3.5 底質

3.5.1 底質の分布状況と経年変化

有明海・八代海・橘湾における底質について、スミスマッキンタイヤ型採泥器（採泥面積 0.05m^2）を用いて 3 回採取し、混合試料を分析した（付図 3.5.1-1）。調査項目及び分析方法は付表 3.5.1-1 に、調査地点を付図 3.5.1-2 に示す。



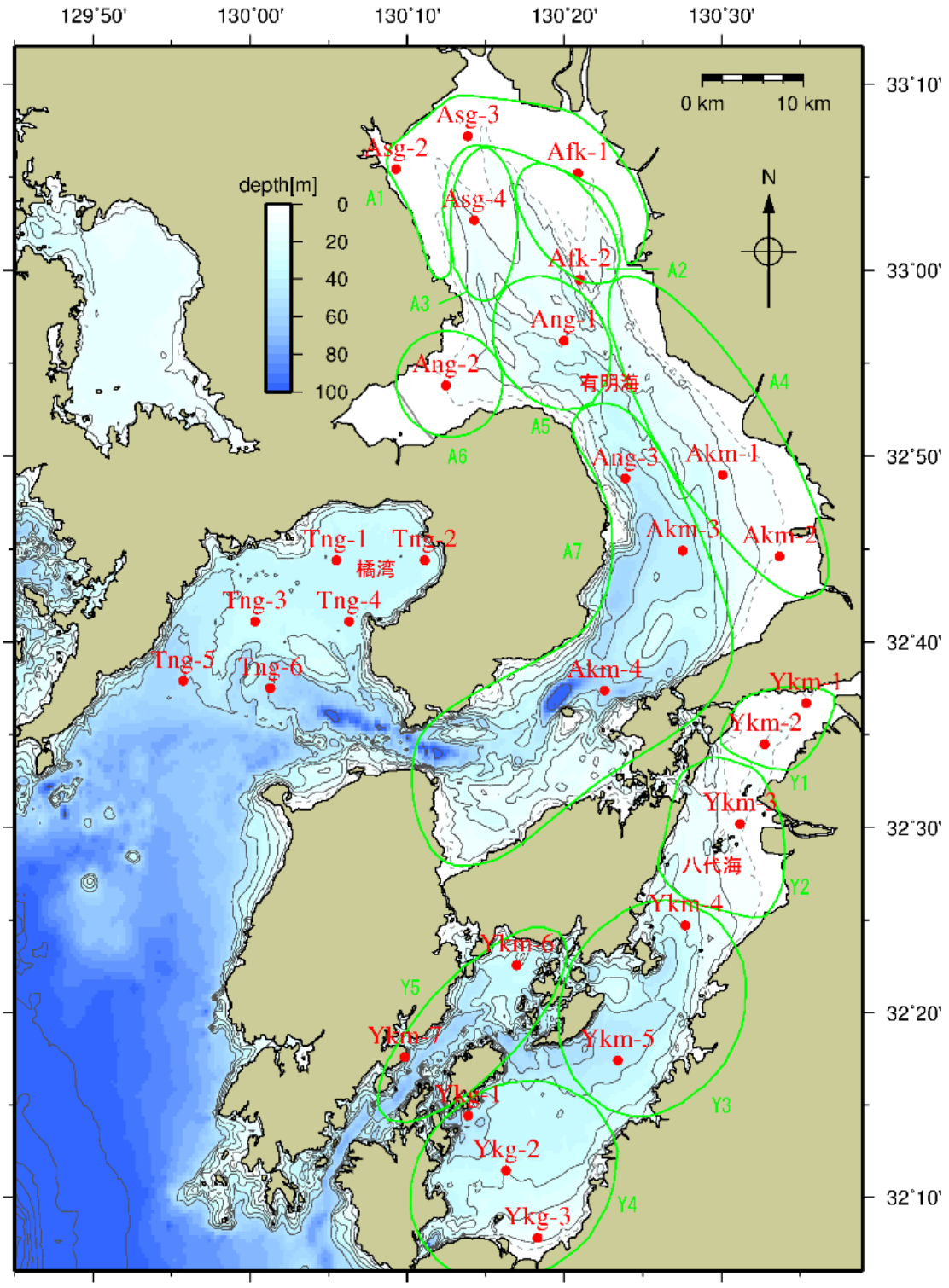
付図 3.5.1-1 底質採取状況等

出典：環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」1.2.1

付表 3.5.1-1 底質の調査項目及び分析方法

調査項目	調査・分析方法
泥色	標準土色帳による目視観察
性状	現場における目視観察
泥温	棒状温度計又は電気温度計
粒度組成	JIS A 1204 （2020）
含水率	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.3
pH	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.4.4
酸化還元電位	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.4.5
強熱減量	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.4.2
化学的酸素要求量（COD）	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.4.7
全窒素（T-N）	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.4.8.1
全りん（T-P）	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.4.9.1
硫化物（T-S）	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.4.6
全有機炭素（TOC）	「底質調査方法」（平成 24 年 8 月 環境省）Ⅱ.4.10

出典：環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」1.2.1



注）図中の有明海、八代海の緑色の範囲は海域区分を示す。

A1海域…有明海湾奥奥部	A2海域…有明海湾奥東部	A3海域…有明海湾奥西部
A4海域…有明海中央東部	A5海域…有明海湾央部	A6海域…有明海諫早湾
A7海域…有明海湾口部	Y1海域…八代海湾奥部	Y2海域…球磨川河口部
Y3海域…八代海湾央部	Y4海域…八代海湾口東部	Y5海域…八代海湾口西部

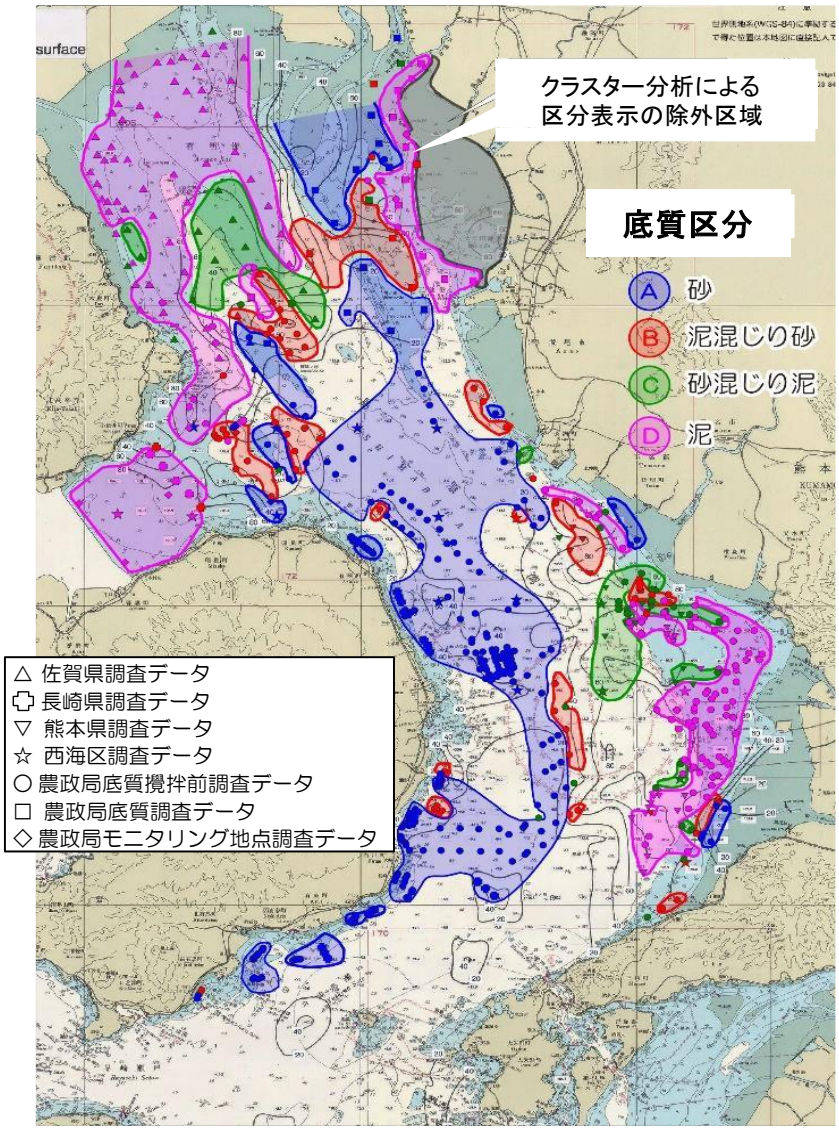
付図 3.5.1-2 有明海・八代海・橘湾における底質の調査地点

(1) 有明海の底質の分布状況と経年変化

ア) 底質の分布状況

有明海の底質の分布状況は、複雑な様相を呈しているため一概には言えないが、湾奥西部及び中央東部の底質は主に泥あるいは砂混じり泥で含泥率が高く、湾口部では砂あるいは泥混じり砂が広がっている[1)](付図 3.5.1-3)。

平成 28 年度委員会報告及び中間取りまとめで報告された 2014 年及び 2019 年の調査結果と比較して、底質の分布状況に大きな変化はみられていない。



付図 3.5.1-3 有明海の底質特性別海底質区分図(2023 年)

出典:環境省(2024) [1)]

1)環境省(2024)「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 14 回海域環境再生方策検討作業小委員会資料 4-1」

イ）底質分布の経年変化

有明海の底質の粒度組成をみると、主に湾奥部、諫早湾、中央東部において粘土・シルト分が占める割合が高く、湾央部や湾口部では粒径の大きい底質が占めており、年ごとの変動はあるものの、大きな変動はみられていない（付図 3.5.1-7）。

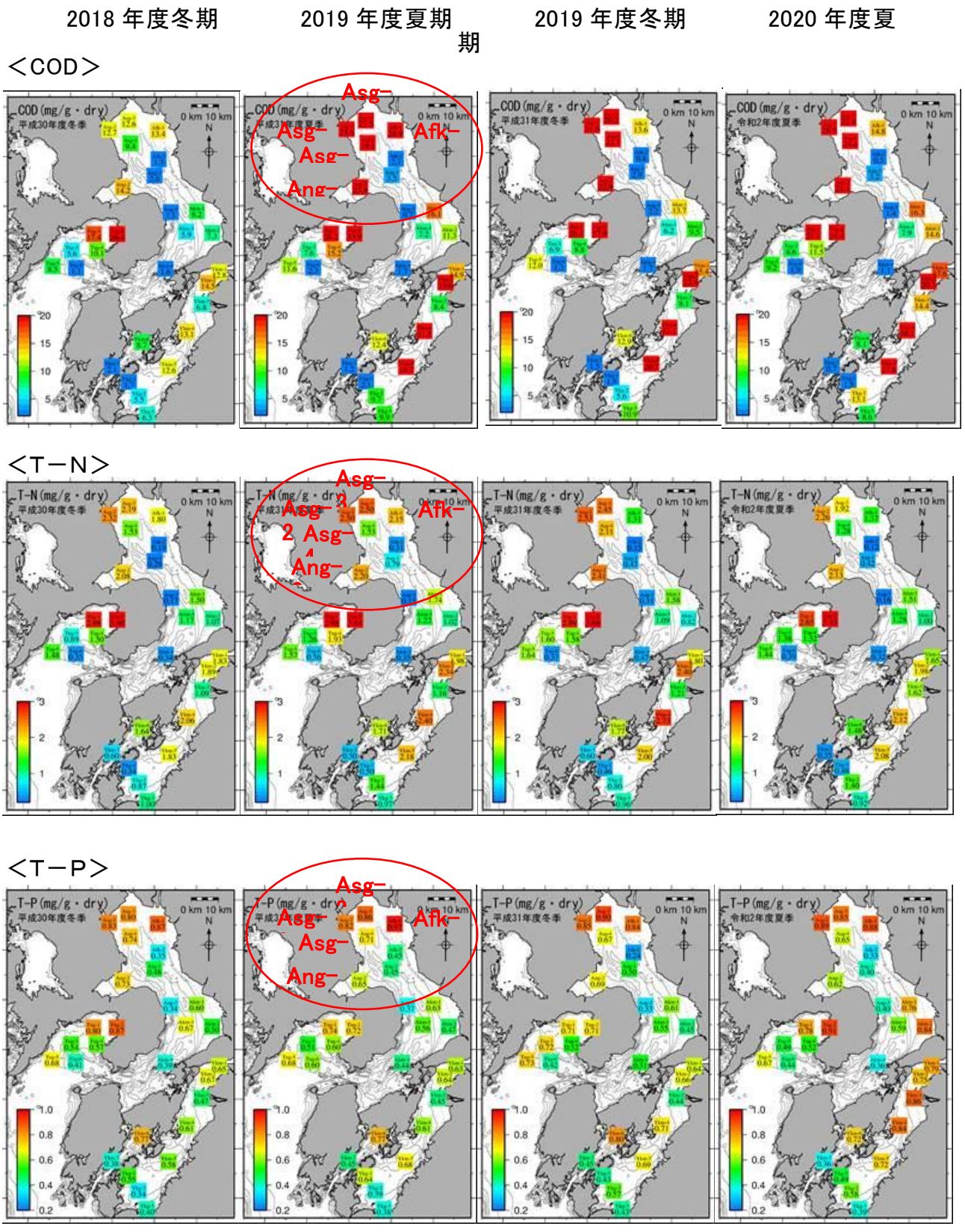
底質の COD、T-N、T-P については、年ごとに変動はみられるものの、概ね湾奥部で高く、湾央部や湾口部で低い（付図 3.5.1-7～付図 3.5.1-10）。

底質に大きな変動がみられた時期として、2019 年度夏期が挙げられ、湾奥部 A1 海域（Afk-1、Asg-2、Asg-3）、湾奥西部 A3 海域（Asg-4）、諫早湾 A6 海域（Ang-2）で、COD が大きく増加し（付図 3.5.1-4）、以降、調査時期ごとに増減はあるものの、増加傾向は継続していた。なお、T-N、T-P が同時に高くなった地点もみられ、その後は概ね横ばい傾向で推移している。

また、2023 年度夏期には、中央東部 A4 海域（Akm-2）において、COD、T-N、T-P が大きく増加し、同時に粒度組成の粘土・シルト分の割合も上昇しており、2024 年度冬期の段階でも高い値で推移している（付図 3.5.1-5）。

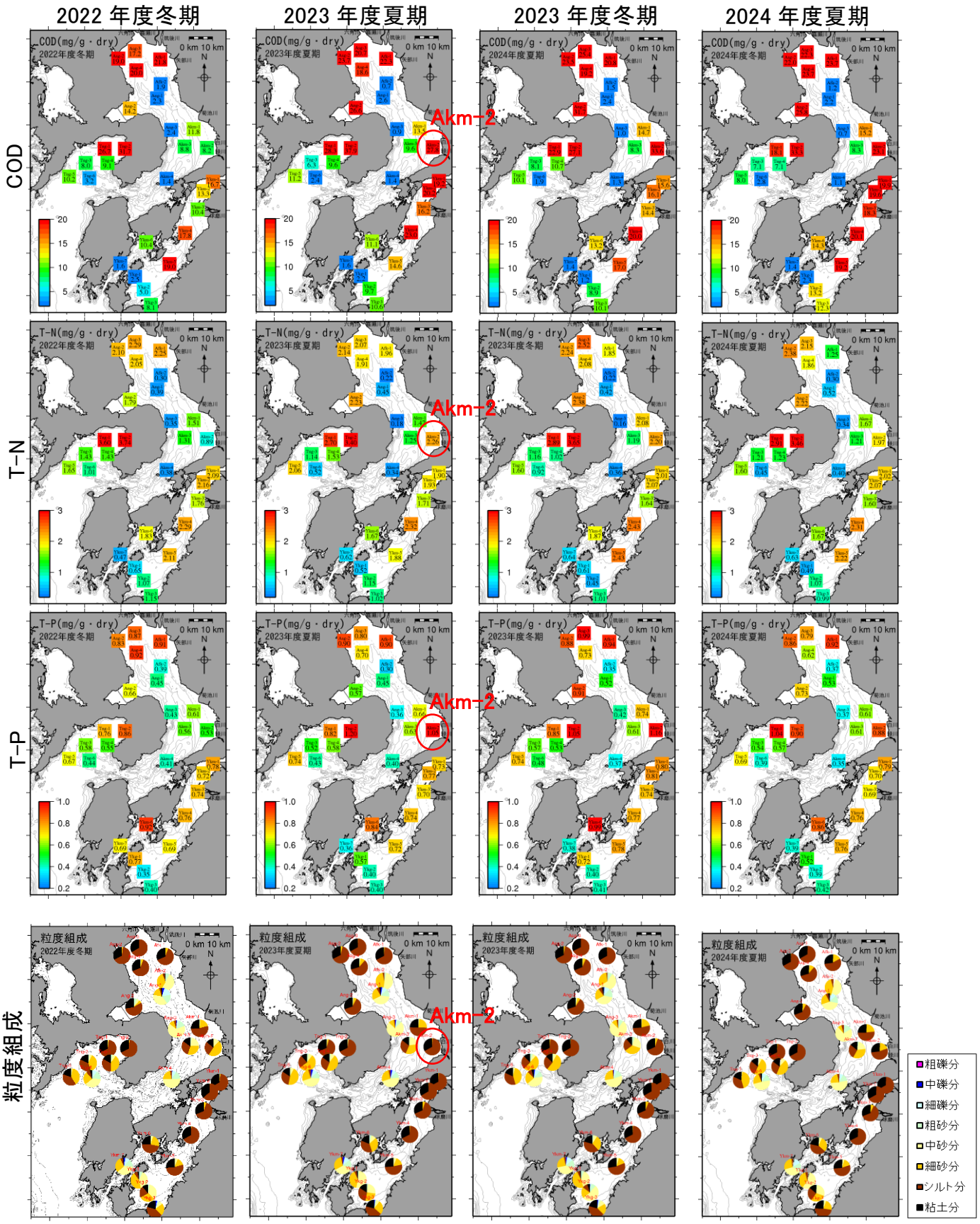
海底堆積物中の珪藻の休眠期細胞の変化等（平成 28 年度委員会報告 図 3.5.3）からも環境変化の開始時期が推定されており、有明海の富栄養化は 1950 年～1960 年頃から顕著に進行していると報告されている[2)]。底質の COD、T-N、T-P 濃度が比較的高い海域である熊本沖では、潮目のところで硫化水素臭を伴う泥が 20mm～30mm 堆積している（平成 28 年度委員会報告 図 3.5.4）。堆積速度は年間約 1mm と推定されており[3)]、それに基づくと、底質の変化は 1970 年～1980 年頃から始まったと推察される。

2） 滝川清（2005）：第14回有明海・八代海総合調査評価委員会資料-3有明海・八代海の底質環境について
3） 滝川ら（2005）：有明海熊本沖の水塊構造と表層堆積物分布特性,海岸工学論文集，第 52 巻，pp.956-960



付図 3.5.1-4 有明海で底質に大きな変動がみられた際（2019 年度夏期）の水平分布（2018 年度冬期～2020 年度夏期）

出典：環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



付図 3.5.1-5 有明海で底質に大きな変動がみられた際（2023 年度夏期）の水平分布（2022 年度冬期～2024 年度夏期）

出典：環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3

(2) 八代海の底質の分布状況と経年変化

八代海の底質の粒度組成は、主に湾奥部や湾央部で粘土・シルト分が占める割合が高く、湾口部では粒径の大きい底質が占めており、年ごとの変動はみられるものの、大きな変動はみられていない(付図 3.5.1-7)。

底質の COD、T-N、T-P については、年ごとに変動はみられるものの、概ね湾奥部や湾央部で高く、湾口部で低い(付図 3.5.1-8～付図 3.5.1-10)。

八代海の球磨川河口部 Y2 海域(Ykm-3)では、2020 年度夏期以降、粒度組成の粘土・シルト分の割合、COD、T-P が高い値で推移しており、これは 2020 年 7 月の球磨川の大出水による影響と考えられる(付図 3.5.1-6)。COD は 2022 年度冬期には一旦減少したものの、翌 2023 年度夏期以降は高い値で推移している。粘土・シルト分と T-P は継続して高い値で推移しており、出水の影響との関連が示唆される。

また、2020 年度夏期には、Y2 海域周辺の Y1、Y3 海域の T-P も増加しており、2024 年度冬期の段階でもやや高い値で推移している。

なお、八代海湾奥部 Y1 海域(Ykm-1、Ykm-2)及び湾央部 Y3 海域(Ykm-4、Ykm-5)では、2012 年度頃から比較して COD が増加したが、2021 年度頃から大きな変動はみられていない。

(3) 橘湾の底質の分布状況と経年変化

橘湾の底質の粒度組成については、湾奥部から湾西部の沿岸部で粘土・シルト分が占める割合が高く、湾東部では粒径の大きい底質が占めており、大きな変動はみられていない(付図 3.5.1-7)。

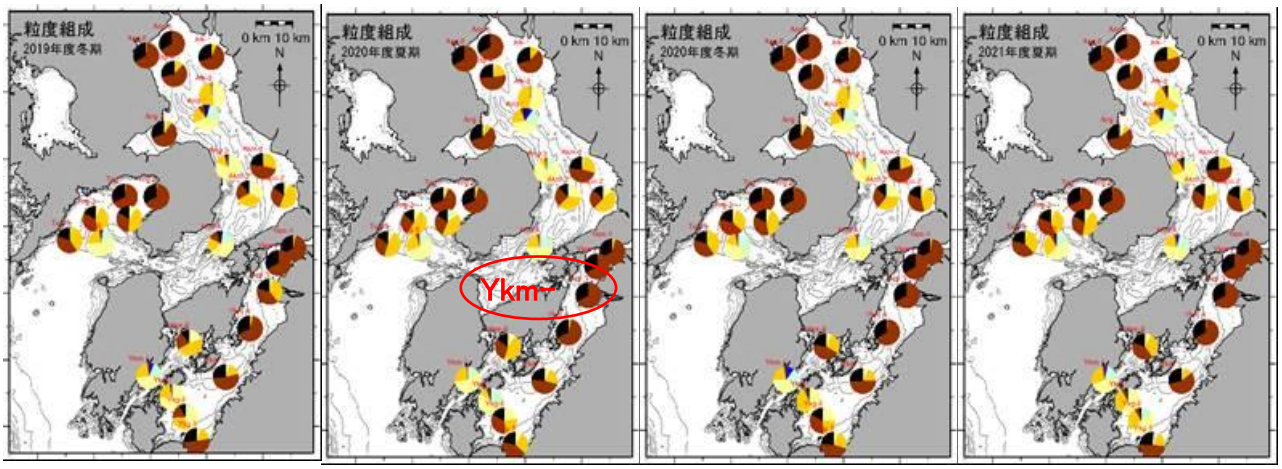
底質の COD、T-N、T-P については、概ね湾奥部で高く、湾西部や湾東部で低い。また、これらに大きな変動はみられていない(付図 3.5.1-8～付図 3.5.1-10)。

(4) その他の海域

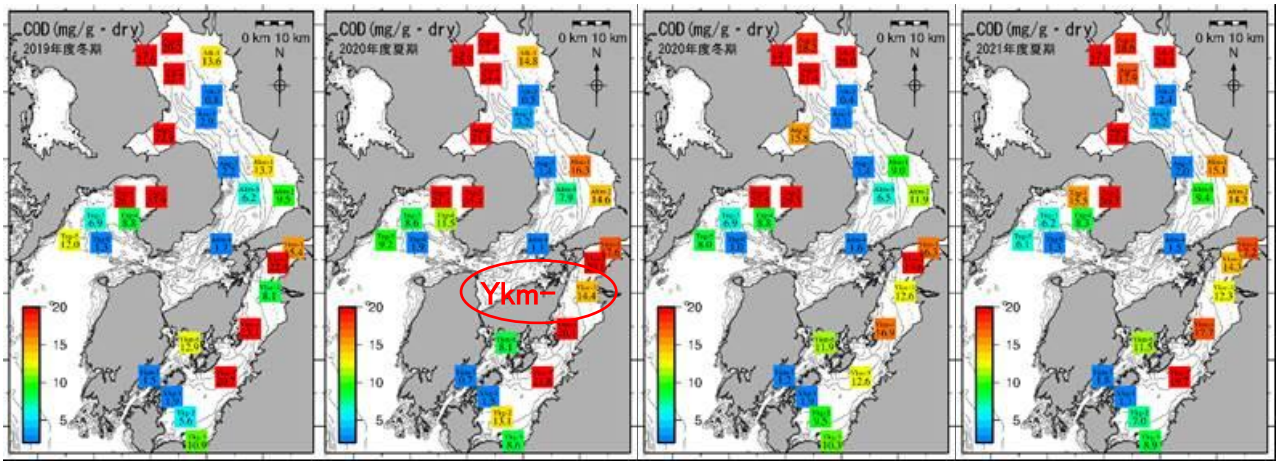
牛深町周辺の海面については、底質のデータがない。

2019 年度冬期　2020 年度夏期　2020 年度冬期　2021 年度夏期

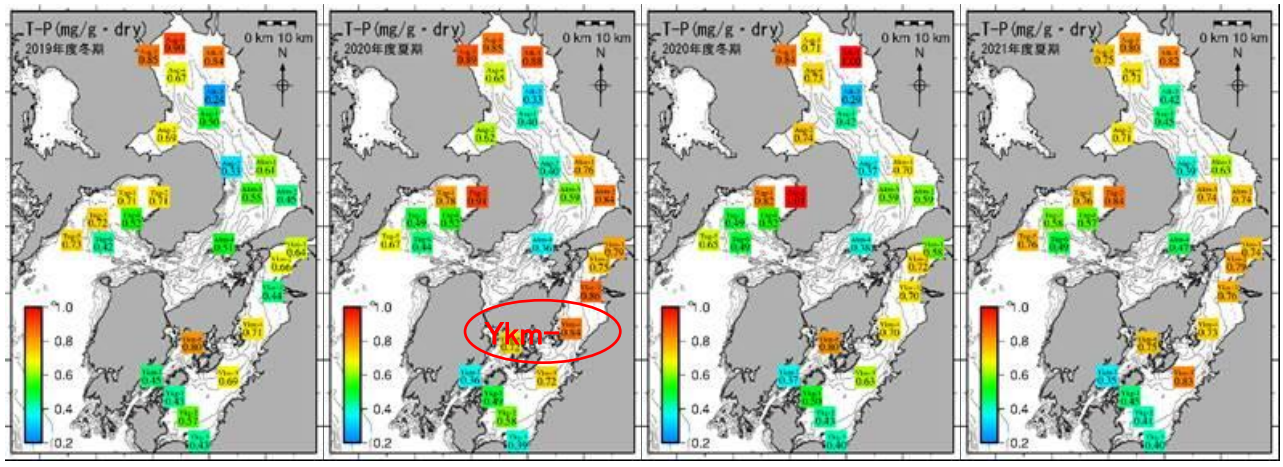
＜粘土・シルト分の割合＞



＜COD＞



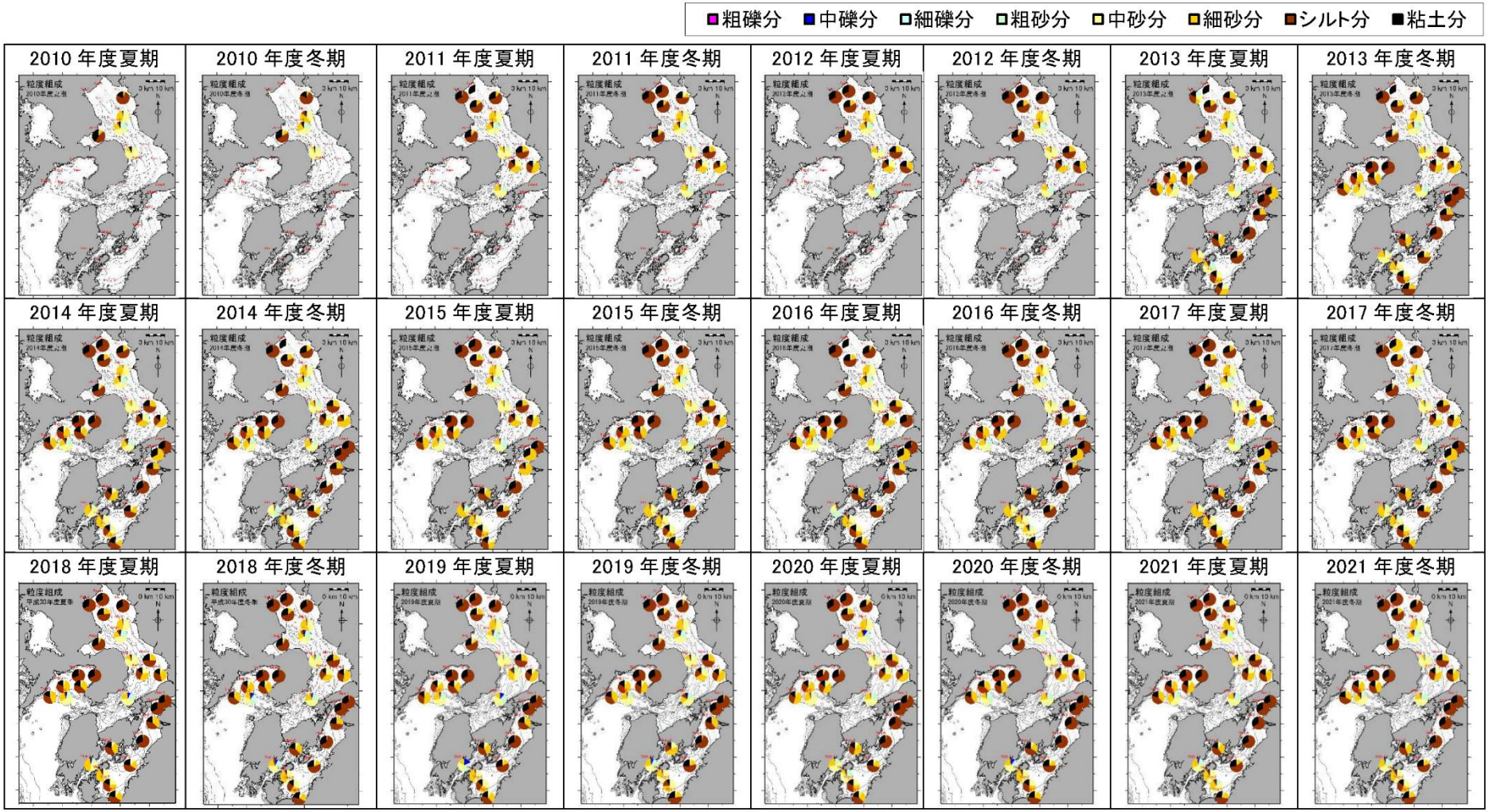
＜T－P＞



付図　3.5.1-6　八代海で底質に大きな変動がみられた際（2020 年度夏期）の水平分布（2019 年度冬期～2021 年度夏期）

出典：環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3

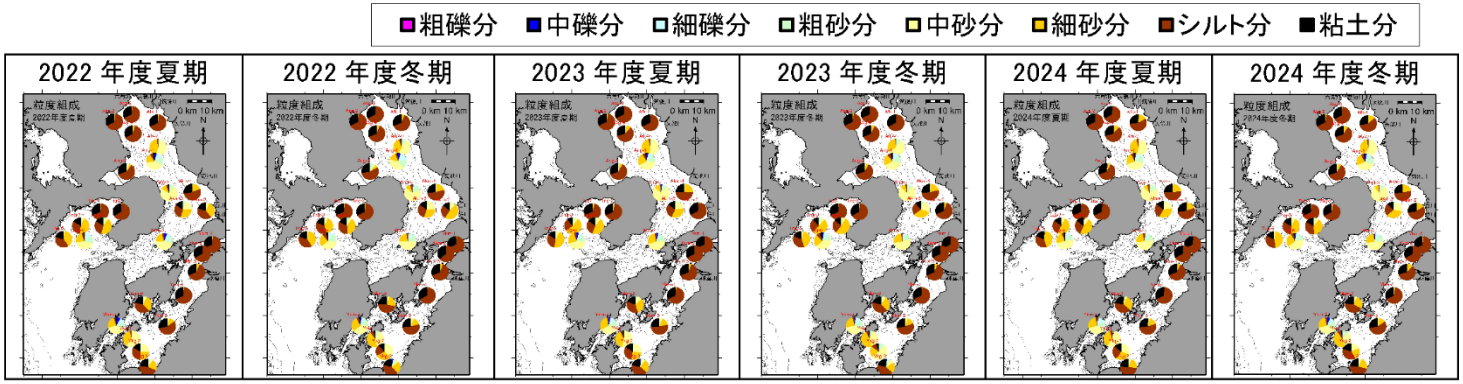
1



注)粒度組成は 2010 年度以降の調査結果を表示。

付図 3.5.1-7(1) 底質の粒度組成の水平分布(2010 年度～2024 年度)

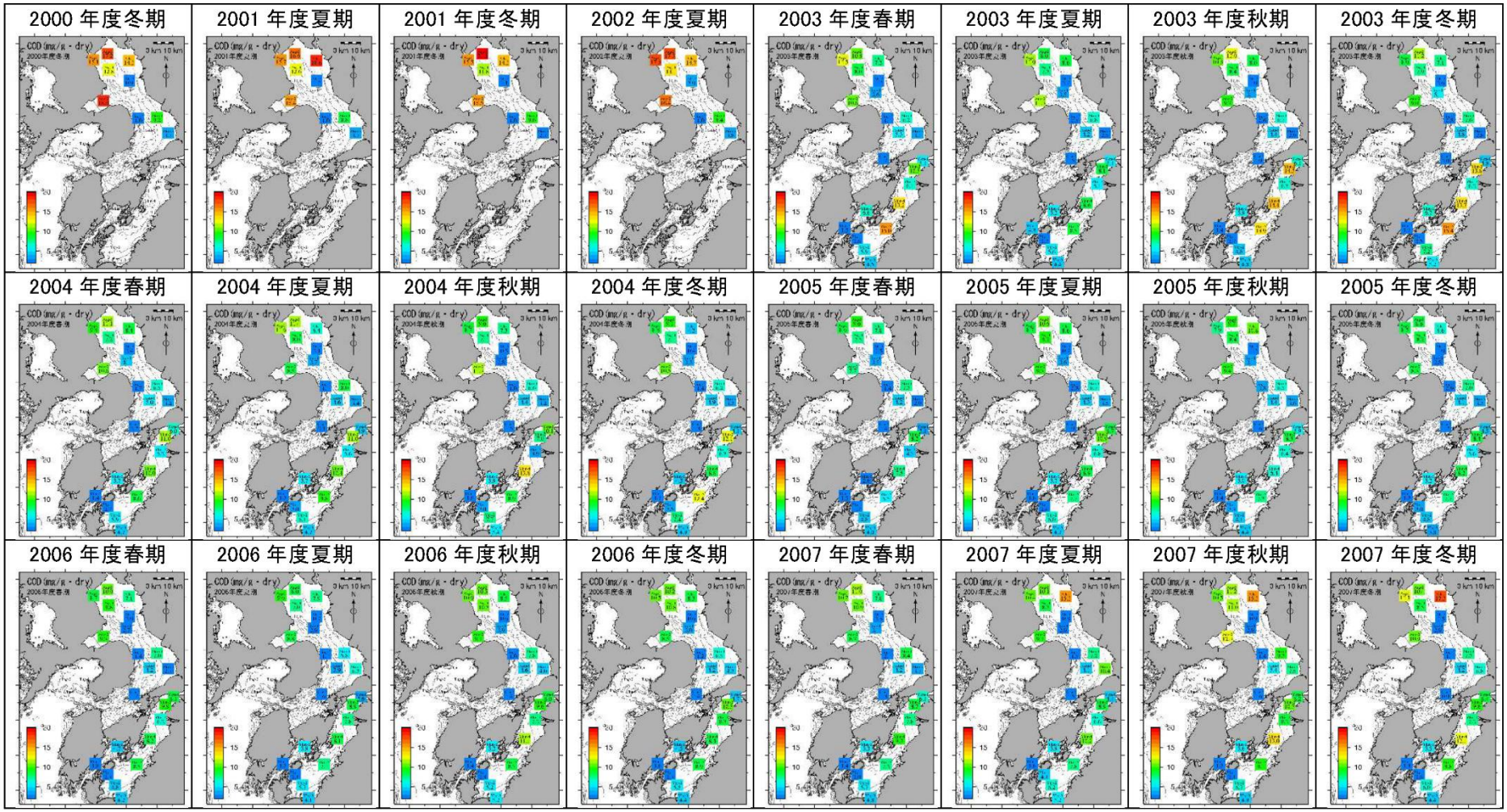
出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



注）粒度組成は 2010 年度以降の調査結果を表示。

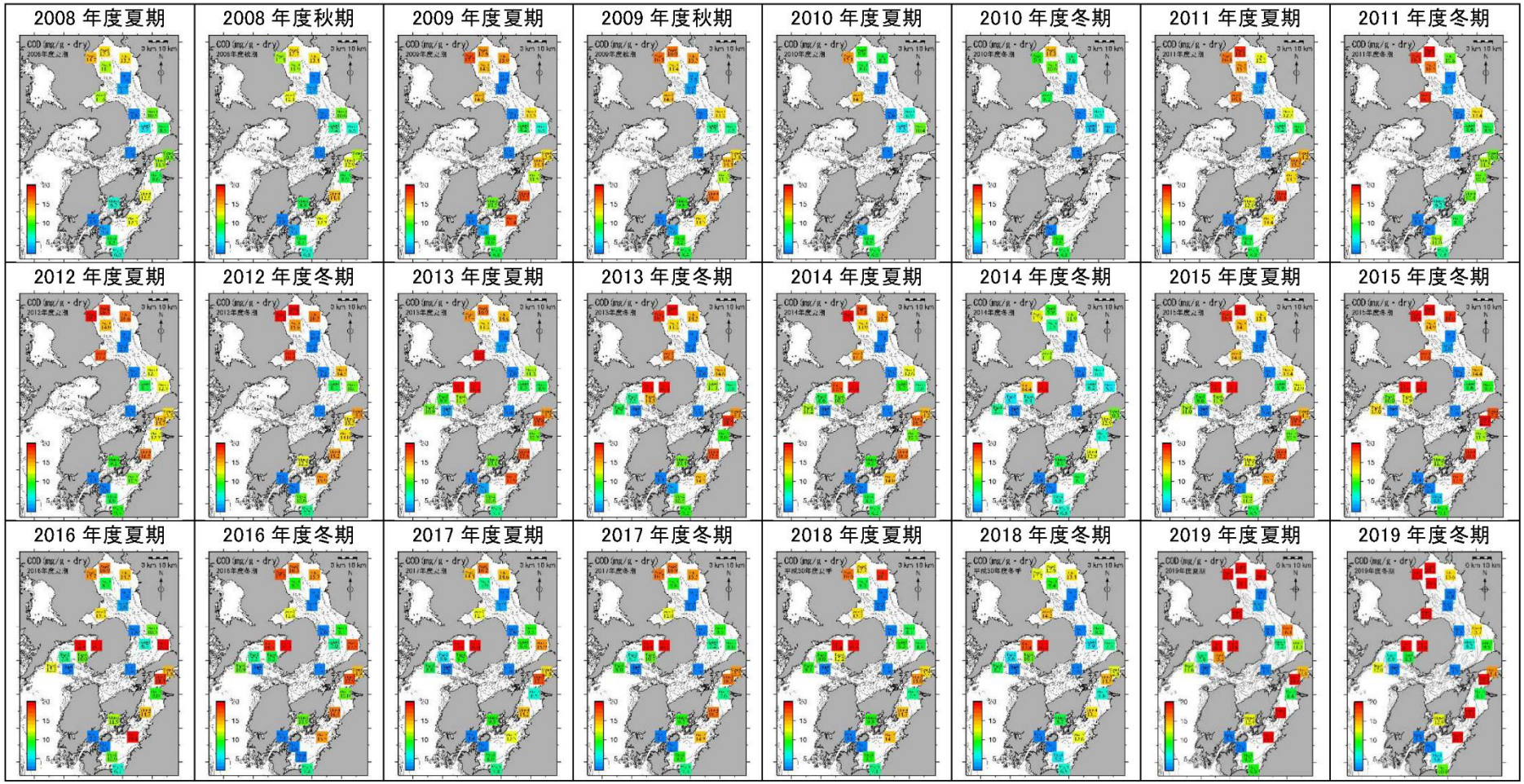
付図 3.5.1-7(2) 底質の粒度組成の水平分布（2010 年度～2024 年度）

