

## 有明海・八代海等の環境等変化（赤潮）

赤潮生物は、種類によってその生理的・生態的性質や水産生物への影響も異なることから、各々の特徴を記した上で、赤潮発生の状況、赤潮による漁業被害の概況を以下のとおり整理した。



図1 有明海・八代海等で発生する赤潮プランクトンの顕微鏡写真（黒棒：50  $\mu\text{m}$ ）

（1）赤潮（種類別）の特徴について

ア）小型珪藻（年中発生）

珪藻類は沿岸や内湾の基礎生産者として重要であり、食物連鎖の根幹をなすので、これらの赤潮はある程度やむを得ないであろう。これらの種は、河川から栄養塩が供給されて塩分が減少し、強い照度を与える晴天が続くと底泥中の休眠期細胞が発芽、繁茂して赤潮となる。（図2）。有明海では、河口域から供給される土砂等による濁りが植物プランクトンの光合成を抑制していることが知られており、透明度の上昇は発芽機会の増加につながり、赤潮発生の原因になると考えられる。

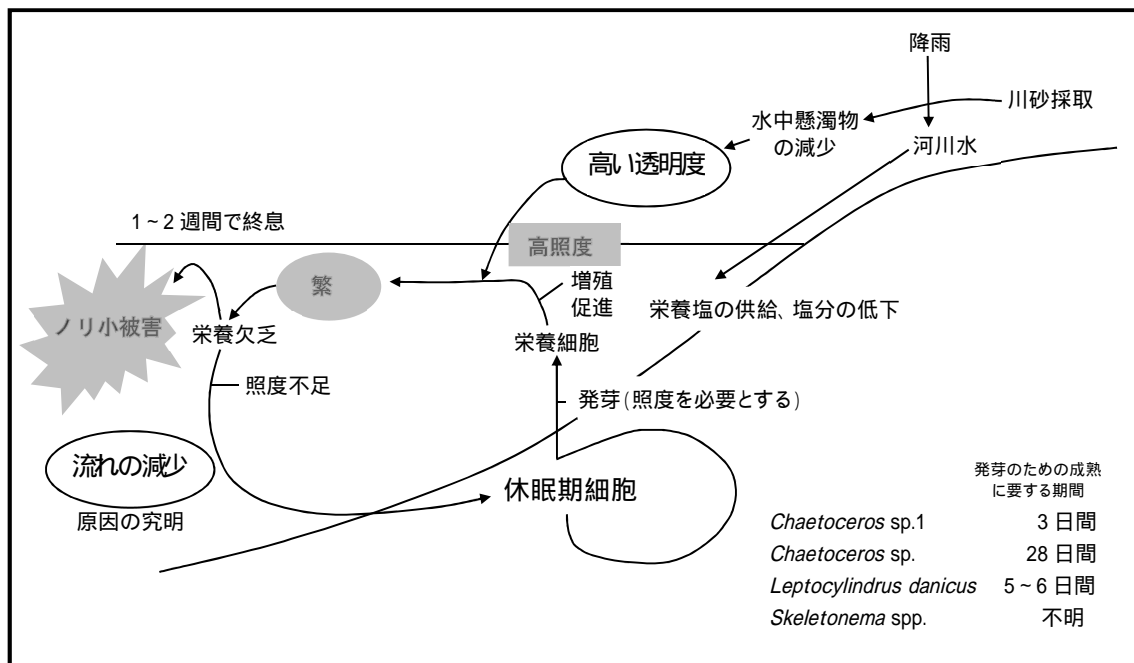


図2 小型珪藻類の発生機構

イ) 大型珪藻（秋季～冬季発生）

大型珪藻の *Rhizosolenia* 属は有明海において 1958 年、1965 年、1980 年、1996 年、2000 年に赤潮を形成してノリ養殖業に甚大な漁業被害を与えた。2000 年に有明海で大発生した *Rhizosolenia imbricata* は毎年有明海において低レベルで観察されており、2000 年以前にも赤潮レベルに達した。*Rhizosolenia imbricata* は通常外海側に生息し（休眠期細胞が発見されていない）夏季には湾内が低塩分化するために奥部への進入が阻まれるが、河川流入が減少して高塩分状態（30～35）になる秋期以降に湾内へ進入し、高い日照条件下で大発生する。

