

魚類に関する 資料の収集・整理・分析状況

～有明海・八代海における鞭毛藻赤潮にかかる整理と検討～

有明海・八代海等総合調査評価委員会
第5回水産資源再生方策検討作業小委員会

水産研究・教育機構提出資料

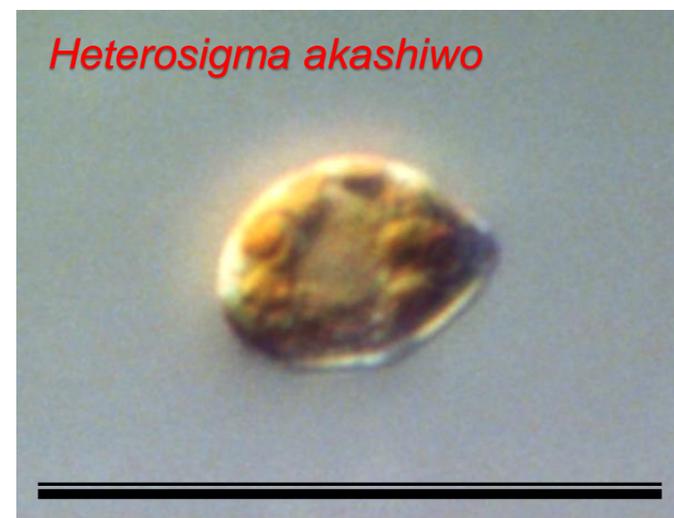
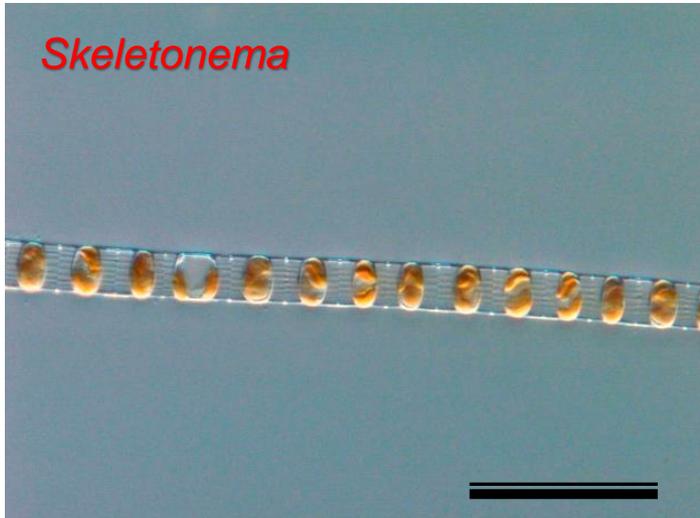
3. 水産小委における検討の方向性 (第3回水産小委決定事項)

ウ) 魚類等

魚類養殖を対象に、夏期等の養殖時期に影響を与える赤潮発生予察の検討に資する情報収集等を実施する。

「赤潮の発生と増殖に係る各種要因の解明と予察技術の検討」については、赤潮発生状況（海域・年間・季節等）や各種要因（水温・塩分等）のデータを整理し、赤潮形成の予察技術の向上に向けた分析・検討を行う。

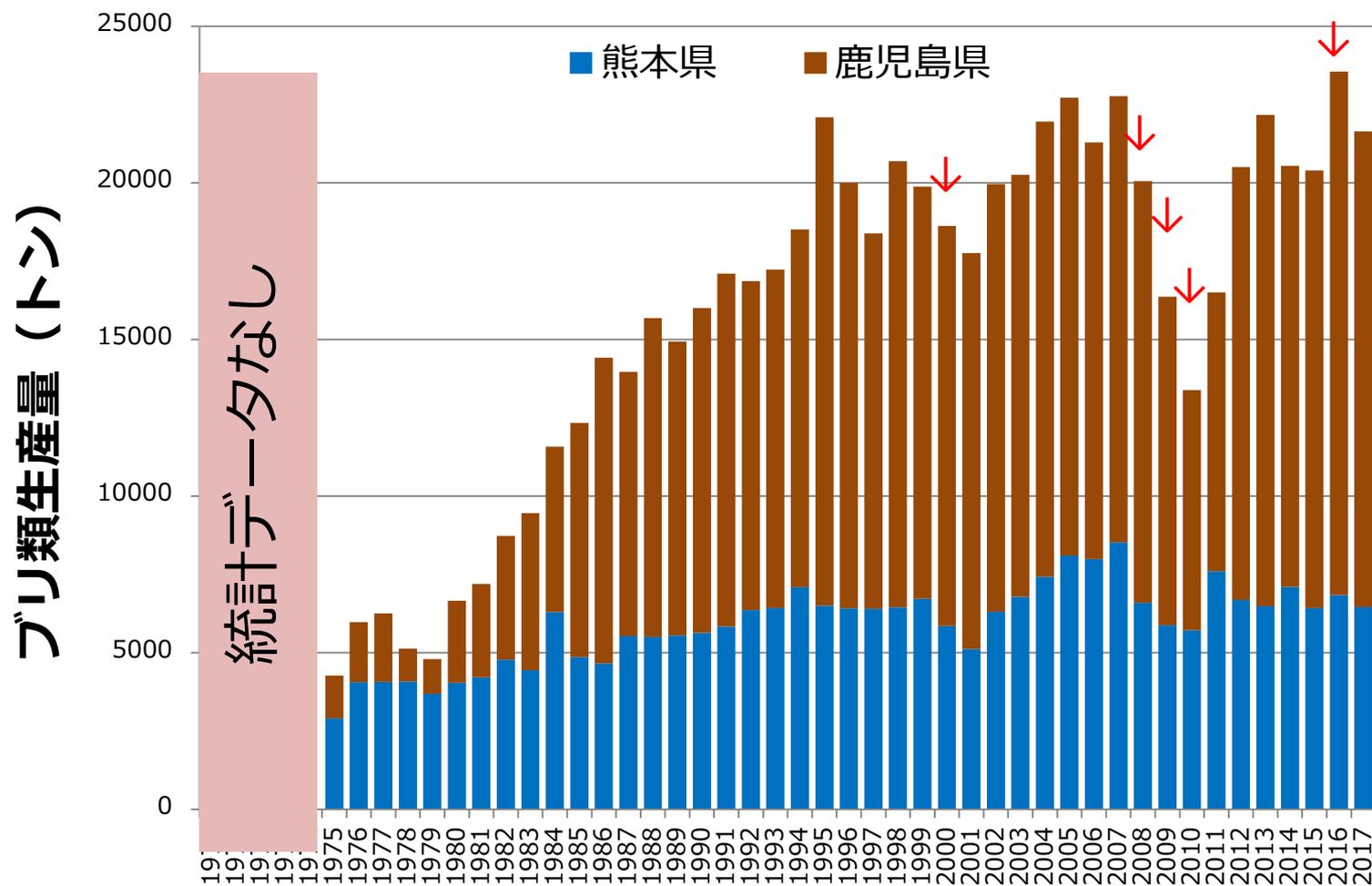
赤字は今回収集できた項目を示す



スケールバーは50 μ m

有明海・八代海で夏期に頻発する赤潮生物

八代海におけるブリ類生産量の経年推移



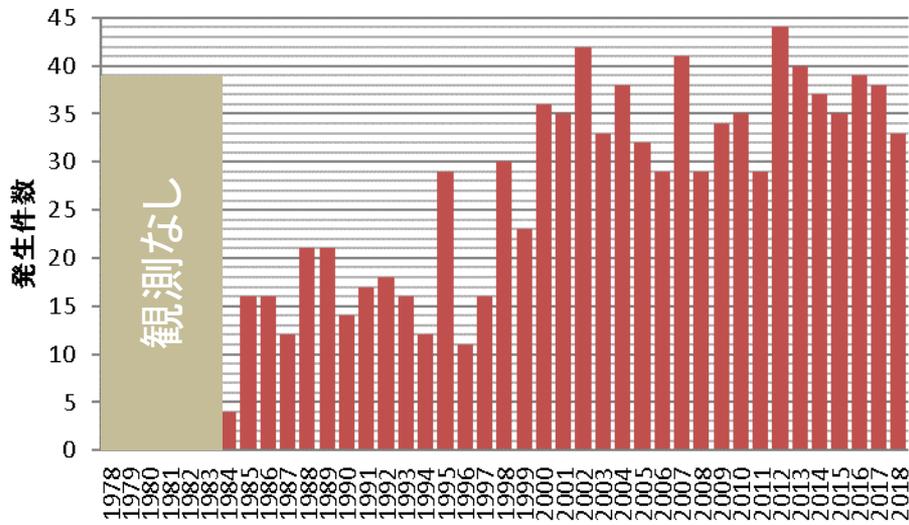
注) 矢印は、赤潮により1億円以上の漁業被害が発生した年を示す。

出典：農林水産省「熊本農林水産統計年報（昭和50～平成26年）」、農林水産省「鹿児島農林水産統計年報（昭和50～平成26年）」、農林水産省「九州農林水産統計年報（平成27～29年）」をもとに作成した。

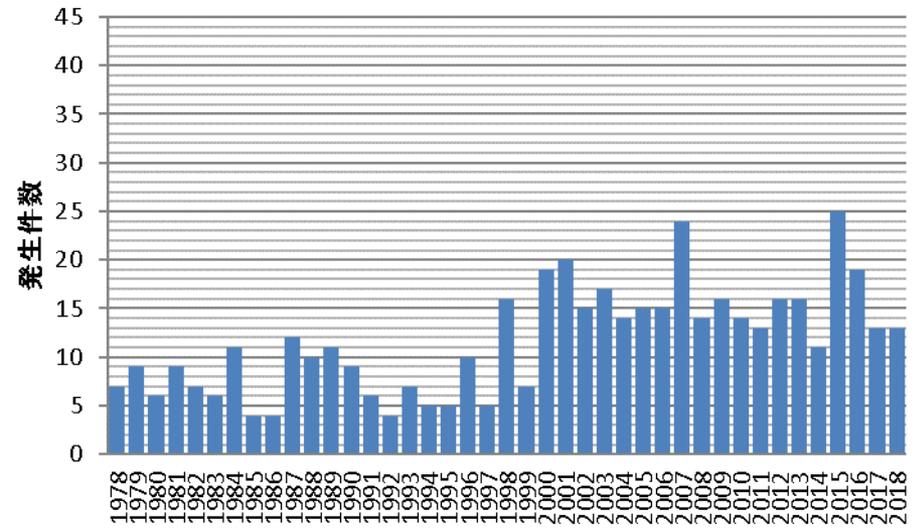
(1)

有明海・八代海における 赤潮発生状況の概要

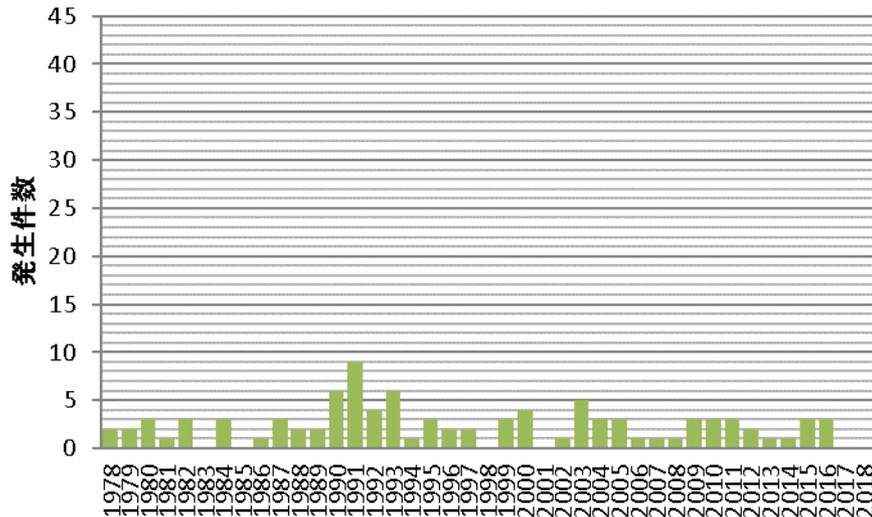
赤潮発生件数(有明海)



赤潮発生件数(八代海)



赤潮発生件数(橘湾)

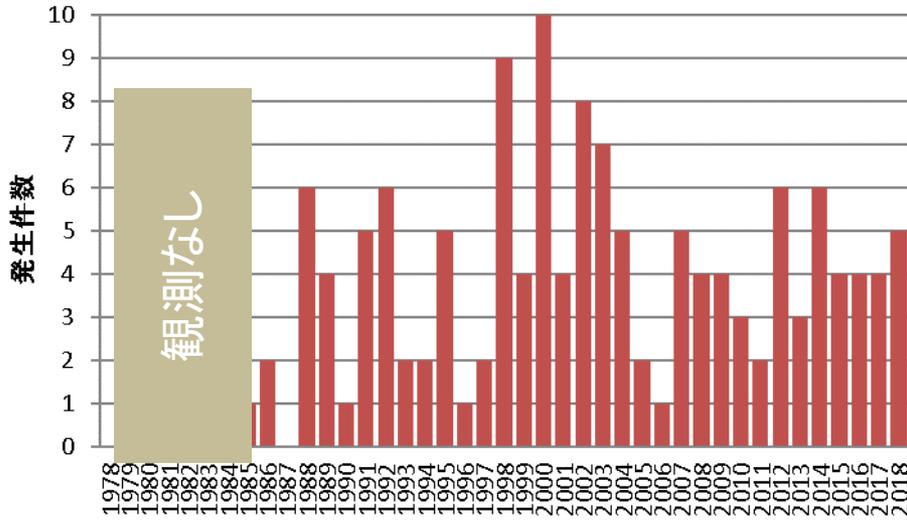


九州西岸域における赤潮発生件数の推移

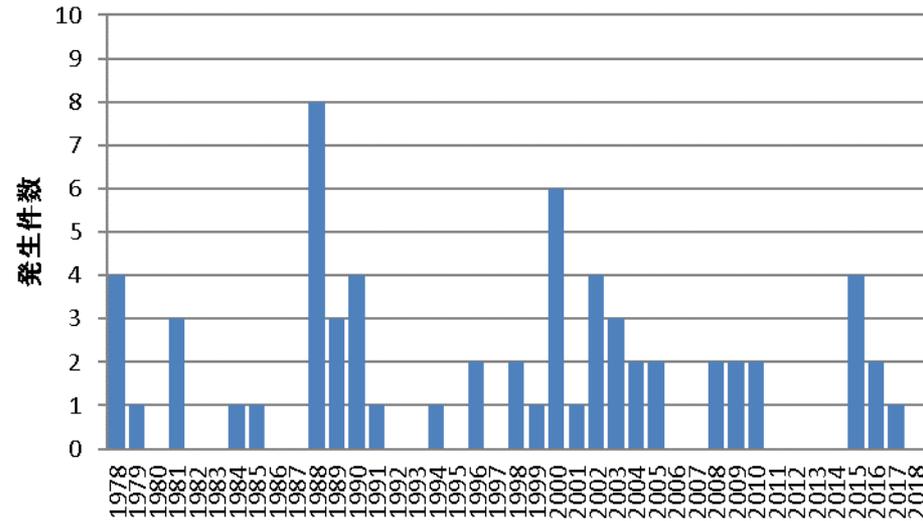
特徴

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

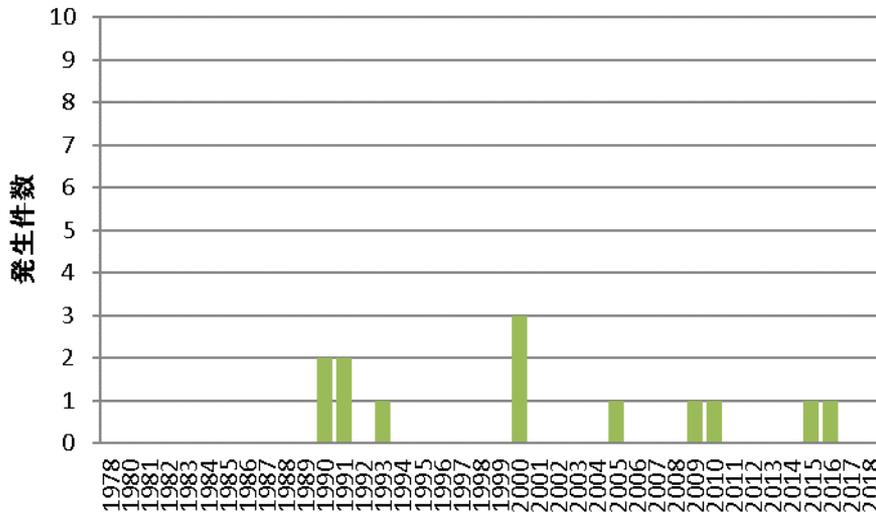
赤潮被害発生件数(有明海)



赤潮被害発生件数(八代海)



赤潮被害発生件数(橘湾)

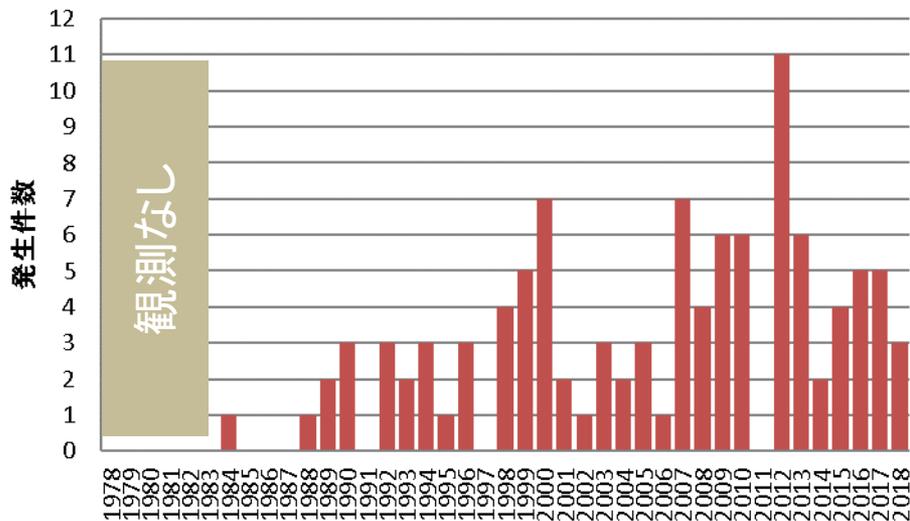


九州西岸域における赤潮被害件数の推移

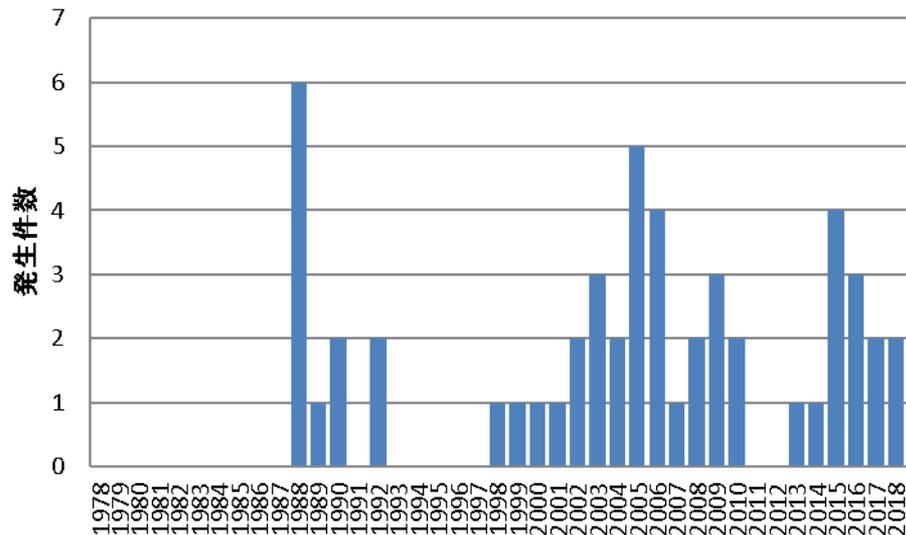
特徴

○1998年以降、有明海や八代海で切れ目無く発生している

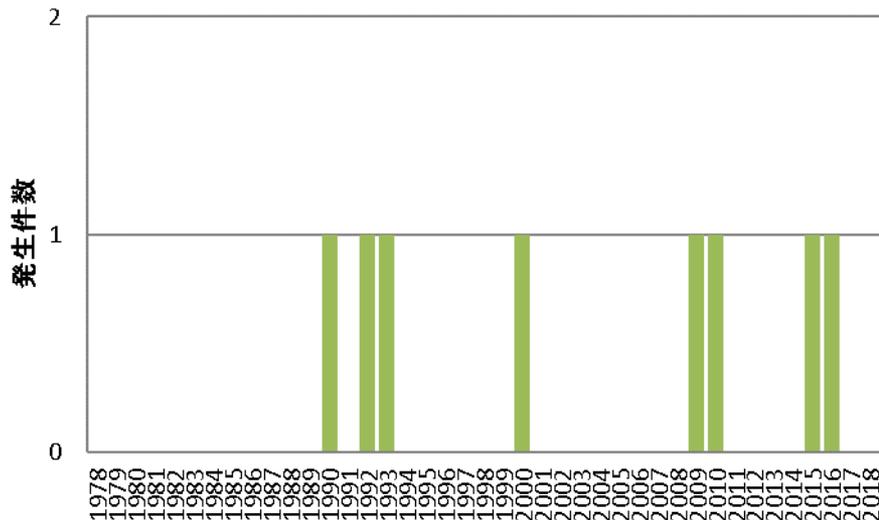
シャットネラ赤潮発生件数(有明海)



