



小委員会における情報の収集・整理・分析
の実施状況について
水産資源再生方策検討作業小委員会

(第4回～第5回)

令和2年10月
環境省

第1回～第3回の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。)において、情報収集等の具体的な作業方針を決定し、これを踏まえ第4回、第5回の水産小委及び海域小委が開催されたところ。

本資料はこの2回の水産小委における情報の収集・整理・分析状況について、審議状況を基に、環境省においてまとめたものである。

- 有明海・八代海等総合調査評価委員会での今後の審議の進め方(抜粋)
(平成30年3月13日 第42回有明海・八代海等総合調査(以下、「評価委員会」という。))

4. 審議スケジュール

平成28年度委員会報告では、平成23年度の法改正から5年を目途として再生に係る評価を取りまとめた。今後は、平成28年度委員会報告を踏まえて実施される再生方策や調査・研究開発についても、その実施状況や成果等を把握・検討し、再生に係る評価を行うこととする。

平成28年度委員会報告において、再生に向けた取組の当面の目標とする時期は概ね10年後としており、また、再生方策や調査・研究開発の成果等の蓄積にも一定程度の時間を要すると考えられるが、一方で、継続的な評価が求められている。このことから、毎年度、以下の①～③について小委員会で作業し、その結果を委員会で審議するとともに、平成28年度委員会報告から概ね5年を目途に、再生方策や調査・研究開発の実施状況及びその成果等について中間的な取りまとめ(中間報告)を目指す。

- ① 再生方策の実施状況及びその成果等の把握・検討(フォローアップ)
- ② ベントス、有用二枚貝、ノリ養殖、魚類等についての問題点とその原因・要因、再生方策の検討
- ③ 調査・研究開発の成果等の把握・検討

小委員会の作業方針について(第2回水産小委・海域小委資料から抜粋)

表 小委員会の作業分担

区分	水産小委	海域小委
各小委員会で情報収集・整理・分析する事項 《所掌事務》 ①問題点及び特性 ②原因・要因	○水産資源（有用二枚貝、ノリ養殖、魚類養殖等、及びそれらの餌料生物） ○漁場環境（赤潮、貧酸素水塊等を含む。）	○海域環境（汚濁負荷、水質、底質、潮汐・潮流等） ○生態系（ベントス、魚類等）
各小委員会で情報収集・整理し、必要に応じて両小委員会を合同で開催して検討する事項 《所掌事務》 ③再生目標 ④再生方策	○赤潮・貧酸素水塊等の被害予防・軽減策 ○漁場改善技術 ○増養殖技術 ○関連施策（規制、振興策等）	○自然環境の保全・再生技術 ○汚濁負荷管理 ○関連施策（規制等）

表 小委員会ごとの主な検討事項の作業分担

項目	水産小委	海域小委
ベントス		<ul style="list-style-type: none"> ・ベントス群集（種類数、種組成、個体数）及び底質の継続的なモニタリング ・ベントス群集の変動要因の解析
有用二枚貝	<ul style="list-style-type: none"> ・着底機構、着底後の減耗要因及び再生産機構の解明 ・エイ類等の食害生物の食害防止策の検討 ・種苗生産・放流・移植手法の確立に係る検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・母貝生息適地及び浮遊幼生の移動ルート of 解明（広域的な母貝集団ネットワークの形成に関する検討） ・浮遊幼生期及び着底後の貧酸素水塊の軽減対策の検討
ノリ養殖	<ul style="list-style-type: none"> ・赤潮の発生と増殖に係る各種要因の解明と予察技術の検討 	
魚類等	<ul style="list-style-type: none"> ・魚類等の再生産機構及び資源量の変動要因の解明 ・栄養塩や基礎生産量と水産資源量との関係の解明 ・赤潮の発生と増殖に係る各種要因の解明と予察技術の検討 ・藻場・干潟の分布状況の把握 ・貧酸素水塊の軽減対策の検討 	

※4項目全体に係る海域環境に関連する事項(水質汚濁、底質等に関する変化状況や挙動の解明、気候変動が生態系等に及ぼす影響の評価)について、海域小委で作業を行う。

水産小委における情報収集等の状況

水産小委における情報収集等の状況

第4回水産小委(令和元年11月29日)について

- ① 有明海におけるタイラギの生残・成長要因の検討結果(環境省報告)
- ② 有用二枚貝に関する資料の収集・整理・分析状況(アサリ)(西海区水産研究所報告)
- ③ 有用二枚貝に関する資料の収集・整理・分析状況(タイラギ)(西海区水産研究所報告)
- ④ アサリに関する4県協調の取組(農林水産省農村振興局報告)
- ⑤ 各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業(平成25～29年度)
(水産庁報告)
- ⑥ タイラギ等の種苗生産・放流・移植技術について(水産庁報告)



第5回水産小委(令和2年7月29日)について

- ① 有明海奥部におけるCODによる餌料環境とその長期変動の推定について
(環境省報告)
- ② 有明海南部海域及び八代海における藻場・干潟分布状況調査(環境省報告)
- ③ ノリ養殖に関する資料の収集・整理・分析状況～有明海におけるノリの色落ちにかかる整理と検討～(水産研究・教育機構報告)
- ④ 魚類に関する資料の収集・整理・分析状況～有明海・八代海における鞭毛藻赤潮にかかる整理と検討～(水産研究・教育機構報告)
- ⑤ 二枚貝類養殖等を併用したノリ色落ち軽減技術の開発(水産庁報告)
- ⑥ 有用二枚貝に関する資料の収集・整理・分析状況～貧酸素水塊の発生状況と予察の取組にかかる整理と検討～(水産研究・教育機構報告)
- ⑦ タイラギに関する4県協調の取組(農林水産省農村振興局報告)

「有明海におけるタイラギの生残・成長要因の検討結果」

環境省の報告

①浮泥に関する検討

- ・ 生息環境モニタリング(浮泥分布等調査)

有明海奥部の定点において底質の調査を実施。

調査項目:酸化還元電位、浮泥層厚(密度法)、含水率、粒度分布、クロロフィル色素含量、有機炭素・窒素含量等

調査頻度:夏季(6月～9月)の2週間毎の小潮時に8回程度
秋季(10月～2月)の1か月毎の小潮時に5回程度

調査地点:有明海奥部の8地点(A1海域:5測点、A2海域:2測点、A3海域:1測点)
* 2014年度～ 5地点(T14、15、O-5a、SU-H、T5)
2016年度～ 6地点(+P6) 2017年度～ 8地点(+T4、T-SG)

