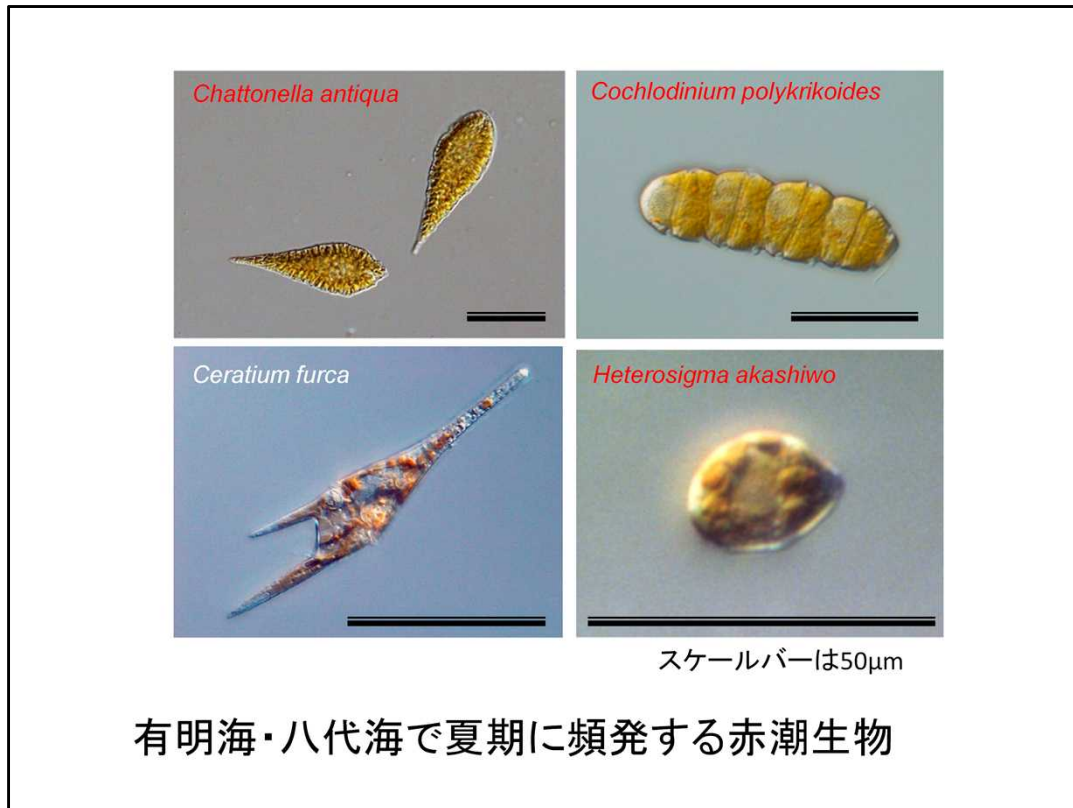


八代海における夏期赤潮の発生
に関する検討状況について

生物・水産資源・水環境問題検討作業小委員会

第34回有明海・八代海総合調査評価委員会提出資料



Chattonella antiqua (Hada) Ono

ラフィド藻綱ラフィドモナス目ヴァキョウラリア科に属する無殻鞭毛藻の一種。細胞長は100μm前後の長楕円形で、細胞前端から2本の鞭毛を出して活発に遊泳する。細胞内に多数の葉緑体を保有しており、光合成で活発に増殖し、日本沿岸で頻りに赤潮を形成する種である。生育は三河湾、瀬戸内海、九州沿岸など、西日本に広く生息する。近年有明海や八代海では頻りに赤潮を形成している。半球形のシストを形成し、海底泥中で越冬する。本種は魚類に対して強い魚毒性を有しており、赤潮が発生する多くの魚介類がへい死して問題となる。

Cochlodinium polykrikoides Margalef

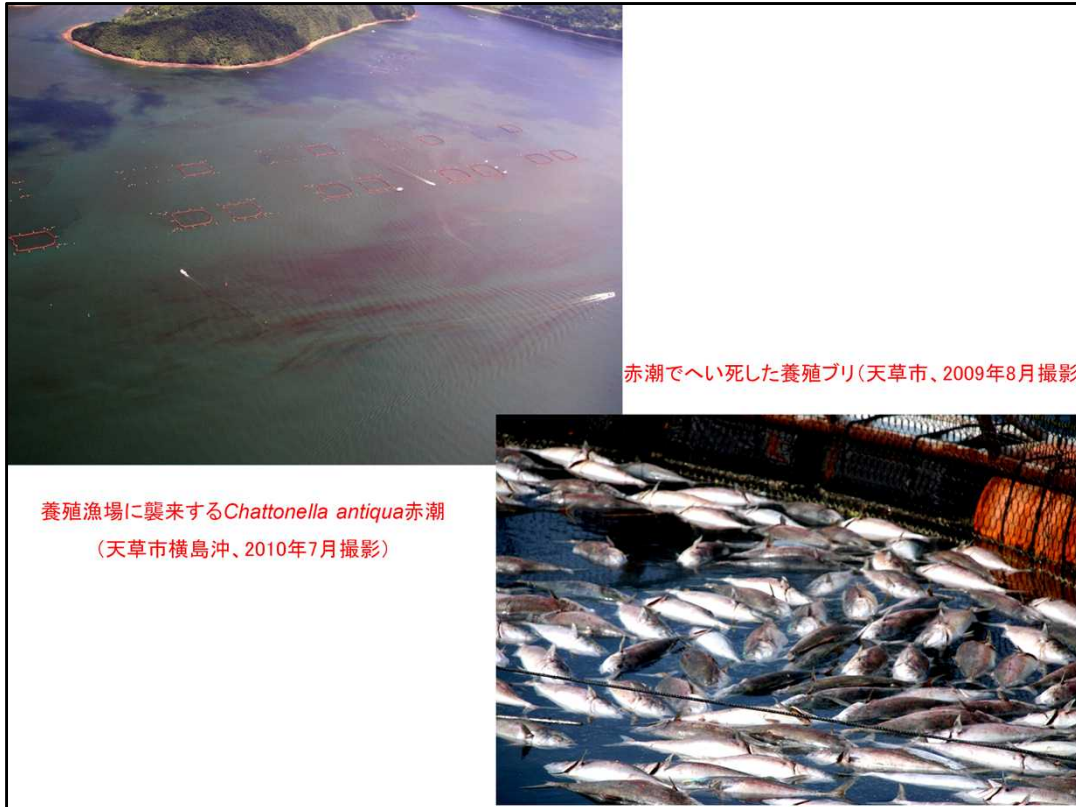
渦鞭毛藻綱ギムノディニウム目ギムノディニウム科に属する無殻鞭毛藻の一種。細胞長は30μm前後で、ほとんど4もしくは8連鎖を形成する。細胞内に多数の葉緑体を保有しており、光合成で活発に増殖し、沿岸域で頻りに赤潮を形成する種である。生育は世界中の熱帯・温帯域に広く認められる。八代海では1970年代後半から頻りに赤潮を形成している。本種も魚類に対して強い魚毒性を有しており、赤潮が発生する多くの魚介類がへい死して問題となる。

Ceratium furca (Ehrenberg) Claparède et Lachmann

渦鞭毛藻綱ペリディニウム目ケラチウム科に属する有殻鞭毛藻の一種。細胞長は100～150μm前後で周年を通じて世界中の内湾・沿岸で卓越し、有明海では頻りに赤潮を形成する。本種の赤潮は魚介類に対してほとんど無害である。