シャットネラ赤潮発生件数(八代海)



シャットネラ赤潮発生件数(橘湾)

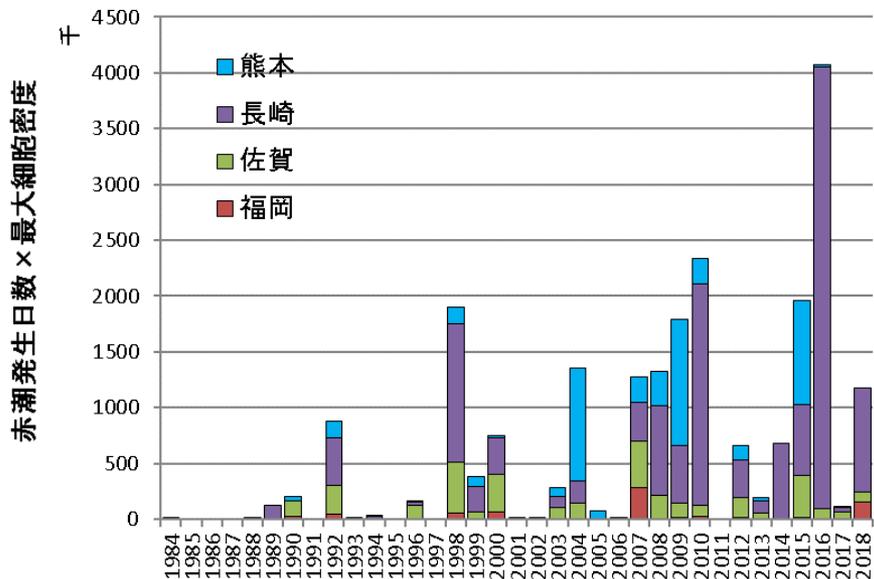


九州西岸域におけるシャットネラ赤潮発生件数の推移

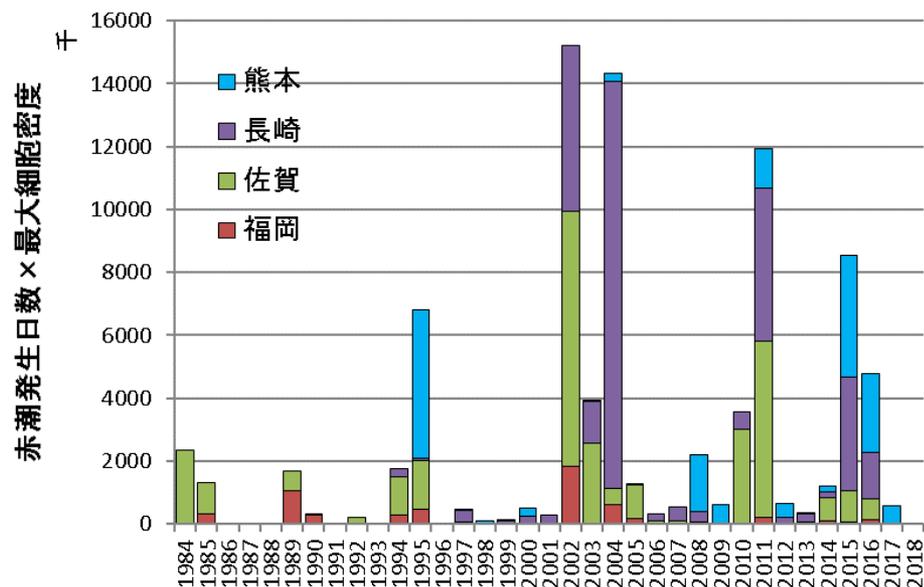
特徴

○1998年以降、有明海や八代海で発生件数の増加がみられる

Chattonella 属

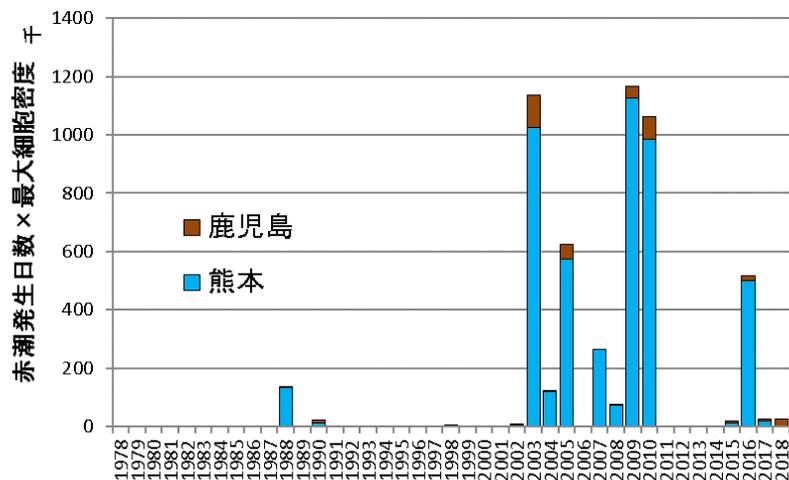


Heterosigma 属

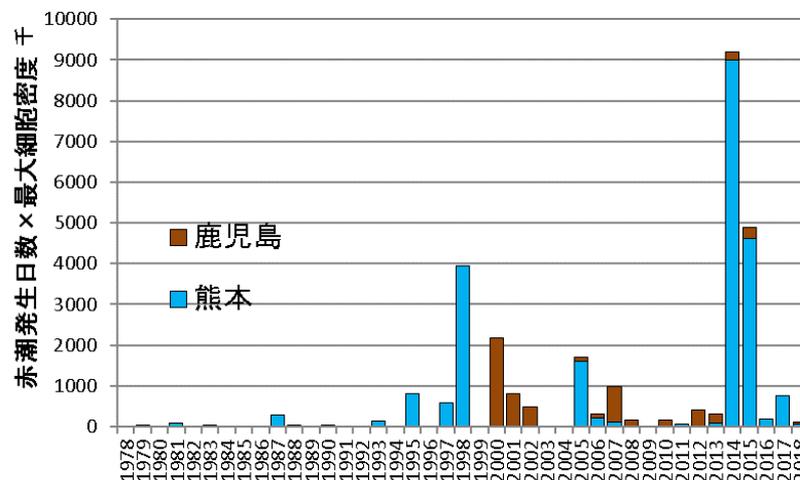


有明海における2種有害赤潮鞭毛藻の赤潮発生規模の推移

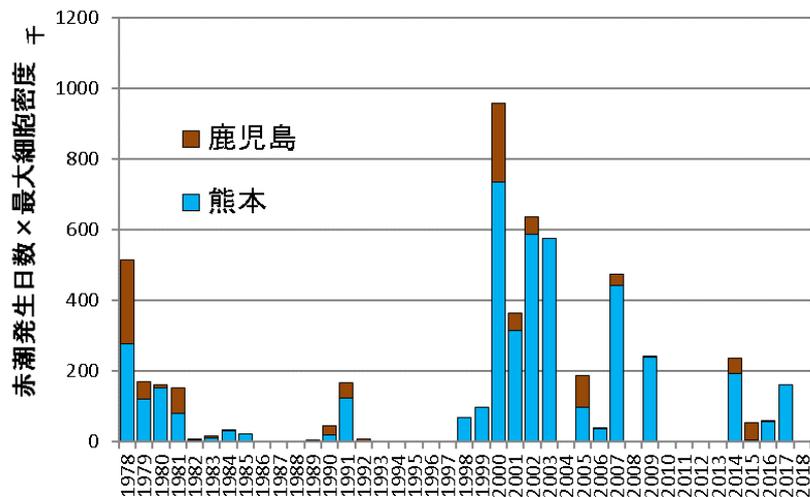
Chattonella属



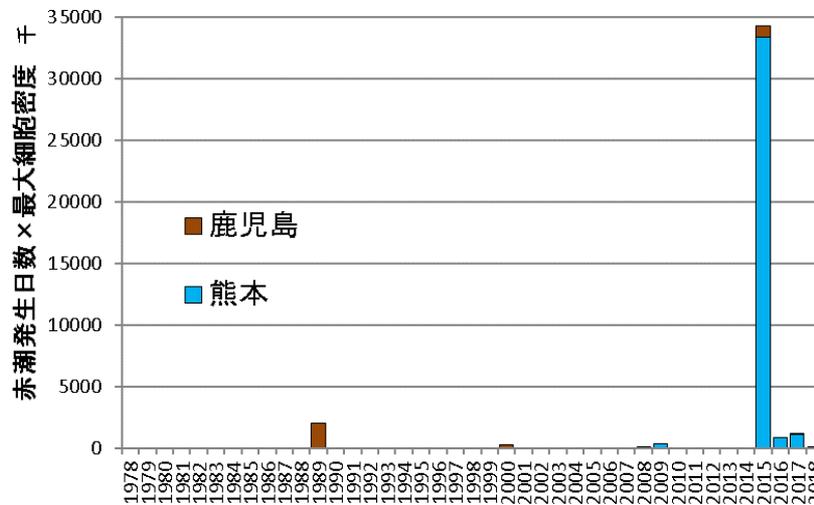
Heterosigma属



Cochlodinium属



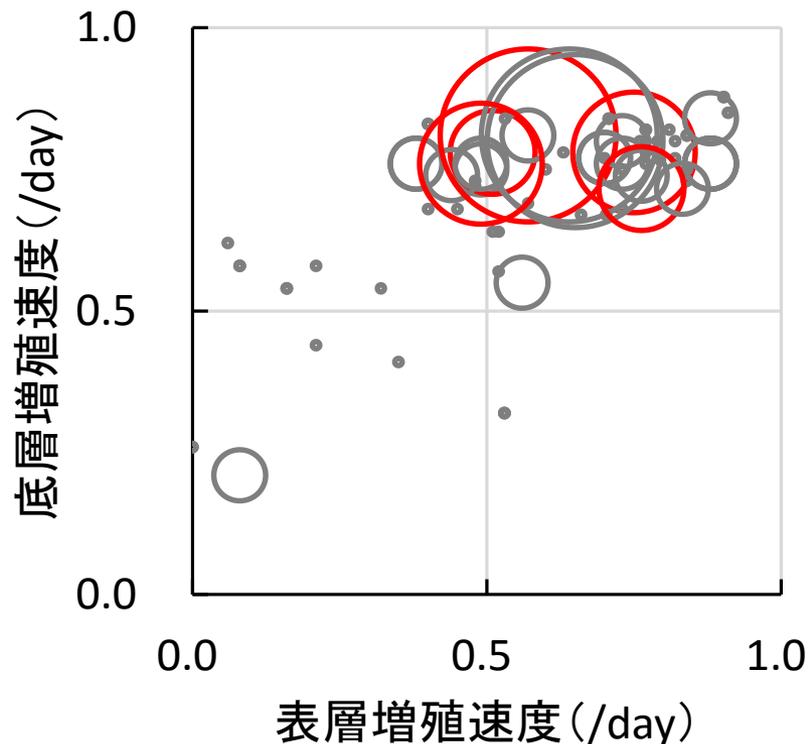
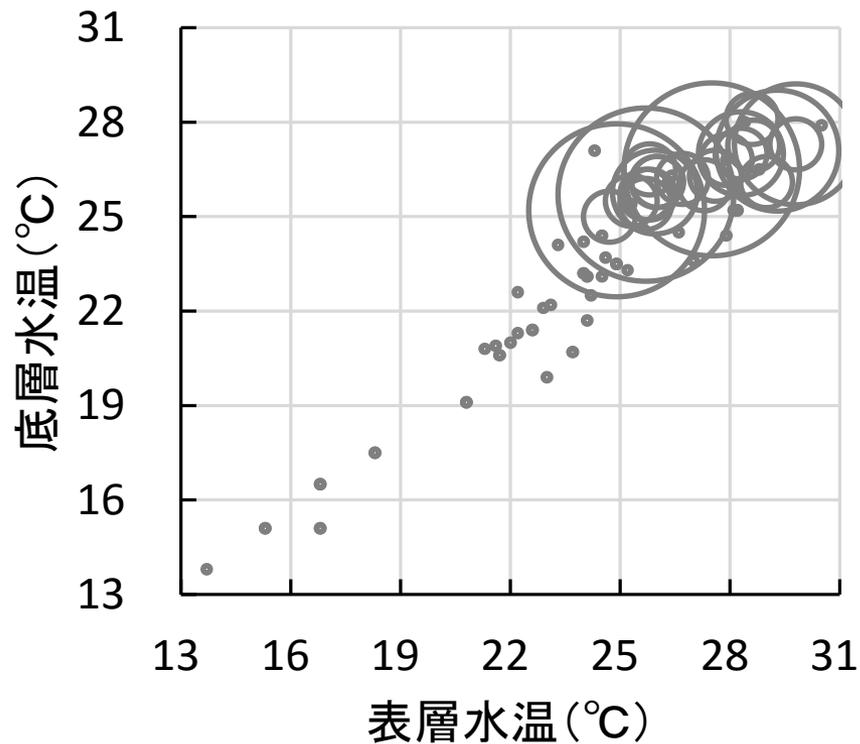
Karenia属



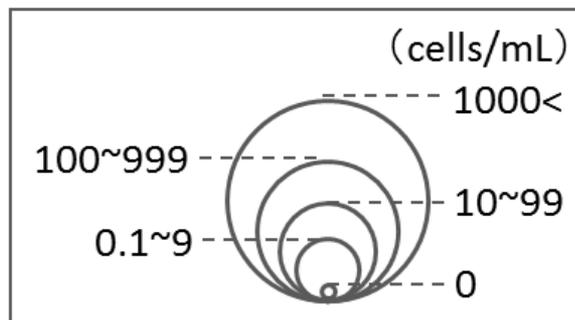
八代海における4種有害赤潮鞭毛藻の赤潮発生規模の推移

(2)

有明海における夏の 鞭毛藻赤潮の発生状況



○は赤潮初認日

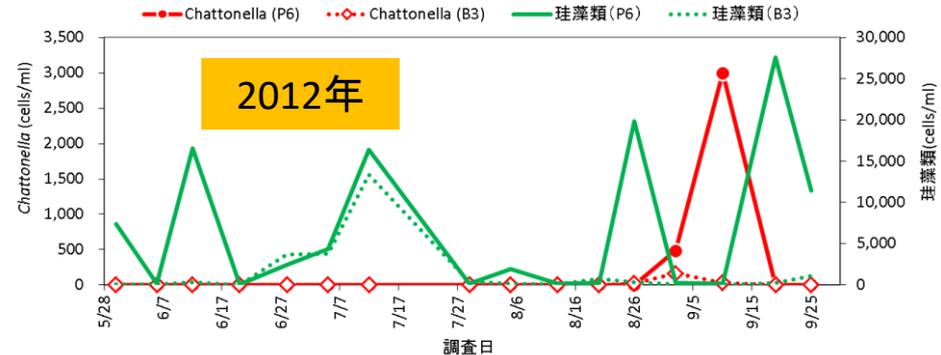
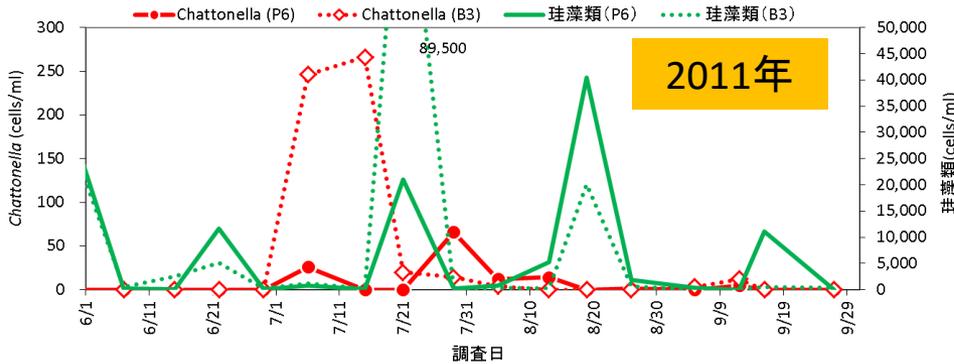
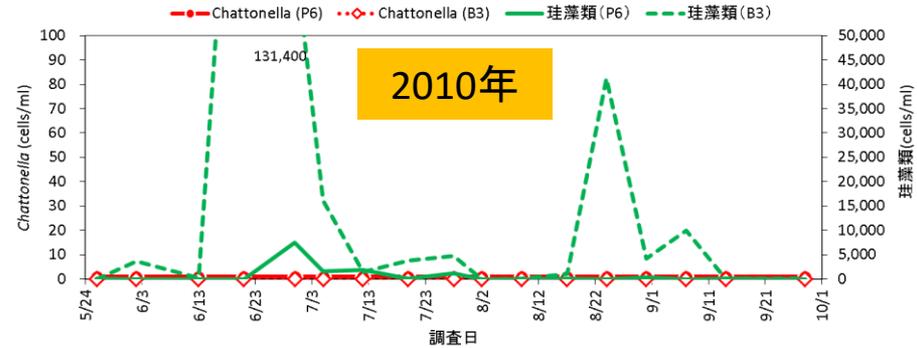
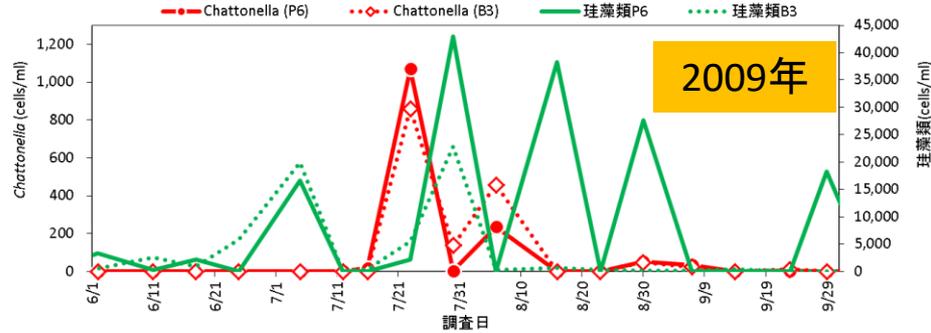


