

## 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、希少な生態系を形成するとともに、我が国固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。

< 藻場 >

< 干潟 >

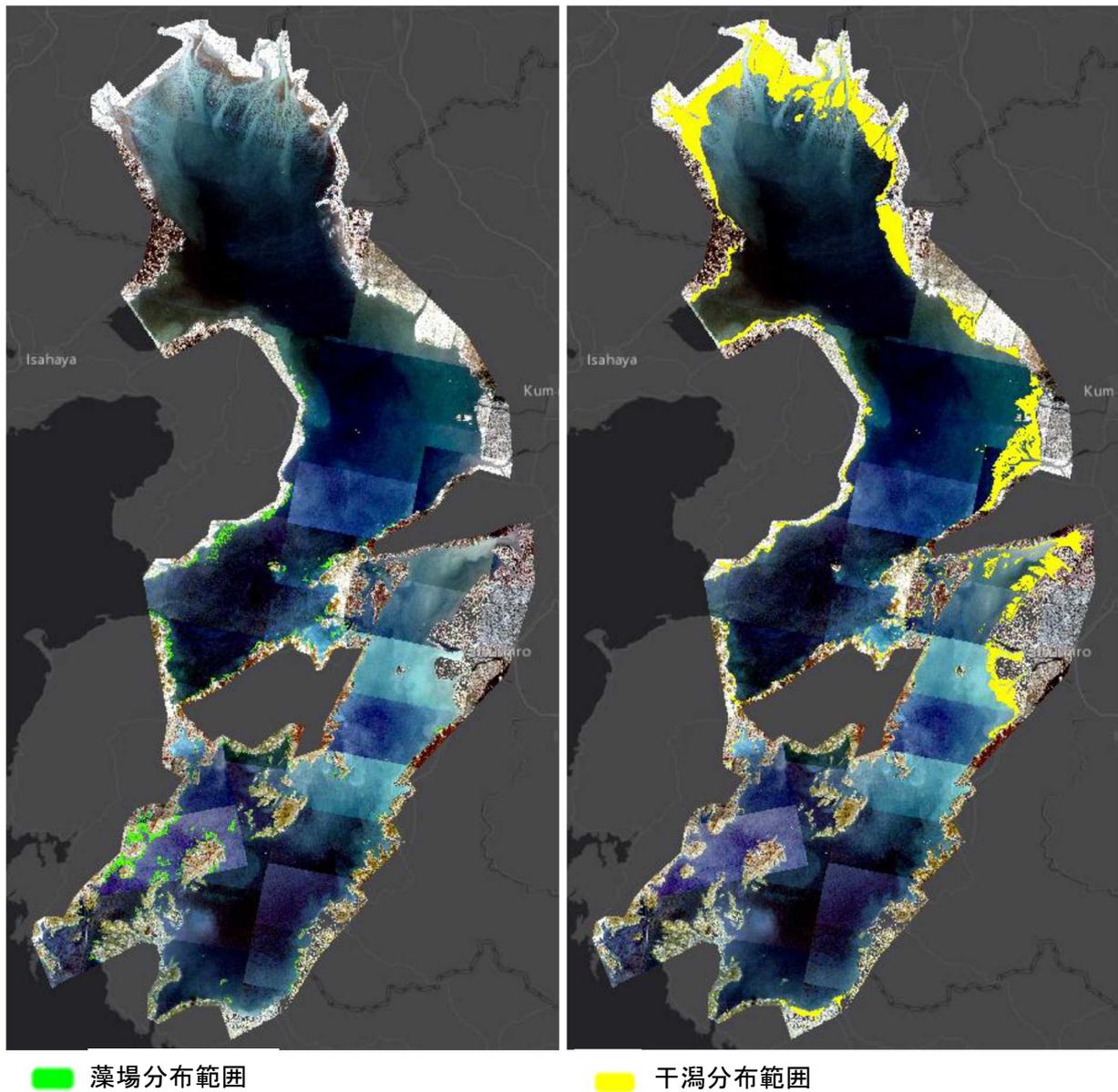


図 2.7.1-1 有明海・八代海における藻場・干潟分布図(左:藻場、右:干潟)

出典:環境省(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・干潟面積

海域	藻場面積(ha)	干潟面積(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	
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<sup>1)</sup>、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)。

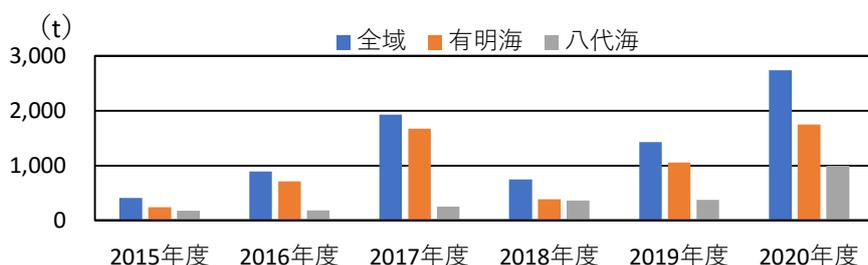


図 2.7.2-1 有明海・八代海における海洋ごみの回収量の推移

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372m<sup>3</sup>、八代海で1,734m<sup>3</sup>のごみが回収された(図2.7.2-2)。

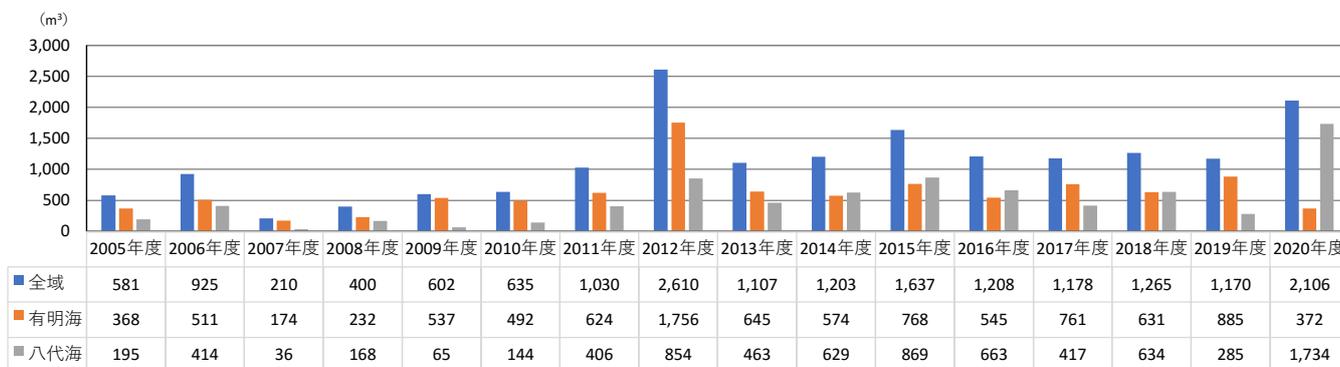


図 2.7.2-2 有明海・八代海における国の海洋環境整備船(海輝・海煌)によるごみ回収量の推移

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」「がなりゅう」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15,883m<sup>3</sup>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<sup>1)</sup>、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おり、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。

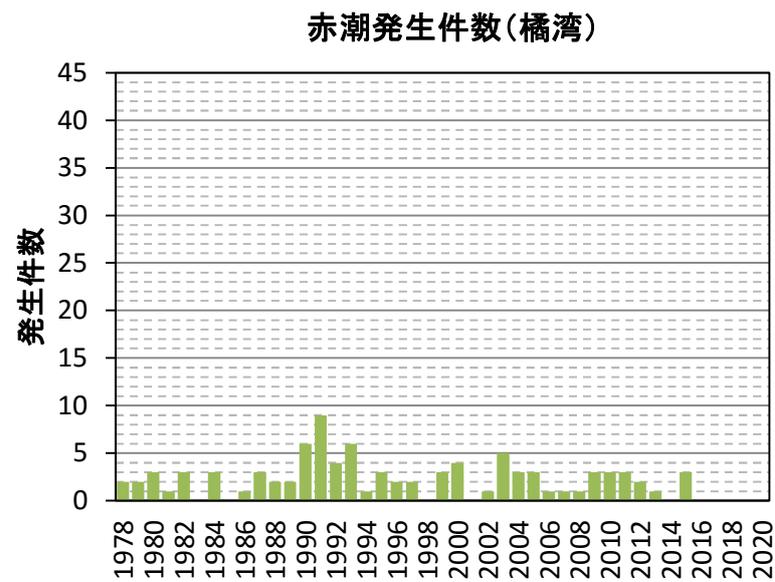
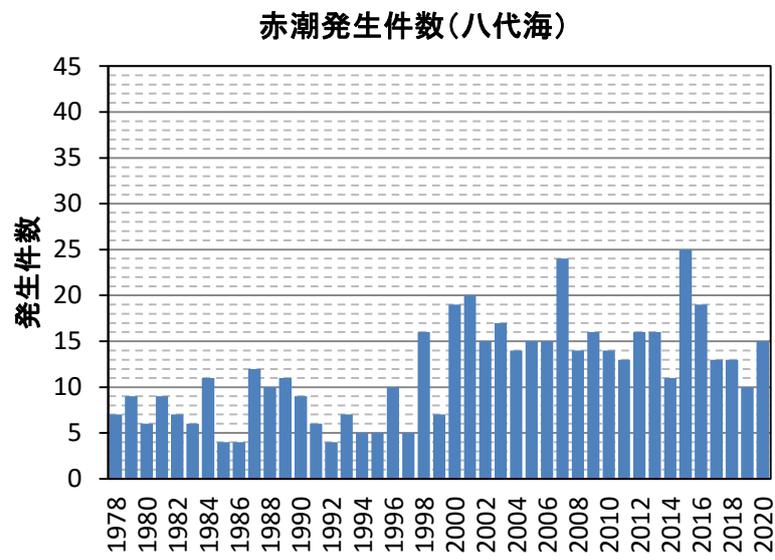
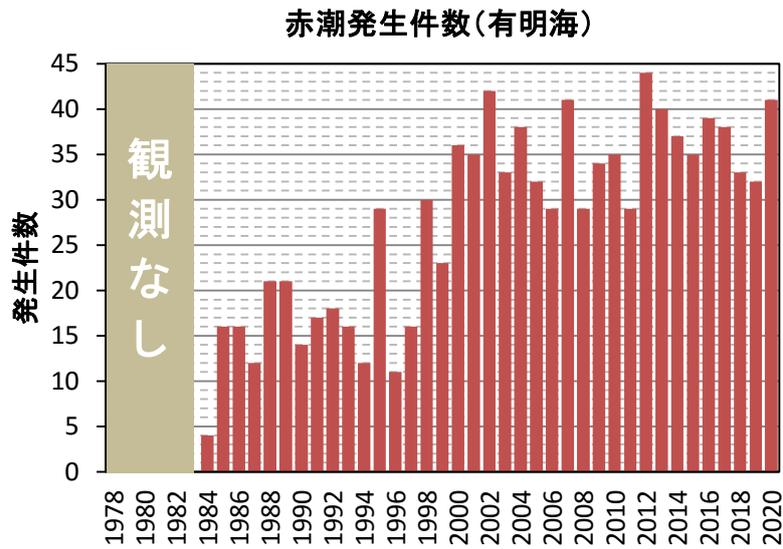


図 2.8.1-1 有明海、八代海及び橘湾における赤潮発生件数の推移

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<sup>2)</sup>(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  $\mu$ m)  
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。

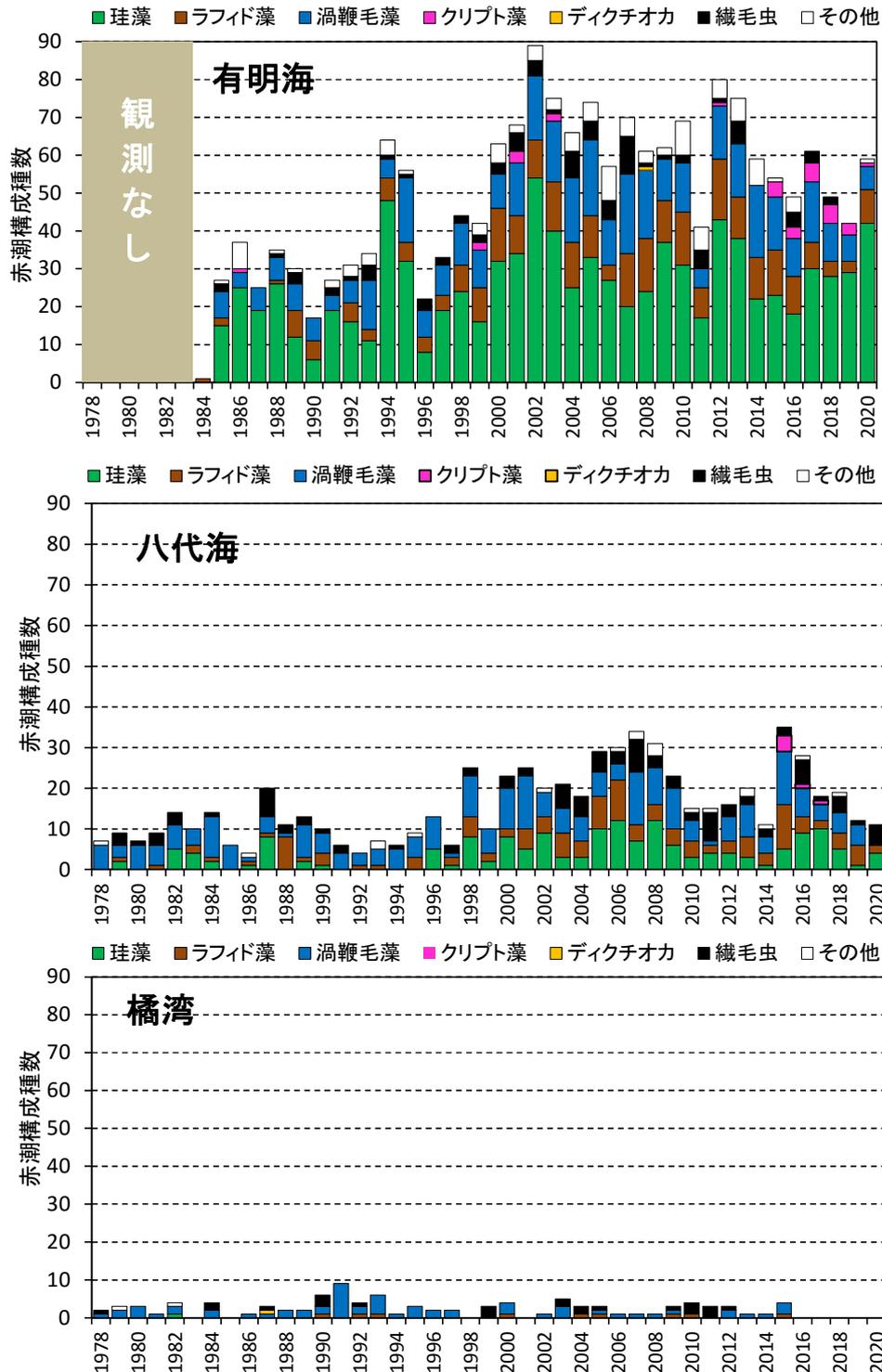


図 2.8.2-2 有明海、八代海及び橘湾における赤潮構成種数の推移

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。

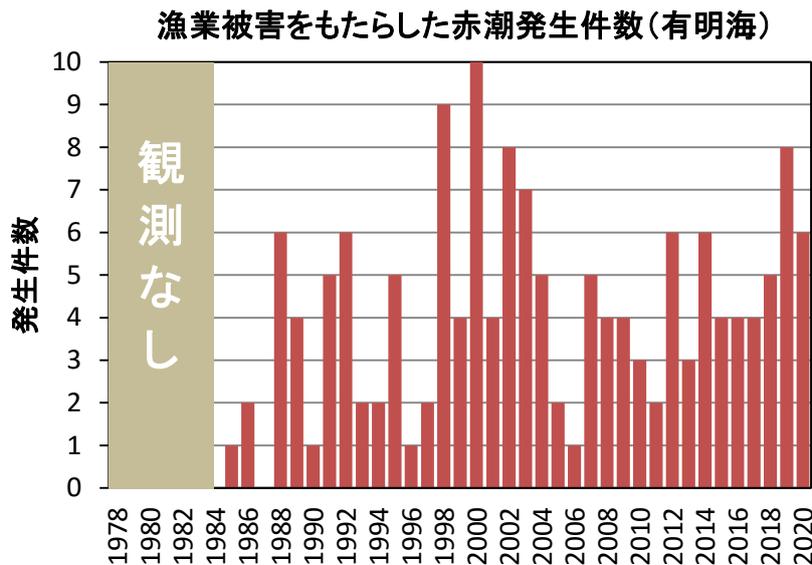


図 2.8.3-1 有明海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数(年間)の推移  
 出典:水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(昭和53年～令和2年)」をもとに環境省が作成した。

#### (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<sup>3)</sup>。

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。

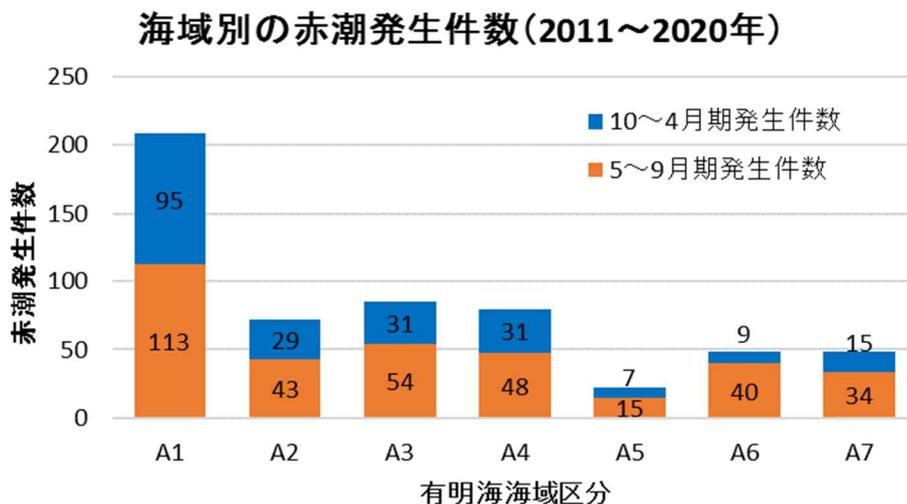
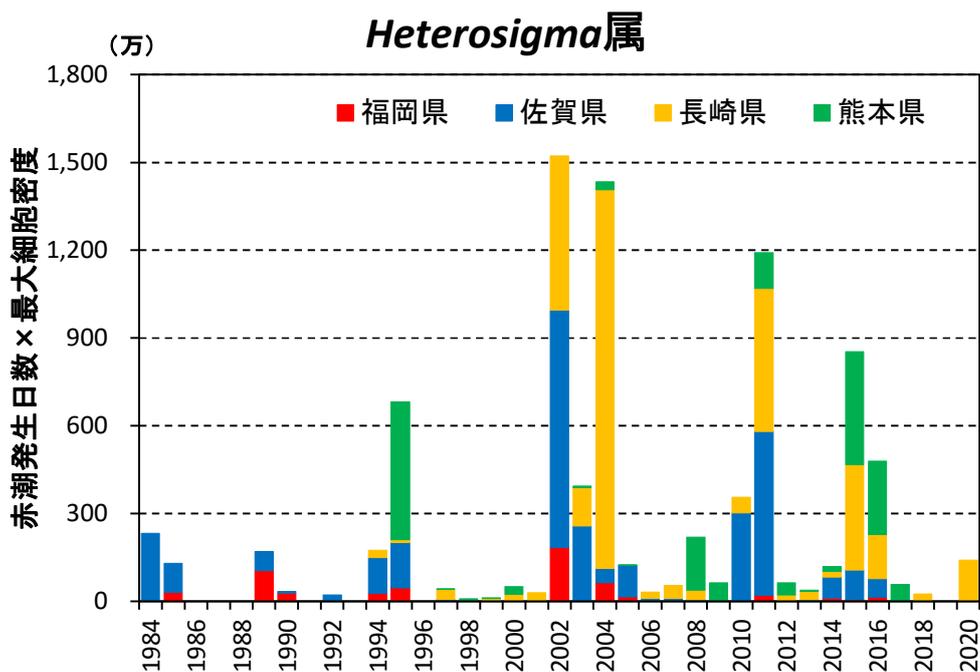
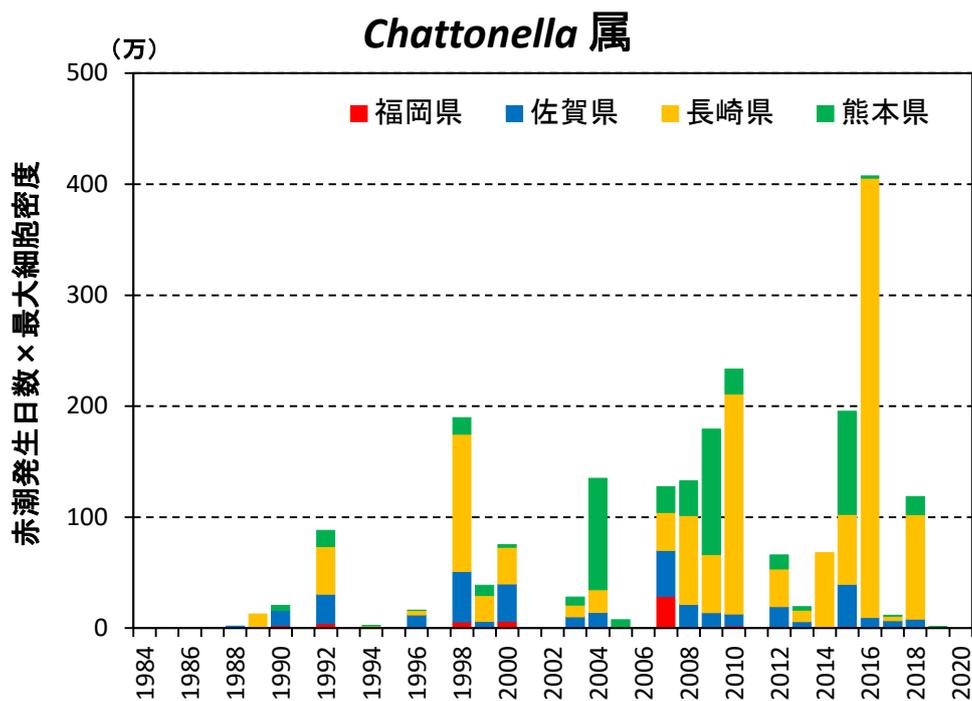


図 2.8.3-2 有明海における海域区分別赤潮発生件数(2011(平成 23)年～2020(令和 2)年の累計値)