出典：環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



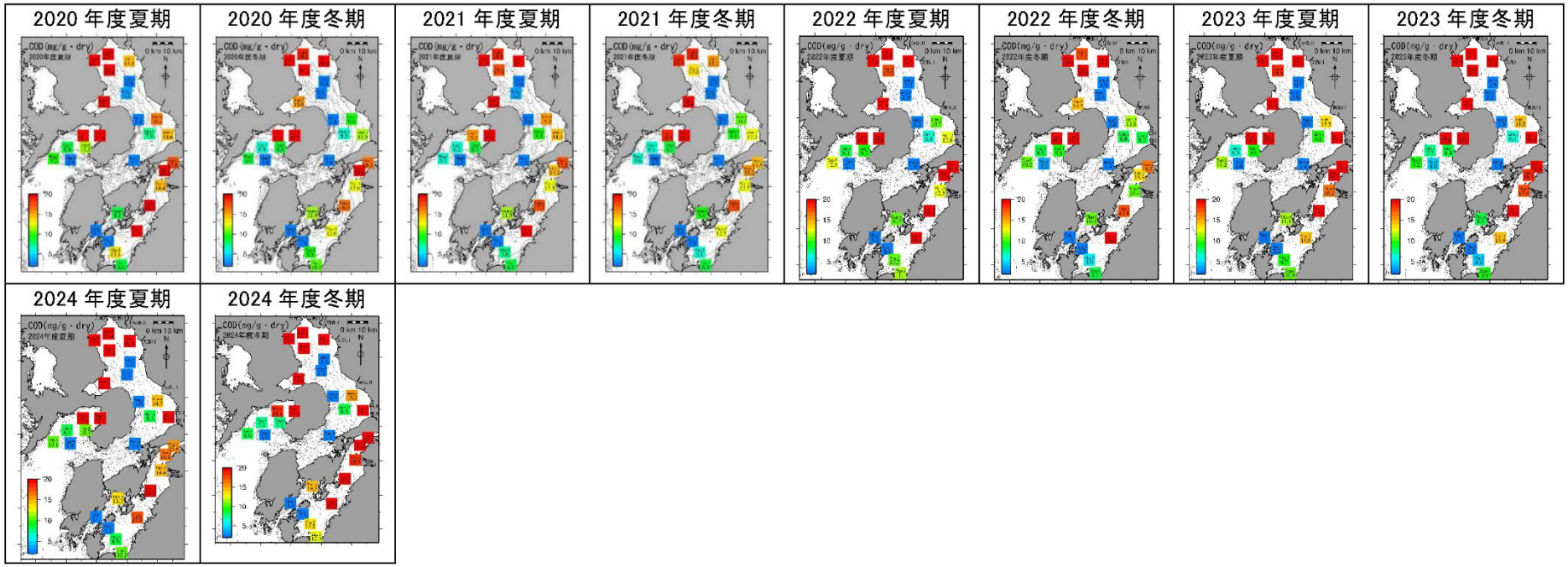
付図 3.5.1-8(1) 底質(COD)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



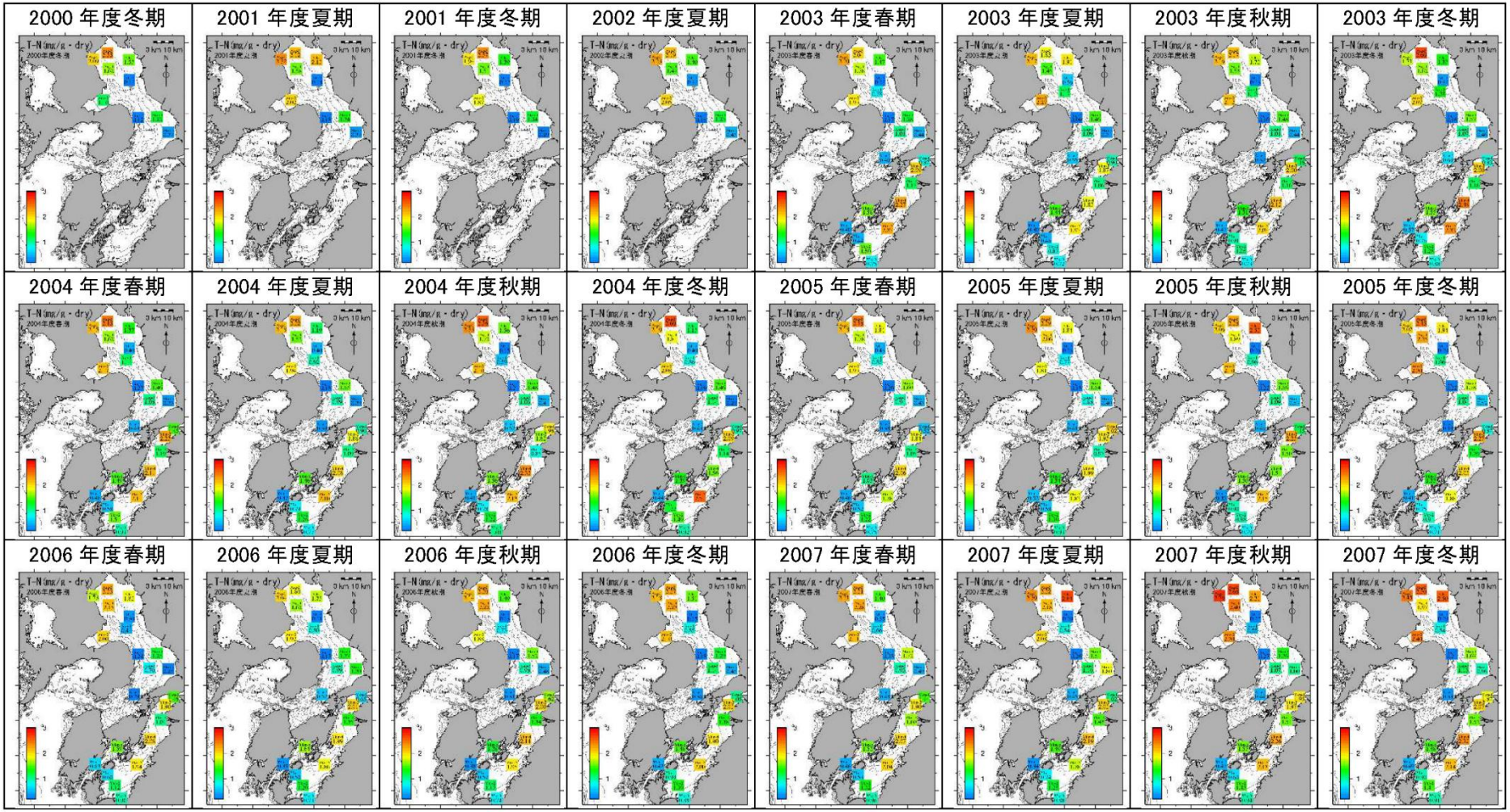
付図 3.5.1-8(2) 底質(COD)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



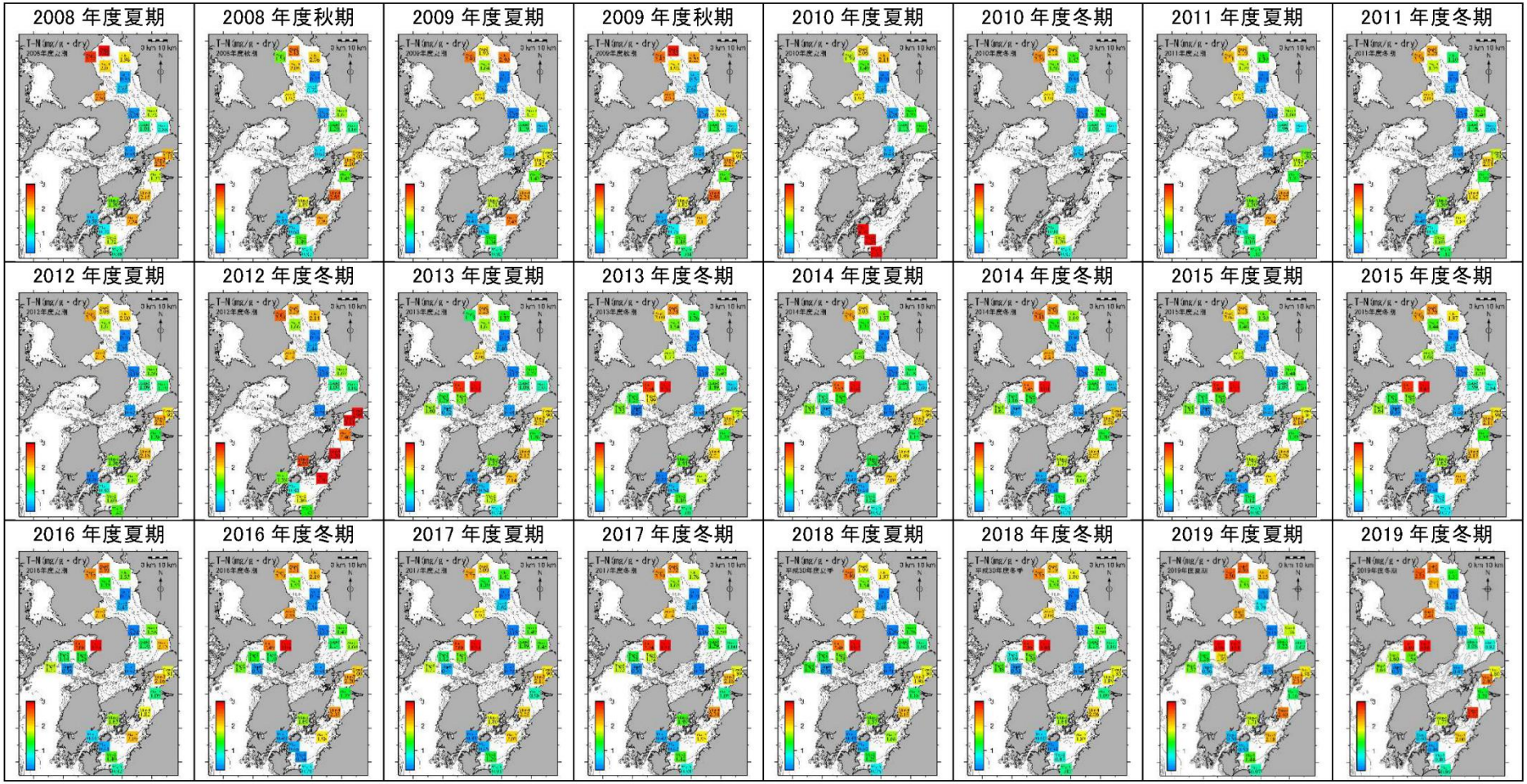
付図 3.5.1-8(3) 底質(COD)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



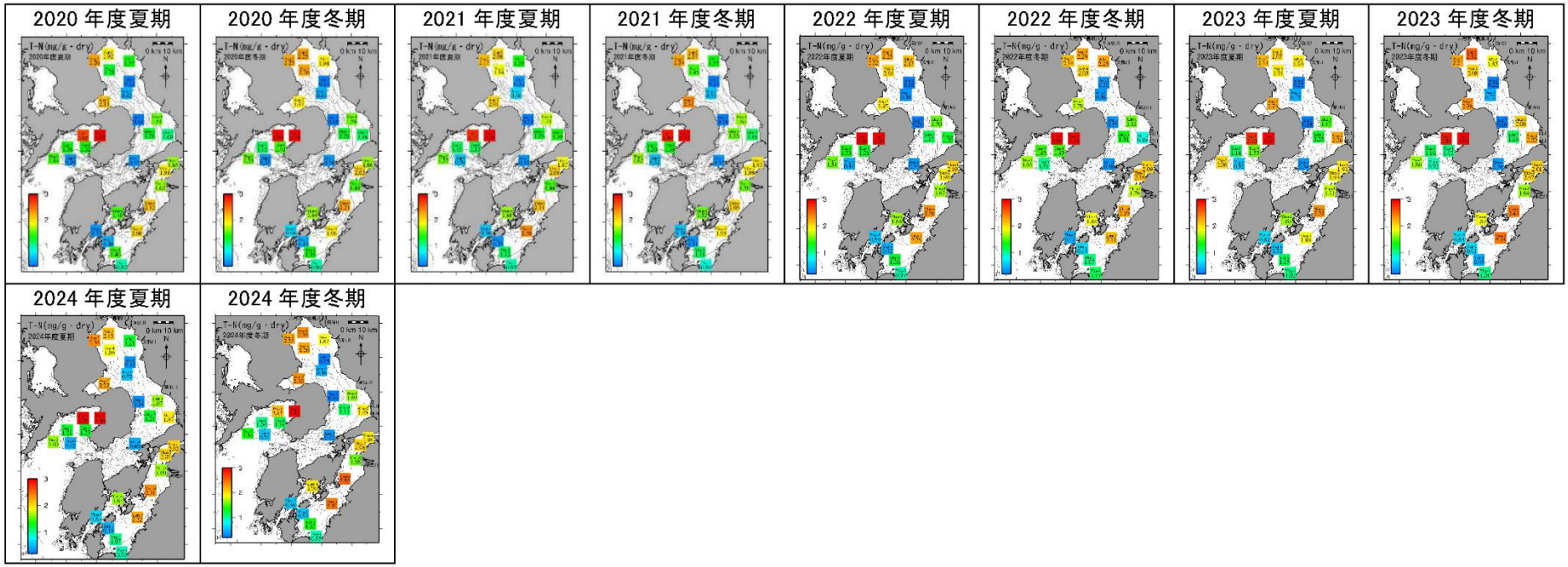
付図 3.5.1-9(1) 底質(T-N)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



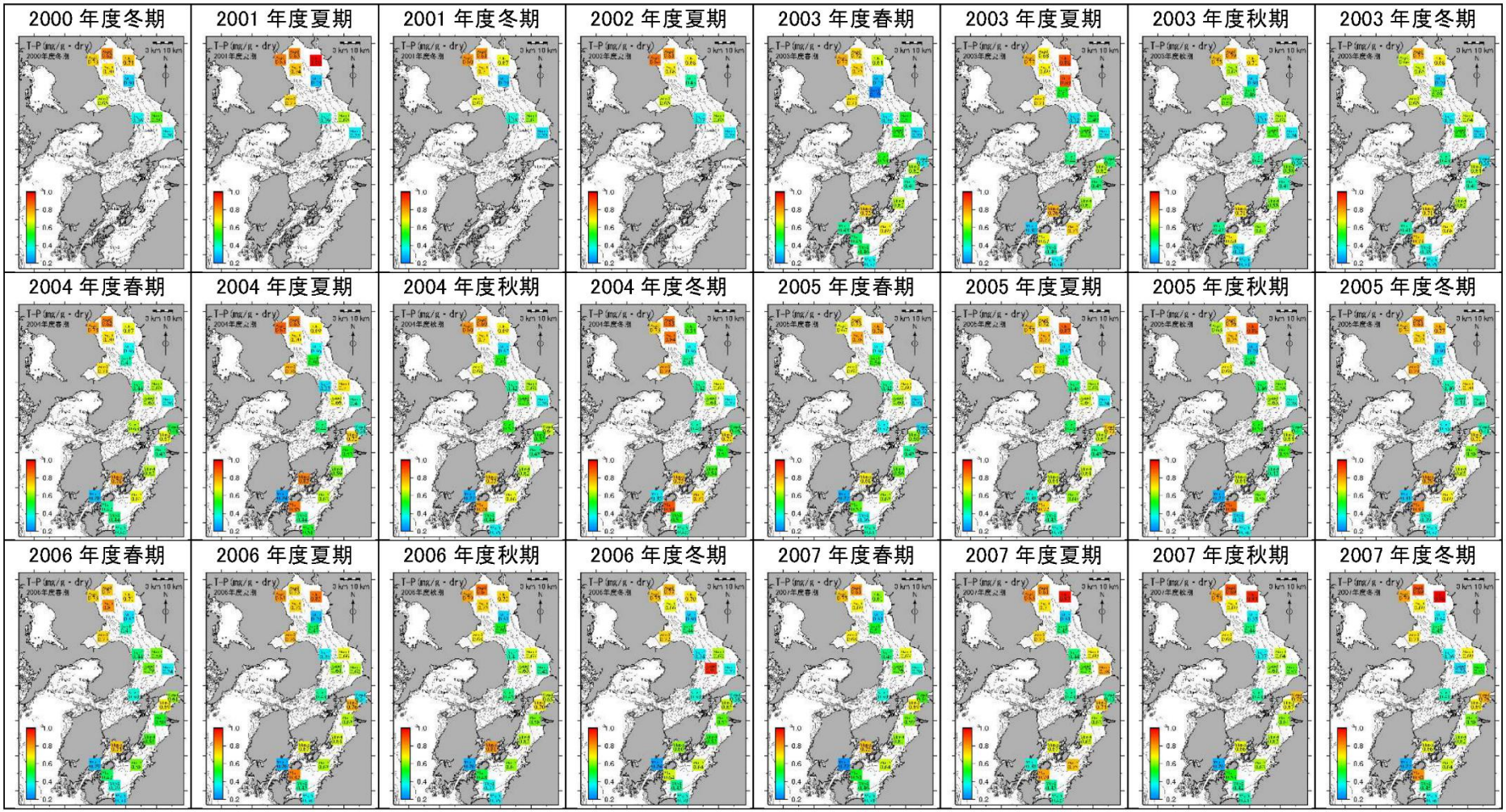
付図 3.5.1-9(2) 底質(T-N)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



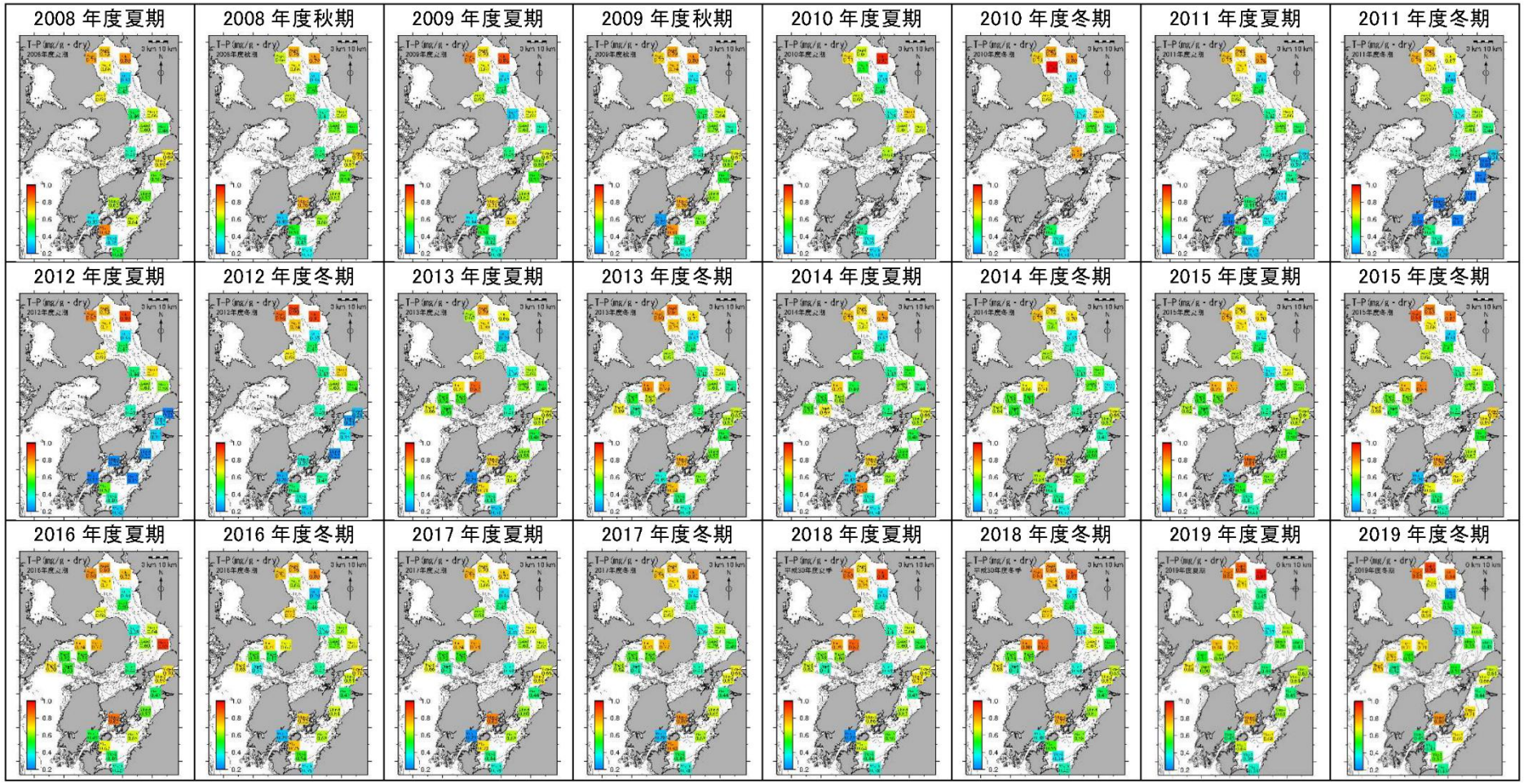
付図 3.5.1-9(3) 底質(T-N)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



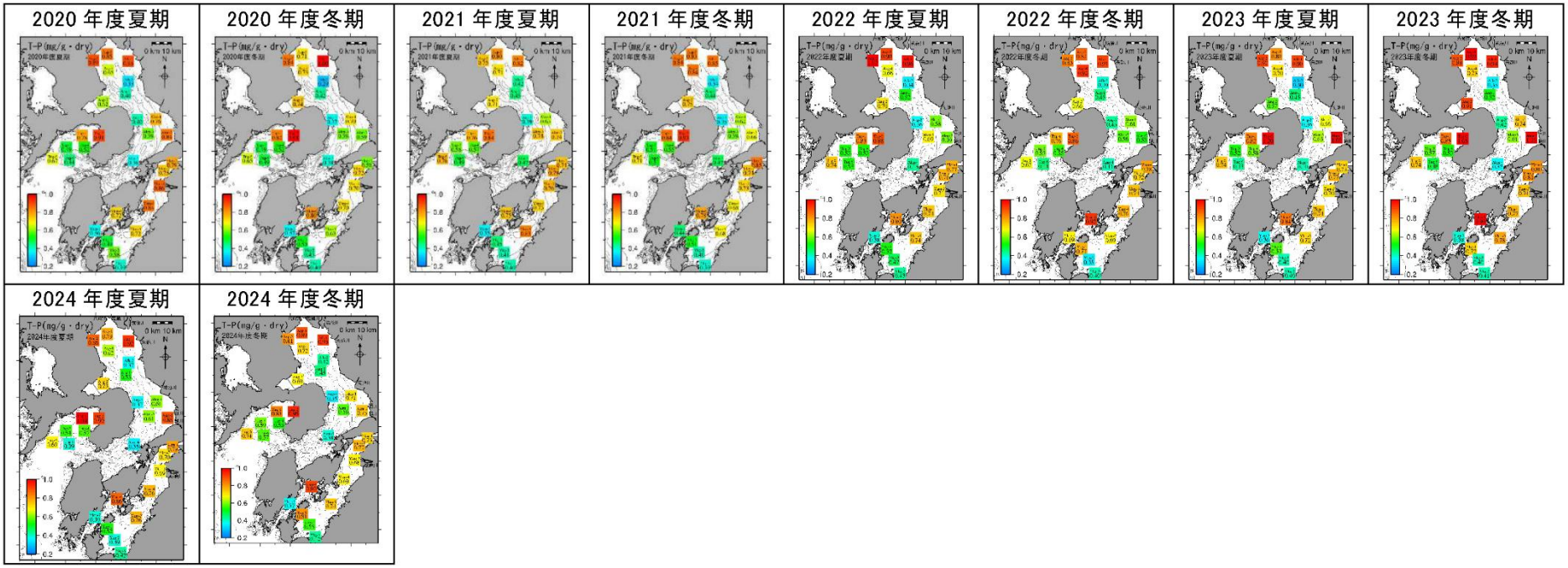
付図 3.5.1-10(1) 底質(T-P)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



付図 3.5.1-10(2) 底質(T-P)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3



付図 3.5.1-10(3) 底質(T-P)の水平分布(2000 年度～2024 年度)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.2.3

(5) 大雨の影響

大雨による底質への影響が示唆されていることから、ここでは 2019 年 8 月及び 2023 年 7 月の大雨を例として、大雨による底質への影響について整理した。

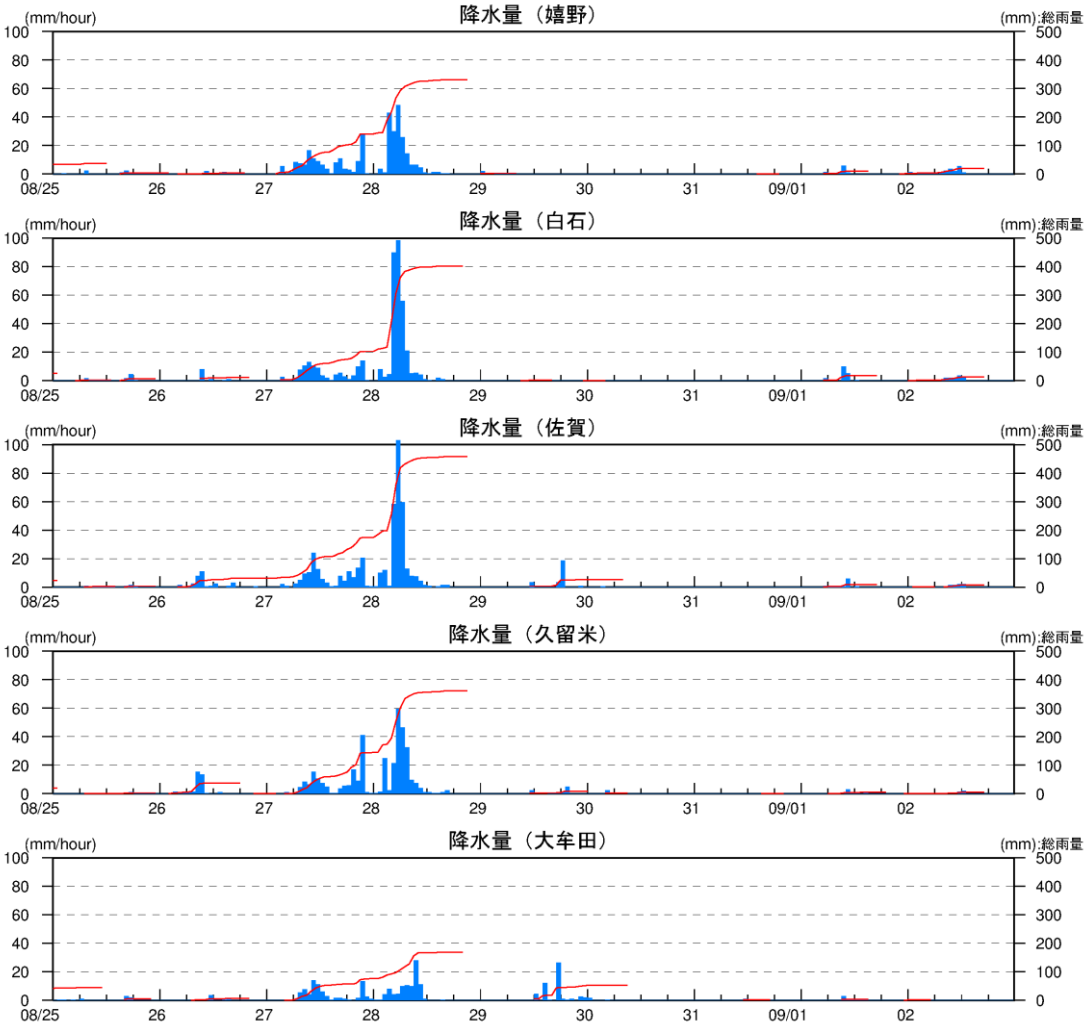
ア) 2019 年 8 月の前線による大雨の影響(筑後川)

2019 年 8 月 26 日から 29 日にかけて発生した前線による大雨の直後にあたる 8 月 29 日から 9 月 2 日において底質調査が実施されていることから、大雨と底質との関連性について整理した。

2019 年 8 月 25 日から 9 月 2 日までの気象庁の地域気象観測(アメダス)の降水量(観測地点:嬉野、白石、佐賀、久留米、大牟田)を付図 3.5.1-11 に、国土交通省の水文・水質調査における筑後川の流量(観測地点:瀬ノ下)を付図 3.5.1-12 に示す。これによると、佐賀及び白石の降水量が多く、2019 年 8 月 27 日から 28 日にかけて総雨量で 400mm を超え、8 月 28 日に時間雨量が 100mm を記録している。また、筑後川の瀬ノ下地点の日平均流量は 8 月 28 日に 3,210m^3/s を記録している。

2019 年度夏期の大雨直後には、湾奥部の測定地点(Afk-1、Asg-2、Asg-3、Asg-4 及び Ang-2)の COD が顕著に高い値を示した。一方、湾央部や湾口部の測定地点では大きな変動はみられなかった。COD が高い値を示している地点は、大雨直後の調査であること、水深が浅い地点であること、降水量は有明海の湾奥部に流入する六角川・嘉瀬川流域に集中していることから、COD の上昇は大雨の影響の可能性が考えられた。

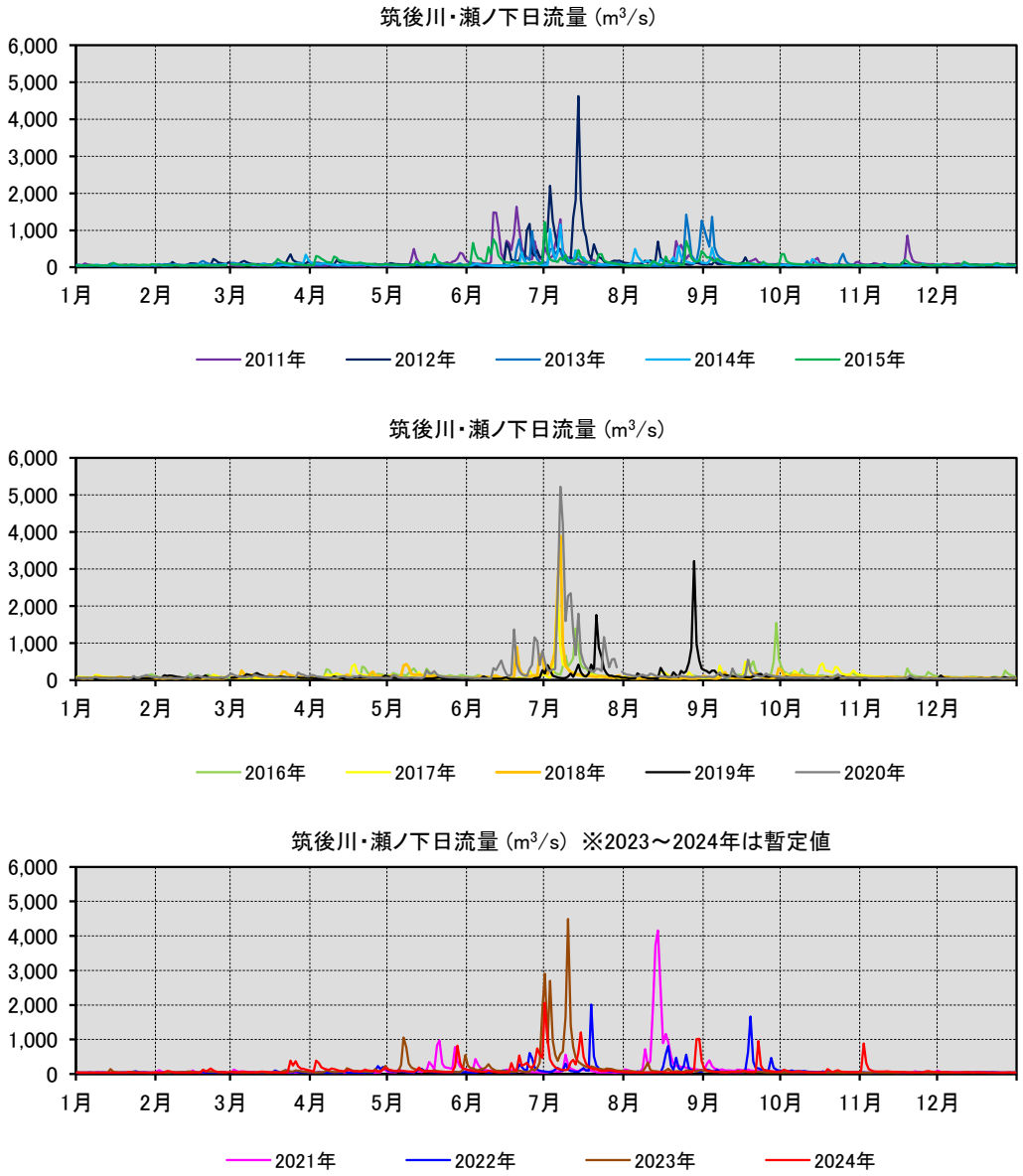
なお、その後 2024 年度までも引き続き COD が高い状況が継続しており、当該海域においては、2019 年度夏期の大雨による底質(COD)への影響との関連が示唆された。



注）降水量の青棒グラフは 1 時間ごとの降水量を示し(左縦軸)、赤折れ線グラフは一降雨ごとの累加雨量を示す(右縦軸)。一降雨は 0mm が 6 時間続くまでとした。

付図 3.5.1-11 降水量の経時変化

出典：気象庁「気象観測データ」をもとに環境省作成



付図 3.5.1-12 筑後川の瀬ノ下地点の日平均流量の比較(1 月～12 月)

出典:国土交通省「水文水質データベース」をもとに環境省作成

イ） 2023 年における大雨の影響（緑川）

2023 年度夏期に Mdφ[注)]、含泥率（粘土・シルト含有率）が急上昇し、T-N、T-P、COD、TOC、強熱減量も急な増加をみせた有明海中央東部 A4 海域の Akm-2 地点に着目し、当該地点に流入する河川による出水影響等について検討を行った（付図 3.5.1-13）。

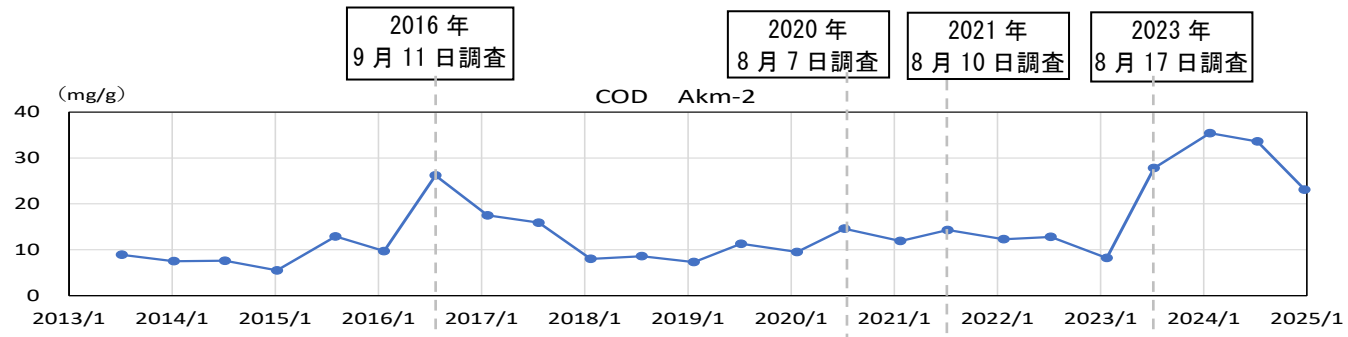
注）中央粒径をファイ（φ）スケールで表した単位。値が大きくなるほど粒径が細かくなり、値が小さくなるほど粒径は大きくなる。



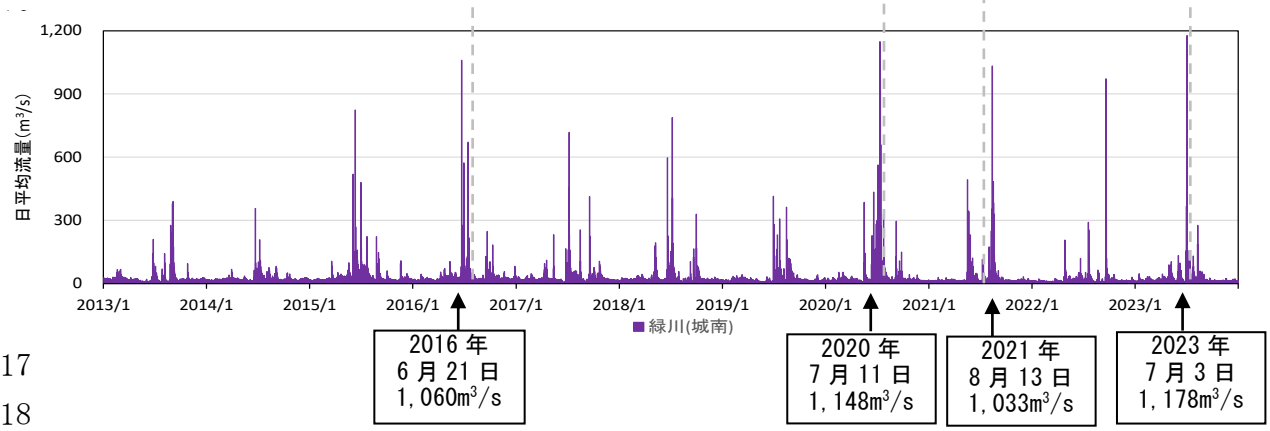
付図 3.5.1-13 Akm-2 と主要河川との位置関係

Akm-2 における底質（COD）の経年変化を付図 3.5.1-14 に、緑川の日平均流量の推移を付図 3.5.1-15 に示す。

Akm-2 の底質 COD が大きく増加したのは、2016 年 9 月調査時及び 2023 年 8 月調査時であり、その調査前において緑川では 1,000m^3/s を超える出水が発生しており、出水による底質 COD への影響の可能性が推察された。しかしながら、同じく 1,000m^3/s を超える出水があった 2020 年では、8 月の調査時には底質 COD はやや増加した程度であることから、出水による底質 COD への影響について、明確な関係性を得ることはできなかった。