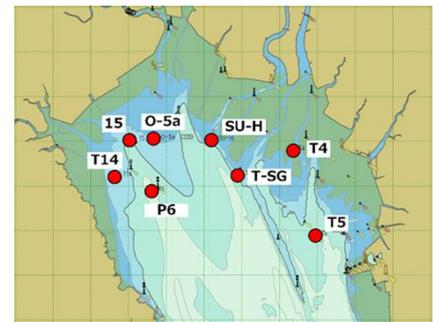


図 生息環境モニタリング実施地点

②タイラギ移植実験による小型捕食者の検討

- ・ 母貝生息適地の検討

有明海奥部、中南部の5地点で移植試験を実施。

目合の異なる2種類の保護ケージを使用し、生残率を調査。

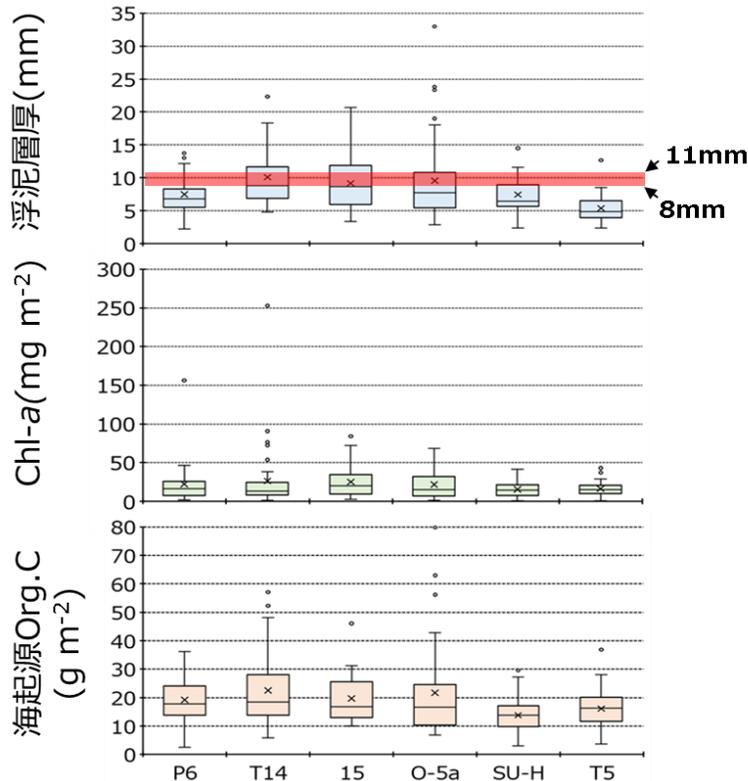
小型捕食者の出現頻度をカメラにより調査。



図 タイラギ移植試験実施地点

検討結果まとめ

- ・ 浮泥層厚は有明海奥部西側から中央で高く、東側で低い傾向。既往知見より、東側がタイラギ稚貝に良い環境であることが示唆された。
- ・ クロロフィル色素量及び海起源の有機炭素量は、有明海奥部西側で高い傾向。餌料環境としては西側が良いことが示唆された。
- ・ 保護ケージの目合を拡大するとタイラギ生残率が低下。小型捕食者による食害を示唆。



P6は、2015～2018年の4年間の平均。T14、15、O-5a、SU-H、T5は、2014～2018年の5年間の平均。

図 生息環境モニタリング結果

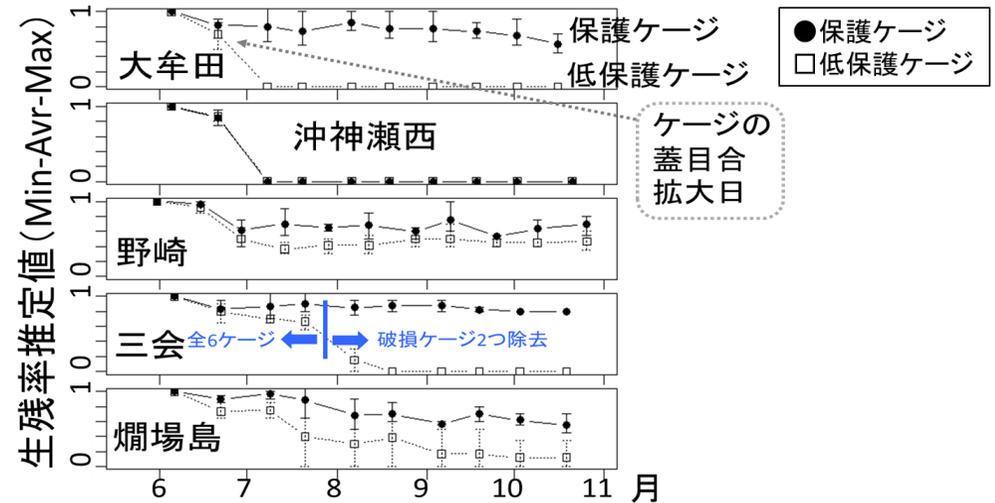


図 ケージ目合の違いによるタイラギ生残率の推移

今後の課題

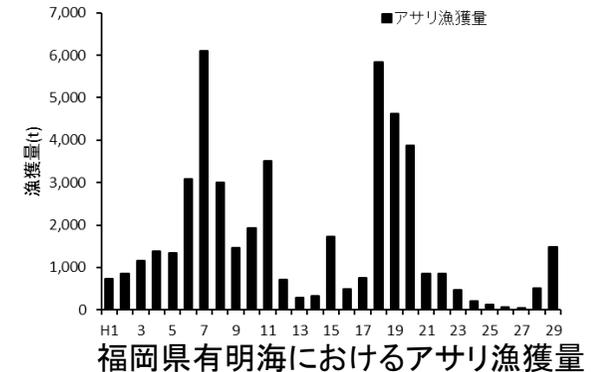
- ・ 浮泥の濁りや堆積がタイラギの生残・成長等に与える影響に係る検討が必要。
- ・ タイラギを捕食する小型捕食者の同定や捕食後の貝殻の形状に係る知見の蓄積が必要。

「有用二枚貝に関する資料の収集・整理・分析状況(アサリ)」

西海区水産研究所の報告を基に環境省作成

①アサリ資源の現状に関する調査結果

- ・アサリ資源の状況について(福岡県)
調査内容:アサリ肥満度、プランクトン沈殿量 調査地点:矢部川河口域
- ・アサリ生産不良要因調査(長崎県)
調査内容:漁場環境(塩分、餌量、水温等)、アサリ生理状態(身入、水分等)、生残
- ・熊本県における海域別のアサリ漁獲量の推移(熊本県)
調査内容:アサリ個数、殻長、粒度組成 調査地点:緑川河口域、菊池川河口域