また、大型珪藻類のうち、*Eucampia zodiacus* についても有明海においてノリの色落ちを引き起こす頻度の高い種類である（第 4 章ノリの色落ちの項目を参照）。本種の発生は 1～3 月にみられ、日照時間の増大、小潮期の濁度低下などを引き金として大発生する。*Rhizosolenia imbricata* 同様に細胞のサイズが大きく群体を形成するため、海水中の栄養塩消費量が多いと考えられており（西川 2011）発生時はノリの色落ち被害が顕著である。

大型珪藻は毎年発生するのではなく、気象や海象など、特殊な環境条件が整った時に大発生する赤潮である（図 3）。また、小型珪藻の赤潮と混在したり、時期が連続して発生したりするため、小型珪藻類と大型珪藻類によるノリの色落ち被害を明確に区分することは困難である。

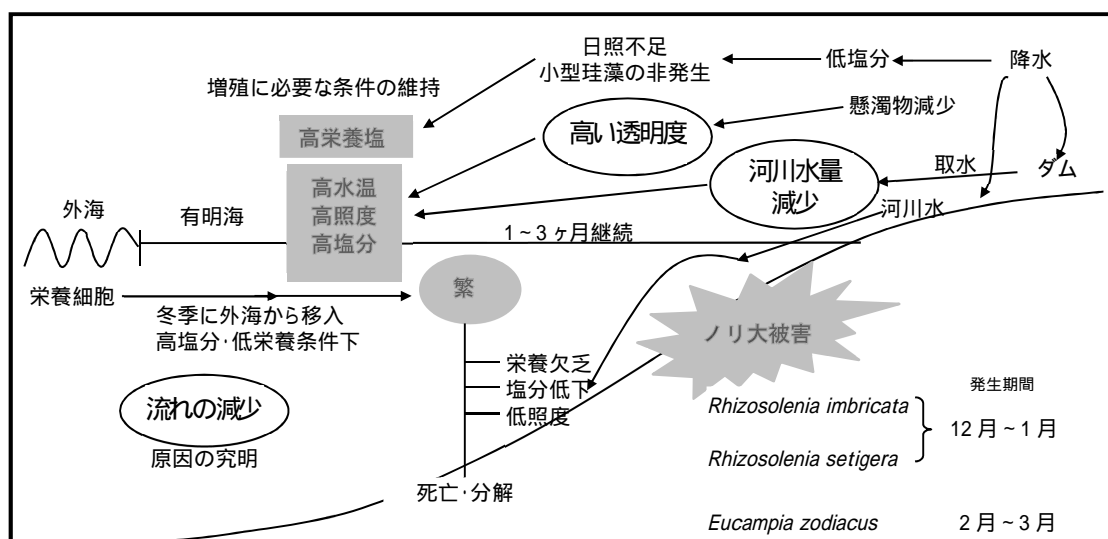


図 3 大型珪藻類の発生機構

## ウ）ラフィド藻（夏発生）

有明海におけるラフィド藻赤潮としては、*Chattonella* と *Heterosigma akashiwo* が知られており、いずれも魚類へ被害を与える。また、過去には *Chattonella* 赤潮発生時にアサリやサルボウなどの大量死も認められている。いずれの赤潮も有明海湾奥部海域や諫早湾での発生が顕著である。一般的にラフィド藻赤潮発生には、休眠孢子からの発芽、富栄養化や貧酸素水塊の発生、競合する珪藻類の衰退などが関係している（今井 2000）。有明海における *Chattonella* 赤潮は 1984 年に佐賀県海域で初認され、諫早湾でも 1989 年に赤潮が確認された。本種の増殖には窒素やリンなどの栄養塩のみならず、大量の鉄も要求することが知られている（今井 2011）。貧酸素水塊の形成により底泥から栄養塩や鉄が溶解し、貧酸素水塊の崩壊で窒素やリンと鉄が供給されると、*Chattonella* 属の増殖が促進される（底質改善のための海底耕耘についてはこの点への配慮が必要である）。*Chattonella* 赤潮による漁業被害を減少させるためには、赤潮発生の栄養源となっている底層の貧酸素化を抑えることが重要である。

また、八代海での *Chattonella* 赤潮は 1988 年に初めて出現したが、この頃は熊本県の宮野河内湾などの底質の COD が水産用水準を超え、養殖場の底質の硫化物濃度と水質の DIN と DIP が最高値を示した時期に該当し、富栄養化の進行時期に本属が定着した可能性が示唆される。



