

令和2年度
大分川・大野川学識者懇談会
〔大野川水環境について〕

令和2年12月11日

国土交通省九州地方整備局
大分河川国道事務所

赤潮の発生要因と河道安定化対策による水質への影響

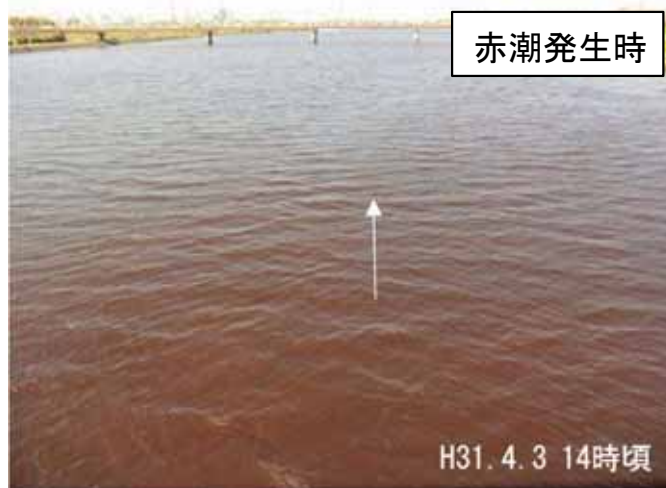
- ①大野川河口部水環境の状況・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
- ②大野川河口域赤潮発生メカニズム・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
- ③河道安定化対策実施による水質変化予測・・・・・・・・・・ 9
- ④水質モニタリング調査計画・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16

1. 大野川河口部水環境の状況

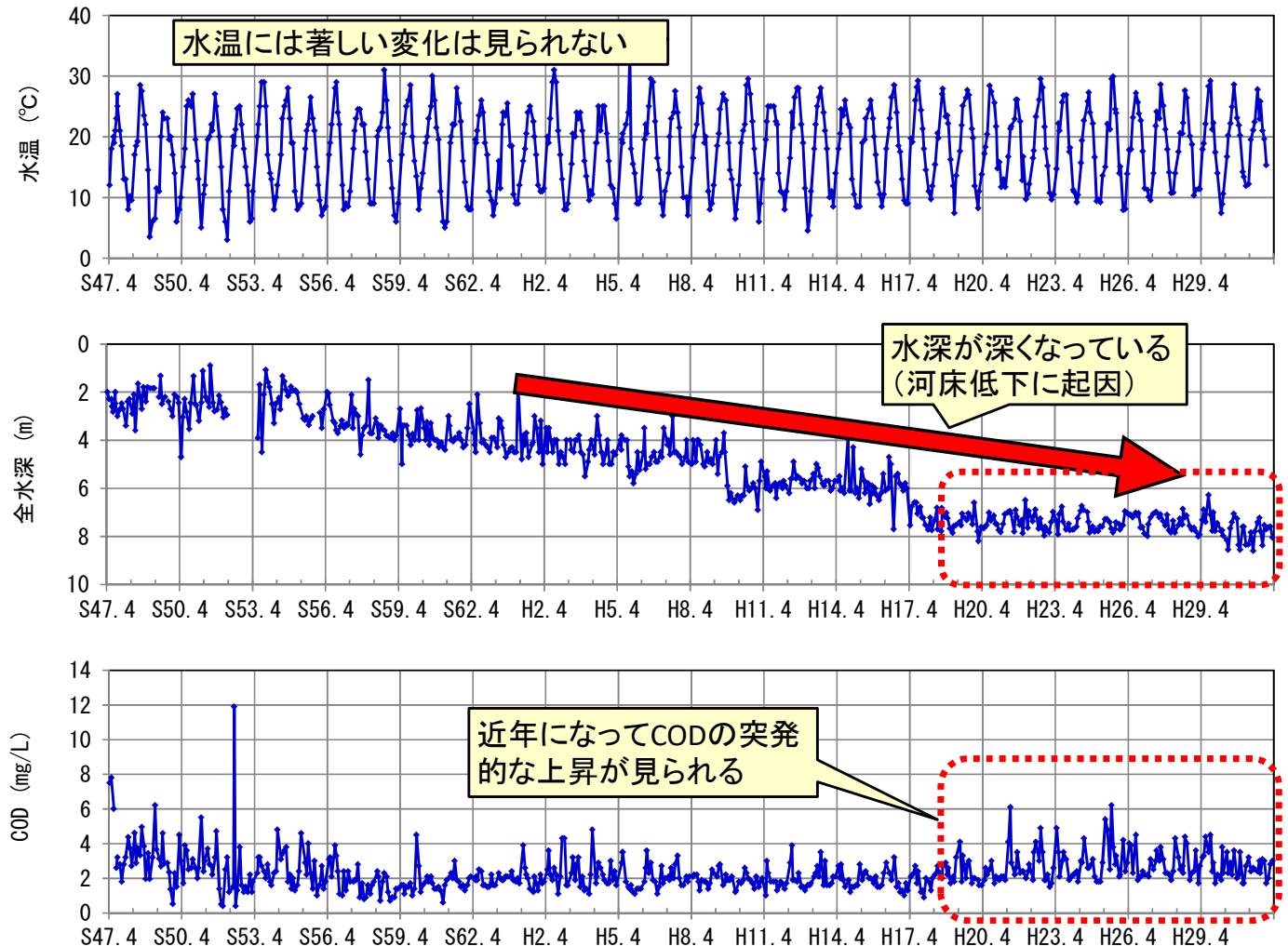
～河口部水深と水質の関係～

- 大野川の鶴崎橋地点では、冬～春にかけての水質が悪化する傾向がみられている。
- 大野川河口域では水面が褐色化する状況が見られ、1～5月には赤潮状態となる期間が見られる。
- 河床低下が進行することで、河口域の水塊が滞留しやすくなり、植物プランクトンに起因したCOD濃度の上昇が生じている。

鶴崎橋下流



鶴崎橋地点の水質、水深の経年変化

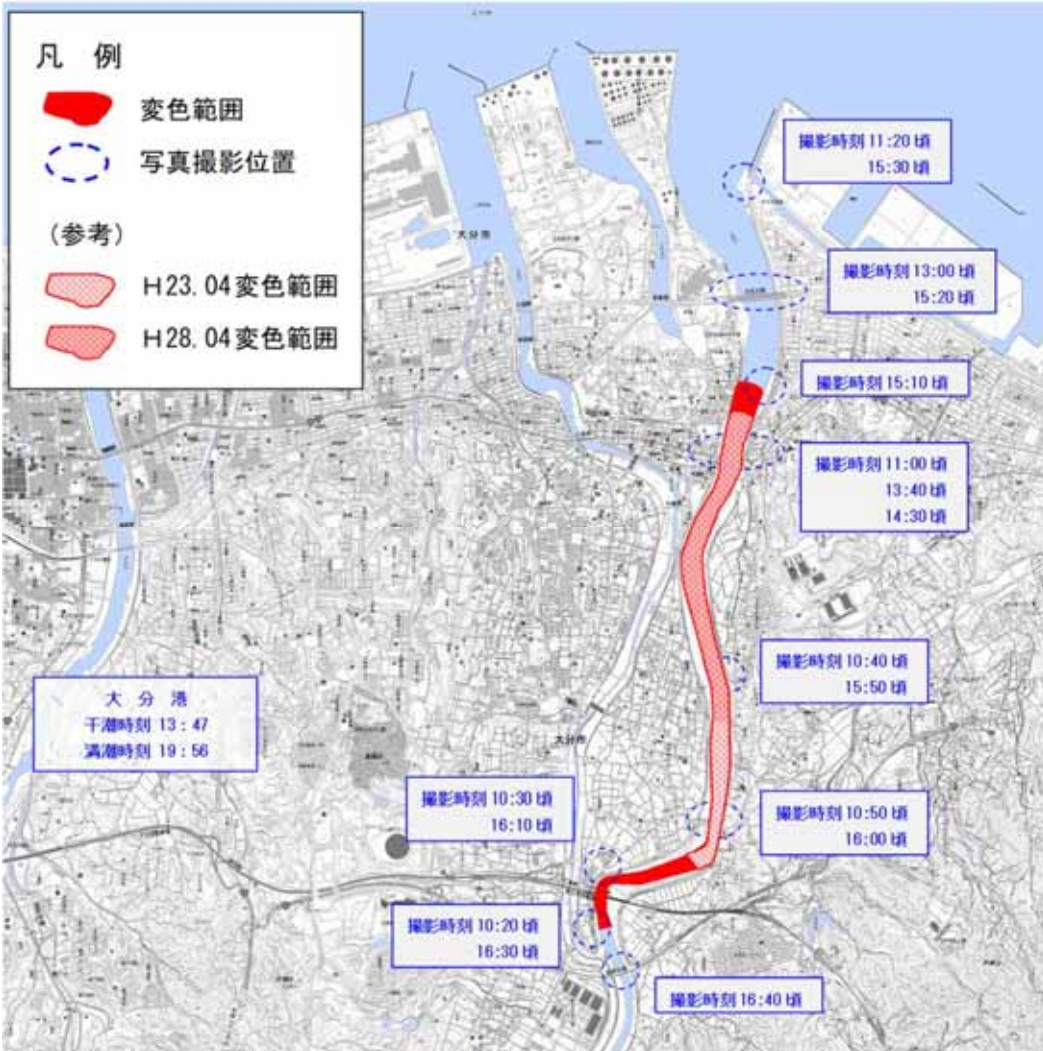


1. 大野川河口部水環境の状況

～赤潮発生の際～

- 大野川河口部では平成8年2月に川添橋周辺で褐色に染まる現象が見られ、クリプト藻綱のクリプトモナス(汽水域での赤潮原因種)が観測された。
- その後、平成16年頃からは河川水が変色した際に植物プランクトンの調査を実施しており、ほぼ毎年1～5月の期間でクリプトモナスが優占している。赤潮の発生範囲は2k/100付近～8k/800に広がっており、干潮からの上げ潮時に水面で顕在化する傾向にある。