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」

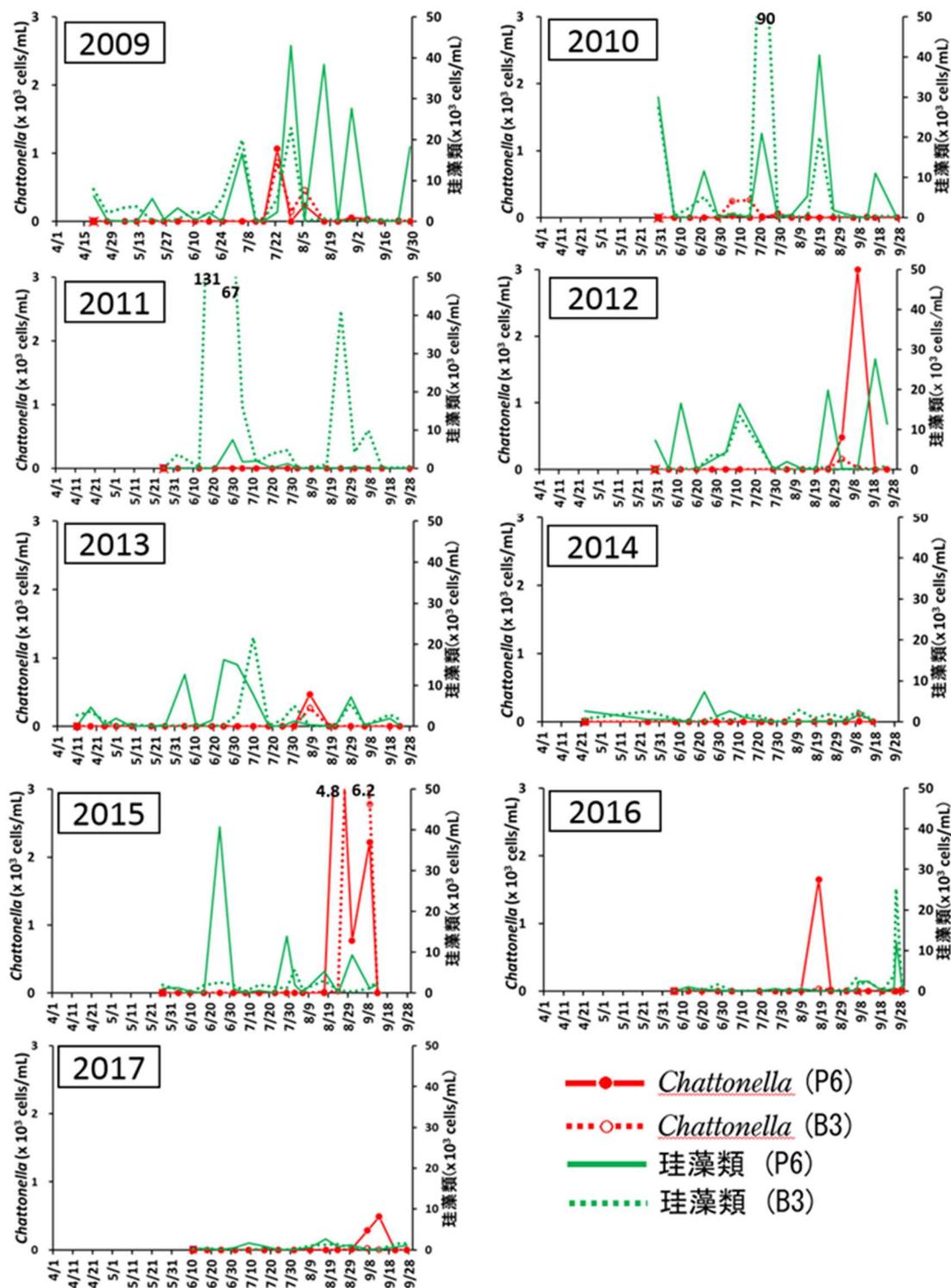


図 2.8.3-5 有明海奥部(測点 P6)及び諫早湾(測点 B3)における *Chattonella* 属と珪藻類の出現特性(2009(平成 21)年~2017(平成 29)年)

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

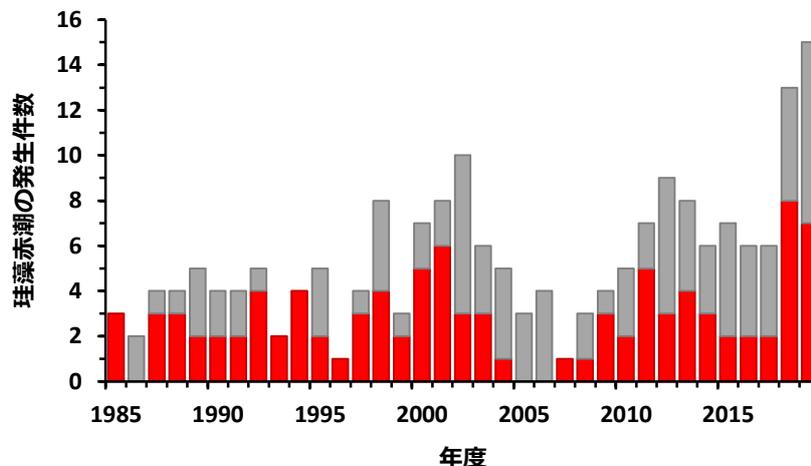
## (2) 赤潮によるノリ養殖被害

### 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<sup>4)</sup>。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。<sup>5)、6)、7)</sup>(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。

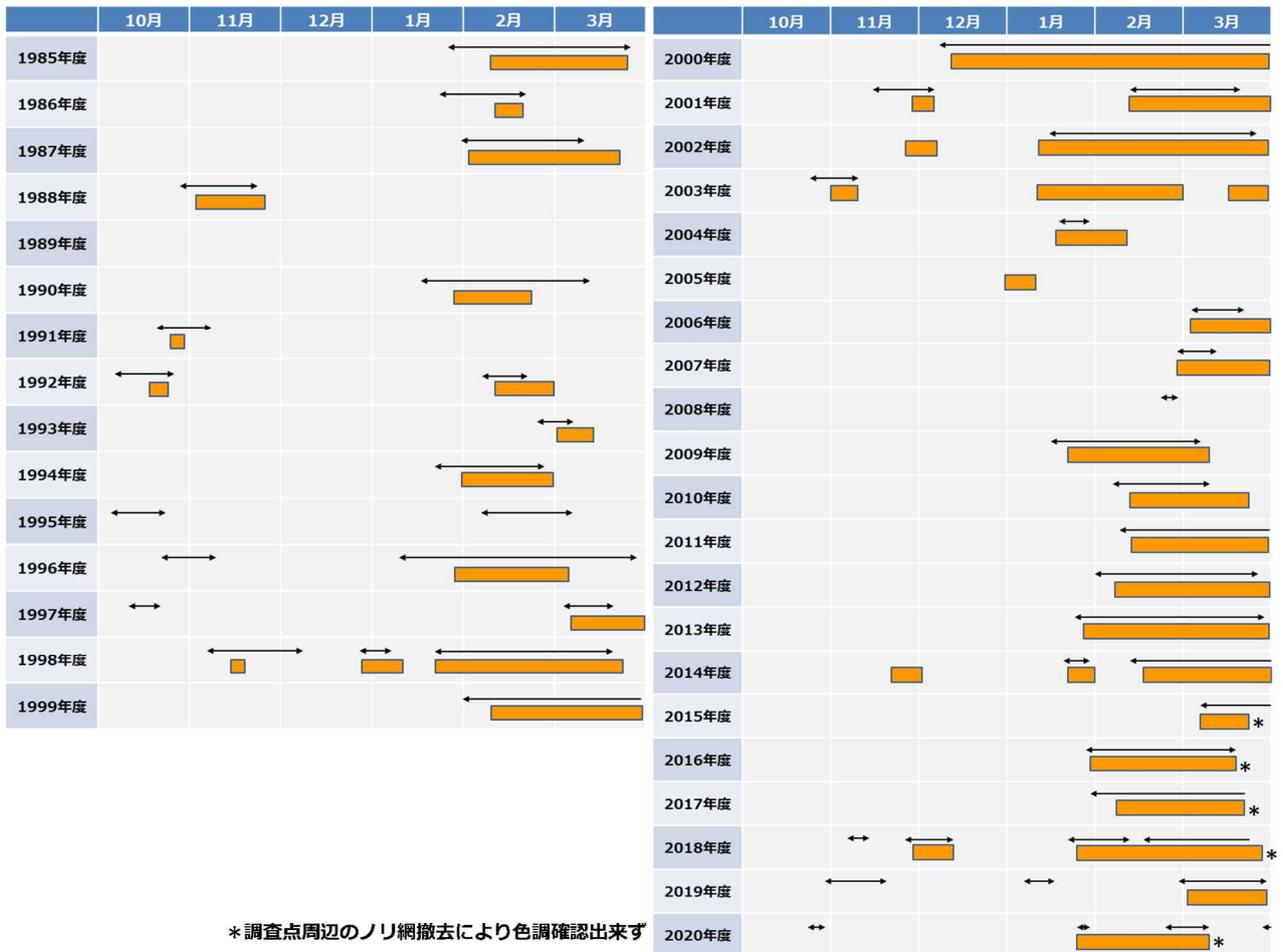
ノリの色落ちと珪藻赤潮との関係を検証するため、有明海福岡県海域を例に、1985(昭和 60)年度以降のノリの色落ちの発生期間と珪藻赤潮の発生期間とを対比した(図 2.8.3-7)。その結果、多くの場合、ノリの色落ちに先行する形で珪藻赤潮が発生しており、珪藻赤潮の発生とノリの色落ち被害とが密接に関係していることが示唆された。すなわち、珪藻類が赤潮を形成することによって、海水中の栄養塩濃度が急激に低下し、ノリ養殖に必要とされる栄養塩が減少する結果、色落ちが生じているものと推察される。



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高い大型の珪藻類、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。

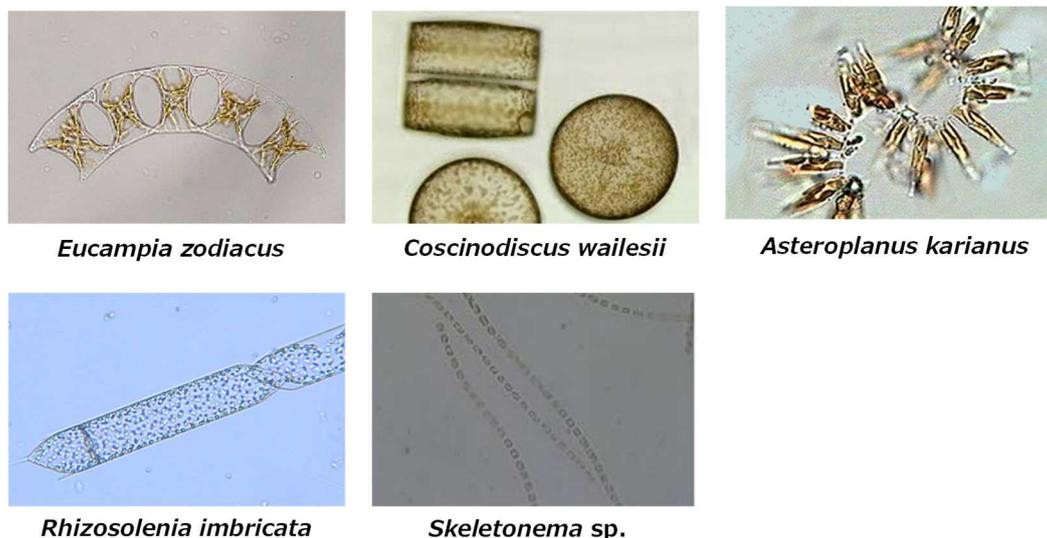


図 2.8.3-8 ノリの色落ちの原因となる主な珪藻類

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  $100 \mu\text{m}$  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<sup>8)、9)、10)、11)、12)</sup>。

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<sup>13)</sup> (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)。

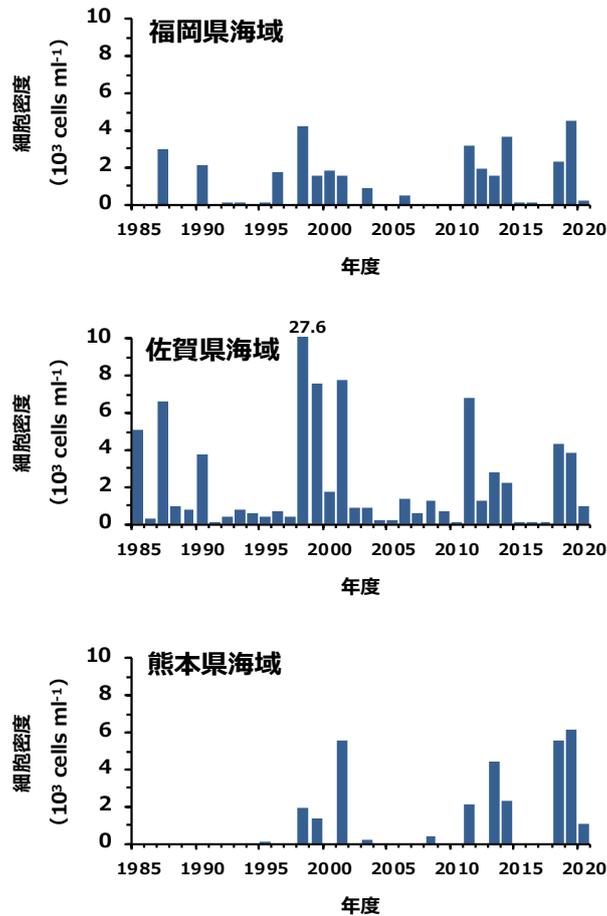


図 2.8.3-9 有明海福岡県海域、佐賀県海域及び熊本県海域における *Eucampia zodiacus* の最高細胞密度の経年変化

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)」

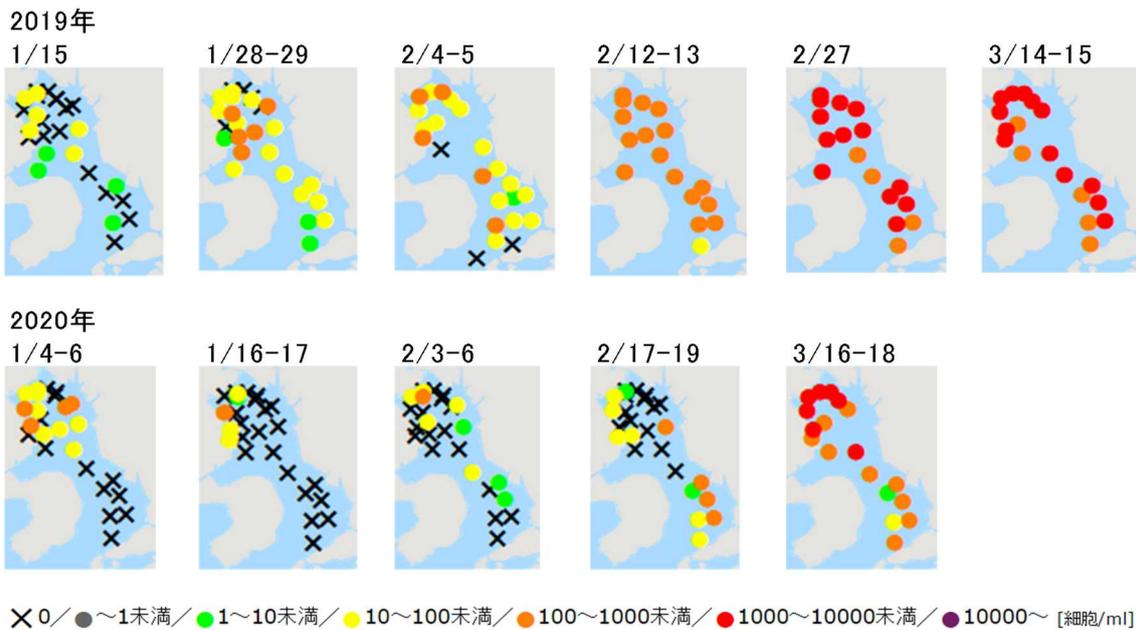


図 2.8.3-10 *Eucampia zodiacus* の出現状況の変化(2019(令和元)年1月～3月及び2020(令和2)年1月～3月)

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  $\mu\text{m}$ ）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<sup>14), 15), 16)</sup>。

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。

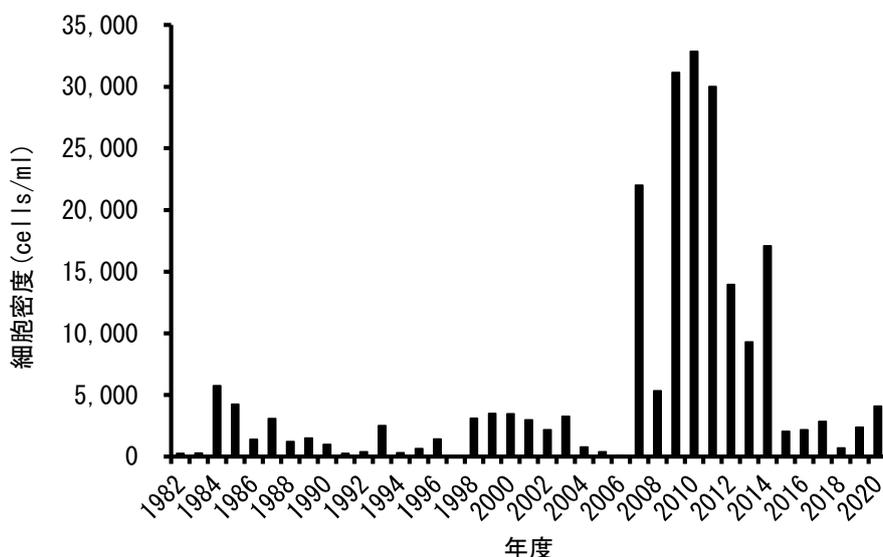
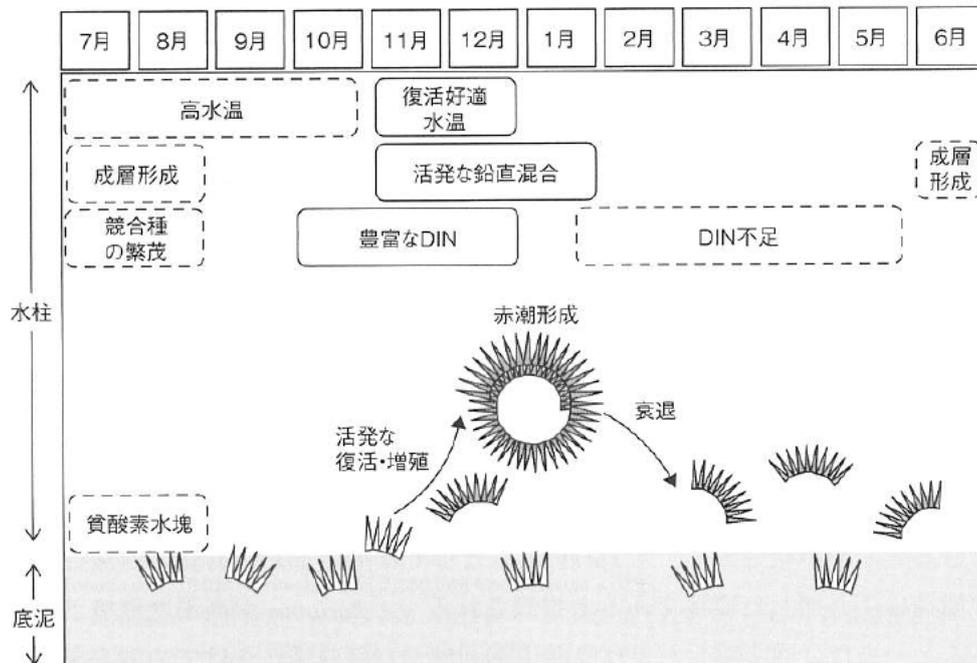


図 2.8.3-11 有明海佐賀県海域における *Asteroplanus karianus* の最高細胞密度の変動

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<sup>17)</sup>。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<sup>17)</sup>。



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・松岡数充(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<sup>18)</sup>。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十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<sup>19)</sup>、<sup>20)</sup>(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<sup>21)</sup>(図 2.8.3-15)。

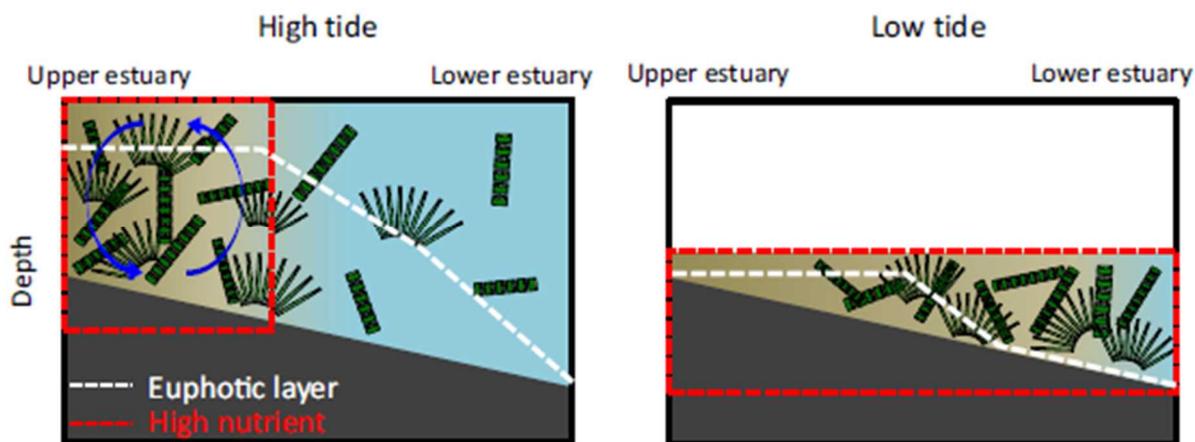


図 2.8.3-13 河口域の満潮時(左)及び干潮時(右)における水塊と珪藻の挙動に関する模式図

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.

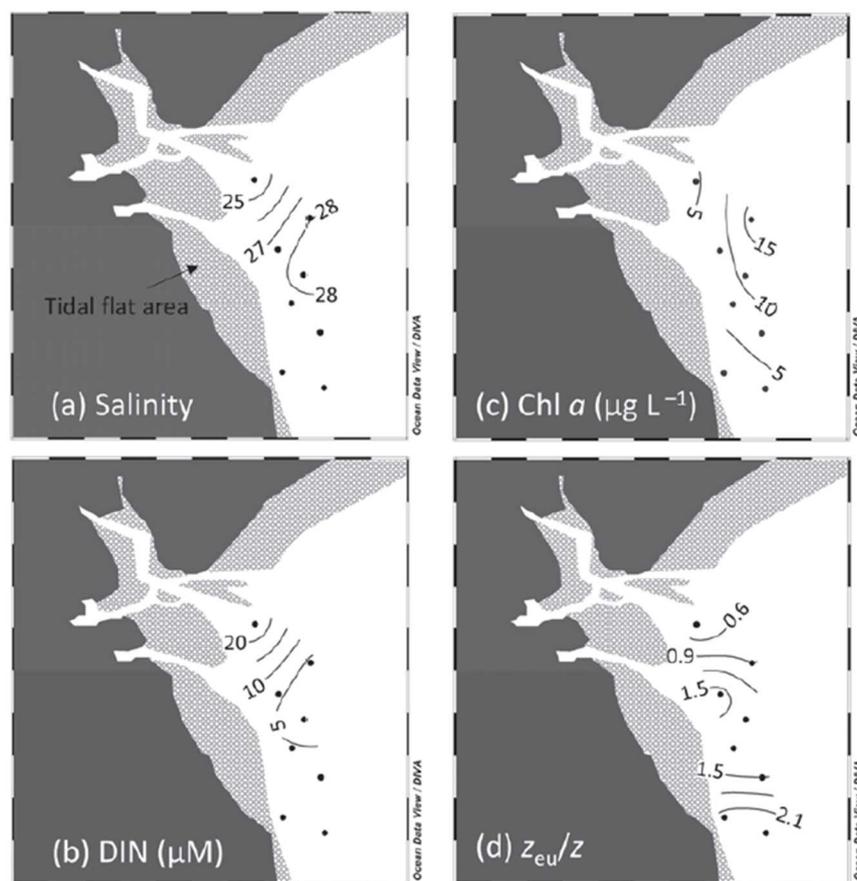


図 2.8.3-14 佐賀県塩田川及び鹿島川の河口沖合域における干潮時の塩分、溶存無機態窒素濃度、クロロフィル  $a$  濃度、有光層/水深比の水平分布

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.