諫早湾(B3櫓)における *Chattonella* 属の細胞密度と表底層水温(当日) および増殖速度(2週間前~当日の最大値)の関係



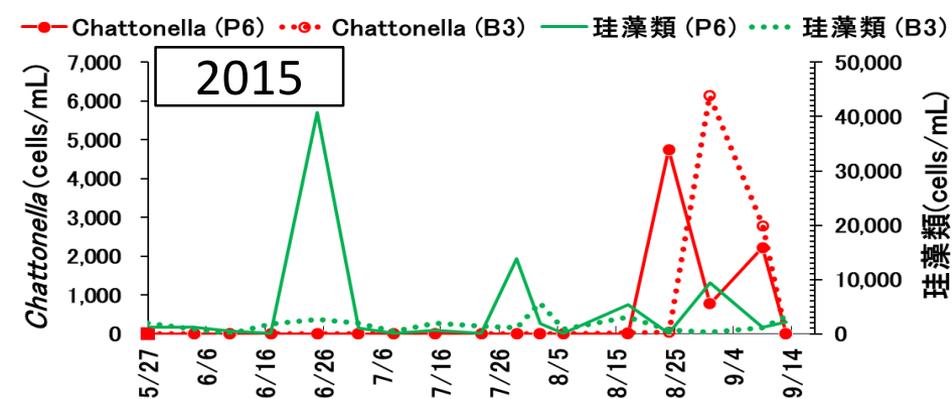
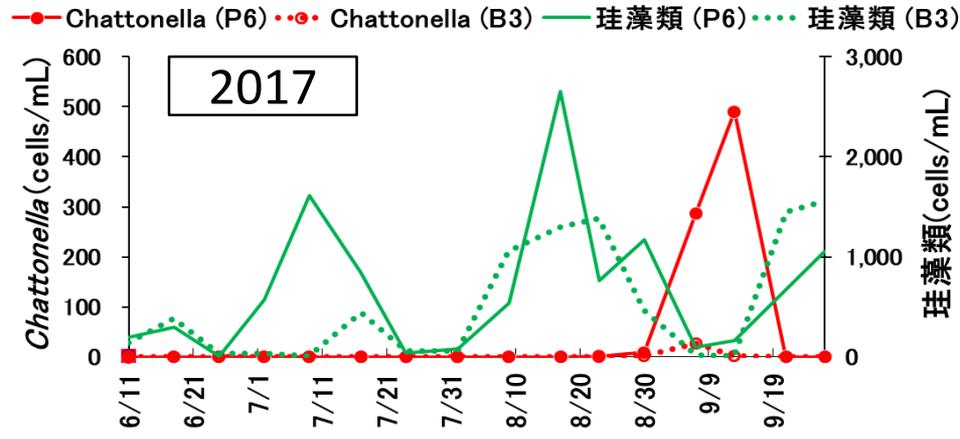
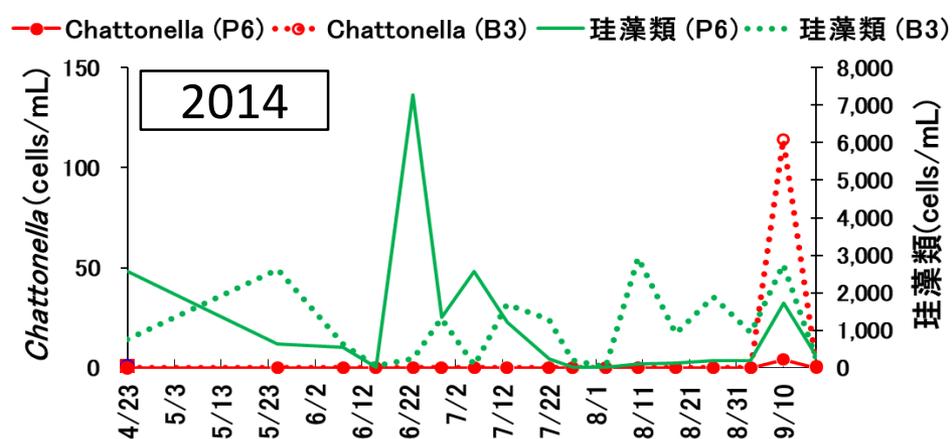
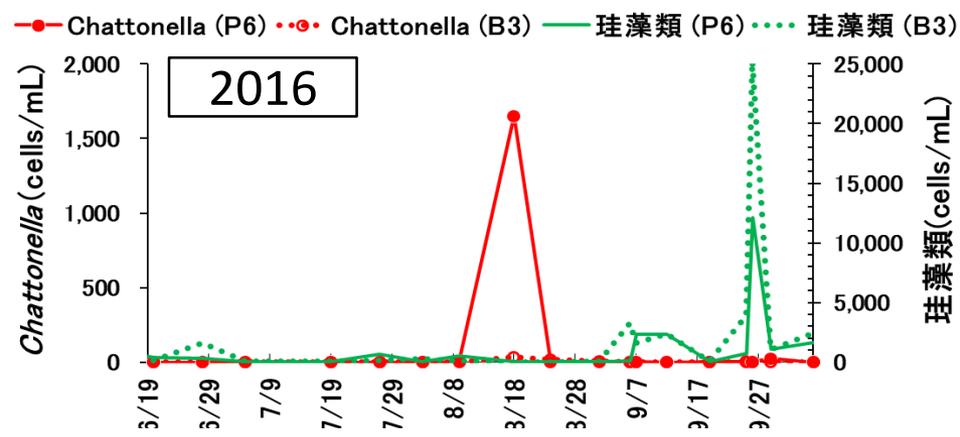
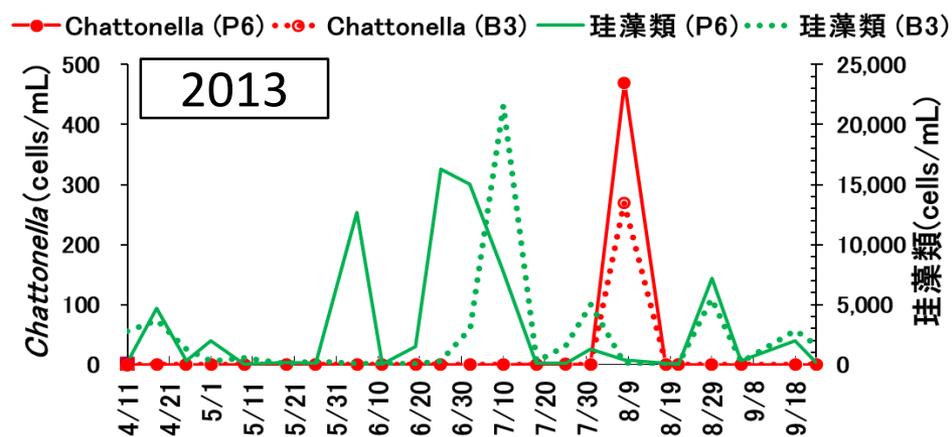
有明海における*Chattonella*属と珪藻類出現特性の観測定点(2009~2012年)

第4回生物小委資料2(4)再掲



有明海奥部におけるChattonella属と珪藻類の出現特性

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



出典：水産研究・教育機関，長崎県総合水産試験場「有明海における貧酸素水塊モニタリングの高度化」平成25～29年度 漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊対策推進事業 九州海域での有害赤潮・貧酸素水塊発生機構解明と予察・被害防止等技術開発報告書

有明海奥部におけるChattonella属と珪藻類の出現特性

珪藻類との種間競合

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、基本的に栄養競合では不利となる。
従って、珪藻類が最大の競合者である

有明海における9年間の現地観測により、
*Chattonella*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

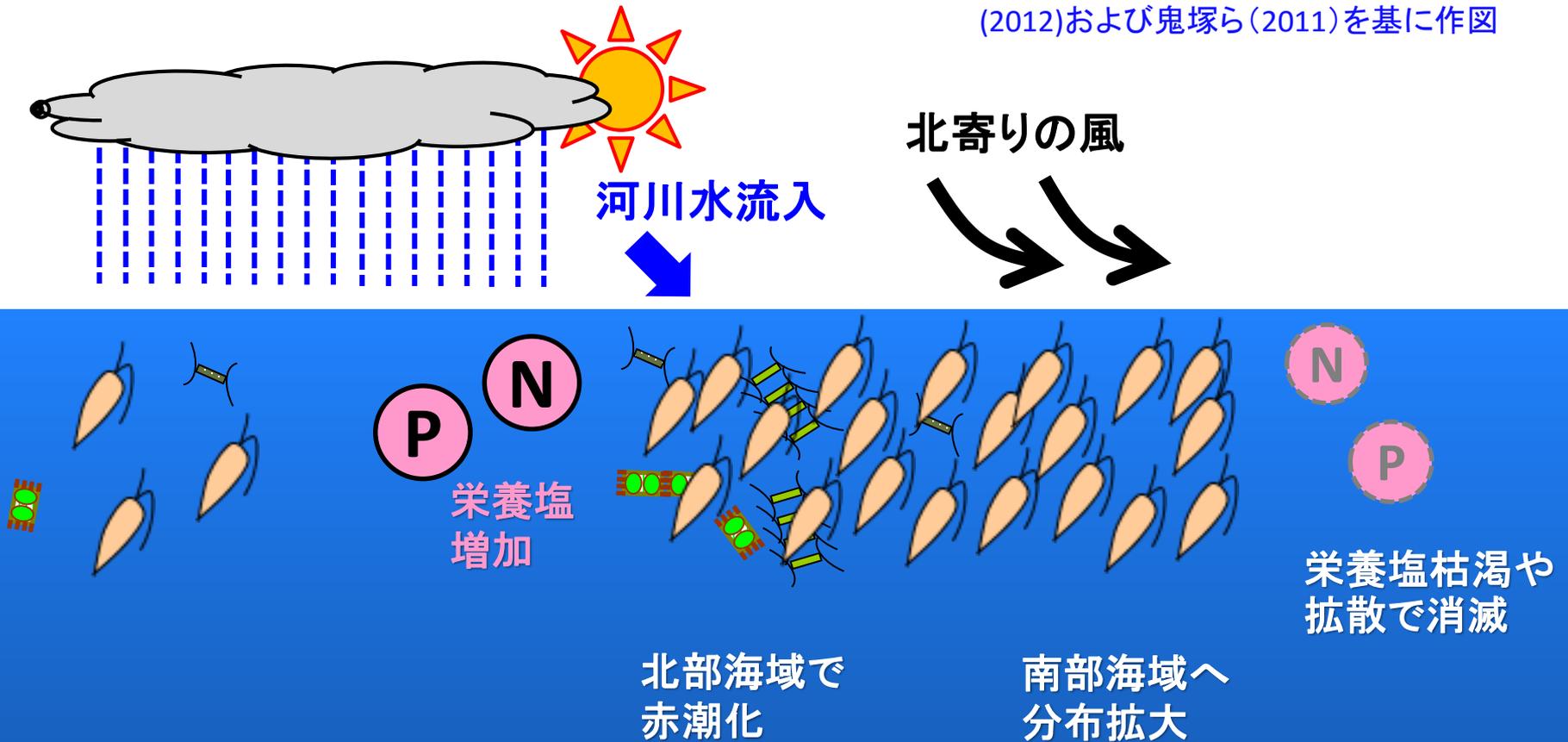
モデルで再現が難しいと言われる種間競合関係
について、実測データが蓄積されている。

(3)

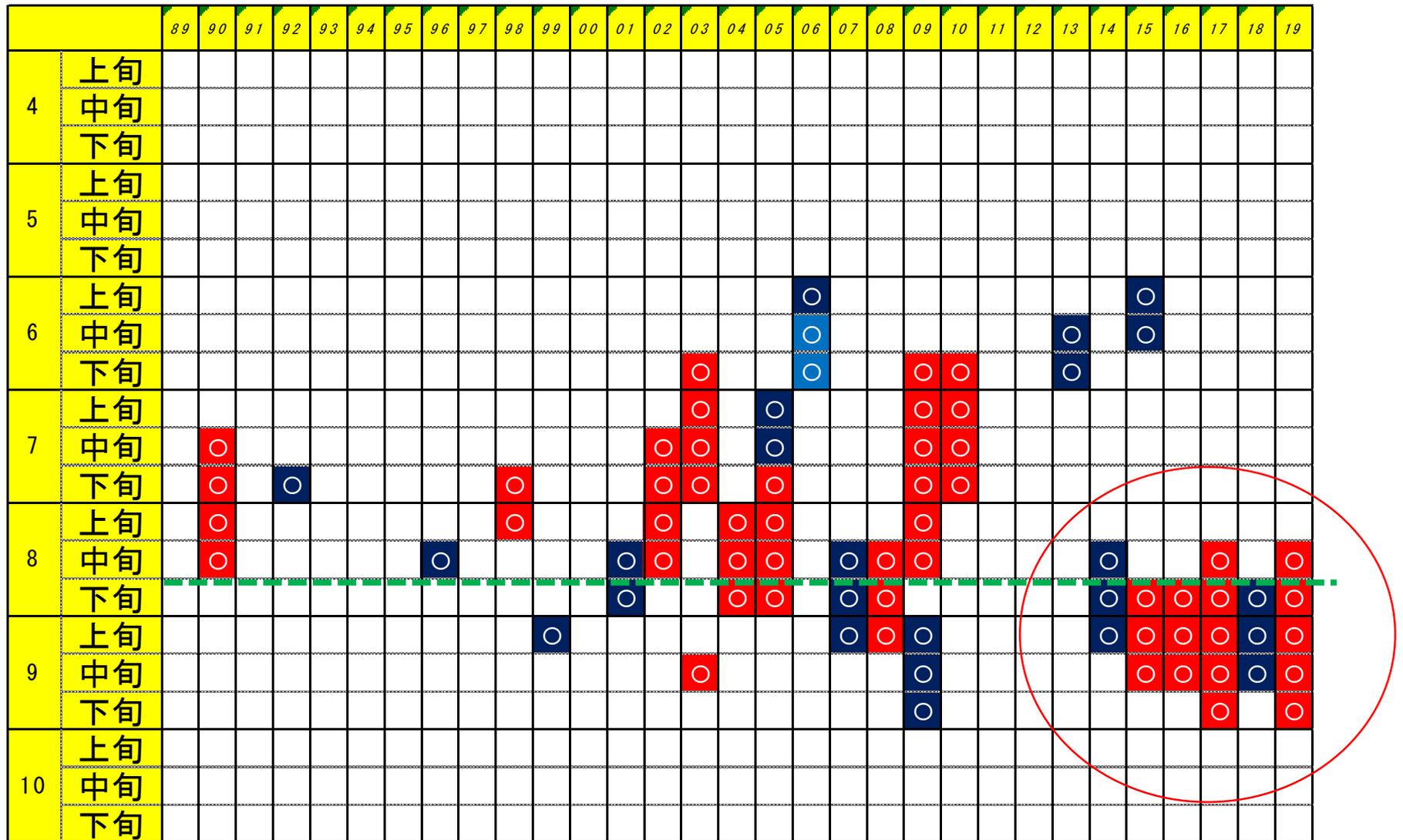
八代海における夏の 鞭毛藻赤潮の発生状況

八代海における*Chattonella*赤潮の発生シナリオ(出水型)

29年委員会報告で引用されたAoki et al. (2012)および鬼塚ら(2011)を基に作図



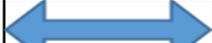
Chattonella赤潮旬別発生状況 (1989~2019年)



熊本県提供資料

前回委員会報告後にChattonella赤潮が晩夏以降に頻発している

 カレニア：着色期間
  シャットネラ：警報レベル

年	有害種	5月	6月	7月	8月	9月	備考
2013	カレニア						
	シャットネラ	初認※北中部					最高1細胞
2014	カレニア						 晩期化
	シャットネラ	初認※中南部					
2015	カレニア						
	シャットネラ	初認※北部					移入？
2016	カレニア						
	シャットネラ	初認※北中部					移入？
2017	カレニア						
	シャットネラ	初認※北中部					
2018	カレニア						
	シャットネラ	初認※北部					移入？
2019	カレニア						
	シャットネラ	初認※中南部					

八代海におけるカレニア及びシャットネラの出現及び密度増加時期

○シャットネラの密度増加時期は8月以降と晩期発生型になっている

○カレニアが先行して増殖する傾向がある

→従来の6～7月にカレニアが、9月までシャットネラが連続して発生することで、警戒体制や餌止め期間が長期化して養殖業経営を圧迫している。

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※
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

赤潮発生予測

従来予測の検証

対象海域：八代海南部

●線形判別（折田ら2013）

$Y = 0.056 \times \text{入梅日}$

$+ 0.015 \times \text{6月中旬水俣日照時間}$

$+ 1.378 \times \text{6月八代平均風速（北東）}$

$- 3.723$

正判別率 78%

●線形判別（折田改変2014，ポスター発表）

$Y = 0.0071 \times \text{3月水俣降水量}$

$- 1.2849 \times \text{5月水俣平均風ベクトル（EW成分）}$

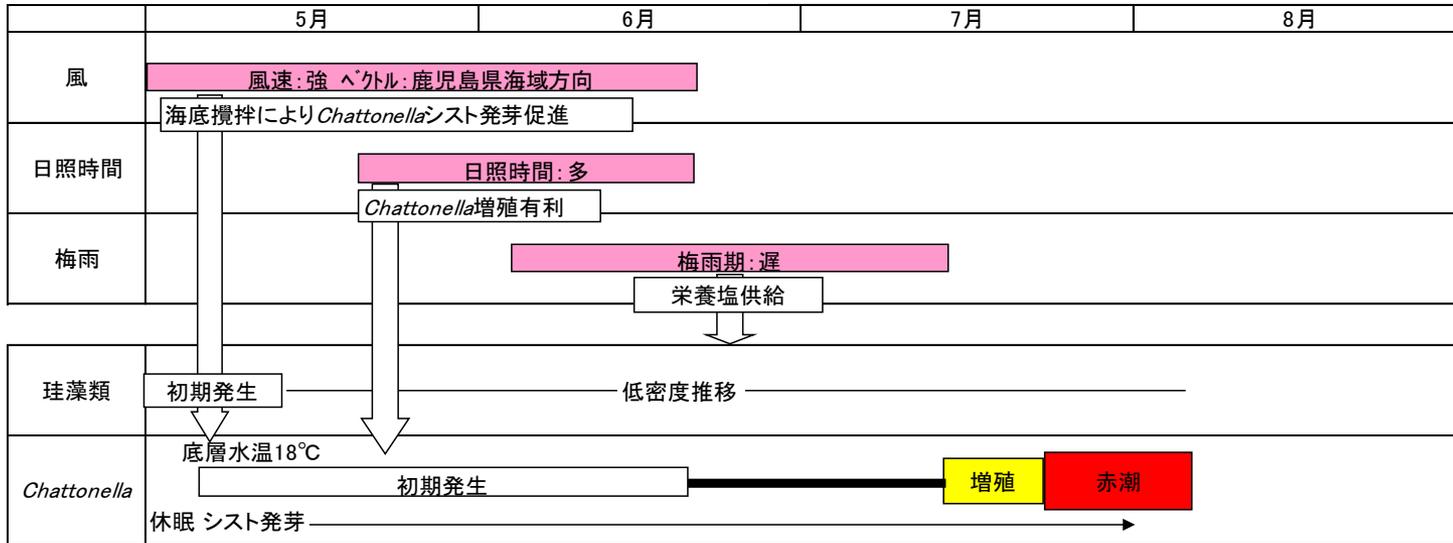
$+ 0.0014 \times \text{6月水俣日照時間}$

$- 3.2374$

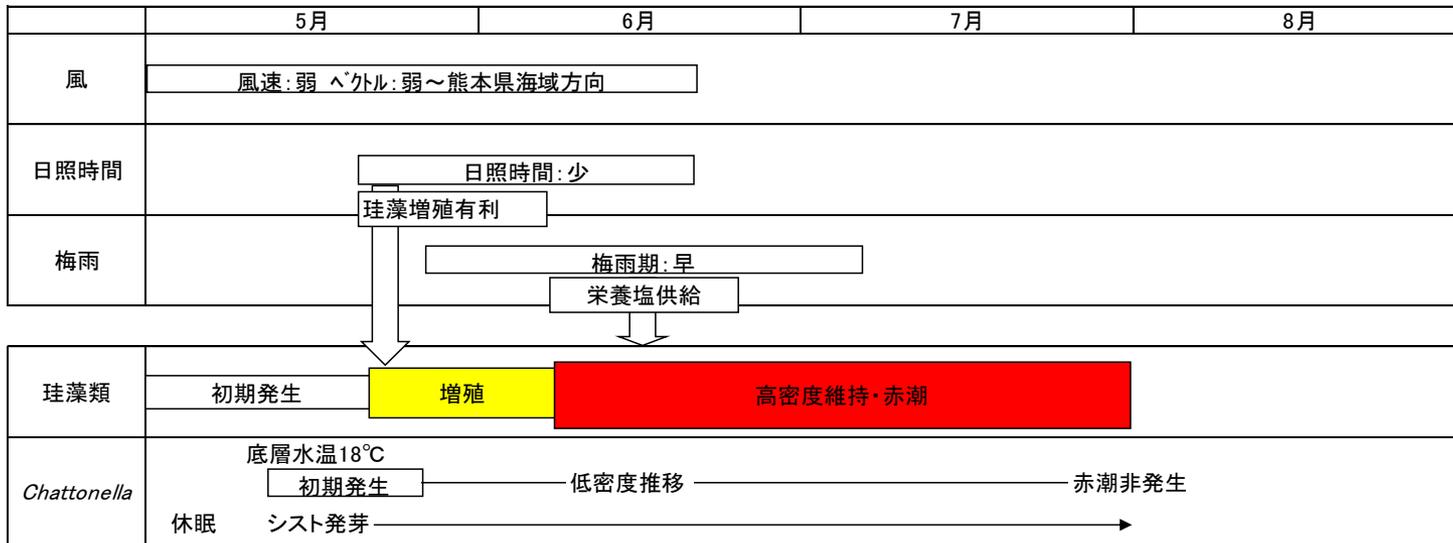
正判別率 75%

年	赤潮発生	線形判別		改変	
		予測値	判定	予測値	判定
1988	小発生	-0.6	▲	-0.2	▲
1989	小発生	-0.4	▲	-0.2	▲
1990	発生	0.7	○	1.1	○
1991	非発生	-1.6	○	-1.3	○
1992	発生	0.3	○	1.1	○
1993	非発生	-1.1	○	-0.3	○
1994	非発生	-1.0	○	-1.4	○
1995	非発生	-0.8	○	-0.9	○
1996	非発生	-1.2	○	-1.2	○
1997	非発生	0.0	○	-0.8	○
1998	非発生	-1.0	○	-0.8	○
1999	非発生	-0.5	○	-0.9	○
2000	非発生	-1.1	○	-0.8	○
2001	非発生	-0.7	○	-0.5	○
2002	小発生	0.6	△	0.4	△
2003	発生	0.4	○	0.6	○
2004	発生	0.7	○	1.2	○
2005	発生	1.4	○	0.7	○
2006	小発生	-0.4	▲	-0.5	▲
2007	非発生	-1.0	○	-0.9	○
2008	小発生	-1.0	▲	-1.2	▲
2009	発生	0.7	○	0.8	○
2010	発生	0.6	○	0.3	○
2011	非発生	-1.2	○	-1.4	○
2012	非発生	-0.1	○	-0.5	○
2013	非発生	-1.0	○	-0.8	○
2014	非発生	-0.3	○	-0.5	○
2015	発生	-0.9	×	-0.7	×
2016	発生	-0.4	×	-1.0	×
2017	発生	0.1	○	-0.5	×
2018	発生	-0.1	×	0.2	○
2019	発生	1.8	○	0.0	×