付図 3.5.1-14 Akm-2 における底質（COD）の経年変化



注）2021 年については、8 月 10 日の調査実施後の 8 月 13 日に出水があったため、比較対象としなかった。

付図 3.5.1-15 緑川（城南）の日平均流量の推移

出典：国土交通省「水文水質データベース」をもとに環境省作成

一方で、出水時の水質状況によっても底質への影響は相違してくるものと想定されることから、九州地方整備局により実施されている洪水時の水質調査結果と比較した。2016 年と 2023 年の水質調査結果は付表 3.5.1-2 に示すとおりである。なお、2020 年 7 月の洪水時の水質調査結果のデータはなかった。

2016 年 6 月 21 日の洪水時の緑川の水質調査では、水質 COD は最大 290mg/L であり、COD 成分を多く含む濁水が流出したことが推察された。一方で 2023 年 7 月 3 日の水質 COD は最大 84mg/L であり、2016 年に比べて COD 成分の少ない濁りであったが、底質 COD は両年ともに大きく増加していることから、水質 COD と底質 COD の関係性について、一概に説明できない状況であった。

なお、2016 年 6 月 21 日の出水時の水質 COD に対して、その約 1 週間後の 6 月 29 日出水時には、水質 COD は大幅に低かったが、SS 濃度は最大 1,300mg/L と高い値を示していた。このことから、6 月 29 日の出水により、COD 成分は少ないが SS 濃度の高い濁水が流入し、Akm-2 の底質表面を覆った可能性が示唆された。その結果、2016 年の底質 COD が 2023 年と同様な濃度レベルとなった可能性も考えられる。

以上から、海域の底質の変動に影響を及ぼす一つの要素として、流入河川の出水が挙げられるが、その変動の傾向や程度は、出水（流量）規模のほか、出水によりもたらされる濁り等を含む水質に影響を受けるものと考えられる。また、水質を規定するものとして、土砂流入の状況、流域からの負荷の発生形態や場所、先行降雨の状況、

降雨の場所やパターン（強度や継続時間）等の要素が想定される。さらに海域側では、底質が通常状態に戻るまでの期間や潮汐・潮流等の関係など、多くの要素が関係している可能性が示唆される。

付表 3.5.1-2 緑川（城南）における洪水時の水質調査結果

＜2016 年＞

平成28年6月21日出水

項　目	単位	3:00	9:00	15:00
流量	m3/s	－	－	－
pH		6.9	7.3	7.4
DO	mg/L	8.8	8.8	9.3
T-P	mg/L	6.30	3.00	1.50
T-N	mg/L	8.20	3.00	2.00
無機三態窒素	mg/L	0.64	0.61	0.66
PO4-P	mg/L	3.60	1.80	1.20
COD	mg/L	290	88	23
SS	mg/L	8800	2500	1200
SiO2-Si	mg/L	430	430	140
粒度分布(レーザー法による)				
10%径	μm	4.177	4.403	0.360
50%径	μm	10.102	11.045	4.945
90%径	μm	26.229	34.932	12.289

平成28年6月29日出水

項　目	単位	14:00	20:00
流量	m3/s	－	－
pH		7.4	7.6
DO	mg/L	9.5	9.5
T-P	mg/L	0.87	0.45
T-N	mg/L	2.00	1.30
無機三態窒素	mg/L	0.57	0.61
PO4-P	mg/L	0.73	0.34
COD	mg/L	32	10
SS	mg/L	1300	530
SiO2-Si	mg/L	110	45
粒度分布(レーザー法による)			
10%径	μm	4.785	2.219
50%径	μm	11.423	7.396
90%径	μm	31.794	19.835

＜2023 年＞

令和5年7月3日出水

項　目	単位	13:55	14:20	16:20
流量	m3/s			
pH		7.0	7.0	7.0
DO	mg/L	9.1	8.5	8.7
T-P	mg/L	1.0	1.3	1.3
T-N	mg/L	1.7	2.4	2.6
無機三態窒素	mg/L	0.436	0.311	0.506
PO4-P	mg/L	0.06	0.08	0.10
COD	mg/L	74	84	78
SS	mg/L	1500	2000	2000
SiO2-Si	mg/L	61	67	63
粒度分布(レーザー法による)				
10%径	μm	6.20	6.21	4.82
50%径	μm	15.81	15.31	12.72
90%径	μm	62.81	55.60	46.52

出典：九州地方整備局河川部「水質調査結果」HP
https://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/environment/suishitsu/data/q08.html

(6) 底質の変動傾向

有明海、八代海及び橘湾の底質の変動傾向を、Mann-Kendall 検定により検定した。

ア) 有明海

有明海の 12 地点(**エラー! 参照元が見つかりません。**)における 2000 年度～2024 年度の底質の変動傾向を付表 3.5.1-3 に示す。

底質項目別では、COD 及び強熱減量で増加傾向を示す地点が多くみられた。COD は、A1 海域、A3 海域、A4 海域、A6 海域、A7 海域(Akm-3)で増加傾向であり、(1)で述べたとおり、2019 年度夏期調査以降に A1 海域、A3 海域、A6 海域で COD が増加傾向にある状況とほぼ一致していた。強熱減量は A2 海域、A4 海域、A6 海域、A7 海域(Akm-3、Ang-3)で増加傾向であった。

T-N は増加傾向が 2 地点、減少傾向が 3 地点であった。T-P は増加傾向が 3 地点で、(1)で述べたとおり、A1 海域(Afk-1、Asg-2)、A4 海域(Akm-2)で 2019 年度以降に増加傾向を示した状況とほぼ一致していた。T-S と粘土シルト含有率はともに減少傾向の地点がみられ、A3 海域、A5 海域、A6 海域で減少傾向がみられた。

イ) 八代海

八代海の 10 地点(**エラー! 参照元が見つかりません。**)における 2003 年度頃～2024 年度の底質の変動傾向を付表 3.5.1-4 に示す。

底質項目別では、T-N、T-P、COD で増加傾向を示す地点が多くみられ、T-S は減少傾向を示す地点がみられた。

T-N、T-P、COD はともに、Y1 海域(Ykm-2)、Y3 海域(Ykm-4)、Y4 海域(Ykg-3)、Y5 海域(Ykm-6)で増加傾向であり、(2)で述べたとおり、Y1 海域と Y3 海域で T-P が 2020 年度以降に高い値で推移していること、及び COD が 2012 年度頃から長期的に増加傾向をみせていることとほぼ一致していた。なお、T-N、T-P、COD、強熱減量がともに減少傾向を示していたのは、Y4 海域(Ykg-1)だけであった。

T-S は Y3 海域(Ykm-5)、Y4 海域(Ykg-2)、Y5 海域(Ykm-6)で減少傾向がみられ、粘土・シルト含有率は、A1 海域(Ykm-1)、Y5 海域(Ykm-6)で増加傾向、Y5 海域(Ykm-7)のみで減少傾向がみられた。

ウ) 橘湾

橘湾の 6 地点(**エラー! 参照元が見つかりません。**)における 2013 年度頃～2024 年度の底質の変動傾向を付表 3.5.1-5 に示す。

底質項目別では、T-P で増加傾向を示す地点が多く、また、T-S と粘土・シルト含有率とも減少傾向を示す地点が多かった。

海域別では、(3)で述べたとおり、湾奥部(Tng-1、Tng-2)の T-N、T-P、COD は高い値で推移しており、Tng-2 ではすべての項目で増加傾向、Tng-1 では T-P が増加傾向を示していた。

付表 3.5.1-3 有明海における底質の変動傾向

海域	地点	T-N	T-P	COD	強熱減量	T-S	粘土・シルト含有率
A1海域（有明海湾奥奥部）	Afk-1	＋	＋	＋	＋	＋	＋
	Asg-2	＋	＋	＋	＋	－	－
	Asg-3	－	＋	＋	＋	－	＋
A2海域（有明海湾奥東部）	Afk-2	－	＋	－	＋	－	－
A3海域（有明海湾奥西部）	Asg-4	－	＋	＋	＋	－	－
A4海域（有明海中央東部）	Akm-1	＋	－	＋	＋	－	－
	Akm-2	＋	＋	＋	＋	＋	＋
A5海域（有明海湾央部）	Ang-1	－	－	－	－	－	－
A6海域（有明海諫早湾）	Ang-2	＋	－	＋	＋	－	－
A7海域（有明海湾口部）	Akm-3	＋	＋	＋	＋	－	＋
	Akm-4	－	－	－	＋	＋	－
	Ang-3	＋	－	＋	＋	－	－

注）1. Mann-Kendall 検定の結果、増加傾向（tau>0）の場合は”＋”、減少傾向（tau<0）の場合は”-”とした。青色は統計学的に有意であった場合（p<0.05）。
2. 2000 年度頃から 2024 年度までの底質データを対象とし、各年度の平均値により結果を求めた。なお、地点により測定開始年度や欠損の数は異なる。

出典：1.環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.5.2
2.環境省「有明海・八代海再生フォローアップ調査報告書」

付表 3.5.1-4 八代海における底質の変動傾向

海域	地点	T-N	T-P	COD	強熱減量	T-S	粘土・シルト含有率
Y1海域（八代海湾奥部）	Ykm-1	＋	＋	＋	＋	＋	＋
	Ykm-2	＋	＋	＋	＋	－	＋
Y2海域（球磨川河口部）	Ykm-3	＋	＋	＋	＋	－	＋
Y3海域（八代海湾央部）	Ykm-4	＋	＋	＋	＋	－	－
	Ykm-5	＋	＋	＋	＋	－	－
Y4海域（八代海湾口東部）	Ykg-1	－	－	－	－	－	－
	Ykg-2	－	＋	＋	＋	－	－
	Ykg-3	＋	＋	＋	＋	－	＋
Y5海域（八代海湾口西部）	Ykm-6	＋	＋	＋	＋	－	＋
	Ykm-7	＋	＋	－	＋	－	－

注）1. Mann-Kendall 検定の結果、増加傾向（tau>0）の場合は”＋”、減少傾向（tau<0）の場合は”-”とした。青色は統計学的に有意であった場合（p<0.05）。
2. 2003 年度頃から 2024 年度までの底質データを対象とし、各年度の平均値により結果を求めた。なお、地点により測定開始年度や欠損の数は異なる。

出典：1.環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.5.2
2.環境省「有明海・八代海再生フォローアップ調査報告書」

付表 3.5.1-5 橘湾における底質の変動傾向

海域	地点	T-N	T-P	COD	強熱減量	T-S	粘土・シルト含有率
橘湾	Tng-1	＋	＋	＋	＋	－	－
	Tng-2	＋	＋	＋	＋	－	－
	Tng-3	－	＋	－	－	－	－
	Tng-4	－	－	－	－	－	－
	Tng-5	＋	＋	－	－	－	－
	Tng-6	＋	－	＋	＋	－	－

注）1. Mann-Kendall 検定の結果、増加傾向（tau>0）の場合は”＋”、減少傾向（tau<0）の場合は″-″とした。青色は統計学的に有意であった場合（p<0.05）。
2. 2013 年度から 2024 年度までの底質データを対象とし、各年度の平均値により結果を求めた。なお、地点により測定開始年度や欠損の数は異なる。

出典：1.環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務報告書」2.5.2
2.環境省「有明海・八代海再生フォローアップ調査報告書」

3.5.2 底質中の重金属・有害化学物質等

(1) 底質中の重金属・有害化学物質

有明海及び八代海の底質中の重金属(総水銀、カドミウム、鉛、亜鉛、砒素)については、平成 28 年度委員会報告以降においても測定値に大きな変動はみられず、東京湾、大阪湾、三河湾及び伊勢湾と概ね同程度の範囲内であった[4)、5)、6)]。

(2) ノリ養殖における酸処理や施肥による水質・底質への影響

底泥中に含まれる有機物や硫化物の増減には、流動や水質及び生物が複雑に関与しているが、一般的には植物プランクトン由来の有機物の沈降・堆積が最たる支配要因と考えられている。有明海では、ノリ養殖が盛んであることから、陸域からの負荷のみならず、ノリ養殖で行われている酸処理や施肥による水質・底質への影響も懸念されている。

3.1 汚濁負荷で示したとおり、有明海における直接負荷を含めた汚濁負荷量に占める酸処理及び施肥の割合は、T-N で 0.7%以下、T-P で 4.4%以下である。また、酸処理及び施肥による負荷量とノリ養殖による取り上げ量とを比較すると、窒素については、ノリ養殖による取り上げ量が酸処理及び施肥による負荷量を上回っており、リンについては、両者がほぼ同じ水準にあることから、酸処理や施肥が適切に行われれば、底泥中の有機物や硫化物の増加の主たる要因となる可能性は少ないと思われる。ただし、酸処理や施肥により負荷された有機酸や栄養塩の挙動については知見に乏しいことや、環境中への負荷が増加すると有機物や硫化物の増加に繋がる可能性があることから、海域で使用される酸処理剤等に由来する有機酸量や栄養塩量等の継続的なチェックを適切に実施することも重要である(平成 28 年度委員会報告)。

(3) 酸処理剤による水質・底質への影響[7)]

ノリ養殖では、アオノリなどの付着藻類等の駆除や、アカグサレ病やスミノリ病などの病気予防のため、有機酸による酸処理(小船等に酸処理液を入れてノリ網を浸漬)が行われている。アオノリ駆除に適正な浸透液 pH 及び浸透時間を守った使用が行われていれば、特に酸処理剤による生態系や生物への影響はないと報告されている(水産庁、1995)。水産庁のノリ養殖技術評価検討委員会においても、有機酸成分は微生物により 2 日～10 日で分解されることや、環境への負荷は陸域からの負荷やノリによる栄養塩の吸収などを考えれば大きなものとは考えられないと報告されている(水産庁、2003)。

一部の海域で、有機酸の挙動を把握するための調査が行われていたが(福岡県有明海研究所(1992～1995)、佐賀県有明水産振興センター(2015))、有明海広域での調査は行われてこなかったことから、2014 年度(水産庁事業では 2015 年度)より有明海の広域でモニタリングが実施された。

---

4) 熊本県「公共用水域等測定結果 報告書」(令和 5 年度ほか直近 10 年分)
5) 海上保安庁海洋情報部(2020)「海洋汚染調査報告 第 46 号 (平成 30 年調査結果)」
6) 環境省(2018)「閉鎖性海域の底質モニタリング結果」
7) 環境省(2025)「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 16 回水産資源再生方策検討作業小委員会資料 2-9」

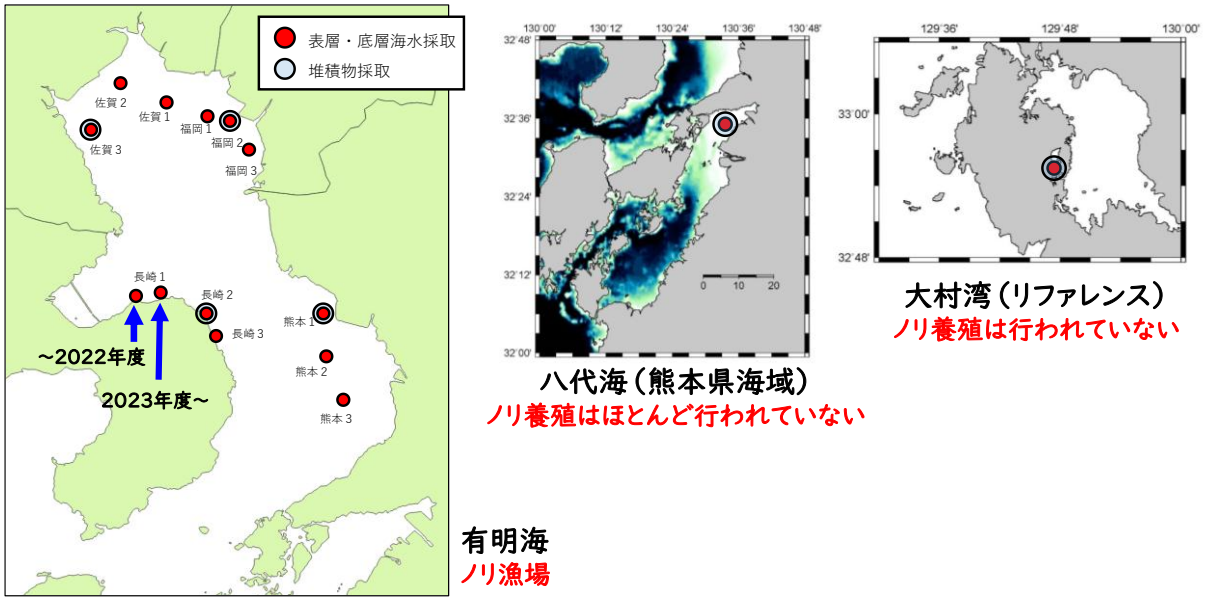
（モニタリング調査方法）

・調査位置：有明海で各県 3 点（ノリ漁場）、八代海 1 点、大村湾 1 点(付図 3.5.2-1)

・調査対象：採水（表層、底層）、底泥採取

・調査時期：2014 年度～　酸処理実施前（10 月）と実施期間中（1 月）
ただし、2015 年度～2017 年度は夏季（8 月）も実施

・分　　析：酸処理剤の主成分であるクエン酸、リンゴ酸、乳酸を、液体クロマトグラフタンデム質量分析装置（LC-MS/MS）により分析（定量下限値 1.0mg/L）



付図 3.5.2-1　調査位置

出典：環境省（2025）[7)]

（モニタリング調査結果）

海水表層及び底層のリンゴ酸の分析結果を付表 3.5.2-1、付表 3.5.2-2 に示す。採水試料からは、リンゴ酸が定量下限値を超える値を記録することがあったが、多くは夏期（8 月）か酸処理実施前（10 月）だった。有機酸は、海水中の微生物により 2 日～10 日で分解されると報告されていることから（水産庁、1995）、酸処理剤の残留物が検出されたとは考えにくい。

底泥間隙水のリンゴ酸及び乳酸の分析結果を付表 3.5.2-3 に示す。リンゴ酸及び乳酸は定量下限値を超える値を記録することがあり、酸処理実施中（1 月）にも記録されているが、その由来は特定できていない。

採水試料からのリンゴ酸の検出や、底泥間隙水からのリンゴ酸と乳酸の検出は、ノリ養殖がほとんど行われていない八代海の熊本県海域や、ノリ養殖が行われていない大村湾でもみられることがあり、有明海で特段に高い頻度や濃度で記録されることはなかった。

以上から、酸処理剤による生態系や生物への影響は検出されなかった。

付表 3.5.2-1 海水表層のリンゴ酸の分析結果

リンゴ酸（表層）		福岡県			佐賀県			長崎県			熊本県			八代海	大村湾
		福岡1	福岡2	福岡3	佐賀1	佐賀2	佐賀3	長崎1	長崎2	長崎3	熊本1	熊本2	熊本3		
2015年度	8-9月*	nd	nd	2.2	nd	nd	nd	1.1	nd	1.4	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	1.6	1.7	nd	nd	nd	nd	2.1	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2016年度	8月*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2017年度	8月*	6.9	nd	1.9	nd	3.8	5.9	2.8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	3.0	1.8	nd	nd	nd	1.9	nd	nd	1.4
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	3.5	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2018年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2019年度	11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2020年度	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月（熊本は3月）	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2021年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2022年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2023年度	11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1-2月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

*2015年度～2017年度は夏季にも実施　　nd:定量下限値（1 mg/L）未満

出典：環境省（2025）[7)]

付表 3.5.2-2 海水底層のリンゴ酸の分析結果

リンゴ酸（底層）		福岡県			佐賀県			長崎県			熊本県			八代海	大村湾
		福岡1	福岡2	福岡3	佐賀1	佐賀2	佐賀3	長崎1	長崎2	長崎3	熊本1	熊本2	熊本3		
2015年度	8-9月*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	1.0	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2016年度	8月*	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2017年度	8月*	2.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2.3	nd	nd	2.4
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1.3	nd	nd	nd	1.3	nd	nd	3.0
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	1.3	nd	nd	nd	nd
2018年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2019年度	11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2020年度	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月（熊本は3月）	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2021年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2022年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2023年度	11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1-2月	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

*2015年度～2017年度は夏季にも実施　　nd:定量下限値（1 mg/L）未満

出典：環境省（2025）[7)]

付表 3.5.2-3 底泥間隙水中のリンゴ酸の分析結果

リンゴ酸		福岡2	佐賀3	長崎2	熊本1	八代海	大村湾
2015年度	8-9月*	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2016年度	8月*	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2017年度	8月*	1.7	nd	nd	nd	nd	1.5
	10月	nd	1.4	nd	nd	1.5	nd
	1月	nd	1.3	nd	1.4	1.3	1.2
2018年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2019年度	11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2020年度	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月（熊本は3月）	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2021年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2022年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2023年度	11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1-2月	nd	nd	nd	nd	nd	nd

*2015年度～2017年度は夏季にも実施　　nd:定量下限値（1 mg/L）未満

出典：環境省（2025）[7]

付表 3.5.2-4 底泥間隙水中の乳酸の分析結果

乳酸		福岡2	佐賀3	長崎2	熊本1	八代海	大村湾
2015年度	8-9月*	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2016年度	8月*	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2017年度	8月*	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	10月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2018年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	1.2	nd	1.7	nd
2019年度	11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	1.2	nd
2020年度	10月	nd	2.3	nd	nd	nd	nd
	1月（熊本は3月）	1.0	nd	nd	nd	1.5	nd
2021年度	10-11月	nd	nd	2.2	nd	nd	nd
	1月	1.3	1.2	1.8	1.0	2.2	1.2
2022年度	10-11月	nd	nd	nd	nd	1.6	nd
	1月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
2023年度	11月	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1-2月	nd	nd	nd	nd	nd	nd

*2015年度～2017年度は夏季にも実施　　nd:定量下限値（1 mg/L）未満

出典：環境省（2025）[7]

3.5.3 まとめ

（有明海）

有明海の底質の粒度組成をみると、主に湾奥部、諫早湾、中央東部において粘土・シルト分が占める割合が高く、湾央部や湾口部では粒径の大きい底質が占めており、年ごとの変動はあるものの、大きな変動傾向はみられていない。

底質の COD、T-N、T-P については、年ごとに変動はみられるものの、概ね湾奥部で高く、湾央部や湾口部で低い。

底質に大きな変動がみられた時期として、2019 年度夏期が挙げられ、湾奥部 A1 海域（Afk-1、Asg-2、Asg-3）、湾奥西部 A3 海域（Asg-4）、諫早湾 A6 海域（Ang-2）で COD が大きく増加し、以降、調査時期ごとに増減はあるものの、増加傾向は継続していた。なお、T-N、T-P も同時に高くなった地点もみられ、その後は概ね横ばい傾向で推移している。

2000 年度～2024 年度の変動傾向としては、上記で述べた 2019 年度・2023 年度に COD、T-N、T-P が増加した A1 海域、A3 海域、A4 海域、A6 海域では、COD や T-P が増加傾向にある。強熱減量は A2 海域、A4 海域、A6 海域、A7 海域（Akm-3、Ang-3）で増加傾向であった。T-N は増加傾向が 2 地点、減少傾向が 3 地点であった。T-S と粘土シルト含有率はともに A3 海域、A5 海域、A6 海域で減少傾向がみられた。

このような長期変動については、各海域で状況は異なるものの、大雨による出水の影響とその影響が継続していることが示唆されており、これらの変動を的確に把握するためには、底質調査に加えて、出水状況や海域環境の変化など、複数の要素を踏まえた統合的な調査・解析が重要である。

（八代海）

八代海の底質の粒度組成については、主に湾奥部や湾央部で粘土・シルト分が占める割合が高く、湾口部では粒径の大きい底質が占めており、年ごとの変動はみられるものの、大きな変動傾向はみられていない。

底質の COD、T-N、T-P については、年ごとに変動はみられるものの、概ね湾奥部や湾央部で高く、湾口部で低い。

八代海の球磨川河口部 Y2 海域(Ykm-3)では、2020 年度夏期以降、粒度組成の粘土・シルト分の割合、COD、T-P が継続して高い値で推移しており、2020 年 7 月の球磨川の大出水による影響と考えられる。また、Y1、Y3 海域の T-P、COD も増加傾向にあり、やや高い値で推移している。

2003 年度～2024 年度の変動傾向としては、T-N、T-P、COD で増加傾向を示す地点が多くみられた。特に Y1 海域（Ykm-2）、Y3 海域（Ykm-4）、Y4 海域（Ykg-3）、Y5 海域（Ykm-6）で増加傾向であり、Y1 海域と Y3 海域では T-P が 2020 年度以降に高い値で推移していた。なお、T-N、T-P、COD、強熱減量がともに減少傾向を示していたのは、Y4 海域（Ykg-1）だけであった。T-S は Y3 海域（Ykm-5）、Y4 海域（Ykg-2）、Y5 海域（Ykm-6）で減少傾向がみられ、粘土・シルト含有率は、A1 海域（Ykm-1）、Y5 海域（Ykm-6）で増加傾向、Y5 海域（Ykm-7）のみで減少傾向がみられた。

このような長期変動については、各海域で状況は異なるものの、大雨による出水の影響とその影響が継続していることが示唆されており、これらの変動を的確に把握するためには、底質調査に加えて、出水状況や海域環境の変化など、複数の要素を踏まえた統合的な調査・解析が重要である。

（橘湾）

橘湾の底質の粒度組成については、湾奥部から湾西部の沿岸部で粘土・シルト分が占める割合が高く、湾東部では粒径の大きい底質が占めており、大きな変動傾向はみられていない。

底質の COD、T-N、T-P については、概ね湾奥部で高く、湾西部や湾東部で低い。

2013 年度～2024 年度の変動傾向としては、T-P で増加傾向を示す地点が多く、また、T-S と粘土・シルト含有率とも減少傾向を示す地点が多かった。海域別では、湾奥部（Tng-1、Tng-2）の T-N、T-P、COD は高い値で推移しており、Tng-2 ではすべての項目で増加傾向、Tng-1 では T-P が増加傾向を示していた。

（ノリ養殖における酸処理や施肥による水質・底質への影響）

有明海における直接負荷を含めた汚濁負荷量に占める酸処理及び施肥の割合は、T-N で 0.7%以下、T-P で 4.4%以下である。また、酸処理及び施肥による負荷量とノリ養殖による取り上げ量とを比較すると、窒素については、ノリ養殖による取り上げ量が酸処理及び施肥による負荷量を上回っており、リンについては、両者がほぼ同じ水準にあることから、酸処理や施肥が適切に行われれば、底泥中の有機物や硫化物の増加の主たる要因となる可能性は少ないと思われる。

また、2014 年度以降の有明海・八代海・大村湾におけるモニタリングの結果、酸処理剤による底質や水質への影響は検出されなかった。

酸処理や施肥により負荷された有機酸や栄養塩の挙動については知見に乏しいことや、環境中への負荷が増加すると有機物や硫化物の増加に繋がる可能性があることから、海域で使用される酸処理剤等に由来する有機酸量や栄養塩量等の継続的なチェックを適切に実施することも重要である。

3.6 貧酸素水塊

3.6.1 有明海の底層溶存酸素量の状況

有明海における底層溶存酸素量の経年的傾向について、浅海定線調査（基本的に毎月 1 回大潮満潮前後に調査、地点は付図 3.6.1-1、海底上 1m 高さ）のうち、底層溶存酸素量のデータが存在する地点を対象として結果を整理した。

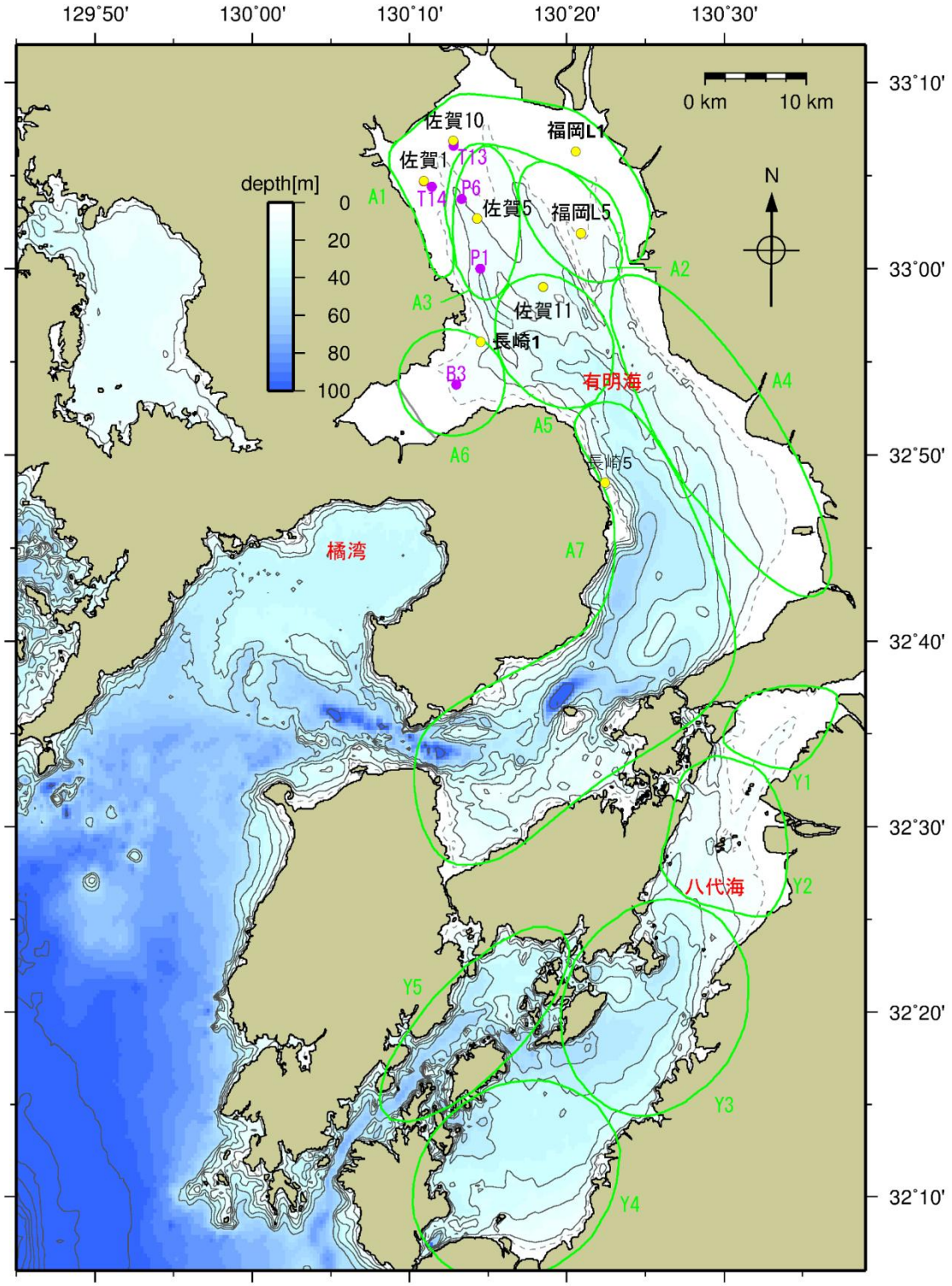
底層溶存酸素量の年間最低値について、データのある 1972 年度以降、8 地点のうち、佐賀県の 4 地点（湾奥奥部、湾奥西部、湾央部）で減少する傾向がみられた。その他の 4 地点（湾奥奥部の一部、湾奥東部、諫早湾及び湾口部）では変化はみられなかった（付表 3.6.1-1）。なお、各地点における底層溶存酸素量の経年変化は付図 3.6.1-2 に示すとおりである。

付表 3.6.1-1 有明海における底層溶存酸素（最低値）の変動傾向（浅海定線調査結果）

海域	地点	底層溶存酸素
A1海域 （有明海湾奥奥部）	佐賀1	－
	佐賀10	－
	福岡L1	－
A2海域 （有明海湾奥東部）	福岡L5	－
A3海域 （有明海湾奥西部）	佐賀5	－
A5海域 （有明海湾央部）	佐賀11	－
A6海域 （有明海諫早湾）	長崎1	＋
A7海域 （有明海湾口部）	長崎5	－

注）1. Mann-kendall 検定の結果、増加傾向（tau>0）の場合は”＋”、減少傾向（tau<0）の場合は”-”とした。着色は統計学的に有意であった場合（p<0.05）。データ数が 3 以下となり、検定を実施できなかった項目は斜線とした。
2. 1974 年度から 2023 年度までの浅海定線調査データを対象とし、各年度の平均値により結果を求めた。なお、地点により測定開始年度や欠損の数は異なる。

出典：福岡県、佐賀県、長崎県「浅海定線調査結果」をもとに環境省作成

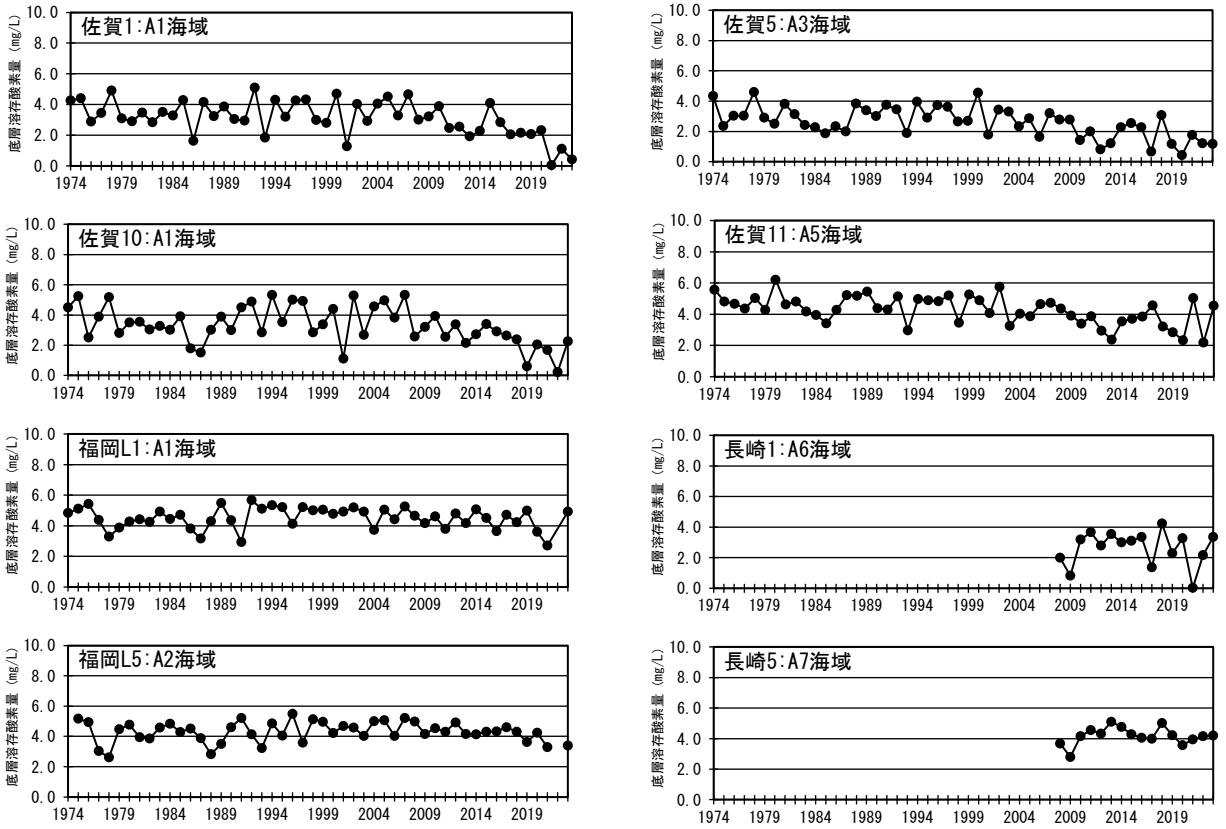


注)1. 福岡 L1、佐賀 1、佐賀 10、福岡 L7、福岡 L5、佐賀 5、佐賀 4、長崎 1 及び長崎 5 は福岡県、佐賀県、長崎県「浅海定線調査」の地点、B3 は農林水産省九州農政局「諫早湾干拓事業環境モニタリング調査」及び「有明海貧酸素水塊広域連続観測[諫早湾]」の地点、T13、T14、P1 及び P6 は国立研究開発法人水産研究・教育機構水産技術研究所「有明海水質連続観測調査」の地点を示す。

2. 図中の有明海、八代海の緑色の範囲は海域区分を示す。

A1海域…有明海湾奥奥部	A2海域…有明海湾奥東部	A3海域…有明海湾奥西部
A4海域…有明海中央東部	A5海域…有明海湾央部	A6海域…有明海諫早湾
A7海域…有明海湾口部	Y1海域…八代海湾奥部	Y2海域…球磨川河口部
Y3海域…八代海湾央部	Y4海域…八代海湾口東部	Y5海域…八代海湾口西部

付図 3.6.1-1 底層溶存酸素量の調査地点



付図 3.6.1-2 底層溶存酸素量の経年変化[有明海](年間最低値)

出典:福岡県、佐賀県、長崎県「浅海定線調査結果」をもとに環境省作成

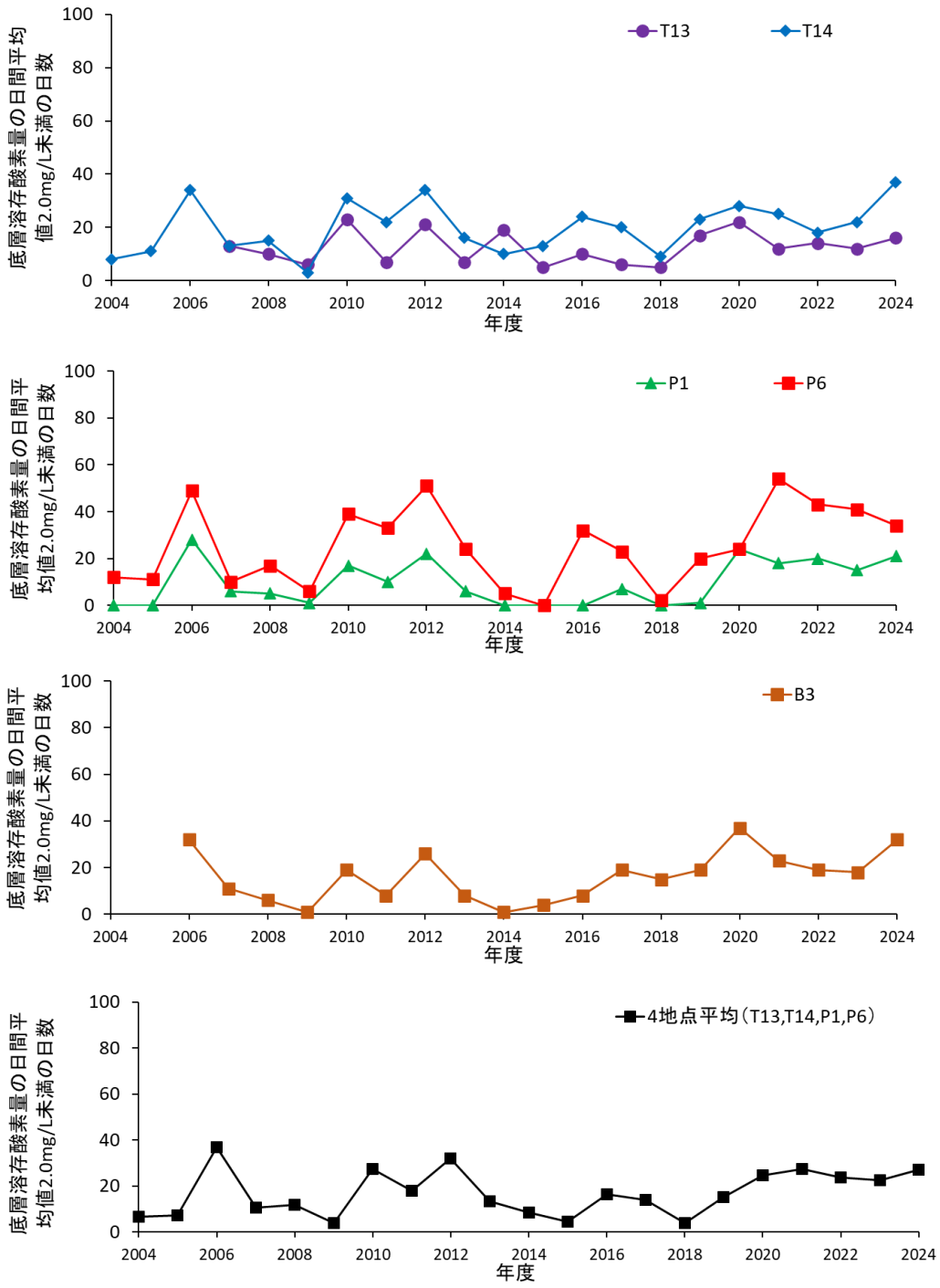
2004 年から有明海湾奥部で実施されている「有明海水質連続観測調査」及び 2006 年から諫早湾で実施されている「有明海貧酸素水塊広域連続観測」(地点は付図 3.6.1-1、海底上 0.2m 高さ)の結果を基に、底層溶存酸素量について、環境基準値(付表 3.6.1-1)を参考に、日平均値が 2.0mg/L 未満、3.0mg/L 未満、4.0mg/L 未満の日数を整理した(付図 3.6.1-3)。