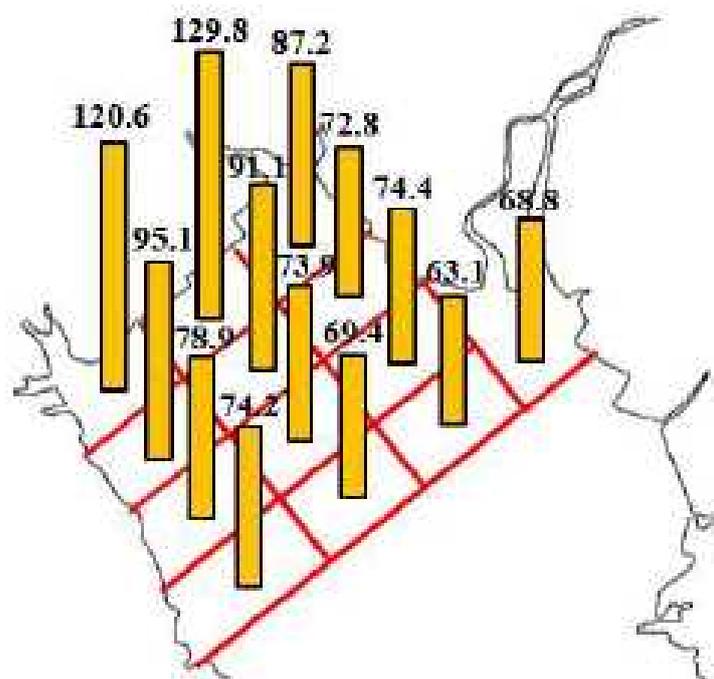


図 2.8.3-15 秋期～冬期の有明海奥部海域の各小領域における滞留時間分布(hour)

出典:南浦修也, 山口創一(2019):冬季有明海奥部における刀色落ち原因藻 *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。

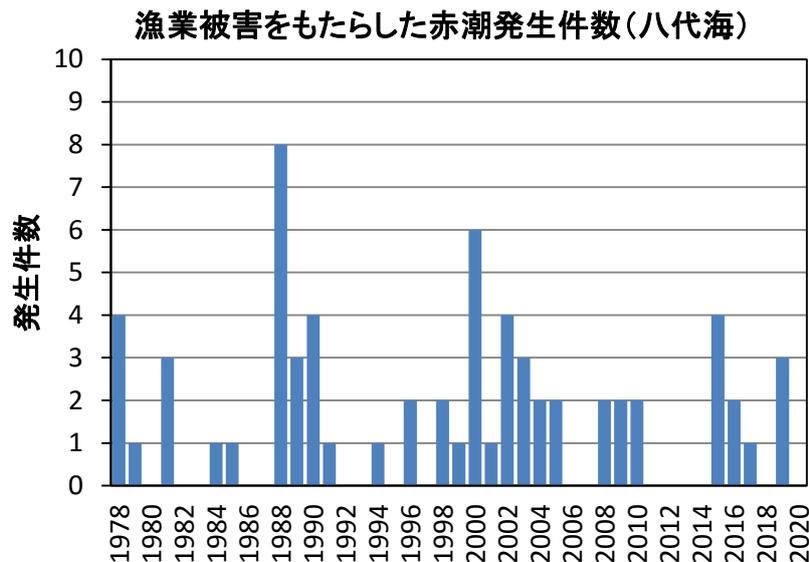


図 2.8.4-1 八代海において漁業被害をもたらした赤潮発生件数(年間)の推移  
出典:水産庁九州漁業調整事務所「九州海域の赤潮(昭和 53 年～令和 2 年)」をもとに環境省が作成した。

### (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1億円を超える大きな漁業被害は発生していない。

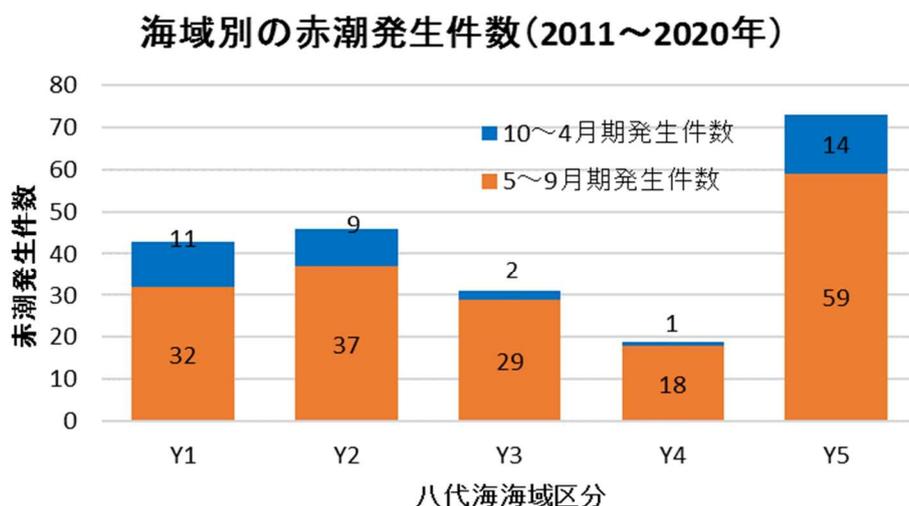


図 2.8.4-2 八代海における海域別赤潮発生件数(2011(平成23)年～2020(令和2)年の累計値)

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。

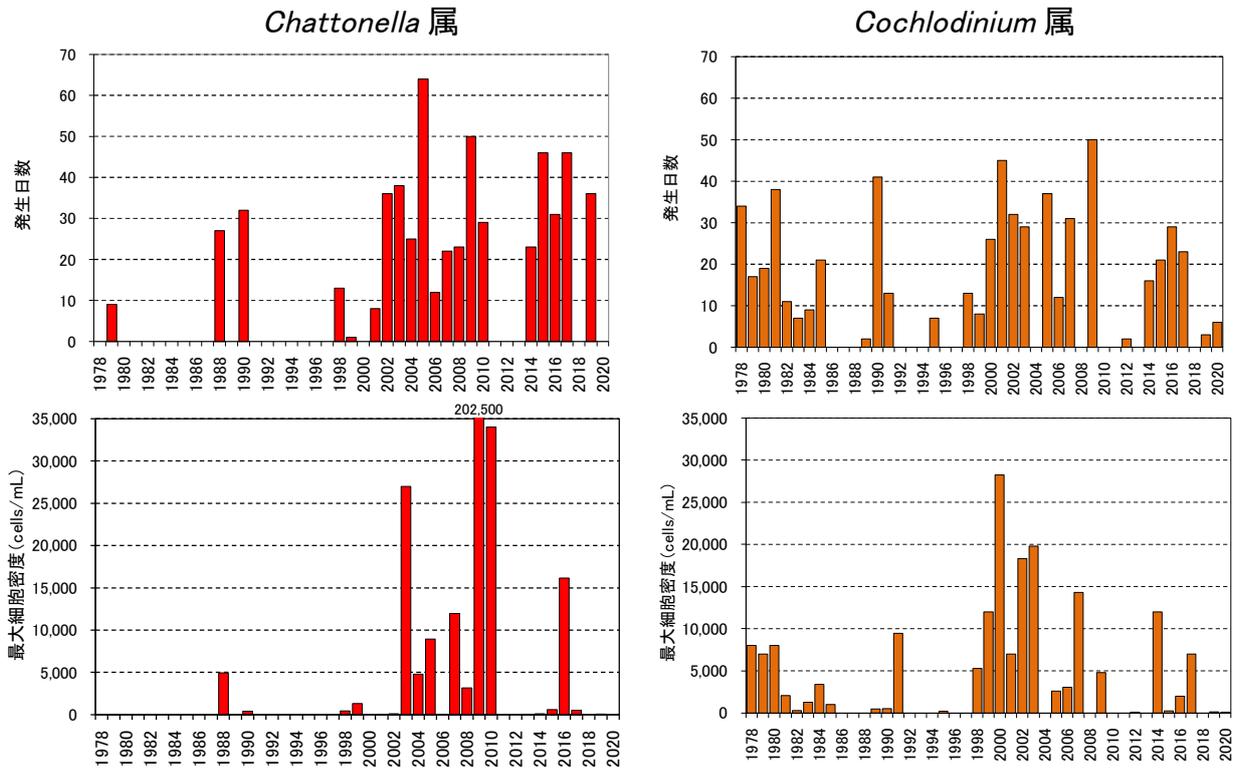


図 2.8.4-3 八代海(熊本県海域)における *Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属による赤潮発生日数、最大細胞密度の経年変化

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。

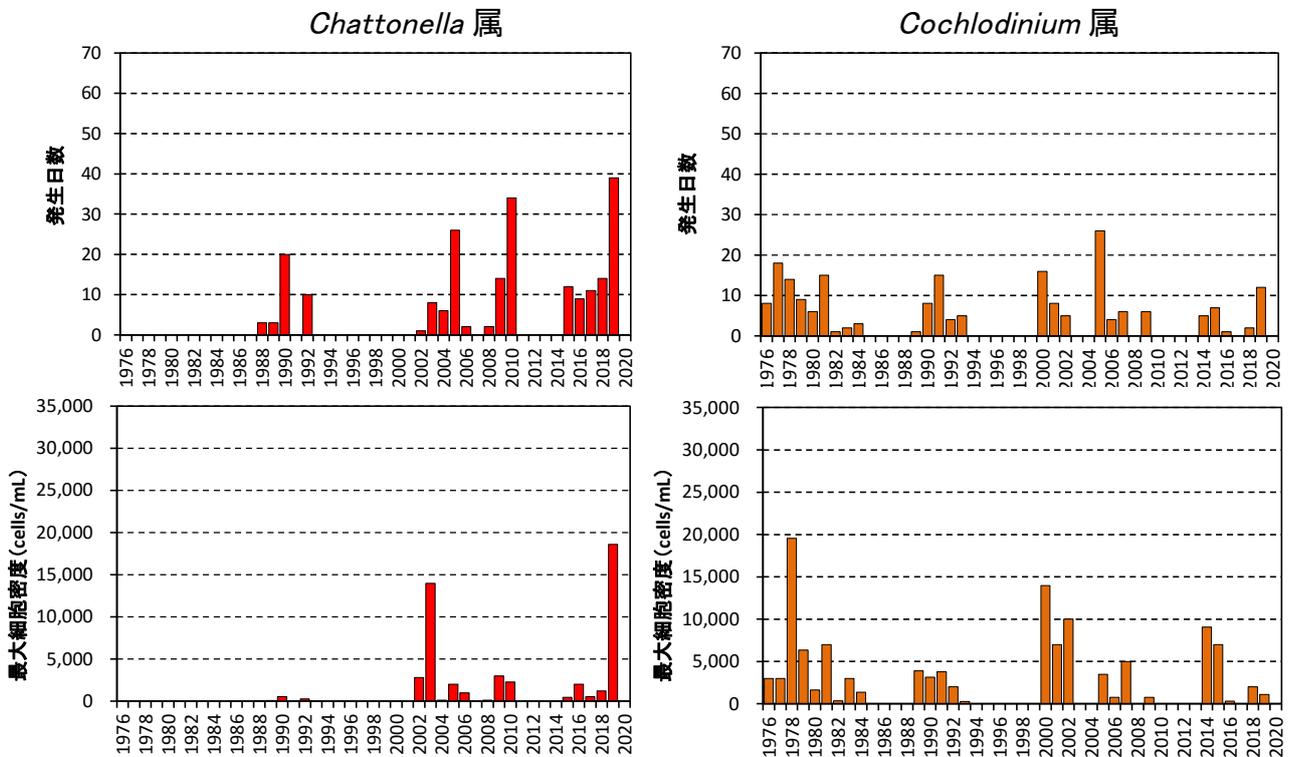
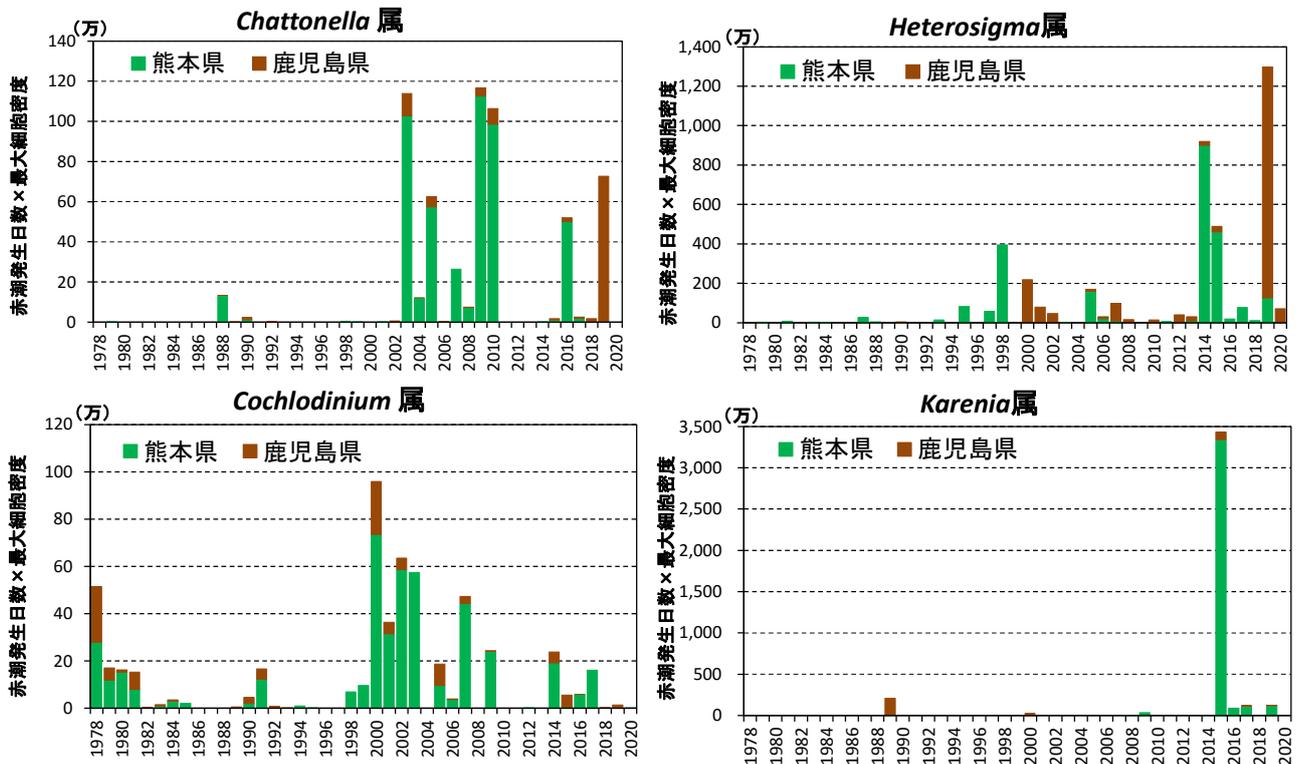


図 2.8.4-4 八代海(鹿児島県海域)における *Chattonella* 属と *Cochlodinium* 属による赤潮発生日数、最大細胞密度の経年変化

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。

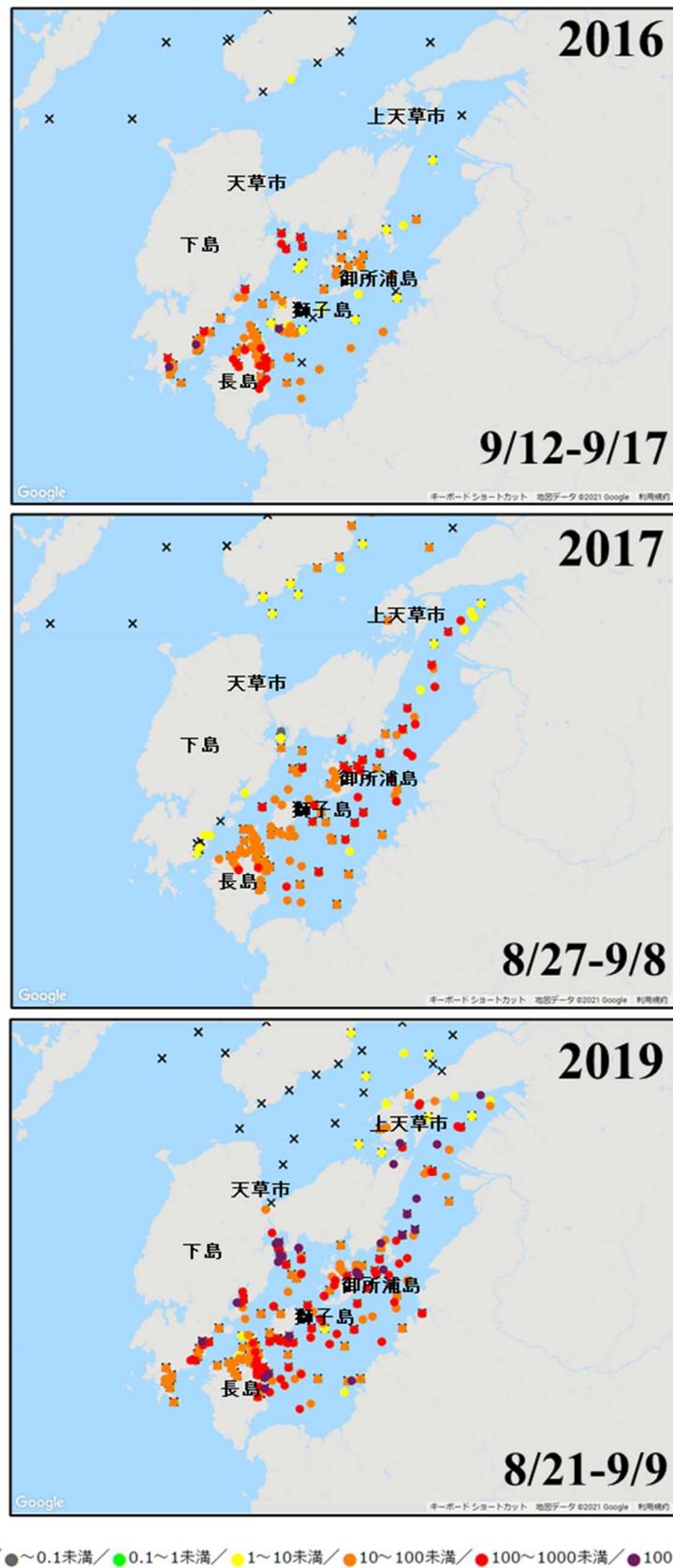


図 2.8.4-6 八代海における *Chattonella* 属赤潮による漁業被害が発生した期間(2016 (平成 28)年、2017(平成 29)年、2019(令和元)年の夏期)の *Chattonella* 属の発生分布状況

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。

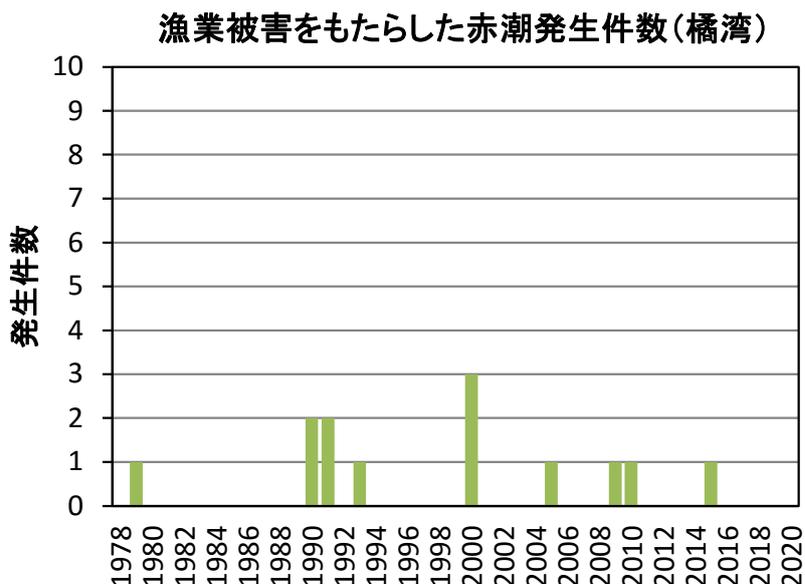


図 2.8.5-1 橘湾において漁業被害をもたらした赤潮発生件数(年間)の推移

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, 川村嘉広(2014):有害珪藻 *Asteroplanus karianus* の有明海佐賀県海域における出現動態と各種環境要因との関係, 日本水産学会誌, 第 80 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* のブループーク時期の予察, 日本水産学会誌, 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<sup>1)</sup>、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>アリアケヤウラガニ</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>センベイヤワモチ</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>コシヤクシギ</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 카테고리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<sup>2)~6)</sup>、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 A<sub>sg</sub>-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、総個体数が大きく増加した。

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 A<sub>sg</sub>-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

