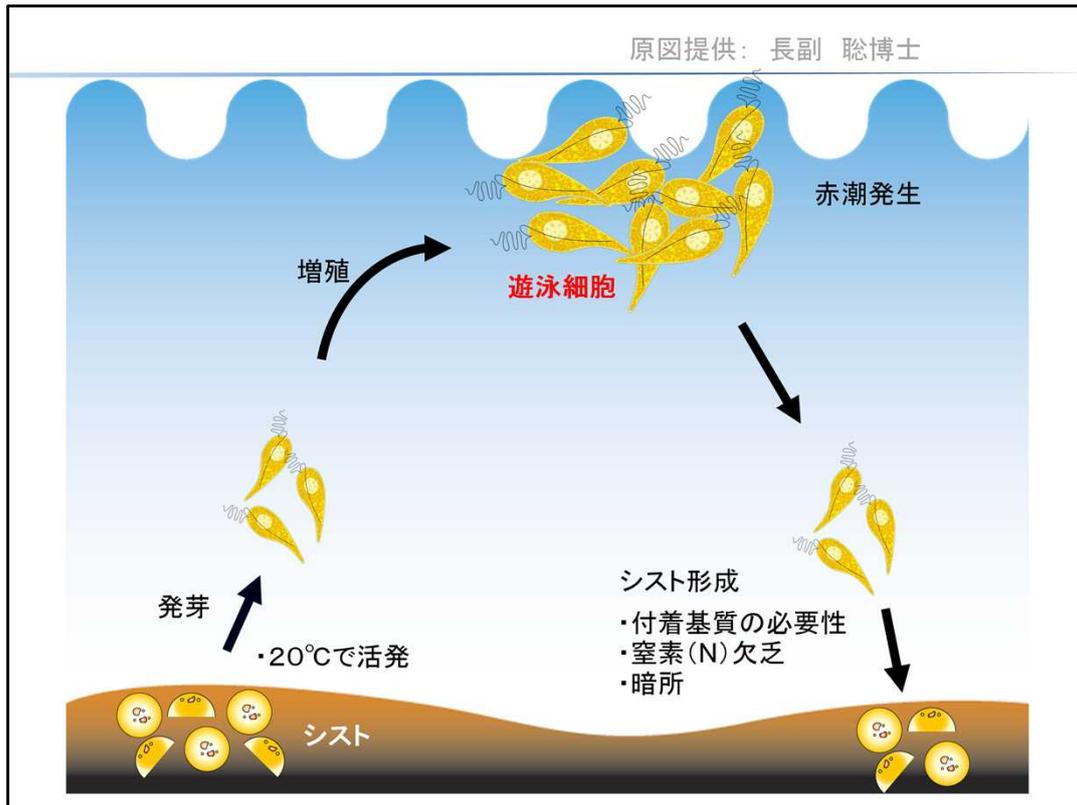


(4)

# 現場海域における赤潮 生物の出現特性

初期出現と赤潮の移流現象について



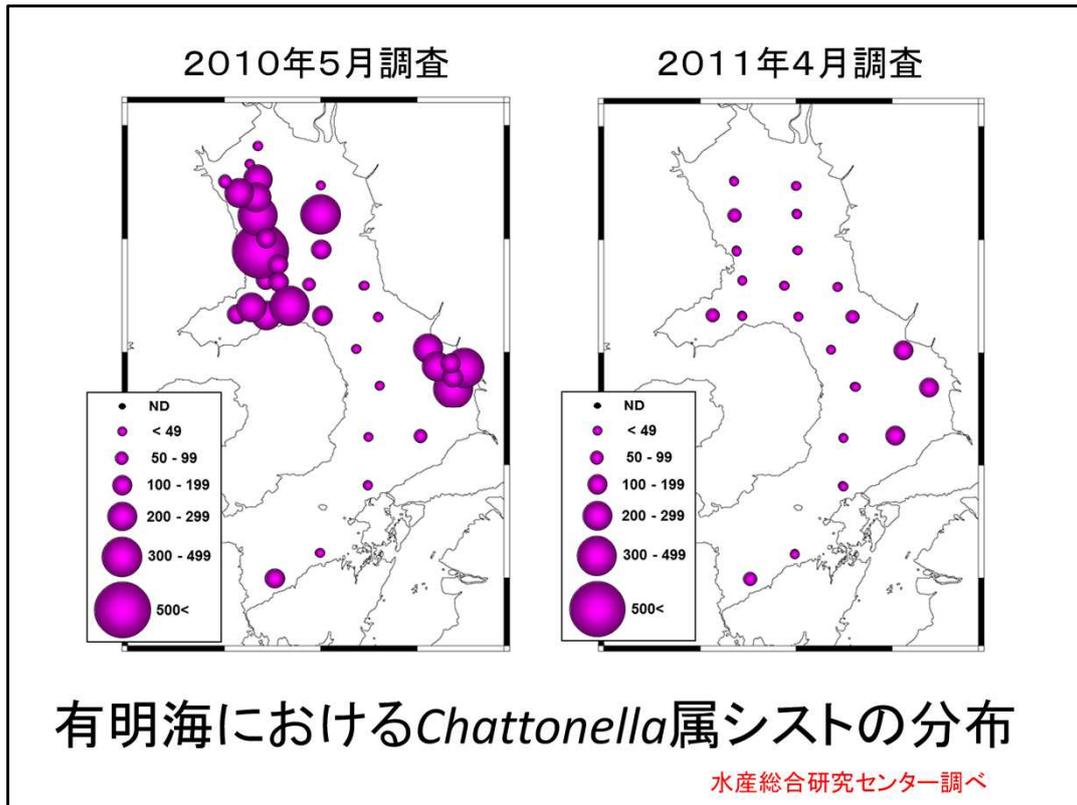
## 資料： *Chattonella*属の生活史

*Chattonella*属の初期出現は海底泥中に存在するシストに由来すると考えられることから、出現を予測するためには、赤潮発生前の海底泥中のシスト密度の把握が有効である。

また海底水温が20°Cを越えると発芽が開始されることから(Imai et al. 1991)、遊泳細胞出現のモニタリングを開始する目安となっている。

Imai I, Itakura S. Itoh K. (1991) Life cycle strategies of the red tide causing flagellates *Chattonella* (Raphidophyceae) in the Seto Inland Sea. Mar. Poll. Bull., 23, 165-170.