Heterosigma akashiwo (Hada) Hada

ラフィド藻綱ラフィドモナス目ヴァキョウラリア科に属する無殻鞭毛藻の一種。細胞長は15μm前後の楕円形で、形態の変異が大きい。細胞の前端から2本の鞭毛を出して活発に遊泳する。細胞内に多数の葉緑体を保有しており、光合成で活発に増殖し、世界中の内湾・沿岸で頻りに赤潮を形成する種である。西日本では毎年初夏から秋にかけて赤潮の形成が認められる。本種も*Chattonella*属同様にシストを形成し、海底泥中で越冬する。本種は魚類に対して弱い魚毒性を有しており、高密度の赤潮が発生すると多くの魚介類がへい死して問題となる。



資料： 水産庁提供

赤潮が発生すると濃密な細胞の塊(パッチと呼ぶ)が風や潮流で漂い、養殖魚が飼育されている生簀などに来襲する。

特にブリなどの回遊魚は赤潮に対する耐性が低く、致死的密度に襲われると数時間以内にへい死する。

赤潮による漁業被害額

順位	発生年	発生海域	被害額 (億円)	赤潮原因種	被害内容
1	昭和47年 (1972年)	播磨灘	71	シャットネラ	養殖ハマチ1,428万尾
2	平成22年 (2010年)	八代海, 有明海, 橘湾	54	シャットネラ	養殖ブリ等285万尾
3	平成12年 (2000年)	八代海	40	コクロディニウム	養殖ブリ等201万尾
4	平成10年 (1998年)	安芸灘(広島湾)	39	ヘテロカプサ	養殖マガキ8,518万枚, 養殖アサリ240トン
5	平成21年 (2009年)	八代海, 有明海, 橘湾	33	シャットネラ	養殖ブリ等209万尾

水産庁とりまとめ資料

資料：「瀬戸内海の赤潮」「九州海域の赤潮」

2009年と2010年の八代海を中心とした赤潮被害は甚大で、それぞれ過去の国内の赤潮による漁業被害額の5位と2位に相当する。

また2000年には八代海における*Cochlodinium polykrikoides*による漁業被害が3位となっているように、八代海では赤潮問題が地域の養殖業の最大の懸案事項となっている。

H18年委員会報告の概要

①冬季の水温上昇

→冬季珪藻赤潮の増大

②透明度上昇(潮流低下による)

→基礎生産の増大

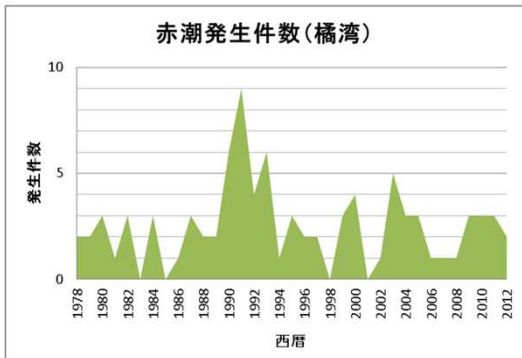
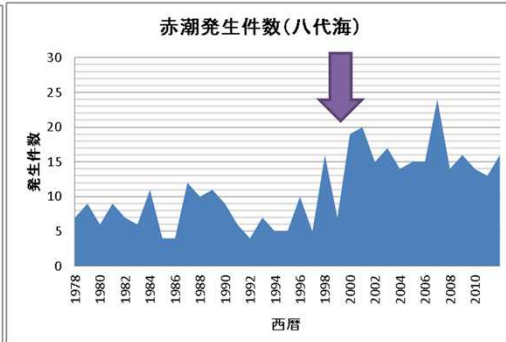
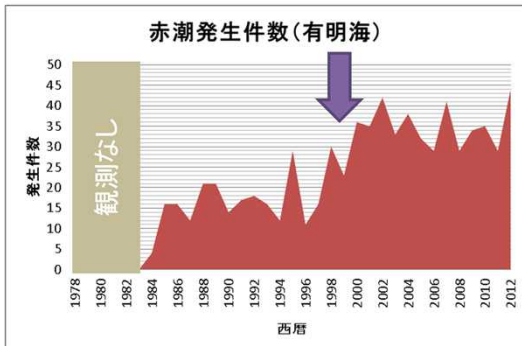
③富栄養化・貧酸素化

→栄養塩供給

④浄化能力の低下(二枚貝減少による)

⑤潮流の低下

アンダーラインは八代海でも想定されるシナリオ



九州西岸域における赤潮発生件数の推移

特徴

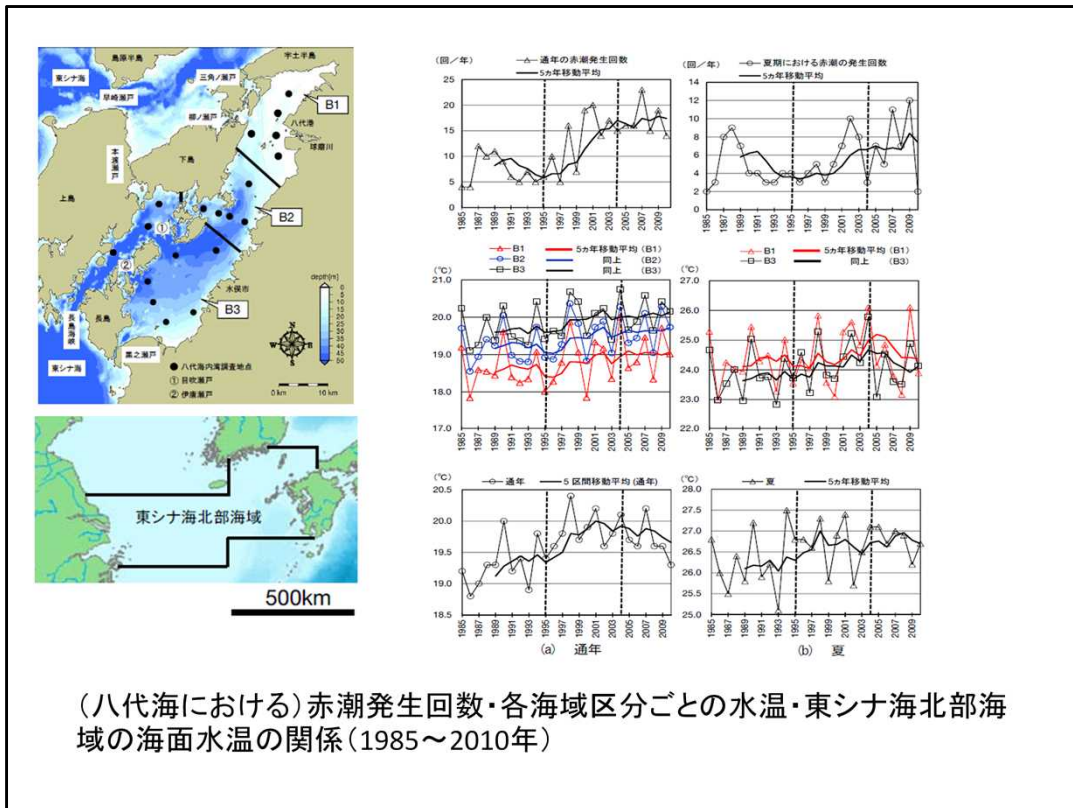
○1998年以降、有明海や八代海で発生件数の増加が顕著(冬期の珪藻赤潮件数が増大)