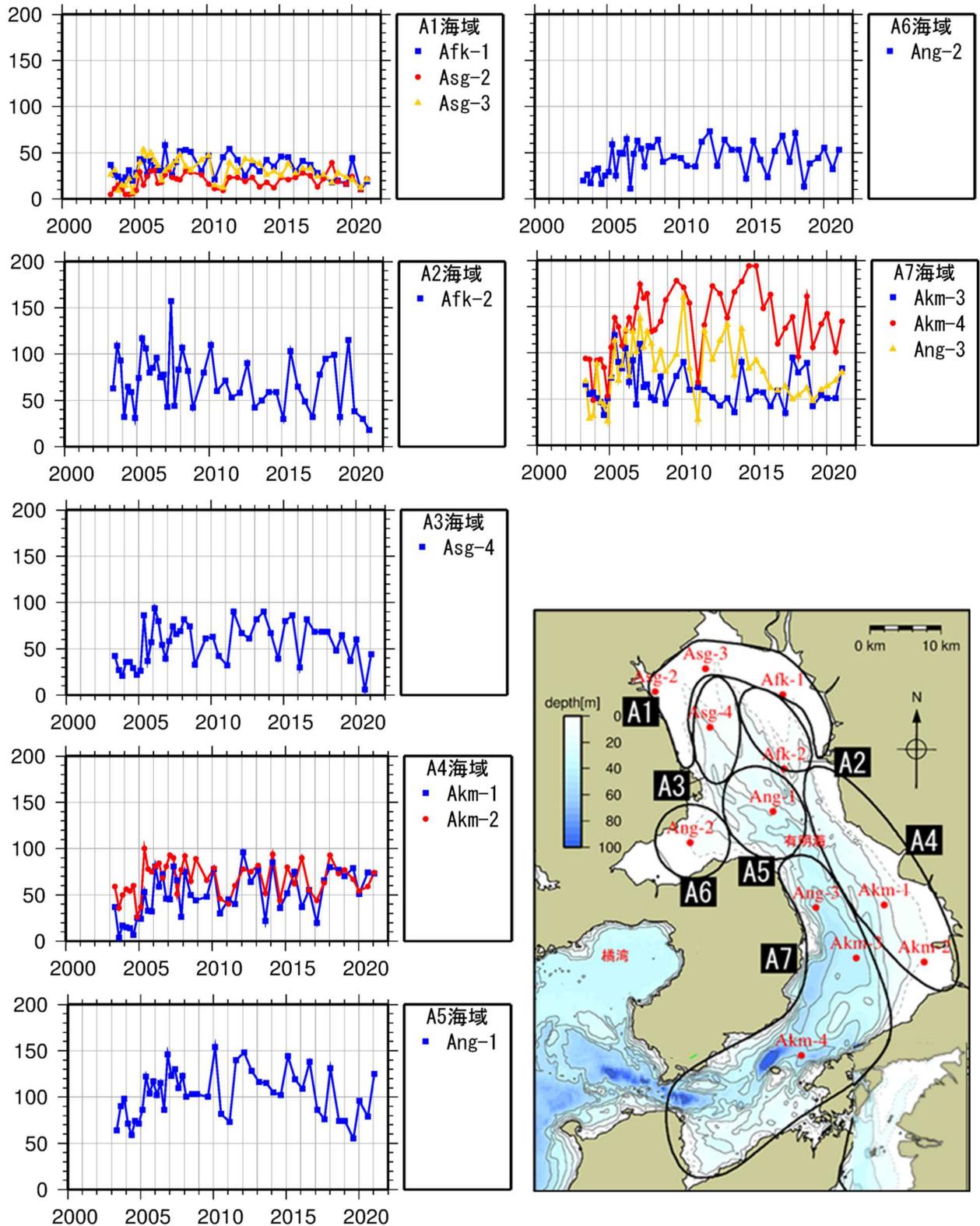


図 2.9.2-1 有明海のベントスの種類数の経年変化

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/m<sup>2</sup>) : 対数表示

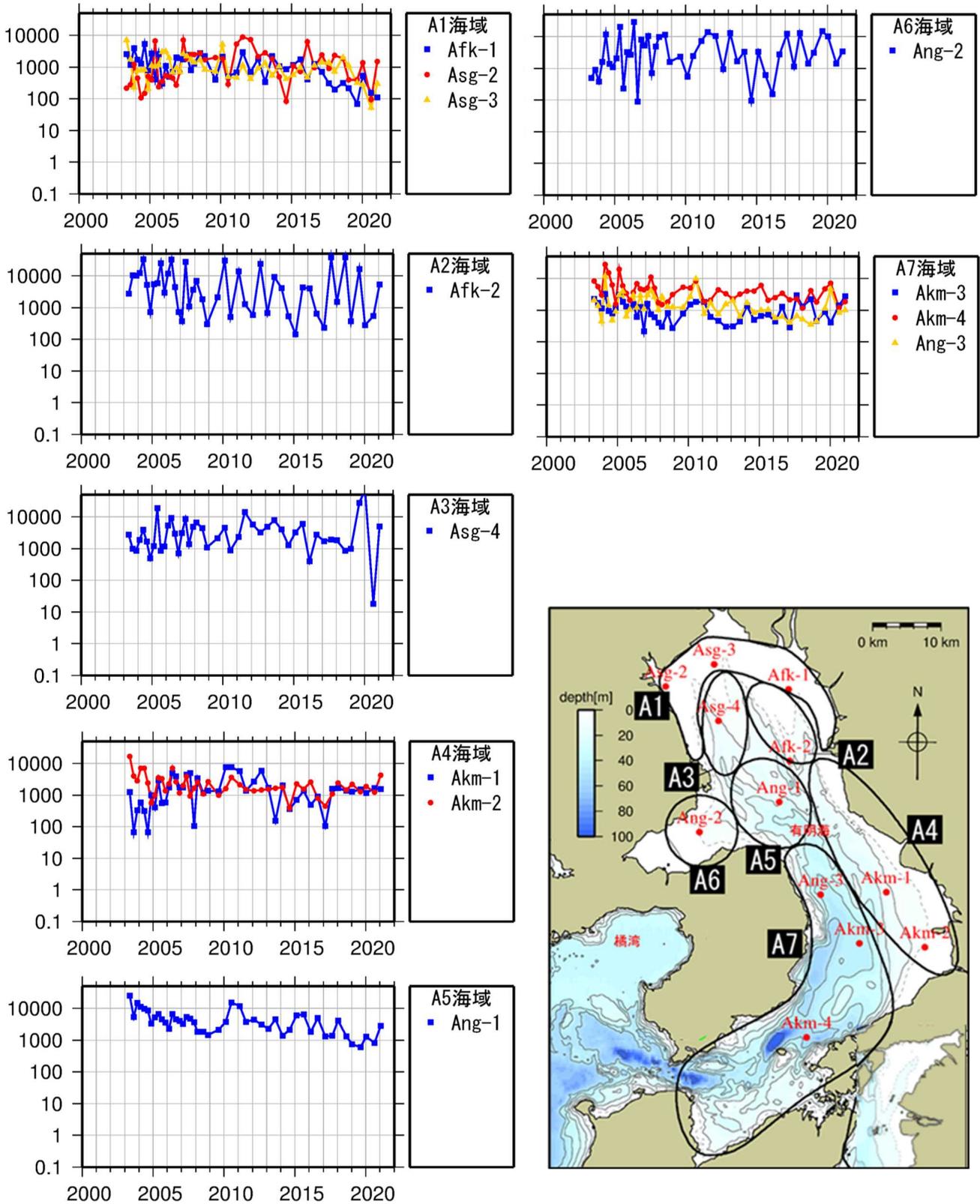


図 2.9.2-2 有明海のベントス個体数の経年変化

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/m<sup>2</sup>) : 対数表示

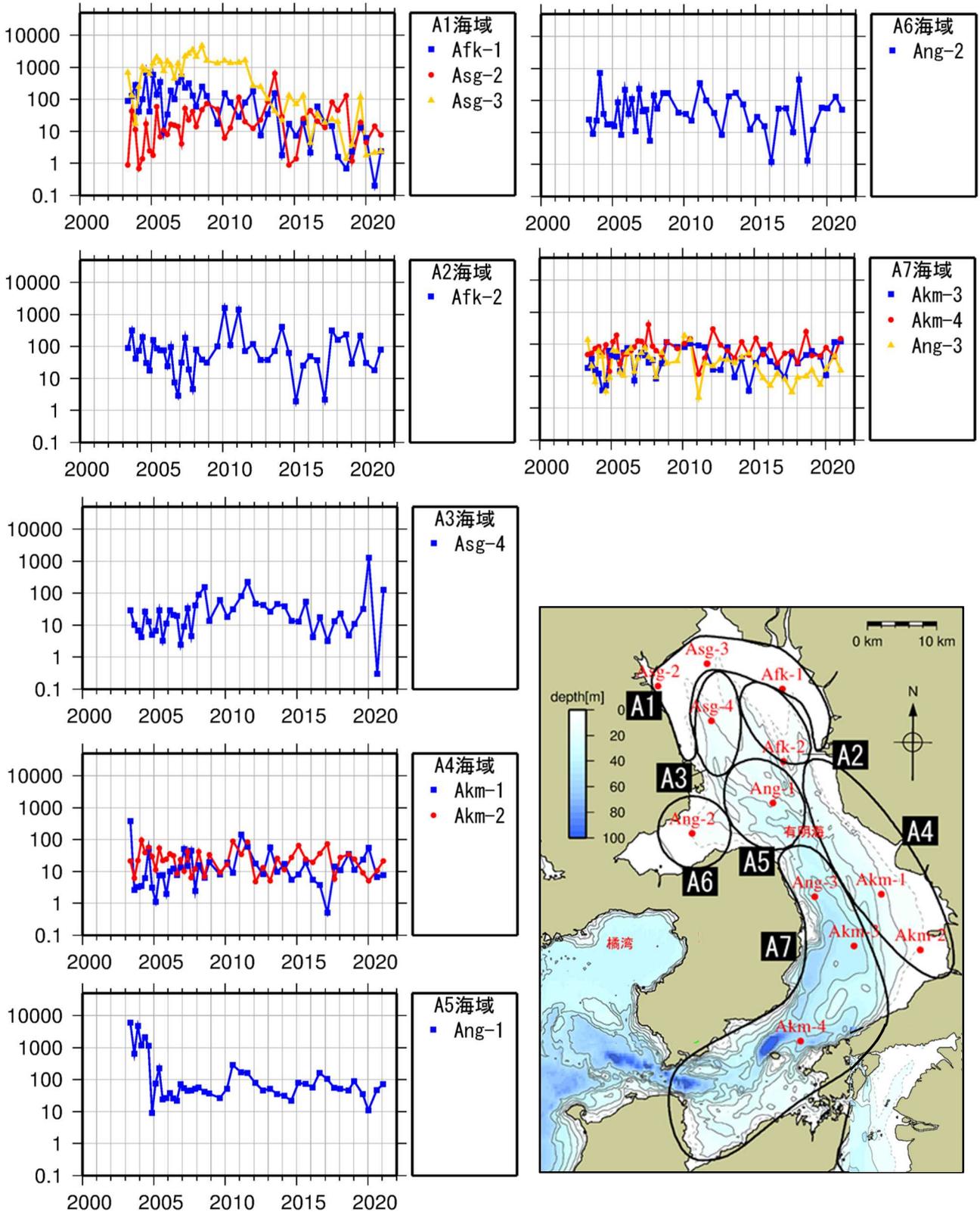


図 2.9.2-3 有明海のベントス湿重量の経年変化

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。

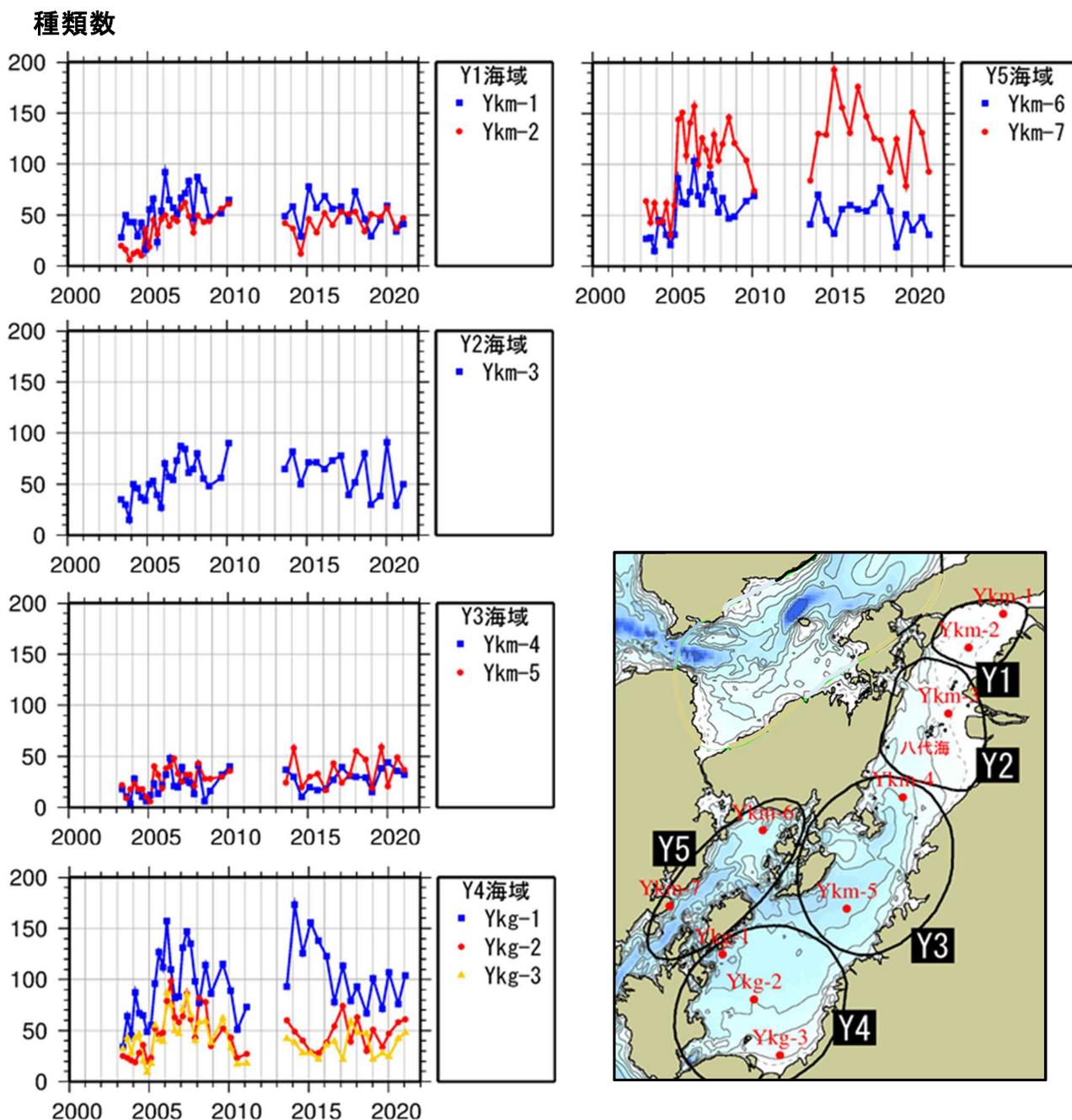


図 2.9.2-4 八代海のベントスの種類数の経年変化

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/m<sup>2</sup>) : 対数表示

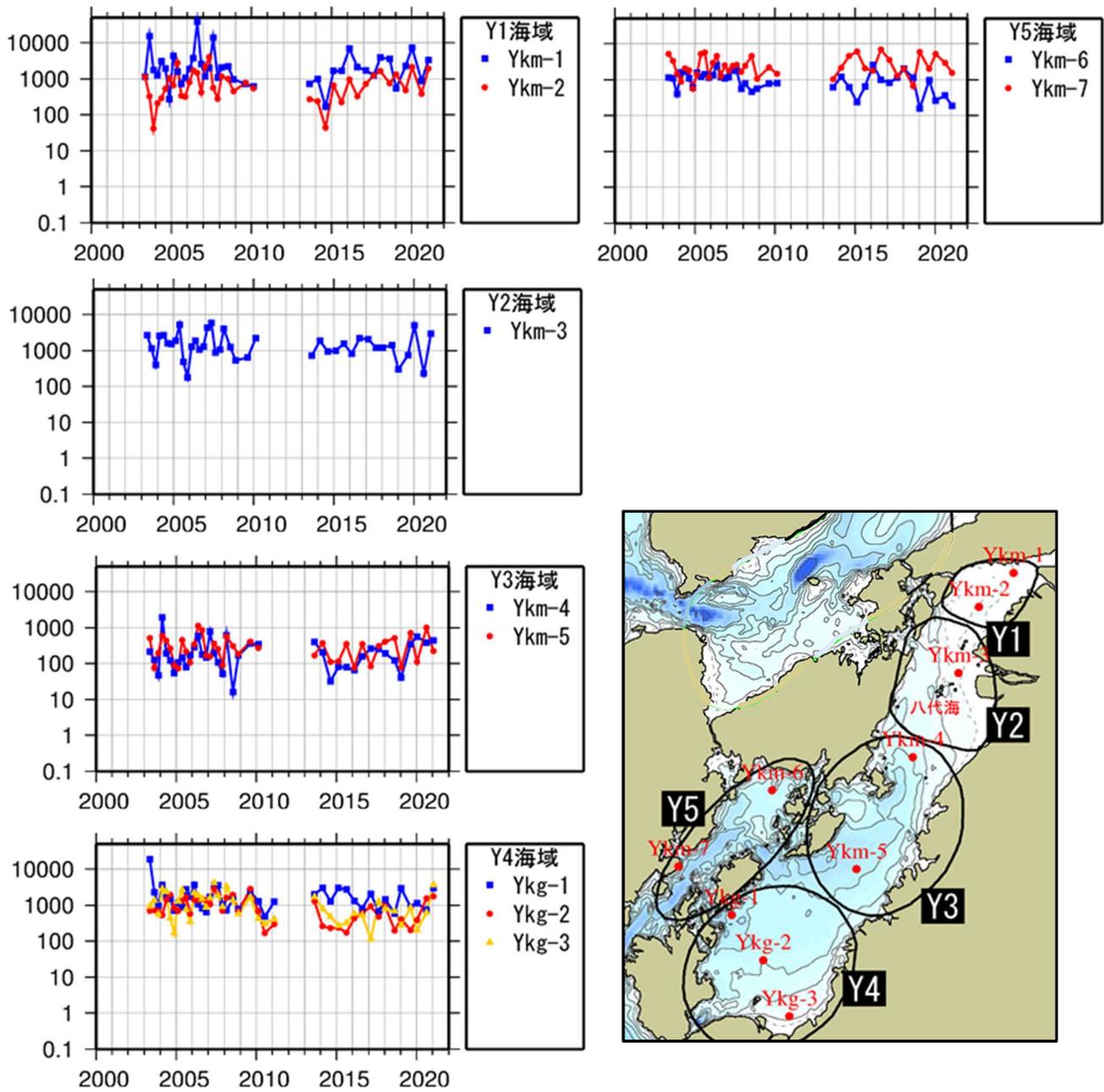


図 2.9.2-5 八代海のベントスの個体数の経年変化

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/m<sup>2</sup>) : 対数表示

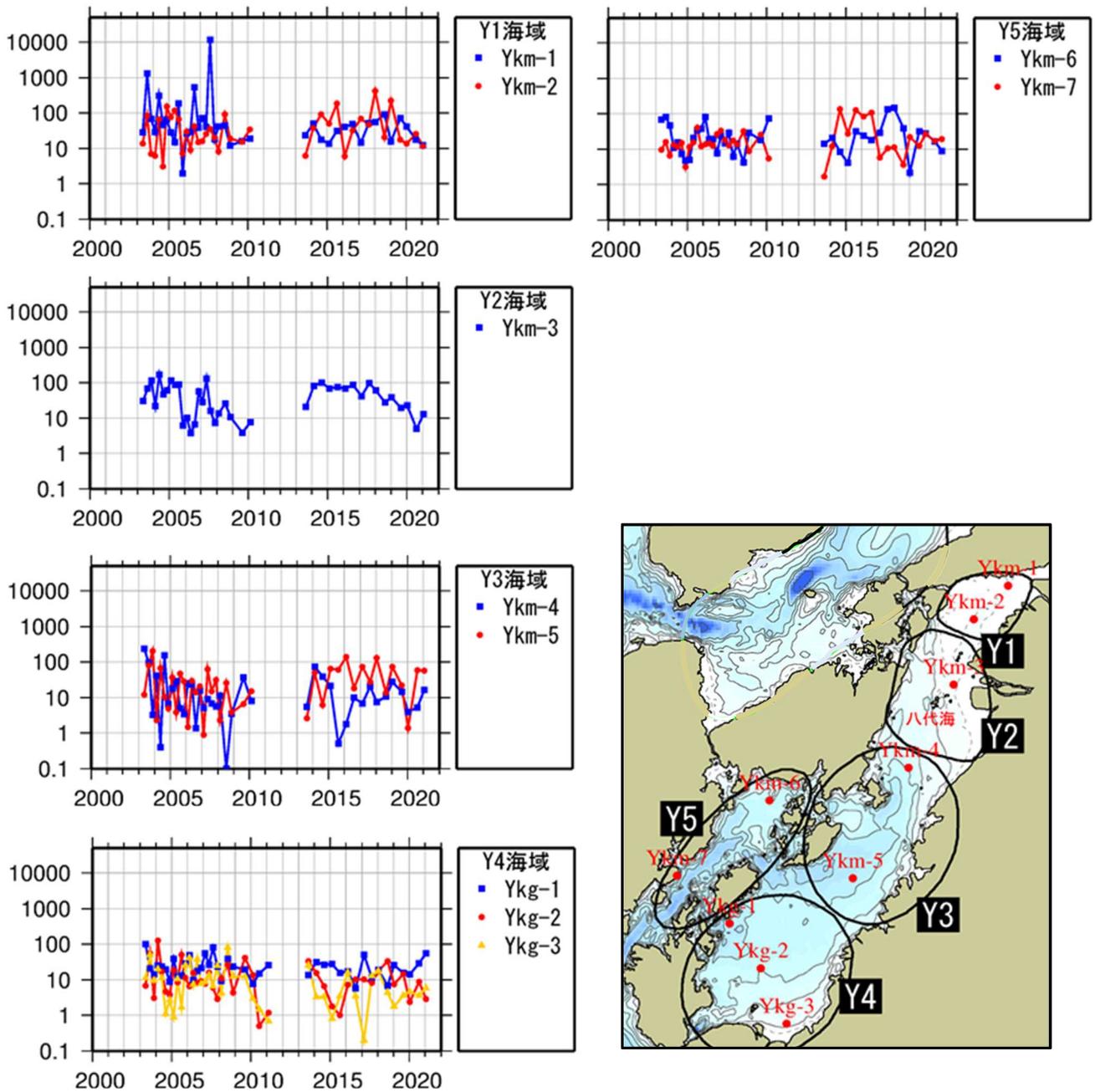


図 2.9.2-6 八代海のベントスの湿重量の経年変化

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)年までの経年的な変動傾向を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った。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 (有明海湾奥奥部)	Asg-2	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
	Asg-3	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Afk-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A2海域 (有明海湾奥東部)	Afk-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A3海域 (有明海湾奥西部)	Asg-4	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
A4海域 (有明海中央東部)	Akm-1	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
	Akm-2	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-
A5海域 (有明海湾中部)	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 (八代海湾中部)	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、種類数は湾中部から湾口部寄りが多く、個体数は湾奥部寄りが多い傾向であり、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 A3g-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が多い傾向であり、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。

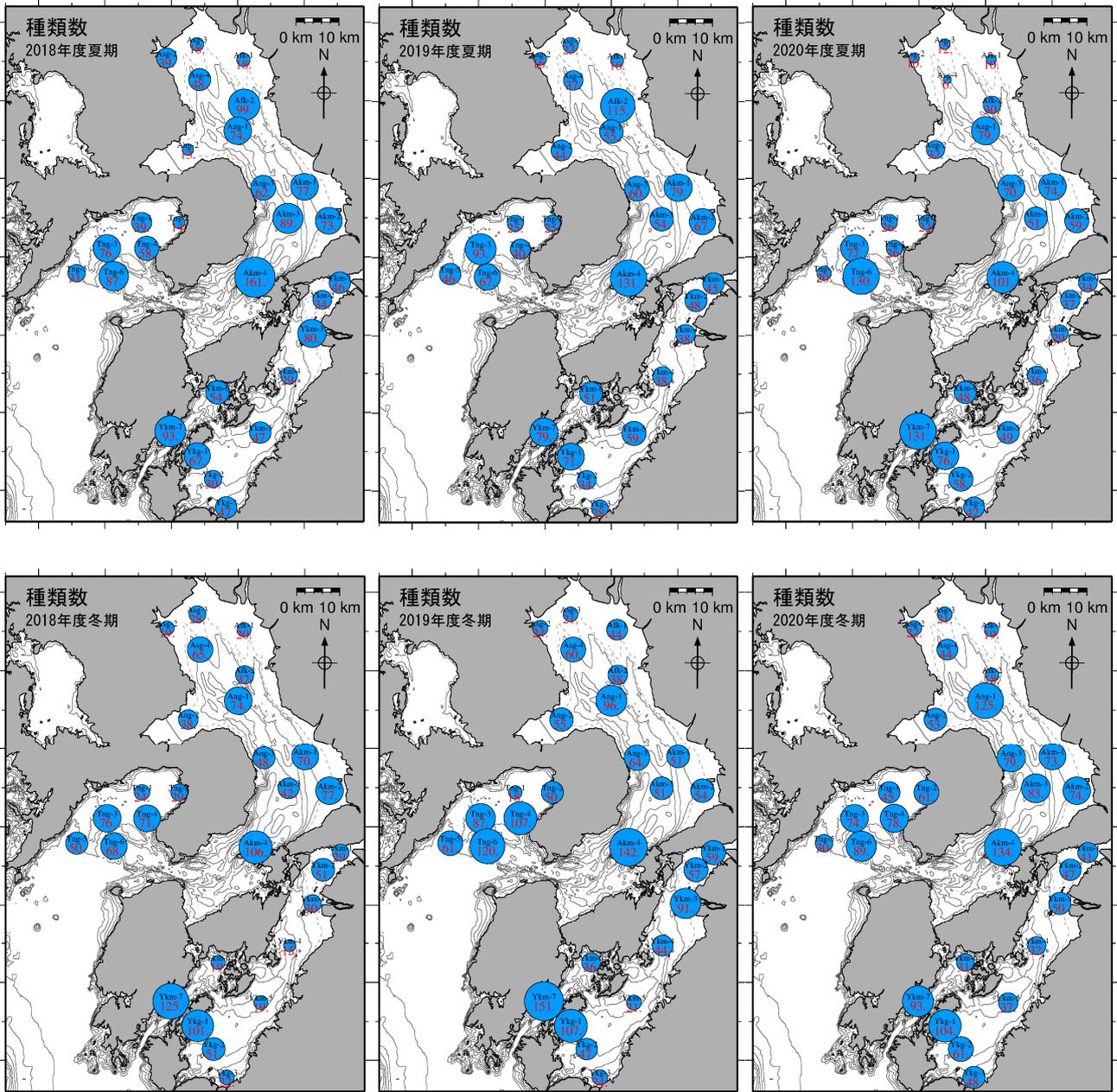


図 2.9.2-7 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度のベントスの種類数の水平分布(上段: 夏期 下段: 冬期)

