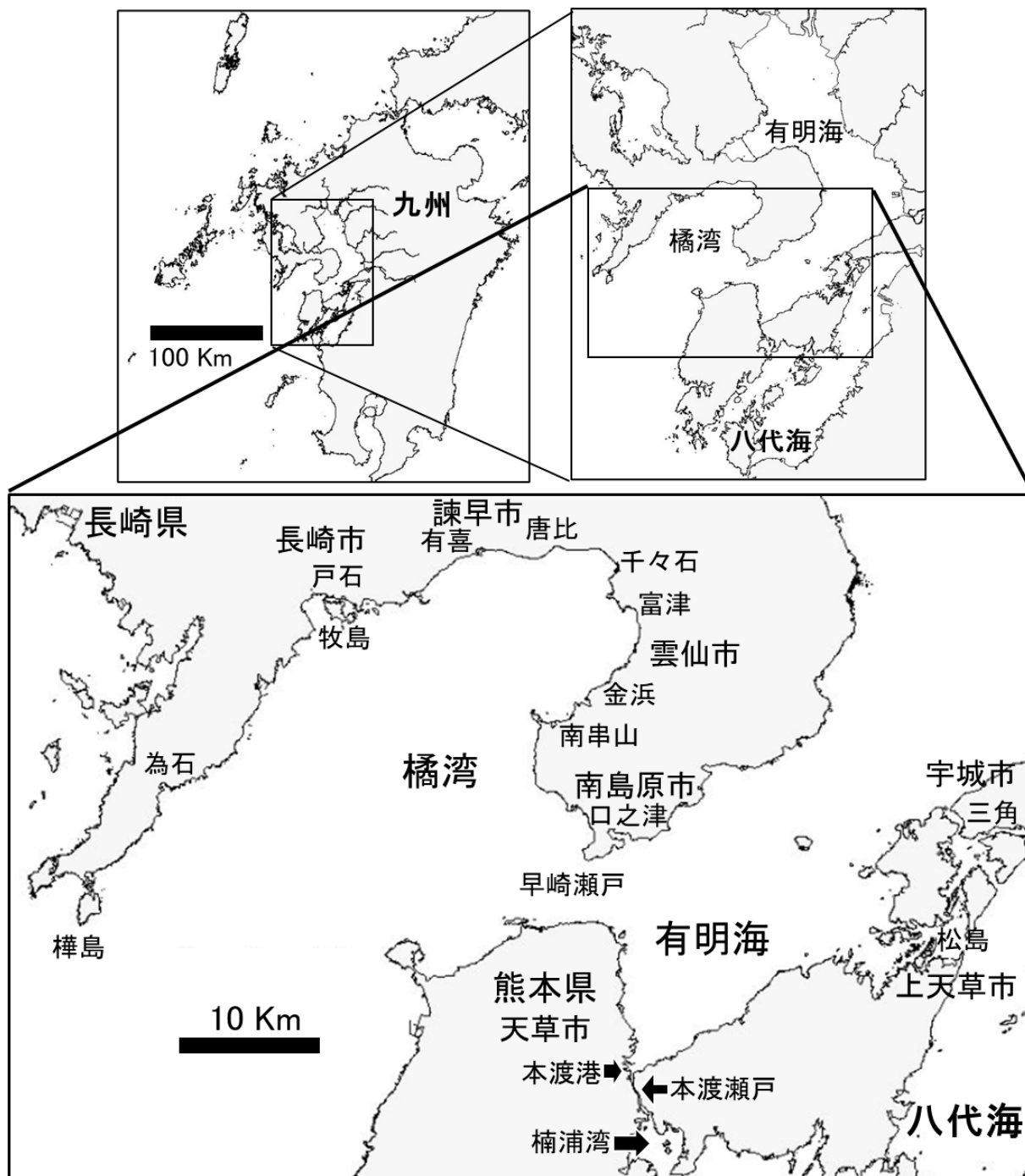


橘湾周辺海域の赤潮対策ガイドライン



令和7年7月

橘湾赤潮対策検討会

目次

はじめに	3
1. 橘湾、口之津港で発生する赤潮と漁業被害の状況	4
2. 橘湾におけるシャットネラ等有害赤潮の発生様式	6
2-1. シャットネラ赤潮の発生様式	6
(1) 有明海湾奥からの流入型	6
(2) 従来の地場発生型	9
令和6年の発生様式	10
(1) 有明海からの流入型	10
(2) 地場発生型(シスト起源)	13
(3) 大規模発生(まとめ)	14
2-2. カレニア赤潮の発生様式	15
(1) 流入・地場増殖型	15
(2) 海流依存型	17
(3) 地場発生型	20
3. 赤潮監視調査体制	21
(1) 整備	21
(2) 調査実施状況	21
(3) 自主監視	22
4. 具体的な赤潮被害防止対策	23
5. 赤潮情報連絡体制	30
6. へい死魚の処理について	31
これからの橘湾赤潮対策について	34

はじめに

平成 21、22 年シャットネラ赤潮は、橘湾および口之津（橘湾周辺海域）の魚類養殖場で甚大な漁業被害を及ぼしたことから、シャットネラ等有害赤潮の早期発見と迅速な対応のため、様々な発生予測を国、県で研究してきた。

長崎県では、シャットネラ等有害赤潮が引き起こす漁業被害の抑止を目的に、平成 26 年度に橘湾赤潮対策検討会を設置。橘湾周辺地域の養殖漁業者、漁業協同組合（橘湾東部、長崎市たちばな、島原半島南部）、市役所、長崎県水産部、国立研究開発法人水産研究・教育機構で協議を重ね、平成 27 年度には、橘湾周辺海域の魚類養殖漁場において、漁業者主体の赤潮自主監視調査体制が整備された。これらの取組を取りまとめ、平成 29 年 2 月に「橘湾周辺海域の赤潮対策ガイドライン」が策定された。本ガイドラインに基づき、赤潮の早期検出と迅速な対策を実施したことで、漁業被害は低減されていた。

そのような状況の中、夏季の橘湾では令和 5 年にカレニア赤潮で約 11 億円、令和 6 年にシャットネラおよびカレニア赤潮で約 6 億円と連続で大規模な漁業被害が発生した。これらの赤潮は移流により橘湾に運搬され、沿岸養殖場周辺海域で短期間に高密度・広域化し、前例のない大規模での発生が継続したため、これまでの対処法（早期検出、餌止め徹底、防除剤散布）では対抗しきれなかった。

赤潮被害低減に最も重要なことは、有害赤潮の初期発生を素早く捉え、赤潮が大規模化する前に防除すること、原因プランクトンの漁場への移動や増殖を予測し、状況に即した対策を即時に講ずることである。

これまで橘湾周辺海域では、大きな漁業被害に遭遇する度に、赤潮被害低減のために地域が一体となって、立ち向かってきた。長崎県は、有害赤潮が引き起こす漁業被害の抑止を目的として、令和 6 年 3 月に、カレニアを標的とした本ガイドラインを更新した。また、令和 7 年 5 月に、シャットネラを主対象とする本ガイドラインを更新するため、地域関係者間で協議を重ねた。

令和 6 年夏季のシャットネラ赤潮の発生パターン（移流型等）の知見を含めた更新版「橘湾周辺海域の赤潮対策ガイドライン」が赤潮被害の抑止に役立ち、地域の養殖業の生産安定に貢献するものと期待する。

1. 橘湾、口之津地先で発生する赤潮と漁業被害の状況

長崎県沿岸域に分布する赤潮原因生物のうち、橘湾および口之津地先（橘湾周辺海域）で漁業被害をもたらす代表的な有害植物プランクトンはシャットネラ属（アンティーカ、マリーナ）、コクロディニウム ポリクリコイデス、カレニア ミキモトイ、ヘテロシグマ アカシオである（図 1）。

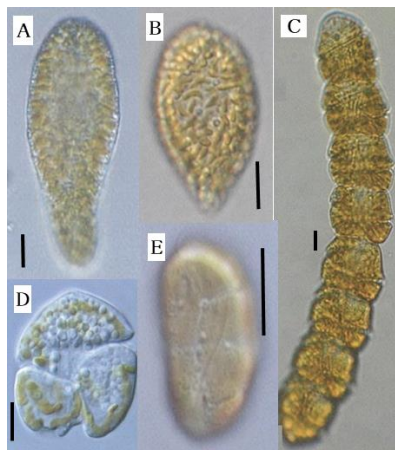


図 1. 橘湾、口之津地先における代表的な有害赤潮プランクトン

A：シャットネラ アンティーカ

B：シャットネラ マリーナ

C：コクロディニウム ポリクリコイデス

D：カレニア ミキモトイ

E：ヘテロシグマ アカシオ

スケールは 10 μm

長崎県周辺海域の有害植物プランクトン
(2006) より引用

橘湾周辺海域における赤潮は昭和 53 年以降毎年のように発生し、漁業被害は数年毎（連続することもある）に発生している（図 2、3）。最初の漁業被害は昭和 54 年に発生し、養殖魚類に 120 万円の被害をもたらした。その後も、数年に一度の割合で被害が報告されている。

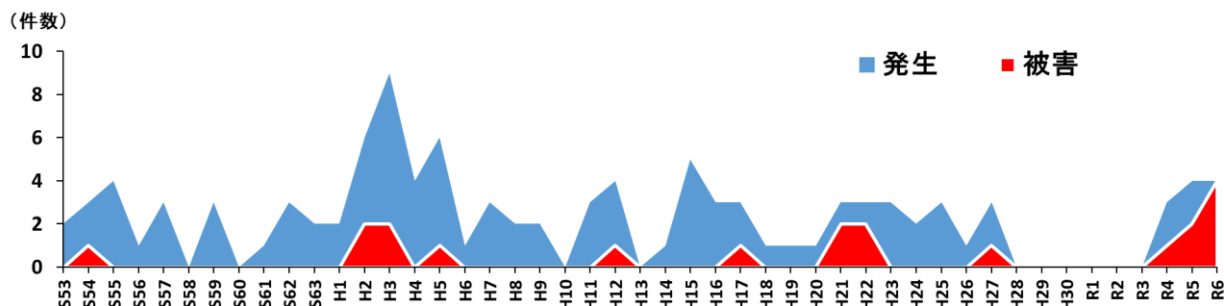


図2. 橘湾における赤潮発生と被害件数の推移

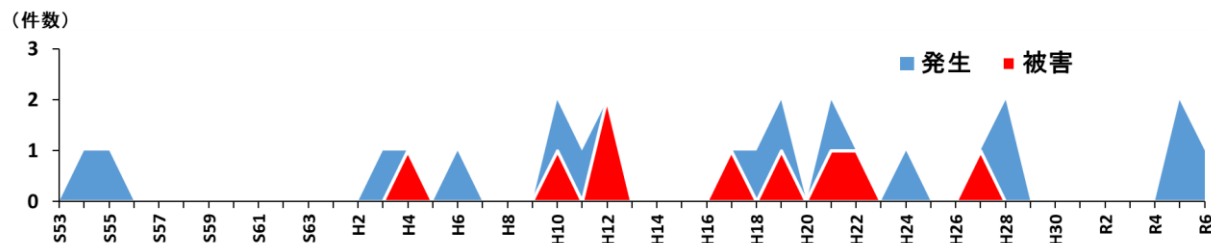


図3. 口之津地先における赤潮発生と被害件数の推移

甚大な被害（5 千万円超）が発生したのは、平成 2 年、4 年、21 年 22 年、27 年、令和 5 年、6 年である。（図 4、表 1）。

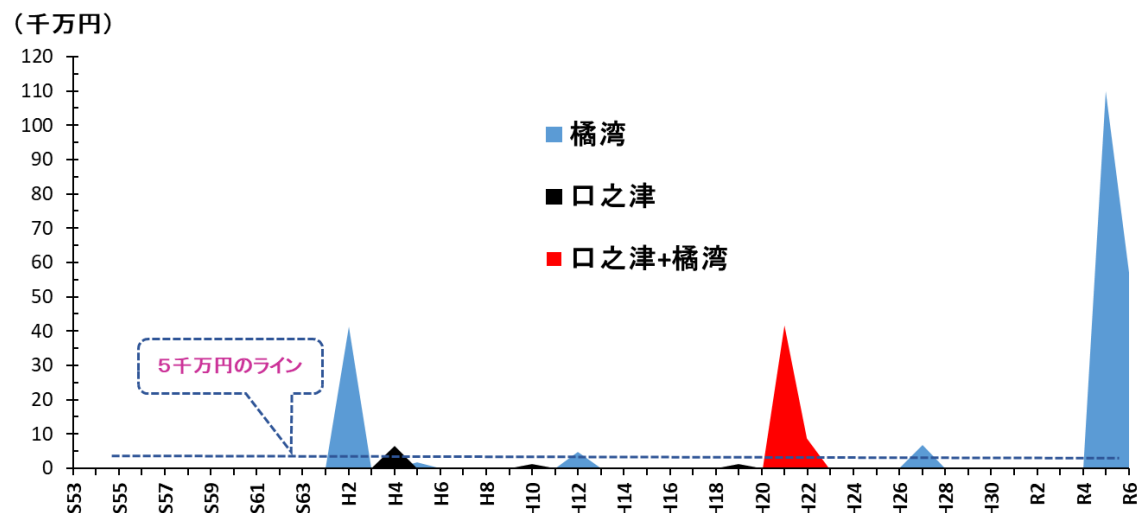


図4. 橘湾と口之津地先における赤潮による漁業被害額(1千万円超)の推移

表1. 橘湾および口之津地先における赤潮被害状況(昭和53年以降)