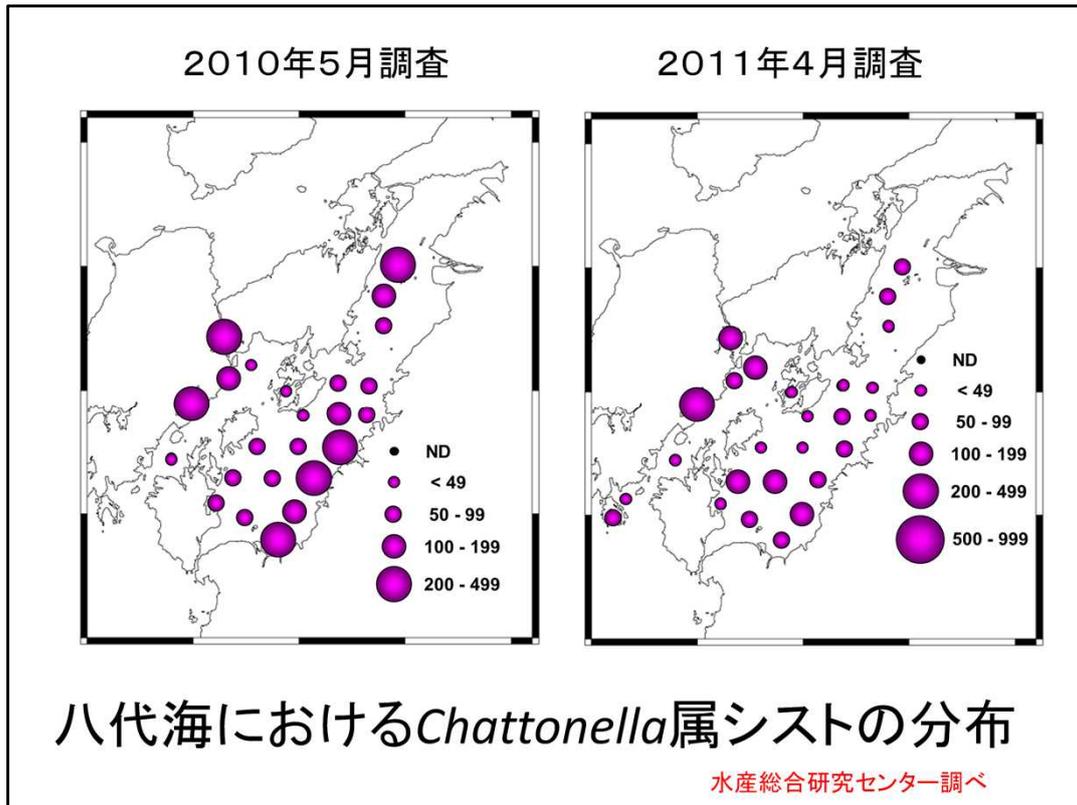
赤潮発生後は再びシストを形成し、海底泥中に沈降する。



資料：水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所のホームページより抜粋

有明海における*Chattonella*属シストの分布密度は、主に湾奥西部や熊本県沿岸に多く検出される

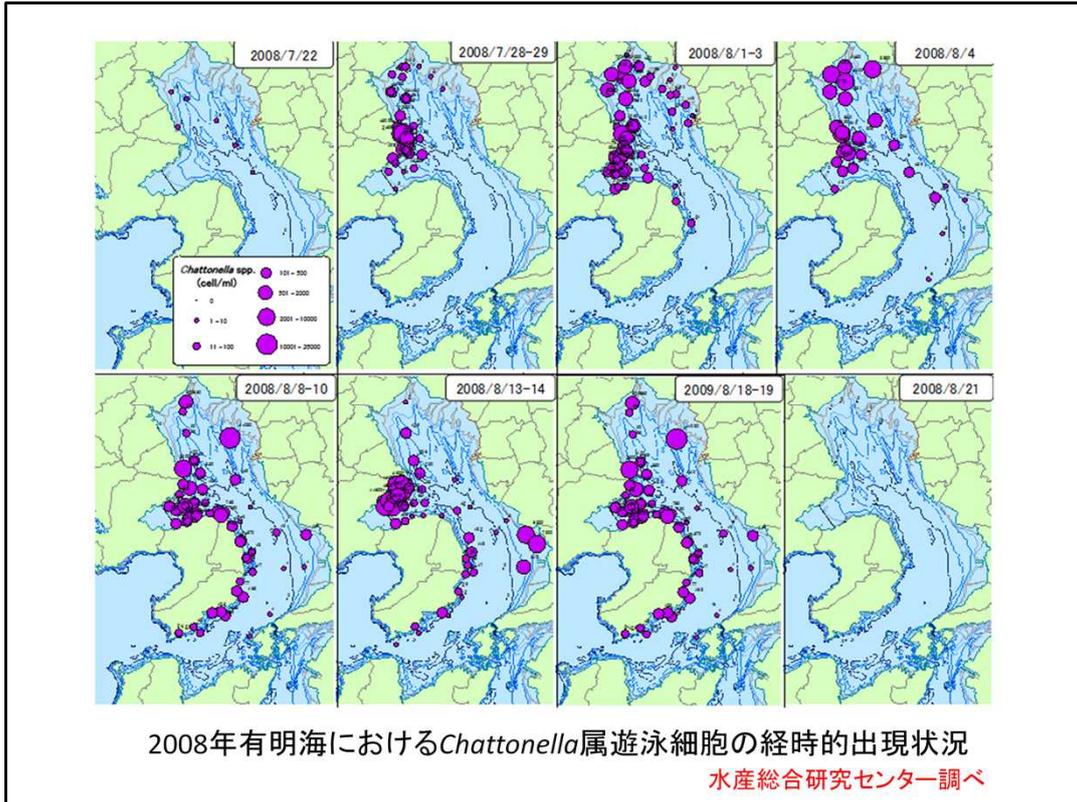
シスト密度は比較的短期間で変動している



資料： 水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所のホームページより抜粋

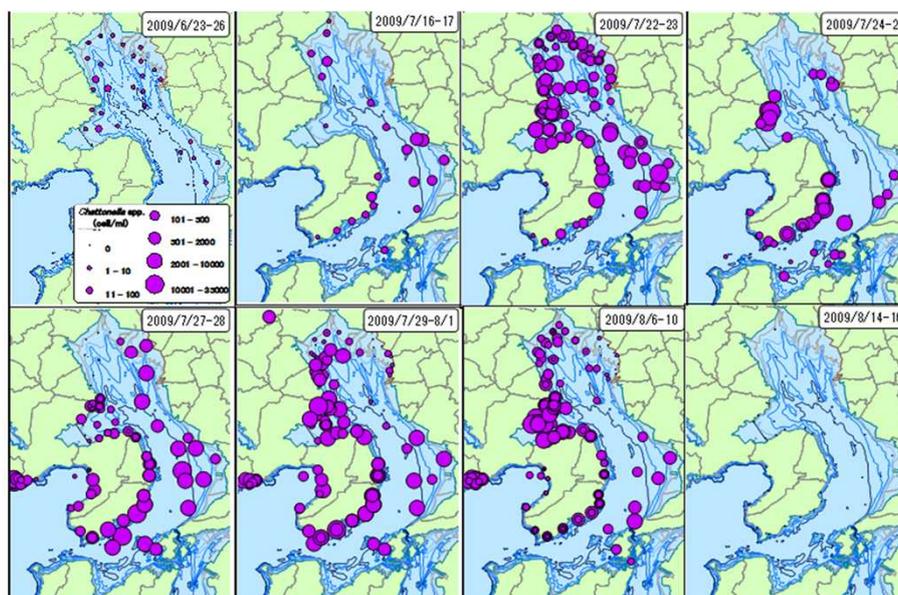
八代海における*Chattonella*属シストはほぼ全域に認められ、特に天草沿岸の内湾で高い密度が検出されている