出典: 環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

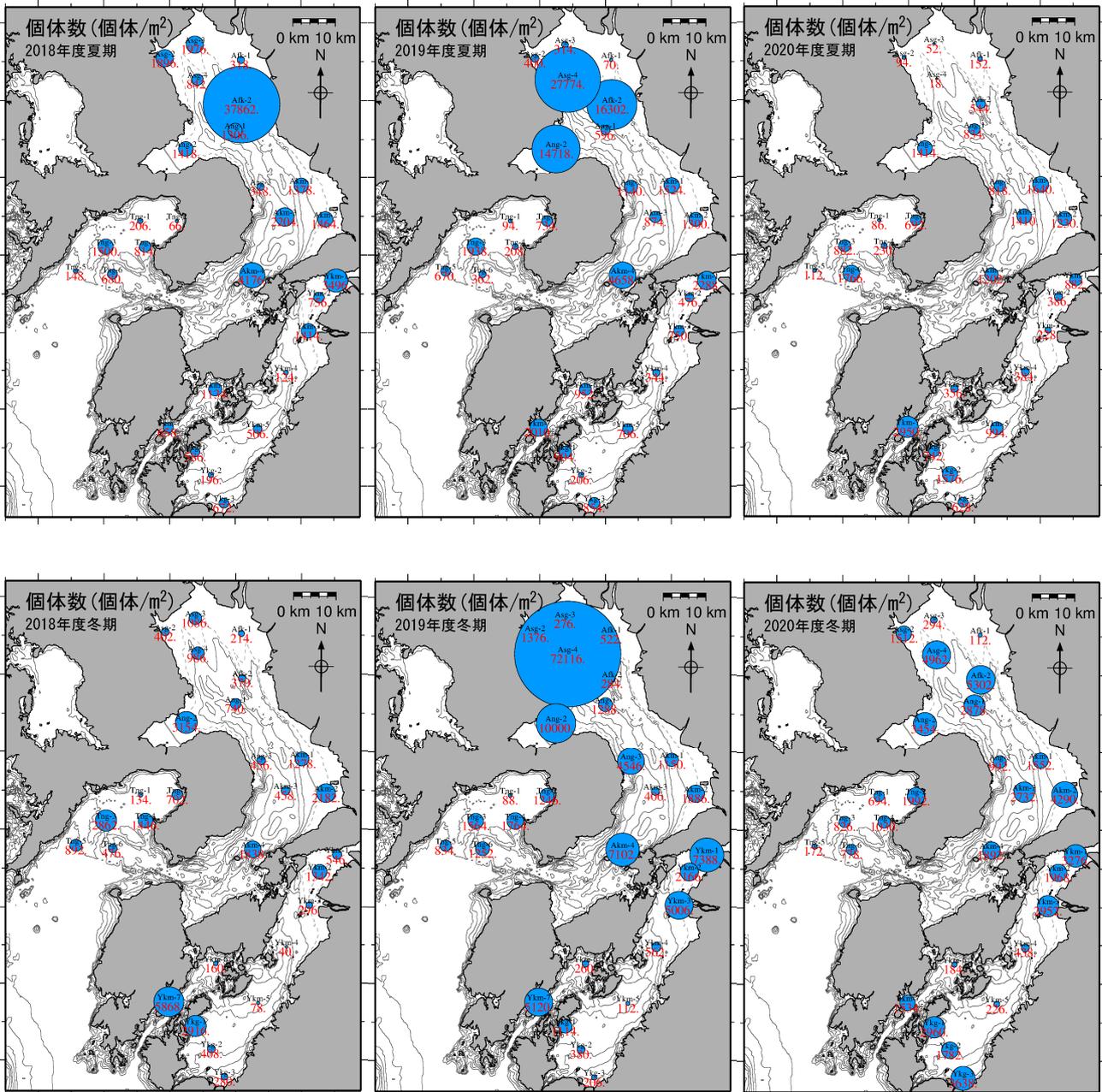


図 2.9.2-8 2018(平成 30)～2020(令和 2)年度のベントスの個体数の水平分布(上段: 夏期 下段: 冬期)

出典: 環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

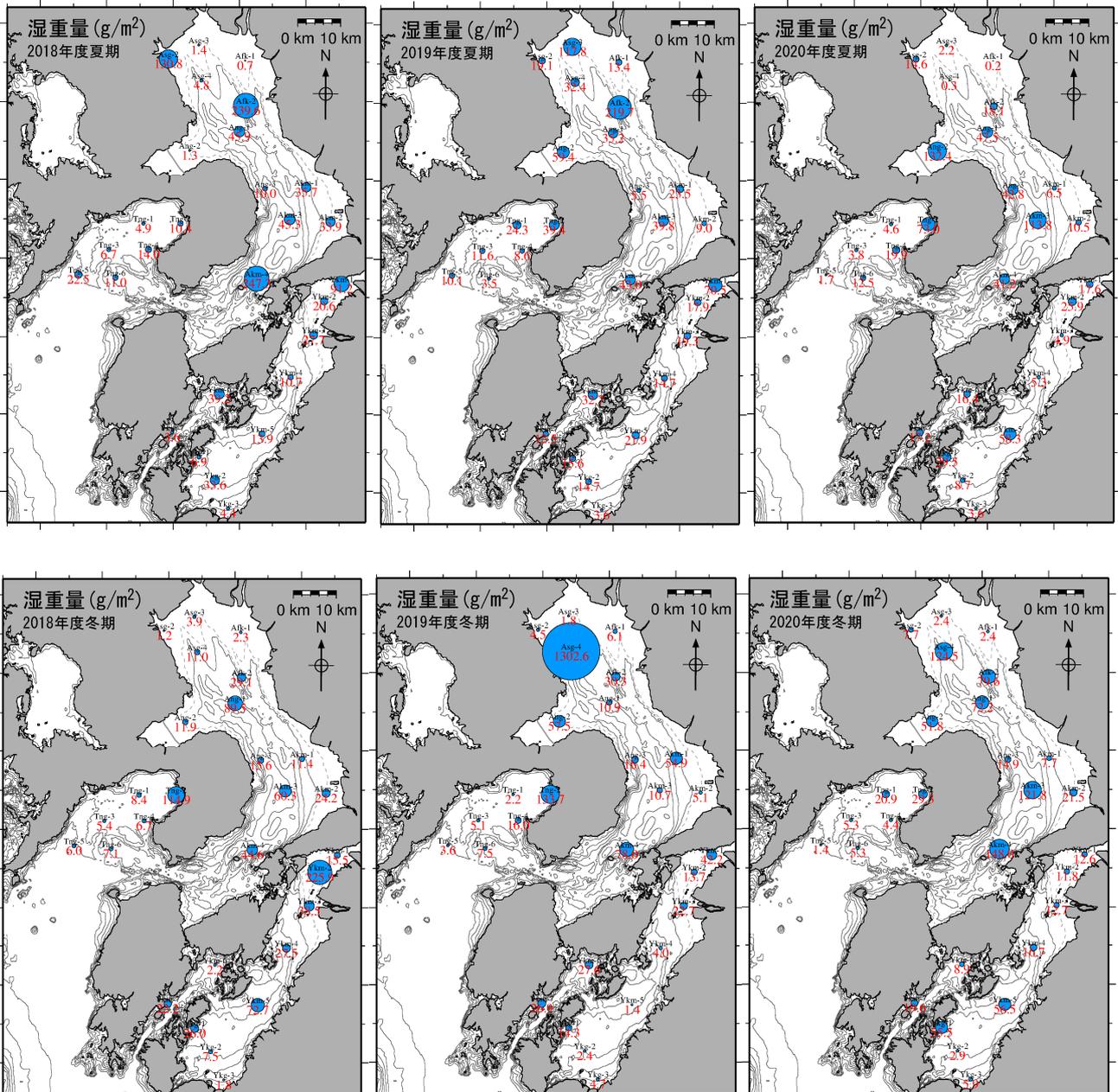


図 2.9.2-9 2018(平成 30)~2020(令和 2)年度のベントスの湿重量の水平分布(上段: 夏期 下段: 冬期)

出典:環境省「有明海・八代海等再生対策検討作業支援業務」

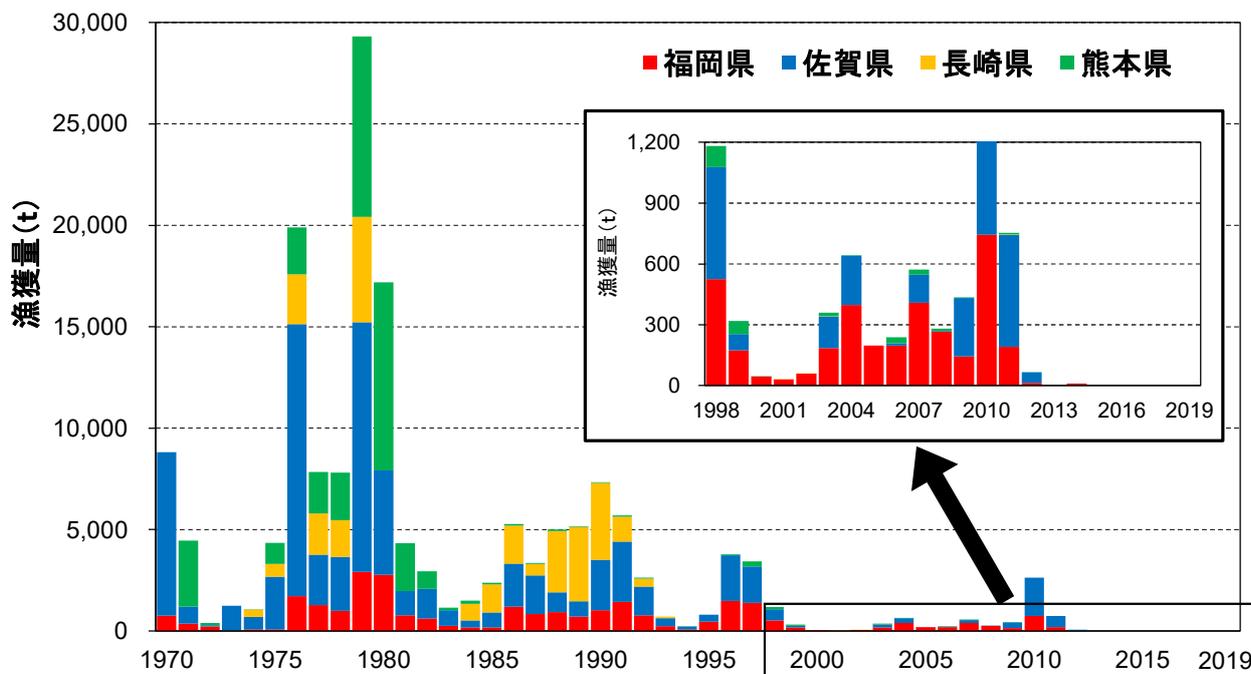
### 2.9.3 有用二枚貝

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 年以降の殻付き漁獲量を求めた。

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しはじめた 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/100m<sup>2</sup>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 m<sup>2</sup>、2012(平成 24)年以降は nd～0.7 個体(全平均 0.05 個体)/100 m<sup>2</sup>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/m<sup>3</sup>程度)の出現があったが、2012(平成 24)年以降は 10 個体/m<sup>3</sup>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)/100m<sup>2</sup>存在したが、2012(平成 24)年以降は 0.3～59 個体(全平均 9 個体)/100m<sup>2</sup>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/100m<sup>2</sup>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)/100m<sup>2</sup>、2012(平成 24)年以降は nd～0.1 個体(全平均 0.05 個体)/100m<sup>2</sup>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)/100m<sup>2</sup>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)/100m<sup>2</sup>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。

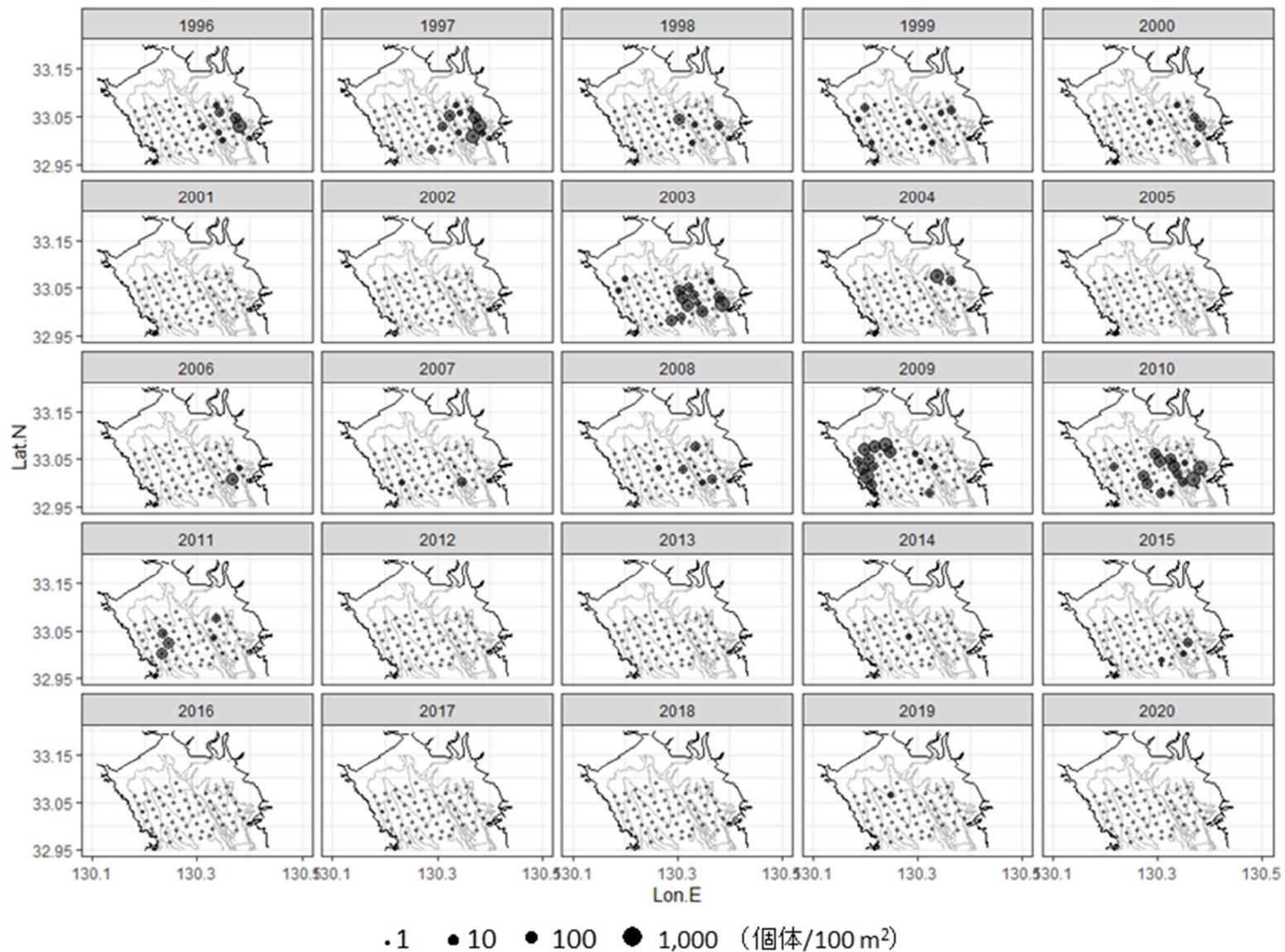


図 2.9.3-2 タイラギ成員の分布の推移(1996(平成8)～2020(令和2)年)

出典: 佐賀県調査結果をもとに環境省が作成した。

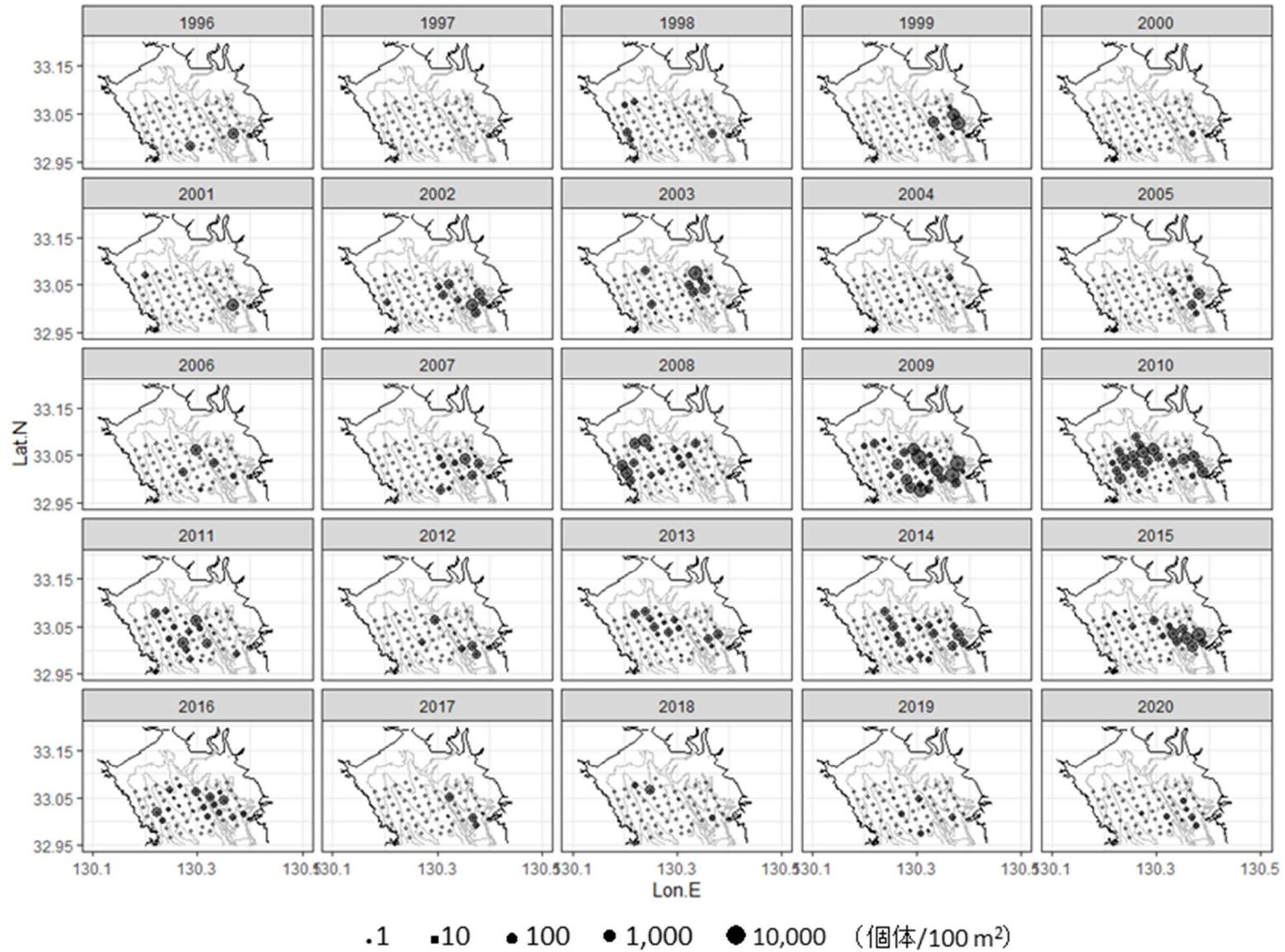


図 2.9.3-3 タイラギ稚貝の分布の推移(1996(平成 8)~2020(令和 2)年)

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。

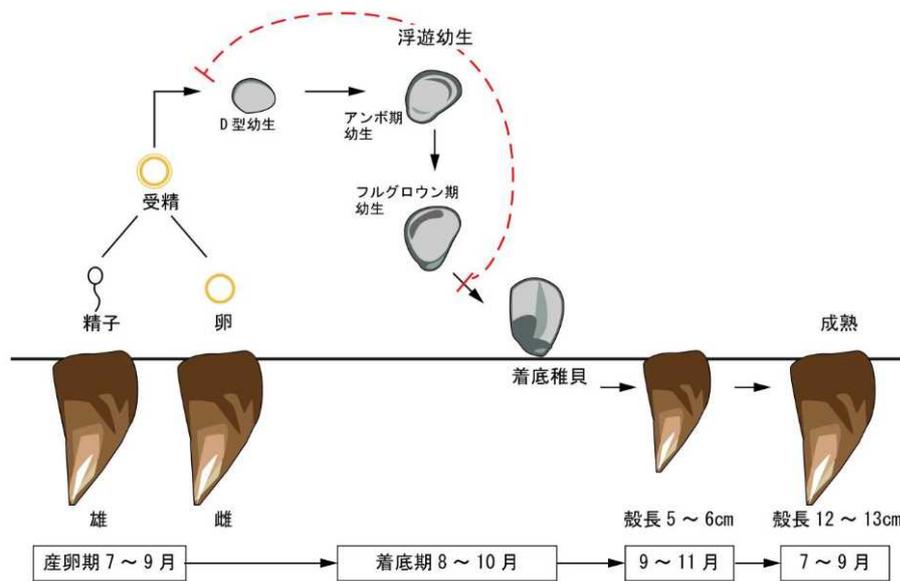
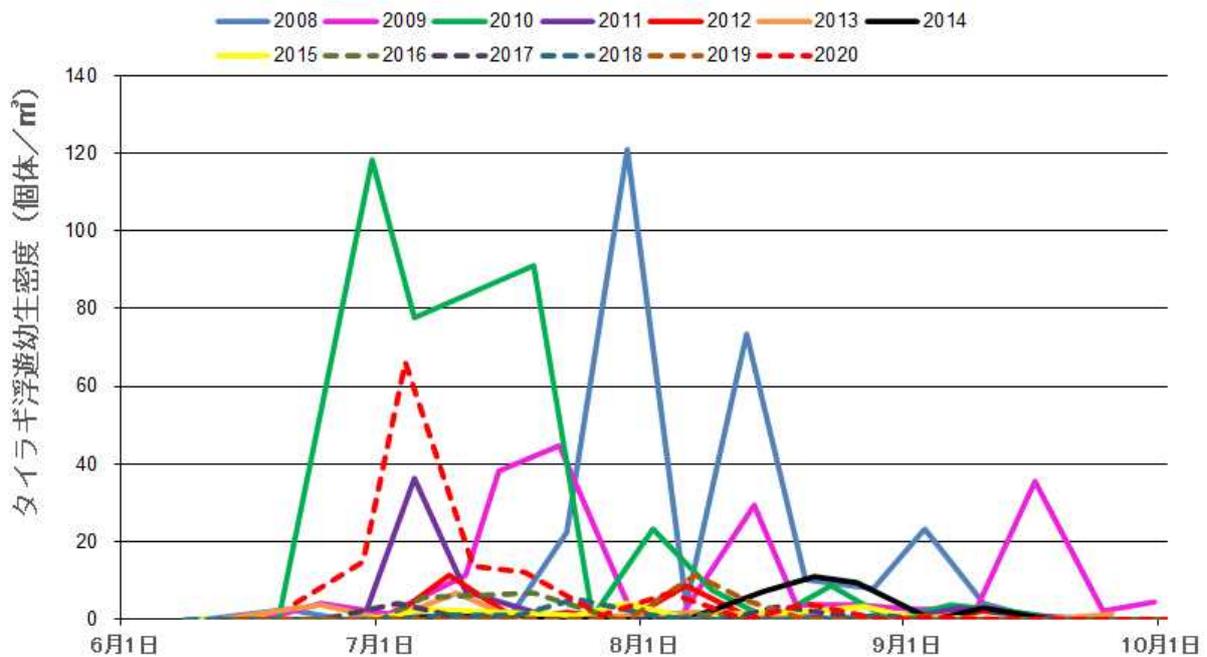


