

有明海・八代海等総合調査評価委員会

中間取りまとめ

令和4年3月

有明海・八代海等総合調査評価委員会

目 次

第1章 はじめに ······	1
1.1 有明海・八代海等総合調査評価委員会の経緯	1
1.2 有明海・八代海等総合調査評価委員会報告について	1
1.3 平成28年度委員会報告における基本的な考え方と再生目標	2
1.4 水産資源再生方策検討作業小委員会及び 海域環境再生方策検討作業小委員会の設置について	4
1.5 中間取りまとめの位置づけ	4
1.6 中間取りまとめ作成の経緯について	5
1.7 中間取りまとめの構成	6
第2章 有明海・八代海等の環境等の状況 ······	7
2.1 汚濁負荷	8
2.1.1 排出負荷量	8
2.1.2 陸域から海域への流入負荷量	8
2.1.3 海域への直接負荷量を含めた汚濁負荷量	8
2.1.4 まとめ	10
2.2 河川からの土砂流入	11
2.2.1 大雨等の状況	11
2.2.2 河川流量の状況	14
2.2.3 近年の豪雨による土砂の発生	16
2.2.4 まとめ	21
2.3 潮汐・潮流	22
2.3.1 潮位の状況	22
2.3.2 潮流の状況	24
2.3.3 まとめ	24
2.4 水質	26
2.4.1 水質環境基準達成率の推移	26
2.4.2 水質の動向	29
2.4.3 まとめ	36
2.5 底質	40
2.5.1 有明海の底質の分布状況	40
2.5.2 有明海・八代海の底質分布と経年変化	41
2.5.3 その他の海域の底質及び底質中の重金属・有害化学物質	50
2.5.4 まとめ	50
2.6 貧酸素水塊	51
2.6.1 有明海の底層溶存酸素量の状況	51
2.6.2 貧酸素水塊の発生状況	57
2.6.3 貧酸素に関わる酸素消費特性	60
2.6.4 貧酸素の経年変化特性	60
2.6.5 気候変動が底層溶存酸素濃度に与える影響	62
2.6.6 まとめ	63
2.7 藻場・干潟等	65
2.7.1 有明海・八代海の藻場・干潟	65
2.7.2 海洋ごみ	68

第1章 はじめに

1.1 有明海・八代海等総合調査評価委員会の経緯

2000(平成 12)年度の有明海のノリ不作を契機として、国民的資産である有明海及び八代海を豊かな海として再生させることを目的とした「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律」が議員立法により制定され、2002(平成 14)年 11 月に施行された。その後、2011(平成 23)年 8 月には「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」(以下「特別措置法」という。)として改正施行され、有明海及び八代海に隣接する海域として、橘湾及び熊本県天草市牛深町周辺の海面が改正特別措置法に基づく対象海域に追加された。

特別措置法では有明海・八代海等総合調査評価委員会(以下「評価委員会」という。)の設置が位置付けられており(同法第 25 条)、その所掌事務として、国及び関係県が行う総合的な調査の結果に基づいて有明海及び八代海等の再生に係る評価を行うこと、及びこれらの事項に関して主務大臣等に意見を述べることとされている。

なお、2021(令和 3)年 4 月には特別措置法が改正施行され、評価委員会は、毎年、その所掌事務の遂行の状況を分かりやすい形で公表することとされている。

1.2 有明海・八代海等総合調査評価委員会報告について

評価委員会では、これまでに

- ・「有明海・八代海総合調査評価委員会報告書」平成 18 年 12 月
- ・「有明海・八代海等総合調査評価委員会報告」平成 29 年 3 月(以下「平成 28 年度委員会報告」という。)

を取りまとめ、主務大臣等に提出した。

このうち、平成 28 年度委員会報告では、有明海・八代海等を豊かな海として再生することを目的として、海域全体において目指すべき再生目標を設定し、これを踏まえて、生態系の構成要素又は水産資源として重要と考えられる生物に係る 4 項目の問題点(ベントスの変化、有用二枚貝の減少、ノリ養殖の問題、魚類等の変化)の確認とその原因・要因の考察を行い、海域全体に係る再生方策(全体方策)や個別海域毎に目指すべき再生方策を整理した。また、その当面の目標時期を概ね 10 年後(2026(令和 8)年度)とした。

一方、平成 28 年度委員会報告では、科学的に明らかにならなかつた点も残されたため、今後、長期的に蓄積すべき観測データや、新たに実施すべき調査・研究開発の課題についても具体的に示した。

1.3 平成 28 年度委員会報告における基本的な考え方と再生目標

平成 28 年度委員会報告に示された有明海・八代海等を再生するための基本的な考え方と再生目標は以下のとおりである。

【基本的な考え方】(平成 28 年度委員会報告より抜粋)

有明海及び八代海においては、閉鎖性海域という条件の下、漁業、干拓、防災、海上交通等のための開発が継続的に行われてきたことから、両海域は、自然環境自体の長期的变化とともに、人為的な働きかけを受けつつ、その海域環境や生態系を変遷させて今日に至ったものと考えられる。

両海域が抱える諸問題の原因・要因を可能な限り的確に把握した上で、国や地方公共団体等の関係行政機関のみならず、有識者、教育・研究機関やNPO、漁業者、企業等の多様な主体が両海域の再生に取組むことが望ましい。

こうした原因・要因の考察については、その特定自体は目的ではなく、有明海及び八代海の再生に向けた措置に資するとの観点から、評価委員会としての見解を示すものである。

【有明海・八代海等の海域全体に係る再生目標(全体目標)】(平成 28 年度委員会報告より抜粋)

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)においては、有明海及び八代海等が、国民にとって貴重な自然環境及び水産資源の宝庫として、その恵沢を国民がひとしく享受し、後代の国民に継承すべきものであることに鑑み、海域の特性に応じた当該海域の環境の保全及び改善並びに当該海域における水産資源の回復等による漁業の振興に関し実施を促進する等特別の措置を講ずることにより、豊かな海として再生することを目的としており、この目的と前章で整理した環境等の変化も勘案して、有明海・八代海等の海域全体において目指すべき再生目標(全体目標)を次のとおりとする。

○希有な生態系、生物多様性及び水質浄化機能の保全・回復

有明海、八代海等は、他の海域ではみられない希有な生態系を有しており、高い生物多様性及び豊かな生物生産性を有している。広大な干潟や浅海域は、有明海、八代海等を特徴付ける生物種をはじめとする希有な生態系、生物多様性の基盤となるとともに、水質浄化機能を有している。このような生態系、生物多様性及び水質浄化機能を、後世に引き継ぐべき自然環境として保全・回復を図る。

○二枚貝等の生息環境の保全・回復と持続的な水産資源の確保

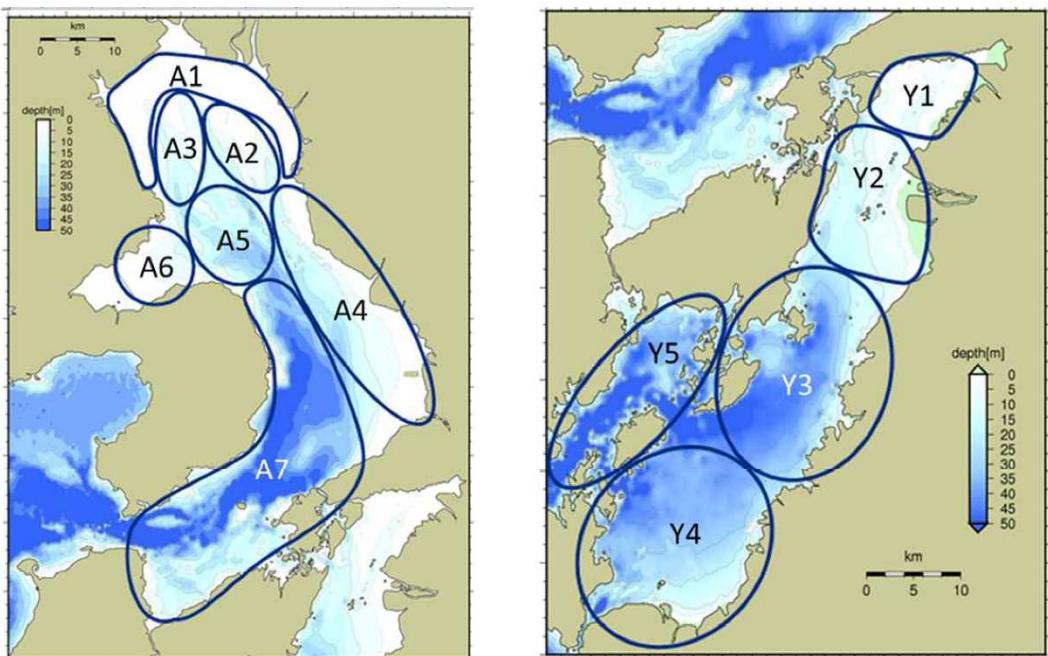
有明海、八代海等を水産資源の宝庫として後世に引き継ぐためには、海域環境の特性を踏まえた上で、底生生物の生息環境を保全・再生し、二枚貝等の生産性の回復をはじめとする底生生態系の再生を図り、ノリ養殖、二枚貝及び魚類等(養殖を含む。)の多種多様な水産資源等の持続的・安定的な確保を図る。

これらの目標は、独立しているものではなく、希有な生態系、生物多様性の保全・再生、水産資源等の回復及び持続的かつ安定的な確保は、共に達成されるべきものである。

上記の再生目標(全体目標)を踏まえ、有明海、八代海等の多様な生物の生息環境の確保を図りつつ、生態系を構成する上で、又は水産資源として重要と考えられる生物について、平成 28 年度委員会報告では「ベントス(底生生物)の変化」、「有用二枚貝の減少」、「ノリ養殖の問題」及び「魚類等の変化」の 4 項目を取り上げることとした。

また、平成 28 年度委員会報告では、これらの変化に着目し、問題点の確認及びその原因・要因の考察や、物理環境等の海域環境の現状と変化の整理を行い、さらに、有明海・八代海における問題点と原因・要因との関連の可能性についても整理した。

さらに、有明海、八代海等は様々な環境特性を持ち、生物の生息状況も異なることから、問題点とその原因・要因が海域毎に異なるものもあると考えられる。このため、有明海、八代海を環境特性により区分し、個別海域毎に問題点及びその原因・要因の考察を進めることによって、各海域の再生に係る適切な評価、再生方策を見出すことにつながることが期待できるとして、平成 28 年度委員会報告においては図 1.3-1 に示すとおり有明海を 7 区分、八代海を 5 区分に分け、それぞれの問題点とその原因・要因が整理され、個別海域毎の再生目標と再生方策が示されたところであり、それ以降、関係省庁・関係県等の関係機関が再生目標の達成に向けて再生方策を実施してきたところである。



注) 図中の青色の範囲は海域区分を示す。

- A 1 海域…有明海湾奥奥部
- A 2 海域…有明海湾奥東部
- A 3 海域…有明海湾奥西部
- A 4 海域…有明海中央東部
- A 5 海域…有明海湾央部
- A 6 海域…有明海諫早湾
- A 7 海域…有明海湾口部

注) 図中の青色の範囲は海域区分を示す。

- Y 1 海域…八代海湾奥部
- Y 2 海域…球磨川河口部
- Y 3 海域…八代海湾央部
- Y 4 海域…八代海湾口東部
- Y 5 海域…八代海湾口西部

図 1.3-1 有明海及び八代海の海域区分

1.4 水産資源再生方策検討作業小委員会及び海域環境再生方策検討作業小委員会の設置について

評価委員会は、「水産資源再生方策検討作業小委員会及び海域環境再生方策検討作業小委員会の設置について」(平成 30 年 3 月 13 日委員会決定)に基づき、委員会の下に「水産資源再生方策検討作業小委員会」(以下「水産小委」という。)及び「海域環境再生方策検討作業小委員会」(以下「海域小委」という。)を設置し、各関係機関等が再生目標に向けて実施している再生方策等に関連して、前者においては水産資源をめぐる問題点及び漁場環境の特性に係る情報の収集・整理・分析、後者においては海域環境及び生態系の特性に係る情報の収集・整理・分析をそれぞれ行った。

1.5 中間取りまとめの位置づけ

当該「中間取りまとめ」は、目標の中間段階である 2021(令和 3)年度時点での関係機関等が実施した再生方策の実施状況等を整理し、平成 28 年度委員会報告に掲げられた再生目標や再生方策等と照らし合わせ、その進捗状況や課題等について整理を行い、令和 8 年度委員会報告に向けて必要となる検討事項等について取りまとめたものである。

1.6 中間取りまとめ作成の経緯について

中間取りまとめに係るこれまでの検討状況は表 1.6-1 に示すとおりである。

表 1.6-1 中間取りまとめに係るこれまでの検討状況

区分・時期	検討内容
第 42 回評価委員会 (平成 30 年 3 月 13 日)	「今後の審議進め方」及び「小委員会の設置」を決定し、令和 3 年度に中間取りまとめを行うこととされ、加えて ・水産資源再生方策検討作業小委員会(水産小委) ・海域環境再生方策検討作業小委員会(海域小委) の 2 つの作業小委員会を設置
第 1 回水産小委・海域小委(合同開催) (平成 30 年 8 月 29 日)	「ベントス」、「有用二枚貝」、「ノリ養殖」及び「魚類等」(4 項目)並びに「4 項目全体に係る海域環境」について、水産小委、海域小委及び両小委合同で検討を行う項目に作業分担を行うとともに、解析にあたってのデータ整理・分析の方針について検討を行い、「小委員会の作業方針について」(以下「作業方針」という。)を審議
第 2 回水産小委・海域小委(合同開催) (平成 31 年 1 月 23 日)	作業方針に基づき、平成 28 年度以降に関係省庁及び関係県が取りまとめた調査結果等について、ヒアリングを実施
第 43 回評価委員会 (平成 31 年 3 月 22 日)	平成 30 年度の水産小委・海域小委の取組や、再生方策の取組状況を報告
第 3 回水産小委・海域小委 (令和元年 8 月 2 日)	令和 3 年度の中間取りまとめに向けて、小委員会における情報収集の具体的な内容を定めた「小委員会における今後の情報の収集・整理・分析」を決定し、第 4 回から第 6 回の小委員会において、関係省庁及び関係県が実施した情報の収集・整理・分析状況の報告を行うこととした
第 4 回水産小委・海域小委 (令和元年 11 月 29 日)	「小委員会における今後の情報の収集・整理・分析」に基づき、水産小委では有用二枚貝に関する情報収集等を実施し、海域小委では海域環境に関する情報収集等を実施
第 5 回水産小委・海域小委 (令和 2 年 7 月 29 日)	「小委員会における今後の情報の収集・整理・分析」に基づき、水産小委では有用二枚貝、ノリ養殖、魚類等に関する情報収集等を実施し、海域小委では海域環境、森林、土砂に関する情報収集等を実施
第 45 回評価委員会 (令和 2 年 10 月 2 日)	第 4 回水産小委・海域小委、第 5 回水産小委・海域小委での情報収集結果を報告し、また、中間取りまとめに盛り込む項目(案)について審議
第 6 回水産小委・海域小委(合同開催) (令和 2 年 12 月 8 日)	「小委員会における今後の情報の収集・整理・分析」に基づき、魚類等及び有用二枚貝に関する情報収集等を行い、また、中間取りまとめに盛り込む項目等を報告・審議
第 7 回水産小委・海域小委(合同開催) (令和 3 年 2 月 22 日)	「小委員会における今後の情報の収集・整理・分析」に基づき、中間取りまとめに盛り込む項目及びその内容等を報告・審議
第 46 回評価委員会 (令和 3 年 3 月 30 日)	第 6 回及び第 7 回水産小委・海域小委(合同開催)での検討結果を報告し、また、中間取りまとめに盛り込む項目及びその内容等について審議
第 8 回水産小委・海域小委(合同開催) (令和 3 年 11 月 15 日)	中間取りまとめの目次案及び各章の文案等を審議し、また、環境変化に適応したノリ養殖技術の開発について報告
第 47 回評価委員会 (令和 3 年 12 月 24 日)	第 8 回水産小委・海域小委(合同開催)での検討結果を報告し、また、中間取りまとめの内容等について審議
第 9 回水産小委・海域小委(合同開催) (令和 4 年 1 月 24 日)	中間取りまとめの各章の文案等を審議
第 48 回評価委員会 (令和 4 年 2 月 9 日)	中間取りまとめの各章の文案等を審議
第 49 回評価委員会 (令和 4 年 3 月 24 日)	中間取りまとめ及びパブリックコメントについて審議

注)第 44 回評価委員会は令和元年 12 月 17 日に書面開催し、委員長を選任した。

1.7 中間取りまとめの構成

第1章では、本中間取りまとめの背景として、有明海・八代海等総合調査評価委員会やその下の小委員会についての経緯や、平成28年度委員会報告の主要点、中間取りまとめの位置づけ等の整理を行った。

第2章では、有明海・八代海等の環境等の状況について、平成28年度委員会報告の後、新たに得られたデータや知見が得られた情報を中心に整理した。なお、中間取りまとめでは、全体の量を抑えるため、平成28年度委員会報告による知見から変わっていない点については、基本的に記載を割愛するとともに、経年的に大きな変化傾向が見られていない図表や参考情報となる図表については資料編(データ集(以下「データ集」という。))に整理した。また、関係機関が行った事業は資料編(ケーススタディ(以下「ケース」という。))に整理した。

第3章では、平成28年度委員会報告で示された再生目標を達成するための再生方策等の実施状況等と課題を整理した。

第4章では、第3章での整理を踏まえ、今後、適切かつ効果的な再生方策等を進めるための共通する課題を整理した。

なお、上述のとおり、中間取りまとめにおいては、平成28年度委員会報告以降に得られたデータ等をもとに、新たな知見が得られているものを中心に記載している。そのため、有明海・八代海等の再生に関する全体的な理解のためには、平成28年度委員会報告と本中間取りまとめを併せて参照する必要があることに留意すべきである。

第2章 有明海・八代海等の環境等の状況

第2章では平成28年度委員会報告以降における有明海・八代海等の環境の状況を、平成28年度委員会報告の第3章の構成に沿って整理した。なお、平成28年度委員会報告では、再生目標を踏まえ、生態系の構成要素又は水産資源として重要と考えられる生物について4項目を取り上げることとしたが、そのうち、ノリ養殖(赤潮による被害)は「2.8 赤潮」に、ベントス、有用二枚貝、ノリ養殖(生産量)、魚類等は「2.9 生物」にその状況等を整理した。

なお、平成28年度委員会報告以降において、新たなデータや知見等が得られた情報を中心に整理を行っており、平成28年度委員会報告と同じデータや知見等については記載を割愛するとともに、経年的に大きな変化傾向がみられていない図表や参考情報となる図表等は資料編に記載した。

第2章の構成と記載事項を表2-1に示す。

表2-1 第2章の構成と記載事項

構成	記載事項
2.1 汚濁負荷	汚濁負荷量の状況
2.2 河川からの土砂流入	大雨等の状況、河川流量の状況、近年の豪雨による土砂の発生
2.3 潮汐・潮流	潮位の状況、潮流の状況
2.4 水質	水質環境基準達成率、水質の動向
2.5 底質	底質の分布、経年変化等
2.6 貧酸素水塊	底層溶存酸素量、貧酸素水塊の発生状況、経年変化等、気候変動が与える影響
2.7 藻場・干潟等	藻場・干潟の分布・面積、海洋ごみの状況等
2.8 赤潮	赤潮の発生状況・特徴、漁業(ノリ養殖、魚類養殖)被害の状況等
2.9 生物	固有種・希少種等、ベントス、有用二枚貝、魚類、漁業・養殖業生産量

注)主なもの以外の図表、関係機関の行った事業はケーススタディとして資料編に記載

2.1 汚濁負荷

2.1.1 排出負荷量

1965(昭和 40)～2019(令和元)年度における有明海・八代海の流域の家庭(生活系)、事業場(産業系)、家畜(畜産系)、山林、田畠等(自然系)の各発生源から排出される排出負荷量を算定し、その経年変化のグラフ等は資料編に記載した(データ集 2.1.1)。

平成 28 年度委員会報告以降における排出負荷量の経年変化については、それ以前の傾向と同様であり、やや減少あるいは横ばい傾向で推移している。

2.1.2 陸域から海域への流入負荷量

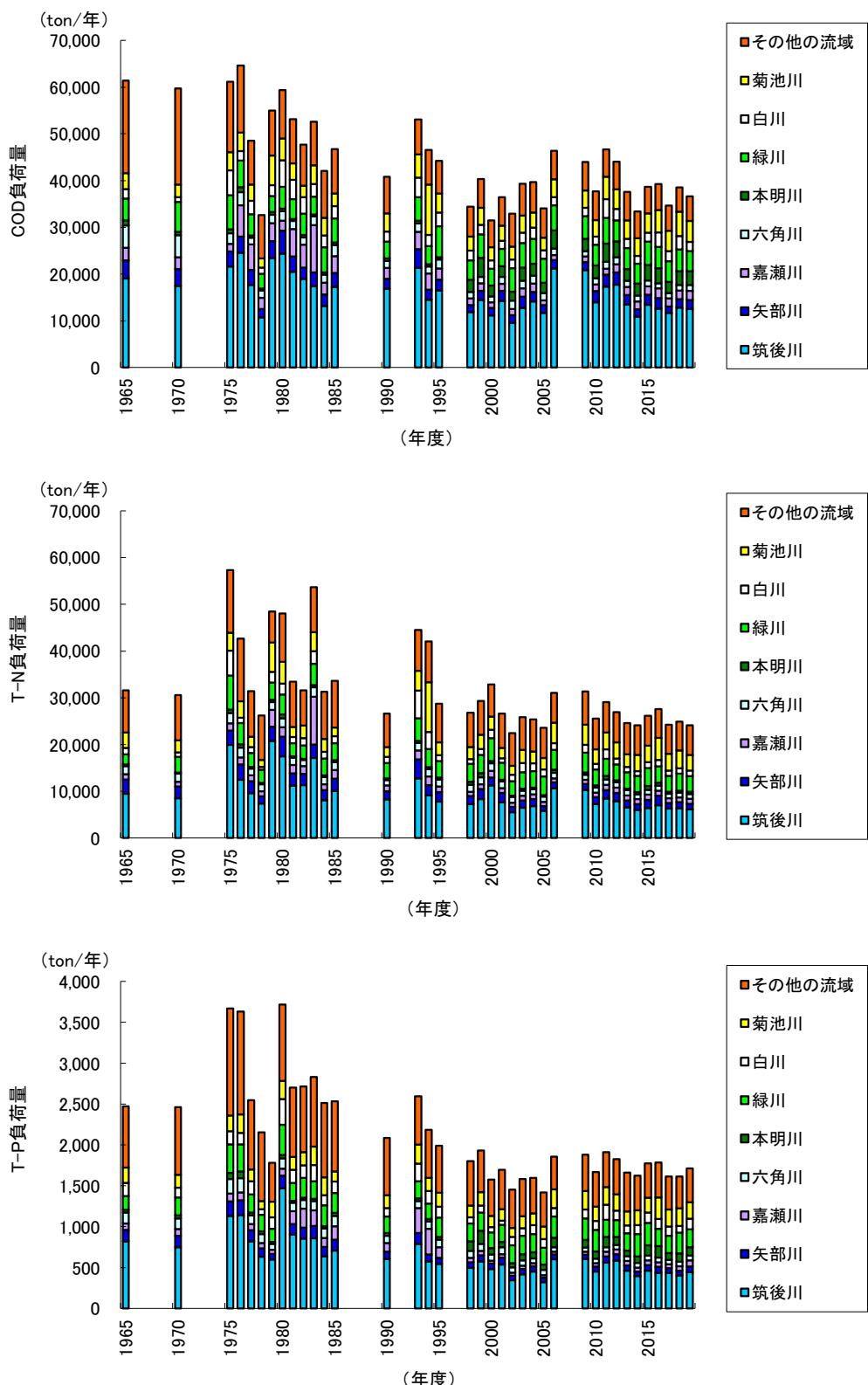
1965(昭和 40)～2019(令和元)年度における河川等を通じて有明海及び八代海に流入する負荷量を算定した(図 2.1.2-1、図 2.1.2-2)。

有明海の COD、T-N 及び T-P、八代海の COD 及び T-P の流入負荷量は、平成 28 年度委員会報告以前の傾向と同様であり、1975(昭和 50)～1980(昭和 55)年度頃に高く、その後減少し、1990 年代後半からは概ね横ばい傾向であるが、八代海の T-N の流入負荷量は、1975(昭和 50)年度頃から概ね横ばいで推移している。

流域別にみると、有明海では筑後川流域からの流入負荷量が大きく、直近 5 年間では、それぞれ全体の 32～35% (COD)、25～26% (T-N)、24～27% (T-P) 程度、八代海では球磨川流域からの流入負荷量が大きく、それぞれ全体の 39～47% (COD)、26～34% (T-N)、27～38% (T-P) 程度を占めている。

2.1.3 海域への直接負荷量を含めた汚濁負荷量

陸域からの流入負荷量に加え、海域への直接負荷量(降雨、ノリ養殖(酸処理剤及び施肥)、魚類養殖、底質からの溶出)を含めた汚濁負荷量について、その経年変化のグラフ等は資料編(データ集 2.1.3)に記載した。この結果によると、有明海の COD、T-N 及び T-P、八代海の COD は、陸域からの流入負荷量と同様に、1975(昭和 50)～1980(昭和 55)年度頃に高く、その後減少し、1990 年代後半からは概ね横ばい傾向であるが、八代海の T-N 及び T-P は 2006(平成 18)年度、2009(平成 21)年度頃が最大であり、2010(平成 22)年度以降は減少傾向にある。



注)1995(平成7)年までは、グラフ中の「本明川」の項目に本明川流域からの負荷量を算定し、本明川流域以外から諫早湾(有明海)に流入する負荷量は「他の流域」の一部として算定している。一方、1998(平成10)年以降は、「本明川」の項目に諫早湾干拓事業の潮受堤防排水門からの負荷量(調整池の水質と排水量より算定したもの)を記載しており、1998(平成10)年度以降は他の河川からの流入負荷量と算定方法が異なるため、河川からの負荷量と排水門からの負荷量について単純に比較できないことに留意する必要がある。

図 2.1.2-1 有明海への流入負荷量の経年変化

出典:環境省資料

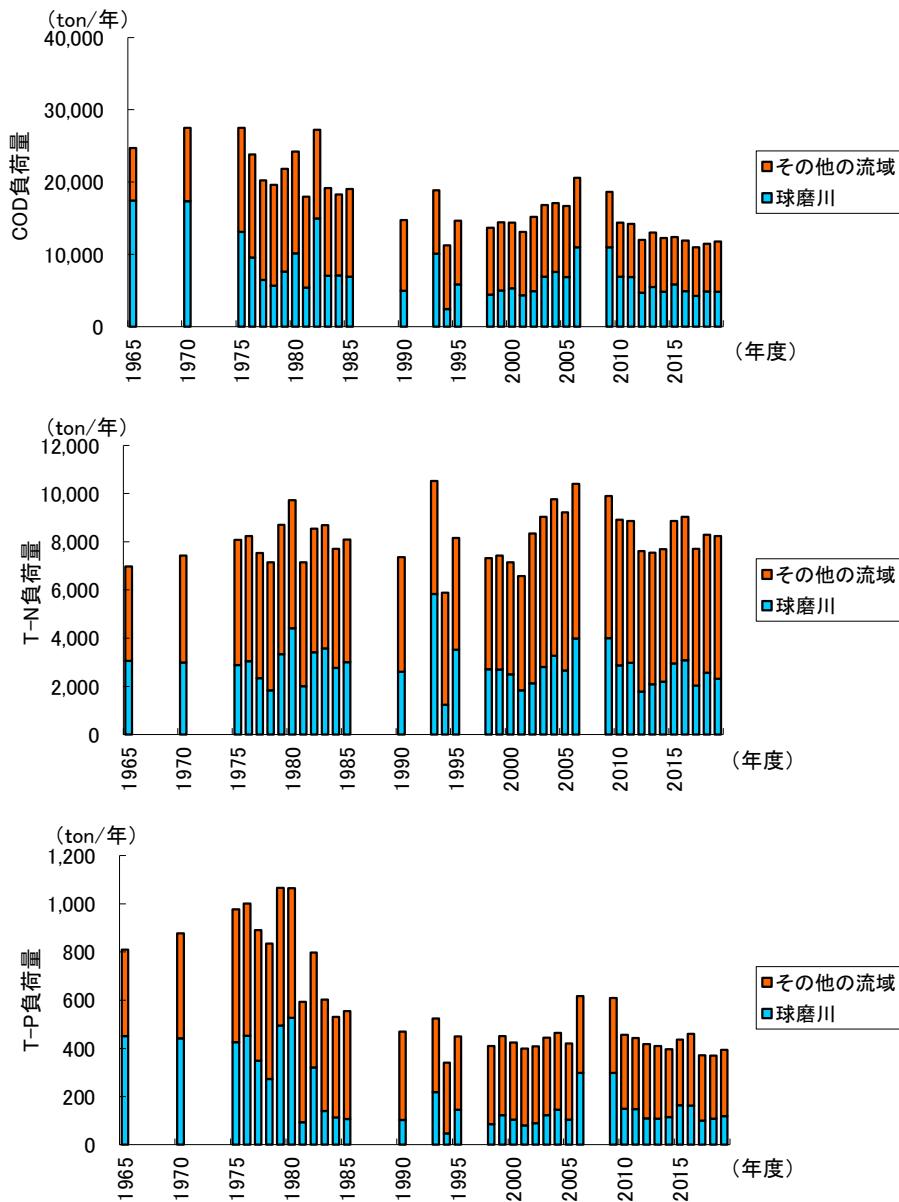


図 2.1.2-2 八代海への流入負荷量の経年変化

出典:環境省資料

2.1.4まとめ

近年における有明海・八代海の流域の各発生源からの排出負荷量は、平成 28 年度委員会報告以前の傾向と同様であり、やや減少あるいは横ばい傾向で推移している。

河川等を通じて海域に流入する負荷量については、有明海の COD、T-N、T-P、八代海の COD、T-P では、1975(昭和 50)～1980(昭和 55)年度頃に高く、その後減少し、1990 年代後半からは横ばい傾向、八代海の T-N は 1975(昭和 50)年度頃から概ね横ばいで推移している。

海域への直接負荷量を含めた汚濁負荷量については、有明海の COD、T-N、T-P、八代海の COD では、1975(昭和 50)～1980(昭和 55)年度頃に高く、その後減少し、1990 年代後半からは横ばい傾向、八代海の T-N、T-P は 2006(平成 18)年度、2009(平成 21)年度頃が最大であり、2010(平成 22)年度以降は減少傾向にある。

2.2 河川からの土砂流入

平成 28 年度委員会報告では、有明海・八代海に流入する代表的な河川について、その流況と海域に流入する土砂量に関する情報を整理したところであるが、その後、2017(平成 29)年 7 月九州北部豪雨等の大雨が頻発していることから、ここではこれら大雨等の発生状況や河川流量の状況を整理するとともに、豪雨等に伴う河道内への土砂移動や土砂堆積についての調査結果を整理した。なお、平常時における土砂流入に関する知見等については、令和 8 年度委員会報告で取りまとめる予定である。

2.2.1 大雨等の状況

(1) 大雨等が発生した主な気象事例

2005(平成 17)年以降において、特に九州北部地方を中心に大雨等が発生した主な気象事例について整理した(表 2.2.1-1)。

九州北部地方においては、近年、毎年のように豪雨や大雨等の事象が発生している。

表 2.2.1-1 九州北部地方を中心に大雨等が発生した主な気象事例

No.	年	期間	名称	概要
1	2005(平成 17)年	7 月 8 日～10 日	梅雨前線による大雨	九州地方や東海地方で激しい雨
2	2006(平成 18)年	6 月 21 日～28 日	梅雨前線による大雨	熊本県を中心に西日本で大雨
3		7 月 15 日～24 日	平成 18 年 7 月豪雨	長野県、鹿児島県を中心に九州、山陰、近畿、北陸地方の広い範囲で大雨
4	2007(平成 19)年	7 月 1 日～17 日	台風第 4 号と梅雨前線による大雨と暴風	沖縄から東北南部の太平洋側にかけての広い範囲で大雨
5	2009(平成 21)年	7 月 19 日～26 日	平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨	九州北部・中国・四国地方などで大雨
6	2010(平成 22)年	7 月 10 日～16 日	梅雨前線による大雨	西日本から東日本にかけて大雨
7	2011(平成 23)年	6 月 10 日～21 日	梅雨前線による大雨	九州各地で大雨
8	2012(平成 24)年	7 月 11 日～14 日	平成 24 年 7 月九州北部豪雨	九州北部を中心に大雨
9	2016(平成 28)年	6 月 19 日～30 日	梅雨前線による大雨	西日本を中心に大雨
10	2017(平成 29)年	7 月 5 日～6 日	平成 29 年 7 月九州北部豪雨	西日本で記録的な大雨
11	2018(平成 30)年	6 月 28 日～7 月 8 日	平成 30 年 7 月豪雨	西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な雨
12	2019(令和元)年	8 月 26 日～29 日	前線による大雨	九州北部地方を中心に記録的な大雨
13	2020(令和 2)年	7 月 3 日～31 日	令和 2 年 7 月豪雨	西日本から東日本、東北地方の広い範囲で大雨。4 日から 7 日にかけて九州で記録的な大雨。球磨川など大河川で氾濫。

出典:気象庁 HP「災害をもたらした気象事例」及び一般社団法人九州地域づくり協会「九州災害履歴情報データベース」をもとに環境省が作成した。

(2) 降水量の状況

2005(平成 17)年～2020(令和 2)年の有明海・八代海流域に位置する主な気象観測所における日降水量の状況を図 2.2.1-1 に示す。

表 2.2.1-1 に示した気象事例の際には、日降水量 150mm を超えるような大雨が生じており、特に近年においては久留米や白石で日降水量 250mm を超える大雨が多く発生している。

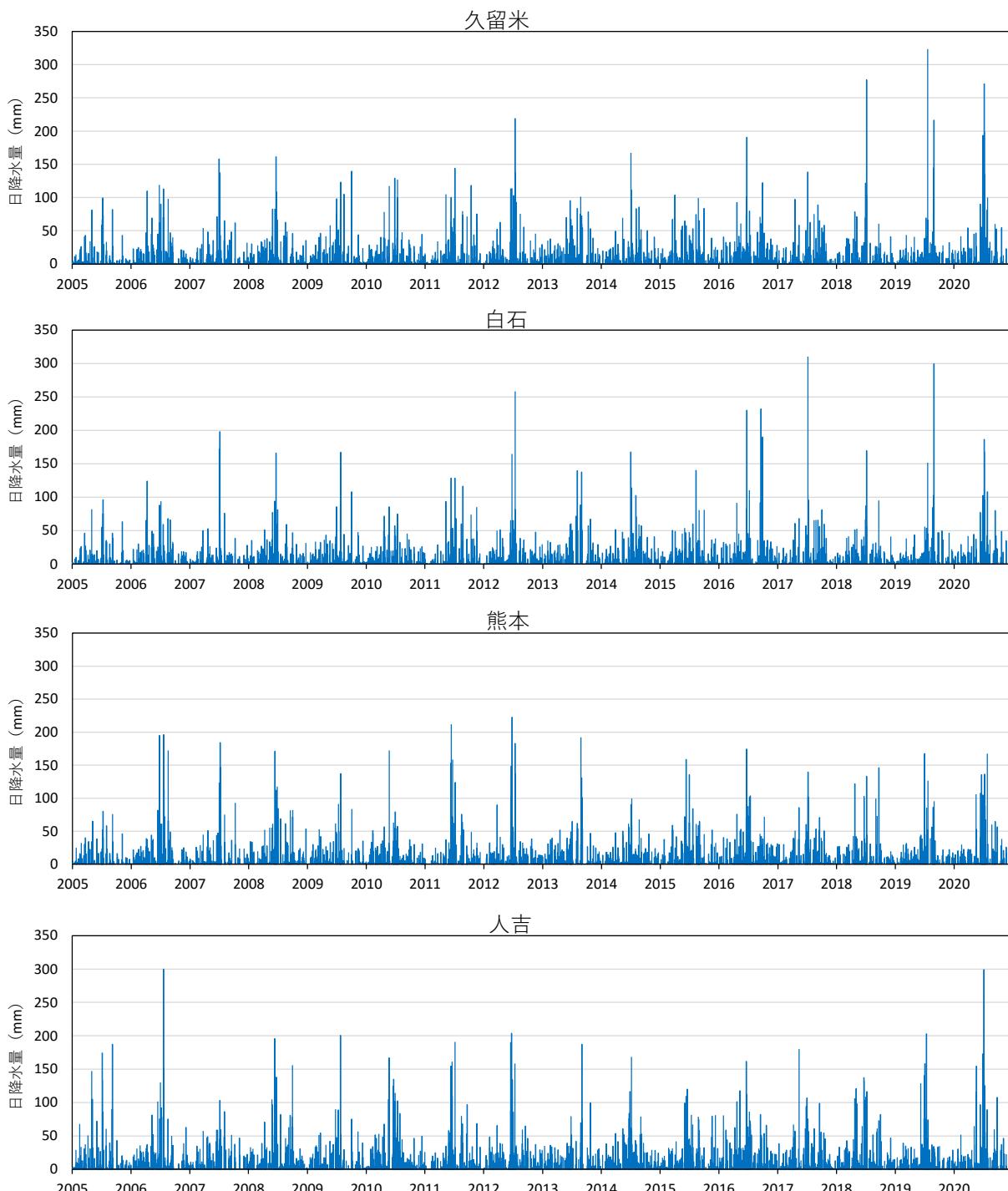
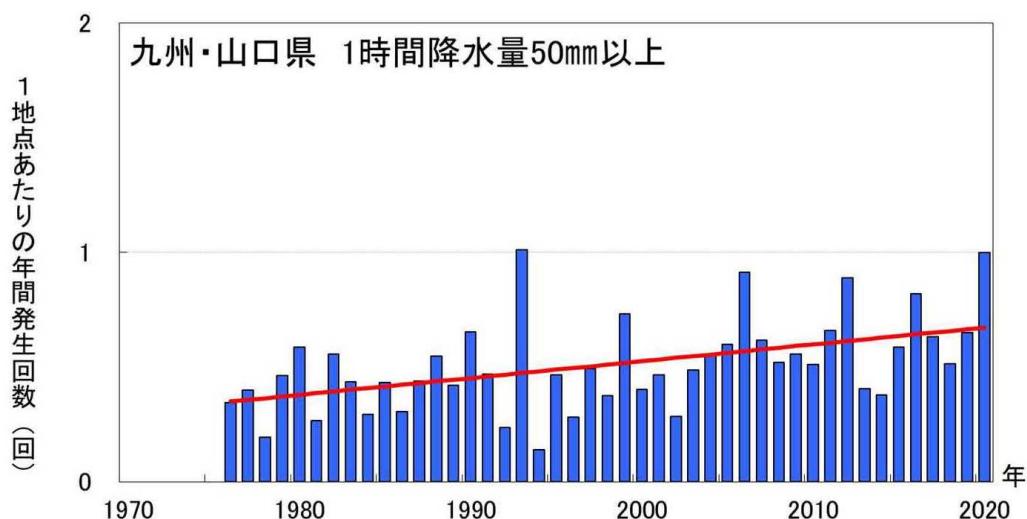


図 2.2.1-1 主な気象観測所における日降水量の状況

出典: 気象庁 HP「過去の気象データ」をもとに環境省が作成した。

また、九州及び山口県において、1時間50mm以上（「非常に激しい雨」、「猛烈な雨」）の回数は、増加傾向がみられる（図 2.2.1-2）。「令和2年7月豪雨」などの影響で、2020（令和2）年の1時間降水量50mm以上の回数は、統計開始以降、1993（平成5）年に次いで2番目に多かった。



注)統計期間:1976(昭和51)年～2020(令和2)年。アメダス1地点あたりの回数に換算

青棒:年々の値

赤の直線:長期変化傾向(有意な長期変化傾向がある場合のみ表示)

図 2.2.1-2 1時間降水量50mm以上の年間発生回数の経年変化(九州・山口県)

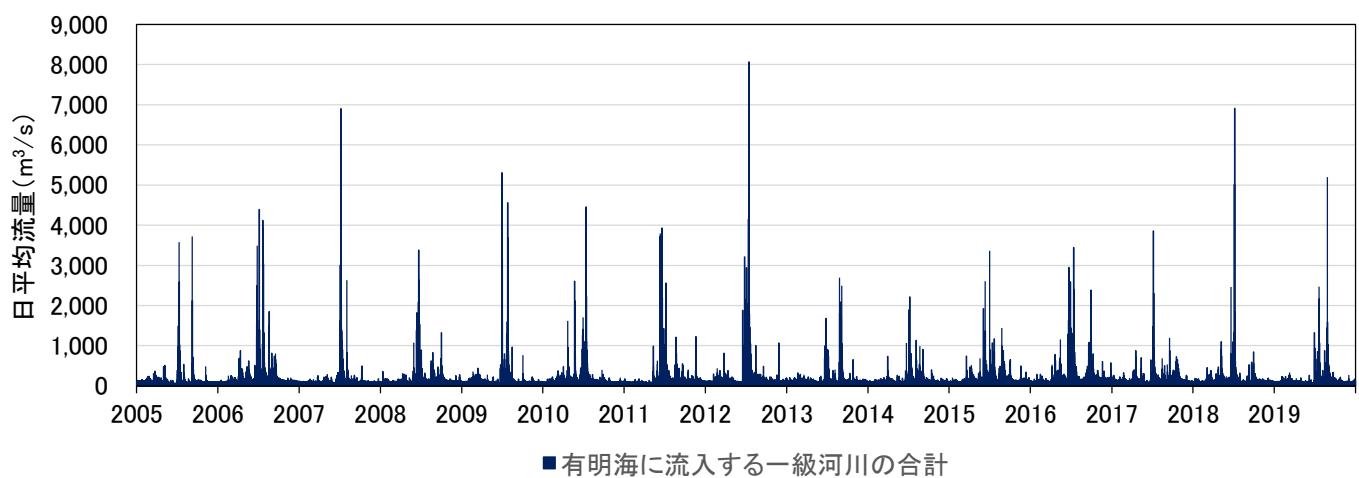
出典:福岡管区気象台(2021)「九州・山口県の気候変動監視レポート2020」

2.2.2 河川流量の状況

河川流量の変化は、汚濁負荷や土砂の流入量を左右するのみでなく、海域の流れや密度成層にも影響するため、有明海及び八代海に流入する一級河川の日平均流量の状況を図 2.2.2-1 及び図 2.2.2-2 に示す。また、一級河川の月平均流量の状況を図 2.2.2-3 及び図 2.2.2-4 に示す。

表 2.2.1-1 に示した大雨等が発生した時期に流量が増大しており、特に近年においては、有明海流入河川では「平成 24 年 7 月九州北部豪雨」、「平成 30 年 7 月豪雨」、八代海流入河川でも「平成 30 年 7 月豪雨」に伴って大規模な出水が発生している。なお、出典とした国土交通省「水文水質データベース」では 2020(令和 2)年の流量データが公表されていない河川があるため、全ての河川の流量データが公表されている 2019(令和元)年までのデータを整理した。

上記のとおり公表されているデータに限りがあり、欠測も含まれているため、降水量と同様の統計解析は困難であるが、河川流量は降水量の影響を強く受けるため、近年の 1 時間 50mm 以上の大雨の回数増加を受けて、洪水の発生頻度も増加傾向にあると考えられる。



注)有明海に流入する一級河川の合計は、筑後川(瀬ノ下)、嘉瀬川(川上)、六角川(溝ノ上)、本明川(裏山)、矢部川(船小屋)、菊池川(山鹿)、白川(代継橋)、緑川(城南)の日平均流量の合計とした。

図 2.2.2-1 有明海に流入する一級河川の日平均流量の状況

出典:国土交通省「水文水質データベース」をもとに環境省が作成した。

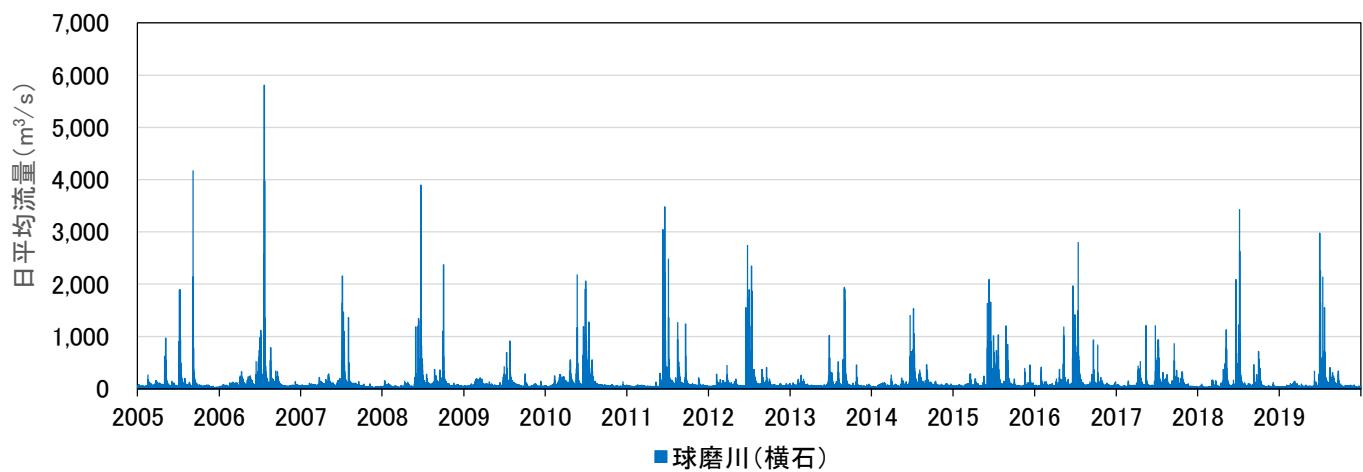


図 2.2.2-2 八代海に流入する一級河川の日平均流量の状況

出典:国土交通省「水文水質データベース」をもとに環境省が作成した。

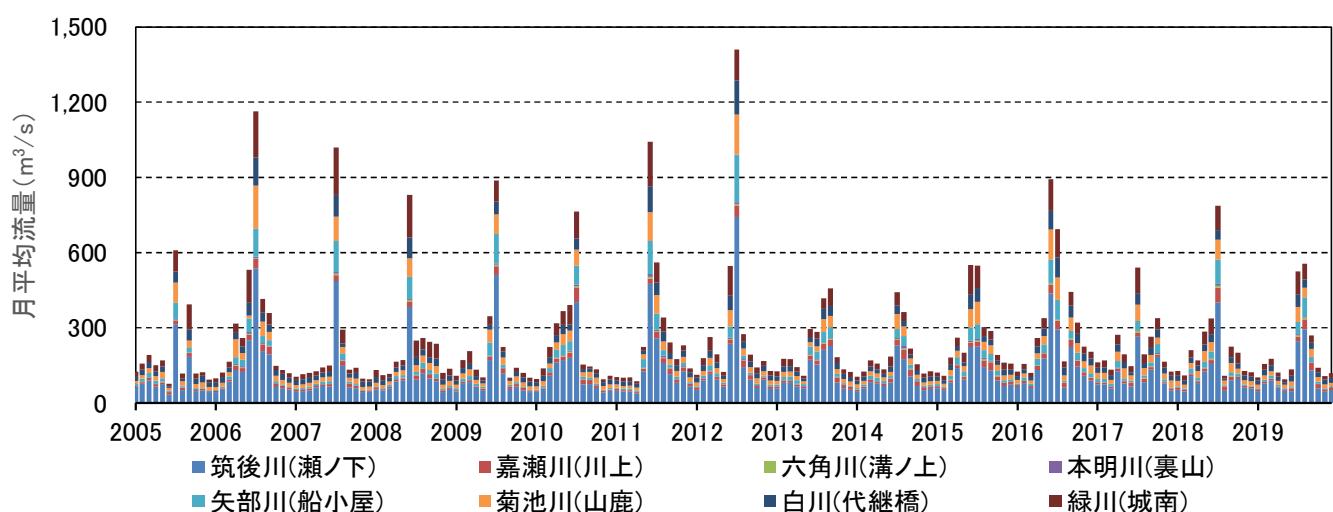


図 2.2.2-3 有明海に流入する一級河川の月平均流量の状況

出典:国土交通省「水文水質データベース」をもとに環境省が作成した。

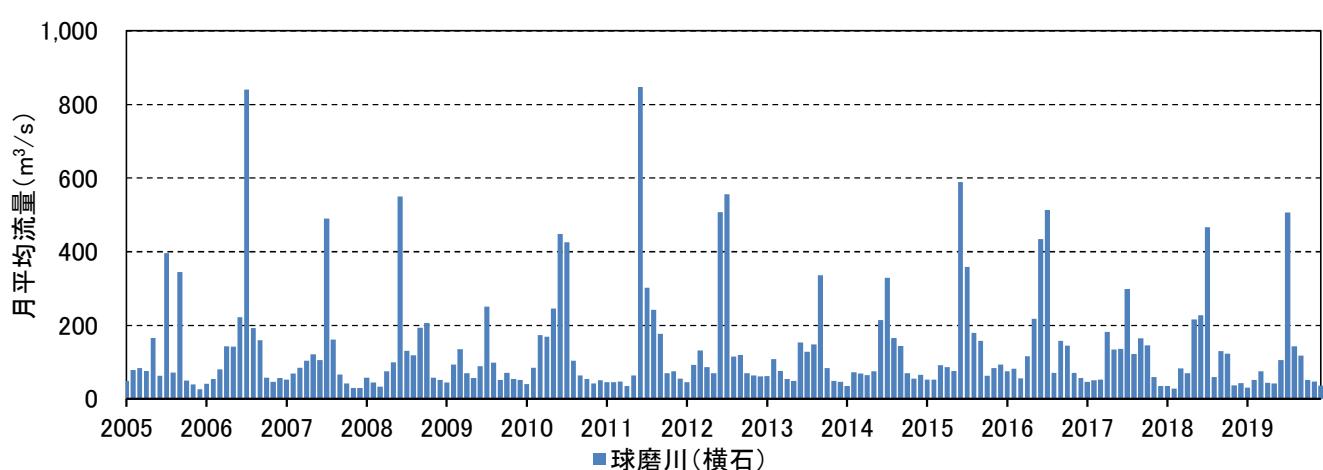


図 2.2.2-4 八代海に流入する一級河川の月平均流量の状況

出典:国土交通省「水文水質データベース」をもとに環境省が作成した。

2.2.3 近年の豪雨による土砂の発生

(1) 斜面崩壊の状況

有明海に流入する一級河川筑後川の流域において、平成 24 年 7 月九州北部豪雨の前・後、及び平成 29 年 7 月九州北部豪雨の後の 3 時点における崩壊地の存在状況変化は図 2.2.3-1 に示すとおりである。中段の図が平成 24 年 7 月九州北部豪雨の発生後の状況であり、青点が崩壊箇所を示す。下段の図が平成 29 年 7 月九州北部豪雨の発生後の状況で、特に中流右岸流域で赤点が集中しており、多数の崩壊が発生したと推定される。

また、平成 29 年 7 月九州北部豪雨の斜面崩壊位置は図 2.2.3-2 に示すとおりである。この豪雨による斜面崩壊(土砂発生域)については、12 時間雨量が 400mm を超過する範囲に崩壊地が集中している傾向がみられており、地質別にみると深成岩(花崗岩)や変成岩を主体とする地域で崩壊が多く発生している。

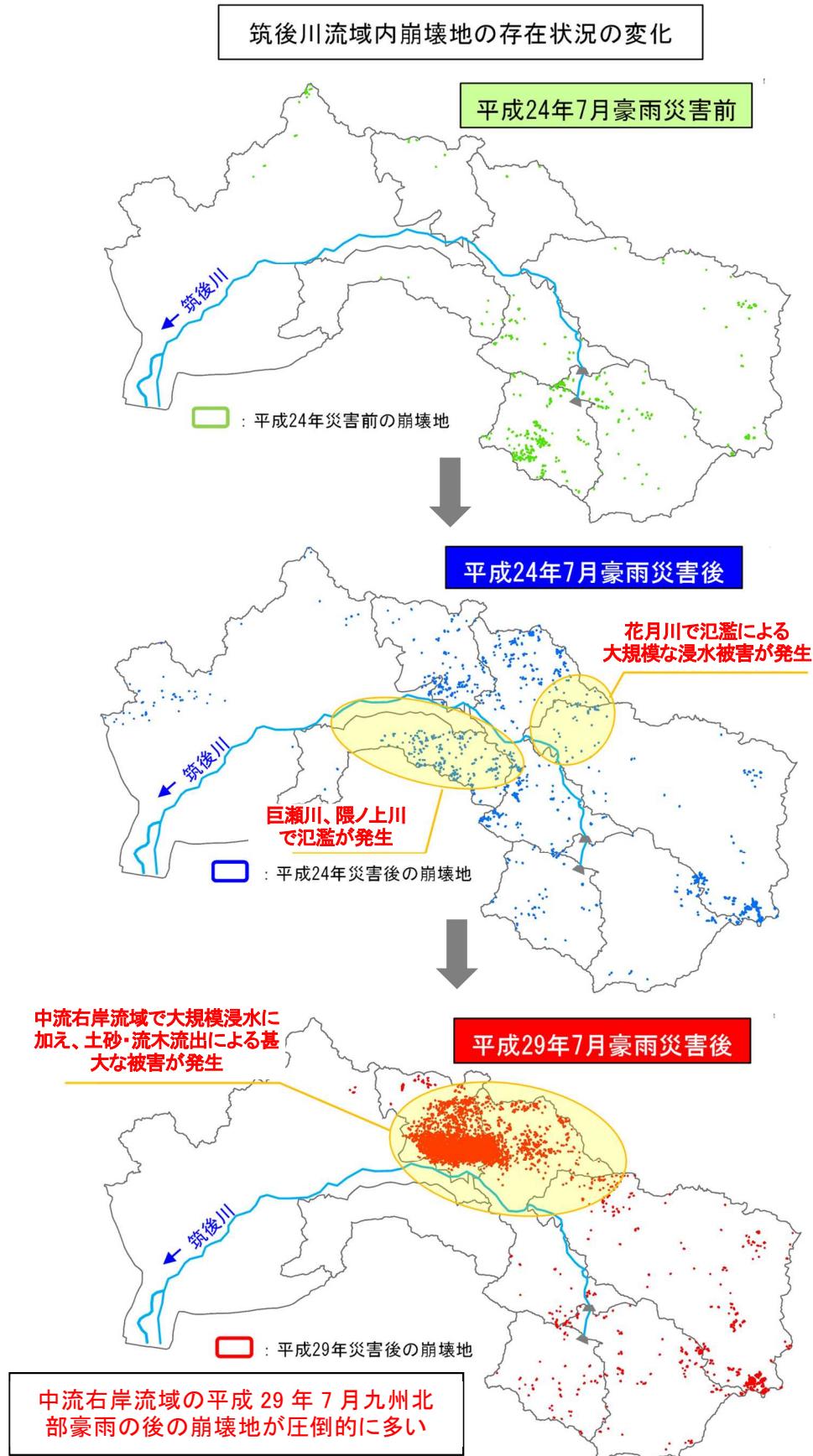


図 2.2.3-1 近年の大規模災害による斜面崩壊の状況

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回海域環境再生方策検討作業小委員会資料」

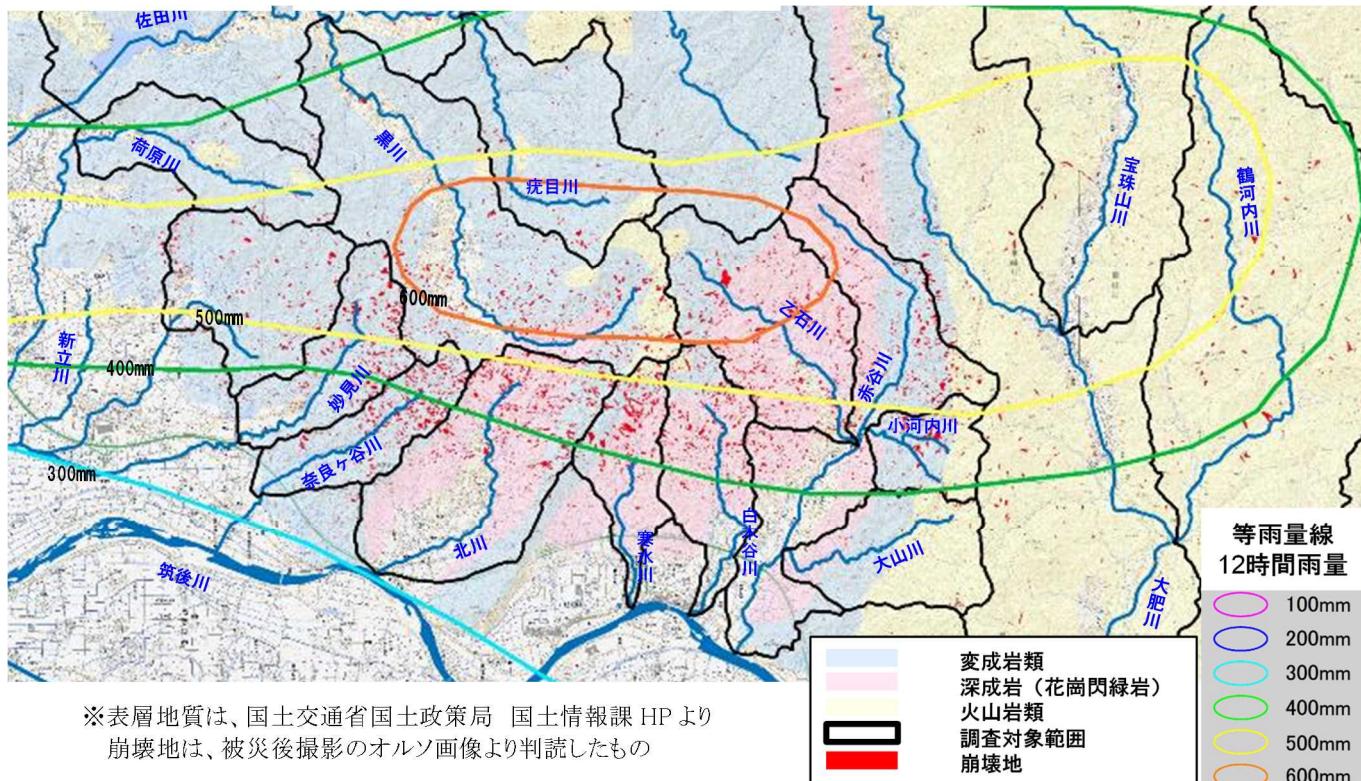


図 2.2.3-2 平成 29 年 7 月九州北部豪雨の斜面崩壊位置

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回海域環境再生方策検討作業小委員会資料」

(2) 発生土砂量

平成 29 年 7 月九州北部豪雨における筑後川中流右岸流域の支川別の発生土砂量は図 2.2.3-3 に、流出土砂量は表 2.2.3-1 に示すとおりである。この豪雨による筑後川右岸流域の斜面の崩壊面積(発生域)は 4.44km^2 、発生土砂量は約 $1,000\text{ 万 m}^3$ [※]にも及び、そのうちの約 200 万 m^3 [※]が河川へ流出したと推定されている。

※土砂量の算出は、被災前後の地形データの差分により算出

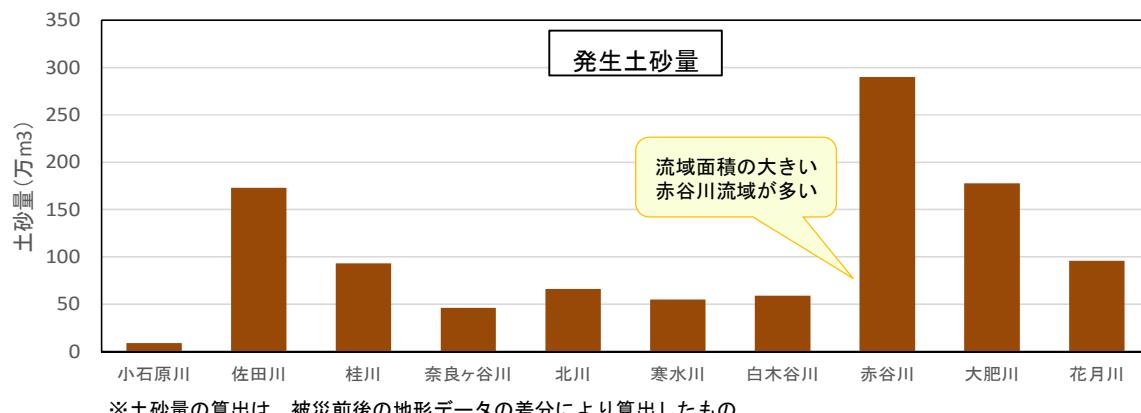


図 2.2.3-3 平成 29 年 7 月九州北部豪雨における筑後川中流右岸流域支川の発生土砂量

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回海域環境再生方策検討作業小委員会資料」

表 2.2.3-1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨における筑後川中流右岸流域支川の流出土砂量

河川名	流域全体 (筑後川までの氾濫部含む)		
	発生土砂量 (万m ³)	堆積土砂量 (万m ³)	流出土砂量 (万m ³)
	A	B	C=A-B
小石原川	9	3	6
佐田川	173	182	0
桂川	93	96	0
奈良ヶ谷川	46	37	9
北川	66	67	0
寒水川	55	55	0
白木谷川	59	50	9
赤谷川	290	222	68
大肥川	178	103	75
花月川	96	47	49

(流出土砂量がマイナスになる
場合は「0」としている) 約 200 万m³

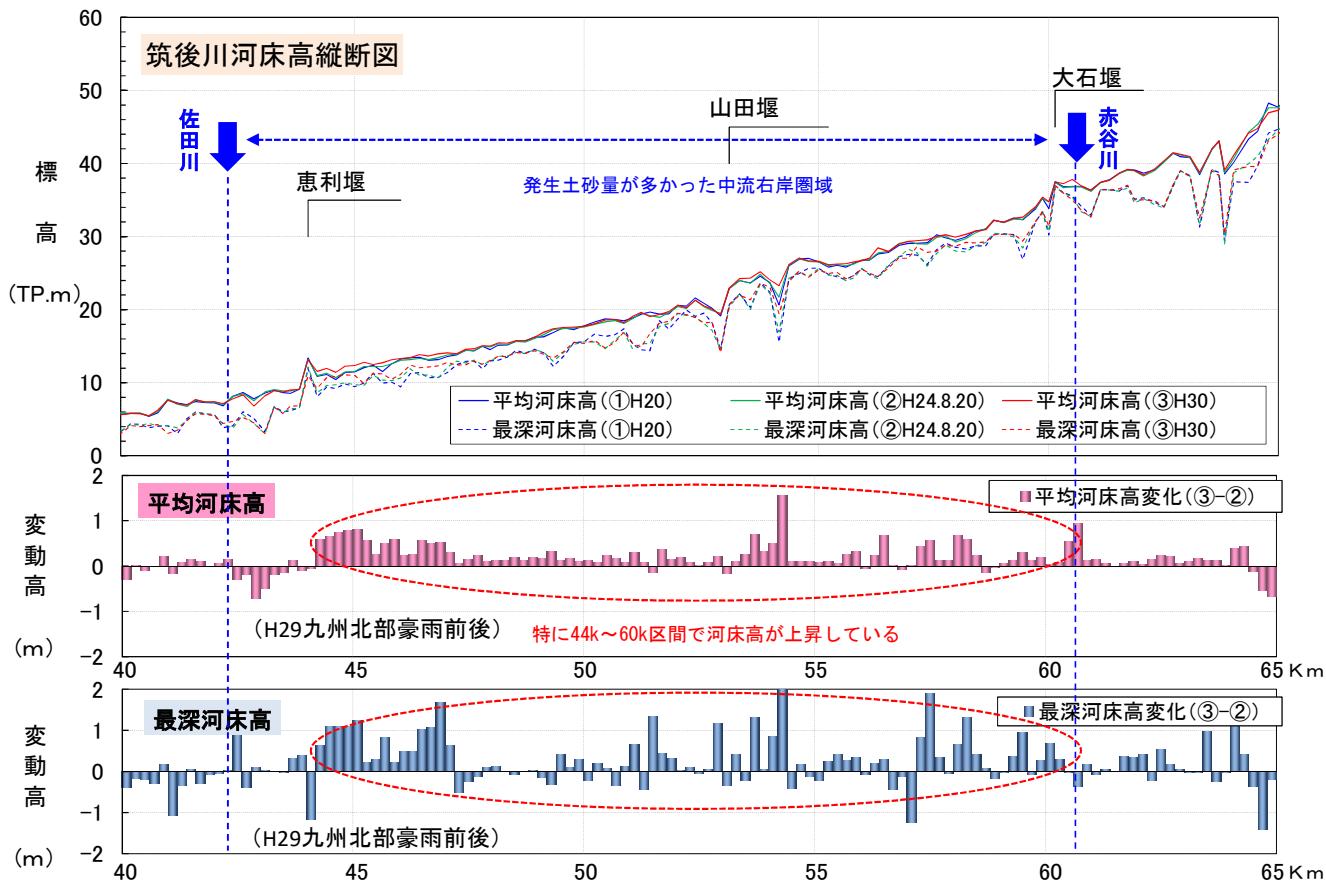
出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回海域環境再生方策検討作業小委員会資料」