年	被害発生場所	被害額 (千円)	被害(へい死)内容	5千万円以上の漁業被害額
				原因種
S54	橘湾	1,242	養殖魚(タイ、ハマチ)	コックロディニウムとポリクリコスの複合
H2	橘湾	403,809	養殖魚(ハマチ)	シャットネラ アンティーカー
H3	橘湾	10,262	養殖魚(ハマチ)	コックロディニウム
H4	橘湾	276	養殖魚(ハマチ)、養殖魚(クルマエビ、ヒラマサ、ハマチ、マダイ)	アレキサンドリウム アフィーネ
H4	有明海口之津町	65,165	養殖魚(ハマチ)	シャットネラ アンティーカー
H5	橘湾	18,749	養殖魚(ハマチ)、養殖魚(ハマチ)	シャットネラ アンティーカー
H10	有明海口之津町	12,116	養殖魚(ハマチ、メジナ)、養殖魚(ブリ)	シャットネラ アンティーカー
H12	橘湾千々石町	616	養殖魚(ハマチ)	シャットネラ アンティーカー
H12	橘湾長崎市戸石町	19,890	養殖魚(マダイ、トラフグ)、養殖魚(ブリ、ヒラメ)	カレニア ミキモトイ
H12	橘湾南串山町	28,065	養殖魚(マダイ、ハマチ、トラフグ、カンパチ)	カレニア ミキモトイ
H17	橘湾加津佐町	160	釣餌用(マアジ、エビ類)	ヘテロシグマ アカシオ
H17	有明海口之津町	219	養殖魚(ブリ)	シャットネラ アンティーカー
H19	有明海腰早湾	15	定置網入網魚(コノシロ)	シャットネラ アンティーカー、マリーナ
H19	有明海口之津町	11,455	養殖魚(ブリ)	シャットネラ アンティーカー、マリーナ
H21	有明海口之津町～橘湾千々石町	426,050	養殖魚(ブリ、ヒラマサ、マダイ、トラフグ)	シャットネラ アンティーカー、マリーナ
H21	橘湾長崎市牧島	3,915	養殖魚(シマアジ、トラフグ)	シャットネラ アンティーカー
H22	有明海口之津町～橘湾千々石町	86,426	養殖魚(ブリ、ヒラマサ、シマアジ、マダイ)	シャットネラ アンティーカー、マリーナ
H22	橘湾長崎市牧島	529	養殖魚(ブリ、シマアジ、トラフグ)	シャットネラ アンティーカー
H27	有明海口之津町	360	養殖魚(ブリ)	シャットネラ アンティーカー、マリーナ
H27	橘湾南串山町	69,100	養殖魚(ブリ)	シャットネラ アンティーカー、マリーナ
H30	有明海口之津町	119	養殖魚(ブリ類)	シャットネラ アンティーカー
R4	橘湾南串山町	不明	養殖魚(ブリ類)	コクロディニウム ポリクリコイデス
R5	橘湾戸石～南串山町	1,097,821	養殖魚(ブリ類、トラフグ、シマアジ、マダイ)	カレニア ミキモトイ
R5	橘湾戸石～南串山町	499,423	養殖魚(ブリ類、トラフグ、シマアジ、マダイ)	シャットネラ アンティーカー、マリーナ
R6	橘湾網場湾	61,171	養殖魚(ブリ類、トラフグ、シマアジ、マダイ)	カレニア ミキモトイ シャットネラ アンティーカー、マリーナ

令和5年はカレニア赤潮による約11億円の被害であったが、令和6年は国予算を活用し、カレニア等を標的としたガイドラインに基づく対策を講じたことで、シャットネラ・カレニア赤潮が発生したものの、赤潮被害はシャットネラ主体による約6億円であり、令和5年に比べ、一定の被害抑制効果があったと考えられる。従って、橘湾周辺海域の赤潮被害の抑止はシャットネラおよびカレニアを主体とする有害種をターゲットとして、さらに、効果のあがる対策(HAIセンサーの増設、高濃度酸素発生装置の配備、足し網の積極的な導入等)を進めていく必要があるといえる。

2. 橘湾におけるシャットネラ等有害赤潮の発生様式

2-1. シャットネラ赤潮の発生様式

【平成 21、22、27 年】

橘湾でのシャットネラ赤潮の発生は、有明海で赤潮を形成した後、口之津地先を經由して、橘湾に流入する「有明海からの流入型」と有明海での発生に関わらず、橘湾のみで発生する「地場発生型」の 2 つの赤潮形成パターンがあると考えられる(図 5)(第 12 回シャットネラ赤潮等対策推進協議会資料)。これらの 2 パターンについて、以下に整理する。

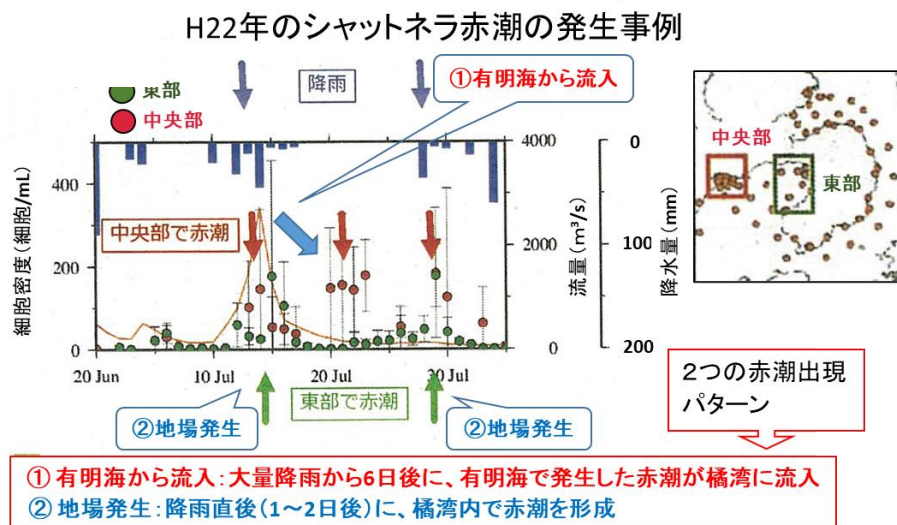


図5. 橘湾における降水量とシャットネラ赤潮の発生の関係
(第12回シャットネラ赤潮等対策推進協議会資料)

(1) 有明海灣奥からの流入型

平成 21、22 年の夏季に有明海で発生したシャットネラ赤潮が大量降雨(筑後川出水)による低塩分水とともに口之津や橘湾の養殖漁場に流入した可能性が高いことが判明していた(図 6)。

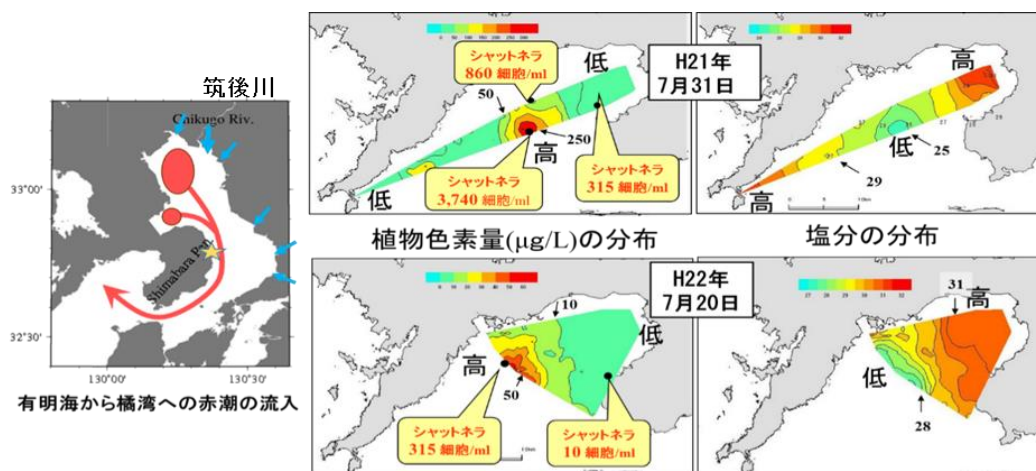


図6. 夏季の有明海から橘湾へのシャットネラ赤潮の流入過程

このシャットネラ赤潮の有明海から橘湾周辺海域へ分布拡大現象は、平成2年にも確認されていた(図7)。これら3ヶ年(H2年、21年、22年)はともに、橘湾周辺海域で甚大な漁業被害(5千万円超)が記録されている。この分布拡大現象を解析し、シャットネラ赤潮の発生予測ができれば、大規模な漁業被害の未然防止につながると考えられる。

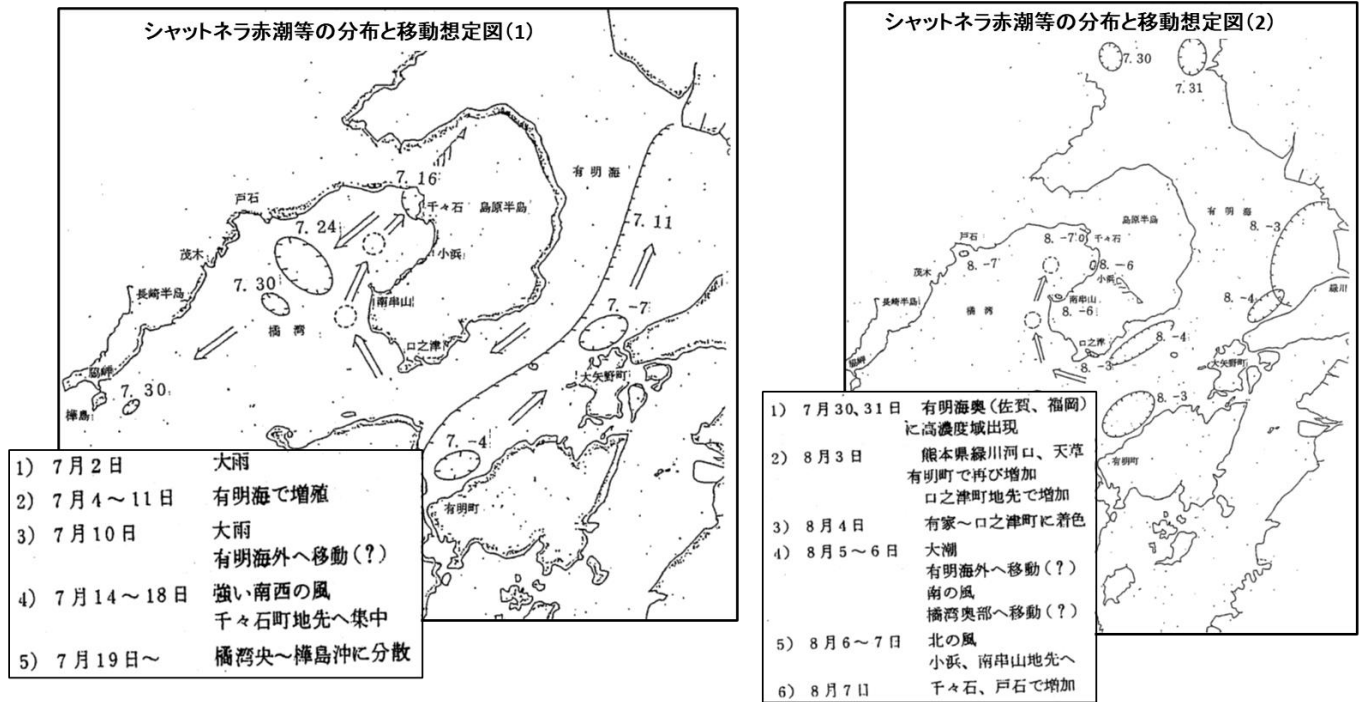


図7. 平成2年の有明海から橘湾へのシャットネラ赤潮流入過程(左:7/4-7/30、右:7/30-8/7)(平成2年 九州の赤潮)

平成26年度水産庁委託事業報告書によると、筑後川出水から、2日後に島原、3～4日後に口之津、5日後以内に戸石で低塩化することが明らかにされた(図8)。これらの日数は5ヶ年(H22年～H26年)の平均的な値であり、潮時、風等の条件によって変化することが考えられる。

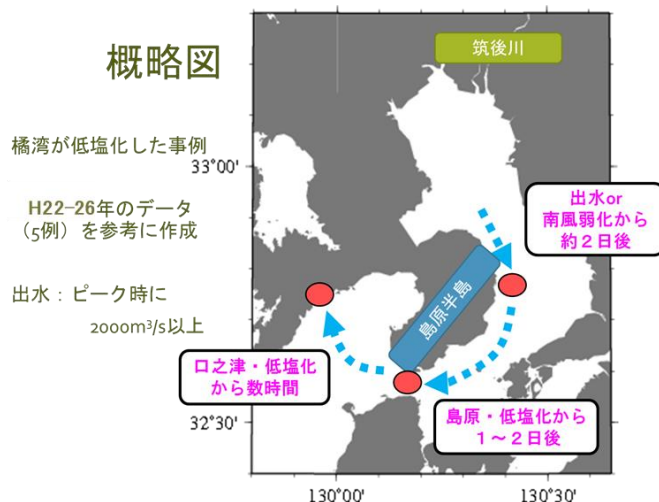


図8. 有明海～橘湾における低塩分海水の移動過程

【筑後川流量情報 URL】
国土交通省九州地方整備局
筑後川ダム統管理事務所
<http://www.qsr.mlit.go.jp/toukan/>



平成 27 年度に、シャットネラ赤潮が 8 月下旬～9 月上旬に諫早湾から口之津地先で高密度化し、筑後川出水(8 月 31 日～9 月 3 日)から 2 日後の 9 月 5 日に深江で、3 日後の 9 月 6 日に口之津漁場で、シャットネラの高密度出現と低塩化がプランクトンとテレメータ調査で確認された(図 9)。この時、口之津漁場で養殖ブリの大量斃死が発生したが、小潮時で、昼間漁場に向う潮流と風があった(図 10)。やはり、有明海で発生したシャットネラ赤潮は低塩分水とともに、島原・口之津方向へ移動していた。有明海での赤潮発生期間の把握には、テレメータ、プランクトン、気象(降雨・風)の監視強化が重要といえる。

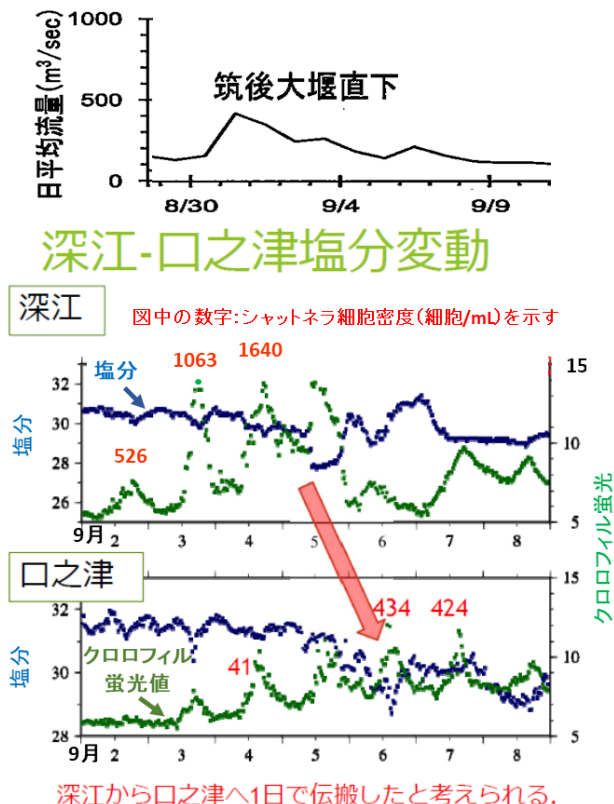


図9. 筑後大堰直下流量と深江、口之津地先の塩分とシャットネラ細胞密度の推移
(第12回シャットネラ赤潮等対策推進協議会資料)