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）

八代海の*Chattonella*赤潮が晩期化した要因として想定される事象

有明海及び八代海におけるシャットネラ赤潮の発生状況

年	発生状況				最高細胞数	漁業被害
2013	有明海	期間	7/29~8/21	荒尾市~上天草市	1,350	×
	八代海	海域	6/10~6/24	天草市楠浦湾	1	×
2014	有明海	期間	9/12~10/24	荒尾市~宇土市	3	×
	八代海	海域	8/18~9/9	宇城市~天草市宮野河内	100	×
2015	有明海	期間	8/17~9/1	荒尾市~天草市	31,000	○
	八代海	海域	8/23~9/15	上天草市~水俣市	600	○
2016	有明海	期間	8/18~9/7	荒尾市~宇城市	1,010	×
	八代海	海域	8/22~9/31	八代海全域	16,150	○
2017	有明海	期間	8/25~9/22	荒尾市~天草市	300	×
	八代海	海域	8/16~9/20	八代海全域	510	○
2018	有明海	期間	7/5~9/12	荒尾市~上天草市	2,250	×
	八代海	海域	7/31~9/13	八代海全域	198	×
2019	有明海	期間	8/21~9/25	長洲町・天草市	48	×
	八代海	海域	8/19~9/26	八代海全域	18,600	○

↓ 晩期化



有明海から八代海へシャットネラ細胞の移入が疑われる年

H27年度のシャットネラ赤潮発生状況

赤潮発生期間 9月4日～15日(12日間)

2015/8/27

2015/8/28

有明海で増殖

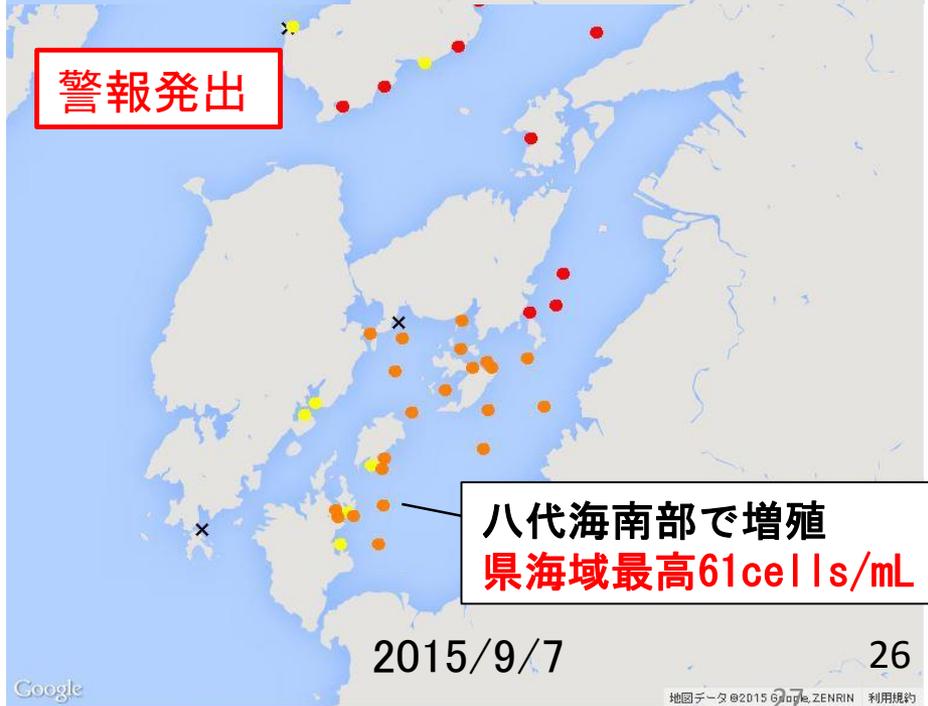
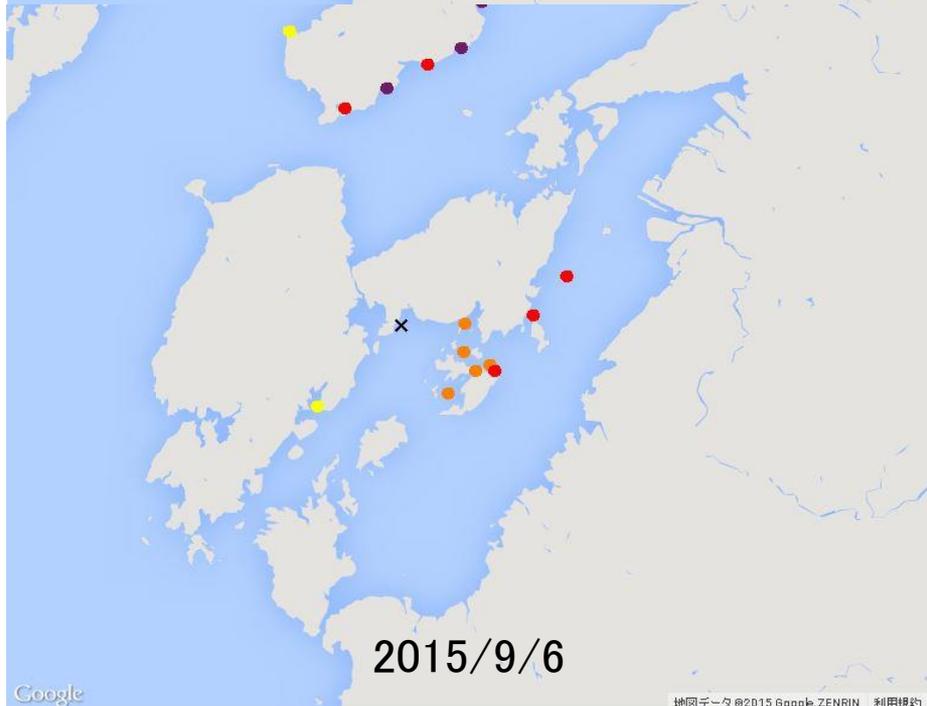
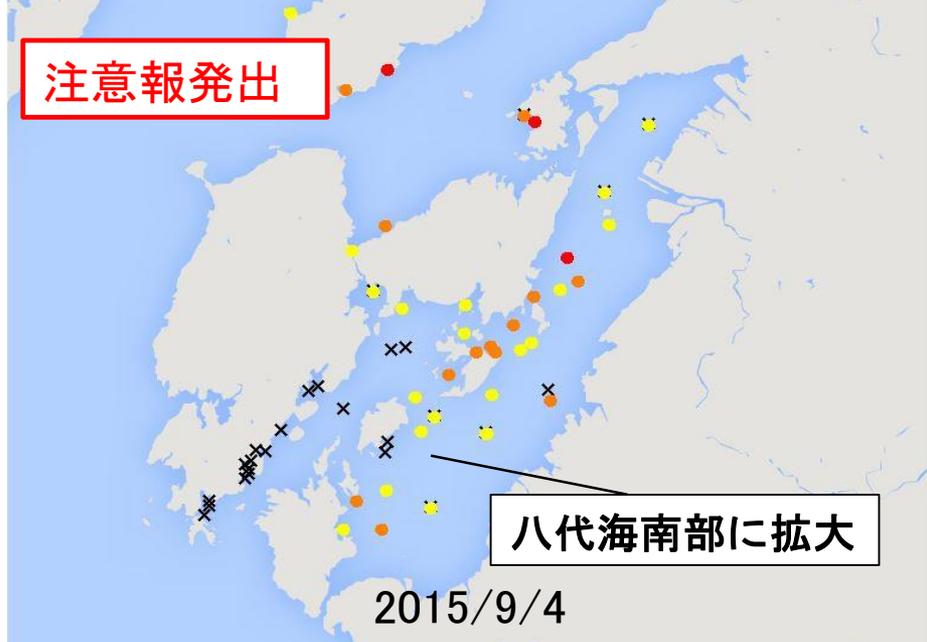
八代海北部に流入

2015/8/30

Google 地図データ ©2015 Google, ZENRIN 利用規約
 × 0 / ● ~0.1未満 / ● 0.1~1未満 / ● 1~10未満 / ● 10~100未満 / ● 100~1000未満 / ● 1000~ [細胞/ml]

Google 地図データ ©2015 Google, ZENRIN 利用規約
 × 0 / ● ~0.1未満 / ● 0.1~1未満 / ● 1~10未満 / ● 10~100未満 / ● 100~1000未満 / ● 1000~ [細胞/ml]

注意報発出

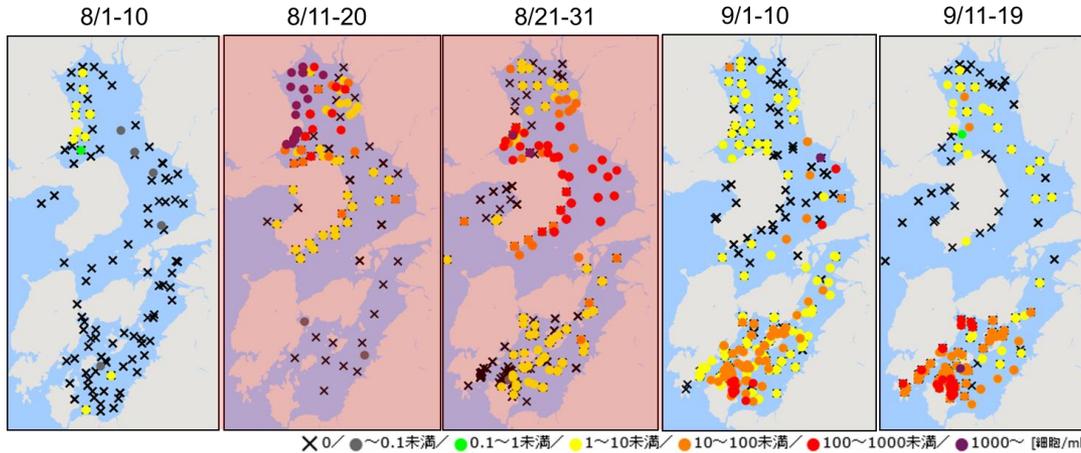


Google 地図データ ©2015 Google, ZENRIN 利用規約
X 0 / ● ~0.1未満 / ● 0.1~1未満 / ● 1~10未満 / ● 10~100未満 / ● 100~1000未満 / ● 1000~ [細胞/mL]

Google 地図データ ©2015 Google, ZENRIN 利用規約
X 0 / ● ~0.1未満 / ● 0.1~1未満 / ● 1~10未満 / ● 10~100未満 / ● 100~1000未満 / ● 1000~ [細胞/mL]

H28年度のシャットネラ赤潮発生状況 (漁業被害有り)

2016年のシャットネラ 細胞密度分布推移

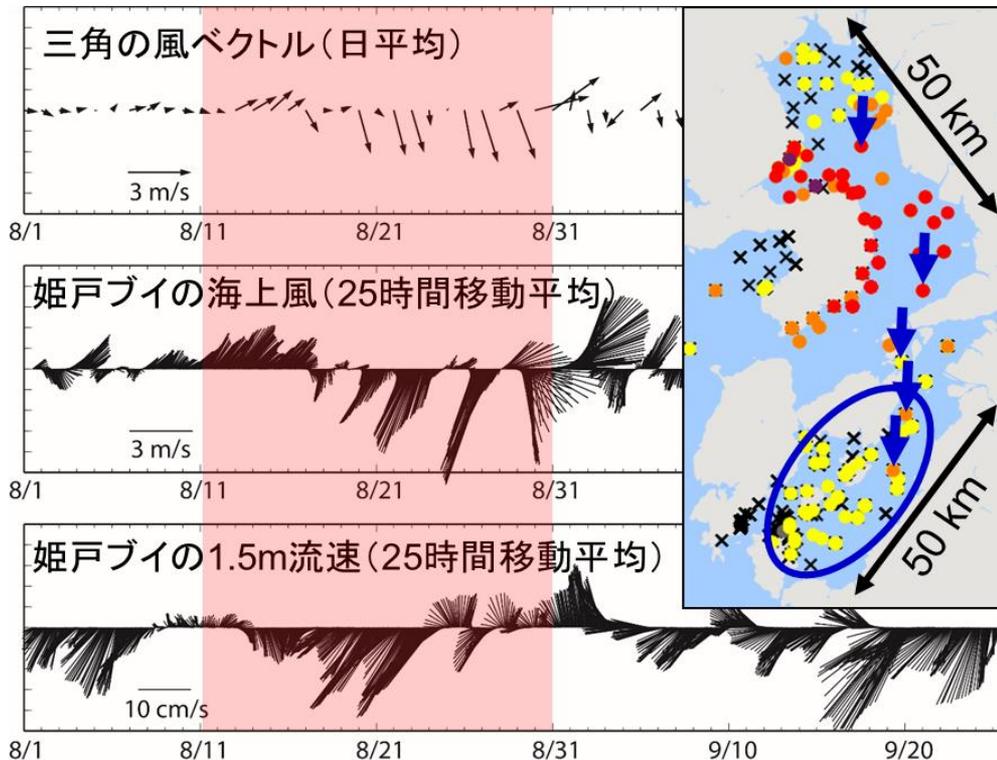


有明海からの移入の可能性
 (北辻ら2016~2018 H27~29年度
 水産庁委託事業報告書,
 中島ら 2019 日本水産学会誌)

吹送流は海上風の3%程度

約3 m/sの北寄りの風

⇒10 cm/s ≈ 10 km/day

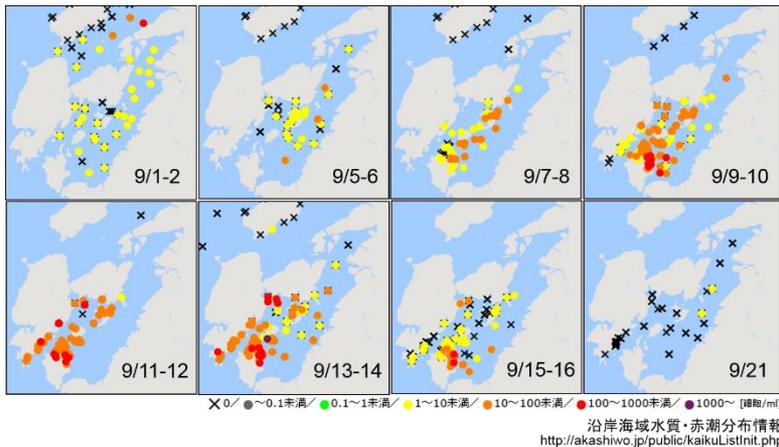


- 8/18 荒尾市沖 150 cells/ml
- 8/22 三角町沖 220 cells/ml
- 8/23 松島町沖 9 cells/ml
- 8/26 姫戸町沖 100 cells/ml
- 8/28 芦北町沖 25 cells/ml
- 8/29 八代海ほぼ全域
1~9 cells/ml

三角ノ瀬戸と柳ノ瀬戸を合
 わせた1日あたりの通過流
 量は, 大築島以北の体積の
 数%程度

2016年に八代海で発生したシャットネラ赤潮の発生要因

Chattonella細胞密度の分布推移



球磨川の出水に起因しない発生パターン

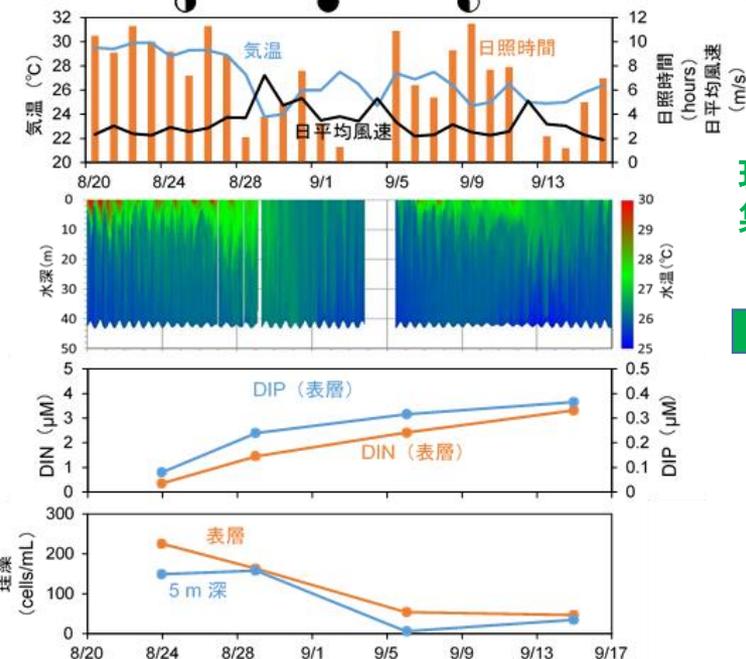
(北辻ら 2017 H28水産庁委託事業報告書,
鬼塚ら 2018 不知火海・球磨川流域圏学会誌,
中島ら 2019 日本水産学会誌)

【赤潮の発達・衰退要因】

- ✓ 水温・塩分の好適環境と競合種（珪藻）の低密度
- ✓ 海面冷却や強風に大潮が重なり鉛直混合が発達→栄養塩供給
- ✓ 小潮で再び成層化→光環境好転により増殖
- ✓ 台風の影響で光環境悪化するとともに再び鉛直混合が進み衰退