(3) 豪雨後の河川の状況

平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害後の筑後川の河床高の変化は図 2.2.3-4 に示すとおりである。図中の緑線が 2012(平成 24)年 8 月、赤線が 2018(平成 30)年 5 月の河床高であり、また、上図の実線が平均河床高、点線が最深河床高を示したものである。下図は河床高でプラスが堆積、マイナスが洗掘を表す。これらから筑後川中流域では平均河床高、最深河床高とともに上昇していることが確認できる。

平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害後の筑後川の河床材料の変化は図 2.2.3-5 に示すとおりである。筑後川の中流域で、河床材料を比較すると、粒径が小さくなっている傾向があり、堆積している土砂の成分は 1mm 前後の砂が主体である。

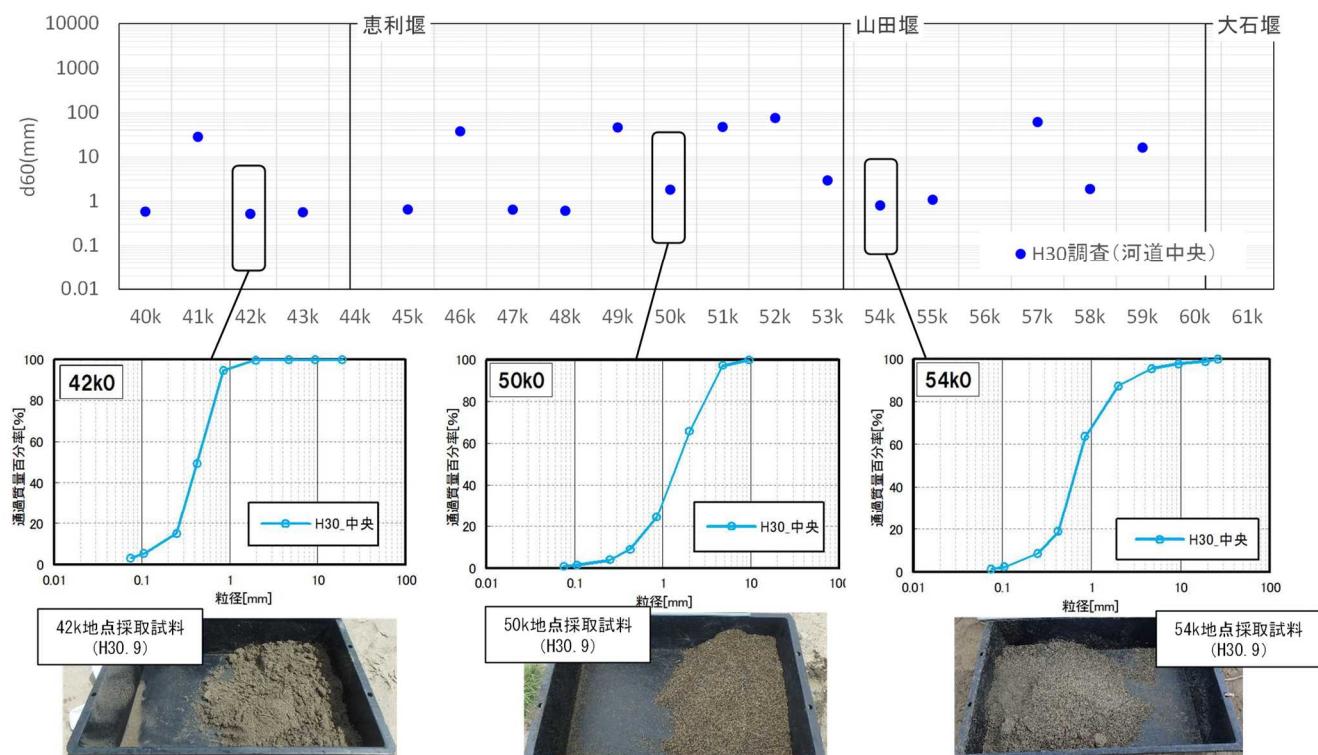
平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害後の筑後川における航空写真等からみた河川の状況は図 2.2.3-6 に示すとおりである。豪雨前後の河川の状況を航空写真から比較したところ、筑後川本川では砂州の形状や大きさ等に明確な変化は認められない。また、令和元年時点の状況からは、砂州の表面等には砂の存在が確認できるが、現時点では瀬や淵などの著しい変化は特段生じていない。



注)「k」は河口からの距離(km)を指す。

図 2.2.3-4 平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害後の筑後川(河床高の変化)

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回海域環境再生方策検討作業小委員会資料」



注)「k」は河口からの距離(km)を指す。

図 2.2.3-5 平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害後の筑後川(河床材料の変化)

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回海域環境再生方策検討作業小委員会資料」



注)「k」は河口からの距離(km)を指す。

図 2.2.3-6 平成 29 年 7 月九州北部豪雨災害後の筑後川(航空写真等からみた河川の状況)

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回海域環境再生方策検討作業小委員会資料」

2.2.4まとめ

近年、九州北部地方では毎年のように豪雨や大雨等の事象が発生しており、これらに伴って河川では大規模な出水が発生している。直近では、八代海に注ぐ球磨川において、2020(令和2)年7月豪雨により大規模な出水が発生している。

2012(平成24)年3月以降に実施した筑後川流域での発生土砂量等の調査では、2017(平成29)年の豪雨により山地部崩壊等で大量の土砂が発生(約1,000万m³)し、そのうちの約200万m³は河川に流出したが、残り多くの土砂は未だ山地部に残存していることが想定される。また、2017(平成29)年の豪雨前後の筑後川中流域の河床高の比較では、平均河床高、最深河床高とともに上昇しており、河床材料についても粒径が小さくなっている傾向がみられた。これら大量の土砂が、今後の降雨により筑後川等へ流出し、また、河川から海域へ流出すると想定され、河道流下能力の低下、河道内施設(取水等)への影響、良好な生物環境の保全に資するため、流域の土地利用や瀬・淵などの変化等にも注視していく必要があると考えられる。

今後、定期的な基礎調査を実施し、崩壊土砂の流出、河道内の土砂堆積と海へ至る流下、生物環境への影響について継続的にモニタリングを行うとともに、モニタリング結果から治水・利水・環境への影響を把握し、崩壊土砂の流出に伴う河川管理上の問題が生じた場合には、必要に応じて適切な対応を行っていくことが重要である。

2.3 潮汐・潮流

2.3.1 潮位の状況

有明海では1日2回の満潮と干潮を迎える際の潮位差が大きく、特に湾奥部では大潮期には最大約6mに達する。

潮汐は主に月と太陽の引力から生じる異なる周期を持つ分潮で構成され、 M_2 分潮(主太陰半日周潮)、 S_2 分潮(主太陽半日周潮)、 O_1 分潮(主太陰日周期)、 K_1 分潮(日月合成日周期)を主要4分潮と呼ぶ。月の引力による分潮(主要4分潮では、 M_2 、 K_1 、 O_1)は月の軌道の昇交点の周期変動(約18.6年周期)の影響を受けて振幅や位相が毎年変動する。有明海では湾口部から湾奥部に向かって潮位差は増大するが、これは有明海の固有振動周期が半日周期に近く、半日周期の外洋の潮汐振幅と湾内水が共振現象を起こすためである。有明海の最も大きな分潮成分は M_2 分潮であり、 S_2 分潮がこれに次ぐ¹⁾。湾奥部の潮位差の増大には湾の固有振動による半日周潮(M_2 分潮+ S_2 分潮)の增幅が大きく関与する。

(1) M_2 分潮振幅の経年変化

大浦における1968(昭和43)年から現在までの M_2 分潮振幅は、全体としては減少傾向にあり、この中で、周期的な増減を示し、より外海に近接する口之津においても同様の変化傾向がみられる。月昇交点位置変化の影響を含む長期的な M_2 分潮振幅の増減は、いずれも1979(昭和54)年頃と1995(平成7)年頃に極大となった後、2007(平成19)年にかけて減少し、その後2015(平成27)年頃に極大となり、現在は再び減少している(図2.3.1-1)。平成28年度委員会報告において、 M_2 分潮振幅の長期変化の要因については、1)有明海内の海水面積の減少(内部要因)、2)平均潮位の上昇(外部効果)、3)外洋潮汐振幅の減少(外部効果)等が挙げられている。これらの影響度合いに関する見解は異なっており^{2)、3)、4)、5)、6)}、現在においても新たな知見は得られていない。

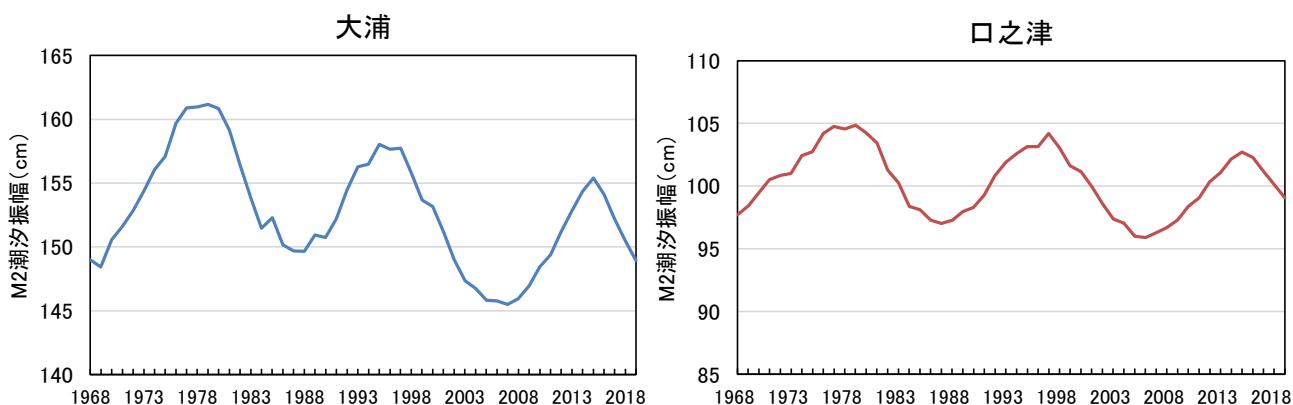
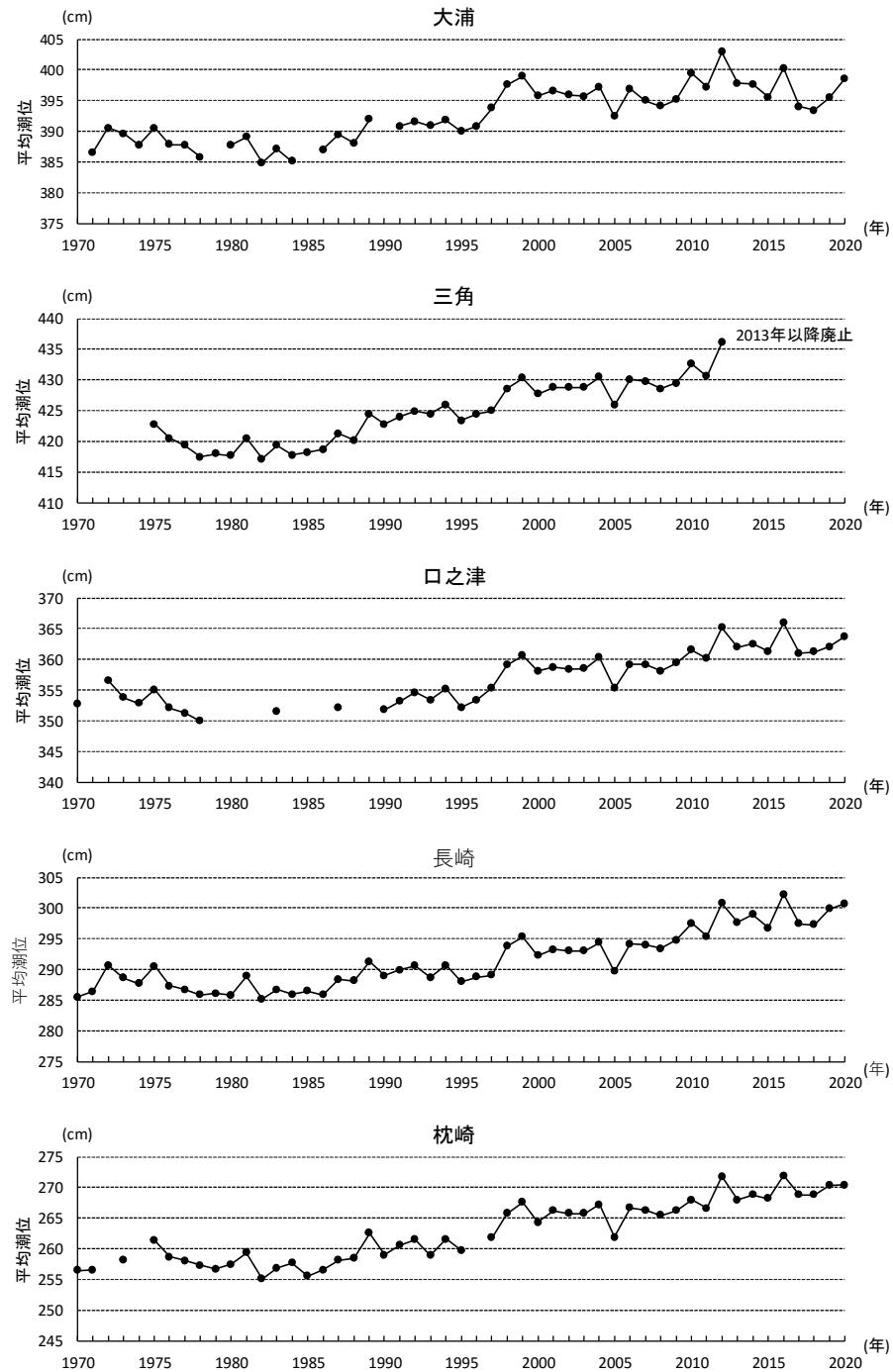


図 2.3.1-1 大浦及び口之津の M_2 潮汐振幅の経年変化(月昇交点位置変化の影響を含む)
出典:JODCオンラインデータ提供システム「気象庁潮位観測資料 大浦・口之津毎時潮位」をもとに環境省が作成した。

(2) 有明海の平均潮位の上昇

平均潮位は、湾奥部に位置する大浦、より外海に近接した口之津とともに1990(平成2)年頃から上昇しており、外海の長崎や枕崎においても同様に上昇している(図2.3.1-2)。



- 注)
 1. 本図は、有明海・八代海総合調査評価委員会(2006)「委員会報告」の図3.5.7に海岸昇降検知センターHP:日本列島沿岸の年平均潮位(1894年～)の2001年以降の値を追加している。
 2. 平均潮位データは、験潮場の地盤を基準とした海面変化であり、地殻上下変動に伴う験潮場の標高の変化は加味されていない。

図 2.3.1-2 年間の平均潮位の推移

2.3.2 潮流の状況

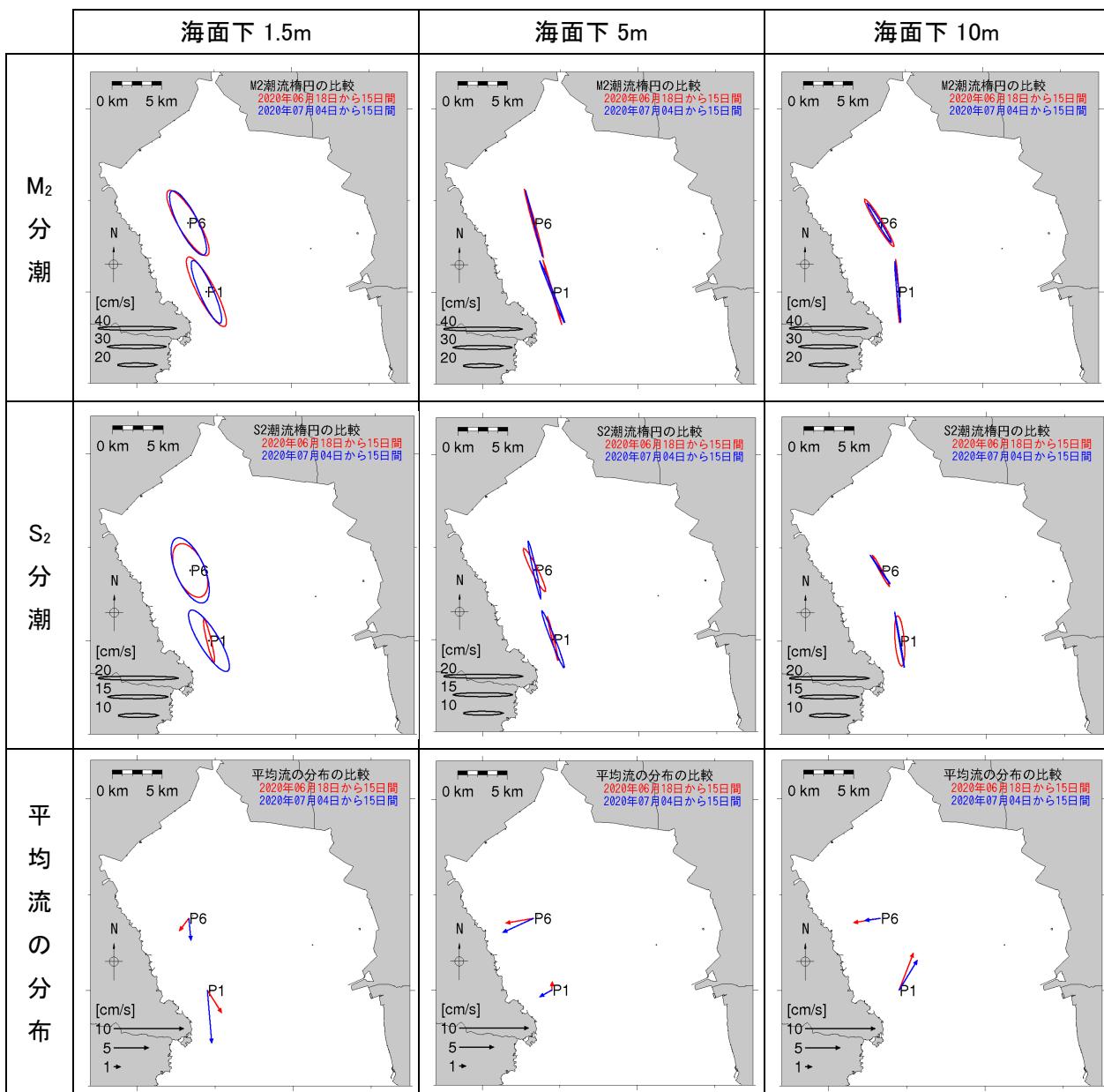
平成 28 年度委員会報告以降、平常時における潮流の状況に関する新たな知見は得られていないが、近年、豪雨が多発していることを踏まえ、豪雨前後での潮流の状況を把握するため、「有明海水質連続観測調査」の結果をもとに、有明海湾奥部(P1、P6 地点)における3層(海面下 1.5m、5m、10m)の潮流の状況を整理した。整理にあたっては、令和 2 年 7 月豪雨(九州では 2020(令和 2)年 7 月 4 日～7 日に記録的な大雨)を対象として、その前の 15 日間(6 月 18 日～7 月 3 日)と豪雨後(豪雨を含む)15 日間(7 月 4 日～18 日)の 2 つの期間において、各地点での M_2 分潮、 S_2 分潮の潮流樁円及び平均流の分布をそれぞれ計算した(図 2.3.3-1)。潮流樁円については、豪雨前と豪雨後とで M_2 分潮では明確な差はみられず、 S_2 分潮の海面下 1.5m 層では豪雨後の方が流速が大きくなる傾向がみられたが、この相違がみられた要因については現段階では明らかになっておらず、今後も継続的に観測を実施していく必要がある。また、平均流の分布は、海面下 1.5m 層では P1、P6 地点とも南下する流れが強くなる傾向がみられた。

2.3.3 まとめ

有明海では 1 日 2 回の満潮と干潮を迎える際の潮位差が大きく、特に湾奥部では大潮期には最大約 6m に達する。有明海の最も大きな分潮成分は M_2 分潮(主太陰半日周潮)、であり、大浦における 1968(昭和 43)年から現在までの M_2 分潮振幅は、全体としては減少傾向にあり、この中で、周期的な増減を示し、より外海に近接する口之津においても同様の変化傾向がみられる。平成 28 年度委員会報告において、 M_2 分潮振幅の長期変化の要因については、有明海内の海水面積の減少、平均潮位の上昇、外洋潮汐振幅の減少等が挙げられているが、これら影響度合いに関する見解は異なっており、現在においても新たな知見は得られていない。

平均潮位については、湾奥部に位置する大浦、より外海に近接した口之津とともに 1990(平成 2)年頃から上昇しており、外洋の長崎や枕崎においても同様に上昇している。

潮流の状況については、近年、豪雨が多発していることを踏まえ、豪雨前後での状況を把握するため、有明海湾奥部(P1、P6 地点)の 3 層(海面下 1.5m、5m、10m)における令和 2 年 7 月豪雨の前後での潮流樁円及び平均流の分布を整理した。その結果、豪雨前後で M_2 分潮では明確な差はみられず、 S_2 分潮の海面下 1.5m 層では豪雨後の流速が大きくなる傾向がみられたが、この相違の要因については明らかになっておらず、今後も継続的に観測を実施していく必要がある。平均流の分布は、海面下 1.5m 層では P1、P6 地点とも南下する流れが強くなる傾向がみられた。



注) 地点毎の水深は、P6:約 12m、P1:約 21m。

図 2.3.3-1 令和 2 年 7 月豪雨前後の M₂ 分潮・S₂ 分潮の潮流樁円及び平均流の分布の状況

出典: 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結果」をもとに環境省が作成した。

参考文献

- 1) 気象庁(1974)「有明海・八代海海象調査報告書」
- 2) 宇野木早苗(2003): 有明海の潮汐減少の原因に関する観測データの再解析結果, 海の研究, 第 12 卷, 第 3 号, pp.307-312
- 3) 瀬岡和夫, 花田岳(2002): 有明海における潮汐振幅減少要因の解明と諫早堤防締め切りの影響, 海岸工学論文集, 第 49 卷, pp.401-405
- 4) 塚本秀史, 柳哲雄(2002): 有明海の潮汐・潮流, 海と空, 第 78 卷, 第 1 号, pp.31-38
- 5) 藤原孝道, 経塙雄策, 濱田考治(2004): 有明海における潮汐・潮流減少の原因について, 海の研究, 第 13 卷, 第 4 号, pp.403-411
- 6) 田井明, 斎田倫範, 橋本彰博, 矢野真一郎, 多田彰秀, 小松利光(2010): 有明海および八代海における半日周期潮汐の長期変化について, 水工学論文集, 第 54 卷, pp.1537-1542

2.4 水質

2.4.1 水質環境基準達成率の推移

(1) COD

COD の水質環境基準達成率ⁱ⁾について、有明海では、1974(昭和 49)年度以降、概ね 80%以上で推移しており、直近年の 2019(令和元)年度は 80%である。八代海では、1996(平成 8)年度までは達成率が高く、100%の年もあったが、それ以降は若干低下し、概ね 60~90%で推移している。直近年の 2019(令和元)年度は 79%である。橘湾ⁱⁱ⁾では 30~100%と有明海及び八代海に比べ変動が大きいものの、100%の年が他の海域より多くみられ、2011(平成 23)年度以降は 100%となっている(図 2.4.1-1)。

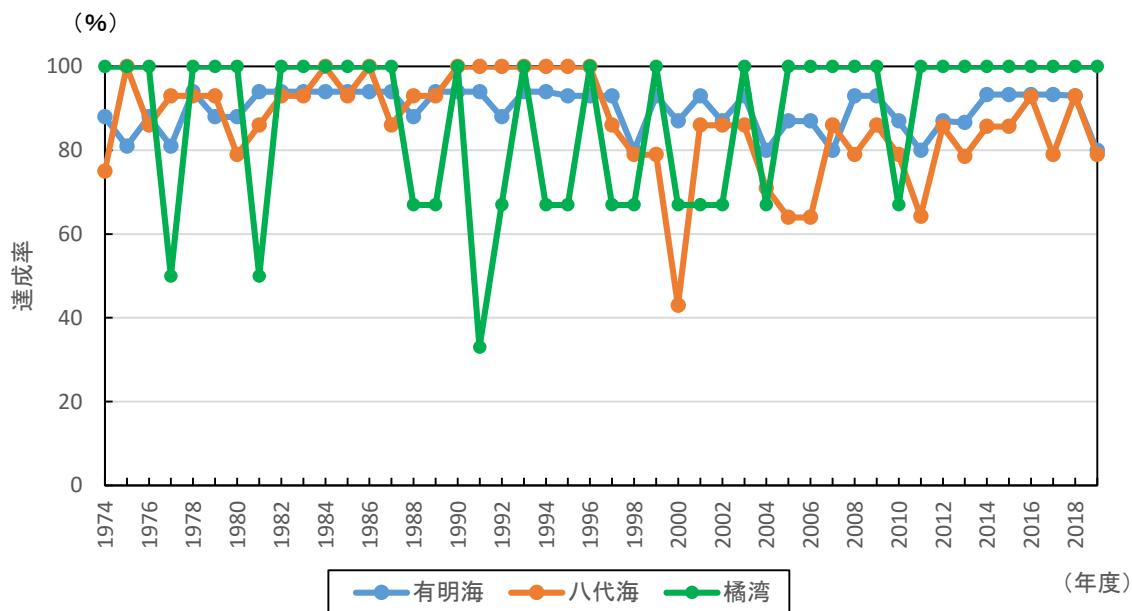


図 2.4.1-1 有明海、八代海及び橘湾の環境基準達成率の推移: COD

出典: 環境省水・大気環境局(2020)「令和元年度公共用水域水質測定結果」、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県「公共用水域水質測定結果」をもとに環境省が作成した。

(2) 全窒素(T-N)及び全燐(T-P)

全窒素(T-N)及び全燐(T-P)の環境基準の達成率ⁱ⁾については、有明海では、比較的達成率が低く、2006(平成 18)年度以降全て 40%である。八代海では 2010(平成 22)年度以降、75~100%で推移しており、直近年の 2019(令和元)年度は 100%である(図 2.4.1-2)。なお、橘湾では全窒素(T-N)及び全燐(T-P)の類型指定はされていない。

i) 環境基準達成率(%) = (達成水域数 / 類型指定水域数) × 100

全窒素(T-N)及び全燐(T-P)はともに環境基準を満足している場合に、達成水域とした。

ii) 橘湾は、「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)による水域での環境基準達成率を算出した。橘湾の類型は全域 A 類型である。

全窒素(T-N)については、有明海では2007(平成19)年度以降80%以上の達成率で推移しており、直近年の2019(令和元)年度は100%である。八代海では2003(平成15)年度以降は全て100%である(図2.4.1-3)。

全燐(T-P)については、有明海では2006(平成18)年度から2018(平成30)年度までは40%の達成率で推移し、直近年の2019(令和元)年度は60%である。八代海では、2009(平成21)年度に一時的に50%となったものの、それ以降の年は75%以上で推移しており、直近年の2019(令和元)年度は100%である(図2.4.1-4)。

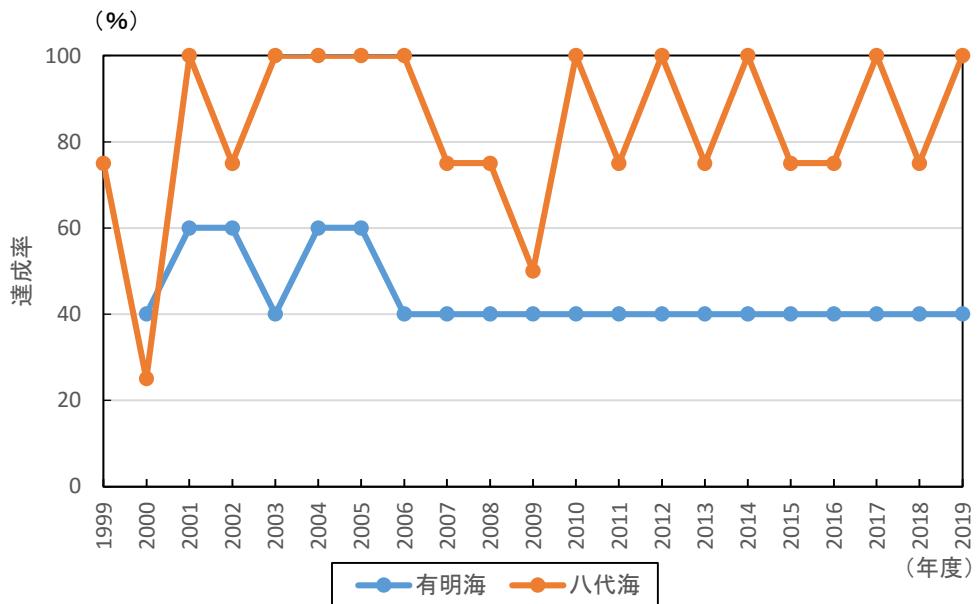


図2.4.1-2 有明海及び八代海の環境基準達成率の推移:全窒素(T-N)及び全燐(T-P)

出典:環境省水・大気環境局(2020)「令和元年度公共用水域水質測定結果」をもとに環境省が作成した。

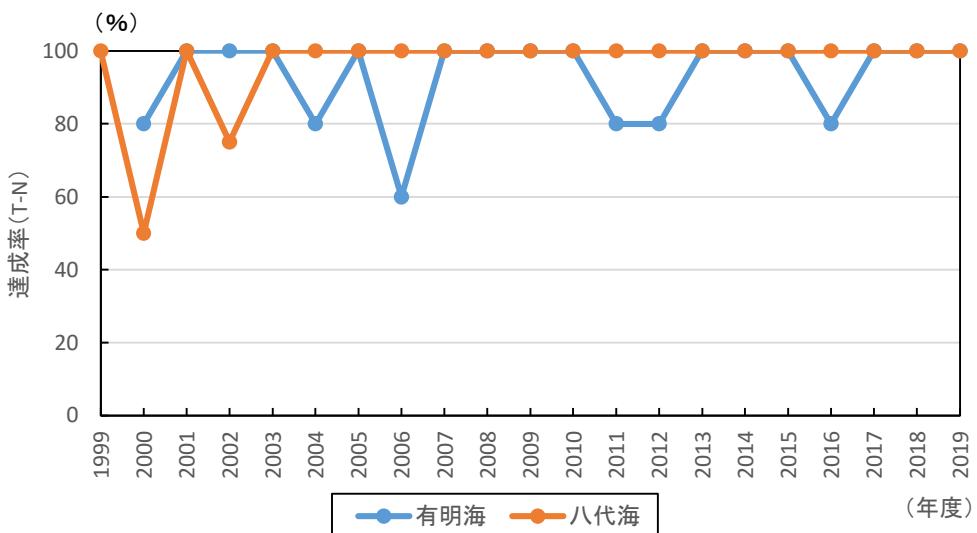


図2.4.1-3 有明海及び八代海の環境基準達成率の推移:全窒素(T-N)

出典:環境省水・大気環境局(2020)「令和元年度公共用水域水質測定結果」をもとに環境省が作成した。

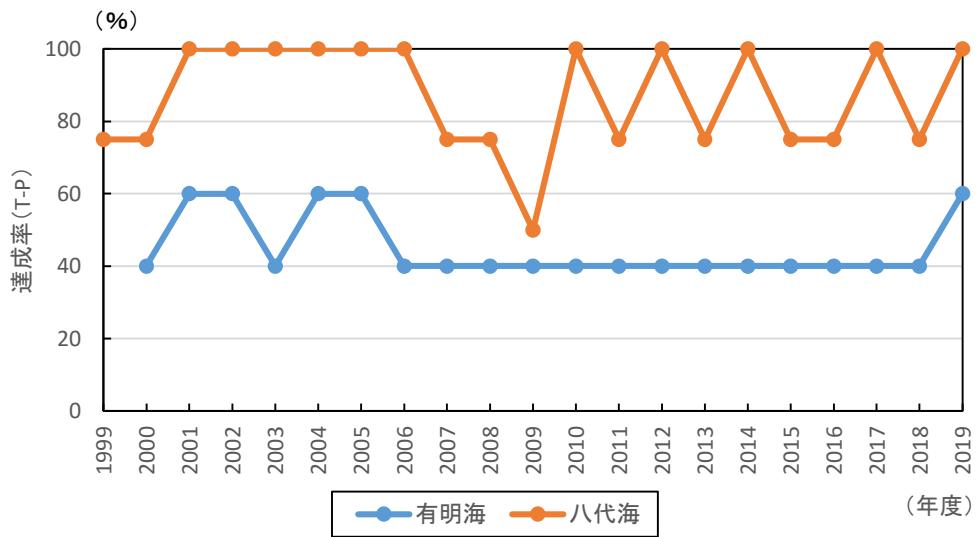


図 2.4.1-4 有明海及び八代海の環境基準達成率の推移:全鱗(T-P)

出典:環境省水・大気環境局(2020)「令和元年度公共用水域水質測定結果」をもとに環境省が作成した。

なお、有明海・八代海の類型指定状況は資料編(データ集 2.4.1)に記載した。

2.4.2 水質の動向

図 2.4.2-1 及び図 2.4.2-2 に示す地点において、1970(昭和 45)年頃から現在までの水質の経年変化を公共用水域水質測定結果及び浅海定線調査結果から整理した。水質の主な変動傾向を表 2.4.2-1～表 2.4.2-4 に、その変動傾向を回帰分析した結果は表 2.4.2-5～表 2.4.2-8 に示すとおりである。有明海及び八代海における各公共用水域水質測定地点の類型及び基準値、各地点における水質の経年変化は資料編(データ集 2.4.2)に記載した。

なお、窒素については形態別の割合が変化しているとの指摘¹⁾があり、今後の検討が必要と考えられるが、ここでは全窒素(T-N)のデータを用いて経年変化を整理した。

表 2.4.2-1 有明海における水質の主な変動傾向

	水質の主な変動傾向
COD (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 0.9～3.9mg/L である。 12 地点のうち、6 地点(A1 海域の一部、A4 海域の一部、及び A6 海域)で有意な減少傾向がみられ、このうち 3 地点では、10 年間で 10%以上の変化率である。また、1 地点(A1 海域の一部)で有意な増加傾向がみられる。他の 5 地点では有意な変化傾向はみられない。
T-N (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 0.11～0.70mg/L である。 12 地点のうち、4 地点(A1 海域の一部、A2 海域、及び A4 海域の一部)で有意な減少傾向がみられ、このうち 3 地点では、10 年間で 10%以上の変化率である。他の 8 地点では有意な変化傾向はみられない。
T-P (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 0.017～0.140mg/L である。 12 地点のうち、5 地点(A1 海域の一部、及び A7 海域)で有意な増加傾向がみられ、このうち 1 地点(A7 海域)の変化率は 10 年間で 10%以上である。また、1 地点(A2 海域)で有意な減少傾向がみられた。他の 6 地点では有意な変化傾向はみられない。
水温 (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 16.9～21.6°C である。 12 地点のうち、3 地点(A4 海域)で有意な上昇傾向がみられる。また、1 地点(A7 海域の一部)で有意な低下傾向がみられる。他の 8 地点では有意な変化傾向はみられない。
塩分 (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 23.4～34.3。10 地点のうち、3 地点(A1 海域の一部)で有意な上昇傾向がみられる。他の 7 地点では有意な傾向はみられない。
SS (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 1.2～43.0mg/L。全 8 地点において有意な変化傾向はみられない。
透明度	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 0.6～8.4m。11 地点のうち、4 地点(A1 海域の一部、A3 海域、A4 海域の一部)で有意な上昇傾向がみられる。他の 7 地点では有意な変化傾向はみられない。

- 注) 1. 有意水準は 5%(回帰検定)。「変化の割合が大きい」基準は変化の割合が 10 年間で 10%(水温については 0.25°C)以上。
 2. COD の測定方法は、時期・地点により測定法(酸性法、アルカリ法)が異なる。
 3. 熊本県の COD については、酸性法で測定が行われている 1998(平成 10)年以降を対象に回帰分析を行った。また、瀬詣崎沖(長崎)及び島原沖(長崎)の COD についても、酸性法で測定が行われている 2000 年以降を対象に回帰分析を行った。
 4. 水温、塩分、COD、T-N、T-P、SS は公共用水域水質測定結果、透明度は公共用水域水質測定結果及び浅海定線調査結果から取りまとめた。

表 2.4.2-2 八代海における水質の主な変動傾向

水質の主な変動傾向	
COD (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 1.3~3.2mg/L である。 3 地点のうち、1 地点(Y4 海域)で有意な増加傾向がみられる。他の 2 地点では有意な変化傾向はみられない。
T-N (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 0.11~0.37mg/L である。 3 地点のうち、1 地点(Y4 海域)で有意な減少傾向がみられる。他の 2 地点では有意な変化傾向はみられない。
T-P (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 0.012~0.074mg/L である。 3 地点のうち、2 地点(Y1 海域、及び Y2 海域)で変化の割合が大きい、有意な増加傾向がみられる。他の 1 地点(Y4 海域)では有意な変化傾向はみられない。
水温 (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 18.8~21.9°C である。 3 地点のすべてにおいて有意な上昇傾向がみられる。
塩分 (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 27.0~33.0 である。 3 地点のすべてにおいて有意な変化傾向はみられない。
SS (上層)	直近 5 年間の年平均値の範囲は 6.9~14.5mg/L である。 対象地点は 1 地点(Y1 海域)のみであり、この地点において変化の割合が大きい、有意な減少傾向がみられる。
透明度	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 1.0~11.0m である。 3 地点のうち、1 地点(Y1 海域)で変化の割合が大きい、有意な減少傾向がみられる。 残りの 2 地点(Y2 海域、Y4 海域)では有意な変化傾向はみられない。

- 注) 1. 有意水準は 5% (回帰検定)。「変化の割合が大きい」基準は変化の割合が 10 年間で 10% (水温については 0.25°C) 以上。
 2. 熊本県の COD については、酸性法で測定が行われている 1998(平成 10) 年以降を対象に回帰分析を行った。
 3. 公共用水域水質測定結果から取りまとめた。

表 2.4.2-3 橘湾における水質の主な変動傾向

水質の主な変動傾向	
COD (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 1.0~1.8mg/L である。 6 地点のうち、3 地点(有喜漁港、小浜港、加津佐漁港)で有意な增加傾向がみられる、このうち 1 地点(加津佐漁港)では変化の割合が大きい、有意な增加傾向がみられる。また、1 地点(茂木港)で有意な減少傾向がみられる。他の 2 地点では有意な変化傾向はみられない。
水温 (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 18.4~21.4°C である。 6 地点のうち、1 地点(為石漁港)で有意な上昇傾向がみられる。他の 5 地点では有意な変化傾向はみられない。
塩分 (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 28.9~33.9 である。 6 地点のうち、1 地点(為石漁港)で有意な增加傾向がみられ、1 地点(小浜港)で有意な減少傾向がみられる。他の 4 地点では有意な変化傾向はみられない。
透明度	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 3.1~11.3m である。 6 地点のうち、4 地点(脇岬港、為石漁港、茂木港、有喜漁港)で有意な上昇傾向がみられ、このうち 3 地点(脇岬港、為石漁港、茂木港)では、変化の割合が大きい。他の 2 地点では有意な変化傾向はみられない。

注) 1. 有意水準は 5% (回帰検定)。「変化の割合が大きい」基準は変化の割合が 10 年間で 10% (水温については 0.25°C) 以上。

2. 公共用水域水質測定結果から取りまとめた。

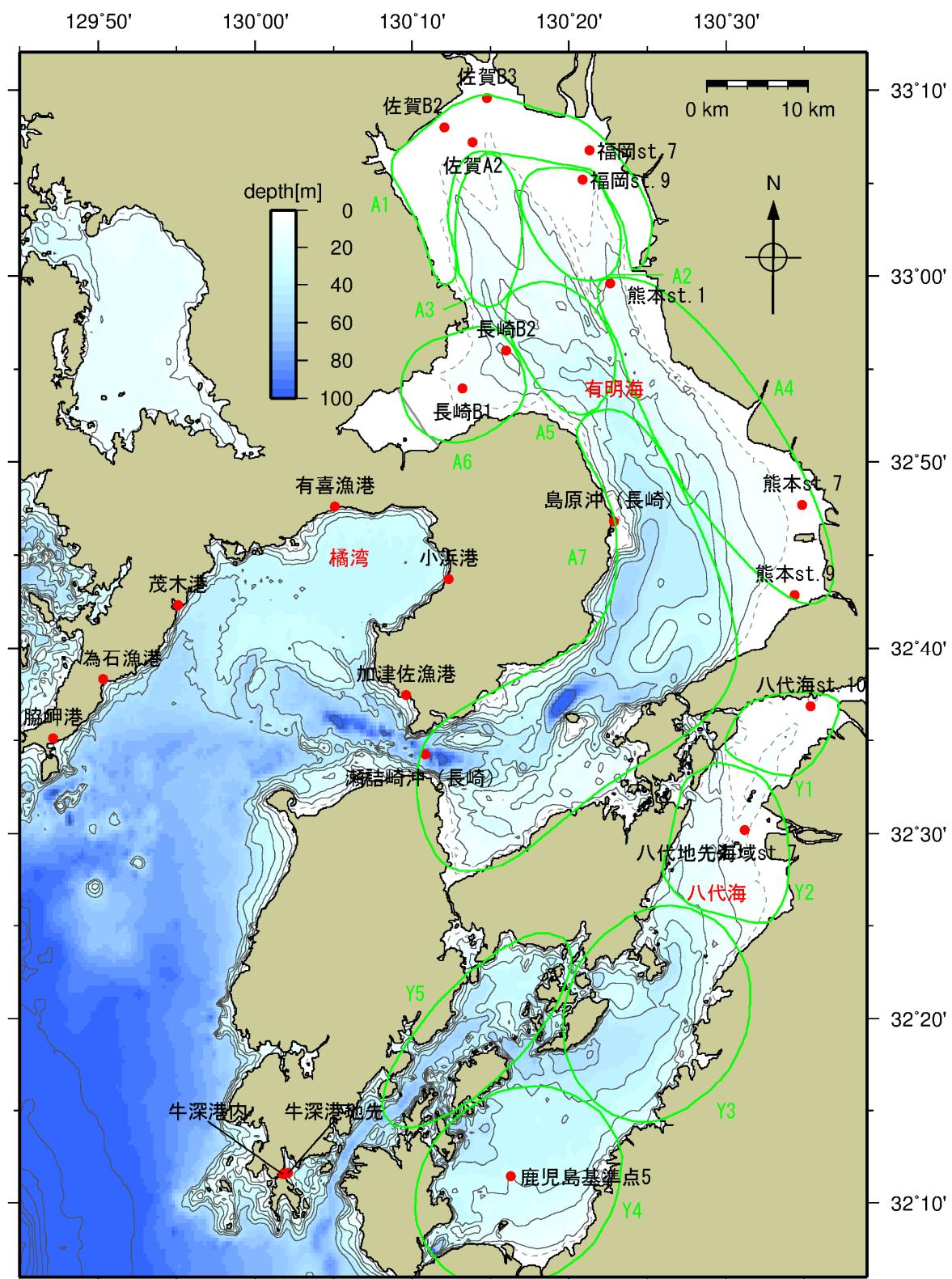
表 2.4.2-4 牛深町周辺の海面における水質の主な変動傾向

水質の主な変動傾向	
COD (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 1.3~1.8mg/L である。 対象地点 2 地点のいずれも変化の割合が大きい、有意な増加傾向がみられる。
T-N (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 0.15~0.22mg/L である。 対象地点 2 地点のいずれも有意な変化傾向はみられない。
T-P (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 0.015~0.023mg/L である。 対象地点 2 地点のいずれも有意な変化傾向はみられない。
水温 (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 19.3~21.5°C である。 対象地点 2 地点のうち 1 地点(牛深港内)において有意な上昇傾向がみられる。
塩分 (上層)	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 32.0~34.0 である。 対象地点 2 地点のいずれも有意な変化傾向はみられない。
透明度	直近 5 年間の各地点における年平均値の範囲は 8.7~11.3m である。 対象地点 2 地点のうち、1 地点(牛深港内)で有意な増加傾向がみられる。

注) 1. 有意水準は 5% (回帰検定)。「変化の割合が大きい」基準は変化の割合が 10 年間で 10% (水温については 0.25°C) 以上。

2. COD については、酸性法で測定が行われている 1998(平成 10) 年以降を対象に回帰分析を行った。

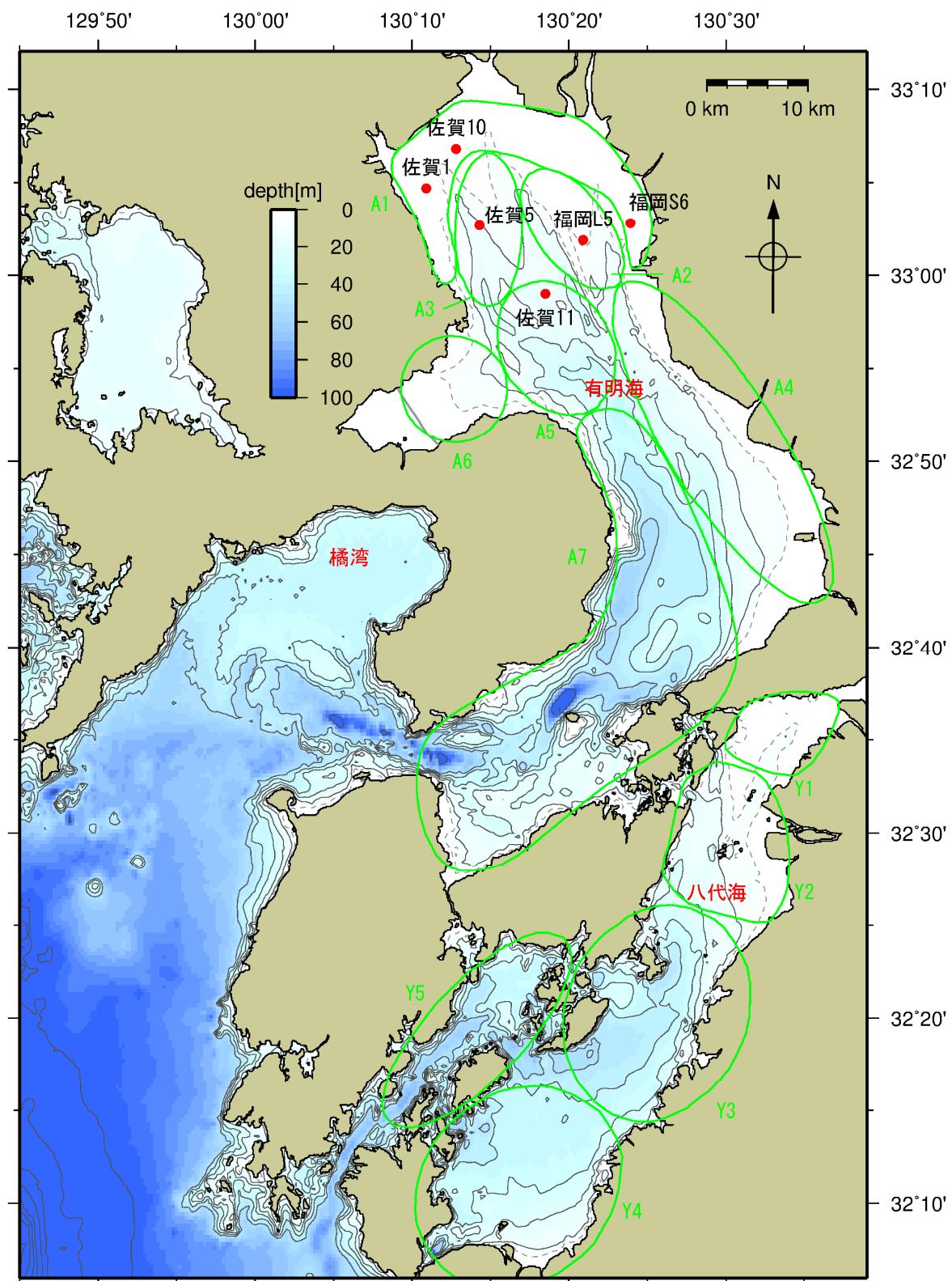
3. 公共用水域水質測定結果から取りまとめた。



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 |

図 2.4.2-1 公共用海域水質測定結果の整理を行った地点



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 |

図 2.4.2-2 浅海定線調査結果の整理を行った地点

表 2.4.2-5(1)回帰分析結果(公共用水域水質測定):有明海

		COD	T-N	T-P	水温	塩分	SS
A1海域 (有明海湾奥部)	佐賀B2	--	-	+	-	+	-
	佐賀B3	--	-	+	+	+	-
	福岡st7	-	--	+	+	+	+
	佐賀A2	++	-	+	-	+	-
A2海域 (有明海湾奥東部)	福岡st.9	-	--	-	+	+	-
A4海域 (有明海中央東部)	熊本st.1	-**	-- **	-**	+	-**	
	熊本st.7	-**	-**	+**	+		
	熊本st.9	-**	-**	+**	+		
A6海域 (有明海諫早湾)	長崎B1	-*	-*	-*	+*	-*	
	長崎B2	--*	-*	--*	-*	-*	
A7海域 (有明海湾口部)	瀬詰崎沖(長崎)	-**	-*	++	+	-	-
	島原沖(長崎)	-**	+*	+	-	-	-

- 注)1. ■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。□はデータなし・不足等による評価対象外であることを示す。
- 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の増加、減少(水温については 0.25°Cの上昇、低下)がある場合は”+”、“-”とし、それに満たない場合は”+”、“-”とした。
 - 熊本県の COD については、酸性法で測定が行われている 1998(平成 10)年以降を対象に回帰分析を行った。また、瀬詰崎沖(長崎)及び島原沖(長崎)の COD についても、酸性法で測定が行われている 2000 年以降を対象に回帰分析を行った。
 - 熊本県の T-N、T-P は 1999(平成 11)年以降採水方法を変更したため、1999(平成 11)年以降を対象に回帰分析を行った。
 - *を付したものは 1990 年前後から現在までの期間の評価であり、**を付したものは 2000 年前後から現在までの期間の評価を示す。なお、2010 年以降から測定が開始された項目については評価対象外とした。

出典:福岡県、熊本県、長崎県、佐賀県「公共用水域水質測定結果」をもとに環境省が作成した。

表 2.4.2-5(2)回帰分析結果(浅海定線調査、公共用水域水質測定):有明海

		透明度
A1海域 (有明海湾奥部)	福岡S6	+
	佐賀1	+
	佐賀10	+
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	+
A4海域 (有明海中央東部)	熊本st.1	+
	熊本st.7	+
	熊本st.9	+
A5海域 (有明海湾央部)	佐賀11	-
A7海域 (有明海湾口部)	瀬詰崎沖(長崎)	+
	島原沖(長崎)	-

- 注)1. ■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。
 2. 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の上昇、低下がある場合は”+”、“-”とし、それに満たない場合は”+”、“-”とした。

出典:福岡県、熊本県、長崎県、佐賀県「公共用水域水質測定結果」及び

福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県「浅海定線調査結果」をもとに環境省が作成した。

表 2.4.2-6 回帰分析結果(公共用水域水質測定):八代海

		COD	T-N	T-P	水温	塩分	SS	透明度
Y1海域 (八代海湾奥部)	八代海st.10 (熊本)	+**	-**	++**	+	-**	--	--
Y2海域 (球磨川河口部)	八代海地先海域st.7 (熊本)	+**	-**	++**	+	+**	/	+
Y4海域 (八代海湾口東部)	鹿児島基準点5	+	-**	-**	+	-	/	+

- 注)1. ■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。□はデータなし・不足等による評価対象外であることを示す。
 2. 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の増加、減少(水温については 0.25°Cの上昇、低下)がある場合は”+”、“-”とし、それに満たない場合は”+”、“-”とした。
 3. 熊本県の COD については、酸性法で測定が行われている 1998(平成 10)年以降を対象に回帰分析を行った。
 4. 熊本県の T-N、T-P は 1999(平成 11)年以降採水方法を変更したため、1999(平成 11)年以降を対象に回帰分析を行った。
 5. *を付したもののは 1990 年前後から現在までの期間の評価であり、**を付したもののは 2000 年前後から現在までの期間の評価を示す。なお、2010 年以降から測定が開始された項目については評価対象外とした。

出典:熊本県、鹿児島県「公共用水域水質測定結果」をもとに環境省が作成した。

表 2.4.2-7 回帰分析結果: 橘湾

	COD	T-N	T-P	水温	塩分	SS	透明度
脇岬港	+			+	+**		++
為石漁港	-			+	+**		++
茂木港	-			+	+**		++
有喜漁港	+			+	+**		+
小浜港	+			+	-**		-
加津佐漁港	++			+	+**		-

- 注) 1. ■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。□はデータなし・不足等による評価対象外であることを示す。
 2. 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の増加、減少(水温については 0.25°C の上昇、低下)がある場合は”++”、“--”とし、それに満たない場合は”+”、“-”とした。
 3. *を付したものは 1990 年前後から現在までの期間の評価であり、**を付したものは 2000 年前後から現在までの期間の評価を示す。なお、T-N、T-P 及び SS についてはデータが存在しないため、評価対象外とした。

出典:長崎県「公共用水域水質測定結果」をもとに環境省が作成した。

表 2.4.2-8 回帰分析結果: 牛深町周辺の海面

	COD	T-N	T-P	水温	塩分	SS	透明度
牛深港地先	++**	-**	+**	+	+**		+
牛深港内	++**	-**	+**	+	-**		+

- 注) 1. ■で網掛けしている項目は、有意水準 5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。□はデータなし・不足等による評価対象外を示す。
 2. 近似一次回帰式の傾きが 10 年間あたりで全データの算術平均の 10%以上の増加、減少(水温については 0.25°C の上昇、低下)がある場合は”++”、“--”とし、それに満たない場合は”+”、“-”とした。
 3. 熊本県の T-N、T-P は 1999(平成 11)年以降採水方法を変更したため、1999(平成 11)年以降を対象に回帰分析を行った。
 4. *を付したものは 1990 年前後から現在までの期間の評価であり、**を付したものは 2000 年前後から現在までの期間の評価を示す。なお、SS についてはデータが存在しないため、評価対象外とした。

出典:熊本県「公共用水域水質測定結果」をもとに環境省が作成した。

2.4.3 まとめ

1970(昭和 45)年頃から現在までの水質環境基準達成率(COD、全窒素(T-N)及び全磷(T-P))の推移及び水質(公共用水域水質測定等)の主な経年変化については以下のとおりである。

[有明海]

・COD(上層)については、水質環境基準達成率は 1974(昭和 49)年度以降 80%以上

で推移しており、直近年の2019(令和元)年度は80%である。12地点における直近5年間の年平均値は0.9~3.9mg/Lであり、1974(昭和49)年度から2019(令和元)年度にかけて、6地点(A1海域の一部、A4海域の一部、及びA6海域)で有意な減少傾向がみられ、このうち3地点では、10年間で10%以上の変化率である。また、1地点(A1海域の一部)で有意な増加傾向がみられる。他の5地点では有意な変化傾向はみられない。

- ・全窒素(T-N)及び全燐(T-P)の水質環境基準達成率は低く、2006(平成18)年度以降は全て40%である。

全窒素(T-N)(上層)については、水質環境基準達成率は2007(平成19)年度以降80%以上で推移しており、直近年の2019(令和元)年度は100%である。12地点における直近5年間の年平均値は0.11~0.70mg/Lであり、1980(昭和55)年度から2019(令和元)年度にかけて、4地点(A1海域の一部、A2海域、及びA4海域の一部)で有意な減少傾向がみられ、このうち3地点では、10年間で10%以上の変化率である。他の8地点では有意な変化傾向はみられない。

全燐(T-P)(上層)については、水質環境基準達成率は2006(平成18)年度から2018(平成30)年度までは40%の達成率で推移し、直近年の2019(令和元)年度は60%である。12地点における直近5年間の年平均値は0.017~0.140mg/Lであり、1980(昭和55)年度から2019(令和元)年度にかけて、5地点(A1海域の一部、及びA7海域)で有意な増加傾向がみられ、このうち1地点(A7海域)の変化率は10年間で10%以上である。また、1地点(A2海域)で有意な減少傾向がみられた。他の6地点では有意な変化傾向はみられない。

- ・水温(上層)については、12地点における直近5年間の年平均値は16.9~21.6°Cであり、1978(昭和53)年度から2019(令和元)年度にかけて、3地点(A4海域)で有意な上昇傾向がみられる。また、1地点(A7海域の一部)で有意な低下傾向がみられる。他の8地点では有意な変化傾向はみられない。
- ・塩分(上層)については、10地点における直近5年間の年平均値は23.4~34.3であり、3地点(A1海域の一部)で有意な上昇傾向がみられる。他の7地点では有意な傾向はみられない。
- ・SS(上層)については、7地点における直近5年間の年平均値は1.2~43.0mg/Lであり、全7地点において有意な変化傾向はみられない。
- ・透明度については、11地点における直近5年間の年平均値は0.6~8.4mであり、1970(昭和45)年度から2019(令和元)年度にかけて、4地点(A1海域の一部、A3海域、A4海域の一部)で有意な上昇傾向がみられる。他の7地点では有意な変化傾向はみられない。

[八代海]

- ・COD(上層)については、水質環境基準達成率は1996(平成8)年度までは100%の年もあったが、それ以降は60~90%で推移しており、直近年の2019(令和元)年度は

79%である。3 地点における直近 5 年間の年平均値は 1.3~3.2mg/L であり、1974(昭和 49)年度から 2013 年度にかけて、3 地点のうち、1 地点(Y4 海域)で有意な増加傾向がみられる。他の 2 地点では有意な変化傾向はみられない。

- ・全窒素(T-N)及び全燐(T-P)の水質環境基準達成率は、2010(平成 22)年度以降 75~100%で推移しており、直近年の 2019(令和元)年度は 100%である。

全窒素(T-N)(上層)については、水質環境基準達成率は 2003(平成 15)年度以降全て 100%である。3 地点における直近 5 年間の年平均値は 0.11~0.37mg/L であり、1980(昭和 55)年度から 2019(令和元)年度にかけて、3 地点のうち、1 地点(Y4 海域)で有意な減少傾向がみられる。他の 2 地点では有意な変化傾向はみられない。

全燐(T-P)(上層)については、水質環境基準達成率は 2010(平成 22)年度以降 75%以上で推移しており、直近年の 2019(令和元)年度は 100%である。3 地点における直近 5 年間の年平均値は 0.012~0.074mg/L であり、1980(昭和 55)年度から 2019(令和元)年度にかけて 3 地点のうち、2 地点(Y1 海域、及び Y2 海域)で変化の割合が大きい、有意な増加傾向がみられる。他の 1 地点(Y4 海域)では有意な変化傾向はみられない。

- ・水温(上層)については、3 地点における直近 5 年間の年平均値は 18.8~21.9°C であり、1978(昭和 53)年度から 2019(令和元)年度にかけて、3 地点の全てにおいて有意な上昇傾向がみられる。

- ・塩分(上層)については、3 地点における直近 5 年間の年平均値は 27.0~33.0 であり、1980(昭和 55)年度から 2019(令和元)年度にかけて、全点で有意な変化傾向はみられない。

- ・SS(上層)については、1 地点における直近 5 年間の年平均値は 6.9~14.5mg/L であり、1980(昭和 55)年度から 2019(令和元)年度にかけて、有意な減少傾向がみられる。

- ・透明度については、3 地点における直近 5 年間の年平均値は 1.0~11.0m であり、1979(昭和 54)年度から 2019(令和元)年度にかけて、3 地点のうち、1 地点(Y1 海域)で変化の割合が大きい、有意な減少傾向がみられる。残りの 2 地点(Y2 海域、Y4 海域)では有意な変化傾向はみられない。

[橘湾]

- ・COD(上層)については、水質環境基準達成率 30~100%で推移しているが、2011(平成 23)年度以降は 100%となっている。6 地点における直近 5 年間の年平均値は 1.0~1.8mg/L であり、1975(昭和 50)年度から 2019(令和元)年度にかけて、6 地点のうち、3 地点(有喜漁港、小浜港、加津佐漁港)で有意な増加傾向がみられ、このうち 1 地点(加津佐漁港)では変化の割合が大きく、有意な増加傾向がみられる。また、1 地点(茂木港)で有意な減少傾向がみられる。他の 2 地点では有意な変化傾向はみられない。
- ・全窒素(T-N)及び全燐(T-P)については、類型指定はされていない。

- ・水温(上層)については、6 地点における直近 5 年間の年平均値は 18.4~21.4°C であり、1981(昭和 56)年度から 2019(令和元)年度にかけて、1 地点(為石漁港)で有意な上昇傾向がみられる。他の 5 地点では有意な変化傾向はみられない。
- ・塩分(上層)については、6 地点における直近 5 年間の年平均値は 28.9~33.9 であり、2003(平成 15)年度から 2019(令和元)年度にかけて、6 地点のうち、1 地点(為石漁港)で有意な上昇傾向がみられる。他の 5 地点では有意な変化傾向はみられない。
- ・透明度については、6 地点における直近 5 年間の年平均値は 3.1~11.3m であり、1981(昭和 56)年度から 2019(令和元)年度にかけて、6 地点のうち、4 地点(脇岬港、為石漁港、茂木港、有喜漁港)で有意な上昇傾向がみられ、このうち 3 地点(脇岬港、為石漁港、茂木港)では、変化の割合が大きい。他の 2 地点では有意な変化傾向はみられない。

[牛深町周辺の海面]

- ・COD(上層)については、2 地点における直近 5 年間の年平均値は 1.3~1.8mg/L であり、1998(平成 10)年度から 2019(令和元)年度にかけて、全 2 地点で増加傾向がみられる。
- ・全窒素(T-N)(上層)については、2 地点における直近 5 年間の年平均値は 0.15~0.22mg/L であり、1999(平成 11)年度から 2019(令和元)年度にかけて、対象地点 2 地点のいずれも有意な変化傾向はみられない。
- ・全燐(T-P)(上層)については、2 地点における直近 5 年間の年平均値は 0.015~0.023mg/L であり、1999(平成 11)年度から 2019(令和元)年度にかけて、有意な変化傾向はみられない。
- ・水温(上層)については、2 地点における直近 5 年間の年平均値は 19.3~21.5°C であり、1979(昭和 54)年度から 2019(令和元)年度にかけて、1 地点(牛深港内)において有意な上昇傾向がみられる。
- ・塩分(上層)については、2 地点における直近 5 年間の年平均値は 32.0~34.0 であり、2000 年度から 2019(令和元)年度にかけて、有意な変化傾向はみられない。
- ・透明度については、2 地点における直近 5 年間の年平均値は 8.7~11.3m であり、1979(昭和 54)年度から 2019(令和元)年度にかけて、1 地点(牛深港内)で有意な増加傾向がみられる。

参考文献

- 1)佐々木克之(2016):諫早湾の水門開放から有明海の再生へ(諫早湾開門研究者会議編), 有明海漁民・市民ネットワーク, pp.31-42

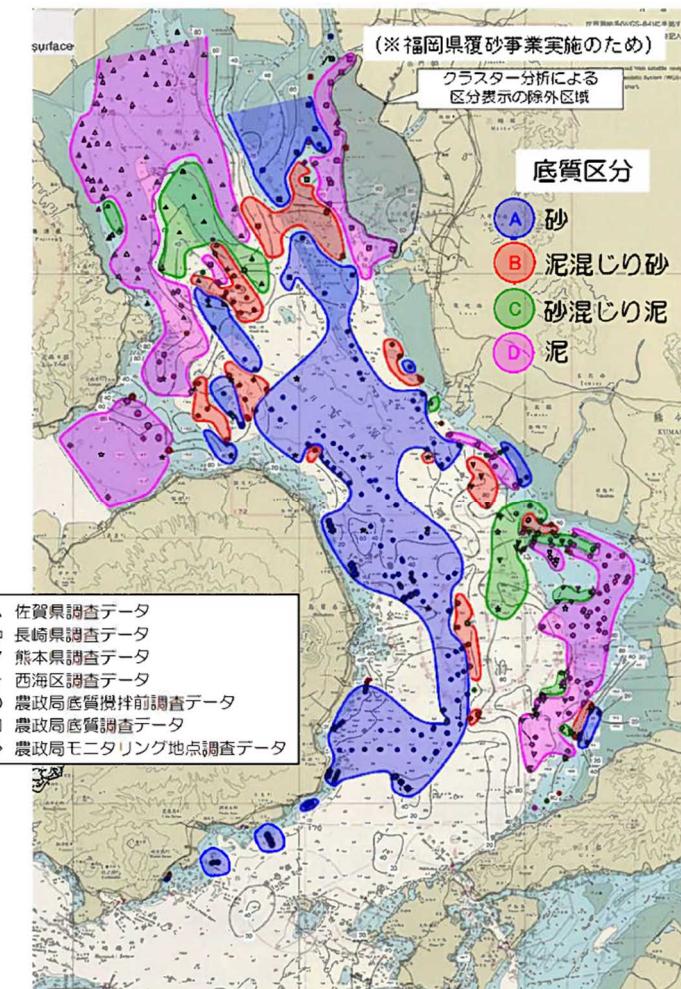
2.5 底質

2.5.1 有明海の底質の分布状況

(1) 底質の分布状況

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⁾(図 2.5.1-1)。また、大浦沖及び諫早湾口部では1~4mにわたって泥が堆積している²⁾。

有明海の水深については、海底堆積物の移動・再分配が繰り返し生じており、水深0~5mと40m以深の面積が減る一方、10~30mの海域が増え、水深が平均化されている²⁾。



区分	底質名	中央粒径	含泥率	含水率	硫化物	強熱減量	COD	全窒素	全リン
		φ	%	%	mg/g	%	mg/g	mg/g	mg/g
A	砂	1.33	10.0	28.0	0.04	4.8	3.4	0.48	0.48
B	泥混じり砂	2.65	38.9	37.0	0.17	7.6	7.5	0.79	0.48
C	砂混じり泥	4.88	64.1	50.0	0.20	8.7	8.5	1.08	0.53
D	泥	6.43	89.3	67.0	0.58	10.4	12.1	1.75	0.66