②アサリ資源の変動要因に関する調査結果(熊本県)

調査内容:アサリ稚貝生息密度と成貝密度との相関関係、稚貝密度と底質MdΦとの相関関係

③アサリ資源の再生に関する取組

- ・アサリ漁場の覆砂(福岡県、長崎県、熊本県)
調査項目:底質(粒径、泥分率、強熱減量、AVS、ベントス)、アサリ個体数
- ・移植放流、被覆網による生残向上試験、砂利袋の設置、砂利袋を活用した母貝場造成(福岡県)
調査項目:平均殻長、分布密度、肥満度、群成熟度、残存率、採苗数
- ・アサリの母貝場造成、網袋採苗技術、網袋養殖技術(長崎県)
調査項目:分布密度、網袋設置場所、設置・回収時期、回収手法等

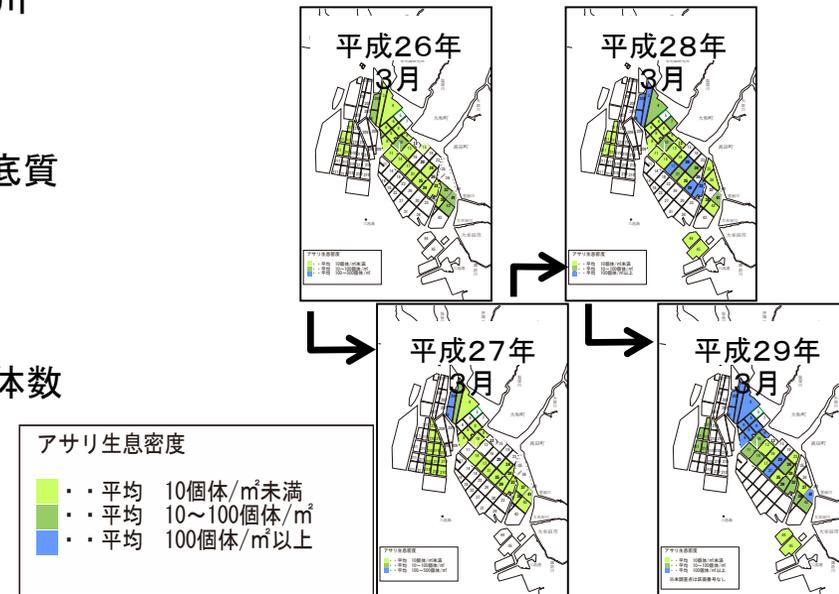


図 福岡県海域におけるアサリ分布状況の推移

アサリ資源の現状、変動要因のまとめ

- ・ 2009年以降過去最低レベルの漁獲量が続けているが、2017年には福岡県海域を中心に漁獲量の回復がみられた。
- ・ 熊本県海域では、近年緑川河口・菊池川河口で稚貝発生量が低下。稚貝発生量と成貝資源量とは正の相関。
- ・ 1992年以降、熊本県海域のアサリ漁場では底質の一方向での悪化はみられない。
- ・ 長崎県海域では地撒き養殖の生産が低迷。複数要因が想定されるが、年によって低塩分によるへい死や疲弊が推定。

今後の課題

- ・ アサリ漁場の近年の底質はアサリ生息に不適なほど広範囲に泥化しているとは判断されず、資源の減少要因との関係は不明瞭。ただし、着底前後の影響については、十分に評価できていない。
- ・ 稚貝・浮遊幼生の発生量低下の要因については、今後さらなる検討が必要。
- ・ 水温及び平均潮位の長期的な上昇などの影響については、十分に評価できていない。

アサリ資源の再生に関する取組のまとめ

- ・ 福岡県、長崎県、熊本県において覆砂、移植、被覆網、砂利袋を用いた資源再生に取り組んでおり、一部では成果がみられている。

今後の課題

- ・ 覆砂による底質改善は、浮遊幼生や着底稚貝の特性及び海域環境に応じた改善策が必要。
- ・ 移植は資源の維持に効果的であるが、移植先の選定や保護に関して統一的な手法の確立が必要。
- ・ 網袋や被覆網の効果について、生残率向上に寄与するメカニズムの解明が更に必要。
- ・ 浮遊幼生ネットワークを維持する上で、親貝資源量の算定や資源管理策が必要。

「有用二枚貝に関する資料の収集・整理・分析状況(タイラギ)」

西海区水産研究所の報告を基に環境省作成

①タイラギ稚貝～成貝期における大量死の調査

天然貝の追跡調査および移植試験による大量死現象の把握(福岡県、佐賀県)

- ・タイラギ稚貝、成貝分布の推移(佐賀県)
調査内容:タイラギ稚貝、成貝の生息密度(2008年～2018年)
- ・天然タイラギの出現状況調査(福岡県)
調査内容:タイラギ生息状況、水質(DO、クロロフィル・濁度、潮流、水温)、
底質(浮泥堆積厚、T-S、強熱減量、泥分率、中央粒径)
調査地点:5定点(三池港、大牟田北、三池島、峰の洲、竹ハゼ南漁場)
- ・2015年級群を用いた移植試験(立ち枯れへい死の原因究明)(佐賀県)
東部海域に発生した稚貝を西部海域に移植し、1年後再度東部海域に移植。
調査内容:生息密度、殻長、生残率を東部、西部で比較

②タイラギ減耗要因と食害、水質・底質要因の構図(福岡県)

- ・へい死と漁場環境について
調査内容:水質(DO、海底直上水温、海底直上DO)、底質(浮泥堆積厚、T-S、強熱減量、泥分率、中央粒径)
調査地点:5定点(三池港、大牟田北、三池島、峰の洲、竹ハゼ南漁場)
- ・へい死要因の検討
タイラギ稚貝を直植え区、被覆カゴ区、海中育成ネット区に分け移植
調査内容:タイラギ生残率、DO、クロロフィル・濁度、食害生物
調査地点・時期:三池島(2015年～2016年)、峰の洲(2017年～2018年)
- ・検討中の課題
へい死要因の検討において調査したクロロフィル・濁度について
被覆カゴ区のへい死年/非へい死年を比較、海底直上(被覆カゴ区)/海底-1m(育成ネット区、上架カゴ区)を比較