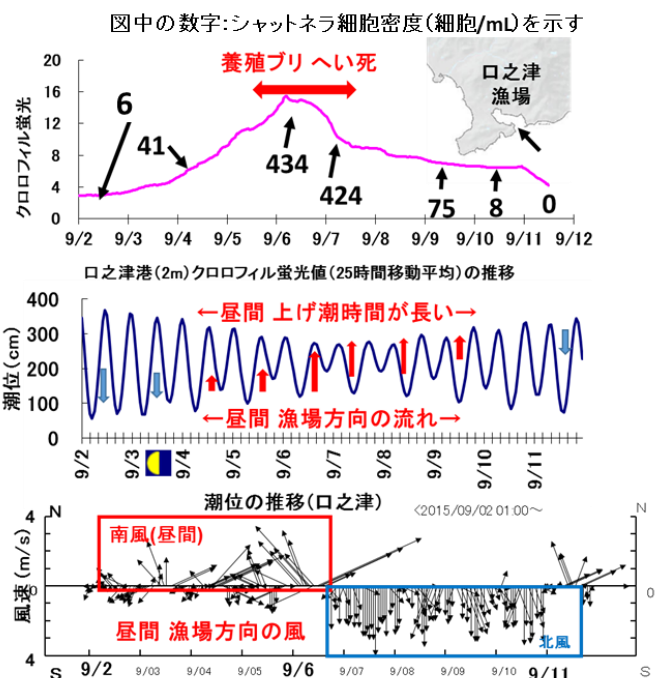


図10. 口之津地先のシャットネラ細胞密度、潮流、風向・風速の推移

(2) 地場発生型

シャットネラ赤潮の橘湾での地場発生は、過去に、平成4年と平成5年に確認されていた。平成4年は、有明海沿岸と橘湾中央部で8月17日に同時発生し、平成5年は、有明海での発生はなく橘湾の広域(中央部～東部、北部、西部)で発生した(図11)。つまり、橘湾では、有明海からの流入だけではなく、独立して発生する場合がある。

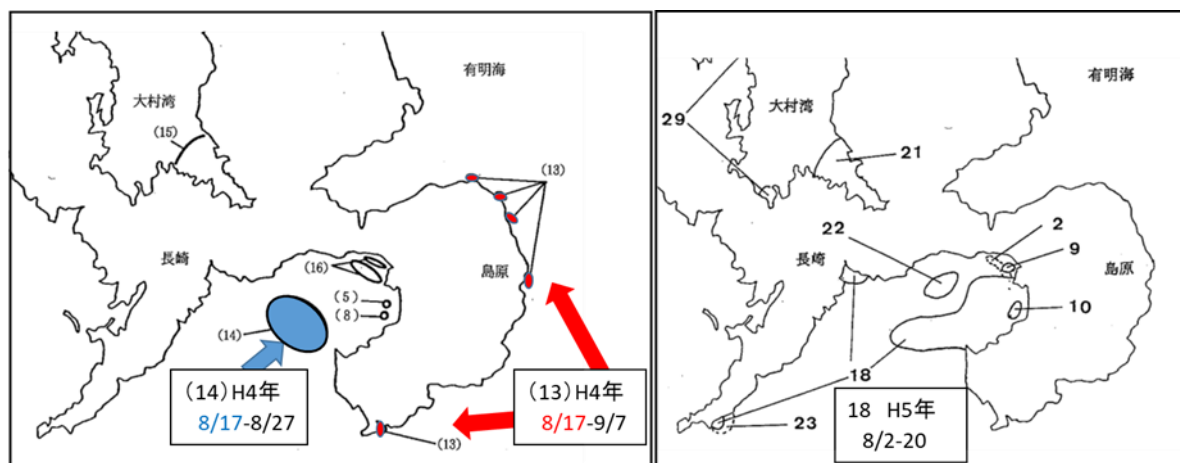


図11. 有明海および橘湾におけるシャットネラ赤潮発生海域図(左:平成4年、右:平成5年)

平成27年度に、8月30日から9月1日に口之津漁場および南串山漁場で、シャットネラ赤潮によって養殖ブリ類が斃死したが、この赤潮は、橘湾東部に局所的に独立して出現した低塩分水(成層構造)と栄養塩供給に起因する地場発生型であったと考えられた(図12)。

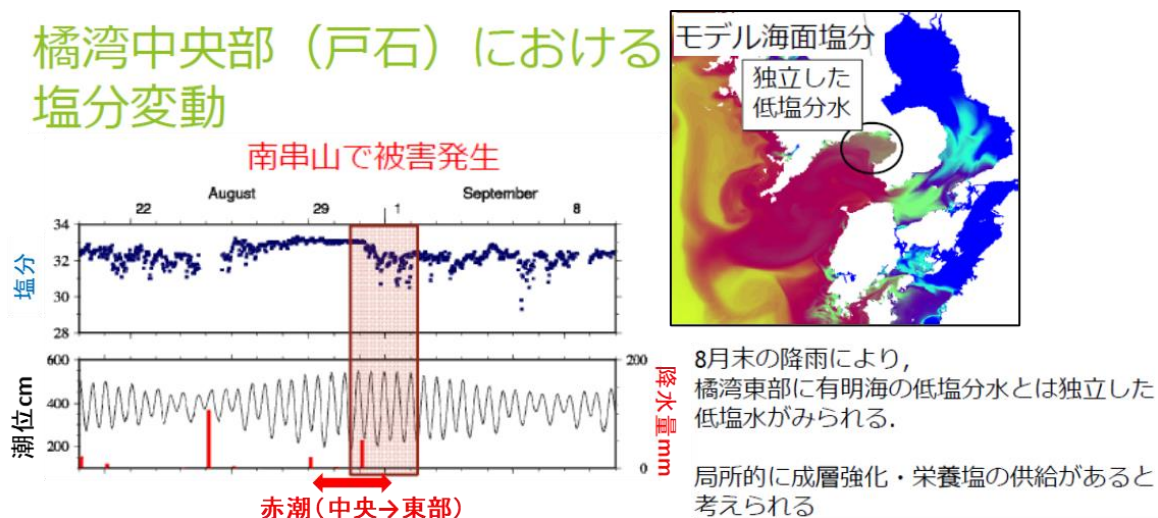


図12. 橘湾における降水量、塩分変動とシャットネラ赤潮の関係
(第12回シャットネラ赤潮等対策推進協議会資料)

【令和 6 年】

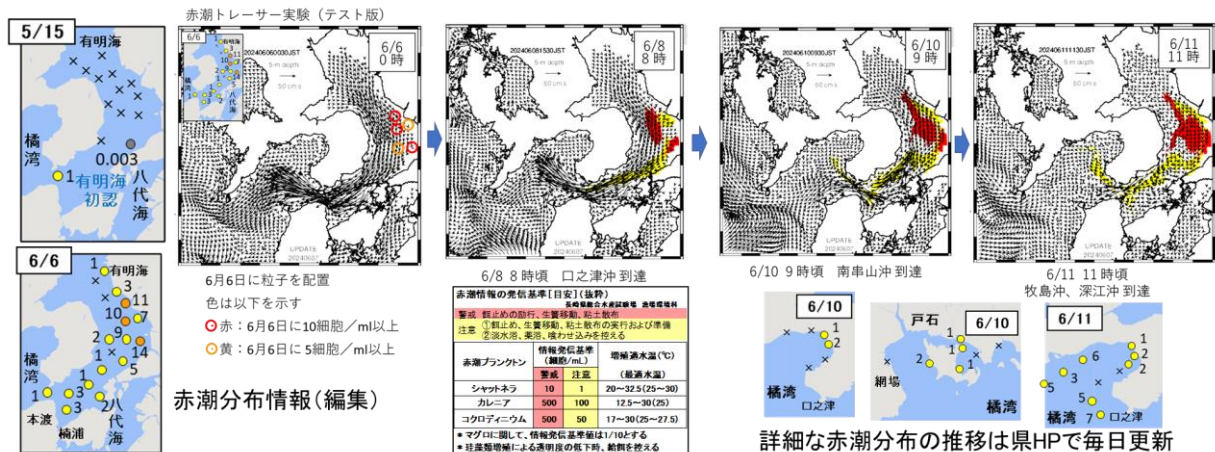
(1) 有明海からの流入型(海流依存型)

シャットネラの発生と取組状況について、時系列で以下に整理した(①-④)

R6年、橘湾周辺のシャットネラ赤潮の発生 ①

(第30回シャットネラ赤潮等対策推進協議会資料を改訂)

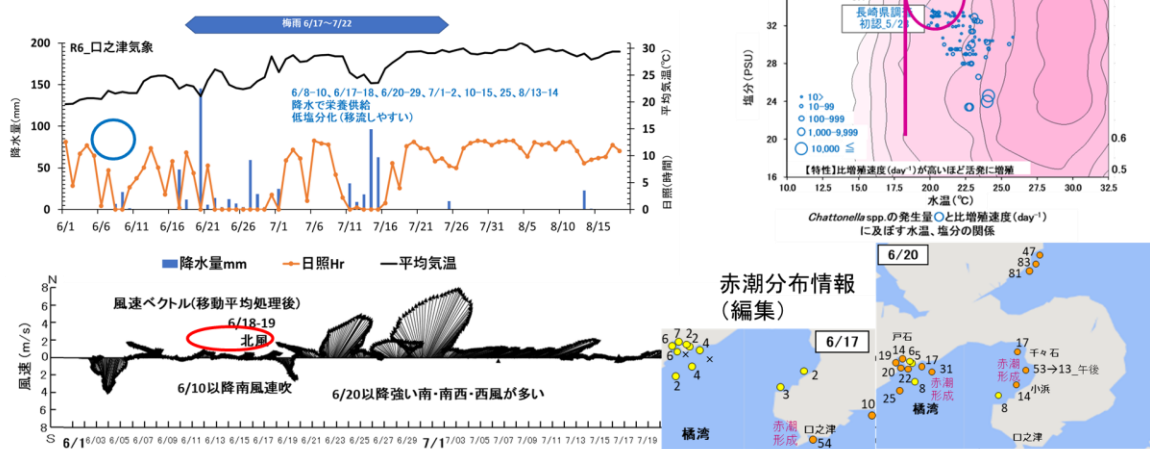
- 5/15、有明海南部での初認(1細胞/mL)時の底層水温は $>18^{\circ}\text{C}$ で、シャットネラシストの発芽水温に一致
- 6/6、有明海でシャットネラ増殖(1-14細胞/mL)が確認された時点で、赤潮トレーサー実験による流動解析(長崎大学と長崎水試の共同研究)では、シャットネラは、6/8に早崎瀬戸、6/10に南串山沖、6/11に牧島沖に到達する可能性を関係者に通知し、モニタリングを強化するよう伝えた
- 6/10-11、自主監視等調査により、橘湾沿岸(戸石、湾奥、湾央)で低密度出現(1-7細胞/mL)を捉えた



R6年、橘湾周辺のシャットネラ赤潮の発生 ②

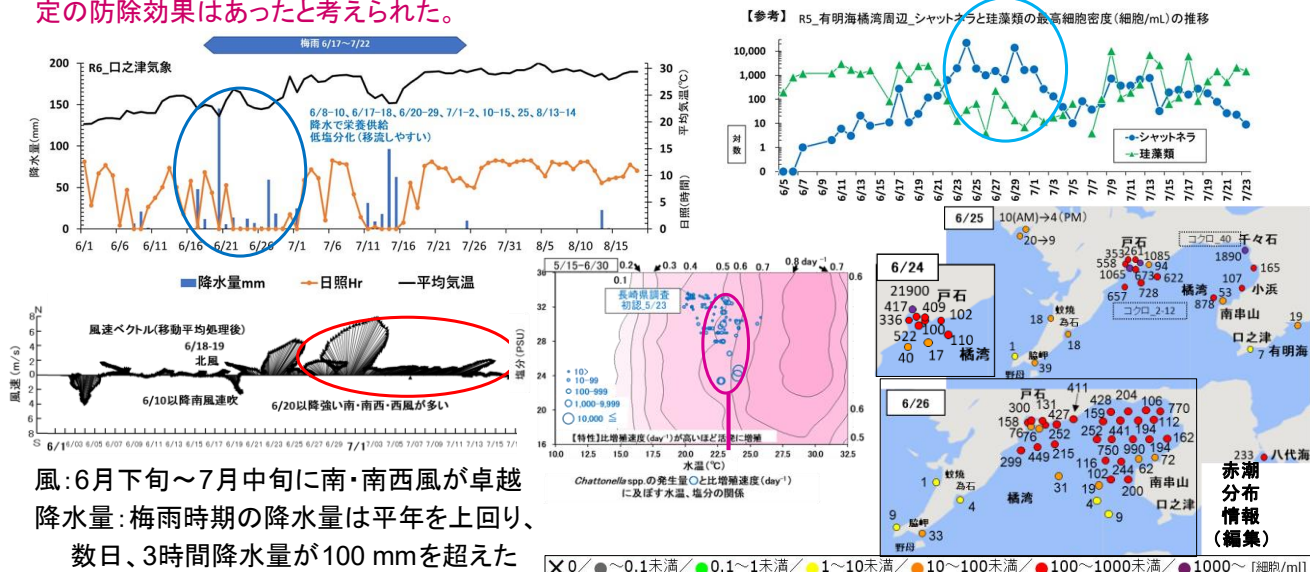
(第30回シャットネラ赤潮等対策推進協議会資料を改訂)

- 6/8-9、降雨による栄養供給、水温上昇($\geq 20^{\circ}\text{C}$)で増殖、南風で集積といった条件が揃う
- 6/12以降、ほぼ毎日モニタリング調査を行い、分布や増殖状況を追跡し、警戒基準(≥ 10 細胞/mL)を基に、餌止めの励行とモニタリングを強化
- 6/17に口之津、6/20に戸石、湾奥の養殖場で赤潮の形成(≥ 30 細胞/mL)を確認
- 各養殖地区では事前に準備していた防除剤散布を実施