各地点(4 地点:T13、T14、P1、P6)の平均でみると、日平均値が 2.0mg/L 未満の日数は過去 21 年間の平均で 16 日(最少 4 日～最多 37 日)、3.0mg/L 未満は 34 日(16 日～55 日)、4.0mg/L 未満は 55 日(34 日～73 日)であった。経年的には、年変動がみられるものの、概ね横ばい傾向にある。

付表 3.6.1-1　生活環境の保全に関する環境基準(底層溶存酸素量)

項目 / 類型	水生生物が生息・再生産する場の適応性	基準値 底層溶存酸素量
生物 1	生息段階において貧酸素耐性の低い水生生物が生息できる場を保全・再生する水域又は再生産段階において貧酸素耐性の低い水生生物が再生産できる場を保全・再生する水域	4.0mg/L以上
生物 2	生息段階において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が生息できる場を保全・再生する水域又は再生産段階において貧酸素耐性の低い水生生物を除き、水生生物が再生産できる場を保全・再生する水域	3.0mg/L以上
生物 3	生息段階において貧酸素耐性の高い水生生物が生息できる場を保全・再生する水域、再生産段階において貧酸素耐性の高い水生生物が再生産できる場を保全・再生する水域又は無生物域を解消する水域	2.0mg/L以上

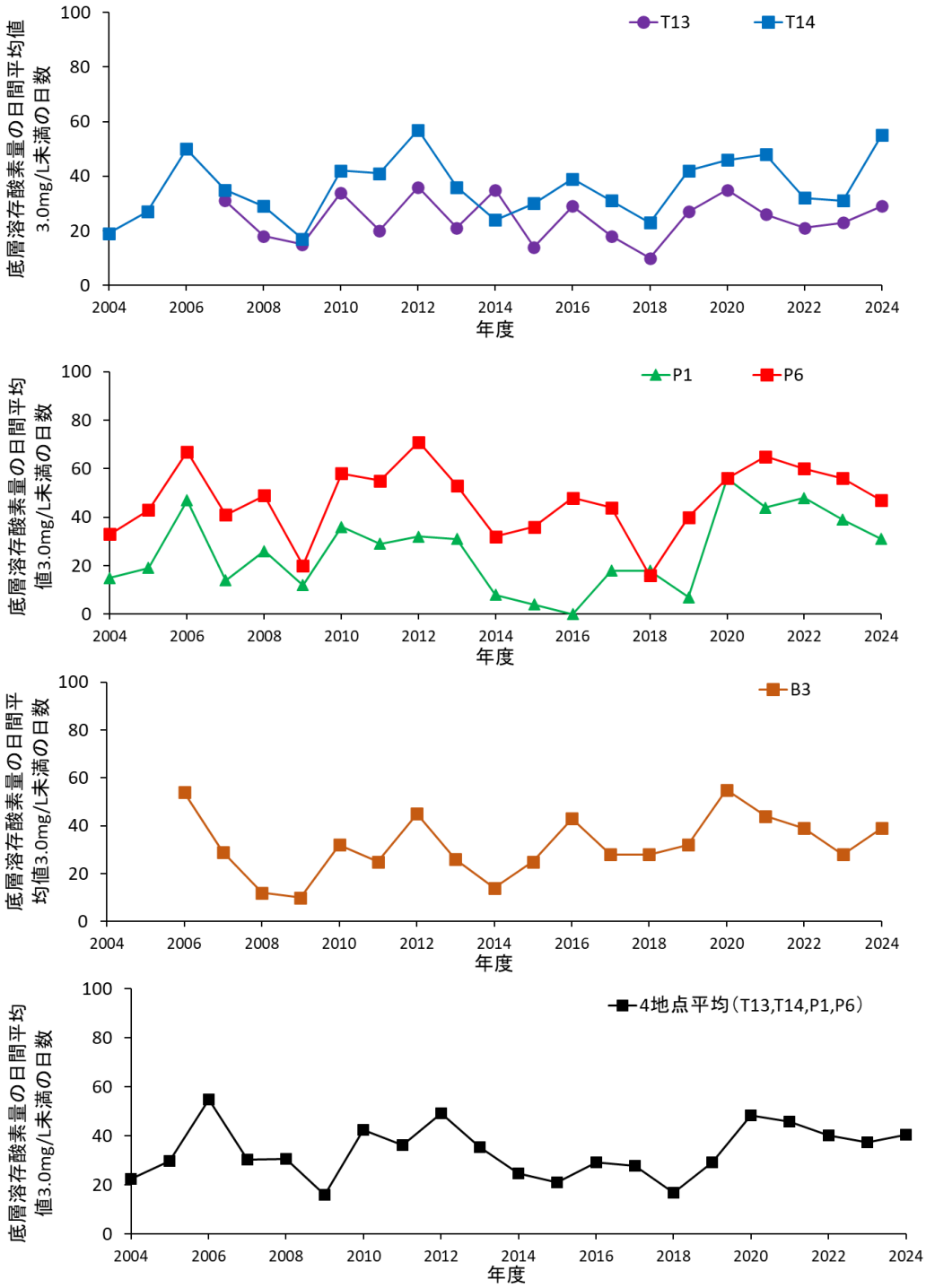
出典:水質汚濁に係る環境基準(昭和 46 年環境庁告示第 59 号)



注)1.各年度、各地点の底層溶存酸素量の日平均値が 2.0mg/L 未満となった日数を記載。なお、観測期間は 6 月～9 月を中心に行われており、詳細な観測日数は各年度、各地点により異なる。
2.4 地点平均の図中、2004 年～2006 年は 3 地点(T14,P1,P6)の平均である。

付図 3.6.1-3(1) 各期間の底層溶存酸素量の日平均値(2.0mg/L 未満)の状況(連続観測調査)

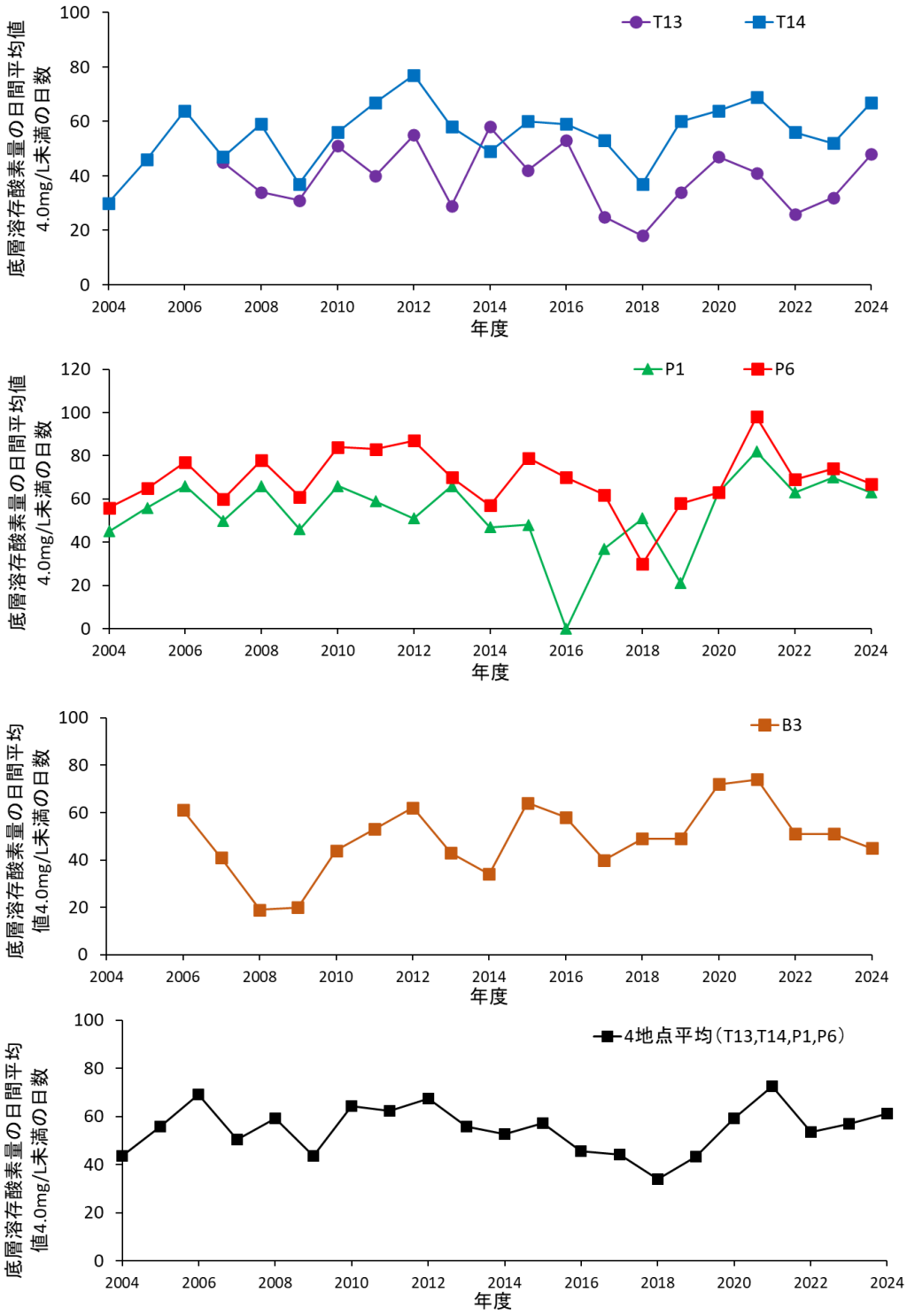
出典：国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所「有明海水質連続観測調査結果」及び農林水産省九州農政局「有明海貧酸素水塊広域連続観測結果[諫早湾]」をもとに環境省作成



注）1.各年度、各地点の底層溶存酸素量の日平均値が 3.0mg/L 未満となった日数を記載。なお、観測期間は 6 月～9 月を中心に行われており、詳細な観測日数は各年度、各地点により異なる。
2.4 地点平均の図中、2004 年～2006 年は 3 地点（T14,P1,P6）の平均である。

付図 3.6.1-3（2） 各期間の底層溶存酸素量の日平均値(3.0mg/L 未満)の状況（連続観測調査）

出典：国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所「有明海水質連続観測調査結果」及び農林水産省九州農政局「有明海貧酸素水塊広域連続観測結果[諫早湾]」をもとに環境省作成



注）1.各年度、各地点の底層溶存酸素量の日平均値が 4.0mg/L 未満となった日数を記載。なお、観測期間は 6 月～9 月を中心に行われており、詳細な観測日数は各年度、各地点により異なる。
2.4 地点平均の図中、2004 年～2006 年は 3 地点（T14,P1,P6）の平均である。

付図 3.6.1-3（3）各期間の底層溶存酸素量の日平均値(4.0mg/L 未満)の状況（連続観測調査）

出典：国立研究開発法人水産研究・教育機構西海区水産研究所「有明海水質連続観測調査結果」及び農林水産省九州農政局「有明海貧酸素水塊広域連続観測結果[諫早湾]」をもとに環境省作成

3.6.2 貧酸素水塊の発生状況

有明海における主要な貧酸素水塊は、夏期に有明海湾奥部と諫早湾の 2 か所で別々に発生する(平成 28 年度委員会報告図 3.6.5)。各海域で発生した貧酸素水塊が他の海域の底層溶存酸素量に与える影響については、定量的な評価に至っていない。鉛直的には、貧酸素水塊は主として出水による淡水供給によってもたらされる密度躍層よりも下層に形成され、有明海湾奥部では浅海域で特に溶存酸素量が低下する。このように浅い海域で貧酸素水塊が発達することは有明海の特徴である[1)]。さらに、有明海湾奥部及び諫早湾の貧酸素水塊は潮汐混合の影響を強く受けており、潮流が弱い小潮時に発達しやすく、潮流が強い大潮時には緩和あるいは解消することが多い [1)]。これは、潮流が弱まる小潮時に成層が発達するため貧酸素水塊が発達したものである。また、台風等によって強風が連吹した場合にも鉛直混合によって成層が弱まり、貧酸素は緩和あるいは解消する。ただし、成層が強い場合には、数週間にわたって貧酸素化が継続することもある(平成 28 年度委員会報告)。

平成 28 年度委員報告以降も、有明海においては、毎年夏期の小潮期を中心に有明海湾奥部と諫早湾の 2 か所で貧酸素水塊が別々に発生している。九州北部地方で豪雨が記録された 2021 年には、大規模な貧酸素水塊が発生した。8 月 2 日と 31 日における底層溶存酸素濃度の分布を付図 3.6.2-1 に示す。大規模出水により貧酸素水塊の分布面積が増加したことが判明した。

河川からの大規模出水が底層溶存酸素量の動態に与える影響については、有明海における流体力学モデルと低次生態系モデルを用いた解析によって、大規模出水の総流量が多いと貧酸素状態の継続日数が長くなること等が示唆されている[2)]。「2.2 河川からの土砂流入」に記載のとおり、近年、九州北部地方では大雨に伴う大規模な出水が発生しており、貧酸素水塊の発生との関連についても、今後の調査研究が必要である。

また、平成 28 年度委員会報告において、有明海湾奥部における貧酸素水塊発生の模式図(付図 3.6.2-2 の上段)が示された。有明海湾奥部では、出水によって大量の淡水が供給されたり、小潮時に潮汐混合が弱まって沖合から海底に沿って高密度水が進入すると、密度成層が発達する。密度成層が発達すると、表層から躍層以深への酸素供給が減少する。また、躍層の上ではしばしば赤潮が発達し、赤潮が終息すると大量の有機物が底層に供給され、底泥・底層水の酸素消費が増大する。このようにして急速な貧酸素化が生じる。さらに、底生動物がへい死すると、底質悪化と貧酸素化が進行し、底層水は無酸素状態となる。沖合域(水深 10m 以深)においては、潮汐による鉛直混合の影響は浅海域と比べて弱くなり、成層が形成されると底泥・底層水の酸素消費により徐々に貧酸素化し、台風等の擾乱が起きるまで底層溶存酸素量が低い状態が持続する。沖合域では浅海域に遅れて貧酸素化が起こることが多い。

その後、観測値の詳細な解析の結果、半日スケールでの底層溶存酸素の変動幅(干潮と満潮の差)は干潟縁辺域が大きく、沖合域は小さいことから干潟縁辺域においては底層

---

1)速水祐一(2007):有明海奥部の貧酸素水塊, 海洋と生物, 第 173 号, pp.577-583

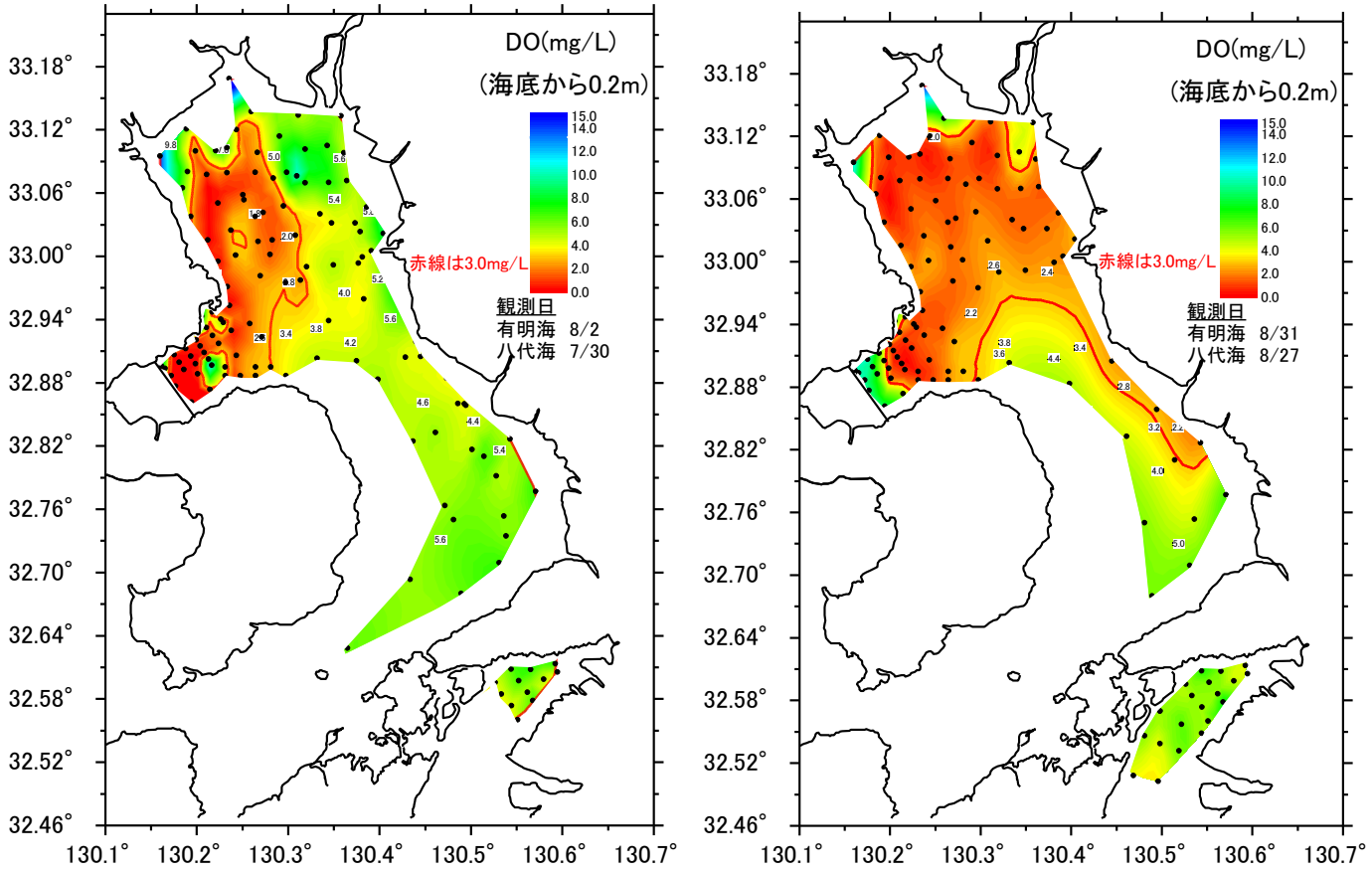
2)Lin HAO,Yuya SATO,Shinichiro YANO,Bing XIONG,Baixin CHI(2021):Effects of Large-Scale Effluent of the Chikugo River due to 2020 Kyushu Floods on the Development of Hypoxia in the Ariake Sea, 土木工学会論文集 B2(海岸工学), Vol.77, No.2, pp.865-870

水の移流が大きく、沖合域は小さい[3)]と推察されている。また、水深 5m 程度の干潟縁辺域（A1 海域）と水深 15m 程度の沖合域（A3 海域）では貧酸素状態の継続時間等は大きく異なり[4)]、底層酸素消費は干潟縁辺域が沖合域より大きいことが判明している[5)]。以上のことから、A1 海域と A3 海域では溶存酸素変動特性が異なることが判明した（付図 3.6.2-2 の下段）。

3)徳永貴久，児玉真史，木元克則，柴原芳一(2009)：有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の形成特性，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. B2-65，No.1，pp. 1011-1015

4)山口創一，経塚雄策(2006)：諫早湾における貧酸素水塊形成機構，海の研究，Vol.15,pp.37-5

5)児玉真史，徳永貴久，木元克則，柴原芳一(2009)：夏季の有明海奥部における基礎生産速度と有機懸濁物質の分解特性，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol. B2-65，pp.1006-1010

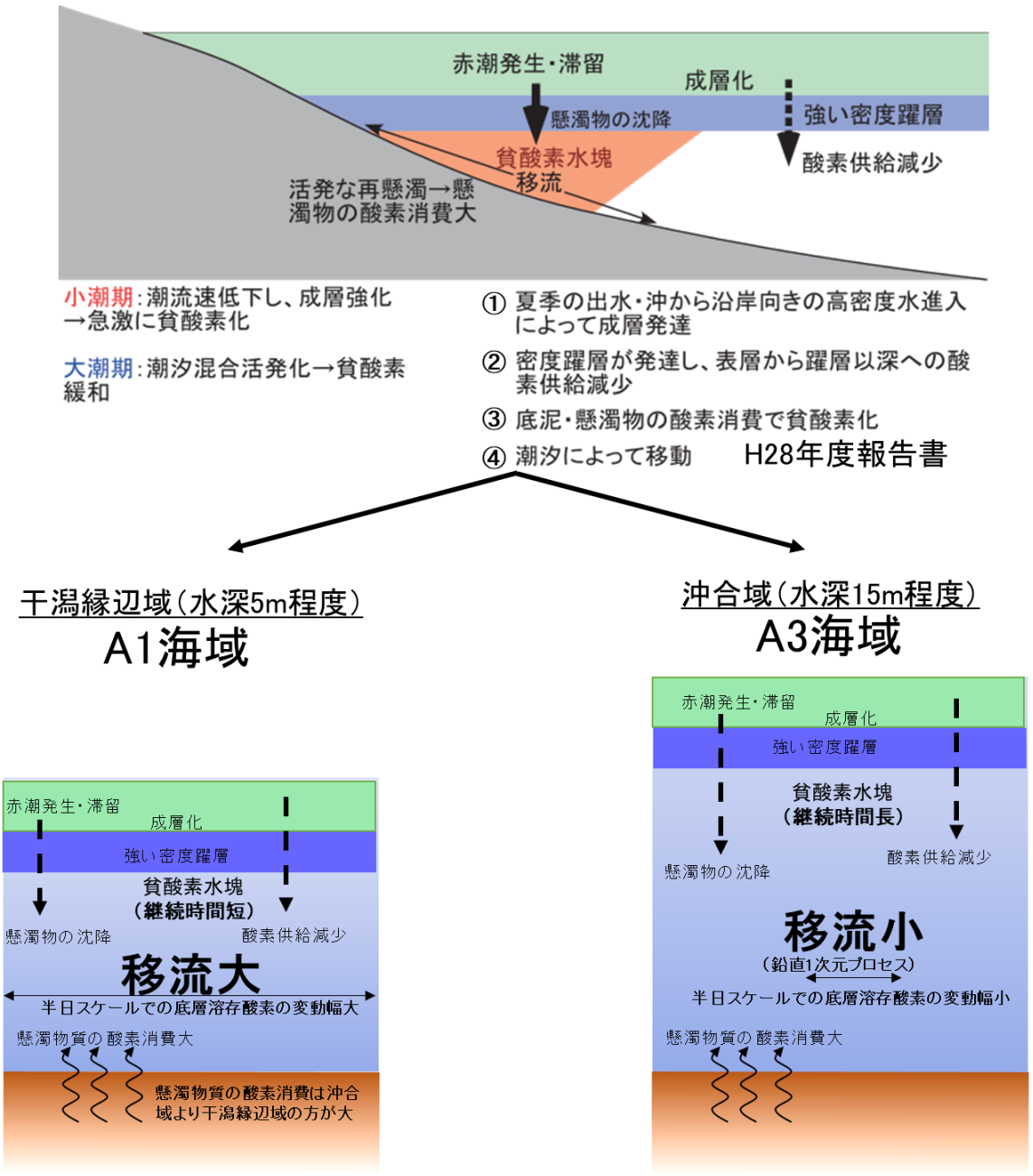


8 月 14 日に筑後川日平均流量(速報値)が 4000m^3/s を超える出水

付図 3.6.2-1 有明海及び八代海における底層溶存酸素濃度の分布

(左図:2021 年 8 月 2 日、右図:2021 年 8 月 31 日)

出典:水産研究・教育機構水産技術研究所、農林水産省九州農政局、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、長崎県総合水産試験場、長崎県県南水産業普及指導センター、熊本県水産研究センター、九州大学、佐賀大学、日本ミクニヤ株式会社による共同一斉観測



付図 3.6.2-2 有明海湾奥部における貧酸素水塊発生の模式図

出典：（上図）有明海・八代海等総合調査評価委員会（2017）「有明海・八代海等総合調査評価委員会報告」
（下図）環境省（2020）「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資料４」

3.6.3 貧酸素に関わる酸素消費特性

海域の酸素消費が大きく、酸素供給を上回るようになると貧酸素化が進行する。底層水中の酸素消費には底泥と海水それぞれによる酸素消費が影響するが、平成 28 年度委員会報告では、有明海湾奥部の場合、海水による寄与(海水中の懸濁物による酸素消費を含む)が 70%、底泥による寄与が 30%との実験結果があり、底泥に比べ海水による酸素消費の寄与が大きく、中でも懸濁物質による酸素消費が大きいことが報告されている。また、海域起源の有機物量が多いほど酸素消費速度が大きくなることが示された[6)]。これらの結果は、有明海の貧酸素水塊発達に対しては、植物プランクトン等海域で生産された有機物分解の影響が大きいことを示している。

その後の研究により、有明海奥部の 2 定点における底層水の生物学的酸素消費と化学的酸素消費の寄与率を現場実験により算出し、観測点によって酸素消費過程が大きく異なることが示された[7)]。また、貧酸素水塊形成時における全酸素消費に対する DOC(溶存態有機炭素) の分解の寄与は全体の約 2.1%～4.4%を占めていた[8)]。さらに、渦鞭毛藻 *Akashiwo sanguinea* やラフィド藻 *Chattonella* sp.の夜間の底層での呼吸が、懸濁物及び堆積物に起因する酸素消費とともに貧酸素化へ寄与する可能性が高いことが示されるなど[9)、10)]、貧酸素を引き起こす酸素消費過程は多様であることが判明している。

6)児玉真史, 徳永貴久, 木元克則, 柴原芳一(2009):夏季の有明海奥部における基礎生産速度と有機懸濁物質の分解特性, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.65, No.1,pp.1006-1010

7) 徳永貴久, 速水祐一, 木元克則(2016):有明海奥部の 2 定点における底層水の生物学的酸素消費と化学的酸素消費, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 72, No.1, pp.12-21

8) 内野宏治, 猪股はるか, 田原沙紀, 高巣裕之(2019):有明海奥部における酸素消費に対する水柱中の有機炭素分解の寄与, 水環境学会誌, 42 巻, 5 号, pp. 195-200

9) 徳永貴久, 松山幸彦, 長副 聡(2021):渦鞭毛藻 *Akashiwo sanguinea* の日周鉛直移動に伴う底層の酸素消費, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.77, No. 1, pp. 55-64

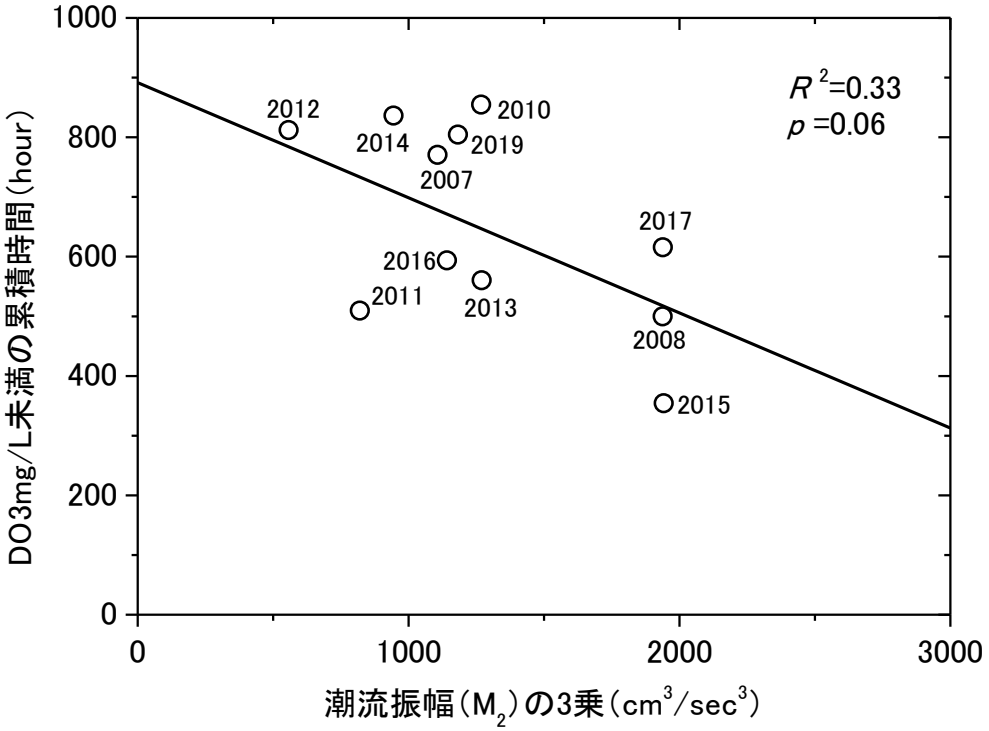
10) Sou Nagasoe, Takahisa Tokunaga, Tatsuya Yurimoto, and Yukihiko Matsuyama(2020):Survival and behavior patterns associated with hypoxia at different life stages of the pen shell *Atrina* cf. *japonica*, Aquatic Toxicologyc, Vol. 227, 105610

3.6.4 貧酸素の経年変化特性

2004 年以降水産技術研究所等によって、有明海湾奥部において底層溶存酸素量の連続観測が実施されている。継続的な貧酸素モニタリング結果を用いて、干潟縁辺域（T13：A1 海域）と沖合域（P6：A3 海域）のそれぞれについて貧酸素と潮流との関係を検討した。干潟縁辺域と沖合域における夏期（7 月～9 月）の底層溶存酸素濃度 3mg/L 未満（タイラギ稚貝の生残に影響する溶存酸素濃度[11)]）の累積時間と底層流速から評価した M_2 潮の潮流振幅の 3 乗との関係を付図 3.6.4-1 と付図 3.6.4-2 に示す。なお、この M_2 潮の潮流振幅の 3 乗は、海底摩擦による鉛直混合を表す指標として用いた。干潟縁辺域及び沖合域のいずれも相関関係がみられ、M_2 潮の潮流振幅の 3 乗が大きければ、鉛直混合が大きく密度成層は形成しにくく[12)]、底層溶存酸素濃度 3mg/L 未満の累積時間は小さくなることが示唆された。ただし、底層溶存酸素の変動は、河川からの淡水供給、干潟縁辺域における密度成層の形成、潮流振幅の変化 [12)]等が影響しており、貧酸素化のプロセスを完全には説明できないため、今後定量的な評価に関する調査研究が必要である。

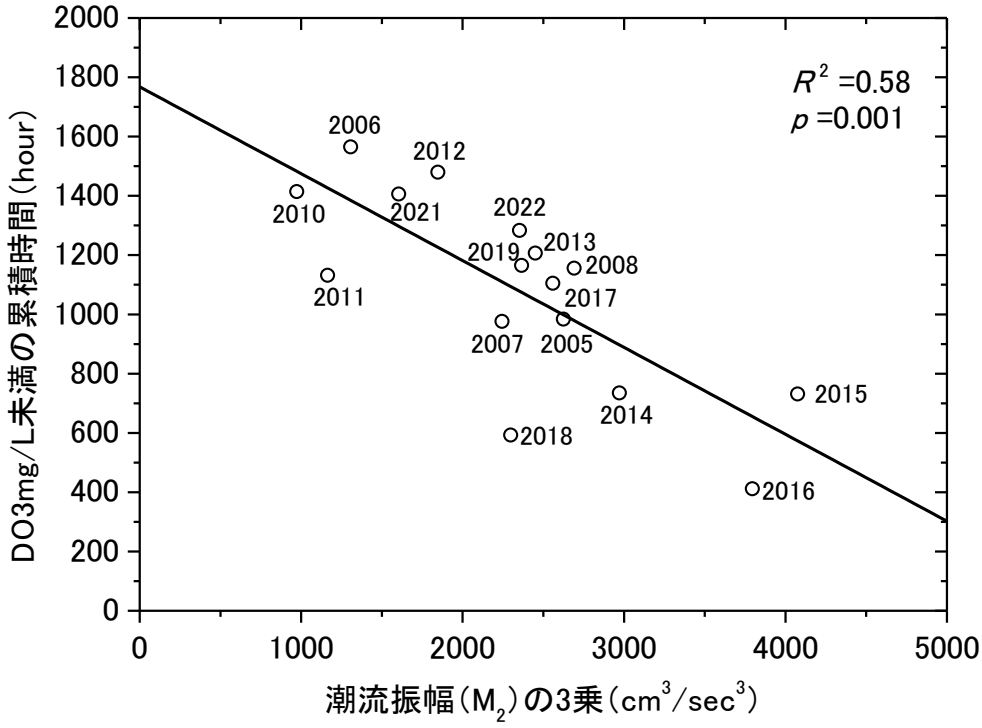
11） Yuichi Hayami, Naoki Fujii, Kazumaro Okamura, Hiroyuki Takasu, Yu Umezawae, Minoru Wada（2024）：Bottom water hypoxia enhanced by vertical migration of the raphidophyte *Chattonella* sp. in the Ariake Sea, Japan, Regional Studies in Marine Science, Vol. 80, 103919

12） 徳永貴久，田井　明，木元克則（2013）：有明海湾奥西部の干潟縁辺域における DO 経年変動特性，土木学会論文集 B3（海洋開発），69 巻，2 号，pp. I_1018-I_1023



付図 3.6.4-1 干潟縁辺域(T13)における底層潮流振幅の 3 乗と
7 月～9 月における溶存酸素(DO)3mg/L 未満の累積時間との関係

出典:令和 4 年度水産庁委託「漁場環境改善推進事業(栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発)」
をもとに環境省作成



付図 3.6.4-2 沖合域(P6)における底層潮流振幅の 3 乗と
7 月～9 月における溶存酸素(DO)3mg/L 未満の累積時間との関係

出典:令和 4 年度水産庁委託「漁場環境改善推進事業(栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発)」
をもとに環境省作成

3.6.5 まとめ

有明海の浅海定線調査(基本的に毎月 1 回大潮満潮前後に調査)によると、データのある 1972 年度以降、8 地点のうち佐賀県の 4 地点(湾奥奥部、湾奥西部、湾央部)において、底層溶存酸素量は経年的に減少する傾向がみられた。

有明海では、夏期に有明海湾奥部と諫早湾の 2 か所で別々に発生する。鉛直的には、貧酸素水塊は密度躍層よりも下層に形成され、有明海湾奥部では浅海域で特に溶存酸素量が低下する。さらに、有明海湾奥部及び諫早湾の貧酸素水塊は潮汐混合の影響を強く受けており、潮流が弱い小潮時に発達しやすく、潮流が強い大潮時には緩和あるいは解消することが多い。

海域の酸素消費が大きく、酸素供給を上回るようになると貧酸素化が進行するが、平成 28 年度委員会報告では、有明海湾奥部の場合、底泥に比べ海水による酸素消費の寄与が大きく、中でも懸濁物質による酸素消費が大きいことが報告されている。その後、酸素消費には、DOC の分解や、渦鞭毛藻やラフィド藻の呼吸も一定の寄与がある可能性が示されており、貧酸素を引き起こす酸素消費過程は多様であることが判明している。

令和 3 年度中間とりまとめにおいては、気候変動に伴う気温や水温の上昇、豪雨やそれに伴う大規模出水等による影響も顕在化している状況等を踏まえて有明海・八代海等の再生に係る評価を適切に実施することとされた。河川からの大規模出水が底層溶存酸素量の動態に与える影響については、有明海におけるモデル解析によって、大規模出水の総流量が多いと貧酸素状態の継続日数が長くなること等が示唆された。実際に、九州北部地方で豪雨が記録された 2021 年には、大規模な貧酸素水塊が発生した。

有明海湾奥部の干潟縁辺域とその沖合域では、貧酸素の状況を示す夏期の底層溶存酸素濃度 3mg/L 未満(タイラギ稚貝の生残に影響する溶存酸素濃度)の累積時間と、M_2 潮の潮流振幅の 3 乗との間に有意な相関がみられ、潮流振幅と貧酸素水塊の累積時間に関係があることが示唆された。ただし、底層溶存酸素の変動は、河川からの淡水供給、干潟縁辺域における密度成層の形成、潮流振幅の変化等が影響しており、貧酸素化のプロセスを完全には説明できないため、今後定量的な評価に関する調査研究が必要である。

3.7 藻場・干潟等

藻場・干潟は、水質浄化や生物多様性の維持（多様な生物種の保全、産卵場や成育場の提供）、ブルーカーボン等として多様な機能を有し、良好な水環境を維持する上で重要な役割を果たしている。特に、有明海・八代海等の泥質干潟は、国内で本海域のみに生息する固有種の生息環境として、希有な生態系を形成するとともに、我が国有数の渡り鳥の中継地又は越冬地ともなっており、一部の干潟は、シギ・チドリ類等が数多く飛来する重要な場として、ラムサール条約登録湿地となっている。

また、有明海湾奥部にはカキ礁が分布しており、藻場・干潟と同様に水質浄化、貧酸素水塊の軽減、生物多様性の向上等の機能を有していることから、有明海の良好な水環境の形成に重要な役割を果たしている。

さらには、有明海・八代海等においては、海洋ごみの漂流・漂着による生物生息環境を含めた海洋環境への影響、港湾・漁港・海岸施設の適正な管理や航行船舶の安全確保等への影響等が懸念されていることから、これらの情報について整理した。