注)表中の数値は、クラスター分析により分けられた各区分(A~D)の平均値を示す。

図 2.5.1-1 有明海の底質特性別海域区分図(2019(令和元)年)

出典:農林水産省九州農政局(2021年)「有明海漁場環境改善連絡協議会(第30回)資料1-7(参考)有明海の環境変化の要因に関する調査」

2.5.2 有明海・八代海の底質分布と経年変化

(1) 底質分布と経年変化

有明海・八代海等における 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度の底質の粒度組成、COD、T-N、T-P の調査結果を図 2.5.2-1～図 2.5.2-4 に示す。なお、2017(平成 29) 年以前の調査結果は資料編(データ集 2.5.2)に記載した。

この結果によると、有明海では、2019(令和元)年度夏期以降において、それ以前の傾向に比べて、有明海湾奥部 A1 海域で COD、T-P が増加傾向であった。また、湾奥西部 A3 海域で COD が増加傾向であった。

八代海の底質については、八代海湾奥部から湾口東部にかけてはシルト分、粘土分が卓越しており、湾口西部では粗砂から細砂分が卓越している。2019(令和元)年度夏期以降においては、それ以前の傾向に比べると、八代海湾奥部 Y1 海域と Y2 海域で COD が増加傾向であった。2020(令和 2)年度夏期には Y1 海域、Y2 海域、Y3 海域で T-P が増加していた。

(2) 2019(令和元)年 8 月の前線による大雨の影響

2019(令和元)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、ここでは大雨による底質への影響について整理した。

2019(令和元)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)を図 2.5.2-5 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)を図 2.5.2-6 に示す。これによると、佐賀及び白石の降水量が多く、2019(令和元)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 $3,210\text{m}^3/\text{s}$ を記録している。

2019(令和元)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、湾中央や湾口の測定地点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 2019(令和元)年度冬期以降は、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(令和元)年度夏期の大雨による底質(COD)への影響が何らかの形で継続している可能性が示唆された。

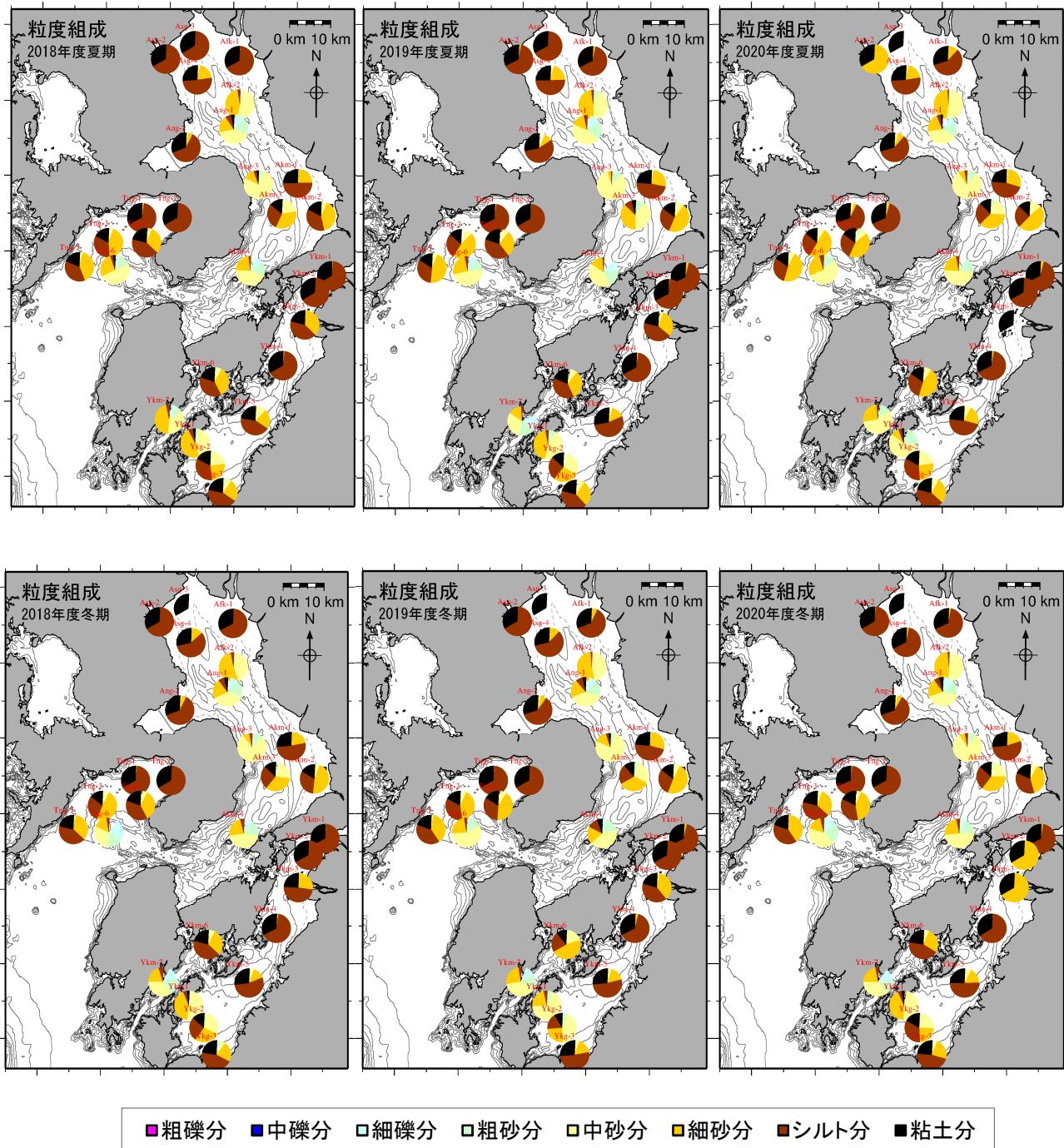


図 2.5.2-1 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度の底質の粒度組成の水平分布
(上段:夏期 下段:冬期)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

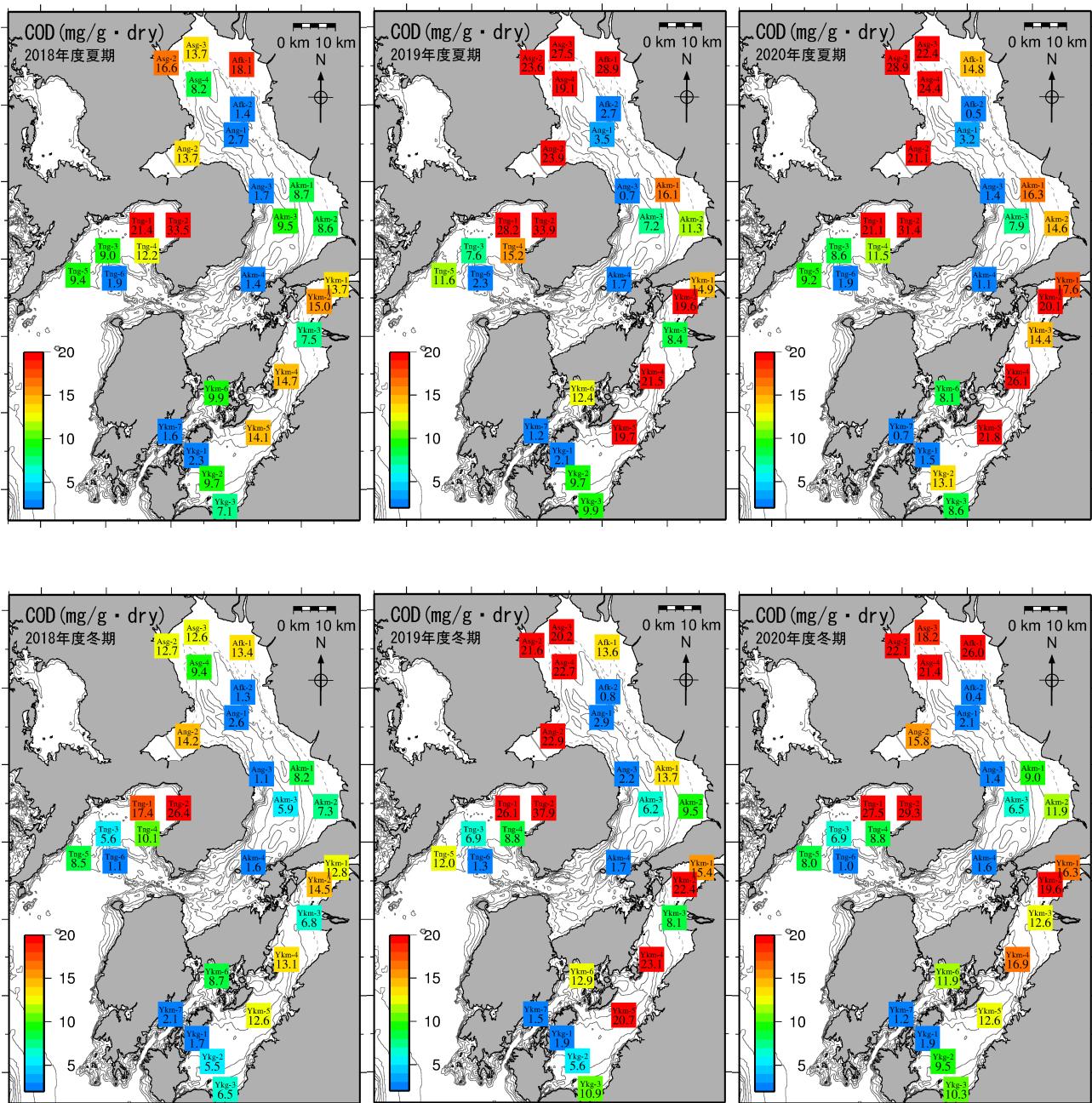


図 2.5.2-2 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度の底質(COD)の水平分布
(上段:夏期 下段:冬期)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

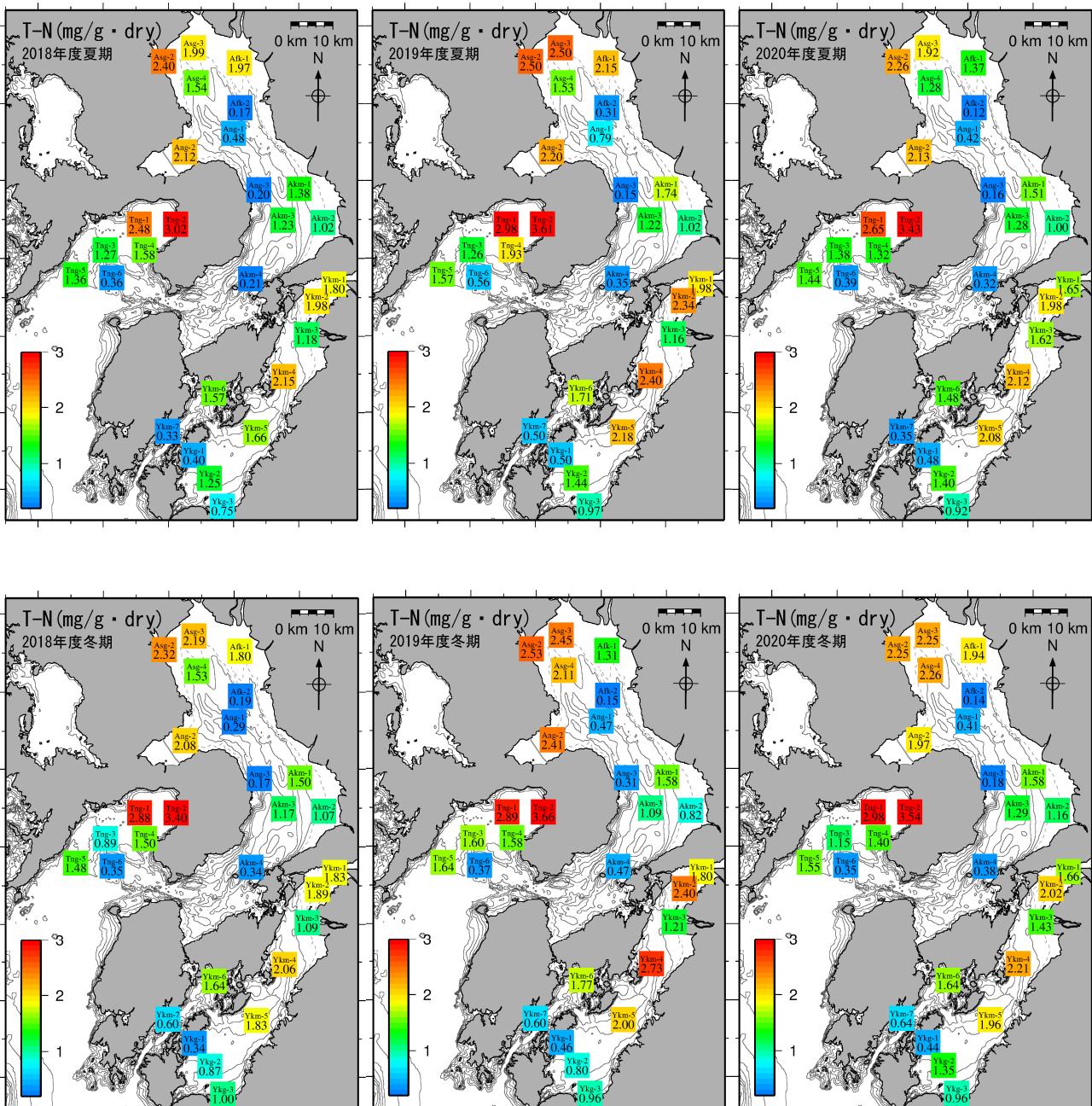


図 2.5.2-3 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度の底質(T-N)の水平分布
(上段:夏期 下段:冬期)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

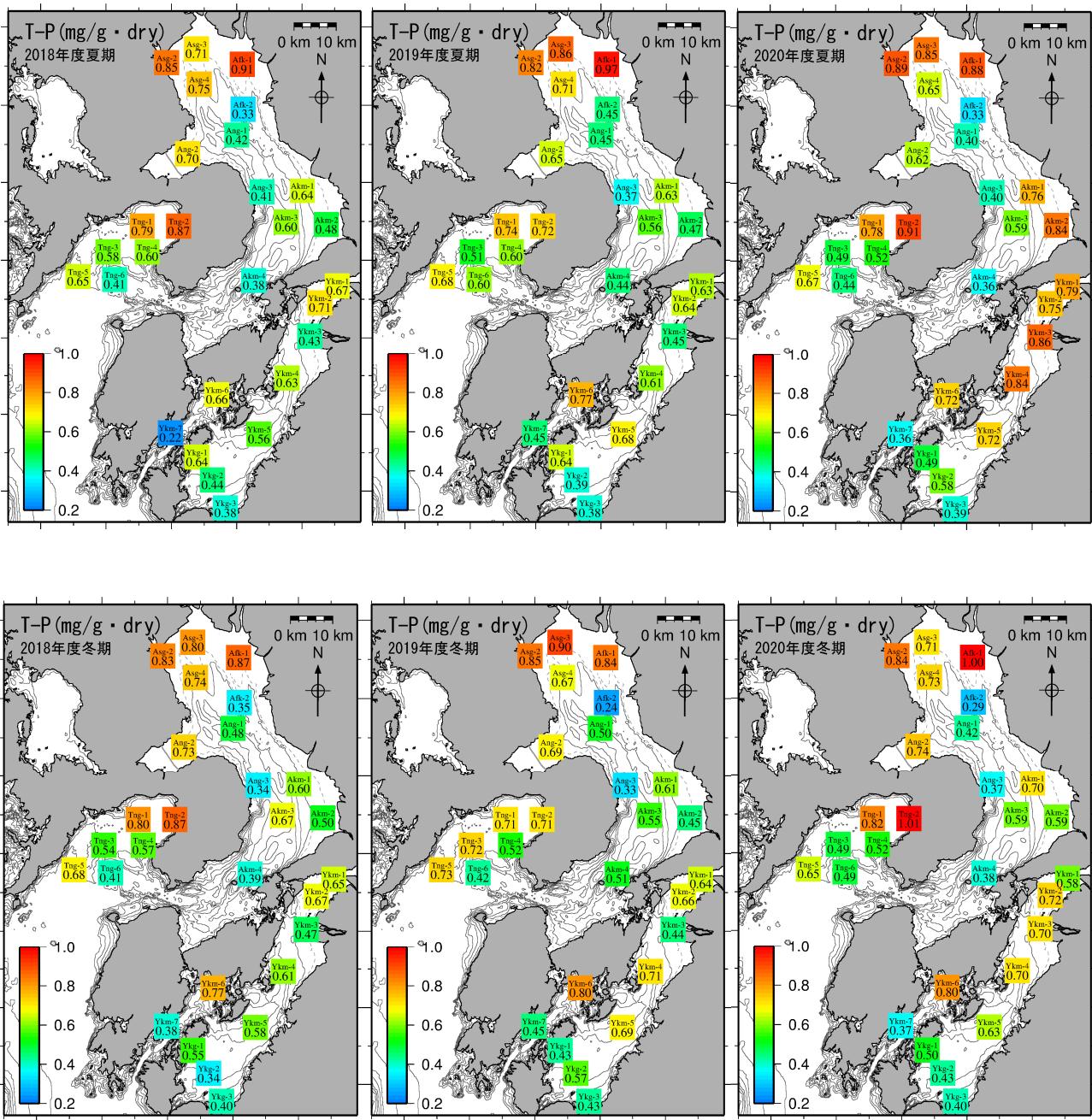
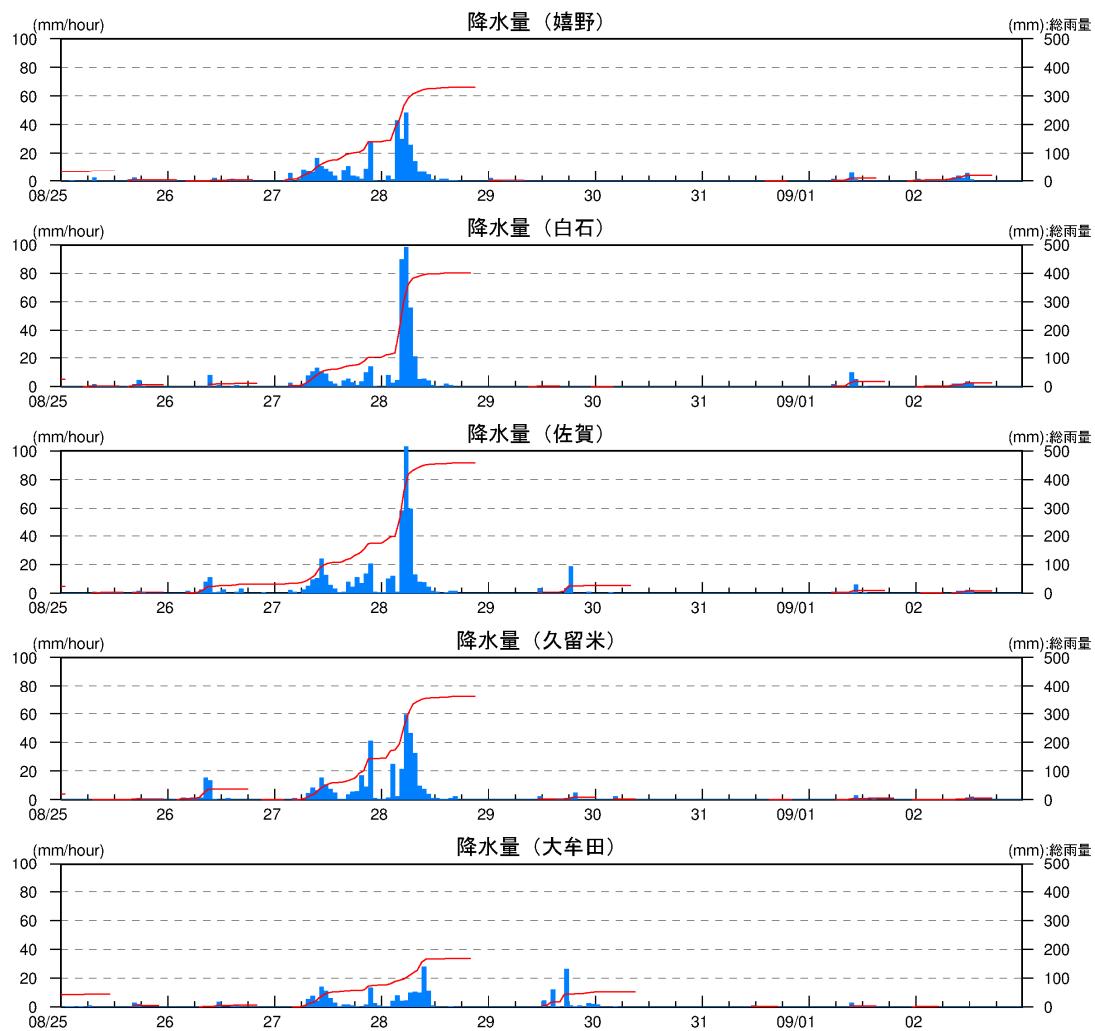


図 2.5.2-4 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度の底質(T-P)の水平分布
(上段:夏期 下段:冬期)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」



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。

図 2.5.2-5 降水量の経時変化

出典: 気象庁「気象観測データ」をもとに環境省が作成した。

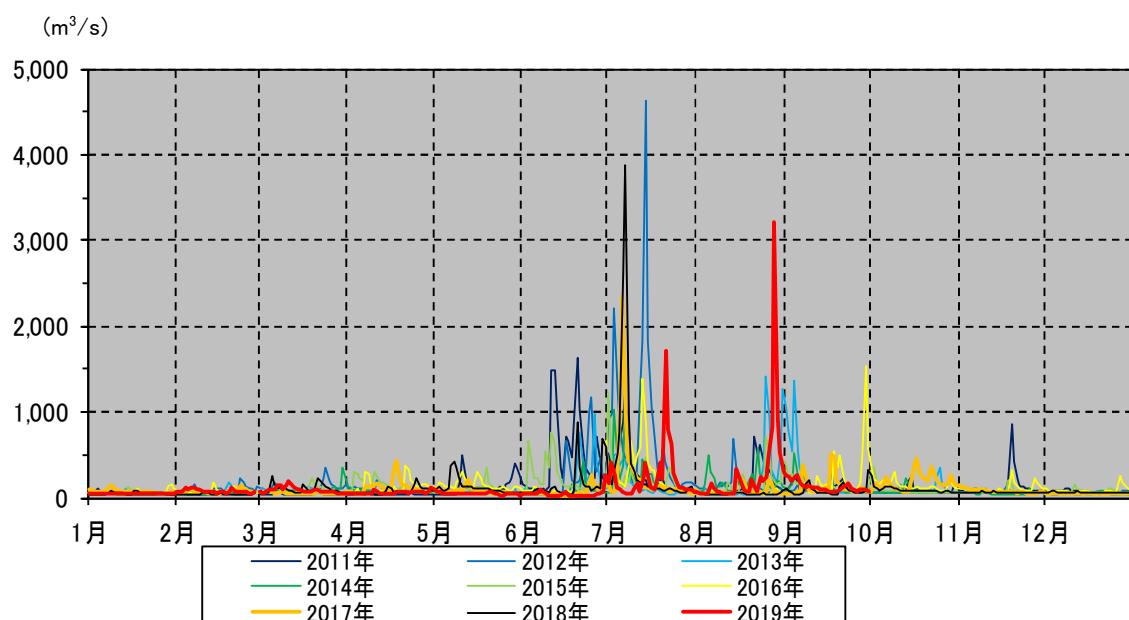


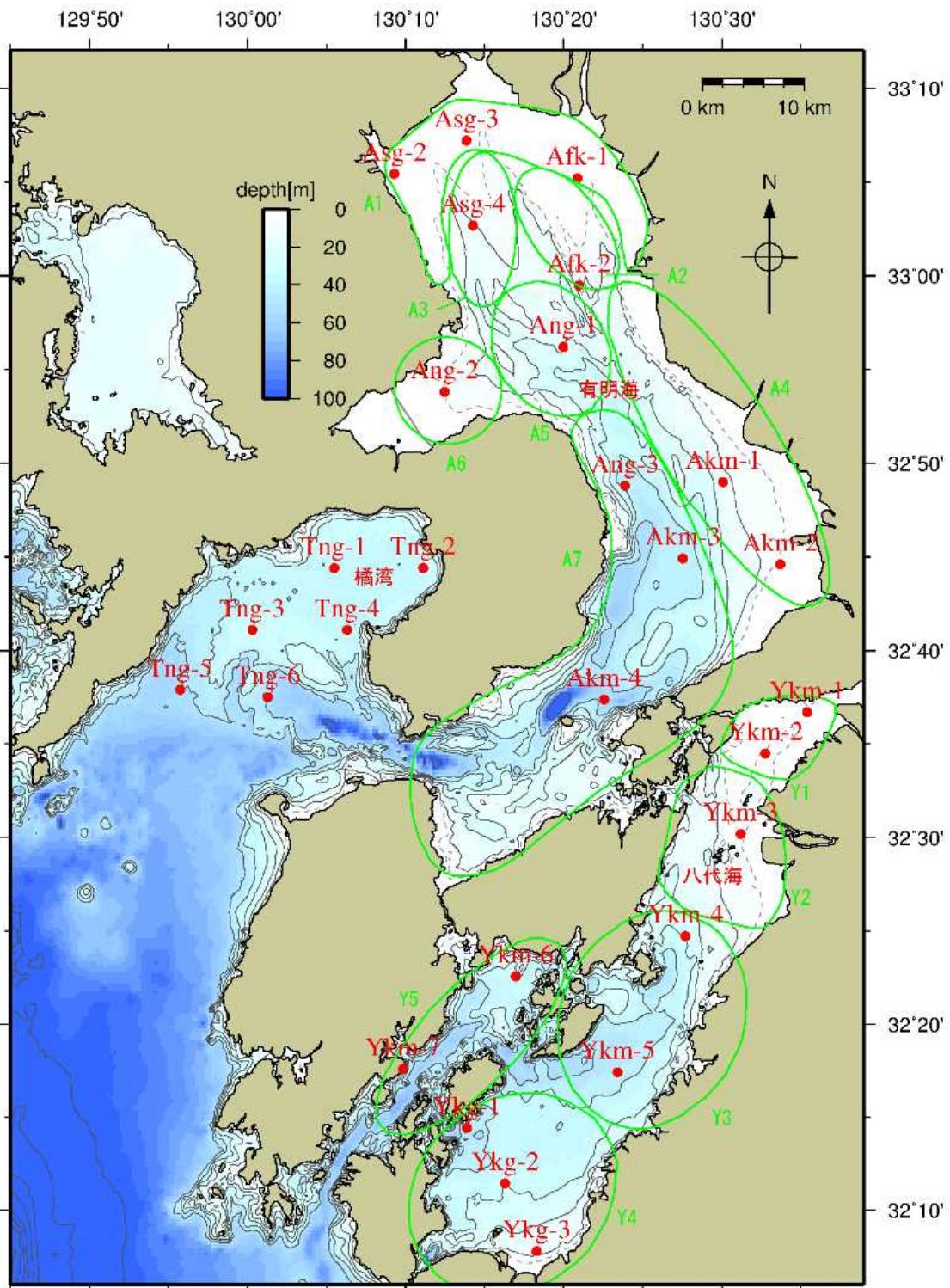
図 2.5.2-6 筑後川の瀬ノ下地点の日平均流量の比較(1~12月)

出典: 国土交通省「水文水質データベース」をもとに環境省が作成した。

(3) 底質の変動傾向

図 2.5.2-7 に示す有明海の 11 地点における 2001(平成 13)年頃～2020(令和 2) 年度の底質の変動傾向を表 2.5.2-1 に示す。10 年間で 5% 以上の増減が認められたのは、T-N は 2 地点(有明海中央東部及び湾口部 1 地点)で増加傾向、1 地点(湾央部)で減少傾向、T-P は 1 地点(中央東部)で増加傾向、COD は 7 地点(湾奥奥部 3 地点、湾奥西部、中央東部、諫早湾及び湾口部 1 地点)で増加傾向、1 地点(湾央部)で減少傾向、強熱減量は 1 地点(中央東部)で増加傾向、1 地点(湾央部)で減少傾向、T-S は 1 地点(中央東部)で増加傾向、粘土・シルト含有率は 1 地点(中央東部)で増加傾向、2 地点(湾奥西部、湾央部)で減少傾向を示した。海域別にみると、A4 海域(Akm-2) では全ての項目で増加傾向を示し、A5 海域(Ang-1) では 4 項目で減少傾向にあった。また、COD は多くの地点で増加傾向にあった。

図 2.5.2-7 に示す八代海の 10 地点における 2001(平成 13)年頃～2020(令和 2) 年度の底質の変動傾向を表 2.5.2-2 に示す。10 年間で 5% 以上の増減が認められたのは、T-N は 1 地点(八代海湾奥部 1 地点)で増加傾向、T-P は 1 地点(湾奥部 1 地点)で増加傾向、COD は 8 地点(湾奥部、球磨川河口部、湾央部、湾口東部 2 地点及び湾口西部 1 地点)で増加傾向、強熱減量は 1 地点(湾奥部 1 地点)で増加傾向、T-S は 1 地点(湾奥部 1 地点)で増加傾向、1 地点(湾口東部 1 地点)で減少傾向、粘土・シルト含有率は 1 地点(湾奥部 1 地点)で増加傾向、1 地点(湾口東部 1 地点)で減少傾向を示した。海域別にみると、Y1 海域の Ykm-1 では全ての項目で増加傾向を示し、また、COD は多くの地点で増加傾向にあった。



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
A4海域…有明海中央東部
A7海域…有明海湾口部
Y3海域…八代海湾央部

A2海域…有明海湾奥東部
A5海域…有明海湾央部
Y1海域…八代海湾奥部
Y4海域…八代海湾口東部

A3海域…有明海湾奥西部
A6海域…有明海諫早湾
Y2海域…球磨川河口部
Y5海域…八代海湾口西部

図 2.5.2-7 有明海・八代海・橘湾における底質の調査地点

表 2.5.2-1 有明海における底質の変動傾向

		T-N	T-P	COD	強熱減量	T-S	粘土・シルト含有率
A1海域 (有明海湾奥部)	Asg-2	---	---	++	---	---	---
	Asg-3	---	---	++	---	---	---
	Afk-1	---	---	++	---	---	---
A2海域 (有明海湾東部)	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-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. 底質は2001(平成13)年頃以降のデータであり、水質(1970(昭和45)年頃以降)に比べて調査期間が短いため、水質の方法とは違う下記の方法により変動傾向を分析した。
 2. 近似一次回帰式の決定係数が0.2以上であり、かつ、回帰直線による10年間の変化予測量が全データの算術平均の10%以上増加、減少がある場合は“++”、“--”とし、10年間の変化予測量が全データの算術平均の5%以上10%未満の増加、減少がある場合は“+”、“-”とした。
 3.“---”は決定係数が0.2未満、又は回帰直線による10年間の変化予測量が全データの算術平均の5%未満であることを示す。

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

表 2.5.2-2 八代海における底質の変動傾向

		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. 底質は2001(平成13)年頃以降のデータであり、水質(1970(昭和45)年頃以降)に比べて調査期間が短いため、水質の方法とは違う下記の方法により変動傾向を分析した。
 2. 近似一次回帰式の決定係数が0.2以上であり、かつ、回帰直線による10年間の変化予測量が全データの算術平均の10%以上増加、減少がある場合は“++”、“--”とし、10年間の変化予測量が全データの算術平均の5%以上10%未満の増加、減少がある場合は“+”、“-”とした。
 3.“---”は決定係数が0.2未満、又は回帰直線による10年間の変化予測量が全データの算術平均の5%未満であることを示す。

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

2.5.3 その他の海域の底質及び底質中の重金属・有害化学物質

橘湾では、湾奥部から湾西部にかけて泥分が分布しており、早崎瀬戸から湾東部にかけては砂分が分布している³⁾。変動傾向を分析する期間における底質測定に係る一般項目のデータがなかった。なお、牛深町周辺の海域では、底質のデータがなかった。

また、有明海・八代海の底質中の重金属・有害化学物質に関する新たな知見は得られていないため、記載は割愛する。

2.5.4 まとめ

有明海の底質は、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。

有明海について、2001(平成13)年頃～2020(令和2)年度の調査結果から底質の変動傾向(10年間で5%以上の変化)を整理したところ、11地点のうち、T-Nは2地点(有明海中央東部及び湾口部1地点)で増加傾向、1地点(湾央部)で減少傾向、T-Pは1地点(中央東部)で増加傾向、CODは7地点(湾奥奥部3地点、湾奥西部、中央東部、諫早湾及び湾口部1地点)で増加傾向、1地点(湾央部)で減少傾向、強熱減量は1地点(中央東部)で増加傾向、1地点(湾央部)で減少傾向、T-Sは1地点(中央東部)で増加傾向、粘土・シルト含有率は1地点(中央東部)で増加傾向、2地点(湾奥西部、湾央部)で減少傾向を示した。海域別にみると、A4海域(Akm-2)では全ての項目で増加傾向を示し、A5海域(Ang-1)では4項目で減少傾向にあった。また、CODは多くの地点で増加傾向にあった。

八代海の底質は、八代海湾奥部から湾口東部にかけてはシルト分、粘土分が卓越しており、湾口西部では粗砂から細砂分が卓越している。

八代海について、2001(平成13)年頃～2020(令和2)年度の調査結果から底質の変動傾向(10年間で5%以上の変化)を整理したところ、10地点のうち、T-Nは1地点(八代海湾奥部1地点)で増加傾向、T-Pは1地点(湾奥部1地点)で増加傾向、CODは8地点(湾奥部、球磨川河口部、湾央部、湾口東部2地点及び湾口西部1地点)で増加傾向、強熱減量は1地点(湾奥部1地点)で増加傾向、T-Sは1地点(湾奥部1地点)で増加傾向、1地点(湾口東部1地点)で減少傾向、粘土・シルト含有率は1地点(湾奥部1地点)で増加傾向、1地点(湾口東部1地点)で減少傾向を示した。海域別にみると、Y1海域のYkm-1では全ての項目で増加傾向を示し、また、CODは多くの地点で増加傾向にあった。

参考文献

- 1)農林水産省九州農政局(2021年)「有明海漁場環境改善連絡協議会(第30回)資料1-7(参考)有明海の環境変化の要因に関する調査」
- 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)中田英昭(2012)「第30回有明海・八代海等総合調査評価委員会 資料-3 橘湾の海域特性について」

2.6 貧酸素水塊

2.6.1 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、地点は図2.6.1-1、海底上1m高さ)の結果を整理した。本調査データの年間最低値について整理したところ、データのある1972(昭和47)年度以降、6地点のうち、佐賀県の4地点(有明海湾奥奥部の2地点、有明海湾奥西部及び有明海湾央部)で有意に減少する傾向がみられ、その他の2地点(有明海湾奥奥部及び有明海湾奥東部)では有意な変化はみられなかった(表2.6.1-1)。

また、長崎県の1地点(有明海諫早湾)で2002(平成14)年以降に行われている毎月1回大潮期の底層溶存酸素量の調査(諫早湾干拓事業環境モニタリング調査、地点は図2.6.1-1、海底上1m高さ)について、年間最低値を整理したところ、有意な変化はみられなかった(表2.6.1-1)。

なお、各地点における底層溶存酸素量の経年変化は資料編(データ集2.6.1)に記載した。

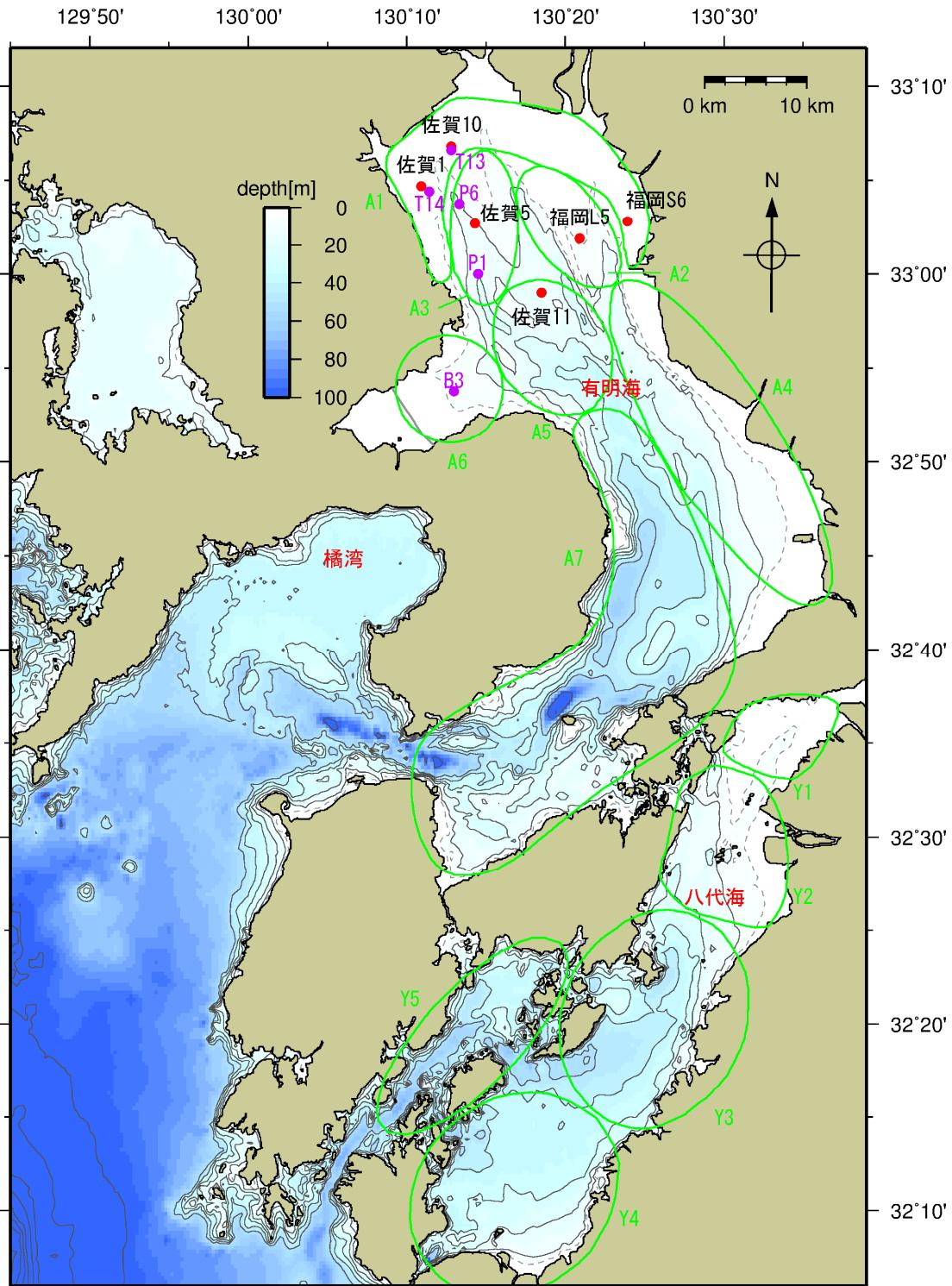
表2.6.1-1 回帰分析結果:有明海(浅海定線調査等)

		底層 溶存酸素量
A1海域 (有明海湾奥奥部)	福岡S6	+
	佐賀1	-
	佐賀10	-
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)	諫早湾B3	-**

- 注)1. ■で網掛けしている項目は、有意水準5%で有意な変化傾向が認められたことを示す。
2. 近似一次回帰式の傾きが10年間あたりで全データの算術平均の10%以上の増加、減少がある場合は”++”、”--”とし、それに満たない場合は”+”、”-”とした。
3. **を付したものは2002(平成14)年から2019(令和元)年までの期間の評価を示す。

出典:福岡県、佐賀県「浅海定線調査結果」

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」をもとに環境省が作成した。



注)1. 福岡 S6、佐賀 1、佐賀 10、福岡 L5、佐賀 5 及び佐賀 11 は福岡県、佐賀県「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。

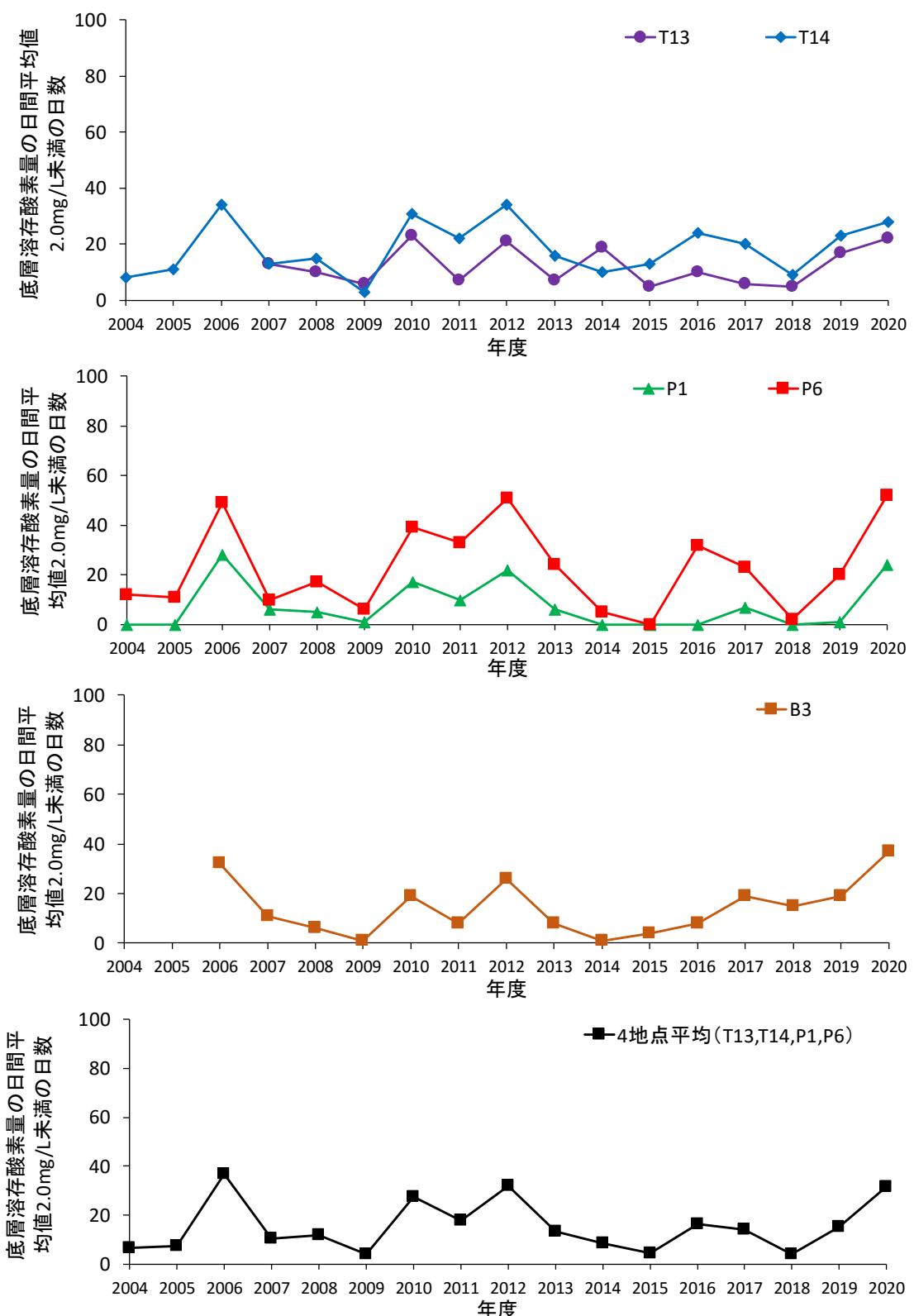
2. 図中の有明海、八代海の緑色の範囲は海域区分を示す。

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

図 2.6.1-1 底層溶存酸素量の結果整理を行った地点

2004(平成 16)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」(地点は図 2.6.1-1、海底上 0.2m 高さ)の結果を基に、底層溶存酸素量の日平均値が 2.0mg/L 未満、3.0mg/L 未満、4.0mg/L 未満の日数を整理した(図 2.6.1-2)。

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 17 年間の平均で 15 日(最少 4 日～最多 37 日)、3.0mg/L 未満は 32 日(16 日～55 日)、4.0mg/L 未満は 53 日(34 日～69 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。また、2.0mg/L 未満と 3.0mg/L 未満の日数の年変動は同様な傾向を示しているが、4.0mg/L 未満については年変動が小さい傾向がみられる。

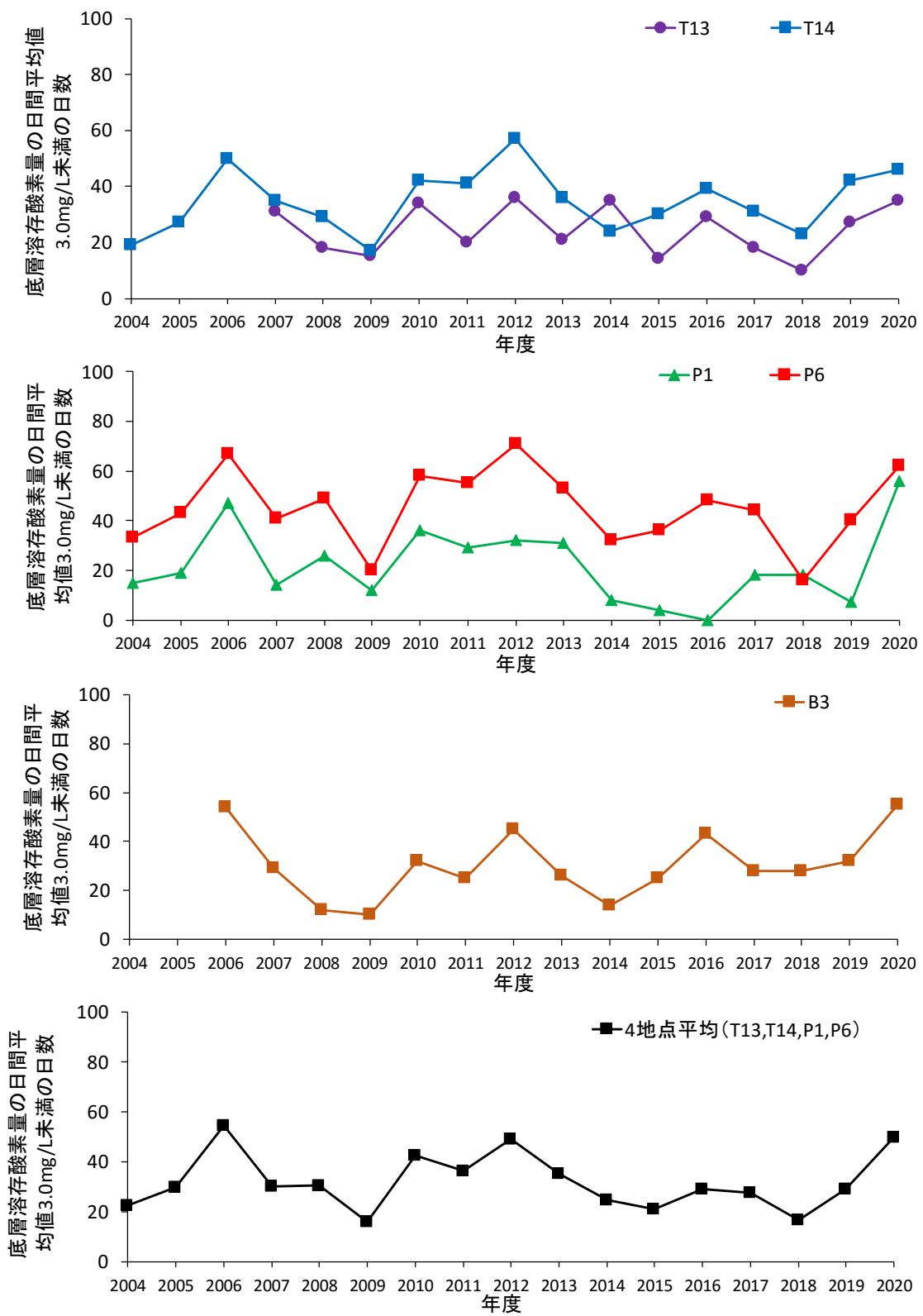


注)1.各年度、各地点の底層溶存酸素量の日平均値が2.0mg/L未満となった日数を記載している。なお、観測期間は6~9月を中心に行われており、詳細な観測日数は各年度、各地点により異なる。

2.4 地点平均(T13,T14,P1,P6)の2004(平成16)年~2006(平成18)年は3地点(T14,P1,P6)の平均である。

図 2.6.1-2(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]」をもとに環境省が作成した。

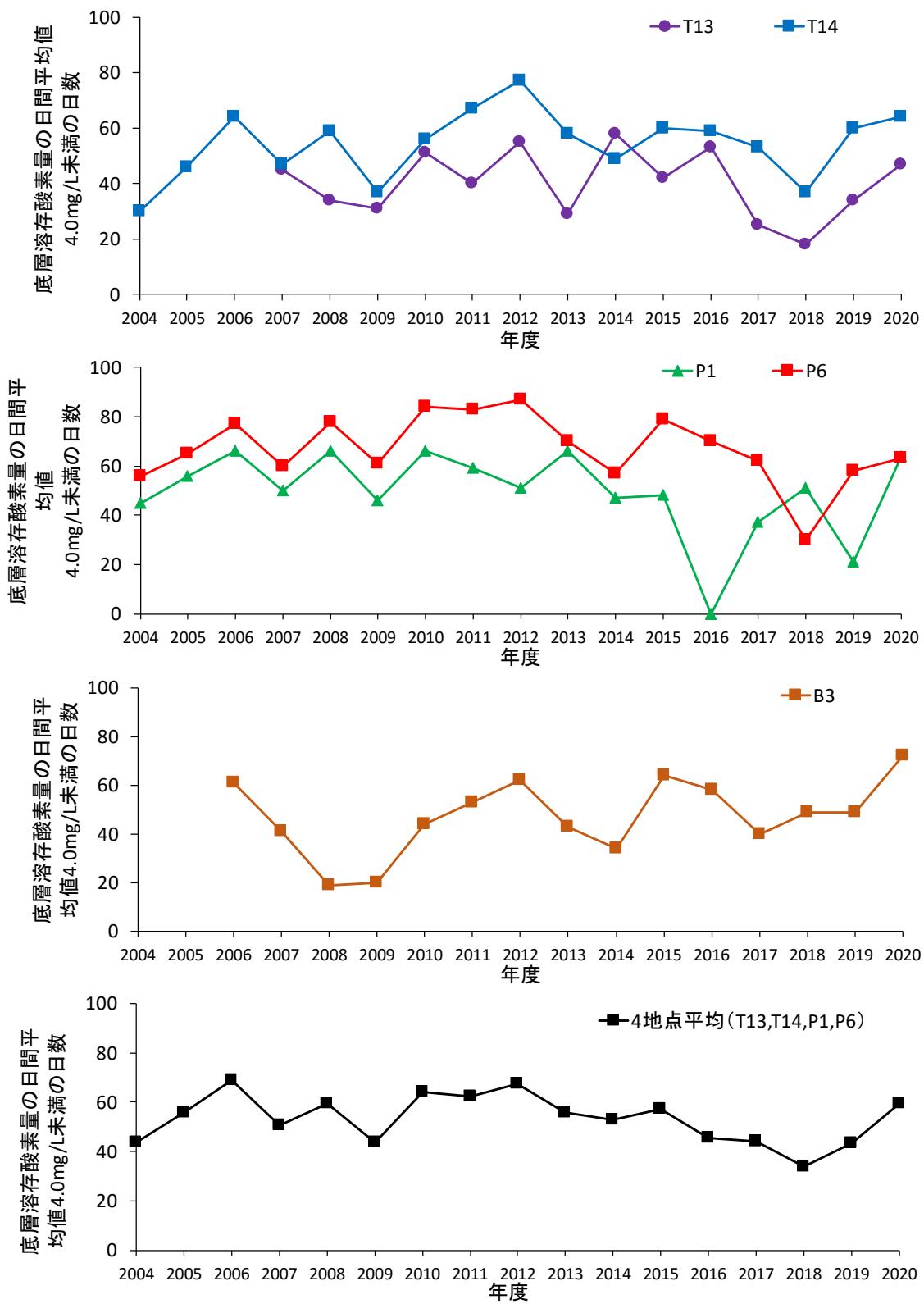


注)1.各年度、各地点の底層溶存酸素量の日平均値が3.0mg/L未満となった日数を記載している。なお、観測期間は6~9月を中心に行われており、詳細な観測日数は各年度、各地点により異なる。

2.4 地点平均(T13,T14,P1,P6)の2004(平成16)年~2006(平成18)年は3地点(T14,P1,P6)の平均である。

図 2.6.1-2(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]」をもとに環境省が作成した。



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している。なお、観測期間は6~9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(T13,T14,P1,P6)の2004(平成16)年~2006(平成18)年は3地点(T14,P1,P6)の平均である。

図 2.6.1-2(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]」をもとに環境省が作成した。

2.6.2 貧酸素水塊の発生状況

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奥部と諫早湾の 2 箇所で貧酸素水塊が別々に発生している。特に、九州北部地方で豪雨が記録された 2020(令和 2) 年には、1990(平成 2) 年～2019(令和元) 年の 30 年間における 7 月の平均値の約 3 倍の降水量に伴い、7 月から 8 月にかけての 1 ヶ月程度の長期間にわたって表層塩分は低下し、大規模な貧酸素水塊が発生した。この期間中の 7 月 29 日と 31 日における表層塩分と底層溶存酸素濃度の分布を図 2.6.2-1 に示す。

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¹⁾。「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。

平成 28 年度委員会報告において、有明海奥部における貧酸素水塊発生の模式図が示された(図 2.6.2-2)。その後、詳細な観測結果の解析の結果、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水の移流が大きく、沖合域は小さい²⁾と推察された。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ること²⁾、底層酸素消費は干潟縁辺域が沖合域より大きいことから³⁾、有明海奥部の底層溶存酸素濃度の短期変動及び経年変動を明らかにするため、干潟縁辺域と沖合域とに区分して整理した。

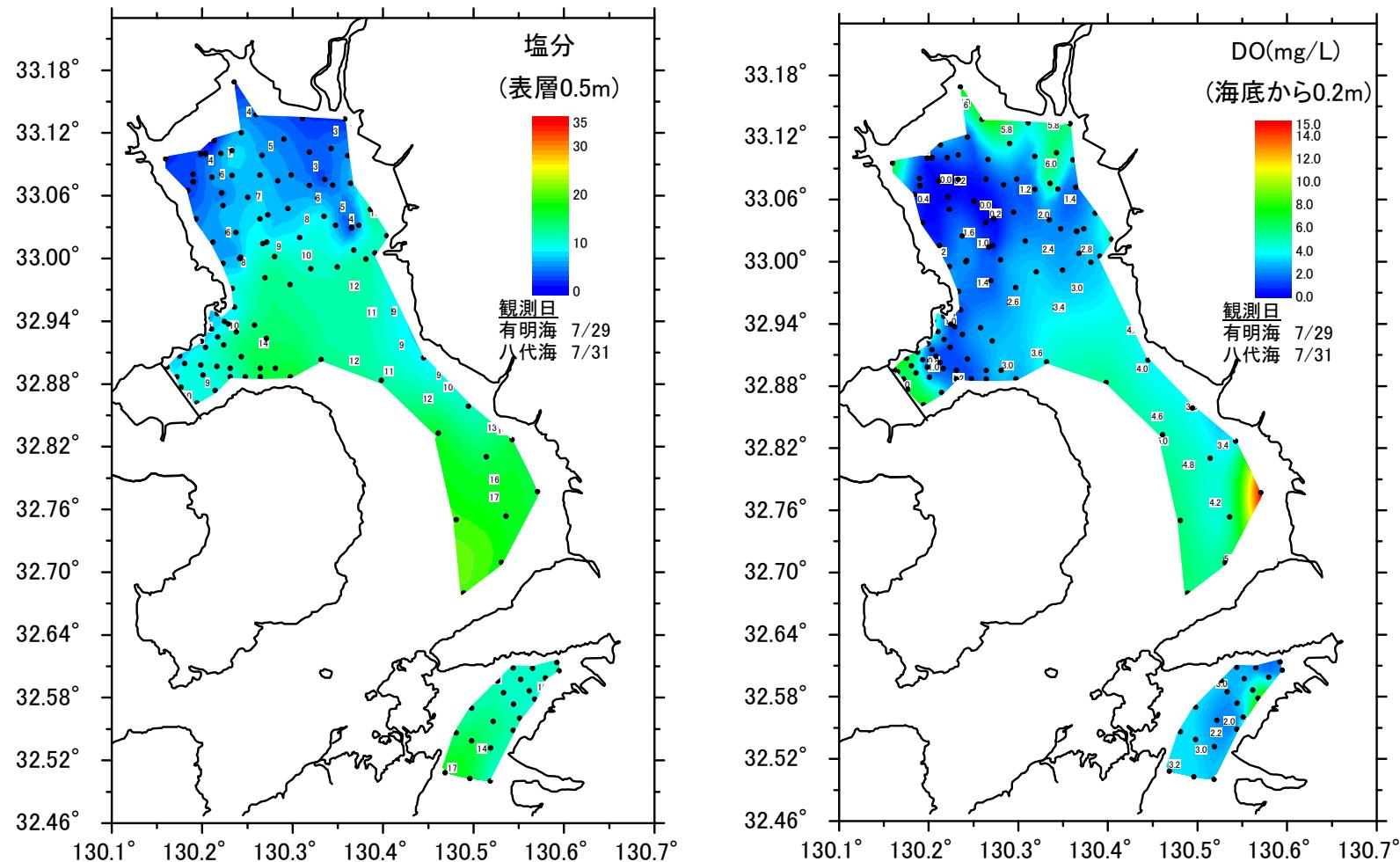


図 2.6.2-1 有明海及び八代海における表層塩分と底層溶存酸素濃度の分布(有明海:2020(令和2)年7月29日、八代海7月31日)

出典: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

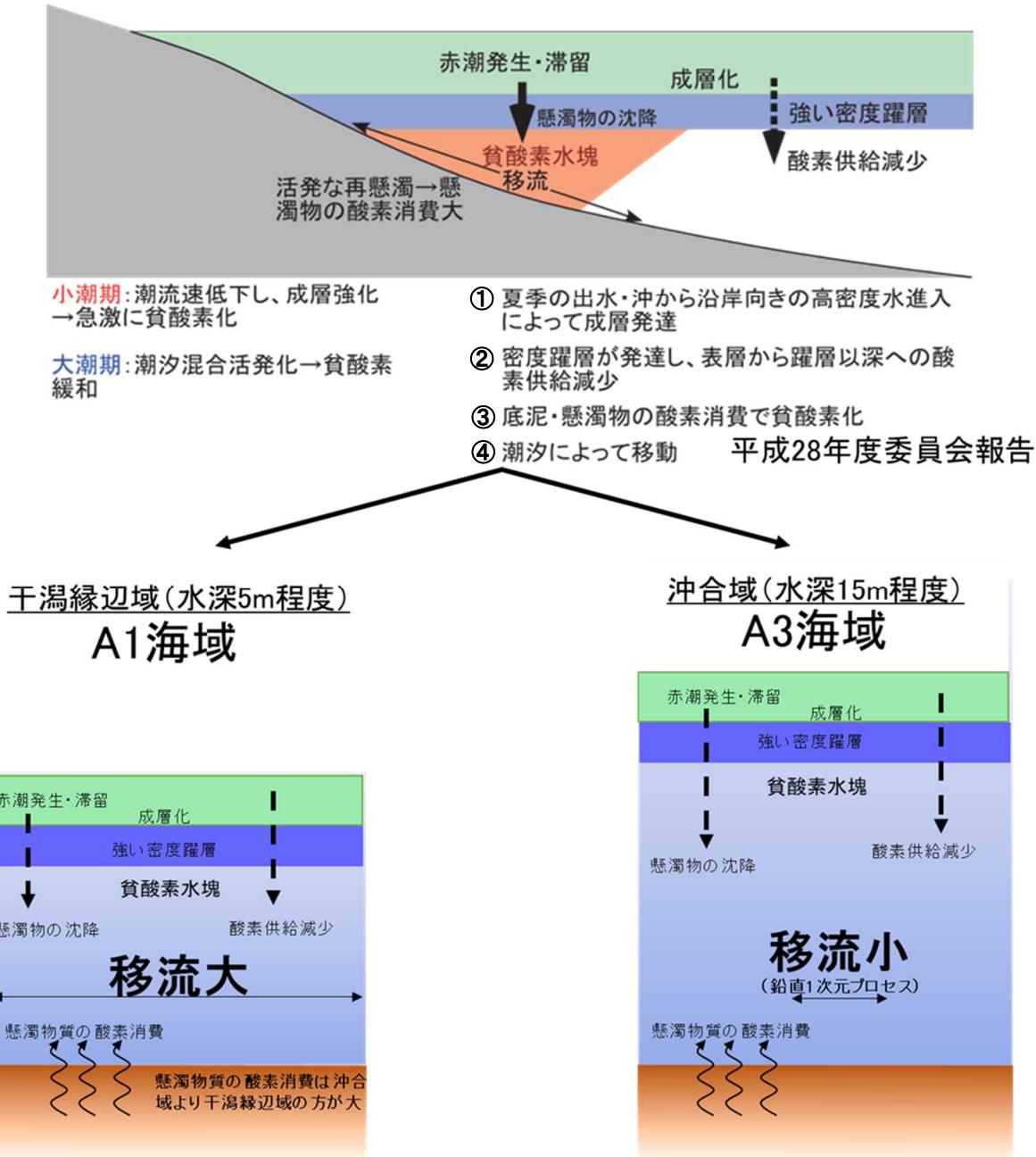


図 2.6.2-2 有明海湾奥部における貧酸素水塊発生の模式図

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」

2.6.3 貧酸素に関わる酸素消費特性

平成 28 年度委員会報告では、有明海奥部の場合、底泥に比べ海水による酸素消費の寄与が大きく、海水による酸素消費のうちでは、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、徳永ら(2016)は有明海奥部の 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、観測点によつて酸素消費過程が大きく異なることを示した⁴⁾。また、内野ら(2019)は、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%を占めていたことを報告している⁵⁾。さらに、渦鞭毛藻 *Akashiwo sanguinea* の日周鉛直移動に伴う夜間の底層での呼吸は、有明海で観測される赤潮密度で推定すると、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⁶⁾、貧酸素を引き起こす生物学的酸素消費と化学的酸素消費は多様であることが判明している。

2.6.4 貧酸素の経年変化特性

有明海奥部では、平成 28 年度委員会報告以降も毎年貧酸素水塊が発生してベントス群集に影響を及ぼしている。継続的な貧酸素モニタリング結果を用いて貧酸素の経年変化要因を物理的な観点から解析し、干潟縁辺域(T-13: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が検討されている。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⁷⁾)の累積時間と底層流速から評価した M₂ 潮の潮流振幅の 3 乗との関係を図 2.6.4-1 と図 2.6.4-2 に示す。ここで、海底摩擦による鉛直混合を表す指標として、海底から 0.2m 高さの M₂ 潮の潮流振幅の 3 乗を採用した。干潟縁辺域及び沖合域のいずれも相関関係が見られ、M₂ 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⁸⁾、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。逆に、M₂ 潮の潮流振幅の 3 乗が小さければ、鉛直混合が小さく密度成層は形成しやすく、底層溶存酸素濃度 3mg/L 未満の累積時間は大き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⁸⁾等が影響しており、貧酸素化のプロセスは完全に説明できないため、今後定量的な評価に関する調査研究が必要である。

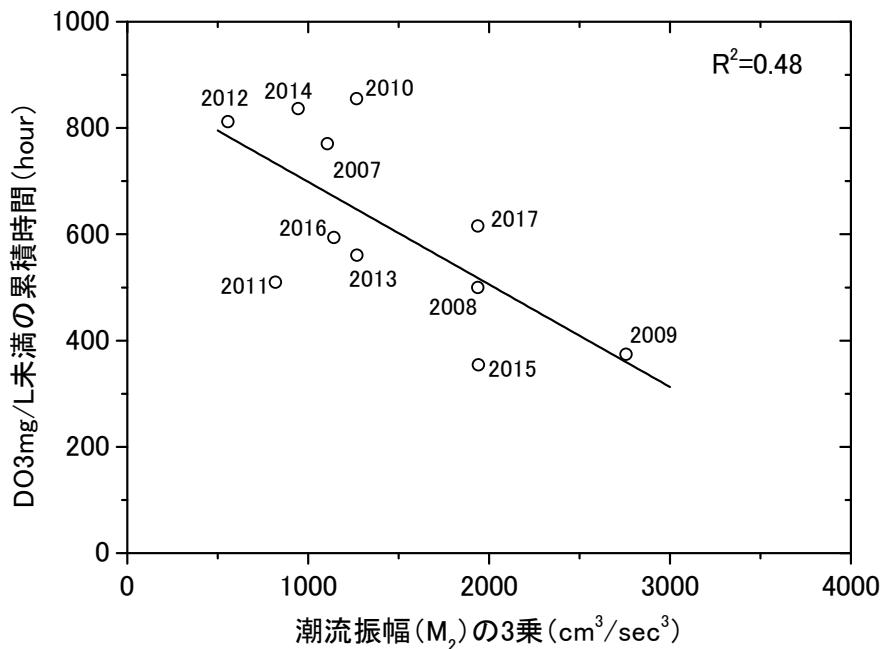


図 2.6.4-1 干潟縁辺域(T13)における底層潮流振幅の3乗と7月～9月におけるDO3mg/L未満の累積時間との関係

出典：平成29年度水産庁委託「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)」をもとに環境省が作成した

