

6. タイラギの立ち枯れへい死の原因解明

6.1 タイラギ移植試験による立ち枯れへい死の原因究明(移植試験)

佐賀県では、1976(昭和 51)年以降、有明海奥部で 55 の調査定点を設定し、タイラギ資源量調査を行っているが、2012(平成 24)年以降、タイラギ稚貝の発生がほとんどみられないため、天然発生群を対象とした追跡調査例が少なくなっている。そうした中、2015(平成 27)年に A2 海域のタイラギ漁場を中心に比較的高密度の稚貝の発生がみられたため、発生履歴が立ち枯れへい死等に影響する要因を解明するため、天然稚貝(2015(平成 27)年級群)の移植試験を実施した¹⁾。

福岡県では、A2 海域を中心にタイラギ資源量調査を周年実施するとともに、近年立ち枯れへい死が問題となることから、発生天然稚貝等を用いた移植試験を行っている。2015(平成 27)～2018(平成 30)年までの 4 カ年、A2 海域において、食害と立ち枯れへい死による減耗、あるいは水質と底質の影響を定量的に区分することを目的として、複数の移植方法を組み合わせることで、食害の影響とタイラギ立ち枯れへい死との関係を区分し²⁾、これらの個体の成長・生残及び環境要因との関係について調査を行った。

6.1.1 佐賀県による移植試験の内容、方法、結果

2016(平成 28)年春期に 2015(平成 27)年級群の稚貝を図 6.1-1 に示すとおり東部海域(A2 海域)から西部海域(A3 海域)へ移植し、移植元と移植先において、タイラギの成育状況等の比較を実施することで、両海域の生息場としての評価を行い、立ち枯れへい死要因の解明を試みた。

東部北の着底貝及び東部南の着底貝の殻長の推移を図 6.1-2 に示す。西部海域に移植した東部北の個体は、移植元の東部北と同等の成長を示した。移植元の東部南の個体は、試験開始後も成長が停滞したのに対し、西部海域へ移植された個体は、移植後、成長停滞が解消され、順調に成長した。このことから、A2 海域の中でも、タイラギの成長に差異がみられること、タイラギの成長が悪いところに発生した個体群も、別の海域へ移植されると成長が再開することが分かった。

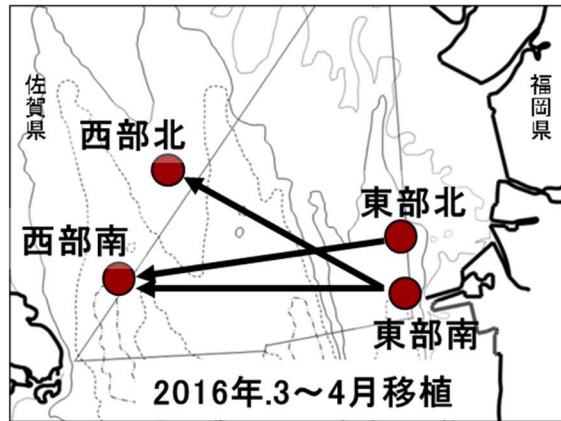


図 6.1-1 移植試験の実施海域

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

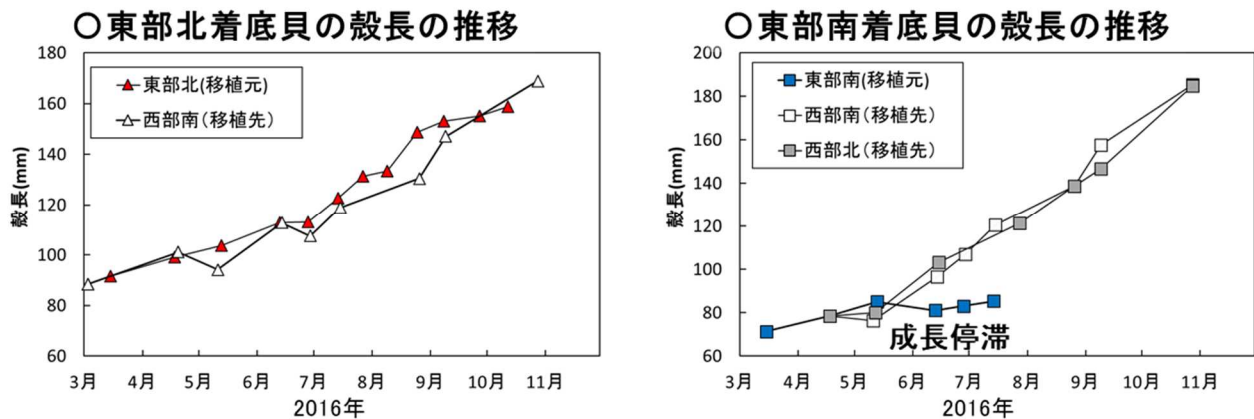


図 6.1-2 東部北の着底貝及び東部南の着底貝の殻長の推移

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」

また、東部北の着底貝及び東部南の着底貝の生息密度の推移を図 6.1-3 に示す。

西部海域に移植した東部北、東部南の個体は、ネット等により食害対策を施したところ、その年の10月まで大量死は確認されなかった。移植元の東部海域の個体は、矢印で示した6月及び10月にナルトビエイによる食害(砕かれた貝殻が海底に散在)を受けたことにより、生息がほとんど確認されなくなった。食害防止を行った試験区では生息密度の変化がみられないことから、2016(平成28)年には立ち枯れへい死は確認されなかった。

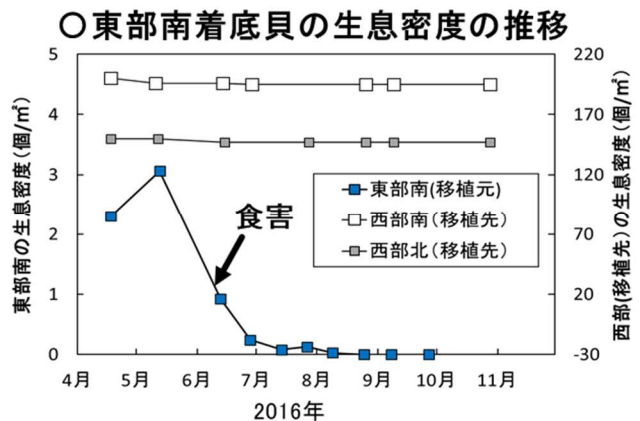
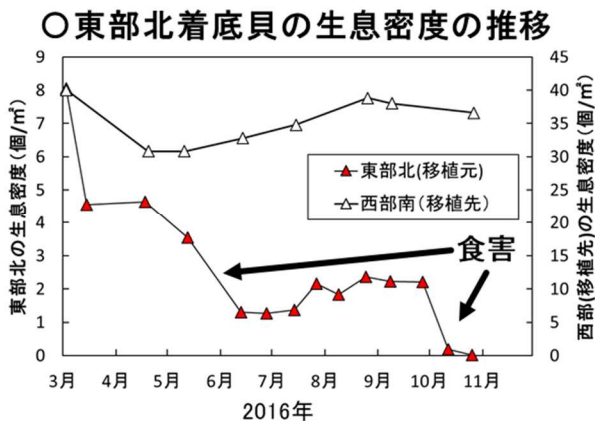


図 6.1-3 東部北の着底貝及び東部南の生息密度の推移

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」

東部北に着底し西部海域へ移植していた稚貝を、1年後に再度東部海域に食害対策を施した種々の条件で移植してタイラギの成育状況等を比較することで、東部海域の生息場及び移植タイラギの生理特性の評価を行った。移植試験位置は図 6.1-4 に示した。試験区ごとの移植方法は表 6.1-1 に、生残率の推移は図 6.1-5 に示した。

両海域ともに5～6月にかけて、急激に稚貝の密度が低下し、7月には生残個体はわずかとなった。この期間、移植海域における貧酸素、塩分低下、餌料の減少など、タイラギの大量死を引き起こすような特異な水質の観測結果はみられていない。なお、東部南から西部海域に移植し順調に成長していた個体も、翌年の4月から7月にかけて減耗して生残個体がわずかとなった。

以上より、東部海域の個体は、着底直後から海底環境に起因する何らかの要因によって障害を受けて成長が停滞している可能性が示唆された。また、障害を受けた個体は、移植によって生息場を変更することで一時的に成長が回復するものの、その障害によると思われる生残率の低下(立ち枯れへい死様現象)を引き起こしている可能性が示唆された。単年度の観察結果ではあるが、稚貝期の東部海域における海底環境及びその履歴が、生活史の後半においてタイラギの成長・生残に影響する可能性を示唆する結果となっている。

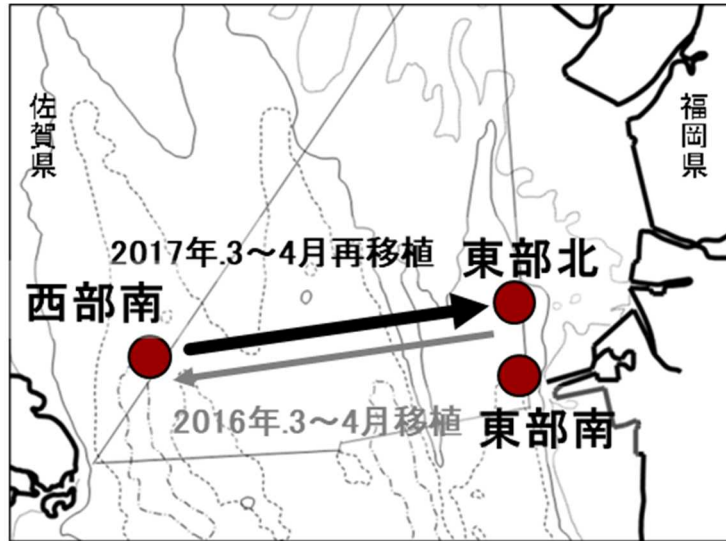


図 6.1-4 移植試験位置

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」

表 6.1-1 試験区ごとの移植方法

試験区	西部	東部再移植①	東部再移植②
移植方法	地植え	地植え	垂下
※食害対策	被覆網	被覆カゴ	垂下ネット

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

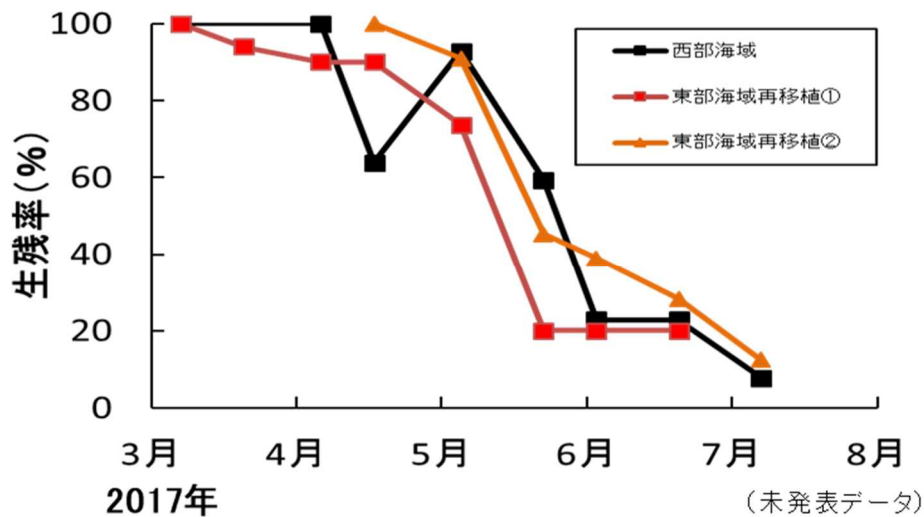


図 6.1-5 再移植タイラギの生残率の推移

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」

6.1.2 福岡県による移植試験の内容、方法、結果

移植試験方法の概要を図 6.1-6 に示す。試験区は原因・要因を明確にするするために、以下の3試験区を設定し、年変動をみるために、2015(平成27)～2018(平成30)年までの4カ年、2015(平成27)～2016(平成28)年は三池島の東側海域²⁾、2017(平成29)～2018(平成30)年は峰の州の周辺海域で実施されている。

- ・直植え区:カゴ等の保護がなく、天然のタイラギと同様に食害や底質に起因する影響を受ける試験区
- ・被覆カゴ区:被覆カゴで覆うことで食害は防止するが、底質に起因する影響を受ける試験区
- ・海中育成ネット区・上架カゴ区:海中育成ネットや上架カゴに收容して海底から切り離すことで、食害と底質及びその近傍に起因する影響を排除した試験区

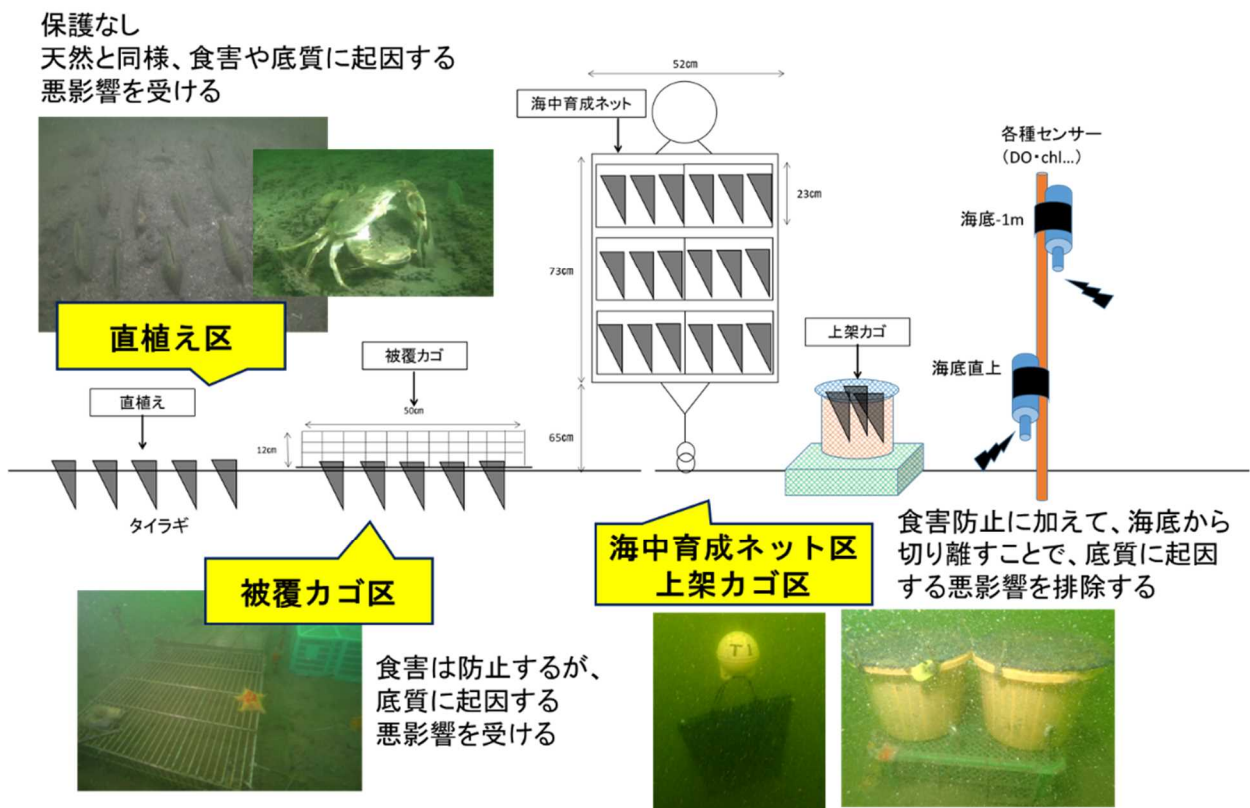


図 6.1-6 移植試験方法の概要

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」

試験に用いた稚貝は各年度に発生した天然貝(0~1歳貝)で、これを3~5月にかけて移植を行い、大量死が発生しやすい初夏から秋まで観察を行った。直植え区、被覆カゴ区、育成ネット区の稚貝の生残率の推移、及び海底直上と海底上1mの酸素飽和度の推移を整理した。

2014(平成26)年級群0~1歳貝の直植え区、被覆カゴ区、育成ネット区の稚貝の生残率の推移、及び海底直上と海底上1mの酸素飽和度の推移を図6.1-7に示す。直植え区は春期に全滅し、被覆カゴは夏期から秋期にへい死した。この時期は海底直上では短期間の貧酸素状態が発生したが、長期間の継続はみられていない。また、海底上1mの育成ネット区の稚貝は顕著なへい死はみられなかった。これらのことから、海底から切り離して育成することで、稚貝の生残率が向上することが示唆された。

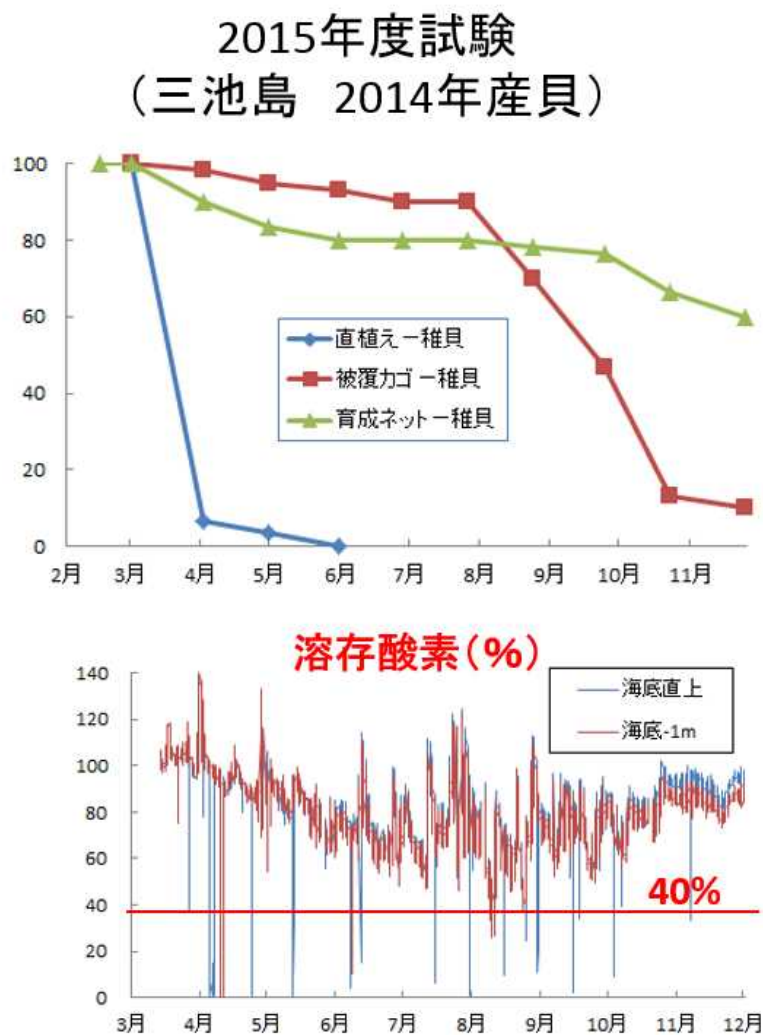


図 6.1-7 各試験区の稚貝の生残率の推移及び酸素飽和度の推移(2015(平成27)年度, 三池島)
出典:環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

2015(平成 27)年級群 0~1歳貝の直植え区、被覆カゴ区の稚貝の生残率の推移、及び海底直上と海底上 1m の酸素飽和度の推移を図 6.1-8 に示す。直植え区は春期に全滅し、被覆カゴ区は秋期にへい死が見られたが、この時期に長期にわたる貧酸素状態は確認されていない。

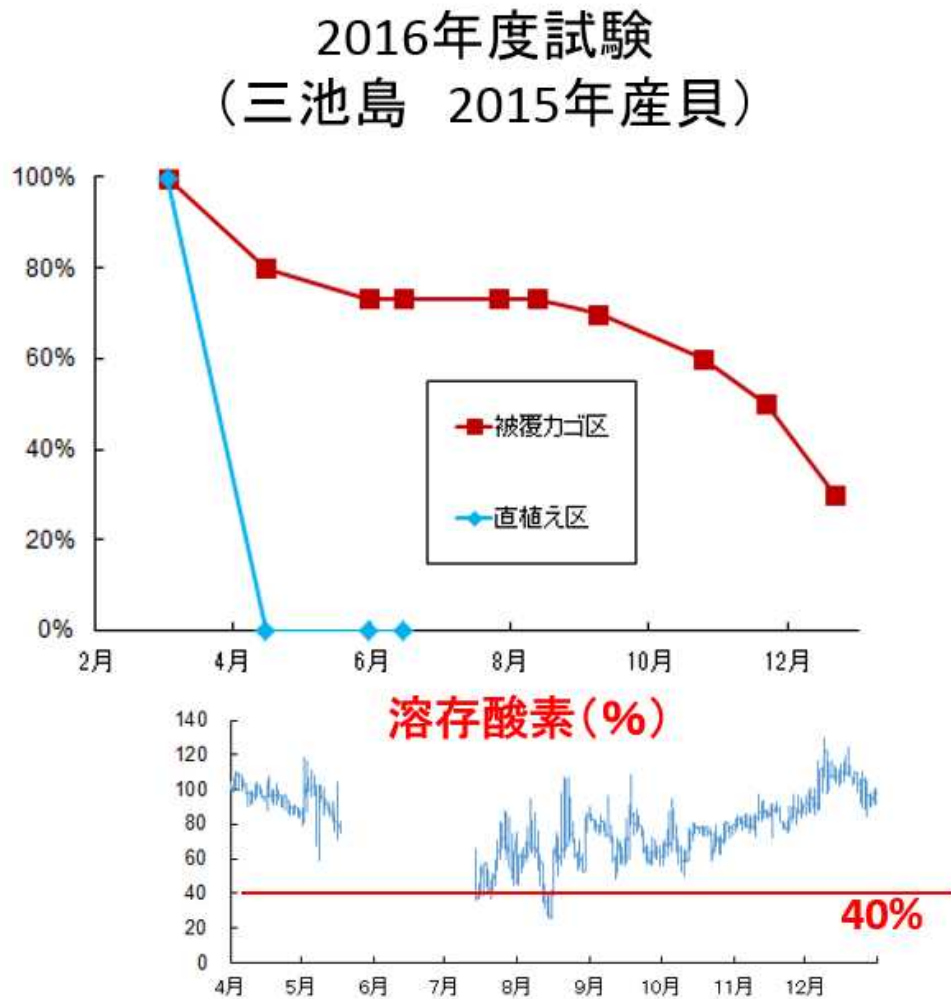


図 6.1-8 各試験区の稚貝の生残率の推移及び酸素飽和度の推移(2016(平成 28)年度, 三池島)

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」

2016(平成 28)年級群 0～1歳貝の直植え区、被覆カゴ区、育成ネット区、上架カゴ区の稚貝の生残率の推移、及び海底直上と海底上 1m の酸素飽和度の推移を図 6.1-9 に示す。

直植え区は夏期までに全滅した。7～8 月にかけて長期間の貧酸素状態にあったものの、被覆カゴ区は顕著なへい死はみられなかった。海底上 1m(三池島)においても貧酸素状態であったものの、育成ネット区、上架カゴ区もへい死は認められなかった。

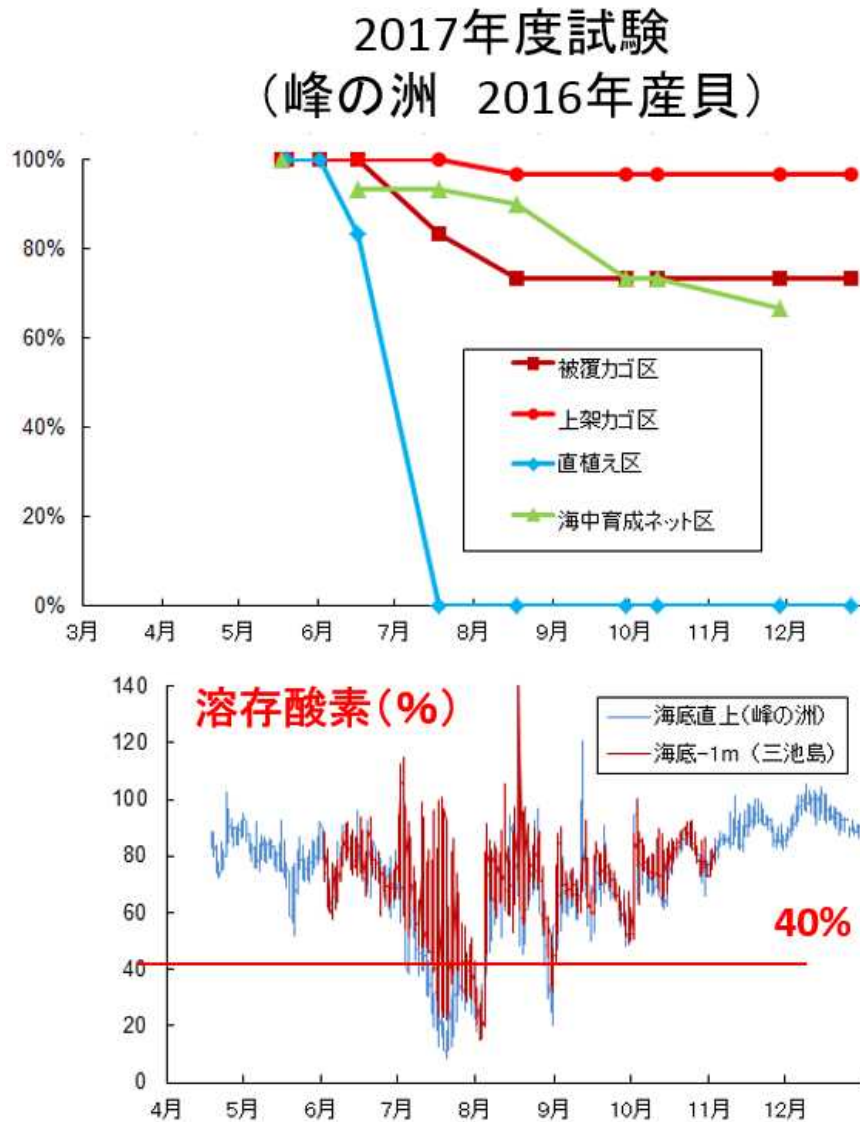


図 6.1-9 各試験区の稚貝の生残率の推移及び酸素飽和度の推移(2016(平成 28)年度, 峰の洲)

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」

2016(平成 28)年級群 0～1歳貝の直植え区、被覆カゴ区、育成ネット区、上架カゴ区の稚貝の生残率の推移、及び海底直上と海底上 1m の酸素飽和度の推移は図 6.1-10 に示す。直植え区は夏期までに全滅した。6～8 月にかけて長期間の貧酸素状態にあったものの、被覆カゴ区は顕著なへい死はみられなかった。また、育成ネット区、上架カゴ区においてもへい死は認められなかった。

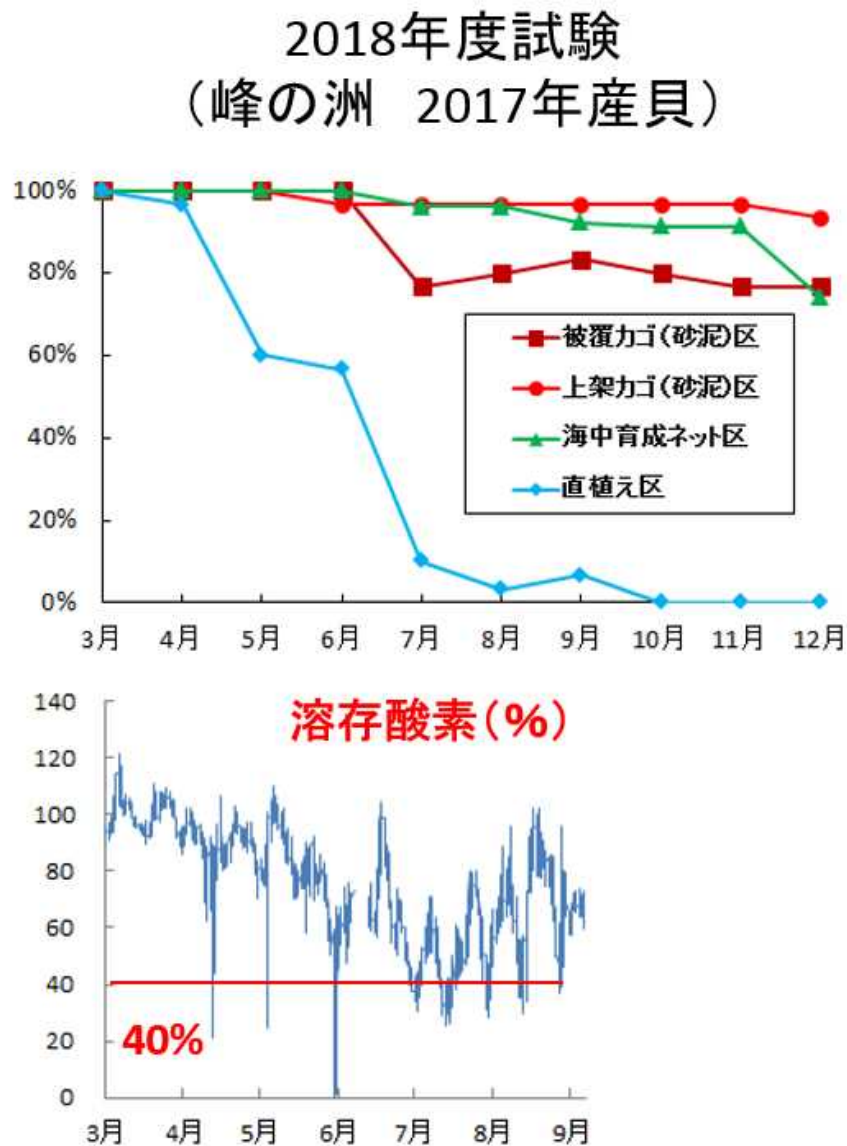


図 6.1-10 各試験区の稚貝の生残率の推移及び酸素飽和度の推移(2018(平成 30)年度, 峰の洲)
出典: 環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