八代海南部における気象・海象

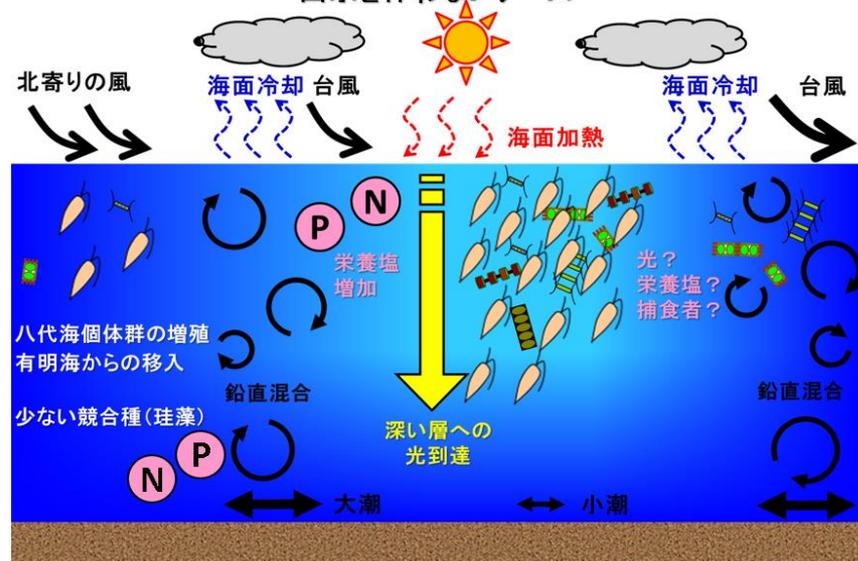
増殖・高密度化した期間



現場データ
集約・解析

2016年のChattonella赤潮の発達・衰退要因（北辻ら2017）

八代海におけるChattonella赤潮の発生シナリオ（鉛直混合型） ～出水を伴わないケース～



八代海におけるシャットネラの晩期型赤潮の発生について

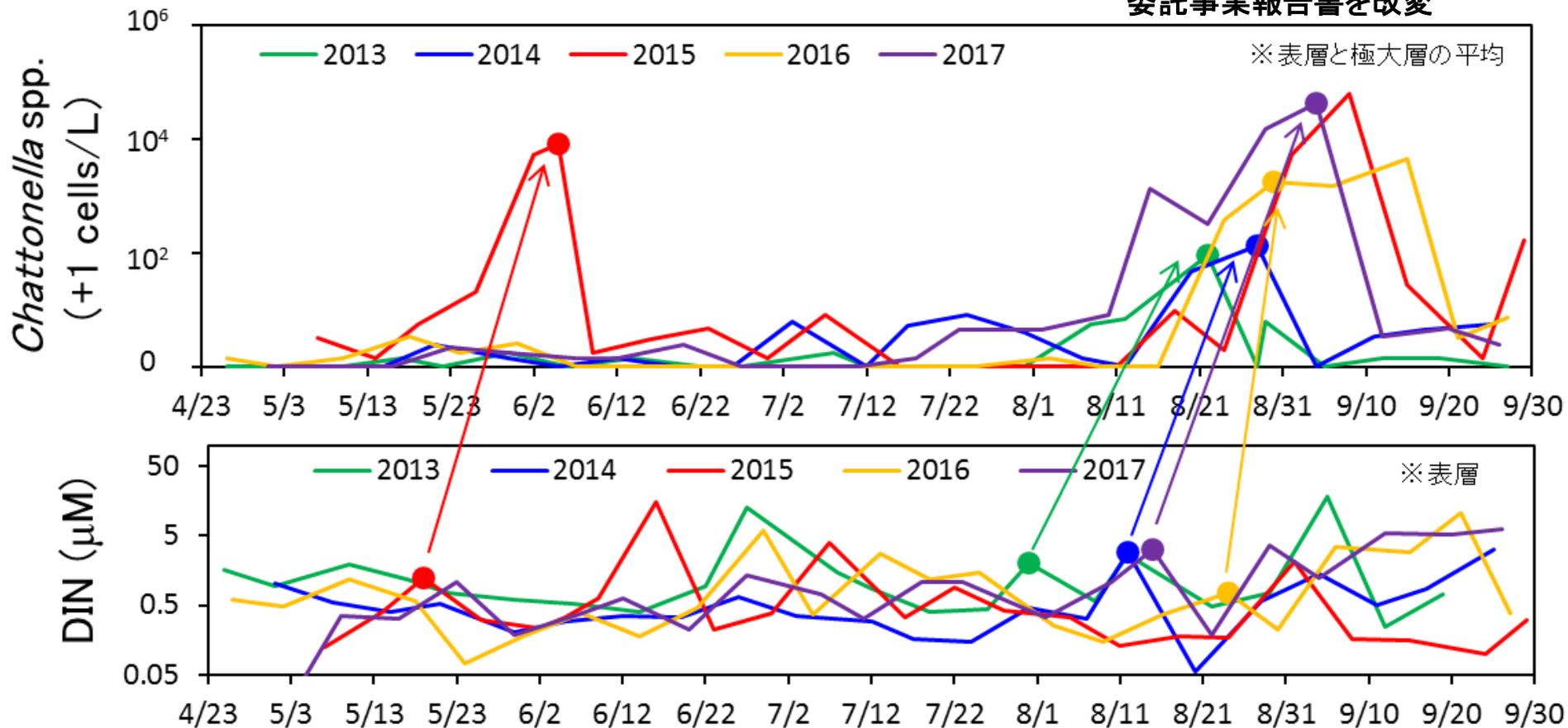
- 2014年以降、通常の初期発生時期である6～7月に低密度で推移して赤潮に至らない。
- 8月中旬以降に光環境が改善したタイミングで、有明海側から遊泳細胞の移入があった後、徐々に増殖して赤潮を形成
- この場合、出水を伴わないため、八代海中南部の底層由来の栄養塩(後述)、光環境、競合する珪藻類の動態によって、赤潮の発生規模が左右されている
→瀬戸内海東部における過去のシャットネラ赤潮の発生機構図と類似する。

(4)

八代海における夏場の 鞭毛藻赤潮と栄養塩 との関係

シャットネラ細胞密度および表層DIN濃度の時系列 (姫戸ブイ:2013~2017年)

北辻ら(2016) H27年度水産庁
委託事業報告書を改変



シャットネラが増加する前にはDINの上昇現象あり
(北辻ら 2016, 2018 H27・H29水産庁委託事業報告書)

八代海でどの栄養塩種がシャットネラの増殖を制限しているか？

AGP試験:方法

採水

St. 1, 2, 4, 6, 8
2008年7, 8, 10月

予備ろ過

栄養塩添加

当日

ろ過滅菌

接種

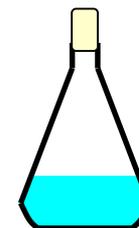
翌日

外洋水で藻体を洗浄

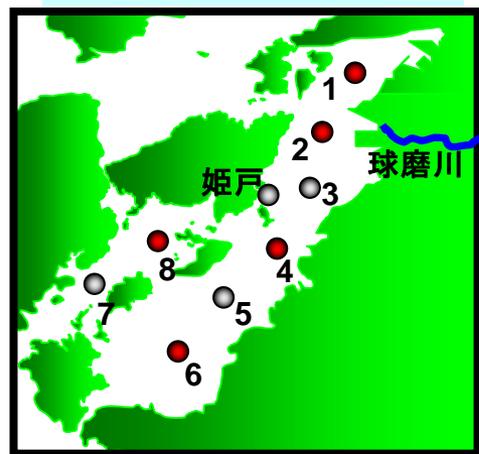
毎日蛍光値を測定

10日間培養

C. antiqua
N-1株(無菌)



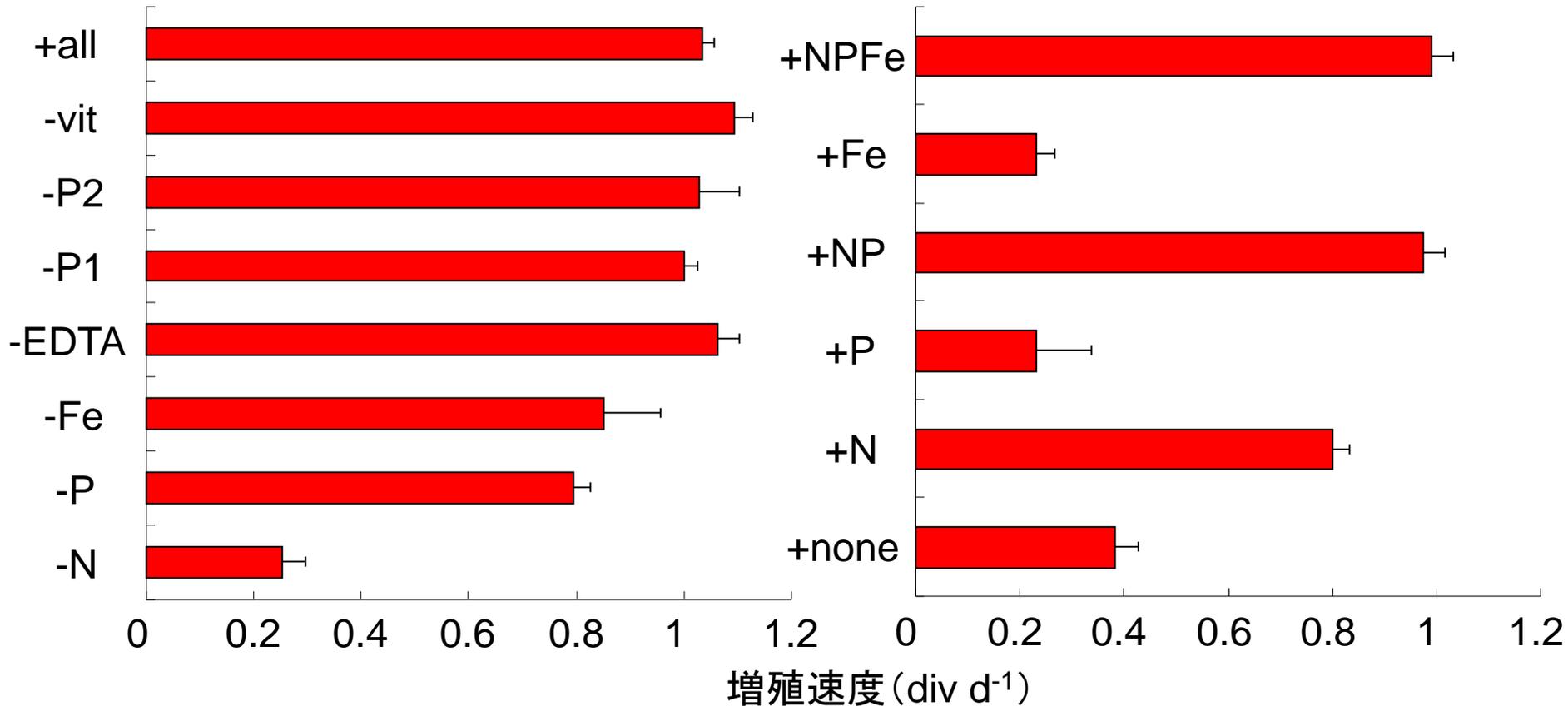
増殖速度を算出



※培地の種類 +none, +N, +P, +NP, -N, -P, -Fe, -EDTA, -P1, -P2, -vitamin, +all,
(+Fe, +NPFe)