図 2.9.3-4 タイラギの生活史

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ると、A6 海域では 2008(平成 20)年及び 2010(平成 22)年に 120 個体/m<sup>3</sup>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<sup>3</sup>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/m<sup>3</sup>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<sup>3</sup>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

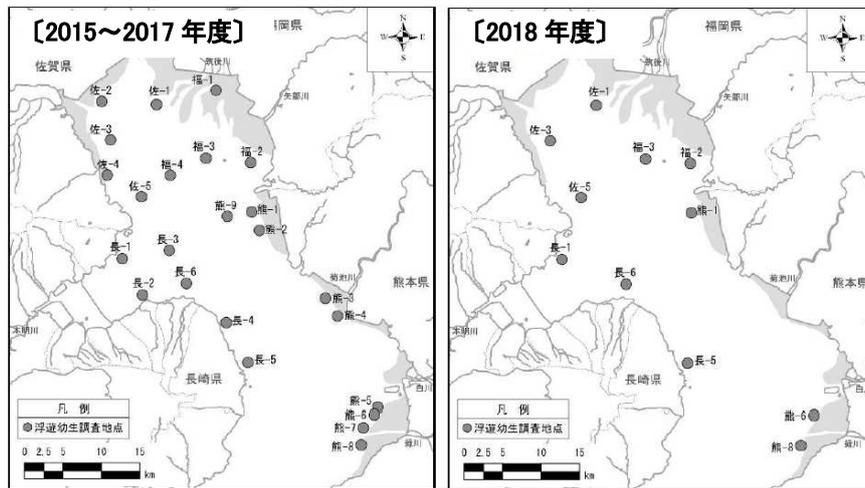
出典:水産庁「平成 20～令和 2 年有明海水産基盤整備実証調査」をもとに環境省が作成した。

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。

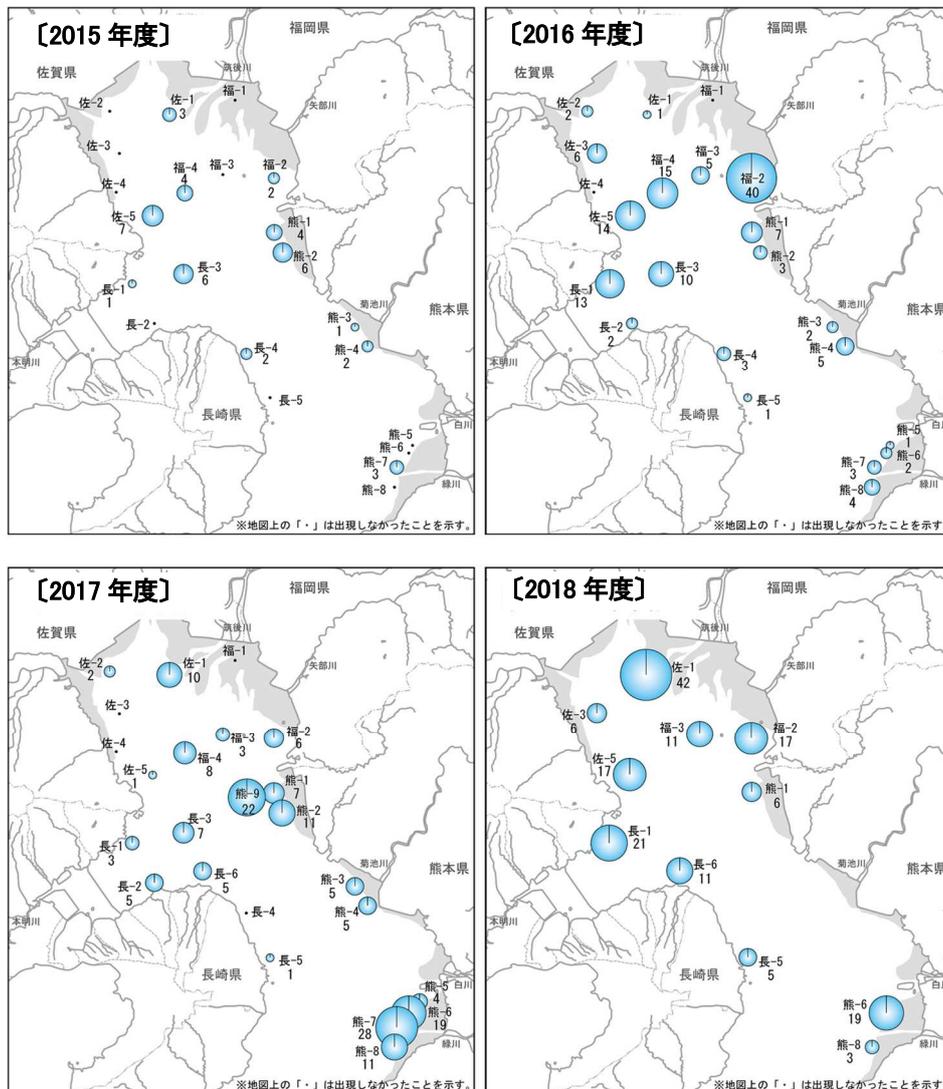
2015(平成 27)年度は有明海湾全域で累計の出現密度が 6 個体/m<sup>3</sup>以下と出現密度が低く、2016(平成 28)年度は福岡県の大牟田地先から佐賀県大浦地先及び諫早湾北部にかけて累計で 10 個体/m<sup>3</sup>以上の出現がみられた。2017(平成 29)年度は荒尾地先と緑川河口で累積の出現密度が相対的に高く、2018(平成 30)年度は湾奥西部において累計で 10 個体/m<sup>3</sup>を越える出現密度がみられた。

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～5 個体/m<sup>3</sup>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は見られるものの、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

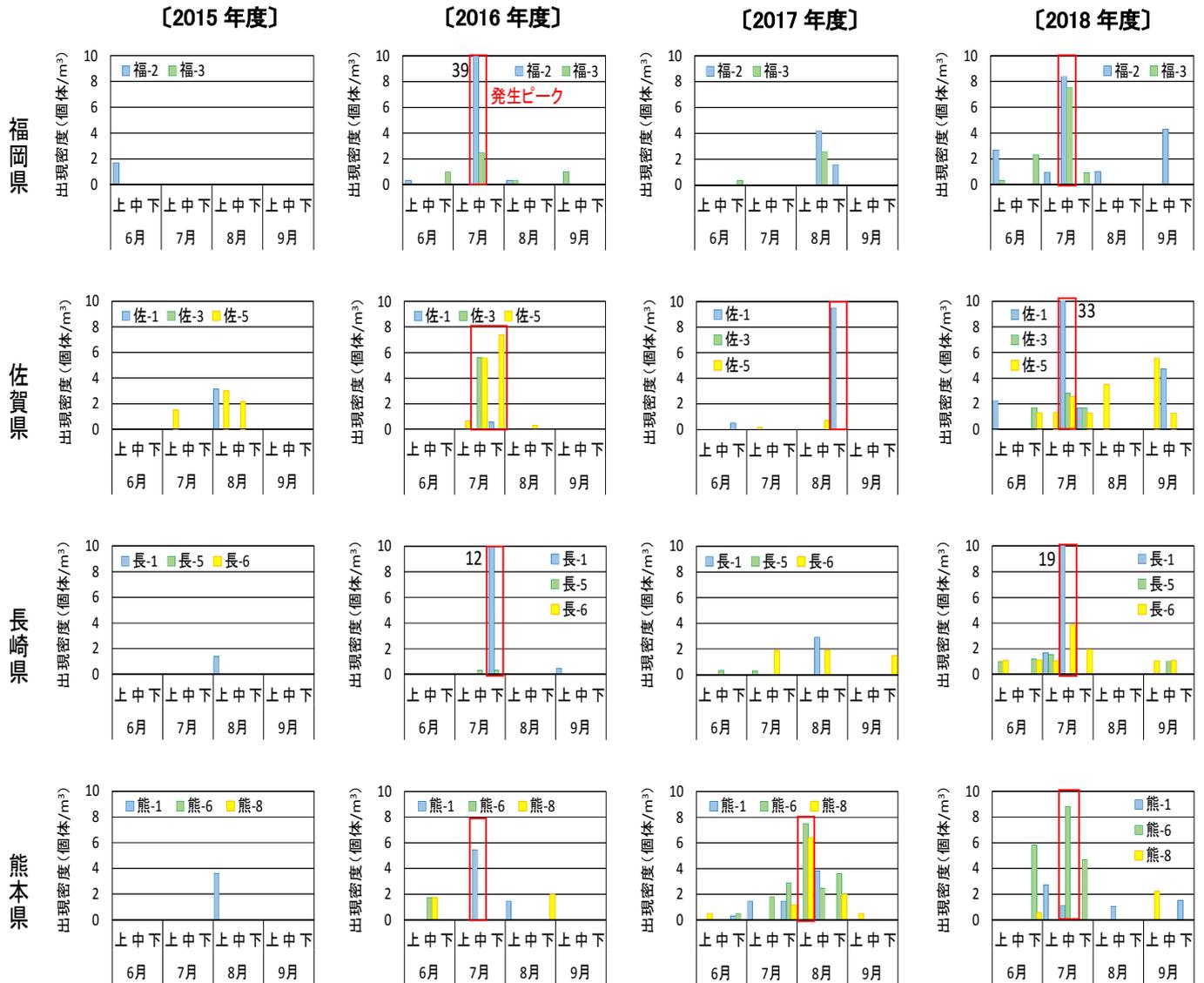


注)浮遊幼生調査は、各地点の水深に応じて2層(2m<sup>3</sup>)、3層(3m<sup>3</sup>)で浮遊幼生を採取しており、平面図の浮遊幼生数は、各年度の発生規模を便宜的に示すため、6～9月にかけて実施された計12回の調査結果を合計した浮遊幼生数(1層1m<sup>3</sup>相当数)を表したものである。

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<sup>7)</sup>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/m<sup>3</sup> に対して 7 月中旬に 39 個体/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> に対して、7 月中旬に 33 個体/m<sup>3</sup> 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。



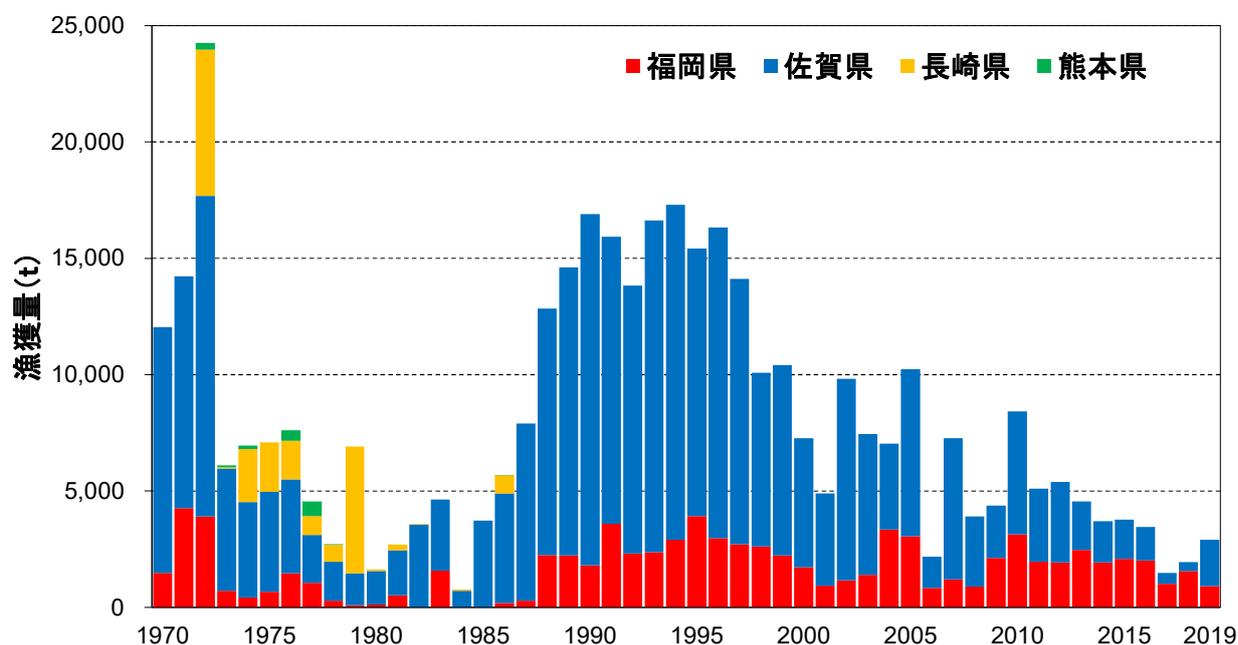
注)ここでは、4カ年すべての調査データが揃っている11定点のデータのみを表示している。

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。

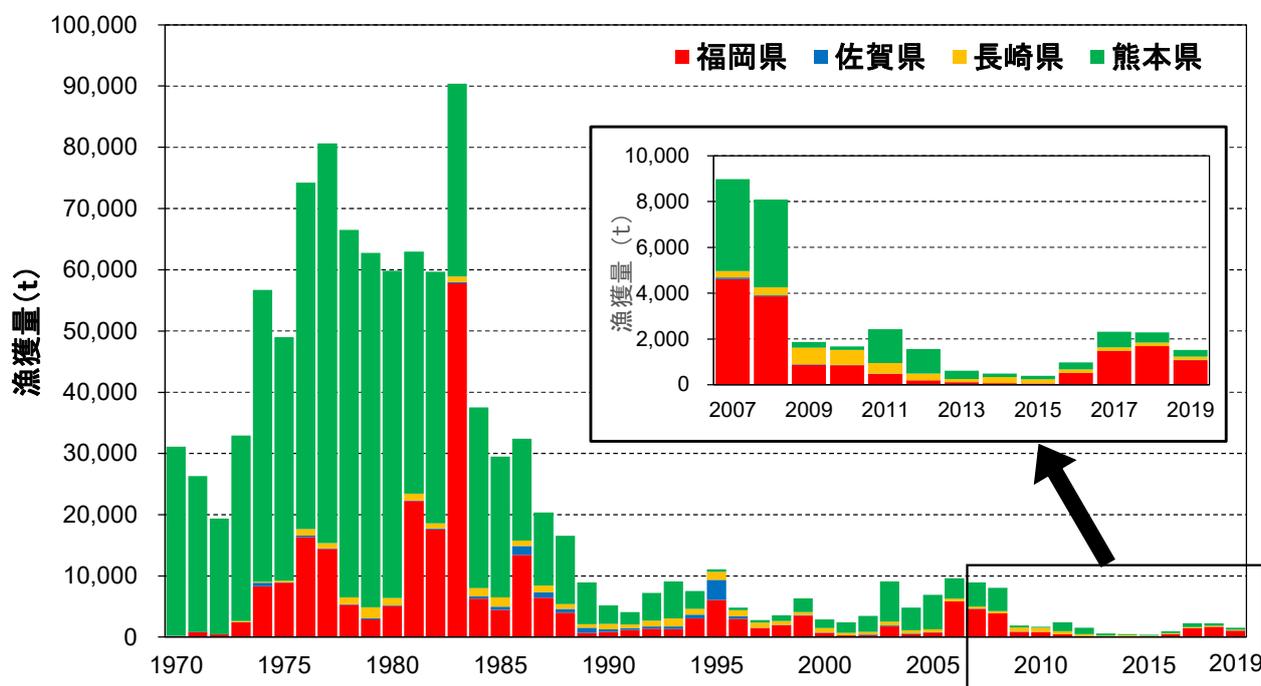


図 2.9.3-10 有明海におけるアサリ漁獲量の推移

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(図 2.9.3-11)。

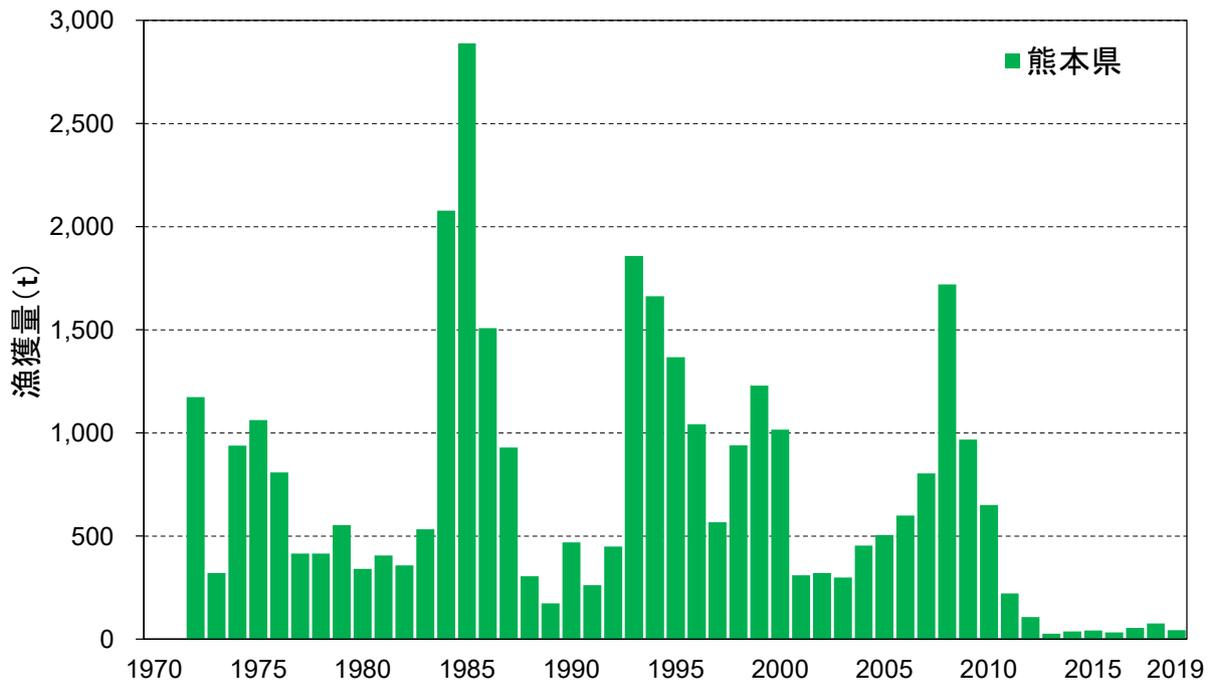


図 2.9.3-11 八代海におけるアサリ類漁獲量の推移

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<sup>8)</sup>。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。

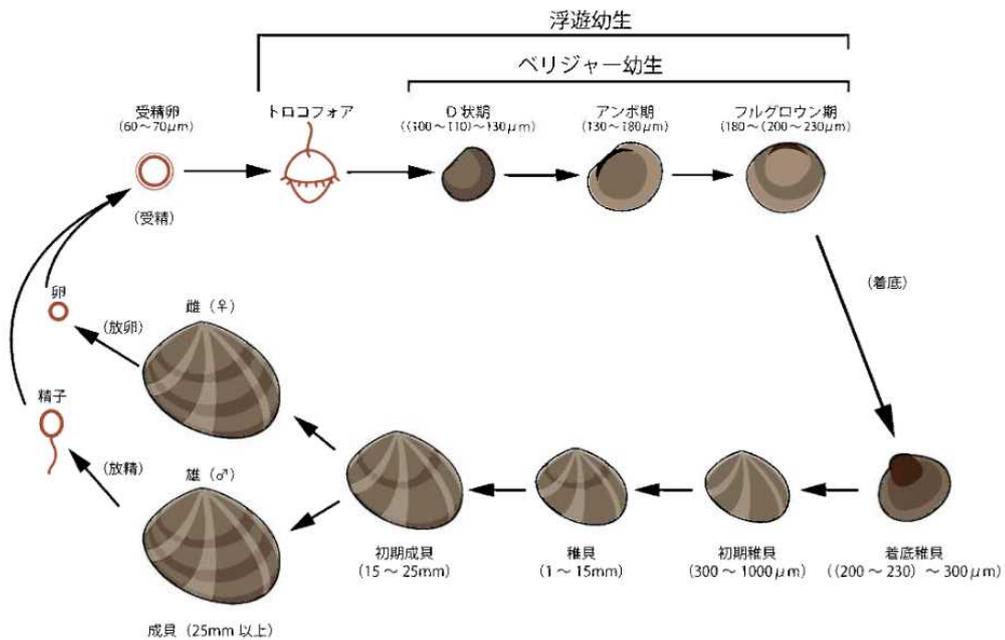


図 2.9.3-12 アサリの生活史

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/m<sup>3</sup>)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カ年の中で最も高く、福-4 における累計出現密度が 15,546 個体/m<sup>3</sup>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桁近く少ない出現であった。春期の出現は概ね湾全域で見られるが、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見られる。

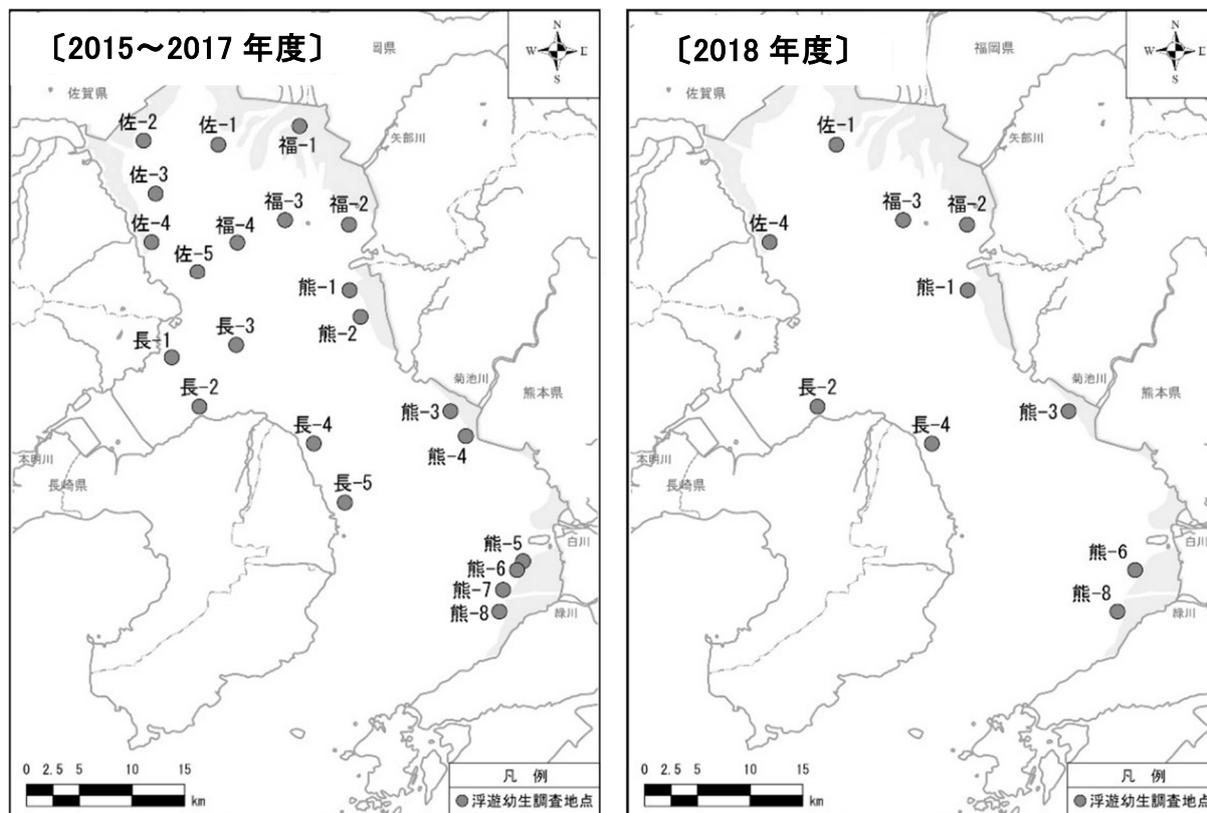
秋期は春期に比較すると累計の出現密度がやや低めに推移し、かつ高密度で出現する定点がいくつかみられた。4年間の調査のうち、大牟田地先から長洲地先にかけて(福-2、熊-1、熊-2)で高い累計出現密度が見られている。