図 4 2010 年八代海楠浦湾口に出現した *Chattonella antiqua* 赤潮（水産庁提供資料）

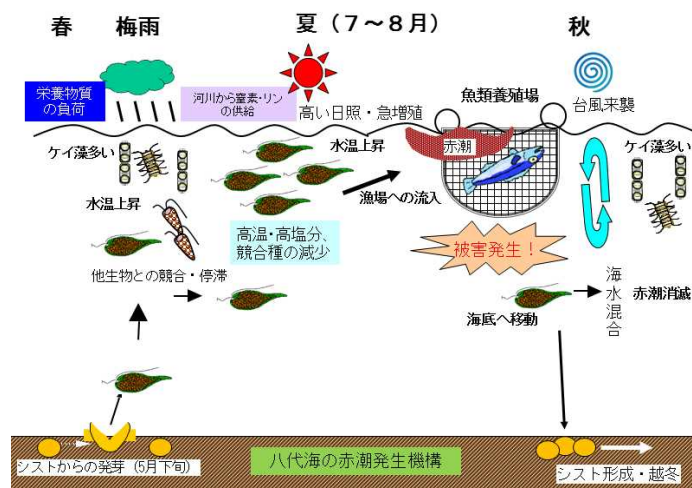


図5 *Chattonella* の生活環と有明海および八代海における赤潮発生機構概念図

## エ) 渦鞭毛藻（夏発生）

有明海において水産生物の大量死を引き起こす赤潮生物は主に *Chattonella antiqua* である。渦鞭毛藻としては *Ceratium furca* や *Akashiwo sanguinea* などが赤潮を形成するものの、大きな漁業被害や貧酸素水塊の誘発はほとんどみられない。後者については夏期のみならず秋期から冬期にかけても赤潮を形成することがあり、希にノリの色落ち被害を引き起こすこともある。また、魚類や貝類に被害を与える *Karenia mikimotoi* については、2000年と2015年に有明海でも発生したが、いずれも大きな漁業被害は発生していない。

八代海においては、渦鞭毛藻類 *Cochlodinium* 属が大規模な赤潮を形成し、重大な漁業被害を招くことが認められている。赤潮の初期発生は御所浦島および津奈木地先周辺で多い。*C. polykrikoides* のシストは八代海では確認できず、冬期に遊泳細胞（単細胞）の存在が認められている。本種の seed population は越冬栄養細胞である可能性が高く、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て赤潮形成する。1.4~3.6m/h の速い日周鉛直移動により、表層のみならず、底層の栄養塩を利用して赤潮を持続すると考えられる。赤潮の消滅後、本種は栄養細胞で越冬すると思われる（図6）。

*C. polykrikoides* は、塩分変化に敏感（狭塩分性種）であり、赤潮は渇水年に発生し、降雨年で非発生であることが示唆される。八代海では2000年に *C. polykrikoides* の赤潮により約40億円、2002年に5億8,700万円の漁業被害が生じているが、2003年以降2015年まで漁業被害は発生していない。

このほか、*Karenia mikimotoi* による漁業被害が、1989年、2000年、2015年に発生しているが、*C. polykrikoides* と比較すると赤潮発生頻度、規模、被害額とも少ない。

