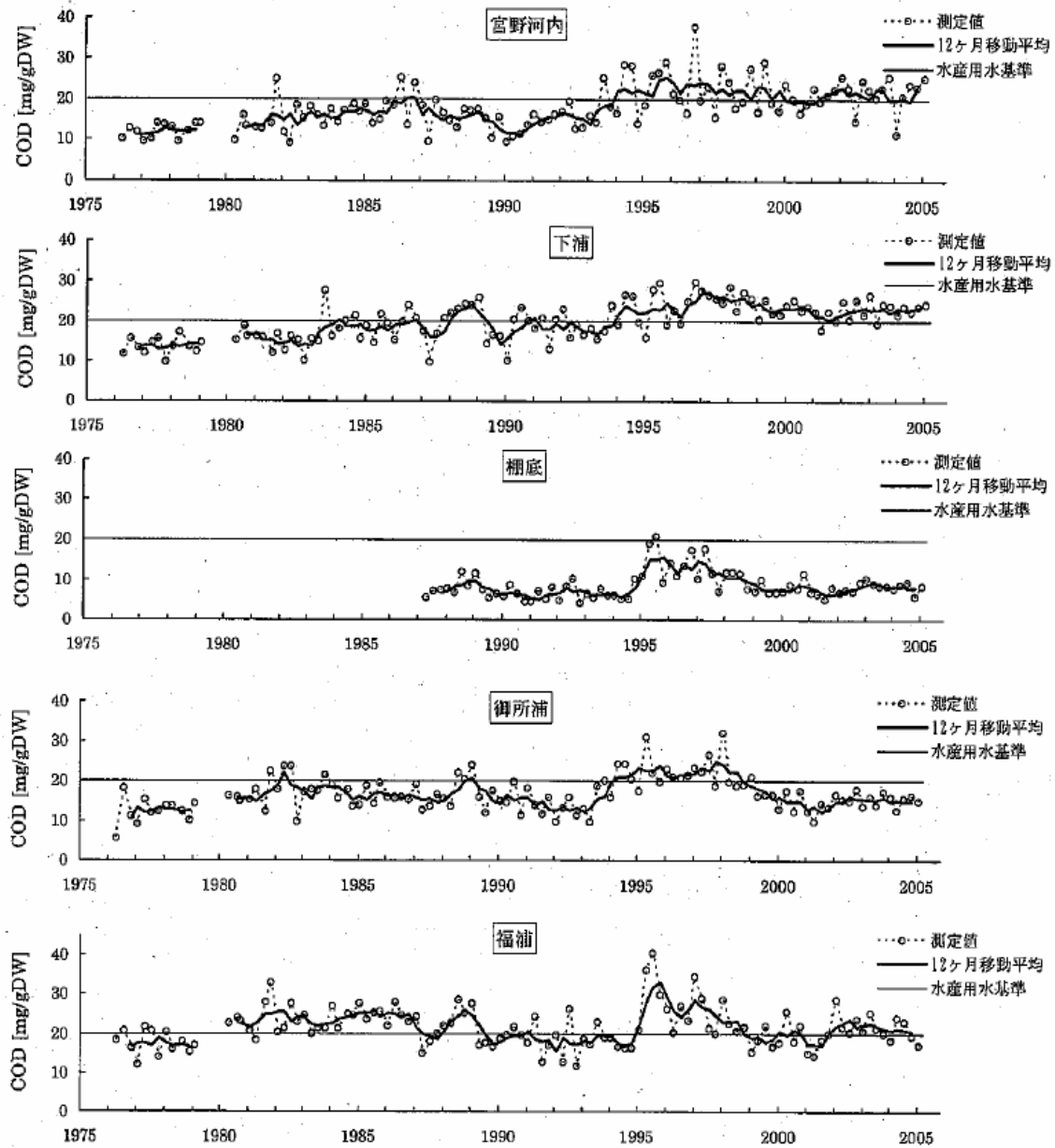


図 3.8 底質の経年変化 (COD) [熊本県水産研究センター事業報告書]