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見られているが、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見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見られているが、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見られることから、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<sup>9)</sup>(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<sup>10)、11)、12)</sup>と比較したところ、東京湾で200～900 個体/m<sup>3</sup>以上(いずれも殻長 100 μm 以下の D 型幼生<sup>10)</sup>)、三河湾で100～20,000 個体/m<sup>3</sup>(D 型幼生からフルグロウン期幼生までの浮遊幼生<sup>11)</sup>)、伊勢湾で100～300 個体/m<sup>3</sup>(D 型幼生からフルグロウン期幼生までの浮遊幼生<sup>12)</sup>)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/m<sup>3</sup>、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。

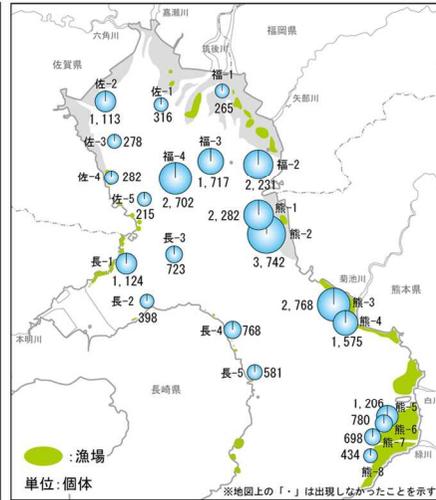
図 2.9.3-13 アサリ浮遊幼生出現広域調査地点図

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」

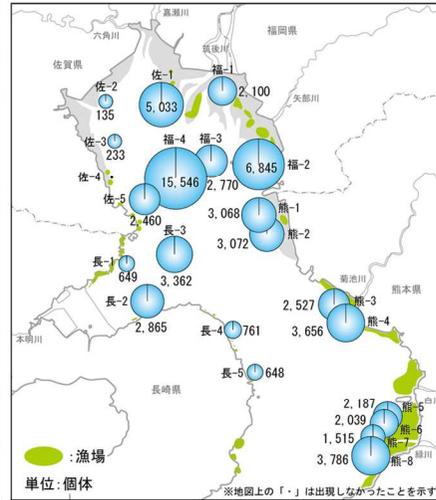
〔2015 年度春期〕



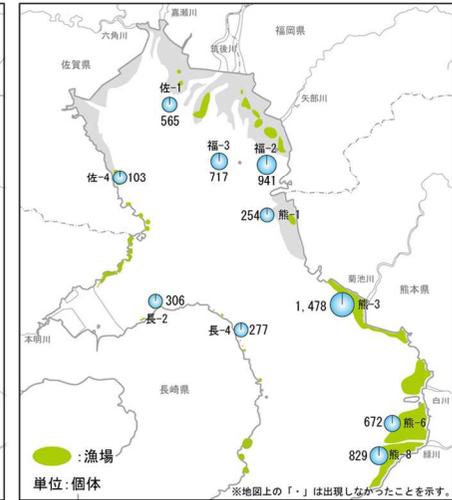
〔2016 年度春期〕



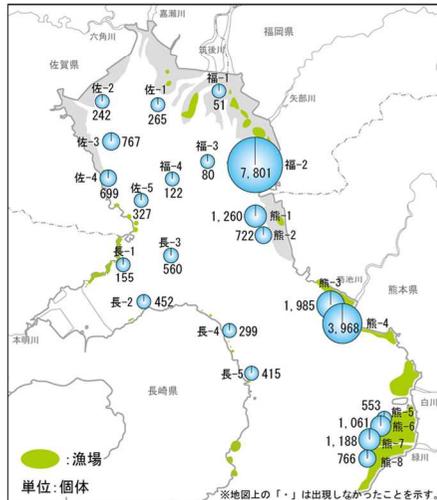
〔2017 年度春期〕



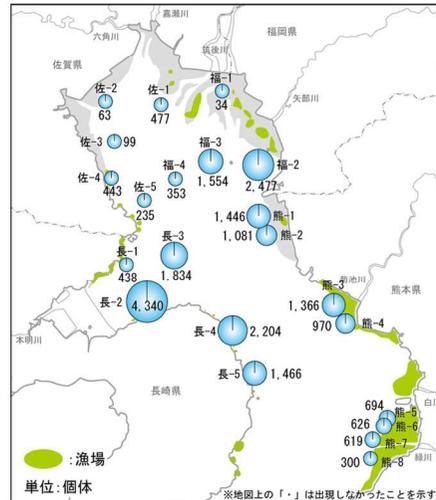
〔2018 年度春期〕



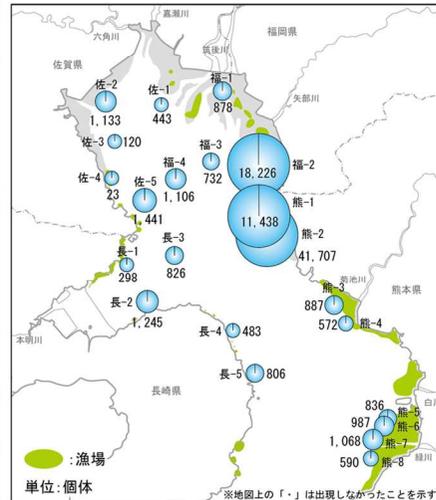
〔2015 年度秋期〕



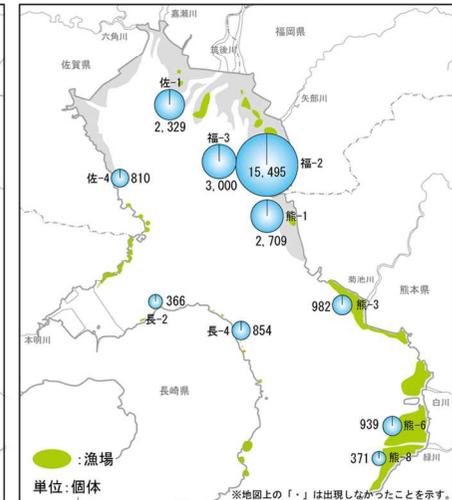
〔2016 年度秋期〕



〔2017 年度秋期〕



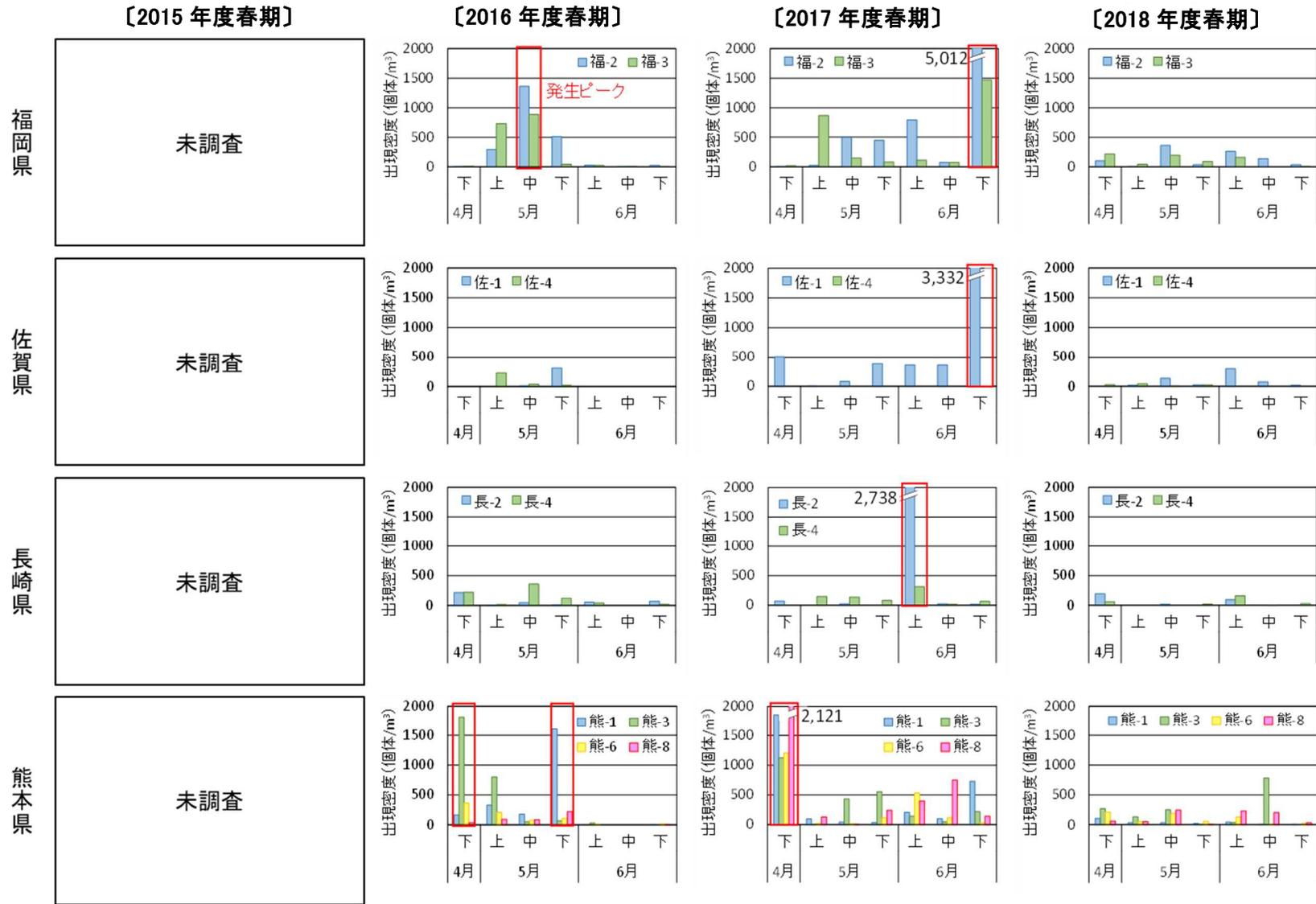
〔2018 年度秋期〕



注) 浮遊幼生調査は、各地点の水深に応じて2層(2m<sup>3</sup>)、3層(3m<sup>3</sup>)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(春期:4~6月、秋期:9~11月)の調査結果を合計した浮遊幼生数(1層1m<sup>3</sup>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)

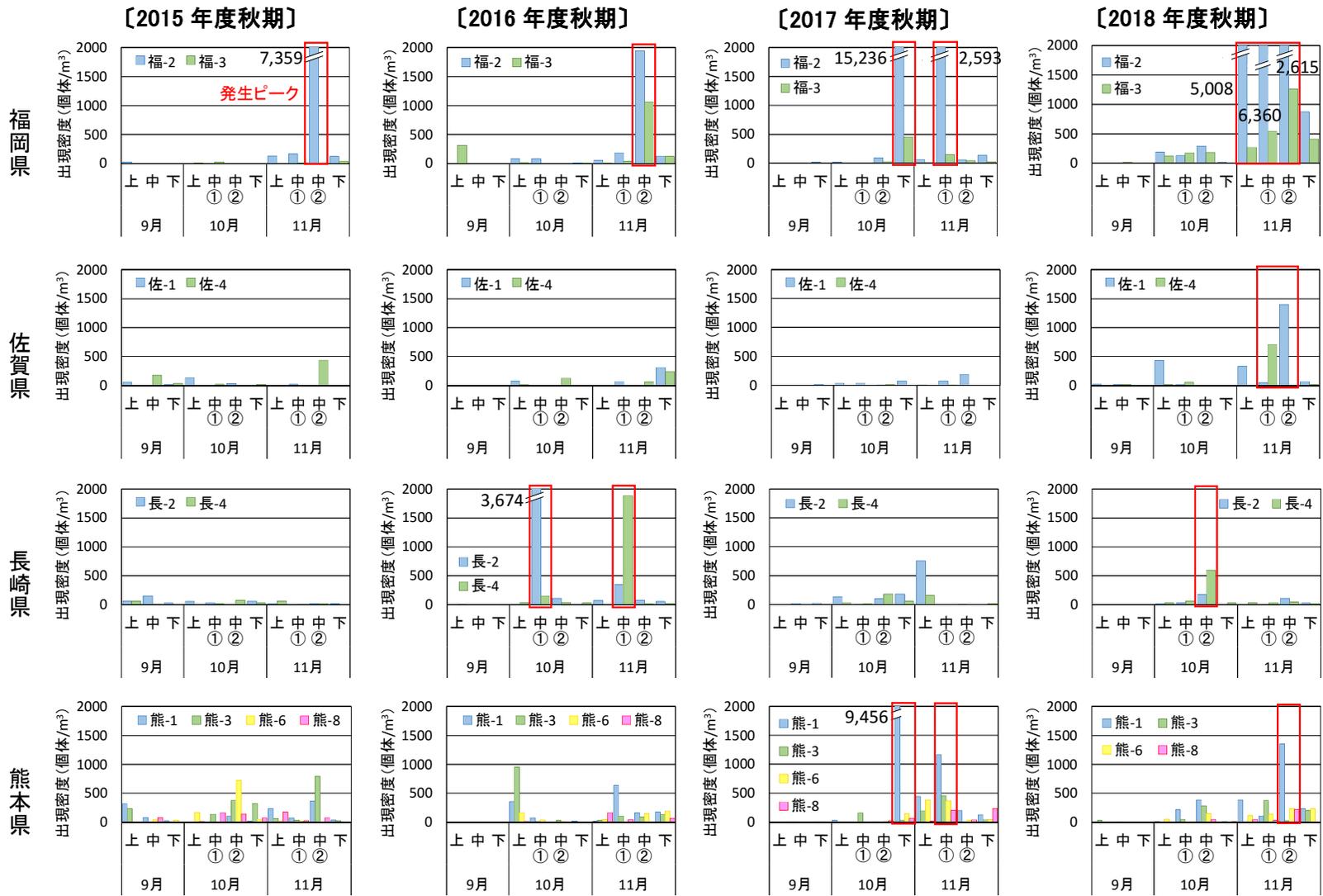
出典: 環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」



注)ここでは、3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 2.9.3-15 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。

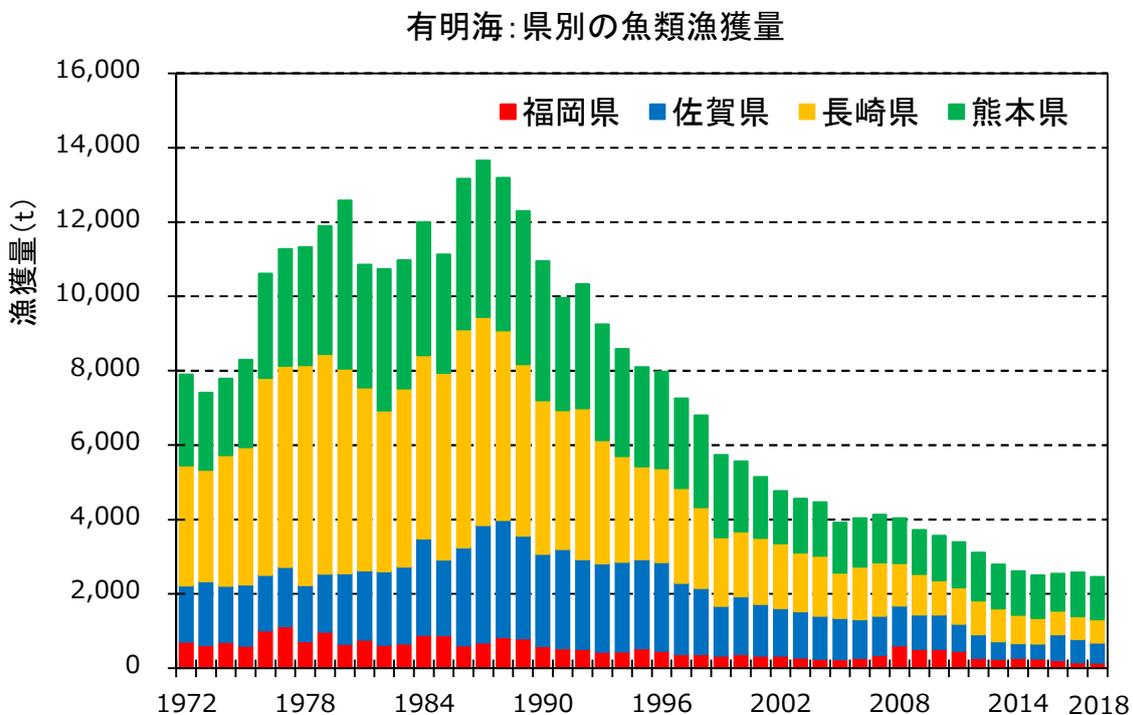


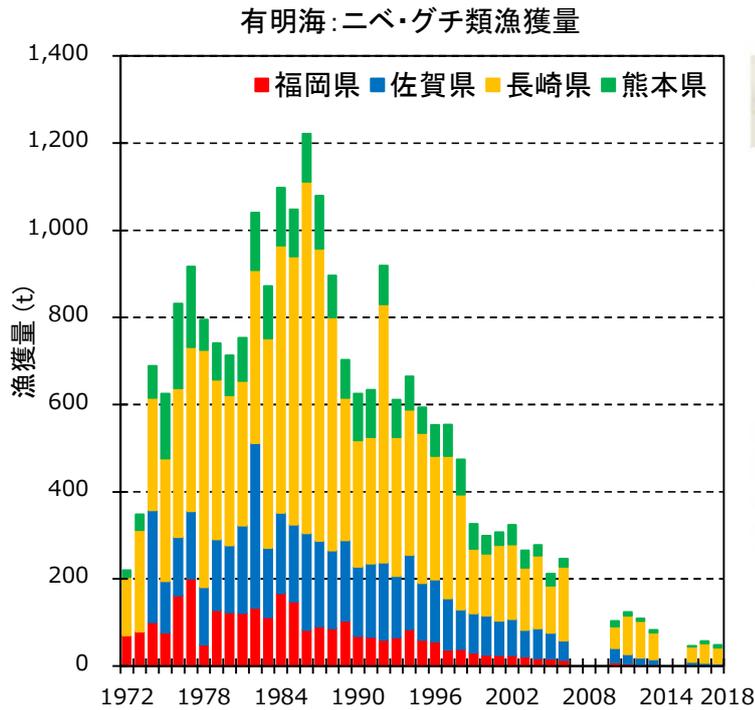
図 2.9.4-1 有明海の魚類漁獲量(海面漁業)の経年変化

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ずつ増え、ニベ・グチ類<sup>13~17)</sup>やウシノシタ類(シタビラメ類<sup>18)、19)</sup>)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。

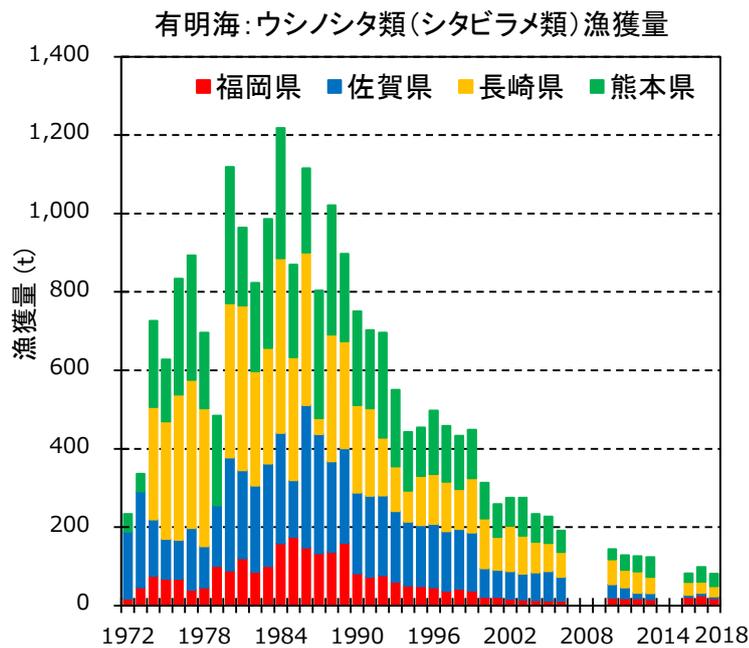
有明海の魚類漁獲量については底生魚類の占める割合が多く、また、それらの減少程度が大きいことから、ここでは過去の委員会報告においても検討の中心となってきた代表的な底生魚類であるニベ・グチ類とウシノシタ類(シタビラメ類)の魚種別漁獲量について取り上げる。平成 28 年度委員会報告以降の動向については、更なる減少傾向

が続いている状況である(図 2.9.4-2)。



**シログチ**  
 地方名：シラグチ、イシモチ  
 有明海で最も優占する底生魚  
 有明海独特の再生産戦略（産卵場と成育場とが離れている）を持つ。

**コイチ**  
 有明海準特産種  
 地方名：アカグチ、キングチ  
 シログチよりも高価  
 海洋生物レッドリスト（環境省, 2017）  
 ➡絶滅危惧IB類（EN）と評価



農林水産統計及び海面漁業・養殖業生産統計より

注)2007(平成 19)年～2009(平成 21)年、2014(平成 26)年及び 2015(平成 27)年は、統計に「ニベ・グチ類」及び「ウシノシタ類」の分類がなかったため、データを示していない。

**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った。

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<sup>20)</sup>、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<sup>21)</sup>。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<sup>22)</sup>。

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<sup>23)</sup>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<sup>24)</sup>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<sup>21)</sup>。