【赤潮による変色範囲(平成31年4月18日調査)】



川添橋下流(干潮時刻前)



川添橋付近(左岸側下流方向) 干潮時刻前

川添橋付近(流心下流方向) 干潮時刻前

川添橋付近(右岸側下流方向) 干潮時刻前

川添橋下流(干潮時刻後)



川添橋付近(左岸側下流方向) 干潮時刻後

川添橋付近(流心下流方向) 干潮時刻後

川添橋付近(右岸側下流方向) 干潮時刻後

【クリプトモナス 出典：国立科学博物館】

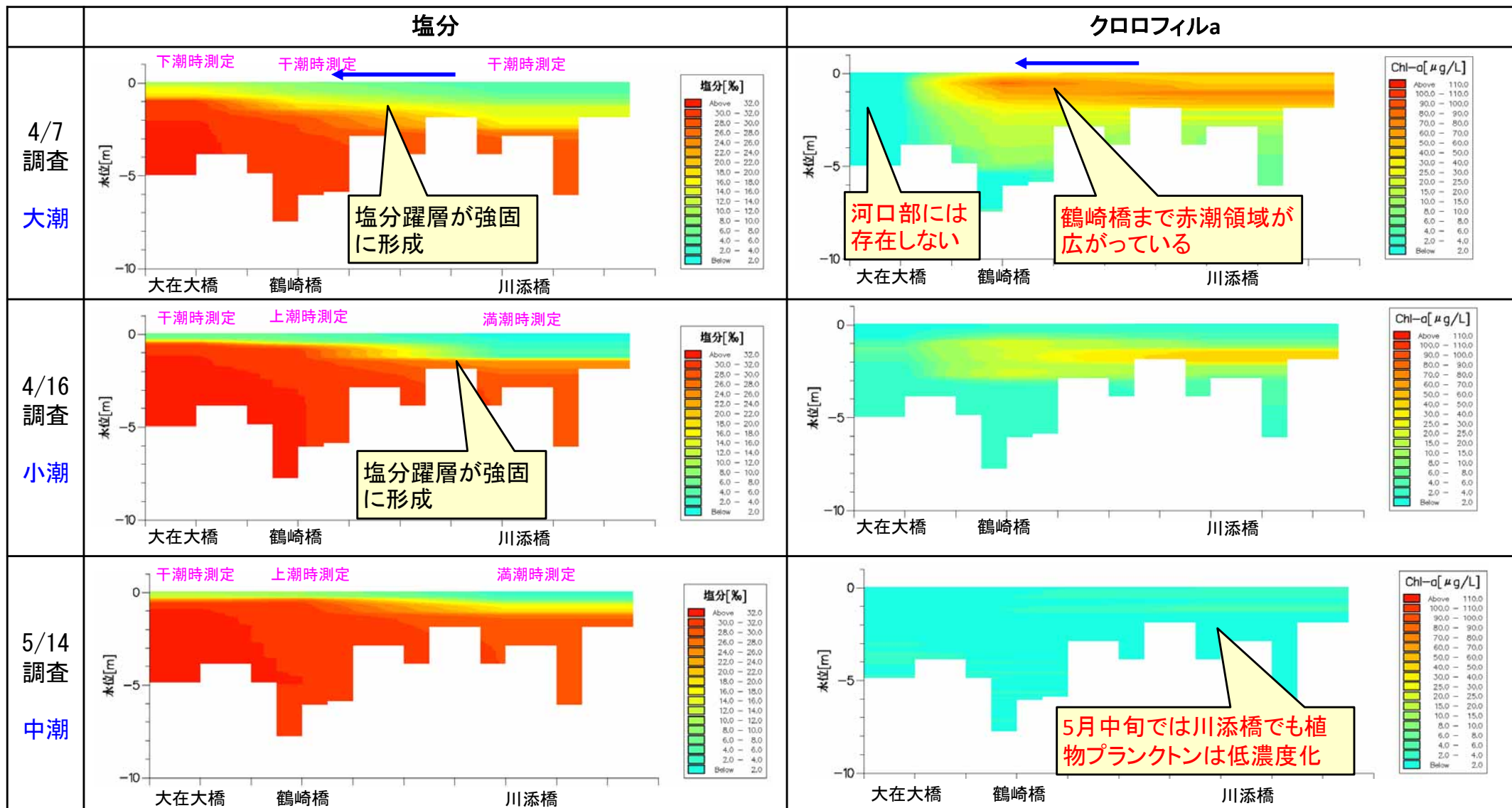


- 単細胞藻類で、淡水及び海水に広く分布する。
- 2本の鞭毛を持ち、遊泳性がある。
- 細胞数1,000cells/mL以上で褐色に着色、10,000cells/mL以上で赤潮状態となる。
- 赤潮が確認されている河口域では、大野川の他に吉井川(岡山)、沖田川(宮崎)、国場川(沖縄)、那珂川(茨城)等で赤潮の原因種となっている。

2. 大野川河口域赤潮発生メカニズム

～塩分躍層と植物プランクトンの分布～

- 令和2年3月～5月に塩分等の現地調査を実施した結果、河口から川添橋まで強固な塩分躍層が形成されていた。
- 塩分躍層付近のクロロフィルa濃度が高いことから、赤潮原因種は塩分躍層付近から表層にかけて滞留している。
- 川添橋付近から鶴崎橋まで赤潮が広がり、鶴崎橋から河口部末端にかけてクロロフィルa濃度は低下する傾向にある。

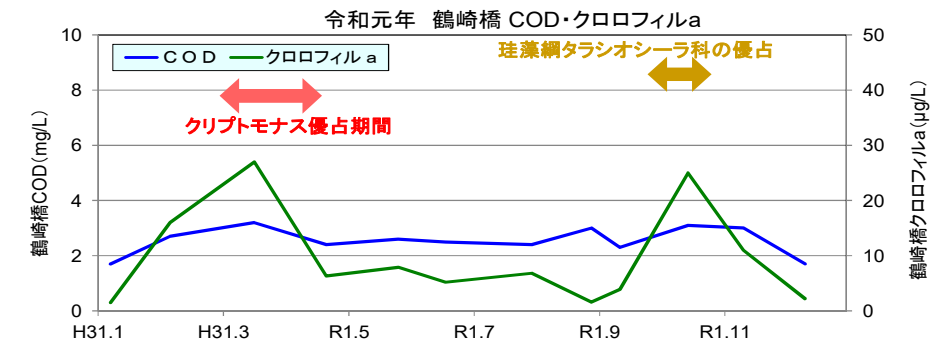
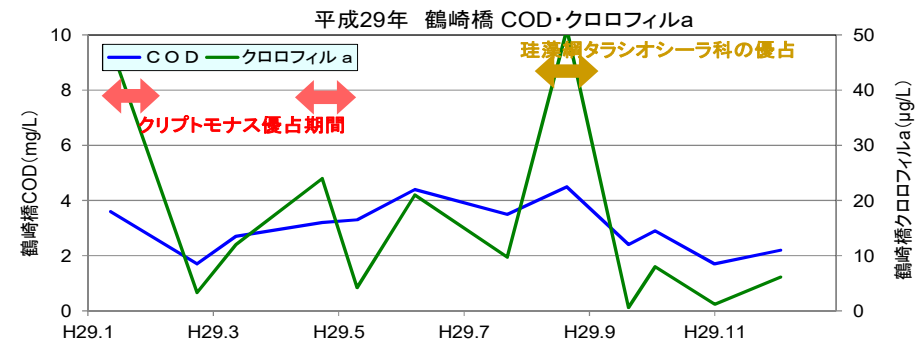
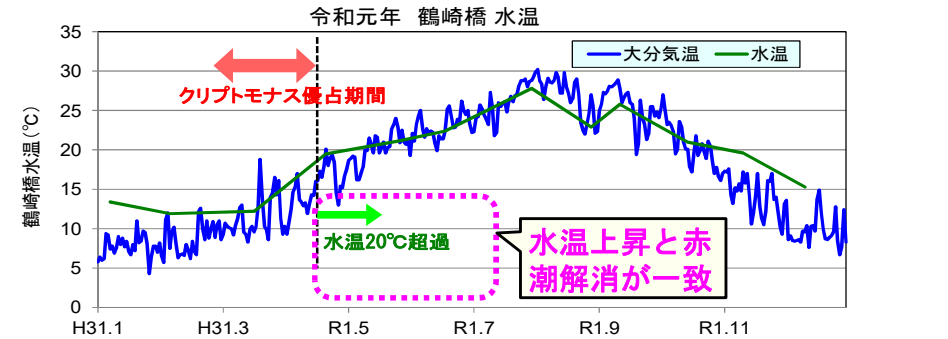
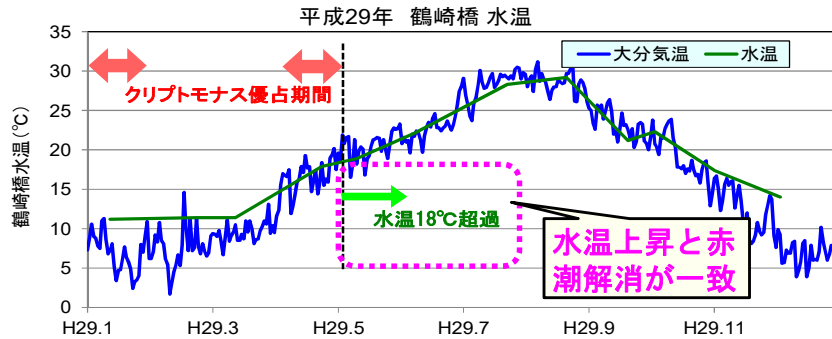
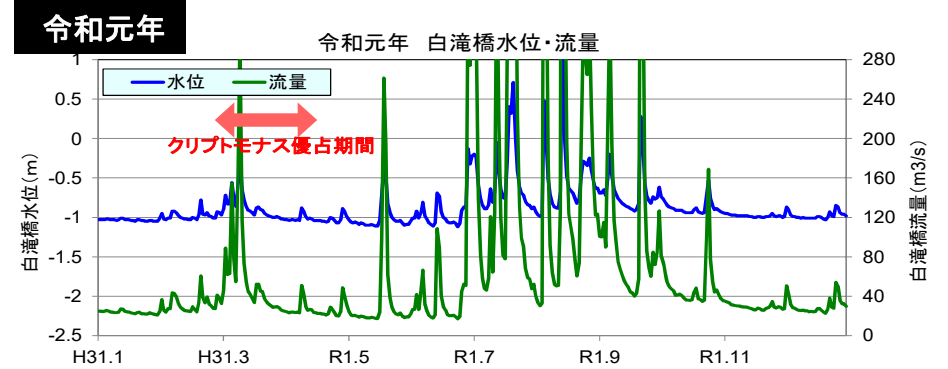
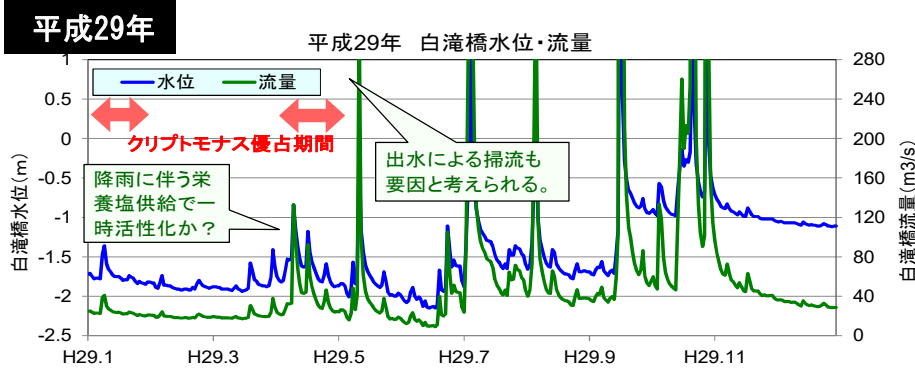