2015(平成 27)年度から 2018(平成 30)年度までの 4 年間の試験結果を表 6.1-2 に示す。4 年間の試験の結果、直植え区はいずれの年も夏期までに食害により全滅した。被覆カゴ区においては、2015(平成 27)年度、2016(平成 28)年度に長期の貧酸素化現象は観察されなかったものの、移植タイラギのへい死が認められ、2016(平成 28)年度、2018(平成 30)年度には酸素飽和度が 40%を下回る貧酸素がみられたものの、移植したタイラギはこの期間生残していた。これは、平成 28 年度委員会報告の図 4.4.42 で示された、A2 海域におけるタイラギ大量死と溶存酸素との関係と同様に、立ち枯れへい死様現象は必ずしも貧酸素だけでは説明できないことを引き続き示しているといえる。一方、育成ネット区、上架カゴ区においては、顕著なへい死は認められなかった。

表 6.1-2 三池島東における 4 年間の移植試験結果

試験年度	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)	育成ネット・上架カゴ区のへい死
2015 2014産貝	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	なし
2016 2015産貝	三池島	短期	あり	あり	—
2017 2016産貝	峰の洲	海底直上・-1mとも長期	あり	なし	なし
2018 2017産貝	峰の洲	短期が数回	あり	なし	なし

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」

有明海におけるタイラギ減耗要因を解明するために、過去に多くの移植試験が取り組まれている^{3),4)}。これまでの試験では、移植タイラギの多くは原地盤に直接移植されていたため、減耗要因として食害の影響等を含んでいることが推察され、食害と立ち枯れへい死による減耗、あるいは水質と底質の影響を定量的に区分することが困難であり、海域環境とタイラギとの関係を必ずしも明確にできていない。こうした問題点を解明するため、複数の移植方法を組み合わせることで、食害の影響とタイラギ立ち枯れへい死との関係を区分し、これらの個体の成長・生残及び環境要因との関係について調査を行う方法が有効である²⁾。

これらの移植試験の結果から、資源が減少してタイラギ天然貝の発生はみられないものの、移植されたタイラギ人工貝の生残状況から、タイラギの立ち枯れへい死の原因・要因は、現在の生息場でも引き続き発生していると推察された。一方で、その発生時期や要因は異なると推察される。現地海底に直植えした場合、春期から秋期にかけて急激に減耗する原因・要因としては、図 6.1-6 の直植え区の写真にあるように、イシガニ等による直接の食害が大きいと推察された。タイラギ資源の水準が低位にある状況において、わずかに残された生息域を探索しながら捕食行動を行うナルトビエイなどの捕食者は引き続き無視できないタイラギ資源の減少要因の一つと考えられる(平成 28 年度委員会報告、及び 11.エイ類等による食害の項目を参照)。

移植したタイラギの減耗が食害防止のためネットやカゴで保護すると緩やかになるが、こうして保護されたタイラギも、2015(平成 27)年及び 2016(平成 28)年の夏期から秋期に緩やかながら大量死が発生するなど、いわゆる立ち枯れへい死様現象がみられた(表 6.1-2)。この立ち枯れへい死様現象は、海底から切り離して海底直上に移植貝を静置すると、ほとんどみられなくなる。この時期の観測結果では、水温、塩分、溶存酸素濃度に致死的な変化はみられないが、海底直上は海底-1m よりも濁度が継続的に高い傾向がみられるとのデータもある。なお、他海域における既往知見では、タイラギの資源減少要因の一つとして、海域の濁度上昇が影響することが知られているため⁵⁾、これらの影響について今後再検討が必要である。なお、被覆カゴにおけるへい死が発生した 2015(平成 27)年と 2016(平成 28)年は三池島周辺で、へい死が発生しなかった 2017(平成 29)年と 2018(平成 30)年は峰の州で行われた試験であったため、近接した海域内部でもタイラギ生残率に差異が生じている可能性(図 6.1-5 で示された発生履歴の影響)も排除できない。

参考文献

- 1) 福元 亨, 梅田智樹, 荒巻 裕, 伊藤史郎, Satuito C.G., 北村 等(2017):タイラギ立ち枯れ斃死の原因究明に関する研究, 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 第 28 号, pp. 57-61.
- 2) 的場達人, 吉田幹英, 上田 拓, 長本 篤, 山田 京平(2019):海中育成ネットで育成したリシケタイラギの成熟・産卵期について. 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第 29 号, pp. 17-23
- 3) 石田祐幸, 松田正彦, 上田 拓, 林 宗徳(1998):有明海における移植タイラギの生残と成長,福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第 8 号, pp. 37-42.
- 4) 吉田幹英, 伊藤輝昭, 筑紫康博(2007):タイラギの移植試験, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第 17 号, pp. 1-5.
- 5) Ellis J, Cummings V, Hewitt J, Thrush S, Norkko A (2002):Determining effects of suspended sediment on condition of a suspension feeding bivalve (*Atrina zelandica*): results of a survey, a laboratory experiment and a field transplant experiment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 267(2), pp. 147-174.

6.2 タイラギの浮泥による影響

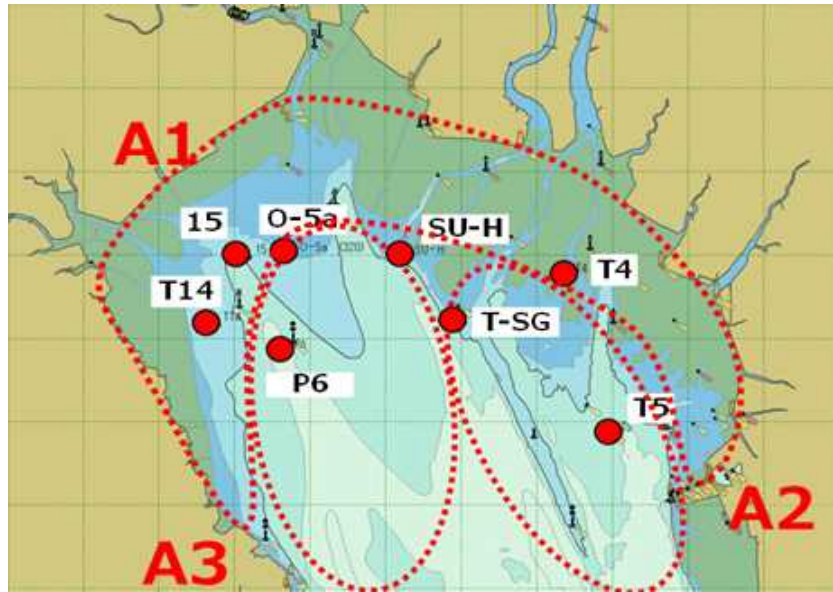
環境省では、有明海における二枚貝減少要因解明のため、これまで底質・水質等の物理環境データやタイラギの資源調査データ等を用いて様々な解析を行い、現状把握、減少要因解明等を行ってきた。ここでは、浮泥の出現調査及びその変動状況を把握するとともに、その変動要因について検討を行った結果を示す。

6.2.1 タイラギの浮泥による影響

調査は有明海奥部(図 6.2-1)において、2014(平成 26)～2019(令和元)年の夏期(6～9 月)の小潮時に毎年計 6～8 回実施した(海況等により一部欠測あり)。各定点において、潜水土によりアクリル管に不攪乱堆積物コア試料を採取し、浮泥層厚(密度法)及び酸化還元電位を測定し、分取した浮泥試料の含水率、粒度分布、クロロフィル色素含量、有機炭素・窒素含量及び安定同位体比を測定した。

浮泥層厚はアサリ、サルボウ生貝と密度(1.4g/cm³)がほぼ同じ塩化ビニル(PVC)の小型の円盤を用いた密度法¹⁾により測定し、二枚貝が埋没する堆積層の厚さと等しいものとした。浮泥層厚とタイラギ着底稚貝分布との間には、浮泥層厚 ≥ 8 mm(目視)で稚貝の着底がほぼ見られないこと²⁾が示され、 ≥ 11 mm(密度法を用いて測定した浮泥層厚に基づく浮泥輸送モデル)で稚貝が分布しないこと³⁾が報告されていることから、浮泥層厚が 8mm もしくは 11mm をタイラギ稚貝の着底及びその後の生息環境の適・不適の基準とした。

タイラギ、アサリ、サルボウなどの二枚貝は、主に植物プランクトンを餌料として摂取していることから、浮泥中に含まれるクロロフィル色素量(クロロフィル a:Chl-a)を餌料環境の指標の 1 つと考えた。また、植物プランクトンを含む分解途中の有機物(デトリタスなど)も餌料として利用可能と考え、海起源の有機炭素量をもう 1 つの餌料環境の指標とした。海起源の有機炭素量の算出には、海起源有機炭素の安定同位体比のエンドメンバーとして有明海奥部西側の赤潮状態の植物プランクトン($\delta^{13}\text{C} = -18.5\text{‰}$)を、陸起源の有機炭素の安定同位体比のエンドメンバーとして筑後川の出水時の感潮河道域の懸濁粒子($\delta^{13}\text{C} = -24.8\text{‰}$)を用い、試料中の有機炭素量と有機炭素安定同位体比からそれぞれの起源の有機炭素量を求めた⁴⁾。



2014(平成26)年度～2019(令和元)年度(6年間):地点 T14、15、O-5a、SU-H、T5 の5点

2015(平成27)年度～2019(令和元)年度(5年間):地点 P6

2017(平成29)年度～2019(令和元)年度(3年間):地点 T4、T-SG の2点

有明海奥部における8測点で実施。各測点は平成28年度委員会報告における以下の海域区分に属する。

A1海域:地点 T14、15、O-5a、SU-H、T4

A2海域:地点 T-SG、T5

A3海域:地点 P6

なお、境界線付近の地点 O-5a、SU-H については、水深等の地理的な位置関係により A1 海域とした。

参考文献:平成26年度～令和元年度有明海・八代海等再生評価支援業務(有用二枚貝類の減少要因解明調査)報告書

図 6.2-1 有明海奥部における2014(平成26)～2019(令和元)年夏期の浮泥調査地点図

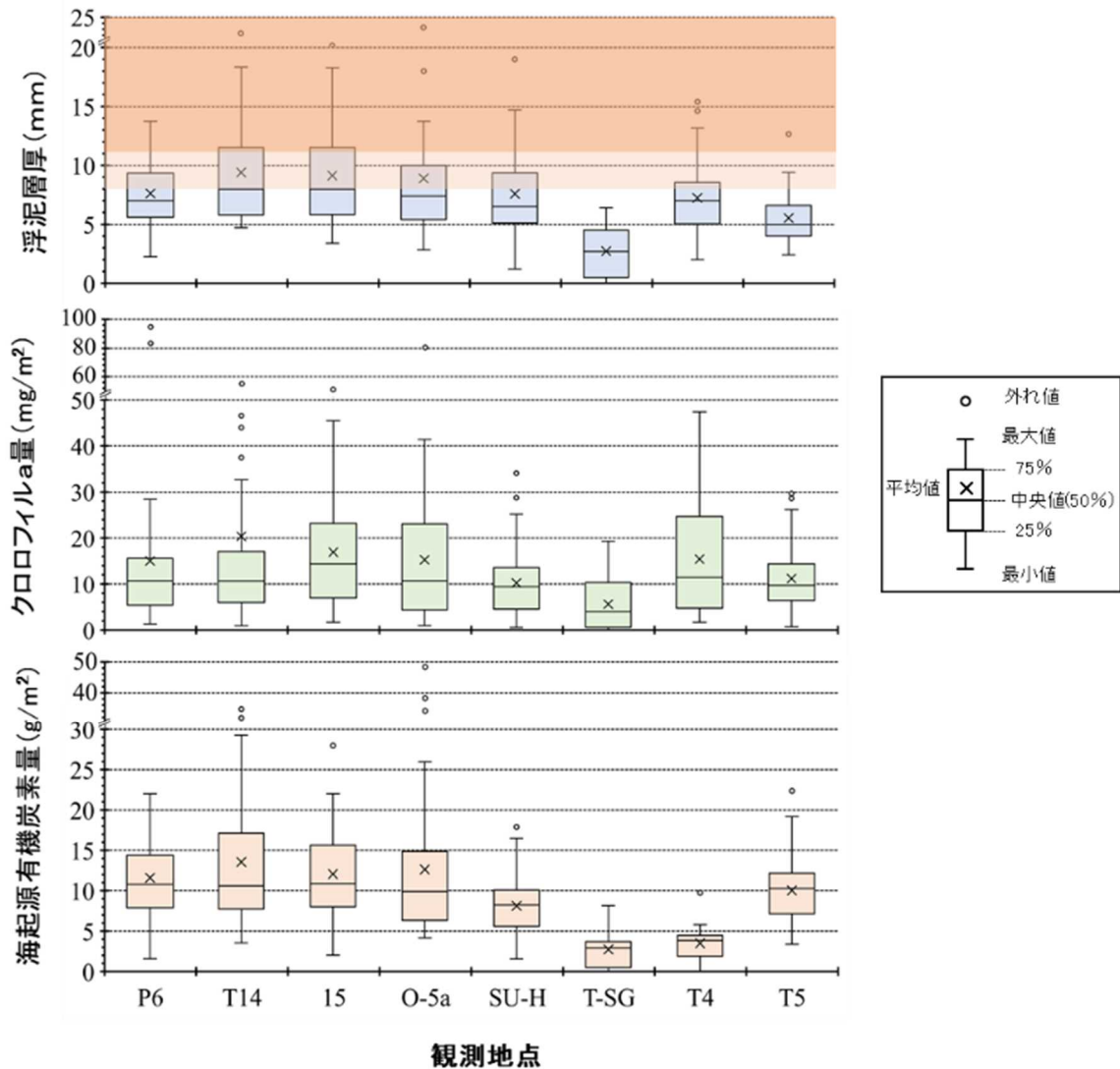
出典:環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

(1) 浮泥等の調査結果

有明海奥部において、浮泥層厚は西側(A1 及び A3 海域)及び中央海域(A1 海域)で、しばしば8mmもしくは11mmを超えている。一方、東側海域(A1 及び A2 海域)ではほとんどが8mm未満と変動幅が低く推移していた(図 6.2-2)。特にタイラギ漁場に近接した T5(A2 海域)における浮泥層厚は5mm前後と低く、地点 T-SG(A2 海域)では最も低い値を示している。浮泥層厚からみて、タイラギの着底及びその後の生息に適すると考えられる地点は、層厚が小さい T-SG、T5(A2 海域)であり、層厚が8mmを越える頻度が低い地点 T4(A1 海域)、P6(A3 海域)、SU-H(A1 海域)がこれに続くと考えられる。

一方で、浮泥の増加は着底期から稚貝期にかけてのタイラギにとって、埋没という物理的に負の要因と考えられるが、有機物との複合体を含んでいることから、タイラギも含め、沈積物食動物としての側面のある二枚貝にとっては餌料として機能することも想定される。そこで、浮泥中における餌料として有効な成分としての Chl-a の含量については、奥部西側海域(A1 海域)の地点 15、O-5a で高く、地点 T14 では中央値は低いものの、特異的に高くなることが散見され

た。東側のうち地点T4(A1 海域)は高い傾向にあった。浮泥層厚が最も低かった地点T-SG(A1 海域)では、Chl-a 量が最も低い値を示した。同様に、海起源有機炭素量を測定した結果について参照すると、奥部西側海域(A1 海域)の地点 T14、15、O-5a で高い値を示し、西側の地点 P6(A3 海域)、中央の地点SU-H(A1 海域)、東側の地点T5(A2 海域)がこれに続いた。一方、東側の地点T-SG(A2 海域)、T4(A1 海域)では低い値を示した。



注) 図中のうす橙色、橙色はそれぞれ浮泥層厚 8 mm 以上、11 mm 以上を示す

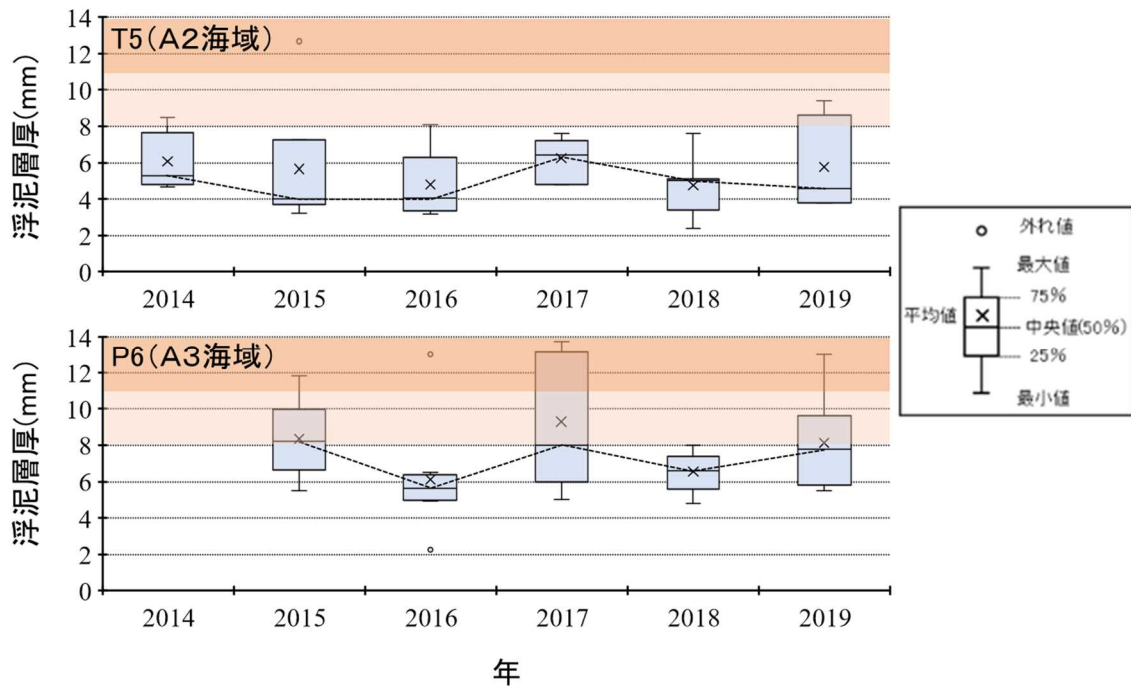
図 6.2-2 有明海奥部における 2014(平成 26)～2019(令和元)年夏期の浮泥層厚、クロロフィル a 色素量、海起源有機炭素量の地点別の変動

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) 浮泥層厚の経時変化

餌料として浮泥を評価した場合、A1 及び A3 海域が Chl-a もしくは海起源有機炭素量が高い傾向にあり、A2 海域は Chl-a 量、海起源有機炭素量ともに低い(図 6.2-2)。

浮泥層厚、二枚貝の餌として機能する有機物含量の双方の観点から検討した場合、タイラギ着底稚貝にとって、浮泥層厚が 5mm 前後で推移している奥部東側の地点 T5(A2 海域)が最適と評価され、次に浮泥層厚が 8mm を越える頻度が低く、餌料環境も比較的良好な地点 P6(A3 海域)、SU-H(A1 海域)がこれに続くと評価された。タイラギ着底稚貝の生息に適していると考えられた地点 T5 と P6 について、2014(平成 26)年以降の浮泥層厚の年変動を年別にみると、地点 T5 では 2019(令和元)年のみ 75%値が 8mm を超えているのに対して、地点 P6 では 2016(平成 28)年、2018(平成 30)年以外は、75%値が大きく 8mm を超えている(図 6.2-3)。また、今回の観測期間では、地点 P6 で台風接近による強い風浪によって干潟域から洗掘等によって運ばれた軟泥が大量に堆積する事例(2016(平成 28)年、2018(平成 30)年)がみられ、タイラギ稚貝だけでなく成貝も埋没して死亡する可能性が考えられ、実際にはタイラギが継続して生息するには厳しい環境にあることが推察される。また、地点 T4 については、筑後川の河口沖合域に位置し、出水時には大量の河川由来の土砂によって設置した測機等が埋没するなどの事象が観測されており、同地点も地点 P6 と同様に継続的な生息には厳しい環境にあると考えられる。



注) 図中のうす橙色、橙色はそれぞれ浮泥層厚 8 mm 以上、11 mm 以上を示す

図 6.2-3 有明海奥部の地点 T5(A2 海域)、P6(A3 海域)における 2014(平成 26)～2019(令和元)年夏季の浮泥層厚の経時変化

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」

6.2.2 今後の課題

本調査においては、浮泥の質の評価、特に餌料の指標として用いた Chl-a 及び海起源有機炭素について、実際にタイラギの成長・生残にどの程度影響するのか明らかにできなかった。従って、今後はタイラギを用いた室内実験等で影響を把握し、餌料環境を評価する際の基準を決める必要がある。また、タイラギ稚貝の分布が、具体的にどのステージ(着底時、着底後)に、浮泥の何(層厚、成分)によって制限されているかを室内実験等で把握するとともに、現在も着底稚貝が頻度高く観測される海域において、浮泥の特性と着底稚貝の成長・生残との関係を検討する必要がある。さらに、これまでの静的な浮泥(堆積)だけでなく、動的な浮泥(再懸濁粒子)がタイラギの生活史ステージ別の生残・成長等に及ぼす影響も検討する必要がある。

餌料環境の評価に関して、クロロフィル量による評価以外の検証方法が必要と判断される(懸濁粒子の質的評価)。

参考文献

- 1)水産総合研究センター, 佐賀大学, いであ株式会社(2016):平成 27 年度環境省請負業務結果報告書 有明海・八代海等再生評価支援(有明海二枚貝類の減少要因解明等調査), pp. 212.
- 2)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―特に 2009 年度漁期の豊漁要因についてのいくつかの考察―. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 第 26 号, 13-24.
- 3)速水祐一, 永尾謙太郎, 岡村和麿, 竹内 一浩(2017):数値シミュレーションによるタイラギ着底稚貝に及ぼす浮泥厚の影響評価. 土木学会論文集 B2(海岸工学), 73(2), p. 11309-11314.
- 4)Fry, B., Scalan, R.S. And Parker, P.L. (1997): Stable carbon isotope evidence for two sources of organic matter in coastal sediments: seagrasses and plankton. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 41, 1875-1877.

6.3 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

環境省では、有明海の有用二枚貝類の保全・回復を図ることを目的とし、二枚貝類の生息環境モニタリングや餌料環境の長期変化の把握・変動機構解明に向けた検討等を実施した。有明海奥部海域では 1970(昭和 45)年代から 1990(平成 2)年代前半にかけて貧酸素化が進み、同時期に COD は増加していた。これは有機物量増加による酸素消費量増加が貧酸素化進行の原因の一つであったことを示唆する。そこで、この時期に有明海奥部において COD が増加した原因の解明に向けた検討を行うこととした。まず、有明海奥部海域におけるタイラギの餌料環境の長期変動を把握するためにボックスモデル解析による検討を実施した。さらに、餌料環境の指標として COD を用いたタイラギの生残率との関係について検討した結果についても報告する。

6.3.1 資料と方法

(1) ボックスモデル解析

有明海奥部(A1、A2、A3 海域)において、主要流入 4 河川のあるエリアとそれよりも南の湾口側エリアの 2 つのボックス(図 6.3-1)を設け、ボックスモデルによって塩分・COD の収支を計算した。

解析には、佐賀県有明水産振興センターと福岡県水産海洋技術センター有明海研究所が基本的に毎月 1 回朔の大潮に実施している浅海定線調査データを用いた。データの期間は 1981(昭和 56)年度から 2014(平成 26)年度までである。また、河川流量・COD 負荷量データとして、手塚ら(2013)の 1981(昭和 56)～2010(平成 22)年のデータセットに 2014(平成 26)年までのデータを追加したものを用いた¹⁾。

10 年スケールの変動を調べるために、連続する 11 年間の平均場について解析を行った。Box1 中の塩分量は、河川流量・拡散による海水交換・Box2 への移流によって変化する。このうち河川流量・移流量はデータから求めることができる。そこで、Box1 内の塩分収支を計算することで Box1 と Box2 間の海水交換量 q を求めた。次に Box1 内の COD の収支を計算した。Box1 中の COD 量は、陸域負荷・Box1 と Box2 間の海水交換による輸送量・Box2 への移流による輸送量・Box1 内での内部生産によって変化する。このうち内部生産以外はデータと上記の q から求めることができる。そこで、Box1 内の COD の収支を計算することで COD の内部生産量 R を求めた。ここで内部生産量とは正味の COD の生産量のこと、[基礎生産による COD の生産量-消費量]である。Box モデル解析の模式図は図 6.3-2 に示すとおりである。

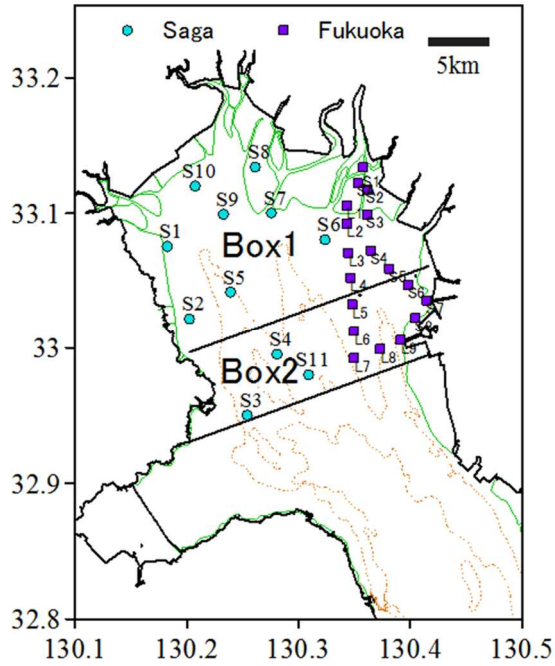


図 6.3-1 ボックスモデルに用いた浅海定線調査の測点位置とボックス区分
 出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

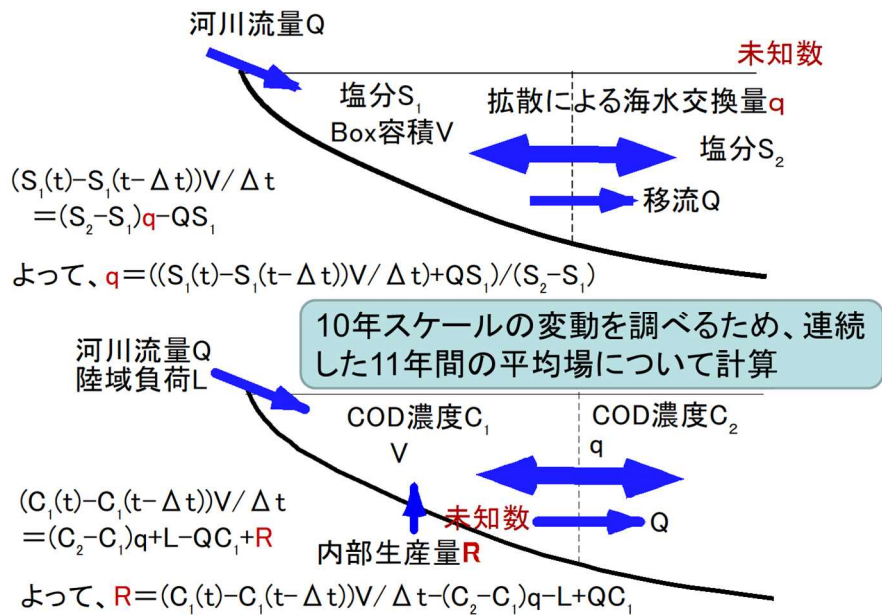


図 6.3-2 Box モデル解析の模式図
 出典:環境省(2020)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第5回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

(2) 夏季(7・8月)のCOD増加要因の解析²⁾

夏季のBox1におけるCODの増加要因として推定されるものは以下の4つである。

1. 初期値(6月の値)の増加
2. 内部生産量の増加
3. 海水交換・移流による流出の減少
4. 陸域からの負荷量の増加

ボックスモデルによる解析によりこれらのうちどの要因がCOD増加に寄与したのか評価した。

(3) COD季節変化の長期変動とその要因の解析

上記と同じ浅海定線調査データを用いて、Box1の平均CODの季節・経年変化を調べた。さらに経年変化の原因を検討するために上記と同じくボックスモデルによる解析を行った。10年スケールの変動を解明するために連続する11年の平均値について解析した。Box1のCODの増加減少要因として推定されるものは以下の3つである。

1. 内部生産量の増加
2. 海水交換・移流による流出の減少
3. 陸域からの負荷量の増加

ボックスモデルによる解析によりこれらのうちどの要因がCOD増加・減少に寄与したのか評価した。

(4) 餌料環境としてのCODの評価調査

二枚貝の餌料の指標としては、植物プランクトン量の指標であるクロロフィル a を用いることが望ましい。しかし、有明海ではクロロフィル a は長期のデータがないため、代わりに有機物量の指標であるCODについて解析を行ってきた。ただし、CODを餌料指標とすることの妥当性は十分に検証されていない。CODは二価鉄など有機物以外の被酸化物質の影響も受けるため、厳密には有機物量でもない可能性がある。そこで、2018(平成30)年2月から2019(令和元)年2月までの期間、毎月1回、佐賀県有明水産振興センターによる浅海定線調査の測点のうち8点で層別採水を行い、POC(粒状態有機炭素)、DOC(溶存有機炭素)、クロロフィル a の分析を行いCODの値と比較した。佐賀県浅海定線調査測点配置と採水位置は図6.3-3に示すとおりである。