AGP試験結果:2008年8月24日

St. 1の結果

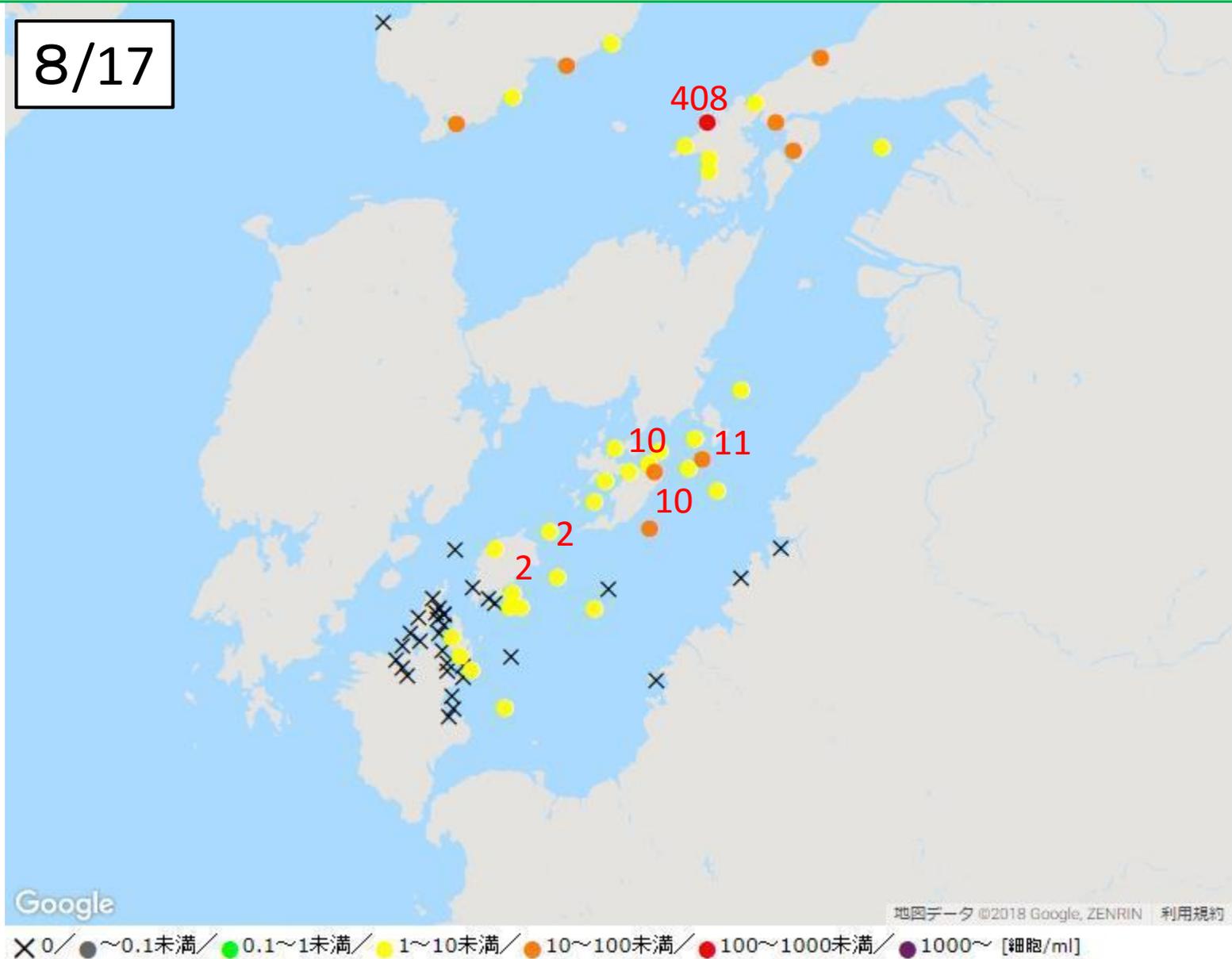


窒素およびリンが制限因子

H30年度のシャットネラ赤潮発生状況

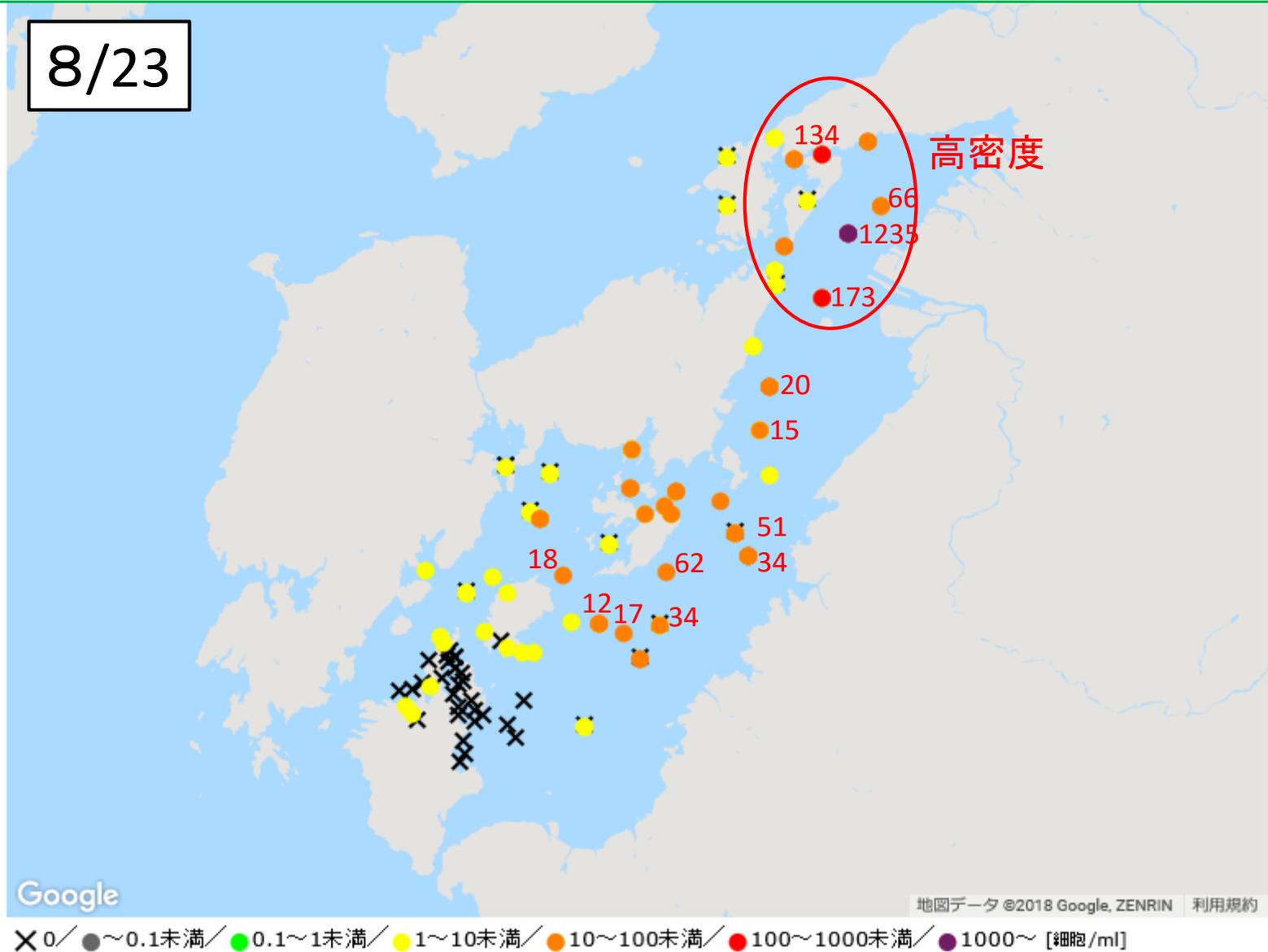
シャットネラ属の発生状況

8/17



シャットネラ属の発生状況

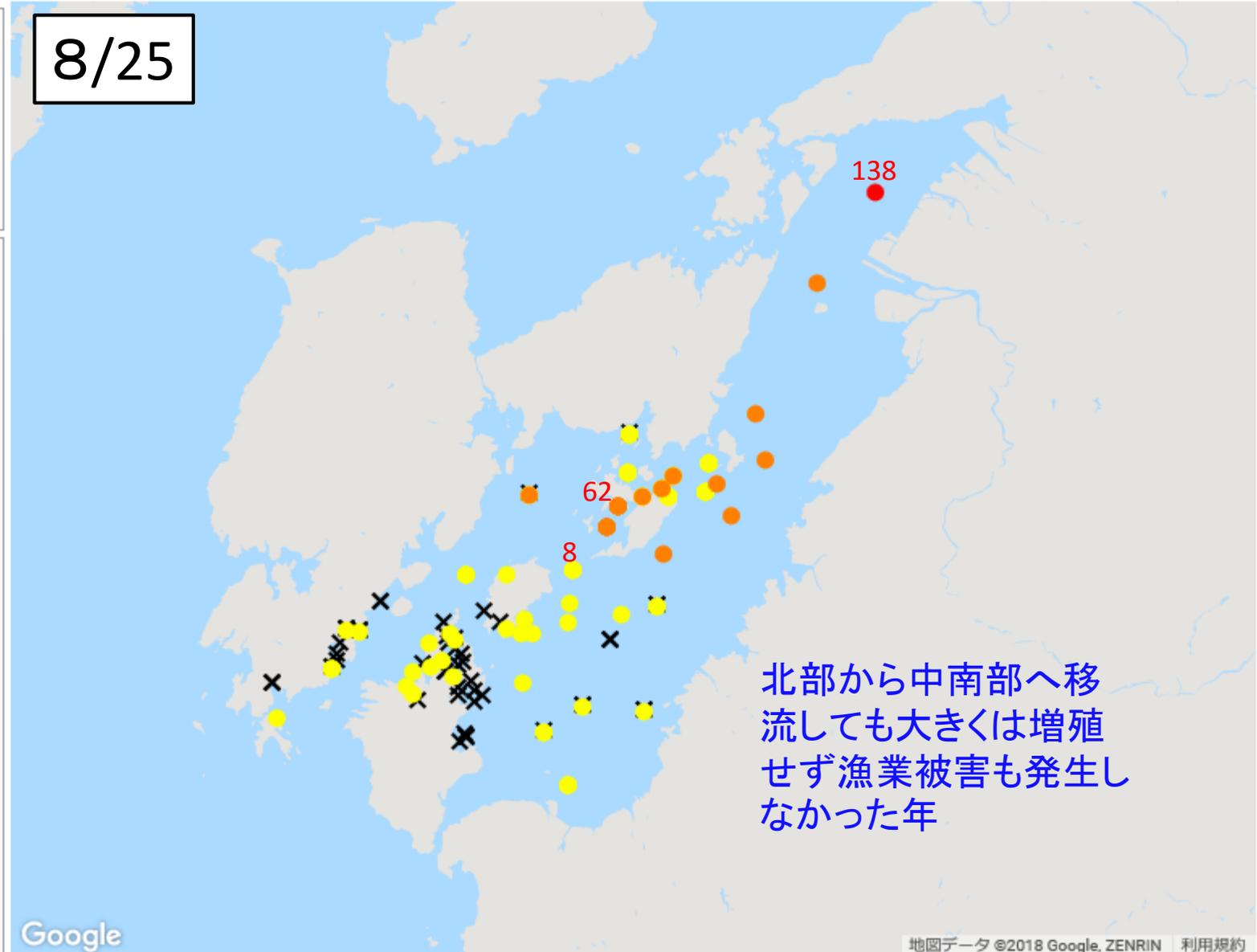
8/23



8月23日赤潮警報発出

シャットネラ属の発生状況

8/25

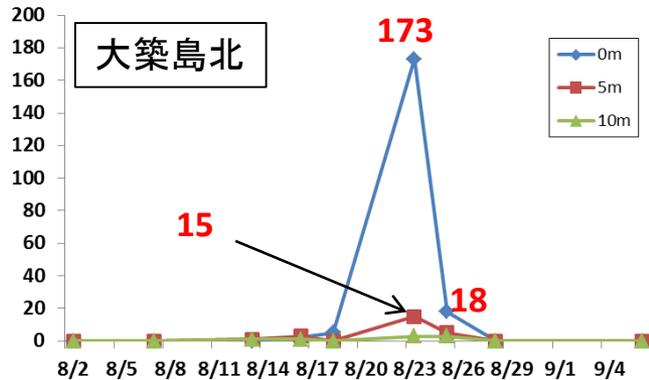


北部から中南部へ移流しても大きくは増殖せず漁業被害も発生しなかった年

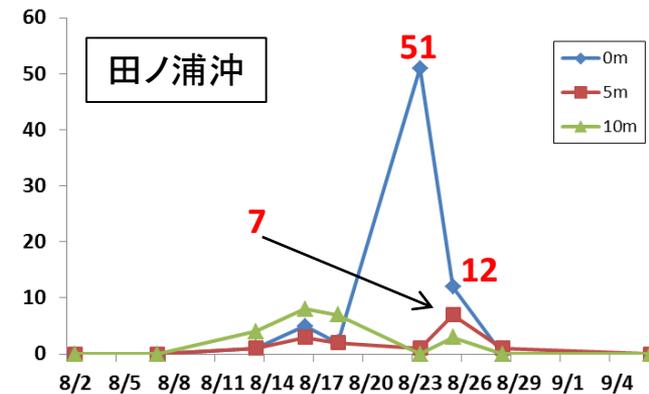
× 0 / ● ~0.1未満 / ● 0.1~1未満 / ● 1~10未満 / ● 10~100未満 / ● 100~1000未満 / ● 1000~ [細胞/ml]

細胞密度の推移 (赤潮発生時期)

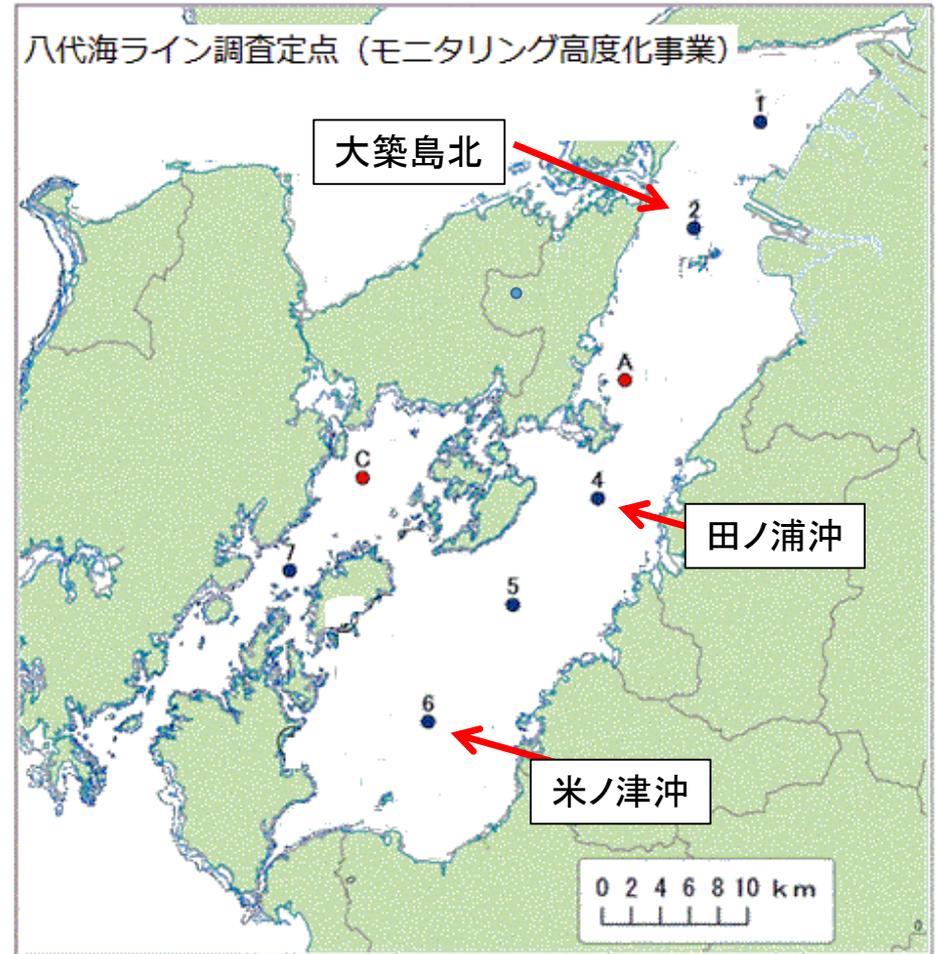
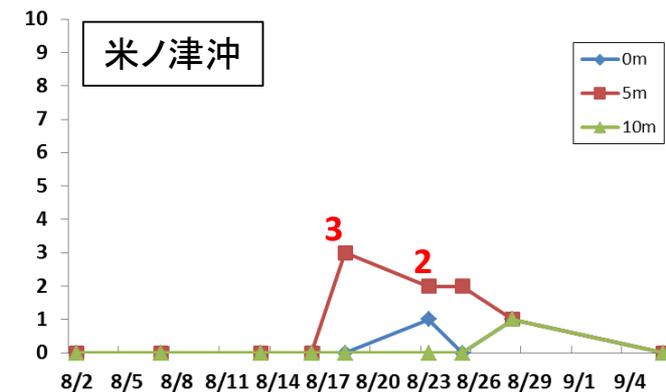
北部



中部



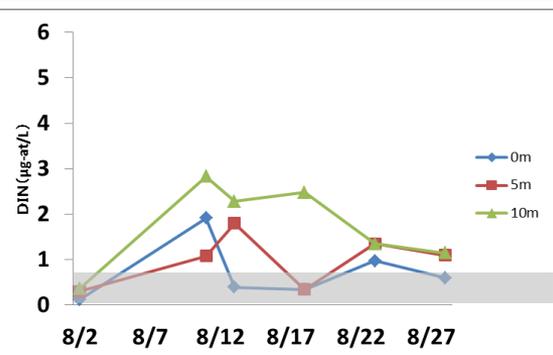
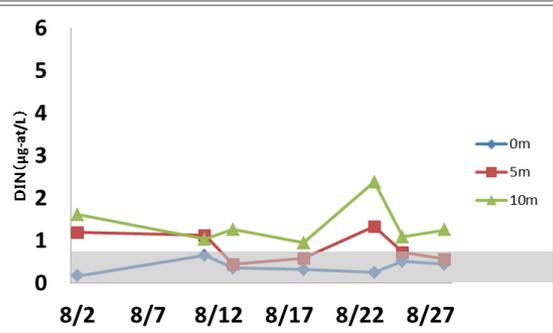
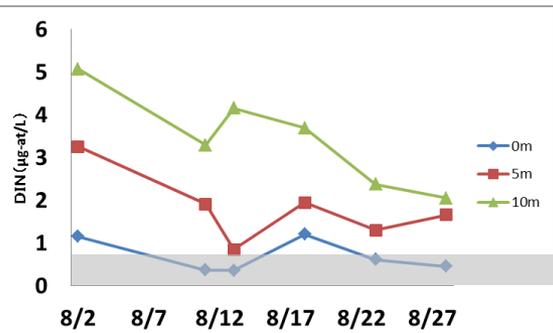
南部



8月の状況

DIN

北部



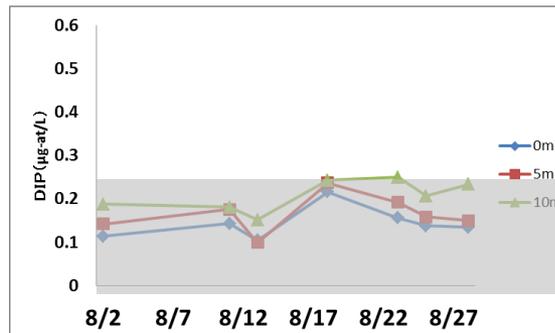
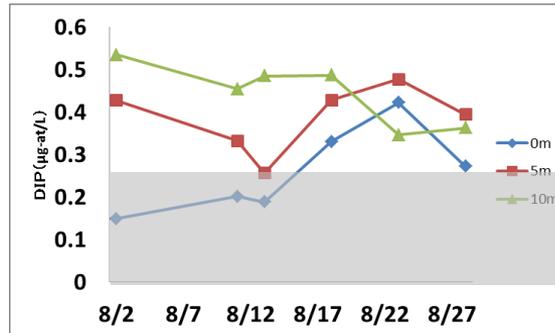
中部

南部

- ・北部は5m層, 10m層では充足
- ・中部は10m層では充足
- ・南部は10m層では充足

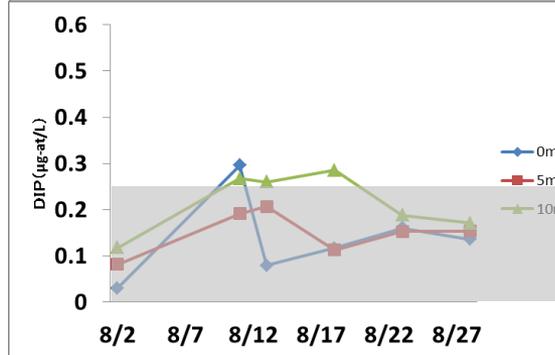
DIP

北部



中部

南部



- ・北部は5m, 10m層で充足
- ・中部は全層で不足
- ・南部は全層で概ね不足

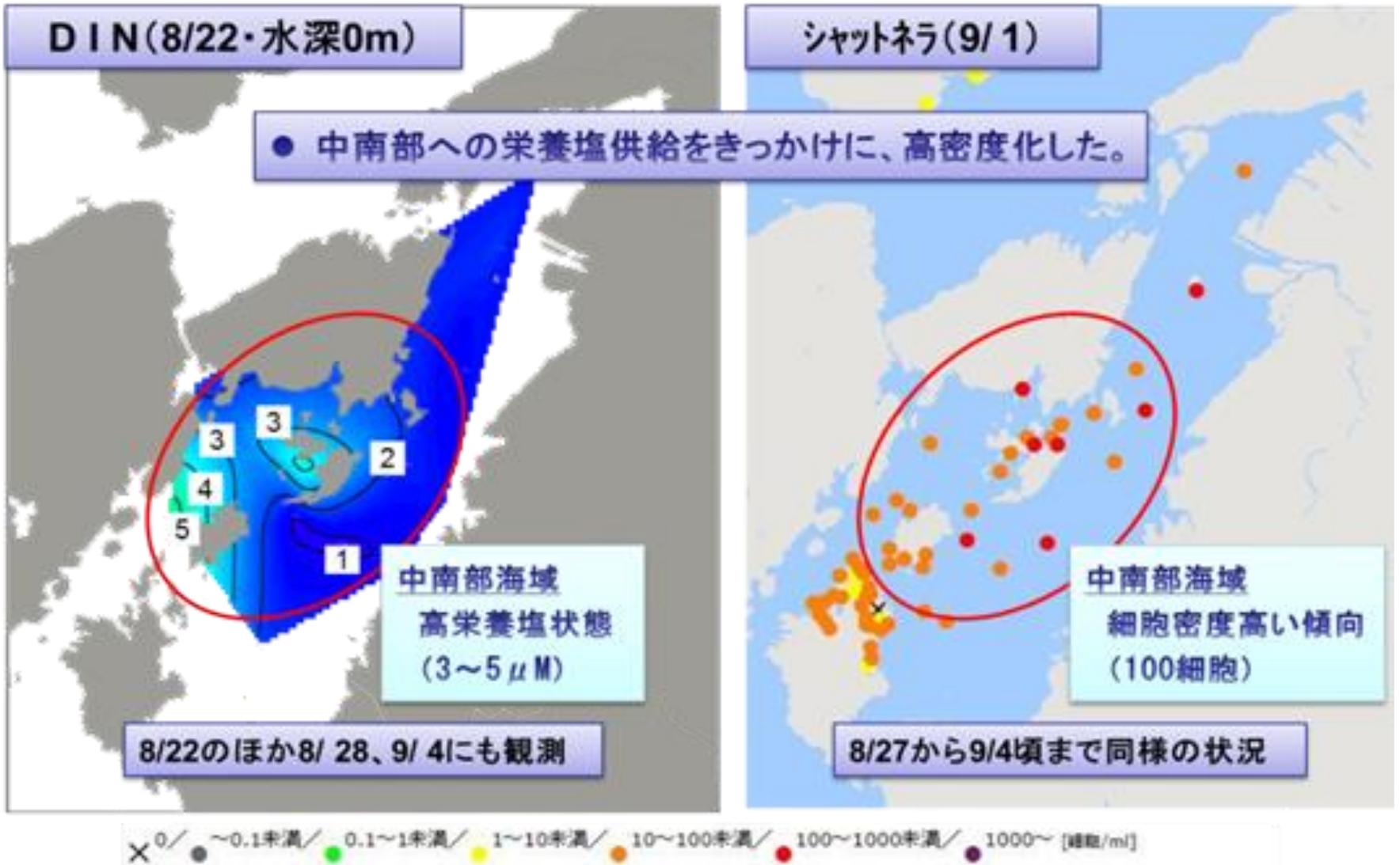
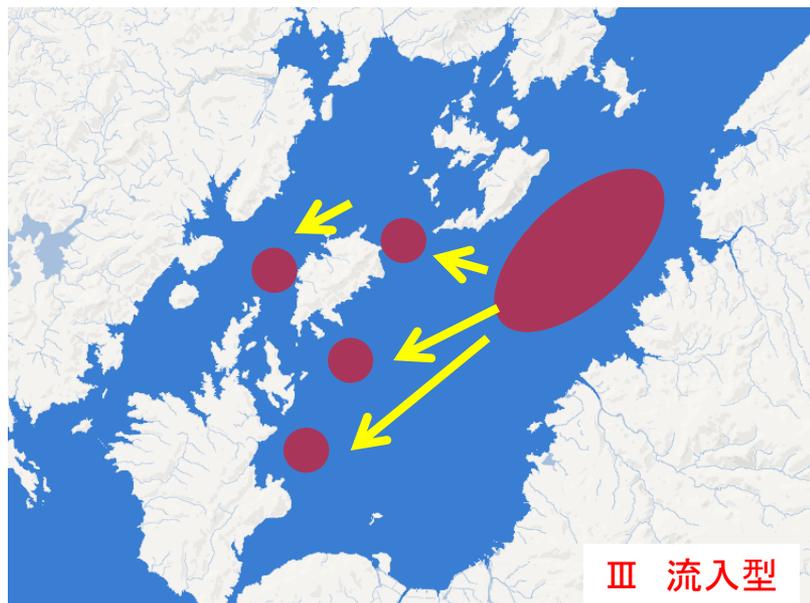
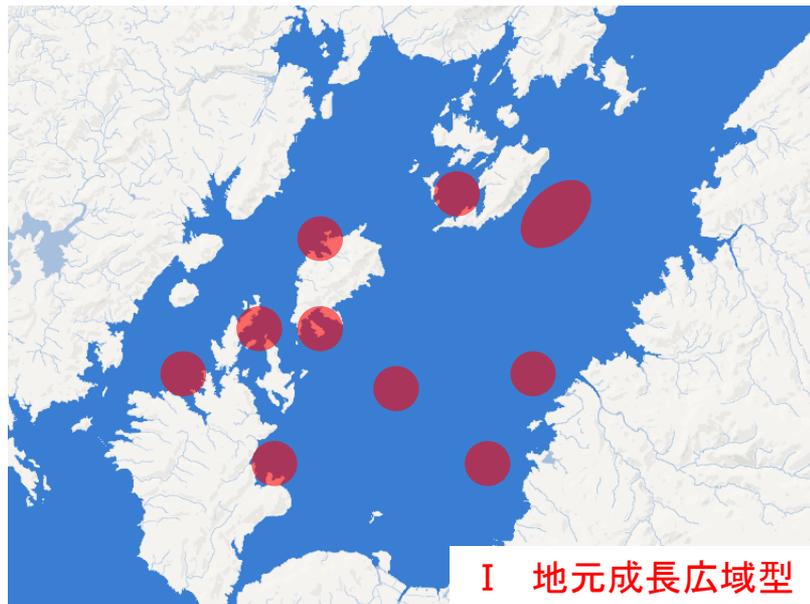


図 DIN及びシャットネラの平面分布状況の比較 (2017年)

中南部で細胞密度が高い年は栄養塩濃度も高い



折田ら(2013)を改変

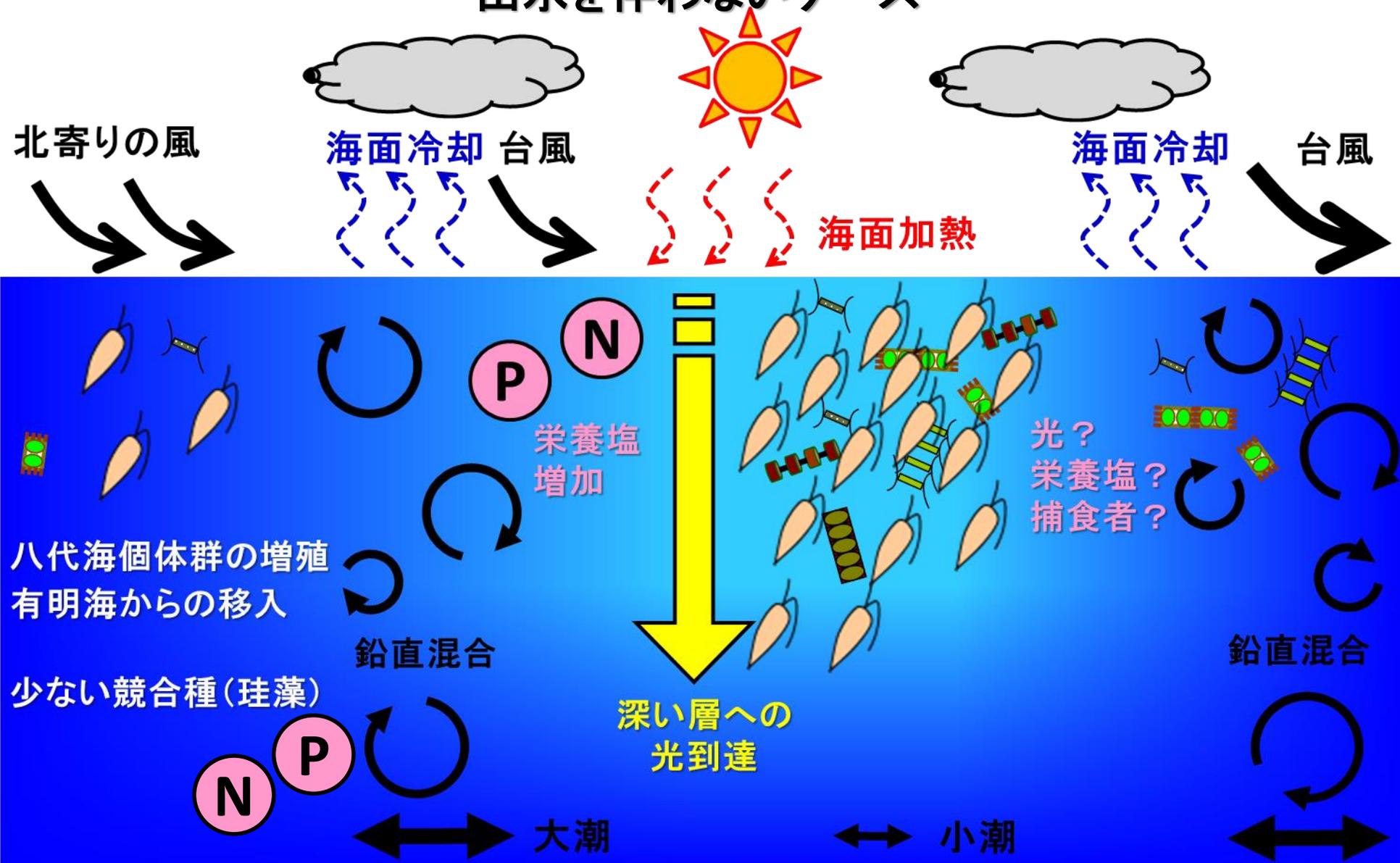
出典：折田和三, 西広海, 田原義雄, 中村章彦(2013) 統計学的手法を用いた八代海の*Chattonella*赤潮発生に関する要因抽出と予察の可能性. 鹿児島県水産技術開発センター研究報告,4, 24-32.