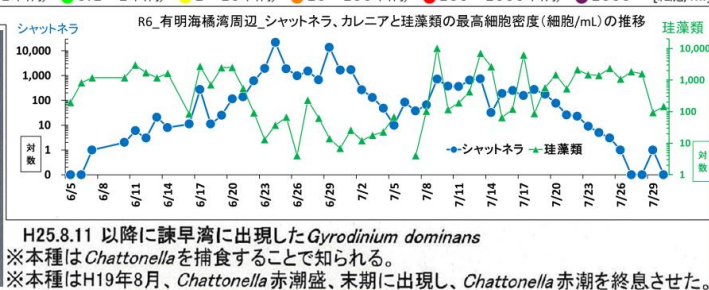
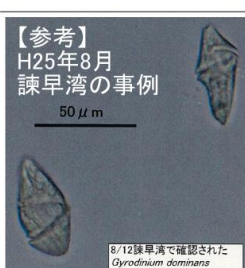
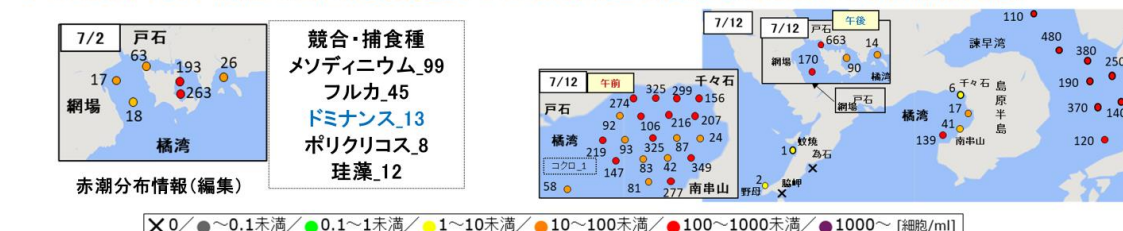
R6、橘湾周辺のシャットネラ赤潮の発生と取組③（第30回シャットネラ赤潮等対策推進協議会資料を改訂）

- 6月中旬以降、有明海からの流入が継続、6/17に梅雨入りし、まとまった降雨による更なる栄養供給、水温上昇(23℃程度)による活発な増殖、南風の連吹による養殖場での集積が重なり、6月下旬頃には数百~数万細胞/mL(最高_21900)レベルで推移。防除作業を継続的に実施したことで、顕著な高密度化の継続は抑制され、一定の防除効果はあったと考えられた。



R6、橘湾周辺のシャットネラ赤潮の発生と取組④（第30回シャットネラ赤潮等対策推進協議会資料を改訂）

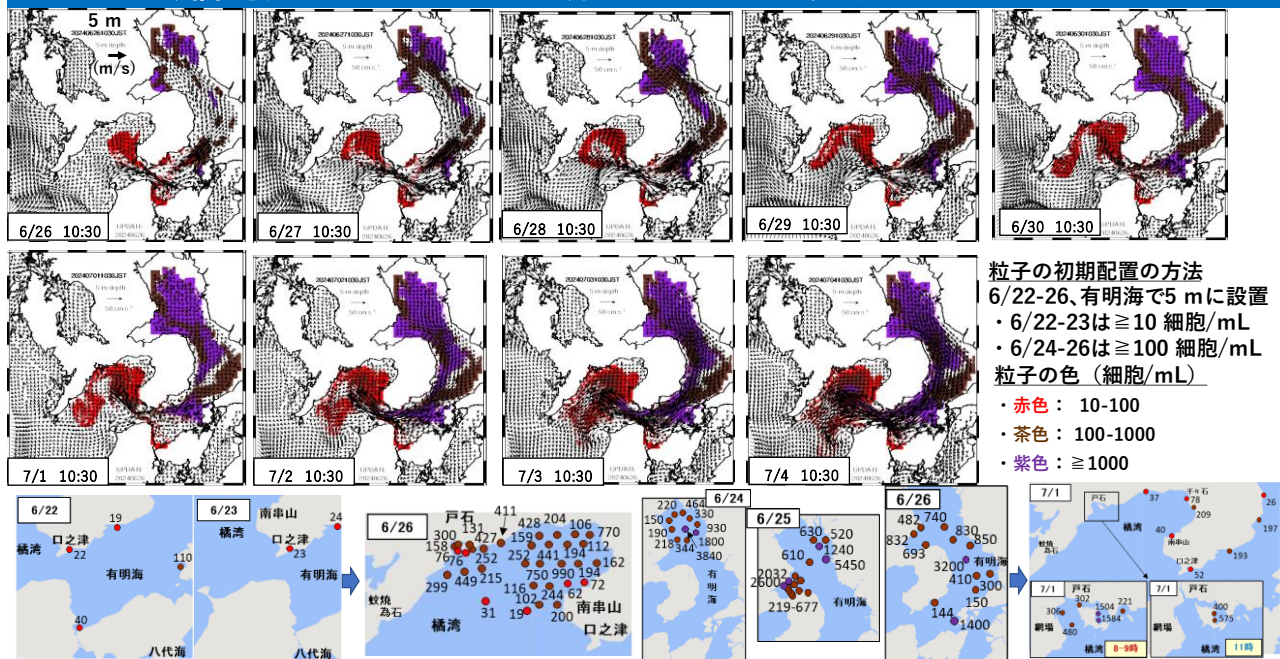
- 7月上旬には、競合種(珧藻類)の増殖や捕食種(ギロディニウム ドミナンス等)が出現したこともあり、ほぼ数十細胞/mLレベルで推移。以降、7月中旬まで数十~数百細胞/mLレベルで増減しながら推移。
- 7月下旬に、競合種(珧藻類)が数千細胞レベルと多く分布した頃からシャットネラは百細胞/mL未満となり、特に7/23以降は十細胞/mL未満と衰退し、7/27以後の出現はほぼ確認されず、赤潮は終息。



今回のシャットネラ赤潮
現状、発生状況や赤潮
トレーサー実験の結果から、
有明海から橘湾への流入(海流依存型)が関
与した可能性があると考えられる。

ここで、6/22-26 に有明海にシャットネラに見立てた粒子を設置し、その後の動きを追跡した赤潮トレーサー実験（有明海の南部と北部を起点とした例）の結果を以下に示す。

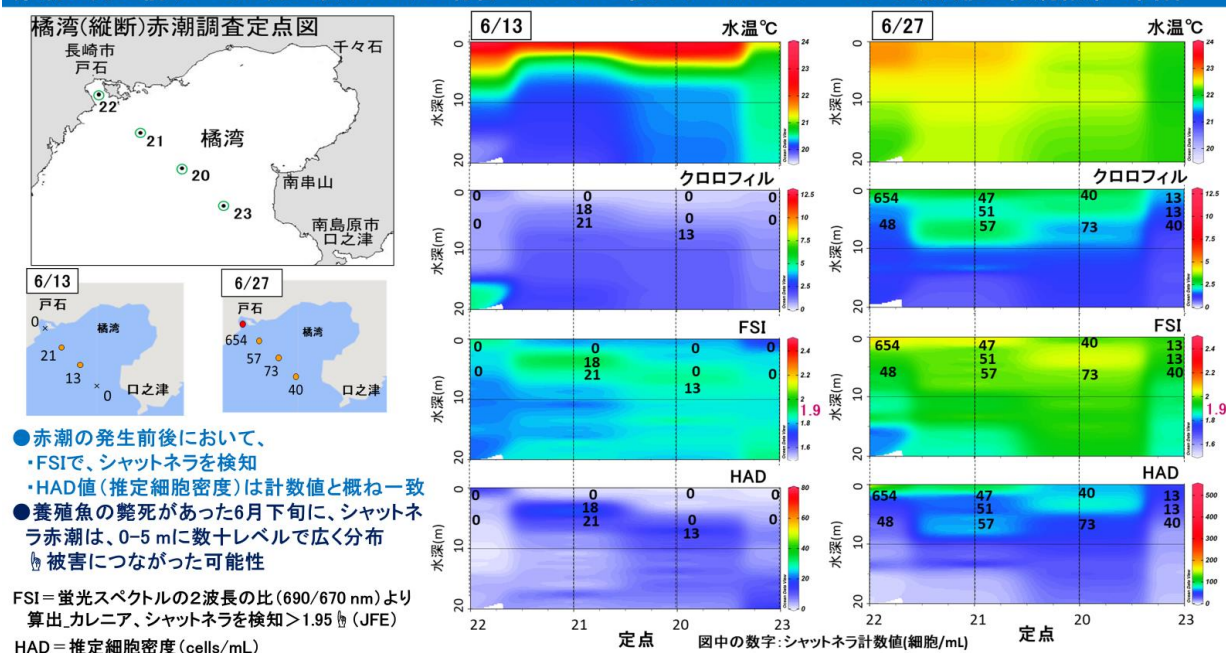
R6年、橘湾周辺のシャットネラ赤潮トレーサー実験有明海を起点とした例）



6/22-23 に配置した粒子は 6/26 頃に、6/24-26 に配置した粒子は 7/1 頃に、橘湾内に到達すると予測され、6/26-7/1 頃の橘湾ではモニタリングでシャットネラの出現が確認された。有明海南部や北部に分布するシャットネラは、その後、橘湾に流入する可能性があると考えられる。なお、この時に確認されたシャットネラは、既に橘湾に存在していたシャットネラが増殖・集積したものと有明海から流入したものが混在していたと考えられる。このように有明海からの高密度水塊が継続して移流したことがシャットネラ赤潮の大規模（長期・広域化）につながったと指摘できる。

次に、赤潮の発生前(6/13)と発生後(6/27)の有害プランクトン検出(HAI)センサーによる観測値と検鏡結果の関係を示す。

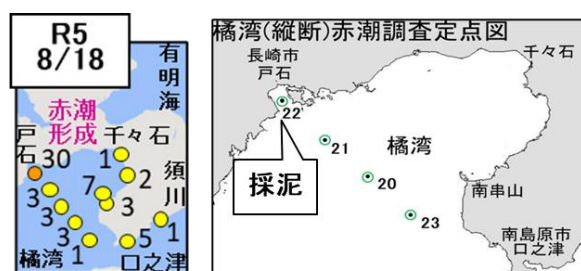
赤潮の発生前(6/13)と発生後(6/27)の有害プランクトン検出(HAI)センサーによる観測値と検鏡結果の関係



赤潮の発生前後に、FSI 値でシャットネラを検知できており、HAD 値(推定細胞密度)は計数値と概ね一致することが確認され、HAI センサーは養殖業者によるモニタリングに有効であると考えられた。また、養殖魚の斃死があった6月下旬に、シャットネラ赤潮は、0-5 mに数十レベルで広く分布していたことが防除効率を低下させ、被害拡大につながったと考えられる。

(2) 地場発生型

令和5年8月に橘湾戸石地先でシャットネラ赤潮が発生し、湾内でシストを形成していた恐れがあったため、以下のとおり、令和6年6月に同地先(定点22)で底泥を採取し、MPN法(今井,1990)により、発芽実験を実施したところ、発芽能を有するシストの存在を(1.8 cysts cm⁻³)を確認した。



また、令和 6 年 12 月に採取、低温処理(10℃で 4 ヶ月)した伊万里湾の海底泥から、シャットネラの発芽(採取点⑧、A で 1.8–6.8 cysts cm⁻³)を確認した。



従って、令和 6 年のシャットネラ赤潮の発生には、先の海流依存型と個別発生型の 2 つの発生様式が相乗的に関与し、大規模化した可能性があると考えられた。

(3) シャットネラ赤潮の大規模発生(早期化、長期化)【まとめ】

シャットネラの大規模発生を以下に整理した。

R6 シャットネラ赤潮の大規模発生(早期化、長期化)について

- 今回のシャットネラ赤潮が早期に発生し、長期化した一因として、底層水温が例年に比べ、春夏季に高く推移したことが可能性として考えられる。
- シャットネラシストの発芽は、15–18℃みられ、20℃で活発化、22–25℃で最大、30℃で減少する(今井, 1990)。
- シャットネラは、毎年、有明海の広域で赤潮を形成しており、シストは広く分布していると考えられる。
- 一例として、諫早湾(湾中央のB3槽)の底層水温(月平均値)の推移では、R6は例年(H21–R5_15年間)に比べ、4月が1.0℃高い16.2℃と、早期に15℃を超え、発芽時期が早かったと考えられる。
実際、R6_有明海(長崎県調査)でのシャットネラの初認(1細胞/mL)は5/15と早く、過去3年の初認は、R3_7/13、R4_6/8、R5_7/11(長崎県漁場テレメータシステム水質情報)
- 諫早湾(B3槽)の底層水温は、7月には発芽が最大となる22℃台、8月は26℃台で推移しており、4–8月の長期に亘って発芽可能時期が継続していたといえる。
- 以上から、底層水温の推移が今回のシャットネラ赤潮の早期発生や、長期化に影響した可能性を指摘できる。

また、シャットネラの大規模化には、前述した(1)海流依存型と(2)個別発生型の 2 つの発生様式が相乗的に関与した可能性がある。

赤潮の大規模発生に加えて、養殖魚の斃死があった 6 月下旬に、シャットネラ赤潮は、0–5 m に数十レベルで広く分布していたことが HAI センサーによって詳細に捕捉されており、このことが防除効率を低下させ、被害拡大につながったと考えられる(再掲)。

2-2. カレニア赤潮の発生様式

橘湾でのカレニア赤潮の発生は、有明海湾口部で高密度赤潮が確認された後に、早崎瀬戸を經由して、橘湾に流入したものが広域分布し、湾内で増殖する「流入・地場増殖型」、橘湾に高密度水塊が直に流入する「海流依存型」、橘湾のみで発生する「地場発生型」の3つの赤潮形成パターンがあると考えられる。これらの3パターンについて、以下に整理する。

(1) 流入・地場増殖型

令和5年の夏季に橘湾で発生したカレニア赤潮のうち、7月31日に戸石地先で赤潮化したのは、海水中で流される赤潮に見立てた粒子を追跡(トレーサー実験)することにより、6月末～7月初旬に、本渡瀬戸の両側に位置する八代海楠浦湾や有明海湾口部(本渡沖)で高密度分布していたカレニアが流動により7月中旬に橘湾沿岸に流入したと考えられる(図13)。7月中下旬の降雨による栄養供給や養殖場方向への風、小潮(7月28日)時の密度維持効果、最適増殖条件(水温・塩分)で地場増殖し、赤潮を形成した可能性がある。7月31日には、湾奥の千々石地先でも高密度化が確認されている(図14)。