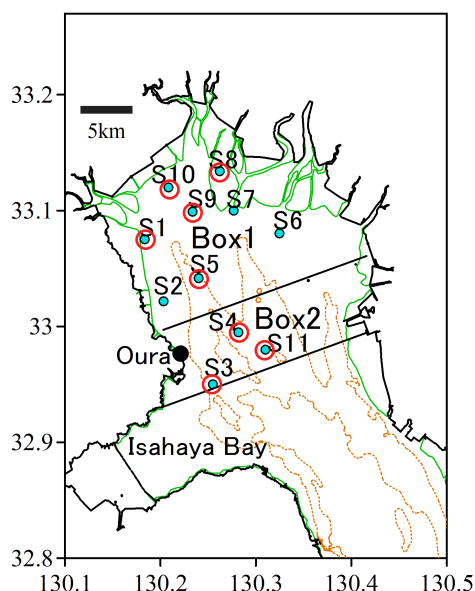


図 6.3-3 佐賀県浅海定線調査測点配置と採水位置(赤丸が採水点)

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」

(5) 餌料環境としてのCODの評価調査

長期的なタイラギの生残率の変動について検討するために、佐賀県が有明海奥部の55点で実施しているタイラギ稚貝・成貝調査(タイラギ資源量調査)のデータと、ボックスモデルで解析したものと同一浅海定線調査データを解析した。佐賀県有明水産振興センターによるタイラギ資源量調査の測点位置は図 6.3-4 に示すとおりである。

佐賀県有明水産振興センターが毎年基本的に10月に実施しているタイラギ資源量調査(55点調査)と、佐賀県有明水産振興センターおよび福岡県水産海洋技術センター有明海研究所が毎月1回実施している浅海定線調査のデータを解析に用いた。タイラギ資源量調査では、各定点で100mロープを潮流方向に張り、ロープ沿いの幅1mの範囲内に見られたタイラギをダイバーによって採取することで行われている。採取されたタイラギは殻長によって着底稚貝(当歳貝)と成貝(1歳貝以上)に分けられている。本調査では、稚貝については1996(平成8)年以降のデータしか無いため、1996(平成8)年から2016(平成28)年までのデータを解析に用いた。

このデータでは、各点におけるタイラギの個体数は変動が大きく、しかもゼロである場合が多かった。ほとんどの測点で、稚貝の着底が認められたのは21年間の内9回以下であった。0個体の点は除いて、 $\log(\text{平均稚貝密度})$ と稚貝発見年数の関係を調べたところ、有意な正の相関($r = 0.65$)が得られた。さらに、全期間の稚貝発見回数の分布を調べたところ、湾奥南東部から湾奥中央部にかけて高い値となっていた。以降、この海域をタイラギ高頻度着底海域と呼ぶ。稚貝の着底自体が少ない海域について、生存状況と環境との関係を検討するのは難しい。そこで本研究では、高頻度着底海域に絞って解析を実施した。高頻度着底海域に含まれる12定点について、下記の式で表される値をタイラギの生残率とした。

$$\text{生残率} = \frac{\text{翌年の成貝発見点数}}{\text{稚貝発見点数}} \times 100$$

こうして得られたタイラギの生残率と餌料環境の指標としてCODの関係について検討した。

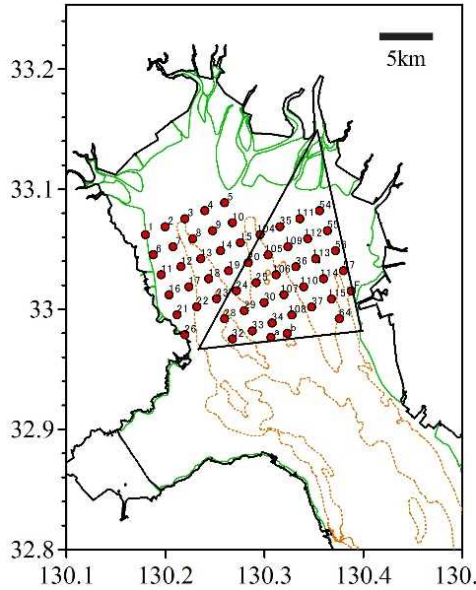


図 6.3-4 佐賀県有明水産振興センターによるタイラギ資源量調査の測点位置

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

6.3.2 調査結果

(1) 夏季(7・8月)の Box1における COD の収支の経年変化

COD の初期値、内部生産量、移流及び海水交換による輸送量、陸域負荷量の経年変化は図 6.3-5 に示すとおりである。

1980(昭和 55)～1990(平成 2)年代について、COD 初期値(6 月の COD 濃度)は 1986(昭和 61)～1988(昭和 63)年にかけて増加したが、その後は減少していた。海水交換による流出量は増加(マイナスの値は流出を示す)していた。移流による流出量は横ばいであった。陸域負荷についても横ばいであった。一方で、内部生産については増加していた。これらのことから、初期値、海水交換、移流、陸域負荷はいずれもこの時期の COD 増加の原因にはなっておらず、内部生産のみが寄与していたと考えられた。Box1 から Box2 への COD 流出量は増加傾向にあったが、内部生産がそれ以上に増加していたことがこの期間の COD 増加の原因であったと考えられた。このことから、Box1 において有機物の生産が増加した(基礎生産の増加等)、有機物の消費が減少した(二枚貝等による捕食量の減少等)のいずれか、あるいは両方が同時に起きていたと考えられた。

ただし、夏季のうち、7 月の COD 内部生産の値は大きな負の値になることが多かった。これは Box1 内での消費や Box 外への流出が多いというよりも、河川からの COD 負荷量が過小評価になっているためではないかと考えられる。7 月の出水時には河川感潮域から Box1 に大量の懸濁物とともに有機物、COD も流入すると考えられる³⁾。しかし本モデルで扱っている陸域負荷は順流域の分だけであり、河川感潮域起源の有機物負荷量を評価できていないために過小評価になっていると考えられる。ただし、経年変化における COD 内部生産の増減については本モデルで十分に解析可能であると考えられる。

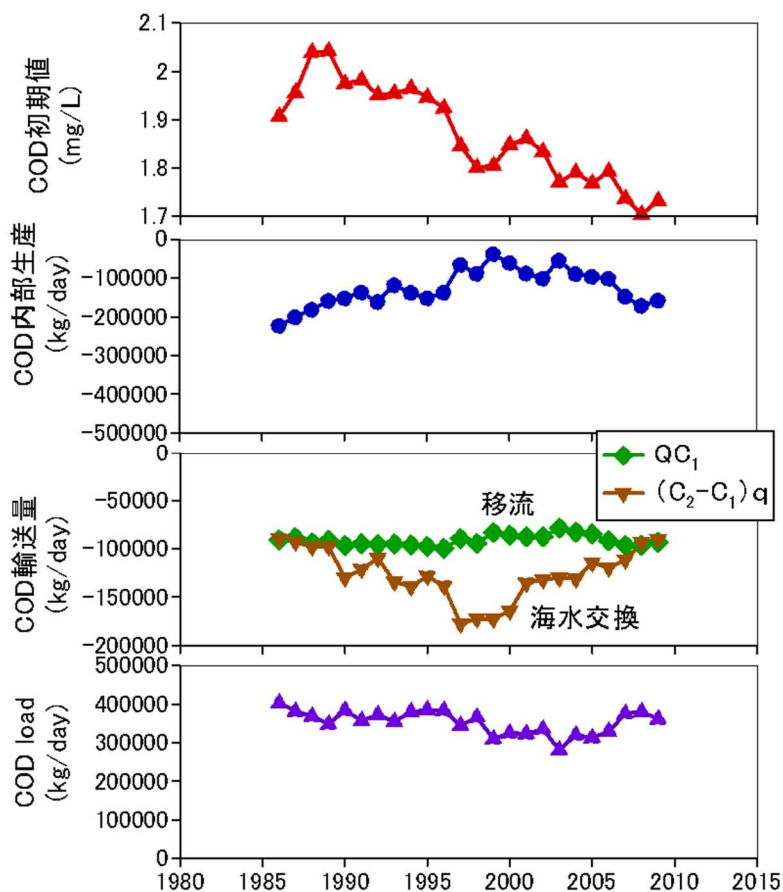


図 6.3-5 COD の初期値、内部生産量、移流及び海水交換による輸送量、陸域負荷量の経年変化

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

(2) 夏季以外の季節における COD 減少要因の解析

Box1 の平均 COD 季節変化の経年変化を図 6.3-6 に示す。夏季の COD の値は 1986(昭和 61)年以降継続的に増加していた。一方で、それ以外の季節については 1990(平成 2)年代以降減少しており、近年の 12 月は最も低い値となっていた。

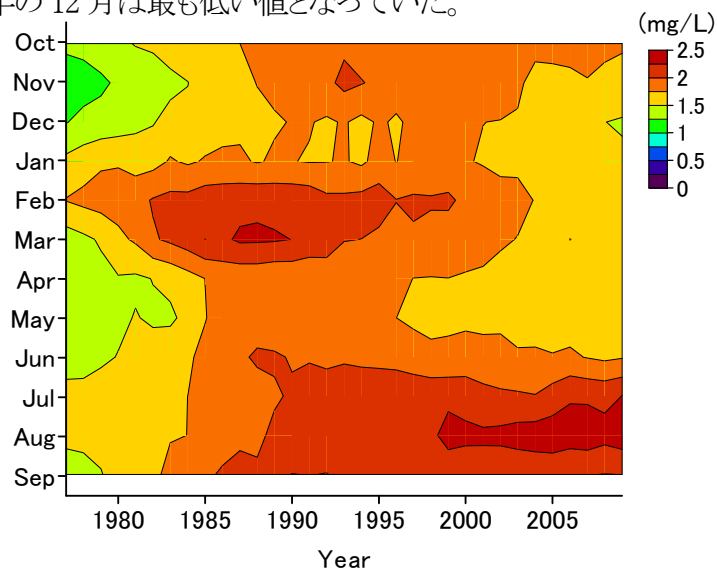


図 6.3-6 Box1 の平均 COD 季節変化の経年変化

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

このような COD の減少が生じた原因について Box モデルで検討した。その結果、COD 減少の主な要因は Box1 の内部生産の減少であった。図 6.3-7 に Box1 の COD の内部生産季節変化の経年変化を示す。秋冬季～春季(10 月～5 月)の Box1 の COD 内部生産は 1990(平成 2)年代から近年にかけて減少していた。内部生産の減少は 3 月に最も大きく、3 月の COD 内部生産量は約 20 年間で 1/4 に減少していた。COD 内部生産の減少は、基礎生産の減少、捕食量の増加のいずれか、あるいは両方によって生じる。有明海奥部における主要な有機物捕食者は二枚貝類だと考えられるが、1990(平成 2)年代から現在にかけて二枚貝の漁獲量は減少しており、二枚貝類の捕食圧が増加したとは考えにくい。したがって、この結果は有明海奥部では 1990(平成 2)年代以降に基礎生産量が減少した可能性を示唆している。

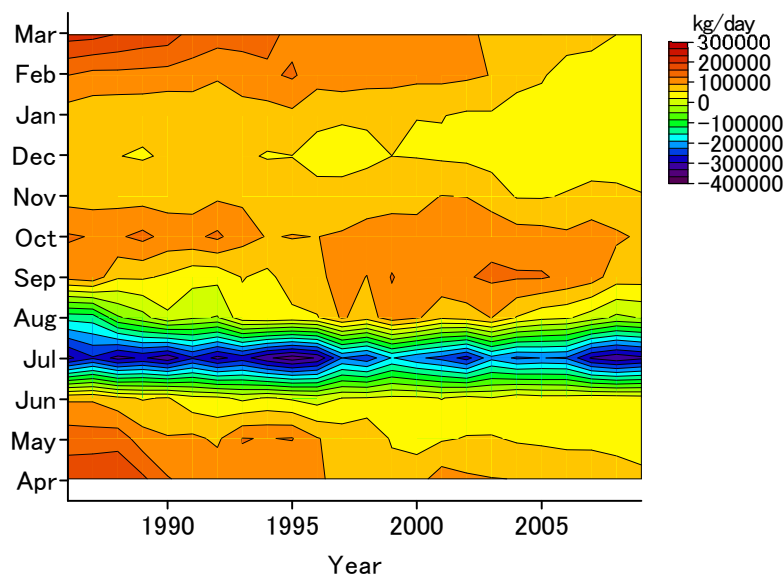


図 6.3-7 Box1 の COD 内部生産量季節変化の経年変化

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

(3) 餌料環境の指標としての COD の検討

餌料環境として COD を用いることの妥当性について検討した。図 6.3-8 に Box1 の COD とクロロフィル a、POC の関係を示す。いずれも Box 平均値である。その結果、COD とクロロフィル a、COD と POC の間には弱いながらも有意な正の相関があった。このことから、有明海奥部では空間的にある程度のデータを平均した場合には COD は餌料環境の指標としてみなせると判断された。

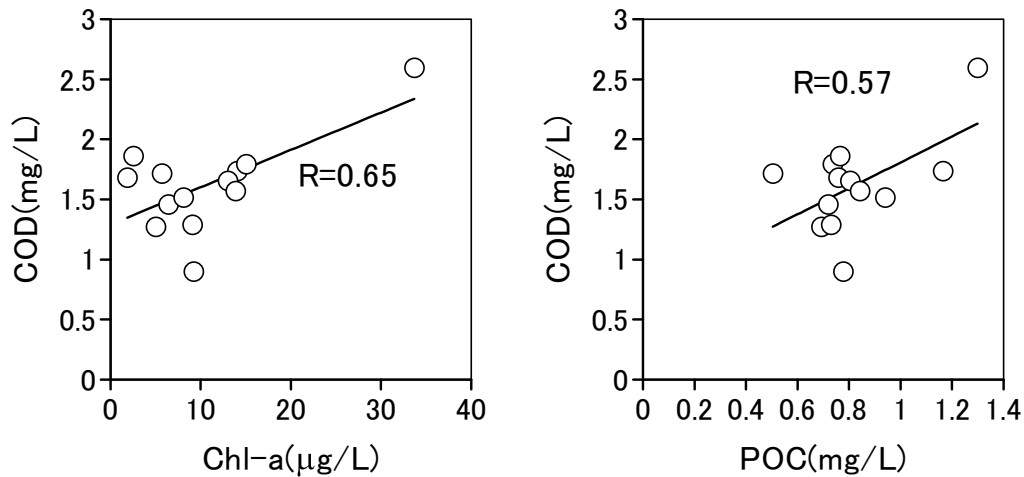


図 6.3-8 Box1 の平均 COD とクロロフィル a、POC の関係

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」

(4) 餌料環境としての COD とタイラギの生残との関係

全データ期間のうち、測点別のタイラギ稚貝確認回数の空間分布を図 6.3-9 に示す。本調査期間においてタイラギ資源は既に低迷しており、多くの測点において 21 年間のうちでタイラギ稚貝が確認されたのは 6 回以下であった。その中で、東側の紫色の枠で示す海域において比較的高い頻度で稚貝の着底が確認された。そこで、この四角で囲まれた海域をタイラギ高頻度着底海域とよぶ。以降では、高頻度着底海域における餌料環境とタイラギの生残との関係について検討した結果を示す。

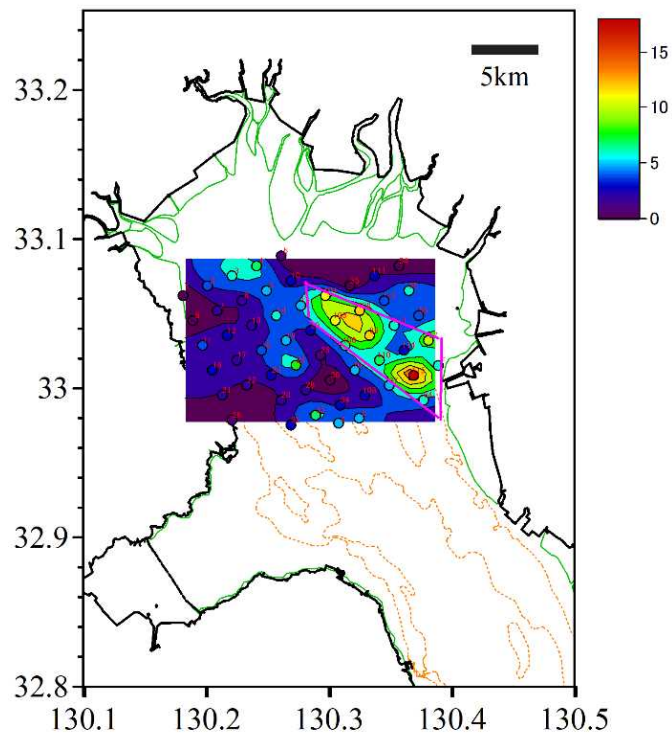


図 6.3-9 タイラギ稚貝確認回数の空間分布

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」

高頻度着底海域におけるタイラギ生残率の変化を図 6.3-10 に示す。1996(平成 8)年は 400%となっているが、これは着底稚貝より成貝の発見点数が 4 倍も多く確認されたことを示している。稚貝の調査初年で精度がまだ十分でなかった可能性もあるため、この年は除いて解析を行った。年により生残率=0%(成貝数=0)の場合もあるが、全体として生残率は変動しながら減少傾向にあった。そこで、この生残率の値と餌料環境の指標である COD の経年変動について関係性を検討した。解析にあたっては、10 月以降の COD と翌年 10 月における生残率との相関を検討し、どの時期(期間)の COD が最も高い相関を持つか調べた。

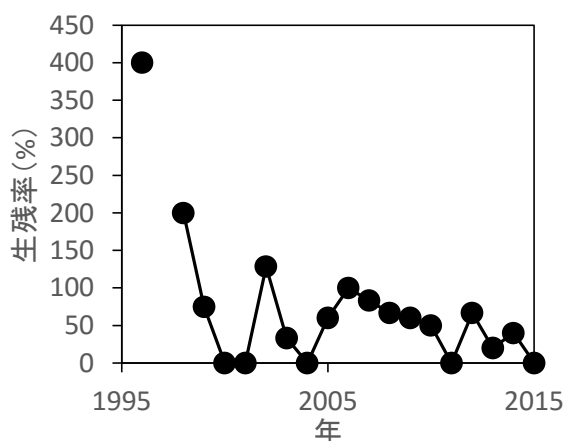


図 6.3-10 高頻度着底海域におけるタイラギ生残率の変化

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

高頻度着底海域におけるタイラギの生残率と COD の関係を図 6.3-11 に示す。縦軸は相関をとった COD データの開始月、横軸は COD データの平均幅を示す。例えば、縦軸が 11 月で横軸が 3 の場合は、11 月から始まる 3 ヶ月間の平均 COD とタイラギ生残率の相関係数を示す。この図から、10 月～1 月から始まる数ヶ月間において、COD 平均値とタイラギ生残率の間に正の相関がみられた。これは COD が高いと(餌料環境が良いと)タイラギ生残率も良くなることを示唆する。長期的な COD の変動とこの相関解析の結果を合わせて考えると、有明海奥部では 1990(平成 2)年代以降に秋季・冬季の餌料環境が悪化し、それがタイラギの生残率の減少に影響した可能性が示唆された。なお、餌料環境が悪いだけでタイラギがへい死するとの報告はないため、餌料環境が直接的にタイラギに影響したのではなく、餌料環境が良くない条件が続くことでタイラギの体力が落ち、日和見感染などによってへい死した可能性が考えられる。

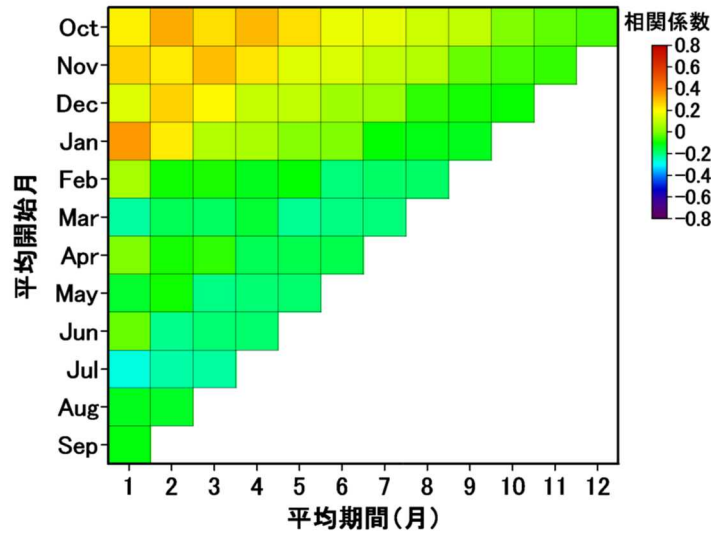


図 6.3-11 高頻度着底海域におけるタイラギの生残率と COD の関係

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」

6.3.3 今後の課題

夏季の有明海奥部では 1970(昭和 45)年代から 1990(平成 2)年代前半にかけて COD が増加しており、それは内部生産の増加に起因していた。こうした COD 増加の原因についてはまだわかっておらず、今後検討する必要がある。

ボックスモデルを用いて COD 収支の解析を行うにあたっては、7月を中心にした出水時の河川感潮域からの有機物流入量の評価ができておらず、陸域負荷が過小評価となった。今後、河川感潮域と海域との間の物質輸送を評価することで、この点は改良する必要がある。

秋冬季～春季の有明海奥部では COD が減少しており、それは基礎生産の減少による可能性があることが示唆された。しかし、こうした基礎生産量減少の原因についてはまだわかっておらず、今後検討する必要がある。

今回の解析では基本的にボックス平均した値について解析を実施している。しかし、実際には植物プランクトンは表層に多く分布し、タイラギが生息する底層では低密度である。したがって、表層で生産された植物プランクトンから実際にタイラギが摂餌している物質に至るまでの輸送過程や懸濁物質の組成の変化について今後検討する必要がある。

参考文献

- 1)手塚公裕, 大串浩一郎, 緒方直人(2013):有明海における陸域負荷の長期変動の推定および赤潮発生に及ぼす流入水量の影響. 土木学会論文集B1(水工学), 69(4), 1735-1740.
- 2)Yuichi Hayami and Naoki Fujii(2018):Decadal-scale variation in COD and DIN dynamics during the summer in the inner area of the Ariake Sea, Japan. Journal of Oceanography, Vol. 74, pp. 551-563.
- 3)鈴木啓太, 杉本 亮, 笠井亮秀, 中山耕至, 田中 克(2009):夏季の有明海筑後川の高濁度汽水域における粒状有機物の動態—河川流量の変動にもなう変化. 水産海洋研究, Vol. 73(3), pp. 149-160.

7. タイラギ母貝団地の造成と移植、種苗生産等の増養殖技術と種苗放流・移植

7.1 タイラギの種苗生産・母貝団地の取組

2018(平成 30)年度以降、福岡県、佐賀県、長崎県が連携してタイラギ人工種苗生産を行い、得られた稚貝を育成し、農林水産省、水産庁及び有明海沿岸 4 県(福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県)が協調して有明海における母貝団地造成に取り組んでいる。天然の親貝の生息がほとんど認められない現況において、人工種苗を母貝として安定的に移植することによって、有明海全体で浮遊幼生量を増加させて、資源回復を目指す取組を実施中である。

7.1.1 実施内容・方法・結果

母貝団地の規模については、2008(平成 20)年にタイラギ浮遊幼生が比較的多く(最大出現密度約 80 個体/m³)みられ、これらの浮遊幼生が高密度で着底し、2009(平成 21)年の漁獲量増加(約 1,000t)につながったと推定されることから、有明海奥部のタイラギ漁場近傍で 80 個体/m³の 2 倍の浮遊幼生発生量に相当する規模(3 年間で合計 2 万個体の母貝団地の造成)を目標とした。

これらの目標達成のために必要な母貝数、またその母貝を確保するための移植用稚貝数を、育成中の平均的な人工種苗の減耗率から逆算して以下のとおり設定した。

- ・人工種苗生産： 殻長 2mm 以下の着底稚貝 35 万個体生産
- ・中間育成の技術開発： 殻長 50mm 以上の移植用稚貝 6 万個体生産
- ・母貝団地の造成： 人工母貝 2 万個体移植

2018(平成 30)年度から、有明海における母貝団地造成の取組を強化するため、福岡県、佐賀県及び長崎県が有明海産親貝から受精卵を得て、人工種苗を生産することに取り組んだ。種苗生産のフローは図 7.1-1 に示した。タイラギの浮遊幼生は殻表面に強い付着性を有し、通常のエアレーションによる気泡がつくことで水面に浮上、凝集し、大量に減耗する¹⁾。そのため、シャワー式の飼育装置と連結水槽方式を組み合わせた技術開発が進められ、2014(平成 26)年に水産研究・教育機構で、改良型の飼育装置を用いて初めて 31 万個体の着底稚貝の生産に成功し、基礎的な種苗生産技術が確立された²⁾。その結果、2018(平成 30)年には福岡県で 4 千個、2019(令和元)年には佐賀県で 9 千個体、長崎県で 387 個体の着底稚貝の生産に成功している(表 7.1-1)。ただし、タイラギの種苗生産は、水面への浮上対策を行ったとしても、他の二枚貝浮遊幼生と比較して様々な大量死が発生する頻度が高く、さらには水質変化など何らかの要因で幼生が突然摂餌を停止するなどの問題も発生しやすいため、今後も技術開発を続ける必要がある³⁾。

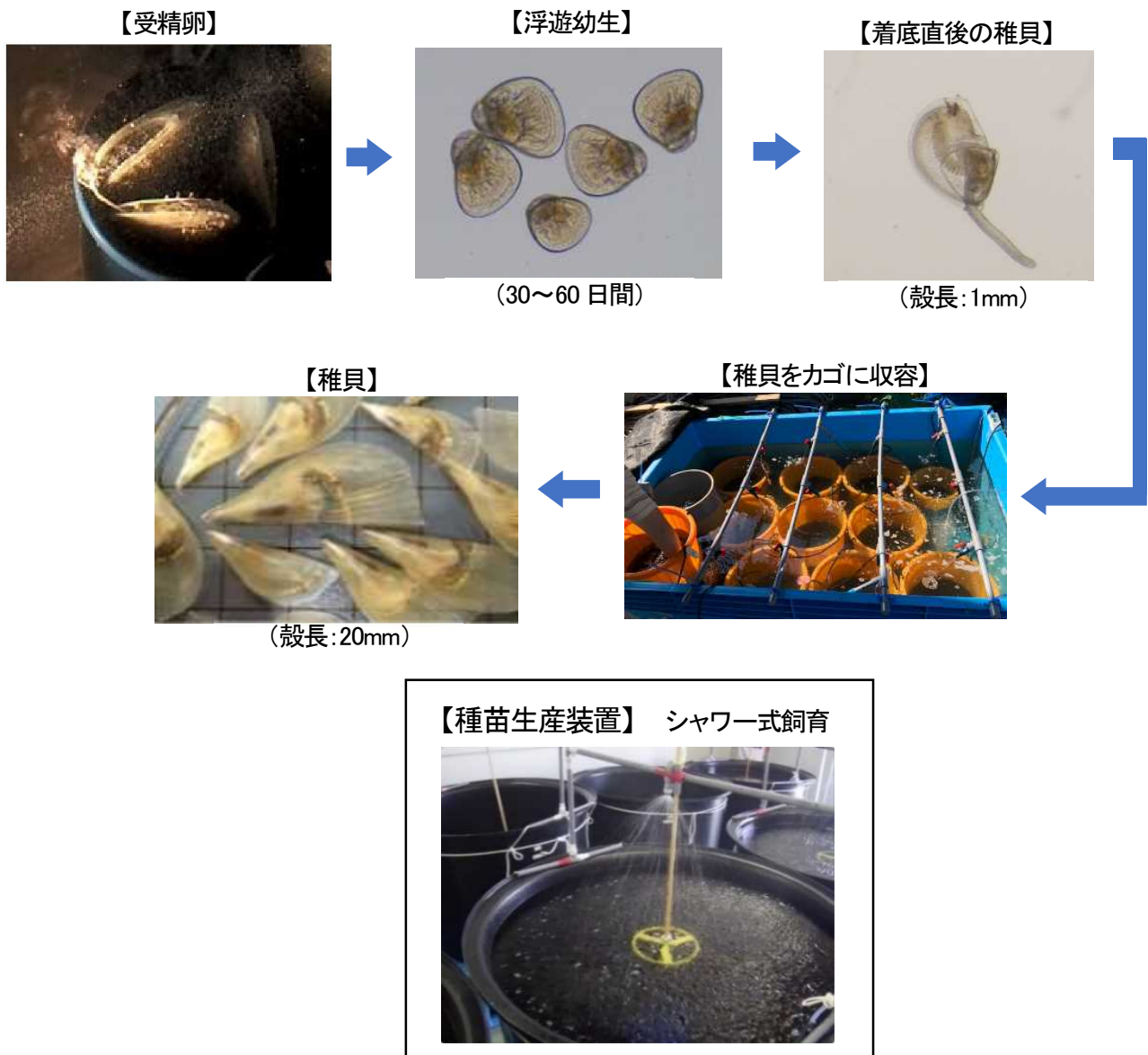


図 7.1-1 種苗生産のフロー

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」

表 7.1-1 種苗(着底稚貝)生産実績

	2018(平成30)年	2019(令和元)年	2019(令和元)年の生産動向
福岡県	4千個	0	・4回採卵を実施したが、不調
佐賀県	0	9千個	・8回採卵を実施。このうちの2回(7/1、7/24採卵)で約9千個の着底稚貝を得たが、混入生物のため全滅。
長崎県	0	387個	・4回採卵を実施したが、不調 ・この他、佐賀県から分与された浮遊幼生約1千万個体を飼育し、387個の着底稚貝を得た。