シスト密度は比較的短期間で変動している



資料： 水産総合研究センター西海区水産研究所提供

2008年の有明海では、湾奥西部を中心に初期増殖が認められ、その後赤潮が諫早湾や島原半島を中心に分布を拡大した



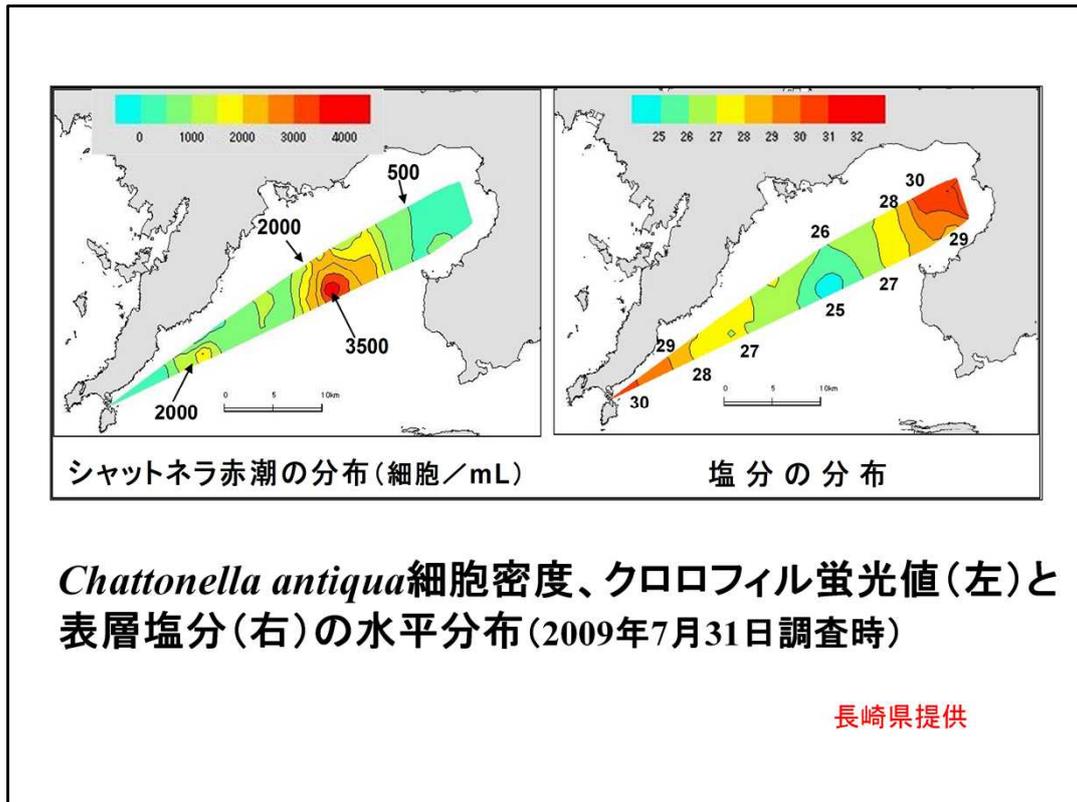
2009年有明海における*Chattonella*属遊泳細胞の経時的出現状況

水産総合研究センター調べ

資料： 水産総合研究センター西海区水産研究所提供

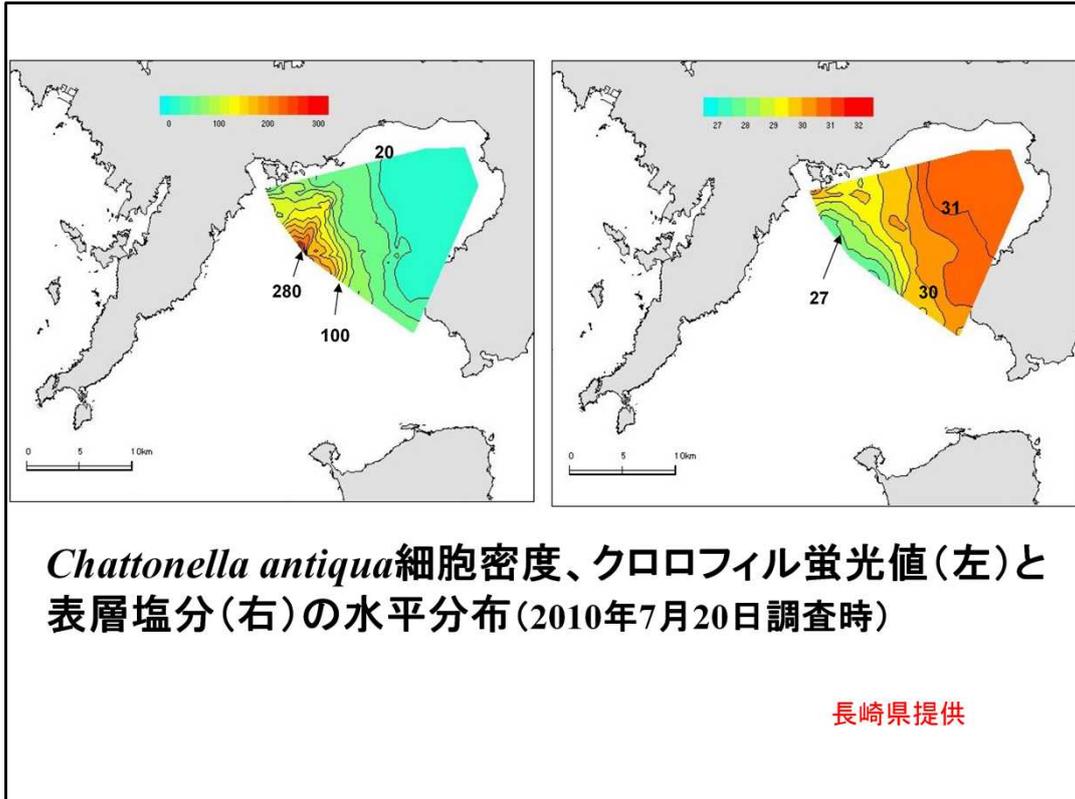
2009年の有明海では、湾奥部を中心に初期増殖が認められ、その後赤潮が諫早湾や島原半島を中心に分布を拡大するなど、2008年の赤潮発生に類似した発生状況であった





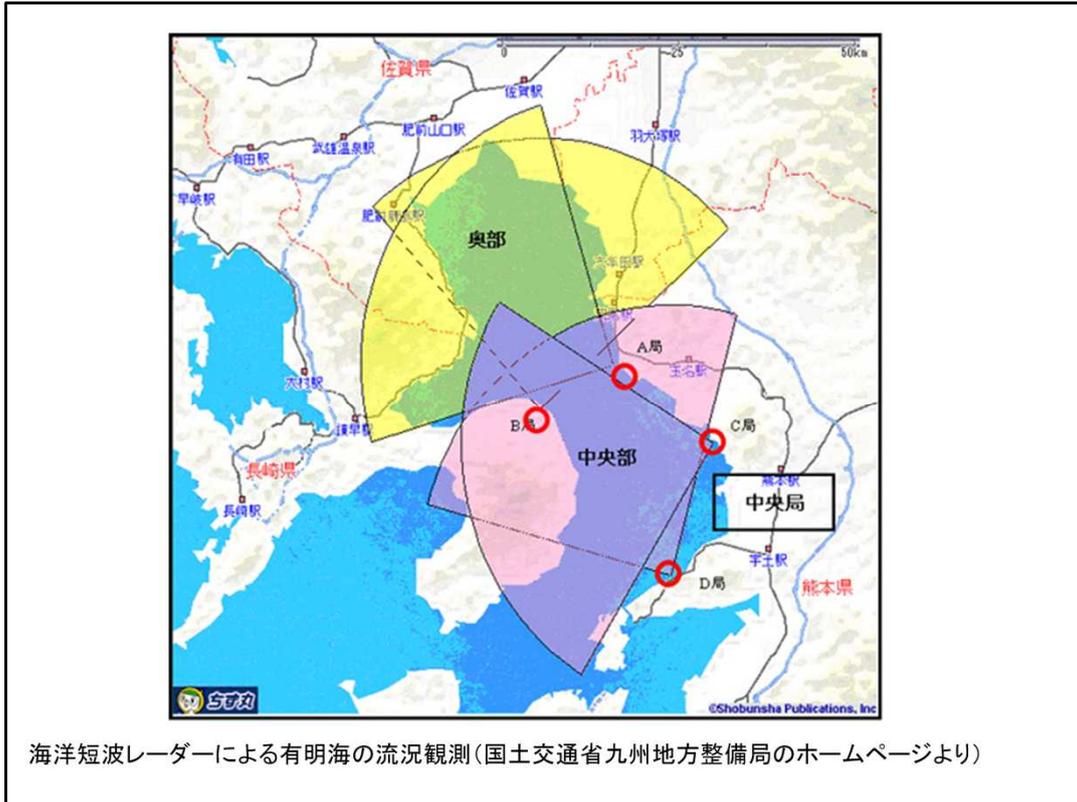
資料： 長崎県提供

2009年に橘湾で赤潮が発生した際に、走行しながら表層の水温、塩分、クロロフィル蛍光値を測定した結果、*Chattonella antiqua*の高密度水塊は有明海から流出した低塩分水塊と完全に一致していた