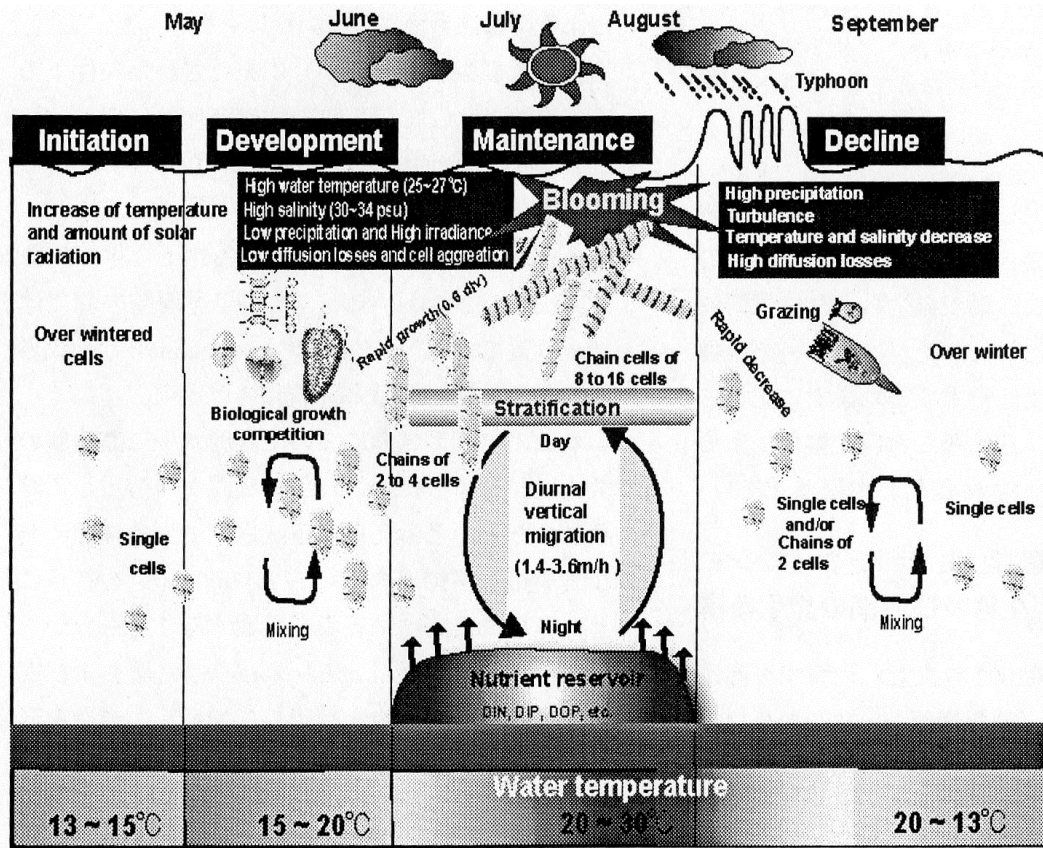


図 6 八代海における *C. polykrikoides* の赤潮発生機構模式図

（２）赤潮による漁業被害

ア）有明海

有明海における赤潮被害の年間発生件数は、1998年から2003年まで高い傾向が見られた（図7）。原因プランクトン別にみると、年による変動が大きいものの、珪藻類によるノリの色落ち被害件数が多く発生している（表1）。

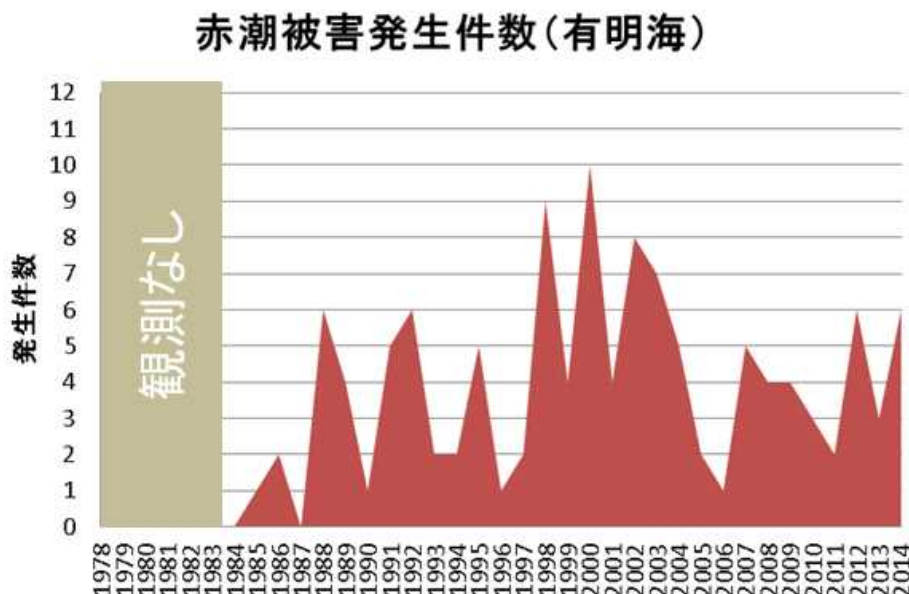


図7 有明海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数（年間）の推移  
水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和53年～平成26年）」より整理