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。

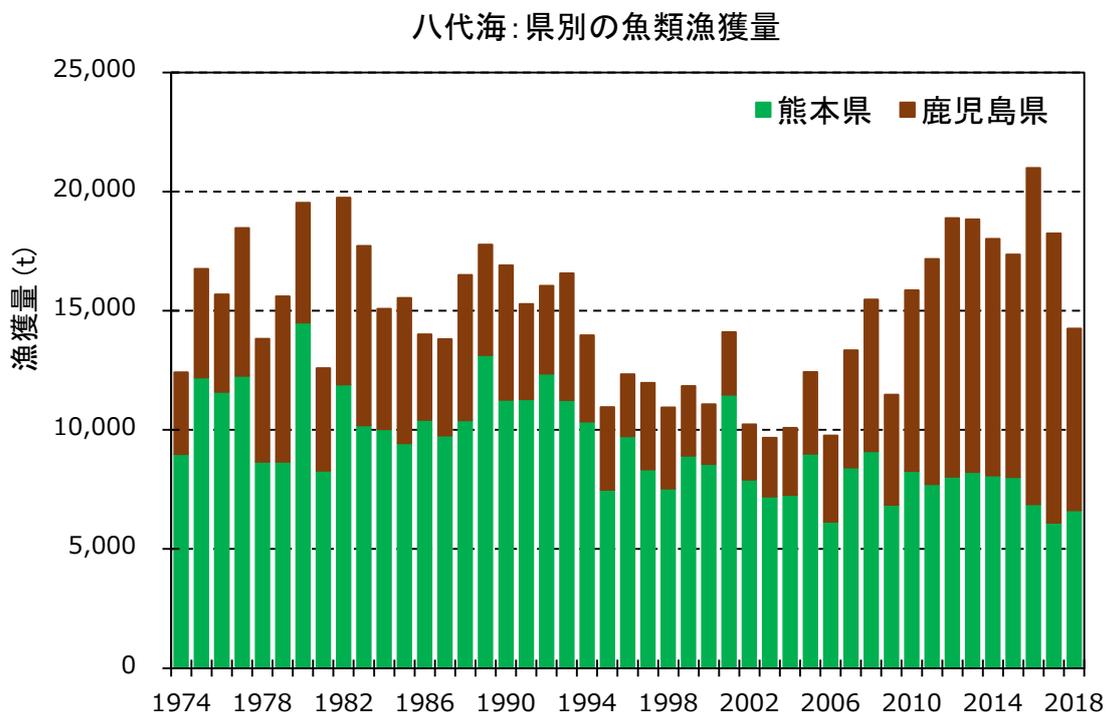


図 2.9.4-3 八代海の魚類漁獲量(海面漁業)の経年変化

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、現時点で明ら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。

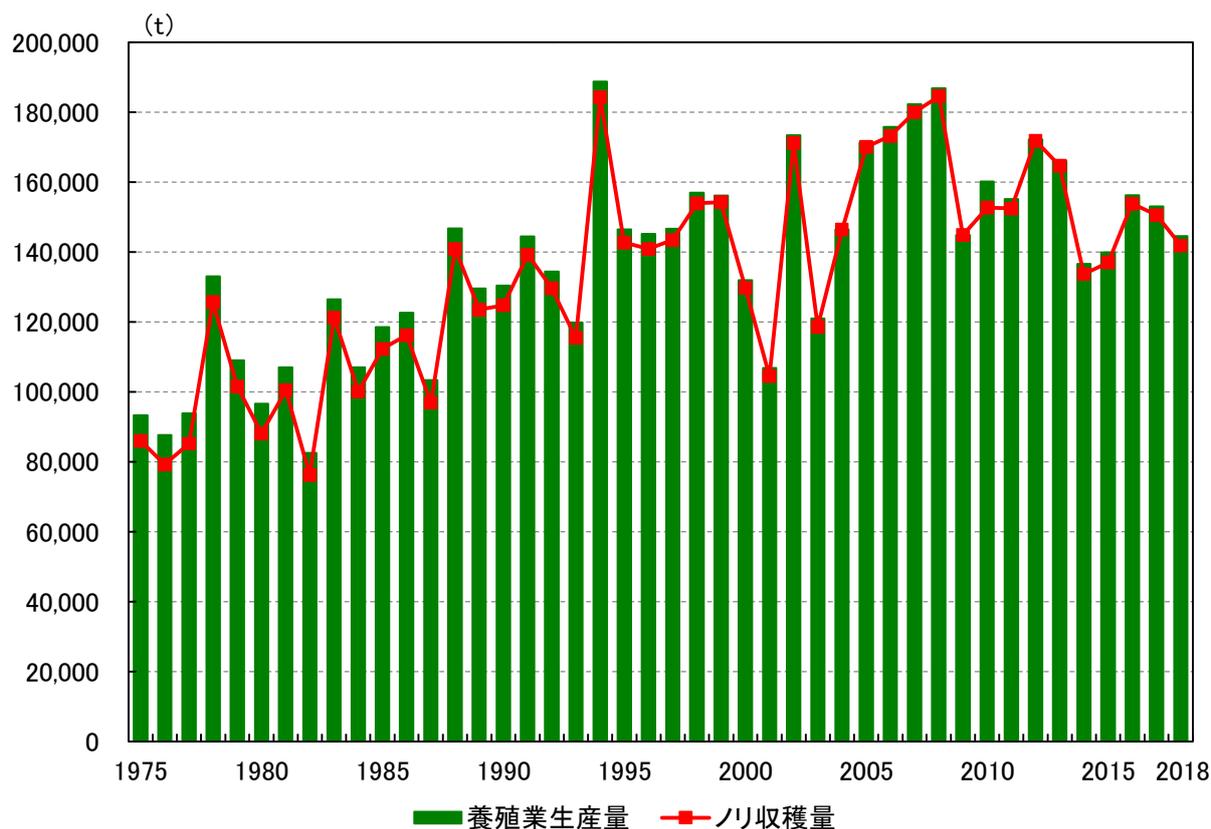
八代海については平成28年度委員会報告以降も基礎情報が不足していることから、サメ・エイ類をはじめとした魚類の生息状況や生態、また各種魚類の動向が生態系の構造や機能に及ぼす影響などについて研究を継続する必要がある。

## 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。

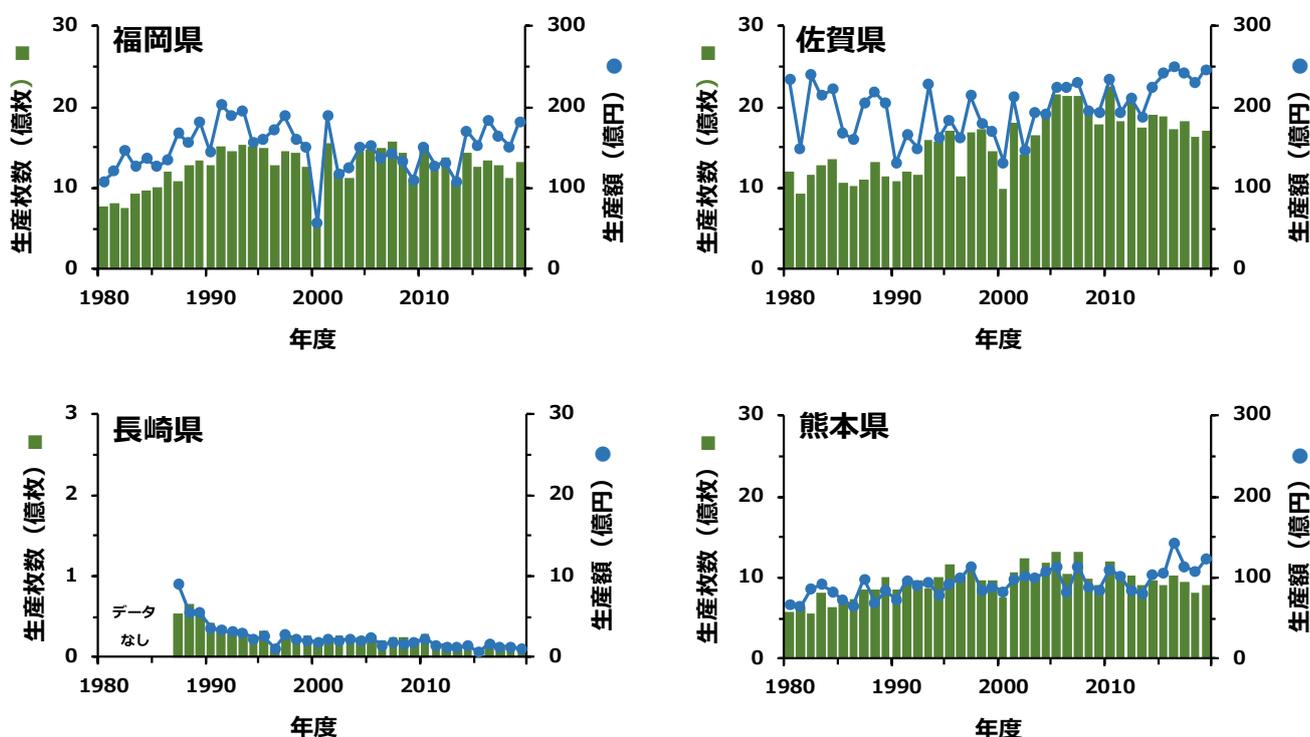
図 2.9.5-1 有明海の養殖業生産量

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。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。

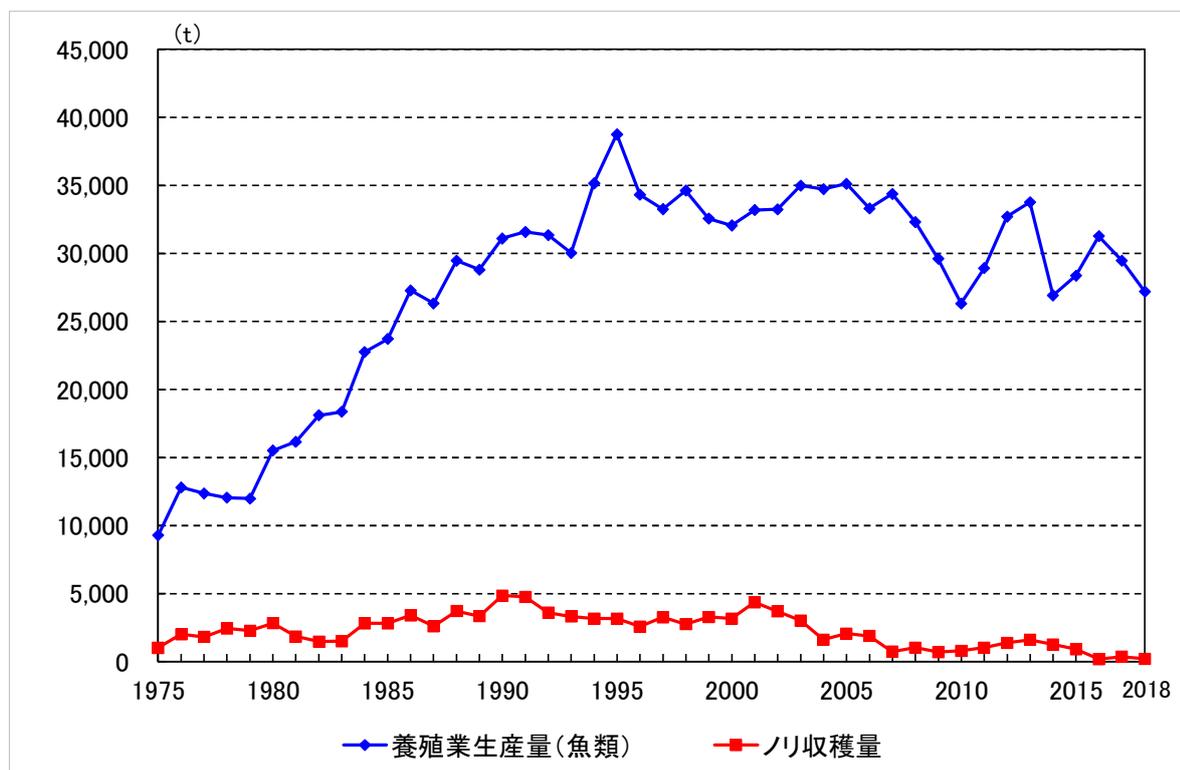
図 2.9.5-2 有明海の福岡県、佐賀県、長崎県及び熊本県海域におけるノリ養殖の生産枚数(カラム)及び生産額(折れ線)の推移

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。

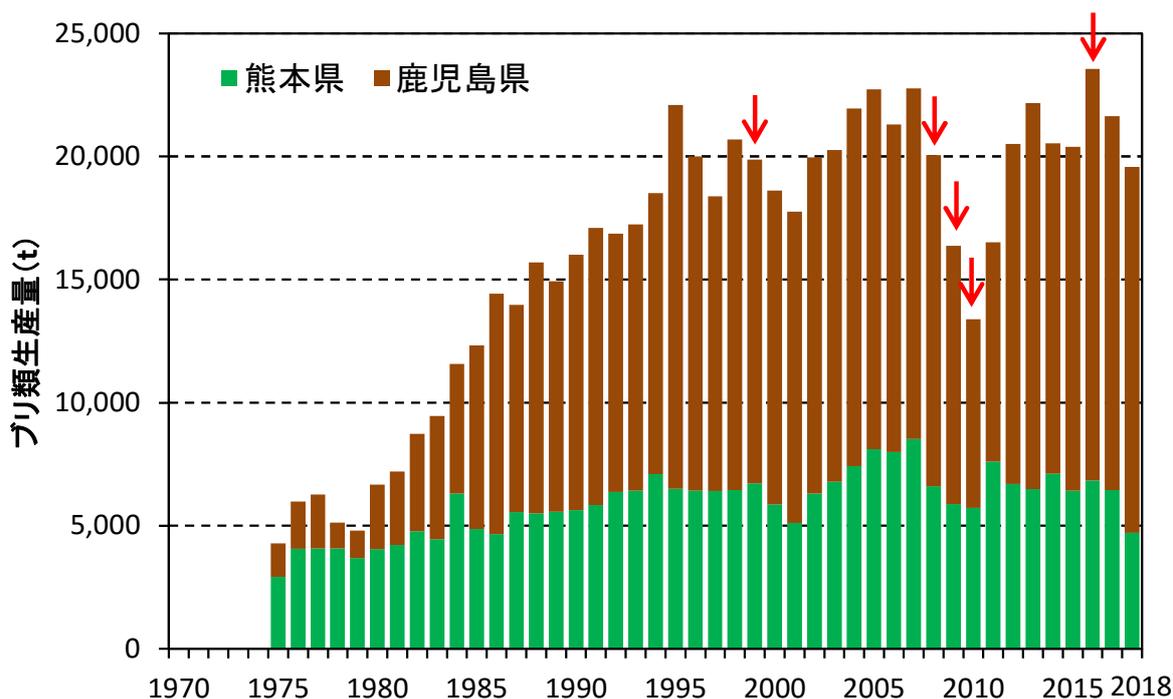
## ア) 魚類養殖の状況

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。

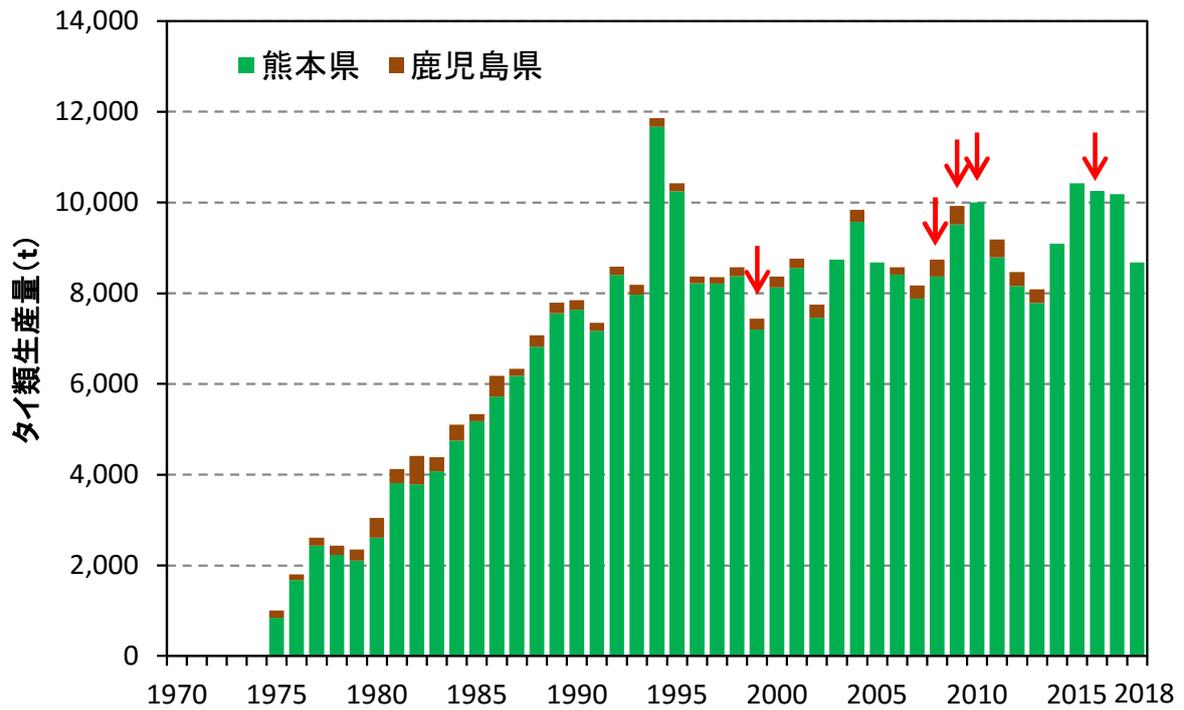
赤潮生物のなかでも、*Cochlodinium* 属と *Chattonella* 属については、魚類、特にブリ類に対する毒性が強いため、赤潮が発生すると養殖魚類に甚大な被害を与えることが知られており、これらの赤潮がこの海域における2009(平成21)年以降の安定した魚類養殖の生産を阻害している重要な要因の一つであると考えられる。



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

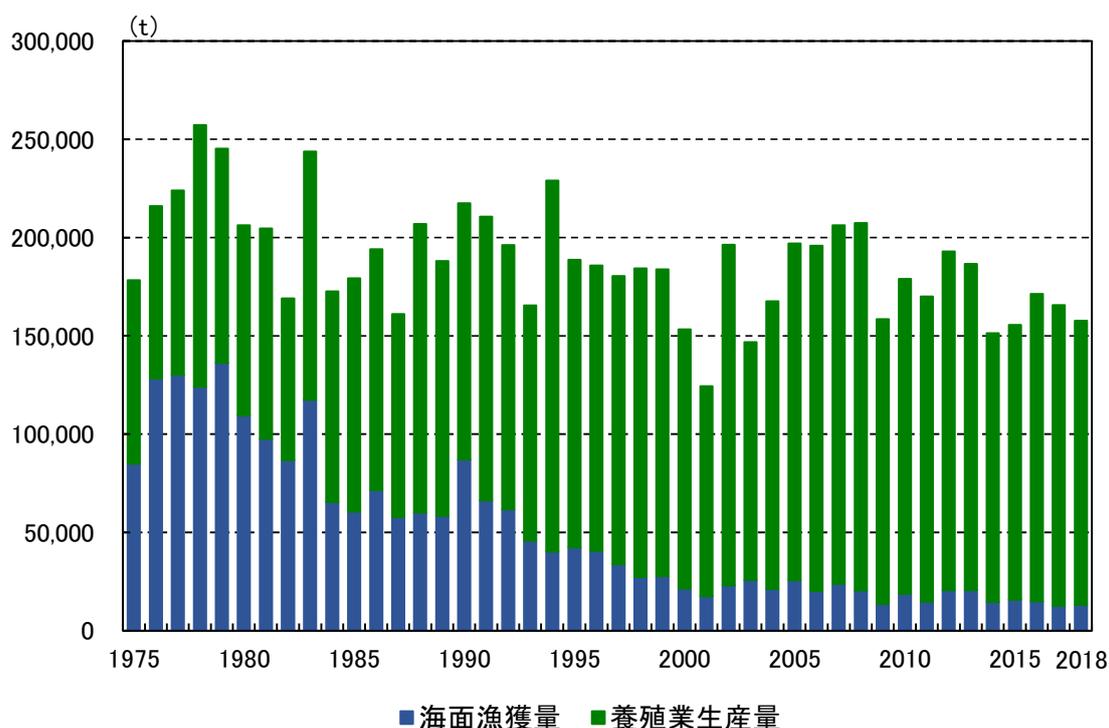
出典：農林水産省「熊本農林水産統計年報（昭和50～平成30年）」  
 農林水産省「鹿児島農林水産統計年報（昭和50～平成30年）」をもとに環境省が作成した

## 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。

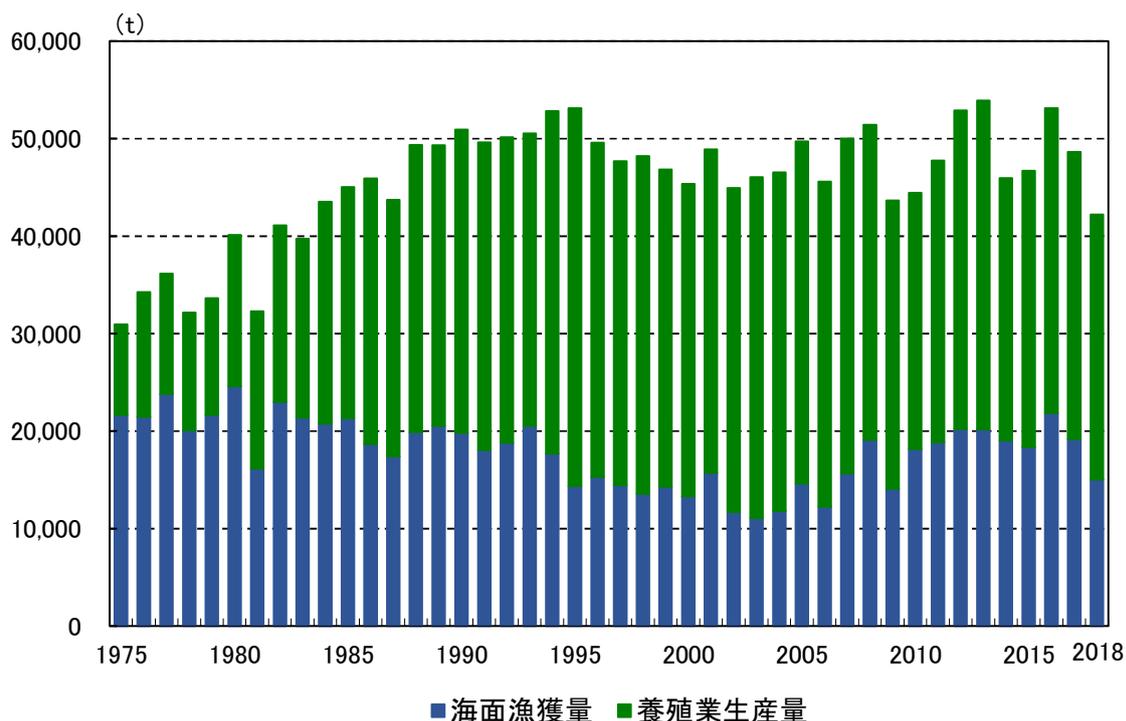
図 2.9.6-1 有明海の漁業・養殖業生産量

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が多い傾向がみられ、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が多く、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 A<sub>sg</sub>-4 では、2018(平成 30)年以前は有機汚濁耐性種のダルマガ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 A<sub>sg</sub>-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が多い傾向であり、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 Y<sub>kg</sub>-1 と Y5 海域の Y<sub>km</sub>-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 Y<sub>km</sub>-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 Y<sub>km</sub>-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  $nd \sim 71$  個体(全平均 11 個体)/100 m<sup>2</sup>、2012(平成 24)年以降は  $nd \sim 0.7$  個体(全平均 0.09 個体)/100 m<sup>2</sup> 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は見られるものの、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-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-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-2 であり、約 18,000 個体/m<sup>3</sup>であった。最小は 2017(平成 29)年度の佐-4 で、23 個体/m<sup>3</sup>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/m<sup>3</sup>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/m<sup>3</sup>(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/m<sup>3</sup>(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/m<sup>3</sup>、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)年以降の数年間に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おり、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。

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 となったが、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はなく、漁獲量データは魚種別に把握できるだけの情報はなく、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 巻 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 巻 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鰐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).