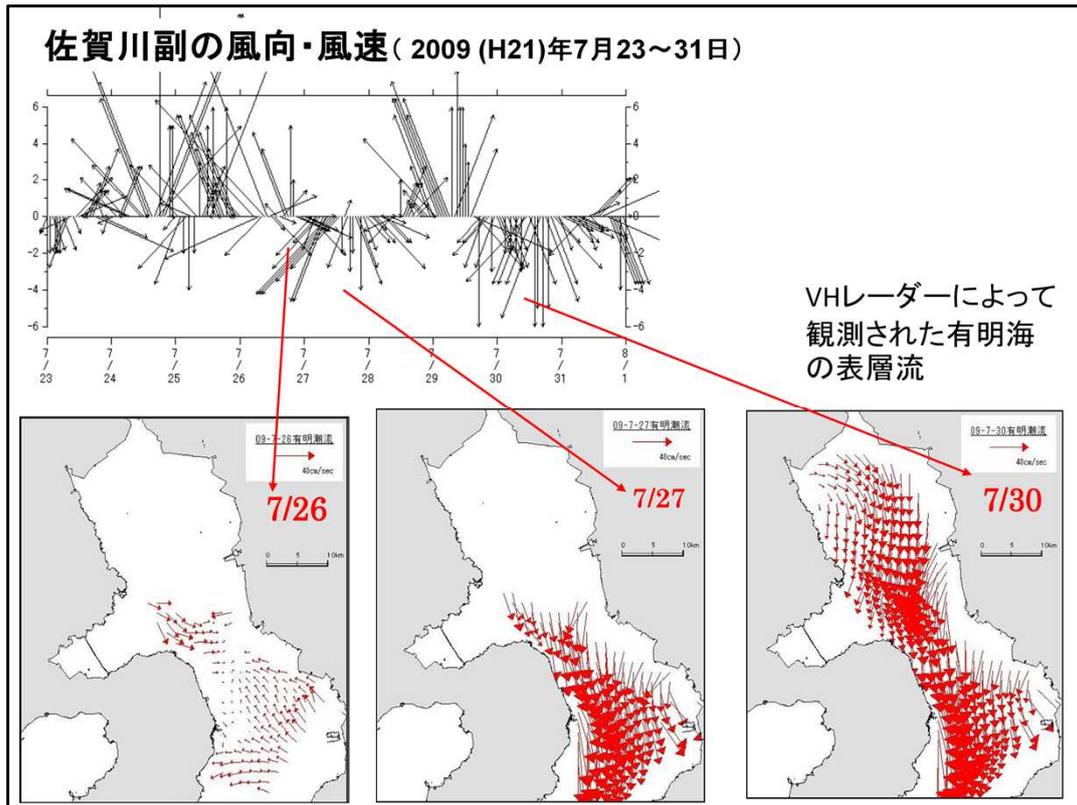
資料： 長崎県提供

2010年に橘湾で赤潮が発生した際に、同様に走行しながら表層の水温、塩分、クロロフィル蛍光値を測定した結果、*Chattonella antiqua*の高密度水塊は有明海から流出した低塩分水塊と完全に一致していた



**資料： 国土交通省九州地方整備局のホームページより**

海洋短波レーダーにより、有明海の表層流動場を実測することで、表層の赤潮水塊の移動を予測した



資料： 長崎県提供

2009年に橘湾で赤潮が発生した際に、北風によって湾奥海水は急速に有明海南部に移送されていたことが判明し、有明海側の赤潮が橘湾に輸送されたことがほぼ解明された

## 有明海と橘湾の赤潮の連動

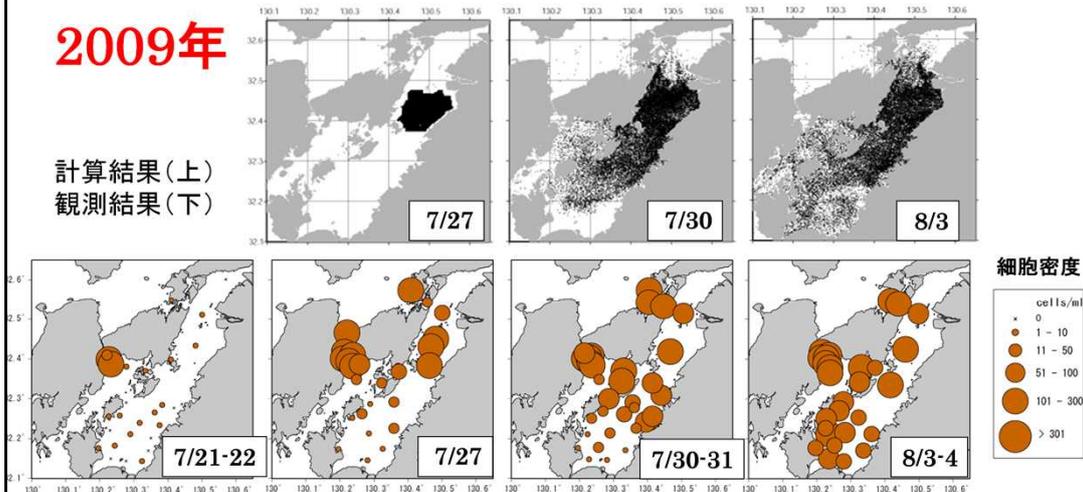
有明海では、湾奥海域で初期出現が見られたのち、湾奥西部、諫早湾で高密度な赤潮が形成される。その後、島原半島沿いに南下して消滅する。

橘湾では有明海から流入した赤潮が引き金となって漁業被害が発生している。橘湾への流入は、降雨など淡水の流入が強く影響している。

## 粒子追跡実験結果(赤潮出現海域)

2009年

計算結果(上)  
観測結果(下)



7/27に八代海北部～中部

→ 7/30に獅子島～水俣沿岸まで南下

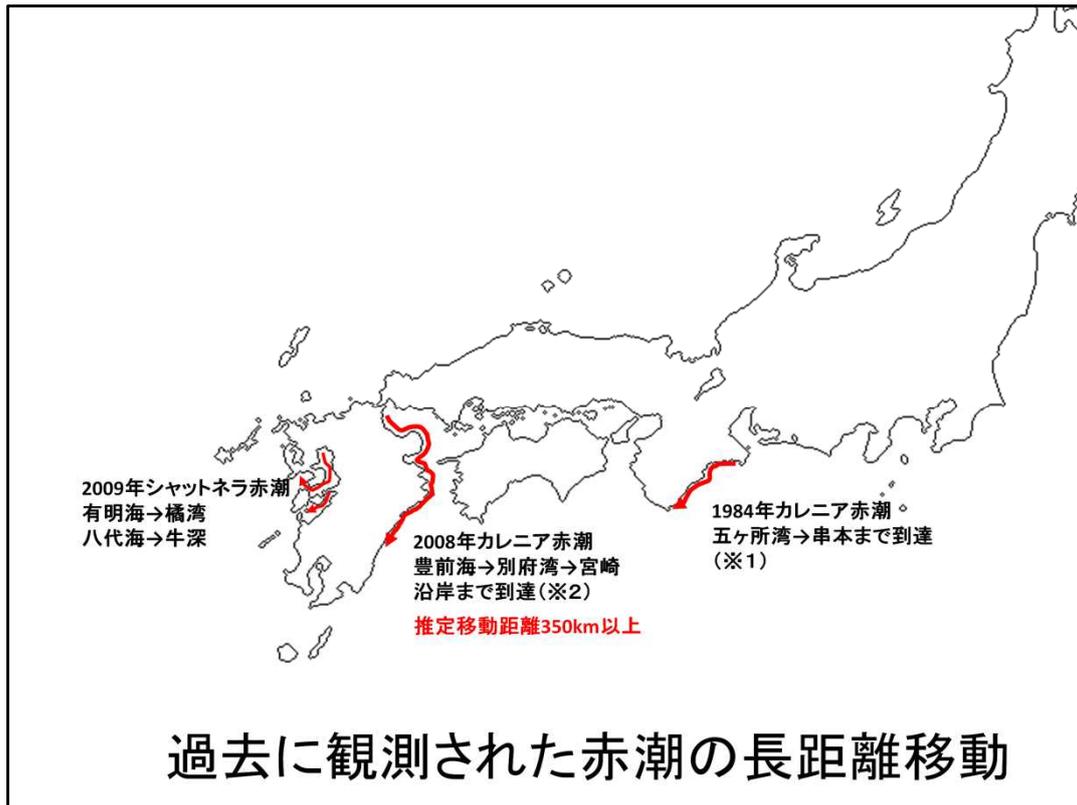
→ 8/3には南部全域に分布拡大

**2009年は移流過程でシャットネラ分布域の推移を説明可能**

Aoki et al., ECSS(2012)

出典: Aoki K., Onitsuka G., Shimizu M., Kuroda H., Matsuyama Y., Kimoto K., Matsuo H., Kitadai Y., Sakurada K., Nishi H., Tahara Y. (2012) Factors controlling the spatio-temporal distribution of the 2009 *Chattonella antiqua* bloom in the Yatsushiro Sea, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 114(1) 148-155.