タイラギ減少要因に関する新たな知見のまとめ

- ・ 大量死は引き続き発生。発生時期や要因は異なると推察。
- ・ 現地海底に直植えすると、春期から夏期にかけて、食害等によって短期間に移植貝が減耗。
- ・ ネットやカゴで保護すると減耗は緩やかになるが、夏期から秋期に緩やかな立ち枯れへい死が発生。
- ・ 移植貝を海底から切り離すことで、立ち枯れへい死がほとんどみられなくなる。
- ・ 海底直上は海底-1mよりも濁度が高く、摂餌障害の可能性が示唆。

表 へい死要因検討のまとめ

年度	試験場所	夏季の貧酸素	直植え区のへい死(春期)	被覆カゴ区のへい死(秋期)
H27	三池島	海底直上では短期が数回 海底-1mではほぼ無し	あり	あり
H28	三池島	短期	あり	あり
H29	峰の洲	海底直上・-1mとも長期	あり	なし
H30	峰の洲	短期が数回	あり	なし

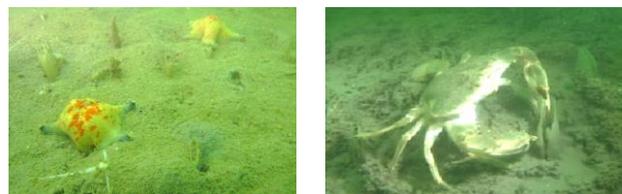


図 捕食行動が観察された食害生物

タイラギ減少要因に関する今後の課題

- ・ エイ以外の食害生物の長期的な資源量変動が不明瞭。また、食害の影響がタイラギ資源量や他のベントス資源量によって影響を受ける可能性も想定した検討が必要。
- ・ 稚貝の着生量低下について、着底前後の底質や水質に関する影響評価が定量的でなく不十分。
- ・ 食害を除いた稚貝～成貝期の大量死の原因・要因として、濁度がタイラギの摂餌障害要因として推定された。今後、現場データの収集・解析の継続が必要。
- ・ クロロフィル量以外の餌料環境の評価(懸濁粒子の質的評価)が必要。
- ・ 長期的な環境変化の解析が必要。

プランクトン沈殿量(デトリタス量)、T-N/T-P(懸濁有機物)の海域現存量+陸域からの流入負荷量

「アサリに関する4県協調の取組」

農林水産省農村振興局の報告を基に環境省作成

①アサリ浮遊幼生調査

調査内容: 二枚貝類の浮遊幼生の観測

調査時期・頻度: 4～6月及び9～11月(2015年度～2018年度)、1回/週～3回/月

調査地点: 有明海 22地点(2015年度～2017年度)、10地点(2018年度)

②アサリの浮遊幼生ネットワークの形成に向けた取組

- ・平成27～29年に4県と国が協調し、二枚貝類の浮遊幼生の挙動のシミュレーションモデルを構築。
- ・平成30年度に、産卵場や着底場とされた箇所にも母貝団地の造成を進めるとともに、浮遊幼生モデルを用いて広域的な浮遊幼生ネットワーク形成における課題抽出、改善策を検討。

[2015～2017年度]

[2018年度]

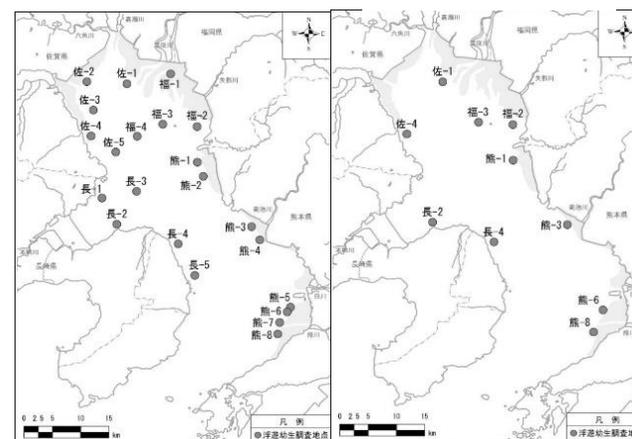


図 アサリ浮遊幼生調査地点

浮遊幼生調査結果のまとめ

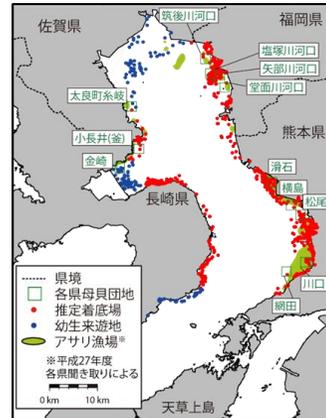
- ・ 浮遊幼生は、春季・秋季とも有明海全域で確認。特に湾奥奥部の福岡県沖、中央東部の熊本県沖が多かった
- ・ 浮遊幼生の出現個体数は、地点間及び年度・季節による変動が大きいですが、平成29年度は出現個体数が多かった。
- ・ 浮遊幼生の発生ピークは年度・季節によって時期が異なるが、有明海では春季・秋季で概ね2～3回の発生ピークがみられた。
- ・ 有明海の浮遊幼生発生量(100～15,000個体/m³)は三河湾の発生量(100～20,000個体/m³)と同程度。

アサリの浮遊幼生ネットワークの推定結果

- ・ 主要なアサリ漁場と産卵場、着底場が概ね一致する結果となった。
- ・ 有明海では広域的なアサリの浮遊幼生供給関係があることが推定された。
- ・ 有明海沿岸4県で造成した母貝団地から発生する浮遊幼生は、概ね既存のアサリ漁場に着底することを確認。
- ・ 母貝団地において、複数母貝団地間の幼生需給関係があり、重層的なネットワークを形成していることを確認



	母貝団地
福岡県	筑後川河口 (有区301・3号)
	塩塚川河口 (有区9・10号)
	矢部川河口 (有区20・24号)
	堂面川河口 (有区303号)
佐賀県	太良町系岐
長崎県	小長井(釜)、金崎
熊本県	滑石、横島、松尾、川口、網田



今後の課題

- ・ H30年度のシミュレーションでは、造成した母貝団地間の幼生需給関係において、網田へ幼生を供給する母貝団地がないこと、川口の母貝団地への供給源は、自己供給と網田のみであることから、網田や川口の母貝団地管理のあり方等の検討が必要との結果。

図 各県母貝団地の事業海域

図 着底場・来遊地推定結果

「各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業」

水産庁の報告を基に環境省作成

有明海沿岸25漁場においてアサリを対象にした漁場改善・維持のための技術開発を実施(H25～29年度)

- ① アサリ母貝の保護や稚貝の着底促進、減耗の防止等に効果があり、漁業者が自ら実施可能な技術の開発、実証試験を実施
- ② 環境特性やアサリの生息状況を把握するため、各実証漁場に調査地点を設け、下記の項目にかかる調査を実施