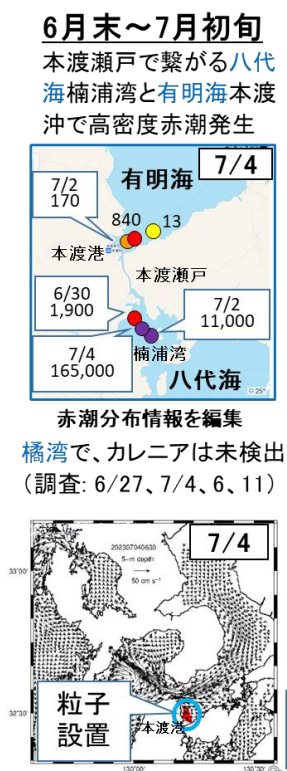


図13. R5年夏季の八代海、有明海、橘湾におけるカレニアの出現状況と粒子追跡実験結果

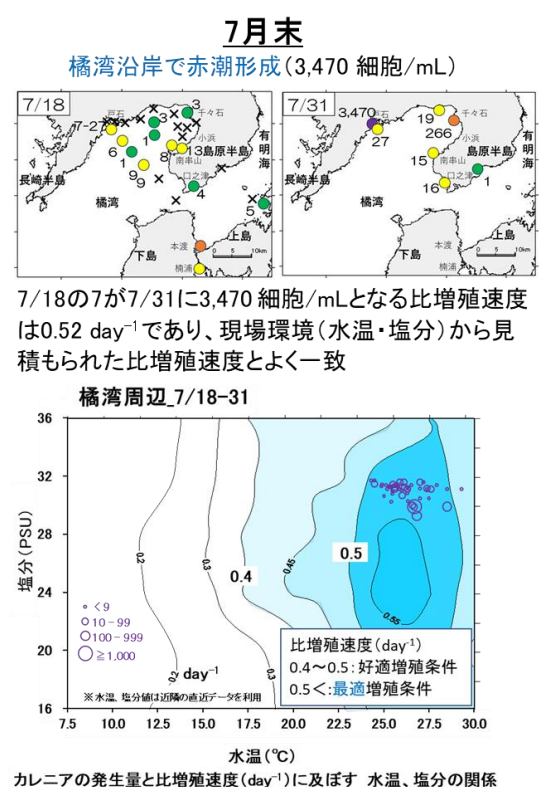
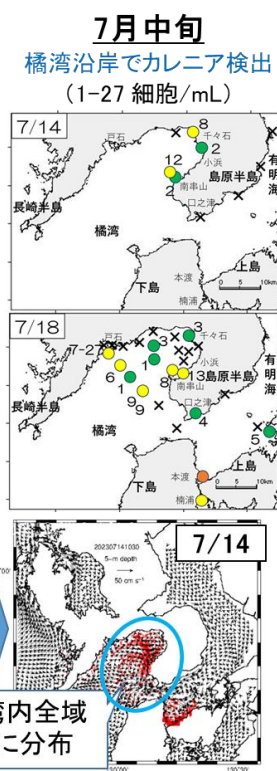


図14. カレニア ミキモイの地場増殖状況

湾内の広域(水深 10 m 程度)で高密度増殖していたカレニアは小潮時に、潮流が弱い湾奥やその沖合海域の渦流の循環で高密度の状態を維持あるいはさらに最適条件(水温・塩分)や貧酸素化していた底層(水深 35 m 程度)からの栄養供給(カレニアは 20 m 以上/日の鉛直移動能を持つ)で増殖し、大潮時には潮流によって早崎瀬戸方向へ輸送されたと考えられる(図 16)。

後述の(2)海流依存型で示す 8 月以降の大規模赤潮を引き起す布石になっていた可能性がある。

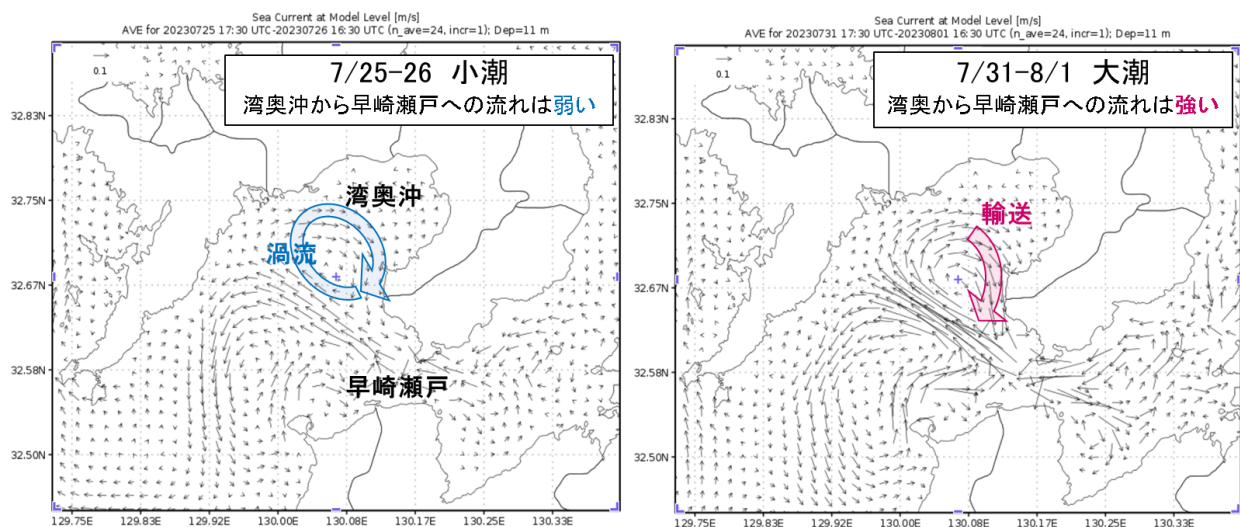


図16. 橘湾周辺海域の流動(水深11 mの24時間平均値)
九州北部海況予測サイト(九州大学応用力学研究所で開発している海洋同化モデルDR_Dの計算結果)

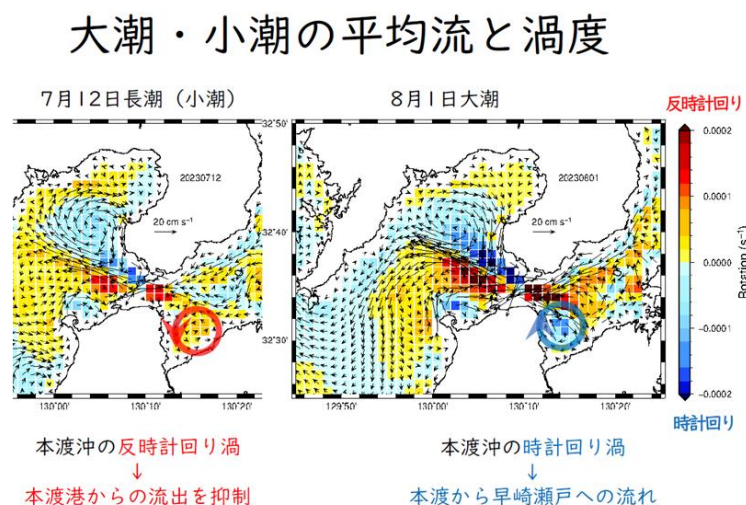


図17. R5年夏季の大潮・小潮の平均流と渦度

(2) 海流依存型

大潮時の 8 月 1 日に、本渡沖でカレニアの高密度赤潮が確認(4,500 細胞/mL)されたため、長崎大学が赤潮のトレーサー実験を実施したところ、赤潮粒子は、8 月 2 日に戸石沖、8 月 3 日に戸石沿岸付近に到達し、その後、8 月 6 日頃までは戸石等沿岸域に滞留し、8 月 7 日以降は長崎半島を經由して湾外へ流出すると予測された(図 18)。

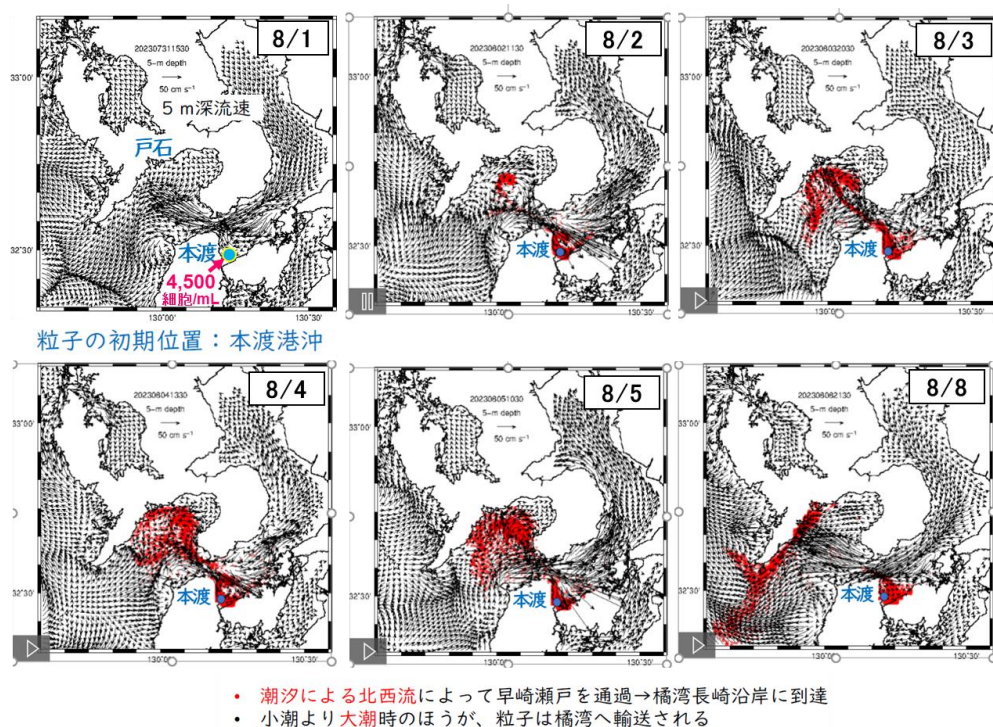


図18. R5年夏季の橘湾周辺海域の赤潮トレーサー実験による赤潮流動予測
(長崎市たちばな漁協提示資料を改訂)

戸石地先へのカレニア赤潮の襲来予測を受けて、8 月 2 日に、当該地区の養殖業者は一致団結し、県(普及指導センター、総合水試)と連携した防除剤散布を決行した。防除にあたり、調査班と防除班に分かれ、調査班が現場赤潮発生状況を確認し、高密度分布の位置情報をラインで即時連絡し、その情報を基に防除班は高密度分布域やその周辺に防除剤を散布した。その結果、顕著な着色域は消失、細胞密度は散布前 1,440 から散布後 320 細胞/mL に減少し、防除率は 77%であった(図 19)。養殖業者は一定の防除効果を実感した。

ところが、当日夕刻には、予測のとおり沖合に間近に迫る赤潮水塊を目視していた。当日夕刻には追加の防除剤を急ぎ調達・準備し、翌日以降も防除作業を行ったものの、有明海と湾内沖合にあったカレニア赤潮が合わさり、防除の限度を大きく超える高密度水塊が続けて襲来したため甚大な被害を受けてしまった。

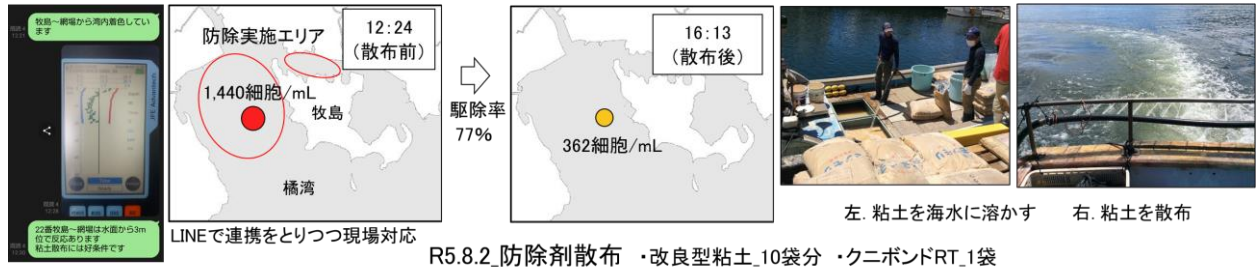


図19. カレニア赤潮の防除

8月2日～8日の赤潮調査により、予測結果の検証を行った。カレニアの細胞密度の推移と着色域を図20に示す。赤潮調査では、赤潮トレーサー実験で赤潮粒子が戸石沖に到達するとされた8月2日の戸石沖で着色域が確認された。また、戸石付近沿岸への到達が予測される8月3日以降、数千～数万の細胞密度(細胞/mL)が検出され、赤潮粒子位置とカレニアの着色域および高密度分布域は概ね一致していた。なお、赤潮粒子の到達が予想されなかった8月2日戸石地先や8月3日～5日の湾東部沿岸の高密度化は地場増殖によるものと考えられる。

今後も、赤潮トレーサー実験による赤潮の流動予測の精度向上のため、現場調査による予測の検証を行い、より効率的な対策の実行に繋げる必要がある。

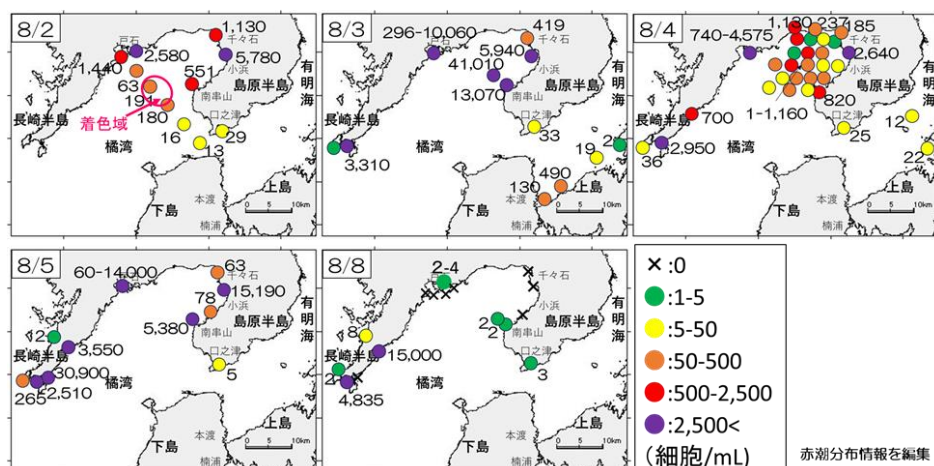


図20. カレニアの細胞密度の推移と着色域

令和5年の海流依存型と同様の事例は、図21に示すとおり、令和4年8月中下旬に戸石地先で確認されていた。当時のカレニア赤潮の発生状況を考察していたところ、戸石地区で赤潮の形成がみられる前の8月中下旬に、有明海灣口部の本渡沖や三角沖で、カレニアの高密度出現(8月15日～23日に、7,400～160,000細胞/mL)が熊本県によって確認されていた。九州北部海況予測サイトから、有明海灣口から橘湾への流れを確認することができた。