2009年の赤潮発生については、北部海域からの物理的な輸送によって再現できることが判明し、観測結果と一致した



資料： 西海区水産研究所整理

過去に観測された赤潮水塊の移送と比較して、有明海や八代海で観測された移送距離は特に突出したものではなく、日常的に移送のリスクが考えられる

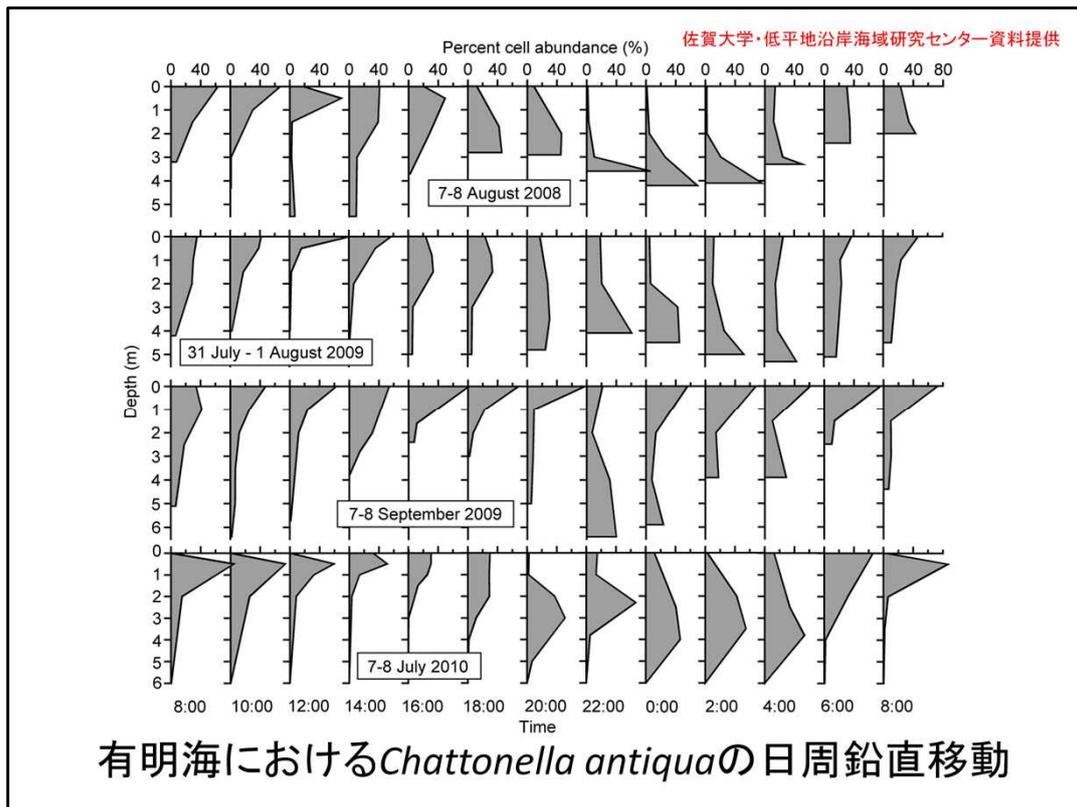
※1 水産庁, 三重県, 和歌山県(1986) 昭和59年熊野灘海域に発生したギムノディニウム・ナガサキエンセ赤潮に関する調査報告書.

※2 宮村和良, 三田尻孝文, 金澤 健(2003) 2003年大分県臼杵湾沿岸に発生した有害渦鞭毛藻*Karenia mikimotoi*赤潮の出現特性. 水産海洋研究, 69(2), 91-98.

(4)

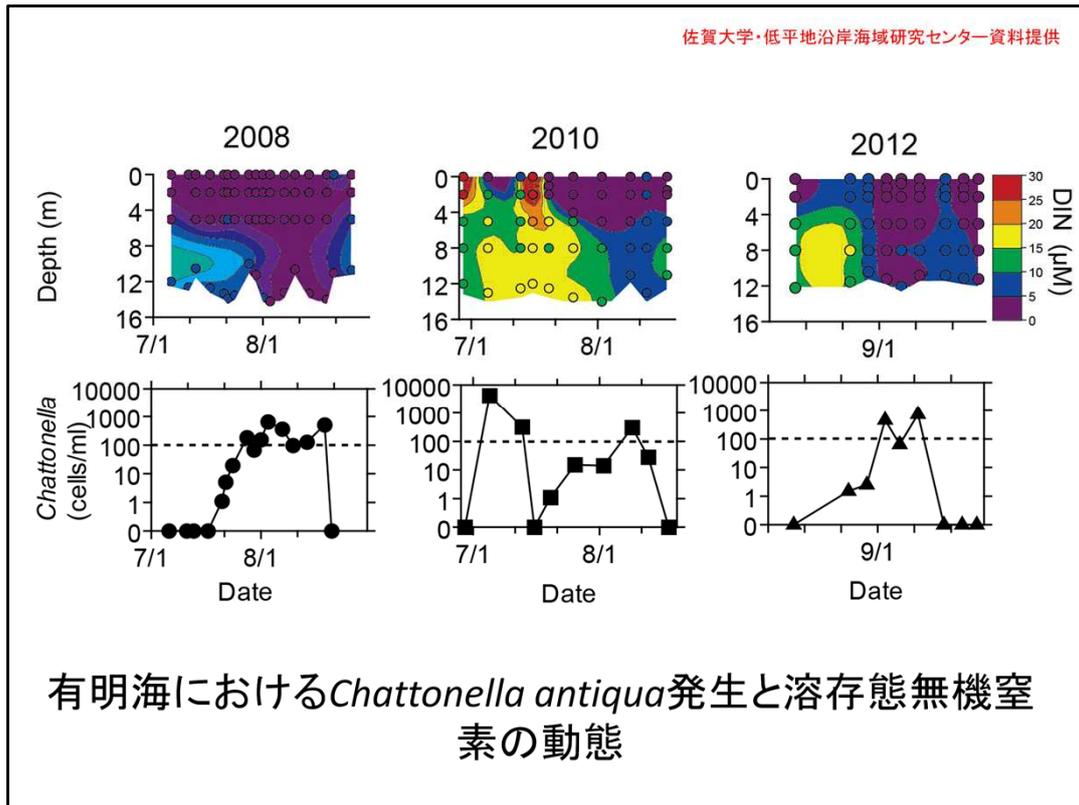
## 現場海域における赤潮 生物の出現特性

鉛直分布、水質環境(水温、塩分、栄養塩  
濃度)および競合生物について



資料： 佐賀大学・低平地沿岸海域研究センター提供

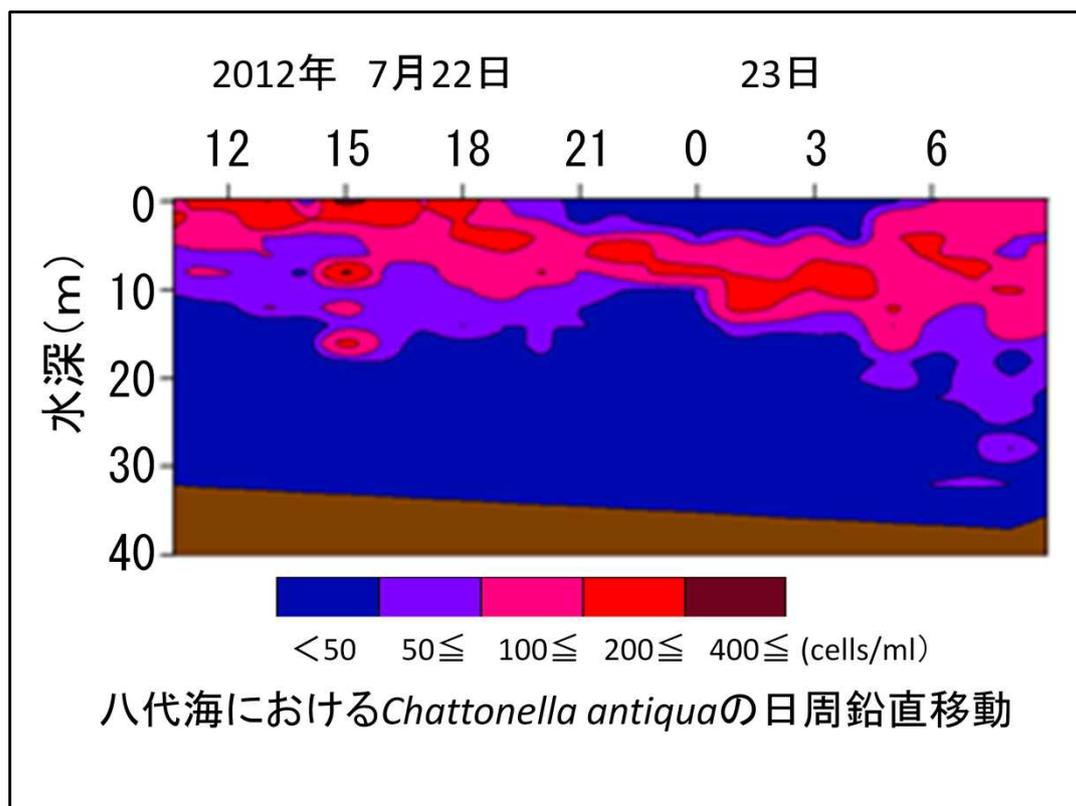
有明海の干潟域は水深が浅いため、*Chattonella antiqua*は夜間海底直上まで沈下していることが伺える