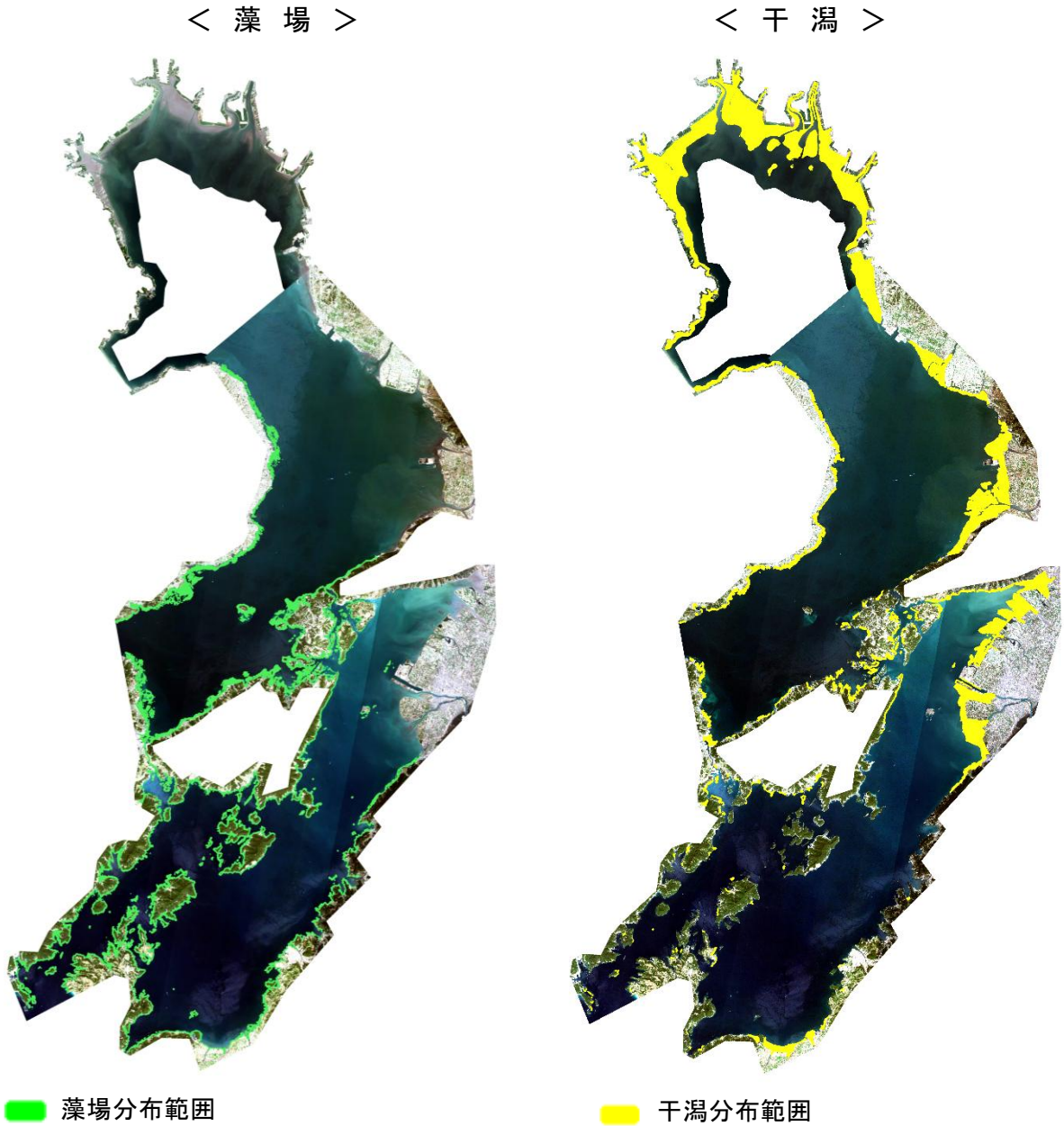
3.7.1 有明海・八代海の藻場・干潟

(1) 衛星画像解析による藻場・干潟の分布状況調査

環境省では、2018 年度から 2019 年度及び 2024 年度から 2025 年度において衛星画像解析手法を用いて、有明海及び八代海における藻場・干潟の最新の分布状況について定量的な把握が行われている。

衛星画像解析による有明海及び八代海における藻場・干潟分布図は付図 3.7.1-1 に示すとおりであり、2024 年度～2025 年度におけるこれらを集計した面積としては、有明海においては藻場が 1,062ha、干潟が 17,753ha、八代海においては藻場が 672ha、干潟が 4,427ha であった（付表 3.7.1-1）。

2018 年度から 2019 年度と 2024 年度から 2025 年度の調査結果を比較すると、藻場面積は約 55％減少している。ほぼすべての海域で藻場確認地点数が減少しており、減少要因として、2024 年の夏は高水温で継続したことで、海藻類に生理的障害が生じるとともに、植食性魚類の摂食圧も高くなっていたと推察される。これらの要因が複合的に作用し、藻場確認地点数が減少したものと考えられる。



付図 3.7.1-1 有明海・八代海における藻場・干潟分布図（左：藻場、右：干潟）

出典：環境省（2026）「令和 7 年度有明海・八代海における干潟調査等業務報告書」

付表 3.7.1-1 有明海・八代海における藻場・干潟面積

海域	藻場面積（ha）		干潟面積（ha）	
	2018～2019 年度	2024～2025 年度	2018～2019 年度	2024～2025 年度
有明海	1,457	1,062	18,799	17,753
八代海	2,385	672	4,992	4,427
有明海・八代海合計	3,842	1,734	23,791	22,180

※各海域の面積は小数点第2位以下を四捨五入し、表中に記載の面積は小数点第1位以下を切り捨てているため、合計値が合致しない場合がある。

出典：環境省（2020）「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 6 回海域環境再生方策検討作業小委員会資料 4-2-⑦」、環境省（2026）「令和 7 年度有明海・八代海における干潟調査等業務報告書」

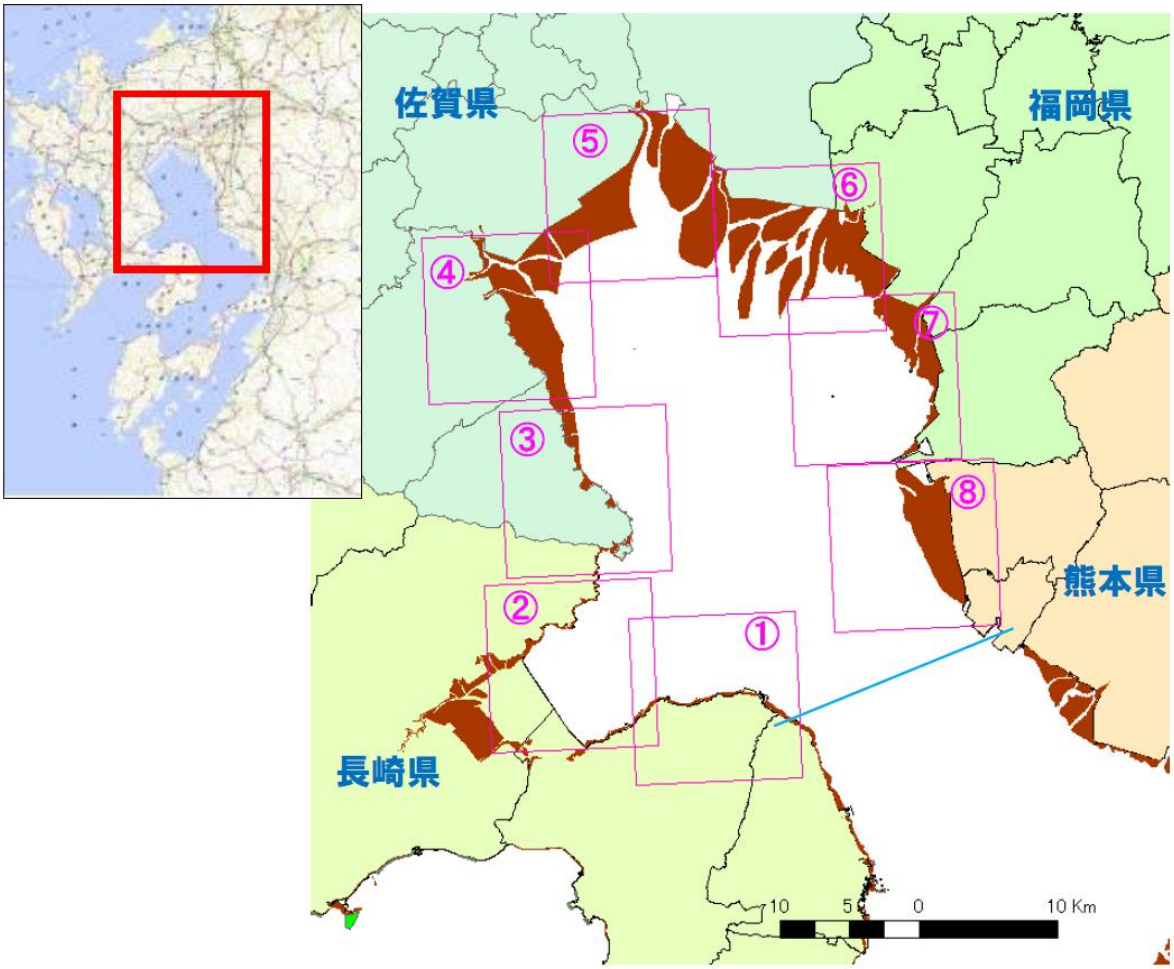
一方で、有明海・八代海の藻場・干潟の経年的な分布状況の把握は、これまで環境省による第 2 回、第 4 回及び第 5 回の自然環境保全基礎調査で行われており、経年的な藻場・干潟の分布状況を把握するためには、これらの既往調査と同様の手法で調査する必要がある。このため、2018 年度から 2019 年度において、有明海・八代海の一部エリアを対象にヒアリング調査による藻場・干潟の分布状況の調査が行われた（付図 3.7.1-2、付図 3.7.1-3）。これまでの調査結果は付表 3.7.1-2 に示すとおりである。ただし、ヒアリング調査結果は、一部エリアの集計結果であり必ずしも全体の傾向を捉えていない可能性や、調査時期による差異がある点に留意が必要である。

変動要因としては、漁業管理や再生活動等（藻場）、土砂堆積（干潟）、水温上昇や食害等（藻場）、出水による土砂流出等（干潟）が挙げられるが、詳細は不明であり、今後、要因分析が必要である。

付表 3.7.1-2 藻場・干潟の面積にかかる調査結果

海域		既往知見			ヒアリング調査
		第 2 回自然環境保全基礎調査 (ha)	第 4 回自然環境保全基礎調査 (ha)	第 5 回自然環境保全基礎調査 (ha)	
		1978 年度	1989～1991 年度	1997 年度	2018～2019 年度
藻場	有明海	1,186	880	786	863
	八代海	460	453	521	645
藻場合計		1,647	1,333	1,308	1,508
干潟	有明海	18,887	18,009	17,765	18,819
	八代海	2,746	2,687	2,661	2,794
干潟合計		21,633	20,696	20,606	21,613

注）1.第 2 回及び第 4 回自然環境保全基礎調査は水深 20mまでの結果であり、第 5 回自然環境保全基礎調査は水深 10mまでの結果である。
2.小数点以下を四捨五入しているため、合計値が合致しない場合がある。また、経年変化の割合は四捨五入した後の値で試算した。
3.上表の藻場・干潟の面積は、2018 年度から 2019 年度に実施したヒアリング調査と同じ範囲のみを対象に整理した面積であり、平成 28 年度委員会報告に記載されている面積とは異なることに留意が必要。
出典：環境省（2020）「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 6 回海域環境再生方策検討作業小委員会資料 4-2-⑦」

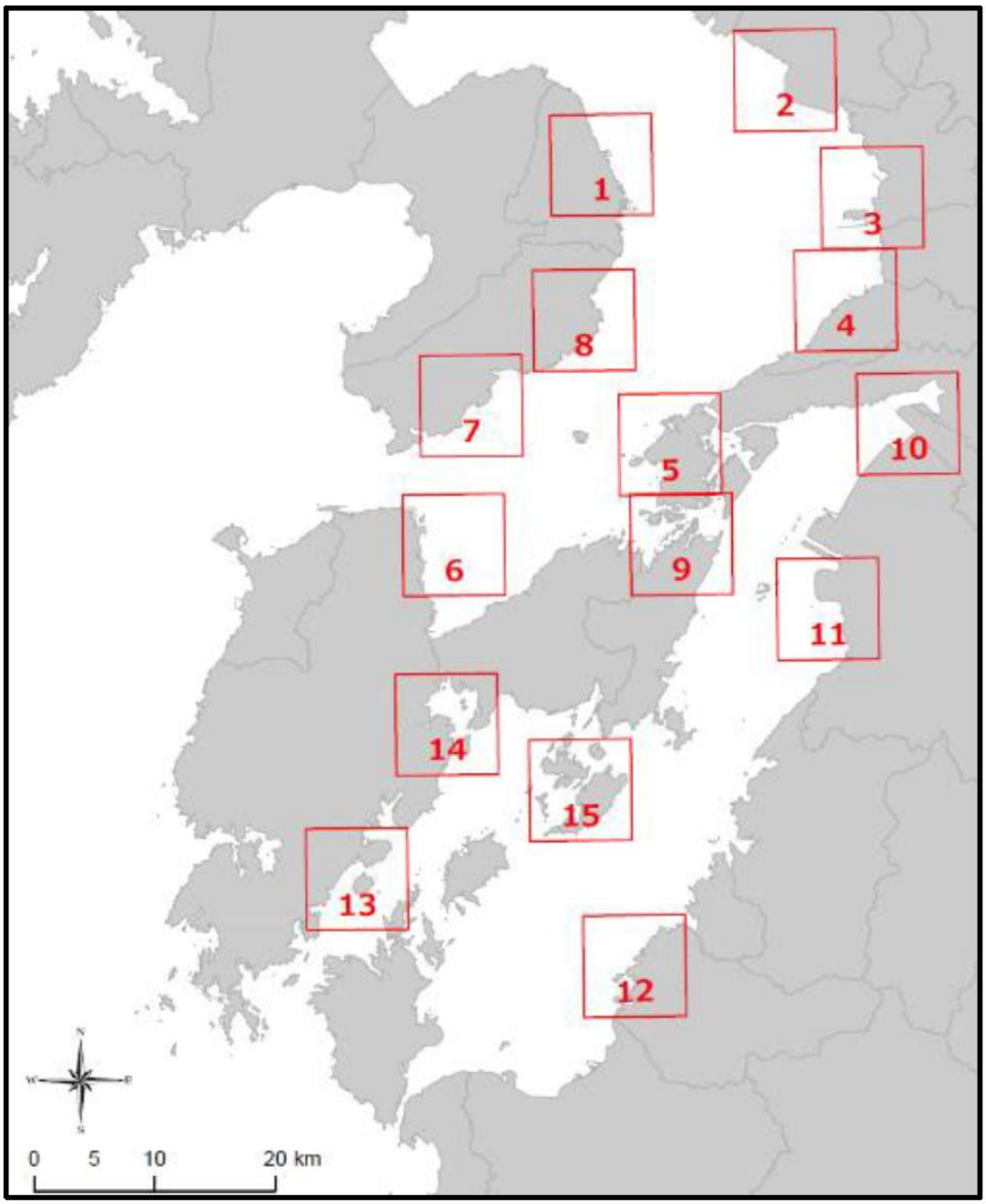


:ヒアリング調査の範囲

:干潟(第 5 回自然環境保全基礎調査)

付図 3.7.1-2 ヒアリング調査の範囲(2018 年度)

出典:環境省(2019)「有明海における干潟調査等業務報告書」2.1.4



:ヒアリング調査の範囲

付図 3.7.1-3 ヒアリング調査の範囲(2019 年度)

出典:環境省(2020)「有明海・八代海における干潟調査等業務報告書」2.3

(2) ラムサール条約登録湿地に関する情報

有明海には、ラムサール条約登録湿地が 3 か所(①東よか干潟、②肥前鹿島干潟、③荒尾干潟)存在し(付図 3.7.1-4)、各干潟において環境モニタリング調査や市民参加による調査活動等が実施されている(付表 3.7.1-3)。



付図 3.7.1-4 有明海におけるラムサール条約登録湿地の位置図

出典:環境省(2025)「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 16 回海域環境再生方策検討作業小委員会資料 4」

付表 3.7.1-3 ラムサール条約登録湿地における環境モニタリング調査や市民参加による調査活動

干潟名(市町村名)	主な調査の概要	調査年
①東よか干潟(佐賀市)	・市民による底生生物調査(干潟) ・佐賀大学による底生生物調査(周辺海域)	2016 年～
②肥前鹿島干潟(鹿島市)	・環境特性・底生生物調査(水質・底質・底生生物) ・干潟生物調査(潟踏みによる効果確認調査) ・塩田川感潮域調査 ・市民調査への活用調査	2015 年～ 2022 年～ 2023 年 2023 年
③荒尾干潟(荒尾市)	・干潟の生きもの観察会 ・荒尾干潟水鳥・湿地センター職員による野鳥観察	2019 年～

出典:環境省(2025)「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 16 回海域環境再生方策検討作業小委員会資料 4」

ア) 東よか干潟におけるモニタリング調査結果

・東よか干潟は軟泥質であり、容易に立ち入ることができないため、底生生物の生息調査などはほとんど実施されていなかった。そこで、2016 年度には、底生生物の種類や生息範囲を網羅的に把握する調査を実施し、絶滅危惧種 38 種を含む 79 種が生息することが確認された。

・2016 年以降の出現種数は 48 種～80 種で推移しており、大きな増減は確認されていない。

・有明海湾央部、湾口部の荒尾干潟、長島干潟と比較すると、総種数は少ないものの絶滅危惧種の種数は多く、軟泥質に生息する底生生物にとって東よか干潟は重要な生息場であることが示唆された。

・文献調査及び 2016 年～2023 年の現地調査で確認された絶滅危惧種は 62 種であり、泥質干潟に依存する種(ウミマイマイ、テリザクラガイ)等が多かった。一方で、外

来種は 8 種確認されており、近年出現が確認され分布を広げているトライミズゴマツボは、泥質干潟に生息するウミマイマイ等と競合関係にあり、絶滅危惧種等の生息を脅かす可能性が示唆される。

イ）肥前鹿島干潟におけるモニタリング調査結果

・肥前鹿島干潟では、ラムサール条約登録湿地での大きな環境変化や気候変動等による長期的な影響を捉えるため、2015 年度から底質・底生生物等の調査が継続的に実施されている。また、潟踏みによる効果的な干潟底泥の還元化防止作用の実証実験も実施されている。

・2020 年～2023 年の底生生物の確認種数に大きな変動はみられないものの、地点による変化傾向が異なることなどから、今後も継続的なモニタリングが必要である。

・2023 年には絶滅危惧種のクロヘナタリガイ、テリザクラガイ、ハナグモリ等が確認された一方、外来種であるトライミズゴマツボの個体数が夏季に最も多くなる地点が確認されるなど、干潟生態系への影響を注視する必要がある。

・当該干潟の環境調査については、今後、ラムサール条約登録湿地への理解・関心を深めるための市民調査として活用することが考えられる。

ウ）荒尾干潟におけるモニタリング調査結果

・荒尾干潟水鳥・湿地センターの職員による毎日の野鳥観察では、2020 年度以降、79 種～103 種の野鳥が観察されており、2022、2023 年度は 100 種を超えている。

・確認された野鳥のうちレッドリスト記載種は 15 種であり、チドリ科・シギ科のシロチドリ、ハマシギ、カモメ科のズグロカモメ、トキ科のクロツラヘラサギ等が、また、ミサゴ、ハヤブサ等の猛禽類も観察されている。

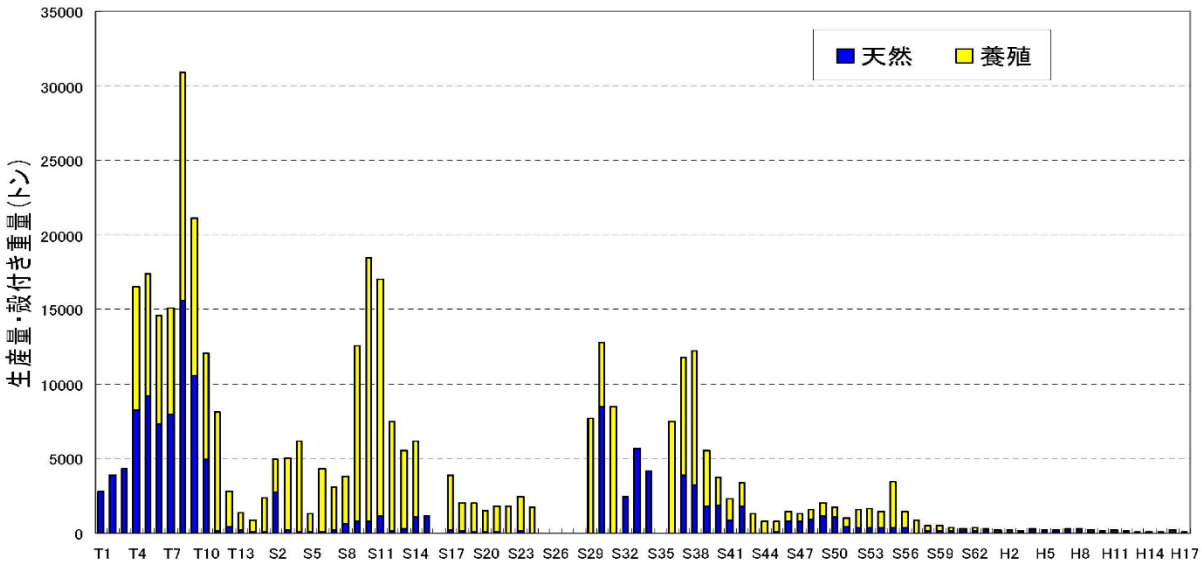
3.7.2 有明海湾奥部のカキ礁

(1) 有明海湾奥部のカキ礁の推移

カキは、岩や石積み護岸では平面的に着生するが、泥干潟では泥に埋まらないよう、かつ摂餌・呼吸活動のため、上へ伸びて立体的に成長して群体を形成する[1)]。ここでは、そのようにカキが層状に積み重なって発達した礁をカキ礁と呼ぶ。

有明海湾奥部の干潟縁辺域にはかつて広大なカキ礁が存在した。主にスミノエガキの増殖床として、自然と調和しながら地まき養殖によって人為的に育成・形成されてきており、有明海の水質浄化等に重要な役割を果たしてきたと考えられている。かつて 2 万tを超える生産量があったものの、全国的に垂下養殖法によるカキ生産が普及するとともに、ノリ養殖場へ転換が進み、1977 年に 546ha あったカキ礁は、漁場整備等のため、2006 年～2007 年には 161ha に減少し、30 年間に分布面積で 1/3、生物量として 1/4 になっていると推定される(付図 3.7.2-1～付図 3.7.2-4)。

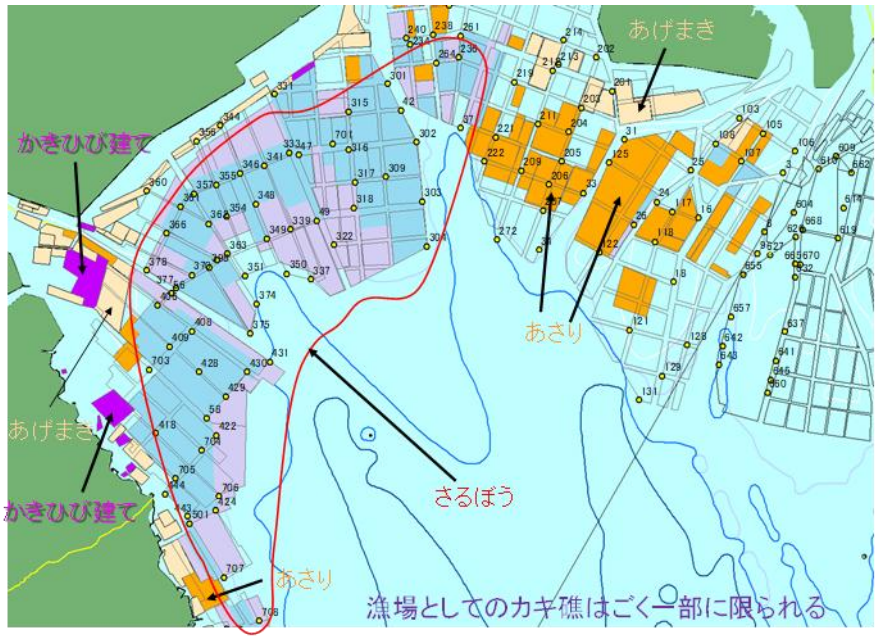
また、多くのカキ礁は、夏期に主にナルトビエイの食害(2000 年頃から顕在化)により、現存量が大きく低下している。



付図 3.7.2-1 佐賀県有明海におけるカキ生産量の推移

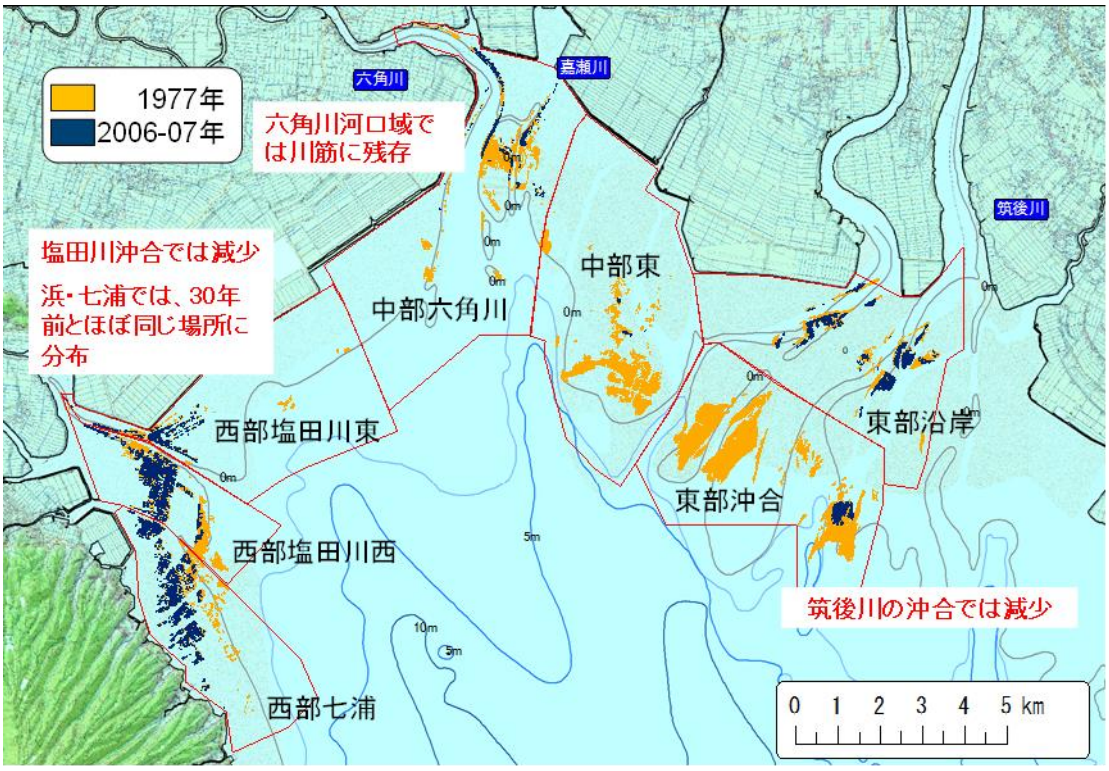
出典:環境省(2024)[1)]

1) 環境省(2024)「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 15 回水産資源再生方策検討作業小委員会、海域環境再生方策検討作業小委員会資料 2-1」



付図 3.7.2-2 有明海奥部の区画漁業権図(佐賀県)

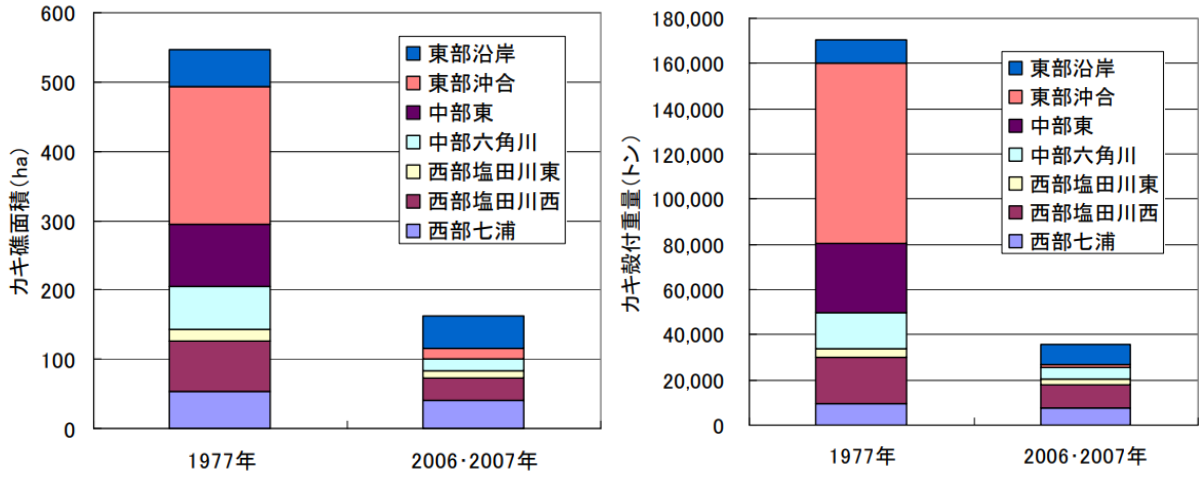
出典:環境省(2024)[1)]



付図 3.7.2-3 有明海奥部におけるカキ礁の分布(1977 年と 2006、2007 年の比較)

水産庁委託「有明海等漁業関連情報提供委託事業」に基づく

出典:環境省(2024)[1)]



付図 3.7.2-4 カキ礁分布面積(左)とカキ生物量(右)の推計
(1977 年及び 2006、2007 年)

出典:環境省(2024)[1)]

(2) カキ礁の現状

有明海のカキ礁は、3 種のカキ(マガキ・スミノエガキ・シカメガキ)からなり、地盤高の低い水際でスミノエガキが多く、カキ礁の頂部でシカメガキが多い(付図 3.7.2-5)。

また、カキ礁は、現状の有明海の海域環境においても、二枚貝資源としては最大規模であり、水質浄化、貧酸素水塊の軽減、生物多様性向上等の機能を有している。佐賀県においては、カキの設置によるノリ養殖漁場の環境改善に向けた実証調査が漁業者と協同で行われている。

・水質浄化機能

カキが1日にろ過する海水は 400 リットルとも言われ[2)]、二枚貝類の中でも特にろ過能力が高い。二枚貝類は代謝を通じて植物プランクトンの増殖抑制などの水質浄化機能を有している。

・貧酸素水塊の軽減

赤潮の抑制によって底層に供給される有機物が減少すると、貧酸素水塊の抑制に繋がると考えられる。有明海湾奥部におけるカキ礁の貧酸素抑制効果を数値解析したところ、カキ礁を増やした場合の方が表層の植物プランクトン密度は低下し、底層溶存酸素量は高い結果となった[3)]。

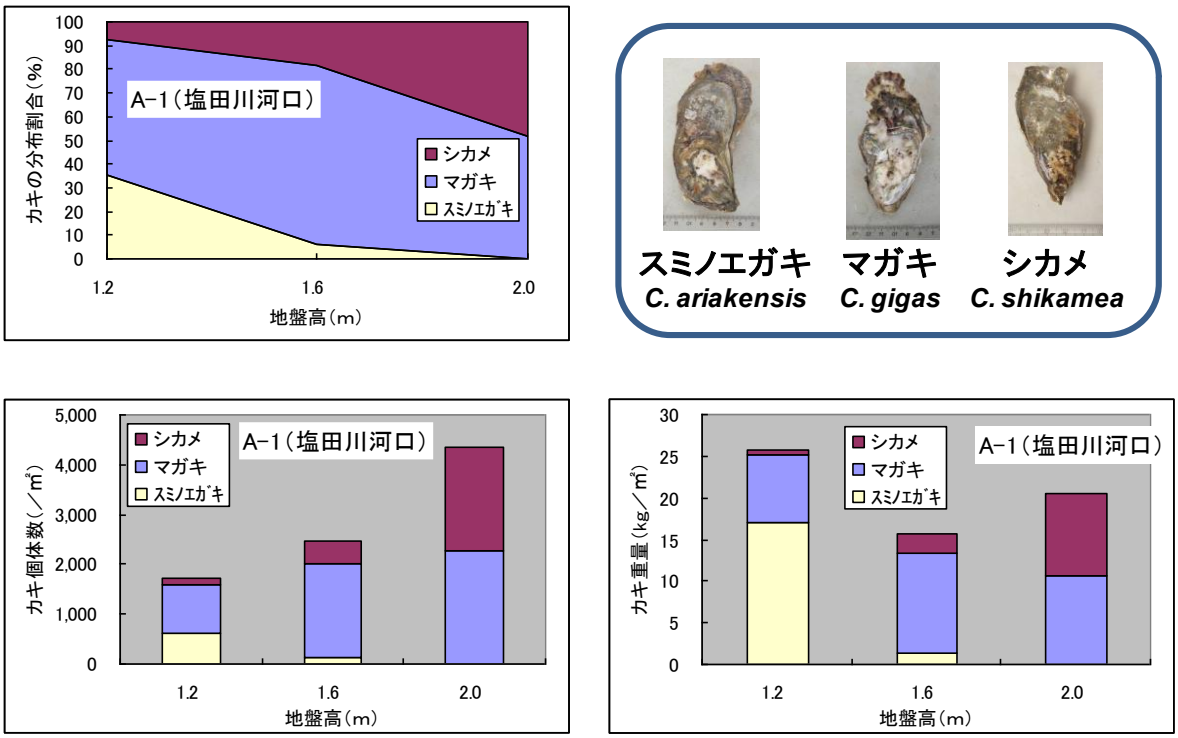
・生物多様性の向上

泥干潟の上にカキ礁が形成されると、そこに多くのベントスが生息し、単調な泥干潟に比べて生物多様性が高くなる。また、カキ礁はヤマノカミ・ハゼクチ等の有明海特産種を含む多くの魚類(エツ、ヒラ、サッパ、コイチ、ウナギ、スズキ等)にとって、産卵場・成育場・摂餌場として利用されている(平成 28 年度委員会報告、付図 3.7.2-6)。

・ノリ養殖の生産安定

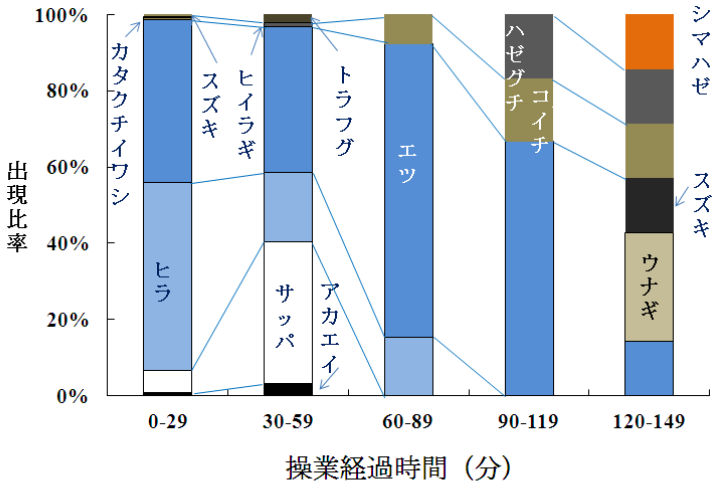
2) 水産庁 HP(https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/tamenteki/kaisetu/gyogyou_katudou/)
3) 山口創一, 速水祐一, 木元克則(2015):カキ礁による有明海貧酸素水塊の抑制効果, 沿岸海洋研究, 第 53 巻, 第 1 号, pp.25-38

カキによる植物プランクトンの捕食はノリの色落ち被害の防止につながり、ノリ養殖の生産安定にも貢献すると考えられる（平成 28 年度委員会報告）。



付図 3.7.2-5 有明海のカキ礁における 3 種のカキの鉛直的分布

出典：環境省（2024）[1)]



付図 3.7.2-6 こうで待網漁の操業 30 分ごとの魚類の種類別出現状況

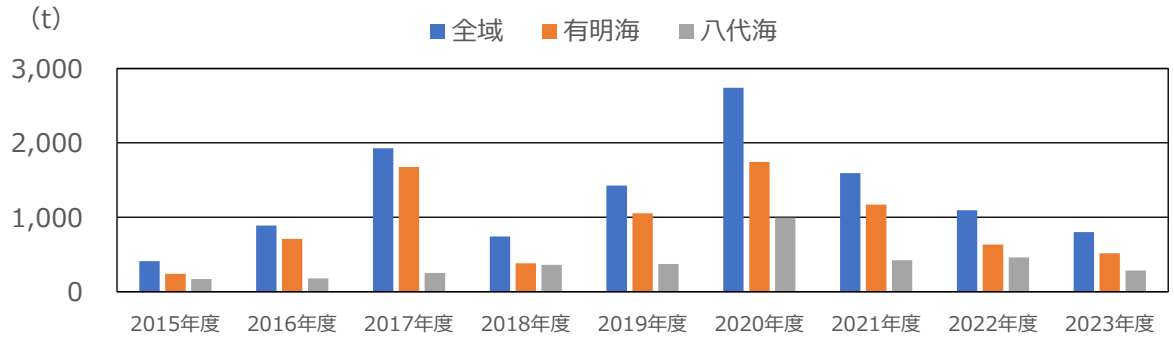
出典：環境省（2024）[1)]

3.7.3 海洋ごみ

日本の沿岸には毎年多くのごみが漂着しており、有明海、八代海等においても、国、地方公共団体、関係者が連携し、生物の生息環境を含めた海洋環境の保全、港湾・漁港施設や海岸保全施設の適正な管理、航行船舶の安全確保等の観点から、流木等の海洋ごみの回収・処理等が行われている。ここでは、環境省と国土交通省で把握している海洋ごみの回収量に限定して整理する。

環境省では、地方公共団体での海洋ごみの回収・処理に財政的支援を行っており、有明海、八代海等においても、本事業を活用して多くの漂流漂着物を継続的に処理することにより、海岸機能の低下や環境・景観の悪化、船舶航行の妨害等を防止している。また、特に大雨の直後等には多くの流木・漂着ごみなどが確認されることから、これらの回収・処理等にも活用されている。