資料：水産庁九州漁業調整事務所 昭和53～平成24年「九州海域の赤潮」

八代海における2000年以降のシャット ネラ赤潮発生頻度の増加要因について

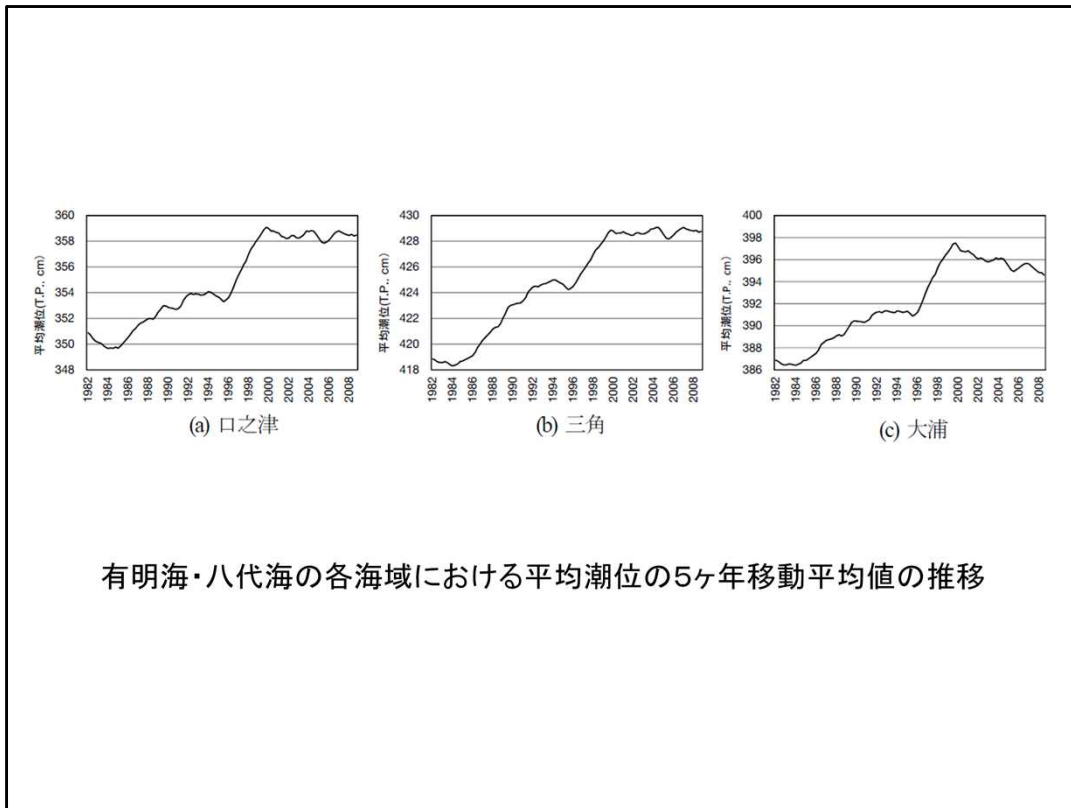
H18年の委員会報告において、1998年以降の有明海におけるシャットネラ赤潮の増大に、潮流低下と海底無酸素化との因果関係が示唆されている。

八代海側でのシャットネラ赤潮が増大している理由については明確にされていない。



出典： 園田 吉弘・滝川 清・川崎 信司・青山千春・齋藤 孝 (2013) 八代海海域における水質環境特性. 土木学会論文集B3 (海洋開発), 69(2), 1240-1245.

八代海における赤潮発生回数と各海域の水温上昇、接続海域である外海側の水温上昇がほぼ連動している。

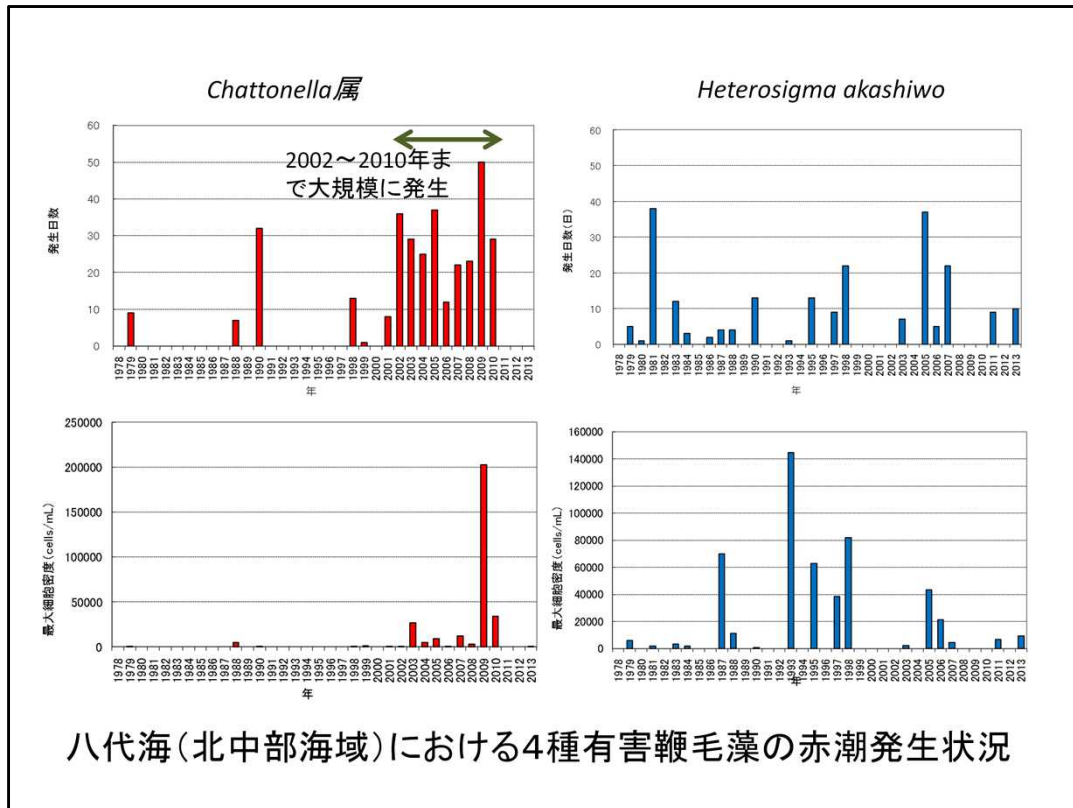


出典：園田吉弘・滝川 清・荒巻智子・川崎信司・齋藤孝(2014) 観測データによる、有明・八代海海域における水産、塩分、潮位の時系列変動特性. 土木学会論文集B3 (海洋開発), 70 (2), 1163-1169