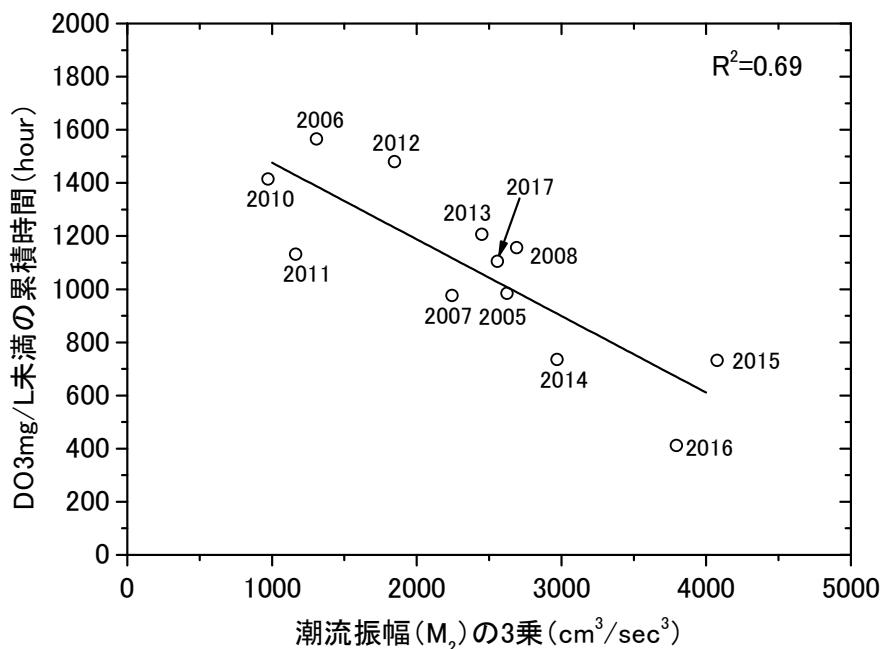
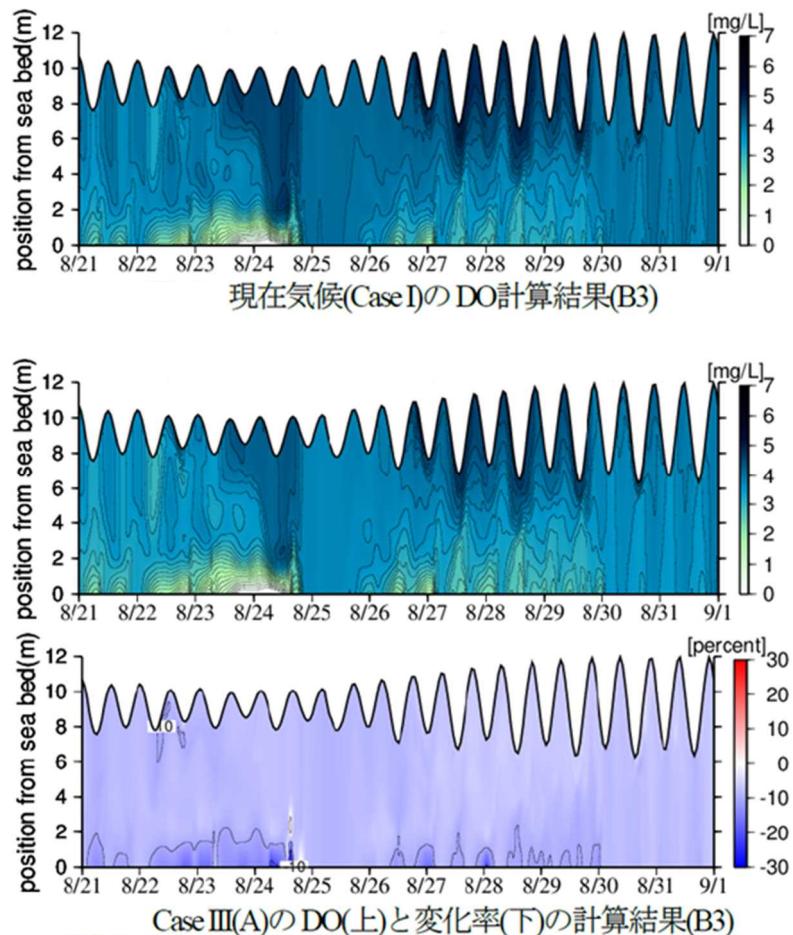


図 2.6.4-2 沖合域(P6)における底層潮流振幅の3乗と7月～9月におけるDO3mg/L未満の累積時間との関係

出典：平成29年度水産庁委託「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)」をもとに環境省が作成した

2.6.5 気候変動が底層溶存酸素濃度に与える影響

田所・矢野(2019)は、有明海を対象として準3次元流動モデルと3次元低次生態系モデルにより疑似温暖化実験を行い、気候変動による溶存酸素濃度分布への影響評価を試みた⁹⁾。その結果、温暖化により気温上昇が進んだ場合、底層の貧酸素水塊の発達が助長されることが示唆されている(図 2.6.5-1)。ただし、本モデルでは底質の違いや巻き上げられた懸濁物による酸素消費は考慮されておらず、今後さらなる検討が必要と考えられる。



項目	Case I (現在気候)	Case III (A) (気温上昇が進んだ場合)
計算条件	諫早湾のB3地点における2015(平成27)年8月21日から9月1日までを対象にDO濃度の数値シミュレーションを実施	
気温	同時期の気温データを使用	Case I の気温に一律4°Cを加えた
河川水温	同時期の河川水温データを使用	Case I で得られた気温と河川水温との相関式から、気温が4°C上昇した場合の河川水温の上昇幅を求め、これをCase I の河川水温に加えた
外海水温	同時期の外海水温データを使用	上記で得られた河川水温の上昇幅の平均値をCase I の外海水温に加えた

図 2.6.5-1 疑似温暖化実験によるDOとその変化率の計算結果

出典:田所壮也, 矢野真一郎(2019):気候変動による温度や河川流量の変化が与える有明海の貧酸素水塊の消長への影響の評価, 土木工学会論文集B2(海岸工学), Vol.75, No. 2, pp. 1231-1236をもとに環境省が作成した。

2.6.6 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(昭和 47)年度以降、6 地点のうち佐賀県の 4 地点(有明海湾奥部の 2 地点、有明海湾奥西部及び有明海湾央部)において、底層溶存酸素量は経年に有意に減少する傾向がみられた。

有明海では、毎年夏期の小潮期を中心に有明海奥部と諫早湾の 2 箇所で貧酸素水塊が別々に発生している。特に九州北部地方で豪雨が記録された 2020 年には、1 ヶ月程度の長期間にわたって表層塩分は低下し、大規模な貧酸素水塊が発生した。

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。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。

平成 28 年度委員会報告では、有明海奥部の場合、底泥に比べ海水による酸素消費の寄与が大きく、海水による酸素消費のうちでは、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、渦鞭毛藻の呼吸も貧酸素化に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生物学的酸素消費と化学的酸素消費は多様であることが判明している。

有明海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、潮流の状況を示す底層流速から評価した M_2 潮の潮流振幅の 3 乗との間には有意な相関が見られ、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は完全に説明できないため、今後定量的な評価に関する調査研究が必要である。

有明海を対象とした疑似温暖化実験では、温暖化により気温上昇が進んだ場合、底層の貧酸素水塊の発達が助長されることが示唆されている。ただし、本モデルでは底質の違いや巻き上げられた懸濁物による酸素消費は考慮されておらず、今後さらなる検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1)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
- 2)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
- 3)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
- 4)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
- 5)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卷, 5号, pp. 195–200
- 6)徳永貴久, 松山幸彦, 長副聰(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
- 7)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 Toxicology, Vol. 227, 105610
- 8)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卷, 2号, pp. I_1018-I_1023
- 9)田所壮也, 矢野真一郎(2019):気候変動による温度や河川流量の変化が与える有明海の貧酸素水塊の消長への影響の評価, 土木工学会論文集B2(海岸工学), Vol.75, No. 2, pp. 1231-1236

2.7 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)等多様な機能を有し、良好な水環境を維持する上で重要な役割を果たしており、近年ではブルーカーボンとしての役割も期待されている。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。

2.7.1 有明海・八代海の藻場・干潟

環境省では、2018(平成 30)年度から 2019(令和元)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(データ集 2.7.1)。

衛星画像解析による有明海及び八代海における藻場・干潟分布図は図 2.7.1-1 に示すとおりであり、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 1,456.8ha、干潟が 18,799.3ha、八代海においては藻場が 2,385.0ha、干潟が 4,992.4ha であった(表 2.7.1-1)。

今後も、衛星画像解析手法等の最新技術を用いた定期的な藻場・干潟の分布状況の把握が必要である。

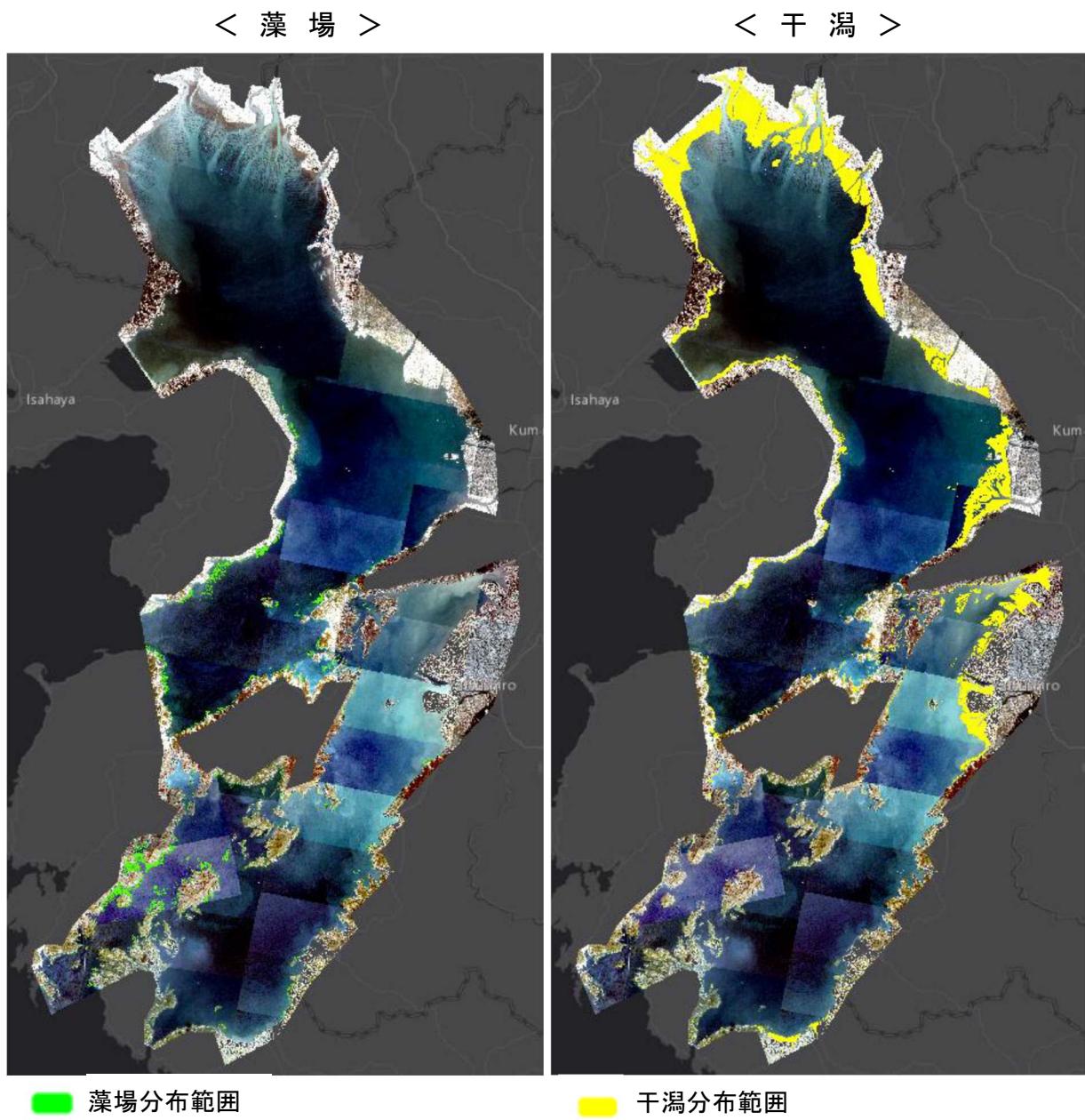


図 2.7.1-1 有明海・八代海における藻場・干渕分布図(左:藻場、右:干渕)

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」

表 2.7.1-1 有明海・八代海における藻場・干渕面積

海域	藻場面積(ha)	干渕面積(ha)
有明海	1,456.8	18,799.3
八代海	2,385.0	4,992.4
有明海・八代海合計	3,841.7	23,791.7

※小数点第2位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。

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」

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きたが、近年における藻場・干潟の分布状況を把握するためには、これら既往調査(自然環境保全基礎調査)と同様の手法で調査する必要がある。このため、2018(平成30)年度から2019(令和元)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。これまでの調査結果は表2.7.1-2に示すとおりである。なお、ヒアリング調査結果は、一部エリアの集計結果である点、エリアによっては藻場・干潟が減少している点、調査時期による差異がある点に留意が必要である。

変動の要因としては、漁業管理や再生活動等(藻場)、土砂堆積(干潟)、水温の上昇や食害等(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。

表2.7.1-2 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 (ha)
		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(昭和53)年度	1989(平成元)～1991(平成3)年度	1997(平成9)年度	2018(平成30)～2019(令和元)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(平成30)年度から2019(令和元)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である。

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」

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。この*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¹⁾、専門家、国、県、関係市等が連携して、2015(平成27)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。

2.7.2 海洋ごみ

日本の沿岸には毎年、多くのごみが沿岸域に漂着しており、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い、2020(令和2)年度には、有明海で約1,744t、八代海で約996tの海洋ごみの回収・処理が行われた(図2.7.2-1)。

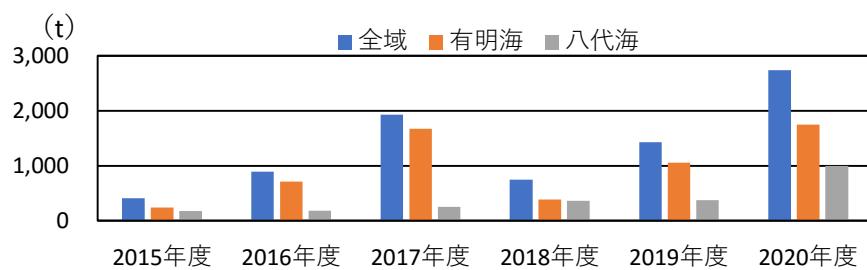


図 2.7.2-1 有明海・八代海における海洋ごみの回収量の推移

出典:環境省資料

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、2020(令和2)年度には有明海で372m³、八代海で1,734m³のごみが回収された(図2.7.2-2)。

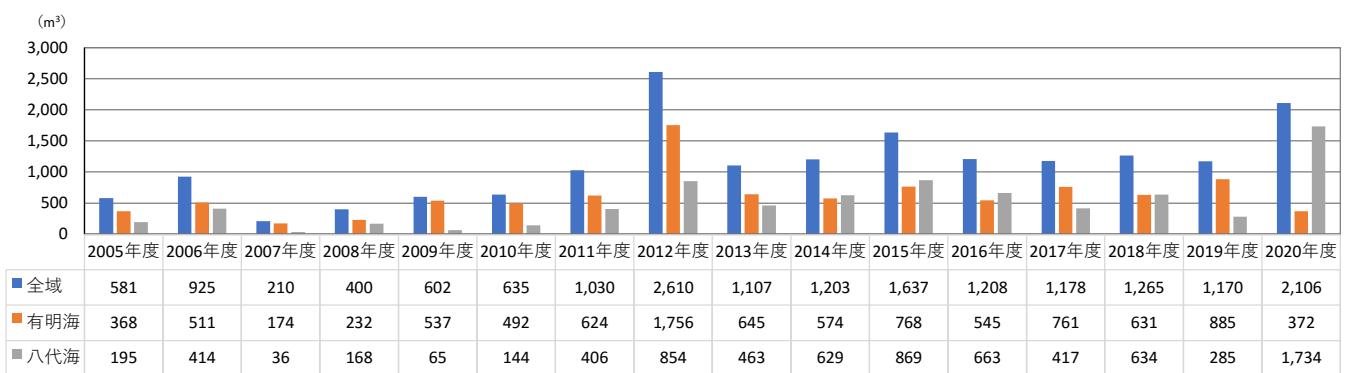


図 2.7.2-2 有明海・八代海における国の海洋環境整備船(海輝・海煌)によるごみ回収量の推移

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より作成

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(令和2)年7月4日～31日に実施され、当該28日間で15,883m³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、図2.7.2-2に示す2020(令和2)年度のごみ回収量に含まれている。

2.7.3 まとめ

藻場・干潟は、水質浄化や生物多様性の維持等多様な機能を有し、良好な水環境を維持する上で重要な役割を果たしており、近年ではブルーカーボンとしての役割も期待されている。

衛星画像解析手法による有明海・八代海の藻場・干潟面積は、有明海で藻場が1,456.8ha、干潟が18,799.3ha、八代海で藻場が2,385.0ha、干潟が4,992.4haであった。今後も、衛星画像解析手法等の最新技術を用いた定期的な藻場・干潟の分布状況の把握が必要である。

また、2018(平成30)年度から2019(令和元)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が実施されたが、一部エリアの集計結果である点、エリアによっては藻場・干潟が減少している点、調査時期による差異がある点に留意が必要である。変動の要因としては、漁業管理や再生活動等(藻場)、土砂堆積(干潟)、水温の上昇や食害等(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。

熊本市及び宇城市の河川河口域では、外来特定生物の *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(平成27)年から防除が行われている。

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。漂流物の発生量は、その年の豪雨等の有無に影響を受けると考えられ、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ために、引き続き連携した取組が必要である。

参考文献

- 1)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

2.8 赤潮

2.8.1 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。

図 2.8.1-1 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(平成 10)年頃から、八代海では 1998(平成 10)～2000(平成 12)年頃から赤潮の発生件数が増加しており、2000(平成 12)～2020(令和 2)年までの平均発生件数(有明海 35.8 件/年、八代海 15.9 件/年)は 1970(昭和 45)～1980(昭和 55)年代(有明海 15.0 件/年、八代海 8.0 件/年)のおよそ 2 倍となっている。

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(平成 10)～2000(平成 12)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発生として扱われている。また、あわせて赤潮の調査に係る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(データ集 2.1.3)は、直近 5 年間(2014(平成 26)～2019(令和元)年度)は 1975(昭和 45)～1980(昭和 55)年度と比較して、COD で 74%、T-N で 65%(底質由来最小値の場合)、T-P で 66% に減少しており、赤潮発生件数の増加時期である 1990 年代後半から減少し、現在は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ついては、直近 5 年間(2014(平成 26)～2019(令和元)年度)は 1975(昭和 45)～1980(昭和 55)年度と比較して、COD は 61% に減少したが、T-N 及び T-P については 1990(平成 2)年代中頃から増加し 2006(平成 18)、2009(平成 21)年度頃に最大となり、直近 5 年間は 1975(昭和 45)～1980(昭和 55)年度と比較して T-N で 126% (底質由来最小値の場合)と高く、T-P では 92% (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も、1998(平成 10)年以降増加し、1997(平成 9)年以前の 2 倍程度と高い発生状態が続いているが、負荷量の増加と赤潮発生件数との関連性について留意が必要である。

橘湾は 1991(平成 3)年に 9 件、1990(平成 2)年と 1993(平成 5)年に 6 件の赤潮発生がみられたが、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(平成 28)年～2020(令和 2)年にかけて赤潮発生はみられなかった。

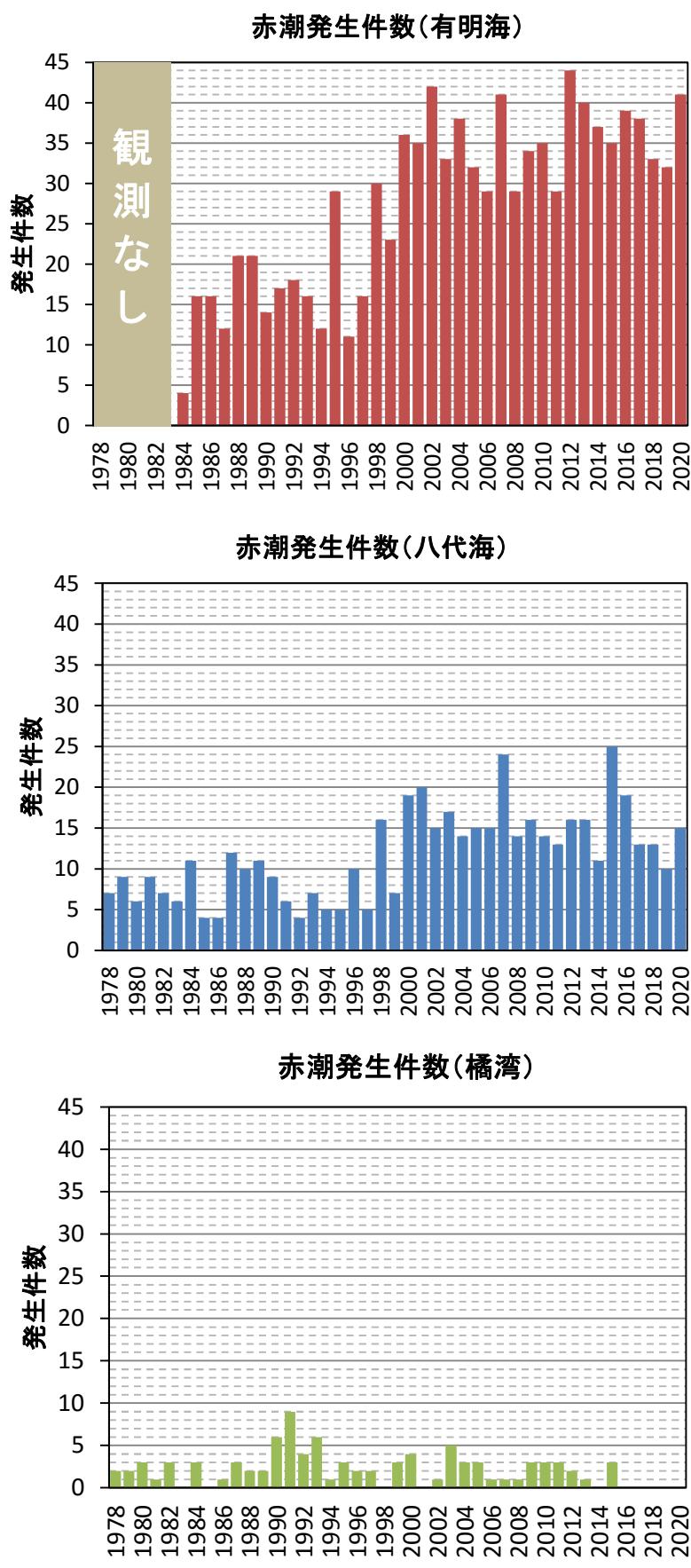


図 2.8.1-1 有明海、八代海及び橘湾における赤潮発生件数の推移

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 2 年)」をもとに環境省が作成した。

2.8.2 赤潮(種類別)の特徴について

有明海・八代海等で発生する赤潮生物の例を図 2.8.2-1 に示す。

赤潮生物は、種類によってその生理的・生態的性質や水産生物への影響も異なることから、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以下のとおり整理した。なお、種類ごとの特徴や赤潮発生状況、漁業被害等の詳細は資料編(データ集 2.8.2~2.8.5)に記載した。



注) *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²⁾(Demura et al. 2009)。

図 2.8.2-1 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(黒棒:50 μm)

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

図 2.8.2-2 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することが必要である。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(昭和 63)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(昭和 59)年)、その後徐々に増加し、1998(昭和 63)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(昭和 63)年頃から件数が増加していることが分かる。全体の構成割合について、1970(昭和 45)～1980(昭和 55)年代と比較してラフィド藻の割合が増加した以外、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(平成 10)～2000(平成 12)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(平成

3) 年から 1995(平成 7)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(平成 2)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、6～7年おきに発生しているラフィド藻赤潮は *Chattonella* 属である。

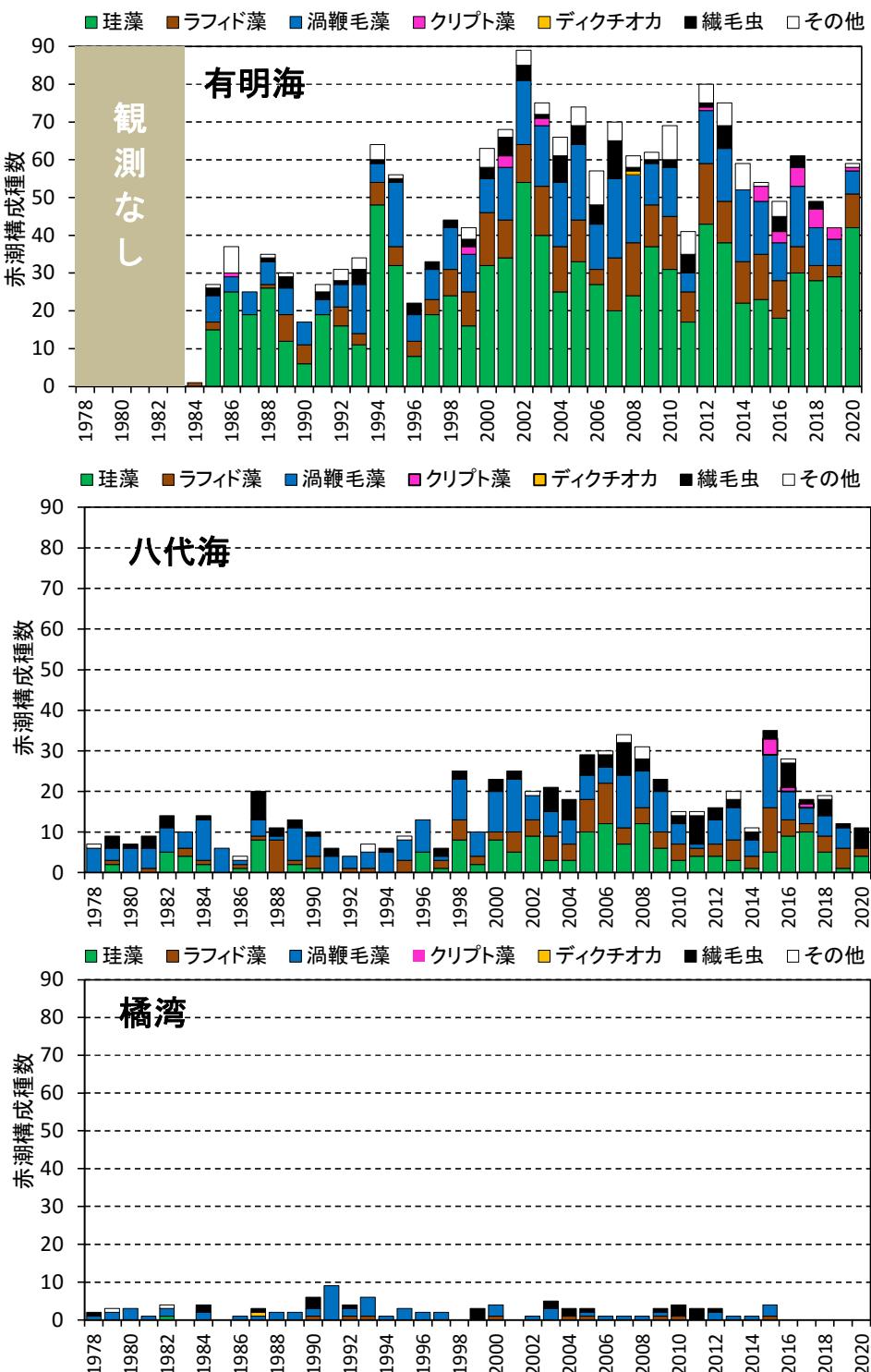


図 2.8.2-2 有明海、八代海及び橘湾における赤潮構成種数の推移

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 2 年)」をもとに環境省が作成した。

2.8.3 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(平成 10)年から 2003(平成 15)年まではそれ以外の期間のおよそ 2 倍の件数と高い傾向であったが、2005(平成 17)年以降は横ばいである(図 2.8.3-1)。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(ノリの色落ち)被害件数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。

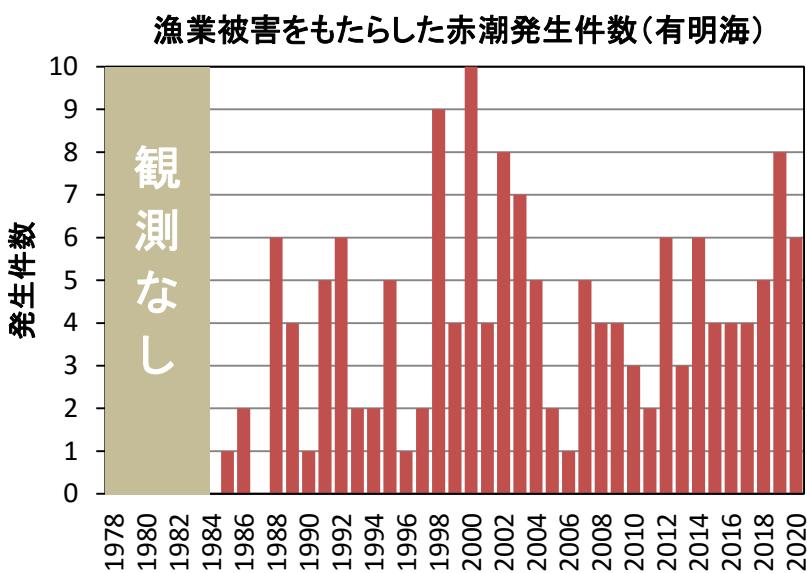


図 2.8.3-1 有明海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数(年間)の推移

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 2 年)」をもとに環境省が作成した。

(1) 有明海における夏期の赤潮

有明海における赤潮被害発生件数は 2011(平成 23)年から 2020(令和 2)年まで海域毎のデータを整理すると、赤潮はA1海域で最も多く発生し、A1 海域に隣接する A2 から A4 海域でも発生件数が多い(図 2.8.3-2)。干潟域である A1 海域を除くと、いずれの海域でも 5～9 月の夏期の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。図 2.8.3-3 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(平成 10)年、2004(平成 16)年、2007(平成 19)～2010(平成 22)年、2015(平成 27)～2016(平成 28)年及び 2018(平成 30)年に大きくなっており、どの程度漁獲量の減少に影響を与えたのか不明であり、赤潮だけでなく複合的な要因が推測されているが、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。*Heterosigma* 属の発生規模は 1995(平成 7)年、2002(平成 14)年、2004(平成 16)年、2011(平成 23)年及び 2015(平成 27)～2016(平成 28)年に大きくなっている。

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赤潮に遭遇すると逃避行動をとったり、不漁要因となることも知られている³⁾。

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のデータを整理し、赤潮形成の予察技術の向上に向けた分析・検討が進められている。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(平成 25)年～2017(平成 29)年の有明海奥部(測点 P6)及び諫早湾(測点 B3)(図 2.8.3-4)において、*Chattonella* 属(鞭毛藻)と珪藻類の出現特性の把握が行われ、両者の間に競合と考えられる関係が確認された。有明海では 2009(平成 21)年以降、上記期間を含めて計 9 年間の現地観測のデータがあり、*Chattonella* 属赤潮は珪藻類が衰退した隙間(niche)で発生していることが示された(図 2.8.3-5)。一般的に鞭毛藻は珪藻類よりも増殖速度が低いため、基本的に栄養競合では不利となるため、珪藻類が最大の競合者であると考えられる。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。

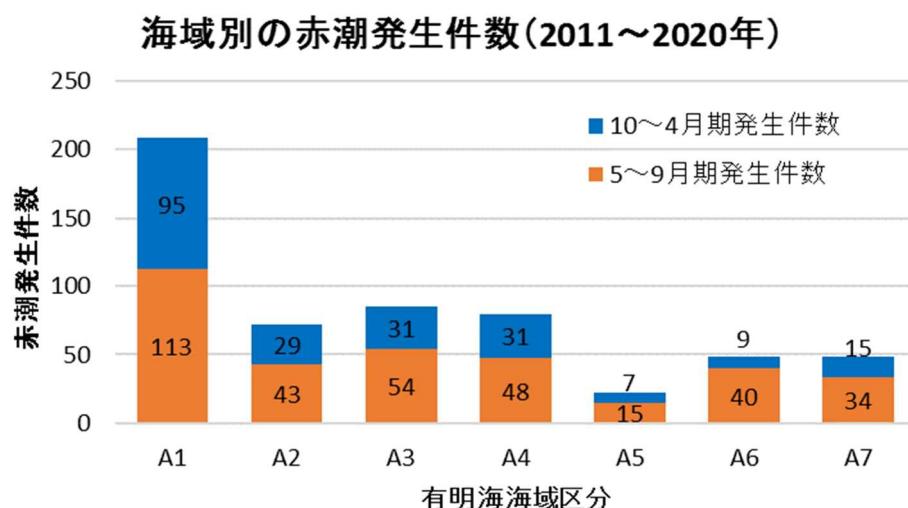
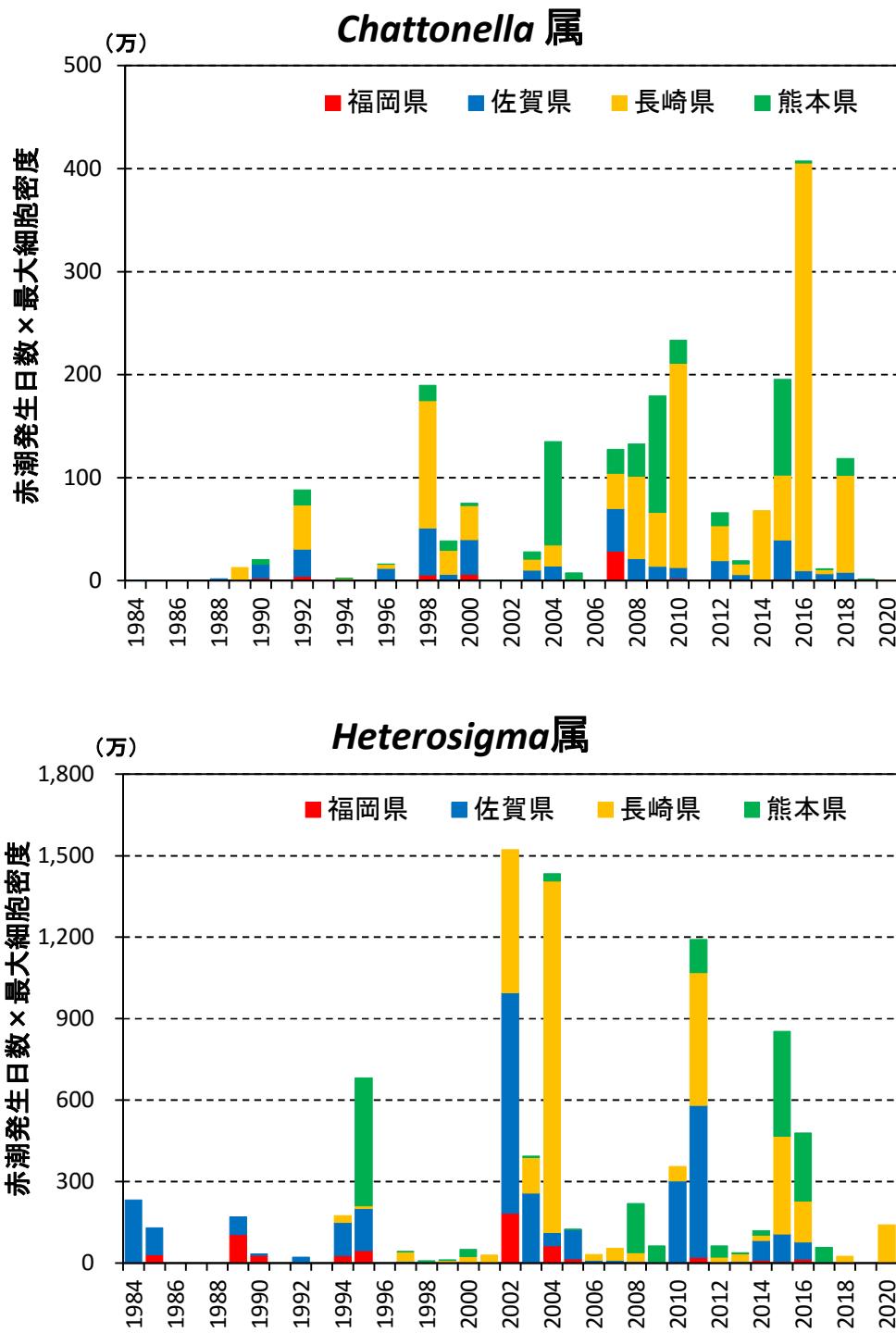


図 2.8.3-2 有明海における海域区分別赤潮発生件数(2011(平成 23)年～2020(令和 2)年の累計値)

出典:水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(平成 23～令和 2 年)」をもとに環境省が作成した。



- 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。

図 2.8.3-3 有明海における2種有害赤潮生物の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 2 年)」をもとに環境省が作成した。



図 2.8.3-4 有明海における *Chattonella* 属と珪藻類出現特性の観測定点(2009(平成 21)～2017(平成 29)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」

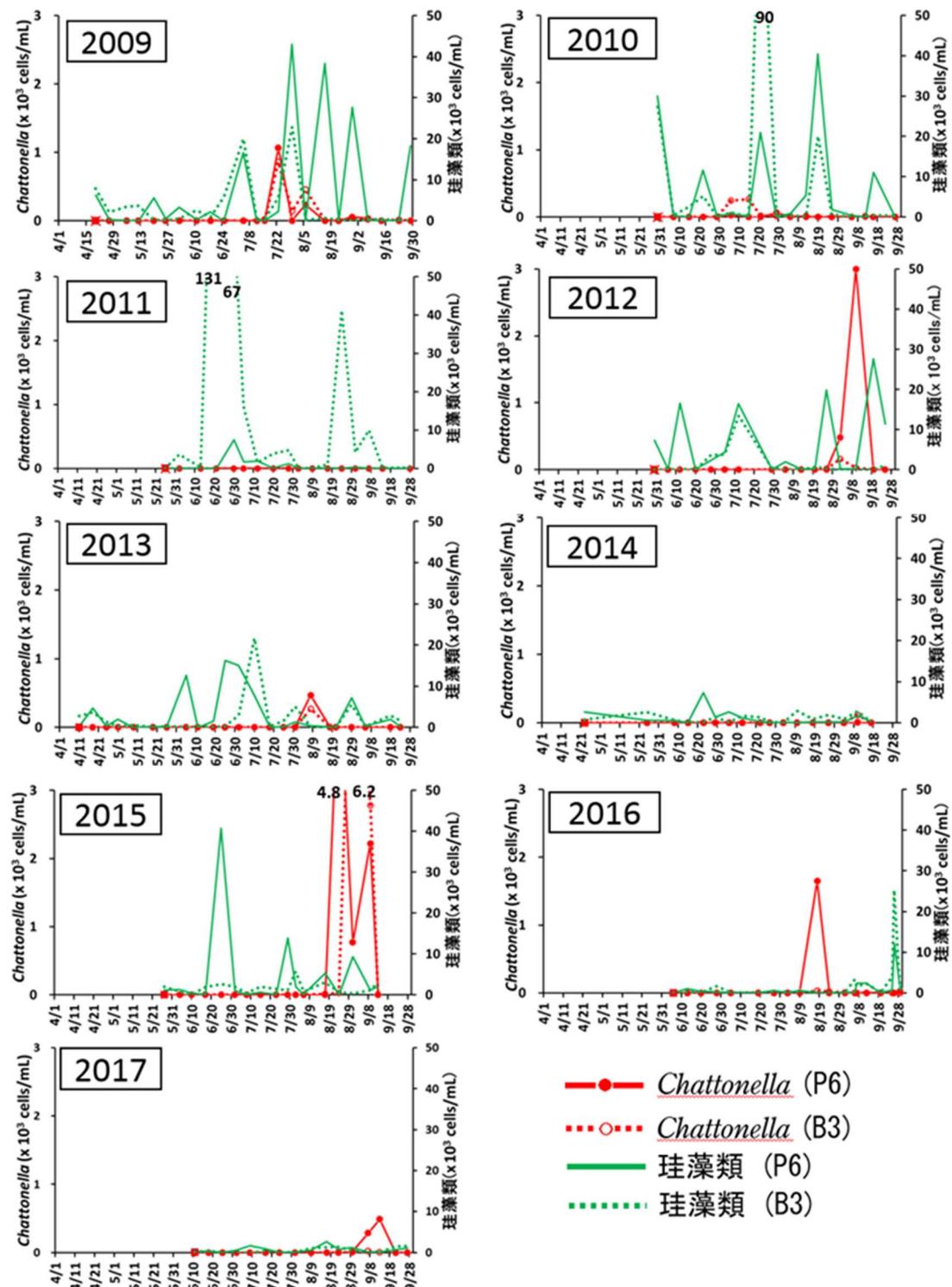


図 2.8.3-5 有明海奥部(測点 P6)及び諫早湾(測点 B3)における *Chattonella* 属と珪藻類の出現特性(2009(平成 21)年～2017(平成 29)年)

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

・水産研究・教育機関、長崎県総合水産試験場「有明海における貧酸素水塊モニタリングの高度化」平成 25～29 年度

・漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業 赤潮・貧酸素水塊対策推進事業 九州海域での有害赤潮・貧酸素水塊発生機構解明と予察・被害防止等技術開発報告書

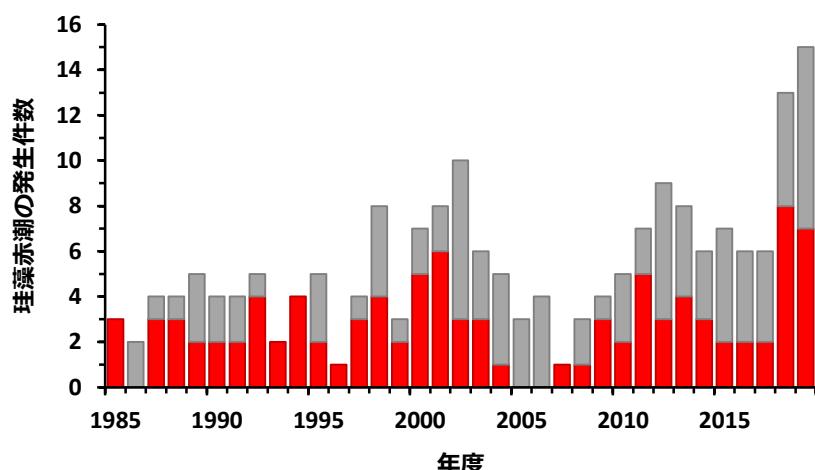
(2) 赤潮によるノリ養殖被害

ア) 有明海における冬期の珪藻類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⁴⁾。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であろうと考えられている。^{5)、6)、7)}(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、珪藻類による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(昭和 60)年度以降の推移を図 2.8.3-6 に示した。赤潮発生件数は、1990(平成 2)年代後半以降では、2002(平成 14)年に増加したが、その後、2005(平成 17)年前後に減少した。2011(平成 23)～2013(平成 25)年度に再び増加し、2014(平成 26)～2017(平成 29)年度はやや減少したが、2018(平成 30)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。

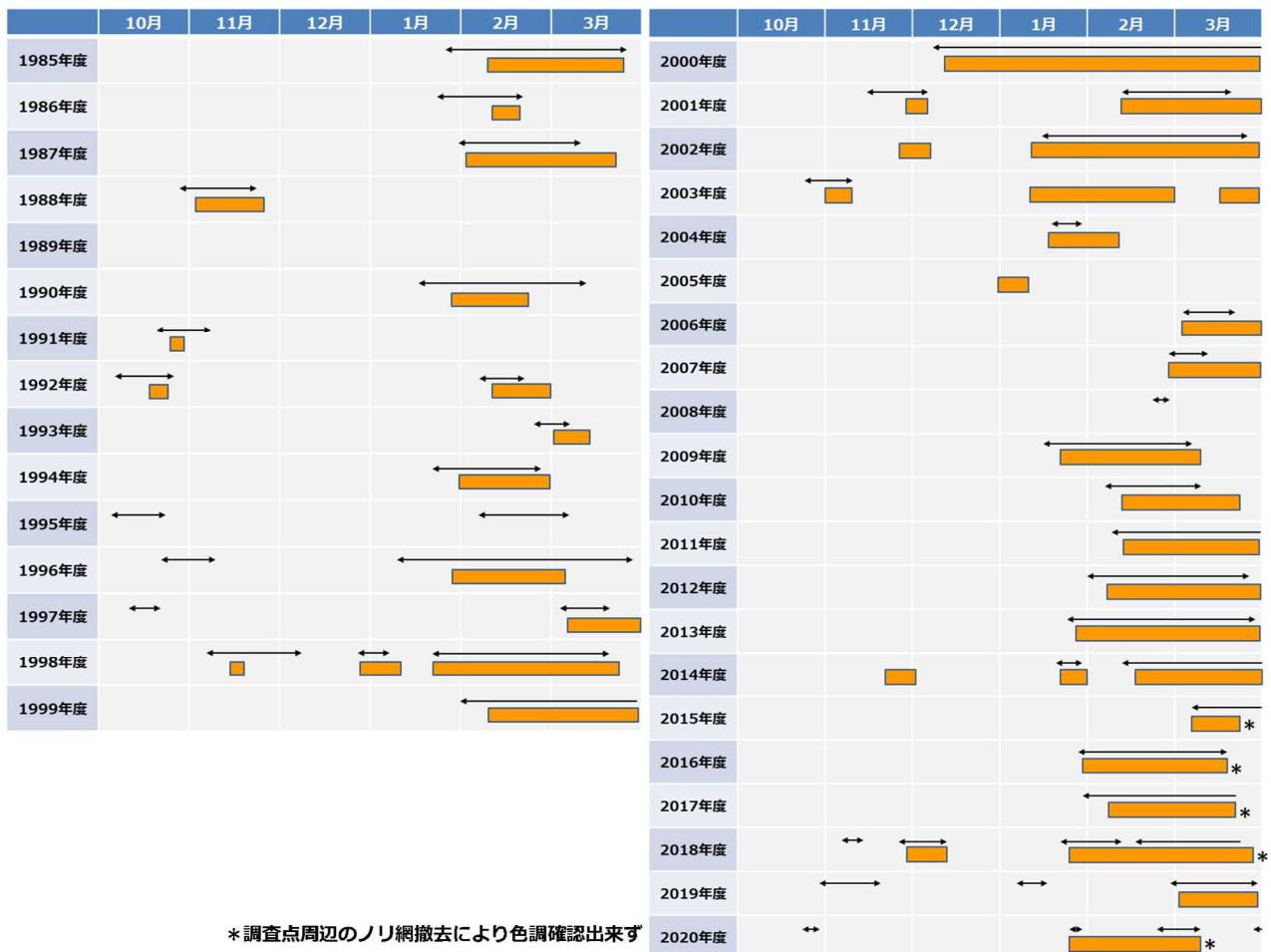
ノリの色落ちと珪藻赤潮との関係を検証するため、有明海福岡県海域を例に、1985(昭和 60)年度以降のノリの色落ちの発生期間と珪藻赤潮の発生期間とを対比した(図 2.8.3-7)。その結果、多くの場合、ノリの色落ちに先行する形で珪藻赤潮が発生しており、珪藻赤潮の発生とノリの色落ち被害とが密接に関係していることが示唆された。すなわち、珪藻類が赤潮を形成することによって、海水中の栄養塩濃度が急激に低下し、ノリ養殖に必要とされる栄養塩が減少する結果、色落ちが生じているものと推察される。



注)赤色のバーは被害件数を示す。

図 2.8.3-6 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」をもとに環境省が作成した。



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 3/31～4/30 に設定。

図 2.8.3-7 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(矢印)

② 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プランクトンとして位置づけられている(図 2.8.3-8)。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. 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(平成 12)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、本種による赤潮が発生したとの報告はなされていない。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.)について、それぞれの種の有明海における赤潮の発生状況と発生機構について述べる。

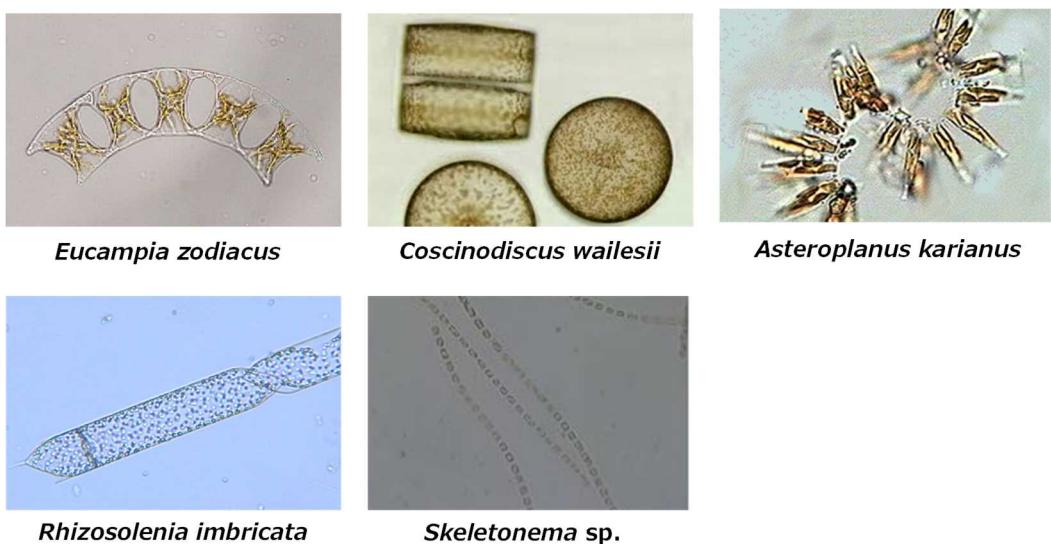


図 2.8.3-8 ノリの色落ちの原因となる主な珪藻類

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」

(i) *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^{8), 9), 10), 11), 12)}。

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(昭和 55) 年代後半や 2000(平成 12) 年前後に、比較的高密度で出現していた(図 2.8.3-9)。2011(平成 23) 年度以降も、高密度での出現がみられており、特に 2013(平成 15) 年度、2018(平成 20) 年度、2019(平成 21) 年度の冬期には、本種による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(図 2.8.3-10)。

有明海での *E. zodiacus* による赤潮の発生機構については、いまだ充分には解明されておらず、断片的な知見にとどまっている。Ito et al. (2013) は、2011(平成 23) 年度冬期の比較的大規模な本種による赤潮発生時の観測結果から、まず *Skeletonema spp.* などの小型珪藻類の増殖がみられ、それらが衰退した 2 月下旬から *E. zodiacus* の細胞密度が急激に増加したこと、海水中の栄養塩濃度は、小型珪藻類の増殖により減少し、その後の *E. zodiacus* の増殖にともなって急激に低下したことを報告している¹³⁾(平成 28 年度委員会報告 図 4.4.130)。また、観測当初に沖合域の底層に分布していた *E. zodiacus* は、濁度が低下する小潮期の後に、細胞密度が増加する傾向がみられたことから、光環境の改善が海水中で沈降しつつある *E. zodiacus* が赤潮のレベルまで個体群を拡大する要因のひとつであると推察した(平成 28 年度委員会報告 図 4.4.131、図 4.4.132)。

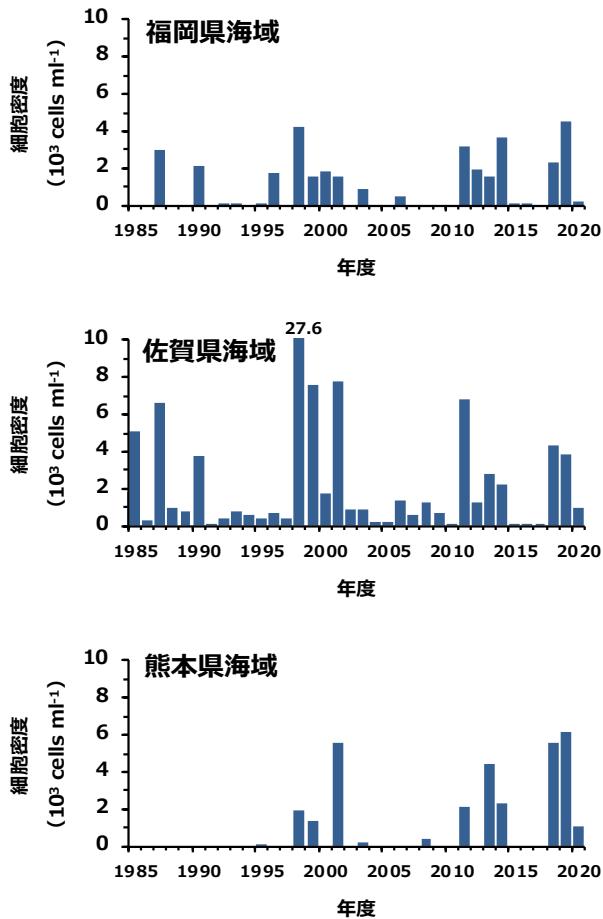


図 2.8.3-9 有明海福岡県海域、佐賀県海域及び熊本県海域における *Eucampia zodiacus* の最高細胞密度の経年変化

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

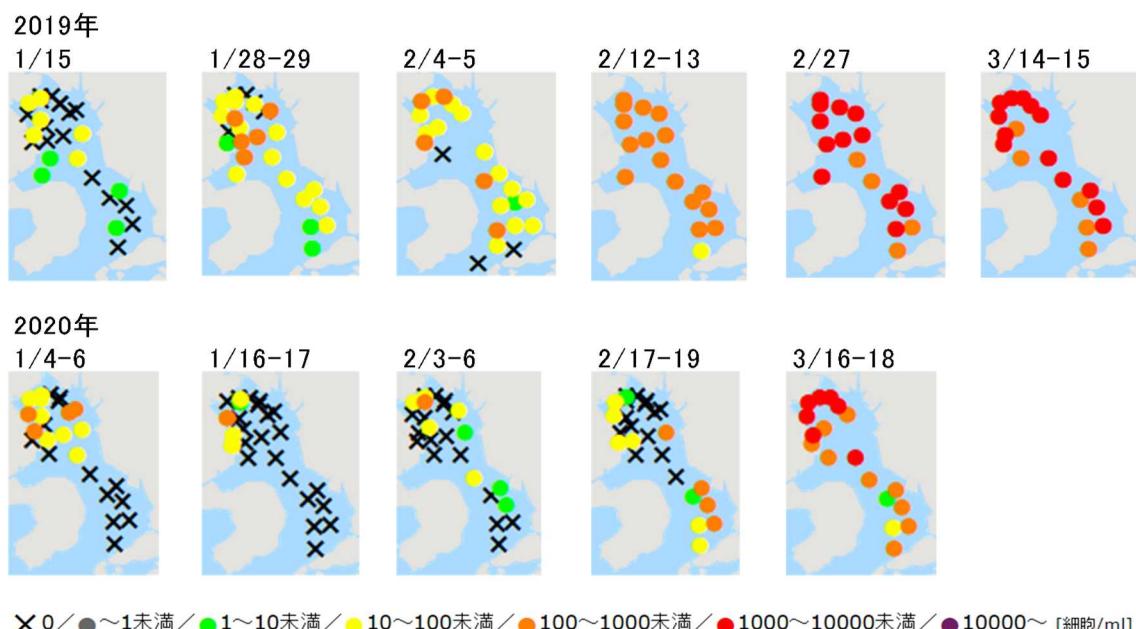


図 2.8.3-10 *Eucampia zodiacus* の出現状況の変化(2019(令和元)年1月～3月及び2020(令和2)年1月～3月)

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が作成した。

(ii) *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^{14), 15), 16)}。

有明海佐賀県海域における *A. karianus* による赤潮の発生状況を見ると、1980(昭和 55)~2000(平成 12) 年代前半においても出現が認められていたが、2007(平成 19) 年度～2014(平成 26) 年度に、単独で、かつ高密度の赤潮を形成した(図 2.8.3-11)。また、本種による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赤潮を形成した報告はなく、きわめて赤潮の発生海域が限定されていることも本種による赤潮の特徴である。

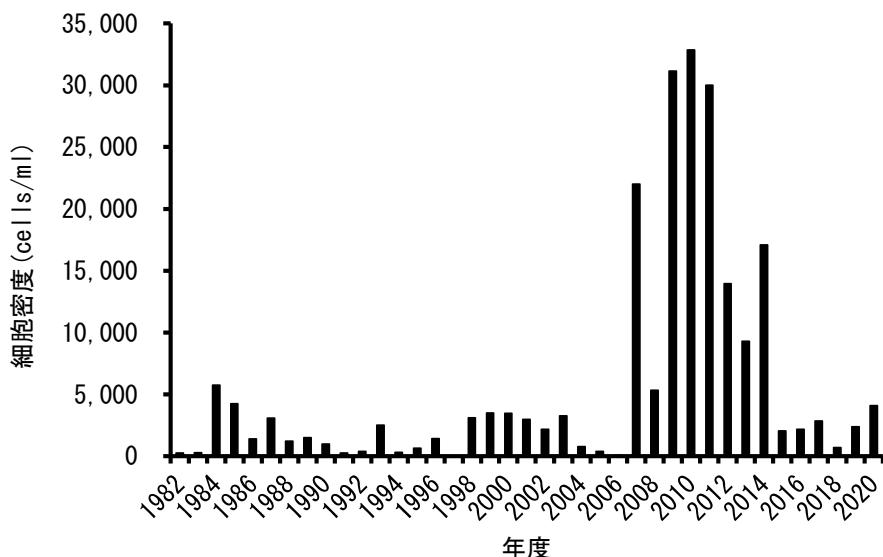
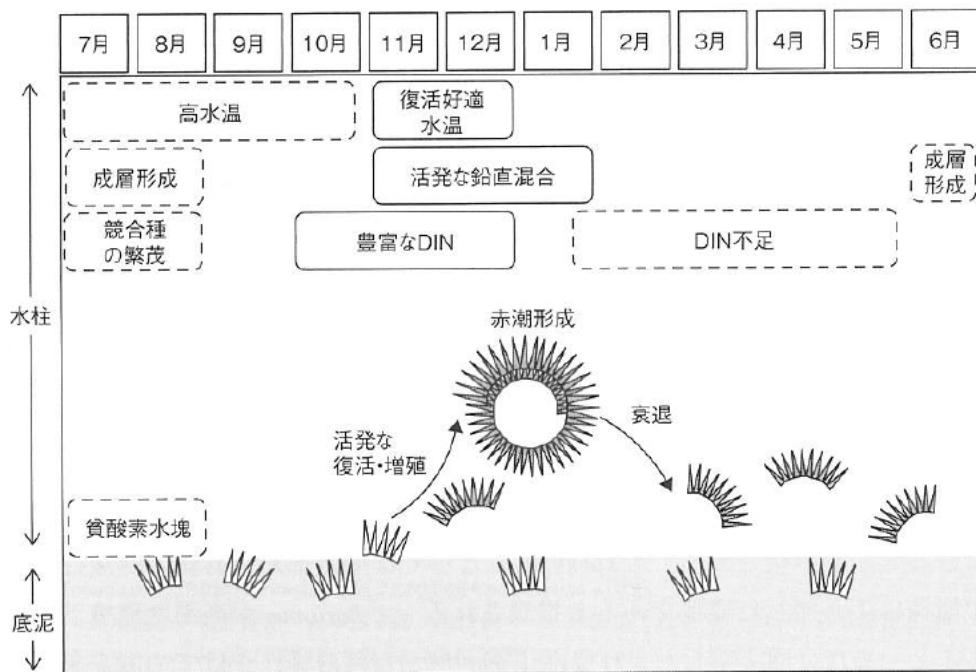


図 2.8.3-11 有明海佐賀県海域における *Asteroplanus karianus* の最高細胞密度の変動

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が作成した。

現在のところ、*A. karianus* による赤潮の発生が、有明海の佐賀県海域において、2007(平成 19) 年度～2014(平成 26) 年度に、単独で高密度の赤潮を形成した要因は不明である。ただし、これまでの研究から、本種は水温及び全天日射量が年間で最低となる時期に赤潮を形成する傾向にあること(平成 28 年度委員会報告 図 4.4.135)、鉛直混合期に細胞密度が増加する傾向にあること(平成 28 年度委員会報告 図 4.4.136)などが明らかとなっており、本種による赤潮の発生には、水塊の鉛直混合や低水温、高栄養塩濃度などの環境条件が寄与している可能性が示唆される。これまでの知見から想定される *A. karianus* の赤潮発生機構の概念図が図 2.8.3-12 のように示されている¹⁷⁾。また、ブルームピークの時期が水温 10°C を下回った後の初めての大潮期に続く小潮期であることから、

水温変動予測と潮汐表の活用からブルームピーク時期の予察の可能性が示されている¹⁷⁾。



注)1.実線の囲みは好適な要因、破線の囲みは不適な要因を示す。

2.貧酸素水塊について試験データではなく、負の影響を想定。

図 2.8.3-12 *Asteroplanus karianus* の赤潮発生機構の概念図

出典:松原賢(2016):有明海の新たなノリ色落ち原因珪藻*Asteroplanus karianus*, 有害有毒プランクトンの科学,今井一郎・山口峰生・松岡敷充(編),恒星社厚生閣,pp. 252-257

(iii) *Skeletonema* spp.

有明海では、*Skeletonema* 属による赤潮の発生は一年を通してみられるが、季節により赤潮の構成種は異なることが示唆されている¹⁸⁾。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、モニタリング調査では *Skeletonema* spp.として扱われているのが現状である。

有明海での *Skeletonema* 属による赤潮の発生機構については充分に解明されておらず、知見も一部の海域に限られている。奥部海域では、冬期に発生する赤潮は、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であることが示されている^{19), 20)}(図 2.8.3-13、図 2.8.3-14)。また、現地観測データと数値シミュレーション手法から、秋期～冬期の奥部海域では、ノリの色落ちが頻発している奥西部は密度流の未発達により水塊が滞留し、*Skeletonema* 属等の植物プランクトンの増殖に好適な環境が形成され、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²¹⁾(図 2.8.3-15)。

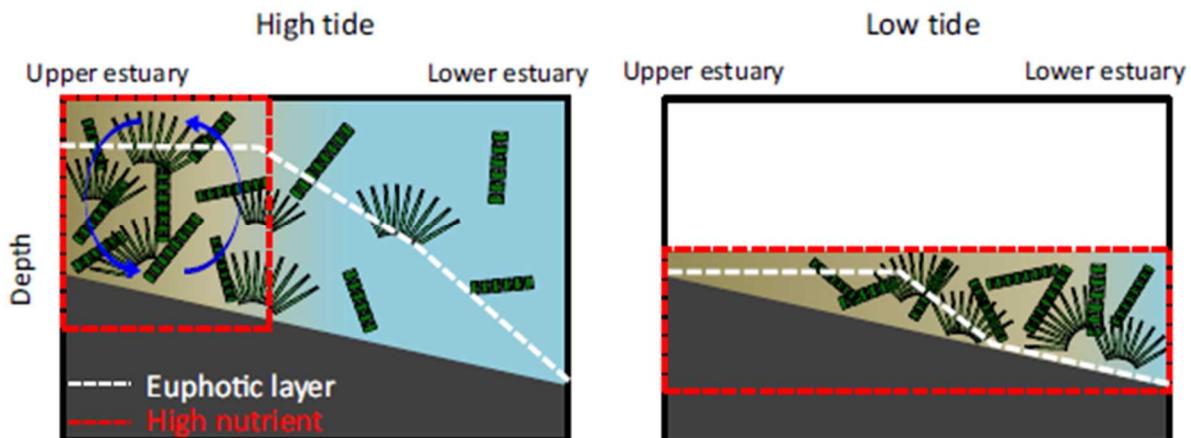


図 2.8.3-13 河口域の満潮時(左)及び干潮時(右)における水塊と珪藻の挙動に関する模式図

出典: Yamaguchi, A., Ota, H., Mine, T. (2019): Growth environment of diatoms in turbid water in the inner western part of Ariake Bay during winter, Journal of Oceanography, Vol. 75, pp.463–743.