表1 珪藻類の赤潮発生による漁業被害

発生年	海域名	赤潮原因種	漁業被害種・概要	漁業被害額 (千円)
1985	有明海	<i>Cerataulina</i>	ノリの色落ち	不明
1986	有明海	<i>Skeletonema</i> <i>Asterionella kariana</i> <i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Eucampia zodiacus</i> <i>Pseudo-nitzschia pungens</i>	ノリの色落ち	不明
1988	有明海	<i>Skeletonema</i> <i>Eucampia zodiacus</i> <i>Asterionella kariana</i> <i>Thalassiosira</i>	ノリの色落ち	不明
1988	有明海	<i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Chaetoceros sociale</i> <i>Rhizosolenia delicatula</i> <i>Skeletonema</i>	ノリの色落ち	不明

1989	有明海	Skeletonema Thalassiosira Asterionella kariana	ノリの色落ち	不明
1989	有明海	Skeletonema Prorocentrum	ノリの色落ち	不明
1991	有明海	Eucampia zodiacus Chaetoceros Rhizosolenia Skeletonema	ノリの色落ち	不明
1991	有明海	Skeletonema Chaetoceros curvisetum	ノリの色落ち	不明
1992	有明海	Chaetoceros curvisetum Eucampia zodiacus Lauderia Skeletonema Chaetoceros Coscinodiscus	ノリの色落ち	不明
1993	有明海	Rhizosolenia fragilissima Skeletonema	ノリの色落ち	不明
1994	有明海	Chaetoceros sociale Skeletonema Asterionella gracialis Leptocylindrus Thalassiosira Eucampia zodiacus Ditylum brightwellii Asterionella karinana Rhizosolenia setigera	ノリの色落ち	不明
1995	有明海	Chaetoceros sociale Asterionella gracialis Rhizosolenia fragilissima Rhizosolenia setigera Skeletonema Thalassiosira rotula Eucampia zodiacus Gymnodinium	ノリの色落ち	不明
1995	有明海	Skeletonema Akashiwo sanguinea Eucampia zodiacus Coscinodiscus Ditylum Thalassiothrix frauenfeldii Chaetoceros Thalassiosira	ノリの色落ち	不明
1996	有明海	Skeletonema Asterionella karinana Asterionella gracialis	ノリの色落ち	不明



1997	有明海	<i>Nitzschia seriata</i> <i>Eucampia zodiacus</i>	ノリの色落ち	不明
1997	有明海	<i>Skeletonema</i> <i>Chaetoceros</i> <i>Pseudo-nitzschia pungens</i> <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> <i>Akashiwo sanguinea</i>	ノリの色落ち	不明
1998	有明海	<i>Chaetoceros sociale</i> <i>Leptocylindrus</i> <i>Eucampia zodiacus</i>	ノリの色落ち	不明
1998	有明海	<i>Chaetoceros sociale</i> <i>Chaetoceros</i> <i>Skeletonema</i> <i>Thalassiosira</i> <i>Asterionella karinana</i> <i>Leptocylindrus</i>	ノリの色落ち	不明
1999	有明海	<i>Eucampia zodiacus</i>	ノリの色落ち	不明
1999	有明海	<i>Skeletonema</i> <i>Rhizosolenia</i> <i>Asterionella karinana</i> <i>Eucampia zodiacus</i>	ノリの色落ち	不明
2000	有明海	<i>Eucampia zodiacus</i>	ノリの色落ち	不明
2000	有明海	<i>Skeletonema</i>	ノリの色落ち・生育不良	不明
2000	有明海	<i>Rhizosolenia imbricata</i> <i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Skeletonema</i> <i>Chaetoceros sociale</i> <i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Chaetoceros debile</i> <i>Chaetoceros</i> <i>Biddulphia sinensis</i> <i>Thalassiosira</i> <i>Eucampia zodiacus</i>	ノリの色落ち・生育不良	不明
2001	有明海	<i>Skeletonema</i>	ノリの色落ち	不明
2001	有明海	<i>Chaetoceros sociale</i> <i>Chaetoceros curvisetum</i> <i>Chaetoceros debile</i> <i>Skeletonema</i> <i>Asterionella gracialis</i>	ノリの色落ち	不明
2002	有明海	<i>Skeletonema</i> <i>Asterionella gracialis</i> <i>Asterionella karinana</i> <i>Chaetoceros sociale</i> <i>Chaetoceros</i> <i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Eucampia zodiacus</i>	ノリの色落ち	不明
2002	八代海	<i>Skeletonema</i>	ノリの色落ち	不明
2002	有明海	<i>Chaetoceros</i>	ノリの色落ち	不明