※塩分・クロロフィルaは機器による鉛直測定値をもとにコンター図作成

2. 大野川河口域赤潮発生メカニズム

～赤潮の優占期間～

- 過去の赤潮発生期間と水文・気象条件から、水温が18～20℃程度まで上昇するとクリプトモナスが優占種ではなくなり、赤潮は解消する。また、降水量が著しく少ない期間では流域からの農地負荷等の流入が少なくなり、赤潮が発生しない期間もみられた。



赤潮優占期間 まとめ

- 大野川河口域での赤潮発生は1～5月の期間(1～4月までが多い)。
- 水温が20℃程度以下の期間までがクリプトモナス優占期間(それを越えると、珪藻綱タラシオシーラが優占)。
- 小規模の出水(200m³/s程度以上)で赤潮は一旦河口域から掃流される。

2. 大野川河口域赤潮発生メカニズム ～別府湾水質と河口域水質の関係～

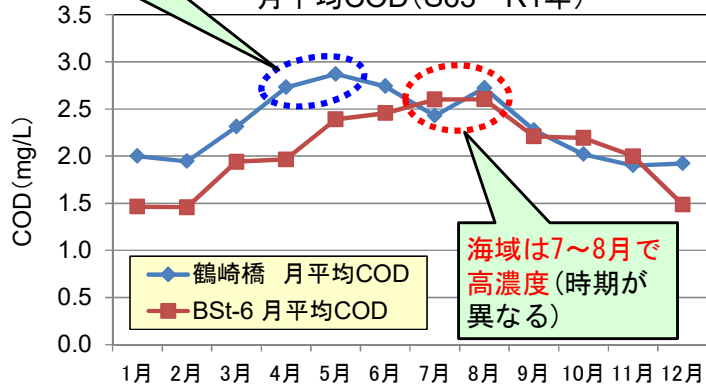
- 大野川河口域と別府湾海域の水質を比較すると、鶴崎橋は平成20年度以降でCODが上昇傾向にあるが、海域のBSt-6地点（大野川河口域近傍）では改善傾向にある。
- 前述のクロロフィルa縦断コンター図から、川添橋＞鶴崎橋＞大在り大橋の関係となっており、河口域上流部で赤潮状態となっている。
- 以上より、**海域からの水塊遡上が河口域の水質悪化に影響を及ぼしている可能性は無く、大野川河口域の赤潮は海由来ではない。**

【別府湾水質測定地点】



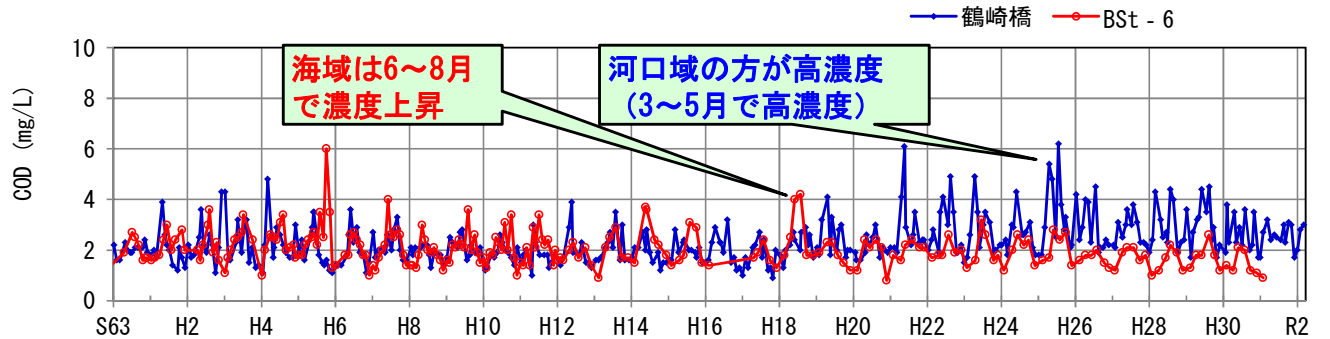
鶴崎橋は4～5月で高濃度

月平均COD (S63～R1年)



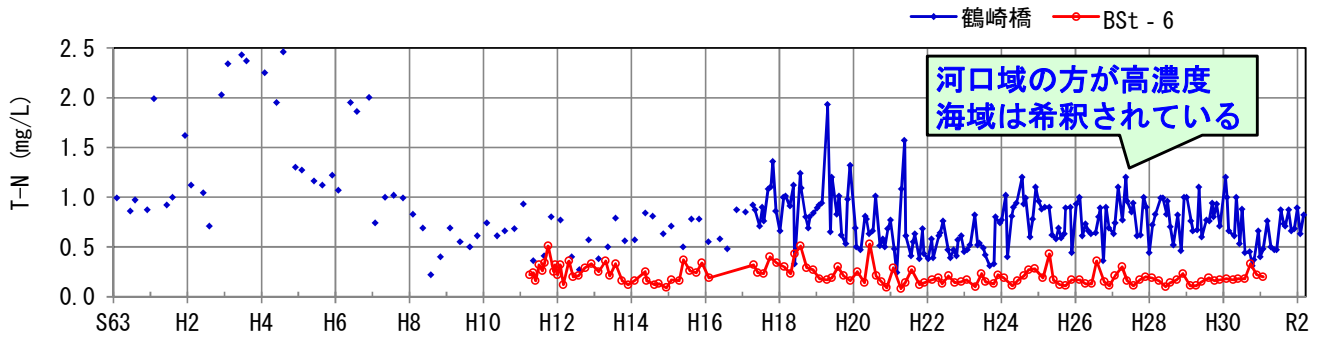
海域は7～8月で高濃度(時期が異なる)

【鶴崎橋とBSt-6地点の水質比較】

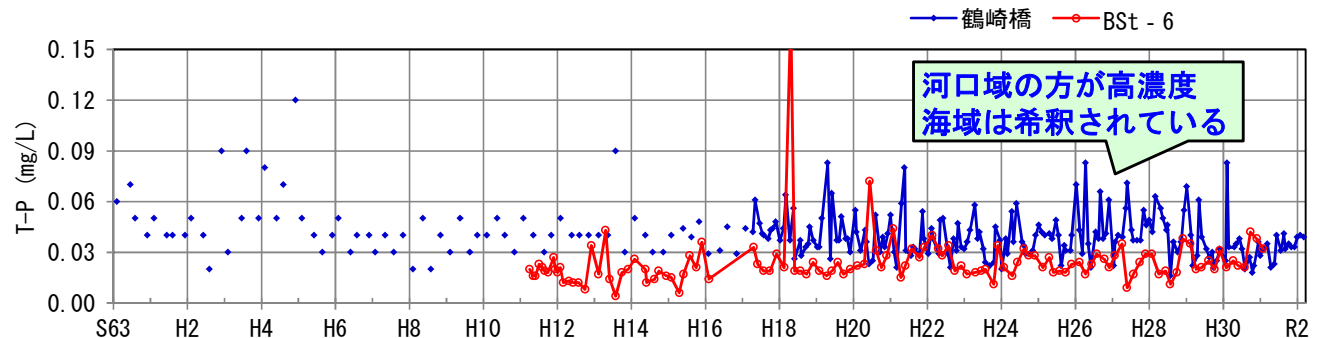


海域は6～8月で濃度上昇

河口域の方が高濃度(3～5月で高濃度)