調査項目：流況、水質(水温、塩分、クロロフィルa、濁度)、
底質(粒度組成、強熱減量、COD、硫化物)、
生物(初期稚貝、アサリ生息状況)



図 実証漁場

まとめ

- 環境調査では、HSI(Habitat Suitability Index)等により実証漁場でのアサリの生息環境を評価。また、シルト・粘土分の多い場所でアサリの稚貝・成貝ともに個体数が少なくなること、平均個体数が多い漁場や濁度の高い漁場では成長が遅くなる傾向にあること等を確認。
- 実証試験では、シルト・粘土分の多い場所での離底型カゴ飼育によるアサリの母貝保護育成や稚貝移植時の被覆網、基質入り網袋等の併用により生残率向上等の有効性を確認。

今後の課題

- 実証漁場のアサリの生息環境を底質のみならず水質等の調査結果を利用し評価すること、また、成貝や稚貝の成長段階に応じて生息環境を評価すること。
- これまでの事業の中で特に効果の認められた技術により、有明海においてアサリ漁場の生産力向上を図ること。

「タイラギ等の種苗生産・放流・移植技術について」

水産庁の報告を基に環境省作成

①タイラギの種苗生産・母貝団地造成の取組

取組内容

- 有明海沿岸4県と国(水産庁、(国研)水産研究・教育機構、農村振興局等)が協調して、2018年度から以下の取組を実施
- ・人工種苗生産及び中間育成の技術開発
 - ・母貝団地の造成

②アゲマキ、ウミタケの取組

取組内容

- ・アゲマキの種苗生産(1996年～)、放流技術開発(2001年～)、母貝団地造成(佐賀県 2009年～、福岡県 2018年～)
- ・ウミタケの着底促進漁場造成(佐賀県 2016年、2018年)、人工種苗生産・放流(佐賀県 2018年～)

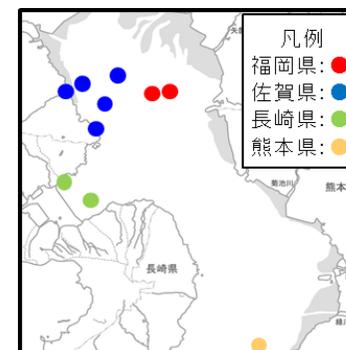


図 タイラギ母貝団地の造成エリア

まとめ

- ・タイラギの人工種苗生産では、福岡県で4千個(2018年)、佐賀県で9千個(2019年)、長崎県で387個(2019年)の着底稚貝の生産に成功。
- ・アゲマキは母貝団地周辺で再生産したと思われる稚貝を確認(2017年)。
- ・ウミタケも試験造成区での定着を確認(2018年)。

今後の課題

- ・タイラギ人工種苗生産の生産安定(混入生物の防除、凝集の予防等)が課題。

「有明海奥部におけるCOD(化学的酸素要求量)による餌料環境とその長期変動の推定について」

環境省の報告

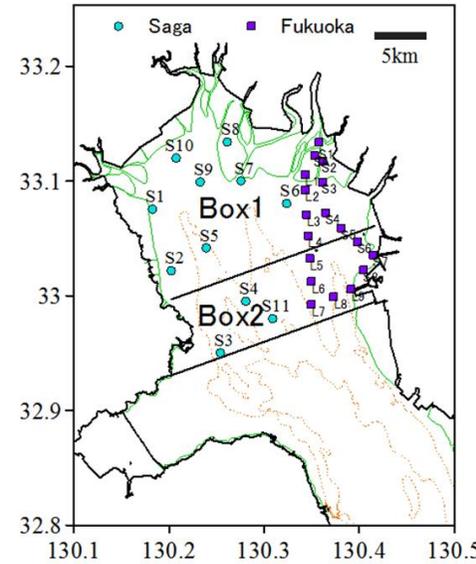
タイラギの餌料環境の長期変動を把握するための検討

ボックスモデル解析により、餌料環境の指標にCODを用いてタイラギ生残率との関係を解析。

使用データ: 佐賀県・福岡県浅海定線調査、国土交通省水文水質データベース (1980~2014年)

項目: 塩分、COD、河川流量、COD流入負荷量(筑後、嘉瀬、矢部、六角川)

Box 1の塩分・COD
収支を計算



まとめ

- ・ 夏季のCODは年々増加する一方、秋～春季は1990年代以降減少傾向。
- ・ 夏季のCOD増加は内部生産の増加より生じ、基礎生産の増加、または植物プランクトンの補食量(二枚貝類)減少、あるいはそれらの複合が要因と推察された。
- ・ 秋～春季のCOD減少は内部生産の減少により生じ、基礎生産の減少が示唆された。
- ・ CODとクロロフィルa・POCの間には弱いながらも有意な正の相関があり、CODを餌料環境の指標と仮定し、タイラギ生残率との関係を解析した。その結果、1998年以降のタイラギ生残率は、秋～冬季のCODと正の相関があり、餌料環境の悪化がタイラギ生残率減少の要因の1つである可能性が示唆されたものと考えられる。

「有明海南部海域及び八代海における藻場・干潟分布状況調査」

環境省の報告

衛星画像解析による藻場・干潟分布図の作成するとともに、藻場・干潟のヒアリング調査結果と既往調査結果との比較を行った。

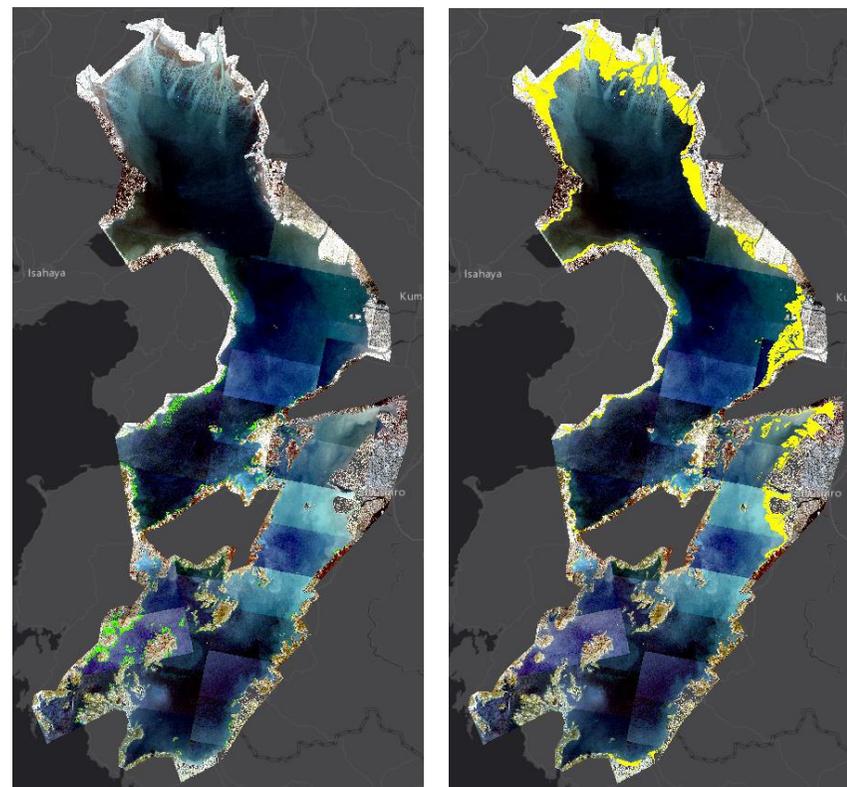
- ① 衛星画像の解析による有明海・八代海の藻場面積は3,842ヘクタール、干潟面積は23,792ヘクタール。