海水温の上昇とともに平均潮位も徐々に高くなっており、特に2000年前後をピークに有明海も八代海も潮位が高くなっている。

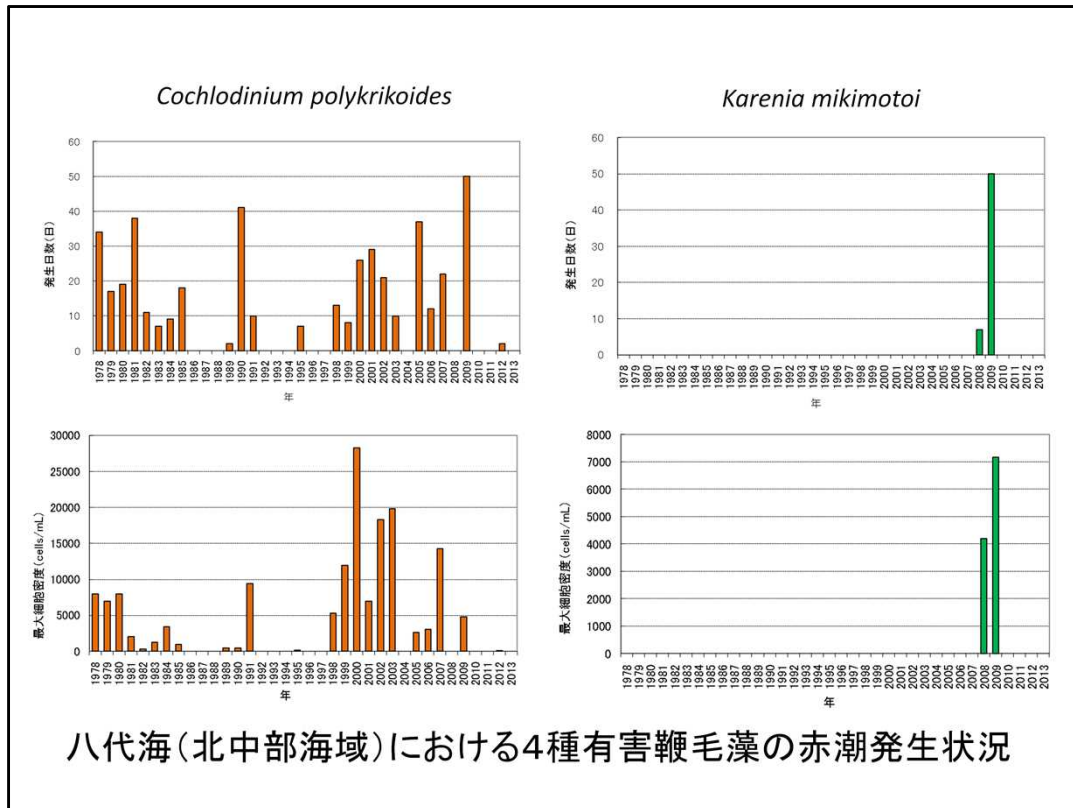
水質・海域構造・赤潮
発生状況からみた八
代海の海域区分案





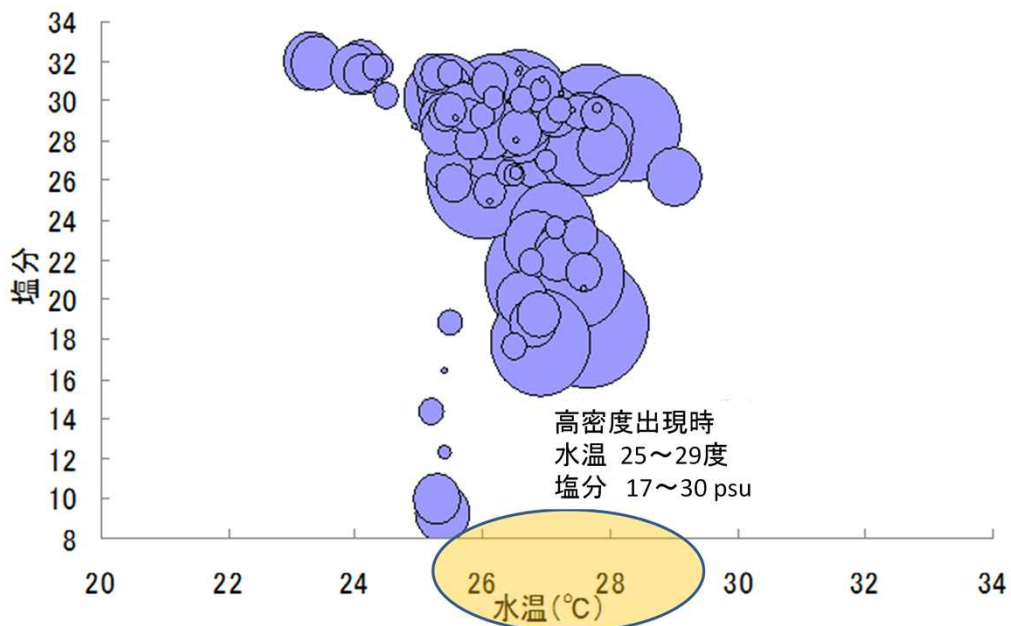
資料：水産庁九州漁業調整事務所 昭和53～平成25年「九州海域の赤潮」

*Chattonella*属の発生頻度は2002～2010年まで大規模に発生していた。*Heterosigma akashiwo*については明瞭な傾向は見いだせない



資料：水産庁九州漁業調整事務所 昭和53～平成25年「九州海域の赤潮」

*Cochlodinium polykrikoides*については、1986～1988年、1992～1997年にほとんど発生しない期間が認められる。九州西岸や瀬戸内海で問題となる*Karenia mikimotoi*については八代海での出現は低調である

