

## 八代海全体に係る問題点と原因・要因の考察

## 【魚類養殖業】

## 現状と問題点の特定

八代海では、ブリ、マダイ、トラフグ、シマアジなど魚類養殖、真珠養殖業も広範囲に行われている。八代海における魚類養殖については、ブリ類とタイ類で全体の90%以上を占めていることから、ここでは両者の生産量と問題点について考察する。図1にブリ類の、図2にタイ類の生産量を示した。ブリ類については、生産量が横ばいに転じた1990年代中頃以降(赤潮による大きな漁業被害があった2010年を除く。)概ね17,000～23,000トンの範囲で推移している。

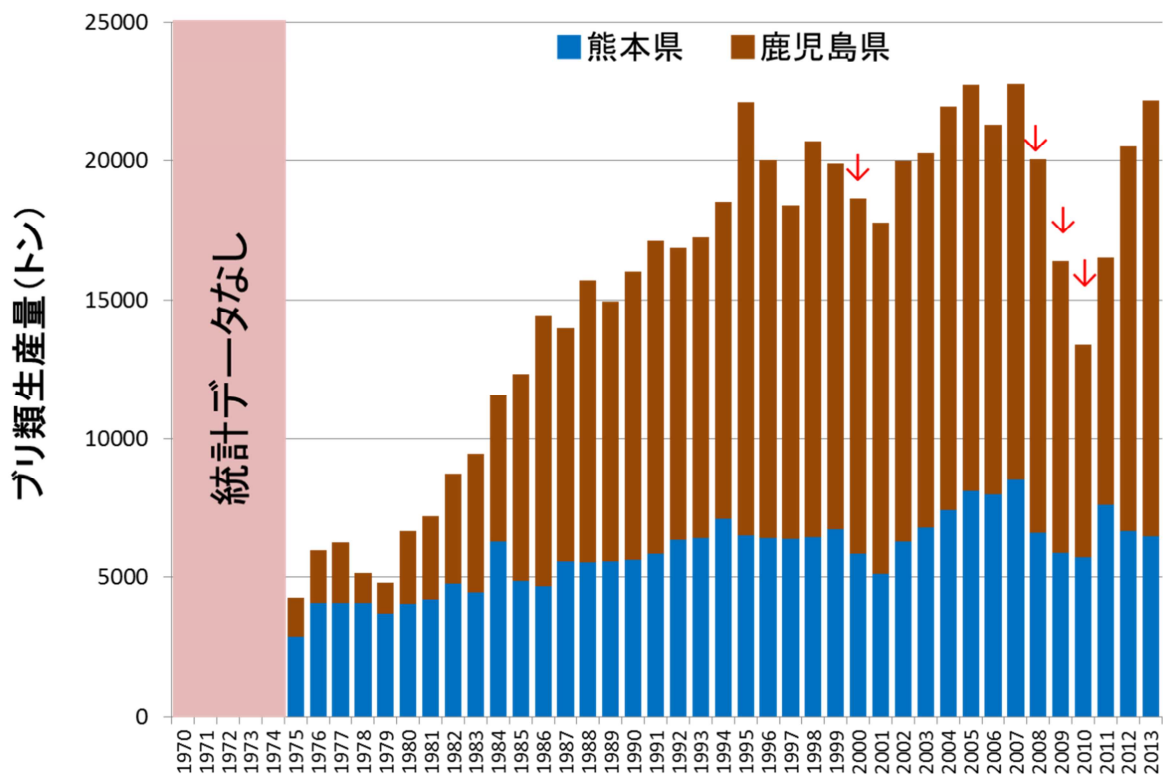


図1 八代海におけるブリ類生産量の経年推移

出典:昭和50～平成25年 熊本農林水産統計年報

及び鹿児島農林水産統計年報より

矢印は赤潮により1億円以上の漁業被害が発生した年を示す

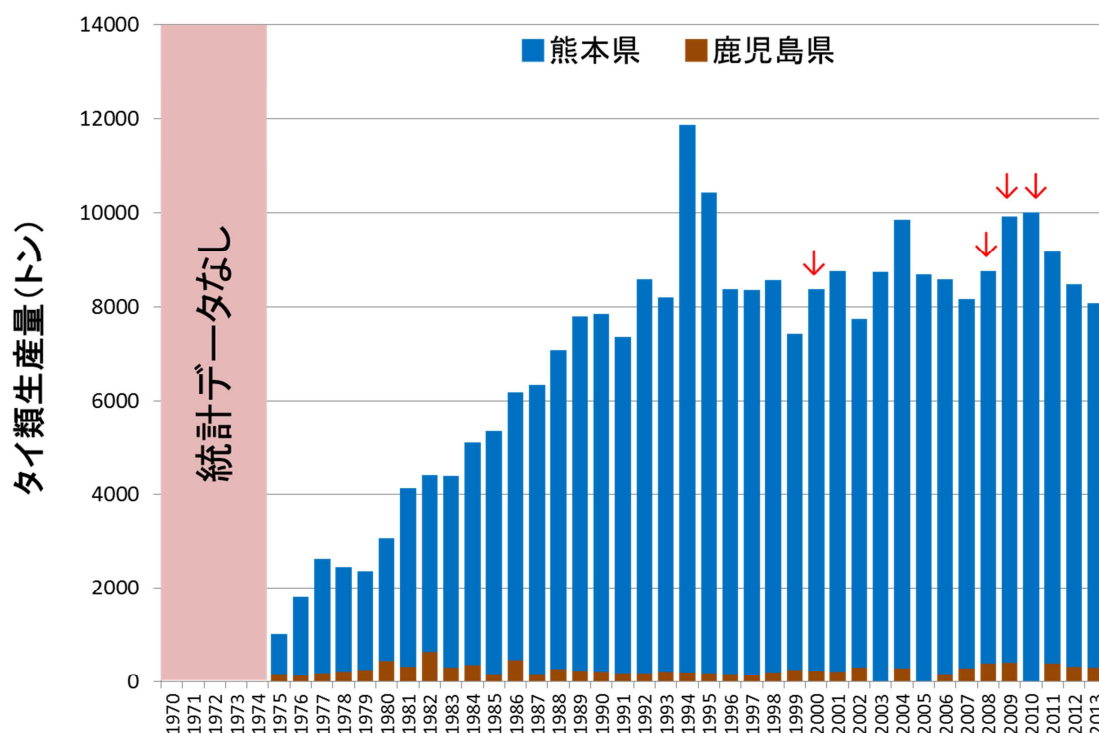


図2 八代海におけるタイ類生産量の経年推移

出典：昭和50～平成25年 熊本農林水産統計年報

及び鹿児島農林水産統計年報より

矢印は赤潮により1億円以上の漁業被害が発生した年を示す

タイ類については、生産量が横ばいに転じた1990年代中頃以降、概ね7,400～12,000トンの範囲で推移している。

赤潮生物のなかでも、コクロディニウム属とシャットネラ属については、魚類、特にブリ類に対する毒性が強いため、赤潮が発生すると養殖魚類に甚大な被害を与えることが知られている。

#### 原因・要因の考察

ブリ類については、2000年以降、特に2009年および2010年に発生した生産減少要因として、主にシャットネラ赤潮による減産の影響が大きい。

シャットネラ赤潮については、有明海においても増加傾向が見られるが、その影響は天然魚介類のへい死、貧酸素の誘発などに限られる。一方で、八代海においては魚類養殖が広範囲に営まれていること、シャットネラは魚類に対する毒性が強く、赤潮が発生すると養殖魚類に甚大な被害を与えることから、この海域における安定した魚類養殖の生産を阻害している重要な要因であると考えられる。



図3 八代海で養殖魚類をへい死させる赤潮生物