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」

母貝団地造成の取組について、有明海沿岸4県では、2018(平成30)年度に水産研究・教育機構から着底稚貝等の提供を受け、福岡県は海中育成ネット、佐賀県は直植え、長崎県は直植え・垂下式、熊本県は垂下式など、その地先の海域特性に合致した造成方式で(図 7.1-2)、中間育成した人工稚貝1万3千個体を母貝団地に移植(2019(令和元)年9月末時点)した(図 7.1-3)。このほか、佐賀県沖合で息が確認された天然稚貝(50~100万個体)のうち、2019(平成31)年4月までに6万5千個体を母貝団地に移植した。これらの結果、移植した母貝(合計7万8千個体)は、2019(令和元)年9月末時点で約3万4千個体が生残している状況である(表 7.1-2)。

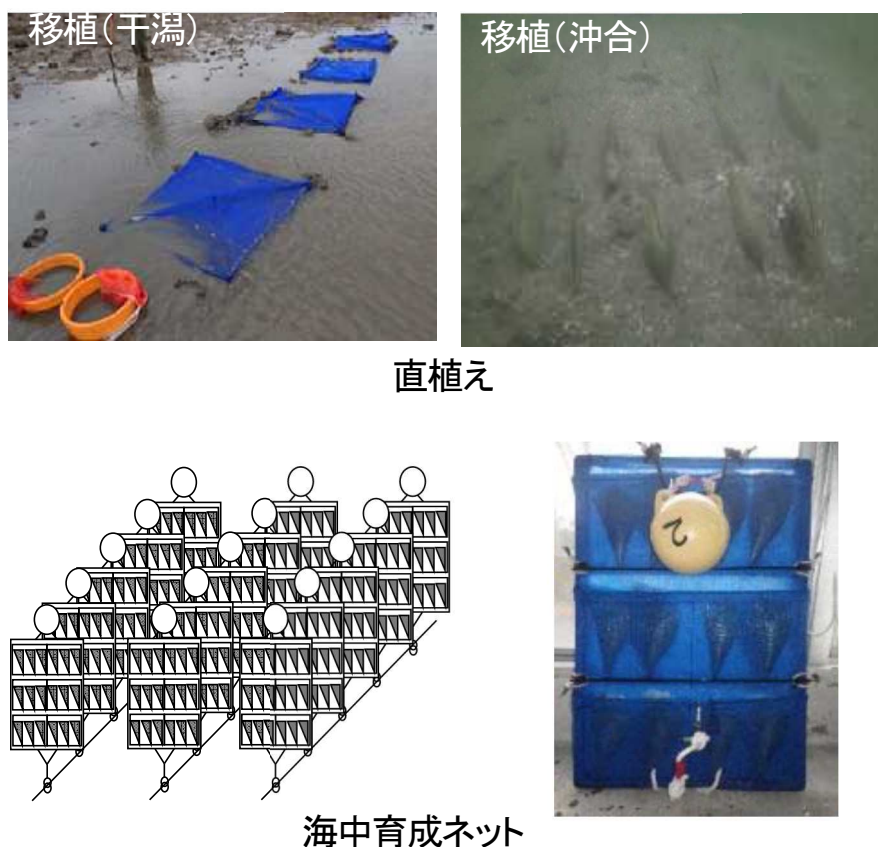


図 7.1-2 母貝団地造成方式の例

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

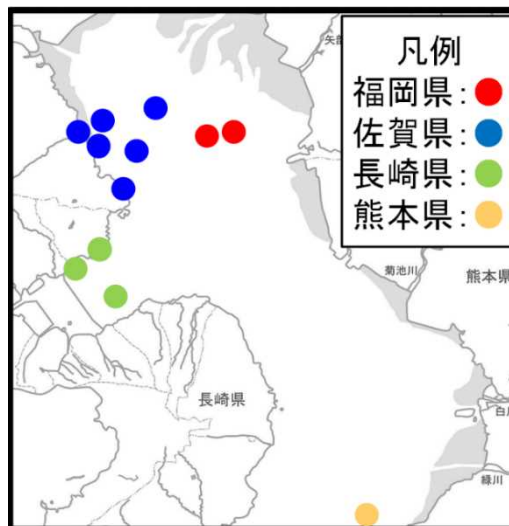


図 7.1-3 各県の母貝造成箇所

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」

表 7.1-2 タイラギ人工貝等による母貝団地造成状況(令和元)年9月末時点

県名	海域	種苗種別	造成方式	29年産貝による母貝団地		30年産貝による母貝団地		
				生残数	殻長(mm)	移植数	生残数	殻長(mm)
福岡県	大牟田沖	人工貝	海中育成ネット	320	約160	2,345	2,000	約110
佐賀県	太良町沖	人工貝	直植え	30	約150	4,350	1,300	約130
		天然貝		—	—	65,000	23,700	約140
長崎県	小長井沖 瑞穂沖	人工貝	直植え	124	約150	育成中の稚貝約1,150個体(約100mm)を10~11月に移植予定		
			垂下	37	約150			
熊本県	宇土沖	人工貝	垂下	55	約170	1,500	1,460	約150
合計		人工貝		566	—	13,495	10,060	—
		天然貝		—	—	65,000	23,700	—
		計		566	—	78,495	33,760	—

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」

参考文献

- 1) 濱本俊策, 大林萬鋪(1984):タイラギの人工採卵と幼生飼育に関する問題点. 栽培漁業技術開発研究, 第13巻2号, pp. 13-27.
- 2) 松山幸彦, 兼松正衛(2018):2.2 養殖の研究 2)無給餌養殖タイラギ, 日本水産学会誌, 第84巻特別号, pp. 80-81.
Bottari T, Spinelli A, Busalacchi B, Rinelli P, Giacobbe S (2017): Transplant trials of the fan mussel *Pinna nobilis* inside the coastal lagoon of Capo Peloro (central Mediterranean, Italy). Journal of Shellfish Research, Vol. 36, 3-8.
- 3) 水産研究・教育機構 編(2019):タイラギ種苗生産・養殖ガイドブック.瀬戸内海区水産研究所 141pp.

8. アサリ浮遊幼生の出現状況

8.1 アサリ浮遊幼生ネットワークの推定

農林水産省、有明海沿岸4県(福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県)では、第2章で示されたアサリ浮遊幼生調査を実施するとともに、平成28年度委員会報告で研究・開発が必要な項目として挙げられた「アサリ等の二枚貝の母貝生息適地及び浮遊幼生の移動ルートの解明(広域的な母貝集団ネットワークの形成に関する検討)」について、検討を行った。以下、2015(平成27)～2017(平成29)年にかけて、アサリの浮遊幼生の挙動を推定する数値シミュレーションモデルを構築し、広域的なアサリの浮遊幼生供給関係(以下「浮遊幼生ネットワーク」という。)推定等を行った結果を示す。

8.1.1 調査内容・方法

浮遊幼生シミュレーションモデルの検討フローを図8.1-1に示す。流動モデルは、有明海の流動モデルに、2015(平成27)年度から2017(平成29)年度に実施された浅海域の海底地形測量成果などを反映した上で流況を再現した。

産卵日の推定手法は図8.1-2に示した。本編第2章図2.9.3-14から図2.9.3-16に示されたアサリ浮遊幼生広域調査で得られたアサリ殻長別出現個体数から、各調査日において、D型幼生の出現個体数がピークとなる殻長を求め、求めた殻長と文献等を基に設定した殻長成長速度式から、産卵日を推定した。

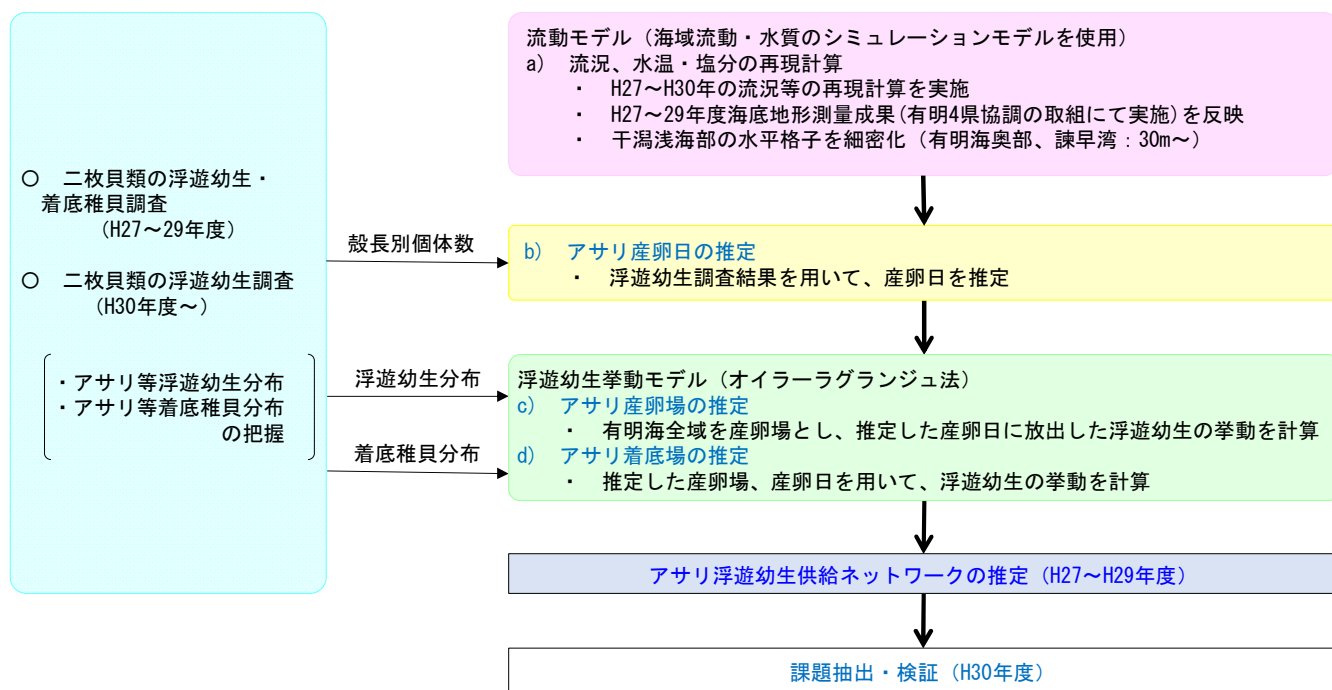
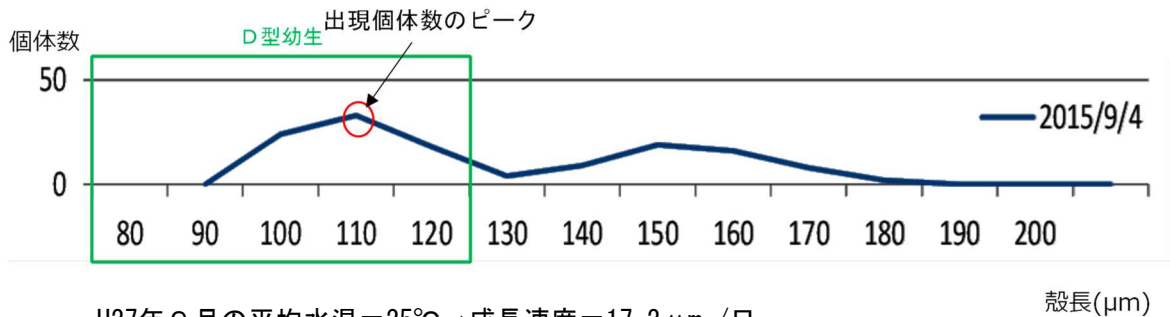


図 8.1-1 浮遊幼生シミュレーションモデルの検討フロー

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」

- 各調査日において、D型幼生の出現個体数がピークとなる殻長を求めた。
 - 求めた殻長と殻長成長速度式から、産卵日を推定した。
- アサリ（D型幼生期）の殻長成長速度式※： $(0.641 \times \text{水温} - 7.45) \times 2$ （ $\mu\text{m}/\text{日}$ ）



- ・ H27年9月の平均水温=25°C→成長速度=17.2 $\mu\text{m}/\text{日}$
- ・ 産卵直後のアサリの殻長=60 μm から殻長110 μm となるのに約3日間必要であり、調査日が9月4日であることから、産卵日は9月1日と推定

※殻長成長速度式は以下の文献と平成27年度有明海浮遊幼生調査結果をもとに設定した。

- ・ 荒川純平・黒田伸郎（2003）アサリ浮遊幼生の窒素・リン摂取速度定式化の試み。愛知水試研報，10，15-20.
- ・ 熊本県（2006）熊本県アサリ資源管理マニュアル 熊本県アサリ資源管理マニュアルⅡーアサリを安定的に漁獲するために アサリを安定的に漁獲するためにー

図 8.1-2 アサリ殻長別出現個体数と産卵日推定の例

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」

アサリの産卵場の推定は、以下の方法で行った。数値モデルは仮想粒子を配置した 100m 格子とし(図 8.1-3)、産卵場の推定方法は図 8.1-4 にイメージ図のとおりである。アサリ産卵場の推定は、仮想粒子を有明海全域に 100m 間隔で配置し、推定した産卵日の流れの状況を再現し、これらの仮想粒子をその流れに乗せて計算を行った。計算上での調査日における仮想粒子分布と浮遊幼生調査の結果を比較し、調査結果と分布場所が一致した仮想粒子の初期位置を産卵場として抽出した。なお、アサリの浮遊幼生の塩分嗜好性(石田ら 2005)も加味してシミュレーション計算を行っている。着底場の推定は、アサリの着底に好適な底質環境条件を参考にし¹⁾、図 8.1-5 の条件に従って推定した。

なお、いずれのシミュレーションも浮遊期間中のアサリの生残率などは考慮していない。

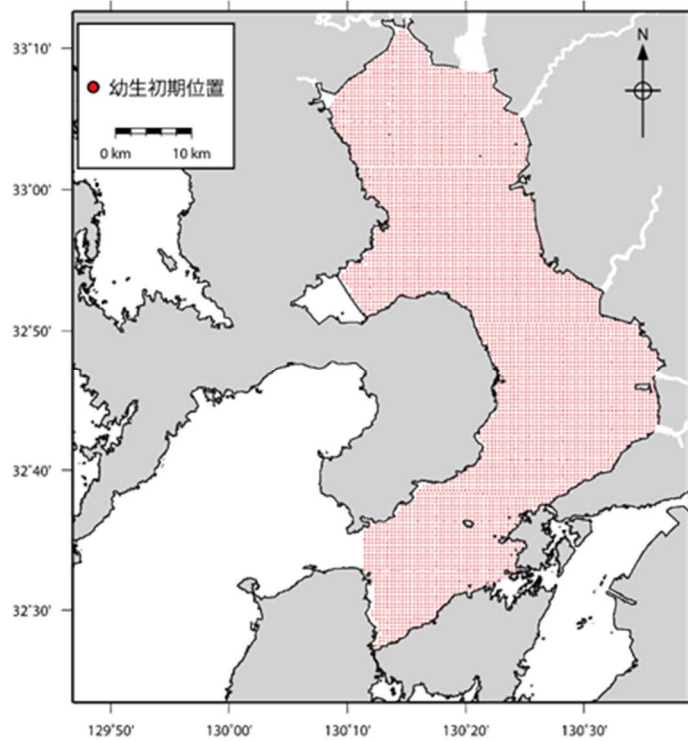
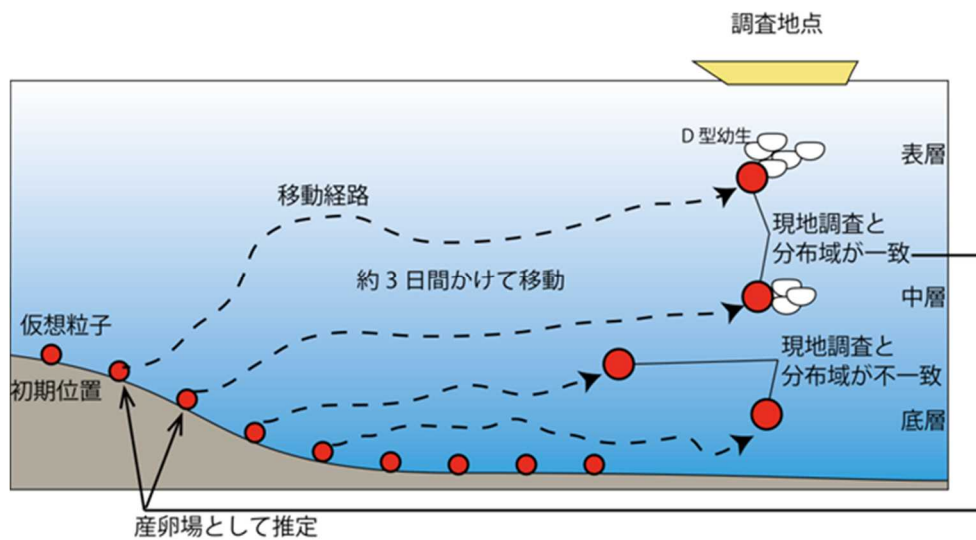


図 8.1-3 仮想粒子を配置した 100m 格子

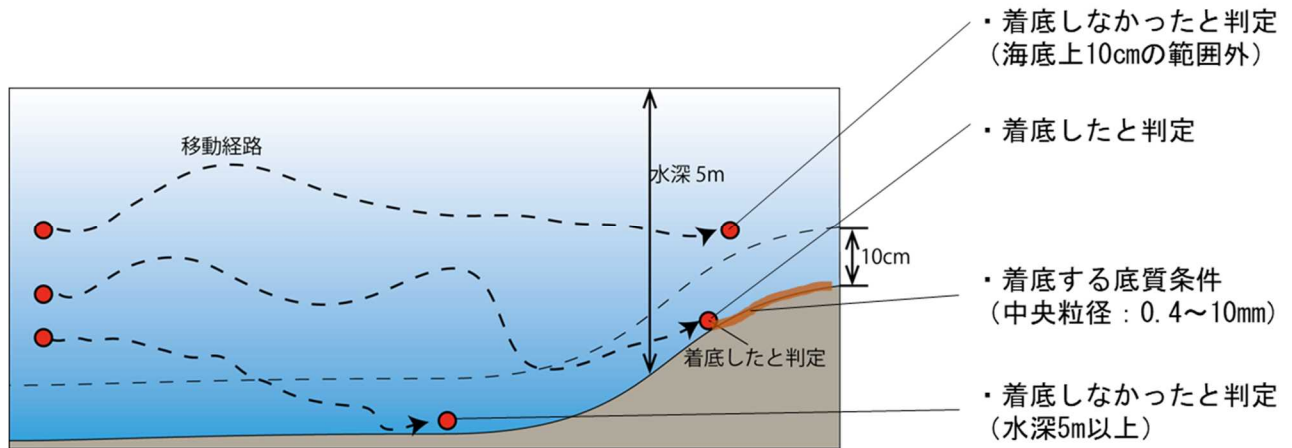
出典:環境省(2019)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第4回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」



※アサリ浮遊幼生は嗜好塩分(21‰)に応じた自立移動²を行うため、これらも踏まえて推定を行った。

図 8.1-4 産卵場の推定方法のイメージ

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」



推定した産卵日、産卵場を用いて浮遊幼生の挙動をシミュレーションした。この際、浮遊幼生の着底は、アサリ成貝期の生育環境適地条件(水産庁(2013))を基に、①底質の中央粒径が 0.4~10mm の範囲であること、②フルグロウン期以降に水深 5m 以浅の海域の海底上 10cm に 1 時間以上滞在していることを条件とした。

なお、②については、複数の条件について感度分析を行い、既往の着底稚貝調査結果やアサリの漁場分布に最も近い着底場の分布を示した条件に基づいて設定された条件であり、実際のフルグロウン期幼生の行動生態を示すものではないことに留意が必要。

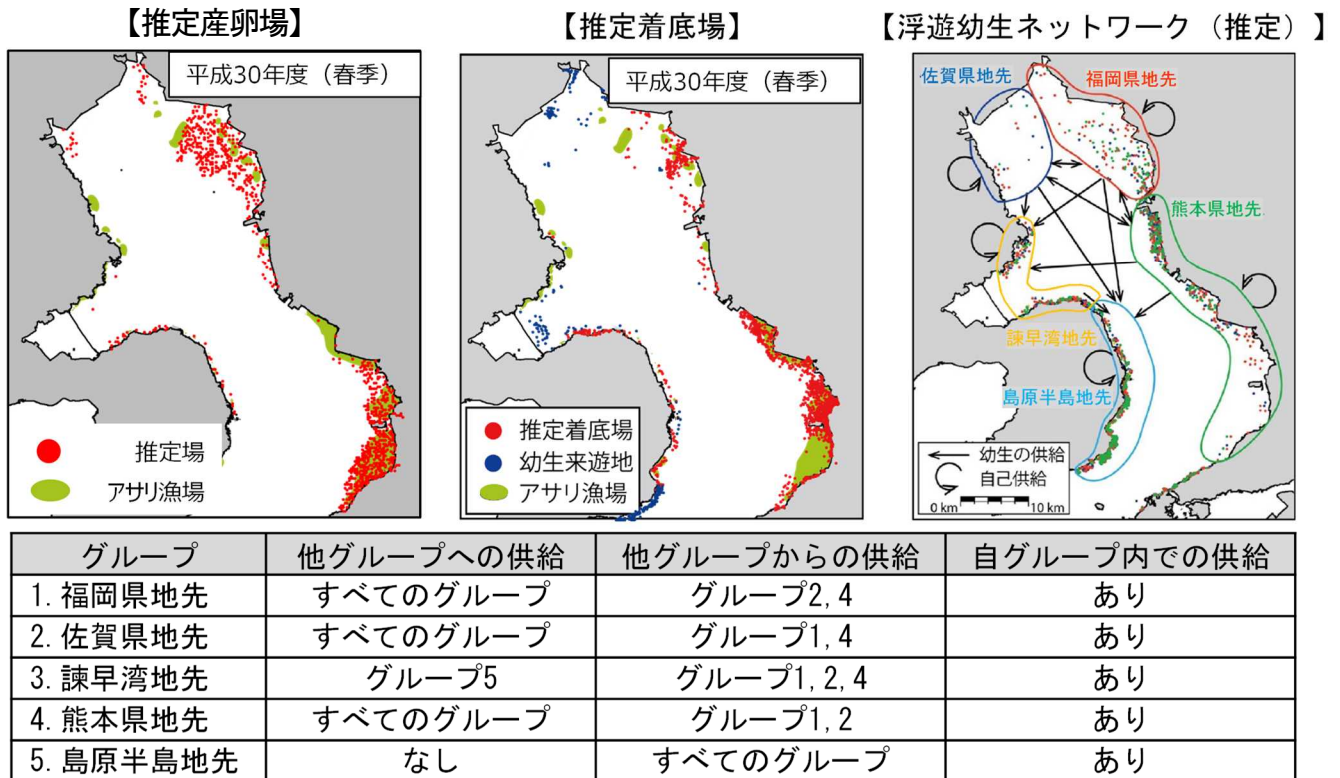
図 8.1-5 アサリ浮遊幼生着底場の推定方法のイメージ

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」

8.1.2 結果

(1) アサリの浮遊幼生ネットワークの推定結果

シミュレーションによるアサリの浮遊幼生ネットワークの推定結果を図 8.1-6 に示す。シミュレーション計算に基づくと、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。また、福岡県、佐賀県、熊本県地先は浮遊幼生を相互供給するとともに、諫早湾地先や島原半島地先へ幼生を供給するなど、有明海では広域的なアサリの浮遊幼生供給関係がみられることが推定された。



(引用文献：藤家 亘, 井下 恭次, 武元 将忠, 江口 秀治, 西 利明, 松山 幸彦 (2018)有明海アサリ浮遊幼生の干潟間供給ネットワーク, 土木学会論文集B2 (海岸工学), 74, 2, p. 1261-1266.)

図 8.1-6 アサリの浮遊幼生ネットワークの推定結果

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) 母貝団地造成によるアサリの浮遊幼生ネットワークの形成

有明海沿岸4県においては、漁業調整規則に基づく漁獲制限や漁業団体による資源保護が継続的に取り組まれている12箇所をアサリの母貝団地として設定している。各県の母貝団地の事業海域は図 8.1-7 に示すとおりである。

これら母貝団地から発生する浮遊幼生の着底場等を浮遊幼生シミュレーションモデルにより推定した結果を図 8.1-8 に示す。図中の赤丸はアサリの推定着底場、青丸は底質条件が合わないため着底はしないが、浮遊幼生の来遊が推定された箇所(幼生来遊地)である。これらの結果、母貝団地から発生した浮遊幼生は、概ね有明海のアサリ漁場に着底することが確認された。

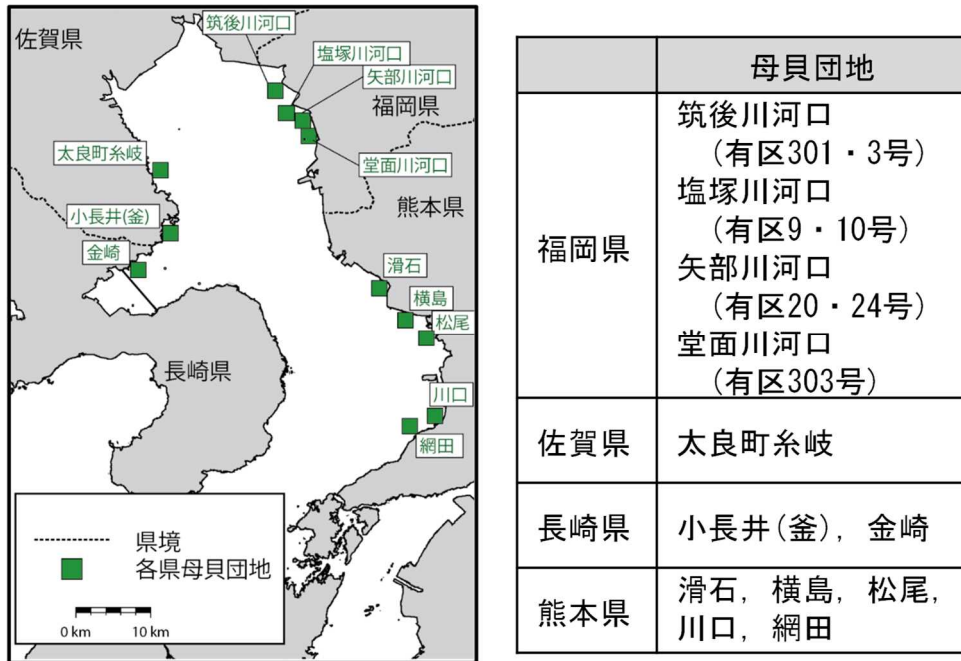


図 8.1-7 各県の母貝団地の事業海域

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

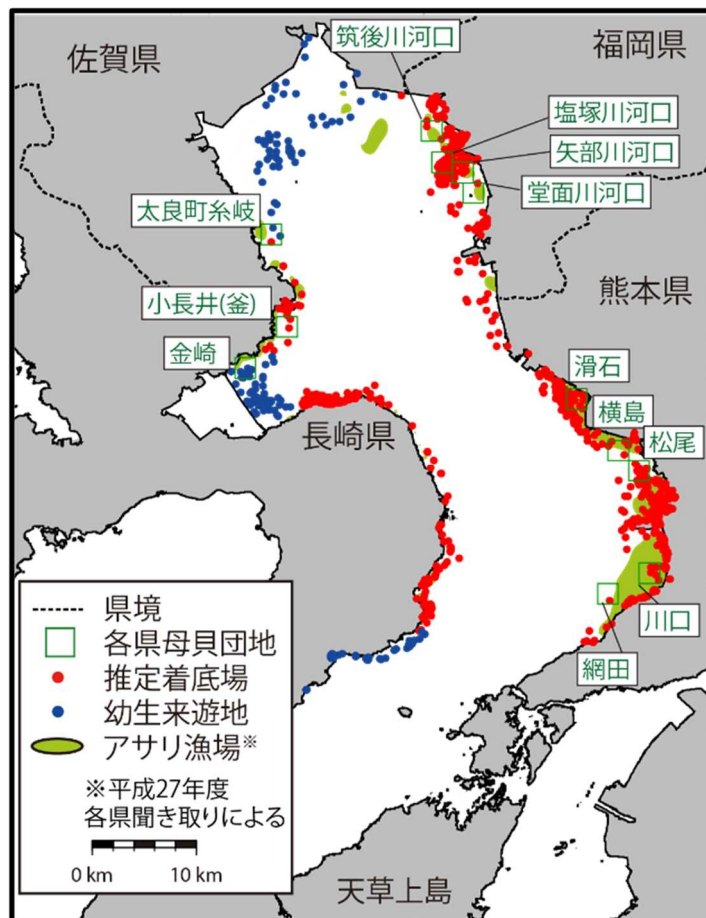


図 8.1-8 アサリ浮遊幼生着底場・来遊地推定結果

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」

(3) アサリの母貝団地間の相互幼生供給関係

有明海のアサリ漁場への安定的な幼生供給のためには、母貝団地が相互に幼生を供給して浮遊幼生ネットワークが断絶しないことが望ましいことから、既存母貝団地間の相互幼生供給関係を推定した。アサリの母貝団地間の相互幼生供給関係の推定結果は表 8.1-1 と図 8.1-9 に示すとおりである。