そこで、長崎大学で粒子追跡実験を実施したところ、有明海灣口部の本渡と三角地先に赤潮に見立てた粒子を8月15日に設置し、その後の移動を追跡すると粒子は8月19日には戸石地先へ到達することが分かった。

戸石地先に設置していた有害プランクトン検出(HAI)センサーは、8月19日にカレニア出現(40細胞/mL以上)の目安値であるFSIが1.9(中島2023)を超えていた。その後、FSIは徐々に上昇し、8月23日にプランクトン調査でカレニア赤潮(3,080細胞/mL)の発生が確認された。

養殖業者や漁業協同組合は、県(普及指導センター、総合水試)と連携し、発生初期に粘土散布を即時実施したことで、漁業被害の低減に繋がっていた。

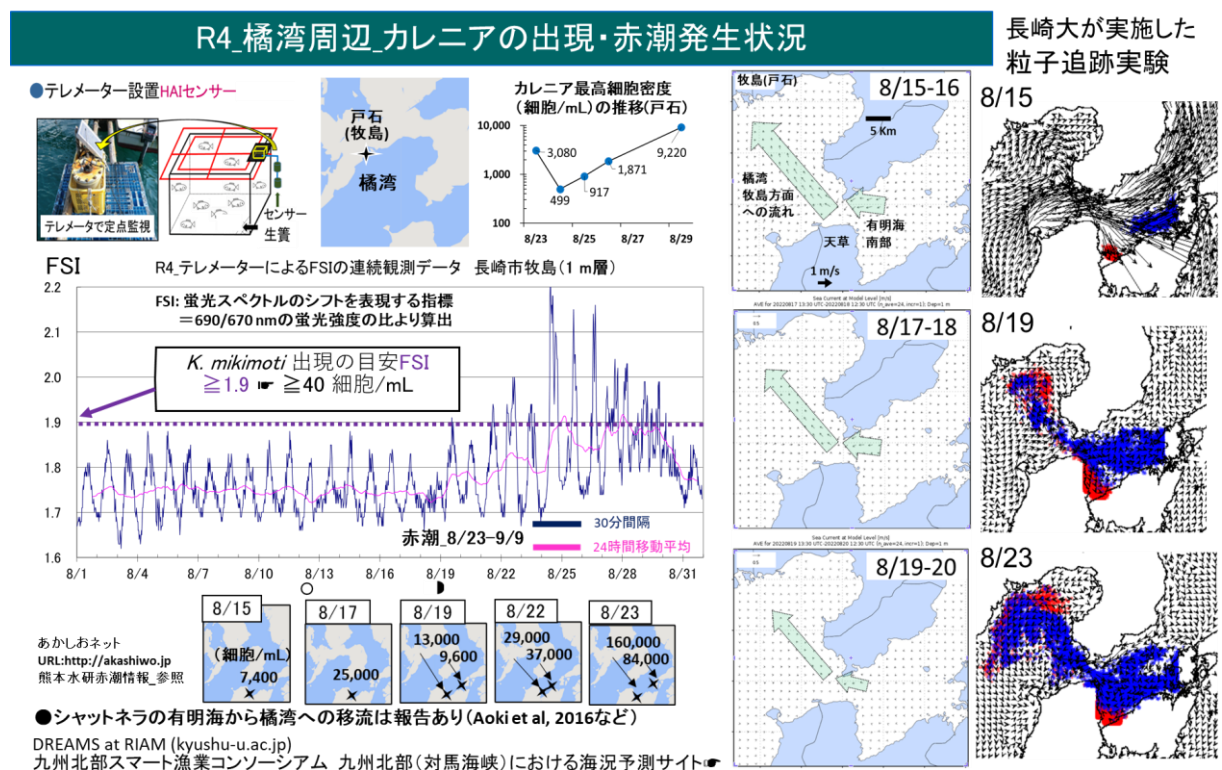


図21. R4年夏季に橘湾戸石地先で発生したカレニア赤潮の出現状況

(3) 地場発生型

平成 12 年には、地場発生と考えられるカレニア赤潮の形成があり、被害は戸石、南串山、小浜、千々石町の広範囲で確認され、4.8 千万円と甚大であった。

令和 5 年 6 月(13、20、27 日)の戸石地先での現場調査ではカレニアの出現は確認されなかったが、7 月 2 日に戸石地先のテレメータの有害プランクトン検出(HAI)センサーの FSI が 1.9 を超えていた(図 22)。令和 4 年に、戸石地先でカレニアは赤潮を形成していた。カレニアは 10℃以下でも生存できるため、越冬細胞が地場発生していた可能性も考えられる。今後、周年のモニタリングに加え、特に、高水温期には特にテレメータ観測を注視し、適宜、現場観測を行い、実態把握に努める必要がある。

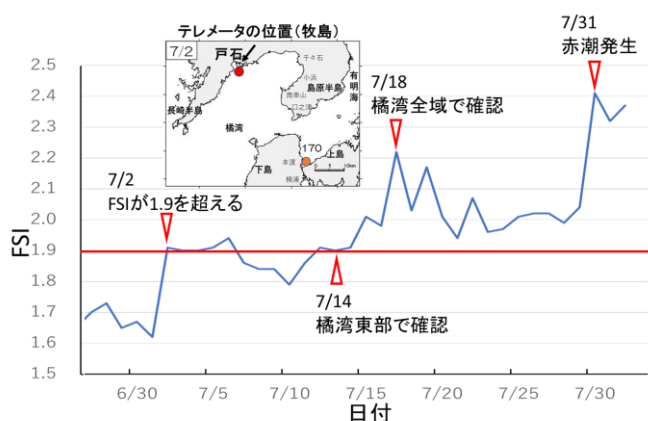


図.22 長崎市牧島(戸石)におけるFSIの推移(水深1.5 m)

シャットネラ、カレニア以外の有害赤潮については、昭和 54 年、平成 2 年、令和 4 年のコクロディニウム赤潮、平成 17 年のヘテロシグマ赤潮(全て漁業被害有り)は、いずれも、橘湾での地場発生であったと考えられる。このように、橘湾では、地場発生型の有害赤潮の形成があり、被害を起こすことが稀ではないといえる。従って、橘湾では、有明海での赤潮発生状況を注視するとともに、広域での監視と各漁場での個別の赤潮自主監視体制による調査実施と素早い対策の実行が重要となる。

令和 4 年、南串山地先で発生したコクロディニウム赤潮では、自主監視調査で初期増殖を捉え、養殖業者は県(普及指導センター、水試)、市と連携し、発生初期(警戒基準前)に粘土散布を迅速実施したことで、被害低減に繋がった(図 23)。

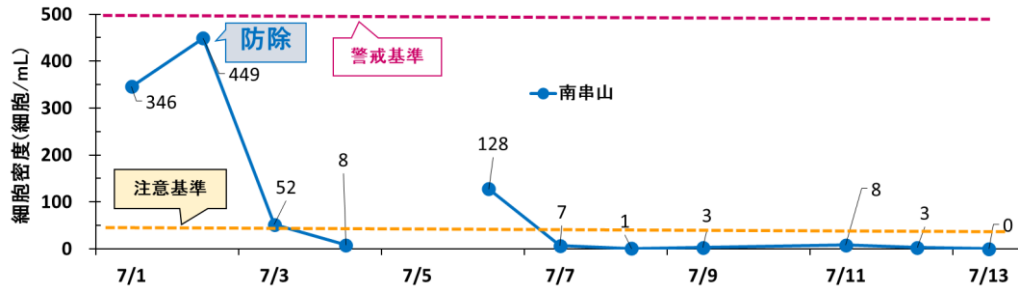


図23. R4_南串山地先でのコクロディニウム最高細胞密度(細胞/mL)の推移

3. 赤潮監視調査体制

シャットネラ、カレニア等有害赤潮の有明海から橘湾への流入や橘湾での地場発生を早期に捉え、迅速な対策を実施するためには、高水温期の5～8月に多くの出現がみられる有害プランクトンの出現状況を低密度の段階で把握しておく必要がある。そのためには、春～夏季を中心に定期的な広域赤潮監視体制を整備・実施する必要がある。

(1) 整備

令和5年度以降、橘湾周辺海域には、テレメータが4地点に設置され、テレメータ監視システムにより、漁場の水質環境(水温、塩分、FSI、クロロフィル蛍光値=植物プランクトン量、自動遠隔顕微鏡装置(SeaMS)での有害プランクトンの画像等)24時間連続観測データの監視や漁場周辺を広域観測する体制が整備されている。令和6年以降も、監視システムを整備・拡充している。

(2) 調査実施状況

テレメータ監視システムを含めた現行および令和6年以降の赤潮監視調査体制は以下のとおりである(図24、25)。

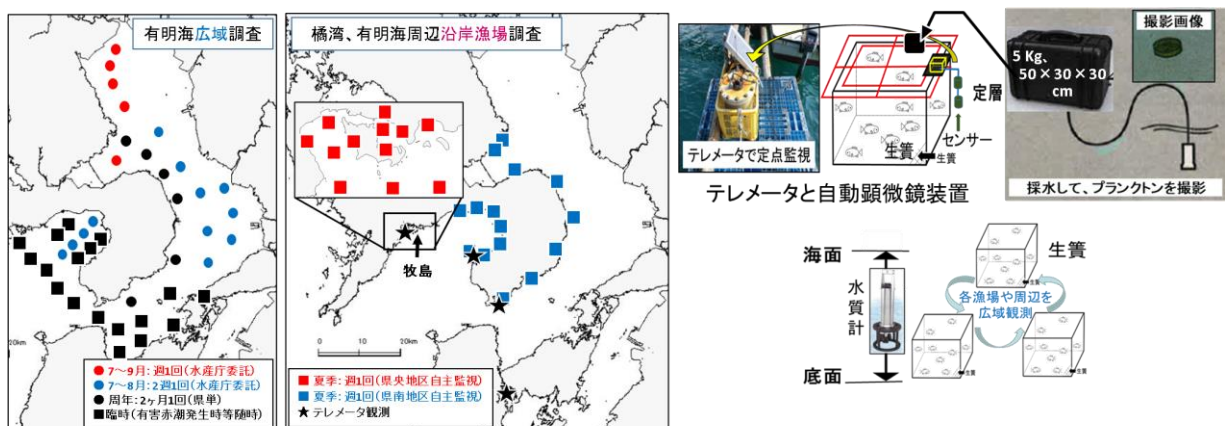


図24. 有明海および橘湾周辺海域における有害赤潮監視調査体制(現行)

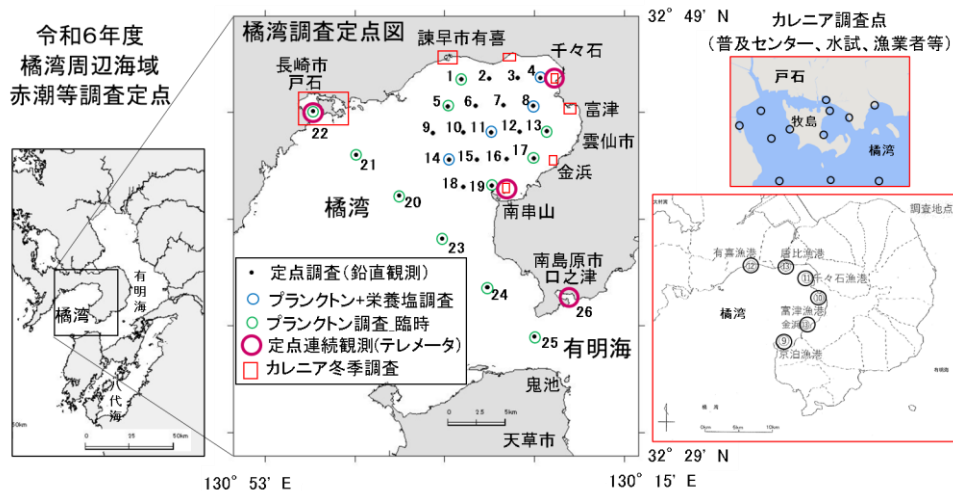


図25. 橘湾周辺海域における有害赤潮監視調査体制(令和6年)

5～8月の間に、有明海湾奥部から橘湾の沿岸と沖合海域にかけて、広域共同監視調査が概ね月2～4回の頻度で定期的に行われている。定期調査やテレメータ通信システムで、シャットネラ、カレニア等有害プランクトンの出現やFSI、クロロフィル蛍光値等に変化がみられた場合には、臨時調査が実施される体制が整備されている。

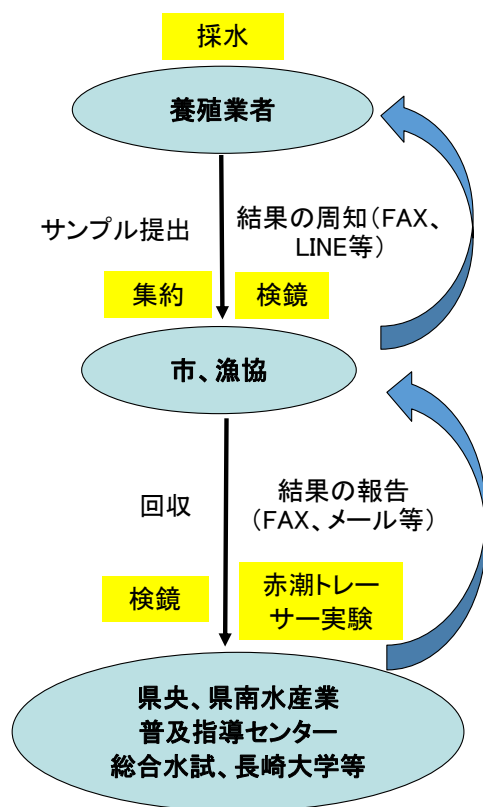
令和6年からは、冬季のカレニアの出現状況を追跡し、濃縮検鏡やLAMP法（LAMPとはLoop-mediated Isothermal Amplificationの略で、迅速、簡易、精密な遺伝子増幅法のこと、カレニアミキモトイの遺伝子の有無を判定することができる）を導入して、地場発生する初期発生個体群の低密度からの検出を試みる。

(3) 自主監視(調査方法)

令和5年夏季には、養殖業者が養殖漁場毎に採水し、漁協や県普及指導センター、総合水試等が計数し、プランクトンの消長の推移を追跡・共有する自主監視調査体制が再整備(図26)されており、赤潮被害低減の観点から大きな成果となると期待される。令和6年も国事業を活用し、漁業者による定期的な調査など監視調査体制を強化した。