資料： 佐賀大学・低平地沿岸海域研究センター提供

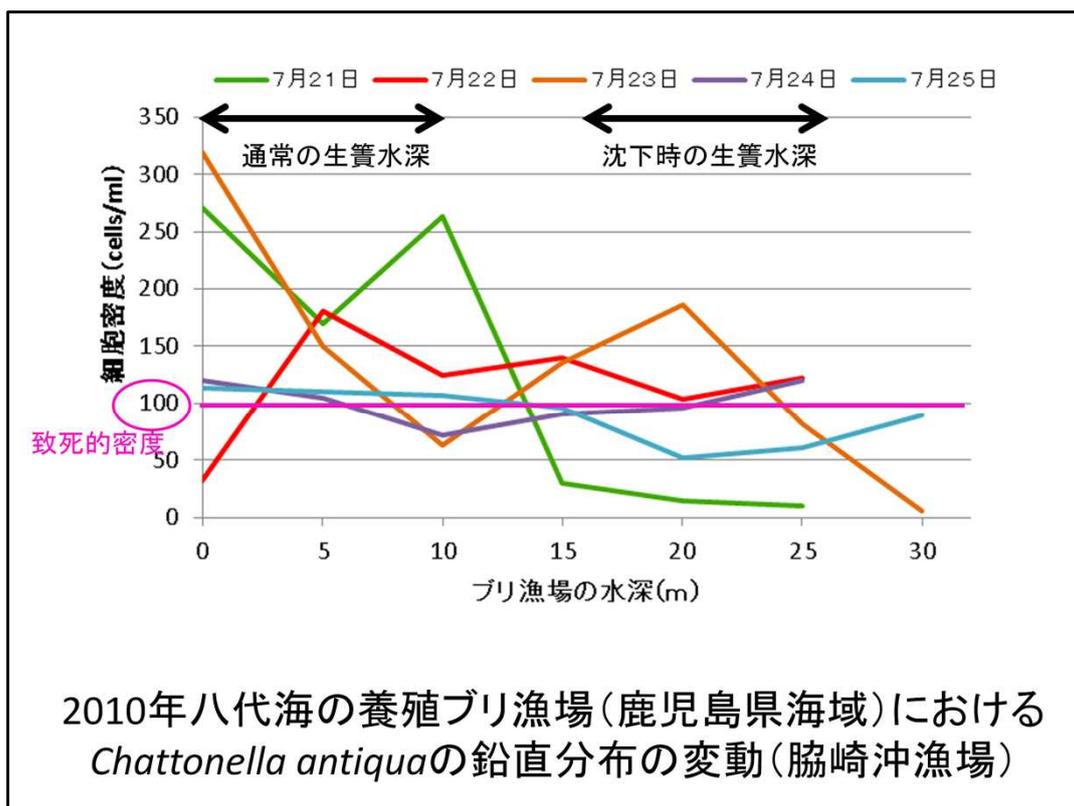
*Chattonella antiqua*の増殖に伴い、それまで干潟域の底層近くに高濃度に存在していたDINが急速に消費される現象が確認できる。

*Chattonella*赤潮発生のためには十分な量の栄養塩が必要である。*Chattonella*属は鉛直移動ができない珪藻類と異なり鉛直移動で海底近くに豊富に存在する栄養塩まで利用できるため、夏期の有明海干潟域の底層に豊富に存在する栄養塩が、本種の赤潮発生に寄与していることが推定される。



資料： 櫻田清成, 高日新也, 梅本敬人(2013) 2010年に八代海で赤潮化した*Chattonella antiqua*の発生状況と日周鉛直移動. 熊本県水産研究センター研究報告(印刷中)

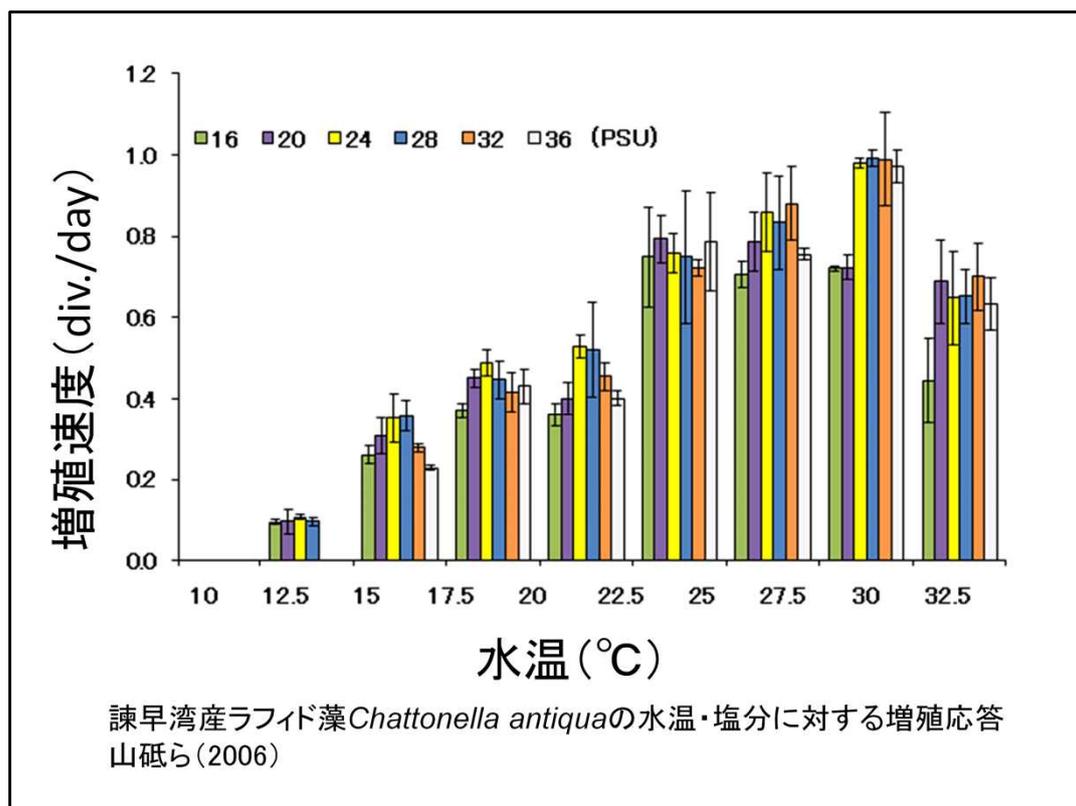
Watanabe et al. (1983) Jpn. J. Phycol. 31: 161-166において、*Chattonella antiqua*は水深7mの範囲内で日周鉛直移動を行うことが知られている2010年の八代海における観測において、本種の分布中心層は水深10mの範囲内で起きていることが確認された。一方で、栄養細胞は30m深まで分布していたことから、物理的な混合も示唆された。



資料： 東町漁業協同組合提供

櫻田ら(2013)において、八代海での*Chattonella antiqua*は水深10 m以浅に大部分の細胞が分布していることが判明した。一方で、2010年の八代海南部(鹿児島県海域)での*C. antiqua*鉛直出現特性を示す。

2010年赤潮発生時に、いくつかの養殖漁業者は通常表層から10 m深に位置している生簀を水深15 m以深に沈下させることで、*C. antiqua*赤潮に曝露されることを防ぐ被害回避策を実施した。しかし、実際の漁場では水深25 m以深まで*C. antiqua*が致死密度で分布しており、漁業被害を回避できなかった。八代海南部では、漁場周辺での鉛直的な水塊の混合が示唆される。