熊本県・網田を除く全ての母貝団地は、他の母貝団地から幼生の供給を受け、長崎県・金崎を除く全ての母貝団地では、他の母貝団地へ幼生を供給していた。この結果に基づくと、複数母貝団地間の幼生需給関係がみられ、重層的なネットワークを形成していることが推定された。

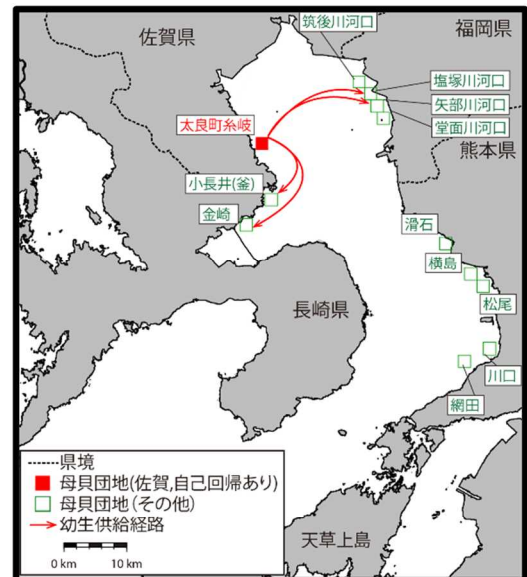
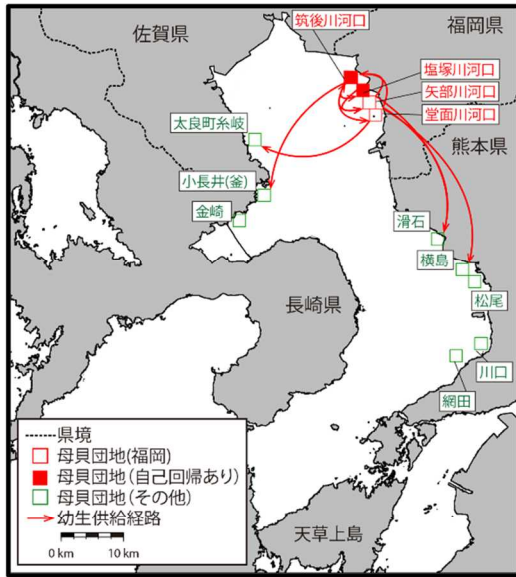
ただし、熊本県・網田へ幼生を供給する既存の母貝団地がないこと、熊本県・川口への供給源は、自己供給を除き網田のみであることから、網田や川口の母貝団地管理のあり方等の検討が必要と考えられる。

表 8.1-1 アサリの母貝団地間の相互幼生供給関係の推定結果

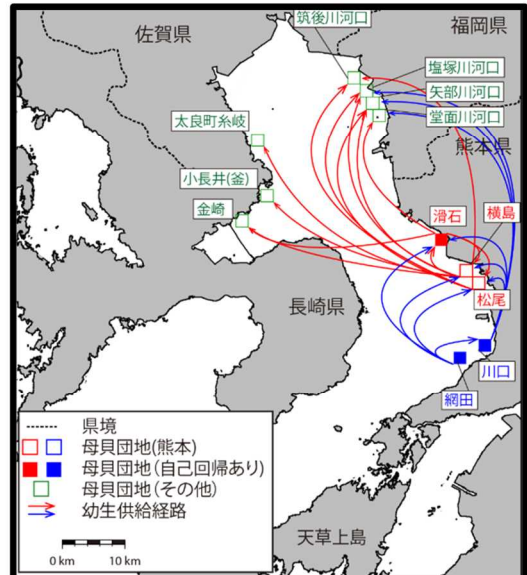
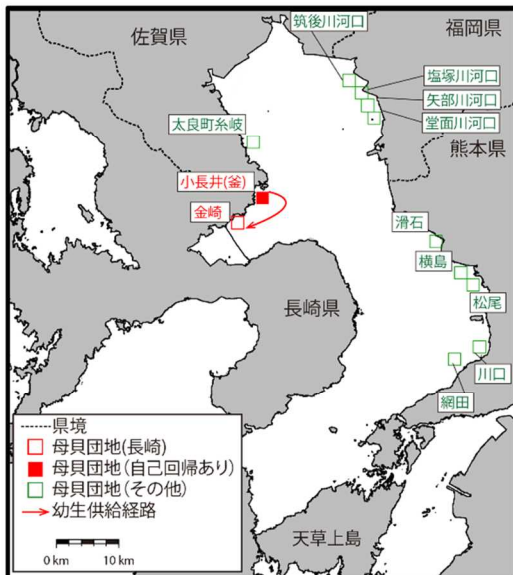
供給先 供給源	筑後川 河口	塩塚川 河口	矢部川 河口	堂面川 河口	糸岐	小長井	金崎	滑石	横島	松尾	川口	網田
筑後川河口	○	○	○	○		○						
塩塚川河口	○	○	○									
矢部川河口	○							○				
堂面川河口	○				○			○	○			
糸岐		○	○			○	○					
小長井						○	○					
金崎												
滑石				○			○	○	○	○		
横島	○	○	○		○	○	○					
松尾	○	○	○									
川口		○	○	○				○	○	○	○	
網田								○	○	○	○	○

注) 着色部は自己供給を示す。なお、モデルを精緻化等した場合に需給関係が変わる場合がある。

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」



《福岡県の母貝団地を供給源とした場合》 《佐賀県の母貝団地を供給源とした場合》



《長崎県の母貝団地を供給源とした場合》 《熊本県の母貝団地を供給源とした場合》

注) 矢印は浮遊幼生の供給経路を示したものである。

図 8.1-9 母貝団地の浮遊幼生相互供給関係

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」

参考文献

- 1)水産庁(2013):有明海漁場造成技術開発事業:二枚貝漁場環境改善技術導入のためのガイドライン,水産庁増殖推進部編,220 pp.
- 2)石田基雄,小笠原桃子,村上知里,桃井幹夫,市川哲也,鈴木輝明(2005):アサリ浮遊幼生の成長に伴う塩分選択行動特性の変化と鉛直移動様式再現モデル,水産海洋研究,69巻2号,pp.73-82
- 3)藤家 亘,井下恭次,武元将忠,江口秀治,西 利明,松山幸彦(2018):有明海アサリ浮遊幼生の干潟間供給ネットワーク,土木学会論文集B2(海岸工学),74巻2号,pp.11261-11266

9. アサリの資源再生、母貝生息適地の保全・再生

9.1 福岡県海域における移植放流によるアサリ資源再生の取組

福岡県では、覆砂域に大量に着生したアサリ稚貝の保護と有効利用を目的に、アサリの移植・放流を行っている。さらに、移植効果を向上するための資源保護策について、検討した結果を示す。

9.1.1 アサリの移植・放流試験

試験海域を図 9.1-1 に示す。また、移植放流の採捕及び放流場所別アサリの成長を図 9.1-2 に、移植元と放流先の生息密度及び肥満度、群成熟度の推移を図 9.1-3 に示す。2015（平成 27）年度には、矢部川河口の覆砂漁場である有区 20 号を中心に大量のアサリ着底稚貝が発生した。これ以降、2019（令和元）年 6 月までに有区 20 号等の高密度発生場所から、図中矢印の先に示した各保護区へと稚貝の移植放流を実施し、累計で 1,687t を移植した。移植先について、着底後の成長や生残率が移植元よりも高くなることを想定して、底質や地盤高などの特性などから選定した。その結果、移植先のアサリの方が、移植後 9 カ月で殻付き重量が 3.2 倍になるなど、移植元よりも成長が良い結果となった。また、放流先では移植元に比べ、肥満度や群成熟度も高い傾向がみられた。移植後のアサリ分布状況の経時的推移を図 9.1-4 に示す。

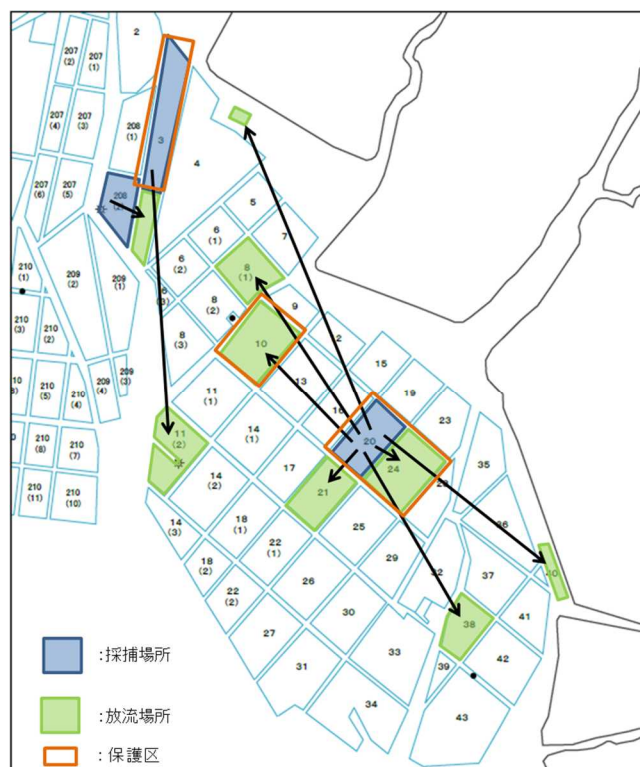


図 9.1-1 福岡県におけるアサリの移植放流の状況

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

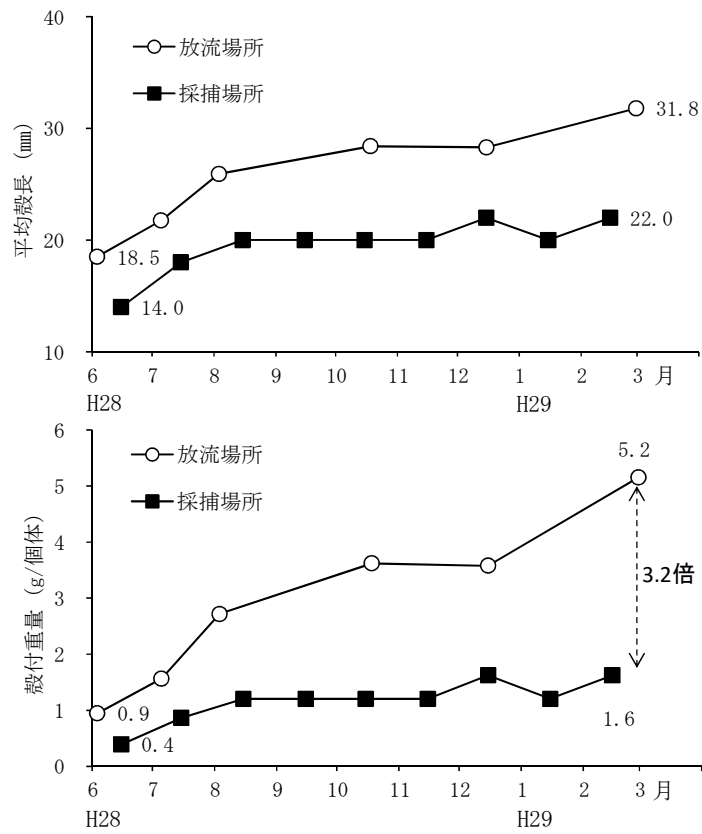
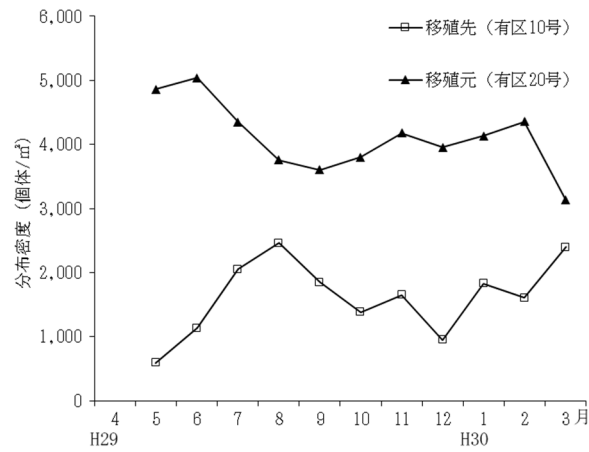


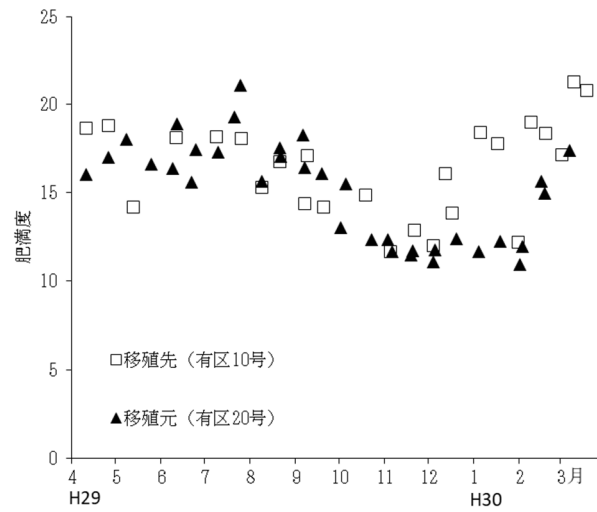
図 9.1-2 移植放流の採捕及び放流場所別アサリの成長

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」

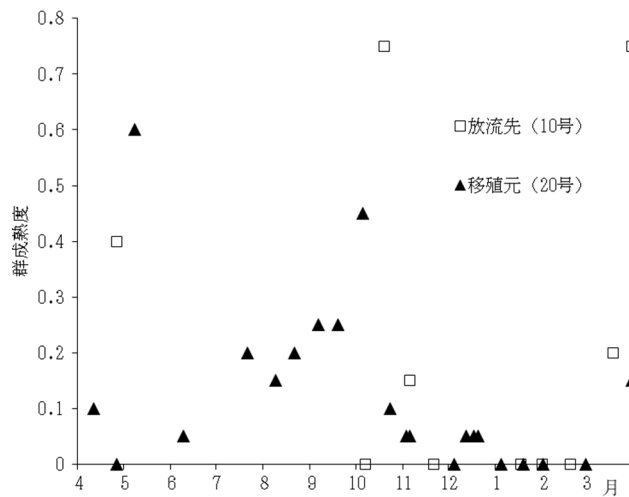
分布密度



肥満度



群成熟度



放流先は移植元に比べ、肥満度や群成熟度も高い傾向がみられた。

図 9.1-3 移植元および放流先の密度および肥満度、群成熟度の推移

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

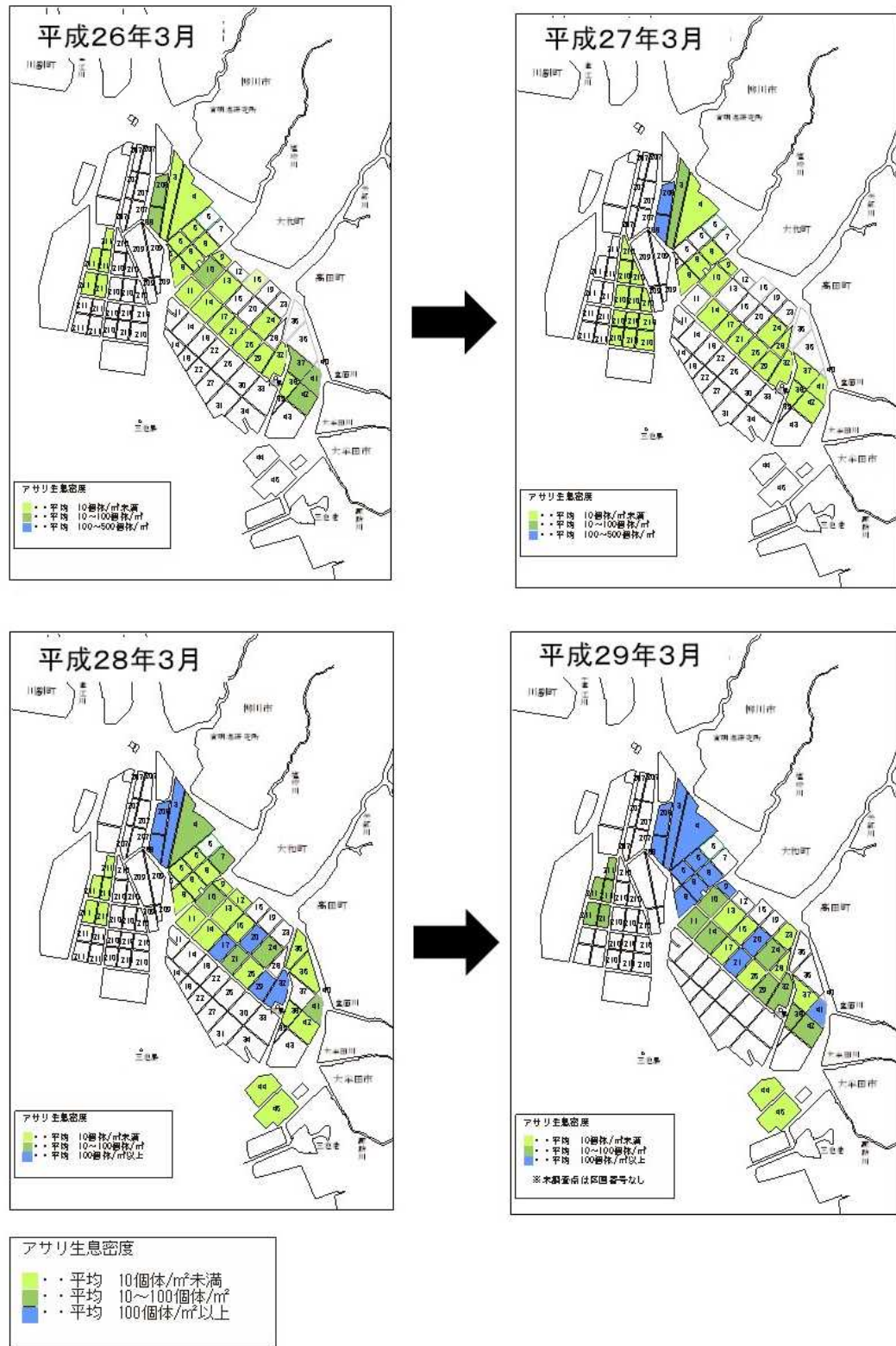


図 9.1-4 アサリ分布状況の推移

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」

9.1.2 アサリの移植効果を向上するための保護育成試験

移植されたアサリの生残率をさらに向上させるために、下記 2 つの保護育成試験を実施した結果を示す。

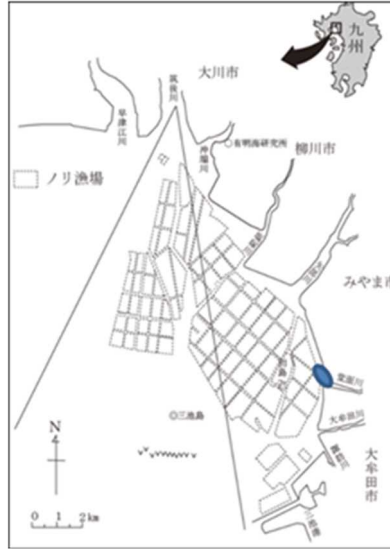
(1) 被覆網によるアサリ生残向上試験

アサリ生残率向上のため、全国的にアサリの流出防止を目的に干潟面に被覆網を設置して保護する取組が実施されている¹⁾。そこで、2018(平成 30)年 8 月に高地盤域(有区 303 号:地盤高 1.5 m)で、殻長 8 mm の小型アサリを放流し、さらに 6 月に殻長 25 mm の大型アサリを放流したのち、被覆網(目合い 9 mm)を被せて残存率を追跡調査した。試験毎のアサリの残存率及び殻長の推移を図 9.1-5 に示す。大型のアサリでは被覆網区では、対策をしなかった区と比較して 2 倍程度の保持効果があるものの、小型の稚貝では網目から流出するなど、保持効果が弱い結果となった。試験中の殻長の成長については、試験区間でほとんど差異が認められないことから、洗掘など干潟面の物理的な擾乱が残存率に影響していると推定された。

(2) 砂利袋の設置(産卵母貝の確保・母貝場造成)

日本沿岸で取り組まれるもう一つのアサリの資源再生策として、網袋に砂利を詰めたもの(以下「砂利袋」という。)を干潟面に設置することで、アサリの天然稚貝の採苗効果のみならず、封入されたアサリの成長・生残率が向上することが知られている²⁾。そこで、有明海福岡県海域においても、砂利袋の設置による産卵母貝の確保・母貝場造成を実施した。砂利袋の設置位置を図 9.1-6 に、砂利袋の設置状況を表 9.1-1 に、砂利袋による漁場ごとの採苗結果を図 9.1-7 に示した。

有明海における試験の結果、砂利袋は設置後一定期間が経過すると埋没して原地盤とほぼ一体化し、アサリの採苗効果が落ちることが分かった³⁾。一方、二重底プレートで埋没防止対策を施すと、対策をしなかった区よりも 2.2 倍のアサリが保持できた³⁾。この方法によって砂利袋の中で成熟サイズまで成長したアサリを原地盤に放流し、母貝場造成や漁獲につなげることができた。砂利袋の埋没対策の結果を図 9.1-8 に、これらの成果に基づき実施されている砂利袋を活用したアサリ母貝場造成の実施状況を図 9.1-9 に示した。



○残存率	
【大型アサリ(25mm)】	
被覆網区	123.7%
対照区	45.8%
【小型アサリ(8mm)】	
被覆網区	7.6%
対照区	0%
○成長	
【大型アサリ(25mm)】	
被覆網区	31.5mm
対照区	32.5mm
【小型アサリ(8mm)】	
被覆網区	14.1mm

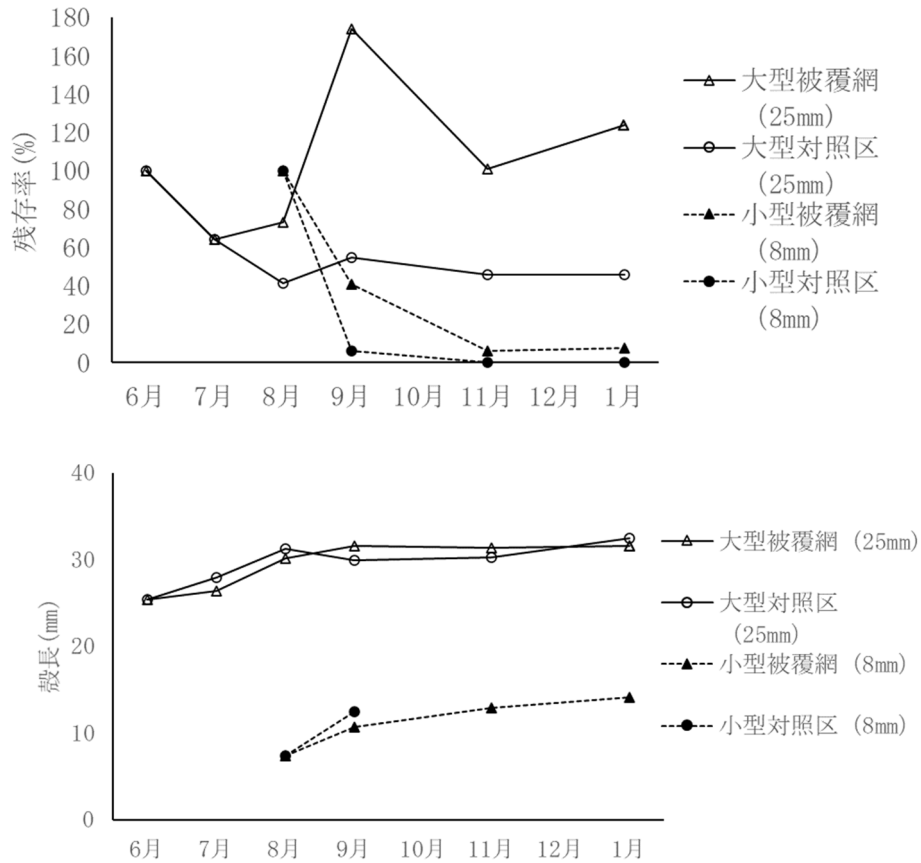


図 9.1-5 堂面川河口におけるアサリの残存率(上)及び殻長(下)の推移

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」

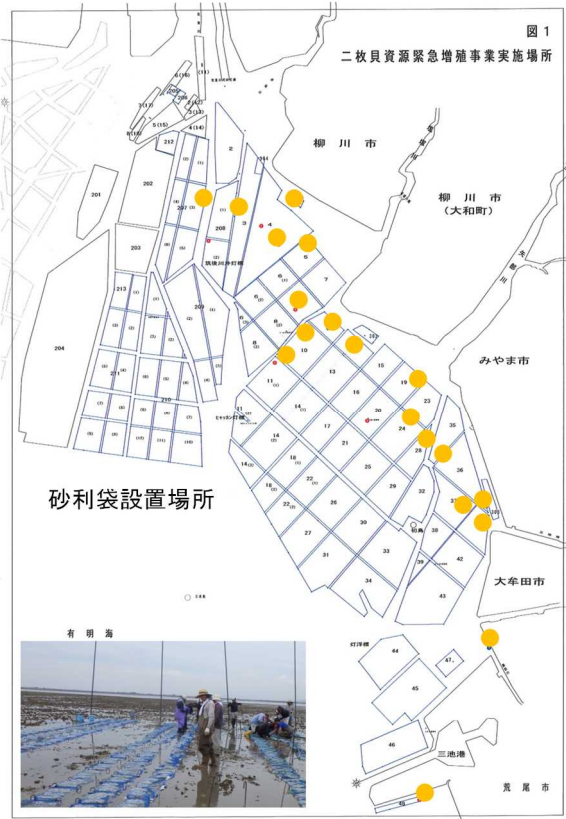


表 9.1-1 砂利袋設置状況(有明海漁連)

年度	砂利袋
H25	4,600
H26	7,600
H27	7,600
H28	7,200
H29	7,200
H30	7,800
計	42,000

図 9.1-6 2018(平成 30)年度砂利袋設置場所(福岡県有明海漁業連合会設置分)

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

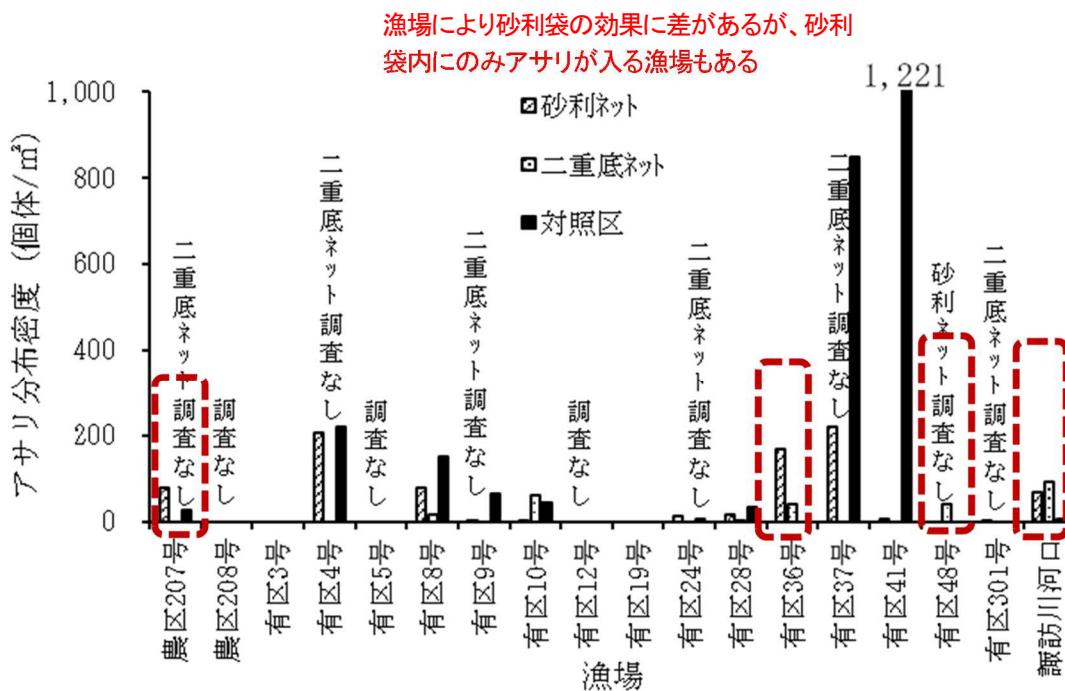
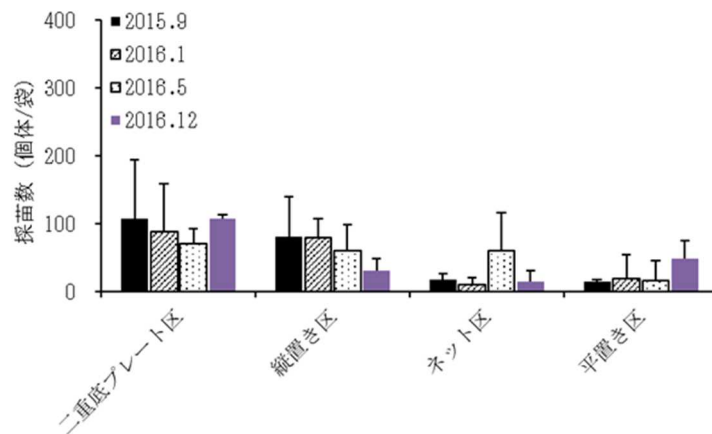


図 9.1-7 天然採苗試験結果(2018(平成 30)年度)