なお、令和7年度からは有害赤潮プランクトンが発生した場合、赤潮トレーサー実験による約1週間先までの予測結果を市、漁協を通じて漁業者へ情報共有することとしている。

橘湾周辺赤潮自主監視のフロー



【目的】

養殖業者が自主的に魚類養殖漁場で採水し、定期的に調査・監視・対策を実施する体制を構築することで、養殖業者自らが赤潮等による漁業被害を未然に防止および軽減を図る。

【調査時期・頻度】

- 赤潮や濁りが発生する夏季
- 1回/週程度
- 有明海等周辺海域で有害赤潮発生時あるいは赤潮トレーサー実験で有害赤潮が漁場への流入が予測される場合は、臨時調査
- 異常時はその都度採水(海色の変化、餌食い悪化等)

【調査場所】

関係漁協(長崎市たちばな、橘湾中央、橘湾東部、島原半島南部)の養殖漁場

【調査方法】

養殖業者は、各調査定点で、午前中に表、中層あるいはFSIやクロロフィル極大層から、採水器でサンプルを採取し、漁協へ預ける
サンプルは漁協・センター等職員が検鏡する
※不明種は、水試・センターが確認する

【結果周知】

調査結果は、当日関係機関にFAX等で伝達する
水試は、ホームページで有害種の出現状況を公表する

図26. 橘湾赤潮自主監視体制

4. 具体的な赤潮被害防止対策

橘湾周辺海域の有害赤潮の発生状況に関しては、前述の赤潮監視調査体制によって取得されたプランクトン細胞数、クロロフィル蛍光値などの情報を、赤潮情報連絡体制(図 26)によって、FAX やメール、ホームページ等で即座に、各漁業関係者は知ることができる。これらの情報を活用して、素早く対策を実施することが被害の防止につながる。

- ① 有害赤潮発生状況速報を FAX(図 27)やメール等で養殖業者まで即時に伝達する。

長崎県漁場テレメータシステム水質情報(ホームページ)で、漁場の水質環境(水温、塩分、FSI、クロロフィル蛍光値=植物プランクトン量等)の 24 時間連続観測データをリアルタイムで公表する(図 28)。加えて、各海域の有害赤潮や貧酸素の詳細な発生状況(現状が原因有害プランクトンの増殖によって、好適であるかどうか等)についても発信する。



図27. 赤潮発生状況速報

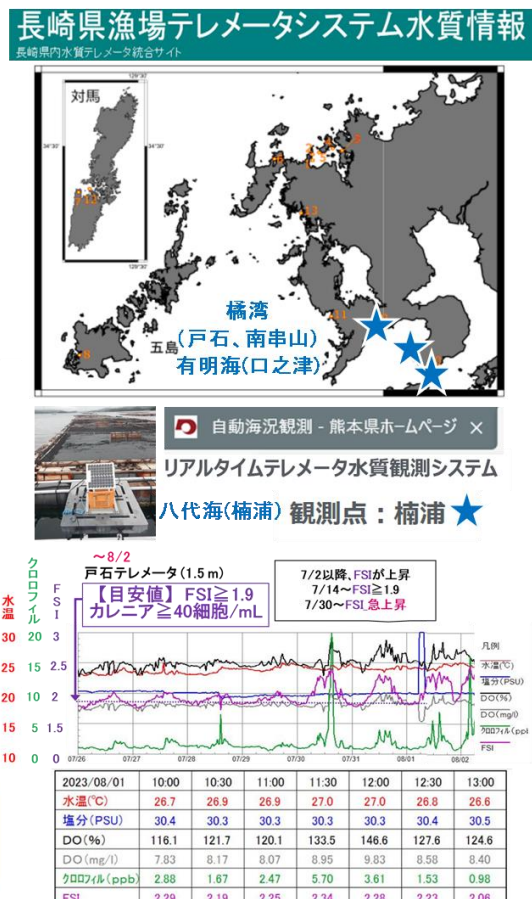


図28. 橘湾周辺のテレメータ

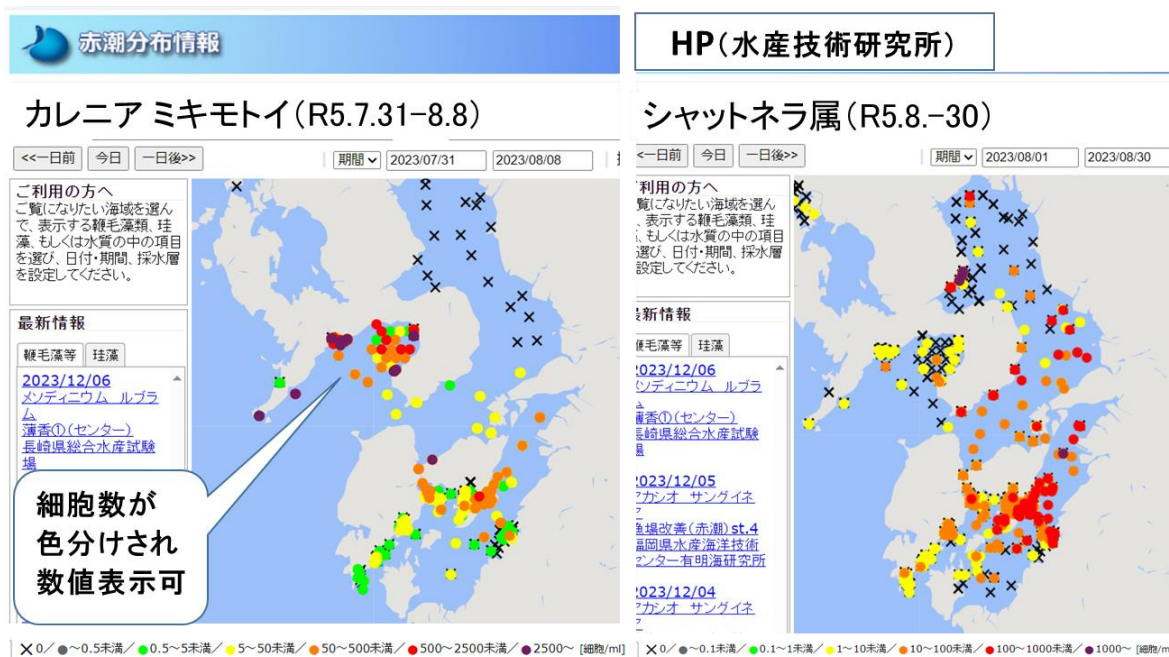
長崎県の
テレメータ情報は
こちら→



熊本県(楠浦)の
テレメータ情報は
こちら→



- ② カレニア、シャットネラ等有害赤潮の有明海、八代海、橘湾周辺の広域分布状況を「沿岸海域水質・赤潮分布情報(赤潮ネット)」(HP: 図 29)で毎日確認する。あわせて、人工衛星情報(クロロフィル)も確認しておく(図 30)。



http://akashiwo.jp/public/kaikulnit.php?qkaiku_id=1

図29. 沿岸海域水質・赤潮分布情報(赤潮ネット)

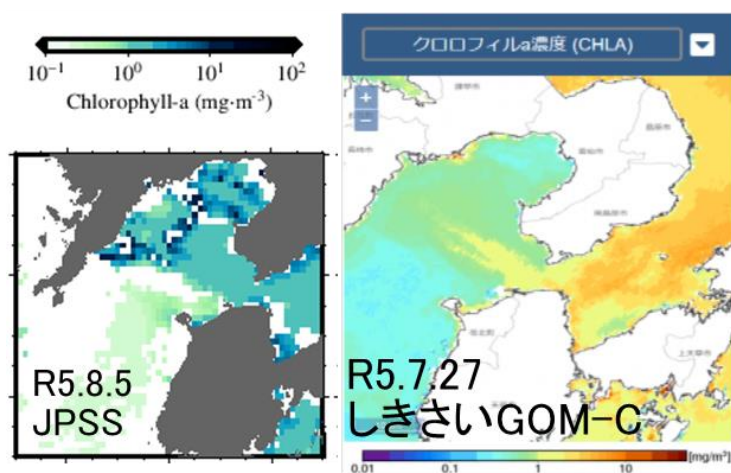


図30. 人工衛星情報(クロロフィル)

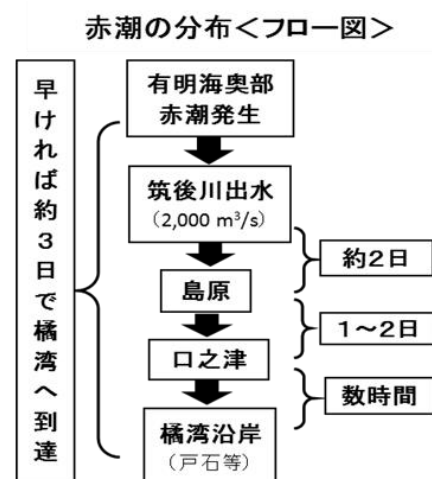


図31. 赤潮の分布(フロー)

- ③ 有明海等周辺海域で有害プランクトンの出現や赤潮の発生が確認された場合には、図8に示すように、筑後川出水等大雨による低塩分水とともに数日から数時間後に、赤潮が橘湾の漁場に流入することが予測される。また、図10、12に示すように、降雨後に地場で赤潮が発生し、昼間、漁場方向に向か

う潮流や風によって、漁場に集積することがある(小潮時は、低い海水交換率がもたらす湾内維持効果がある)(図 31)。

- ④ また、テレメータでクロロフィル蛍光値、FSI 等観測値に異常がみられた場合には、有害プランクトンが増殖している可能性がある。
- ⑤ ③、④の場合、自主監視調査の頻度を多くするなど漁場監視を強化する。カレニアは中層で増殖するため、直読式の多項目水質計(AAQ、HAI センサー)を用いて観測し、高密度分布層を的確に捉える必要がある。
- ⑥ 赤潮調査結果を基に、赤潮情報の発信基準(表 2)を目安に、有害プランクトンの細胞数に応じた対策である「防除剤散布」、「餌止め」、「避難」を実施する。

表2. 赤潮情報の発信基準[目安]

長崎県総合水産試験場 漁場環境科
平成31年4月24日

警戒	餌止めの励行、生簀移動、粘土散布
注意	①プランクトンの動向に注意し、餌止め、生簀移動、粘土散布の実行および準備 ②淡水浴、薬浴、喰わせ込みを控える

赤潮プランクトン	情報発信基準値(細胞/mL)		増殖適水温(℃) (最適水温)
	警戒を要する	注意を要する	
シャットネラ アンティーカ <i>Chattonella antiqua</i>	10	1	20～32.5(25～30)
シャットネラ マリーナ <i>Chattonella marina</i>	10	1	20～32.5(25～30)
シャットネラ オバータ <i>Chattonella ovata</i>	100	10	15～32.5(25～30)
カレニア ミキモトイ <i>Karenia mikimotoi</i>	500	100	12.5～30(25)
カレニア ディジタータ <i>Karenia digitata</i>	100	10	17～23(出現時)
コクロディニウム ポリクリコイデス <i>Cochlodinium polykrikoides</i>	500	50	17～30(25～27.5)
コクロディニウム エスピー カササガタ <i>Cochlodinium sp. type-Kasasa</i>	500	50	17～30(27～28)
ヘテロシグマ アカシオ <i>Heterosigma akashiwo</i>	10,000	1,000	15～30(15～25)
ヘテロカプサ サーキュラーリスカーマ <i>Heterocapsa circularisquama</i>	50	10	15～30(30)
ディクチオカ 藻 <i>Dictyocha 藻</i>	400	40	15～30(出現時)

* *C. antiqua*, *C. marina*の情報発信基準は、魚類対象

* *H. circularisquama*の情報発信基準は、貝類対象

* マグロに関して、情報発信基準値(細胞/mL)は1/10を乗ずるものとする。

* 珪藻類の増殖による透明度の低下がみられた場合には、給餌を控える。

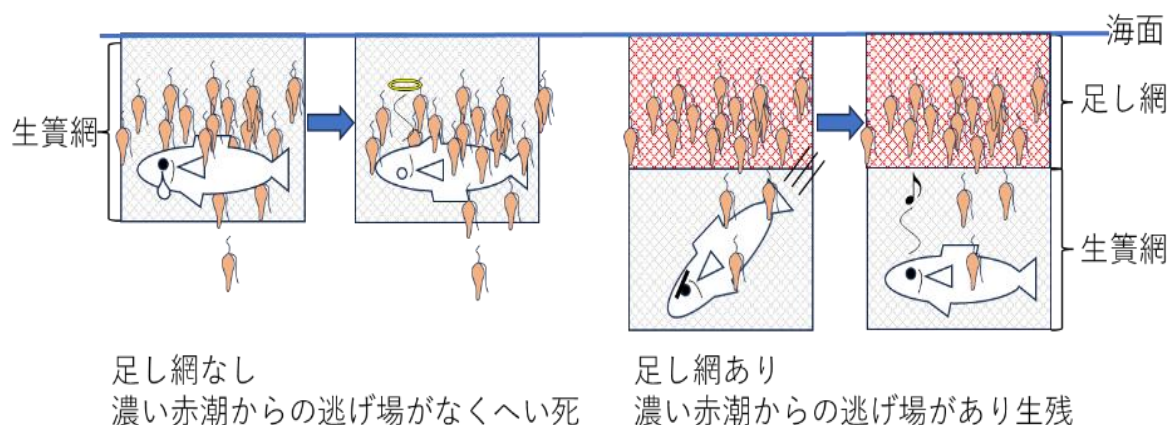
* 浮遊物がみられ、餌食いが悪い場合には、給餌を控えるとともにサンプルを採取し、粘質状浮遊物であるか否かを確認する。

* 粘質状浮遊物が多くみられた場合には、酸素消費を抑えるため、餌止めを励行し網掃除等を控え、魚を安静に保つ。

* *Dictyocha*藻(*Octactis octonaria* オクタキティス オクトナリア、*Vicicitus globosus* ヴィシットウス グロボースス)

【防除剤(粘土)散布の実施にあたって】

- 防除剤を散布する際は、海水 1 トンに防除剤 1 kg (改良型粘土の場合、海水 1 トンに入来モンモリ 1 kg と焼ミョウバン 0.1 kg、クニボンドの場合は 1 kg) を目安に溶かし、発生初期における狭い範囲の赤潮を防除する場合は赤潮海域を覆うように散布するほか、生簀に赤潮が接近し被害防止・軽減しようとする場合は生簀の潮上から散布するなど効果的な散布を実施する。赤潮の分布層が広い場合等、必要に応じて防除剤を数倍程度に増量する。
 - 速やかな防除剤散布の実施に向け、平常時から防除剤の備蓄に努め、散布開始の基準や指示、連絡の方法等について予め関係者間で協議して定める。
 - カレニアの除去効果を高めるため、直読式の多項目水質計 (AAQ、HAI センサー) を用いて観測し、高密度分布層を的確に捉えて散布を行う。また、他地区で導入されている散布機 (水中ポンプの出口を塩ビ管等でつなぎ、魚探で噴射口と分布層を一致させて散布する装置) の導入を検討する。
- ⑦被害軽減対策として、養殖魚の逃げ場を確保するために、足し網をはじめ生簀の大型化や網丈の高い養殖網等の導入を推進する。また、足し網が設置できないような浅い海域においては、横方向への広い網の導入や高濃度酸素発生装置の配備などによる対策を検討する。