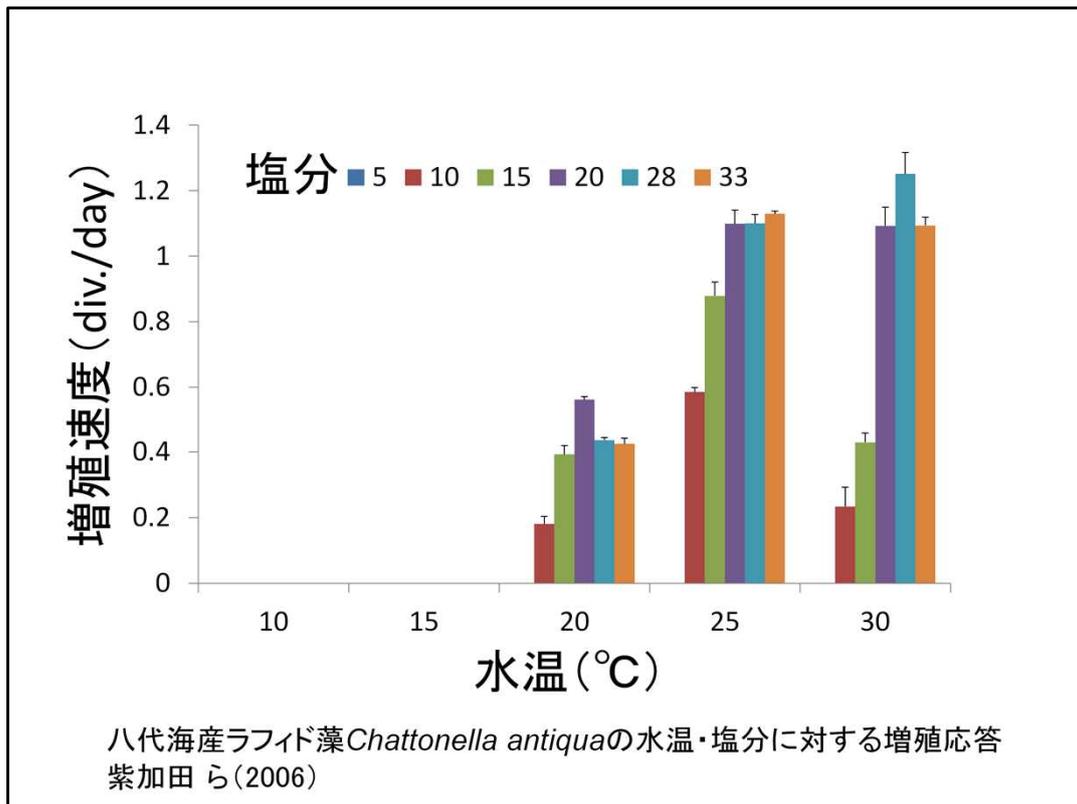


出典： 山砥稔文, 坂口昌生, 岩滝光儀, 松岡數充 (2006) 諫早湾に出現する有害赤潮鞭毛藻 4 種の増殖に及ぼす水温, 塩分の影響. 日本水産学会誌, 72(2), 160-168

諫早湾から分離培養されたラフィド藻 *Chattonella antiqua* の培養株を用いて、水温と塩分に対する増殖応答を調べた結果。

諫早湾産の *C. antiqua* は競合する珪藻類などの増殖が低下する水温 30°C という高水温で最も活発に増殖することが判明した。

また水温 10°C 以下では増殖できず、シストの形態で越冬していると推察される。

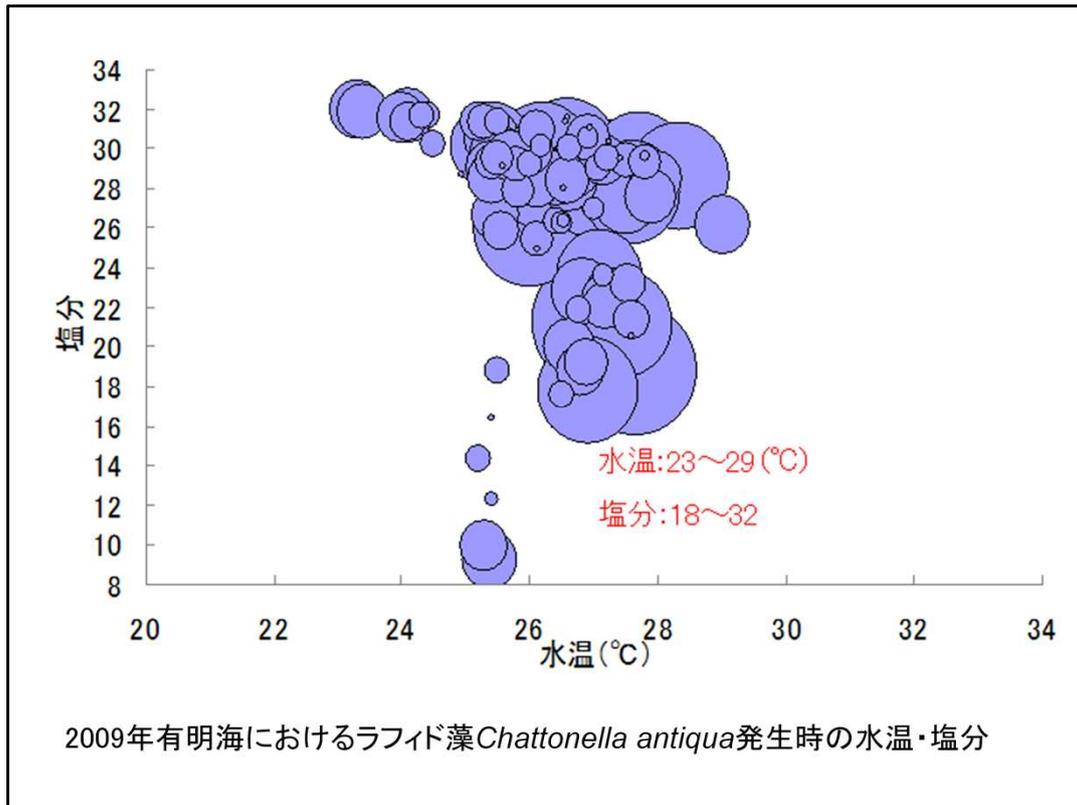


出典：紫加田知幸, 櫻田清成, 城本祐助, 生地 暢, 吉田 誠, 大和田紘一(2010)八代海における植物プランクトンの増殖に与える水温、塩分、および光強度の影響. 日本水産学会誌, 76(1), 34-45