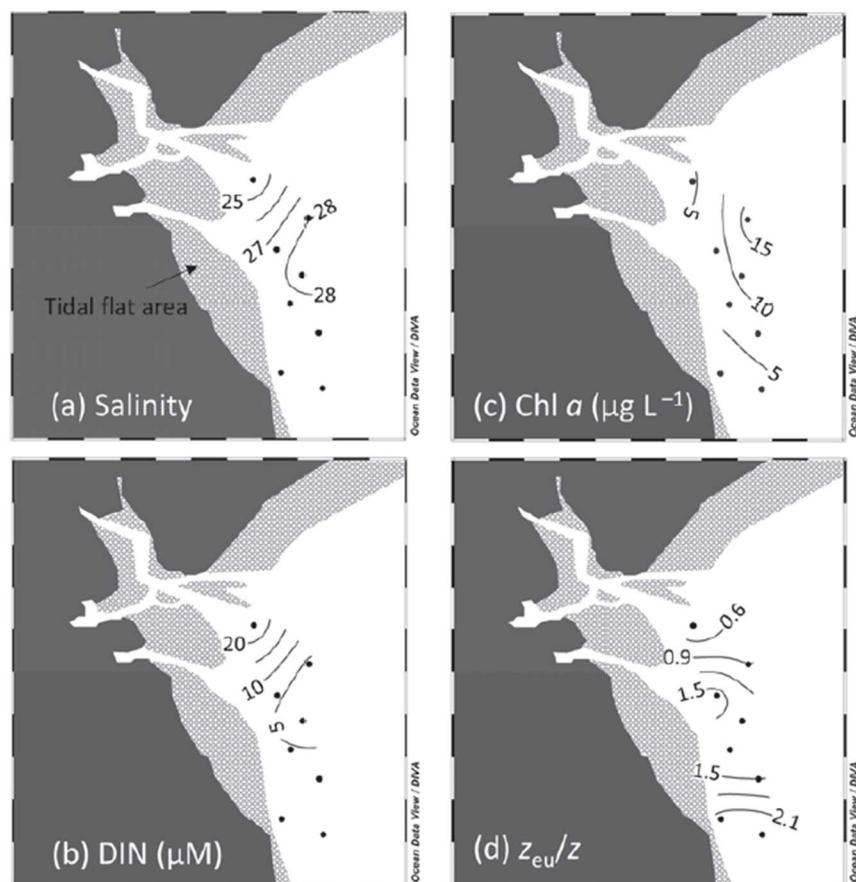


図 2.8.3-14 佐賀県塩田川及び鹿島川の河口沖合域における干潮時の塩分、溶存無機態窒素濃度、クロロフィル *a* 濃度、有光層/水深比の水平分布

出典: 山口 聖, 太田洋志, 津城啓子, 三根崇幸(2021): 有明海湾奥高濁度域で観察される冬季珪藻ブルームの消長を制御する物理化学的要因, 沿岸海洋研究, Vol. 59, pp.1-10.

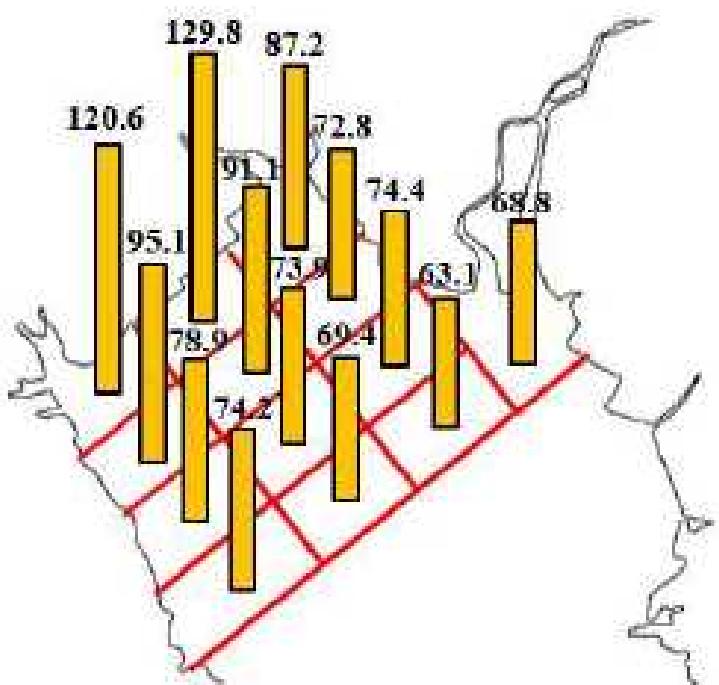


図 2.8.3-15 秋期～冬期の有明海奥部海域の各小領域における滞留時間分布(hour)

出典:南浦修也, 山口創一(2019):冬季有明海奥部におけるノリ色落ち原因藻 *Skeletonema* spp., *Eucampia zodiacus*, *Asteroplanus karianus* の増殖と物理環境特性, 土木学会論文集B2, 第75号, pp.991-996

2.8.4 八代海における赤潮による漁業被害(魚類養殖等)

八代海における赤潮被害の年間発生件数は、1988(昭和 63)～1990(平成 2)年、1998(平成 10)～2010(平成 22)年及び 2015(平成 27)年～2019(令和元)年に発生件数が多く、2011(平成 23)年から 2014(平成 26)年にかけては被害が発生していない(図 2.8.4-1)。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。

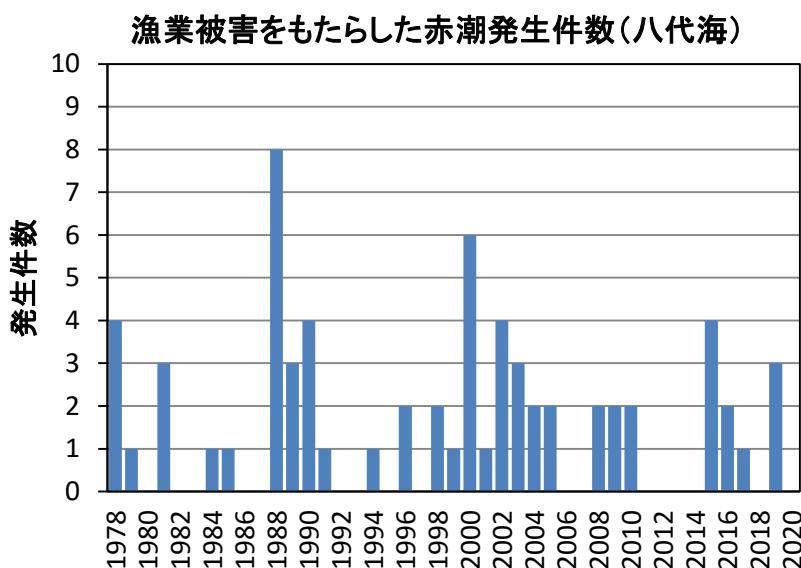


図 2.8.4-1 八代海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数(年間)の推移

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 2 年)」をもとに環境省が作成した。

(1) 八代海における夏期の赤潮

八代海における 2011(平成 23)年～2020(令和 2)年にかけての赤潮発生件数(海域別)を図 2.8.4-2 に示した。Y1～Y4 海域の夏期の赤潮発生件数は 18～37 件であったが、外洋水の影響が大きい Y5 海域では 59 件と最も赤潮発生件数が多かった。この海域は枝湾が多く存在し、この奥部での赤潮発生件数が多いことが影響している。

八代海における *Chattonella* 属等の赤潮発生について、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図 2.8.4-3、図 2.8.4-4 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、鹿児島湾で赤潮の発生が知られている。瀬戸内海では 1970(昭和 45)～1980(昭和 55)年代に赤潮が猛威をふるったが、近年、1990(平成 2)年以降は減少傾向である。1980(昭和 55)年代中頃から有明海や八代海で本種の赤潮が増加し、現在、国内でも本種の赤潮発生が多い海域のひとつとなっている。

Chattonella 属による赤潮は、1998(平成 10)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(平成 15)年以降に発生頻度・規模が急激

に拡大し、2008年(平成20)、2009(平成21)年、2010(平成22)年、2016(平成28)年、2019(令和元)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。

Cochlodinium 属(ほとんどが *C. polykrikoides*)に関しては、1978(昭和53)～1981(昭和56)年、1991(平成3)年、2000(平成12)～2007(平成19)年と一定期間ごとにまとまった出現を示していた(図 2.8.4-5)。特に2000(平成12)～2003(平成15)年にかけての熊本県海域における赤潮発生頻度・規模は大きく、2000(平成12)年の赤潮発生では魚類養殖魚へ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(平成27)年にはブリが8,800尾へい死している。なお、*Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属による魚類のへい死について、鰓機能の障害による窒息死という症状について共通している。

八代海においては、*Cochlodinium* 属と比べると *Karenia* 属による赤潮の発生頻度は少なく、1989(平成元)年、2000(平成12)年、2009(平成21)年、2015(平成27)年及び2016(平成28)年に発生している。1989(平成元)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(平成27)年と2016(平成28)年は連続して本種の赤潮が発生し、養殖ブリがそれぞれ7,800尾及び3,000尾へい死した。

Heterosigma 属(ほとんどが *H. akashiwo*)による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、単年度の赤潮発生で1億円超える大きな漁業被害は発生していない。

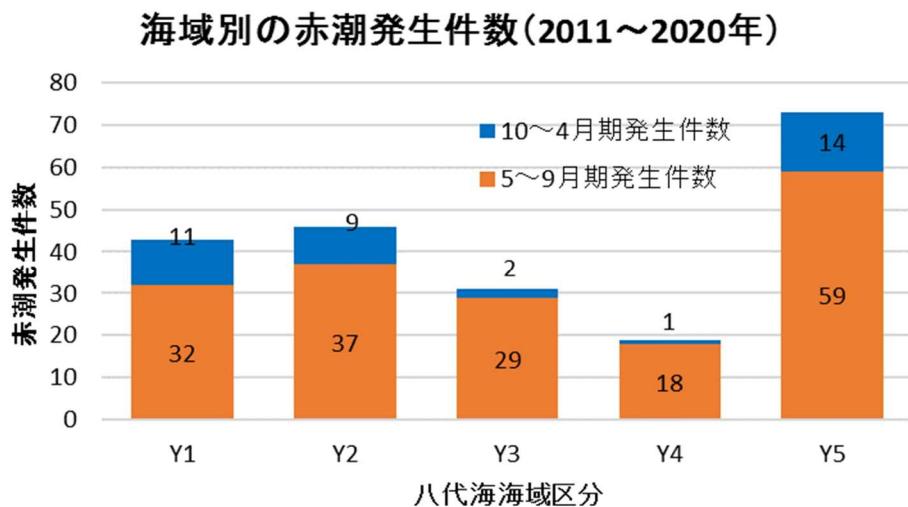


図 2.8.4-2 八代海における海域別赤潮発生件数(2011(平成23)年～2020(令和2)年の累計値)

出典:水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(平成23～令和2年度)」をもとに環境省が作成した。

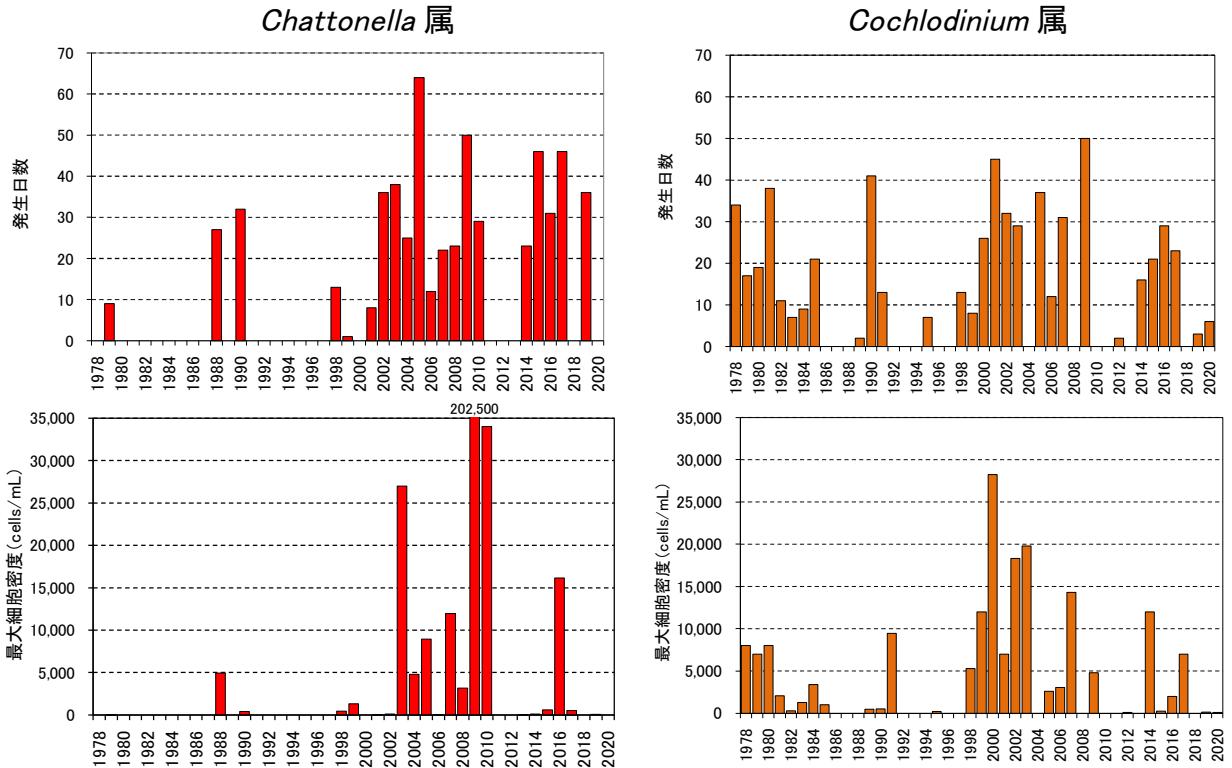


図 2.8.4-3 八代海(熊本県海域)における *Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属による赤潮発生日数、最大細胞密度の経年変化

出典:九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(昭和 53 年～令和 2 年)」をもとに環境省が作成した。

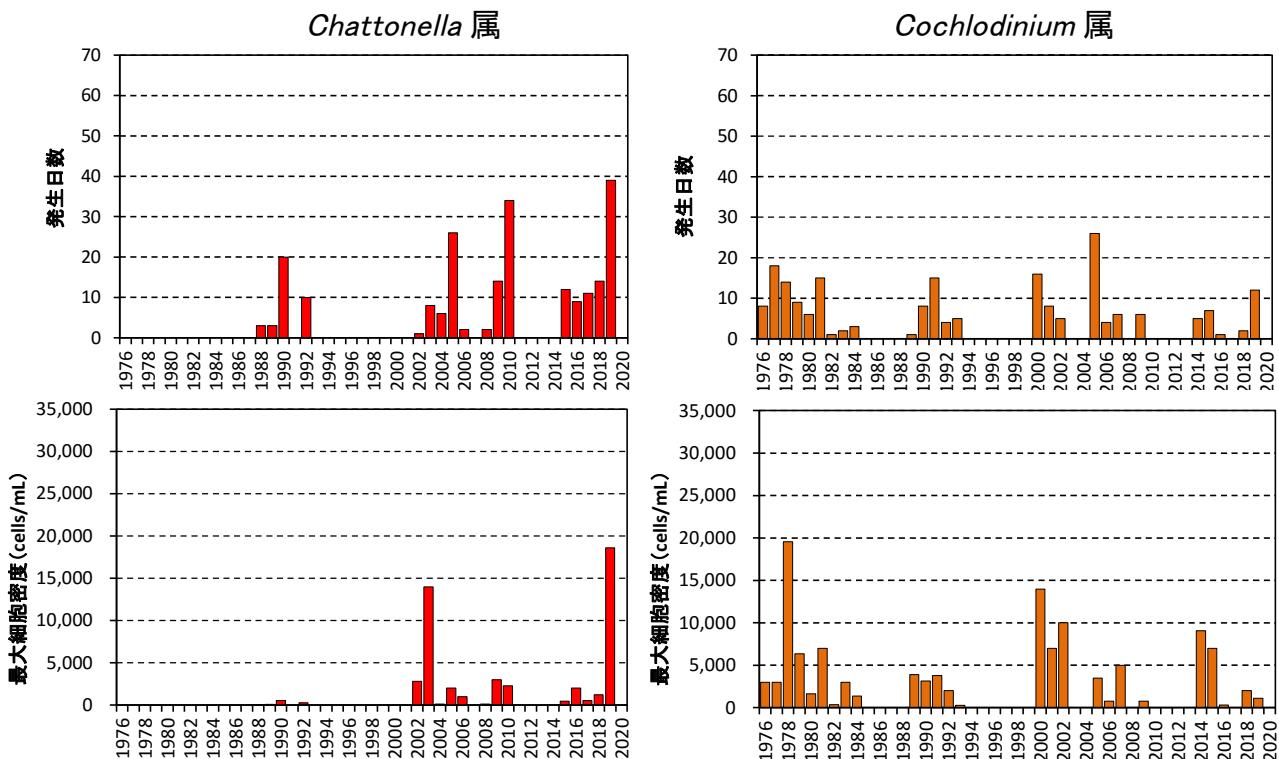
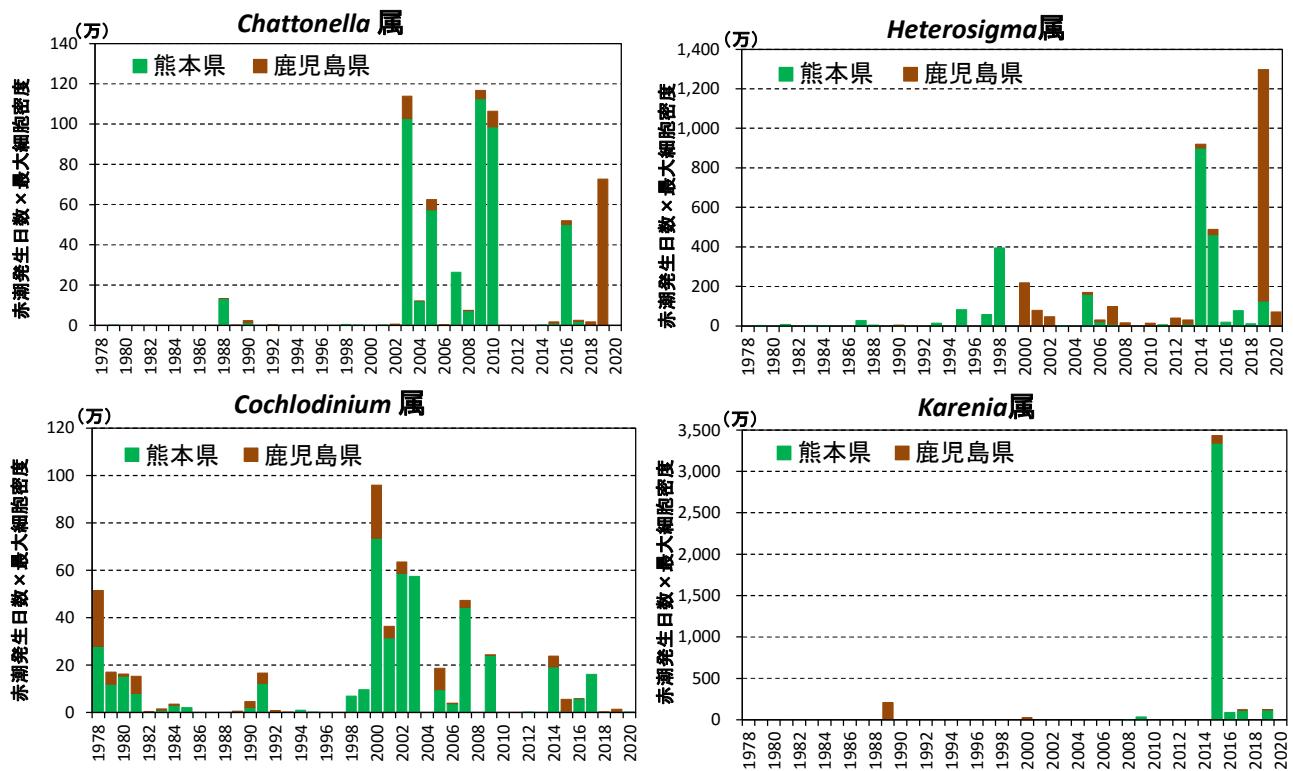


図 2.8.4-4 八代海(鹿児島県海域)における *Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属による赤潮発生日数、最大細胞密度の経年変化

出典:九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(昭和 53 年～令和 2 年)」をもとに環境省が作成した。



- 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。

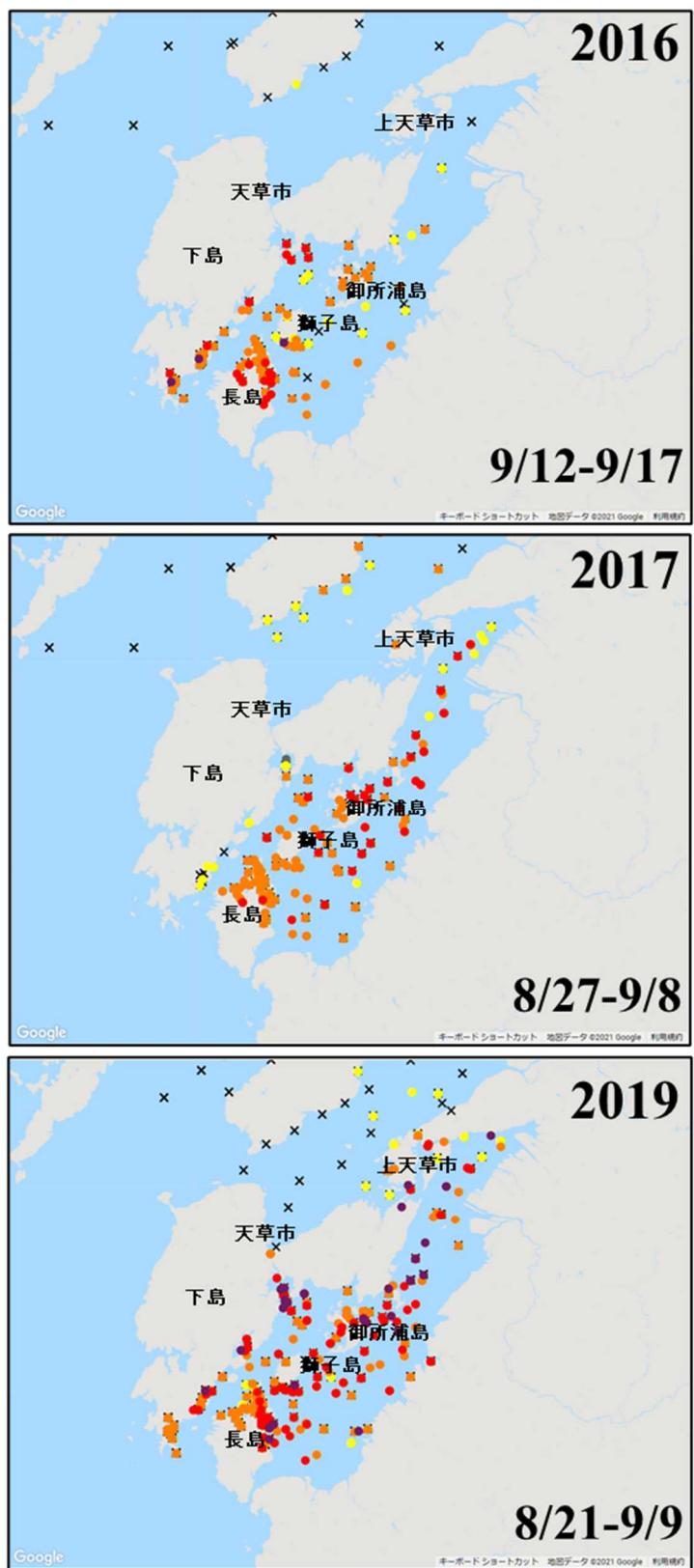
図 2.8.4-5 八代海における有害赤潮発生規模の推移

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 2 年)」をもとに環境省が作成した。

(2) 八代海における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* 属の赤潮発生状況とその原因・要因について、平成 28 年度委員会報告後に発生した 2016(平成 28)年～2019(令和元)年のデータを中心的に整理した結果を述べる。

図 2.8.4-6 に、八代海で *Chattonella* 属赤潮による漁業被害が発生した 2016(平成 28)年、2017(平成 29)年、2019(令和元)年の最高細胞密度の分布状況を示した。八代海における養殖漁業の中心は Y5 海域である八代海西南部沿岸海域(熊本県海域)、Y4 海域を中心とした南部海域(鹿児島県)及び Y3 海域である中央海域の島嶼沿岸部(御所浦島周辺)であり、これらの漁場付近で 100～1,000 cells/mL 以上の *Chattonella* 属が出現した場合に漁業被害が生じる傾向がみられる。2016(平成 28)年、2019(令和元)年は主漁場で 1,000 cells/mL を超える高い値(最大 15,000 cells/mL)を示し、大きな被害を及ぼした。平成 28 年度委員会報告で示した 2010(平成 22)年の *Chattonella* 属赤潮発生時のブリ被害発生状況と同様に、漁場付近で 100 cells/mL 以上の赤潮が発生した場合にブリへの漁業被害が発生している。2017(平成 29)年は熊本県海域で被害が報告されたが、鹿児島県では報告がなされなかった。鹿児島県の主漁場である長島の北部、獅子島の南部における *Chattonella* 属の細胞密度は、ほとんどが 100 cells/mL 未満であったためと思われる。



×

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

図 2.8.4-6 八代海における *Chattonella* 属赤潮による漁業被害が発生した期間(2016年、2017年、2019年の夏期)の *Chattonella* 属の発生分布状況

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が作成した。

2.8.5 橘湾における赤潮による漁業被害

橘湾における赤潮被害の年間発生件数は、2000(平成 12)年に最大 3 件発生し、1978(昭和 53)～2015(平成 27)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(図 2.8.5-1)。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。

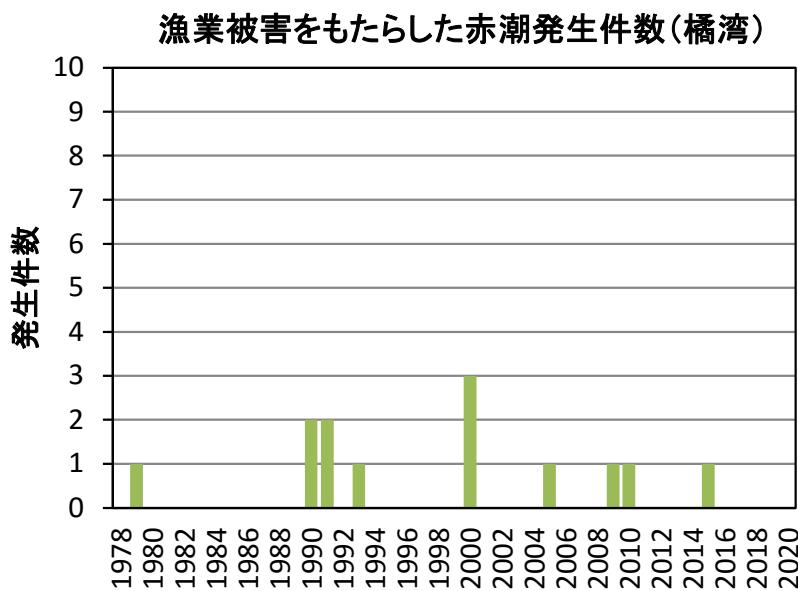


図 2.8.5-1 橘湾において漁業被害をもたらした赤潮発生件数(年間)の推移

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 2 年)」をもとに環境省が作成した

2.8.6 まとめ

有明海における赤潮の年間発生件数(1984(昭和 59)～2020(令和 2)年)は、1998(平成 10)年頃から増加傾向が見られ、2000(平成 12)年代の発生件数(約 36 件/年)は 1980(昭和 55)年代(約 15 件/年)の概ね 2 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(平成 10)～2000(平成 12)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発生として扱われている。また、あわせて赤潮の調査に係る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、両者の増減傾向との間に長期的な連動性はみられない。また、原因プランクトン別にみると、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* 属赤潮(ラフィド藻の一種)については、1998(平成 10)年、2004(平成 16)年、2007(平成 19)～2010(平成 22)年、2015(平成 27)～2016(平成 28)及び 2018(平成 30)年に赤潮発生規模(赤潮発生日数×最大細胞密度)が大きくなっている。赤潮発生地域ではどの程度漁獲量の減少に影響を与えたのか不明であるが、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(niche)で赤潮発生規模が拡大していることが判明し、数値モデルにおけ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減少する結果、生じる現象で、植物プランクトン、特に近年は *Eucampia zodiacus*、*Skeletonema* spp.、*Asteroplanus karianus* の赤潮形成による栄養塩の消費が要因のひとつであると考えられる。赤潮発生には、*E. zodiacus* については光環境の改善、*Skeletonema* spp.については水塊の鉛直混合や低水温、高栄養塩濃度など、*A. karianus* については、海水交換の低い海域において、水温の低下と水柱の透過光量の増加が重要であ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(昭和 53)～2020(令和 2)年)は、1998(平成 10)～2000(平成 12)年頃から増加しており、1970(昭和 45)～1980(昭和 55)年代(約 8 件/年)と比較して 2000(平成 12)年代の赤潮発生件数(約 16 件/年)は概ね 2 倍程度となっている。一方で T-N 及び T-P の汚濁負荷量は 1990(平成 2)年代中頃から増加し 2006(平成 18)、2009(平成 21)年度頃に最大となり、直近 5 年間はやや減少傾向であるものの、負荷量増加と赤潮発生件数との関連性について留意が必要である。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(平成 3)～1995(平成 7)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。

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(ラフィド藻)と *Cochlodinium polykrikoides*(渦鞭毛藻類)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。

参考文献

- 1)岡市友利(1997) :赤潮の科学(第二版), 恒星社厚生閣, 337pp.
- 2)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.
- 3)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.
- 4)有賀祐勝(1980) :スサビノリの色彩と色素. 遺伝, 第 34 号, pp.8-13.
- 5)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.

- 6)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.
- 7)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. 日本国水産学会誌, 第 81 卷, 第 1 号, pp.107-114.
- 8)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. 日本国水産学会誌, 第 68 卷, 第 3 号, pp.356-361
- 9)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, 日本国水産学会誌, 第 70 卷, 第 1 号, pp.31-38
- 10)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
- 11)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
- 12)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
- 13)Ito, Y., Katano, T., Fujii, N., Koriyama, M., Yoshino, K., Hayami, Y (2013):Decreases in turbidity during neap tides initiate late winter blooms of *Eucampia zodiacus* in a macrotidal embayment., Journal of Oceanography, Vol.69, pp.467-479.
- 14)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, 日本国水産学会誌, 第 80 卷, 第 2 号, pp.222-232
- 15)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
- 16)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
- 17)松原 賢, 三根崇幸, 伊藤史郎(2016):ノリの色落ち原因珪藻 *Asteroplanus karianus* のブループリーク時期の予察, 日本国水産学会誌, 第 82 卷, 第 5 号, pp.777-779
- 18)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, 日本国水産学会誌, 第 83 卷, 第 1 号, pp.25-33.
- 19)山口 聖, 松原 賢, 増田裕二, 三根崇幸, 伊藤史郎(2017)有明海湾奥西部の鹿島川感潮域における高栄養塩・高クロロフィル水塊と沿岸の冬季珪藻ブルームの関係, 沿岸海洋研究, 第 54 卷, 第 2 号, pp.193-201.
- 20)松原 賢, 三根崇幸, 伊藤史郎(2018)有明海奥部, 塩田川河口域におけるノリ色落ち原因植物プランクトンの出現動態, 沿岸海洋研究, 第 55 卷, 第 2 号, pp.139-153.
- 21)南浦修也, 山口創一(2019):冬季有明海奥部におけるノリ色落ち原因藻 *Skeletonema* spp., *Eucampia zodiacus*, *Asteroplanus karianus* の増殖と物理環境特性, 土木学会論文集 B2, 第 75 号, pp.991-996

2.9 生物

2.9.1 有明海・八代海等を中心に生息する生物(固有種、希少種等)

有明海・八代海等には、国内で本海域を中心に生息する生物が数多く存在している。特に、有明海及び八代海では、国内で両海域固有、又は国内で両海域を主な分布域とする大陸系遺存種が数多く確認されており¹⁾、また、干潟域を中心に数多くの鳥類が飛来する。それらの中には環境省レッドリスト(環境省, 2020)及び海洋生物レッドリスト(環境省, 2017)に掲載されている種も複数みられる(表 2.9.1-1)。

表 2.9.1-1 有明海・八代海等を中心に生息する主な生物

区分	名称
魚類	<u>アリアケシラウオ</u> (CR)、 <u>アリアケヒメシラウオ</u> (CR)、 <u>エツ</u> (EN)、 <u>ヤマノカミ</u> (EN)、 <u>ムツゴロウ</u> (EN)、 <u>コイチ</u> (EN)、 <u>ワラスボ</u> (VU)、 <u>ハゼクチ</u> (VU)、 <u>タビラクチ</u> (VU)、 <u>ナルトビエイ</u> (NT)、 <u>アリアケアカエイ</u> (DD)、 <u>デンベエシタビラメ</u>
甲殻類	<u>ヒメモクズガニ</u> (CR)、 <u>チクゴエビ</u> (NT)、 <u>ハラグクレチゴガニ</u> (NT)、 <u>アリアケヤワラガニ</u> (DD)、 <u>アリアケガニ</u>
貝類	<u>アゲマキ</u> (CR+EN)、 <u>ヤベガワモチ</u> (CR+EN)、 <u>センベイアワモチ</u> (CR+EN)、 <u>シマヘナタリ</u> (CR+EN)、 <u>ゴマフダマ</u> (CR+EN)、 <u>ハイガイ</u> (VU)、 <u>ウミタケ</u> (VU)、 <u>スミノエガキ</u> (VU)、 <u>アズキカワザンショウ</u> (VU)、 <u>ウミマイマイ</u> (VU)、 <u>シカメガキ</u> (NT)、 <u>クマサルボウ</u> 、 <u>クロヘナタリ</u>
その他無脊椎動物	<u>オオシャミセンガイ</u> (CR)、 <u>アリアケカワゴカイ</u> (EN)、 <u>ベイカ</u> (NT)、 <u>ウチワゴカイ</u> (NT)、 <u>スジホシムシモドキ</u> (NT)、 <u>スジホシムシ</u> (NT)、 <u>ミドリシャミセンガイ</u> (DD)、 <u>アリアケカンムリ</u> 、 <u>ヤツデシロガネゴカイ</u>
鳥類	<u>ヘラシギ</u> (CR)、 <u>コシャクシギ</u> (CR)、 <u>カラフトアオアシシギ</u> (CR)、 <u>クロツラヘラサギ</u> (EN)、 <u>ツクシガモ</u> (EN)、 <u>ホウロクシギ</u> (VU)、 <u>アカアシシギ</u> (VU)、 <u>ズグロカモメ</u> (VU)、 <u>ツバメチドリ</u> (VU)、 <u>カラシラサギ</u> (NT)、 <u>ヘラサギ</u> (DD)
植物(塩生植物)	<u>シチメンソウ</u> (VU)

注)1.下線部は、国内において有明海・八代海等にのみ分布する種を示す。

2.鳥類は、有明海・八代海等の干潟等に生息する「環境省レッドリスト 2020」掲載種を示す。

3.()は、環境省レッドリスト及び海洋生物レッドリスト掲載種のカテゴリー区分を示す。

カテゴリーの概要

絶滅 (EX) : 我が国ではすでに絶滅したと考えられる種

野生絶滅 (EW) : 飼育・栽培下、あるいは自然分布域の明らかに外側で野生化した状態でのみ存続している種

絶滅危惧 I 類 (CR+EN) : 絶滅の危機に瀕している種

絶滅危惧 I A 類 (CR) : ごく近い将来における野生での絶滅の危険性が極めて高いもの

絶滅危惧 I B 類 (EN) : I A 類ほどではないが、近い将来における野生での絶滅の危険性が高いもの

絶滅危惧 II 類 (VU) : 絶滅の危険が増大している種

準絶滅危惧 (NT) : 現時点での絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」に移行する可能性のある種

情報不足 (DD) : 評価するだけの情報が不足している種

絶滅のおそれのある地域個体群 (LP) : 地域的に孤立している個体群で、絶滅のおそれが高いもの

出典:佐藤正典, 田北徹(2000):有明海の生きものたち:干潟・河口域の生物多様性, 海游舎, 396pp

環境省(2020)「環境省レッドリスト 2020」

環境省(2017)「海洋生物レッドリスト」をもとに環境省が作成した。

2.9.2 ベントス(底生生物)

ベントス(底生生物)は、水産有用種を含めた魚類等の餌となり、海域の生物生産を支える機能を持つだけでなく、その群集構造が底質を反映する一方、底質の攪拌機能、懸濁物の濾過等によって底質・水質環境に影響を与える可能性があり、海域の環境を評価する指標となり得ることから、ここではベントスの経年変化を整理した。

(1) ベントスの経年変化

主に有明海において、1970(昭和 45)年頃から 2005(平成 17)年頃にかけて、ベントスの調査が複数実施されてきたが^{2)~6)}、これらの調査は、調査地点や調査方法がそれぞれ異なっていることから、ベントスの経年変化を比較・把握するには調査データの十分な精査が必要であると考えられる。ここでは、2005(平成 17)年以降において、同一地点・同一方法での定期的かつ継続的な調査が実施されていることから、その変化傾向を整理した。

ア) 有明海

有明海の各海域におけるベントスの種類数、個体数、湿重量の経年変化を図 2.9.2-1～図 2.9.2-3 に示す。

種類数の経年変化は、A1 海域では他の海域に比べて変動幅は小さく、低い値で横ばいに推移している。A2～A7 海域も概ね横ばいで推移しているが、A1 海域に比べて変動幅が大きい。特に A7 海域では変動幅が大きく、地点によって種類数の差が大きい。

個体数については、A1 海域、A4 海域、A5 海域及び A7 海域では他の海域に比べて変動幅は小さく、近年は低い値で推移している。一方、A2 海域及び A3 海域では近年大きな変動幅がみられ、特に A2 海域の Afk-2 では、2009(平成 21)年以降、日和見種であるホトトギスガイが夏期に優占することにより、夏期の総個体数が高い値を示している。A3 海域の Asg-4 においては、2018(平成 30)年以前は有機汚濁耐性種であるダルマゴカイ等の環形動物が主要出現種となっていたが、2019(令和元)年以降は軟体動物(二枚貝類)のヒメカノコアサリが優占するようになり、総個体数が大きく增加了。

湿重量については、全体的には年変動はあるものの概ね横ばい傾向であるが、A1 海域の Asg-3 では 2011(平成 23)年頃までサルボウガイによって高い値を示していたが、近年はサルボウガイの減少により、湿重量が低下している。また、A2 海域での 2009(平成 21)年以降の大きな変動はホトトギスガイ、A3 海域での 2020(令和 2)年以降の大きな変動はヒメカノコアサリによるものである。

種類数

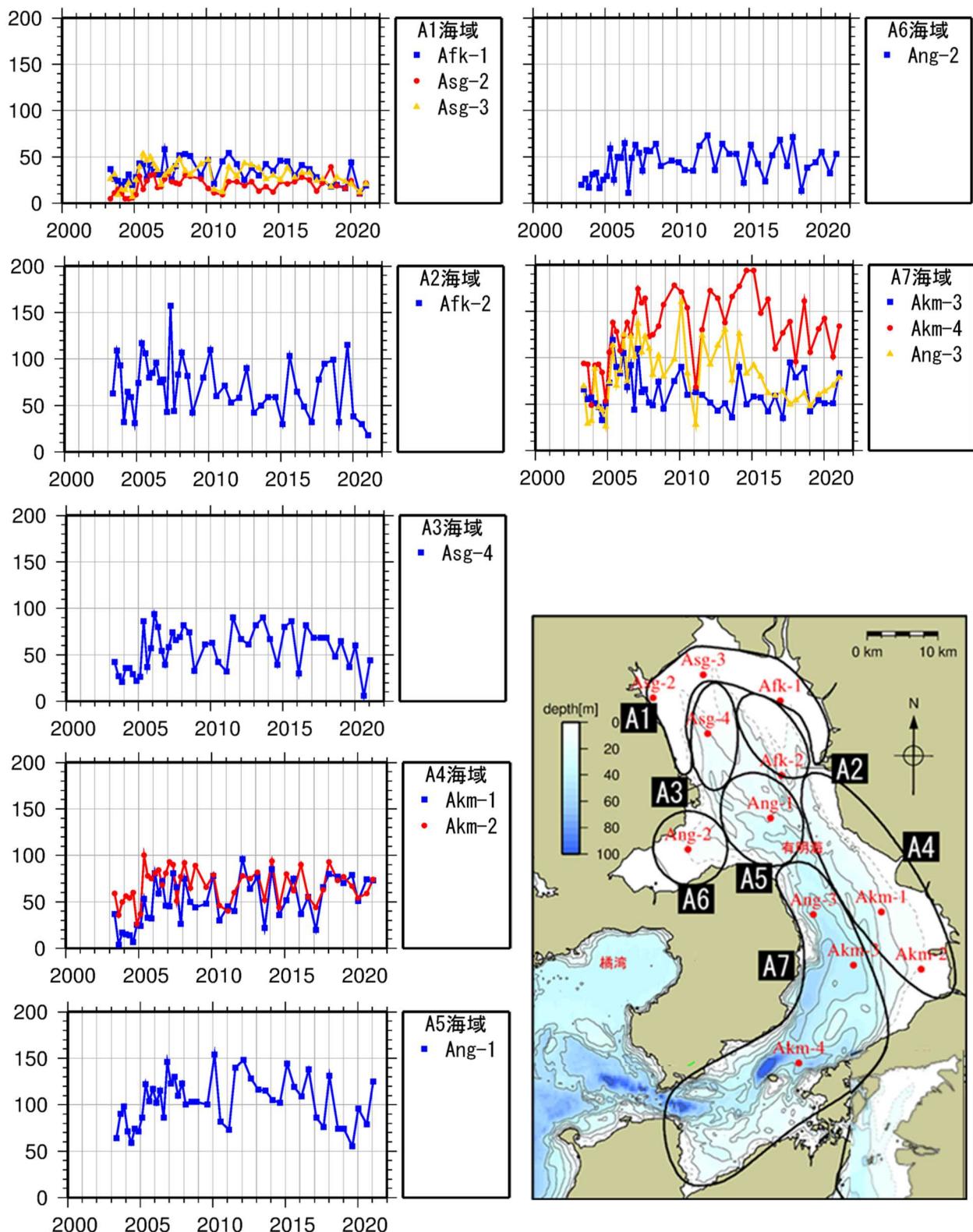


図 2.9.2-1 有明海のベントスの種類数の経年変化

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

個体数(個体/m²) : 対数表示

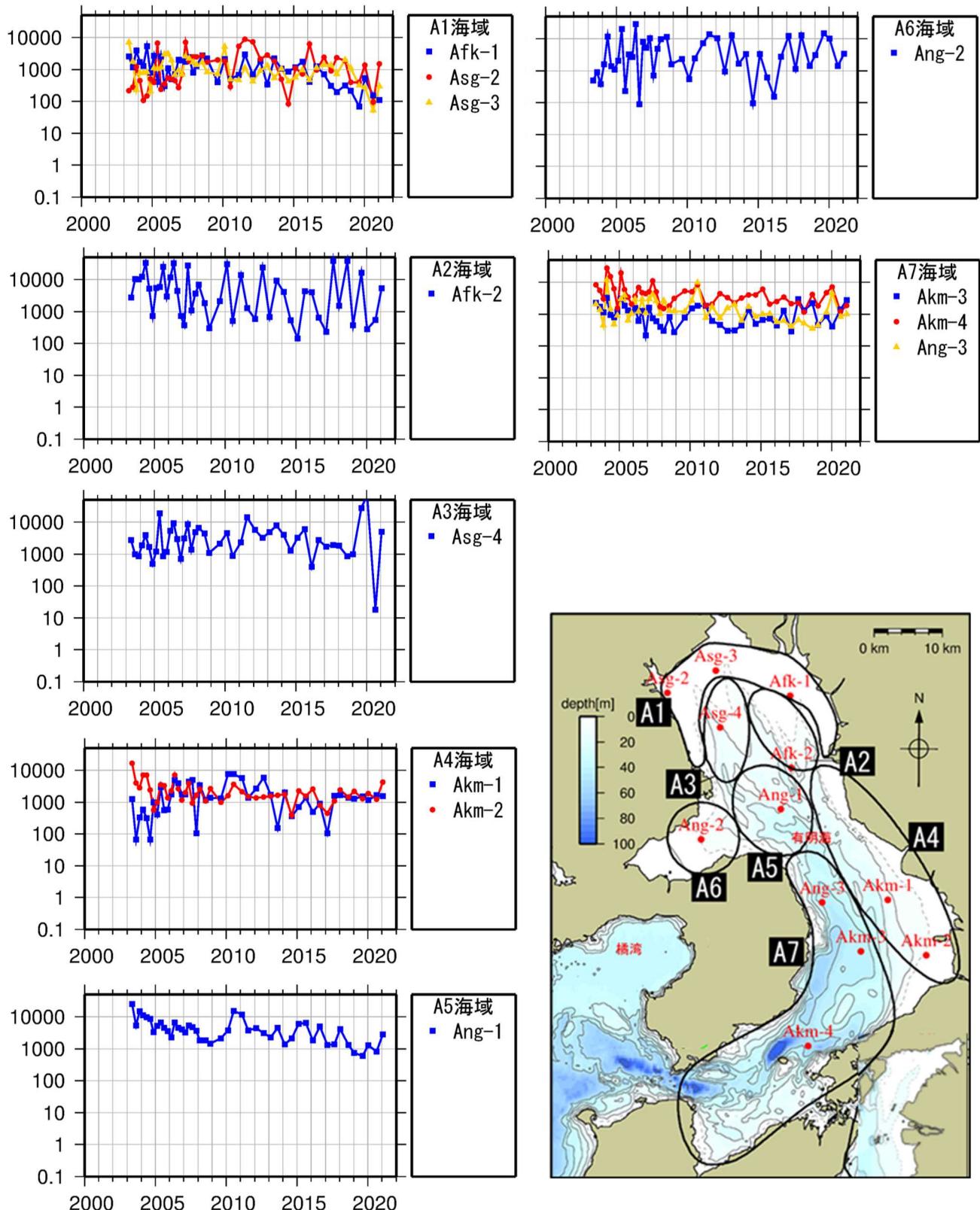


図 2.9.2-2 有明海のベントス個体数の経年変化

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

湿重量(g/m²) : 対数表示

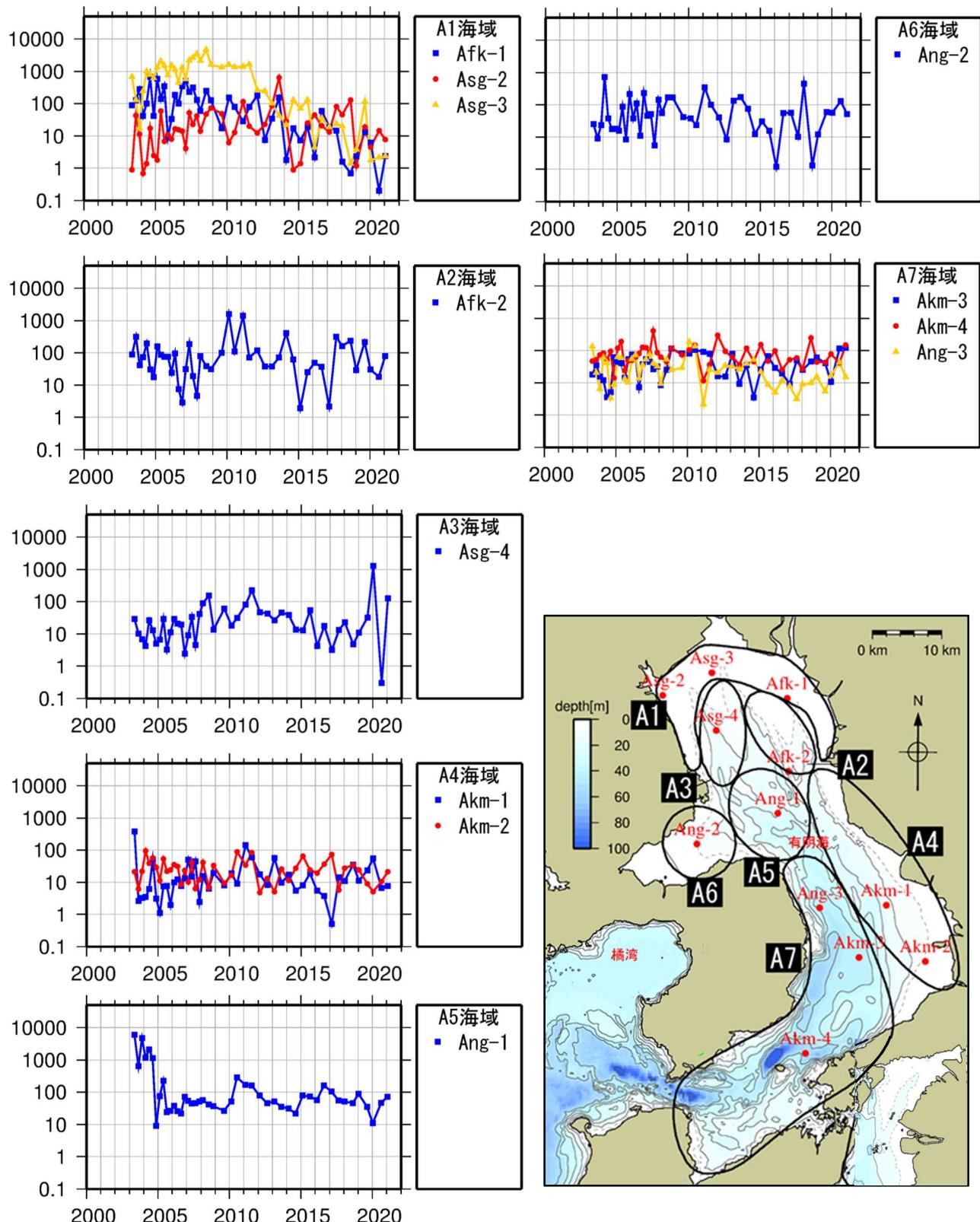


図 2.9.2-3 有明海のベントス湿重量の経年変化

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

イ) 八代海

八代海の各海域におけるベントスの種類数、個体数、湿重量の経年変化を図2.9.2-4～図2.9.2-6に示す。種類数の経年変化は、全体的には概ね横ばい傾向であるが、Y4海域のYkg-1とY5海域のYkm-7では他の海域に比べて変動幅が大きく、種類数が比較的多い。個体数については、Y1海域のYkm-1で2003(平成15)年、2007(平成19)年、2008(平成20)年に高い値を示したが、これはホトギスガイによるものである。それ以外の地点・時期は全般的に低い値で推移している。湿重量については、Y1海域のYkm-2で2007(平成19)年に高い値であったが、これはホトギスガイによるものであり、それ以外の地点・時期は全般的に低い値で横ばいに推移している。

種類数

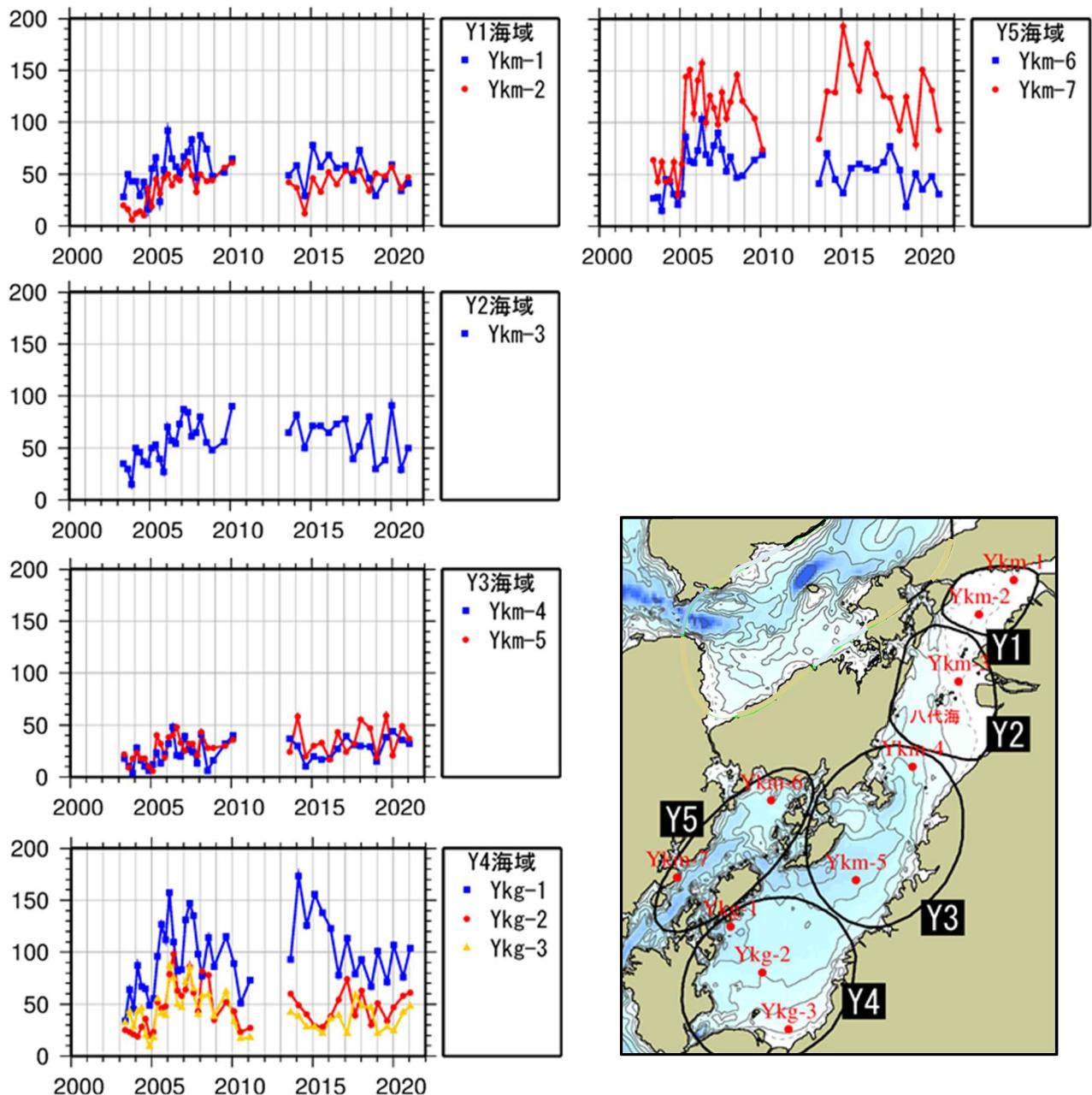


図 2.9.2-4 八代海のベントスの種類数の経年変化

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

個体数(個体/m²) : 対数表示

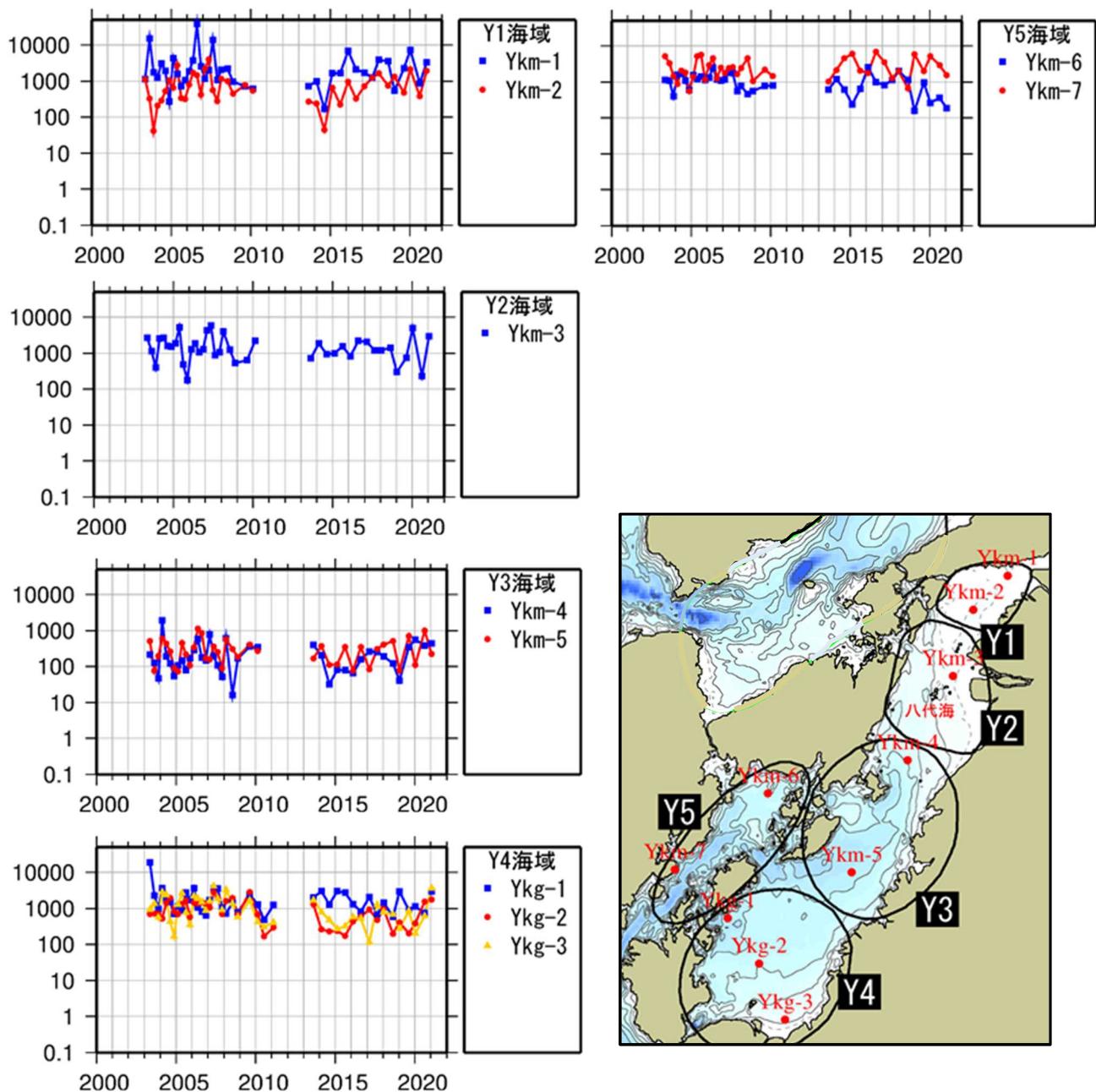


図 2.9.2-5 八代海のベントスの個体数の経年変化

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

湿重量(g/m²) : 対数表示

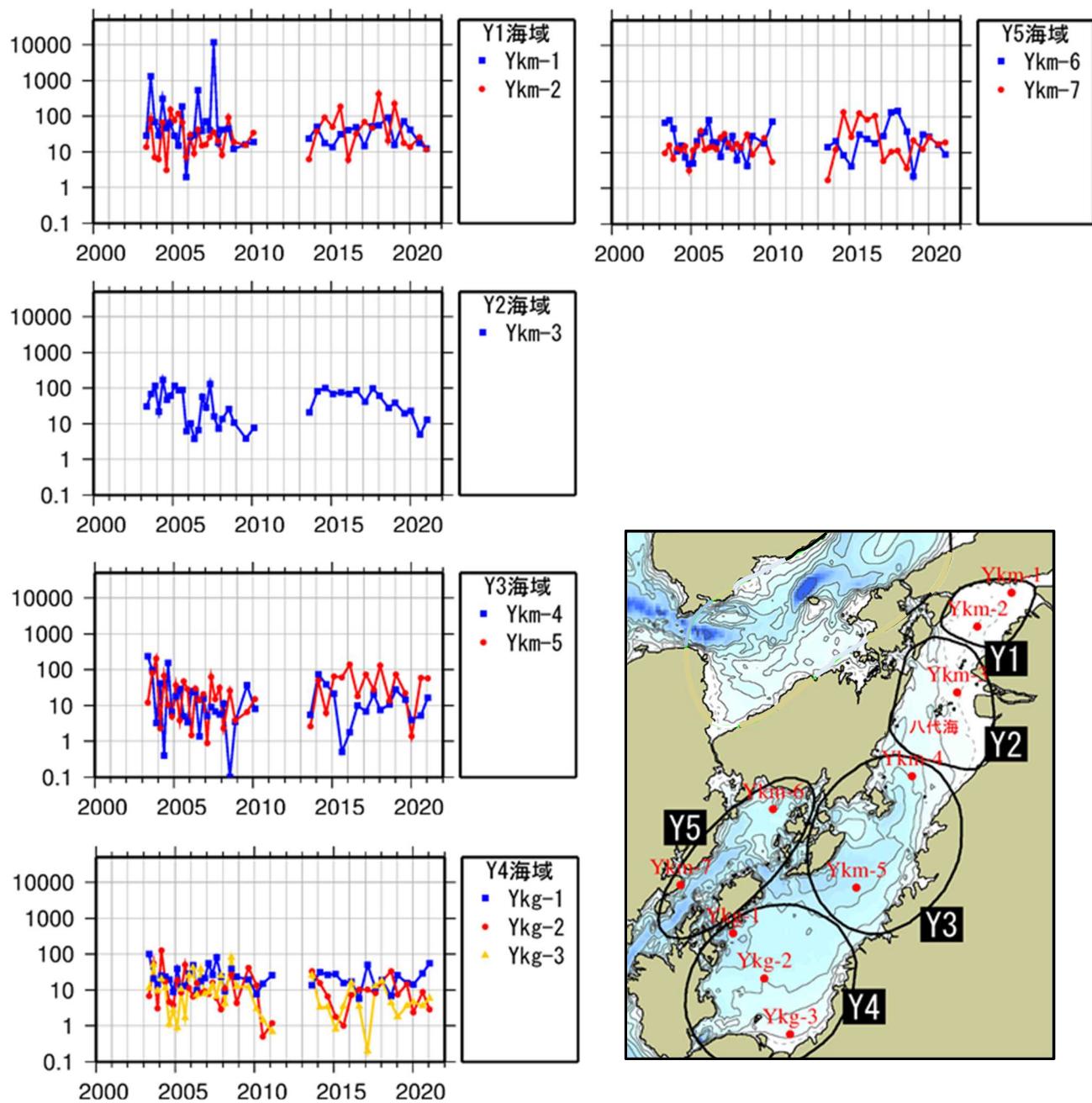


図 2.9.2-6 八代海のベントスの湿重量の経年変化

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

(2) ベントスの変動傾向

ベントスの種類数及び個体数の 2005(平成 17)年から 2020(令和 2)年までの経年の変動傾向を Mann-Kendall 検定により解析した。結果は表 2.9.2-1 及び表 2.9.2-2 に示すとおりである。

ア) 有明海

種類数の変動傾向については、総種類数では 12 地点中 6 地点で減少傾向にあつた。この 6 地点では、全ての地点で節足動物門の減少傾向がみられているものの、その他の動物門については明確な傾向はみられなかった。

個体数については、総個体数は 4 地点で減少傾向にあり、このうち 3 地点で環形動物門と節足動物門の減少傾向が共通しているものの、その他の動物門については明確な傾向はみられなかった。

イ) 八代海

種類数の変動傾向については、総種類数では 10 地点中 2 地点で減少傾向にあり、この 2 地点では軟体動物門及び環形動物門の減少傾向が共通してみられている。なお、Y3 海域の Ykm-4 では軟体動物門及び節足動物門の種類数の増加傾向がみられている。

個体数については、総個体数は 3 地点で減少傾向にあり、この 3 地点全てで環形動物門の減少傾向が共通してみられたが、その他の動物門については明確な傾向はみられなかった。

表 2.9.2-1 有明海におけるベントスの変動傾向

		種類数					個体数				
		総種類数	軟体動物門	環形動物門	節足動物門	その他	総個体数	軟体動物門	環形動物門	節足動物門	その他
A1海域 (有明海湾奥部)	Asg-2	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	Asg-3	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Afk-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2海域 (有明海湾東部)	Afk-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3海域 (有明海湾西部)	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、統計学的に有意であった場合($p<0.05$)はセルを着色した。

2. Mann-Kendall 検定の結果、 $\tau>0$ の場合は“+”、 $\tau<0$ の場合は“-”とした。

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

表 2.9.2-2 八代海におけるベントスの変動傾向

		種類数					個体数				
		総種類数	軟体動物門	環形動物門	節足動物門	その他	総個体数	軟体動物門	環形動物門	節足動物門	その他
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、統計学的に有意であった場合 ($p<0.05$) はセルを着色した。

2. Mann-Kendall 検定の結果、 $\tau>0$ の場合は“+”、 $\tau<0$ の場合は“-”とした。

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

(3) ベントスの空間分布と変化

2018(平成 30)年度～2020(令和 2)年度におけるベントスの水平分布状況を図 2.9.2-7～図 2.9.2-9 に示す。なお、2017(平成 29)年度以前の調査結果は資料編(データ集 2.9.2)に記載した。

有明海では、種類数は湾央部から湾口部寄りで多く、個体数は湾奥部寄りで多い傾向であり、湿重量は、湾奥部の地点では調査時期ごとに大きな変動がみられている。湾奥部では種類数は少ないものの、A2 海域の Afk-2 では 2018(平成 30)年と 2019(令和元)年の夏期には日和見種であるホトギスガイの個体数が増大し、A3 海域の Asg-4 では 2019(令和元)年の夏期・冬期にヒメカノコアサリの個体数・湿重量が増大するなど、調査時期ごとに大きく変動しているものと考えられる。また、2020(令和 2)年度夏期には特に湾奥部で種類数・個体数・湿重量ともに減少したが、冬期には例年と同様の種類数・個体数・湿重量が確認された地点が多かった。

八代海では、種類数・個体数は湾奥部や湾口部寄りで多い傾向であり、また、調査時期による変動は有明海に比べて小さいものと考えられる。2020(令和 2)年度夏期には湾奥部の Ykm-1、Ykm-3 で個体数が減少していたが、夏期にはやや増加していた。