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ります。

- ② 藻場・干潟の分布状況の経年変化を把握するため、衛星画像の解析に加えて、既往調査と同様にヒアリングにより有明海・八代海の一部エリアにおける藻場・干潟の分布状況調査も実施。平成30、31年度のヒアリング調査結果では既往調査(平成9年度)に比べ藻場は約15%増加、干潟は約5%増加。

有明海・八代海における藻場・干潟分布図 (衛星画像)



藻場分布範囲

干潟分布範囲

「ノリ養殖に関する資料の収集・整理・分析状況」

水産研究・教育機構の報告を基に環境省作成

有明海におけるノリの色落ちにかかる整理と検討

有明海のノリ色落ち原因赤潮 (*Eucampia zodiacus*、*Skeletonema spp.*、*Asteroplanus karianus*) の発生メカニズムの解明、予察技術の開発について検討。

調査期間: 2013~2019年度(10月~2月)

調査項目: 水温、塩分、クロロフィル蛍光、濁度、DIN、DIP

調査地点: 有明海奥部9定点(2019年度は8定点)、有明海中央部8定点

秋季~冬季の赤潮に関するまとめ(新たに蓄積された知見)

○ *Eucampia zodiacus*

- ・ 広域モニタリングから出現特性を把握。
- ・ 長期予察のための秋季の増殖メカニズムについて考察(仮説)。
- ・ 冬季の赤潮化のメカニズムを解明。

○ *Skeletonema spp.*

- ・ 冬季に赤潮が長期化する傾向。
- ・ 有明海奥部西側では水温 $\leq 12^{\circ}\text{C}$ 、「有光層/水深」 ≥ 1 で細胞密度上昇。
- ・ 生産維持の場としての感潮域の重要性。

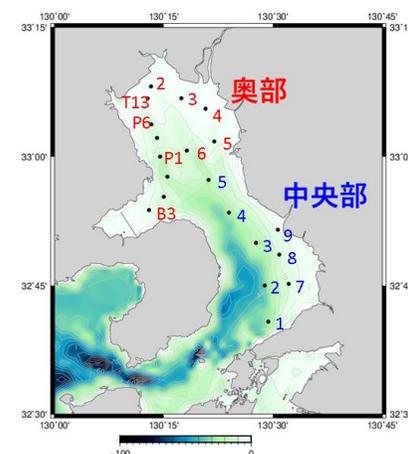


図 広域モニタリング地点

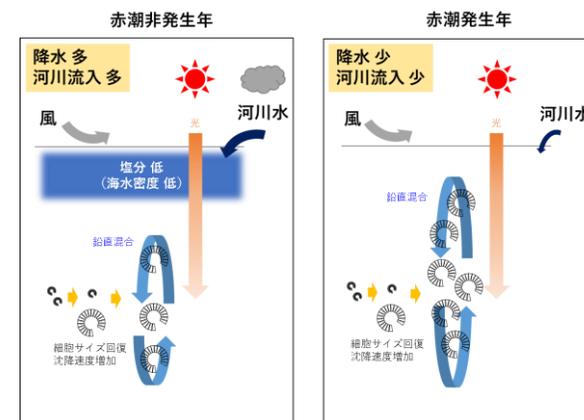


図 *Eucampia zodiacus*増殖メカニズム仮説

秋季～冬季の赤潮に関するまとめ(新たに蓄積された知見)

○ *Asteroplanus karianus*

- ・ 生理学的特性の解明。
- ・ 発生機構の概念図。
- ・ ブルーム発生時期の予察。

赤潮発生予察には、水温、流動場、降雨量、濁度などが基礎的な項目として必要。

今後の検討課題

- ・ ノリ養殖に最も影響の大きい *Eucampia zodiacus* について、発生年と非発生年が大きく異なり、初期発生期の動態について更なる知見の蓄積が必要。
- ・ 珪藻類は出現と衰退が短期間で激しく変動するため、連続モニタリングと情報提供が重要。
- ・ 色落ち対策として、珪藻類を恒常的に摂餌する二枚貝資源の回復が必要。

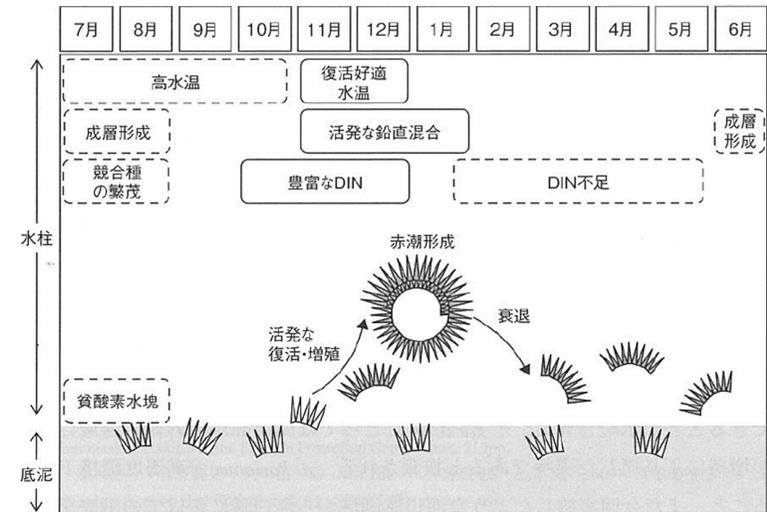


図 *Asteroplanus karianus*の発生機構概念図

「魚類に関する資料の収集・整理・分析状況」

水産研究・教育機構の報告を基に環境省作成

有明海・八代海における鞭毛藻赤潮にかかる整理と検討

- ・ 有明海における夏の鞭毛藻赤潮の発生状況

シャットネラ属と珪藻類の出現特性を調査。

調査地点: 有明海2定点 (B3、P6)