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」



参考文献：長本ら（2017）福岡県水産海洋技術センター研究報告，第 27 号，pp. 1-8

図 9.1-8 砂利袋の埋没対策

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」



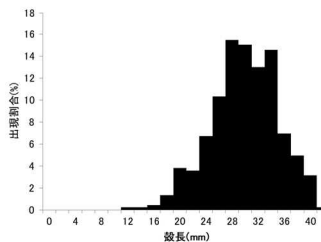
H30 年度は 15,840 ネット分を放流(約 15.9t)
 砂利袋内の成員(2cm)の割合は約 98%
 (設置後約2年半)



設置後、1～3年経過した砂利袋



砂利袋内のアサリおよび基質を利用した母貝場造成



個数/袋	平均殻長(mm)	総重量(g)	個数/m ²
152	30.9	1,002	842

※砂利袋：30cm × 60cm

図 9.1-9 砂利袋を活用した母貝場造成の状況

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」

参考文献

- 1)水産庁(2008)「干潟生産力改善のためのガイドライン」. 118 pp.
- 2)長谷川夏樹, 日向野純也, 井上誠章, 藤岡義三, 小林節夫, 今井芳多賀, 山口 恵(2012):アサリ増殖基質としてのカキ殻加工固形物「ケアシェル」の利用. 水産技術第 5 号(1), pp. 97-105
- 3)長本 篤, 的場達人, 篠原 直哉(2017):有明海福岡県地先における砂利袋を用いたアサリ天然採苗の埋没対策とその効果, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第 27 号, pp. 1-8

9.2 長崎県海域におけるアサリ資源の回復の取組(アサリの母貝場造成)

9.2.1 アサリの母貝場の造成

長崎県では、A6海域において着底稚貝を増やして有明海のアサリ資源の回復を図るため、アサリ母貝場を造成することに取り組んでいる。図 9.2-1 に実施場所を示す。

諫早湾漁業協同組合のアサリ漁獲量の推移と減少要因を図 9.2-2 に示す。同海域では、有明海全域で見られる地場発生の天然貝の減少に加えて、移植貝の成長や生残率の低下がみられており、その原因・要因として、底質以外の環境要因の悪化、エイ類、カモ類、巻貝類による食害、餌料環境の低下が示唆されている。そこで、食害や環境要因の改善(主に逸散や擾乱の軽減)によるアサリ増産効果を確認するため、袋網による技術開発に取り組んでいる(図 9.2-3)。



図 9.2-1 試験実施位置

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

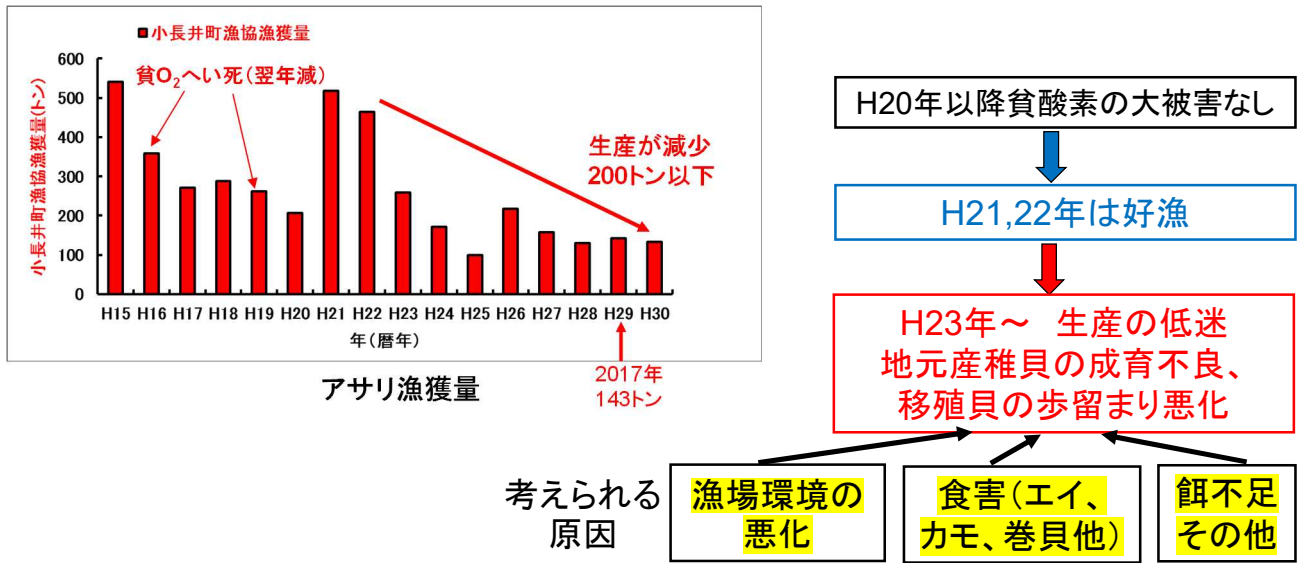


図 9.2-2 諫早湾漁業協同組合のアサリ漁獲量の推移と想定される減少要因

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

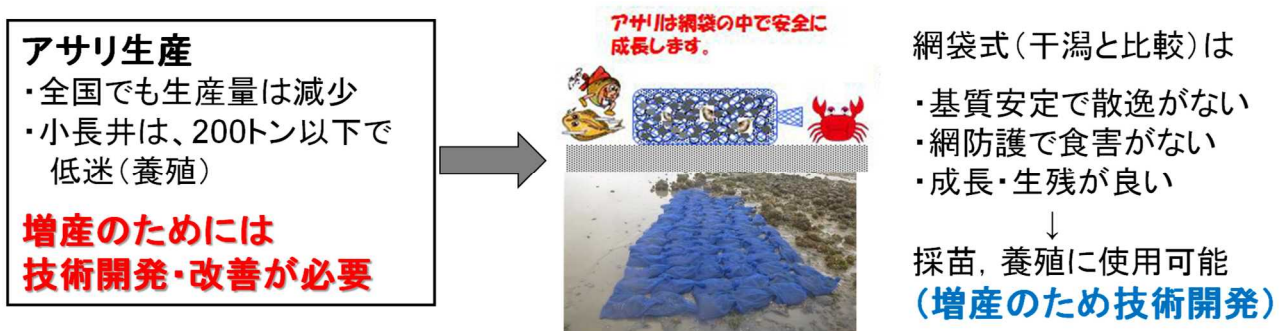


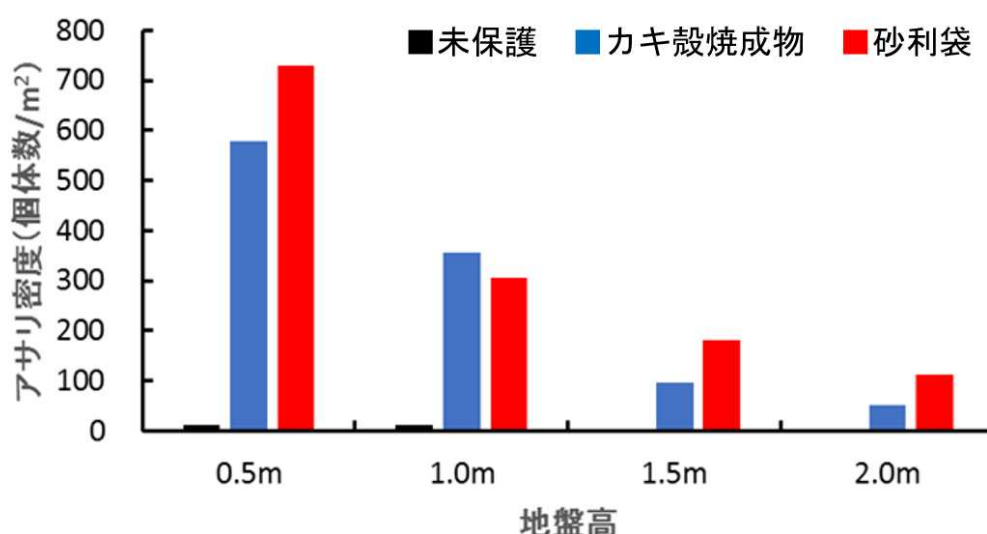
図 9.2-3 アサリ増産のための砂利袋等による技術開発の状況

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」

(1) 瑞穂地区での調査結果

2015(平成 27)年度～2018(平成 30)年度にかけて、主に未利用漁場の覆砂による底質改善策と併せて、従来の地蒔き養殖方式と網袋を用いた資源保全策を実施して比較検討した。母貝造成試験として、2015(平成 27)年～2017(平成 29)年にアサリの採苗適地及び費用対効果の高い基質について検討し、網袋に砂利(砂利袋)とカキ殻の焼成物(カキ焼成袋)を入れ、稚貝の着生について地盤高ごとに評価した。

2018(平成 30)年度の瑞穂地区カキ殻焼成袋内の稚貝調査の結果を図 9.2-4 に示す。5 月に設置した砂利袋やカキ焼成袋に多くのアサリ稚貝が着生し、その後も成長して多くが生残した。また地盤高 0.5m でその効果が最大となった。対策を実施しなかった原地盤では、いずれの地盤高でもアサリの生残はほとんどみられなかった。



網袋:1.2 分目 30×60cm, 砂利:7 号碎石 6 kg程度
カキ殻焼成物区(砂利:カキ殻焼成物 = 4:1)で全体 6kg

図 9.2-4 2018(平成 30)年度の瑞穂地区ケアシェル等袋内稚貝調査の結果

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」

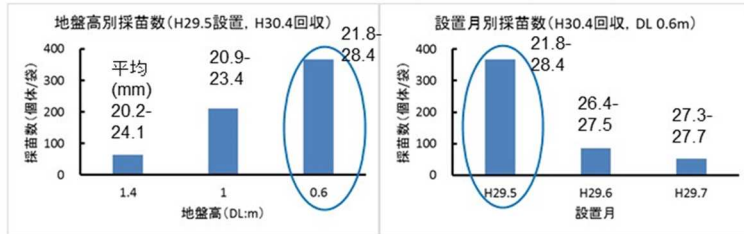
(2) 小長井地区での調査結果

2016(平成 28)年度に小長井地区で同様の取組を行った結果を図 9.2-5 に示す。ここでも地盤高 0.6m において高い採苗結果が得られており、設置後おおむね1年間後までに回収すると、高い歩留まりを得られることが判明した。小長井地区では、砂利袋による採苗に関して、秋設置(10月～)では1年後の殻長は20mm以下であり、翌春に漁獲サイズには至らないことから、春設置(3～6月)で1年後に漁獲サイズである30mm以上の個体を選別して収穫し、残ったサイズのものを再設置し、半年後の10月に25mm以上のサイズで回収後、養殖用種苗等に活用することを検討中である。これらの作業の効率化のため、砂利袋の最適な設置地盤高、砂利量や回収方法等を検討中である。

- 調査(8回/年:計40回)
- ・網袋の設置場所(地盤高等)
- ・設置・回収時期(季節)
- ・簡便な回収手法開発 など



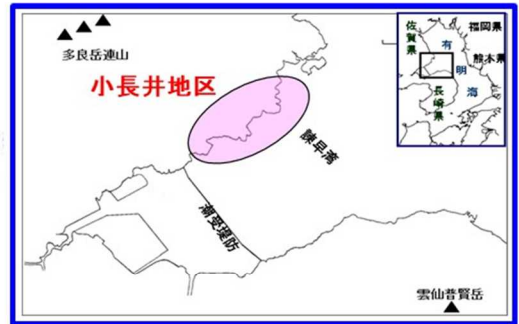
4月回収では前年5月, DL 0.6m設置(殻長25mm程度)



10月回収では前年10月, DL 0.6m設置の採苗数が多いが, 殻長17.5mm程度と10月養殖用種苗として小さい。

現在のところ適した

- ・設置地盤高: 0.6m
- ・5月設置, 翌年4月回収の成績が良い
- ・4~5月に網袋内の稚貝密度調整して再設置, 10月までに30mm程度に育成(養殖用種苗として利用)



設置状況
網袋内砂利量3-4kgだと袋安定しない。5kg以上の砂利が必要

回収手法
労力軽減と回収後の砂利袋再設置

図 9.2-5 アサリ網袋採苗技術: 地元産稚貝増産・活用による生産性の向上の状況

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」

(3) 長里自営漁場での調査結果

長里自営漁場における試験結果を図 9.2-6 に、アサリ網袋養殖技術として高い歩留まりによる生産性の向上の試験結果を図 9.2-7 に示した。

2018(平成 30)年 5 月及び 6 月に網袋より採苗した区では、2019(平成 31)年 2 月の時点で高い生息密度であった。しかし、対照区である原地盤では、2018(平成 30)年 8 月に殻長 10mm の稚貝が高い生息密度で確認されたものの、2019(平成 31)年 2 月の時点では、ほとんど確認されなかった。

3~10 月の網袋(40×60cm)でのアサリの生残率は、アサリ収容量が 4kg 以上だと低下することが確認された。また、網袋を漁場に設置する際には、周囲に一定間隔を空けることで、身入りが良くなる傾向が示唆された。

なお、未保護の原地盤ではアサリの生残がほとんどみられない。図 9.2-4 をみると、2018(平成 30)年 8 月の段階で、未保護の原地盤でも小型稚貝が着生していたが、その後ほとんど生残しなかった。このように、砂利袋等による保護により、アサリの生残率が著しく向上することが判明した。一方で、これらの海域のうち、2011(平成 23)年以前でも底質改善されていた漁場では一定のアサリの漁獲がみられた。この間に、洗掘等によるアサリの流出を加速させるような潮流や潮汐の大きな変動があったとは考えにくい。2011(平成 23)年以降の稚貝発生や生残率の低下と袋網による保護の効果については、海域環境等、さらなるデータの蓄積を行って検討する必要がある。

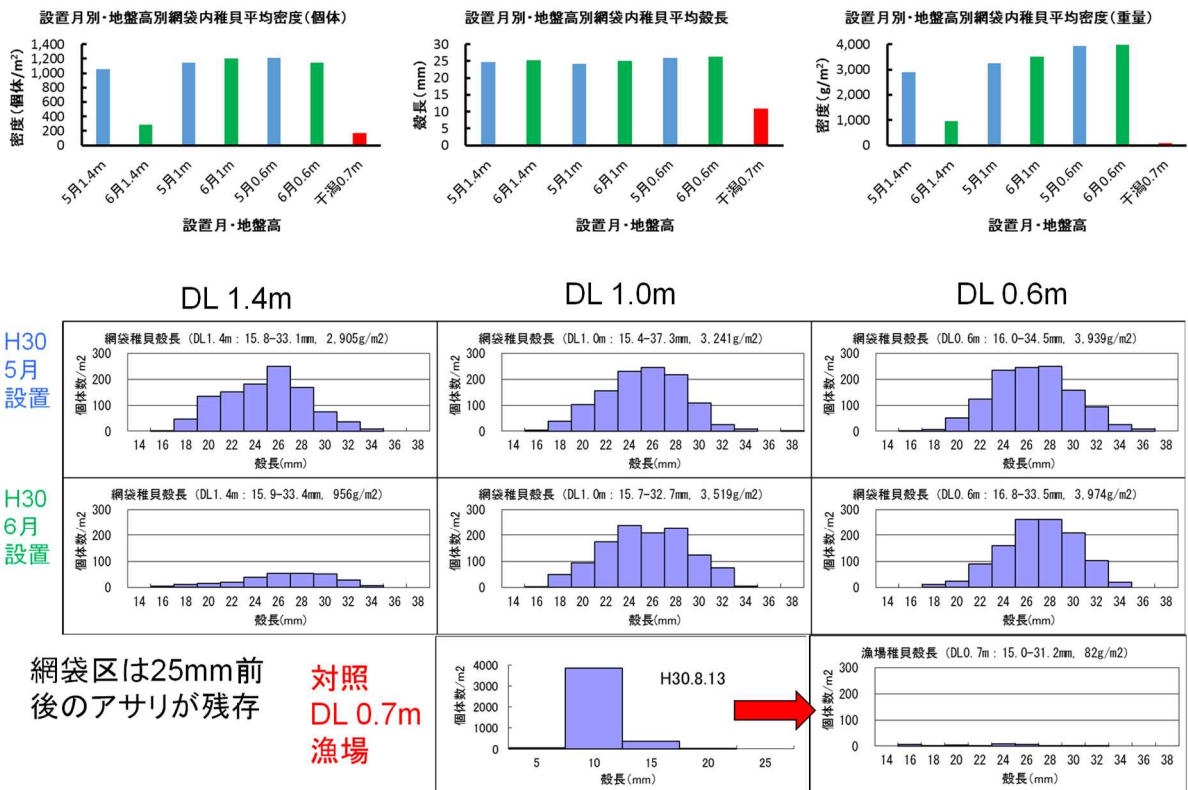


図 9.2-6 長里自営漁場における試験結果(2018(平成30)年5-6月設置, 2019(平成31)年2月回収)

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」

○調査(8回/年:計24回)

- ・漁場に適した収容密度
- ・適した配置等

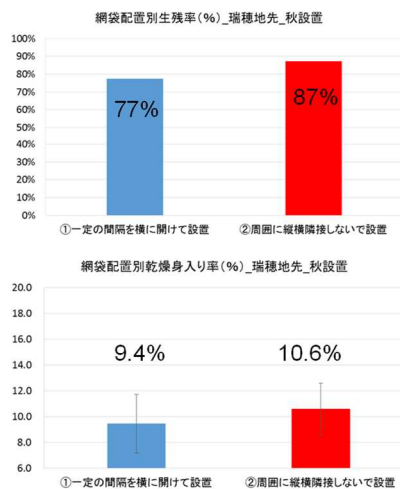
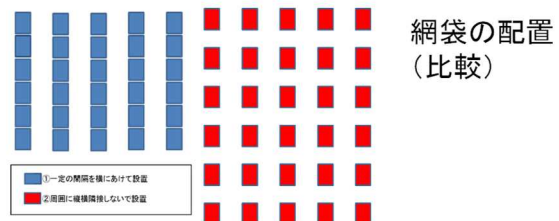
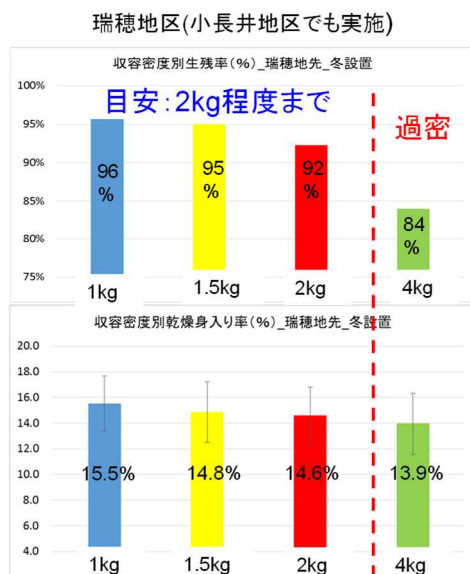


図 9.2-7 アサリ網袋養殖技術: 高い歩留まりによる生産性の向上試験結果

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」

9.3 アサリの実証実験場所の環境や生息状況の調査結果

水産庁では、アサリを対象種に有明海沿岸各地の様々な特性に対応し、漁業者等が漁船や漁具等も活用して実施することのできる効率的な漁場環境の維持・改善のための技術開発・実証を2013(平成25)年度から2017(平成29)年度に、図9.3-1に示す18地先25漁場の干潟域において実施した。



※()内は調査地点番号

図 9.3-1 事業実施箇所

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」

9.3.1 調査の内容・方法

各実証実験場所の環境特性やアサリ生息状況を把握するために、各地先で設定した地点において環境調査を実施した。調査項目は表9.3-1に、各地先の漁場の概要は表9.3-2に示すとおりである。

表 9.3-1 調査項目

項目		備考
物理	流況, (一部地先で波高観測も実施)	連続観測
水質	水温, 塩分, クロロフィルa, 濁度	連続観測
底質	粒度組成, 強熱減量, COD, 硫化物, 中央粒径	表層3cmまでを採取し分析
生物	初期稚貝, アサリ生息状況	個体数, 殻長を調査

注)連続観測:流況, 水温, 塩分は海底面上10cmで観測。クロロフィルa, 濁度は海底面上20cmで観測
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」

表 9.3-2 各地先の漁場概要

地先	概況	
福岡県 柳川, 大和高田, 大牟田	<ul style="list-style-type: none"> 筑後川などの河川からの土砂流入の影響を受けやすく、泥または砂泥質の漁場が広がる 各地先の中でも、大和高田302号地区や大牟田観測塔近傍では、泥土が堆積し、漁場環境が悪化している 	
長崎県 小長井	<ul style="list-style-type: none"> 泥干潟に覆砂による漁場整備が実施され、アサリ養殖が行われている砂泥質の漁場である ホトギスガイの除去など積極的な管理が行われている 	
熊本県	荒尾, 熊本北部	<ul style="list-style-type: none"> 一部で泥土の堆積が見られるが、砂質の漁場が広がる
	岱明, 滑石, 大浜, 横島	<ul style="list-style-type: none"> 菊池川の河口近くに位置しており、出水時の泥土堆積が心配される 横島地先では、秋季以降のアサリの減耗が問題とされている
	河内, 小島, 沖新	<ul style="list-style-type: none"> 白川の河口近くに位置しており、出水時の泥土堆積が心配される
	畠口, 海路口, 川口, 住吉, 長浜	<ul style="list-style-type: none"> 緑川の河口近くに位置しており、細砂分が多い漁場である 波や流れの影響も強く、底質が固くしまった漁場も存在する

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」

9.3.2 調査結果

(1) 各実証実験場所の底質環境特性

各実証実験場所の対照区(原地盤)の調査結果(2013(平成 25)年度~2017(平成 29)年度、18 地先 25 ヶ所)を用いて検討した。各実験場所の対照区における底質調査結果の平均値を用いてクラスター分析を行った結果は図 9.3-2 に示すとおりである。

シルト・粘土分や強熱減量の違いにより、底質を6グループに区分した。

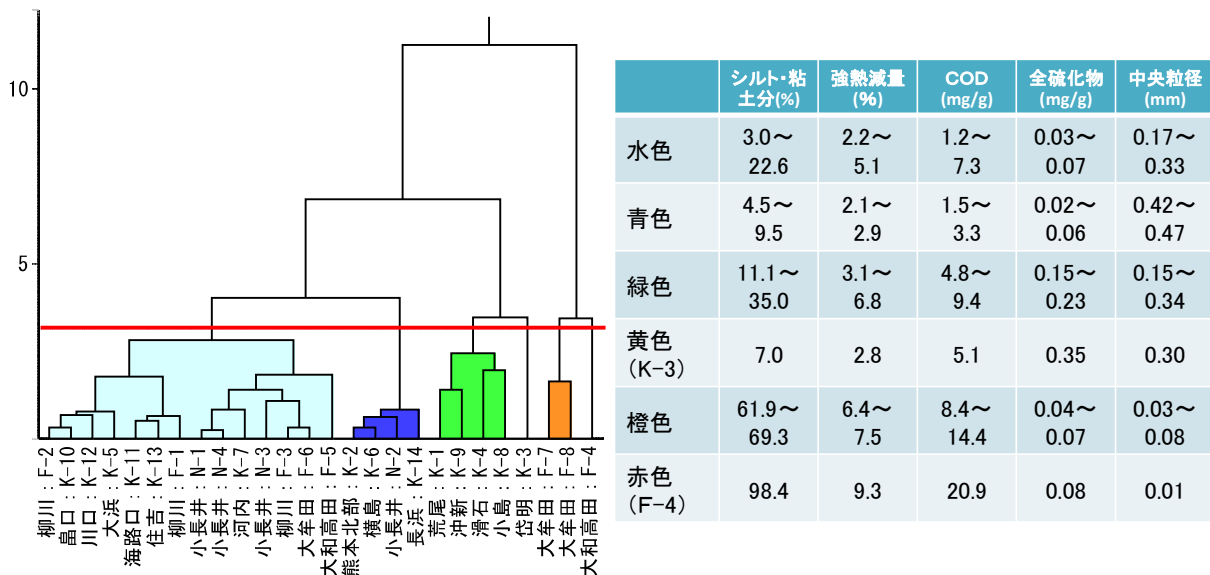


図 9.3-2 底質調査結果の平均値を用いたクラスター分析結果

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」

クラスター区分ごとのアサリの成貝個体数は図 9.3-3 に示すとおりであり、シルト・粘土分の多い場所で個体数が少なくなる傾向がみられた。

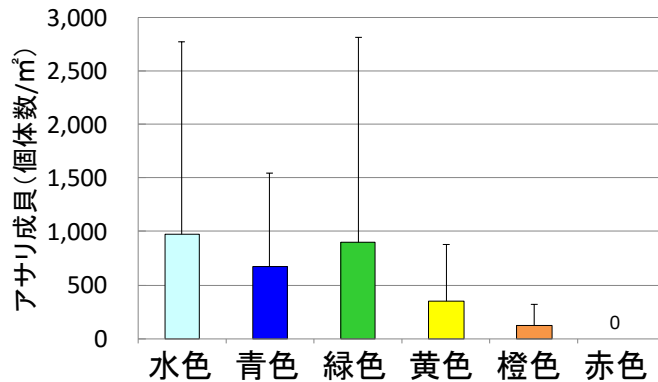


図 9.3-3 クラスター区分ごとのアサリの成貝個体数

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) アサリの成貝、稚貝の生息環境適性指数(HIS)

アサリの成貝、稚貝の生息環境適性指数(HSI:Habitat Suitability Index)(以下、「HSI」という。)を各実験場に当てはめた結果は図 9.3-4 に示すとおりである。なお、HSI は以下の式より求めた。

$$\text{※HSI} = \text{SI}_{\text{シルト粘土分}} \times \text{SI}_{\text{強熱減量}} \times \text{SI}_{\text{COD}} \times \text{SI}_{\text{硫化物}} \times \text{SI}_{\text{中央粒径}} \times \text{SI}_{\text{含水率}}$$

底質調査結果からみた HSI は、成貝、稚貝ともに、シルト・粘土分の高い地点(F-4、F-7、F-8)で低い結果であった。

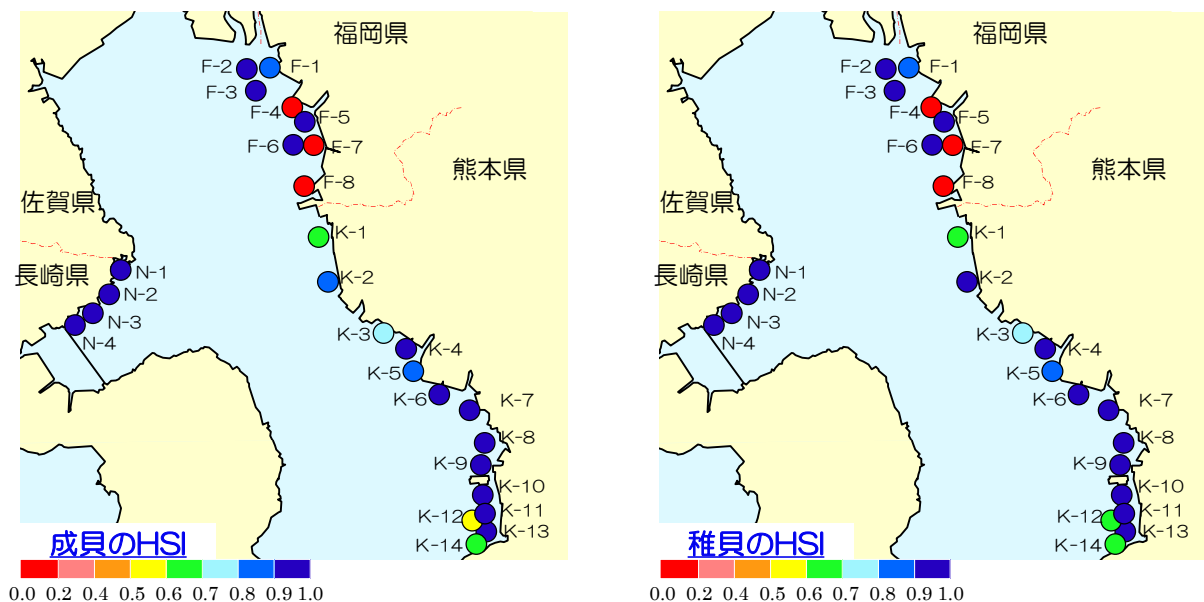


図 9.3-4 アサリの成貝、稚貝の HSI

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」

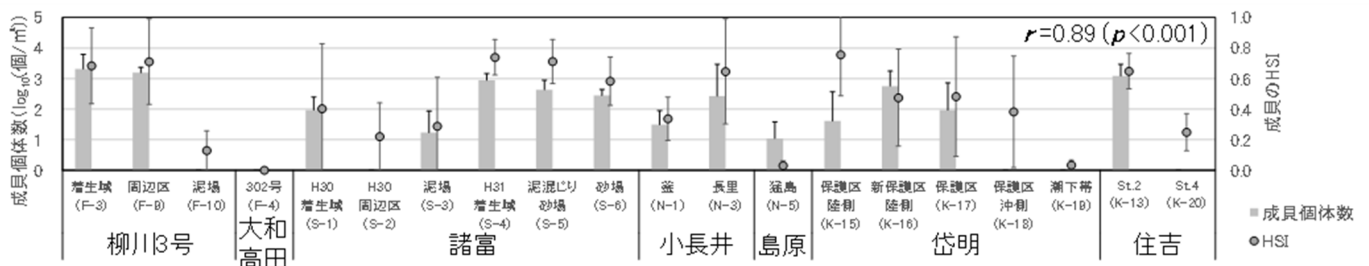
[補足説明]