河口域の方が高濃度
海域は希釈されている



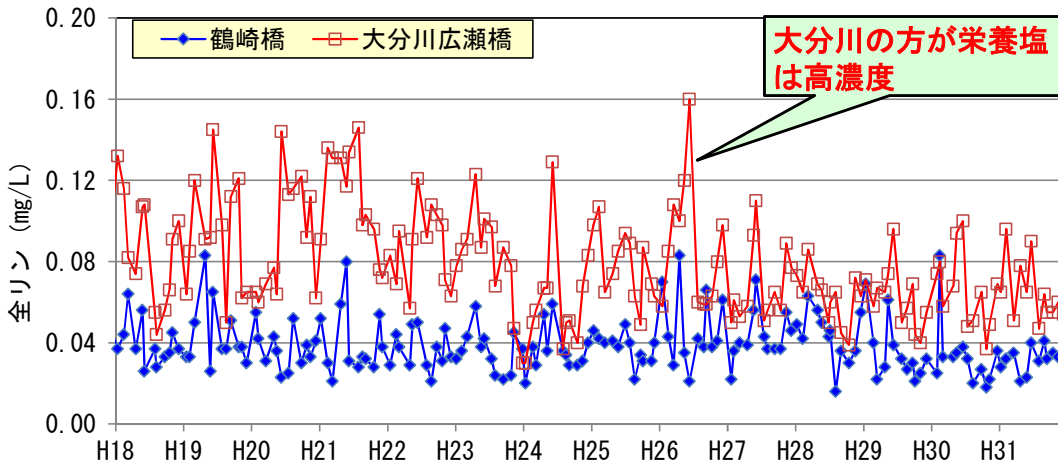
河口域の方が高濃度
海域は希釈されている

2. 大野川河口域赤潮発生メカニズム

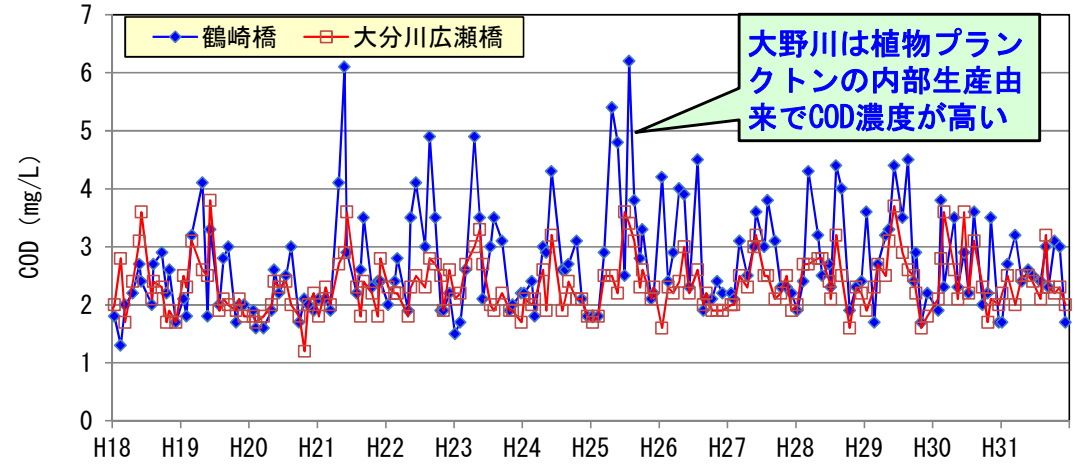
～大野川と大分川の比較～

- 大野川に隣接している大分川河口域では赤潮が発生していない。大分川の方が栄養状態は高いものの、大分川は河床標高が高く水深が浅いため、大野川のような滞留環境が形成されない地形となっていることが要因と推測される。
- 大野川は河床標高が低くて水深が深い(5~10m程度)ため、河口域での滞留時間が長く、ダム湖のように植物プランクトンが増殖しやすい環境条件にあると言える。

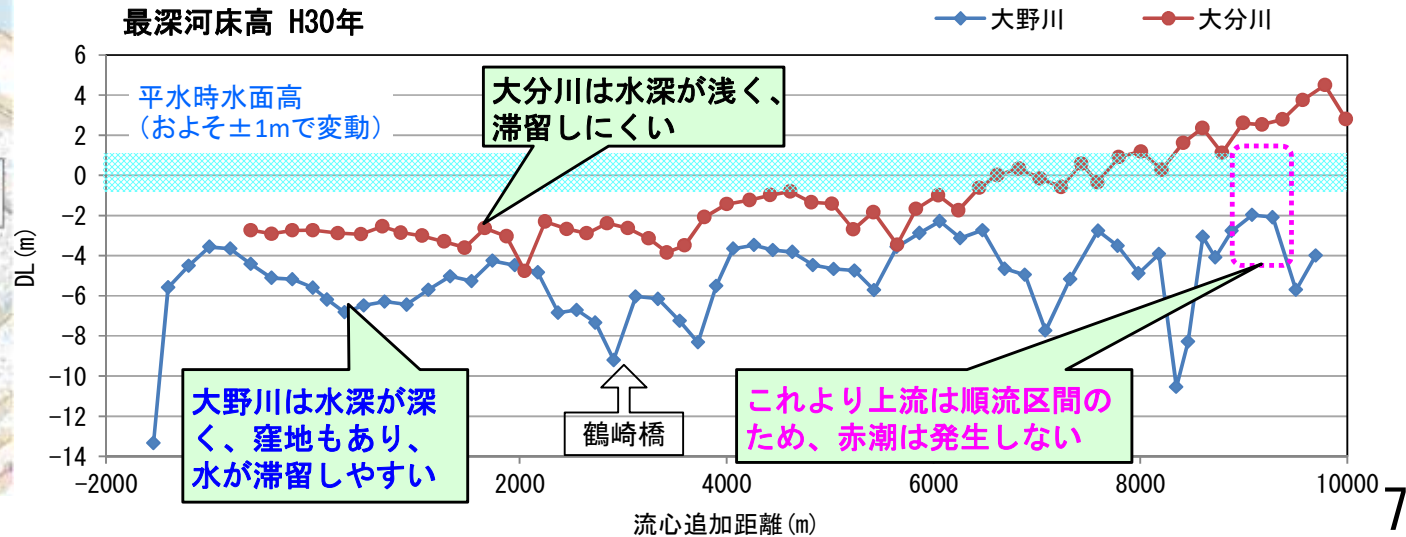
【大野川と大分川のT-P濃度経月変化】



【大野川と大分川のCOD経月変化】



【大野川・大分川河口域 最深河床高の比較(H30年)】



2. 大野川河口域赤潮発生メカニズム

～赤潮発生による生態系への影響～

- 大野川の赤潮原因種はクリプトモナスであり、他の種属による赤潮発生は確認されていない。
 - クリプトモナスは毒性を持たないと言われており、クリプトモナスの赤潮発生に関する国内事例においては魚類、貝類等の他生物への影響被害は報告されていない。
- 大野川河口域の赤潮発生による生態系への影響(漁業被害等)は現時点まで確認されていない。

【赤潮の他生物への影響(一般例)】

赤潮被害が発生する主要因は下記が挙げられる。

①魚の窒息死

・・・渦鞭毛藻の出す粘質物によって魚の鰓が閉塞される、または魚に加わった刺激が鰓の粘液分泌を促し鰓を閉塞させる。

②魚の異常行動・斃死

・・・赤潮生物の刺激物質の働きで魚が狂奔状態となり、斃死する。

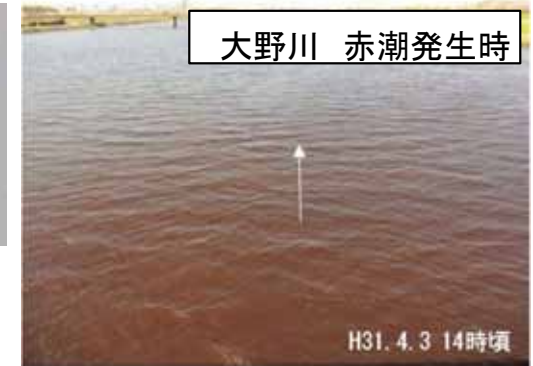
③毒物質を生成して二枚貝等の他生物を死滅させる。

④赤潮生物の死滅に伴う貧酸素化が起こり、環境に影響する。

【大野川の赤潮原因種 クリプトモナス】



クリプトモナス
・クリプト藻網の単細胞藻類で、淡水及び海水に広く分布する。



大野川 赤潮発生時

H31.4.3 14時頃

【感潮域におけるクリプトモナス赤潮の事例(論文検索結果)】

場所(感潮域)	発生時期	赤潮被害の有無	参考文献
茨城県那珂川	平成5年4月	漁業被害等は認められなかった、と記載あり	茨城内水試研報、1995
那覇市国場川・久茂地川	平成22年度冬季、平成23年度夏季	漁業被害等に関する記載はなし(魚毒性はないと記載あり)	沖縄県衛生環境研究所報、2012
宮崎県沖田川	平成23年3月、平成24年3月、平成25年2月	漁業被害等に関する記載はなし	宮崎県衛生環境研究所年報、2013
岡山県吉井川	1975年以降、毎年のように秋～春の時期に頻発	他生物への影響は報告されていない、と記載あり	岡山水研報告、2014