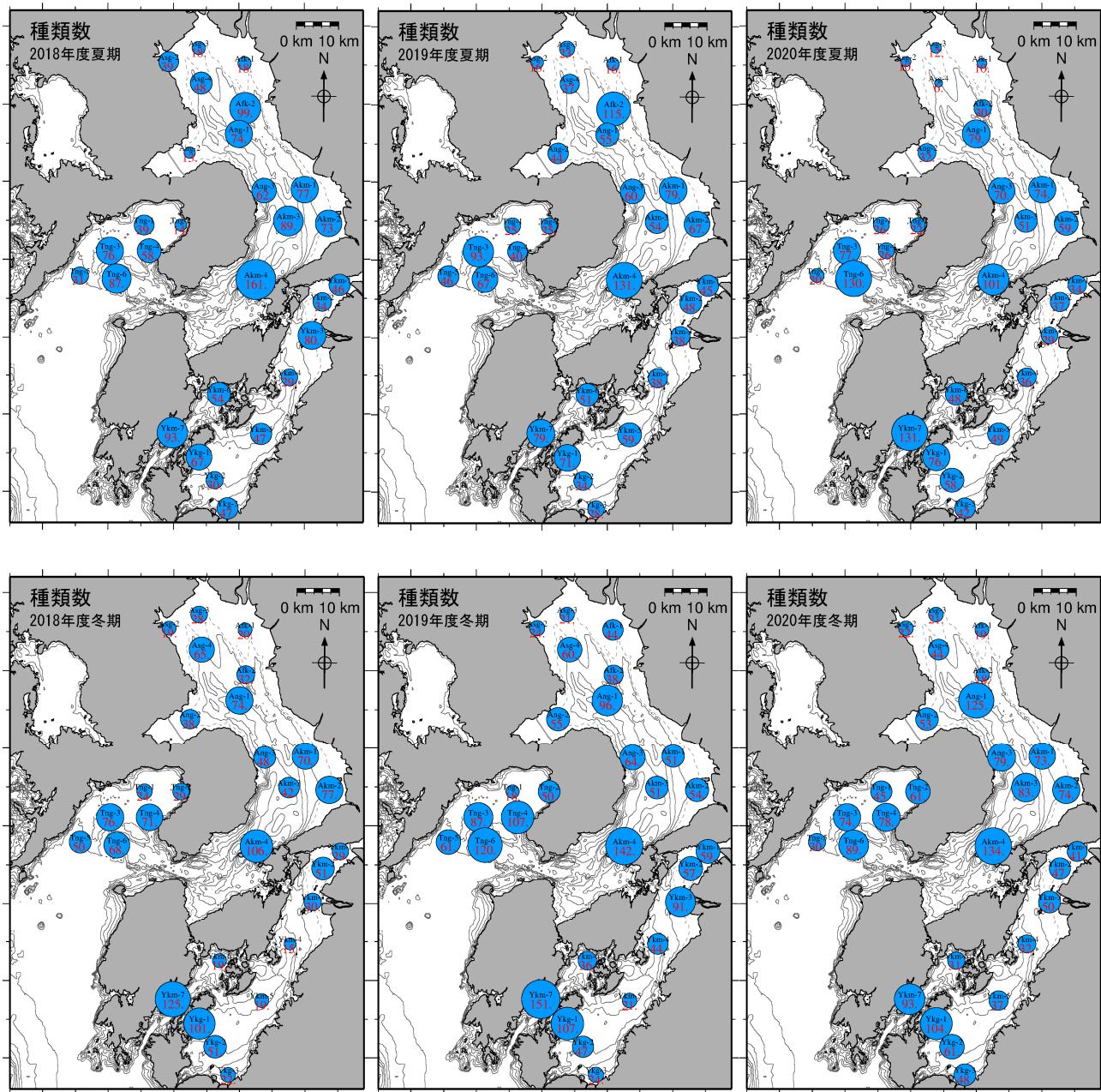


図 2.9.2-7 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度のベントスの種類数の水平分布(上段: 夏期 下段: 冬期)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

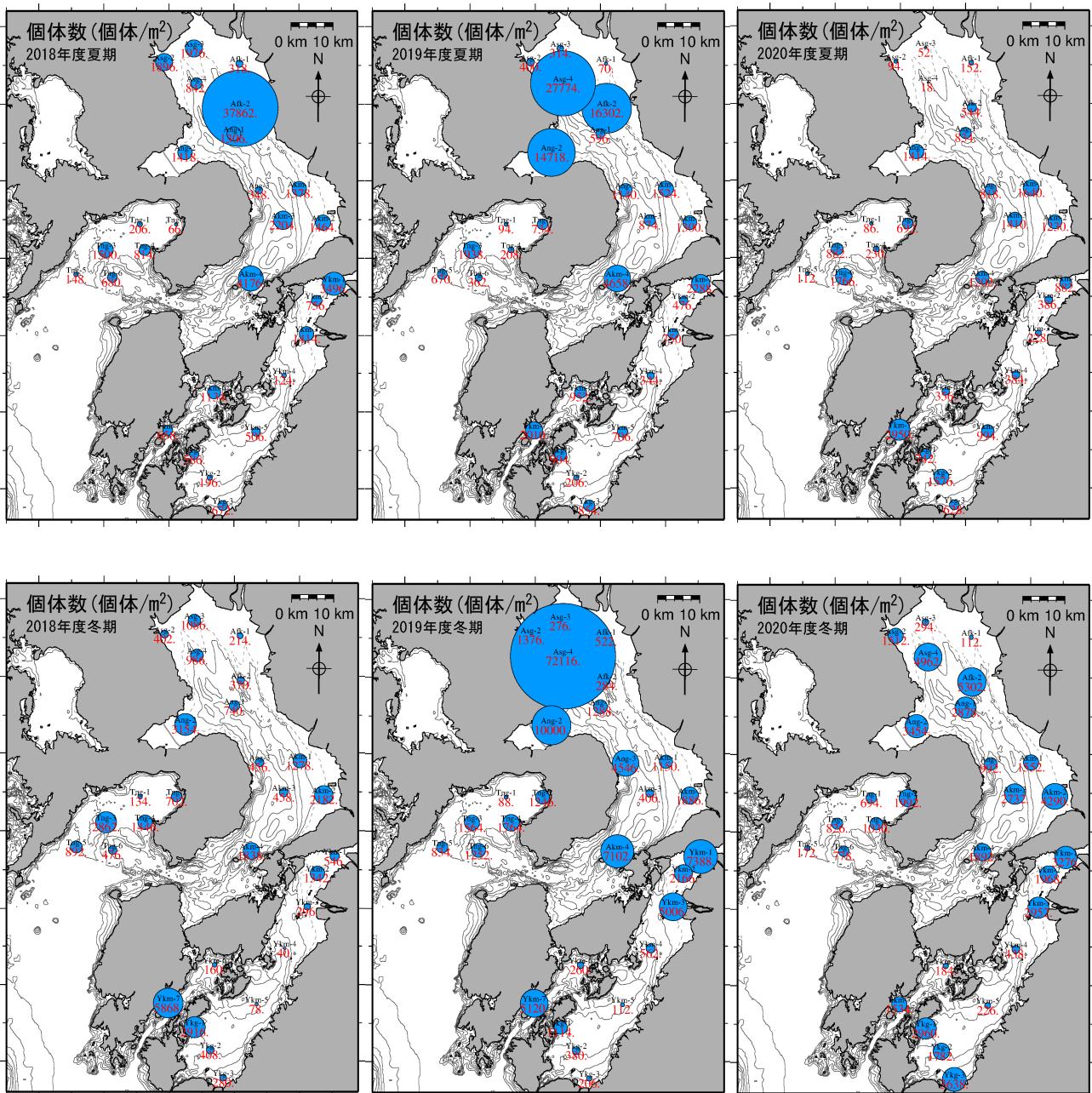


図 2.9.2-8 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度のベントスの個体数の水平分布(上段: 夏期 下段: 冬期)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

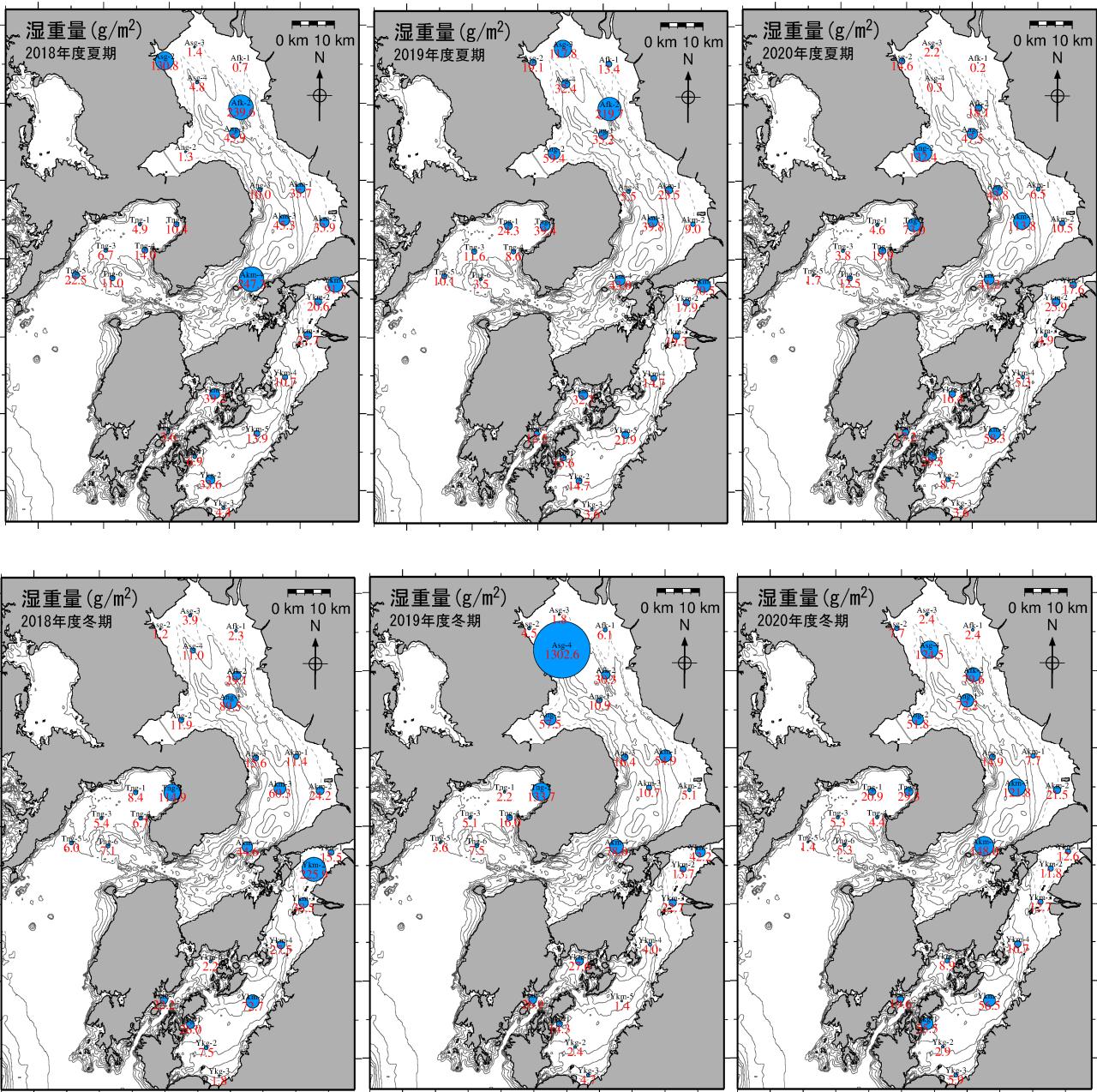


図 2.9.2-9 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度のベントスの湿重量の水平分布(上段: 夏期 下段: 冬期)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

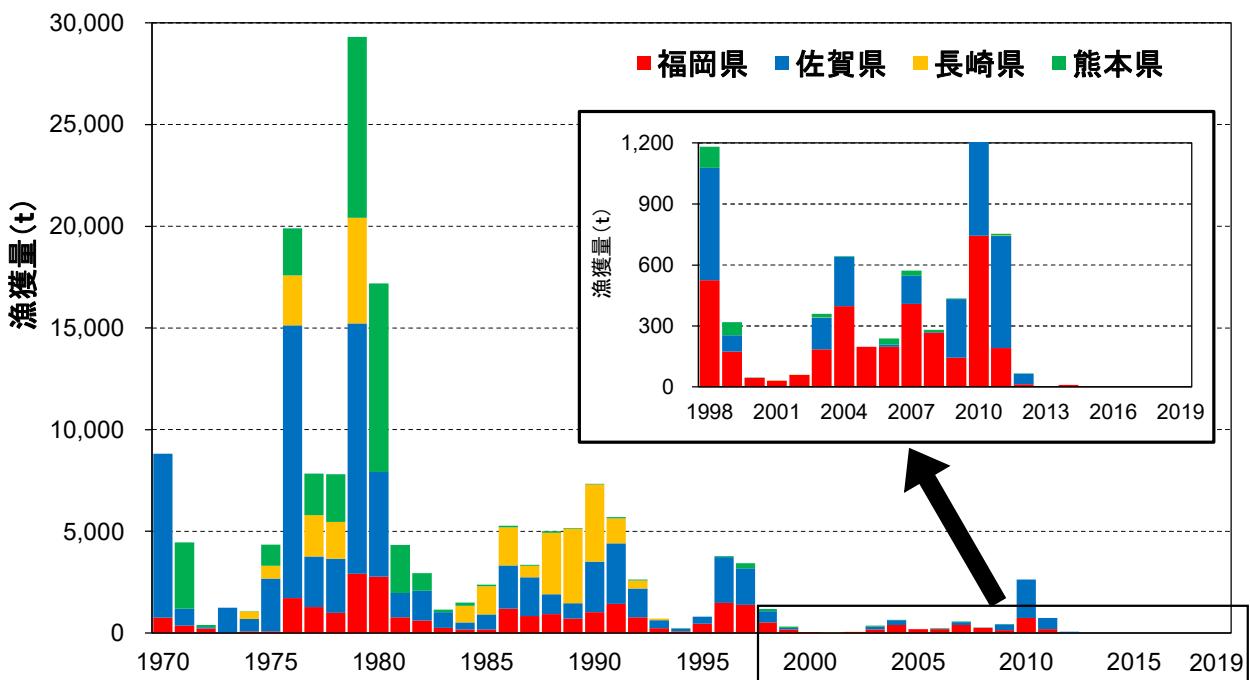
2.9.3 有用二枚貝

ここでは、1970(昭和 45)年頃以降、漁獲量が年間数万 t 以上を示したデータがある有用二枚貝 3 種について述べる。

(1) タイラギ

ア) 漁獲量

有明海でのタイラギの漁獲は 1970(昭和 45)～1998(平成 10)年までは数年おきにピークがみられ、1979(昭和 54)年には最大となる 29,305t を記録した。その後、熊本県では 1980(昭和 55)年代から、長崎県では 1990(平成 2)年代から、佐賀県・福岡県では 2000(平成 12)年頃から漁獲量が減少し、一時は有明海全域で漁獲がない状態にまで低迷した(図 2.9.3-1)。2009(平成 21)～2010(平成 22)年にかけて、12 年ぶりに漁獲量の回復がみられた(最大 2,639t／2010(平成 22)年)が、以降は再び低迷し、2012(平成 24)年より休漁となっている。なお、タイラギの漁獲量は属人統計のため、県ごとの漁獲量がそのまま生息海域からの漁獲を示しているとは限らないことへ留意する必要がある。



注)2007～2014 年の期間タイラギの漁獲量は農林水産統計で集計していないため、県のデータが存在する福岡県分(福岡県提供)の漁獲量のデータのみ計上。2007～2010 年の佐賀県分については、佐賀県有明海漁業協同組合大浦支所における貝柱取扱量が存在することから、佐賀県の 1980～2006 年(休漁の 2001, 2002, 2004, 2005 年を除く)の殻付き重量データと貝柱重量データから、殻付き重量=7.76×貝柱重量の関係式を得て、2007 年以降の殻付漁獲量を求めた。

なお、2007 年以降の佐賀県の漁獲量については、12～4 月の推定漁獲量となっている。

図 2.9.3-1 有明海におけるタイラギの漁獲量の推移

出典:農林水産省「農林水産統計」、福岡県提供資料及び佐賀県提供資料(貝柱重量)をもとに環境省が作図した。

イ) タイラギ成貝・稚貝の生息状況

タイラギ成貝の生息量調査(1976(昭和 51)年～2020(令和 2)年、平成 28 年度委員会報告 図 4.4.36 及び図 2.9.3-2)及び稚貝の生息量調査(1996(平成 8)年～2020(令和 2)年、図 2.9.3-3)によると、1992(平成 4)年以降タイラギ生息域は A2 海域に分布が偏る傾向がみられる。漁獲量の減少が顕在化はじめた 1990(平成 2)年代以降の調査結果によれば、この海域では着底稚貝の資源への加入が極めて少なく、局所的に発生した稚貝も主に春期から秋期にかけて立ち枯れへい死等によって大量減耗(数ヶ月で 50～100% の資源が死滅)し、成貝まで到達していない(平成 28 年度委員会報告)。

漁獲量については海域毎に示せないが、A2 海域における成貝の分布状況(各年度の定点間平均密度、非検出(nd)の定点については 0 とみなして計算)の変化によれば、1976(昭和 51)年におけるデータから成貝が 100 個体/100m² 以上存在した地点もあったが、その後減少し、1996(平成 8)年から 2011(平成 23)年までは nd～71 個体(全平均 11 個体)/100 m²、2012(平成 24)年以降は nd～0.7 個体(全平均 0.05 個体)/100 m² となっており、2012(平成 24)年以降に資源の凋落傾向が顕著になっている。

1981(昭和 56)年、1982(昭和 57)年及び 1984(昭和 59)年の調査では浮遊幼生・稚貝ともに広範囲に分布していたのに対し、2008(平成 20)年以降の浮遊幼生調査結果によると、2008(平成 20)年に高密度(130 個体/m³ 程度)の出現があったが、2012(平成 24)年以降は 10 個体/m³ を超えることがなく、それ以前と比べて 1/10～1/4 程度と低位で推移している(タイラギ浮遊幼生広域調査の項目を参照)。また、1997(平成 9)年以降の稚貝の分布状況(各年度の定点間平均密度)の変化によれば、1997(平成 9)年から 2011(平成 23)年まで、タイラギ稚貝が nd～1,190 個体(全平均 92 個体)/100m² 存在したが、2012(平成 24)年以降は 0.3～59 個体(全平均 9 個体)/100m² となっており、浮遊幼生の出現低下によると思われる稚貝の資源量の低下傾向が顕著になっている。

A3 海域では、タイラギは 2012(平成 24)年以降、着底稚貝の発生がほとんど認められないものの、2009(平成 21)～2010(平成 22)年漁期には 1980(昭和 55)年代の豊漁期に近い密度で成貝の成育が認められ、漁獲量の回復がみられた。しかし、2010(平成 22)年夏期には生息していたタイラギが 1 ヶ月程度でほとんど死亡する大量へい死が生じ、以降は再び低迷している。

1976(昭和 51)年におけるデータから成貝が少なくとも 100 個体/100m² 以上存在した地点もあったが、その後減少し、1996(平成 8)年から 2011(平成 23)年までは nd～22 個体(平均 2 個体)/100m²、2012(平成 24)年以降は nd～0.1 個体(全平均 0.05 個体)/100m² となっており、2012(平成 24)年以降に資源量の低下傾向が顕著になっている。

また、1997(平成 9)年以降の稚貝の分布状況の変化によれば、1997(平成 9)年から 2011(平成 23)年まで、タイラギ稚貝が nd～33 個体(平均 5 個体)/100m² 存在したが、2012(平成 24)年以降は nd～3.4 個体(全平均 1.2 個体)/100m² となっており、浮遊幼生の出現低下によると思われる稚貝の資源量の低下が 2012(平成 24)年以降顕著になっている。

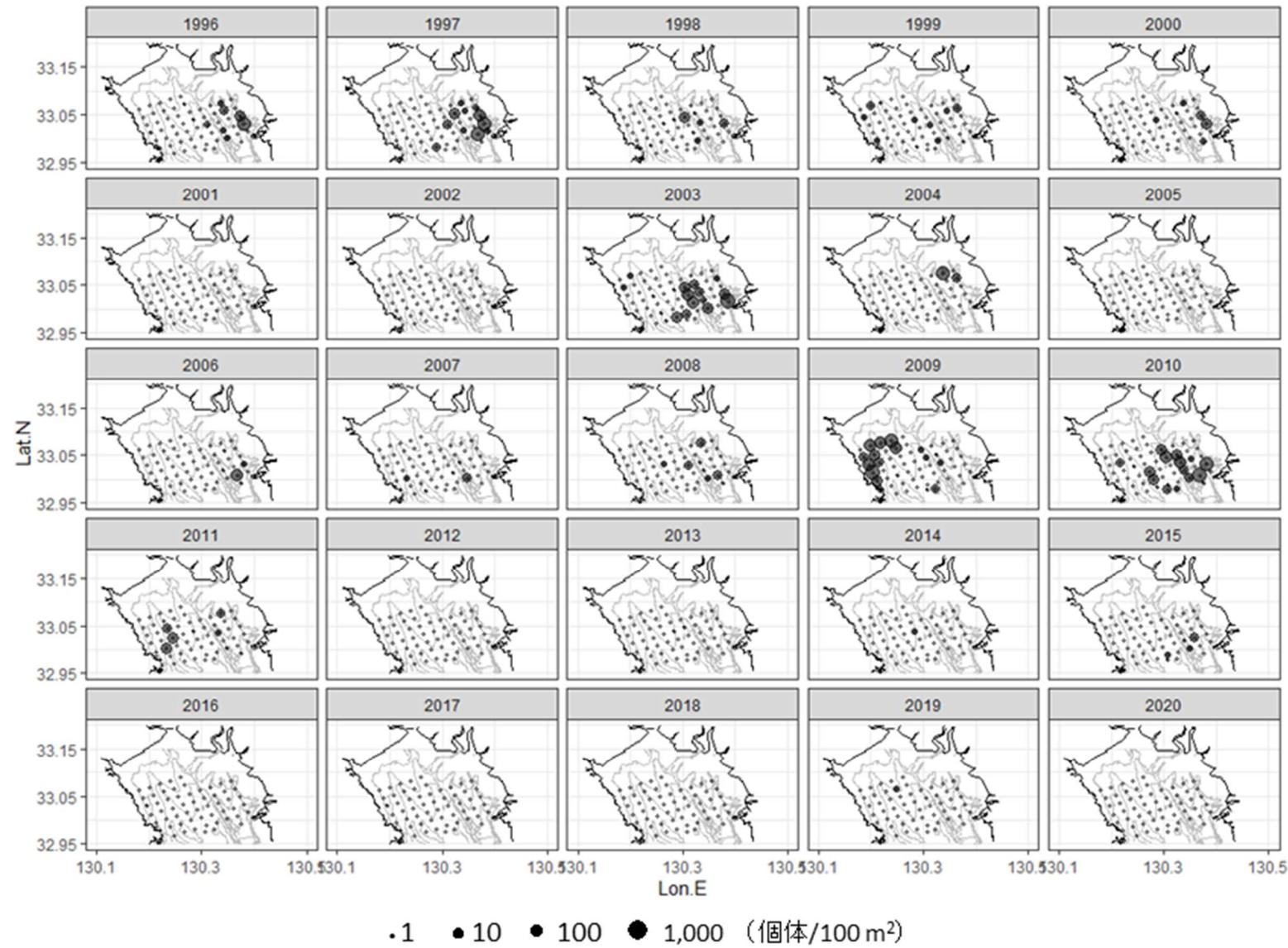


図 2.9.3-2 タイラギ成貝の分布の推移(1996(平成 8)～2020(令和 2)年)

出典:佐賀県調査結果をもとに環境省が作成した。

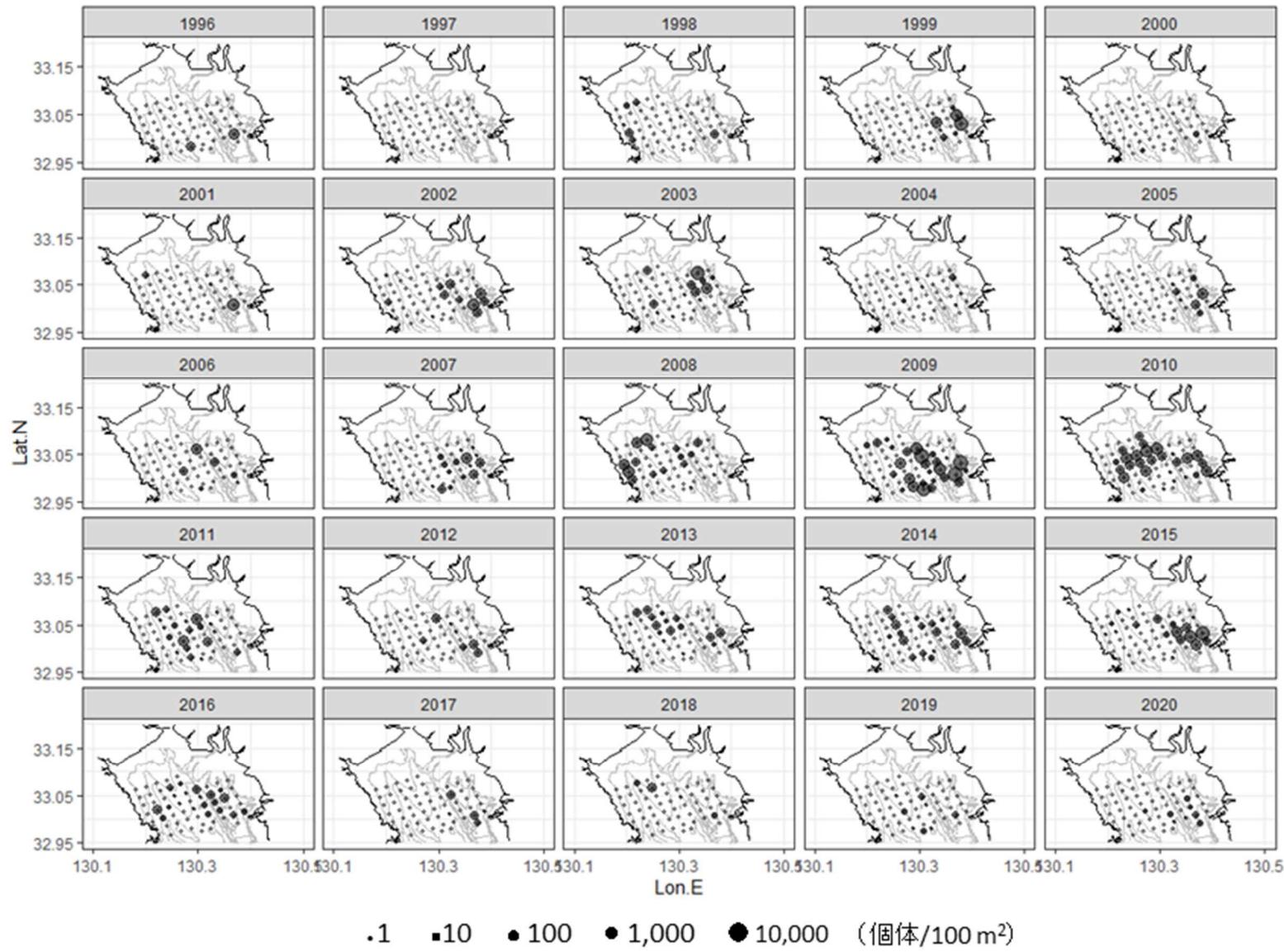


図 2.9.3-3 タイラギ稚貝の分布の推移(1996(平成 8)～2020(令和 2)年)

出典:古賀秀昭,荒巻裕(2013):佐賀県有明海におけるタイラギ漁業の歴史と漁場形成要因,佐賀県有明水産振興センター研究報告,第26号,pp.13-24をもとに環境省が作成した。

ウ) タイラギ浮遊幼生の出現状況

平成 28 年度委員会報告において、A2～A4 海域におけるタイラギ資源の減少が顕著であり、貧酸素水塊、立ち枯れへい死、浮泥の堆積による稚貝の生残率低下などの原因・要因が指摘されている。さらに、2012(平成 24)年以降、湾奥全域でタイラギ資源の凋落傾向が顕在化しており、この期間の現象として、親貝資源の減少、浮遊幼生の出現低下によると思われる稚貝の資源量の低下傾向による再生産機構の縮小が示唆されている(平成 28 年度委員会報告)。

タイラギの生活史を図 2.9.3-4 に示す。タイラギも含め、ほとんどの有用二枚貝は卵と精子を海水中へ放出して受精卵を形成する。このため図中の赤破線で示した「発生」～「着底」のステージでは、受精卵から発生した浮遊幼生が潮汐や潮流に乗り、海域区分を越えて広域に浮遊・分散するため、有用二枚貝浮遊幼生の出現状況、稚貝の着底状況に関しては、有明海全域で論議する必要がある。

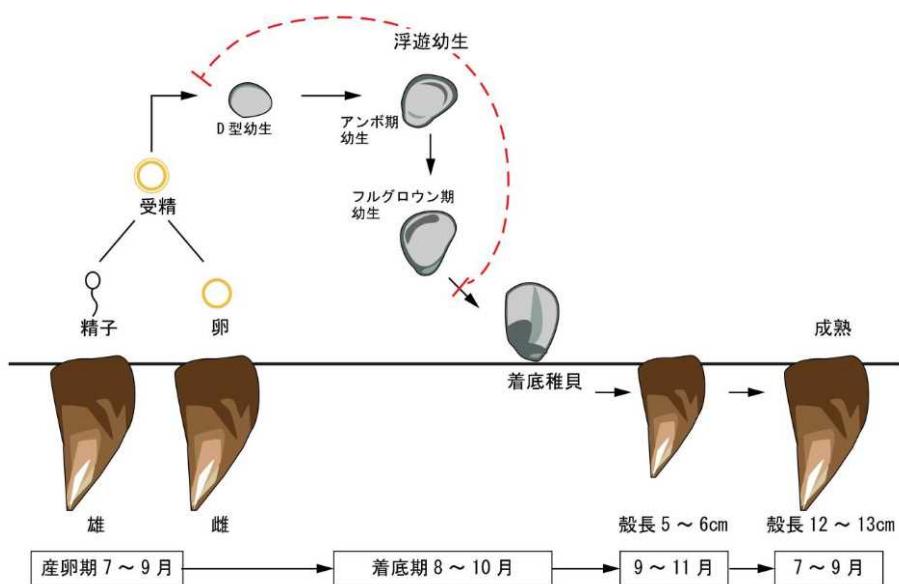
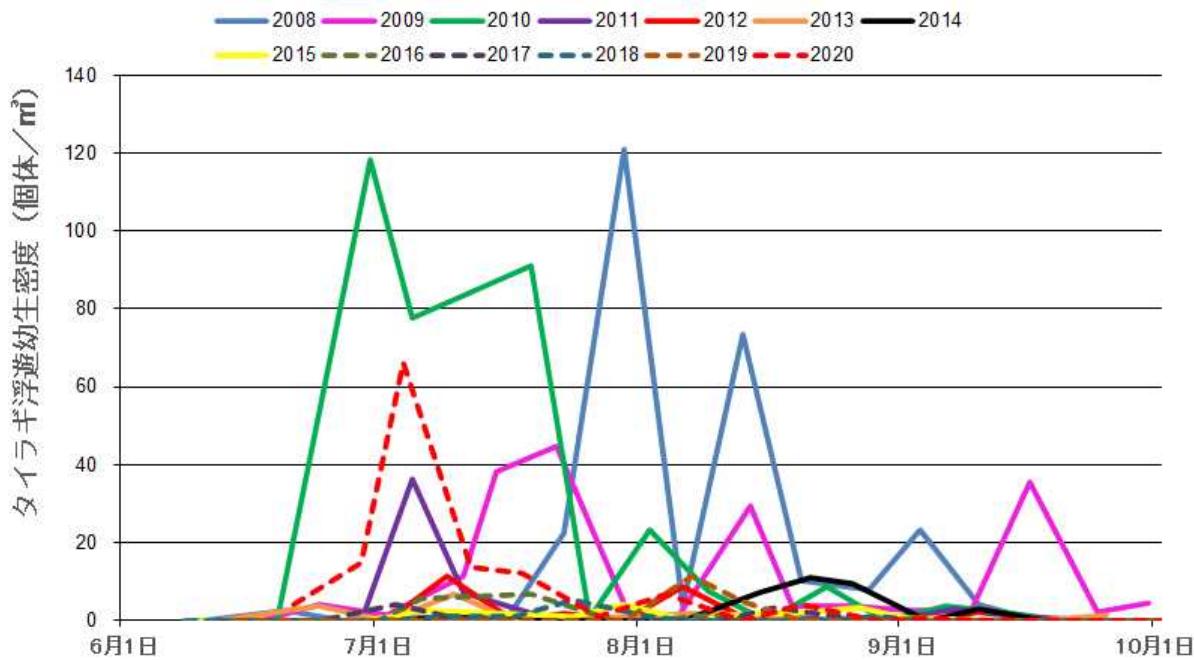


図 2.9.3-4 タイラギの生活史

出典:伊藤史郎(2006)「有明海異変、特にタイラギ資源の減少と今後」海洋と生物,28,625-635.をもとに環境省が作成した。

2016(平成 28)年以降も同一調査定点での継続調査が行われている諫早湾(A6 海域)における出現特性を図 2.9.3-5 に示した。2008(平成 20)年以降の経年変化をみてみると、A6 海域では 2008(平成 20)年及び 2010(平成 22)年に 120 個体/m³程度の出現があったが、2012(平成 24)～2015(平成 27)年まで 10 個体/m³を超えることがない状況であった(平成 28 年度委員会報告)。2016(平成 28)～2020(令和 2)年までの調査結果を破線で示しているが、2020(令和 2)年に 66 個体/m³と 2012(平成 24)年以降では比較的高い出現密度が 1 年のみ観察されたが、ほとんどの年度で 10 個体/m³以下の出現が続いている。図 2.9.3-3 に示した近年のタイラギ稚貝の発生状況もこの浮遊幼生の発生状況とほぼ一致している。このため、平成 28 年度委員会報告で指摘されたように、2012(平成 24)年以降も引き続き、親貝資源が減少し、浮遊幼生の発生量と着底稚貝の減少という、資源の再生産に大きな支障が生じていることが示唆されている。



注)2017(平成 29)年度以降は調査定点が A6 海域の 1 定点のみとなったため、この定点における経年変化を示した。平成 28 年度委員会報告の図では A6 海域内の複数定点の平均値を示しており、本図と数字が異なることに留意。

図 2.9.3-5 有明海 A6 海域の 1 定点におけるタイラギ浮遊幼生の出現状況

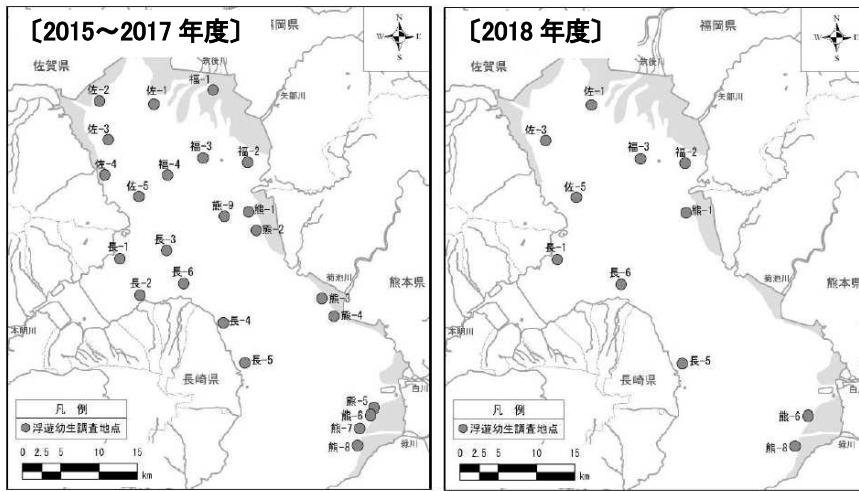
出典:水産庁「平成 20~令和 2 年有明海水産基盤整備実証調査」をもとに環境省が作成した。

有明海におけるタイラギ浮遊幼生の出現特性について、2015(平成 27)年以降、図 2.9.3-6 に示した地点において、産卵期の 6~9 月にかけて広域調査(6~9 月に月 3 回を基本)が実施されている。本調査はタイラギの主要漁場である A1~A3 漁場のみならず、湾中南部海域である A4~A7 海域を含む調査である。

各年度の調査結果(出現密度の水平分布)は図 2.9.3-7 に示した。ここでは各定点における出現規模の年変動を便宜的に比較するために、各調査定点毎の出現密度を調査回数分合計した数字を示す。なお、各調査定点の水深が異なるため、定点毎の発生総量を厳密に示したものではないことに留意が必要である。

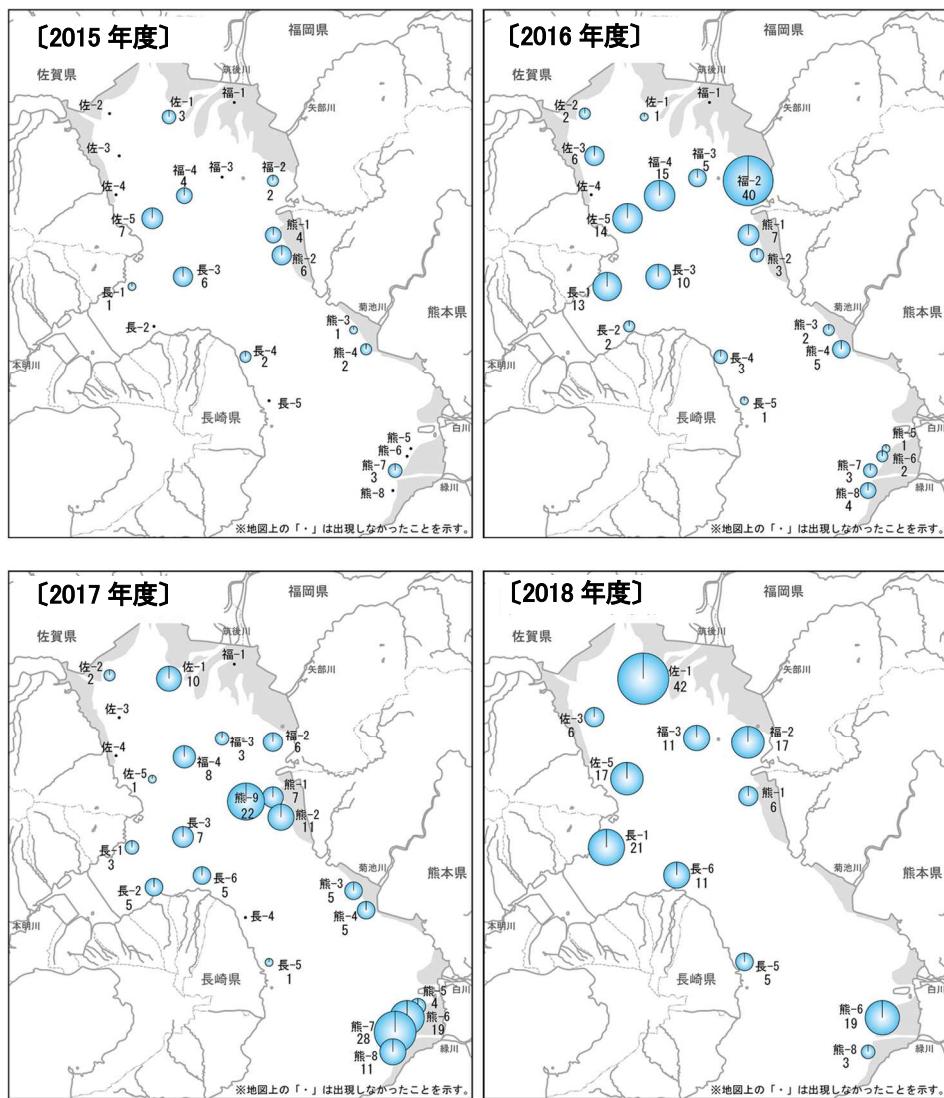
2015(平成 27)年度は有明海湾全域で累計の出現密度が 6 個体/ m^3 以下と出現密度が低く、2016(平成 28)年度は福岡県の大牟田地先から佐賀県大浦地先及び諫早湾北部にかけて累計で 10 個体/ m^3 以上の出現がみられた。2017(平成 29)年度は荒尾地先と緑川河口で累積の出現密度が相対的に高く、2018(平成 30)年度は湾奥西部において累計で 10 個体/ m^3 を越える出現密度がみられた。

各調査時の平均的な出現密度は図 2.9.3-5 で示した諫早湾における 2012(平成 24)年以降の出現密度同様に $nd \sim 5$ 個体/ m^3 が検出されることが多く、平成 28 年度委員会報告で示された過去の調査結果を踏まえると、出現密度は 2015(平成 27)~2018(平成 30)年度のように増加の兆しが見られるものの、2012(平成 24)年以前と比較すると、全体的に低位で横ばいであると考えられる。



注)2015(平成 27)～2017(平成 29)年度は 22～24 地点で、2018(平成 30)年度は 11 地点で調査が実施されている。

図 2.9.3-6 タイラギ浮遊幼生出現広域調査地点図

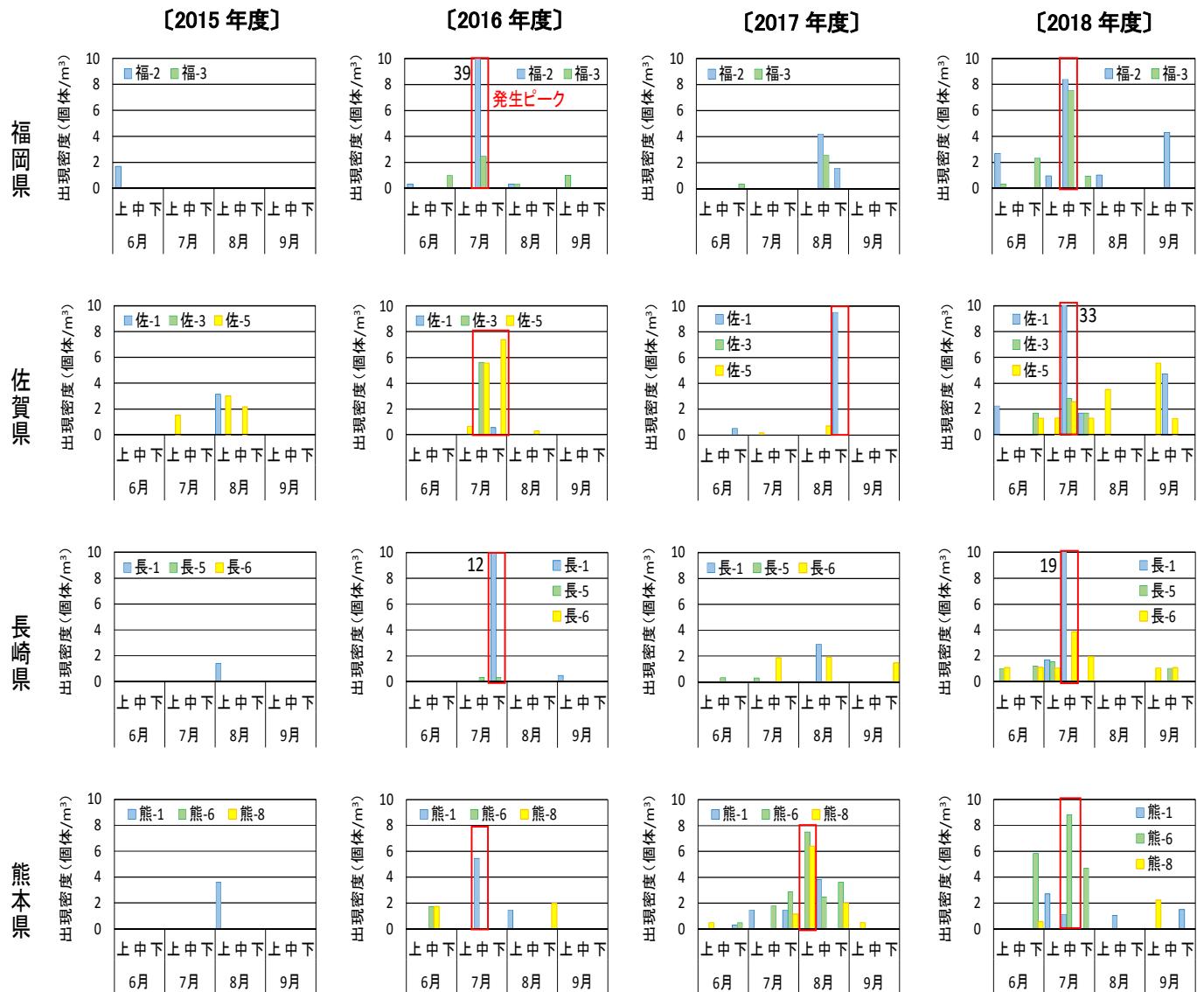


注)浮遊幼生調査は、各地点の水深に応じて 2 層 (2m^3)、3 層 (3m^3) で浮遊幼生を採取しており、平面図の浮遊幼生数は、各年度の発生規模を便宜的に示すため、6～9 月にかけて実施された計 12 回の調査結果を合計した浮遊幼生数 (1 層 1m^3 相当数) を表したものである。

図 2.9.3-7 タイラギ浮遊幼生の水平出現特性(2015(平成 27)～2018(平成 30)年度)

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」

タイラギ浮遊幼生の各年度、県別の経時的出現状況を図 2.9.3-8 に示す。2015(平成 27)年度は明確な発生ピークはみられなかったものの、2016(平成 28)年度以降の発生ピークは、概ね 7 月から 8 月に 1~2 回見られ、これは本種の成熟盛期⁷⁾と一致していた。ただし、浮遊幼生の出現ピークの発生時期については、年変動が大きいことが推察される。2016(平成 28)年度の福-2 の累計出現密度は 40 個体/m³ に対して 7 月中旬に 39 個体/m³ 検出されていること、2018(平成 30)年度の佐-1 における累計出現密度は 42 個体/m³ に対して、7 月中旬に 33 個体/m³ が検出されていることなど、数度の出現ピークが年間の累計出現密度に相当することが分かる。



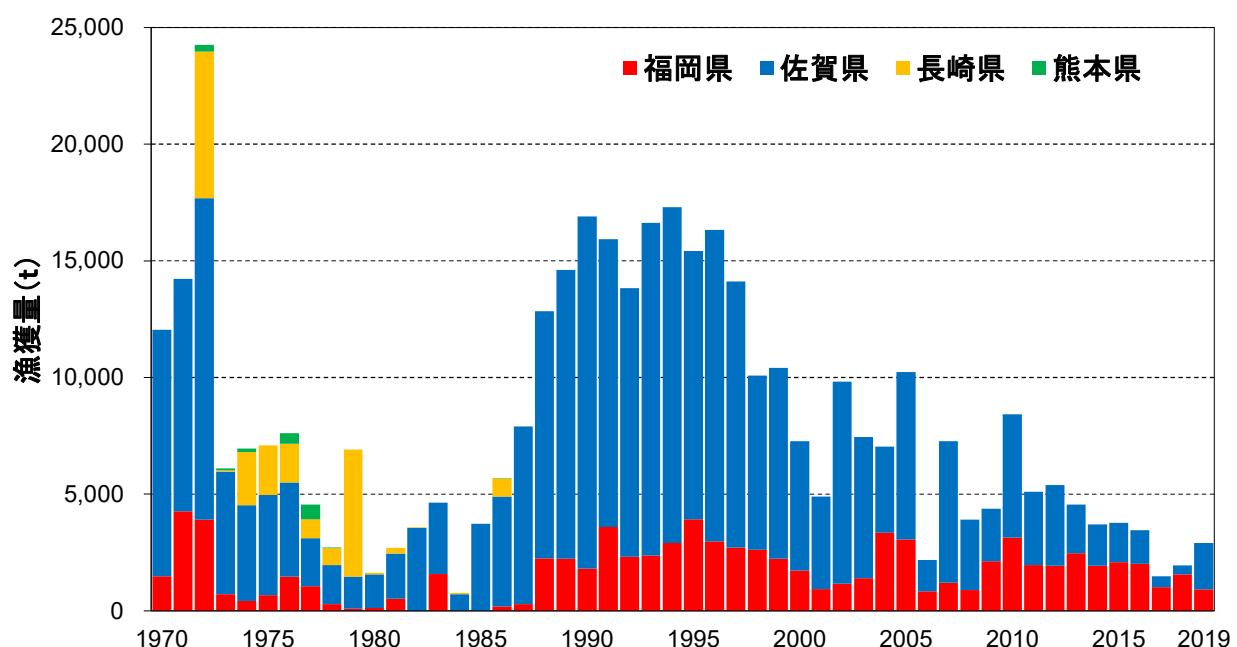
(注)ここでは、4カ年すべての調査データが揃っている 11 定点のデータのみを表示している。

図 2.9.3-8 タイラギ浮遊幼生の各年度、県別の経時的出現状況

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) サルボウ

サルボウ漁場はA1海域(佐賀県西部及び矢部川河口域)が中心である。1972(昭和47)年に24,252tの漁獲量があったが、その後、へい死(原因は不明)が発生して漁獲量が減少した。へい死は1985(昭和60)年を境に収束し、1988(昭和63)～1997(平成9)年にかけて10,000tを超える漁獲量(最大17,299t／1994年)がみられた。1998(平成10)年以降は、全体的には減少傾向にあるものの、年によっては5,000tを超える年もあったが、2012(平成24)年以降は減少傾向にある(図2.9.3-9)。なお、サルボウの漁獲量は属人統計のため、県ごとの漁獲量がそのまま生息海域からの漁獲を示しているとは限らないことへ留意する必要がある。



注) 2007～2010年の期間サルボウ漁獲量は農林水産統計で集計していないため、県のデータが存在する福岡県(福岡県提供)と佐賀県(佐賀県提供)の漁獲量のデータのみ計上。

図 2.9.3-9 有明海におけるサルボウの漁獲量推移

出典：農林水産省「農林水産統計」、福岡県提供資料及び佐賀県提供資料をもとに環境省が作図した。

(3) アサリ

ア) 漁獲量

有明海でのアサリの漁獲量は、1977(昭和 52)～1983(昭和 58)年には 4 県の漁獲合計がピークに達し(有明海におけるアサリは熊本県沿岸で最も多く漁獲され、1977(昭和 52)年に 65,000t の漁獲を記録)、1983(昭和 58)年には最大となる 90,386t となった。その後減少し、1996(平成 8)年以降、2,000t 前後で推移した。2003(平成 15)年から 2008(平成 20)年にかけて有明海全域で資源が一時的に回復し、2006 年(平成 18)の漁獲量は 9,655t に達した。しかしながら、2009(平成 21)年以降再び漁獲量が減少している(図 2.9.3-10)。2014(平成 26)～2015(平成 27)年に比較的高い稚貝の発生がみられ、2018(平成 30)年の漁獲量が福岡県で 1,682t、A4 海域に相当する熊本県の 2017(平成 29)年の漁獲量が 672t まで増加した。

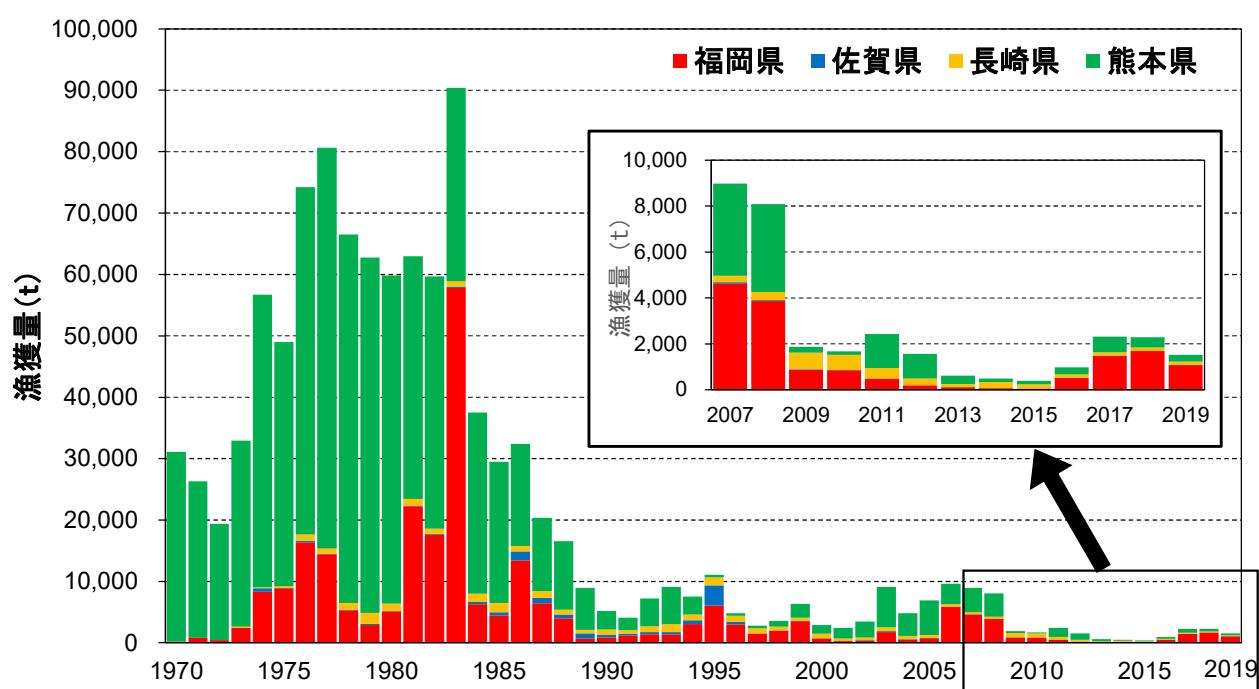


図 2.9.3-10 有明海におけるアサリ漁獲量の推移

出典:農林水産省「農林水産統計」をもとに環境省が作図した。

八代海におけるアサリは熊本県沿岸で 1985(昭和 60)年に 2,891t の漁獲があり、1970(昭和 45)年以降では最高であった。その後変動幅は 500～1,500t と大きいものの、1993(平成 5)～2000(平成 12)年の間で 6 年ほど 1,000t を超える漁獲量がみられた。2005(平成 17)年以降漁獲量が増加し、2008(平成 20)年には 1,721t となつたが、その後減少し、2012(平成 24)年以降は低い水準で推移している(図 2.9.3-11)。

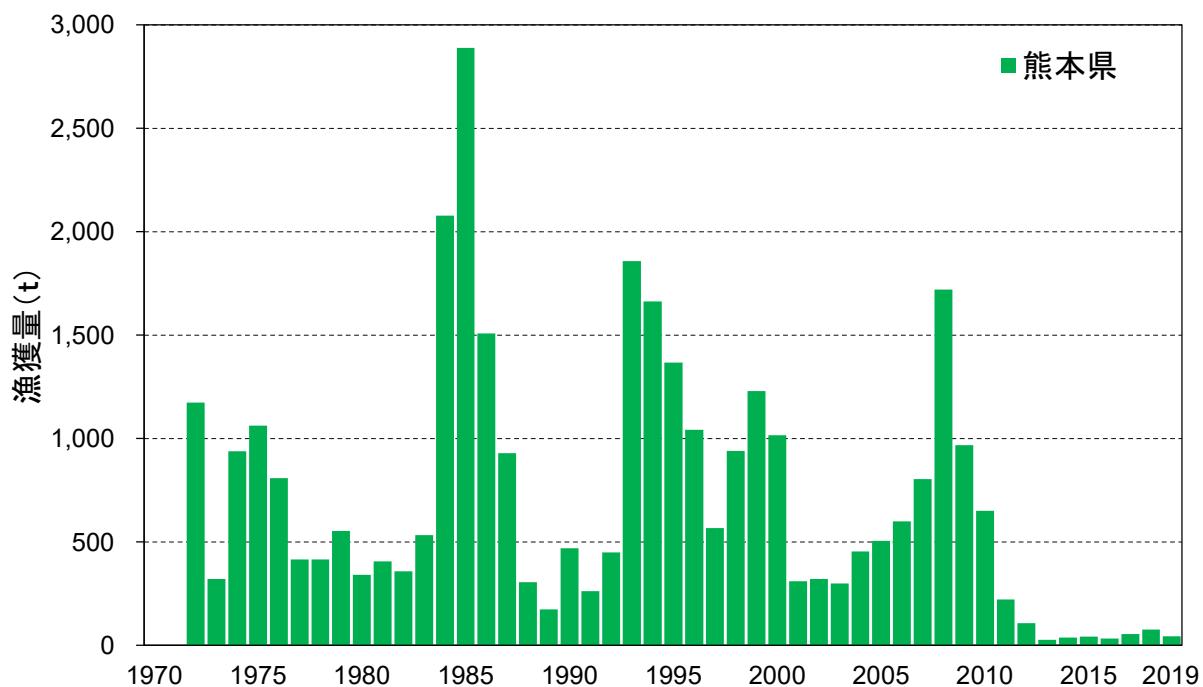


図 2.9.3-11 八代海におけるアサリ類漁獲量の推移

出典:農林水産省「農林水産統計」をもとに環境省が作成した

イ) アサリ浮遊幼生の出現状況

アサリの生活史を図 2.9.3-12 に示した⁸⁾。アサリも他の有用二枚貝同様に体外受精を行い、卵と精子を海水中に放出して受精卵を形成する。アサリでは「発生」～「着底」のステージでは、浮遊幼生が潮流に乗り、海域区分を越えて広域に浮遊・分散するため、有用二枚貝浮遊幼生の出現状況、稚貝の着底状況に関しては、有明海全域で論議する必要がある。アサリの浮遊期間は 10 日間から 2 週間程度と言われている。

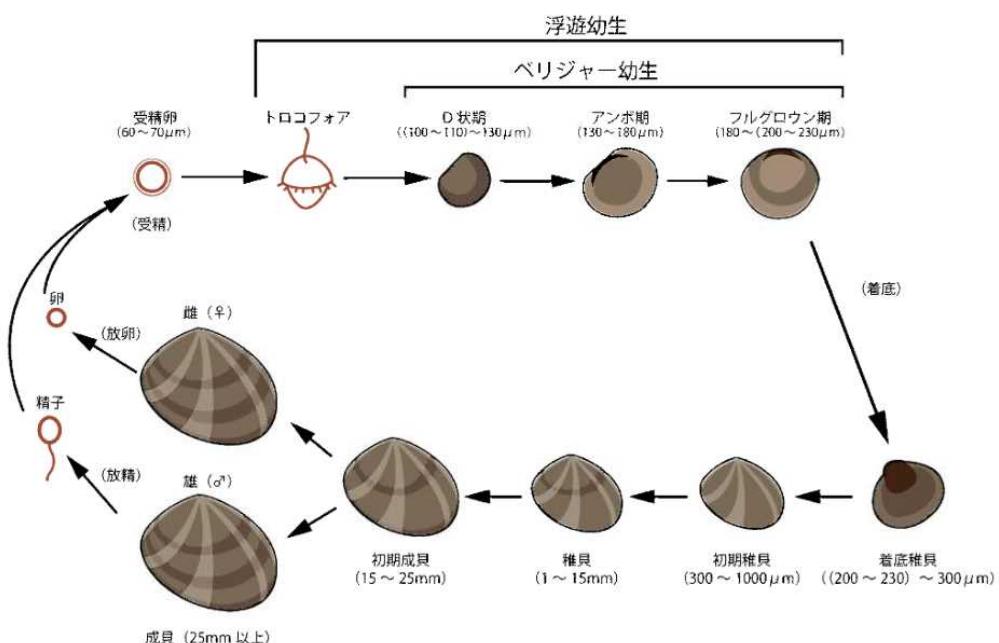


図 2.9.3-12 アサリの生活史

出典:社団法人全国沿岸漁業振興開発協会(2006)「沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針(ヒラメ・アサリ編)」より作成した。

有明海のアサリ浮遊幼生出現状況について、2015(平成 27)年以降、図 2.9.3-13 に示した地点において、産卵期の6~9月にかけて広域調査が実施されている。本調査はアサリの主要漁場である A1、A4、A6 海域のみならず、湾中南部海域である A5、A7 海域を含む調査である。

各年度の調査結果(出現密度の水平分布)を図 2.9.3-14 に示した。ここでは各定点における出現規模の年変動を便宜的に比較するために、各調査定点毎の出現密度を調査回数分合計した数字を示す。なお、各調査定点の水深が異なるため、定点毎の発生総量を厳密に示したものではないことに留意が必要である。

アサリは産卵盛期が春と秋の2回みられることから、春期と秋期のそれぞれの調査時の出現密度(個体/m³)の総計である。

春期の3年間の調査のうち、2017(平成 29)年度の累計の出現密度は3カ年の中でも最も高く、福-4 における累計出現密度が 15,546 個体/m³となっていた。これに比較すると、2018(平成 30)年度は累計の出現密度が 1 枝近く少ない出現であった。春期の出現は概ね湾全域でみられるが、福岡県から熊本県の沿岸部で比較的高い累計出現密度がみられる。

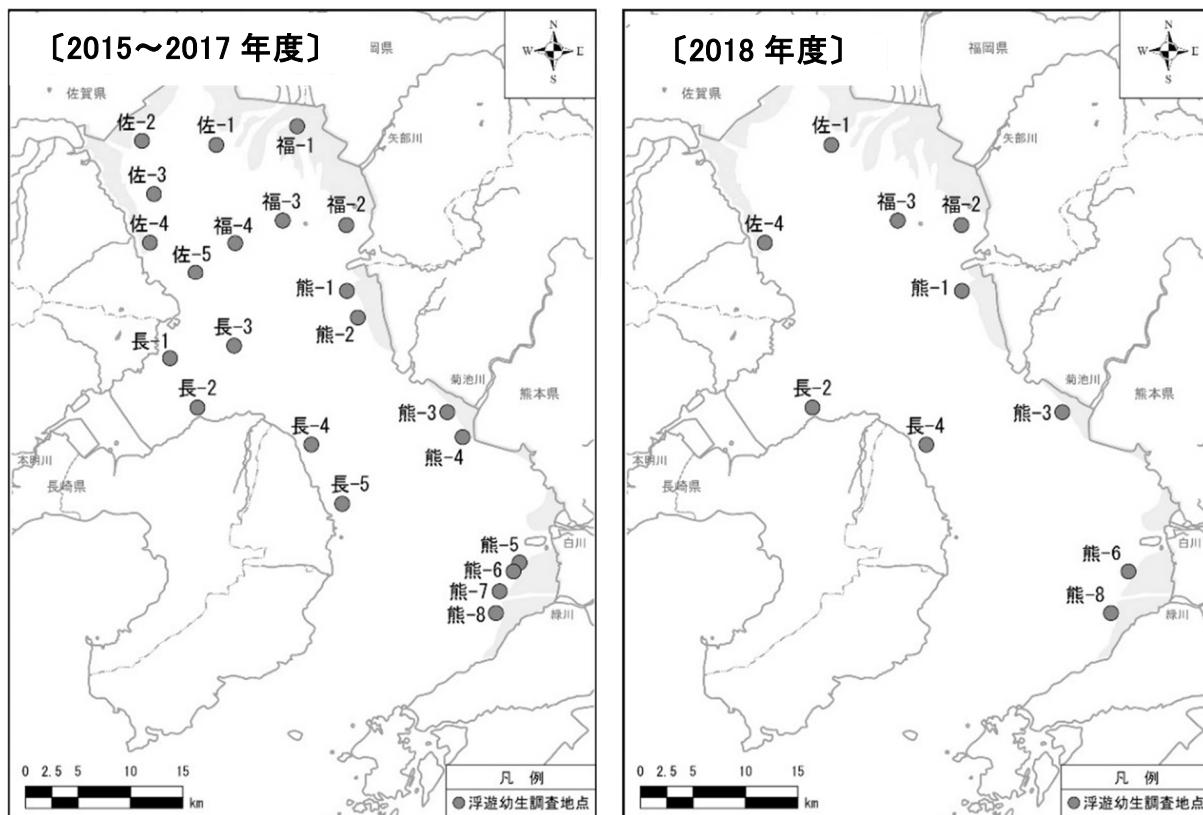
秋期は春期に比較すると累計の出現密度がやや低めに推移し、かつ高密度で出現する定点がいくつかみられた。4 年間の調査のうち、大牟田地先から長洲地先にかけて(福-2、熊-1、熊-2)で高い累計出現密度がみられている。

2017(平成 29)年度は春期も秋期も高いアサリ浮遊幼生の出現がみられているが、図 2.9.3-10 に示した漁獲量でもこの年度は近年としては比較的高い漁獲がみられていることから、親貝資源の規模と浮遊幼生発生量との関係性が示唆される。また、アサリの浮遊幼生の出現は、アサリの主要な生息域である福岡県から熊本県の沿岸で高い出現がみられているが、アサリの生息がほとんどみられない佐賀県地先でも低いながら常に浮遊幼生の出現がみられることから、幼生が湾全域で広域に拡散していることが推定される。

また、春期、秋期における浮遊幼生の旬別の変化を図 2.9.3-15 と図 2.9.3-16 に示す。春期の結果では、2018(平成 30)年度は明確なピークが見られなかったものの、他の年では図中赤囲みのとおり、各海域で、異なる時期においてピークが見られた。ただし春期の出現ピークは年変動が大きいことが分かった。秋期では、シーズンごとに 1 から 3 回のピークが認められ、出現ピークは 10 月中旬から 11 月中旬に集中していた。2010(平成 22)年と 2011(平成 23)年に行われた組織学的観察結果でも、秋期の肥満度の最小値が 11 月に観察されと同時に雌雄とも放出期が認められており⁹⁾(松本ら 2014)、今回の調査結果とほぼ合致している。