本事業では、各実験場所のアサリの生息場所としての適性を図 9.3-4 に示すとおり、HSI を用いて評価を行った。この HSI は、シルト粘土分、強熱減量、COD、硫化物、中央粒径、含水率を評価項目とする SI モデルにより算出されている。

この HSI の精度向上を図るため、HSI の算出に利用した評価項目である中央粒径の SI を変更(0.5mm 以上)するとともに、水温及び低塩分が出現した時間の SI、地盤高や底面摩擦速度の SI を追加した。さらに、それぞれの SI について、様々なモデルを検討し、HSI が最適値となるようモデル式の検討を行った。

$$HSI = \min(SI_{\text{強熱減量}}^{1/4}, SI_{\text{COD}}, SI_{\text{硫化物}}^2, SI_{\text{粗砂以上割合}}^{1/3}, SI_{\text{含水率}}^2) \times \min(SI_{\text{水温}}, SI_{\text{低塩分率}}) \times \min(SI_{\text{地盤高}}, SI_{\text{底面摩擦速度}}^{1/2})$$

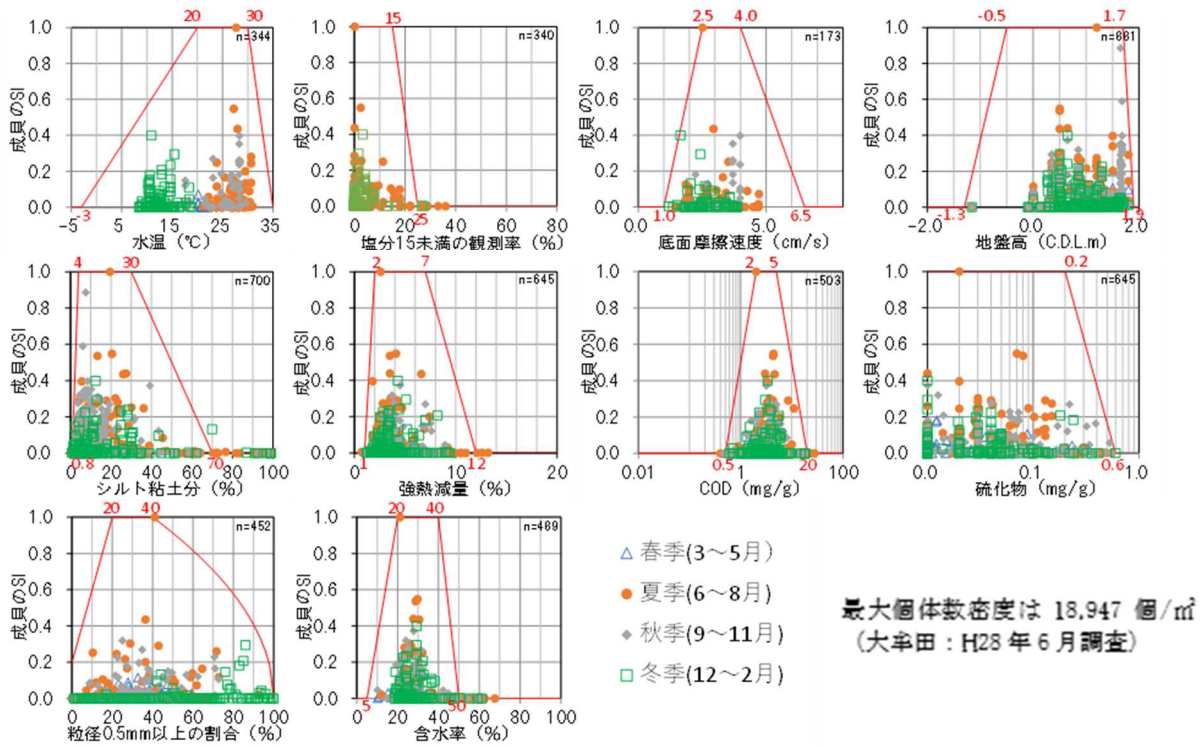
この新たなモデル式による実証実験場所でのアサリ個体数と HSI の関係を図 9.3-5 に示す。このモデル式を利用した結果、平均個体数と HSI の間に高い相関($r=0.89$)が得られた。なお、各項目の SI モデルは図 9.3-6 及び図 9.3-7 に示すとおりである。



※小長井と島原の各地点では底面摩擦速度を算出していないため、SI 底面摩擦速度=1.0 と仮定している。

図 9.3-5 HSI とアサリ成貝分布密度との関係

出典:環境省(2021)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第7回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

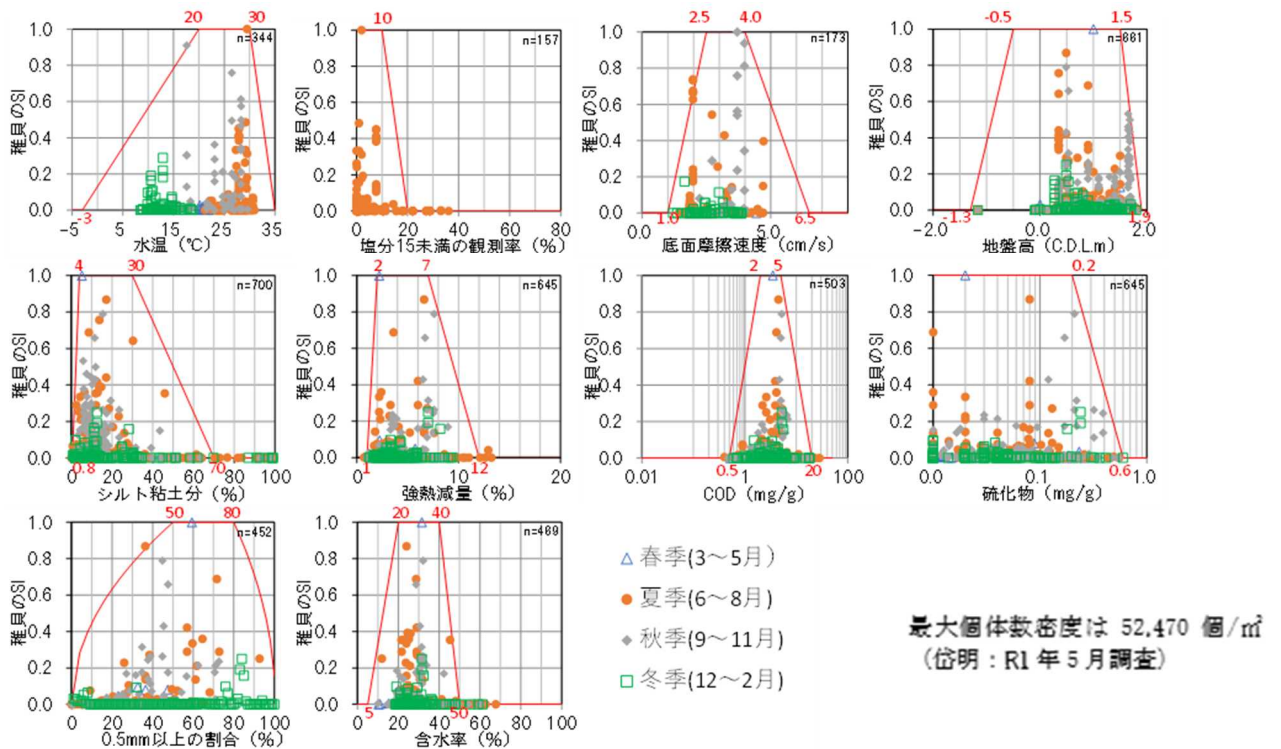


注)2013(平成25)～2017(平成29)年度の18地先(25か所)に、2018(平成30)～2019(平成31)年度の7地先(20か所)を加えたデータ。

図中のnは解析に用いたデータ数を示す。

図 9.3-6 アサリ成貝(殻長15mm以上)の分布密度から得られた各項目のSIモデル

出典:環境省(2021)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第7回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」



注)2013(平成25)～2017(平成29)年度の18地先(25か所)に、2018(平成30)～2019(平成31)年度の7地先(20か所)を加えたデータ。図中のnは解析に用いたデータ数を示す。

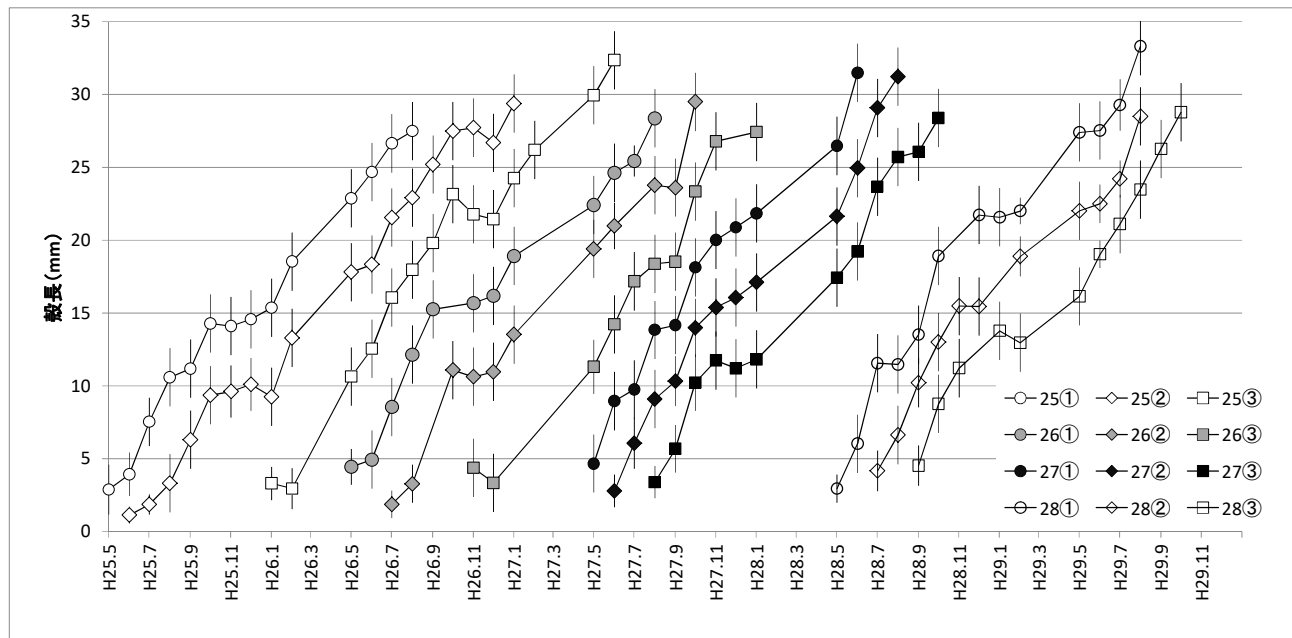
図 9.3-7 アサリ稚貝(殻長1～15mm)の分布密度から得られた各項目のSIモデル

出典:環境省(2021)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第7回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

(3) アサリの成長量の検討(全調査点の殻長組成の平均値による検討)

全地先の殻長組成平均値から求めた成長曲線を図 9.3-8 に示す。

各年度の殻長 5mm 以下の発生群を追跡調査した結果、1 年間で約 20mm (17.2~24.4mm) の成長が確認された。



参考文献:一般社団法人マリノフォーラム 21 ほか(2018)「平成 29 年度 各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業 報告書」

図 9.3-8 全地先の殻長組成平均値から求めた成長曲線

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」

(4) 各地先のアサリ成長量と環境因子との関係

アサリ成長量と環境因子との関係は表 9.3-3 に示すとおりである。また、成長量と平均個体数及び夏季平均濁度との関係は図 9.3-9 に示すとおりである。

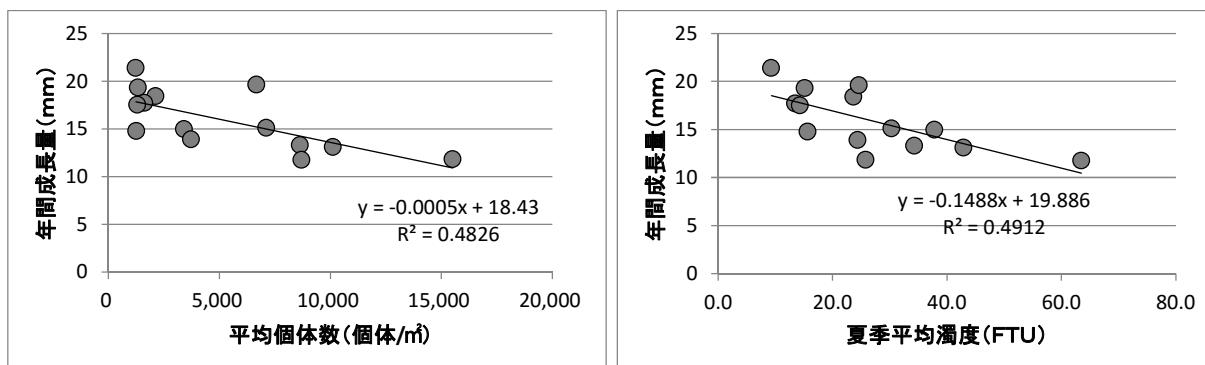
平均個体数の多い地先では成長が遅い傾向にあり、また、濁度の高い地先でも成長が遅い傾向がみられた。

表 9.3-3 アサリ成長量と環境因子との関係

項目	平均 個体数	クロロフィルa		濁度		水温		塩分		平均流速	
		夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
相関係数	-0.69	0.27	0.32	-0.70	0.16	0.47	0.04	0.22	0.07	0.13	0.10

参考文献:一般社団法人マリノフォーラム 21 ほか(2018)「平成 29 年度 各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業 報告書」

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」



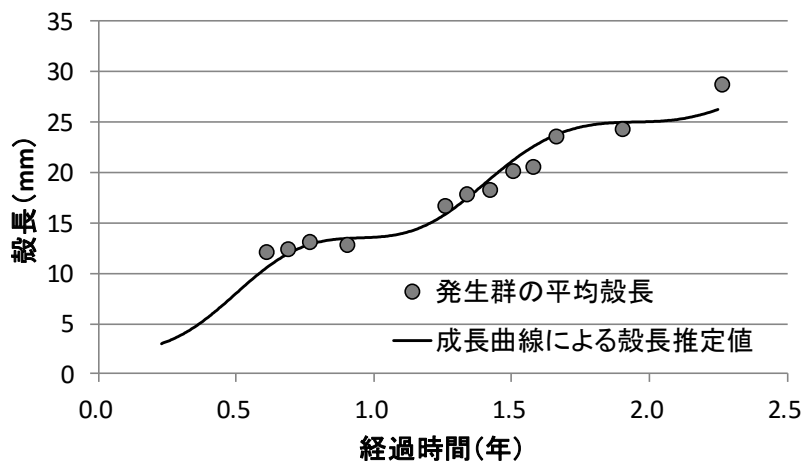
参考文献:一般社団法人マリノフォーラム 21 ほか(2018)「平成 29 年度 各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業 報告書」

図 9.3-9 成長量と平均個体数及び夏季平均濁度の関係

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」

(5) アサリ成長量の検討(住吉地先着生区での回帰例)

アサリが高密度に着底している漁場である住吉地先着生区におけるアサリ成長量は図 9.3-10 に示すとおりである。住吉地先(着生区)では、約 1 年半で殻長 20mm、約 2 年半で漁獲サイズの 30mm に成長している。この結果からアサリが高密度に着生している漁場では、アサリの成長が遅れていることを考察した。



参考文献:一般社団法人マリノフォーラム 21 ほか(2018)「平成 29 年度 各地域の特性に応じた有明海の漁場環境改善実証事業 報告書」

図 9.3-10 住吉地先着生区におけるアサリ成長量

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」

10. その他二枚貝類

10.1 アゲマキ資源再生の取組

アゲマキ *Sinonovacula constricta* は、国内で有明海と八代海のみに生息する固有種の二枚貝で、泥干潟の上部に殻の長さの7～8倍もある巣穴を掘って、その中で生活している。産卵期は9月下旬～11月上旬、盛期は10月上旬～中旬頃である。他の二枚貝同様に雌雄異体で、海水中で体外受精後にふ化し、浮遊幼生となる。この浮遊幼生が海中を漂う期間は他の貝類と比較すると短く(6日間前後)、殻長0.22mm前後で、底生生活を開始する。主な生息域は佐賀県から福岡県にかけてのA1海域となっている。

佐賀県内でのアゲマキ漁獲量の推移を図10.1-1示した。佐賀県沿岸において1909(明治42)年に漁獲量1万4千tを記録したが、1920(大正9)年後半以降は1千t未満に減少した。1988(昭和63)年に約700tの漁獲がみられたが、その年の8～9月に湾奥西部及び中部の養殖場で大量のへい死がはじまり、約1ヶ月で漁場全域に、約3年で湾東部まで拡大し、カキ礁内部や河口感潮帯の天然個体群も含めて資源が消滅し¹⁾、1994(平成6)年以降ほとんど漁獲がみられなくなった。養殖行為として造成された漁場が天然のアゲマキの生息に適していない地盤高の低い場所が多く、過大成長による生理的な失調¹⁾が発生した可能性や、へい死個体からビルナウイルスの一種が検出されたことから感染症も疑われたが²⁾、現在までのところ、へい死原因を特定するに至っていない。

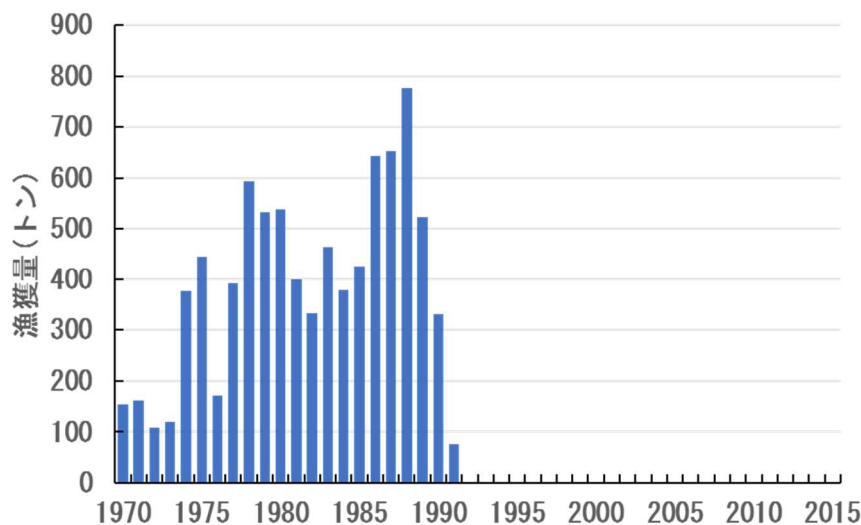


図 10.1-1 アゲマキの漁獲量の推移

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」

10.1.1 アゲマキ人工種苗生産の技術開発および放流

1994(平成6)年以降ほとんど漁獲がみられなくなったことから、佐賀県では1996(平成8)年から人工種苗生産の技術開発に、2003(平成13)年から人工稚貝の放流技術開発に着手し、2009(平成21)年から年間100万個体前後、累計で1,000万個体以上の稚貝を生産・放流し、母貝団地の造成に取り組んでいる。また、2018(平成30)年度からは福岡県内にも人工種苗生産された稚貝を移植あるいは放流し、母貝団地を造成している。母貝団地造成を軸としたアゲ

マキ資源回復の概念図を図 10.1-2 に、具体的なアゲマキ人工稚貝の放流(母貝団地造成)場所を図 10.1-3 に示した。

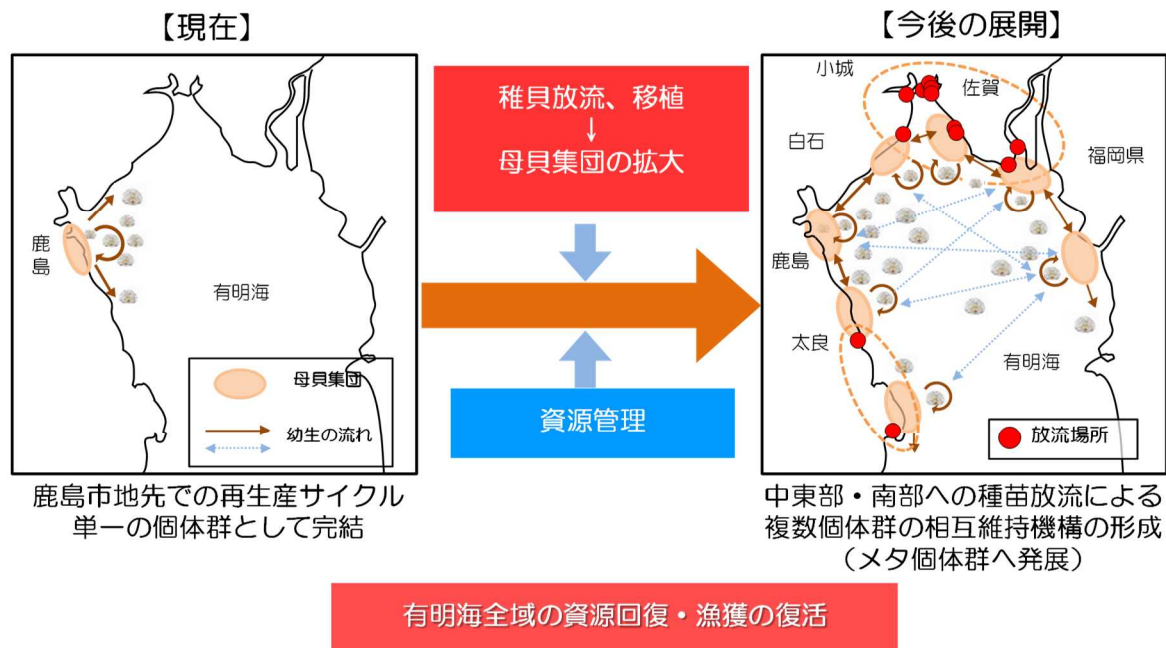


図 10.1-2 アゲマキ母貝団地造成による資源回復の概念図

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」

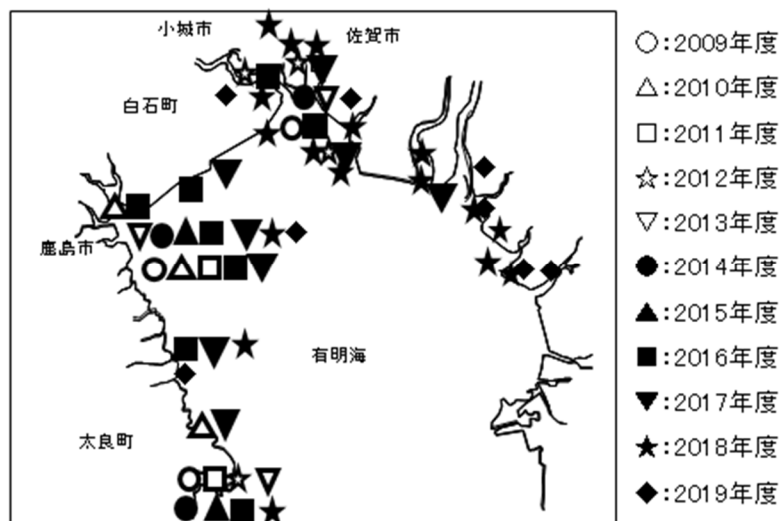


図 10.1-3 放流(母貝団地造成)場所

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」

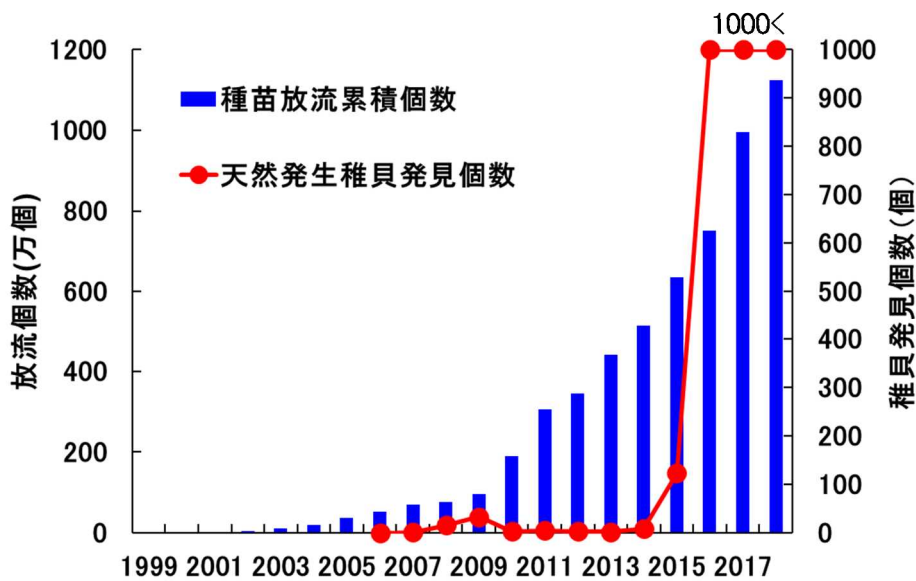
10.1.2 アゲマキ放流後の資源量の変化

アゲマキ人工種苗の累計放流個数及び現地調査による天然稚貝発見個数を図 10.1-4 に示した。人工種苗を継続して放流してきた結果、放流貝から生まれ母貝団地の周辺に定着したと思われる天然稚貝が確認されるようになった。その発見個数については、2015(平成 27)年に

100 個体を超え、特に 2016(平成 28)年には 1,000 個体以上となった。アゲマキの発見地点及び 1 地点あたりの発見個数について図 10.1-5 に示した。アゲマキは 2008(平成 20)年以降、主に浜及び七浦地先で確認され、2010(平成 22)年以降は六角川以東でも確認されるようになった。浜・七浦周辺では、2008(平成 20)年～2010(平成 22)年に 1 地点あたり最大 28 個発見され、その後一旦は数個しか確認できないレベルに減少したものの、2015(平成 27)年には 1 地点あたり 100 個を超え、2016(平成 28)年には 500 個を超えるなど、急激な資源の増加が確認された。こうした資源の増加により、2018(平成 30)年 6 月に一部漁場において期間や人数等を制限したうえで、22 年ぶりにアゲマキ漁が再開され、824kg が漁獲・出荷された。

アゲマキは 22 年間漁獲報告がなかったが、人工種苗の放流により、資源の回復がみられた。このことから、1994(平成 6)年以降の資源の減少は、親貝資源の減少による資源の再生産サイクルの縮小が一つの要因であったと推定される。

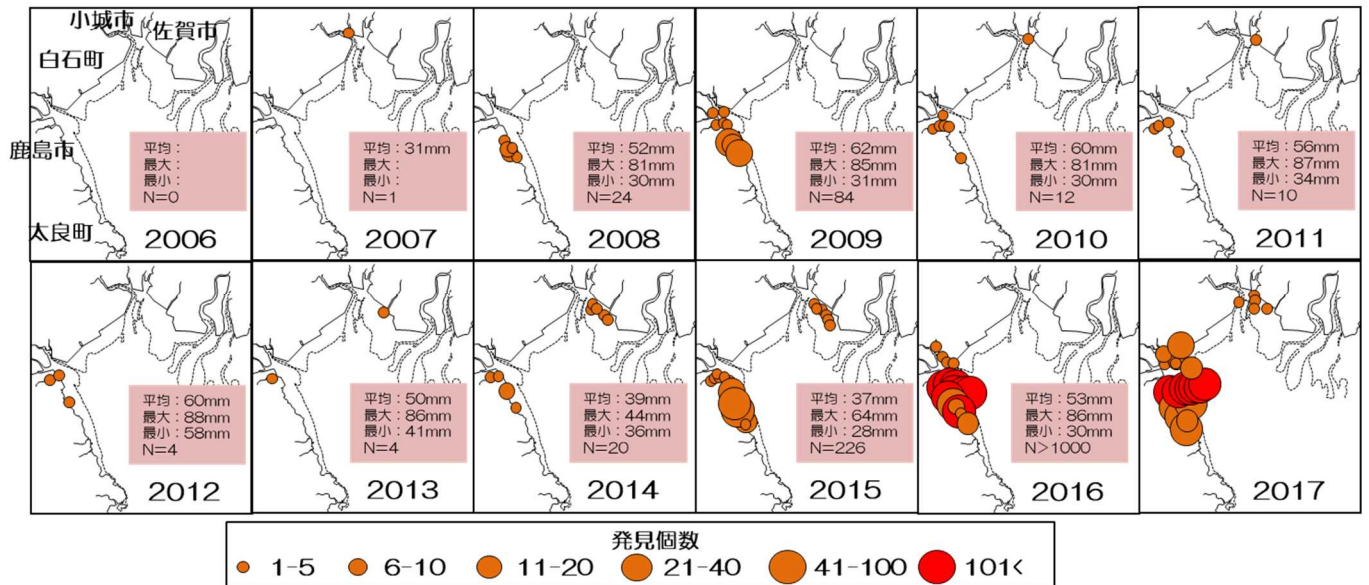
なお、2019(平成 31)年の冬期に、少雨による高塩分が原因とみられるへい死がみられ、生息範囲が縮小した結果(図 10.1-6)、2019(令和元)年のアゲマキ漁は見送りとなった。さらに、2020(令和 2)年の豪雨による生息域の低塩分でも大量死が発生し、回復途上にあった資源が大幅に減少した。今後もアゲマキの資源回復を目指し、稚貝の大量放流による母貝団地の造成を行うとともに、減耗の原因となる高塩分や低塩分を避ける放流手法・生息環境適地の評価について検討する必要がある。



参考文献: 佃ほか(2017)「佐賀県有明水産振興センター研究報告」, 第 28 号, 47-49

図 10.1-4 累計放流個数と天然稚貝発見個数

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」



参考文献: 佃ほか(2017)「佐賀県有明水産振興センター研究報告」, 第28号, 47-49

図 10.1-5 天然アゲマキ発見個数の推移

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

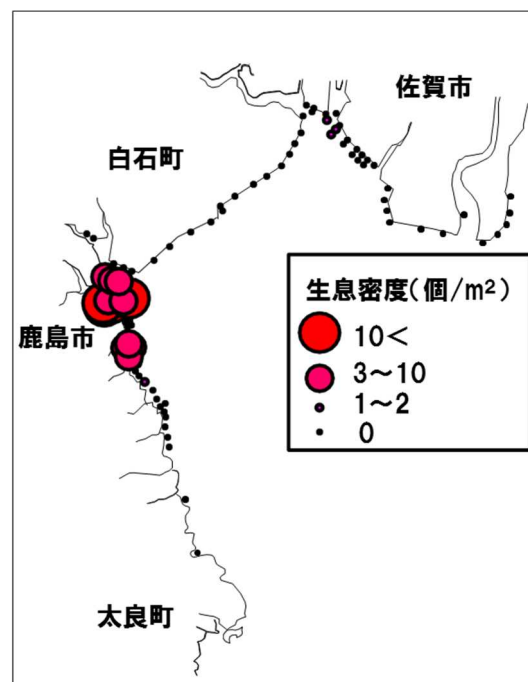


図 10.1-6 アゲマキ生息状況調査の結果(2019(平成31)年2~3月)

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」

参考文献

- 1) 吉本宗央(1998): 有明海湾奥部におけるアゲマキ資源の変動. 水産海洋研究, 第62号, pp. 121-125.
- 2) Satoru Suzuki, Takuji Nakata, Maki Kamakura, Muneo Yoshimoto, Ysuhisa Furukawa, Yasuo Yamashita, Riichi Kusuda (1997): Isolation of birnavirus from Agemaki (Jack Knife Clam) *Sinonovacula constricta* and survey of the virus using PCR technique, Fisheries Science, Vol.63 No. 4, pp. 563-566.
- 3) 佃政則, 神崎博幸, 津城啓子, 福元亨, 梅田智樹, 荒巻裕, 伊藤史郎(2017): 佐賀県有明海沿岸におけるアゲマキ分布の変遷. 佐賀県有明水産振興センター研究報告, 第28号, pp. 47-49.