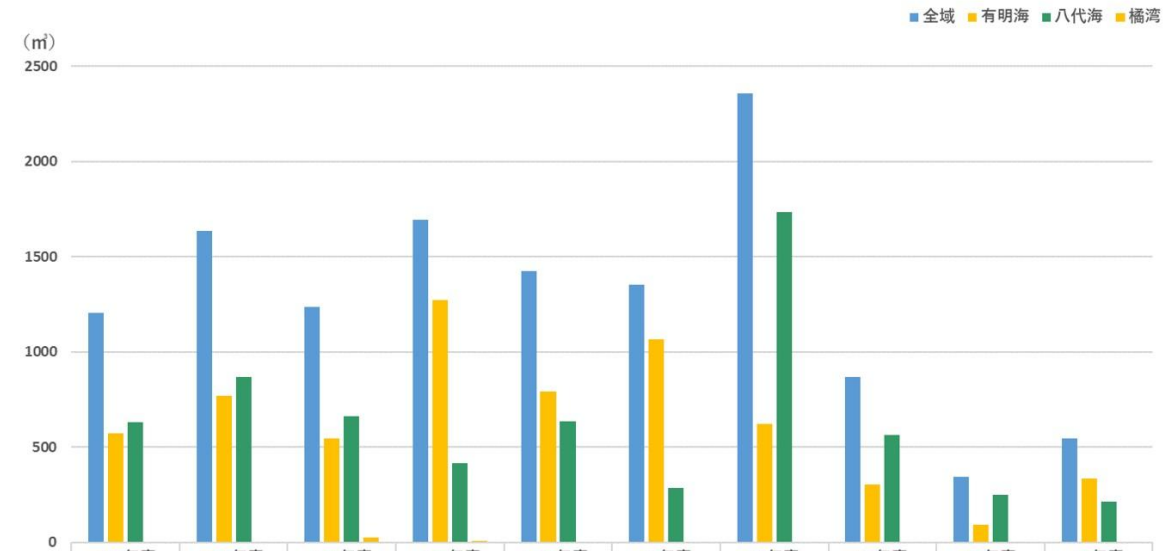
2023 年度には、有明海で約 516t、八代海で約 285t の海洋ごみの回収・処理が行われた(付図 3.7.3-1)。



付図 3.7.3-1 有明海・八代海における海洋ごみの回収量の推移

出典:環境省(2024)「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 14 回海域環境再生方策検討作業小委員会資料 2-3」

また、国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務所では、海洋環境整備船を配備し、有明海・八代海における海面清掃を行っており、2025 年度には有明海で 333m^3、八代海で 212m^3 のごみが回収された（付図 3.7.3-2）。



	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	R1年度	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度
全域	1205	1637	1235	1695	1425	1353	2356	868	342	544
有明海	574	768	545	1271	791	1068	622	302	93	333
八代海	629	869	663	417	634	285	1734 ※	565	249	212
橘湾	2	0	27	7	0	0	0	0	0	0

※令和2年度のごみ回収が多いのは、7月豪雨の影響で河川から八代海へごみが流出したため

付図 3.7.3-2 有明海・八代海における
国の海洋環境整備船（海輝・海煌）によるごみ回収量の推移

出典：国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務所 HP

なお、令和 2 年 7 月豪雨による有明海・八代海への漂流物流入を受けて、海洋環境整備船「海輝」「海煌」「がんりゅう」の 3 隻のほか、災害協定団体、沿岸県や漁業者団体が連携し、漂流物の回収が 2020 年 7 月 4 日～31 日に実施され、28 日間で 15,883m^3 の漂流物が回収された。この回収量のうち「海輝」「海煌」の回収量は、付図 3.7.3-2 に示す 2020 年度のごみ回収量に含まれている。

3.7.4 その他

また、有明海に注ぐ熊本市の白川や、八代海に注ぐ宇城市の大野川の河口域の干潟で、特定外来生物である *Spartina* 属植物によるコロニー形成が確認されている。*Spartina* 属植物による群落はその密度の高さと成長の速さから、干潟を草原化・陸地化することが危惧されており[4)]、専門家、国、県、関係市等が連携して、2015 年から防除が行われている。

なお、自然海岸の状況に関しては、新たな知見は得られていない。

4) 玉置雅紀, 瀧崎吉伸 (2015)：国内における *Spartina* 属植物の侵入実態とその影響, 水環境学会誌, Vol.38 (A), No. 2, pp.61-66

3.7.5 まとめ

藻場・干潟は、水質浄化や生物多様性の維持、ブルーカーボン等として多様な機能を有し、良好な水環境を維持する上で重要な役割を果たしている。

衛星画像解析による有明海及び八代海における藻場・干潟面積については、2024 年度から 2025 年度における調査の結果、有明海においては藻場が 1,062ha、干潟が 17,753ha、八代海においては藻場が 672ha、干潟が 4,427ha であった。

また、2018 年度から 2019 年度において、有明海・八代海の一部エリアを対象に実施されたヒアリング調査の結果、対象エリアにおける藻場・干潟面積の変動が確認された。変動要因としては、漁業管理や再生活動等（藻場）、土砂堆積（干潟）、水温上昇や食害等（藻場）、出水による土砂流出等（干潟）が挙げられるが、詳細は不明であり、今後、要因分析が必要である。

有明海にはラムサール条約登録湿地が 3 か所(東よか干潟、肥前鹿島干潟、荒尾干潟)存在し、各干潟において環境モニタリング調査や市民参加による調査活動等が実施されている。各湿地には、魚類、プランクトン、カニ、貝、ゴカイ類等の多様な生き物が生息しているが、近年は外来種による生態系への影響も懸念されている。

有明海湾奥部においては、地まき養殖によりカキ礁が広く分布していたが、ノリ養殖場への転換等により過去 30 年間で面積・生物量ともに大きく減少しており、カキ礁の有する水質浄化、貧酸素水塊の軽減、生物多様性向上等の機能の低下が懸念される。

海洋ごみについては、国、地方公共団体、関係者が連携し回収・処理等が行われている。漂流漂着物の発生量は、その年の豪雨等の有無に影響されると考えられ、生物の生息環境を含めた海洋環境の保全、港湾・漁港・海岸保全施設の適正な管理、航行船舶の安全確保の観点から、引き続き連携した取組が必要である。

熊本市及び宇城市の河川河口域では、特定外来生物の *Spartina* 属植物による干潟の草原化が危惧されており、専門家、国、県、関係市等が連携して、2015 年から防除が行われている。

3.8 赤潮

3.8.1 赤潮の発生状況

赤潮は主に微細藻類が異常増殖することにより、海水が変色する現象を総称する。赤潮の発生そのものは自然現象であるが、その発生頻度や規模は全海域の富栄養化の進行に伴って変化することが指摘されており[1)]、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海では COD、T-N 及び T-P の流入に対する水質総量削減、赤潮発生の監視が行われている。

付図 3.8.1-1 に有明海、八代海、橘湾における赤潮の発生件数を示した。有明海では 1998 年頃から、八代海では 1998 年～2000 年頃から赤潮の発生件数が増加しており、2000 年～2024 年までの平均発生件数（有明海 37 件/年、八代海 16 件/年）は 1970 年代～1980 年代（有明海 15 件/年、八代海 8 件/年）の 2 倍以上となっている。

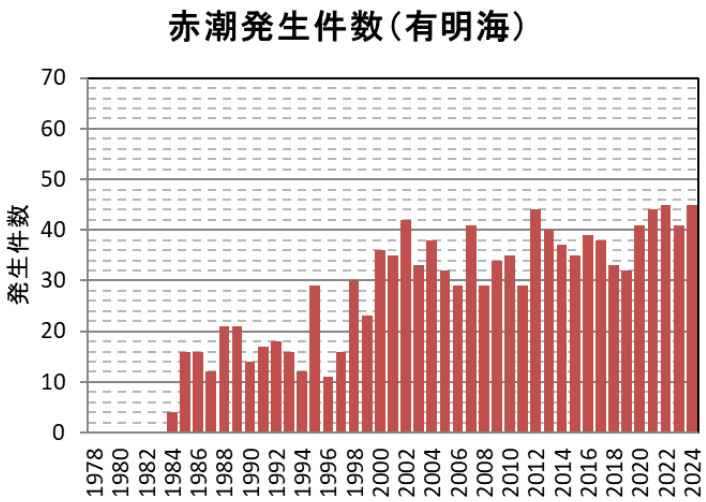
なお、赤潮の発生は原則として海域における着色現象を集計したものであるが、1998 年～2000 年以降、着色現象の程度によらず、ノリの色落ちなどの漁業被害が報告されるようになり、これらの現象も赤潮として扱われている。また、赤潮の調査体制の強化や調査頻度の増加、原因となる珪藻類の優占種ごとに発生件数をカウントするなど報告の精緻化が図られているため、同じ微細藻類の出現状況であっても発生件数が多く計上されている可能性があることから、過去の数値と単純比較できない点に留意する必要がある。

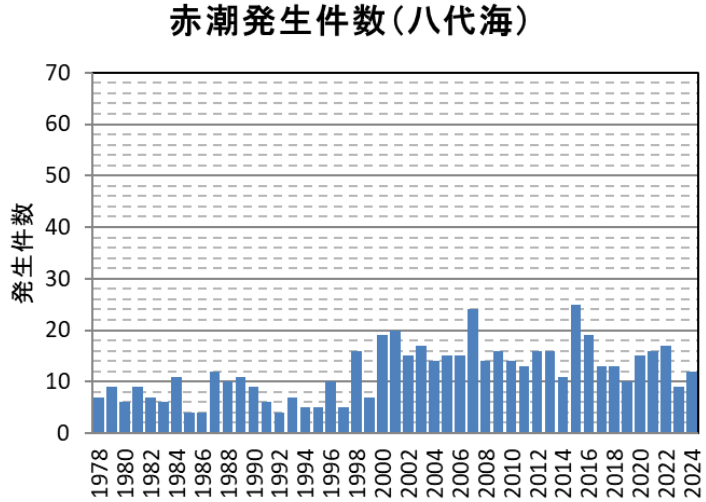
有明海における海域への直接負荷量を含めた COD、T-N 及び T-P の汚濁負荷量（3.1 汚濁負荷量）は、直近 5 年間（2018 年度～2023 年度）は 1975 年度～1980 年度と比較して、COD で 77%、T-N で 66%（底質由来最小値の場合）、T-P で 67%に減少している。赤潮発生件数が増加した 1990 年代後半以降、汚濁負荷量は概ね横ばい傾向となっており、汚濁負荷量と赤潮発生件数の間に長期的な連動性はみられない。

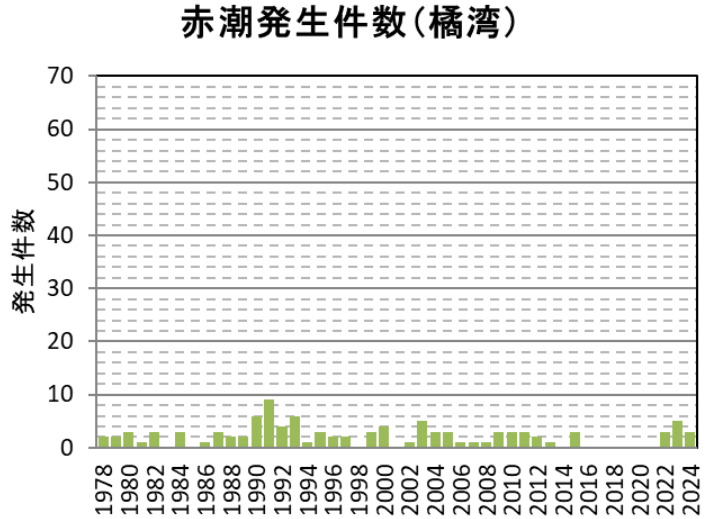
八代海における海域への直接負荷量を含めた汚濁負荷量に関して、COD については、直近 5 年間（2018 年度～2023 年度）は 1975 年度～1980 年度と比較して、64%に減少した。T-N 及び T-P については、1990 年代中頃から増加し 2010 年度以降は減少傾向にあるが、直近 5 年間は 1975 年度～1980 年度と比較して T-N で 122%（底質由来最小値の場合）と高く、T-P では 87%（底質由来最小値の場合）程度となっている。八代海での赤潮の発生件数については、1998 年以降増加し、1997 年以前の 2 倍程度と高い発生状態が続いており、汚濁負荷量と赤潮発生件数の間に長期的な連動性はみられない。

橘湾は 1991 年に 9 件、1990 年と 1993 年に 6 件、2023 年に 5 件の赤潮がみられたが、ほとんどの期間は 3 件/年前後で推移しており、増減傾向は認められない。2016 年～2021 年にかけては赤潮の発生はみられなかった。

1) 岡市友利（1997）：赤潮の科学（第二版），恒星社厚生閣，337pp.







注）赤潮発生は原則として海域における着色現象を集計したものであるが、1998 年～2000 年以降は、着色を伴わないものであっても被害（特にノリの色落ち被害）に応じて赤潮発生として扱われるため、過去と比較する場合、同じ微細藻類の出現状況であっても発生件数が多く計上されている可能性があることに留意する必要がある。

付図 3.8.1-1 有明海、八代海及び橘湾における赤潮発生件数の推移

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和 53 年～令和 6 年）」をもとに環境省作成

3.8.2 赤潮（種類別）の特徴

有明海・八代海等で発生する赤潮生物の例を付図 3.8.2-1 に示す。

赤潮生物は、種類によってその生理的・生態的性質や発生機構、水産生物への影響が異なるほか、赤潮生物間で種間競合関係にあることから、赤潮全体を包括的に評価することが難しいため、ここでは、赤潮の構成種の推移をまとめた上で、主な種類ごとの赤潮発生の状況、赤潮による漁業被害の概況を整理した。



注）写真の黒棒の長さは 50 μ m を示す。*Chattonella antiqua* については、*Chattonella marina* var. *antiqua* と表記する論文が提示されている[1)]。*Cochlodinium polykrikoides* については、*Margalefidinium polykrikoides* と標記する論文が提示されている[2)]。

付図 3.8.2-1 有明海・八代海等で発生する赤潮プランクトンの顕微鏡写真

出典：有明海・八代海等総合調査評価委員会（2017）「有明海・八代海等総合調査評価委員会報告」

(1) 構成種の推移

付図 3.8.2-2 に有明海、八代海及び橘湾における赤潮の構成種数の推移を示した。なお、1件の赤潮は複数種で構成されることが多いため、赤潮の発生件数と構成種数とは必ずしも一致しないことに留意が必要である。有明海では全期間を通じて珪藻による赤潮の発生頻度が全体の半数程度を占めるなど高く、渦鞭毛藻やラフィド藻がこれに続く。ラフィド藻による赤潮は 1988 年頃まではほとんど確認されていなかったが（有明海における *Chattonella* 属赤潮の初検出は 1984 年）、その後徐々に増加し、1998 年頃から、渦鞭毛藻と匹敵する頻度まで増加している。有明海で発生する代表的なラフィド藻は *Heterosigma akashiwo* と *Chattonella* 属（*C. antiqua*, *C. marina* 及び *C. ovata*）である。珪藻や渦鞭毛藻についても、1998 年頃から件数が増加していることが分かる。全体の構成

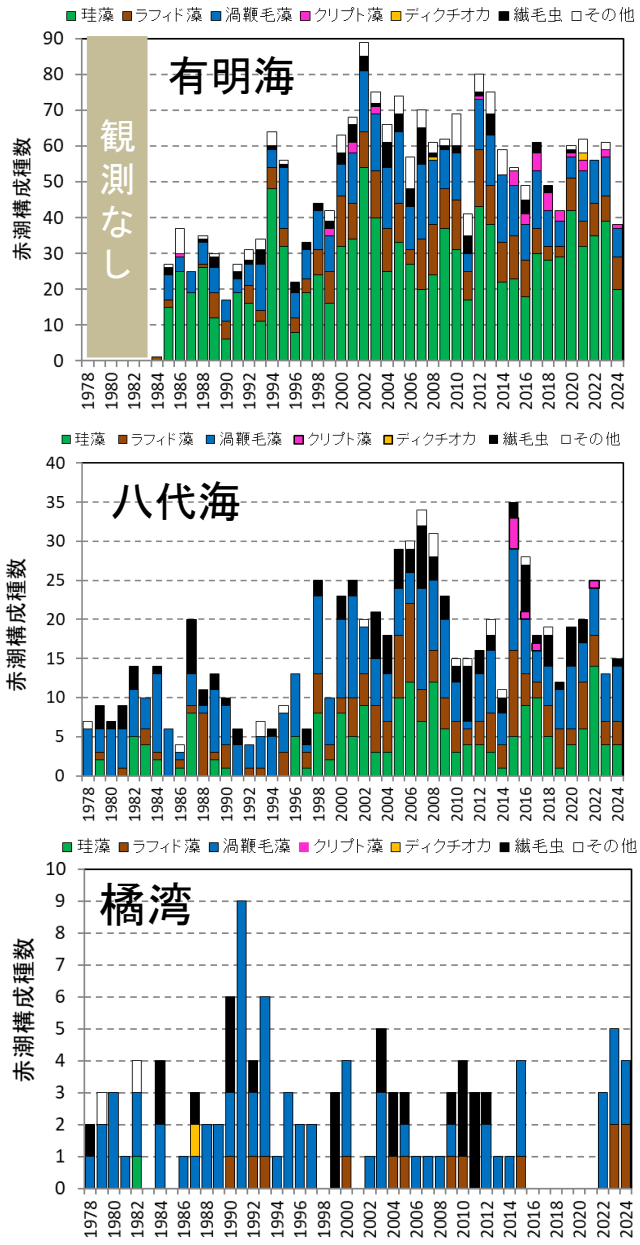
1) Demura M., Noël M-H, Kasai F., Watanabe M.M., Kawachi M (2009): Taxonomic revision of *Chattonella antiqua*, *C. marina* and *C. ovata* (Raphidophyceae) based on their morphological characteristics and genetic diversity., Phycologia, Vol.48(6) , pp. 518-535.

2) Gómez, F.; Richlen, M. L.; Anderson, D. M. (2017). Molecular characterization and morphology of *Cochlodinium strangulatum* , the type species of *Cochlodinium* , and *Margalefidinium* gen. nov. for *C. polykrikoides* and allied species (Gymnodiniales, Dinophyceae). Harmful Algae., Vol. 63, pp. 32-44.

割合について、1970 年代～1980 年代と比較してラフィド藻の割合の増加以外に、基本的に構成種の大きな変化は認められない。

八代海では 1998 年～2000 年頃から赤潮の発生件数が増加しているものの、渦鞭毛藻やラフィド藻の割合は 6 割程度と大きく変化していない。1991 年から 1995 年にかけて一時的に珪藻による赤潮が確認されないなど比率が低下しているものの、構成種の長期的な変動はほとんどみられない。

橘湾では渦鞭毛藻による赤潮が主体であり、1990 年代の初頭に弱い発生件数のピークが認められる以外、特に長期的な増加や減少傾向は認められない。なお、6年～7年おきに発生しているラフィド藻の赤潮の原因種は *Chattonella* 属である。



付図 3.8.2-2 有明海、八代海及び橘湾における赤潮構成種数の推移

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和 53 年～令和 6 年）」をもとに環境省作成

(2) 有明海・八代海等で発生する赤潮の種類ごとの特徴

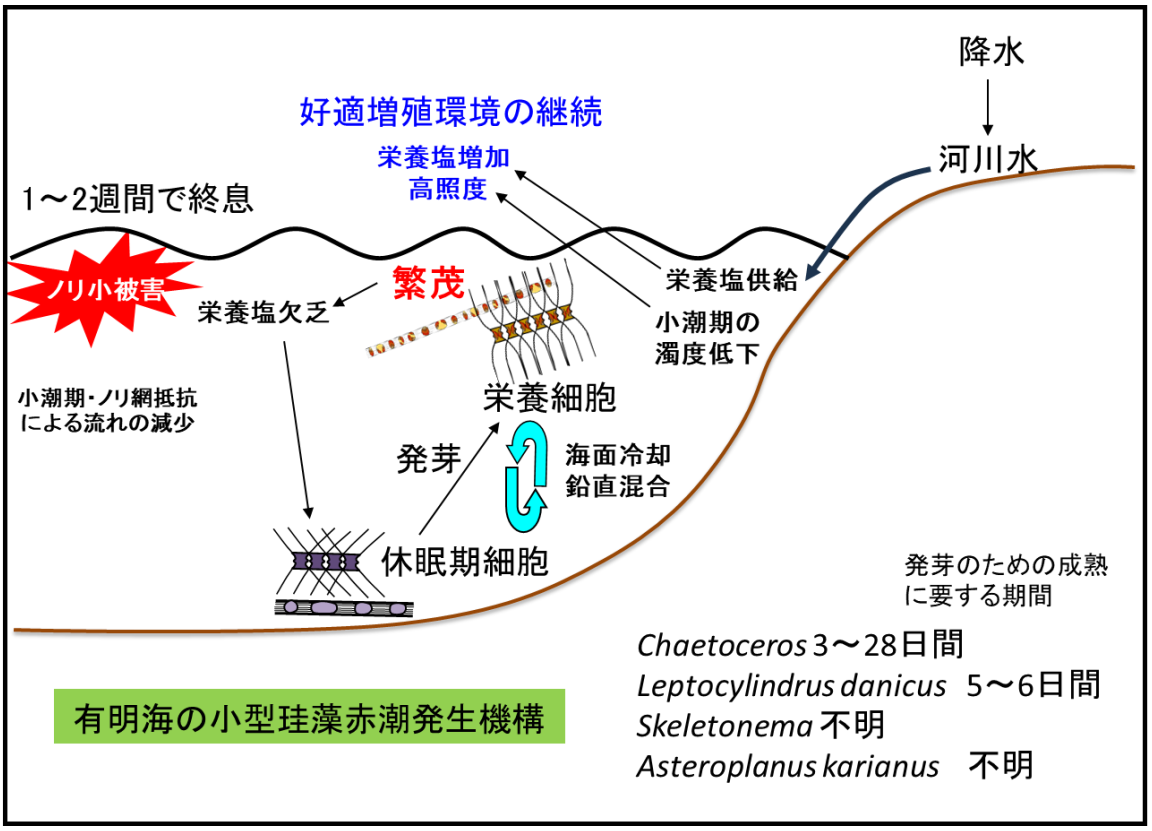
ア) 小型珪藻（年中発生）

＜特徴等＞

・珪藻は沿岸や内湾の基礎生産者として重要であり、食物連鎖の根幹をなす。

・珪藻の多くは、河川から栄養塩が供給されて塩分が減少し、強い照度を与える晴天が続くと底泥中の休眠期細胞が発芽、増殖して珪藻赤潮が発生する。

・有明海では、浮泥の再懸濁[3)]や土砂流入等による濁りが植物プランクトンの光合成を抑制しているが、透明度の上昇によって海底面の照度増加は発芽を促進し、赤潮発生の原因になると考えられる。



付図 3.8.2-3 小型珪藻の赤潮発生機構

3) 八木ら(2005) 冬季有明海湾奥部浅海域における底層懸濁態物質の空間構造と輸送特性、海岸工学論文集、第52巻、941-945

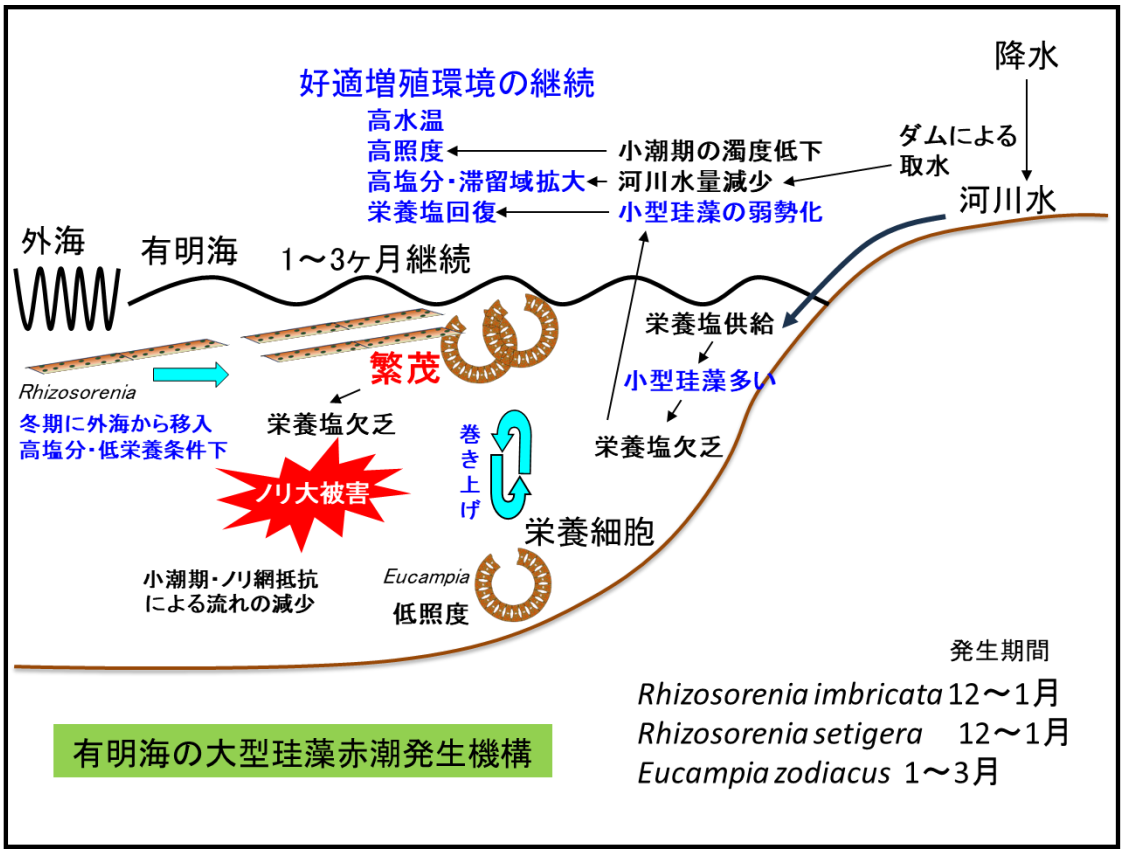
イ）大型珪藻（秋期～冬期発生）

＜特徴等＞

・大型珪藻の *Rhizosolenia* 属は、2000 年以前には有明海で珪藻赤潮を形成してノリ養殖業に甚大な漁業被害を与えた。2000 年に大発生した *Rhizosolenia imbricata* は、毎年低レベルで観察されており、通常外海側に生息し、河川流入水が減少し高塩分状態（30～35）になる秋期以降に有明海に進入し、晴天が続くなど高い日照条件下で大発生する。

・*Eucampia zodiacus* も有明海でのノリの色落ちを引き起こす頻度の高い種類である。本種の発生は 1 月～3 月にみられ、日照時間の増大、小潮期の濁度低下などを引き金として大発生する。細胞のサイズが大きく群体を形成するため、栄養塩消費量が多いと考えられており、発生時はノリの色落ち被害が顕著である。

・大型珪藻の赤潮は毎年発生するのではなく、気象や海象など、特殊な環境条件が整った時に大発生する。また、小型珪藻の赤潮と混在したり、時期が連続して発生したりするため、小型珪藻と大型珪藻によるノリの色落ち被害を明確に区分することは困難である。



付図 3.8.2-4 大型珪藻の赤潮発生機構

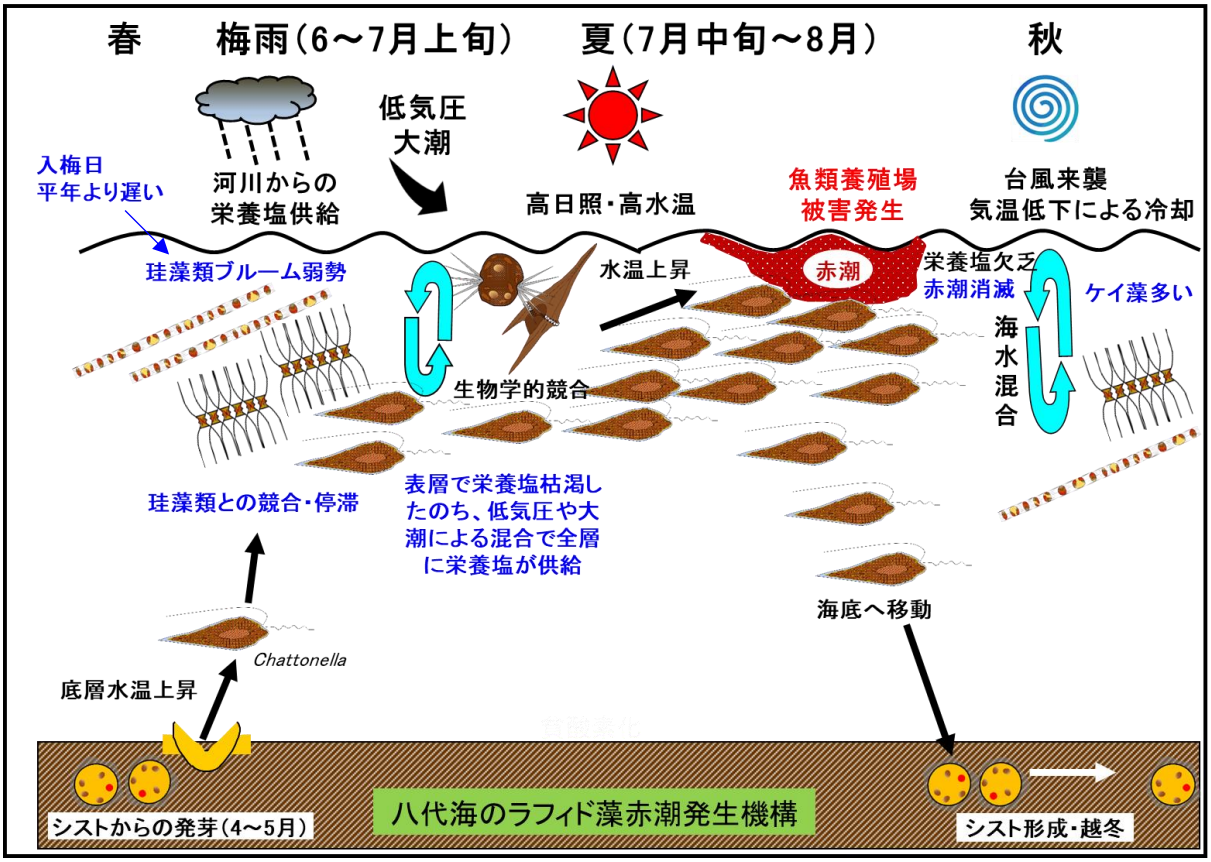
ウ）ラフィド藻（夏期発生）

＜特徴等＞

・有明海のラフィド藻の赤潮は、*Chattonella* 属と *Heterosigma akashiwo* が知られており、魚類へ被害を与える有害赤潮である。両種の赤潮は有明海湾奥部や諫早湾で発生頻度が多く、規模が大きい。ラフィド藻による赤潮発生には、休眠胞子（シスト）からの発芽、富栄養化や貧酸素水塊の発生、競合する珪藻の衰退などが関係している。

・有明海の *Chattonella* 属赤潮は 1984 年に佐賀県海域で初認され、諫早湾では 1989 年に確認された。赤潮発生時は海底への有機物負荷が増大することにより、海域の貧酸素化が急速に進行する。また、*Chattonella* 属は遊泳能力を有しており、夜間には海底近くへ沈降して底層から溶出する栄養塩を栄養源としている。

・八代海の *Chattonella* 属赤潮は 1988 年に初めて確認され、以降発生が続いている。



付図 3.8.2-5 *Chattonella* 属の生活環と八代海における有害赤潮発生機構

エ）渦鞭毛藻（夏期発生）

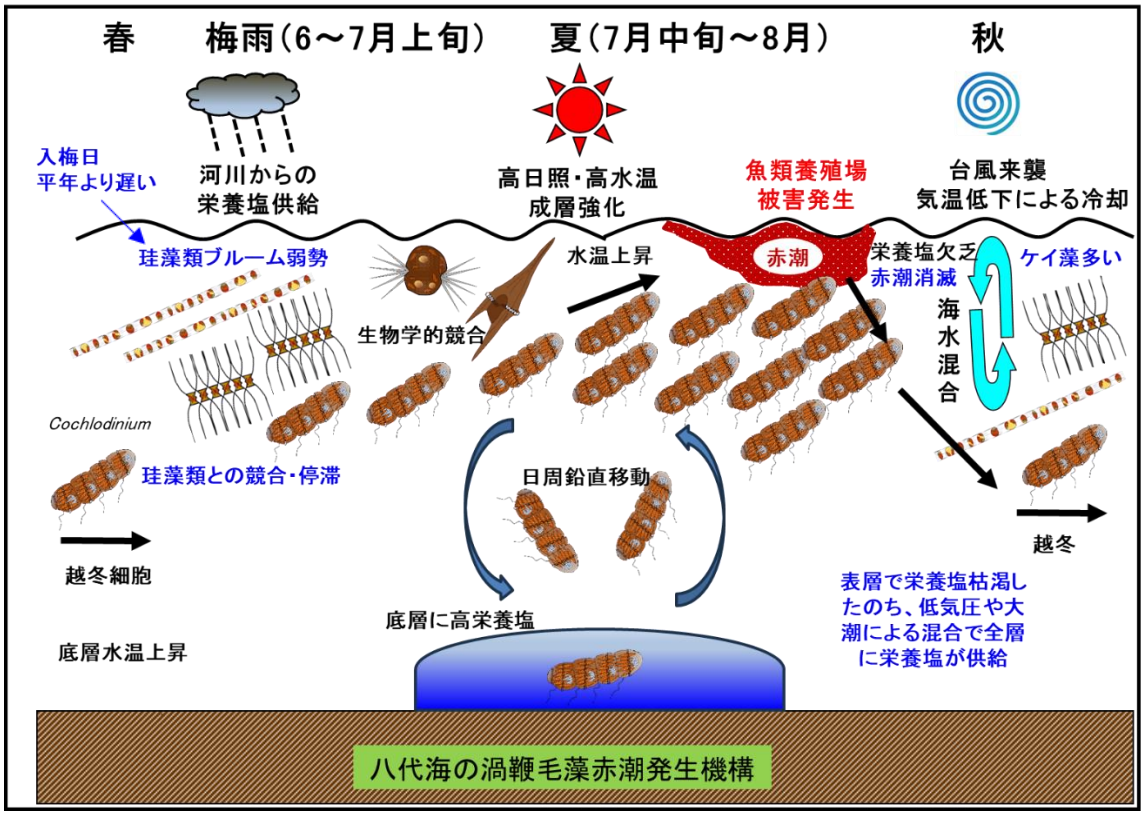
＜特徴等＞

・有明海の渦鞭毛藻としては *Ceratium* 属（*C. furca* 及び *C. fusus*）や *Akashiwo sanguinea* 等が赤潮を形成するが、大きな漁業被害や貧酸素水塊の誘発はほとんどみられない。後者は、夏期のみならず秋期から冬期に赤潮を形成するため、まれにノリの色落ち被害を引き起こすことがある。

・八代海では 1970 年代から渦鞭毛藻類 *Cochlodinium* 属（大半が *C. polykrikoides*）が大規模な赤潮を形成し、重大な漁業被害を招いている。*C. polykrikoides* のシストは八代海では確認されていないため、越冬した栄養細胞が、高塩分環境下で水温の上昇と日射量の増加とともに、日周鉛直移動により底層の栄養塩を利用して増殖し、赤潮を形成すると考えられる。

・また、*C. polykrikoides* は、塩分変化に敏感（高塩分・狭塩分性種）であり、赤潮は渇水年に発生し、降雨年で非発生であることが示唆されている。

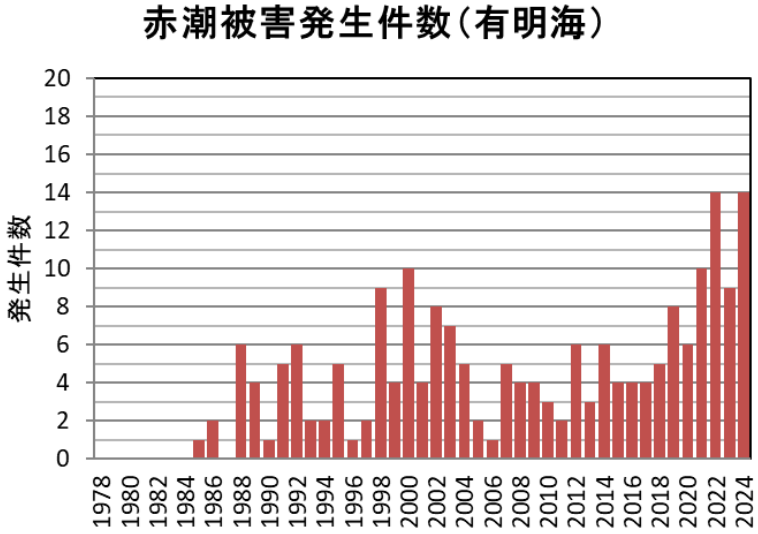
・この他、八代海では魚類や貝類に被害を及ぼす *Karenia mikimotoi* の有害赤潮が発生しているが、*C. polykrikoides* と比較すると赤潮発生頻度、規模、被害額は小さい。



付図 3.8.2-6 八代海における *C. polykrikoides* の有害赤潮発生機構

3.8.3 有明海における赤潮による漁業被害（ノリ養殖等）

有明海における赤潮被害の年間発生件数は、1998 年から 2003 年まではそれまでのおよそ 2 倍の件数と高い傾向であった。2005 年以降は減少し、2018 年まで横ばいであったが、2019 年以降は再び増加している（付図 3.8.3-1）。原因プランクトン別にみると、年による変動が大きいものの、主に珪藻によるノリ養殖被害件数（ノリの色落ち）が多く発生している。また、夏期にはラフィド藻等の有害赤潮が頻発し、赤潮発生海域では天然魚介類のへい死等が発生している。



付図 3.8.3-1 有明海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数（年間）の推移

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和 53 年～令和 6 年）」をもとに環境省作成

(1) 有明海における夏期の赤潮

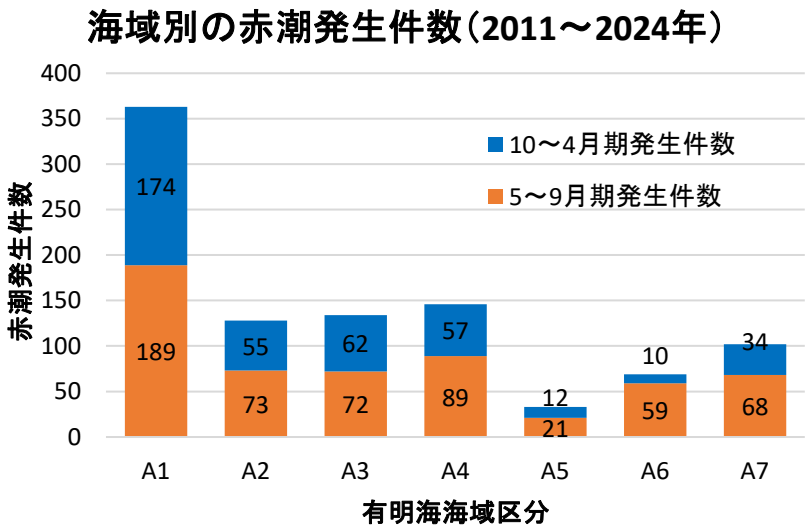
有明海における赤潮発生件数は 2011 年から 2024 年までの海域毎のデータを整理すると、A1 海域で最も多く発生し、A1 海域に隣接する A2 から A4 海域でも多く発生している（付図 3.8.3-2）。いずれの海域でも 5～9 月の夏期に赤潮発生件数が多く、夏期は珪藻のみならず、渦鞭毛藻及びラフィド藻による赤潮の発生が多い。

夏期に発生する *Chattonella* 属や *Heterosigma* 属の赤潮は A1～A3 海域及び A6 海域では夏期に高密度となる。付図 3.8.3-3 に両属の赤潮発生規模（赤潮発生日数×最大細胞密度）の経年変化を示した。*Chattonella* 属による赤潮の発生規模は、1998 年、2004 年、2007 年～2010 年、2015 年、2016 年及び 2018 年に大きくなっている。赤潮発生海域では天然魚類のへい死などが発生しているが、漁獲量の減少にどの程度影響を与えたのかは不明であり、複合的な要因と推測されている。*Heterosigma* 属の発生規模は 1995 年、2002 年、2004 年、2011 年、2015 年及び 2016 年に大きい。