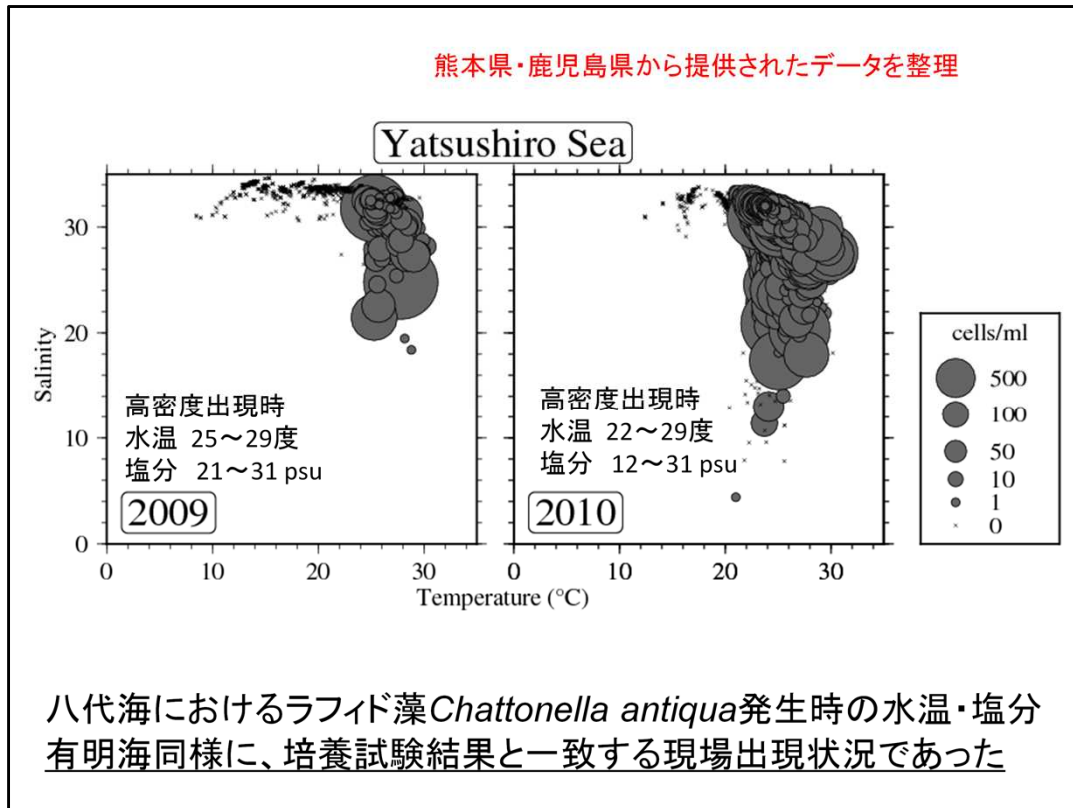


2009年有明海におけるラフィド藻*Chattonella antiqua*発生時の水温・塩分

資料： 水産総合研究センター西海区水産研究所提供

2009年に有明海沿岸4自治体と西海区水産研究所の観測結果から、出現時の水温と塩分を整理した

出現水温は23~29°Cの範囲で、高い細胞密度は26~28°Cの範囲で観察されており、培養試験における最高増殖温度付近で発生していたことが分かる

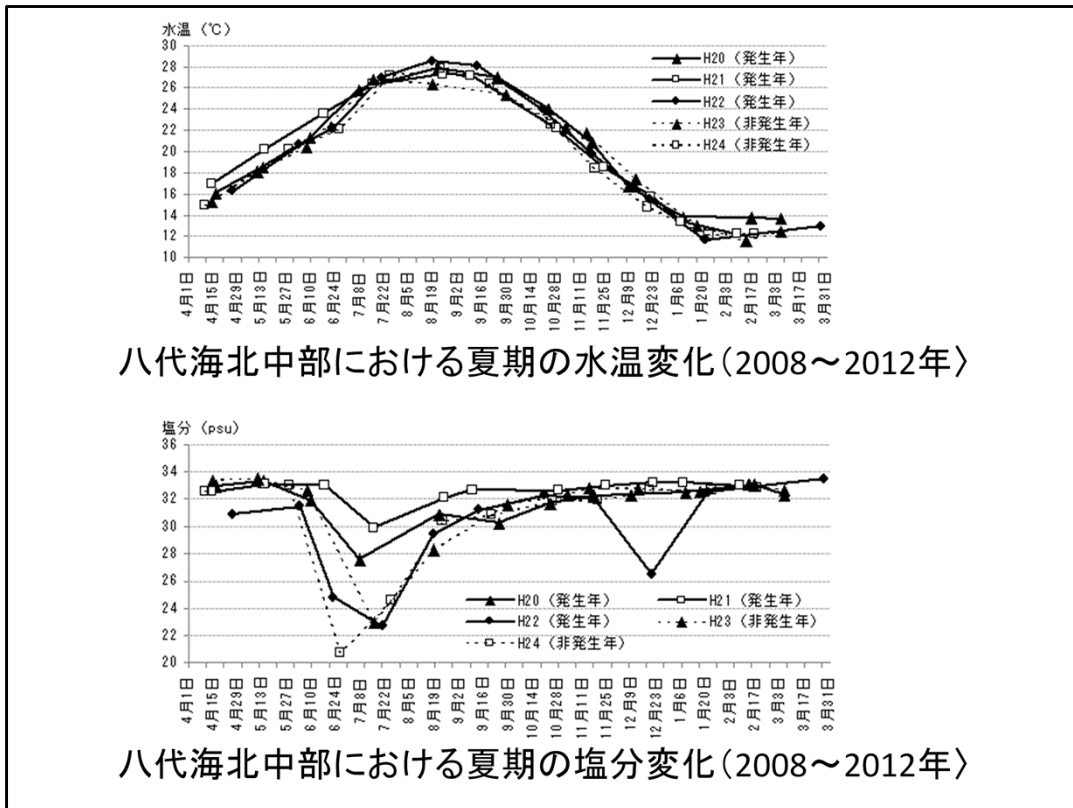


資料：水産総合研究センター西海区水産研究所提供

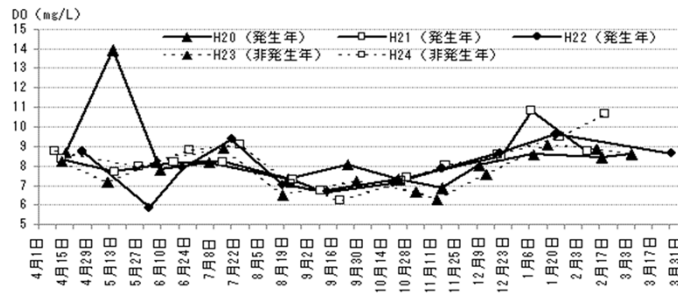
2009年と2010年に八代海沿岸2自治体の観測結果から、出現時の水温と塩分を整理した

いずれの年度も出現水温は23～29℃の範囲で、高い細胞密度は26～28℃の範囲で観察されており、有明海同様に、培養試験における最高増殖温度付近で発生していたことが分かる。

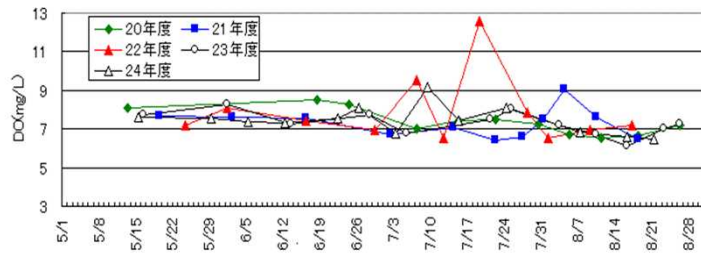
従って、水温と塩分については、シャットネラ赤潮発生を推定する重要因子である。



出典：水産総合研究センター・熊本県・鹿児島県(2013)平成24年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「八代海・鹿児島湾における有害赤潮等分布拡大防止報告書」, pp.58



八代海北中部における溶存酸素の水温変化(2008~2012年)



八代海北中部における溶存酸素の塩分変化(2008~2012年)

出典：水産総合研究センター・熊本県・鹿児島県(2013)平成24年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「八代海・鹿児島湾における有害赤潮等分布拡大防止報告書」, pp.58