2003	有明海	Skeletonema Chaetoceros Thalassiosira Rhizosolenia setigera	ノリの色落ち	不明
2005	有明海	Skeletonema	ノリの色落ち	不明
2006	有明海	Eutreptia	ノリの色落ち	不明
2008	有明海	Asterionella karinana Skeletonema	ノリの色落ち	不明
2009	有明海	Thalassiosira Skeletonema Eucampia zodiacus Asterionella karinana	ノリの色落ち	不明
2009	有明海	Asterionella karinana Skeletonema Thalassionema nitzschioides Chaetoceros	ノリの色落ち	不明
2010	有明海	Chaetoceros Skeletonema Thalassionema nitzschioides	ノリの色落ち	不明
2011	有明海	Asterionella karinana	ノリの色落ち	不明
2011	有明海	Rhizosolenia setigera	ノリの色落ち	不明
2011	有明海	Asterionella karinana Chaetoceros	ノリの色落ち	不明
2012	有明海	Skeletonema Thalassiosira Asterionella karinana Chaetoceros	ノリの色落ち	不明
2012	有明海	Eucampia zodiacus	ノリの色落ち	不明
2013	有明海	Asterionella karinana Skeletonema Thalassiosira	ノリの色落ち	不明
2013	有明海	Eucampia zodiacus Guinardia delicatula Rhizosolenia setigera Skeletonema Chaetoceros	ノリの色落ち	不明
2014	有明海	Skeletonema Thalassiosira Eucampia zodiacus Chaetoceros Rhizosolenia Thalassiosira	ノリの色落ち	不明
2014	有明海	Skeletonema Thalassiosira	ノリの色落ち	不明

水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和53年～平成26年）」から集計  
同一海域・時期に連続して発生した赤潮と見なされる場合は合算して集計した

## イ）八代海

八代海における赤潮被害の年間発生件数は、1988～1990年、および1998～2010年に発生件数が多く、2011年以降は被害が発生していない（図8）。原因プランクトン別にみると、*Cochlodinium polykrikoides* と *Chattonella* 属による被害件数が多く、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している（表2および表3）。



図8 八代海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数（年間）の推移  
水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和53年～平成26年）」より整理

## ウ）橘湾

橘湾における赤潮被害の年間発生件数は、2000年に最大3件発生し、1978～2014年までの36年間で10件の漁業被害と、有明海や八代海の発生件数の1/5～1/10程度に留まっている（図9）。原因プランクトン別にみると、*Cochlodinium polykrikoides* と *Chattonella* 属による被害件数が多く、養殖ブリ、マダイやトラフグ等の斃死により大きな被害が発生している（表2および表3）。

## 赤潮被害発生件数（橘湾）

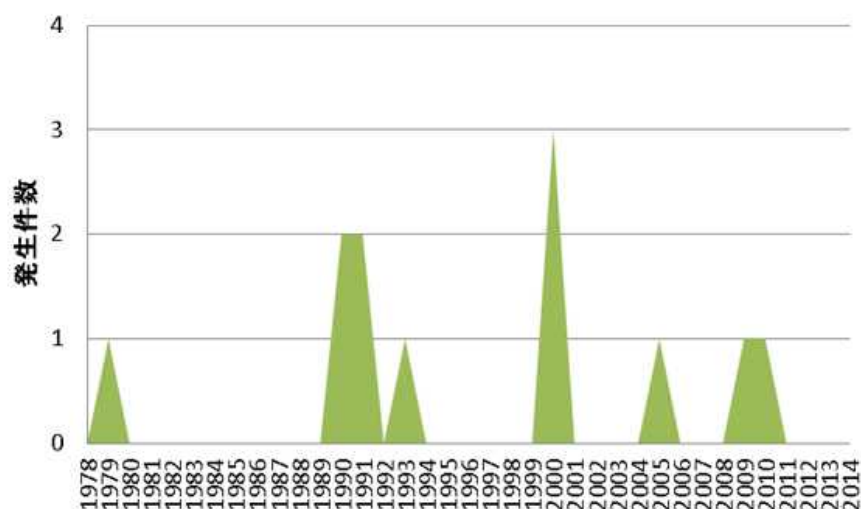


図9 橘湾において漁業被害をもたらした赤潮発生件数（年間）の推移  
水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和53年～平成26年）」より整理