近年の晩期型赤潮は I と II の中間的な発生機構と推察される

八代海における*Chattonella*属赤潮の発生パターン

八代海における*Chattonella*赤潮の発生シナリオ(鉛直混合型)

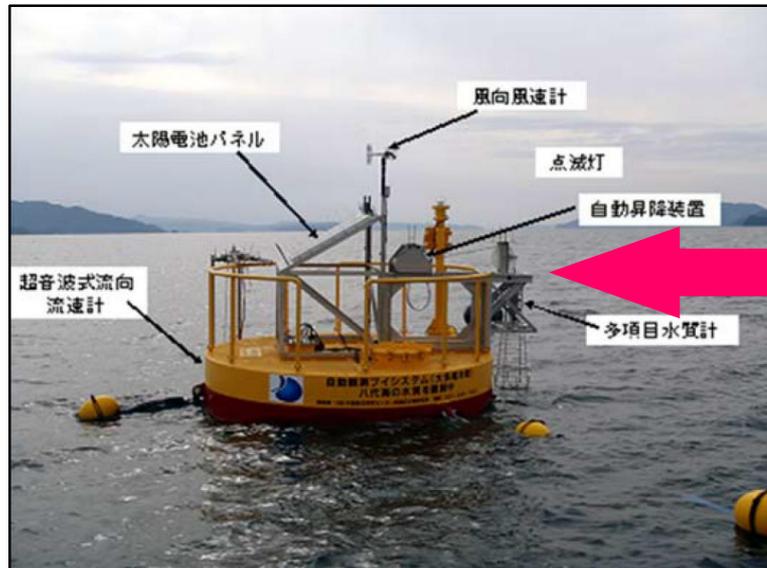
～出水を伴わないケース～



八代海における栄養塩濃度の監視体制強化



オートアナライザーによる即日分析
(熊本水研、鹿児島水技、瀬水研)



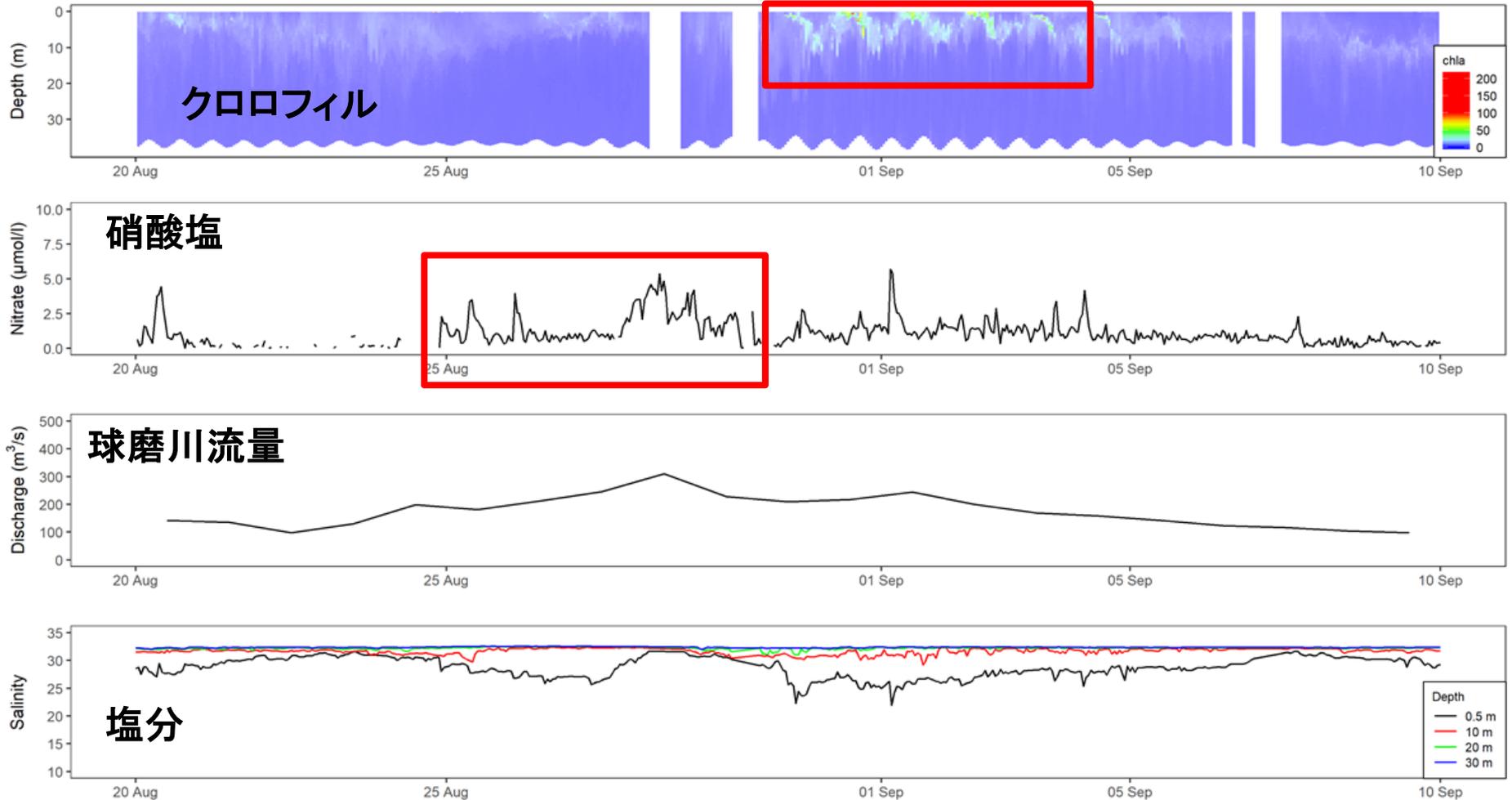
姫戸ブイへの硝酸塩センサー搭載
(西水研)



自動観測ブイ(姫戸沖)・硝酸塩センサーのデータ(2019年)

珪藻衰退

シャットネラ赤潮

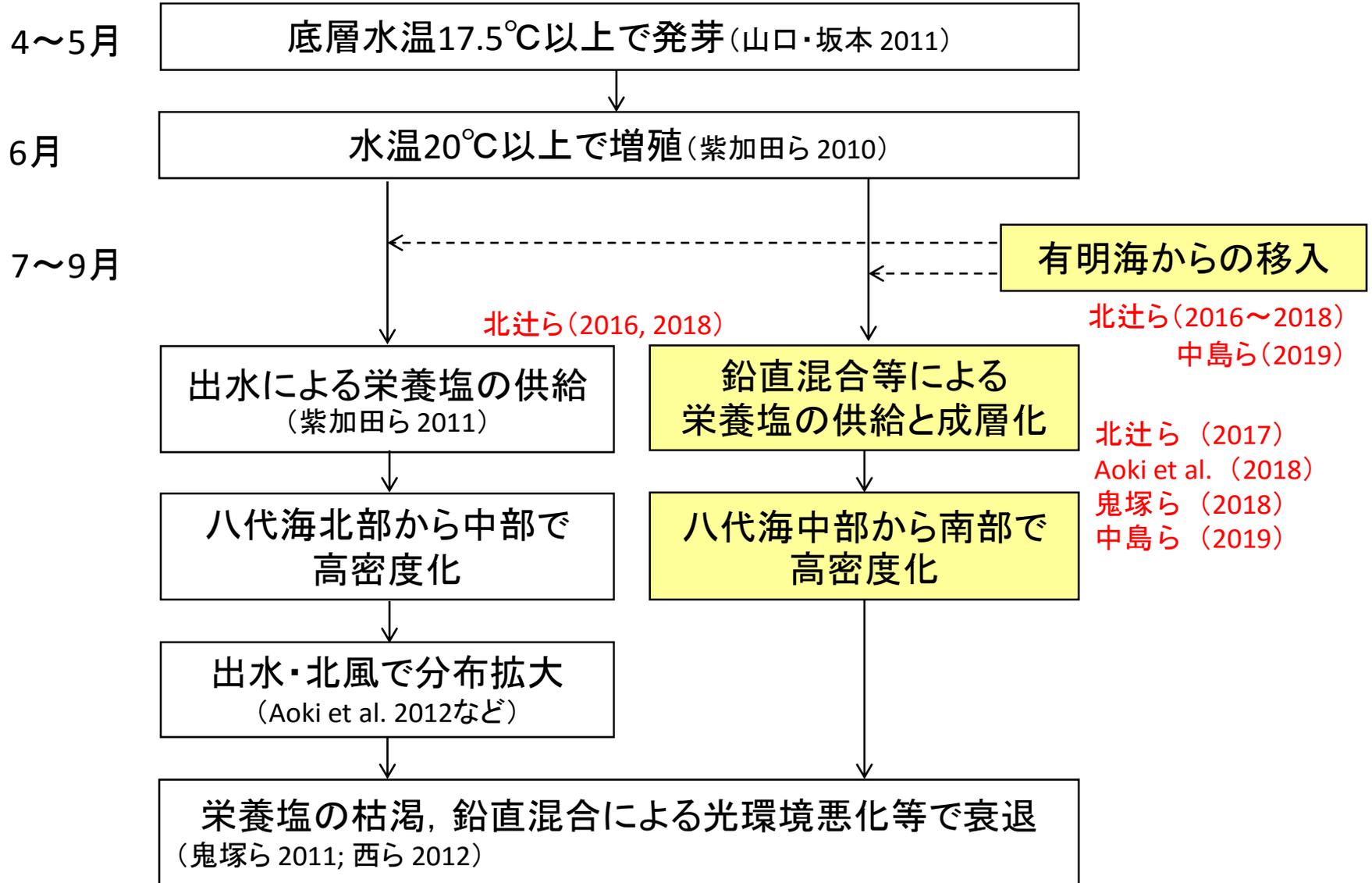


シャットネラ赤潮が発生する前に、連続観測ブイで硝酸塩濃度の上昇を確認
→今後赤潮発生規模の予測に役立つ可能性あり

(4)

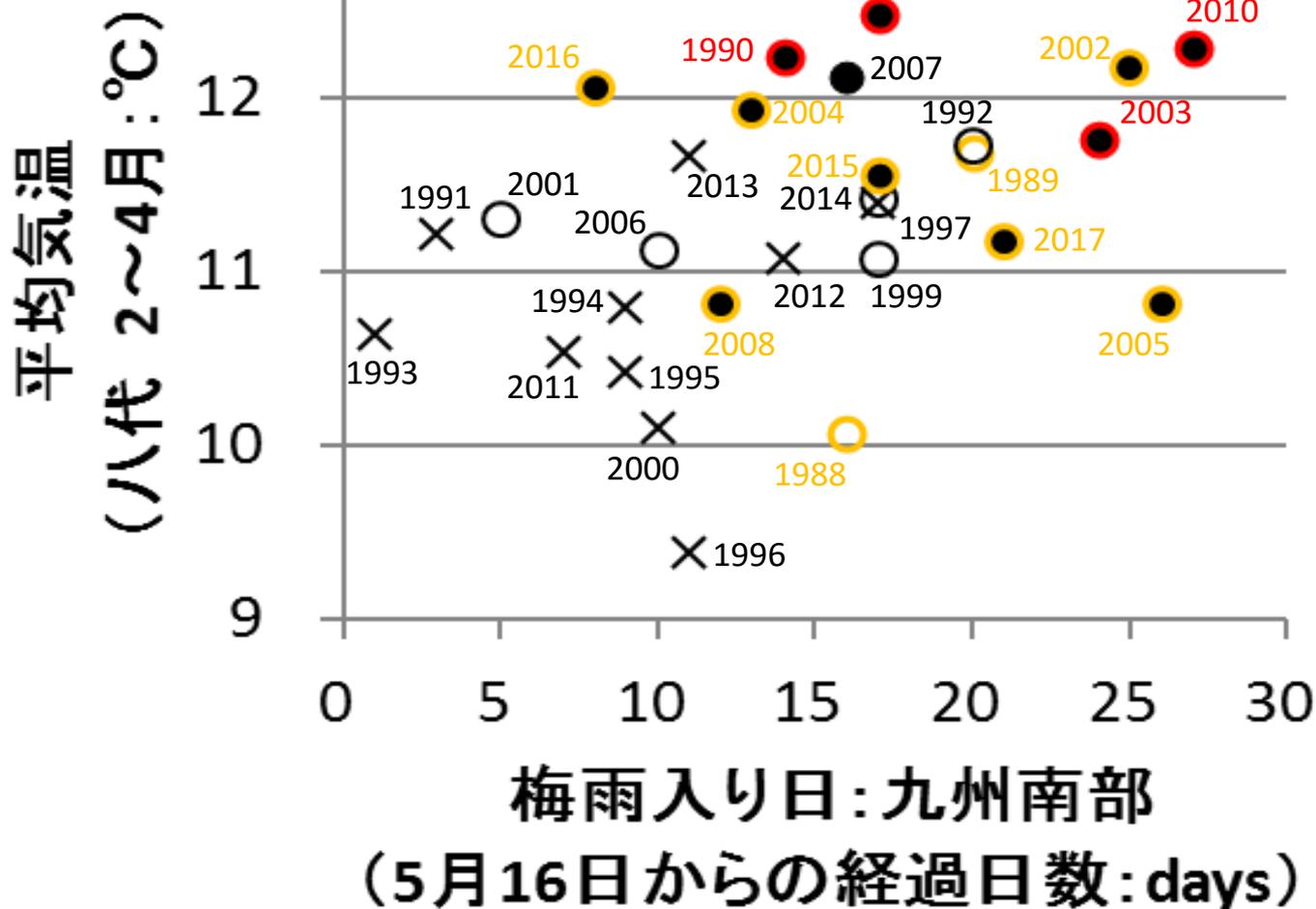
赤潮(夏場)の赤潮発生機構・予察手法・被害軽減に関する知見

シャットネラ赤潮発生シナリオ



八代海におけるシャットネラ赤潮発生年の特徴

※1988～2017年をプロット (Onitsuka et al. 2015 Fish Sciを改変)



× 非発生年
○ 小規模発生年
● 大規模発生年※

※最高細胞密度 > 100 cells/ml
継続日数 > 10日間
最大面積 > 100 km²

被害額(八代海全域)

○ < 5億円
○ ≥ 5億円

【使用データ】
九州海域の赤潮 (九州漁調)
アメダス (気象庁)
過去の梅雨入り (気象庁)

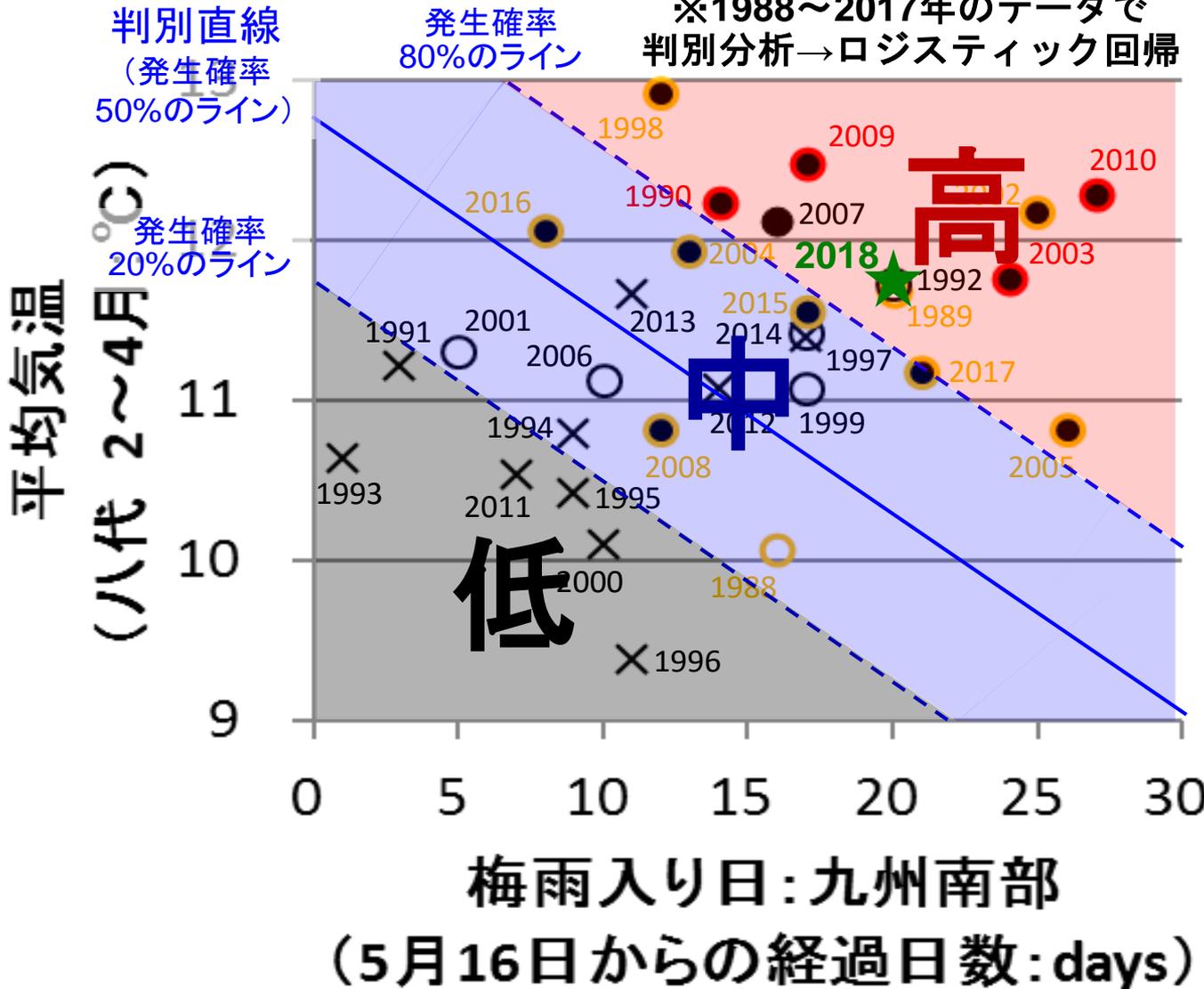
冬～春の気温が高く、梅雨入りが遅い年に大規模化する傾向

(Onitsuka et al. 2015 Fish Sci)