ラフィド藻である *Chattonella* 属や *Heterosigma* 属は魚類等へ幅広く毒性を示すことが既に知られている。また、天然魚介類はこうした毒性の高い有害赤潮に遭遇すると逃避行動をとるなど、不漁の要因となることも知られている[4)]。

平成 28 年度委員会報告以降も、有明海では規模の大きな赤潮が発生している。赤潮発生状況や各種要因を整理し、赤潮形成の予察技術の向上に向けた分析・検討が進められている。既に *Chattonella* 属赤潮の発生機構については、平成 18 年度委員会報告や平成 28 年度委員会報告にとりまとめられているが、本種の赤潮発生の規模が拡大すると、赤潮水塊が橘湾にまで移流して養殖業へ漁業被害を引き起こすことも懸念され、赤潮発生規模の年変動要因についても知見の蓄積が求められている。

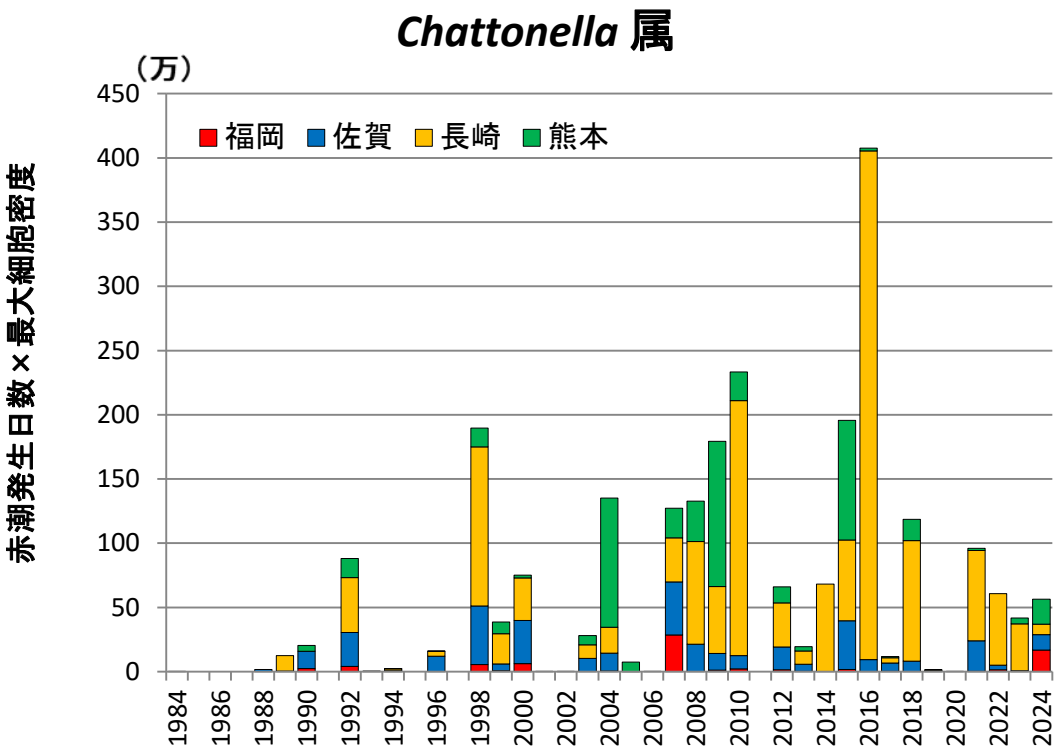
2013 年～2023 年の有明海奥部（P6）及び諫早湾（B3）（付図 3.8.3-4）において、*Chattonella* 属と珪藻類の出現特性の把握、両者の間に競合と考えられる関係が確認され、*Chattonella* 属赤潮は珪藻類が衰退した隙間で発生していることが示された（付図 3.8.3-5 及び付図 3.8.3-6 有明海奥部（P6）及び諫早湾（B3）における）。一般的にラフィド藻は珪藻類よりも増殖速度が低く、栄養競合環境下では不利となるため、最大の競合者である珪藻類が衰退した後に赤潮を形成しているものと考えられる。一般的に種間競合関係は数値モデルでの再現が難しいとされているが、現地実測データが蓄積されていることから、これらのデータを用いて種間競合に関する調査研究を進める必要がある。

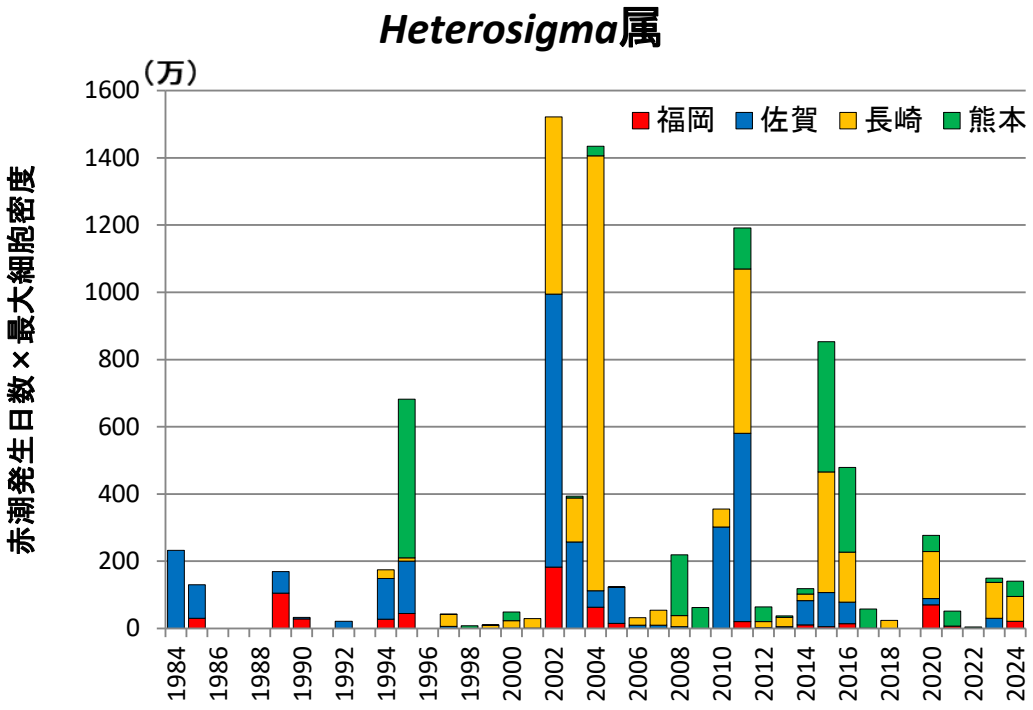


付図 3.8.3-2 有明海における海域区分別赤潮発生件数（2011 年～2024 年の累計値）

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（平成 23 年～令和 6 年）」をもとに環境省作成

4) 荒木希世，松岡貴浩，森下貴文，川崎信司（2013）：有明海における *Chattonella* 属赤潮の日周鉛直移動がクルマエビに与える影響，熊本県水産研究センター研究報告，第 9 号，p. 13-18.





注）1.用いた資料では、2000 年以降は、赤潮発生面積がほとんど「不明」であったことから、赤潮発生規模の目安として、便宜的に「赤潮発生日数（日）×最大細胞密度（cells/mL）」を指標として採用した。
2.当該年に複数回赤潮が発生した場合、発生毎に上記の計算を行って合計した。
3.赤潮発生規模を便宜的に算出したものであり、当該期間を通して最高細胞密度の状態が継続していたわけではない。

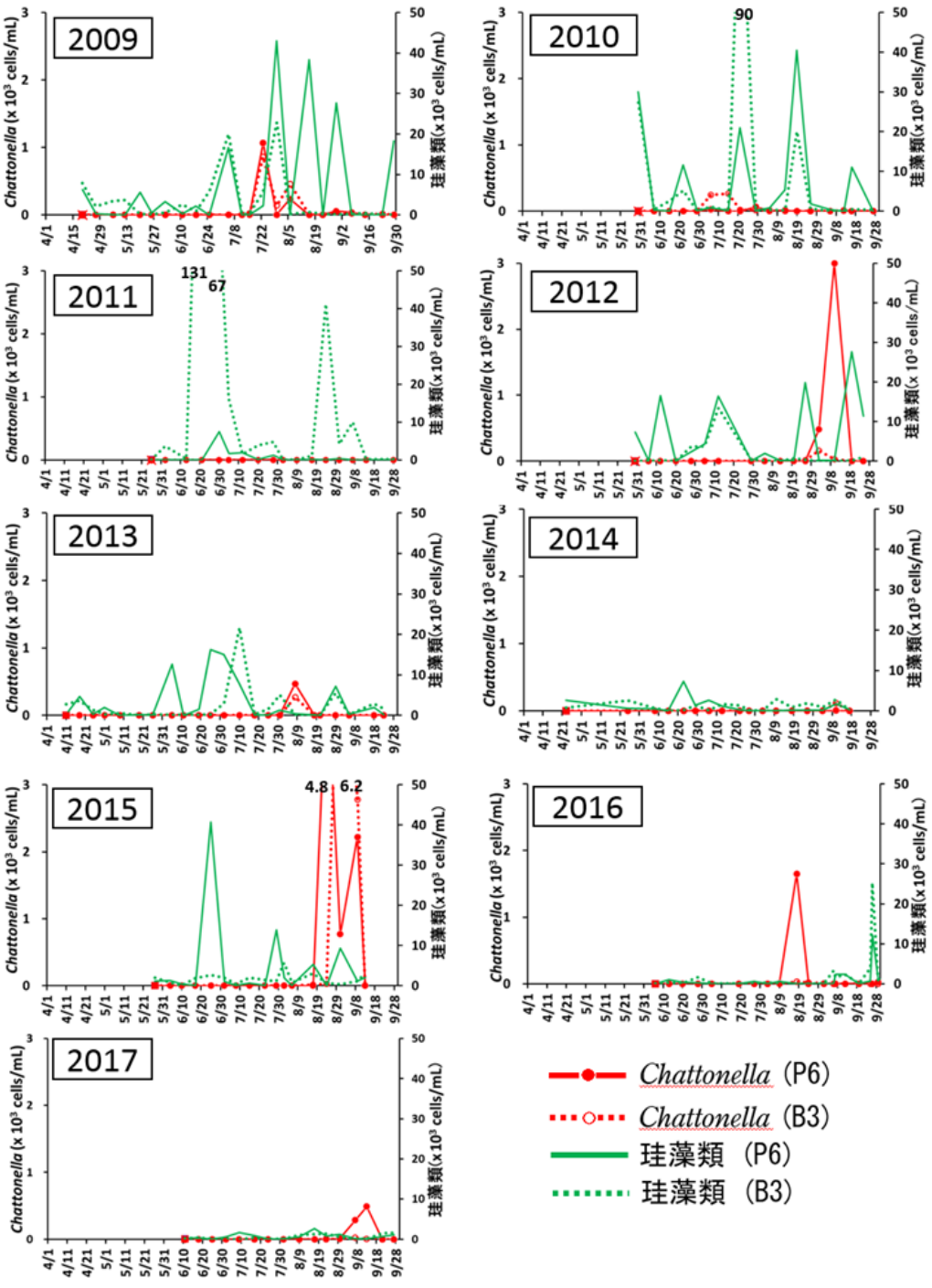
付図 3.8.3-3 有明海における有害赤潮生物 2 種の発生規模の推移

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和 53 年～令和 6 年）」をもとに環境省作成



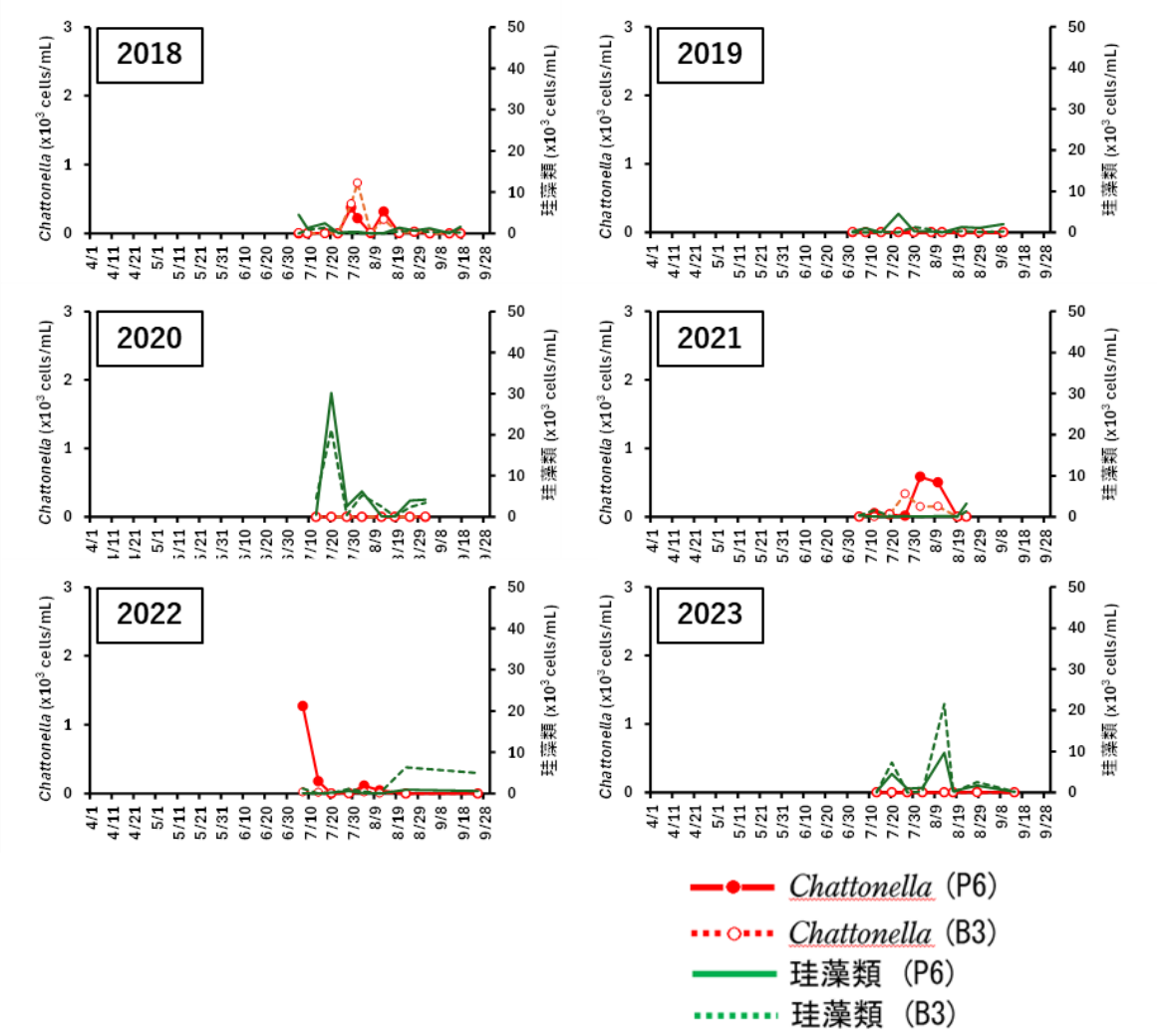
付図 3.8.3-4 有明海における *Chattonella* 属と珪藻類出現特性の観測定点
（2009～2023 年）

出典:環境省(2020)「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資料 2-2」



付図 3.8.3-5 有明海奥部（測点 P6）及び諫早湾（測点 B3）における *Chattonella* 属と珪藻類の出現特性（2009 年～2017 年）

出典：1.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
2.水産研究・教育機関、長崎県総合水産試験場（2013-2017）「有明海における貧酸素水塊モニタリングの高度化」
3.水産庁漁場環境・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



付図 3.8.3-6 有明海奥部(P6)及び諫早湾(B3)における
Chattonella 属と珪藻類の出現特性(2018 年～2023 年)

出典:1.水産庁漁場環境改善推進事業のうち、栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発、赤潮被害防止対策技術の開発報告書
2.水産庁豊かな漁場環境推進事業のうち、海域特性に応じた赤潮・貧酸素水塊、栄養塩類対策推進事業、赤潮等による漁業被害への対策技術の開発・実証・高度化委報告書

(2) 赤潮によるノリ養殖被害

ア) 有明海における冬期の珪藻赤潮の発生状況と発生機構

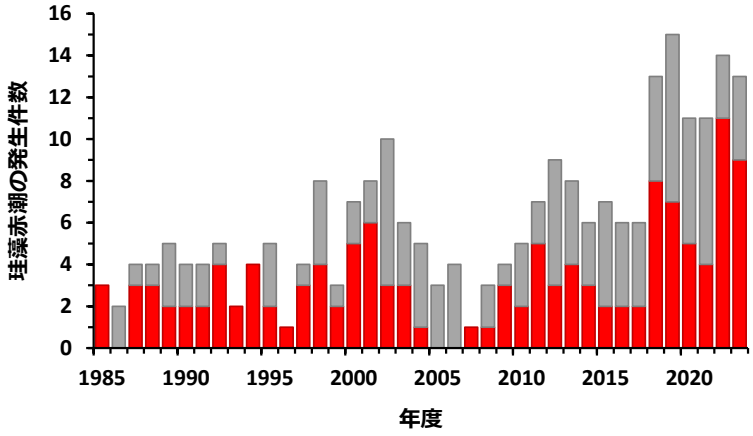
① ノリの色落ち

ノリの「色落ち」とは、ノリ葉体の細胞中における色素(クロロフィル、フィコエリスリンなど)の生成が阻害されることによって、色調が黒色から茶褐色に変化する現象を指す[5)]。色落ちしたノリは商品価値が下がるため、生産枚数や生産額の減少につながる。ノリの「色落ち」が発生する生理学的メカニズムは不明な部分もあるが、基本

5)有賀祐勝(1980):スサビノリの色彩と色素. 遺伝, 第 34 号, pp.8-13.

的に海水中の栄養塩濃度の低下が重要な役割を果たしていると考えられる。[6),7),8)]（平成 28 年度委員会報告 図 4.4.124）。秋期から冬期の有明海湾奥部における海水中の栄養塩濃度の低下をもたらす要因のひとつとして、珪藻赤潮の発生が挙げられる。有明海における秋期～冬期（10 月～翌 3 月）の珪藻赤潮の発生件数について、データが整理されている 1985 年度以降の推移を付図 3.8.3-7 に示した。珪藻赤潮の発生件数は、1990 年代後半以降では、2002 年度に増加したが、その後、2007 年度に減少した。2011 年度～2013 年度に再び増加し、2014 年度～2017 年度はやや減少したが、2018 年度以降、再び増加している。また、有明海における年間の赤潮発生件数のうち、秋期～冬期（10 月～翌 3 月）の珪藻赤潮が占める割合は 4 分の 1 程度に過ぎないが、赤潮による被害件数に着目すると、その大部分は秋期～冬期（10 月～翌 3 月）の珪藻赤潮の発生によるノリの色落ち被害である。

ノリの色落ちと珪藻赤潮との関係を検証するため、有明海福岡県海域を例に、1985 年度以降のノリの色落ちの発生期間と珪藻赤潮の発生期間とを対比した（付図 3.8.3-8）。その結果、多くの場合、ノリの色落ちに先行する形で珪藻赤潮が発生しており、珪藻赤潮の発生とノリの色落ち被害とが密接に関係していることが示唆された。すなわち、珪藻赤潮の形成によって、海水中の栄養塩濃度が急激に低下し、ノリ養殖に必要とされる栄養塩が減少する結果、色落ちが生じているものと推察される。なお、渦鞭毛藻の *Akashiwo sanguinea* 赤潮によるノリの色落ち被害も発生していることから、今後は本種にも留意する必要がある。



注）赤色は被害件数を示す。

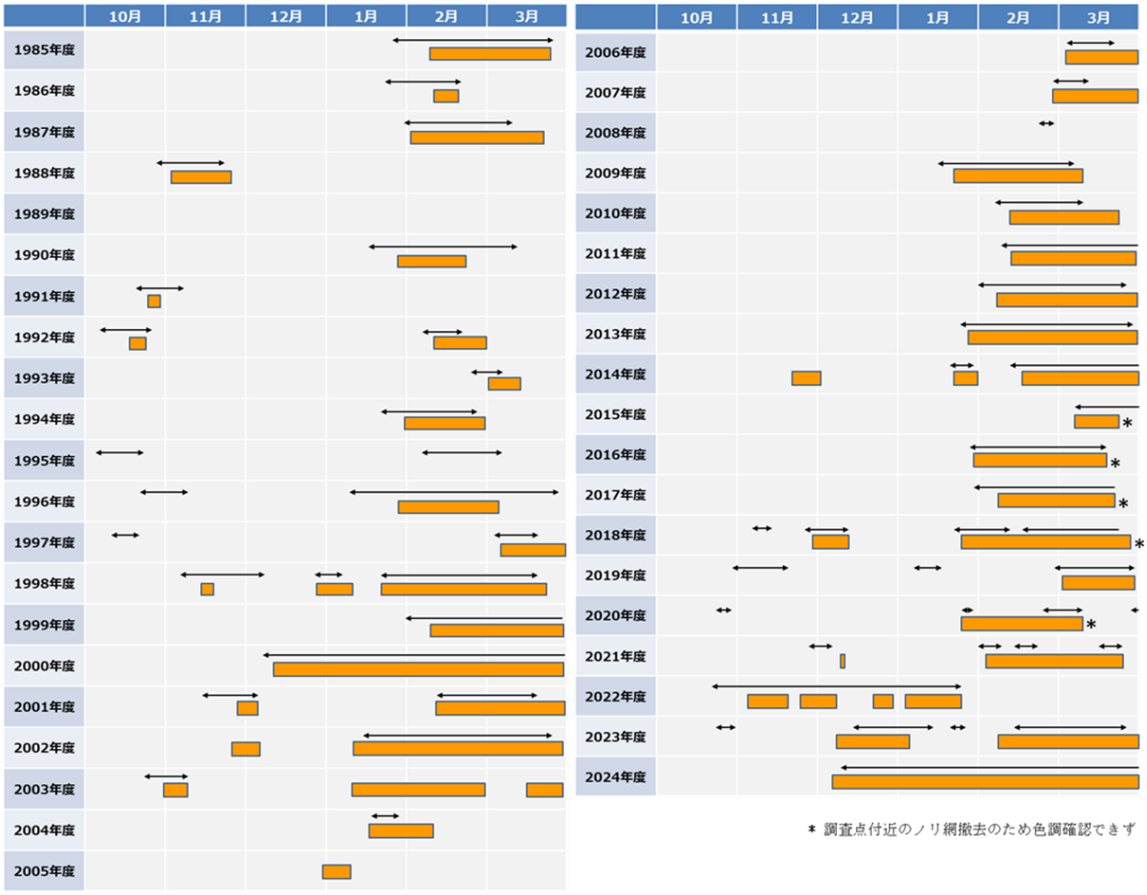
付図 3.8.3-7 有明海における秋期～冬期（10 月～翌 3 月）の珪藻赤潮の発生件数

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」をもとに環境省作成

6)藤澤邦康，小橋啓介，林浩志（2000）：ノリ養殖漁場における溶存態無機窒素とノリの色素量の関係について．岡山県水産試験場報告，第 15 号，pp.1-3.

7)白石日出人（2010）：ノリ葉体の色調変化に関する研究．福岡県水産海洋技術センター研究報告，第 20 号，pp.131-134.

8)村山史康，清水泰子，高木秀蔵（2015）：岡山県ノリ漁場における栄養塩濃度とノリの色調および乾海苔単価との関係．日本水産学会誌，第 81 巻， 第 1 号，pp.107-114.



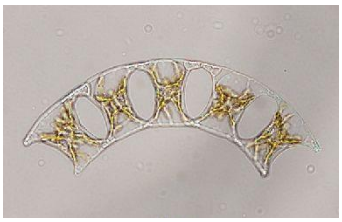
注）終漁によるノリ網撤去期限が、1995 年度以前は 2 月中旬～3 月中旬、1996 年以降は 3 月末～4 月末に設定。

付図 3.8.3-8 有明海福岡県海域におけるノリの色落ちの発生期間（■）と珪藻赤潮の発生期間（↔）

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮」をもとに環境省作成

① 原因となる珪藻類

一般に、細胞あたりの栄養塩吸収量が大きい大型の珪藻類、例えば *Eucampia zodiacus* や *Coscinodiscus wailesii*、*Rhizosolenia imbricata* などの種が、ノリの色落ちを引き起こす原因種として位置づけられている（付図 3.8.3-9）。また、世界各地の沿岸・内湾域で普遍的に生息している *Skeletonema* spp.や *Chaetoceros* spp.等の小型珪藻類についても、ノリ漁期に赤潮を形成すると、色落ちを引き起こす。*Rhizosolenia imbricata*（平成 28 年度委員会報告 図 4.4.128）は、2000 年度のノリの大不作の原因種と推定されたが、それ以降、有明海において、本種による珪藻赤潮発生報告は、2023 年度の福岡県海域における *Eucampia zodiacus* 及び *Skeletonema* spp.との混合赤潮のみである。ここでは、*R. imbricata* を除く、これまでに有明海でノリの色落ち被害を引き起こした主要 3 種の珪藻類（*Eucampia zodiacus*、*Asteroplanus karianus* 及び *Skeletonema* spp.）と、2018 年度以降、色落ち被害を引き起こした *Chaetoceros* spp.について、それぞれの種の有明海における珪藻赤潮の発生状況について述べる。



Eucampia zodiacus



Coscinodiscus wailesii



Asteroplanus karianus



Rhizosolenia imbricata



***Skeletonema* sp.**

付図 3.8.3-9 ノリの色落ちの原因となる主な珪藻類

出典：有明海・八代海等総合調査評価委員会（2017）「有明海・八代海等総合調査評価委員会報告」

(A) *Eucampia zodiacus*

Eucampia zodiacus は、極域を除く世界中の沿岸域に広く分布し、頂軸長が 100 μm に達する大型の珪藻類で、ノリの色落ち被害が頻発している瀬戸内海東部においても重要な色落ち原因種として位置づけられていることから、水温や栄養塩に対する増殖特性など、生理・生態学的知見が精力的に収集・整理されている[9)、10)、11)、12)、13)]。

有明海において、*E. zodiacus* は 1980 年代より出現が確認されており、1980 年代後半や 2000 年前後に、比較的高密度で出現していた（付図 3.8.3-10）。2011 年度以降も、高密度での出現がみられており、特に 2013 年度、2018 年度、2019 年度の冬期には、本種による珪藻赤潮が有明海のほぼ全域で発生し、多くのノリ漁場で色落ち被害が生じた（付図 3.8.3-11）。

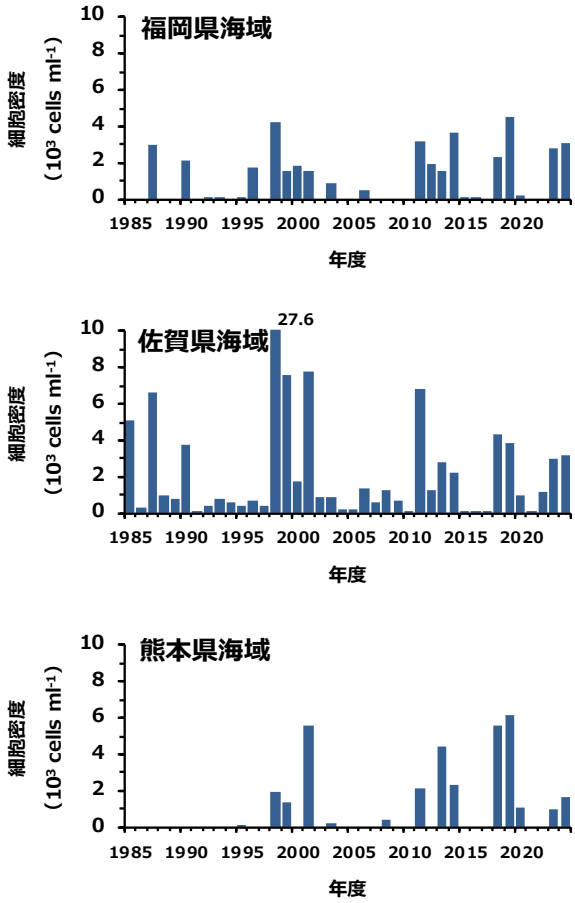
9) 西川哲也（2002）：ノリの色落ち原因藻 *Eucampia zodiacus* の増殖に及ぼす水温，塩分および光強度の影響．日本水産学会誌，第 68 巻，第 3 号，pp.356-361

10) 西川哲也，堀 豊（2004）：ノリの色落ち原因藻 *Eucampia zodiacus* の増殖に及ぼす窒素，リンおよび珪素の影響，日本水産学会誌，第 70 巻，第 1 号，pp.31-38

11) Nishikawa, T., Hori, Y., Tanida, K., Imai, I. (2007)：Population dynamics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* Ehrenberg causing bleachings of *Porphyra thalli* in aquaculture in Harima-Nada, the Seto Inland Sea, Japan., Harmful Algae, Vol.6, pp.763-773

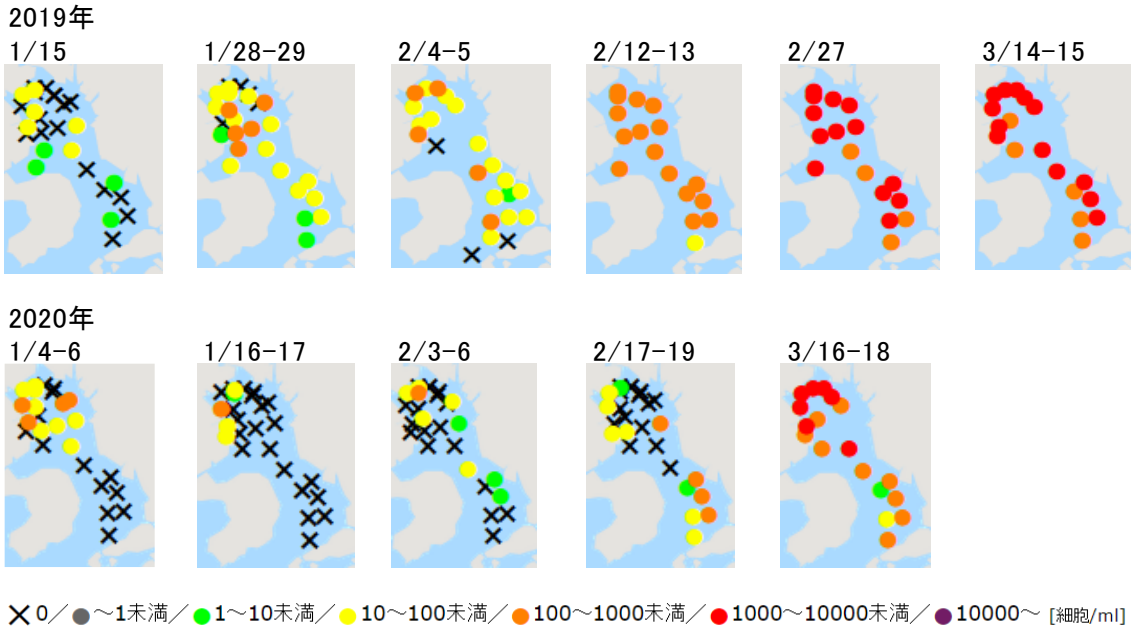
12) Nishikawa, T., Tarutani, K., Yamamoto, T. (2009)：Nitrate and phosphate uptake kinetics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* Ehrenberg, a causative organism in the bleaching of aquacultured *Porphyra thalli*., Harmful Algae, Vol.8, pp.513-517

13) Nishikawa, T., Hori, Y., Nagai, S., Miyahara, K., Nakamura, Y., Harada, K., Tada, K., et al. (2011)：Long time-series observations in population dynamics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* and environmental factors in Harima-Nada, eastern Seto Inland Sea , Japan during 1974 - 2008., Plankton & Benthos Research, Vol. 6,pp.26-34



付図 3.8.3-10 有明海福岡県海域、佐賀県海域及び熊本県海域における *Eucampia zodiacus* の最高細胞密度の経年変化

出典:環境省(2015)「有明海・八代海等総合調査評価委員会第 10 回生物・水産資源・水環境問題検討作業小委員会資料 4」を更新



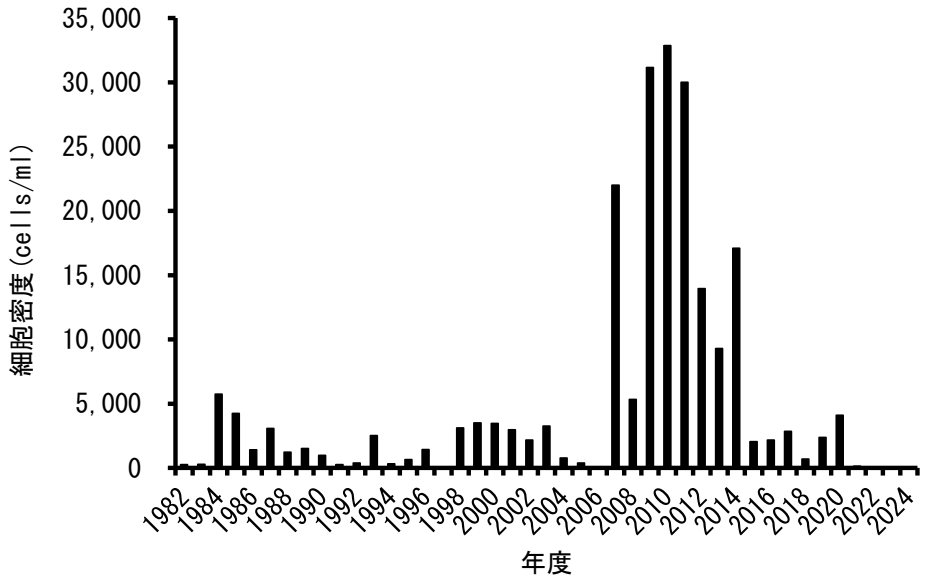
付図 3.8.3-11 *Eucampia zodiacus* の出現状況の変化
(2019 年 1 月～3 月及び 2020 年 1 月～3 月)

出典:水産・研究教育機構水産技術研究所が運営する赤潮分布情報をもとに環境省作成

(B) *Asteroplanus karianus*

Asteroplanus karianus は、有明海や噴火湾などの海域で分布が確認されている中型(細胞長 16～68 μm)の珪藻類で、休眠期細胞の復活とその後の増殖は、高水温よりも低水温の方が至適であること、効率的に増殖するには窒素源が豊富に存在する環境が必要であること、他の珪藻より低い光強度を利用可能なことなどが明らかにされている[16)、17)、18)]。

有明海佐賀県海域における *A. karianus* による珪藻赤潮の発生状況を見ると、1980～2000 年代前半においても出現が認められていたが、2007 年度～2014 年度に、単独かつ高密度の赤潮を形成した(付図 3.8.3-12)。また、本種による珪藻赤潮の形成とノリの色落ち被害との関係を比較してみると、赤潮の発生海域の拡大にともない、ノリの色落ち被害も拡大していく様子が明瞭に認められる(平成 28 年度委員会報告 図 4.4.134)。一方で、本種は、有明海において、これまで佐賀県海域以外の海域で珪藻赤潮を形成した報告はなく、発生海域が極めて限定されていることも特徴である。



付図 3.8.3-12 有明海佐賀県海域における *Asteroplanus karianus* の最高細胞密度の変動

出典:佐賀県有明水産振興センターによる調査結果をもとに環境省作成

16) 松原 賢, 横尾一成, 川村嘉応(2014):有害珪藻 *Asteroplanus karianus* の有明海佐賀県海域における出現動態と各種環境要因との関係, 日本水産学会誌, 第 80 巻, 第 2 号, pp.222-232

17) Yamaguchi, H., Minamida, M., Matsubara, T., Okamura, K. (2014):Novel blooms of the diatom *Asteroplanus karianus* deplete nutrients from Ariake Sea coastal waters., Marine Ecology Progress Series, Vol.517, pp.51-60

18) Shikata, T., Matsubara, T., Yoshida, M., Sakamoto, S., Yamaguchi M. (2015):Effects of temperature, salinity, and photosynthetic photon flux density on the growth of the harmful diatom *Asteroplanus karianus* in the Ariake Sea, Japan. Fisheries Science, Vol.81, pp.1063-1069

(C) *Skeletonema* spp.

有明海では、*Skeletonema* 属による珪藻赤潮の発生は一年を通してみられるが、季節により構成種は異なることが示唆されている [20)]。しかしながら、*Skeletonema* 属の種分類は、光学顕微鏡では判断出来ない微細な形態が基準となることから、通常のモニタリング調査では *Skeletonema* spp.として扱われているが、現在は分子形質による種判別も可能となっている [21)]

(D) *Chaetoceros* spp.

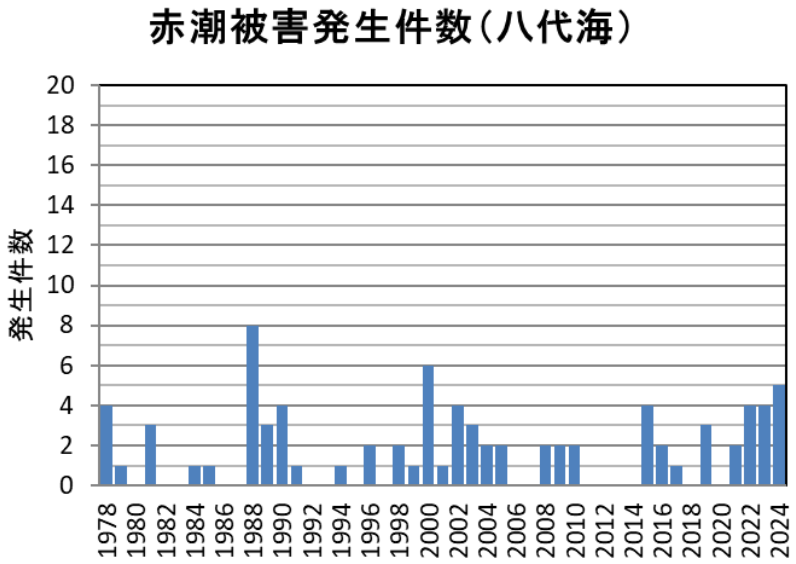
有明海では、*Chaetoceros* 属による珪藻赤潮の発生は一年を通してみられるが、多くは *Skeletonema* 属などとの混合赤潮である。しかし、2018 年度～2023 年度は、秋期に *Chaetoceros* 属の単独あるいは主体とする珪藻赤潮が発生し、ノリの色落ちを引き起こした。

20) 山田真知子，大坪繭子，多田邦尚，中野義勝，松原 賢，飯田直樹，遠藤宜成，門谷 茂(2017)亜熱帯から亜寒帯に及ぶ我が国の 5 海域における珪藻 *Skeletonema* 属の種組成，日本水産学会誌，第 83 巻，第 1 号，pp.25-33.

30) Aoki K., Sugimatsu K., Yoshimura N., Kuoki Y., Nakashima H., Hoshina K., Ura K. (2023): Dynamics of a fish-killing dinoflagellate *Karenia mikimotoi* red-tide captured by composite data sources. Marine Pollution Bulletin, Vol. 195, 115472.