【瀬戸内海(伊予灘を含む)における赤潮の漁業被害額と原因種】

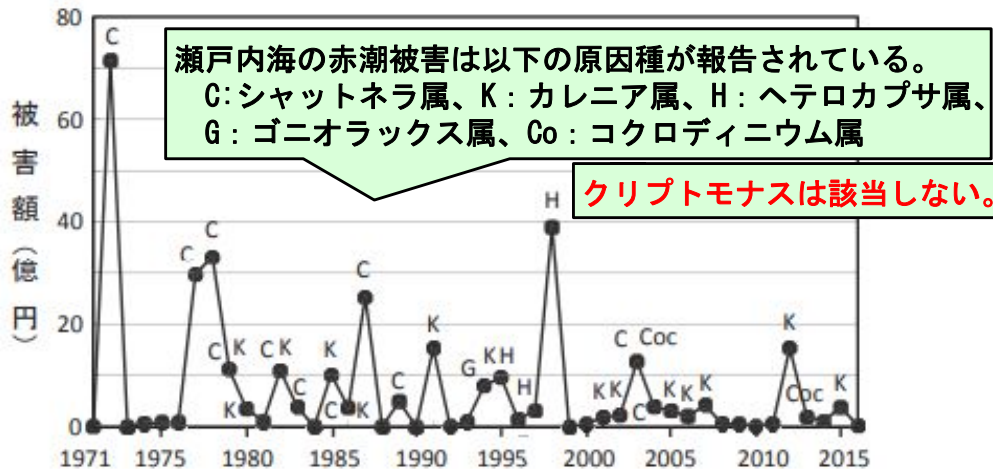


図2 瀬戸内海において発生した漁業被害額の推移およびその主要な赤潮プランクトン^④

出典：赤潮の現状と対策(瀬戸内海環境保全協会、2017年)

- ・クリプトモナスの他生物への影響は報告されていない。
- ・クリプトモナスは毒性を持たないと言われている。

3. 河道安定化対策実施による水質変化予測 ～水質予測モデルの再現性チェック～

- 大野川河口域の流況、水質現象を再現可能なモデルパラメータを、試行計算により設定した。
- 流況(水位)を良好に再現している。塩分遡上の状況についても概ね良好に再現している。

【検証地点・項目位置図】

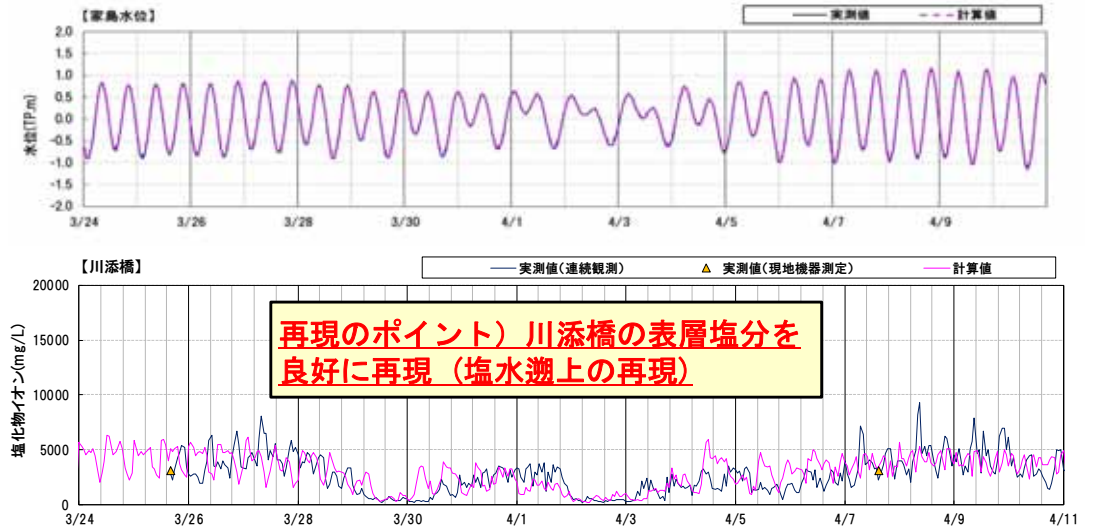
【水位の再現計算結果】



水位を良好に再現できている

【表層塩分の再現計算結果(川添橋)】

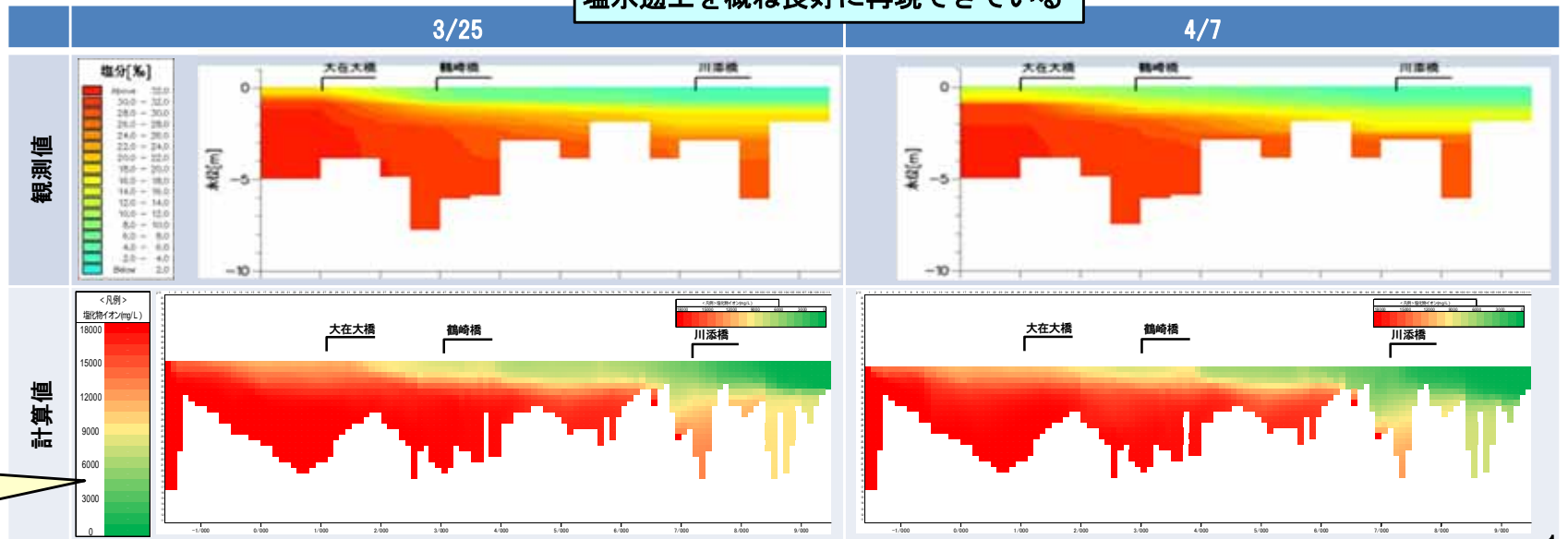
表層塩分を良好に再現できている。
(他の検証地点においても、同様に良好に再現できている)



再現のポイント) 川添橋の表層塩分を良好に再現 (塩水遡上の再現)

【塩分遡上の再現計算結果】

塩水遡上を概ね良好に再現できている



再現のポイント) 河口域の塩水くさびの実態を良好に再現 (汽水域の再現)

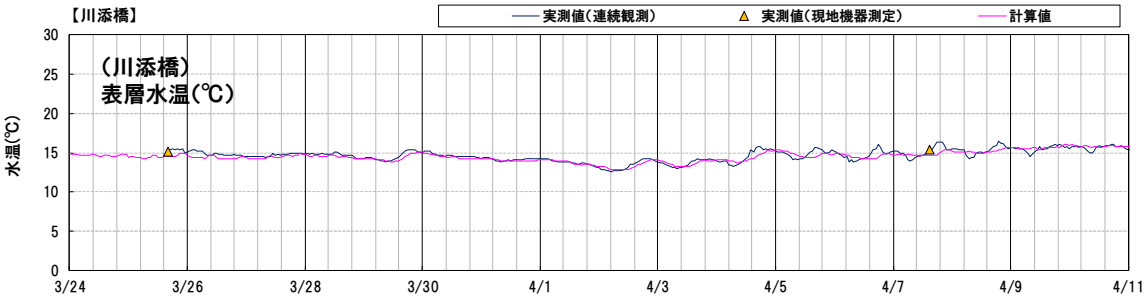
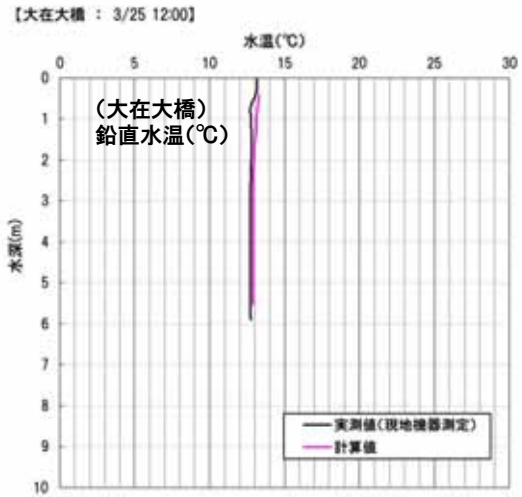
※観測値は塩分濃度(%)で測定、計算値は塩化物イオン濃度(mg/L)で出力