八代海におけるシャットネラ属等の赤潮発生について、発生件数、最大細胞密度について図4～5に示した。シャットネラ属は熱帯域から温帯域に広く分布する凡世界種であり、国内では三重県海域、瀬戸内海、舞鶴湾、有明海、八代海、鹿児島湾で赤潮の発生が知られている。瀬戸内海では1970～1980年代に赤潮が猛威をふるったが近年は減少傾向であるが、1980年代中頃から有明海や八代海で本種の赤潮が頻発するようになり、現在国内で有数の赤潮発生海域となっている。

シャットネラ属による赤潮は、1998年まで散発的で規模も小さく、漁業被害はほとんど発生していなかった。しかし、2003～2010年まで発生頻度・規模が急激に拡大し（図6）漁業被害額は2008年に1.8億円（ブリ類やシマアジを中心に7.6万尾へい死）、2009年に28.7億円（ブリ類、マダイ、シマアジ、トラフグを中心に245.4万尾へい死）、2010年に52.7億円（ブリ類、マダイ、シマアジ、トラフグを中心に278.1万尾へい死）をもたらした。

コクロディニウム属に関しては、1978～1981年、1991年、2000～2007年と一定期間ごとにまとまった出現を示していた（図6）。特に2000～2003年にかけての熊本県海域における赤潮発生頻度・規模は大きく、2000年の赤潮発生では魚類養殖魚へ39.8億円（ブリ類、マダイ、シマアジ、トラフグを中心に217万尾へい死）の漁業被害をもたらした。なお、シャットネラ属とコクロディニウム属による魚類のへい死について、鰓機能の障害による窒息死という症状について共通している。

八代海においてはカレニア ミキモトイ赤潮の発生頻度は少なく、1989年、2000年、2009年、2015年に発生している。1989年の赤潮では2.5億円（ブリ類、マダイ、シマアジ、トラフグを中心に15.4万尾へい死）の漁業被害が発生している。

ヘテロシグマ属による赤潮は散発的に発生しているが、上記3種に比較すると毒性が低く、大きな漁業被害は発生していない。

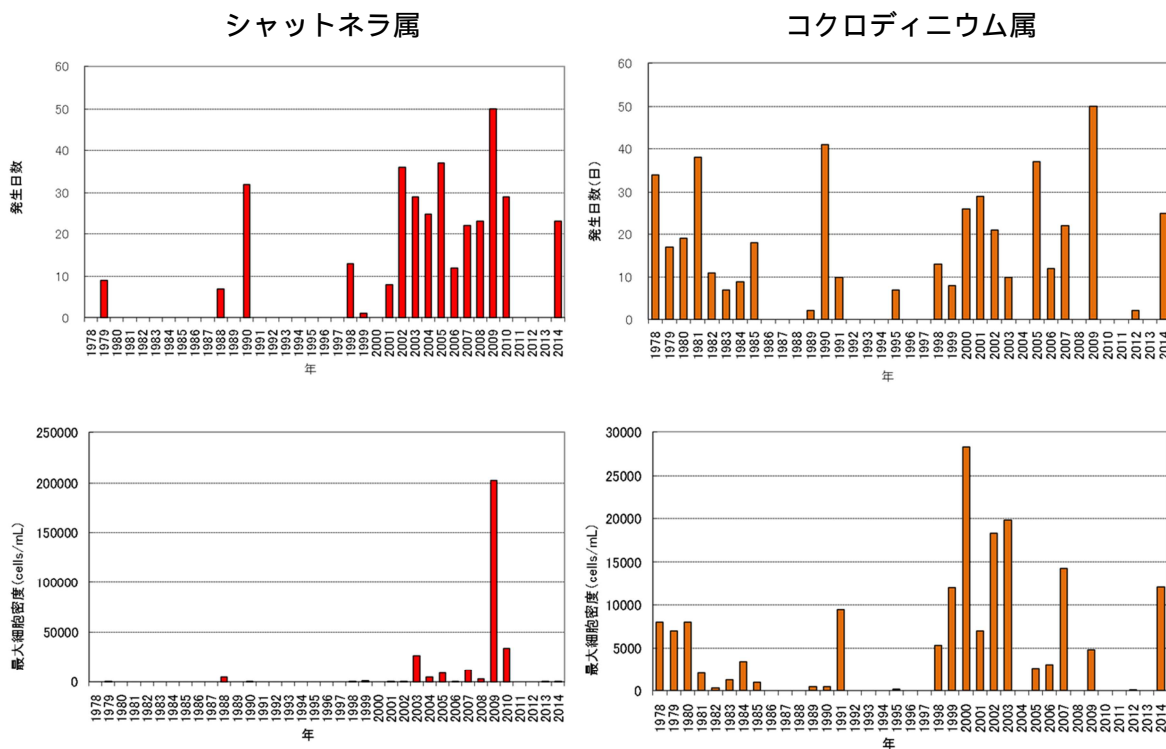


図4 八代海（熊本県海域）におけるシャットネラ属とココロディニウム属による赤潮発生日数、最大細胞密度の経年変化  
九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」より整理