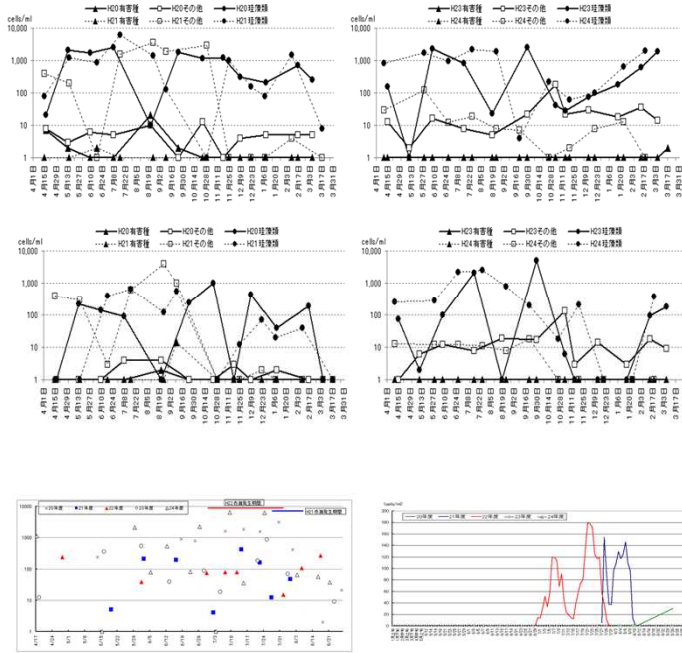
珪藻類との種間競争

一般的に赤潮鞭毛藻は珪藻類よりも増殖速度が低いため、基本的に栄養競争では不利となる。従って、珪藻類が最大の競争者である

有明海では珪藻類が衰退した隙間(niche)で鞭毛藻赤潮が発生していることが判明した

八代海でも同様な資料の収集と整理が必要

水産庁赤潮貧酸素事業(H20~24年)
で取得されたプランクトン組成変化

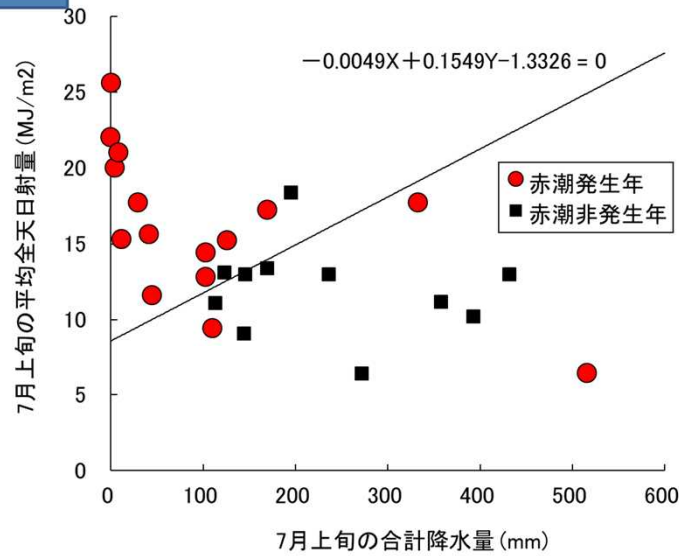


八代海北部海域

八代海中部海域

八代海南部海域

出典：水産総合研究センター・熊本県・鹿児島県(2013)平成24年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮貧酸素水塊漁業被害防止対策事業「八代海・鹿児島湾における有害赤潮等分布拡大防止報告書」, pp.58



7月上旬の合計降水量および平均全天日射量と*Chattonella* 赤潮の発生年・非発生年との関係。数式は判別関数1でZ=0としたもの。

(松原ほか 2011)

出典：松原 賢, 横尾一成, 古賀英昭 (2011) 有明海佐賀県海域における*Chattonella*赤潮の発生予察. 日本プランクトン学会報, 58(1), 18-22

有明海佐賀県海域における*Chattonella*赤潮の判別分析(1984-2009年までの気象データを使用)

判別関数1: $Z = -0.0049 \times (\text{7月上旬の合計降水量}) + 0.1549 \times (\text{7月上旬の平均全天日射量}) - 1.3326$

判別関数2: $Z = -0.0012 \times (\text{7月上旬の合計降水量}) + 0.029 \times (\text{7月上旬の平均全天日射量}) + 0.0654 \times (\text{5月下旬の平均全天日射量}) - 1.3364$

$Z > 0$ となる年が*Chattonella*赤潮の発生年

有明海におけるシャットネラ赤潮 発生に関する因子

降水量が平年より少ない

→珪藻類の増殖が低調で競合者が少なくなる

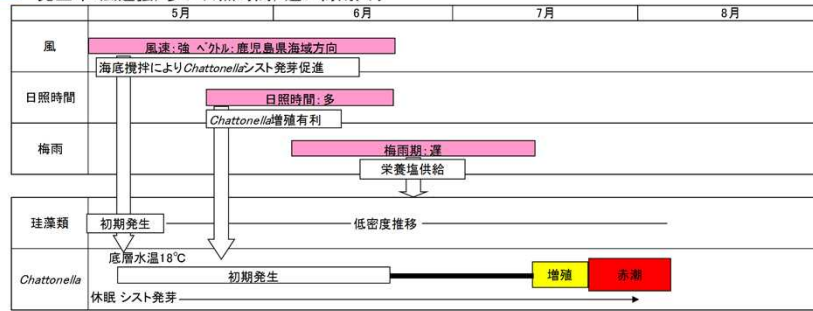
赤潮直前に高日照

→透明度が低い有明海において、増殖に高い照度を必要とするシャットネラには必要な環境条件

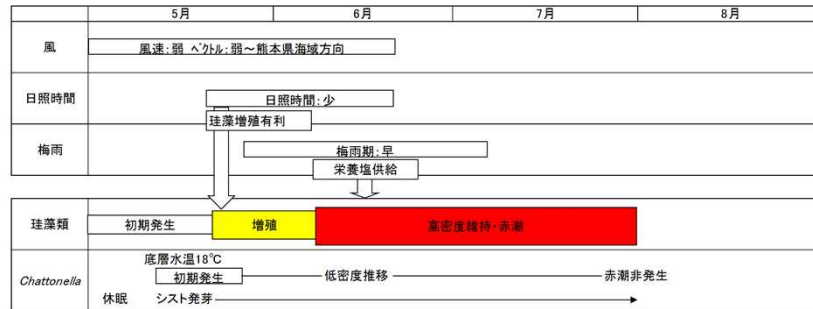
還元化した底層からの栄養塩溶出

→日周鉛直移動能力により、底泥表面の栄養塩まで利用することが可能。珪藻との競合関係において生態学的優位性を維持

発生年：風速強、多い日照時間、遅い梅雨入り



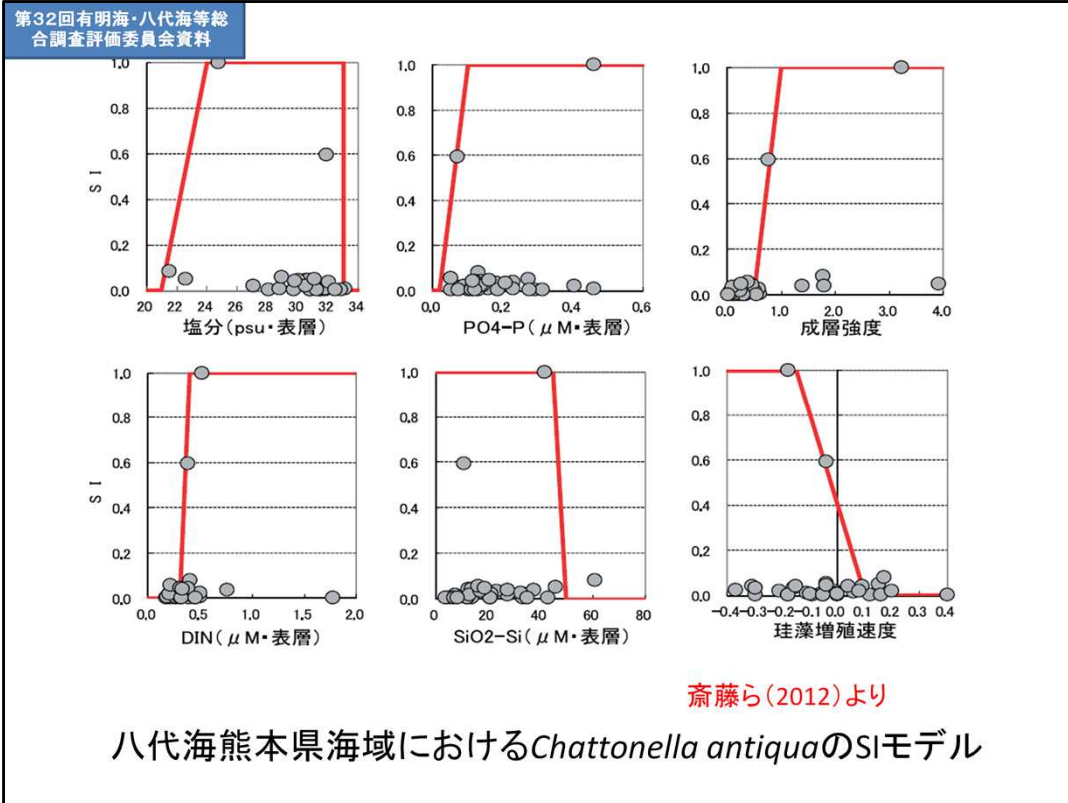
非発生年：風速弱、少ない日照時間、早い梅雨入り



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)