調査期間: 夏季 (2009～2017年)

- ・ 八代海における夏の鞭毛藻赤潮の発生状況
八代海におけるシャットネラ赤潮の晩期化要因を推定。

- ・ 八代海における夏場の鞭毛藻赤潮と栄養塩の関係
八代海における栄養塩の変動とシャットネラ赤潮の発生時期について考察。

- ・ 夏場の赤潮発生機構・予察手法・被害軽減に関する知見

判別得点による赤潮発生時期の推定

夏の鞭毛藻赤潮による養殖業への被害軽減の取組 (高頻度モニタリング→情報伝達、共有)

改良粘土を用いた赤潮の直接防除



図 シャットネラ属と珪藻類出現特性観測定点 (有明海)

夏の鞭毛藻赤潮に関するまとめ

- ・ 有明海におけるシャットネラ赤潮は珪藻類が衰退した隙間で発生していることが判明。
- ・ モデルで再現が難しいと言われる種間競合関係について、実測データが蓄積されている。
- ・ 2014年以降、八代海ではシャットネラ赤潮が晩期化。有明海側から遊泳細胞の移入があった後、徐々に増殖して赤潮を形成する機構。出水を伴わないため、八代海中南部の底層由来の栄養塩、光環境、競合する珪藻類の動態によって、赤潮の発生規模が左右されている。
- ・ シャットネラ赤潮の発生前に、硝酸塩濃度の上昇を確認。今後、赤潮発生規模の予測に役立つ可能性。
- ・ 判別分析による中長期予察手法を開発。約1～2か月先の見通しとして活用。
- ・ 赤潮発生情報の迅速共有や、改良粘土によるシャットネラ赤潮防除など、被害軽減に向けた取組も普及。

今後の検討課題

- ・ 短期動態予測の基礎情報として、衰退機能の解明が必要。
- ・ 栄養塩濃度(窒素・リン)、細胞の増殖活性、漁場内の赤潮の分布変化の迅速把握など、漁場での短期動態に直結する要因の観測、手法の確立が必要。
- ・ 機械学習、ベイズ更新など、予察への新たな解析手法の導入。
- ・ 被害軽減策として、既存の防除技術の科学的検証と効率化(足し網、生簀沈下など)、新たな防除技術の開発。

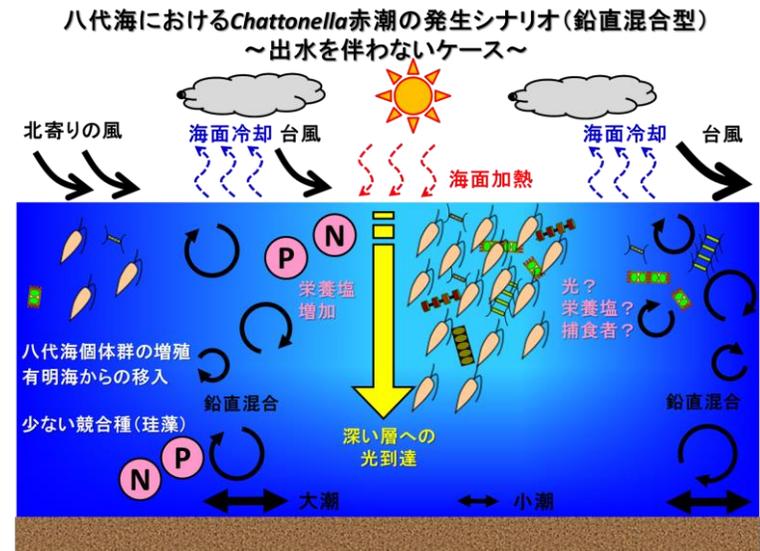


図 八代海におけるシャットネラ赤潮の発生シナリオ
(出水を伴わないケース)

「二枚貝類養殖等を併用したノリ色落ち軽減技術の開発」

水産庁の報告を基に環境省作成

①二枚貝を用いたノリの高品質化効果の評価手法の開発

- ・ 二枚貝からノリへの栄養塩供給量の推定手法の開発
窒素安定同位体比による二枚貝類からノリへのDIN供給量の推定手法の開発、
二枚貝排泄物のノリ養殖への寄与について推定を行った。
- ・ 養殖現場でのノリの生理状態評価手法の開発
PAM(パルス振幅変調クロロフィル蛍光測定法)によるノリ生理状態の養殖現場での評価手法を検討。

①まとめ

- ・ 二枚貝の窒素排泄物のノリ養殖への寄与率 k は、右の式より推定可能。
- ・ 二枚貝排泄物のノリ養殖への寄与は、窒素源をアンモニア態窒素とした方がノリによる同化が高かったが、硝酸態窒素の方が増殖が早い可能性。
- ・ PAMによりノリの生理状態を評価することは可能であるが、色落ちを事前に察知するまでには至っていない。

二枚貝の窒素排泄物のノリ養殖への寄与率 (k)

$$k = (X' - X) / (-X + Y - C)$$

X : 対象区におけるノリ葉体の $\delta^{15}\text{N}$

X' : 試験区におけるノリ葉体の $\delta^{15}\text{N}$

Y : アサリもしくはマガキの $\delta^{15}\text{N}$

C : 定数 (アサリ ; 3.8、マガキ ; 3.9)

今後の検討課題

- ・ ノリ漁場における二枚貝による栄養塩添加効果の試算。
- ・ 二枚貝の窒素排泄物のノリ養殖への寄与率推定式の精度向上。

②有明海・八代海における二枚貝の増養殖によるノリ養殖の高品質化

- ・ 福岡県地先有明海における二枚貝増養殖によるノリ養殖の高品質化
ノリ養殖施設周辺でのアサリ増殖試験(ノリ養殖漁場、垂下カゴ)を実施。
また、二枚貝の植物プランクトン除去量・栄養塩排出量の算出、二枚貝の効率的な放流場所の検討を実施。
- ・ 佐賀県地先有明海における二枚貝増養殖によるノリ養殖の高品質化
佐賀県太良町地先のノリ漁場において、二枚貝(マガキ)とノリの複合養殖試験を実施。
- ・ 熊本県地先有明海・八代海における二枚貝増養殖によるノリ養殖の高品質化
玉名市横島町地先(有明海)において、マガキ養殖試験、マガキを併用したノリ養殖試験を実施。
八代市鏡町地先において、マガキ養殖施設におけるクロロフィルaの収支を推定。