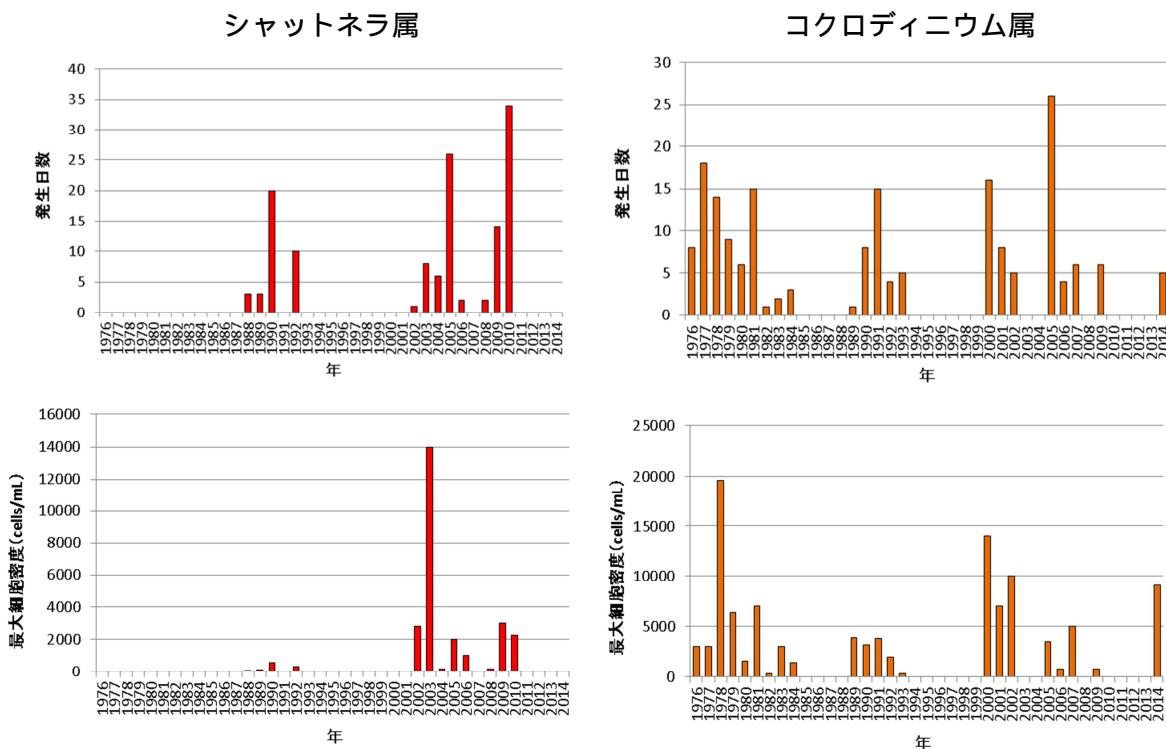


図5 八代海（鹿児島県海域）におけるシャットネラ属とココロディニウム属による赤潮発生日数、最大細胞密度の経年変化  
九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」より整理