八代海から分離培養されたラフィド藻 *Chattonella antiqua* の培養株を用いて、水温と塩分に対する増殖応答を調べた結果。

八代海産の *C. antiqua* についても、競合する珪藻類などの増殖が低下する水温30°Cという高水温で最も活発に増殖することが判明した。

八代海産の *C. antiqua* は水温15°C以下では増殖できず、シストの形態で越冬していると推察される。



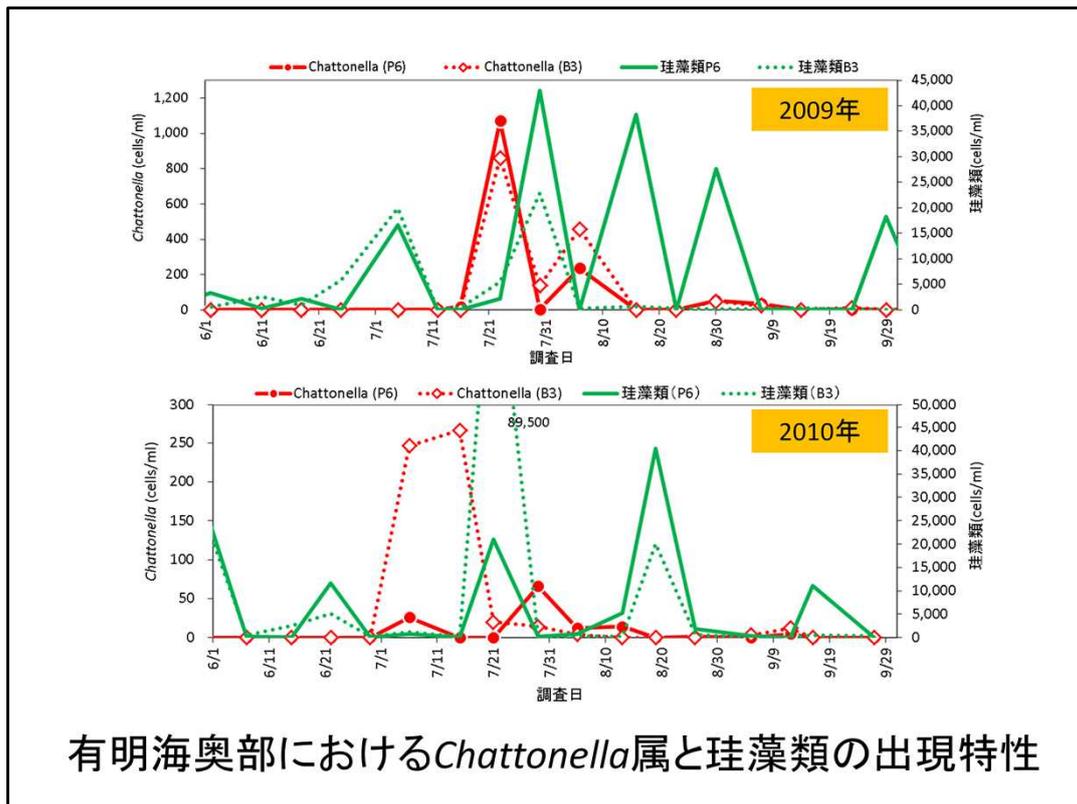
**資料： 水産総合研究センター西海区水産研究所提供**

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

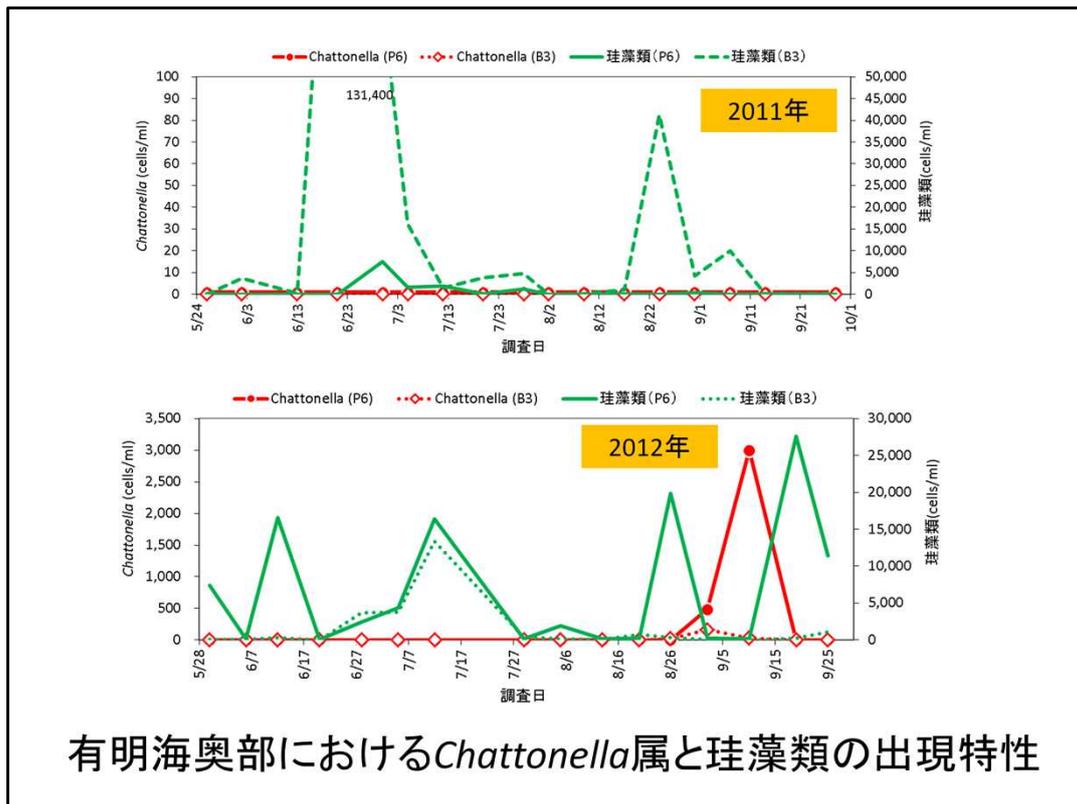


有明海における*Chattonella*属と珪藻類出現特性の観測定点(2009～2012年)



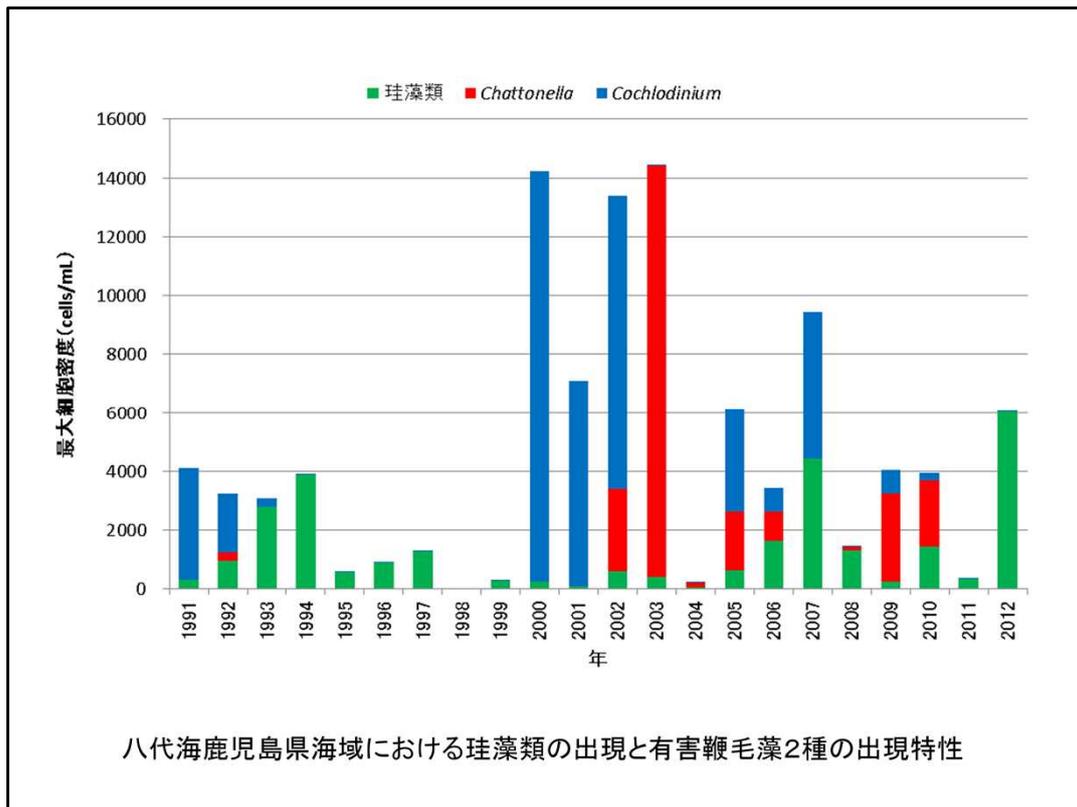
出典：水産総合研究センター，長崎県総合水産試験場，福岡県水産海洋技術センター有明海研究所，佐賀県有明水産振興センター，熊本県水産研究センター，(株)西村商会(2009・2010)「有明海における夏季の植物プランクトンの変動」平成21年度・平成22年度 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書

珪藻類の出現ピークと*Chattonella*属の出現ピークは位相が明瞭であり、生物学的あるいは栄養塩を巡って競合関係が伺える



出典：水産総合研究センター，長崎県総合水産試験場，福岡県水産海洋技術センター有明海研究所，佐賀県有明水産振興センター，熊本県水産研究センター，(株)西村商会(2009・2010)「有明海における夏季の植物プランクトンの変動」平成23年度・平成24年度 赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業報告書

珪藻類の出現ピークと*Chattonella*属の出現ピークは位相が明瞭であり、生物学的あるいは栄養塩を巡って競合関係が伺える



**資料： 鹿児島県提供**

観測データのうち、珪藻類については7～8月の観測時に得られた最大細胞密度の上位3位の平均値、Chattonella属とCochlodinium polykrikoidesについては、7～8月に観測された最大細胞密度を示した

八代海においても、概ね珪藻が優勢な年には有害鞭毛藻の発生が抑制されている傾向が伺える

## 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・八代海のいずれにおいても、鞭毛藻赤潮発生は珪藻類が衰退した隙間(niche)で発生していることが判明した