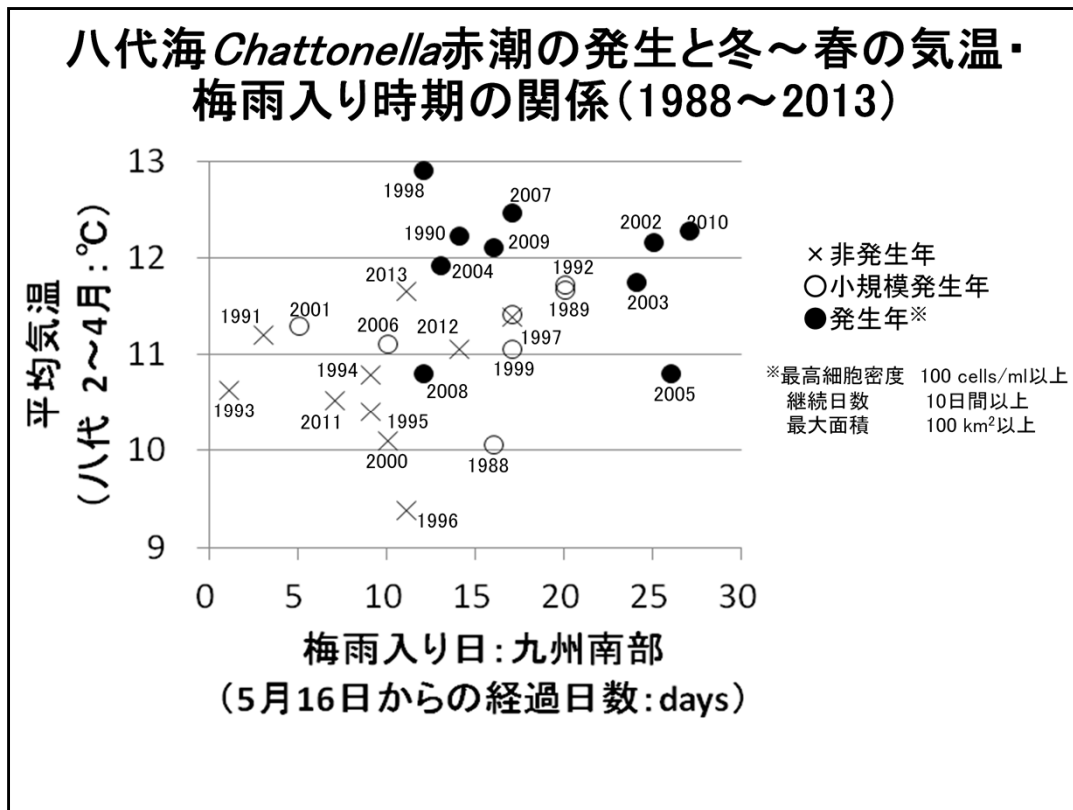
出典：折田和三, 西 広海, 田原義雄, 中村章彦(2013) 統計学的手法を用いた八代海のChattonella赤潮発生に関与する要因抽出と予察の可能性. 鹿児島県水産技術開発センター研究報告,4, 24-32.

重回帰で関連性が認められた項目が、Chattonella属赤潮発生に影響すると想定されるパスウェイを図示したもの。



出典： 齋藤 孝, 滝川 清, 園田吉弘, 高日新也(2012) 八代海における有害赤潮藻*Chattonella antiqua*のHSモデルによる発生予測. 土木学会論文集B2(海岸工学), 68,(2), 11051-1055

除歪対応分析(DCA)手法を用いて、八代海で観測された*Chattonella antiqua*赤潮と気象、海象、水質環境との関係を解析したところ、塩分、DIP、成層強度、DIN、SiO₂-Si、珪藻増殖速度が要因として抽出された。これら6要因を用いてSIモデルを作成し、*C. antiqua*出現密度の予測を試みた。これらの6要因のうち、特にDIN、成層強度、珪藻増殖速度の3要因については、*C. antiqua*の出現に強く影響を及ぼしている。



出典: Onitsuka G., Aoki K., Shimizu M. (2014) Meteorological conditions preceding *Chattonella* bloom events in the Yatsushiro Sea, Japan, and possible links with the East Asian monsoon. *Fisheries Science*, in press.

八代海におけるシャットネラ赤潮と、冬期の八代市の気温、九州南部の入梅日との関係

冬期の平均気温が高く、入梅日が遅いほど赤潮発生規模が増大する傾向が伺える

折田ら(2013)においても、多い日照時間、遅い梅雨入りの組み合わせにおいてシャットネラ赤潮が発生することが指摘されており、八代海における本種の出現を気象から予測する上で重要な因子であると判断される。