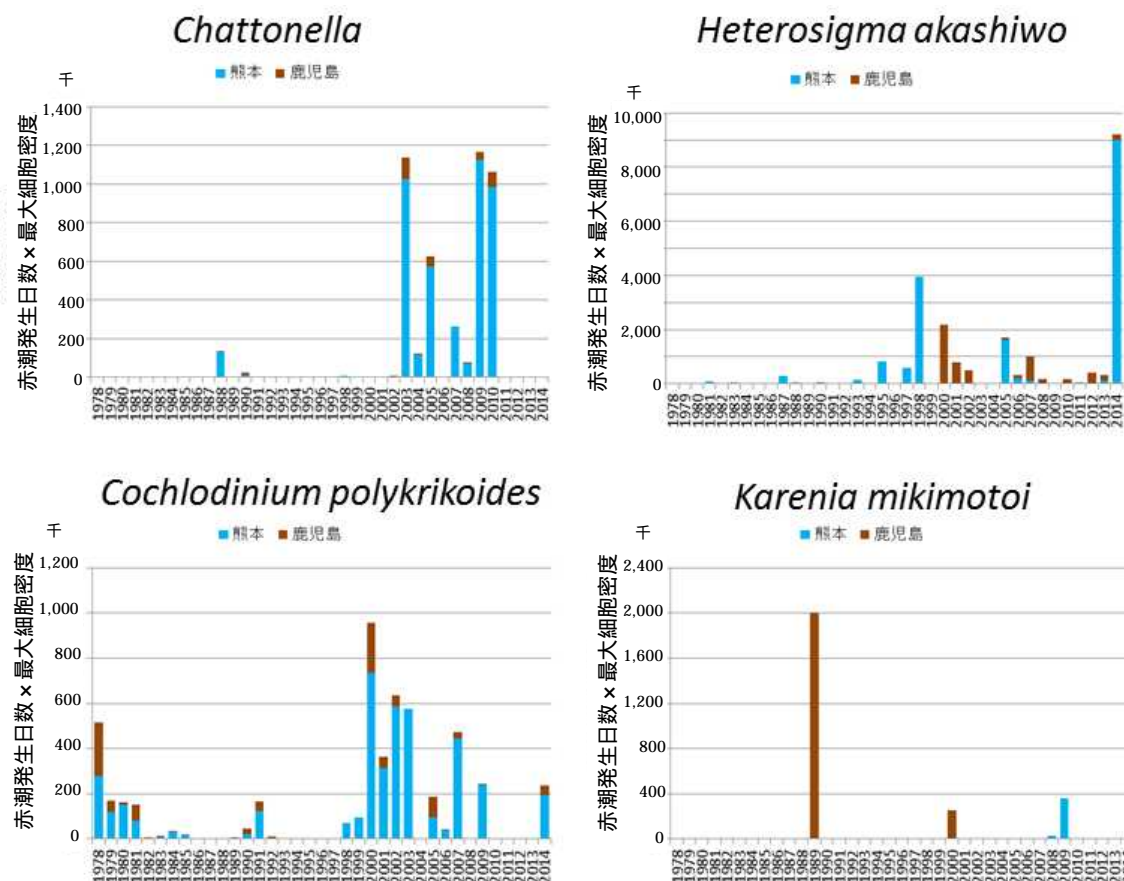


図6 八代海における4種有害赤潮生物の総出現細胞数の経年変化  
 出典：昭和53年～平成26年「九州海域の赤潮（九州漁業調整事務所）」より整理  
 当該年度に複数回赤潮が発生した場合、各発生件数毎に上記の計算を行って合計した。

八代海ではシャットネラ属やコクロディニウム属による赤潮発生が繰り返し発生している。

ここでは、漁業被害が最も大きいシャットネラ属の赤潮発生状況と問題点について考察する。

表1に、2010年の八代海において発生したブリの大量へい死に関する調査結果を示した。各ブリ漁場における毎日のブリ死亡と当日のシャットネラ細胞密度との関係を見たところ、いずれの漁場においてもシャットネラの細胞密度が高い日にブリの死亡も発生しており、本種の細胞密度の上昇がブリのへい死に密接に関連していたことが読み取れる。

表1 2010年赤潮被害発生時のシャットネラ属細胞密度とブリ被害発生状況との関係

Table with columns for fishing grounds (漁場) and dates (6/21 to 7/31). The table contains numerical data representing cell density (top row, red highlights) and mortality rates (bottom row, blue highlights) for various fishing grounds across the period.

各地点の上段（赤色）はシャットネラ属細胞密度（cells/mL）、下段（青色）はブリ被害率（へい死発生イケス数÷全イケス数の%表示）を示す。

細胞密度・被害率の表示色の濃淡を、数値の大小に応じて変えた。水深別・時刻別のシャットネラ密度記録のうち、ブリの分布水深に近い5～10m深におけるデータを抽出し、さらに抽出データの中での日内最大値を、ブリ斃死と関連の深いものとして表示した。空欄は、データがないことを意味する。

次に魚類養殖業の阻害要因であるシャットネラ赤潮の発生と環境要因との関係について考察する。シャットネラ属の生活史を図7に示す。本属は海底泥中で耐久性の休眠孢子(シスト)を形成し、越冬した後に春先に発芽して栄養細胞となり、無性的な2分裂を繰り返すことで増殖する。従って、赤潮の発生はシストの分布と発芽、発芽した栄養細胞の増殖過程の2段階によって影響を受ける。

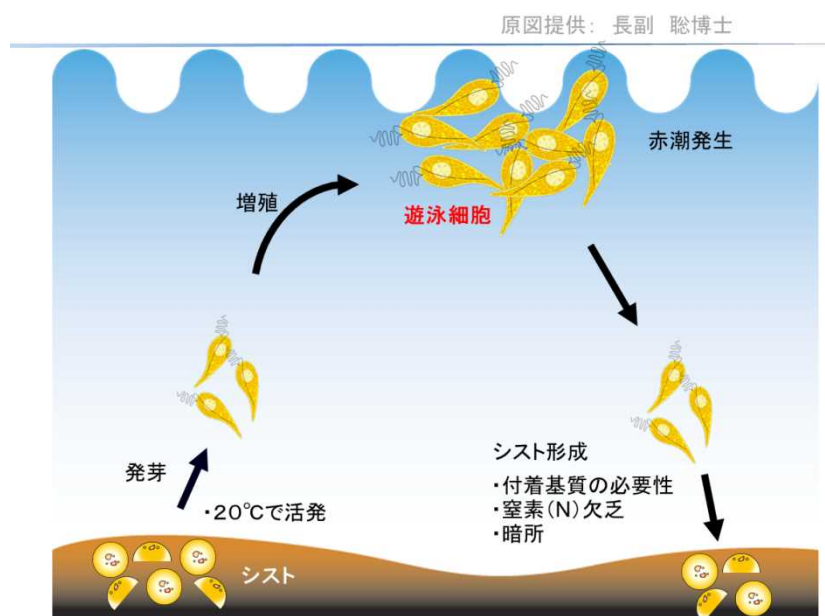


図7 シャットネラ属の生活史

図8に八代海海域におけるシャットネラ属シストの分布を示した。シャットネラ属の休眠孢子は八代海全域に分布している。過去の知見において、シャットネラ属のシストは赤潮発生規模が大きく、かつ底質の泥分率が高い海域において高密度に分布することが知られている(今井 2000)。