3. 河道安定化対策実施による水質変化予測 ～水質予測モデルの再現性チェック～

■ 水温を良好に再現しており、クロロフィルaについても概ね良好に再現している。

【水温の再現計算結果】

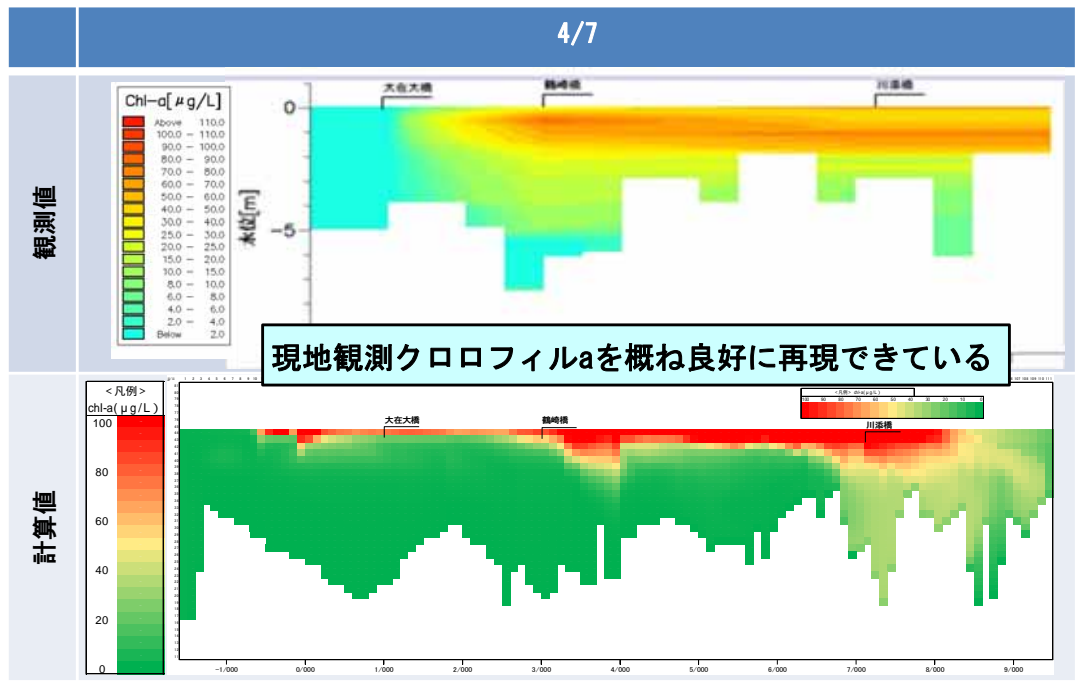
大野川河口域における鉛直水温・表層水温を良好に再現できている。
(他の検証地点においても、同様に良好に再現できている)



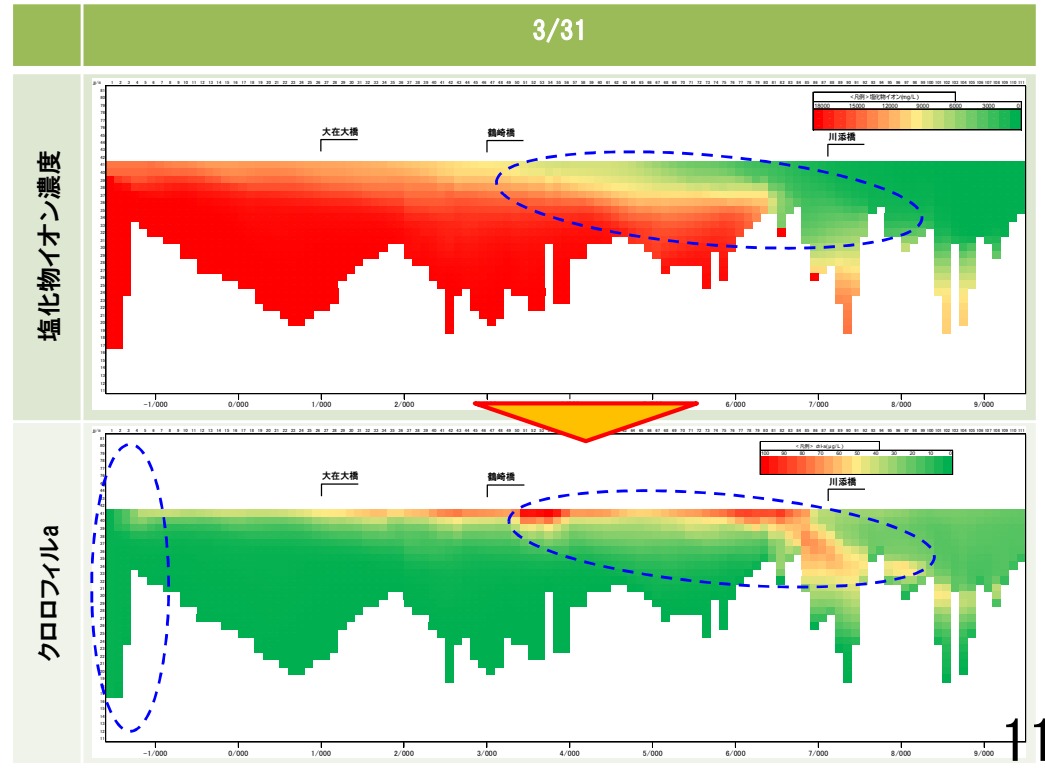
【赤潮発生メカニズムの再現のポイント】

- ・ **河口部末端で赤潮が増殖していない点**
- ・ **淡水-海水界面付近での増殖** を概ね良好に再現できている

【クロロフィルaの再現計算結果】



現地観測クロロフィルaを概ね良好に再現できている





3. 河道安定化対策実施による水質変化予測 ～河床安定化対策の概要と検討ケース～

- 大野川河道安定化対策を実施することで、感潮域の回転率向上等の効果が期待できる。
- モデル構築後、河床低下対策の効果検証、並びに赤潮発生メカニズムを把握するためのシミュレーションを実施した。

【河道安定化対策工の方向性】

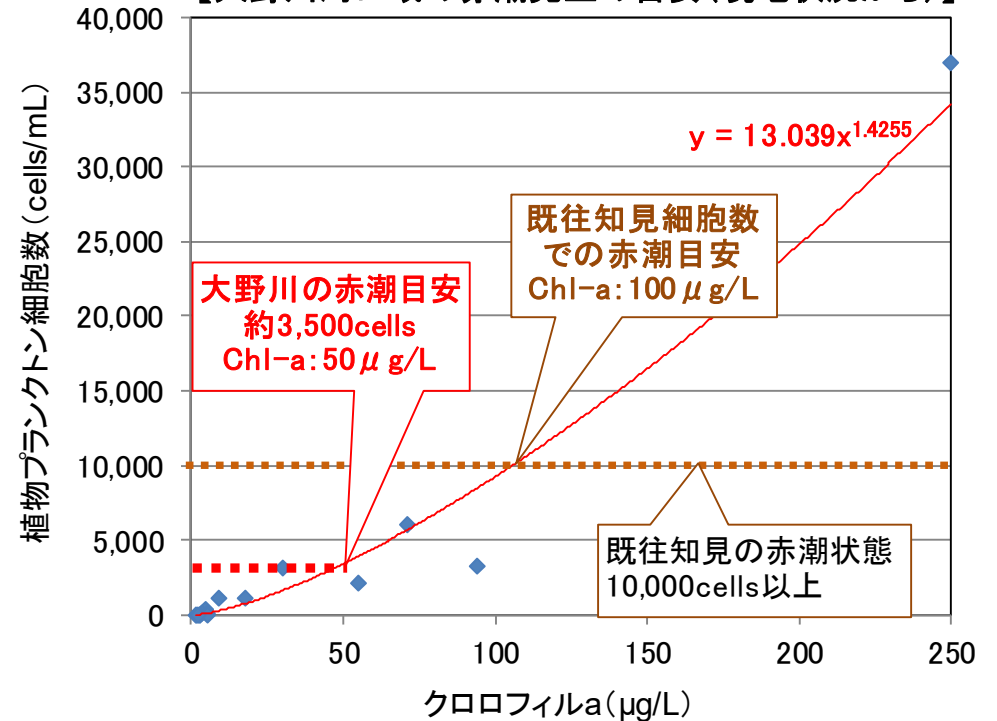
出典：大分川・大野川学識者懇談会資料-3 R元年8月5日】

①対策範囲 (平面)	上下流の土砂動態を考慮した対策  〇 対策箇所 ※対象範囲はイメージ
②対策範囲 (横断)	河床低下が生じにくい河道を形成する  凡例 — 現況断面 ■ 掘削 ■ 水制工
③河道掘削	有り ※河床低下が生じにくい河道を形成するための掘削 ※土砂供給バランスを配慮し、「ほぐし掘削」「置土」も考慮する。
④地域への影響	河川の形態が大きく変化する (環境・景観・利用に影響)

【河道安定化工対策ケース設定】

ケース	設定条件	備考
case0	現況 (H30河道)	
Case1	河道安定化対策河道	基本計画案
Case2	現況-1m河床	将来的に河床低下が進行した場合の想定河床
Case3	過去河道 (S63) 現況+約1m	赤潮の発生を確認していなかった当時の河床高