日本の主要なアサリ漁場である東京湾、三河湾、伊勢湾のアサリ浮遊幼生発生量を文献値^{10)、11)、12)}と比較したところ、東京湾で 200~900 個体/m³以上(いずれも殻長 100 μm 以下の D 型幼生¹⁰⁾)、三河湾で 100~20,000 個体/m³(D 型幼生からフルグロウン期幼生までの浮遊幼生¹¹⁾)、伊勢湾で 100~300 個体/m³(D 型幼生からフルグロウン期幼生までの浮遊幼生¹²⁾)であった。有明海におけるアサリ浮遊幼生の発生量(100~15,000 個体/m³、D 型幼生からフルグロウン期幼生までの浮遊幼生)は三河湾の発生量と同程度であった。親貝資源量や海水交換率など湾の物理学的な構造が異なるた

め、出現密度を単純に比較できないが、調査期間中のアサリ資源量は過去最低レベルであったにも拘わらず、広域で他海域と同じかより高い浮遊幼生の発生がみられた。



注)2015(平成 27)～2017(平成 29)年度は 22 地点(左図)、2018(平成 30)年度は 3 か年の調査結果を踏まえ、10 地点(右図)で実施された。

浮遊幼生調査はアサリの産卵期が春と秋の2回みられることから、春期は 4～6 月に月 3 回、秋期は 9～11 月に月 3 回を基本として実施された。

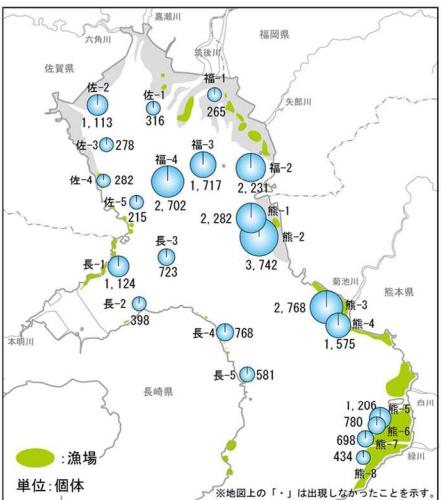
図 2.9.3-13 アサリ浮遊幼生出現広域調査地点図

出典:環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

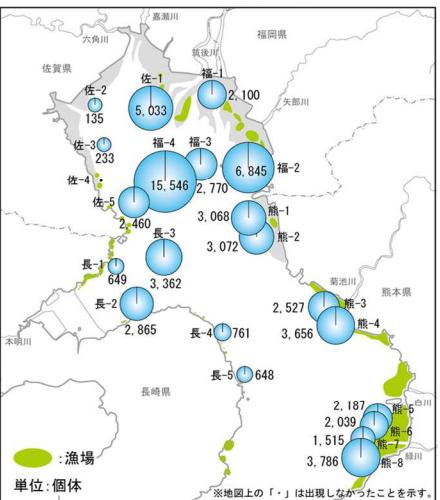
[2015 年度春期]



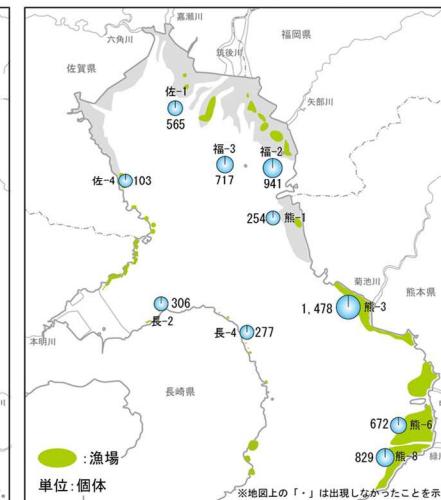
[2016 年度春期]



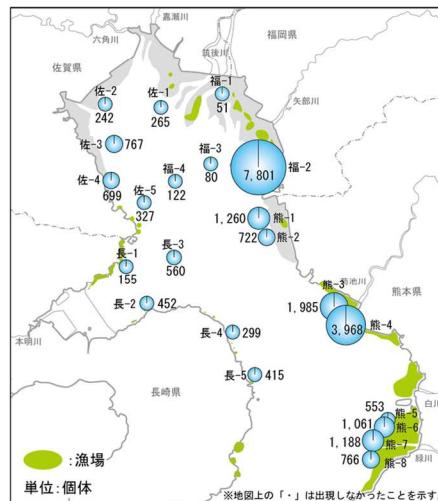
[2017 年度春期]



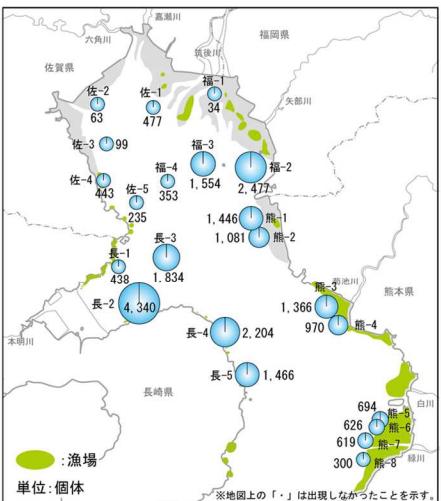
[2018 年度春期]



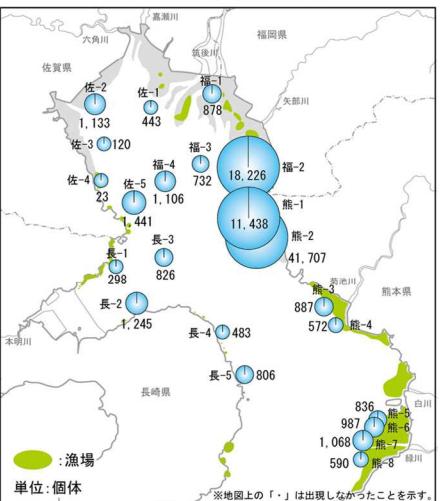
[2015 年度秋期]



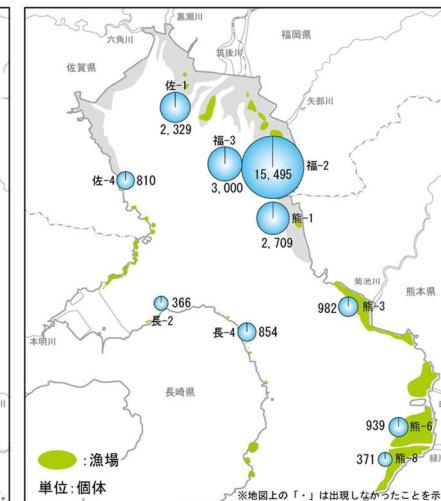
[2016 年度秋期]



[2017 年度秋期]



[2018 年度秋期]



注)浮遊幼生調査は、各地点の水深に応じて 2 層(2m³)、3 層(3m³)で浮遊幼生を採取しており、平面図の浮遊幼生数は、各年度の発生規模を便宜的に示すため、調査期間中(春季:4~6 月、秋季:9~11 月)の調査結果を合計した浮遊幼生数(1 層 1 m³相当数)を表したものである。

図 2.9.3-14 アサリ浮遊幼生の出現状況(2015(平成 27)年度～2018(平成 30)年度の経時変化)

出典:環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

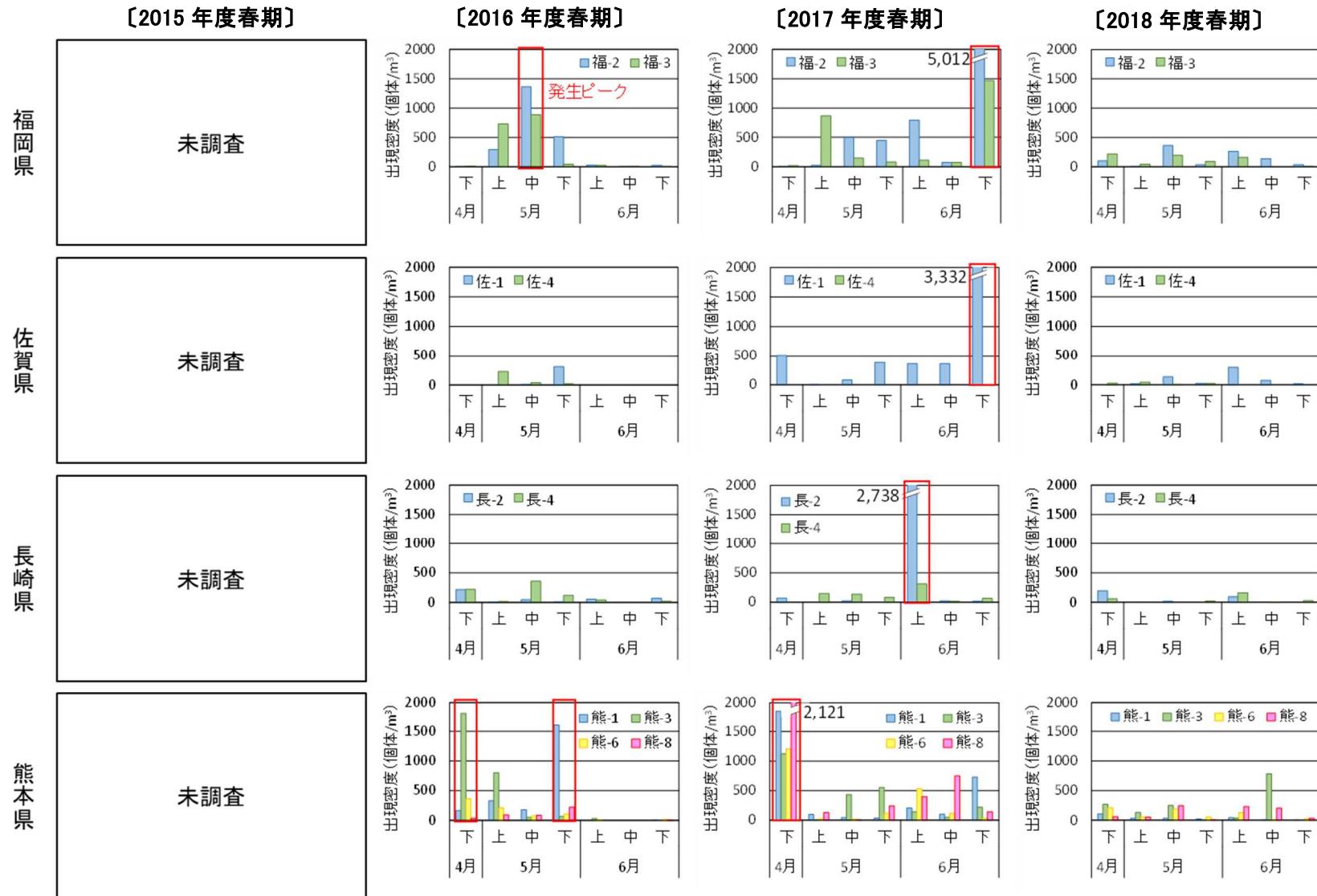
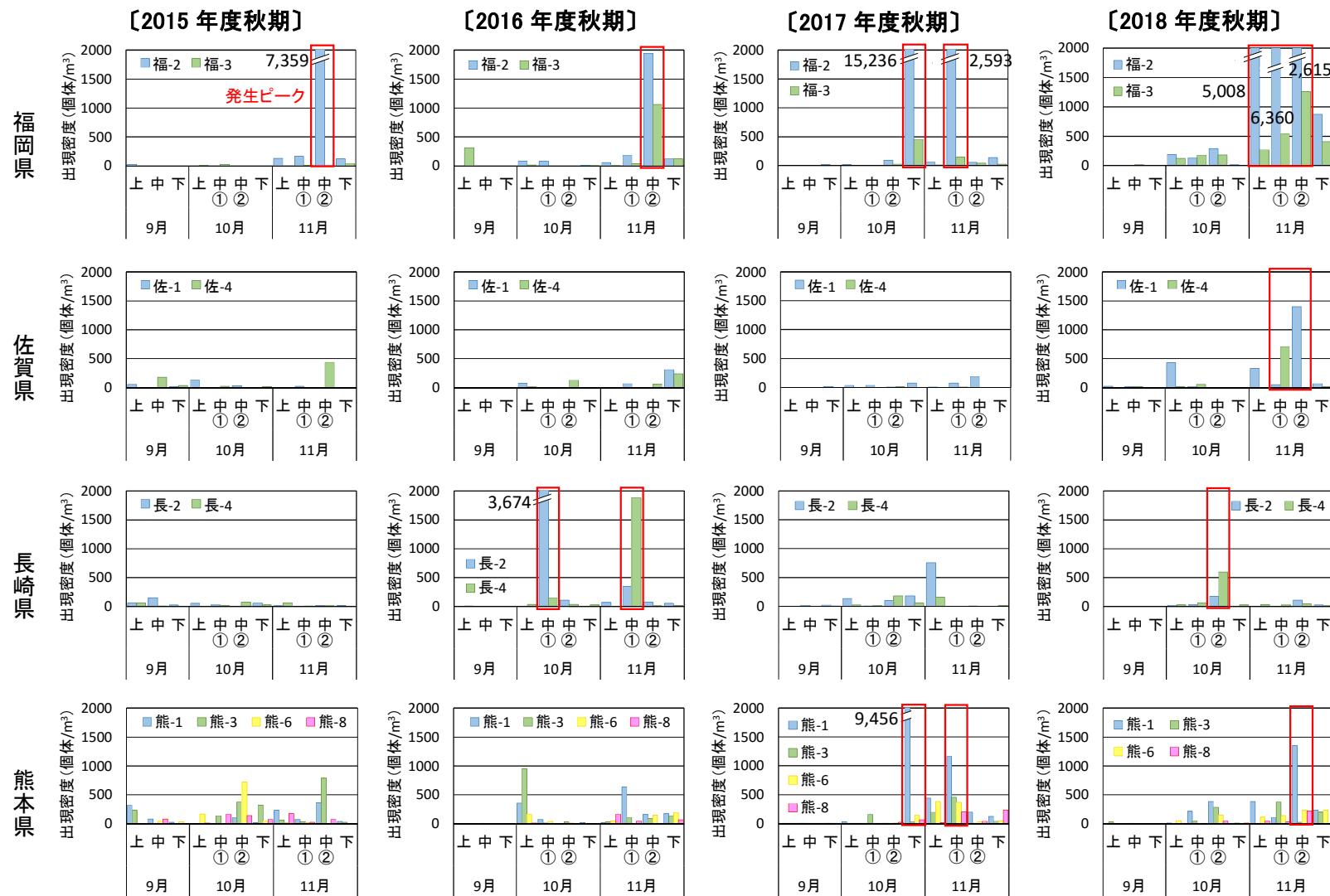


図 2.9.3-15 アサリ浮遊幼生の出現状況(浮遊幼生の旬別の変化・春期)

出典:環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」



注)ここでは、4カ年すべての調査データが揃っている10定点のデータのみを表示している。

図 2.9.3-16 アサリ浮遊幼生の出現状況(浮遊幼生の旬別の変化・秋期)

出典:環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

2.9.4 魚類

(1) 有明海の魚類

ア) 魚類漁獲量

有明海の魚類漁獲量は、1987(昭和 62)年をピーク(13,000t 台)に減少傾向を示しており、1999(平成 11)年には 6,000t を割り込んだ(図 2.9.4-1)。減少傾向は、2000(平成 12)年以降も継続し、2015(平成 27)年以降の数年間は低位のままほぼ横ばい傾向を保ったものの、2018(平成 30)年には過去最低となった(2,455t)。

有明海の漁獲努力量等の資源評価を行うための基礎情報が乏しいことから、ここでは、漁獲量の動向を資源変動の目安と考えることとした(過去の委員会報告に同じ)。県別にみると 1987(昭和 62)年以降、長崎県、佐賀県、熊本県、熊本県の順で漁獲量の減少が大きい。これまでの評価委員会での検討を踏まえれば、これは有明海における魚類の主漁場である湾央～湾奥の資源量の減少を表している可能性がある。

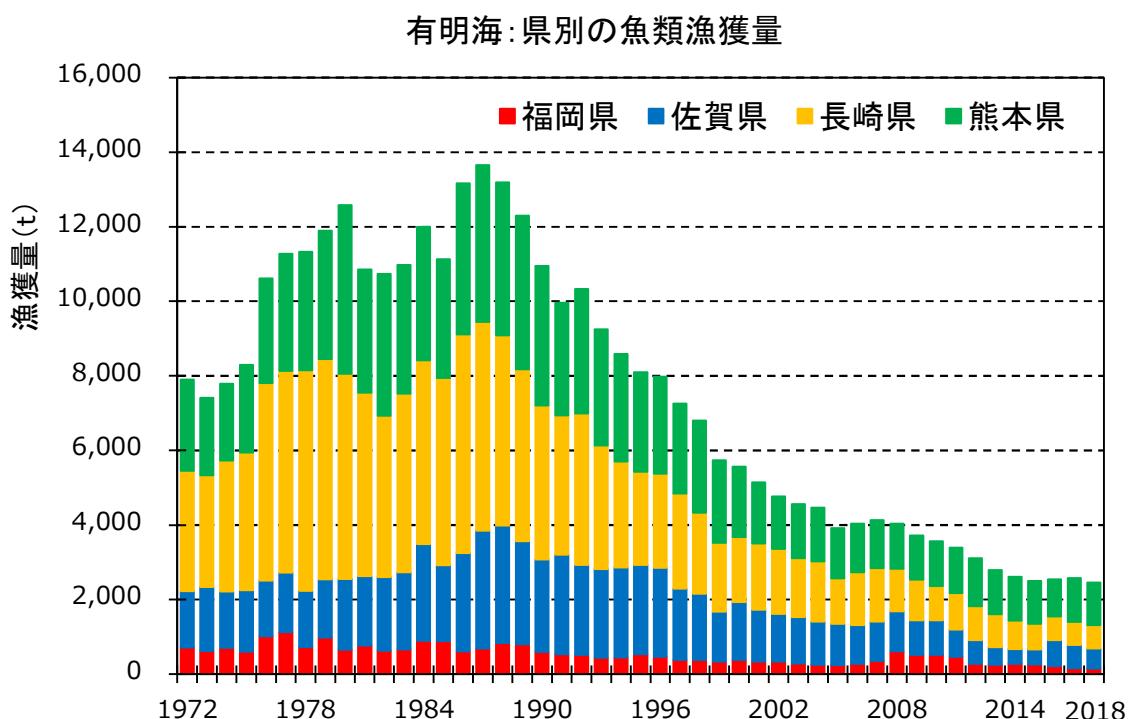


図 2.9.4-1 有明海の魚類漁獲量(海面漁業)の経年変化

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第6回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

なお、魚類資源に関する研究は少しづつ増え、ニベ・グチ類^{13~17)}やウシノシタ類(シタビラメ類^{18), 19)}などのように、種によっては魚類資源の再生産機構や資源の減少要因の解明につながる重要な知見も蓄積されているものの、未だ有明海全体の魚類資源や魚類の多様性を包括的に把握するには十分ではない。

有明海の魚類漁獲量については底生魚類の占める割合が多く、また、それらの減少程度が大きいことから、ここでは過去の委員会報告においても検討の中心となってきた代表的な底生魚類であるニベ・グチ類とウシノシタ類(シタビラメ類)の魚種別漁獲量について取り上げる。平成 28 年度委員会報告以降の動向については、更なる減少傾向

が続いている状況である(図 2.9.4-2)。

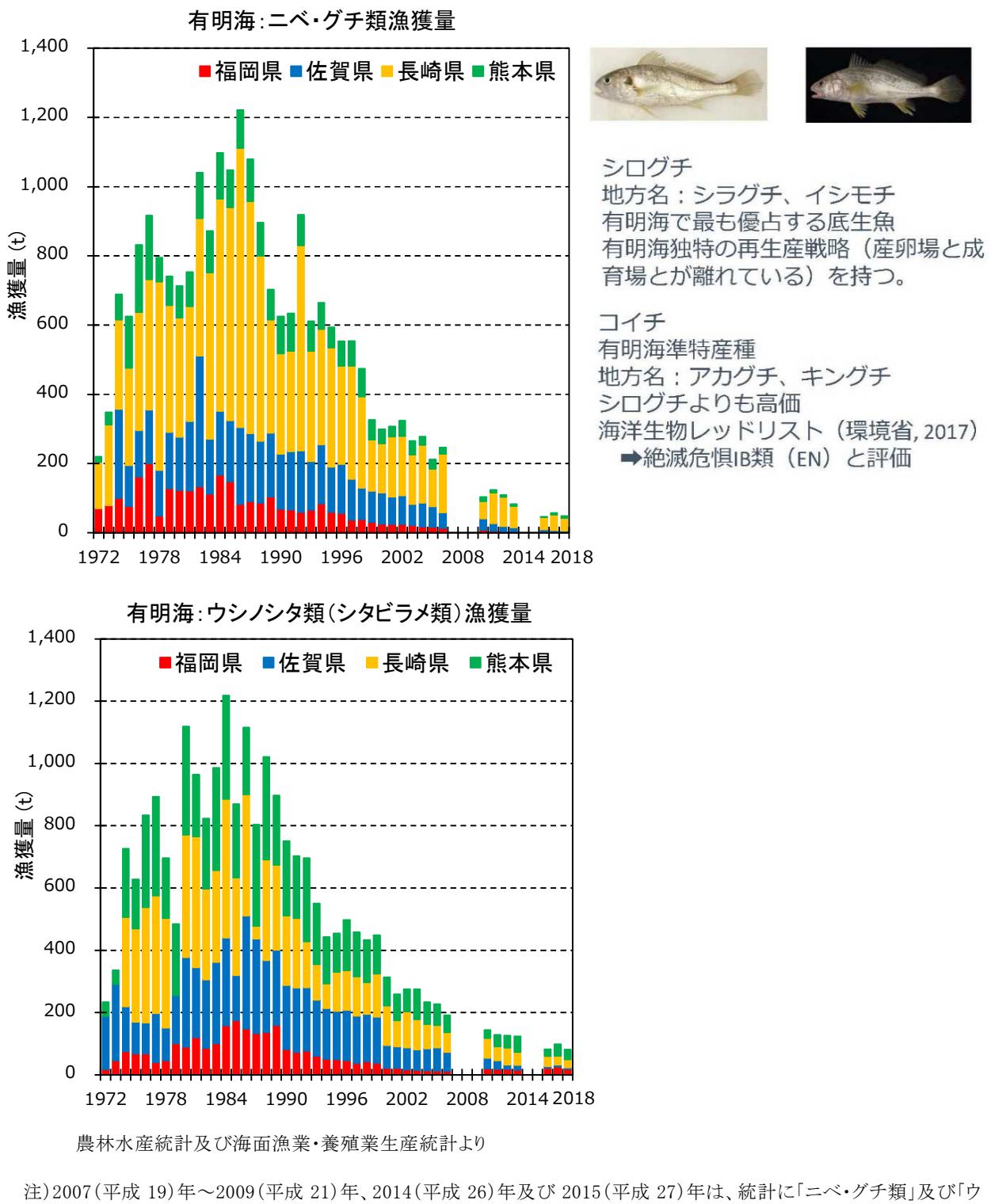


図 2.9.4-2 有明海における主要な底生魚類の漁獲量の推移

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第6回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

(2) 有明海の魚類の変動要因について

ア) 初期減耗の増大

有明海における主要な底生魚類の減少要因の一つに初期減耗の増大が挙げられる。平成 28 年度委員会報告では、初期減耗が大きくなる要因として、感潮域、河口域、干潟・浅海域の減少、底質や底層環境の変化、成育場の環境変化や卵仔魚の輸送に関わる流れの変化等の影響の可能性が挙げられたが、特定はできておらず、その後の知見の更新はなされていない。

イ) 生態系構造の変化の可能性

有明海で多くの魚類が減少する中、エイ類の増加が疑われたことから、平成 18 年の委員会報告では、有明海の魚類に見られた変化として、底生魚類の漁獲量減少に加え、生態系構造が変化した可能性が指摘されている。当時の有明海では、大型の高次捕食魚類に関する情報がなく、生態系の視点から有明海を捉えることができていなかつた。

近年、有明海はサメ・エイ類を含め豊富な高次捕食者から成る生態系構造であることが明らかにされつつある。平成 18 年の委員会報告以降、大学等の研究により有明海の高次捕食者の研究が進められ、高次捕食者の中にはアカエイのように周年有明海で過ごす種もいるが²⁰⁾、ナルトビエイのように季節的に有明海を繁殖・摂餌の場として利用する種も多いこと等が明らかにされた²¹⁾。有明海は、アカシュモクザメなど数種のサメ・エイ類にとって、世界有数の繁殖・成育場としての機能を併せ持つ特別な海域であることも明らかになりつつある²²⁾。

しかしながら、高次捕食者が生態系構造に与える影響(魚類への捕食圧等)や、繁殖・成育場としての環境条件等については未解明であり、有明海における高次捕食者を含めた生態系全体の構造、その機能について今後研究を進める必要がある。

ウ) ナルトビエイの生態的知見の充実

ナルトビエイについては 2000(平成 12) 年頃に地球温暖化と同期して有明海に増加したことが指摘され、貝類のみを専食²³⁾することからアサリやタイラギへの食害が考えられたが、当時はエイ類に関する知見が乏しかった。現在は、分類学的研究により、ナルトビエイは熱帯性の種ではなく、新種であり、日本の南西部を主な生息場とする稀少性の高い東アジアの固有種であることが明らかにされ、新たな学名 *Aetobatus narutobiei* が付与²⁴⁾されるなど、知見が蓄積されつつある。

平成 28 年度委員会報告以降、最も新しい出版物は、19 年間の調査研究に基づくナルトビエイの繁殖生物学と厳しい環境下での生存戦略に関する新たな研究論文「Yamaguchi et al., 2021」である。有明海がナルトビエイの主要な繁殖地かつ成育場としての機能を担うこと、生活史のイベント(摂餌、繁殖、越冬)に特定の環境を要するナルトビエイにとって、有明海はその生存に必要な条件を満たす限られた生息地の一つであることなどが明らかとなっている²¹⁾。

二枚貝類漁獲量への影響を明らかにするための捕食・被食関係を含め、引き続き、ナルトビエイの生態について、定量的な評価等科学的知見を充実する必要がある。

(3) 八代海の魚類

ア) 魚類漁獲量

八代海の魚類漁獲量は、いわし・あじ・さば類など浮魚類の漁獲量の占める割合が大きく、特に近年は、いわし類、さば類が魚類全体の漁獲量の8割以上を占めている。そのため、漁獲量の変化は浮魚類の変化に大きく影響される(図 2.9.4-3)。1982(昭和57)年をピーク(19,000t 台)に変動を繰り返しながらも緩やかな減少傾向を示し、2003(平成15)年及び2006(平成18)年には9,000t 台まで落ち込んだものの、それ以降は再び増加し、2016(平成28)年には漁獲量約21,000t となった。しかし、2017(平成29)年、2018(平成30)年には再び減少した。県別にみると、鹿児島県では近年増加傾向、熊本県では減少傾向である。

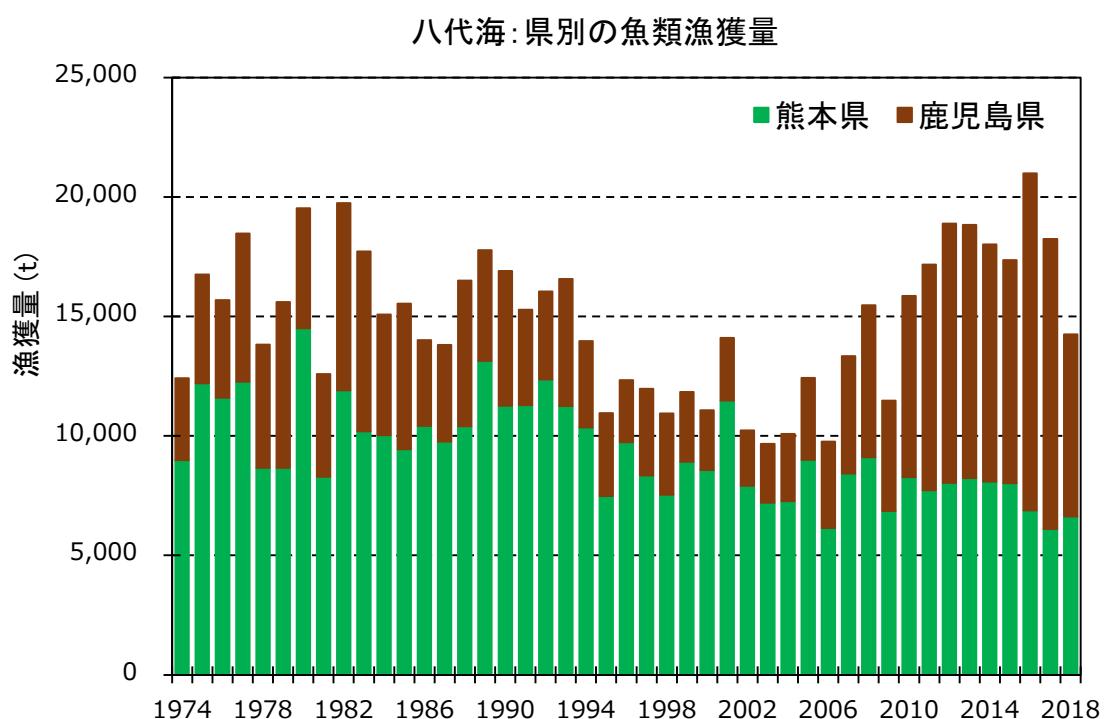


図 2.9.4-3 八代海の魚類漁獲量(海面漁業)の経年変化

出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第6回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

八代海の魚類については、有明海と同様に魚類資源の動向を評価するに十分な情報はない。また、漁獲量データはニベ・グチ類、ウシノシタ類(シタビラメ類)、というように複数種ごとにまとめられており、魚種別に把握できるだけの情報なく、有明海のような漁獲量に基づく種別の資源動向の推定も困難である。

八代海の魚類の分布や生息状況に関する知見は、依然として有明海よりもさらに少なく、2020(令和2)年までの調査では奥部で85種(16目51科70属)が確認されている。コノシロの出現割合が多いことも明らかにされているが、海域ごとの環境と魚類の出現状況の特徴は把握されておらず、調査年数も少ない状況である。また、八代海の奥部には広大な干潟があり、有明海と良く似た環境を持つにもかかわらず、魚類の漁獲に

かかる種構成は異なっており、八代海と有明海では魚類生態系構造が大きく異なる可能性があることが示唆されている。

(4) 八代海の魚類の変動要因について

八代海の生態系構造に係る知見が乏しく、これについて言及することはできない。有明海と同様に、ナルトビエイやアカエイなどの高次捕食者の出現は認められているが、現時点できめ細かにされている高次捕食者の種数は有明海に比べて著しく少なく、それらが常時生息するのかあるいは季節的に滞在するのかなど、その生態についても未解明である。加えて、高次捕食者の餌となる可能性のあるコノシロやニベ・グチ類、クロダイやキチヌなど、奥部に出現する魚類を中心とした生物の食性は調査されておらず、生態系構造を把握するに足る知見はない。

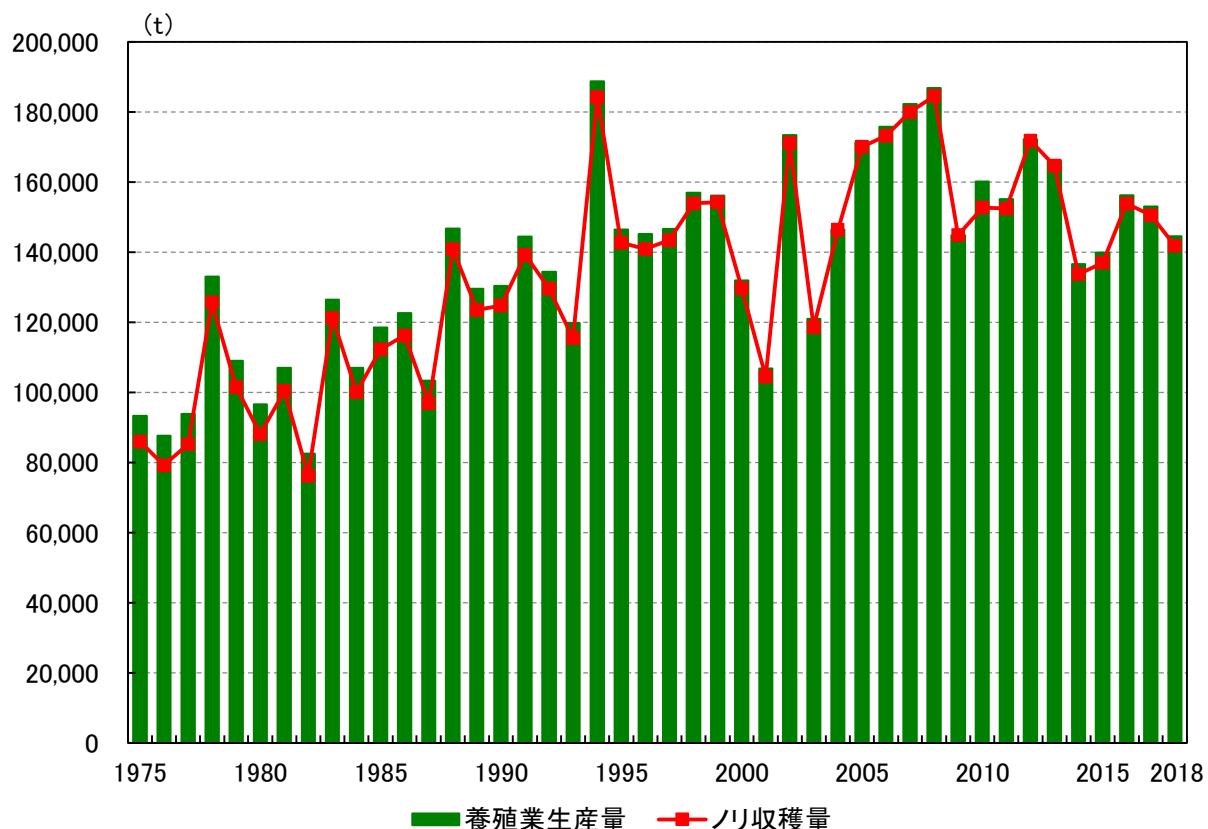
八代海については平成28年度委員会報告以降も基礎情報が不足していることから、サメ・エイ類をはじめとした魚類の生息状況や生態、また各種魚類の動向が生態系の構造や機能に及ぼす影響などについて研究を継続する必要がある。

2.9.5 養殖業生産量

(1) 有明海の養殖業生産量の推移

有明海の養殖業生産量の状況を図 2.9.5-1 に示す。

有明海の養殖業生産量の大部分はノリ養殖によるものであり、ノリ収穫量は 2008(平成 10)年までは増減を繰り返しつつ増加傾向にあったが、その後は 13 万～17 万tの間で推移している。そのほか貝類や魚類の養殖もなされており、双方で約 1%を占める。なお、貝類の養殖生産量のほとんどをカキが占めている。



注:1.福岡県の養殖生産量は、2010 年以降は集計不可となっているため、2009 年の値を用いた。

2.福岡県のノリ収穫量は、2009 年以降は重量が不明なため、収穫量(千枚)に 0.033 を乗じて算出した。

3.長崎県のノリ収穫量は、2012 年以降は重量が不明なため、収穫量(千枚)に 0.037 を乗じて算出した。

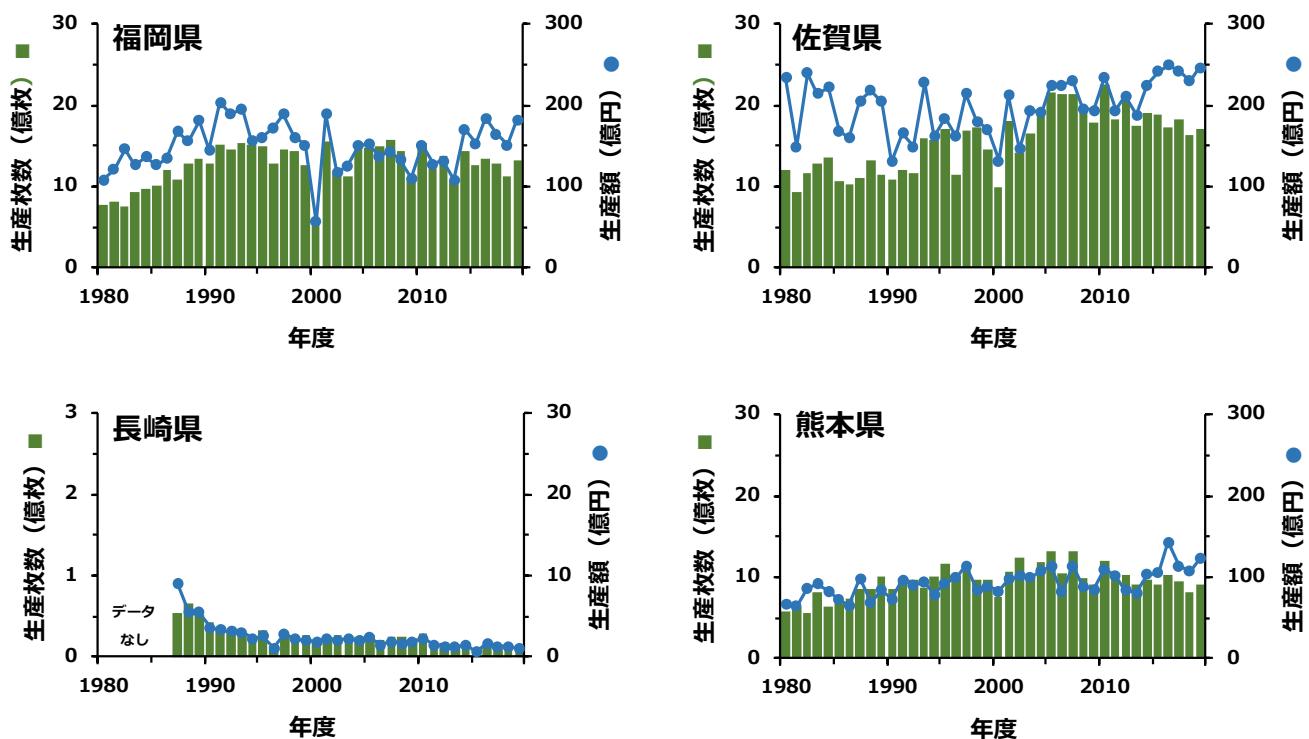
図 2.9.5-1 有明海の養殖業生産量

出典:農林水産統計をもとに環境省が作成した。

ア) ノリの生産量

有明海の福岡県、佐賀県、長崎県及び熊本県海域における1980(昭和55)年代以降のノリ養殖の生産枚数及び生産額の推移を図2.9.5-2に示す。福岡県海域におけるノリ養殖の生産枚数は1980(昭和55)年代に増加し、1990(平成2)年代以降、10~15億枚程度で推移している。生産額についても、1980(昭和55)年代に増加し、1991(平成3)年度には200億円にまで達した。その後減少し、2000(平成12)年代以降は100~180億円程度で推移している。佐賀県海域におけるノリ養殖の生産枚数は、1980(昭和55)年代に10億枚程度であったのが、1990(平成2)年以降増加し、2000(平成12)年代中頃以降は、16~22億枚程度で推移している。生産額は、年度による変動が大きいが、1980(昭和55)年代以降、概ね200億円前後で推移している。熊本県海域におけるノリ養殖の生産枚数及び生産額は、ともに1980(昭和55)年代に増加し、1990(平成2)年代中頃以降、それぞれ10億枚及び100億円前後で推移している。一方、長崎県海域におけるノリ養殖の生産枚数及び生産額は1990(平成2)年前後に減少し、それ以降、生産枚数は1~3千万枚程度、生産額は1~2億円程度で推移している。

このように、2000(平成12)年代中頃以降、有明海におけるノリ養殖の生産量は、長崎県海域を除くと、高い水準で推移している。しかしながら、毎年、高い生産量が安定して維持されているわけではなく、年度によって、生産量の増減がみられる。なお、生産の好不調の要因把握に資するべく、ノリの生産量のみならず、栽培単位での生産状況についても留意する必要がある。



注)1.長崎県海域については、1986年度以前のデータが集計されていない。

2.1995年度以前の熊本県海域のデータについては、八代海のデータを含む。

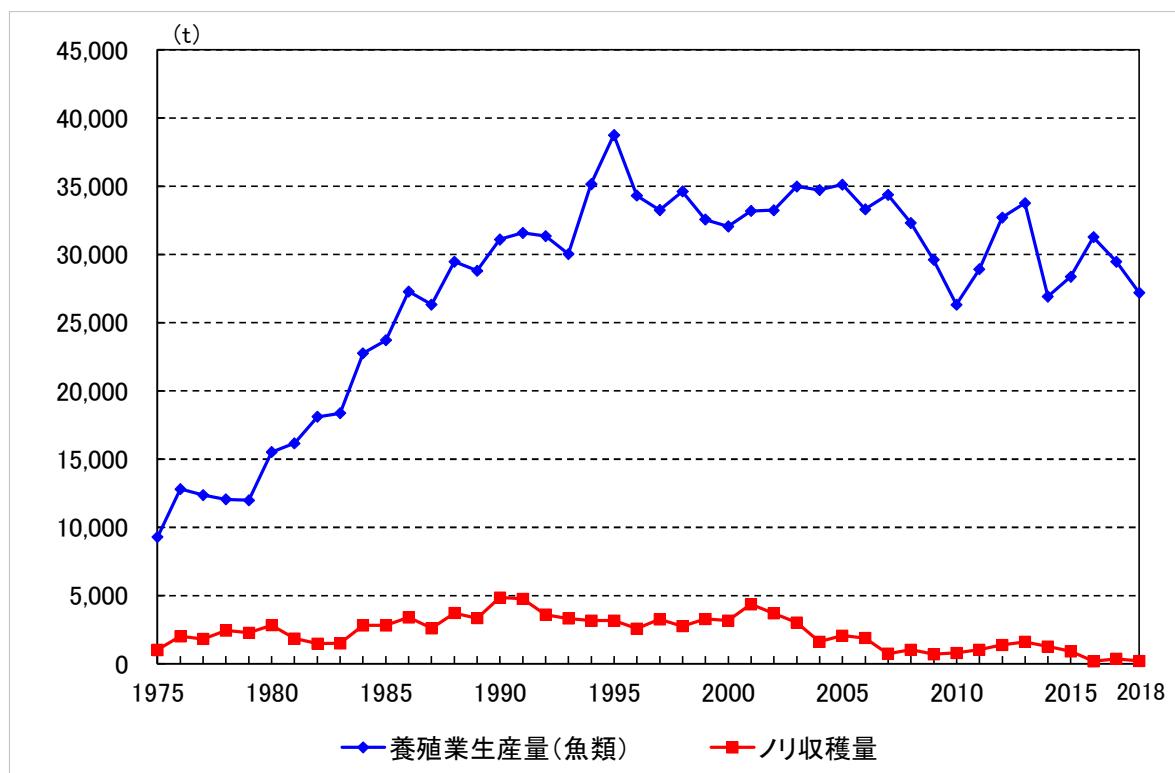
図 2.9.5-2 有明海の福岡県、佐賀県、長崎県及び熊本県海域におけるノリ養殖の生産枚数(カラム)及び生産額(折れ線)の推移

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) 八代海の養殖業生産量の推移

八代海の養殖業生産量の状況を図 2.9.5-3 に示す。

養殖業生産量(魚類)については、1994(平成 6)年までは増加していたが、その後は 2.6 万～3.9 万 t 程度で推移している。ノリ収穫量については、2001(平成 13)年まではやや増加傾向がみられたが、2004(平成 16)年以降は約 2 千 t 以下となっており、減少傾向である。



注:1.養殖業生産量(魚類):海面養殖業のうち、魚類のみの生産量

2.熊本県のノリ収穫量は、2012 年以降は重量が不明のため、収穫量(千枚)に 0.036 を乗じて算出した。

3.鹿児島県の養殖業生産量は、2013 年及び 2014 年は集計不可となっているため、2012 年と同じ値を用いた。

4.鹿児島県のノリ収穫量は、1975 年、1982 年、2004 年、2016 年、2017 年、2018 年は重量が不明のため、収穫量(千枚)に 0.033 を乗じて算出した。

図 2.9.5-3 八代海の養殖業生産量

出典:農林水産統計をもとに環境省が作成した。

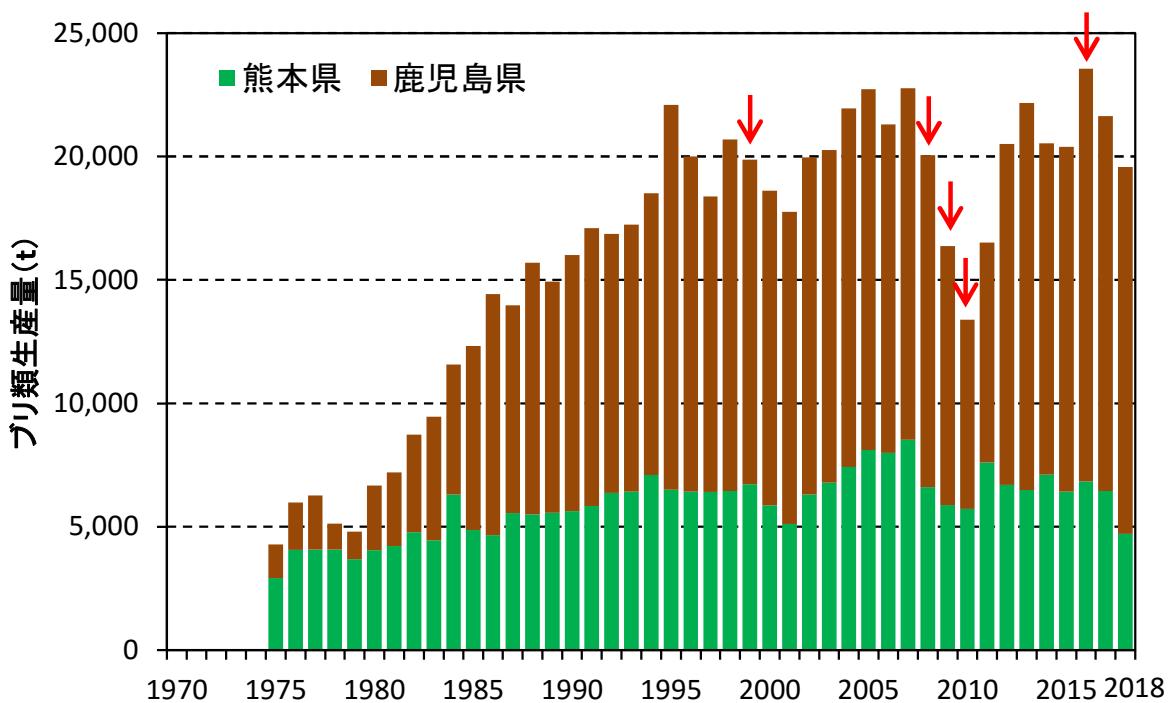
ア) 魚類養殖の状況

八代海では、ブリ、マダイ、トラフグ、シマアジなどの魚類養殖や真珠養殖業等が行われている。八代海における魚類養殖は、ブリ類とタイ類で全体の 90%以上を占めており、図 2.9.5-4 にブリ類、図 2.9.5-5 にタイ類の生産量を示した。

ブリ類については、生産量が横ばいに転じた 1990(平成 2)年代中頃以降、概ね 17,000~23,000t の範囲で推移しているが、2000(平成 12)年に *Cochlodinium* 属赤潮の発生による生産減少が生じたほか、2009(平成 21)年及び 2010(平成 22)~2011(平成 23)年には、主に *Chattonella* 属赤潮により生産量が減少した。

タイ類については、生産量が横ばいに転じた 1990(平成 2)年代中頃以降、概ね 7,400~12,000t の範囲で推移しているが、2000(平成 12)年には *Cochlodinium* 属赤潮で、2008(平成 20)~2010(平成 22)年及び 2016(平成 28)年には *Chattonella* 属赤潮によって単年度で 1 億円を超える漁業被害が発生している。

赤潮生物のなかでも、*Cochlodinium* 属と *Chattonella* 属については、魚類、特にブリ類に対する毒性が強いため、赤潮が発生すると養殖魚類に甚大な被害を与えることが知られており、これらの赤潮がこの海域における 2009(平成 21)年以降の安定した魚類養殖の生産を阻害している重要な要因の一つであると考えられる。

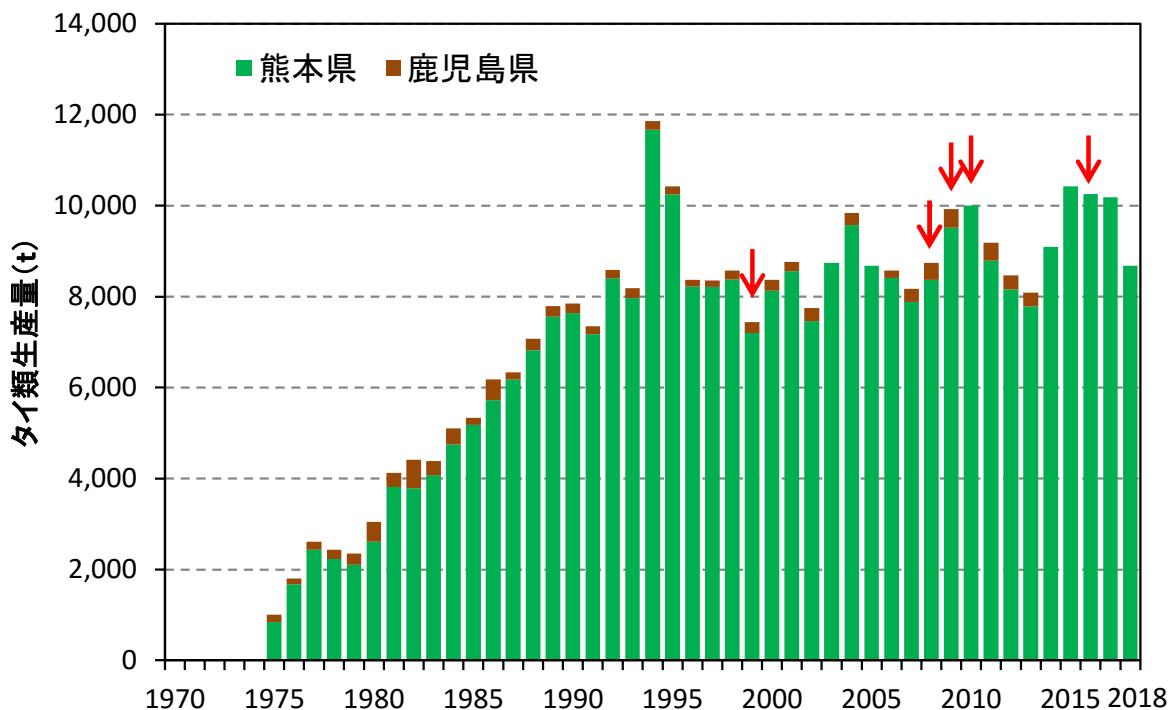


注) 矢印は赤潮により 1 億円以上の漁業被害が発生した年を示す。

図 2.9.5-4 八代海におけるブリ類生産量の経年推移

出典：農林水産省「熊本農林水産統計年報（昭和 50～平成 30 年）」

農林水産省「鹿児島農林水産統計年報（昭和 50～平成 30 年）」をもとに環境省が作成した。



注) 矢印は赤潮により 1 億円以上の漁業被害が発生した年を示す。

図 2.9.5-5 八代海におけるタイ類生産量の経年推移

出典：農林水産省「熊本農林水産統計年報（昭和 50～平成 30 年）」

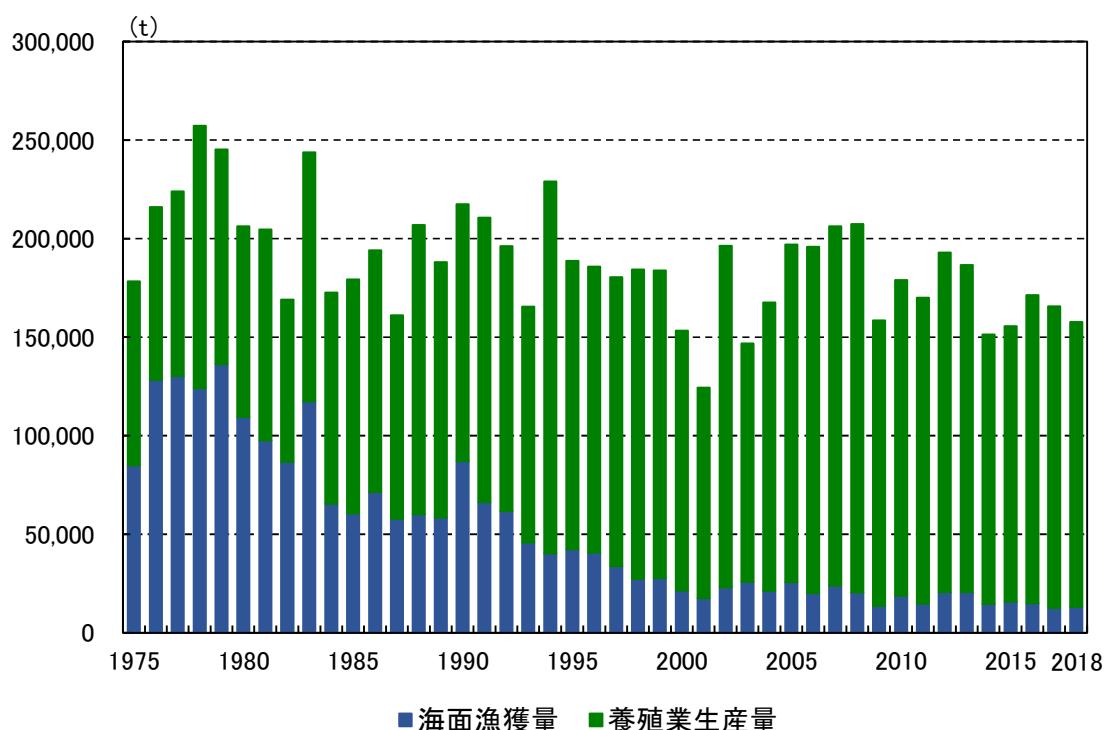
農林水産省「鹿児島農林水産統計年報（昭和 50～平成 30 年）」をもとに環境省が作成した

2.9.6 漁業・養殖業生産量

(1) 有明海の漁業・養殖業生産量の推移

有明海の漁業・養殖業生産量の状況を図 2.9.6-1 に示す。

海面漁業の漁獲量と海面養殖業の生産量の合計である漁業・養殖業生産量は、増減を繰り返しながら 2000(平成 12)年以降 15 万～20 万 t 程度で推移している。海面漁獲量は 1990 年代前半以降、なだらかな減少傾向で推移している。養殖業生産量は 2002(平成 14)年以降は年変動があるものの、横ばい傾向で推移している。



- 注)
1.漁業・養殖業生産量とは、海面漁獲量と養殖業生産量を合計したもの。
2.海面漁獲量とは、魚類、えび類、かに類、貝類、いか類、たこ類、うに類、海藻類等の漁獲量を合計したもの。
3.養殖業生産量とは、海面養殖業のうち魚類の生産量とノリ収穫量を合計したもの。
4.ノリ収穫量は、ノリの生換算重量が存在する場合はその値を使用、存在しない場合はノリ収穫量に係数を乗じて算出した。
5.福岡県の養殖業生産量は、2010 年以降は集計不可となっているため、2009 年の値を用いた。
6.福岡県のノリ収穫量は、2009 年以降は重量が不明なため、収穫量(千枚)に 0.033 を乗じて算出した。
7.長崎県のノリ収穫量は、2012 年以降は重量が不明なため、収穫量(千枚)に 0.037 を乗じて算出した。

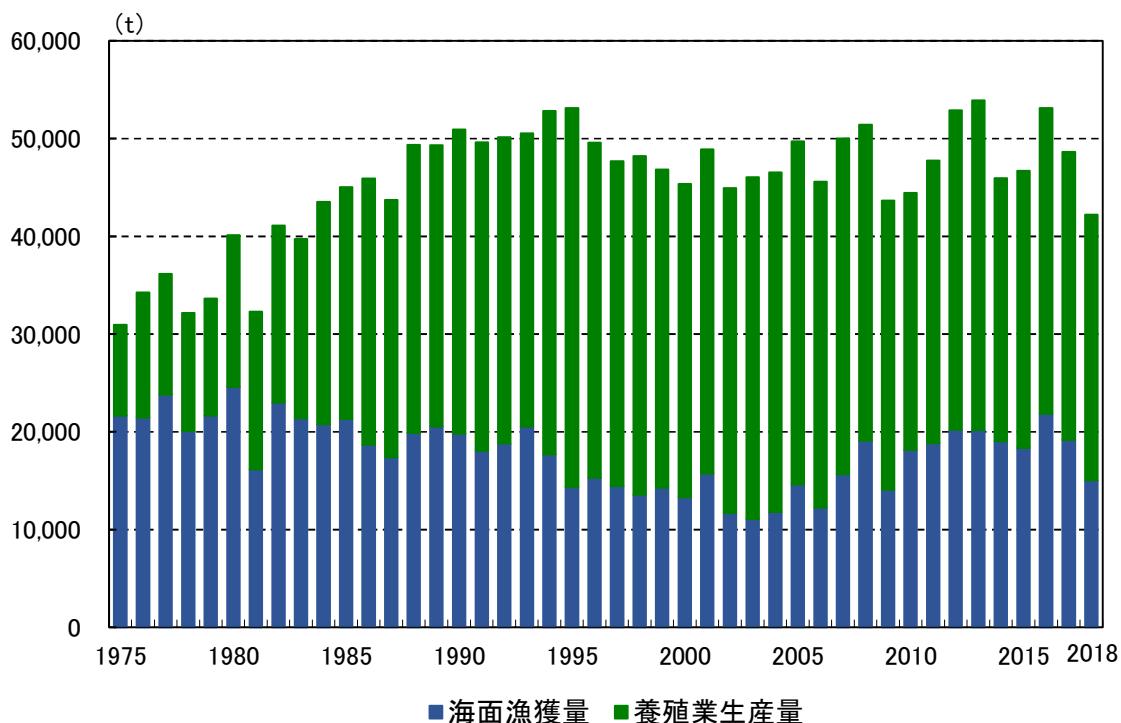
図 2.9.6-1 有明海の漁業・養殖業生産量

出典:農林水産統計をもとに環境省が作成した。

(2) 八代海の漁業・養殖業生産量の推移

八代海の漁業・養殖業生産量の状況を図 2.9.6-2 に示す。

海面漁業の漁獲量と海面養殖業の生産量の合計である漁業・養殖業生産量は、1995(平成 7)年頃までは増加傾向にあったが、その後は増減があるものの、4.2 万～5.4 万 t 程度で推移している。海面漁獲量は 2002(平成 14)年以降はやや増加傾向にあり、2016(平成 28)年は約 2.2 万 t であったが、2018(平成 30)年は 1.5 万 t 程度となっている。養殖業生産量は 1990(平成 2)年頃から 3 万～3.9 万 t 程度で推移している。



- 注)1.漁業・養殖業生産量とは、海面漁獲量と養殖業生産量を合計したもの。
- 2.海面漁獲量とは、魚類、えび類、かに類、貝類、いか類、たこ類、うに類、海藻類等の漁獲量を合計したもの。
- 3.養殖業生産量とは、海面養殖業のうち魚類の生産量とノリ収穫量を合計したもの。
- 4.ノリ収穫量は、ノリの生換算重量が存在する場合はその値を使用、存在しない場合はノリ収穫量に係数を乗じて算出した。
- 5.熊本県のノリ収穫量は、2012 年以降は重量が不明のため、収穫量(千枚)に 0.036 を乗じて算出した。
- 6.鹿児島県の養殖業生産量は、2013 年及び 2014 年は集計不可となっているため、2012 年と同じ値を用いた。
- 7.鹿児島県のノリ収穫量は、1975 年、1982 年、2004 年、2016 年、2017 年、2018 年は重量が不明のため、収穫量(千枚)に 0.033 を乗じて算出した。

図 2.9.6-2 八代海の漁業・養殖業生産量

出典:農林水産統計をもとに環境省が作成した

2.9.7 まとめ

(1) 有明海・八代海等を中心に生息する生物(固有種、希少種等)

有明海・八代海等には、国内で本海域を中心に生息する生物が数多く存在している。特に、有明海及び八代海では、国内で両海域固有、又は国内で両海域を主な分布域とする大陸系遺存種が数多く確認されており、それらの中には環境省レッドリスト等に掲載されている希少種も複数みられる。

(2) ベントス(底生生物)

有明海におけるベントスの種類数については、湾央部から湾口部寄りで多い傾向がみられ、経年的には A2～A7 海域では変動幅が大きく、A1 海域は低位で横ばいで推移している。個体数は湾奥部寄りで多く、近年は A2 海域及び A3 海域で大きな変動幅がみられる。特に A2 海域の Afk-2 では、2009(平成 21)年以降、日和見種であるホトギスガイの優占により、夏期の総個体数が高い値となっている。A3 海域の Asg-4 では、2018(平成 30)年以前は有機汚濁耐性種のダルマゴカイ等の環形動物が優占していたが、2019(令和元)年以降は二枚貝類のヒメカノコアサリの優占によって総個体数が大きく増加した。湿重量は湾奥部において調査時期ごとに大きな変動がみられ、A1 海域の Asg-3 ではサルボウガイ、A2 海域ではホトギスガイ、A3 海域ではヒメカノコアサリによるものと推察される。個体数の変動解析結果によると、4 地点で減少傾向にあり、このうち 3 地点で環形動物門と節足動物門の減少傾向が共通しているものの、その他の動物門については明確な傾向はみられなかった。

八代海では、種類数・個体数は湾奥部や湾口部寄りで多い傾向であり、また、調査時期による変動は有明海に比べて小さいものと考えられる。種類数の経年変化については、全体的には概ね横ばい傾向であるものの、Y4 海域の Ykg-1 と Y5 海域の Ykm-7 では他の海域に比べて変動幅が大きく、種類数が比較的多い。個体数は Y1 海域の Ykm-1 で 2000(平成 12)年代にホトギスガイによる高い値、湿重量は Y1 海域の Ykm-2 で同じくホトギスガイによる高い値がみられた。個体数の変動解析結果によると、3 地点で減少傾向にあり、この 3 地点全てで環形動物門の減少傾向が共通してみられたが、その他の動物門については明確な傾向はみられなかった。

(3) 有用二枚貝

有明海でのタイラギの漁獲は、1979(昭和 54)年には最大となる 29,305t を記録したが、熊本県では 1980(昭和 55)年代から、長崎県では 1990(平成 2)年代から、佐賀県・福岡県では 2000(平成 12)年頃から漁獲量が減少し、2000(平成 12)年以降は低迷した状態が続き、2012(平成 24)年より休漁となっている。

タイラギ成貝及び稚貝の生息量調査によると、1992(平成 4)年以降タイラギ生息域は A2 海域に分布が偏る傾向がみられるが、この海域では着底稚貝の資源への加入が極めて少なく、局所的に発生した稚貝も主に春期から夏期にかけて立ち枯れへい死等によって大量減耗し、成貝まで到達していない。成貝の分布状況の変化によれば、1996(平成 8)年から 2011(平成 23)年までは nd～71 個体(全平均 11 個体)/100 m²、2012(平成 24)年以降は nd～0.7 個体(全平均 0.09 個体)/100 m²となっており、2012(平成

24)年以降に資源の凋落傾向が顕著になっている。また、1997(平成 9)年以降の稚貝の分布状況の変化によれば、1997(平成 9)年から 2011(平成 23)年まで $nd \sim 1,190$ 個体(全平均 92 個体)/ $100m^2$ 存在したが、2012(平成 24)年以降は 0.3~59 個体(全平均 10.4 個体)/ $100m^2$ となっており、浮遊幼生の出現低下によると思われる稚貝の資源量の低下傾向が顕著になっている。

A3 海域では、タイラギは 2012(平成 24)年以降、着底稚貝の発生がほとんど認められないものの、2009(平成 21)～2010(平成 22)年漁期には 1980(昭和 55)年代の豊漁期に近い密度で成貝の成育が認められ、漁獲量の回復がみられた。しかし、2010(平成 22)年夏期には生息していたタイラギが 1 ヶ月程度でほとんど死亡する大量へい死が生じ、以降は再び低迷している。

浮遊幼生について、A6 海域では 2008(平成 20)年及び 2010(平成 22)年に 120 個体/ m^3 程度の出現があったが、2012(平成 24)～2015(平成 27)年まで 10 個体/ m^3 を超えることがない状況であり、その後は 2020(令和 2)年に 66 個体/ m^3 と 2012(平成 24)年以降では比較的高い出現密度が 1 年のみ観察されたが、ほとんどの年度で 10 個体/ m^3 以下の出現が続いている。2012(平成 24)年以降も引き続き、親貝資源が減少し、浮遊幼生の発生量と着底稚貝の減少という、資源の再生産に大きな支障が生じていることが示唆されている。また、有明海での浮遊幼生調査結果によると、2015(平成 27)年度は有明海湾奥部で浮遊幼生が確認され、2016(平成 28)年度から 2018(平成 30)年度は概ね全域で浮遊幼生が確認されたが、平成 28 年度委員会報告で示された過去の調査結果を踏まえると、出現密度は 2015(平成 27)～2018(平成 30)年度のように増加の兆しが見られるものの、2012(平成 24)年以前と比較すると、全体的に低位で横ばいであると考えられる。

サルボウ漁場は A1 海域(佐賀県西部及び矢部川河口域)が中心であり、1972(昭和 47)年に 24,252t の漁獲量があったが、その後、へい死(原因は不明)が発生して漁獲量が減少した。へい死は 1985(昭和 60)年を境に収束し、1988(昭和 63)～1997(平成 9)年にかけて 10,000t を超える漁獲量(最大 17,299t／1994(平成 6)年)がみられたが、1998(平成 10)年以降、減少傾向となり、2006(平成 18)年以降の生産量は 5,000t 以下の年が多く、変動幅も 1,000～3,000t と大きい。

有明海でのアサリの漁獲量は、1977(昭和 52)～1983(昭和 58)年には 4 県の漁獲合計がピークに達し、1983(昭和 58)年には最大となる 90,386t となった。その後減少し、1996(平成 8)年以降、2,000t 前後で推移し、2009(平成 21)年以降再び漁獲量が減少している。八代海では、熊本県沿岸で 1985(昭和 60)年に 2,891t の漁獲があり、1970(昭和 45)年以降では最高であった。その後 1993(平成 5)～2000(平成 12)年の間で 6 年ほど 1,000t を超える漁獲量がみられ、2005(平成 17)年以降漁獲量が増加し、2008(平成 20)年には 1,721t となったが、その後減少し、2012(平成 24)年以降は低い水準で推移している。

有明海のアサリ浮遊幼生出現状況については、春期の 4 年間の調査のうち、最も浮遊幼生が多く観測された地点は 2017(平成 29)年度の福一2 であり、約 7,000 個体/ m^3

の浮遊幼生が観測された。一方、2017(平成 29)年度の佐一4における浮遊幼生は未検出であった。秋期の4年間の調査のうち、最も浮遊幼生が多く観測された地点は、春期と同様に2017(平成 29)年度の福一2であり、約18,000 個体/m³であった。最小は2017(平成 29)年度の佐一4で、23 個体/m³であった。

日本の主要なアサリ漁場である東京湾、三河湾、伊勢湾のアサリ浮遊幼生発生量を文献値と比較したところ、東京湾で200~900 個体/m³以上(いずれも殻長100 μm以下のD型幼生)、三河湾で100~20,000 個体/m³(D型幼生からフルグロウン期幼生までの浮遊幼生)、伊勢湾で100~300 個体/m³(D型幼生からフルグロウン期幼生までの浮遊幼生)であった。有明海におけるアサリ浮遊幼生の発生量(100~15,000 個体/m³、D型幼生からフルグロウン期幼生までの浮遊幼生)は三河湾の発生量と同程度であった。

(4) 魚類

有明海の魚類漁獲量は、1987(昭和 62)年をピークに減少傾向を示しており、2015(平成 27)年以降の数年間は低位のままほぼ横ばい傾向を保ったものの、2018(平成 30)年には過去最低となった。魚類漁獲量の多くを占める底生魚類のニベ・グチ類とウシノシタ類(シタビラメ類)の漁獲量は、更なる減少傾向が続いている。平成 28 年度委員会報告では、初期減耗が大きくなる要因として、感潮域、河口域、干潟・浅海域の減少、底質や底層環境の変化、成育場の環境変化や卵仔魚の輸送に関わる流れの変化等の影響の可能性が挙げられたが、特定はできておりらず、その後の知見の更新はなされていない。

近年、有明海はサメ・エイ類を含め豊富な高次捕食者から成る生態系構造であることが明らかにされつつある。平成 18 年の委員会報告以降、高次捕食者の中にはアカエイのように周年有明海で過ごす種や、ナルトビエイのように季節的に有明海を繁殖・摂餌の場として利用する種も多いこと等が明らかにされた。有明海は、サメ・エイ類にとって、世界有数の繁殖・成育場としての機能を併せ持つ特別な海域であることも明らかになりつつある。しかしながら、高次捕食者が生態系構造に与える影響(魚類への捕食圧等)や、繁殖・成育場としての環境条件等については未解明であり、有明海における高次捕食者を含めた生態系全体の構造、その機能について今後研究を進める必要がある。

ナルトビエイは2000(平成 12)年頃に有明海に増加したことが指摘され、アサリやタイラギへの食害が考えられたが、当時はエイ類に関する知見が乏しかった。現在は、ナルトビエイは新種であり、日本の南西部を主な生息場とする稀少性の高い東アジアの固有種であることが明らかにされるなど、知見が蓄積されつつある。ナルトビエイにとって、有明海はその生存に必要な条件を満たす限られた生息地の一つであることなどが明らかとなっている。二枚貝類漁獲量への影響を明らかにするための捕食・被食関係を含め、引き続き、ナルトビエイの生態について、定量的な評価等科学的知見を充実する必要がある。

八代海の魚類漁獲量は長期的には顕著な減少傾向はみられておらず、2016(平成 28)年には約21,000t となつたが、2017(平成 29)年、2018(平成 30)年には再び減少した。県別では、鹿児島県では近年増加傾向、熊本県では減少傾向である。八代海で

は、有明海と同様に魚類資源の動向を評価するに十分な情報ではなく、漁獲量データは魚種別に把握できるだけの情報ではなく、種別の資源動向の推定も困難である。八代海の魚類の分布や生息状況に関する知見は、依然として有明海よりもさらに少なく、2020(令和2)年までの調査では奥部で85種(16目51科70属)が確認されているが、海域ごとの環境と魚類の出現状況の特徴は把握されておらず、調査年数も少ない状況である。また、八代海は有明海と似た環境を持つにもかかわらず、魚類の漁獲にかかる種構成は異なっており、魚類生態系構造が大きく異なる可能性があることが示唆されている。

八代海の生態系構造に係る知見は乏しく、有明海と同様に、ナルトビエイやアカエイなどの高次捕食者の出現は認められているが、その種数は有明海に比べて著しく少なく、その生態についても未解明である。加えて、高次捕食者の餌となる可能性のある魚類の食性は調査されておらず、生態系構造を把握するに足る知見はない。平成28年度委員会報告以降も基礎情報が不足していることから、サメ・エイ類をはじめとした魚類の生息状況や生態、また各種魚類の動向が生態系の構造や機能に及ぼす影響などについて研究を継続する必要がある。

(5) 養殖業生産量

有明海の養殖業生産量の大部分はノリ養殖によるものであり、ノリ収穫量は2008(平成10)年までは増減を繰り返しつつ増加傾向にあったが、その後は13万~17万tの間で推移している。

八代海の養殖業生産量(魚類)については、1994(平成6)年までは増加していたが、その後は2.6万~3.9万t程度で推移している。ノリ収穫量は2001(平成13)年まではやや増加傾向がみられたが、2004(平成16)年以降は約2千t以下となっている。

(6) 漁業・養殖業生産量

有明海の漁業・養殖業生産量は、増減を繰り返しながら2000(平成12)年以降15万~20万t程度で推移している。

八代海の漁業・養殖業生産量は、1995(平成7)年頃までは増加傾向にあったが、その後は増減があるものの、4.2万~5.4万t程度で推移している。

参考文献

- 1)佐藤正典, 田北徹(2000):有明海の生きものたち:干潟・河口域の生物多様性, 海游舎, 396pp
- 2)古賀秀昭 (1991) :有明海北西海域の底質及び底生生物, 佐賀県有明水産試験場研究報告, 13号, pp.57-79
- 3)大隈斉, 江口泰蔵, 川原逸朗, 伊藤史郎 (2001) :有明海湾奥部の底質及びマクロベントス, 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 20号, pp.55-62
- 4)金澤 孝弘, 林 宗徳 (2003) :夏期における有明海の底質とマクロベントス, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 13号, pp.127-132
- 5)Yoshino, K., Yamamoto, K., Hayami, Y., Hamada, T., Kasagi, T., Ueno, D., and K. Ohgushi (2007) :Benthic fauna of the inner part of Ariake Bay: long-term changes in several ecological parameters. Plankton & Benthos research, 2(4): 198-212
- 6)吉野健児, 山本浩一, 速水祐一, 濱田孝治, 山口創一, 大串浩一郎 (2009) :有明海湾奥部のマクロベントス相, 日本ベントス学会誌, 64: 15-24.