シストは広範囲に分布していること、シストの分布には年変動があることなどから、特定の海域が赤潮の初発海域であると断定することは困難である。

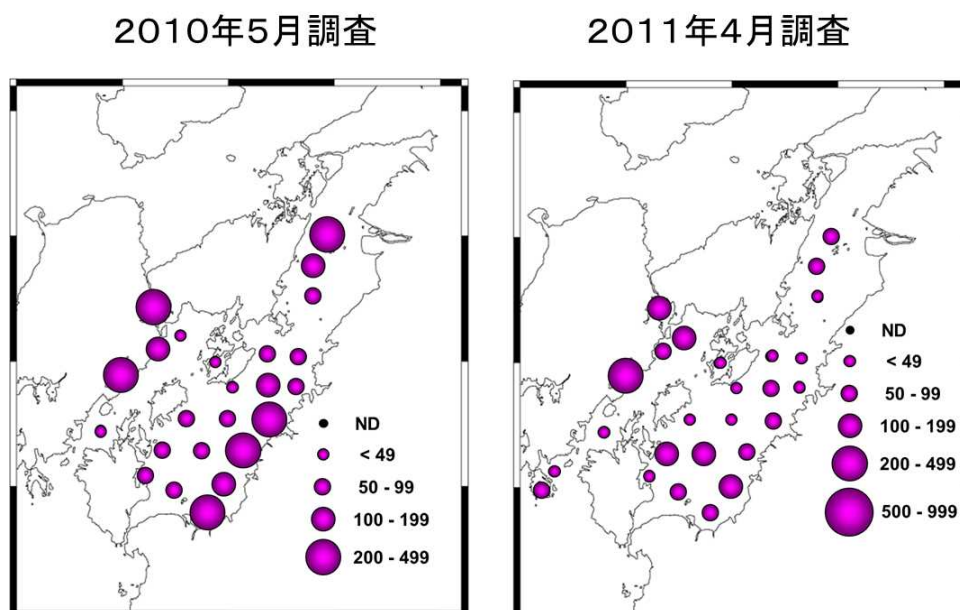


図8 八代海におけるシャットネラ属休眠胞子（シスト）の水平分布  
水産総合研究センター調べ

シストより発芽し、海域へ出現した遊泳細胞は水温の上昇とともに分裂増殖する。これら初期増殖域は通常海水の停滞性が強い海域で見られることが多い。また、河口域など、極度に低塩分化する海域では至適水温であっても増殖阻害を受ける。過去のモニタリング調査の結果から、初期増殖域は Y2 もしくは Y3 海域を中心とした海域であることが推定されている。

遊泳細胞の急激な増殖は水温が 20 度を超える夏期にみられ、室内培養試験から得られた至適増殖水温（図9）と実際の海域における高密度出現時の水温（図10）は概ね一致している。従って、本種の増殖には第一義的に水温が重要な影響を及ぼしていることが推定される。

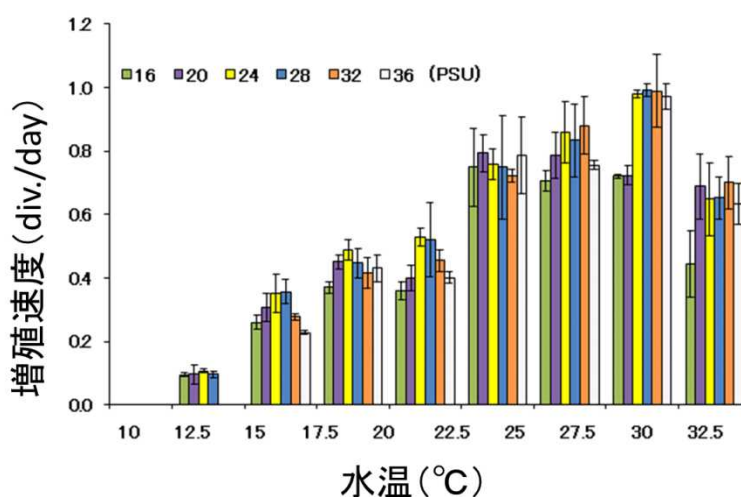


図9 諫早湾産ラフィド藻 *Chattonella antiqua* の水温・塩分に対する増殖応答



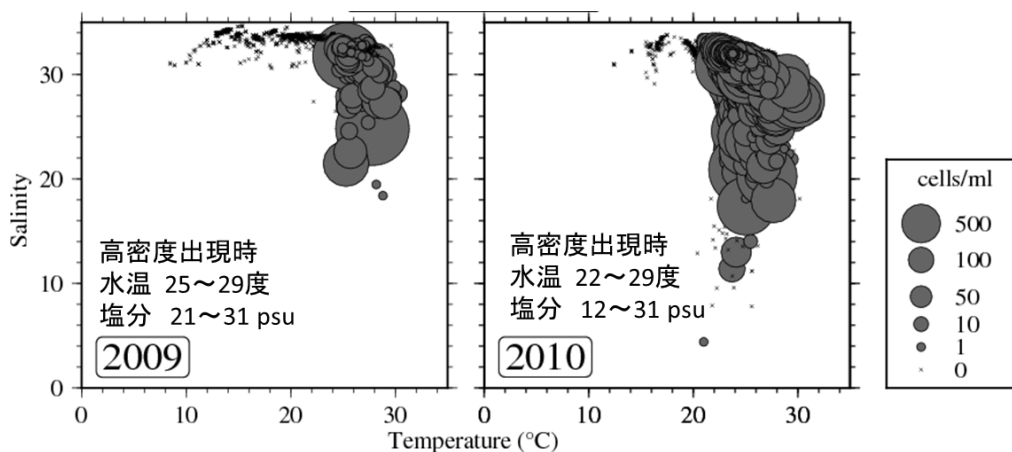


図 10 2009 年および 2010 年八代海における *Chattonella antiqua* 出現密度と水温・塩分の関係

出典：熊本県及び鹿児島県からの提供データを水産総合研究センターで整理

また、折田ら（2013）は、重回帰分析と気象との関係について整理したところ、6月中旬の日照時間、平均風速、入梅日の3項目によって確度高く赤潮発生を予測できることを示した（表2）。また項目と赤潮発生の因果関係について、図11のような関係にあることを推測している。

表2 重回帰分析による八代海における赤潮発生年の予測結果

年	赤潮発生	日照時間 6月中旬水俣	平均風速(北東) 6月八代	入梅日 5月1日起算	予測値	判定 <sup>※</sup>
1988	小発生	26.6	0.7	31.0	-0.6	—
1989	小発生	46.3	0.5	35.0	-0.4	—
1990	発生	67.7	1.3	29.0	0.7	A
1991	非発生	12.8	0.7	18.0	-1.5	B
1992	発生	55.2	0.9	35.0	0.3	A
1993	非発生	16.2	1.1	16.0	-1.0	B
1994	非発生	16.2	0.8	24.0	-1.1	B
1995	非発生	40.5	0.7	24.0	-0.8	B
1996	非発生	9.4	0.7	26.0	-1.2	B
1997	非発生	47.1	0.9	32.0	0.0	B
1998	非発生	35.2	0.5	27.0	-1.0	B
1999	非発生	31.1	0.7	32.0	-0.4	B
2000	非発生	44.4	0.4	25.0	-1.1	B
2001	非発生	55.9	0.8	20.0	-0.6	B
2002	小発生	47.4	1.0	40.0	0.6	—
2003	発生	19.0	1.2	39.0	0.4	A
2004	発生	70.4	1.3	28.0	0.7	A
2005	発生	52.7	1.5	41.0	1.5	A
2006	小発生	44.6	0.9	25.0	-0.3	—
2007	非発生	31.6	0.4	31.0	-1.0	B
2008	小発生	27.6	0.6	27.0	-1.0	—
2009	発生	77.1	1.1	32.0	0.7	A
2010	発生	31.9	1.1	42.0	0.7	A
2011	非発生	5.8	0.9	22.0	-1.2	B
2012	非発生	21.2	1.2	30.0	-0.1	B