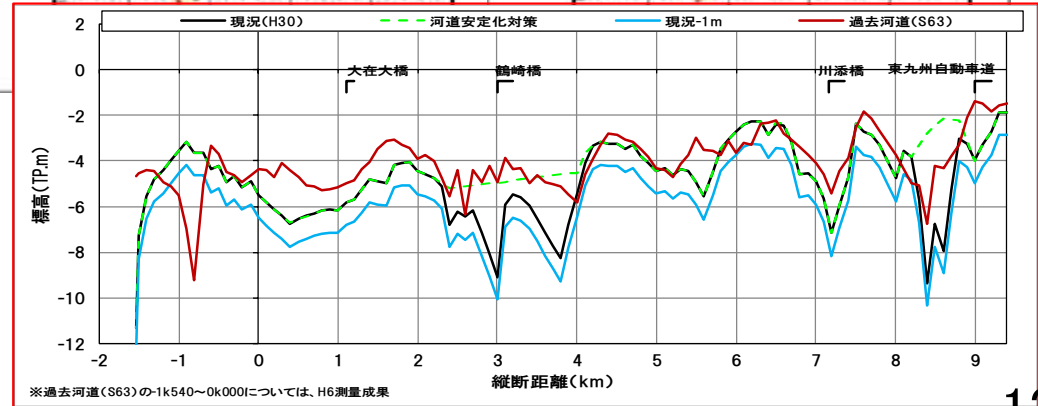
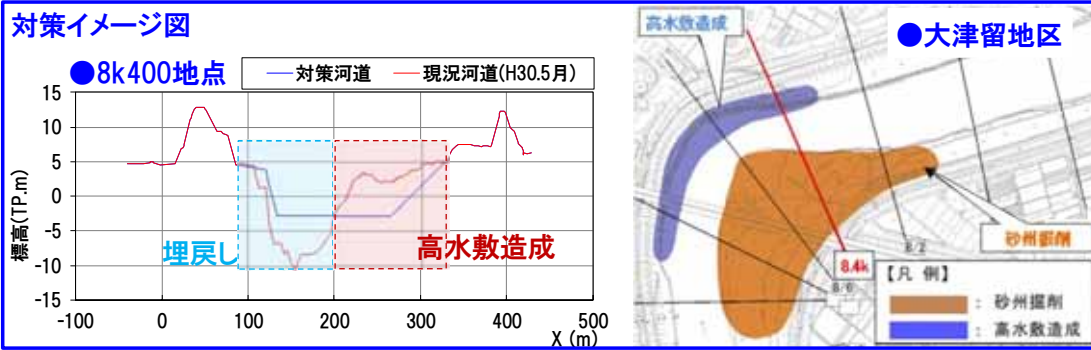
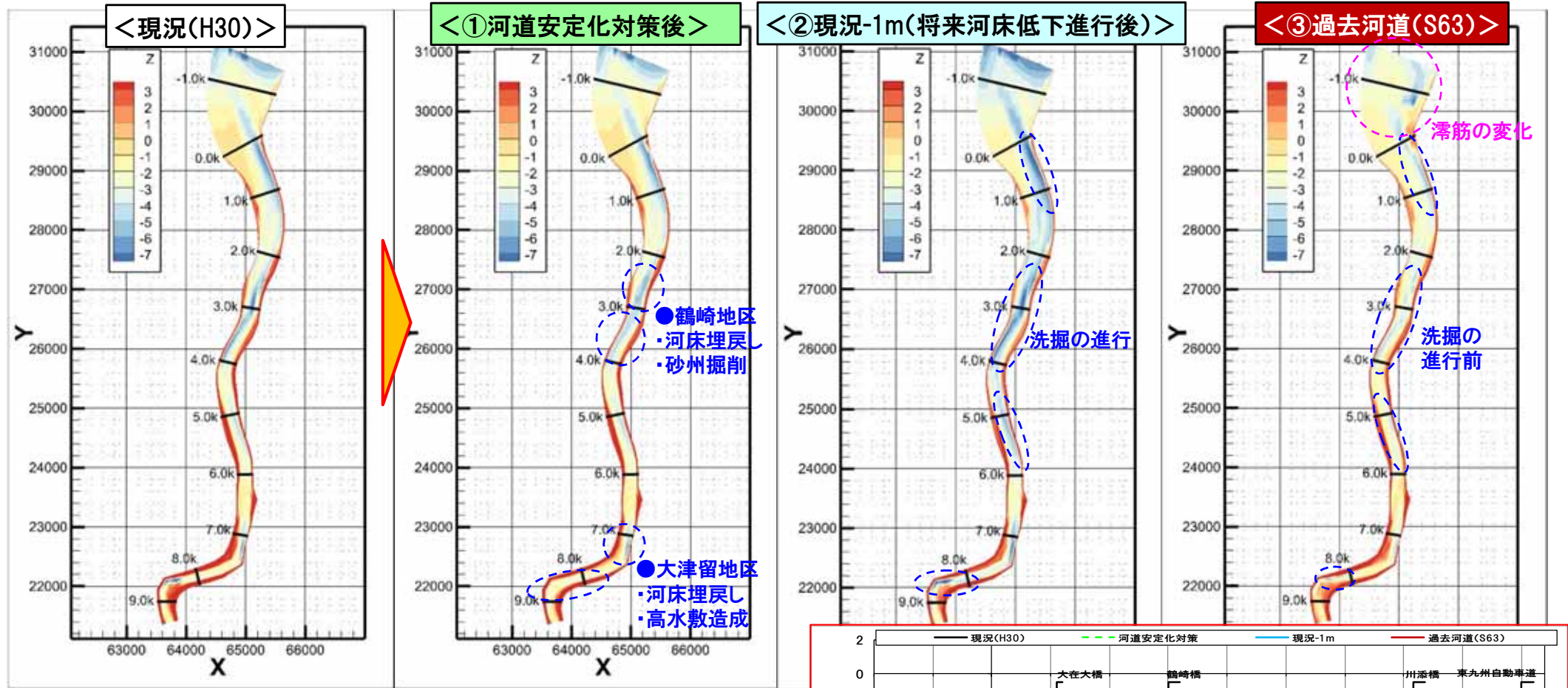
【大野川河口域の赤潮発生の目安(現地状況から)】



3. 河道安定化対策実施による水質変化予測

～検証対象の地形条件～

■ 水質影響の効果検証を行う地形条件として、①河道安定化対策、②現況-1m、③過去河道(S63)を設定した。

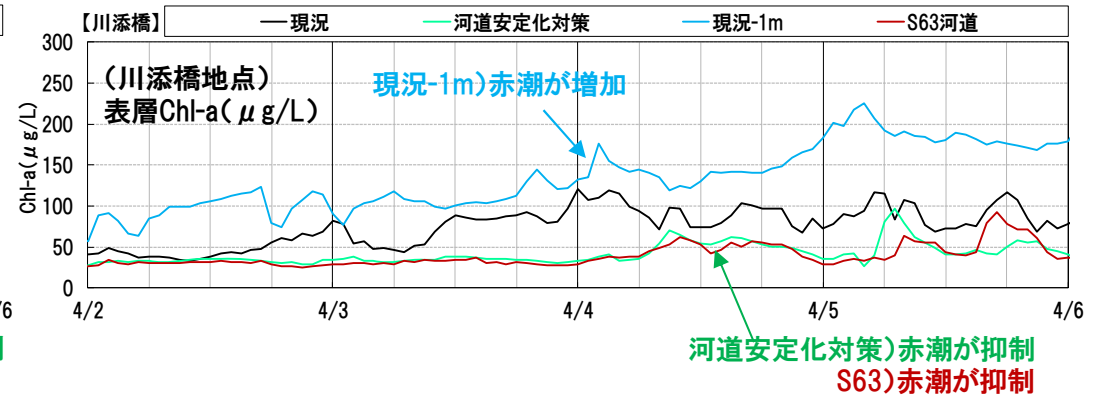
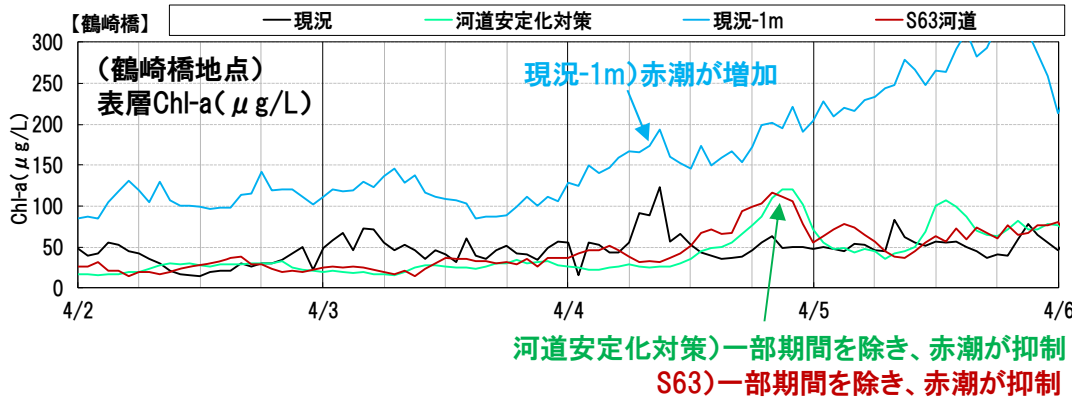


※過去河道(S63)の1k540~0k000については、H6測量成果
 ※地形モデル条件設定上の最深河床高

3. 河道安定化対策実施による水質変化予測

～河道安定化対策による水質変化～

- 河道安定化対策により、大野川河口域の水質が改善する予測結果となっている。一方で、今後無対策で河床低下が進行（現況から-1m低下を想定）した場合、現状よりも赤潮の発生規模が大きくなる結果となっており、**河道安定化対策は水環境にも有効**である。
- S63年の河道では著しい水質悪化は生じておらず、**河床低下に伴って現在の赤潮発生が顕在化していることが示唆**された。