表2 ラフィド藻類の赤潮発生による漁業被害

発生年	海域名	赤潮原因種	漁業被害種・概要	漁業被害額 (千円)
1988	八代海	Heterosigma akashiwo Prorocentrum	ハマチ、ブリ、マアジへい死	3,453
1988	八代海	Chattonella antiqua	ハマチ、ブリ、マアジ、ボラへい死	40,766
1989	八代海	Chattonella antiqua	ブリへい死	62,560
1989	有明海	Chattonella antiqua	コノシロ、グチへい死	不明
1990	八代海	Chattonella antiqua	ブリ、マダイ等へい死	1,099,673
1990	橘湾	Chattonella antiqua	ブリへい死	403,809
1990	有明海	Chattonella antiqua	ブリへい死	51,585
1992	八代海	Chattonella antiqua	ハマチへい死	9,482
1992	有明海	Chattonella antiqua	ハマチへい死	366,155
1992	有明海	Chattonella antiqua Akashiwo sanguinea	エツ、コノシロ、グチ、ワラスボへい死	不明
1995	橘湾	Chattonella antiqua	ハマチへい死	18,749
1998	有明海	Chattonella antiqua	ブリへい死	12,148
1998	有明海	Chattonella antiqua	ブリ（養殖魚）、ボラ、スズキ、コチ、エイ、タコ、カニ、グチ、シラピラメ類、アカエイへい死（天然魚）	不明
1998	有明海	Chattonella antiqua Skeletonema	クルマエビ衰弱	不明

1999	有明海	Chattonella antiqua Karenia mikimotoi Chaetoceros Skeletonema	エビ類、カニ類衰弱	不明
2000	有明海	Chattonella antiqua Karenia mikimotoi Heterosigma akashiwo	アサリ、ボラ、スズキ、ハモ、コチ、サッパ、ウシノシタ類、ネズミゴチ、ハゼ類、エビ類、カニ類、シャコへい死	264,070
2000	有明海	Fibrocapsa japonica	のりの色落ち・生育不良	
2003	有明海	Heterosigma akashiwo	ボラ、クロダイ、コノシロへい死（天然魚）	不明
2003	八代海	Chattonella antiqua	ブリ、トラフグ、カワハギ、カンパチ、シマアジ、マダイ、ヒラマサ、クロダイへい死	363,666
2003	有明海	微細藻類 Skeletonema Chattonella antiqua Chattonella marina	アサリへい死	不明
2003	八代海	Chattonella antiqua Cochlodinium polykrikoides	ブリ、トラフグ、カンパチ、シマアジ、ヒラマサへい死	287,382
2004	八代海	Chattonella	ブリ、カンパチ、シマアジ、マアジ、マダイ、トラフグ、カワハギ、クロダイ、スズキ、ガザミ、アサリへい死	226,844
2004	八代海	Chattonella antiqua Chattonella marina	アカエイ、コチ、ボラ、シバエビ、アサリ、グチ、クロダイ、ガザミ、スズキ、アカエイへい死	不明
2005	八代海	Chattonella antiqua Cochlodinium polykrikoides Heterosigma akashiwo	ブリ、ヒラマサ、カンパチ、シマアジ、トラフグ等へい死	94,108
2007	有明海	Chattonella antiqua	ブリへい死	11,455
2007	有明海	Chattonella antiqua Chattonella marina （貧酸素水塊と同時発生）	ガザミ、エツ、コノシロ、スズキ、メナダ、ボラ、ワラスボ、ハゼ類、クチゾコ類、フグ、ハモ、アアゴ、ウナギ、シバエビ、シラタエビ、サルボウ、アゲマキ、シロギス、ヒラメ、キチヌ、クロダイ、マゴチ、ヒイラギ、ウシノシタ類へい死	不明
2008	有明海	Chattonella antiqua Chattonella marina （貧酸素水塊と同時発生）	ヒイラギ、ボラ、エビ、ガザミ、サッパ、コノシロ、ヒラ、スズキ、クツゾコ、カニ類、エビ類、サルボウ、アサリ	不明
2009	八代海	Chattonella antiqua	ブリ、シマアジ、カンパチ、ヒラマサへい死	185,508