※判定 A:発生予想 B:非発生予想 —:判定対象外

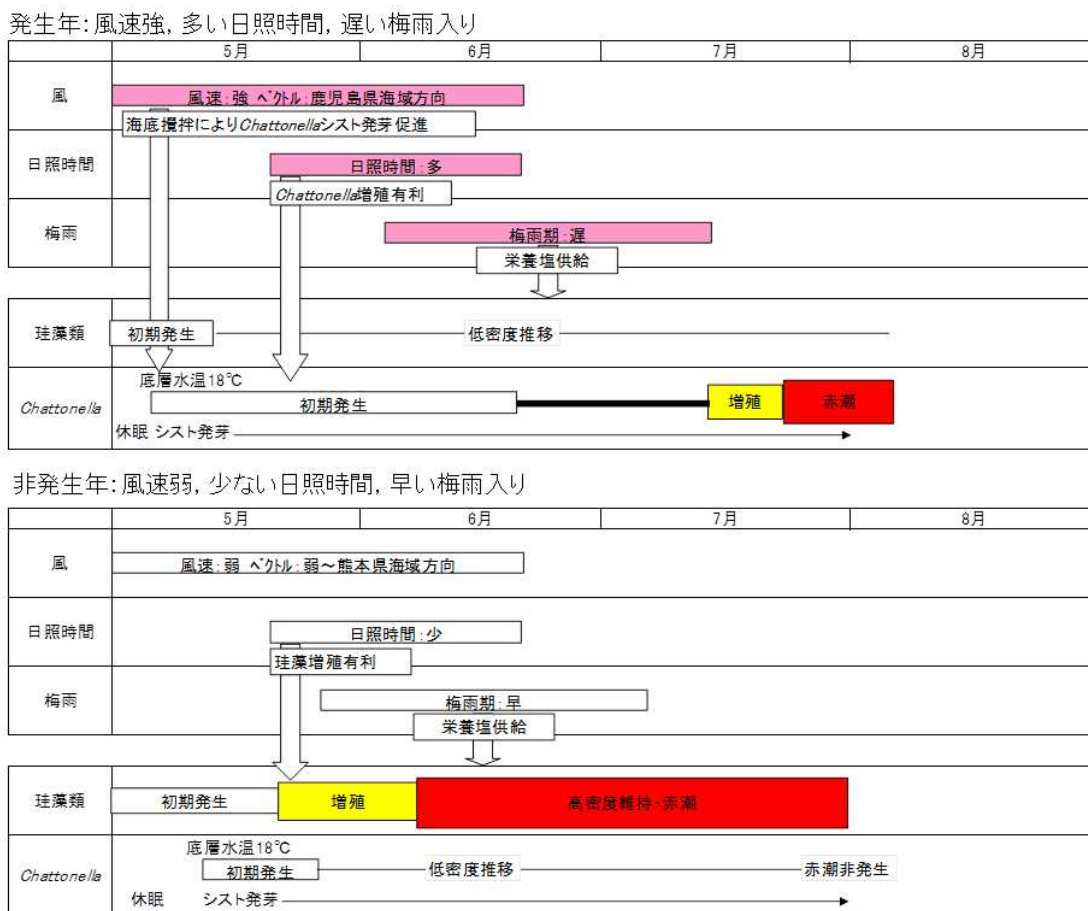
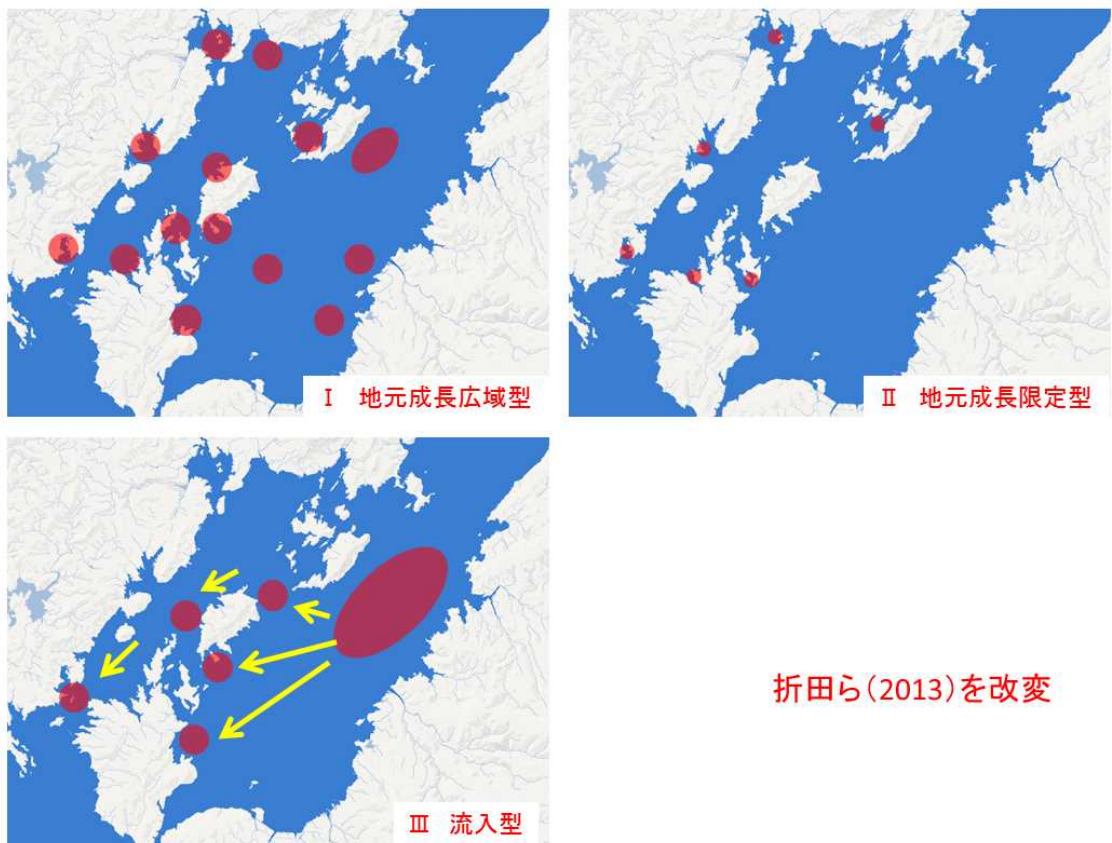