八代海におけるシャットネラ赤潮 発生に関する因子

5・6月に風が強い

→底層攪乱によるシスト発芽促進

5・6月に高日照

→初期発芽細胞の増殖促進？

発生時期にDINが低い

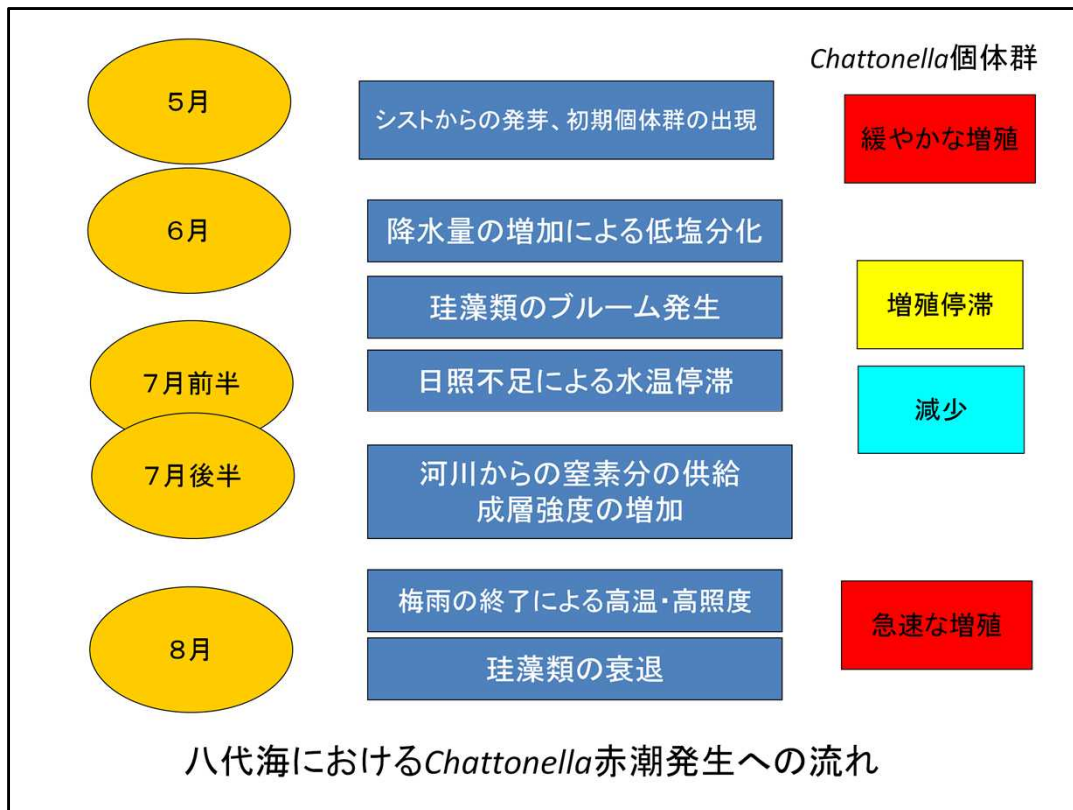
→河川水の流入が少ない、あるいは珪藻ブルーム後で表層栄養塩が枯渇

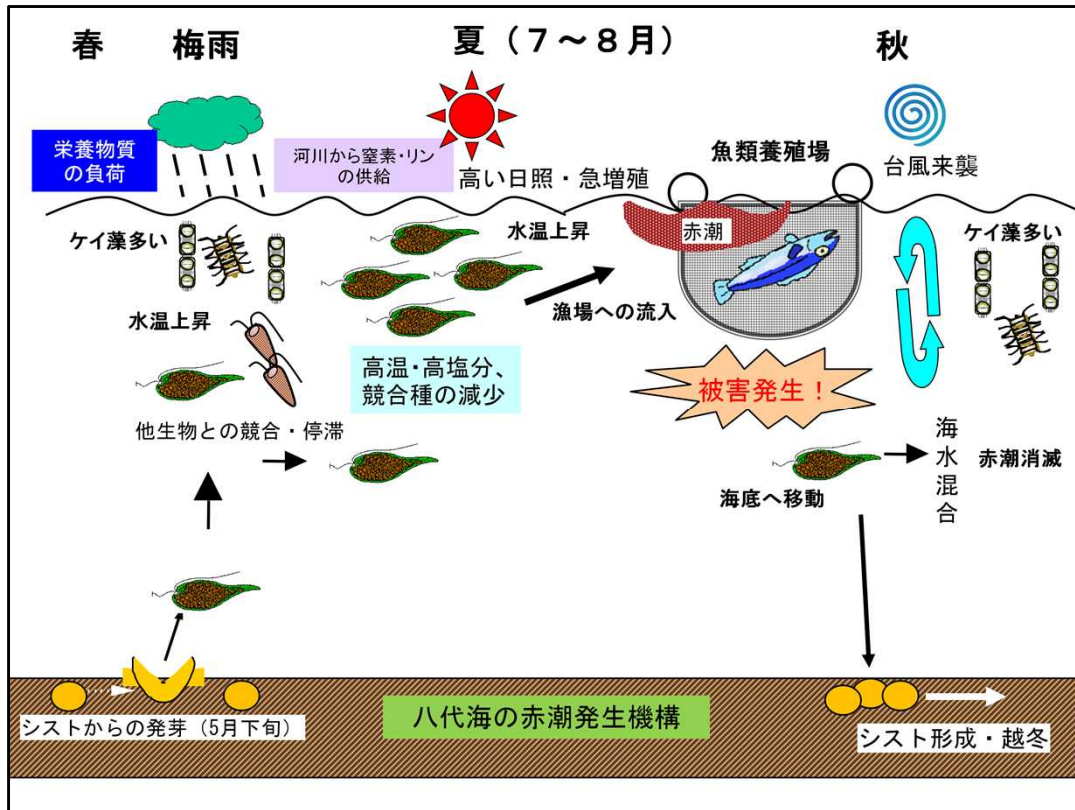
競合プランクトンが少ない

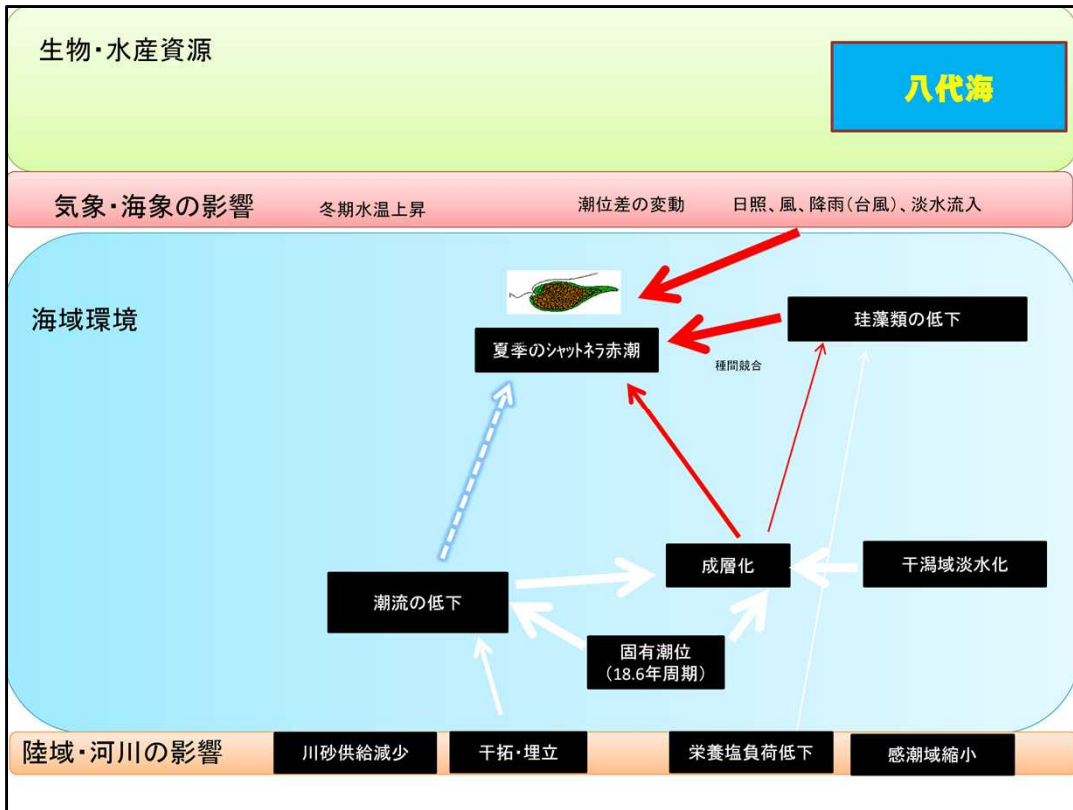
→有明海同様に種間競合が発生している

入梅日が遅い

→有明海同様に降水量が少ないと珪藻類の出現が低調、あるいは発生盛期に降雨が集中して赤潮発生時に過剰な栄養塩供給がおきるため？







八代海における赤潮発生機構について

- 出現時の気象、海象(水温・塩分)、競合生物との関係については、有明海側で整理された項目と合致する部分が多い。
- 2000年以降の赤潮増加については、連動する環境因子(水温上昇や潮位)は特定されたが、具体的にどのように赤潮発生件数に作用しているか、より詳細な検討が必要である。
- 発生予察に関して複数の因子間の相互作用が提案されているが、科学的整理を進めて行く。