2009	八代海	Chattonella antiqua Karenia mikimotoi Cochlodinium polykrikoides	ブリ、シマアジ、カンパチ、 ヒラマサ、マダイ、トラフ グへい死	2,901,996
2009	橘湾	Chattonella antiqua	ハマチ、ヒラマサ、マダイ、 トラフグ、シマアジへい死	429,965
2010	八代海	Chattonella antiqua	ブリ、シマアジ、カンパチ、 ヒラマサ、マダイ、ヒラメ、 トラフグへい死	5,274,909
2010	橘湾	Chattonella antiqua	ハマチ、ヒラマサ、シマア ジ、マダイ、トラフグへい 死	86,955
2014	有明海	Heterosigma akashiwo	コノシロ、グチ類へい死	不明

水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和53年～平成26年）」から集計  
同一海域・時期に連続して発生した赤潮と見なされる場合は合算して集計した  
養殖魚の場合、被害尾数が1,000尾未満の場合は規模が小さいため割愛した

表3 渦鞭毛藻類の赤潮発生による漁業被害（1978～2014年まで）

発生年	海域名	赤潮原因種	漁業被害種・概要	漁業被害額 （千円）
1978	八代海	Gymnodinium sp.	マダイ、ブリへい死	30,220
1978	八代海	Cochlodinium polykrikoides	ブリへい死	44,537
1978	八代海	Gymnodinium sp.	ブリ、ボラへい死	26,990
1979	橘湾	Cochlodinium polykrikoides	ハマチ、マダイ等へい死	1,242
1981	八代海	Cochlodinium polykrikoides	ハマチ、マダイ、マアジへ い死	32,596
1985	八代海	Cochlodinium polykrikoides	マアジ、マダイ等へい死	59,322
1989	八代海	Karenia mikimotoi	マダイ、ブリへい死ブリ、 トラフグ、マアジへい死	255,754
1990	橘湾	Cochlodinium polykrikoides	ブリへい死	10,262
1990	八代海	Cochlodinium polykrikoides	ブリ、トラフグ、クロダイ 等へい死	40,380
1991	八代海	Cochlodinium polykrikoides	マダイ、トラフグ等へい死	13,090
1994	八代海	Heterocapsa Circularisquama	アコヤガイへい死・衰弱、 アサリへい死	225,000
1996	八代海	Karenia digitata	トラフグ、ハモ、マダイへ い死	不明
1999	八代海	Cochlodinium polykrikoides	トラフグへい死	57,907

2000	八代海	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	トラフグ、マダイ、ブリ、カンパチ、シマアジ、マアジ、マサバ、ヒラマサ、クロダイ、イシダイ、カサゴ、イサキ、ヒラメ	3,984,067
2000	八代海	<i>Karenia mikimotoi</i>	メガイアワビ、エゾアワビ、トラフグ、ブリ、タコ、ハモ、クルマエビ、ヒラアジ へい死	29,215
2000	橘湾	<i>Karenia mikimotoi</i>	ブリ、マダイ、カンパチ、トラフグへい死	28,065
2002	有明海	<i>Ceratium furca</i> <i>Akashiwo sanguinea</i> <i>Chaetoceros</i>	ガザミ、アナゴ、スズキ、ヒラメ、アイナメ、メバル、コチへい死	不明
2002	八代海	<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	ブリ、カンパチ、ヒラメ等へい死	587,808
2002	有明海	<i>Akashiwo sanguinea</i> <i>Fibrocapsa japonica</i> <i>Chaetoceros</i> <i>Skeletonema</i> <i>Thalassiosira</i> <i>Rhizosolenia setigera</i> <i>Katodinium glaucum</i>	のりの色落ち・生育阻害	不明
2003	八代海	<i>Akashiwo sanguinea</i> <i>Skeletonema</i> <i>Chaetoceros sociale</i> <i>Chaetoceros debille</i> <i>Chaetoceros</i> <i>Eucampia zodiacus</i>	のりの色落ち・生育阻害	不明
2004	有明海	<i>Akashiwo sanguinea</i>	のりの色落ち等	不明

水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和53年～平成26年）」から集計  
同一海域・時期に連続して発生した赤潮と見なされる場合は合算して集計した  
養殖魚の場合、被害尾数が1,000尾未満の場合は規模が小さいため割愛した

#### 文献

西川哲也(2011)養殖ノリ色落ち原因藻 *Eucampia zodiacus* の大量発生機構に関する．生理生態学的研究．兵庫県農林水産技術総合センター研究報告[水産編]，42，1-82．

今井一郎（2000）ラフィド藻赤潮の発生機構と予知．有害・有毒赤潮の発生と予知・防除．石田祐三郎ほか編，日本水産資源保護協会，東京，p.29-70．