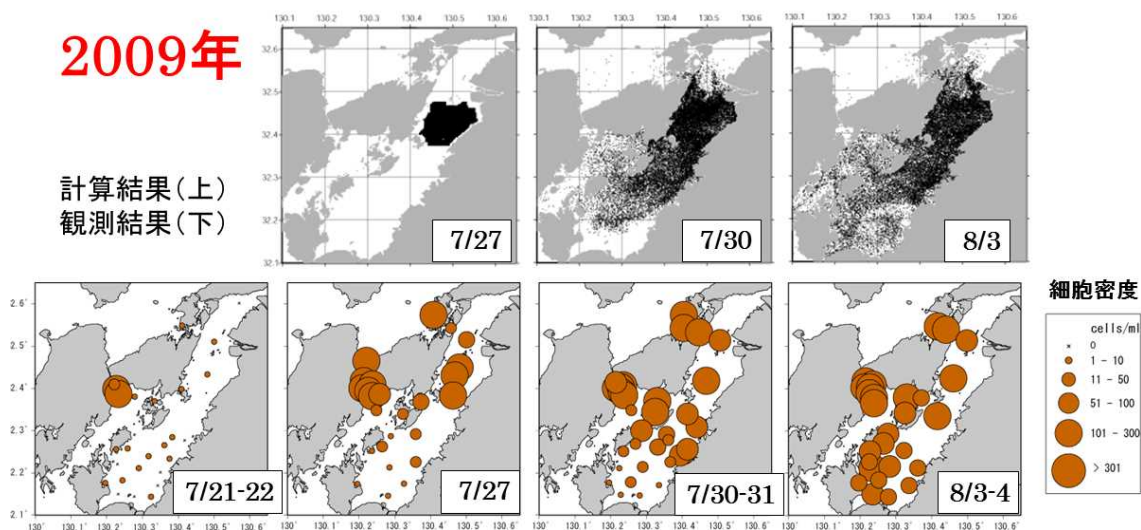
図 11 八代海において赤潮発生に関与する因子の相互作用 (折田ら 2013)

折田ら (2013) は、過去の発生状況から、八代海における赤潮について以下の からのパターンを示している (図 12)。 が発生頻度が高く、漁業被害は と で高くなる。漁業被害が大きかった 2009 年に関しては 型であったと推定されている (Aoki et al. 2012, 図 13)。 型が発生する原因として、河口域からもたらされる豊富な栄養塩を用いて Y2 もしくは Y3 海域で増殖したシャットネラの赤潮水塊が、吹送流や密度流によって主要な漁場が存在する Y4 や Y5 海域へと移流拡散し、急激な細胞密度の上昇によって魚類のへい死を引き起こすためであると推定されている。



折田ら(2013)を改変

図 12 八代海における *Chattonella* 属赤潮の発生パターン (折田ら 2013 年の図を改変)



7/27に八代海北部～中部  
 → 7/30に獅子島～水俣沿岸まで南下  
 → 8/3には南部全域に分布拡大

図 13 粒子追跡実験結果(上段)と2009年シャットネラ赤潮発生状況との関係 (Aoki et al. (2012))

一般的に赤潮の発生には、好適な物理学的環境下(潮流、日照時間・光強度、水温)において、植物プランクトンの生長に必要な栄養塩等の負荷、および競合他種との栄養競合、動物プランクトンによる捕食など、化学的および生物学的要因も影響する。沿岸や内湾域における過度の魚類養殖業の展開は、残餌や糞尿から海域への栄養塩負荷を引き起こすことが知られており、コクロディニウム赤潮については、魚類養殖が盛んな海域で発生頻度が高く、魚類養殖に伴う負荷との関連が示唆されている(平成18年委員会報告書)。魚類養殖においては、生産効率と海域への栄養負荷軽減のため、生餌から水に難溶状のペレット状に加工されたものの割合が増加している(図14)。内湾奥部発生型の赤潮においては、漁場周辺の栄養塩環境も影響していることが推定される。