- 7) 坂本達也, 前野幸男, 松井繁明, 吉岡直樹, 渡辺康憲(2005): タイラギの性成熟と各種組織におけるグリコーゲン量との関係、水産増殖, 第 53 卷 4 号, 397–404.
- 8) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会(2006)「沿岸漁場整備開発事業増殖場造成計画指針(ヒラメ・アサリ編)」
- 9) 松本才絵, 淡路雅彦, 日向野純也, 長谷川夏樹, 山本敏博, 柴田玲奈, 秦 安史, 櫻井 泉, 宮脇 大, 平井 玲, 程川和宏, 羽生和弘, 生嶋 登, 内川純一, 張 成年 (2014): 日本国内 6 地点におけるアサリの生殖周期、日本水産学会誌, 第 80 卷 4 号, 548–560
- 10) 粕谷智之(2005): 東京湾におけるアサリ浮遊幼生の動態、水産総合研究センター研究報告別冊, 第 3 号, 51–58
- 11) 黒田伸郎, 落合真哉(2002): 三河湾におけるアサリ D 型幼生の分布、愛知県水産試験場研究報告, 第 9 号, 19–26.
- 12) 水野知巳, 丸山拓也, 日向野純也(2009): 三重県における伊勢湾のあさり漁業の変遷と展望(総説)、三重県水産研究所研究報告, 第 17 号, 1–21.
- 13) Kume, G., Yagishita, N., Furumitsu, K., Nakata, H., Suzuki, T., Handa, M., and A. Yamaguchi: The role of molecular methods to compare distribution and feeding habits in larvae and juveniles of two co-occurring sciaenid species *Nibea albiflora* and *Pennahia argentata*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 167, 516–525 (2015).
- 14) 山口 敦子, 久米 元:魚類の産卵・出産・保育場としての有明海奥部の重要性, 科学 :特集 有明海—何が起こり、どうするのか 81(5) 446–449 2011 年 5 月
- 15) 山口 敦子, 久米 元, 藤崎 靖志: 寄生虫および遺伝学的手法による長崎周辺 4 海域産シログチの系群判別. 長崎大学水産学部研究報告, 89, 7–13 (2008).
- 16) Yamaguchi, A., Todoroki, T., and G. Kume: Reproductive cycle, sexual maturity and diel-reproductive periodicity of white croaker, *Pennahia argentata* (Sciaenidae), in Ariake Sound, Japan. Fisheries Research, 82(1–3), 95–100 (2006).
- 17) Yamaguchi, A., Kume, G., Higuchi, T., and T. Takita: Geographic variation in the growth of white croaker, *Pennahia argentata*, off the coast of northwest Kyushu, Japan. Environmental Biology of Fishes, 71(2), 179–188 (2004).
- 18) Kume, G., Furumitsu, K., Nakata, H., Suzuki, T., Handa, M., and A. Yamaguchi: Spatiotemporal occurrence and feeding habits of tonguefish, *Cynoglossus lighti* Norman, 1925, larvae in Ariake Bay, Japan. Journal of Applied Ichthyology, 31(2), 276–281 (2015).
- 19) 山口敦子, 久米元: 有明海におけるデンベエシタビラメの年齢と成長および成熟について. 長崎大学水産学部研究報告, 85, 9–12 (2004).
- 20) Furumitsu, K., Wyffels, J., and A. Yamaguchi: Reproduction and embryonic development of the red stingray *Hemitrygon akajei* from Ariake Bay, Japan. Ichthyological Research, 66(4), 419–436 (2019).
- 21) Yamaguchi, A., Furumitsu, K., and J. Wyffels: Reproductive Biology and Embryonic Diapause as a Survival Strategy for the East Asian Endemic Eagle Ray *Aetobatus narutobiei*. Frontiers in Marine Science 8:768701(2021).
- 22) 山口敦子:有明海における稀少板鰓類の繁殖機構および成育場の機能解明による保全基盤の構築(課題番号 19H02977). 科学研究費補助金・基盤研究(B), 2019 年度実績報告書.
- 23) Yamaguchi, A., Kawahara, I., and S. Ito: Occurrence, growth and food of longheaded eagle ray, *Aetobatus flagellum*, in Ariake Sound, Kyushu, Japan. Environ. Biol. Fish. 74, 229–238 (2005).
- 24) White, W. T., Furumitsu, K., and A. Yamaguchi: A new species of eagle ray *Aetobatus narutobiei* from the Northwest Pacific: an example of the critical role taxonomy plays in fisheries and ecological sciences. PLoS One 8:e83785. doi: 10.1371/journal.pone.0083785 (2013).

第3章 再生方策等の実施状況等と課題の整理

本章においては、有明海・八代海等における環境の保全・再生及び水産資源の回復等の観点から、再生方策等の実施状況等と課題を整理した。

平成 28 年度委員会報告においては、有明海・八代海等の海域全体において目指すべき再生目標(全体目標)を次のとおりとしている。

<再生目標>

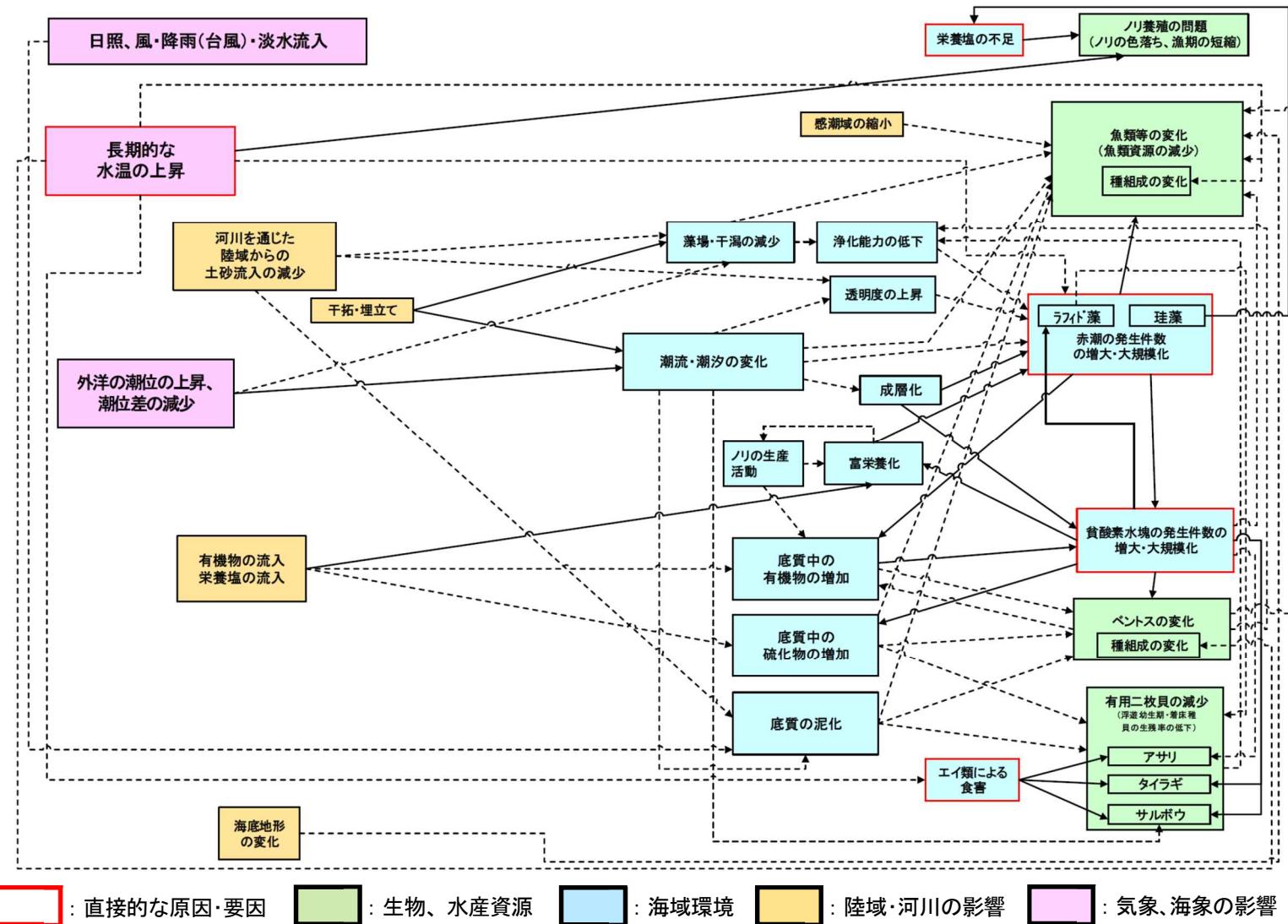
- 希有な生態系、生物多様性及び水質浄化機能の保全・回復
- 二枚貝等の生息環境の保全・回復と持続的な水産資源の確保

これらの目標は、独立しているものではなく、希有な生態系、生物多様性の保全・再生、水産資源等の回復及び持続的かつ安定的な確保は、共に達成されるべきものとして、各種再生方策が取り組まれているところである。特に、有明海・八代海等は、他の海域ではみられない希有な生態系を有しており、高い生物多様性及び豊かな生物生産性を有している。これらの海域における環境の保全・再生に当たっては、この点に特に留意して、科学的知見及び社会的背景に基づき対策を実施する必要がある。

平成 28 年度委員会報告においては、上記の再生目標(全体目標)を踏まえ、有明海・八代海等の多様な生物の生息環境の確保を図りつつ、生態系を構成する上で、または水産資源として重要と考えられる生物について、「ベントス(底生生物)の変化」、「有用二枚貝の減少」、「ノリ養殖の問題」及び「魚類等の変化」の 4 項目を取り上げることとした。また、これらの変化に着目し、有明海・八代海について、問題点及び問題点に関連する可能性が指摘されている原因・要因を連関図として示した(図 3-1)。さらに、有明海・八代海等における環境の保全・再生及び水産資源の回復等の観点から、再生目標を達成するための「再生方策」を整理した(表 3-1)。これらを踏まえ、当該海域等の再生に向けて、関係省庁・関係県により様々な調査や対策等の事業が実施されているところである。これ以降で述べる再生方策等の実施状況等と課題の整理に当たっては、表 3-1 に示す方策について、図 3-1 の問題点と原因・要因との関連や、各事業等の関係を踏まえた上で、今般得られた主要な知見や特筆すべき知見等を記載するとともに、その課題について整理したものである。

※表 3-1 に掲げる、平成 28 年度委員会報告に記載された再生方策については、再生目標の順番を踏まえ、まず、再生方策のバックグラウンドとなる様々な環境の状況と変化について整理するため、「生物の生息環境の確保」とし、次に主要 4 項目である「ベントス(底生生物)の変化」、「有用二枚貝の減少」、「ノリ養殖の問題」、「魚類等の変化」の記載順とした

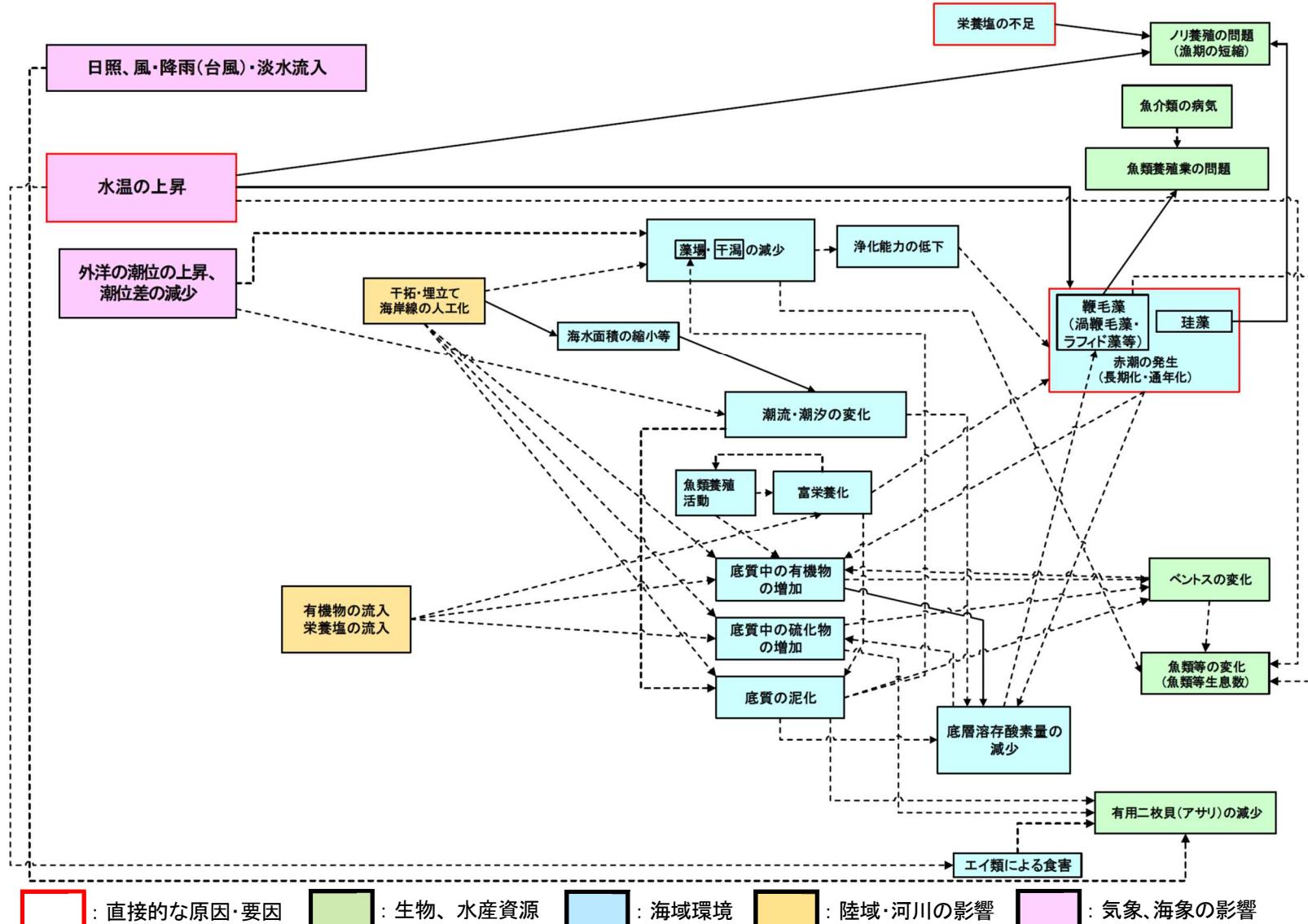
※3.1「生物の生息環境の確保」については、同様の記載順を原則としつつ、「底質の改善、河川からの土砂流入量の把握」、「藻場・干潟の分布状況等の把握、漂流・漂着・海底ごみ対策」及び「水質(貧酸素水塊の軽減対策、赤潮対策)」について、それぞれに関連する再生方策等の状況をまとめて記載



(注)本報告書において関連があることを確認したものを実線で、その他を点線で示した。なお、有明海の中で関連があることを確認した海域区分が一つでもあれば実線で示している。

図 3-1(1) 有明海における問題点と原因・要因との関連の可能性

出典：「有明海・八代海等総合調査評価委員会報告」（平成 29 年 3 月、有明海・八代海等総合調査評価委員会）



(注)本報告書において関連があることを確認したものを実線で、その他を点線で示した。なお、八代海の中で関連があることを確認した海域区分が一つでもあれば実線で示している。

図 3-1(2) 八代海における問題点と原因・要因との関連の可能性

出典：「有明海・八代海等総合調査評価委員会報告」（平成 29 年 3 月、有明海・八代海等総合調査評価委員会）

表 3-1 平成 28 年度委員会報告に提示された有明海・八代海等の再生に向けた方策

対象種等	再生方策	有明海							八代海				橋湾・ 牛深部江 海域	
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	
生物の生息環境の確保	・底質改善(覆砂、海底耕耘、浚渫、作濬等)の実施、河川からの土砂流入量の把握、適切な土砂管理、ダム堆砂及び河道掘削土砂の海域への還元の検討等 ・水質浄化機能を有し、生物の生息・再生産の場となる藻場・干潟(なぎさ線を含む)・カキ礁の分布状況等の把握及びその保全・再生 ・漂流・漂着・海底ごみ対策の推進 ・事業の計画・実施時における流況や藻場・干潟等への適切な配慮	有明海・八代海等にかかる「全体方策」※												
ベントス(底生生物)の変化	・ベントス群集・底質の継続的なモニタリングの実施 ・ベントス群集の変化・変動要因の解析調査の実施	有明海・八代海等にかかる「全体方策」※												
有用二枚貝の減少	・種苗生産・育成等の増養殖技術の確立、人工種苗の量産化、種苗放流・移植の推進 ・エイ類等の食害生物の駆除・食害防止策の実施	有明海・八代海等にかかる「全体方策」※												
タイラギ	・広域的な母貝集団ネットワークの形成(浮遊幼生の移動ルート及び稚貝の着底場所の把握、母貝生息適地の保全・再生、母貝生息適地への稚貝放流・移植等) ・資源の回復期における資源管理方法(例えば、採捕の制限、保護区の設定等を含む)の早急な確立、実施 ・泥化対策等の底質改善(覆砂、海底耕耘、浚渫、作濬等)の実施 ・立ち枯れへい死の原因・要因の解明 ・資源の減少要因の解明													
	・貧酸素水塊の軽減対策(汚濁負荷量の削減、水質浄化機能を有する二枚貝の生息環境の保全・再生(例:カキ礁再生のための実証事業)、成層化緩和等のための流況改善の検討、貧酸素水塊の発生状況モニタリングの継続実施、水質環境基準に追加された底層溶存酸素量の適切な類型指定)													
アサリ	・母貝生息適地の保全・再生 ・泥化対策等の底質改善(覆砂、海底耕耘、浚渫、作濬等)、採苗器の設置等 ・資源の回復期における資源管理方法(例えば、採捕の制限、保護区の設定等を含む)の早急な確立、実施													
ノリ養殖の問題	・珪藻赤潮発生の予察、発生機構の明確化 ・適切な漁場利用(減柵を含む)による漁場環境の改善 ・酸処理剤等に由来する栄養塩、有機酸の挙動に関する調査・研究 ・環境負荷の軽減に配慮したノリ養殖技術の確立 ・水温上昇等に対応したノリ養殖技術(高水温耐性品種等)の開発	有明海・八代海等にかかる「全体方策」※												
魚類等の変化	・新規加入量、漁獲努力量等を含めた資源量動向のモニタリングの実施 ・種苗生産等の増養殖技術の確立、広域的な連携も含めた種苗放流の推進 ・藻場・干潟の分布状況等の把握及び保全・再生 ・貧酸素水塊の軽減対策(詳細は上述の「タイラギ」「サルボウ」の対策を参照)	有明海・八代海等にかかる「全体方策」※												
	・赤潮モニタリング体制の強化、有害赤潮の発生予察の推進等による赤潮被害の回避 ・情報網の整備、防除技術に関する研究の推進等による赤潮被害の軽減 ・赤潮の発生、増殖及び移動に係る各種原因・要因の解明 ・環境収容力及び歩留まり率を考慮した生産の検討、給餌等に伴う発生負荷の抑制等													

注) ■ は個別海域毎の再生方策であり、■ は有明海・八代海等の海域全体または多くの海域に共通する再生方策である。
(※「全体方策」が該当しない海域も一部ある(ノリ養殖が実施されていない海域等)。)

なお、関係省庁・関係県が主体の事業等が多数進められているが、これら事業等の全体像や、各事業等が再生目標のどの部分に対応しているのか等を分かりやすく示すため、有明海・八代海における問題点とその原因・要因との関連の可能性を示した連関図(図 3-1)と主な事業等との関係を、図 3-2 として整理した。

図 3-1 は、平成 28 年度時点での知見に基づき、分かりやすさを優先して作成されたものであり、これまでに得られた知見や、各々の関係の影響の大小、いまだ明らかになっていない事象等、今後の調査研究を踏まえ、更なる精査や深化が求められる。表 3-1 に示された方策等には、今般、実施状況等が報告されていないものもあるが、これらの実施状況等については令和 8 年度の委員会報告での取りまとめを予定している。

また、平成 28 年度委員会報告において具体的な言及はないものの、令和 8 年度の委員会報告に向けては、当該海域の多様な生物の生息環境の確保を図る上では、海域に生息する生物のみならず、森・里・川・海といった流域を意識した生態系のつながりや、渡り鳥をはじめとする他の地域と往来する生物の観点も重要である。

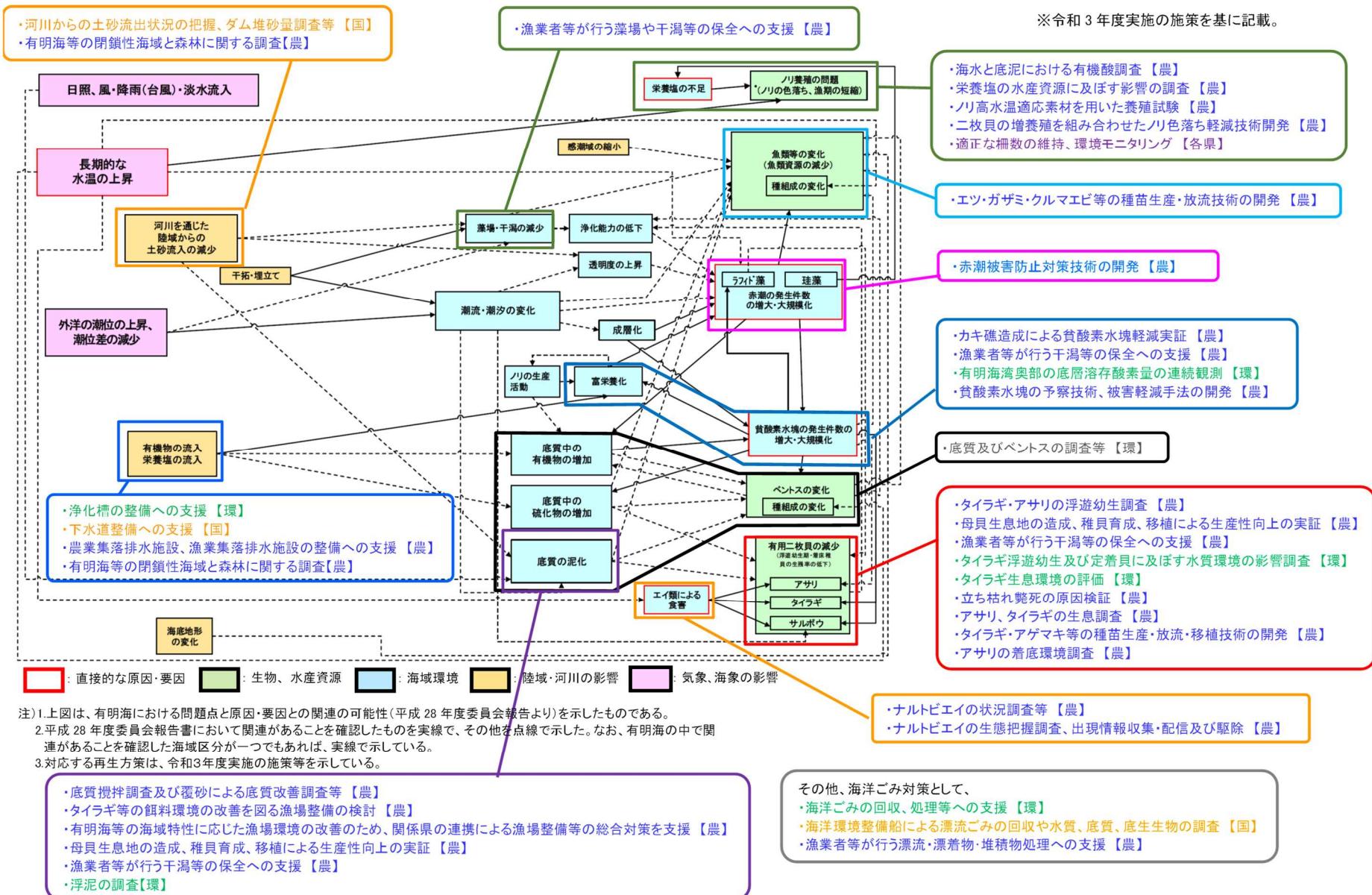
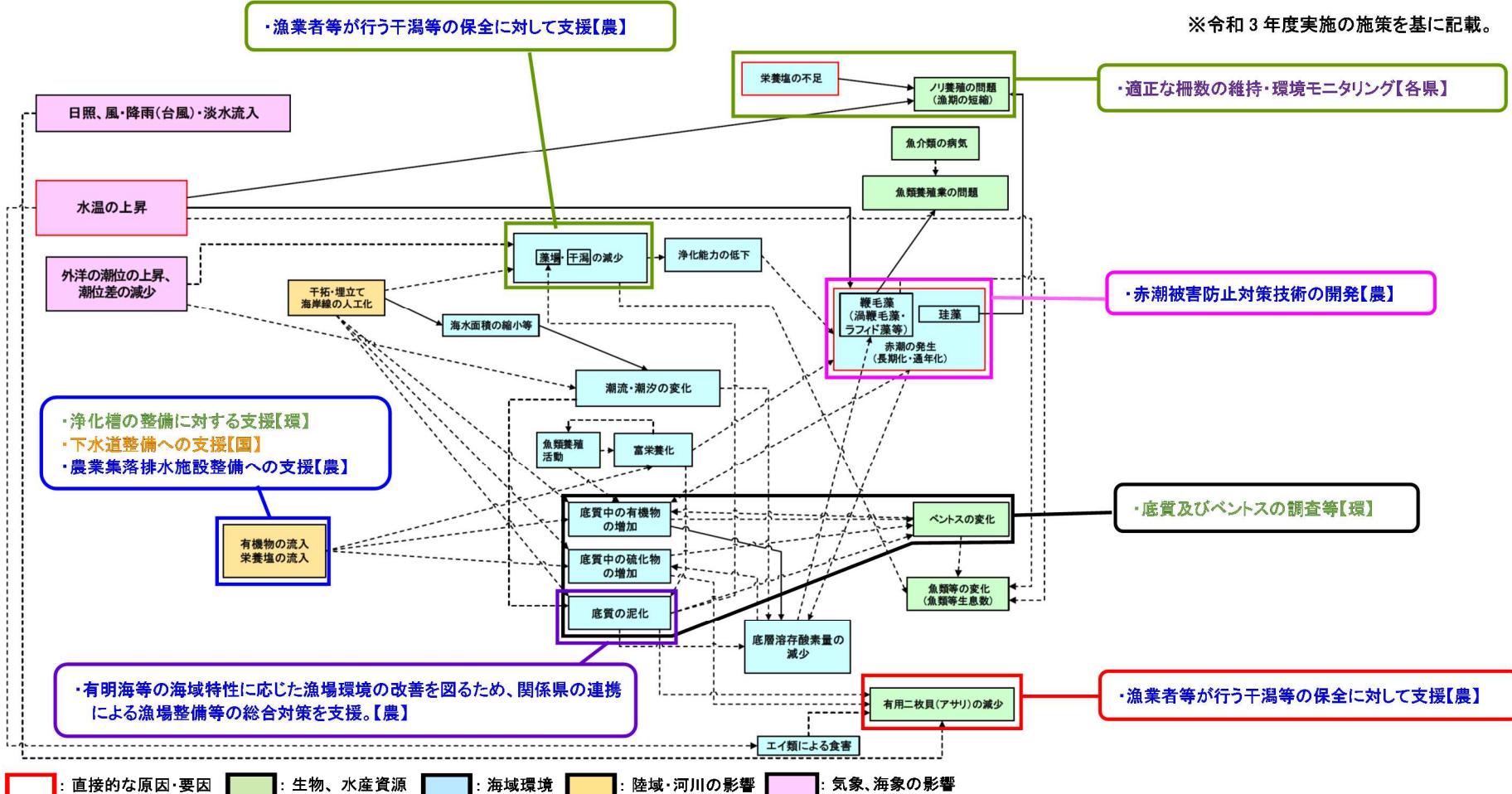


図3-2(1) 有明海における問題点と原因・要因との関連の可能性と各事業等との関係



注)1.上図は、八代海における問題点と原因・要因との関連の可能性(平成 28 年度委員会報告より)を示したものである。

2.平成 28 年度委員会報告書において関連があることを確認したものを実線で、その他を点線で示した。なお、八代海の中で関連があることを確認した海域区分が一つでもあれば、実線で示している。

3.対応する再生方策は、令和 3 年度実施の施策等を示している。

その他、海洋ごみ対策として

- ・漁業者等が行う漂流・漂着物・堆積物処理に対して支援【農】
- ・海洋ごみの回収、処理等に対する支援【環】
- ・海洋環境整備船による漂流ごみの回収や水質、底質、底生生物の調査【国】

図 3-2(2) 八代海における問題点と原因・要因との関連の可能性と各事業等との関係

3.1 生物の生息環境の確保

3.1.1 底質の改善、河川からの土砂流入量の把握

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

有明海・八代海の底質については、限られた近年のデータからは海域全体として単調な変化傾向(泥化、有機物又は硫化物の増加等)はみられなかつたが、一部の海域では場所により一定期間泥化傾向を示した地点もみられており、有用二枚貝等の水生生物の保全・再生のための重要な地点については、底質改善が有効な場合があると考えられる。

また、河川からの土砂流入の減少は、海域での底質の泥化の要因となる可能性がある。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

底質中の有機物・硫化物等に関する調査や、有明海の福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県海域では、覆砂等の底質改善の取組が実施されている(ケース 1.1、ケース 4.1)。泥土等が堆積している海域においては、覆土やしゅん渫による底質の改善が有効な場合もあるが、底質の改善は、局所的な対策となるため、有明海・八代海全体の生物生息環境の対策としては適用が難しいことに留意しつつ進める必要がある。

底質調査結果により、2019(令和元)年 8 月の前線に伴う大雨の後、湾奥部の底質の COD 濃度が上昇し、長期に渡りその状況が継続していることが判明しており、大雨による底質への影響が示唆された。

河川からの土砂流出状況については、近年、大雨が頻発し、土砂流入にも影響していると考えられることから、筑後川流域を対象に、2017(平成 29)年 7 月の九州北部豪雨における土砂の発生状況等の調査が実施された。筑後川右岸流域の斜面の崩壊により、大量の土砂が河川へ流出したと推定された。また、筑後川中流域では平均河床高、最深河床高とともに上昇していることが確認された。今後、被災後の河道状況を注視し、定期横断測量及び定期的な河川材料調査を実施することにより、河道内の土砂堆積状況を確認する必要がある。また、流域の変化や、河川下流・海域への土砂(細粒分を含む)流出と底質や生物との関連性等について確認することも重要である。

海域と森林との関わりについては、菊池川流域を対象として、流出モデルを用いた水量、浮遊土砂量及び栄養塩量(窒素、リン)の解析が実施された(ケース 1.2)。森林の持つ水源涵養機能、土砂等の流出平準化機能・ストック機能等の観点から、引き続きの調査・検討が必要である。

3.1.2 藻場・干潟の分布状況等の把握、漂流・漂着・海底ごみ対策

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

有明海・八代海の沿岸域においては、生態系や生物多様性の基盤となり、水質浄化機能を有する藻場・干潟の面積が減少するとともに、漂流・漂着・海底ごみが藻場・干潟等の維持管理の妨げとなっている。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

2018(平成 30)年度及び 2019(令和元)年度に衛星画像解析手法を用いて有明海・八代海の藻場・干潟面積の調査が実施された。この調査結果によると、有明海においては藻場が 1,456.8ha、干潟が 18,799.3ha、八代海においては藻場が 2,385.0ha、干潟が 4,992.4ha であった。今後とも、衛星画像解析手法等の最新技術を用いた定期的な藻場・干潟の分布状況の把握と要因分析が必要である。

藻場・干潟の保全等の取組として、水産多面的機能発揮対策事業等を活用し、漁業者や地域住民等により、アマモの移植や耕うん等が実施されている。今後も、藻場・干潟の保全等の取組及びその支援を引き続き進める必要がある。

国、地方公共団体、関係者が連携し、流木等の海洋ごみの回収・処理等が行われている(ケース 2.1)。漂流物の発生量は、その年の豪雨等の有無の影響を受けるため、今後、気候変動により豪雨の頻度が上がる可能性があることに留意しつつ、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ため、引き続き連携した取組が必要である。

3.1.3 水質(貧酸素水塊の軽減対策、赤潮対策)

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

有明海の湾奥部や諫早湾では、夏期に貧酸素水塊が発生しているが、その発生・消滅メカニズムは明らかとなっていない。

有明海では夏期に *Chattonella* 属赤潮が発生しており、天然魚類のへい死等が発生している。2009(平成 21)年夏期には、有明海湾奥部で発生した赤潮が橘湾に移流し、養殖魚のへい死を生じさせている。

八代海の魚類養殖はブリ類及びタイ類が 90%以上を占めており、生産量は 1990 年代中頃以降は横ばいで推移しているが、年度によって減産がみられる。安定生産の阻害要因として、*Chattonella* 属や *Cochlodinium* 属等の赤潮の発生があり、その発生頻度・規模は 2003(平成 15)年から 2010(平成 22)年まで急激に拡大した。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

有明海湾奥部や諫早湾では、貧酸素水塊の発生状況について、夏期に底層溶存酸素量の連続観測等のモニタリングや発生メカニズムの推定が実施されている(ケース 3.1)。有明海湾奥部の干潟縁辺域とその沖合域で貧酸素の変動の様相が異なること、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は完全には説明できていないため、継続的なモニタリングと定量的な評価(潮流振幅に連動した要因解明含む)が必要である。

有明海・八代海での *Chattonella* 属や *Cochlodinium* 属による赤潮発生予察が行われている(ケース 3.2)。2013(平成 25)年～2017(平成 29)年の有明海奥部及び諫早湾において、

Chattonella 属(鞭毛藻)と珪藻類の出現特性の把握が行われた結果、有明海の *Chattonella* 属は珪藻類との生物学的な種間競合関係が認められた。現地実測データが蓄積されていることから、数値モデル等を活用しつつ、赤潮発生予測技術の高度化に向けた調査研究を進める必要がある。

八代海では、養殖漁業の漁場付近で 100~1,000 cells/ml の *Chattonella* 属が出現した場合に漁業被害が生じる傾向がみられること、2018(平成 30)年には *Chattonella* 属赤潮が中南部で低密度、北部では高密度で発生したが、栄養塩濃度は中南部で低濃度、北部では高濃度で推移しており、栄養塩濃度の分布が本種赤潮の発生に影響を及ぼすことが示唆されていることから、赤潮が発生する要因の解析を進め、発生機構の明確化と発生予察技術の開発が必要である。さらに、より高精度の赤潮発生予察のため、両海域の双方向からの赤潮の移入状況を把握することも必要である。

一般的に、海域の富栄養化は貧酸素水塊や赤潮の発生につながるが、有明海・八代海における近年の貧酸素や赤潮の発生と負荷量変動との間に明瞭な関係性はみられない。一方で、予防的措置の観点から、有明海・八代海では下水道の整備、農業・漁業集落排水施設の整備、浄化槽の整備等による汚濁負荷削減対策が取られている。有明海・八代海での汚濁負荷量は、平成 28 年度以降横ばいか減少傾向となっており、引き続き対策を進めることが必要である。

3.2 ベントスの変化

3.2.1 ベントス群集・底質の継続的なモニタリング

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

ベントスについては、近年の限られた期間の調査データからは、その変動傾向等の明確な特定には至らなかった。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

各海域において、ベントス群集(種類数、個体数等)及び底質の継続的なモニタリングが実施された。その結果によると、有明海の 2005(平成 17)年度から 2020(令和 2)年度までのベントスの種類数は、湾央部から湾口部寄りで多い傾向がみられ、経年的には A2~A7 海域では変動幅が大きく、A1 海域では低位で推移している。個体数は湾奥部寄りで多く、近年は A2 海域及び A3 海域で日和見種や有機汚濁耐性種等による大きな変動がみられている。個体数の変動解析によると、4 地点で減少傾向にあり、このうち 3 地点で環形動物門と節足動物門の減少傾向が共通しているものの、他の動物門については明確な傾向はみられなかった。

八代海の種類数・個体数は、湾奥部や湾口部寄りで多く、調査時期による変動は有明海に比べて小さいものと考えられる。種類数は全体的に概ね横ばいで推移しているが、Y4 海域と Y5 海域では変動幅の大きい地点もみられた。個体数では、湾奥部で 2000(平成 12)年代にホトトギスガイによって高い値となった。個体数の変動解析結果によると、3 地点で減

少傾向にあり、この3地点全てで環形動物門の減少傾向が共通してみられたが、その他の動物門については明確な傾向はみられなかった。

ベントス群集の種組成や個体数の顕著な変化がみられる場合、生物豊かな水環境や持続可能性が損なわれている可能性があることから、今後もベントス群集及び底質について、様々な研究機関が有するデータ等も共有しつつ、継続的なモニタリングを実施することが必要である。

3.2.2 ベントス群集の変化・変動要因の解析

＜平成28年度委員会報告による問題点等＞

ベントスについては、海域によって種組成や個体数の顕著な変化や日和見的で短命な有機汚濁耐性種が多く見られたが、その変動要因等の明確な特定には至らなかった。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

2005(平成17)年頃～2018(平成30)年度におけるベントス群集と底質との関連性を解析した結果、ベントス指標種の個体数が一時的に大きく増加した場合において、底質も変化していた可能性が示唆されたものの、その後、このベントス指標種の個体数は例年並みの個体数で推移するなど、一時的な現象である可能性が高く、ベントス群集の変化・変動と底質との明確な関係性は認められなかった(ケース5.1)。また、ベントスの個体数には変化がみられなくても、その出現種の構成が変化している可能性があることから、種組成に着目した検討が必要である。さらには、ベントス群集は季節的な変化が大きいことから、季節特性を考慮した解析を進めるとともに、底質以外の要因である貧酸素化、長期的な水温上昇等との関連性についても解析を進める必要がある。

また、平成28年度委員会報告では、2006(平成18)年のベントス個体数は、1989(平成元)年の個体数に比べて減少したことが報告されているが、二つの時期を切り取った断片的な情報であることから、今後、2005(平成17)年以前のベントスデータ等を用いて長期的な変動解析を実施することが必要である。

3.3 有用二枚貝の減少

3.3.1 タイラギの生息状況や浮遊幼生の出現状況

＜平成28年度委員会報告による問題点等＞

2012(平成24)年以降にタイラギの資源量の低下傾向が顕著になっており、その要因として、着底後、翌年に発生する「立ち枯れへい死」と呼ばれる原因不明の大量死や、貧酸素水塊の影響が推定されている。また、タイラギの浮遊幼生や着底稚貝の量が2012(平成24)年以降低位で推移していると類推される。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

タイラギの稚貝・成貝の生息調査等によれば、A2 海域では、2000(平成 12)年以降、タイラギの着底稚貝は認められるものの、着底後の立ち枯れへい死による減耗(数ヶ月程度で資源量の 50~100%が死滅)が問題となっており、2011(平成 23)年以降は資源量の急減により、2012(平成 24)年から 2020(令和 2)年にかけて 9 年連続の休漁となっている。A3 海域でも、2010(平成 22)年以降稚貝・成貝の出現が低迷している。

2015(平成 27)～2018(平成 30)年にかけて実施された広域的なタイラギの浮遊幼生調査等によれば、タイラギ浮遊幼生は、有明海湾奥部や中央東部で多く出現する傾向にあつたが、出現密度は 2015(平成 27)～2018(平成 30)年のように増加の兆しが見られるものの、2012(平成 24)年以前と比較すると、全体的に低位で横ばいであると考えられる。また、浮遊幼生の出現がピークとなる時期は、年により変動が大きいことが推察される。2008(平成 20)年以降の諫早湾(A6 海域)におけるタイラギ浮遊幼生の出現状況によると、2008(平成 20)年及び 2010(平成 22)年に 120 個体/m³程度の出現があったが、2012(平成 24)年以降では大部分の年度で 10 個体/m³以下の出現が続いている。なお、タイラギ浮遊幼生の出現状況については、調査で確認される浮遊幼生の密度が低いため非検出地点が多く、浮遊幼生のソースとなる親貝の分布状況把握や着底直前の浮遊幼生の動態把握が不十分である。今後も資源の現状を把握するため、浮遊幼生調査を引き続き行うことが必要である。また、主要なタイラギ生息域のみならず、有明海中部・南部も含め、浮遊幼生のソースとなる親貝の分布についても調査を行うとともに、数値モデル等を用いたタイラギ浮遊幼生の移流拡散の実態把握についても検討が必要である。

3.3.2 タイラギの立ち枯れへい死の原因解明

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

タイラギは資源量が減少し、2012(平成 24)年から休漁状態が続いている。また、タイラギの立ち枯れへい死と呼ばれる原因不明の大量死が 2000(平成 12)年以降問題となっている。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

移植によるタイラギ減耗要因解明試験、タイラギに影響を及ぼす可能性が考えられる浮泥の調査等が実施されている(ケース 6.1、ケース 6.2、ケース 6.3)。タイラギの立ち枯れへい死の多くは春期から秋期にかけて発生し、貧酸素水塊、基礎生産力(特に浮遊珪藻)の低下による餌不足、濁りによる摂食障害、硫化水素などの底質中の有害物質、ウイルスの影響などの懸念が示されているが、原因の特定には至っていない。同一地点における異なる器材・手法による移植試験間の結果を比較すると、浮泥層厚と餌料環境との関係が示唆されるとともに、海底から 1m 程度切り離すことで立ち枯れへい死が見られなくなったことから、海底近傍の環境が立ち枯れへい死に影響する可能性が考えられた。引き続きその原因解明に向けた現地調査及び室内実験等による検証が必要である。

3.3.3 タイラギ母貝団地の造成と移植、種苗生産等の増養殖技術と種苗放流・移植

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

タイラギの親貝資源の減少によって、浮遊幼生の発生量と着底稚貝が減少し、資源の再生産に大きな支障が生じている可能性が示唆された。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

資源の状態が低位で推移するなか、浮遊幼生発生量を確保するため、タイラギの母貝団地の造成、稚貝育成・移植等が実施された(ケース 7.1)。有明海沿岸 4 県では、福岡県は海中育成ネット、佐賀県は直植え、長崎県は直植え・垂下式、熊本県は垂下式など、その地先の海域特性に合致した方式で、母貝団地の造成や移植が行われている。

佐賀県沖合の天然稚貝の一部を母貝団地に移植したが、移植後は様々な食害生物や環境要因の変化に伴うストレスを受けて減耗していく場合が多かった。このため、母貝団地へ移植したタイラギの生残率を高めるため、エイ類等の食害防止策、低塩分や貧酸素等の高い死リスクを踏まえ、数値モデル等を活用した適地選定、生息に適した底質の改善、広域的な浮遊幼生供給ネットワークの形成に向けた母貝団地の造成場所や方法に関する評価等を継続的に実施する必要がある。

母貝団地造成に必要となる天然稚貝の発生量低下を補うため、タイラギの種苗生産・放流・移植技術の開発等が実施された。タイラギの人工種苗生産として、シャワー式の飼育装置と連結水槽方式を組み合わせた技術開発が進められ、2014(平成 26)年に改良型の飼育装置を用いて初めて有明海産着底稚貝の大量生産に成功し、基礎的な種苗生産技術が確立された。その後、福岡県、佐賀県、長崎県では着底稚貝の安定的な量産に向けた取組が行われているが、大量死の発生や水質変化等を要因として、浮遊幼生が突然摂餌を停止するなどの問題も発生しやすいことから、今後も技術開発を続ける必要がある。

生産されたタイラギ人工種苗を母貝として移植するためには、リスクの低い海域で効率的な中間育成(着底稚貝から移植可能な 5cm 以上の稚貝にする方法)を行うことが効果的であるため、複数機関が連携した取組が必要である。

3.3.4 アサリ浮遊幼生の出現状況

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

2008(平成 20)年以降、アサリ漁獲量が低迷しており、秋期に発生したアサリの浮遊幼生や着底稚貝の減少による再生産の縮小が大きく影響しているとの指摘がある。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

2015(平成 27)～2018(平成 30)年にかけて、広域的なアサリの浮遊幼生調査及びアサリ浮遊幼生の挙動を推定するシミュレーションモデルの構築等が実施された(ケース 8.1)。アサリ浮遊幼生は、春期、秋期ともに有明海全域で確認され、特に、有明海湾奥部の福岡県沖、有明海中央東部の熊本県沖で多かった。浮遊幼生の出現個体数は、地点間及び年

度・季節による変動が大きいが、2017(平成 29)年は春期、秋期ともに浮遊幼生の出現個体数が多くた。浮遊期間中のアサリの生残率などは考慮されていないものの、数値モデルによる評価の結果、有明海では広域的なアサリの浮遊幼生供給関係(浮遊幼生ネットワーク)があることが推定された。今後、アサリ浮遊幼生のシミュレーション結果も活用し、資源の再生に向けて有効と判断される適地において母貝団地の造成等を行うことが重要である。

3.3.5 アサリの資源再生、母貝生息適地の保全・再生

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

アサリの浮遊幼生や着底稚貝の量が過去と比較して 2008(平成 20)年以降低位で推移していると類推される。このような状況の中で、アサリ資源の持続的な利用を進めるために確保すべき資源量等の知見が得られていないことが課題の一つとして挙げられている。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

資源の状態が低位で推移するなか、浮遊幼生発生量を確保するためのアサリの母貝団地の造成、稚貝育成・移植等が実施された(ケース 9.1、ケース 9.2、ケース 9.3)。各県のアサリ漁場及びその近傍において、移植放流や、被覆網・基質入り網袋の設置等、資源再生・生産性向上に向けた取組が行われており、産卵可能なサイズの成貝を高い生残率で育成する技術が開発されている。

今後は、上記に加え、広域的な再生産サイクルの形成に向け、安定的な再生産サイクル形成に必要な産卵母貝量の把握や、母貝の育成、稚貝の育成・移植等における技術的課題に係る技術開発や実証事業などに取り組むとともに、これらの取組の有効性、効率性の向上につながる技術等について、引き続き検討する必要がある。

3.3.6 エイ類等の食害生物の駆除・食害防止策

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

有用二枚貝の漁獲量が減少しており、その要因の一つとしてエイ類等による食害が挙げられる。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

ナルトビエイの来遊量及び摂餌量の調査、生態把握調査、駆除・食害防止策等が実施された(ケース 11.1)。有明海においては、2001(平成 13)年以降ナルトビエイの駆除事業が実施されており、胃内容物組成と量等の調査が実施されている。胃内容物組成からは、アサリ、サルボウ、タイラギなどの有用二枚貝に一定の被害を及ぼしていることが確認できたが、資源量が減少しているタイラギが胃内容物中に確認されたのはごくまれであった。このほか、多くのアサリ漁場等でもエイ類による摂餌食害痕が多数認められ、これらは被覆網を施すことで生存率の向上が認められることが知られている。

一方で、タイラギの移植試験により、エイ類の食害防止に有効な被覆網においても、イシ

ガニ、ガザミ、イイダコ、マダコ、アカニシ等の小型捕食者による捕食も確認されている(ケース 11.2)。小型捕食者を含めたエイ類等による食害は、資源の状態が低位にある近年のタイラギ減少要因の一つとして考えられ、引き続きその影響等について、調査等によって定量的に解明していく必要がある。

ナルトビエイは近年、生態的知見が蓄積され、希少性の高い種であることも明らかとなっており、二枚貝類漁獲量への影響を明らかにするための捕食・被食関係を含め、引き続き、ナルトビエイの生態について科学的知見を充実する必要がある。

3.4 ノリ養殖の問題

3.4.1 ノリの色落ち

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

有明海のノリ養殖については、2000 年代中頃以降、比較的高い水準で推移しているが、年度によって生産量の増減がみられる。その要因の一つとして、ノリの色落ちが挙げられる。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

ノリ漁期における栄養塩のモニタリング調査、赤潮の発生状況調査、赤潮被害防止対策技術の開発等が実施された。赤潮発生には、*E. zodiacus* については光環境の改善、*Skeletonema* spp.については水塊の鉛直混合や低水温、高栄養塩濃度など、*A. karianus* については、海水交換の低い海域において、水温の低下と水柱の透過光量の増加が重要であることが示されている。ノリの色落ちのメカニズムについて、これら珪藻類の増殖に伴う海水中の栄養塩濃度の低下が大きな影響を及ぼしているものと考えられているが、その詳細は明らかになっていない。こうした中、一部の海域では下水処理施設における季節別運転管理により、冬期に下水放流水に含まれる栄養塩類濃度を増加させる取組が行われている。

一方、ノリの色落ち原因となる赤潮の発生及び増殖の予察技術の開発が必要である。*Eucampia zodiacus* による赤潮については、色落ち被害の発生頻度が特に高いため、発生要因の解析を進め、発生機構の明確化と発生予察技術の開発が必要である。なお、本種赤潮はノリ漁期終盤に発生することから、ノリ生産の継続・終了の判断材料として、赤潮終息の予察技術についても検討が必要である。*Skeletonema* 属は、形態形質による種判別は困難であるが、分子形質による種判別技術が開発されてきていることから、季節や海域毎の赤潮構成種を判別し、種の特性に応じた検討を進める必要がある。

3.4.2 環境負荷の軽減に配慮したノリ養殖技術の確立

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

持続性の高いノリ養殖のため、適切な漁場利用による漁場環境の改善、有機酸や栄養塩の挙動について調査研究を行うとともに、環境負荷の軽減に配慮したノリ養殖技術の確立が求められている。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

二枚貝等の増養殖を組み合わせたノリ色落ち軽減技術の開発のため、ノリ養殖施設周辺において、珪藻類を摂餌する二枚貝を養殖することで、環境負荷の少ない手法でノリ色落ちの軽減を図る実証試験が行われている（ケース 12.1）。これまでのカキ類を含む二枚貝等生物の機能を活用した珪藻発生の抑制、栄養塩回帰効能の向上等によるノリ色落ち軽減技術の開発により、二枚貝による色落ち原因プランクトンの除去量とノリの品質向上効果との関係性が認められるものの、実海域における色落ち被害を有効に抑制するためには膨大な二枚貝が必要との試算となっていることから、さらに定量的な評価を行う必要がある。

3.4.3 水温上昇等に対応したノリ養殖技術の開発

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

安定したノリ養殖の生産を阻害する要因として、秋期水温上昇や栄養塩の早期の枯渇による漁期の短縮等が挙げられ、生産や養殖経営の不安定化のリスクが高まっている。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

水温上昇等に対応したノリ養殖技術の開発、適切な漁場利用によるノリ漁場環境の改善等が実施された（ケース 13.1）。高水温耐性のある新たなノリ品種の選抜が行われ、高水温でも形態変化が少なく生長が良好な株が選抜されている。気候変動に伴う影響を軽減するための適応策として、水温上昇等に対応したノリ養殖技術（高水温耐性品種、広水温耐性品種、耐病性品種、低栄養塩耐性品種の開発等）の開発が必要である。

3.5 魚類等の変化

3.5.1 魚類漁獲量等の状況

＜平成 28 年度委員会報告による問題点等＞

有明海の漁獲量は減少傾向にある。また、魚類資源に関する研究が少なく、特に漁獲努力量等の資源評価を行うための長期的かつ基礎的データの蓄積が不十分である。

八代海の漁獲量は、熊本県では減少、鹿児島県では増加傾向にあり、八代海全体でもわずかに増加傾向にある。また、魚類資源に関する研究が少なく、特に漁獲努力量等の資源評価を行うための長期的かつ基礎的データの蓄積が不十分である。

＜再生方策等の実施状況等と課題＞

有明海の魚類漁獲量は 1987（昭和 62）年をピークに減少傾向にあり、これは底生魚類の減少程度が大きいことによるものと考えられるが、平成 28 年度委員会報告では、溶存酸素の影響、餌料生物の影響等を初期減耗の要因として挙げていたものの、その後の知見の更新はなされていないことから、有明海の主要魚種の資源動向及びその変動要因について

ての知見の収集及び研究が必要である。

有明海は、近年、豊富な高次捕食者から成る生態系構造であることや、特にサメ・エイ類にとって世界有数の繁殖・成育場となっていることが明らかにされつつあるが、高次捕食者が生態系構造に与える影響や繁殖・成育場としての環境条件等は未解明であり、生態系全体の構造や機能について今後研究を進める必要がある。

八代海では、魚類資源の動向を評価するに十分な情報がなく、魚類の分布や生息状況に関する知見も少ない。2020(令和2)年までの調査では奥部で85種が確認されているが、海域ごとの環境と魚類の出現状況の特徴は把握されていない状況である。また、八代海の魚類の漁獲にかかる種構成は有明海と異なっており、魚類生態系構造が大きく異なる可能性があることが示唆されている。

八代海の生態系構造に係る知見は乏しく、高次捕食者の出現は認められているものの、その種数や生態についての知見も未解明である。加えて、高次捕食者の餌となる可能性のある魚類の食性も調査されていないため、サメ・エイ類をはじめとした魚類の生息状況や生態、各種魚類の生態系の構造や機能に及ぼす影響等について研究を継続する必要がある。

第4章 再生方策に共通する今後の課題

本章では、前章での有明海・八代海等における再生方策等の実施状況等と課題の整理結果を踏まえ、今後、適切かつ効果的な再生方策等を進めるための共通する課題を整理した。

4.1 データの蓄積等科学的知見の充実

有明海・八代海等の長期的な変化を把握するため、以下の項目について関係機関及び関係者によるモニタリング調査等を実施・継続し、必要な場合には拡充することにより、基礎的なデータの蓄積を図っていくことが必要である。

○環境データ等の蓄積

- ・流域を含む窒素、りん等の物質循環(底質からの溶出等含む)の挙動の解明
- ・河川流域からの土砂等の流入物質の輸送・堆積過程(海底床高さ等)の解明
- ・潮汐・潮流等の流況の変化が生態系等に及ぼす影響の解明
- ・水質・底質の現状と変化及び項目間の関係性や時間的・空間的観点からの解析・評価
- ・貧酸素水塊の発生・消滅機構の把握
- ・藻場・干潟における生態系の機能(炭素貯留機能を含む)の解明
- ・海洋ごみの実態把握
- ・赤潮の発生と増殖に係る各種要因の解明

○ベントス群集(種組成、個体数、湿重量)の状況

○有用二枚貝、魚類等の資源量、漁獲量等(基礎生産との関係を含む)

○有用二枚貝の浮遊幼生や着底稚貝の分布状況

○魚類等の再生産や生息の場の分布状況 等

また、環境変化のメカニズムや要因等の解明につながるデータの分析・解析に取り組むことが必要であり、環境変化の状況や相互作用等の事象を再現できる数値モデルの有効活用等、最新の知見を踏まえて、問題点の原因・要因の解析・解明や効果的かつ有効な取組の検討等に役立てていくことが重要である。その際、海域に生息する生物のみならず、流域を意識した生態系のつながりや渡り鳥をはじめとする他の地域と往来する生物にも着目した、自然環境や生態系のメカニズムの解明に係る視点も踏まえて取り組むことが必要である。

加えて、気候変動に伴う気温や水温の上昇傾向による海域環境や生物・生態系への長期的な影響や、マイクロプラスチックを含むプラスチックの海域への流出による懸念、近年多発化している豪雨やそれに伴う大規模出水等によるインパクトの大きい海域環境への影響等が生じていることを踏まえ、これらの長期的・短期的影響について調査・研究を推進することが重要である。

4.2 関係者による連携強化と情報の発信・共有の推進

再生方策の推進に当たっては、国や地方公共団体等の関係行政機関のみならず、有識者、教育・研究機関やNPO、漁業者、企業等の多様な主体が有機的に連携し、総合的かつ順応的に取り組んでいくこと、海域・地域を越えて関係者の連携や合意形成を図りつつ、有明海・八代海等の生物や水環境、再生方策等の取組状況等の情報のオープンデータ化に取り組み発信・共有を進めながら地域住民等への普及・啓発を充実させることが引き続き求められている。また、新たな知見を充実させるため、海域環境や水産資源等に係る調査研究能力を有する研究者を養成していくことが重要である。

4.3 再生目標と再生方策等との関連性の明確化と他事業等との連携強化

有明海・八代海等総合調査評価委員会においては、生物や水環境のモニタリング結果の確認を含め、前章(第3章)で掲げた再生目標の達成状況や再生方策の実施状況等を定期的に確認し、これも踏まえて有明海・八代海等の再生に係る評価を適切に実施することとする。

関係省庁・関係県が主体の事業等が多数進められているが、これら事業等の全体像や、各事業等が再生目標のどの部分に対応しているのか等を分かりやすく示すため、前章(第3章)では有明海・八代海における問題点とその原因・要因との関連の可能性を示した連関図と主要な事業等との関係(図3-2)を踏まえた上で、再生方策等の実施状況等と課題を整理したところである。

今後とも、この図3-2に示された再生目標と各事業等の関係性などについて、その影響の大小も加味して、最新の知見とともに整理していくことが必要である。また、これを踏まえて、適切かつ効果的な事業等の推進と、他事業等との効果的な連携を強化しつつ、事業実施後に得られた科学的知見や、これを適切かつ科学的に評価した結果をフィードバックしていくことが重要である。

さらには、表3-1に示された再生方策のうち、これまで評価委員会に実施状況等が報告されていない再生方策についても取組を進めることとする。

また、近年、大きな動きとなっている脱炭素社会の実現や、気候変動の影響に対する様々な取組が、今後、当該地域においても加速していくことが予想される。関連する新たな動きについても、情報を収集するとともに、必要に応じ、連携・関連施策として整理していくことが求められる。

4.4 令和8年度委員会報告に向けた取組

平成28年度委員会報告では、再生目標について、当面の目標とする時期を概ね10年後としていることから、令和8年度に委員会報告を行う予定である。一方で、平成28年度委員会報告以降、有明海及び八代海等を取り巻く社会経済情勢等も大きく変化しており、また、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である。令和8年度委員会報告に向けては、このような状況や情勢の変化を踏まえつつ、

本中間取りまとめにおいて整理された課題の解決に向けて取り組むことが求められる。このため、関連する調査研究を進め、平成 28 年度委員会報告に掲げられた再生目標の達成状況や再生方策の実施状況等の定期的な確認とともに、当該取組について検証し、これらも踏まえて有明海・八代海等の再生に係る評価を適切に実施することとする。