足し網効果概念図

- ⑧ 海況予測サイト、赤潮ネット、粒子追跡実験、人工衛星画像、テレメータ等監視強化、現場調査を組合せ、赤潮の流動・動向を的確に予測・検出し、事前の餌止、防除を有害センサーで効率的に実行して被害を低減する。

防除は、橘湾への移流前(潮上)、漁場接近前(沖合)、漁場での増殖前の小規模時の3正面作戦で実施することが望ましい。

赤潮の予防または防除についての概念図(図33)を示す。赤潮の被害を低減させるには、被害発生レベル(警戒)に達する前段階で、対策を実施すると効果が上がる。実際に、コクロディニウム赤潮の初期発生、小規模段階で防除を実施した令和4年の南串山では、赤潮は衰退し、被害低減につながった。一方で、前述したとおり、警戒レベルに達し、大規模赤潮が継続した令和5年の橘湾沿岸では、これまで被害を低減してきた対策(餌止め、防除)を実施したにも関わらず、甚大な被害が発生してしまった。

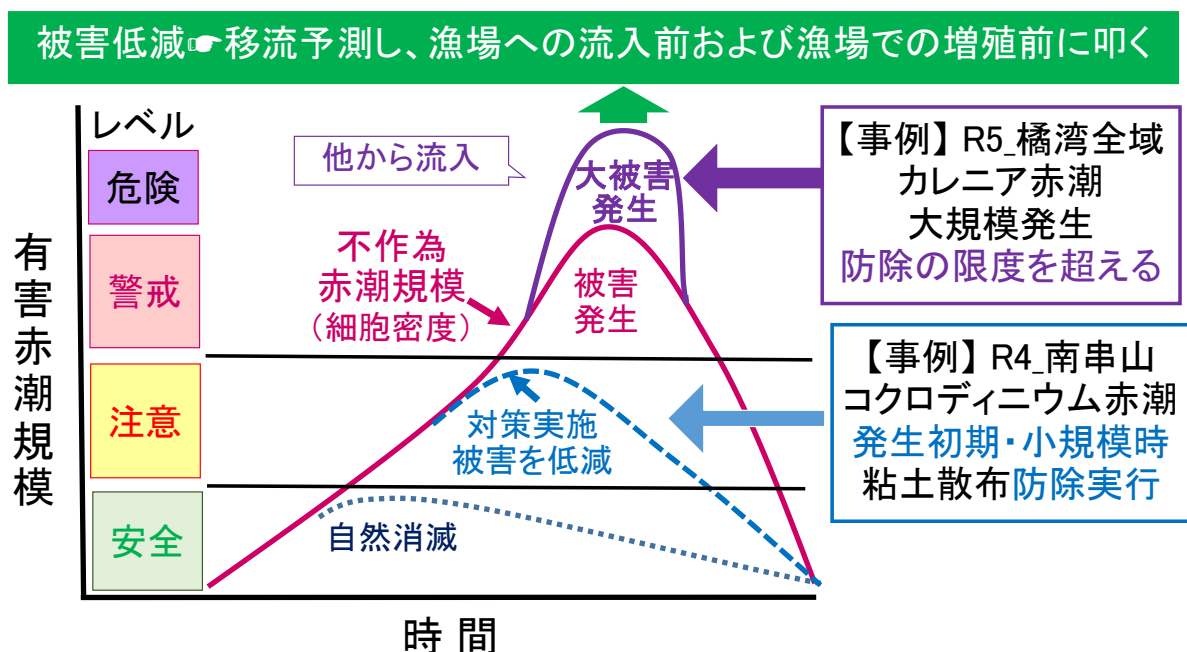


図33 赤潮被害を低減するための概念図(今井1999を改変)

今井は、赤潮の発生予防や防除を機能させ、効率的に実施するためには、対象とする赤潮生物の動態を綿密にモニタリングし、発生予察が可能な状態にあることが望まれるとしている。令和6年は有害赤潮のモニタリング強化(図34)と流動・消長予測を行う。

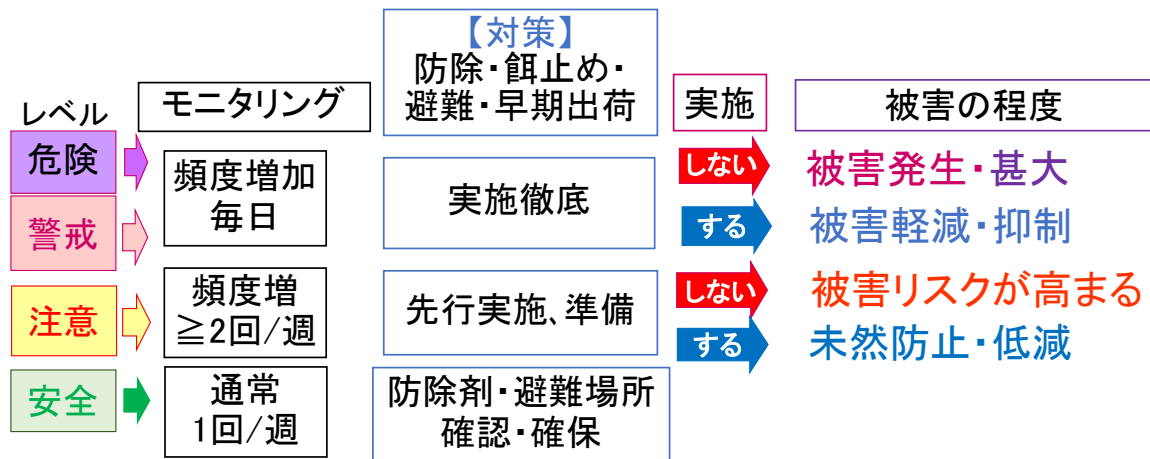
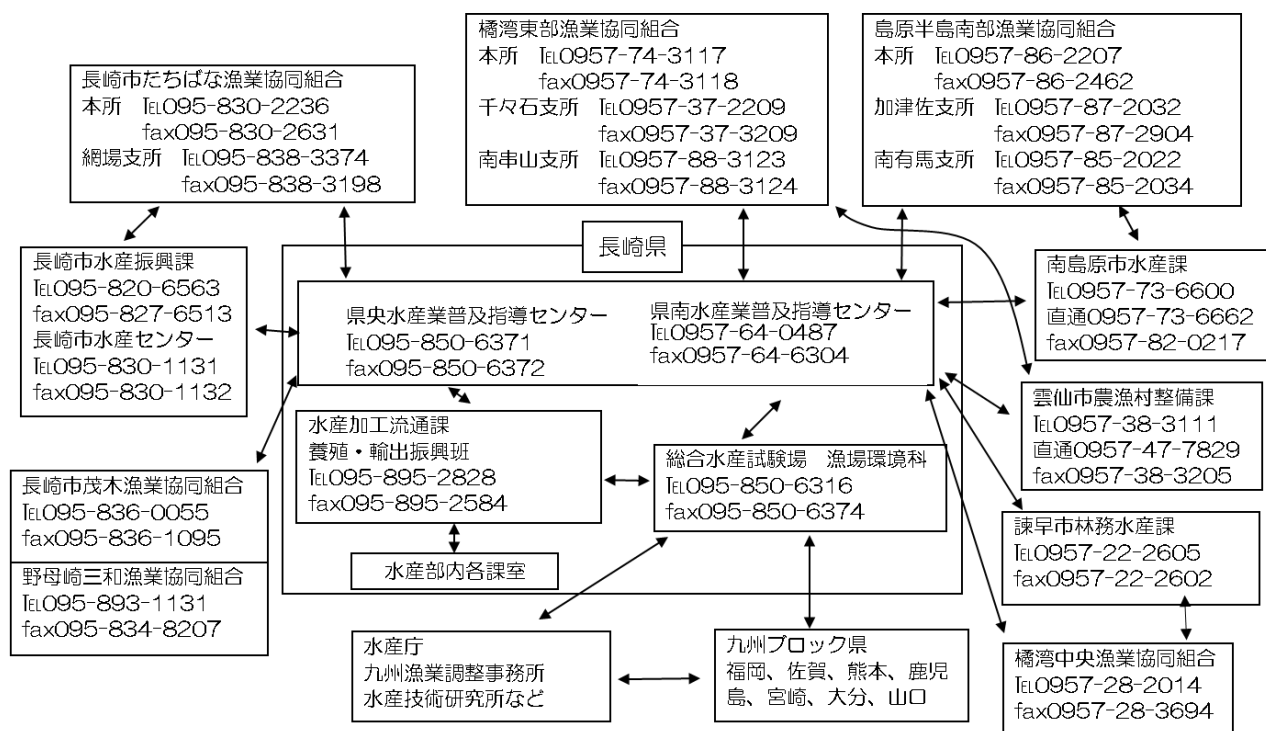


図34 赤潮被害低減のためのモニタリングと対策

5. 赤潮情報連絡体制

赤潮に関する調査結果や発生情報は以下に示す連絡体制によって、関係機関の間において、FAX、メール等によって、迅速に伝達する。



各漁協から県への具体的な通報内容等については以下のとおりである。

○通報方法: 電話、FAX、メール等

○通報内容:

- ①発見日時 日時、期間等
- ②発生水域 具体的地名(図示)
- ③発生状況 面積、形状(帯状、楕円状)、着色時間帯
- ④水色 赤潮水塊の色相
- ⑤漁業被害 魚種名、へい死数量
- ⑥その他 赤潮発生時の気象、海象、漁業被害発生時の対処等

6. へい死魚の処理について

R7 年 7 月末現在

関係市における対応は次のとおり

◆長崎市の場合

①処理能力

一日あたり4トン(月～金曜日の週5日)

②処理に対しての条件

- ・受け入れは月～金曜日とし、搬入時間については別途協議とする。
- ・腐敗が酷くドロドロ状態のものは、燃焼状態が悪くなるため不可。
- ・地元協定により、臭気は敷地境界でごみ臭がしない程度となっているため、運搬時及び受入れ時に臭気が漏洩しないよう、へい死魚の臭気抑制対策を行うこと。
- ・へい死魚の処理にあたっては、事前に水産部局及び環境部局を通じ、処理施設と調整を図ったうえで搬入すること。
- ・市外からの受入については、自区内処理が不可の場合に限る。

③廃棄物処理施設の稼働サイクル等

【長崎市西工場】

住所:長崎市神ノ島町 3 丁目 526 番 23

電話:095-894-5230

・受入可能日

月～金曜日 2 t/日(詳細は別途協議)

合計 10 t/週

・搬入車両

総重量 30 tまで トラックスケール長さ 8 m

【長崎市東工場】

住所:長崎市戸石町 34 番地 2

電話:095-830-2040

・受入可能日

月～金曜日 2 t/日(詳細は別途協議)

合計 10 t/週

・搬入車両

総重量 30 t トラックスケール長さ 7.5m まで

※トラックスケールの総重量及び長さを超える場合、別途協議要。

※休炉中は搬入不可。

- ④へい死魚の処理が可能な一般廃棄物登録業者
なし

◆諫早市・雲仙市の場合

①処理能力

一日あたり4 t 前後（一般ごみの状況により変動）

②処理に対しての条件

- ・市及び受入施設（県央県南広域環境組合）側と事前の協議が必要である。
- ・塩分等に関しては、可能な限り乾燥させること。
- ・臭気対策のため施設本体である県央県南クリーンセンターへ直接搬入すること。
- ・搬送時の臭気防止や汚水が道路に垂れ流されないようにするため、袋に入れるなどの対策をとること。
- ・事業系ごみとして扱う場合は、料金が1 t当り6,290 円となるので事前に市に連絡すること。

③廃棄物処理施設の稼動サイクル等

【県央県南クリーンセンター】

住所：諫早市福田町 1250 電話：095-35-8200

・通常の稼動時間内で対応

平 日 8:30～16:00 土曜日 8:30～12:00 日曜、祝日は休業

※基本的に時間外の受け入れ、処理はしない。

- ④へい死魚の処理が可能な一般廃棄物登録業者
なし

◆南島原市の場合

①処理能力

0.5 t/日

②処理に対しての条件

- ・塩分濃度は、低いほうが良い。
- ・悪臭による地域住民への影響が考えられるため、搬入時の運搬方法は臭いや水分が漏れないよう十分対処いただきたい。
- ・悪臭対策のため、へい死魚の腐敗が進まないよう、冷凍庫等で保管していただきたい。
- ・腐敗が酷くドロドロ状態のものは、燃焼状態が悪くなるため不可。
- ・市内で発生したへい死魚に限る。

③廃棄物処理施設の稼働サイクル等

【南有馬クリーンセンター】

住所:南島原市南有馬町戊 1751 番地

電話:0957-73-6645

・通常の受付時間 月～金曜日 8:30～16:30

土・日・祝日及び年末年始は休み

※休炉中は搬入不可。

※基本的に時間外の受け入れ、処理はしない。

④へい死魚の処理が可能な一般廃棄物登録業者

なし

これからの橘湾赤潮対策について

- ・橘湾周辺海域の赤潮対策については、更新したガイドラインに基づき、既存の知見や養殖業者による自主監視、試験研究機関の調査を組み合わせ、引き続き検討を行うとともに、行政からの各種支援策を踏まえ、以降も科学的根拠を基にした被害防除対策に取り組むこととする。
- ・当面の間、県から呼びかけを行い毎年 5 月頃に橘湾赤潮対策ミーティングを開催、ガイドラインに添った対応を徹底する。
また同ミーティングにおいて新たな知見等があれば、ファイル方式で当ガイドラインを更新することとする。
- ・ミーティングメンバー
 - 関係地域養殖漁業者
 - 漁業協同組合（長崎市たちばな、橘湾中央、橘湾東部、島原半島南部）
 - 長崎県（水産部水産加工流通課、県南・県央水産業普及指導センター、総合水産試験場）
 - 市役所（長崎、諫早、雲仙、南島原）
- （オブザーバー）
 - 国立大学法人 長崎大学 大学院水産・環境科学研究科/水産学部
 - 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所（長崎庁舎）