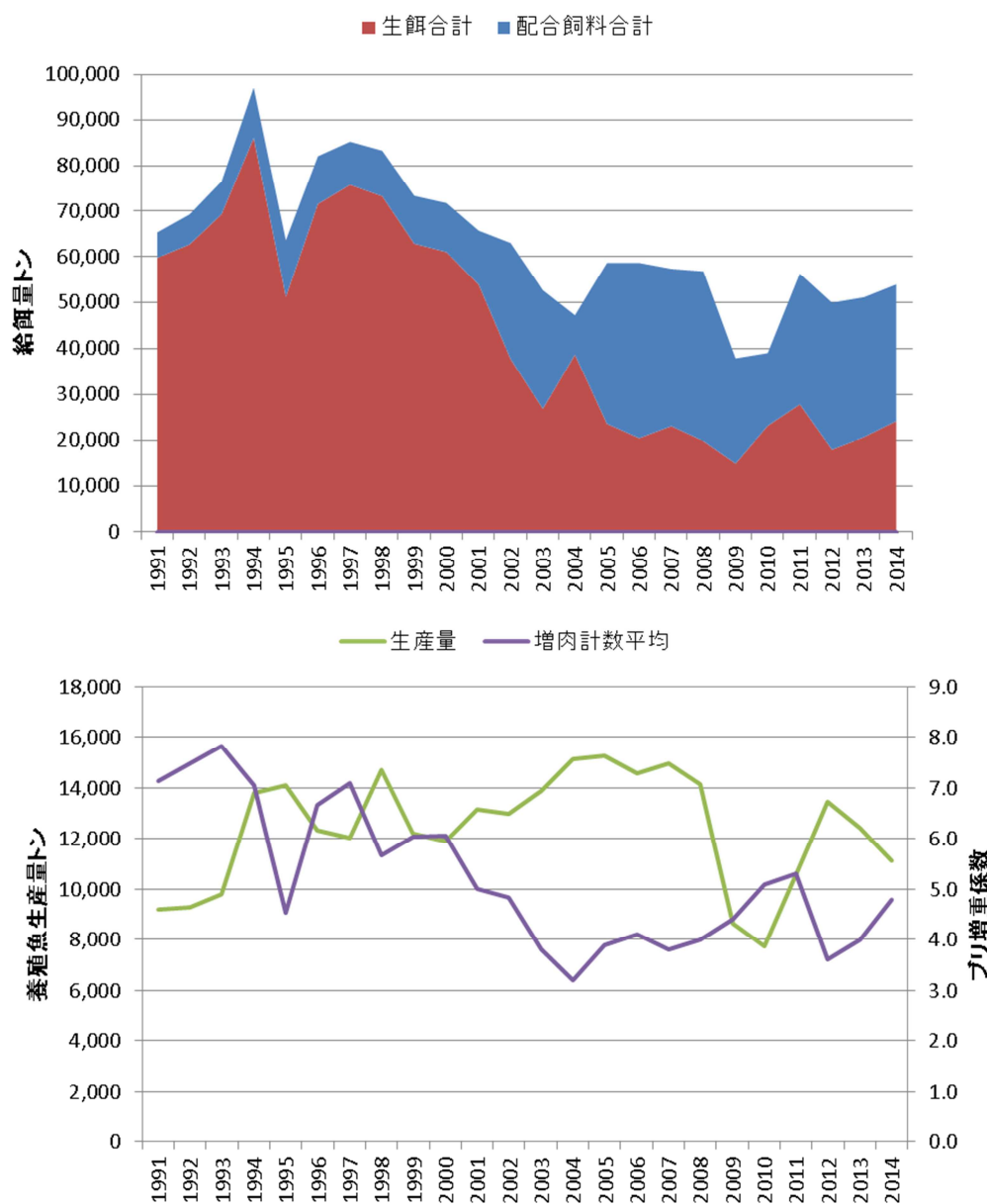


図14 鹿児島県東町漁協における給餌量・餌料形態(上)と養殖魚生産量・ブリ増重係数の経年変化(1991～2014年)

出典：鹿児島県東町漁協提供資料

【ノリの色落ち】

現状と問題点の特定

八代海では、有明海と比較すると規模が小さいものの、湾奥部（熊本県海域）および南東部海域（鹿児島県海域）でノリ養殖が行われている。八代海の熊本県および鹿児島県海域における1980年以降のノリ養殖の生産枚数の推移を図15に示した。熊本県海域におけるノリ養殖の生産枚数は、2000年代前半以降、減少傾向にあり、2009年以降は概ね1千万枚前後で推移している。鹿児島県海域における生産枚数についても、2000年代前半以降、減少傾向にあり、2010年以降は概ね1千万枚弱で推移している。

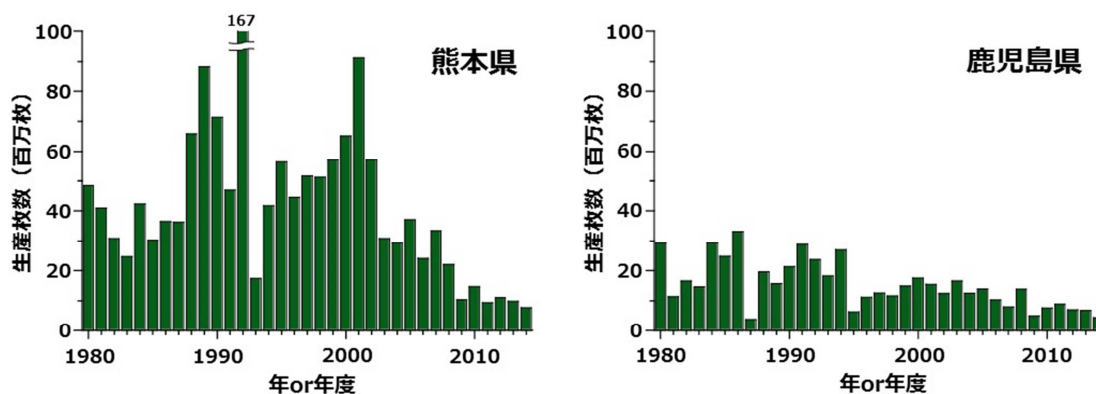


図15 八代海の熊本県および鹿児島県海域における養殖ノリの生産枚数の推移。  
熊本県海域については、1988年までは暦年(1～12月)の集計値、1989年以降は年度(7月～翌6月もしくは9月～翌4月)の集計値。鹿児島県海域については、暦年(1～12月)の集計値。

このように、近年、八代海におけるノリ養殖の生産枚数は減少傾向にあるが、この間、熊本県海域においては、毎年のようにノリの色落ちが発生している(図16)。1999年度以前のノリの色落ちの発生期間に関する記録は残されていない。

	10月			11月			12月			1月			2月			3月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
2000年度																		
2001年度																		
2002年度																		
2003年度																		
2004年度																		
2005年度																		
2006年度																		
2007年度																		
2008年度																		
2009年度																		
2010年度																		
2011年度																		
2012年度																		
2013年度																		
2014年度																		

図16 八代海熊本県海域における2000年度以降のノリの色落ちの発生期間  
出典：熊本県水産研究センター提供資料