地点		鶴崎橋				川添橋			
		現況	河道安定化対策	現況-1m	S63河道	現況	河道安定化対策	現況-1m	S63河道
最大Chl-a (μg/L)		123	121 (2)	326 (▲ 203)	117 (6)	120	97 (23)	226 (▲ 106)	93 (27)
基準値 超過割合 (超過日数/総日数)	50 μg/L	40%	26% (14%)	100% (▲ 60%)	35% (4%)	78%	21% (57%)	100% (▲ 22%)	21% (57%)
	100 μg/L	1%	6% (▲ 5%)	89% (▲ 88%)	4% (▲ 3%)	15%	0% (15%)	81% (▲ 67%)	0% (15%)

注) 表内の上段は各ケースの計算結果を示し、下段は現況ケースからの変化量を示す。
 なお、変化量については、変化がない場合は“-”と示し、悪化量に“▲”を付した。

【河道安定化対策等の赤潮軽減効果】

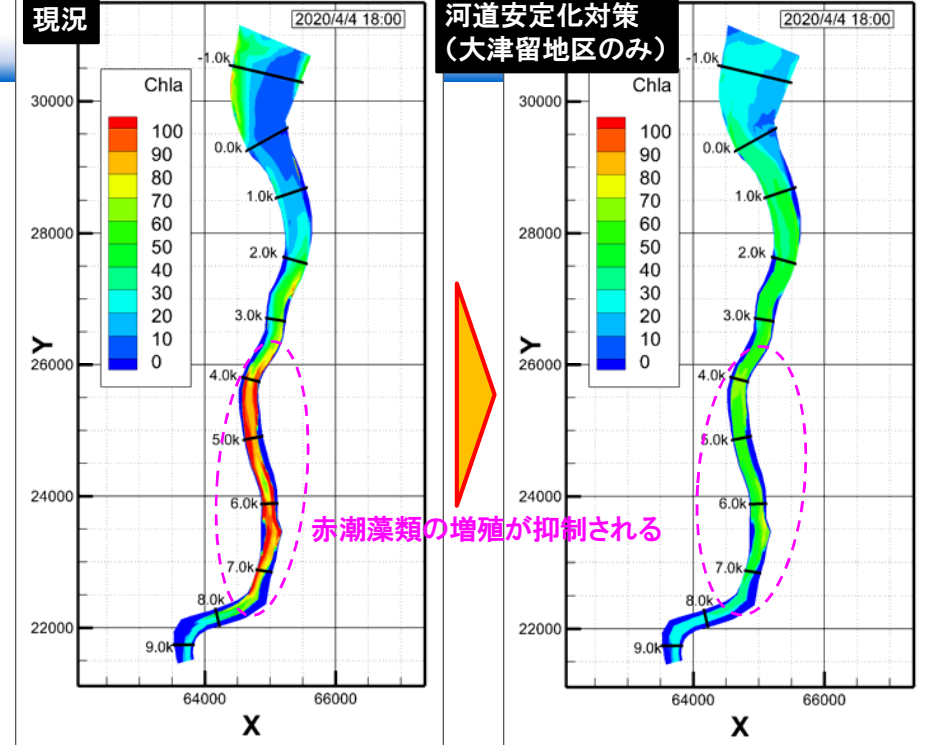
- ・ 「**現況-1mケース（将来的な河床低下進行後の河床）**」においては、**現況に比べて最大赤潮藻類が2～3倍に増殖する**可能性が示唆された。
- ・ 一方、「**河道安定化対策ケース**」においては、一部期間を除き、**現況に比べて赤潮藻類は抑制される**と考えられる。
 ⇒以上から、**河道安定化対策は将来的な河床低下進行に伴う赤潮藻類の増殖に対して、一定の効果がある**と考えられる。

3. 河道安定化対策実施による水質変化予測 ～河道安定化対策による水質変化～

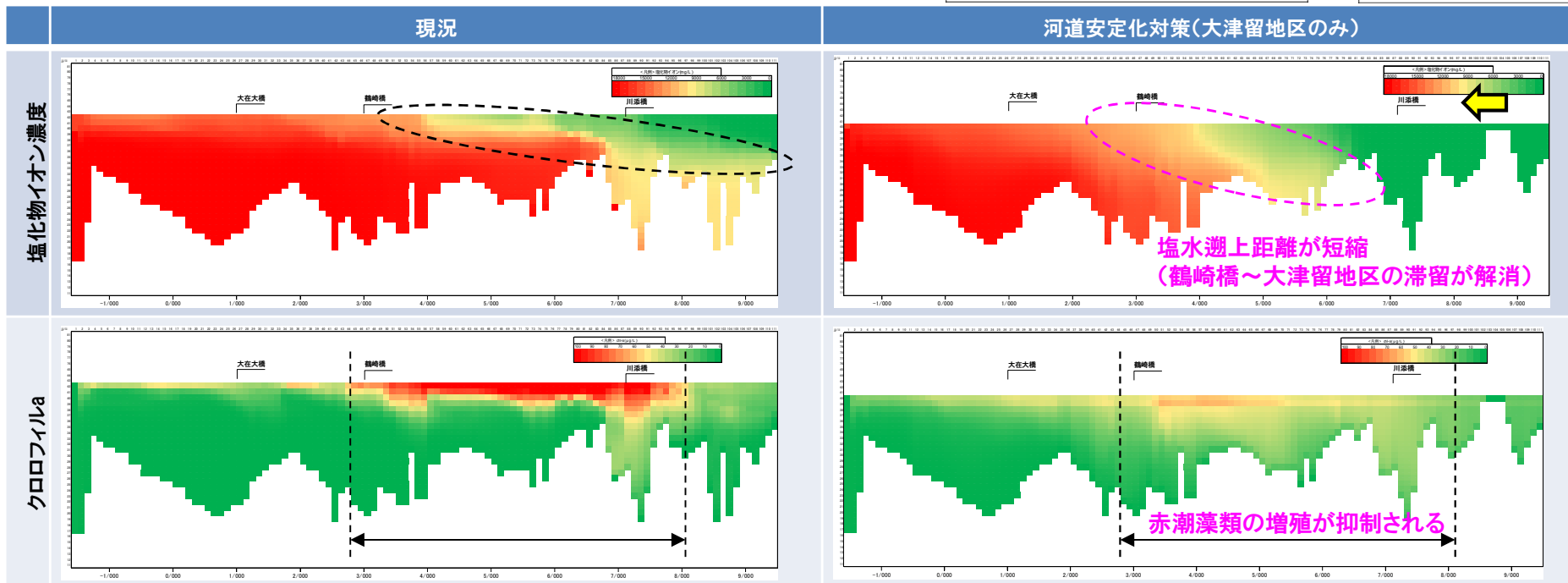
- ・河道安定化対策（大津留地区）により、川添橋～大津留地区の深掘れ部が解消し、流下方向の流れが卓越することにより、**滞留環境が解消するとともに、塩水遡上距離が短くなる。**
- ・これより、川添橋付近まで塩水くさびが遡上しにくくなることから、**赤潮の増殖領域であった川添橋～大津留地区で赤潮藻類（クロロフィルa）が増殖しにくくなり、大野川河口域全体で赤潮の発生量低減が期待できる。**

治水面と環境面の双方に効果が期待できる大津留地区の河道安定化対策を先行的に実施予定である。

【河道安定化対策による汽水域水質平面分布の変化】



【河道安定化対策による汽水域水質縦断分布の変化】



4. 水質モニタリング調査計画

- 水質予測計算には不確実性が存在するため、現地での水質モニタリング調査を実施し、効果を検証していく予定である。
- 河道安定化対策実施による水質への影響を検証するためのモニタリング調査の目的は大きく以下の2点に分けられる。
 - 調査目的① 対策前後における赤潮発生状況(平面分布、発生量)を把握する。
 - 調査目的② 赤潮の増殖環境(水温、栄養塩条件、塩分環境)を把握する。

調査地点

過年度の赤潮発生範囲を調査対象とする。



調査期間・頻度

発生規模が大きくなりやすい傾向にある3月～4月において、週1回で実施する。
(※概ね小潮、大潮の潮汐周期と重なる頻度である)

調査項目

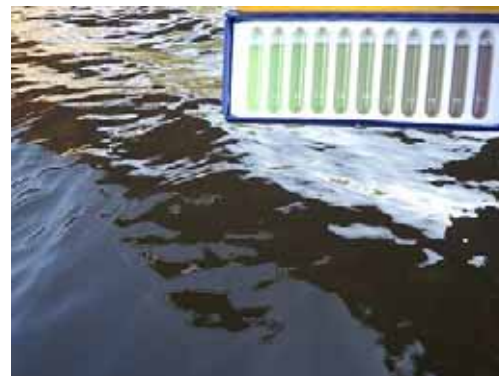
【調査目的①】赤潮発生状況(平面分布、発生量)の把握

- ・平面分布は目視記録、写真撮影により調査する。
- ・発生量はクロロフィルaの測定、植物プランクトン種の同定・細胞数計測により調査する。

【調査目的②】赤潮の増殖環境(水温、栄養塩条件、塩分環境)の把握

- ・赤潮の増殖環境を形成する水温、窒素・リン濃度を測定する。
- ・塩分濃度を測定することで塩水遡上状況を調査する。

【目視・写真記録(川添橋)】



【水質測定調査(鶴崎橋)】



※モニタリング計画は「河川水質調査要領(案)(平成17年3月)」の“感潮域調査”と“湖沼の水の華発生時調査”および「ダム貯水池水質調査要領(平成27年3月)」の“生物異常発生時調査”に関する内容に基づき、調査地点、調査期間・頻度、調査項目等を設定した。