3.8.4 八代海における有害赤潮による漁業被害（魚類養殖等）

八代海における有害赤潮被害の年間発生件数は、1988 年～1990 年、1998 年～2010 年及び 2015 年～2024 年に発生件数が多く、2011 年から 2014 年にかけては被害が発生していない（付図 3.8.4-1）。原因プランクトン別にみると、*Chattonella* 属（ラフィド藻）、*Cochlodinium polykrikoides*（渦鞭毛藻）、*Karenia mikimotoi*（渦鞭毛藻）による被害件数が多く、養殖ブリやトラフグ等のへい死により特に大きな被害が発生している。



付図 3.8.4-1 八代海において漁業被害をもたらした有害赤潮発生件数（年間）の推移

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和 53 年～令和 6 年）」をもとに環境省作成

(1) 八代海における夏期の赤潮

八代海における 2011 年～2024 年にかけての赤潮発生件数（海域別）を付図 3.8.4-2 に示した。赤潮は Y2 海域で最も多く発生し、次いで Y1 海域、Y5 海域の発生件数が多い。いずれの海域も 5～9 月の夏期の赤潮発生件数が多く、ラフィド藻や渦鞭毛藻による有害赤潮の発生が多い。

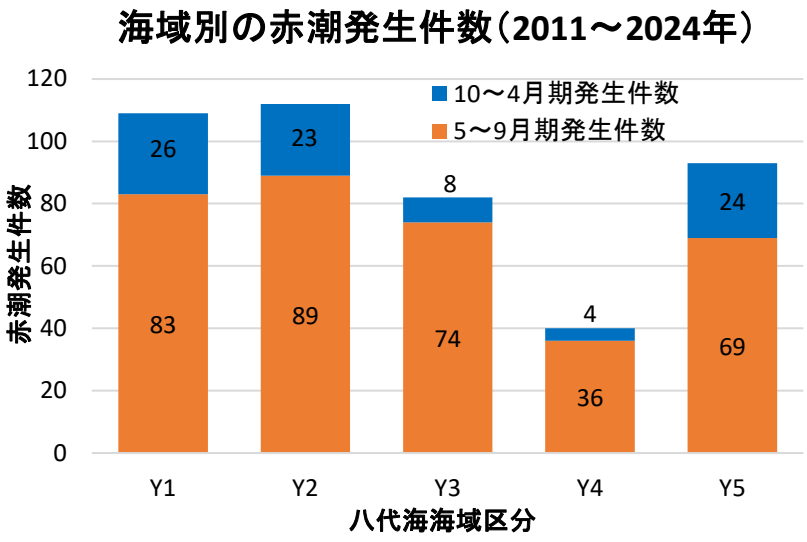
八代海における *Chattonella* 属等の有害赤潮発生について、熊本県海域及び鹿児島県海域の発生日数、最大細胞密度をそれぞれ付図 3.8.4-3、付図 3.8.4-4 に示した。*Chattonella* 属は熱帯域から温帯域に広く分布する凡世界種であり、国内では三重県海域、瀬戸内海、舞鶴湾、有明海、八代海、鹿児島湾での発生が知られている。瀬戸内海では 1970～1980 年代に猛威をふるったが、近年、1990 年以降は減少傾向である。有明海や八代海では、1980 年代中頃から本種の赤潮が増加し、現在、国内でも本種の発生が多い海域のひとつとなっている。

Chattonella 属による有害赤潮は、1998 年まで散発的で規模も小さく、漁業被害はほとんど発生していなかった。しかし、2003 年以降に発生頻度・規模が急激に拡大し、2008 年、2009 年、2010 年、2016 年、2019 年、2021 年に、ブリ類、マダイ、シマアジ、カンパチ、トラフグを中心に漁業被害をもたらした。2023 年と 2024 年は、*Chattonella* 属に加え *Cochlodinium* 属と *Karenia* 属の混合赤潮が発生し、被害額はそれぞれ 16.0 億円、15.8 億円と大規模な漁業被害をもたらした。

Cochlodinium 属（ほとんどが *C. polykrikoides*）は、1978 年～1981 年、1991 年、2000 年～2007 年と一定期間ごとにまとまった出現を示していた（付図 3.8.4-5）。特に 2000 年～2003 年にかけての熊本県海域における有害赤潮の発生頻度は高く規模が大きく、2000 年の有害赤潮では魚類養殖魚へ 39.8 億円（ブリ類、マダイ、シマアジ、トラフグを中心に 217 万尾へい死）の漁業被害をもたらした。2015 年にはブリが 8,800 尾へい死し、2019（令和元）年にも小規模なへい死をもたらし、2023 年と 2024 年には *Chattonella* 属と *Karenia* 属を含む混合赤潮により大きな漁業被害をもたらした。なお、*Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属による魚類のへい死は、鰓機能の障害による窒息死という症状において共通している。

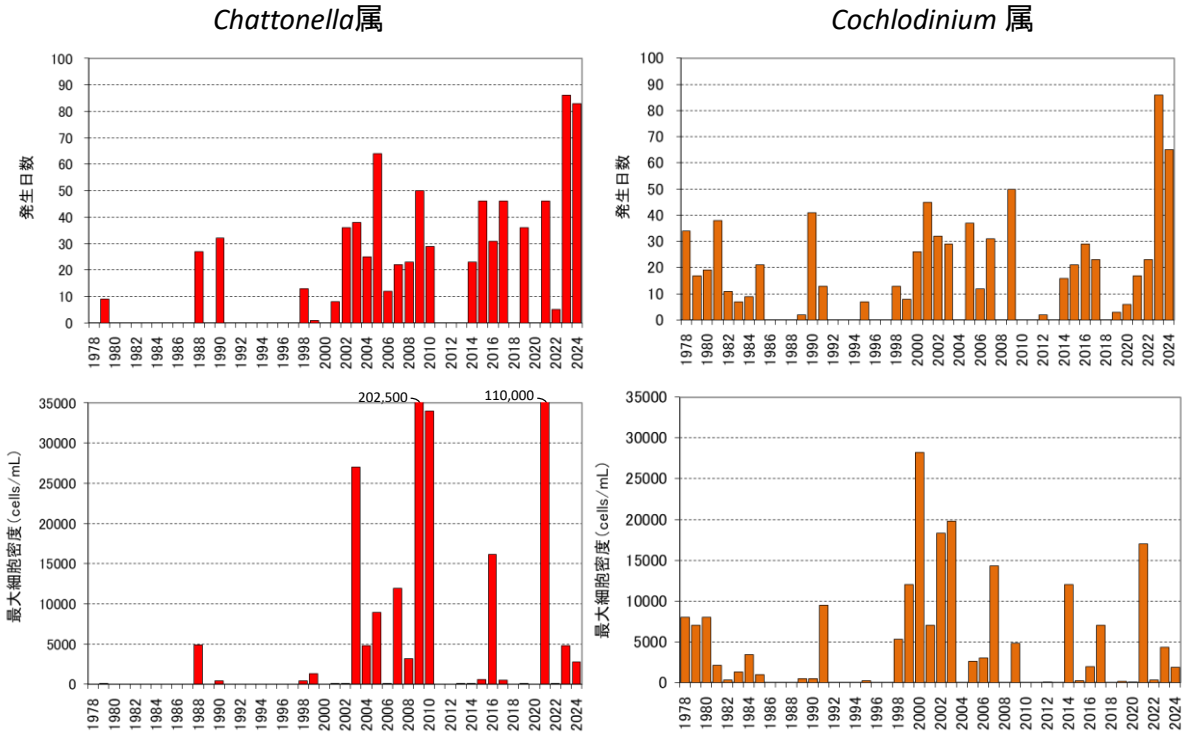
八代海においては、*Cochlodinium* 属と比べると *Karenia* 属による有害赤潮の発生頻度は少なく、1989 年、2000 年、2009 年、2015 年及び 2016 年に発生している。1989 年の赤潮では 2.5 億円（ブリ類、マダイ、シマアジ、トラフグを中心に 15.4 万尾へい死）の漁業被害が発生している。2015 年と 2016 年は連続して本種の赤潮が発生し、その後、2021 年までは *Karenia* 属の赤潮による漁業被害はなかったが、2022 年にブリ、マダイ、トラフグ、シマアジ、カンパチ、アコヤガイなどが 294.8 万尾へい死し（被害額は 19.7 億円）、2023 年と 2024 年には *Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属を含む混合赤潮により大きな漁業被害をもたらした。

Heterosigma 属（ほとんどが *H. akashiwo*）による有害赤潮は散発的に発生しているが、上記 3 種に比較すると毒性が低く、単年度で 1 億円超える大きな漁業被害は発生していない。



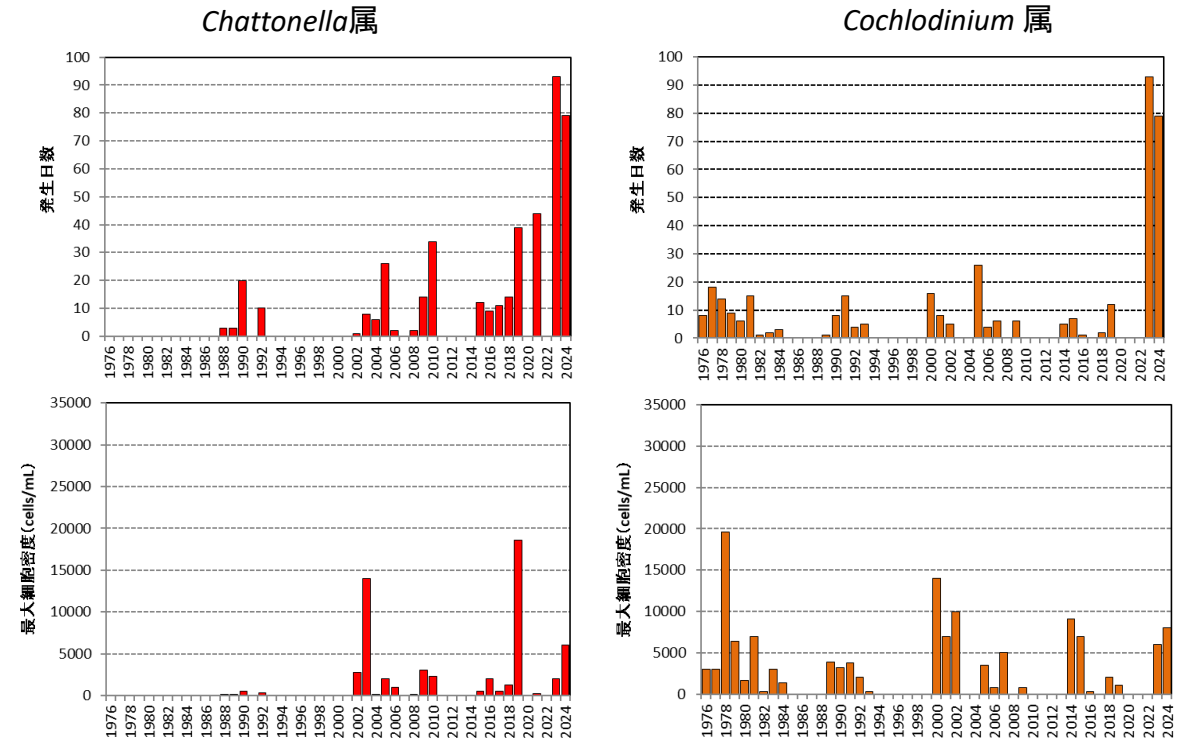
付図 3.8.4-2 八代海における海域別赤潮発生件数（2011 年～2024 年の累計値）

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（平成 23 年～令和 6 年）」をもとに環境省作成



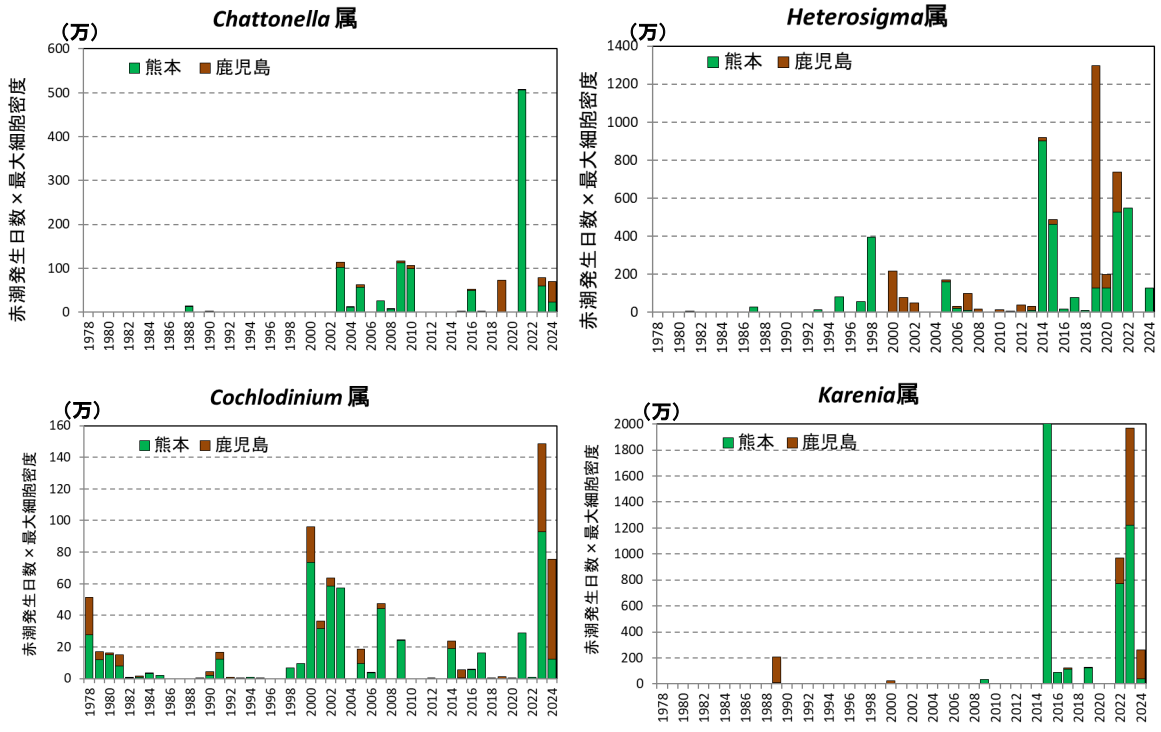
付図 3.8.4-3 八代海(熊本県海域)における *Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属による有害赤潮発生日数、最大細胞密度の経年変化

出典:九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(昭和 53 年～令和 6 年)」をもとに環境省作成



付図 3.8.4-4 八代海(鹿児島県海域)における *Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属による有害赤潮発生日数、最大細胞密度の経年変化

出典:九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(昭和 53 年～令和 6 年)」をもとに環境省作成



注）1.出典資料では、2000 年以降は、赤潮発生面積がほとんど「不明」であったことから、赤潮発生規模の目安として、便宜的に「赤潮発生日数（日）×最大細胞密度（cells/mL）」を指標として採用した。
2.当該年に複数回赤潮が発生した場合、発生毎に上記の計算を行った値を合計した。
3.赤潮発生規模を便宜的に算出したものであり、当該期間を通して最高細胞密度の状態が継続していたわけではない。

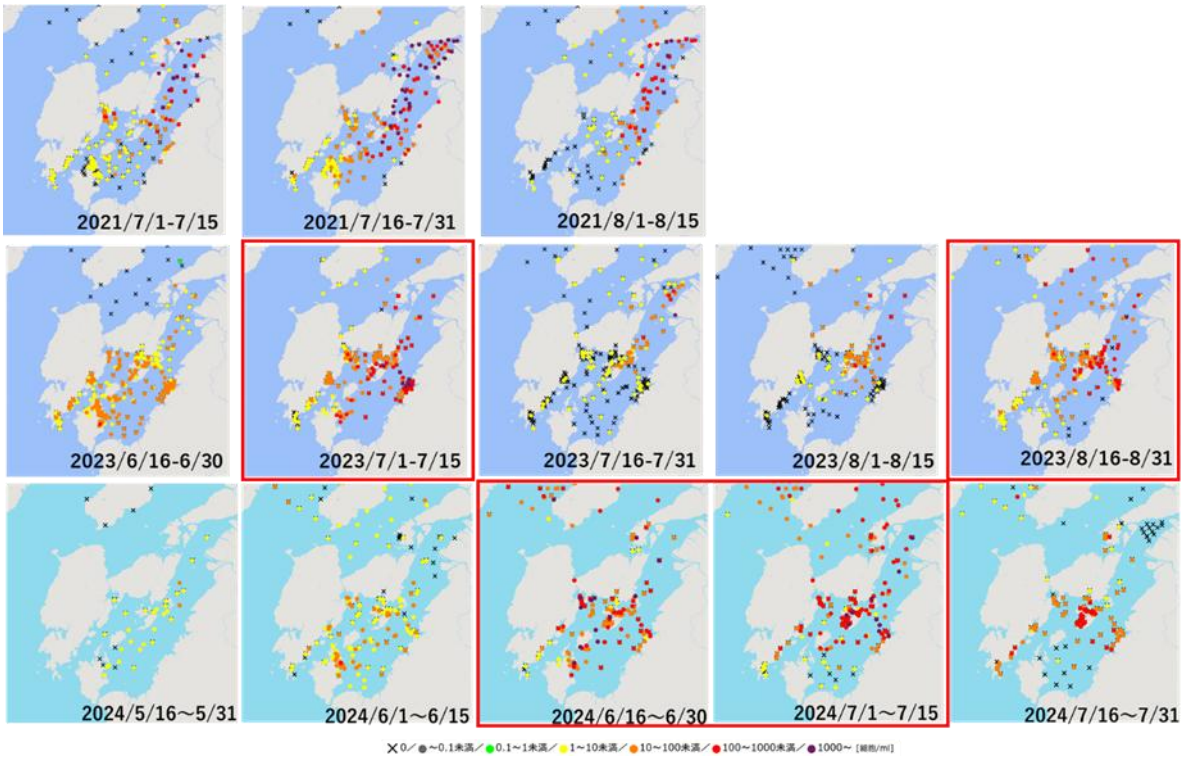
付図 3.8.4-5 八代海における有害赤潮発生規模の推移

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(昭和 53 年～令和 6 年)」をもとに環境省作成

(2) 八代海における有害赤潮による魚類養殖被害の発生状況

漁業被害が最も大きい *Chattonella* 属の有害赤潮の発生状況とその原因・要因について、中間取りまとめ後に発生した 2021 年～2024 年のデータを中心に整理した。

Chattonella 属の大規模な赤潮は、2016 年、2017 年、2019 年に発生し、8 月下旬以降にピークを示したが、2021 年、2023 年、2024 年は、それぞれ 7 月後半、7 月前半及び 8 月後半、6 月後半から 7 月前半にかけてピークとなり、発生時期が早い傾向を示した（付図 3.8.4-6）。また、2023 年と 2024 年は、*Karenia* 属と *Cochlodinium* 属による有害赤潮も同時に発生し、漁業被害を大きくした。2021 年は、*Chattonella* 属は 5 月に初認されたが、梅雨による降雨により競合種とされる珪藻が増殖したことで衰退した。その後、6 月下旬に珪藻類の増殖速度が低下する水温（＞25℃）となり、7 月前半の降雨と風による擾乱によって栄養塩が増加したことで細胞が増殖し、*Chattonella* 属の赤潮が形成された。一方、2023 年と 2024 年は、珪藻の発生が低水準であったことから、*Chattonella* 属は初認から急速に増殖して大規模な赤潮を形成し、漁業被害をもたらした。珪藻類が低密度となる要因の一つとして日照不足が考えられるが、栄養塩供給の量とタイミング、水塊の安定性などを加味した詳細な要因の検討が必要である。

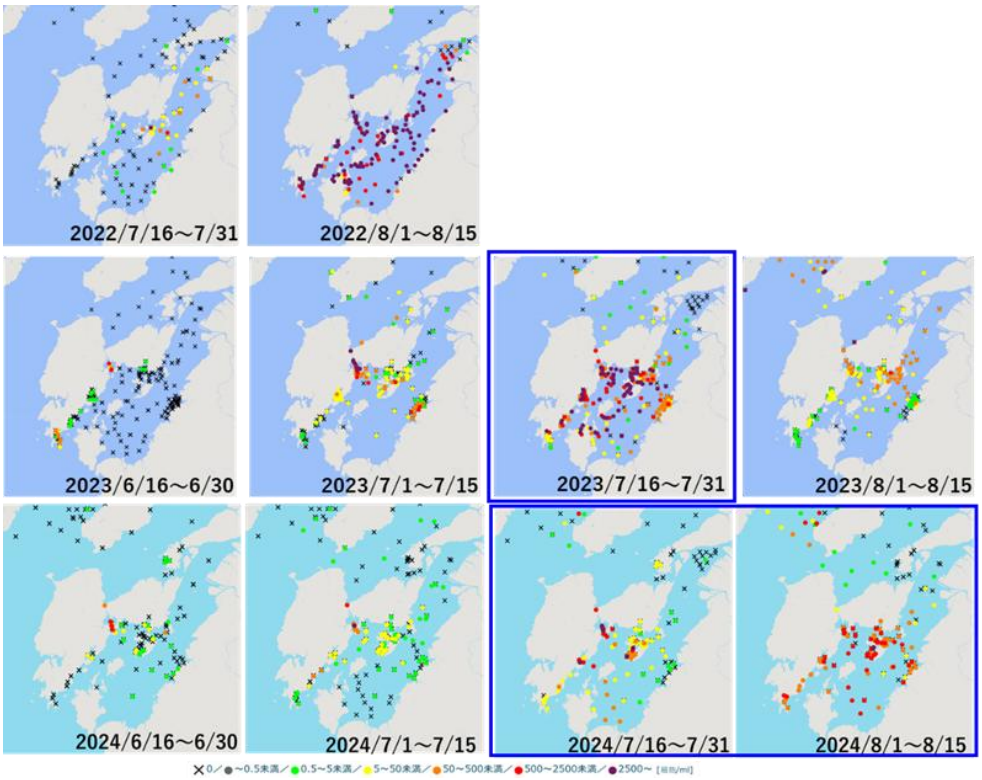


付図 3.8.4-6 2021 年から 2024 年の *Chattonella* 属による大規模な有害赤潮の発生状況（赤枠は細胞密度がピークとなった期間）

出典：水産・研究教育機構水産技術研究所が運営する赤潮分布情報をもとに環境省作成

Karenia 属の大規模な有害赤潮は、2015 年、2017 年、2019 年に八代海西岸域から発生し、2015 年と 2017 年は 7 月後半～8 月後半、2019 年は 6 月～7 月前半にそれぞれピークを示した。2015 年に八代海西岸域で発生した有害赤潮は、増殖しながら風による北東方向の流れによって八代海南部全体に拡大したことが報告されている[30)]。2022 年は、7 月後半に八代海全体で有害赤潮が発生し、そのまま 8 月前半にピークを示し、大規模な漁業被害をもたらした（付図 3.8.4-7）。2023 年と 2024 年は、6 月後半に八代海西岸域から有害赤潮が発生し、2023 年は 7 月後半、2024 年は 7 月後半～8 月前半にピークを示した。両年とも *Chattonella* 属の赤潮のピークの後に *Karenia* 属の赤潮のピークが出現する傾向にあり、2023 年は、*Karenia* 属の赤潮発生後に再び *Chattonella* 属の赤潮が発生した。両種の増殖特性の違いによる種の遷移が示唆されるが、そのメカニズムの解明には、今後詳細な検討が必要である。

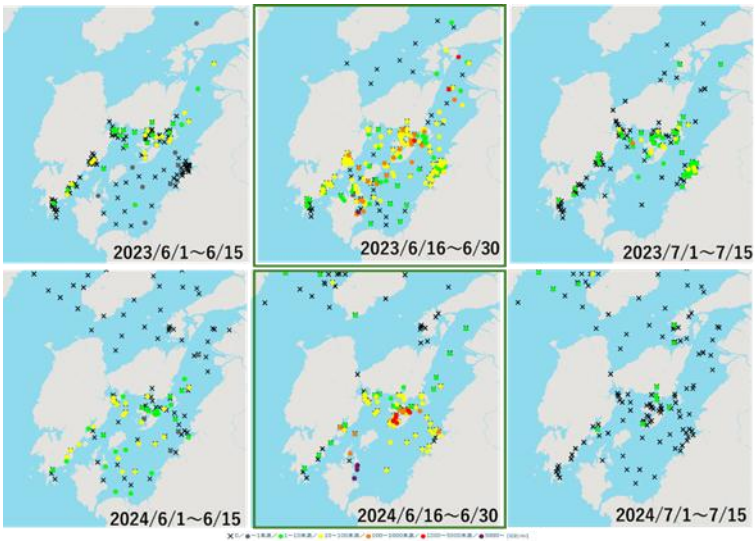
30) Aoki K., Sugimatsu K., Yoshimura N., Kuoki Y., Nakashima H., Hoshina K., Ura K. (2023): Dynamics of a fish-killing dinoflagellate *Karenia mikimotoi* red-tide captured by composite data sources. Marine Pollution Bulletin, Vol. 195, 115472.



付図 3.8.4-7 2021 年から 2024 年の *Karenia* 属による大規模な有害赤潮の発生状況（青枠は細胞密度がピークとなった期間）

出典：水産・研究教育機構水産技術研究所が運営する赤潮分布情報をもとに環境省作成

Chattonella 属と *Karenia* 属の出現に加えて、2023 年と 2024 年には、*Cochlodinium* 属が 6 月～7 月前半にかけて出現し、八代海では 3 種類の有害赤潮が同時に発生することで漁業被害対策を困難にさせた（付図 3.8.4-8）。過去にこのような発生状況は確認されていない。

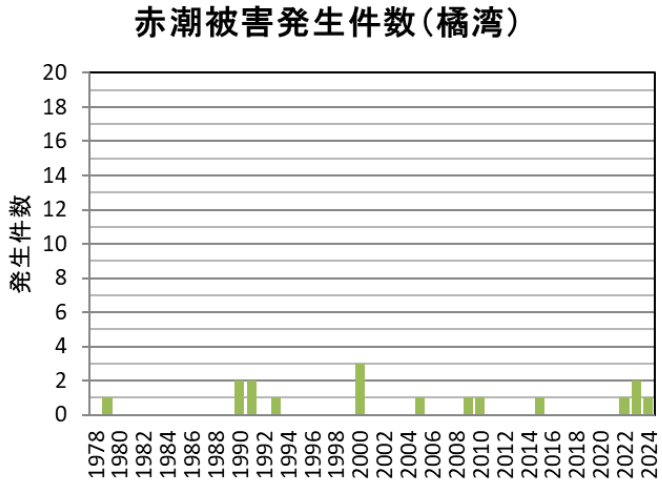


付図 3.8.4-8 2021 年から 2024 年の *Cochlodinium* 属による大規模な有害赤潮の発生状況（緑枠は細胞密度がピークとなった期間）

出典：水産・研究教育機構水産技術研究所が運営する赤潮分布情報をもとに環境省作成

3.8.5 橘湾における有害赤潮による漁業被害

橘湾における有害赤潮被害の年間発生件数は、2000 年に最大 3 件発生したが、1978～2015 年までの 37 年間で 13 件の漁業被害と、有明海や八代海の発生件数の 1/5～1/10 程度に留まっている（付図 3.8.5-1）。原因プランクトン別にみると、*Chattonella* 属（ラフィド藻）と *Cochlodinium polykrikoides*（渦鞭毛藻）による被害件数が多く、養殖ブリ、マダイやトラフグ等のへい死により大きな被害が発生している。2016 年～2021 年までは有害赤潮による漁業被害はなかったが、2022 年に *C. polykrikoides* の赤潮によりシマアジがへい死し、2023 年に *Karenia* 属の赤潮、2024 年に *Chattonella* 属と *Karenia* 属の赤潮により、ブリ、トラフグ、シマアジ、マダイ等がへい死した。2023 年と 2024 年には、被害額は11.0 億円、約 6 億円に及んだ。



付図 3.8.5-1 橘湾において漁業被害をもたらした有害赤潮発生件数（年間）の推移

出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（昭和 53 年～令和 6 年）」をもとに環境省が作成した

3.8.6 まとめ

有明海における赤潮の年間発生件数(1984～2024 年)は、1998 年頃から増加傾向が見られ、2000 年以降の発生件数(約 37 件/年)は 1980 年代(約 15 件/年)の 2.4 倍程度となっている。なお、赤潮発生は原則として海域における着色現象を集計したものであるが、1998 年～2000 年以降、着色現象の程度によらず、ノリの色落ちなどの漁業被害が報告されるようになり、これらの現象も赤潮として扱われている。また、あわせて赤潮の調査体制の強化や頻度の増加、原因となる珪藻類の優占種ごとに発生件数をカウントするなど報告の精緻化が図られている。このため、同じ微細藻類の出現状況であっても発生件数が多く計上されている可能性があることから、過去の数値と単純に比較できない点に留意する必要がある。

汚濁負荷量と赤潮発生件数とを比較すると、両者の増減傾向の間に長期的な連動性はみられない。赤潮は、原因種によってその生理的・生態的性質や発生機構等が異なるほか、赤潮生物間で種間競合関係にあるため、原因種別に赤潮発生頻度をみると、珪藻による赤潮発生頻度が高く、渦鞭毛藻やラフィド藻がこれに続く。ラフィド藻の割合が増加しているものの、構成種の大きな変化はみられない。有明海の *Chattonella* 属(ラフィド藻)による有害赤潮については、1998 年、2004 年、2007 年～2010 年、2015 年～2016 年及び 2018 年に発生規模(赤潮発生日数×最大細胞密度)が大きくなっている。有害赤潮発生地域では、漁獲量の減少に対する影響の度合いは不明であるが、天然魚類のへい死などが発生している。本種は珪藻類との生物学的な競合関係が認められ、珪藻類が衰退した隙間で発生規模が拡大していることが判明し、数値モデルによる現況再現のための貴重な知見が得られている。

安定したノリ養殖の生産を阻害している要因の一つとして色落ちが挙げられる。ノリの色落ちは、海水中の栄養塩濃度が急激に低下し、養殖ノリに必要とされる栄養塩が不足する結果生じる現象であり、珪藻赤潮の形成による栄養塩の消費が要因の一つと考えられる。ノリの色落ちの発生期間と珪藻赤潮の発生期間とを対比した結果、多くの場合、ノリの色落ちに先行する形で珪藻赤潮が発生しており、珪藻赤潮の発生とノリの色落ち被害とが密接に関係していることが示唆された。珪藻赤潮の構成種としては、特に近年は *Eucampia zodiacus*、*Skeletonema* spp.、*Chaetoceros* spp. が挙げられ、それぞれの増殖時期や発生機構は異なる。*E. zodiacus* については、2 月以降の水温が上昇に転じる時期に降水により河川流量が増加すると、小潮時の塩分成層の形成とエスチュアリー循環の発生により、沖合に向けて広がる表層水中で細胞が増殖するとともに、沈降した細胞は底層の残差流により岸方向へ回帰することで、再び河口域の栄養塩を利用して増殖し、赤潮が発達する。*Skeletonema* spp.については、湾奥西部の河口域が初期増殖域となっていること、河川から栄養塩が供給される河口感潮域が増殖に重要であること、干潮時の河口沖合域が珪藻の増殖場として機能していること、水温の低下と水柱の透過光量の増加がブルーム形成に重要とされている。一方、湾奥東部は一級河川からの浮力負荷によって密度流が発達し、海水交換が促進され、植物プランクトンにとって増殖しにくい環境が形成されていることが示されている。

八代海における赤潮の年間発生件数（1978～2024 年）は、1998～2000 年頃から増加しており、1970～1980 年代（約 8 件/年）と比較して 2000 年以降の赤潮発生件数（約 16 件/年）は概ね 2 倍程度となっている。一方で、八代海の T-N 及び T-P は 2006 年度、2009 年度頃が最大であり、2010 年度以降は減少傾向にあり、両者の増減傾向の間に長期的な連動性はみられない。原因プランクトン別にみると、渦鞭毛藻やラフィド藻の割合は 6 割程度と大きく変化しておらず、1991 年～1995 年に珪藻の割合が一時的に低下したものの、長期的に種類組成の変動はみられない。なお、2023 年と 2024 年の発生件数は減少しているが、早い時期に *Chattonella* 属の有害赤潮が発生し、*Cochlodinium* 属（渦鞭毛藻）や *Karenia* 属（渦鞭毛藻）の有害赤潮が時期をずらして長期間発生したことから、漁業被害は大規模なものとなっている。

橘湾における赤潮被害の年間発生件数は、調査期間を通じて少なく、有明海や八代海の発生件数の 1/5～1/10 程度であり、長期的な発生件数の増減傾向はほとんどみられない。原因プランクトン別にみると、*Chattonella* 属と *Cochlodinium polykrikoides* による被害件数が多く、養殖魚（ブリ、マダイ、トラフグ等）のへい死により大きな被害が発生している。また、2022 年～2024 年は、*C. polykrikoides*、*Karenia* 属、*Chattonella* 属の有害赤潮が発生し、大きな漁業被害をもたらした。

（別添資料）令和3年度中間とりまとめ以降の有明海・八代海・橘湾における赤潮による漁業被害の状況

付表（別添資料） 3-2 （1） 珪藻赤潮発生による漁業被害（2021 年～2023 年）

発生年	海域名	赤潮原因種	漁業被害種・概要	漁業被害額（千円）
2021	有明海	*Skeletonema* spp. *Thalassiosira* spp. *Asteroplanus karianus* *Pseudo-nitzschia* spp. *Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2021	有明海	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2021	有明海	*Skeletonema* spp. *Eucampia zodiacus*	ノリの色落ち	不明
2021	有明海	*Eucampia zodiacus* *Rhizosolenia setigera*	ノリの色落ち	不明
2021	有明海	*Skeletonema* spp. *Cerataulina pelagica*	ノリの色落ち	不明
2021	八代海	*Chaetoceros* spp. *Rhizosolenia imbricata*	ノリの色落ち	不明
2021	有明海	*Chaetoceros* spp. *Skeletonema* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	八代海	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp. *Eucampia zodiacus*	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Chaetoceros* spp. *Guinardia* spp. *Leptocylindrus* spp. *Skeletonema* spp. *Thalassiosira* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Asterionelopsis glacialis* *Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Chaetoceros* spp. *Skeletonema* spp. *Asterionellopsis glacialis* *Lauderia* spp.	ノリの色落ち、葉体の形態異常	不明
2022	八代海	*Chaetoceros* spp. *Skeletonema* spp. *Asterionelopsis glacialis*	ノリの色落ち、葉体の形態異常	不明
2022	有明海	*Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Skeletonema* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Eucampia zodiacus* *Skeletonema* spp.	ノリの色落ち	不明
2022	有明海	*Skeletonema* spp.	ノリの色落ち	不明
2023	有明海	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2023	有明海	*Skeletonema* spp.	ノリの色落ち	不明
2023	八代海	*Chaetoceros* spp. *Skeletonema* spp. *Eucampia zodiacus*	ノリの色落ち	不明
2023	有明海	*Skeletonema* spp.	ノリの色落ち	不明
2023	有明海	*Detonula pumila* *Thalassiosira* spp.	ノリの色落ち	不明
2023	有明海	*Skeletonema* spp. *Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち、葉体の形態異常	不明
2023	有明海	*Chaetoceros* spp. *Bacteriastrum* spp. *Skeletonema* spp.	ノリの色落ち	不明
2023	有明海	*Chaetoceros* spp.	ノリの色落ち	不明
2023	有明海	*Chaetoceros* spp. *Pseudo-nitzschia* spp.	ノリの色落ち	不明

注）同一海域・時期に連続して発生した赤潮と見なされる場合は合算して集計した
出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（令和 3 年～令和 5 年）」から集計

付表（別添資料） 3-2 （2） ラフィド藻類の有害赤潮発生による漁業被害（2021 年～2023 年）

発生年	海域名	赤潮原因種	漁業被害種・概要	漁業被害額（千円）
2021	八代海	*Chattonella*	シマアジへい死	91,329
2021	有明海	*Chattonella*	（天然）コノシロ、スズキ、クロダイへい死	不明
2022	有明海	*Chattonella*	ボラ（天然）へい死	不明
2022	有明海	*Chattonella*	ボラ（天然）へい死	不明
2023	八代海	*Chattonella antiqua* *Karenia mikimotoi*	シマアジ、サバへい死	39,231
2023	八代海	*Chattonella* *Cochlodinium polykrikoides* *Karenia mikimotoi*	ブリ、カンパチ、マダイ、シマアジ、トラフグ、アワビへい死	1,544,049
2023	有明海	*Chattonella*	ボラ（天然）へい死	不明

注）1.有明海及び八代海等を再生するための特別措置に関する法律（平成 14 年法律第 120 号）に基づく海面の区分で整理しており、漁業被害額等は出典と異なる。
2.同一海域・時期に連続して発生した赤潮と見なされる場合は各県海域における被害状況を合算して集計した。
3.養殖魚の場合、被害尾数が 1,000 尾未満の場合は規模が小さいため割愛した。
出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（令和 3 年～令和 5 年）」から集計

付表（別添資料） 3-2 （3） その他赤潮生物による漁業被害（2021 年～2023 年）

発生年	海域名	赤潮原因種	漁業被害種・概要	漁業被害額（千円）
2021	有明海	クリプト藻	ノリの色落ち	不明

注）同一海域・時期に連続して発生した赤潮と見なされる場合は各県海域における被害状況を合算して集計した。
出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（令和 3 年～令和 5 年）」から集計

付表（別添資料） 3-2 （4） 渦鞭毛藻類の有害赤潮発生による漁業被害（2021 年～2023 年）

発生年	海域名	赤潮原因種	漁業被害種・概要	漁業被害額（千円）
2021	有明海	*Ceratium furca*　*Ceratium fusus* *Heterosigma* spp.	（天然）コノシロ、スズキ、クロダイへい死	不明
2021	有明海	*Akashiwo sanguinea*	ノリの色落ち	不明
2022	橘湾	*Cochlodinium polykriokoides*	シマアジへい死	不明
2022	八代海	*Karenia mikimotoi*	ブリ、マダイへい死	9,150
2022	八代海	*Karenia mikimotoi*	（養殖）トラフグ、マダイ、ブリ、シマアジ、カンパチ、他魚類、アコヤガイ等の貝類へい死、（天然）カンパチ、ブリ、マダイ、ヒラメ、ハモへい死	1,965,317
2022	有明海	*Akashiwo sanguinea*	ノリの色落ち	不明
2023	八代海	*Chattonella antiqua* *Karenia mikimotoi*	シマアジ、サバへい死	39,231
2023	八代海	*Cochlodinium polykrikoides*	ブリ、マダイ、カンパチ、クエへい死	15,642
2023	八代海	*Chattonella* *Cochlodinium polykrikoides* *Karenia mikimotoi*	ブリ、カンパチ、マダイ、シマアジ、トラフグ、アワビへい死	1,544,049
2023	橘湾	*Karenia mikimotoi*	ブリ、トラフグ、シマアジ、マダイへい死	1,097,821
2023	有明海	*Akashiwo sanguinea*	ノリの色落ち	不明
2023	有明海	*Akashiwo sanguinea*	ノリの色落ち	不明

注）1.同一海域・時期に連続して発生した赤潮と見なされる場合は各県海域における被害状況を合算して集計した。
2.養殖魚の場合、被害尾数が 1,000 尾未満の場合は規模が小さいため割愛した。
出典：水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮（令和 3 年～令和 5 年）」から集計