発生確率ごとに3段階に発生レベルを判定

紫加田ら(2019)H30年度水産庁委託事業報告書

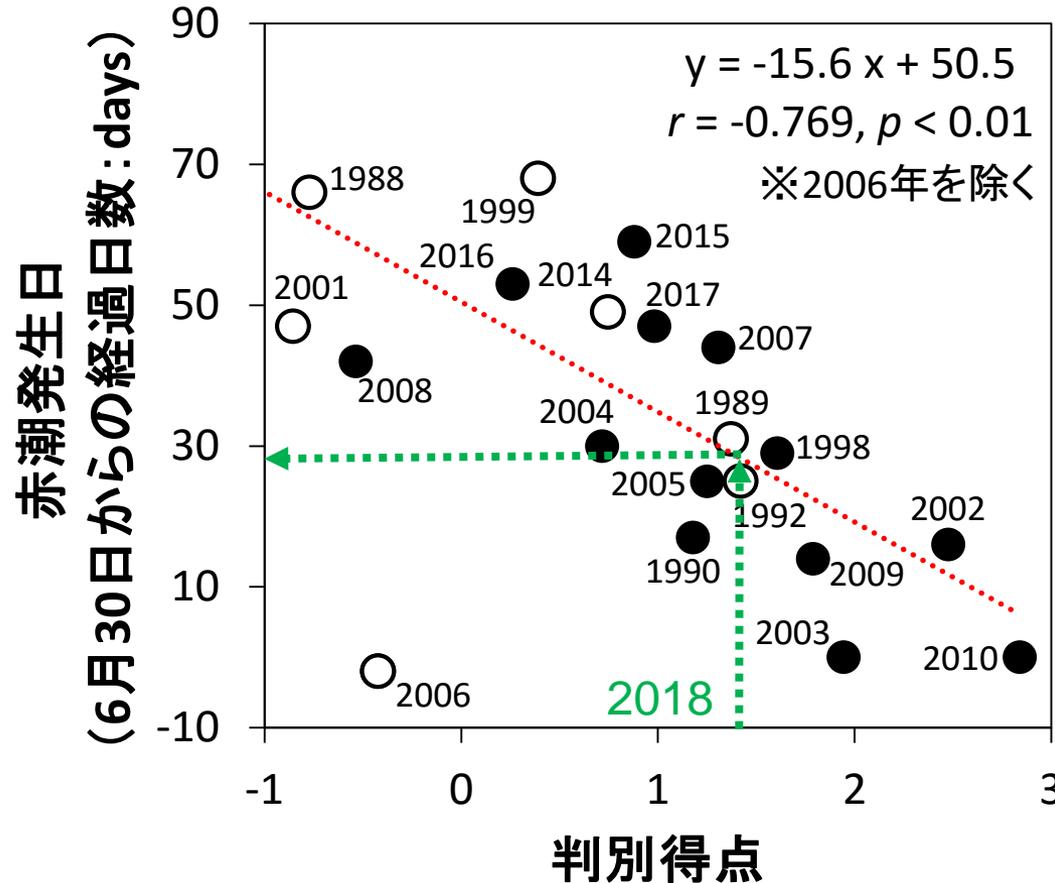
※1988~2017年のデータで判別分析→ロジスティック回帰



「高め」の年の多くが大規模発生、「低め」の年はいずれも非発生

判別得点による赤潮発生時期の推定

紫加田ら(2019)H30年度水産
庁委託事業報告書



○小規模発生年
●大規模発生年※

※最高細胞密度 > 100 cells/ml
継続日数 > 10日間
最大面積 > 100 km²

判別得点と赤潮発生日
に有意な負相関

↓
この関係式を使って
発生時期を推定

※2018年の判別得点(1.46)から推定された赤潮発生時期は7月下旬
⇒実際は7月31日に熊本県、8月23日に鹿児島県が警報発令

赤潮発生の約1~2ヶ月前の見通しとして活用

概略図



橘湾が低塩化した事例

33°00'

2010-2014年のデータ
(5例) を参考に作成

出水：ピーク時に

2000m³/s以上

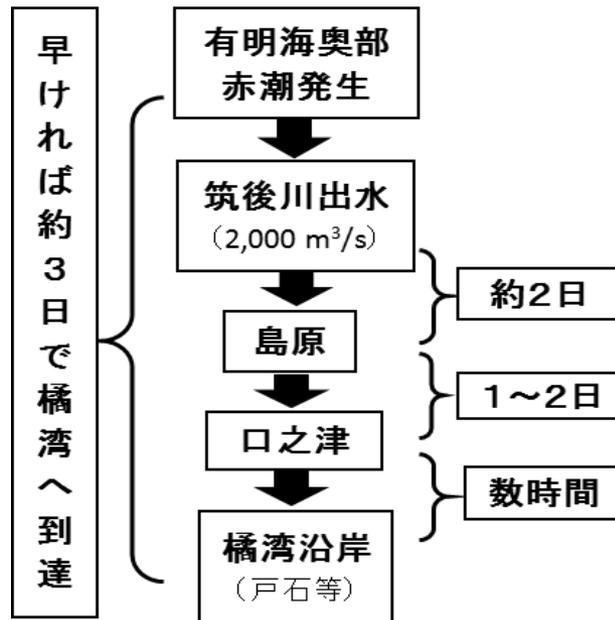
口之津・低塩化
から数時間

32°30'

島原・低塩化から
1~2日後

出水or
南風弱体化から
約2日後

赤潮の分布<フロー図>



早ければ約3日で橘湾へ到達

橘湾周辺海域の赤潮対策ガイドライン(長崎県 総合水産試験場HP)

<http://www.pref.nagasaki.jp/bunrui/shigoto-sangyo/suisangho/suisan-shiken-suishi-nu-su/suisan-shiken-suishi-nu-su-akashiotaisakugaidorainn/>

橘湾の魚類養殖業者へ向けた赤潮予察技術の向上

夏の鞭毛藻類赤潮

○養殖業への被害軽減の取り組み

関係機関が連携した高頻度モニタリング

・ 熊本県水産研究センター・天草市水産研究センター・熊本県海水養殖組合+漁業者

通常時



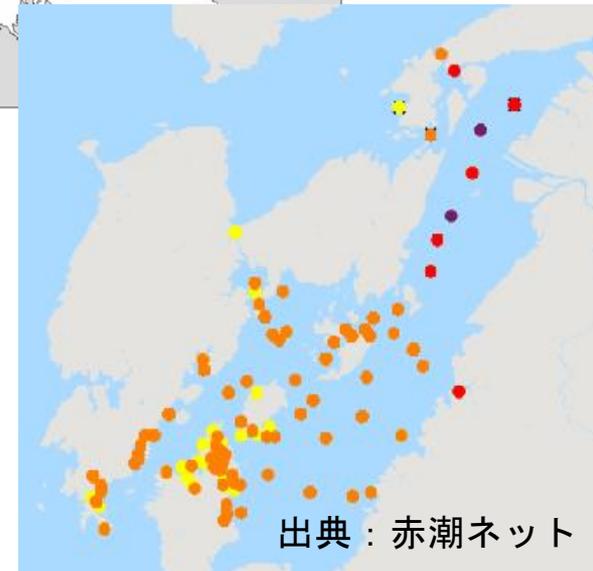
警報
発令

調査頻度

熊本水研：週1回→週2回

天草水研：週1回→持ち込み検鏡（ほぼ毎日）

海水養殖：週2回→持ち込み検鏡（ほぼ毎日）



夏の鞭毛藻類赤潮

○養殖業への被害軽減の取組

迅速な情報伝達と共有

- ・ FAX、事前登録者へのメール、HP等

+ SNSの利用（関係機関+赤潮検鏡漁業者）

双方向での情報提供と情報共有→モニタリング範囲の広域化+高頻度化



被害軽減の取組

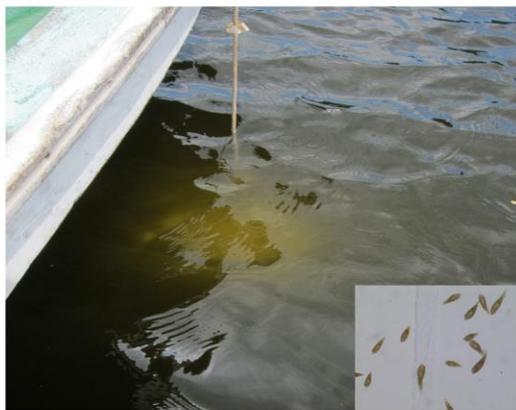
- ・ 餌止め
- ・ 足し網
- ・ 粘土（塩）散布

赤潮被害防止マニュアルについて

平成30年3月

「改良型粘土を用いた赤潮被害防止マニュアル」が完成！

改良型粘土を用いた赤潮被害防止マニュアル



平成 30 年 3 月

鹿児島県水産技術開発センター

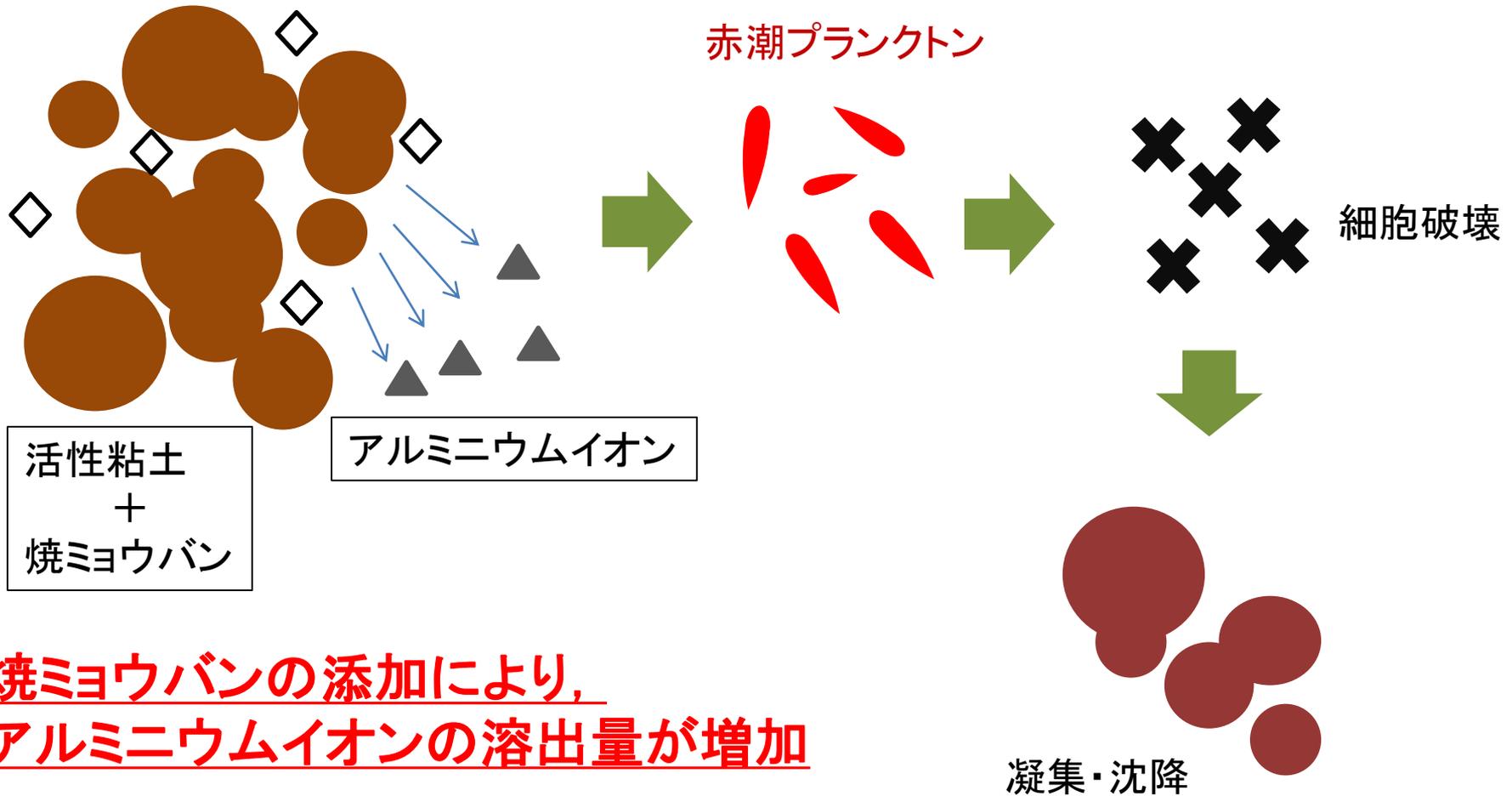


+



赤潮防除の原理

粘土散布



焼ミョウバンの添加により、
アルミニウムイオンの溶出量が増加

活性粘土単体と改良型粘土の有効濃度比較

活性粘土単体

- ・シャットネラ アンティーカ (3,000~8,000ppm)
- ・シャットネラ マリーナ (1,000~2,000ppm)
- ・ヘテロシグマ アカシオ (5,000~6,000ppm)
- ・シュードシャットネラ ベルキュローサ (2000ppm以上)
- ・カレニア ミキモトイ (2,000~4,000ppm)

改良型粘土 (活性粘土+焼ミョウバン)

1,000+100 ppm

1,000+150 ppm

1,000+100 ppm

安全性確認試験結果

○室内試験結果

クルマエビ

ヒオウギガイ

アコヤガイ

イワガキ

アサリ

マダイ(愛媛大学実施)

(活性粘土+焼ミョウバン 1000+100ppmにおいて)

- ・斃死は見られず
- ・粘土散布による影響は小さい

ブリ

- ・一部試験区で斃死がみられた



ブリ, カンパチについて屋外試験を実施し,
安全性を確認。ただし, 散布濃度には注意が必要。

改良型粘土の防除効果確認試験結果

対象種	細胞数(細胞/mL)	試験方法(散布濃度)	結果
シャットネラ アンティーカ	1,000	①室内試験 (1,000+100,150,200ppm)	全試験区で細胞減少率は散布5分後に70%, 30分後に90%以上となった。
	2,000	①室内試験 (1,000+100,150,200ppm)	全試験区で細胞減少率は散布5分後に60%, 30分後に90%以上となった。
	5,000	①室内試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は散布5分後に85%以上となった。
	143	②野外試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は水深0mでは散布直後に99%,水深1mでは散布直後に80%程度となった。
	40	②野外試験 (500+50ppm)	細胞減少率は水深0mで散布5分後に70%,30分後に90%となった。
シャットネラ マリーナ	16,000	①室内試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は散布5分後に95%以上となった。
カレニア ミキモトイ※	1,400	②野外試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は水深0,1mで散布直後から1時間までおおむね80%以上となった。
	23,000	②野外試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は水深0,1mで散布直後に60%となったが, 5,10分後には細胞密度の増加がみられた。

対象種	細胞数(細胞/mL)	試験方法(散布濃度)	結果
ヘテロシグマ アカシオ	50,000	①室内試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は散布5分後に75%程度となった。
シュードシャットネラ ベルキュローサ ※	1,200	①室内試験 (1,000+75ppm)	細胞減少率は10分後に45%,30分後に60%以上となった。
	1,200	①室内試験 (1,000+150ppm)	細胞減少率は散布10分後に75%,30分後に85%以上となった。

改良型粘土の安全性確認試験結果

試験生物	試験方法(条件)	濃度 (活性粘土+焼珪ウハシ)ppm	結果
ブリ(1kg)	①室内試験 (500L水槽で5分間曝露)	500+0 (活性粘土単体)	えづきがみられる 斃死なし
		500+100	鼻上げや横転などがみられる 2尾中2尾が斃死
		500+150	えづきや鼻上げなどがみられる 2尾中1尾が斃死
		1,000+0 (活性粘土単体)	えづきがみられる 斃死なし
		1,000+100	鼻上げや横転などがみられる 斃死なし
		1,000+150	鼻上げや横転などがみられる 2尾中2尾が斃死
		1,500+0 (活性粘土単体)	えづきがみられる 斃死なし
		1,500+100	えづきや鼻上げがみられる 2尾中1尾が斃死
		1,500+150	鼻上げや横転などがみられる 2尾中1尾が斃死
ブリ(1.2kg)	②野外試験	1,000+100	斃死なし
ブリ(3.1kg)	②野外試験	1,000+100	斃死なし
カンパチ(3.5kg)	②野外試験	1,000+100	散布後1時間まで鼻上げがみられる 斃死なし
マダイ幼魚(21g) ※愛媛大学実施	①室内試験 (200L水槽で6時間曝露、止水環境で飼育)	1,000+100	斃死なし
		2,000+100	
クルマエビ	①室内試験 (70L水槽で1時間曝露)	1,000+75	斃死なし
		1,000+150	
ヒオウギガイ	①室内試験 (70L水槽で1時間曝露)	1,000+75	斃死なし
		1,000+150	
アコヤガイ	①室内試験 (70L水槽で1時間曝露)	1,000+75	斃死なし
		1,000+150	
イワガキ	①室内試験 (70L水槽で1時間曝露)	1,000+100	斃死なし
		1,000+300	
アサリ	①室内試験 (70L水槽で1時間曝露)	1,000+100	斃死なし
		1,000+300	

活性粘土及び焼ミョウバンの海洋汚染防止法に基づく溶出試験結果

項目	基準値	測定結果	
		活性粘土	焼ミョウバン
カドミウム又はその化合物	0.1mg/l 以下	0.01mg/l未満	0.005mg/l 未満
シアン化合物	1mg/l //	0.1mg/l //	0.1mg/l //
有機リン化合物	1mg/l //	0.005mg/l //	0.001mg/l //
鉛又はその化合物	0.1mg/l //	0.1mg/l //	0.01mg/l //
六価クロム化合物	0.5mg/l //	0.04mg/l //	0.04mg/l //
水銀又はその化合物	0.005mg/l //	0.0005mg/l //	0.0005mg/l //
アルキル水銀化合物	検出されないこと	検出されず	検出されず
ヒ素又はその化合物	0.1mg/l 以下	0.01mg/l //	0.01mg/l 未満
PCB	0.003mg/l //	0.001mg/l //	0.0005mg/l //
銅又はその化合物	3mg/l //	-	0.01mg/l //
亜鉛又はその化合物	2mg/l //	-	0.01mg/l //
ふっ化物	15mg/l //	-	0.5mg/l //
ベリリウム又はその化合物	2.5mg/l //	-	0.2mg/l //
クロム又はその化合物	2mg/l //	-	0.04mg/l //
ニッケル又はその化合物	1.2mg/l //	-	0.01mg/l //
バナジウム又はその化合物	1.5mg/l //	-	0.1mg/l //
トリクロロエチレン	0.3mg/l //	-	0.002mg/l //
テトラクロロエチレン	0.1mg/l //	-	0.0005/l //
有機塩素化合物	40mg/l //	-	4.0mg/l //
ジクロロメタン	0.2mg/l //	-	0.02mg/l //
四塩化炭素	0.02mg/l //	-	0.002mg/l //
1,2-ジクロロエタン	0.04mg/l //	-	0.004mg/l //
1,1-ジクロロエチレン	0.2mg/l //	-	0.02mg/l //
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4mg/l //	-	0.04mg/l //
1,1,1-トリクロロエタン	3mg/l //	-	0.0005mg/l //
1,1,2-トリクロロエタン	0.06mg/l //	-	0.006mg/l //
1,3-ジクロロプロペン	0.02mg/l //	-	0.002mg/l //
チラウム	0.06mg/l //	-	0.006mg/l //
シマジン	0.03mg/l //	-	0.003mg/l //
チオベンカルブ	0.2mg/l //	-	0.02mg/l //
ベンゼン	0.1mg/l //	-	0.01mg/l //
ダイオキシン類	10pg/l //	-	10pg/l //
セレン又はその化合物	0.1mg/l //	-	0.01mg/l //

夏の鞭毛藻赤潮に関するまとめ

H29年委員会報告から新たに蓄積された知見等

- シャットネラと珪藻類の種間競合の確認
- 晩期型赤潮の頻発とその発生機構解明
 - 有明海からシード個体群の移入
- シャットネラ赤潮の規模拡大と栄養塩との関係
 - 栄養塩測定で赤潮の盛衰を予測
- 八代海におけるシャットネラ赤潮発生機構を更新
 - 有明海からの移入, 球磨川の出水に起因しない発生
- 判別分析による中長期予察手法を開発
 - 約1~2ヶ月先の見通しとして活用
- 赤潮発生情報のリアルタイム共有技術の普及
 - 餌止めや生簀の沈下など、被害軽減策へ有効活用
- 改良粘土によるシャットネラ赤潮の直接防除
 - 漁業者レベルで普及しつつある

今後の検討課題

短期動態予察⇒被害軽減策

【短期動態予測に必要な基礎情報】

- 衰退機構の解明

【モニタリング、予察手法】

- 公的機関の船舶による海洋調査が予算・人員不足で縮小
- 自動連続観測システム：低コスト化など
- 漁場での短期動態に直結する要因の観測、手法確立：
→ 栄養塩濃度（窒素・リン）、細胞の増殖活性、漁場内の赤潮の分布変化の迅速把握など
- 予察への新たな解析手法の導入：機械学習、ベイズ更新など

【被害軽減策】

- 既存の防除技術の科学的検証と効率化（足し網、生簀沈下など）
- 新たな防除技術の開発