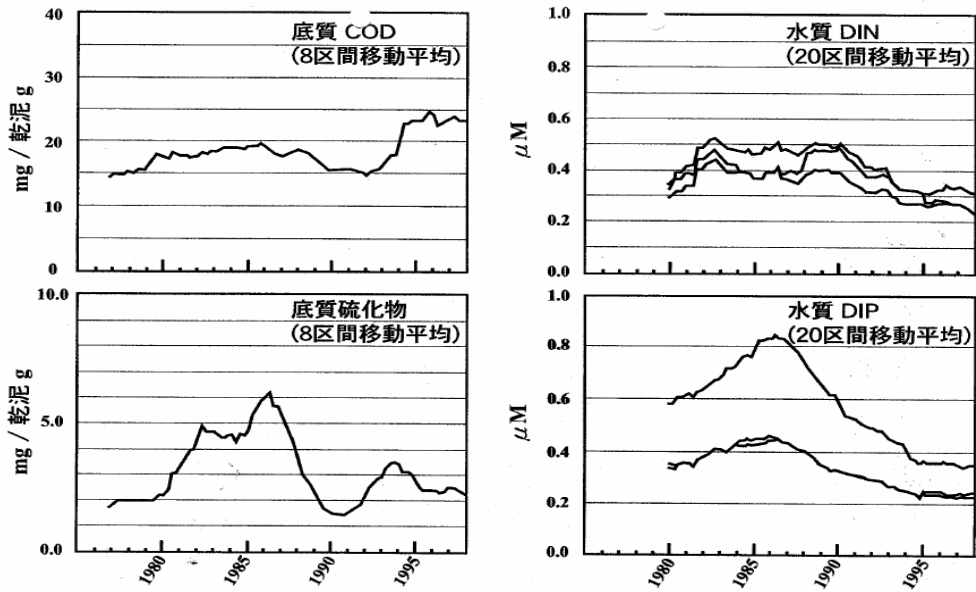


図 3.9 熊本県内の養殖場平均値（水質・底質）

2004年に発生した八代海全域に及ぶ *Chattonella* 赤潮の初期増殖は、北部海域で7月30日に初認された。その後、細胞密度が高くなり、8月6日～8日にかけて南下し始め、8月10日には鹿児島県海域に到達し、北部から徐々に消滅した（図 3.10）。

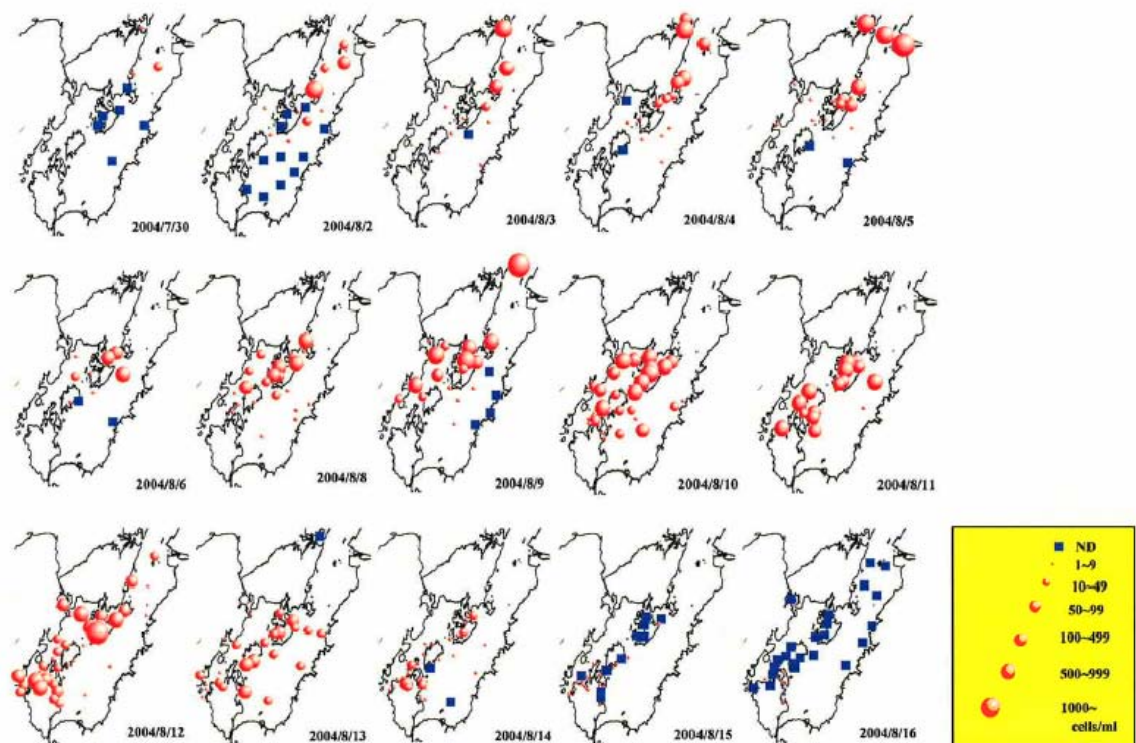


図 3.10 八代海における *Chattonella* spp.細胞の細胞分布変化（2004年）

---

(参考文献等)

九州海域の赤潮(水産庁九州漁業調整事務所)

赤潮・貝毒対策事業総合検討会資料(平成14年度、15年度)

赤潮等被害防止対策事業総合検討会資料(平成16年度、17年度)

金大一、本城凡夫(2005)八代海における *Cochlodinium polykrikoides* の赤潮(月刊海洋 415号 p40)