②まとめ

- ・ アサリ増殖試験の結果、アサリの栄養塩(アンモニア態窒素)の添加効果を示唆。
- ・ ノリと二枚貝の複合養殖試験により、アサリ、マガキともに摂餌による植物プランクトンの除去効果を確認。
- ・ マガキとの複合養殖によるノリの色落ち軽減効果を確認。
- ・ アサリの資源量を約5,200トン、サルボウの資源量を約4,200トンと推定し、二枚貝の植物プランクトン除去量・栄養塩排出量を算出。植物プランクトン除去量はアサリで約800万kl/日、サルボウで約1,200万kl/日と試算。栄養塩排出量はアサリ、サルボウとも約100kg/日と試算。
- ・ 二枚貝の効率的な放流場所の検討の結果、アサリは底質が良好な干潟域や干出のかからない沖合域に放流することが重要であると示唆。
- ・ 佐賀県地先の試験により、ノリの色調を維持するためには、ノリ養殖漁場1小間当たり、約206トンのマガキを垂下養殖する必要があると試算。

「有用二枚貝に関する資料の収集・整理・分析状況」

水産研究・教育機構の報告を基に環境省作成

① 貧酸素水塊の発生状況にかかる整理と検討

調査項目：干潟縁辺域と沖合域における水質の連続観測（7月～9月、2005年～）

（表層）水温、塩分、クロロフィル蛍光、濁度、流速

（底層）水温、塩分、溶存酸素、クロロフィル蛍光、濁度、流速、水深

底層の潮流、河川流量、潮汐の関係を解析し、貧酸素の発生機構等を推定

② 貧酸素水塊の予察技術

調査内容：干潟縁辺域と沖合域に分けて予察の可能性を検証

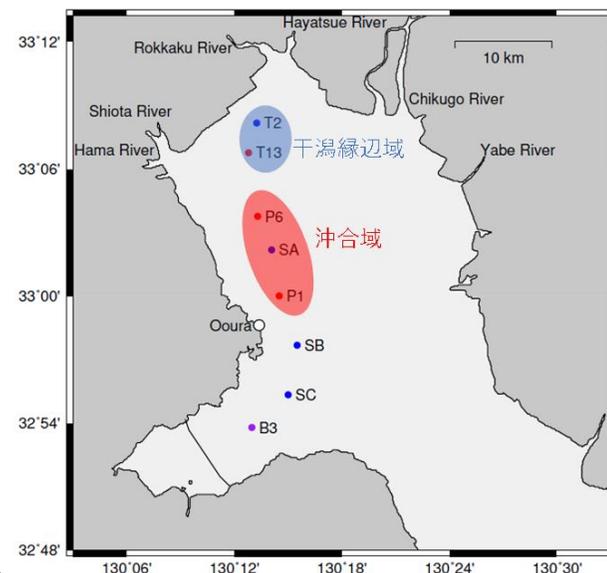


図 水質の連続観測点（T13、P6、P1）

まとめ

- ・ 干潟縁辺域の貧酸素の経年変動は、河川出水とそれに伴う密度成層の形成による底層潮流振幅の変化に依存する可能性。（短期変動）
- ・ 沖合域の貧酸素の経年変動は、月の昇交点運動を考慮した潮汐振幅の変動で説明できる可能性。（長期変動）

今後の課題

- ・ 予察技術の確立（特に沖合域の長期変動）に向けて、今後も貧酸素水塊モニタリングの継続が必要。

「タイラギに関する4県協調の取組」

農林水産省農村振興局の報告を基に環境省作成

タイラギ浮遊幼生調査

調査内容:タイラギの浮遊幼生の観測

調査時期・頻度:6月～9月(2015年度～2018年度)、3回/月

調査地点:有明海 22～24地点(2015年度～2017年度)、11地点(2018年度)

まとめ

- ・ 浮遊幼生は、2015年度を除いて有明海全域で確認され、湾奥奥部の福岡県沖及び佐賀県沖、諫早湾、中央東部の熊本県沖で調査期間中の出現個体数が多い傾向。
- ・ 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ですが、2015年度以降、増加の傾向。
- ・ 浮遊幼生の発生ピークは年度によって時期が異なるが、7月から8月に1～2回の発生ピークがみられた。

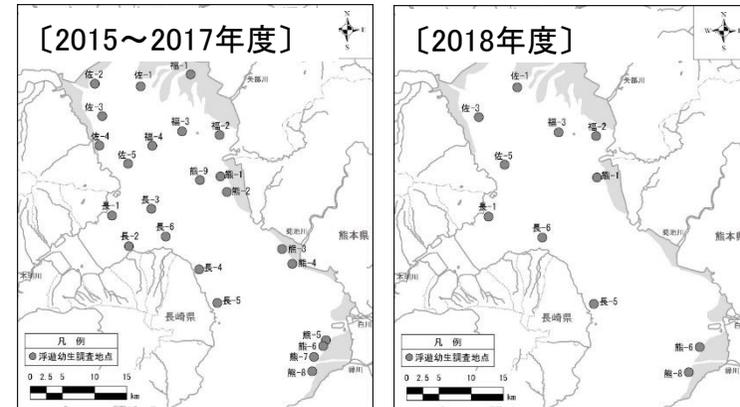


図 タイラギ浮遊幼生調査地点

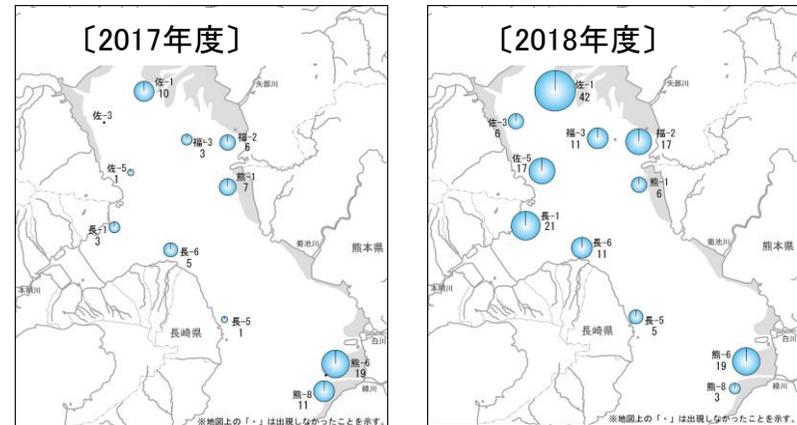


図 タイラギ浮遊幼生出現状況(直近2か年)