10.2 ウミタケ

ウミタケ *Barnea dilatata* の生息は、今日では有明海に限られる。有明海では、主に筑後川、早津江川の河口に近い干潟域から水深約 10m 付近の砂泥質域に生息している。水管が非常に発達しており、海底では殻から長く伸びた水管を通じて摂餌や呼吸を行っている。産卵期は春期、秋期の 2 回みられ、秋の方が主な産卵時期であると推定されている。

10.2.1 ウミタケ着底促進漁場の造成

ウミタケの資源の減少により、佐賀県では 2007(平成 19)年から休漁となっている。その後の調査により、ウミタケは浮遊幼生のステージまでは認められるものの¹⁾、操業が再開されるほどのウミタケの発生がみられなかったことから、浮遊幼生の着底及びその後の生息環境に何らかの問題がある可能性が考えられた。そこで、2016(平成 28)年に図 10.2-1 に示した早津江川沖合に浚渫・盛土による着底促進漁場を試験的に造成し、底質改善が行われた。その結果、造成漁場において天然のウミタケが高密度に定着し、2017(平成 29)年には、試験操業が実施され、約 190 kg が漁獲された。

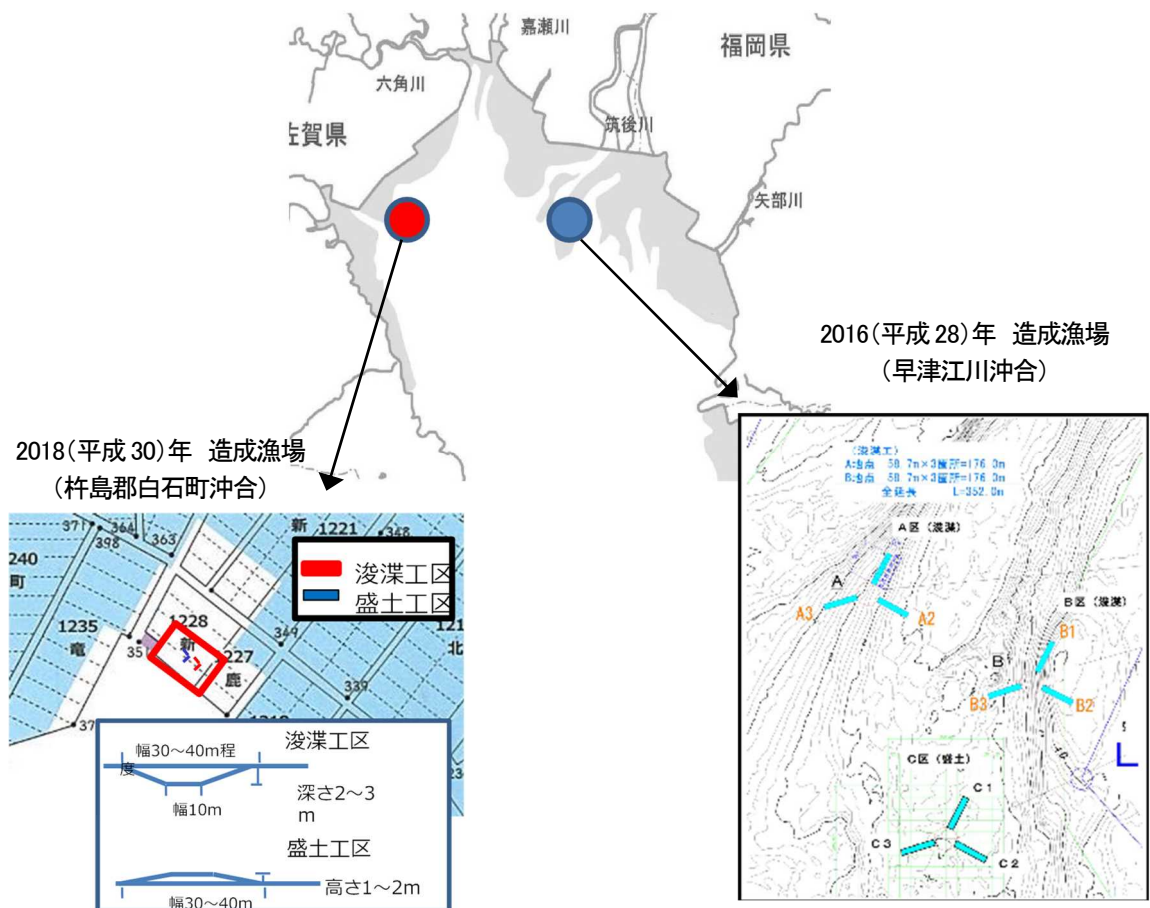


図 10.2-1 着底促進漁場位置

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」

10.2.2 ウミタケ着底促進漁場の造成と人工種苗の放流

佐賀県では、2018(平成 30)年には杵島郡白石町沖合にも試験漁場を造成するとともに、人工種苗生産による稚貝の放流を実施した。2018(平成 30)年は、2016(平成 28)年度造成漁場に 75 千個、2019(令和元)年は、2016(平成 28)年度造成漁場に 93 千個、2018(平成 30)年度造成漁場に 93 千個、合計 186 千個の稚貝を放流した。

2018(平成 30)年、2019(令和元)年に造成漁場周辺の天然漁場において、試験操業を実施した結果、2018(平成 30)年は約 260 kg、2019(令和元)年は約 1,500 kg が漁獲された。造成漁場のウミタケが母貝となって浮遊幼生を供給することで、周辺の天然漁場に生息が拡大したものと考えられる。

底質改善を行った漁場近傍に親貝資源が見つからない状況の中、造成漁場にウミタケの着底がみられたのは、ウミタケ幼生の浮遊期間が、室内飼育試験の結果からおよそ 40 日間前後であることから²⁾、他地域から浮遊幼生が早津江川河口域に供給されたと考えられる¹⁾。

浚渫や盛土を行うことで、海底地形に変化を生み、また底質が改善されたことが、ウミタケの着底やその後の生残に良い影響をもたらしたと推定される。いずれにしても、ウミタケ浮遊幼生の着底条件と底質環境との関係について、さらなるデータの蓄積が必要であろう。一方で、豪雨の影響等もあり、2020(令和 2)年のウミタケ推定生息個数が減少したことから、試験操業は見送られており、安定的な種苗生産技術を開発するとともに、これまで造成した漁場や周辺海域において、浮遊幼生や稚貝の発生量調査を行い、資源造成効果を継続して調査する必要がある。

参考文献

- 1) 田 政則, 江口勝久, 伊藤史郎(2017): 早津江川河口域におけるウミタケ浮遊幼生量と稚貝発生量との関係, 佐賀県有明水産振興センター 研究報告, 第 28 号, pp. 85-87.
- 2) 伊藤史郎, 津城啓子, 山口忠則, 大隈 斉, 川原逸朗(2003): ウミタケの 浮遊幼生と稚貝飼育. 佐賀有明水振七研報, 第 21 号, pp. 71-80.

11. エイ類等の食害生物の駆除・食害防止策

11.1 ナルトビエイ来遊量調査

水産有用二枚貝類への影響を把握するために、有明海沿岸4県(福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県)、水産庁、農村振興局が連携して、水産有用二枚貝類を捕食するナルトビエイの摂餌状況等の調査を実施している。

11.1.1 調査の内容、方法

ナルトビエイを捕獲し、個体数、体盤長、湿重量、胃内容物の調査を実施した。調査期間、調査項目を以下に示す。

- ・調査期間:2006(平成18)年度～2019(令和元)年度 概ね4月下旬～11月
- ・調査項目:隻数、網入れ地点・回数、ナルトビエイの個体数、体盤長、湿重量、胃内容物(胃内容物については、2009(平成21)～2017(平成29)年度)

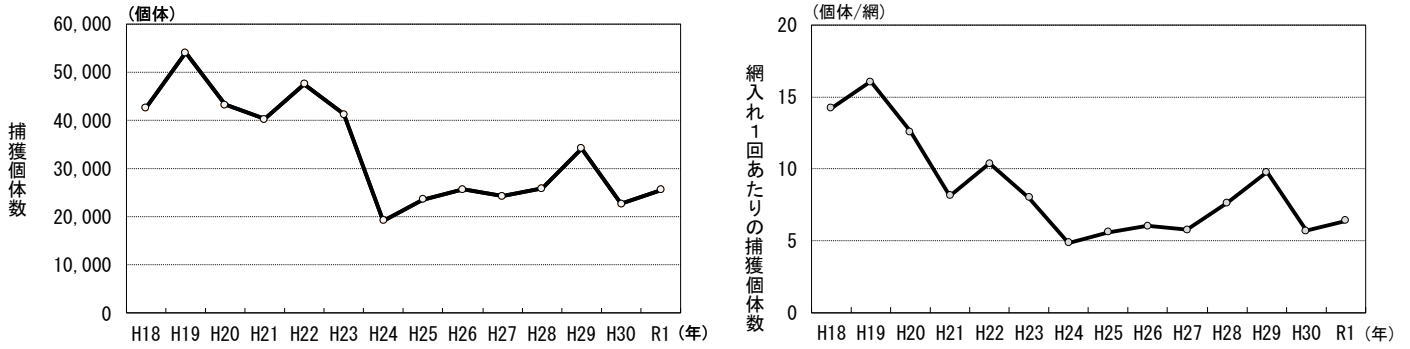
11.1.2 ナルトビエイの捕獲状況、推定来遊量

ナルトビエイの捕獲個体数は、2008(平成20)～2011(平成23)年度は約4万個体(約400t)であり、2012(平成24)年度は約2万個体(200t)に減少し、以降、横ばい傾向にある(図11.1-1)。また、ナルトビエイの来遊量と関係性が強い CPUE^{※1}も、捕獲個体数と概ね同様の傾向にある(図11.1-1)。

DOIRAP法^{※2}によるナルトビエイの推定来遊量は、2008(平成20)～2010(平成22)年度には40～50万個体であり、2011(平成23)年度以降は減少し、2012(平成24)年度以降は概ね10～20万個体で推移している(図11.1-2)。

※1:CPUE(Catch Per Unit Effort):1網当たり(一定努力量当たり)の捕獲数

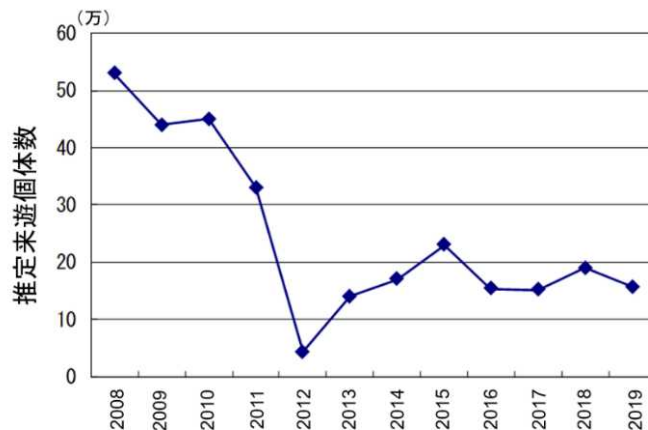
※2:DOIRAP法:捕獲されたナルトビエイのサイズデータをもとに、年齢構成、寿命、生残率、産仔数などの生態情報を加味して、年齢別の来遊量を推定する方法



注)1.2006(平成18)年:農政局調査+県単捕獲事業の集計値
 2.2007(平成19)年~2019(令和元年):農政局調査+県単捕獲事業+水産庁捕獲事業の集計値
 3.捕獲個体数:ナルトビエイ以外の一部の食害生物を含んでいる可能性有
 4.平成28年度委員会報告はサンプル数の少ない標本船調査のみによるCPUEを示しており、同じ年度であっても本調査結果と数字が異なることに留意

図 11.1-1 有明海におけるナルトビエイの捕獲個体数(左)及び1操業あたりのナルトビエイ捕獲数(CPUE、右)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」



注) 2018(平成30)年度は体盤幅、生残率、混獲率、令和元年度は生残率、混獲率の調査を実施していないため、2015(平成27)~2017(平成29)年度の3カ年の平均値を使用してDOIRAP法で推定した。

図 11.1-2 ナルトビエイ推定来遊個体数の経年変化(DOIRAP法)

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」

ナルトビエイの成長段階別の胃内容物の組成比率は表 11.1-1 に示すとおりである。ナルトビエイの胃内容物組成からは、アサリ、サルボウ、タイラギなどの水産有用二枚貝類に一定の被害を及ぼしていることが確認できた。なお、胃内容物中にタイラギが確認された調査年度は、2009(平成21)、2011(平成23)、2015(平成27)年度の3カ年のみでごくまれであった。1日の摂餌量は、各個体の体重に占める胃内容物重量の割合で0歳は0.9%、19歳は0.2%であり、大型になるほど低下する傾向にあった。

表 11.1-1 ナルトビエイの成長段階別の胃内容物の組成

成長段階	調査年度	水産有用二枚貝類(%)				カキ(%)	その他の二枚貝(%)	巻貝(%)	その他(%)	個体数(n)	平均体盤幅(cm)
		アサリ	サルボウ	タイラギ	小計						
幼魚	2009	5.6	16.7	0.0	22.3	0.0	18.9	53.6	5.1	30	48
	2010	7.3	7.1	0.0	14.4	0.0	33.0	41.8	10.8	41	43
	2011	8.2	34.6	0.0	42.8	0.0	16.3	34.8	6.1	49	46
	2012	1.7	0.0	0.0	1.7	0.0	17.6	61.0	19.6	59	44
	2013	4.5	70.9	0.0	75.4	0.8	11.3	5.0	7.6	40	48
	2014	43.0	3.4	0.0	46.4	0.0	42.7	8.6	2.4	35	42
	2015	21.0	12.9	0.0	33.9	0.0	32.4	26.2	7.5	29	45
	2016	0.0	62.4	0.0	62.4	0.0	0.0	25.0	12.6	8	48
	2017	0.0	2.9	0.0	2.9	0.0	34.3	30.9	23.5	35	44
平均	10.1	23.4	0.0	33.6	0.1	22.9	31.9	10.6	—	—	
未成魚	2009	19.4	36.8	3.0	59.2	8.8	21.4	0.0	10.7	67	72
	2010	42.6	14.3	0.0	56.9	0.0	17.0	5.7	20.4	58	72
	2011	20.5	58.8	0.3	79.6	9.3	6.2	2.8	2.1	64	69
	2012	31.1	9.1	0.0	40.2	30.4	14.7	14.6	0.1	55	69
	2013	5.9	56.6	0.0	62.5	13.3	22.8	0.0	1.4	72	68
	2014	42.2	40.0	0.0	82.2	12.2	3.9	0.0	1.7	72	72
	2015	19.5	13.9	0.0	33.4	21.5	25.6	13.9	5.6	36	72
	2016	4.6	62.0	0.0	66.6	6.2	14.7	8.2	4.4	25	71
	2017	14.5	29.8	0.0	44.2	21.2	28.6	0.2	1.8	26	71
平均	22.2	35.7	0.4	58.3	13.7	17.2	5.0	5.3	—	—	
雄成魚	2009	22.9	43.0	0.0	65.9	1.2	32.9	0.0	0.0	9	88
	2010	44.4	28.1	0.0	72.5	0.0	9.1	9.1	9.3	11	87
	2011	3.7	67.8	0.0	71.5	8.8	5.6	0.0	14.0	27	87
	2012	1.4	11.4	0.0	12.8	77.2	10.0	0.0	0.0	10	82
	2013	0.0	66.7	0.0	66.7	11.1	22.2	0.0	0.0	9	83
	2014	7.7	75.9	0.0	83.6	9.4	6.3	0.2	0.5	32	86
	2015	14.3	14.8	0.0	29.0	27.6	42.4	0.0	0.9	14	87
	2016	0.0	42.5	0.0	42.5	23.2	32.6	1.4	0.3	12	86
	2017	0.0	25.1	0.0	25.1	37.3	36.7	0.0	0.9	8	85
平均	10.5	41.7	0.0	52.2	21.8	22.0	1.2	2.9	—	—	
雌成魚	2009	0.0	29.1	18.9	48.0	23.6	7.0	0.0	21.4	15	111
	2010	57.2	21.5	0.0	78.7	15.9	0.2	0.8	4.5	12	103
	2011	7.7	43.0	0.0	50.7	41.1	0.0	1.0	7.2	12	112
	2012	7.1	11.4	0.0	18.6	67.2	0.0	7.1	7.0	14	108
	2013	0.0	83.4	0.0	83.4	16.6	0.0	0.0	0.0	12	110
	2014	0.0	60.8	0.0	60.8	26.3	8.7	4.0	0.1	23	109
	2015	0.1	5.1	15.3	20.5	56.0	16.6	6.3	0.7	16	105
	2016	0.0	1.1	0.0	1.1	78.6	20.0	0.0	0.3	5	101
	2017	0.0	9.9	0.0	9.9	48.9	28.5	3.9	8.8	10	120
平均	8.0	29.5	3.8	41.3	41.6	9.0	2.6	5.6	—	—	

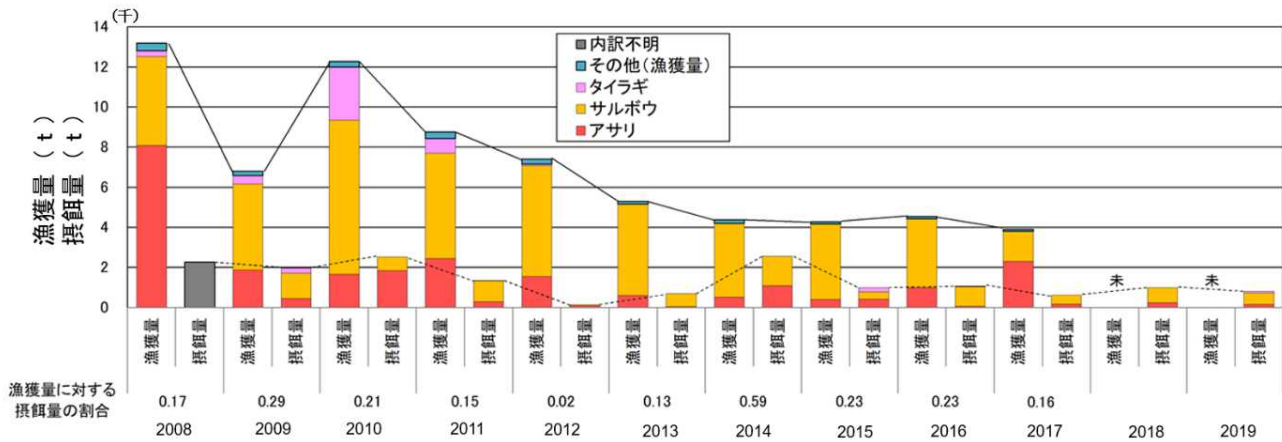
注)1.幼魚:体盤55cm未満、未成魚:体盤55~80cmの雄と体盤55~94cmの雌、成魚:体盤80cm以上の雄と体盤94cm以上の雌

2.表中の赤マスは50%以上、淡赤は20%以上を示す。

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」

11.1.3 ナルトビエイの摂餌量の推定

2008(平成 20)年度から 2019(令和元)年度までの、有明海における水産有用二枚貝類漁獲量と調査結果に基づくナルトビエイの摂餌量の経年変化を図 11.1-3 に示す。胃内容物組成と量、推定来遊量から推定した水産有用二枚貝類の摂餌量は 2008(平成 20)～2010(平成 22)年度の 2,000～2,500t から、2012(平成 24)年度の 200t 以下に減少したが、2013(平成 25)年度以降は 1,000t 程度で横ばいの状況にある。ナルトビエイの摂餌量の大半を占めるサルボウは漁場外での摂餌も見られるとの研究成果があるものの、ナルトビエイの水産有用二枚貝類の摂餌量は漁獲量の 13～59%に相当し、漁獲量が年々減少している水産有用二枚貝類にとって、その摂餌の影響は小さくないといえる。



注) 1. 漁獲量データは『九州農林水産統計年報(九州農政局統計部)』より抜粋

2. 2008(平成 20)年度は胃内容物調査を実施していないため内訳は不明

3. 2018(平成 30)年度、2019(令和元)年度は胃内容物調査を実施していないため、2015(平成 27)～2017(平成 29)年度の3カ年の平均値を使用して摂餌量に占める水産有用二枚貝類の比率を算出した。

図 11.1-3 水産有用二枚貝類漁獲量とナルトビエイによる摂餌量の経年変化

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」

11.2 ナルトビエイ以外の小型捕食者による食害

環境省では、ナルトビエイよりも小型の動物の捕食によってタイラギ移植個体の生残率がどの程度減少するか、また、その対策をどう講じるかについて検討した。まず、2017(平成 29)年度にどの程度の目開きのケージによってタイラギ移植個体を保護すれば、生残率を高く保てるかを試験した。次に、2018(平成 30)年度に、タイラギ移植個体の生残率の時系列変動様式が小型捕食動物からの保護の有無に応じてどのように変化するかを試験し、あわせて、タイラギ捕食の可能性の高い小型動物を水中カメラで撮影した。

11.2.1 調査の内容・方法

有明海における浮遊幼生ネットワークの形成においては、湾奥部だけでなく中南部における母貝団地も必要となりうることから、図 11.2-1 に示した湾奥の 3 定点(大牟田、沖神瀬西、野崎干潟)と中南部の 2 定点(三会、爛場島)を試験海域として設定した。2017(平成 29)年度には大牟田と三会で試験し、2018(平成 30)年度には全定点で試験した。各定点の緯度・経度と水深は表 11.2-1 に示すとおりである。



図 11.2-1 移植試験の定点

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」

表 11.2-1 定点の位置と水深

定点	北緯 (°)	東経 (°)	水深 (m)
大牟田	33.02933	130.36556	10.0
沖神瀬西	33.06250	130.22167	12.7
野崎干潟	32.97768	130.21942	2.2
三会	32.82721	130.36246	13.5
爛場島	32.77361	130.37953	9.3

野崎干潟は潮間帯、他定点は潮下帯に位置する。

(1) 保護ケージの目開きによるタイラギ移植個体の生残率の変化(2017(平成 29)年度)

小型捕食者に対する目開きの検討:底面50cm×50cm、高さ30cmの箱型のステンレス製ケージ(上面と側面はステンレス製メッシュ、底面は空洞)を大牟田と三会に3つずつ潜水士が設置した。各ケージを高さが半分(15cm)になるように海底に埋め込んだ。各定点における3ケージの目開きは1、2、3cmの3種類である。

設置日は2017(平成 29)年8月18-19日にかけて実施したが、大牟田の3cm目開きのケージのみ2017(平成 29)年8月30日とした。

各ケージの内部にタイラギ人工種苗 1 才貝(殻長の平均±標準偏差:9.7±1.7cm)を 14 個体ずつ移植した。この人工種苗は前年度に有明産親貝から生産されたものである。

各ケージを約 2 週間間隔でダイバーが清掃した。これらのケージと内部の生残個体を 2017(平成 29)年 10 月 26-27 日に回収した。各ケージについてタイラギの生残率を計算し、さらにこの値を移植日数の代表値(69 日間)における生残率へと補正し、目開きや定点間の比較検討を行った。

(2) タイラギ移植個体の生残率の時系列変動と捕食性小型動物の観察(2018(平成 30)年度)

定点(大牟田、沖神瀬西、野崎干潟、三会、爛場島)に 2 タイプのケージを 3 個ずつ設置し、内部にタイラギ人工種苗 1 才貝を 20 個体ずつ移植した。移植時の殻長は 9.4±0.9 cm(平均±標準偏差)であった。

これらの定点に設置したケージは、図 11.2-2 のステンレス製の「保護ケージ」とネットロンネット製の「低保護ケージ」である。各ケージの形状は、2017(平成 29)年度のケージと同様に底面 50cm×50cm、高さ 30cm の箱型である。これらのケージの底面は空洞で原地盤の底質となっており、側面と上面は目開き 1.5cm であり、2017(平成 29)年度の試験結果から捕食性の小型動物の侵入を完全に防ぎ、かつタイラギの生残率に負の影響を与えない目開きである。低保護ケージでは、上面を目開き 11.5cm のネットに交換した。11.5cm の目開きは多くの小型動物の侵入がみられるものの、ナルトビエイなど大型のエイ類の侵入を防ぐと考えられる目開き(熊本県水産研究センター,2017)として設定した。



図 11.2-2 保護ケージ(左)と低保護ケージ(右)

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」

これらのケージに 2018(平成 30)年 5 月 31 日～6 月 6 日にタイラギ人工種苗を 20 個体ずつ移植した。移植の直後に各ケージに 1.5cm 目開きの蓋をした。移植したタイラギが自ら底質に潜り込んで固着するまでの馴致として、移植したタイラギを約 2 週間そのままにしたのち、低保護ケージだけに 2 週間後に蓋の目開きを 1.5cm から 11.5cm へと拡大し、観察を開始した。各ケージは 2 週間ごとに潜水土が清掃するとともに、各ケージ内部の底質を潜水土が触診することで、人工貝の生残個体を計数した。2018(平成 30)年 10 月 16～26 日にかけてケージ内の全

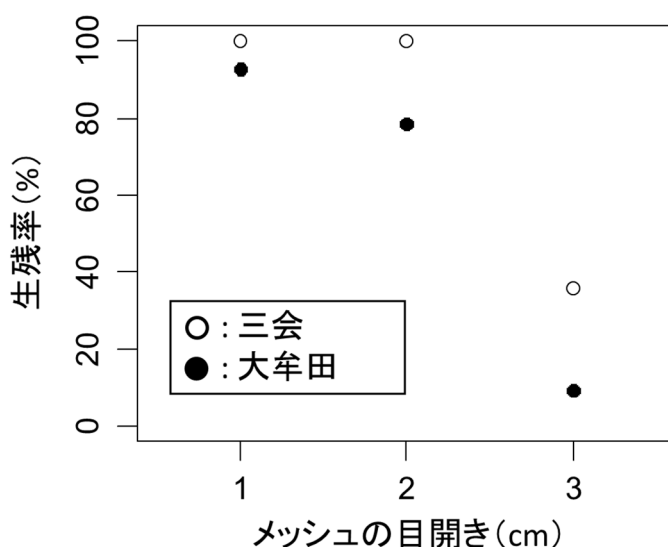
個体を回収し、最終生残個体を計数した。この最終日の生残個体数から移植期間中の生残率を計算し、移植日数の代表値(135日間)で補正した。

低保護ケージの蓋の目開きを拡大した日に、タイムラプスカメラ(Brinno TLC200Pro)を低保護ケージ1つの前に約50cmの距離を離して設置し、5:00~20:00の時間帯に20秒間隔で撮影した。各定点についてカメラ設置の翌日から数えて8~12日分の画像を解析し、ケージ周辺に出現した生物種と個体数を計数した。

11.2.2 調査結果

(1) 保護ケージの目開きによるタイラギ移植個体の生残率の変化(2017(平成29)年度)

大牟田と三会の各定点におけるタイラギ移植個体の生残率(69日あたり補正值)は、1-2cmの目開きのケージでは79~100%と高かった一方、3cm目開きのケージでは9-36%と低かった(図11.2-3)。



注)タイラギ移植個体の生残率と、ケージのメッシュの目開きとの対応を示した。生残率は69日間あたりに補正した値。

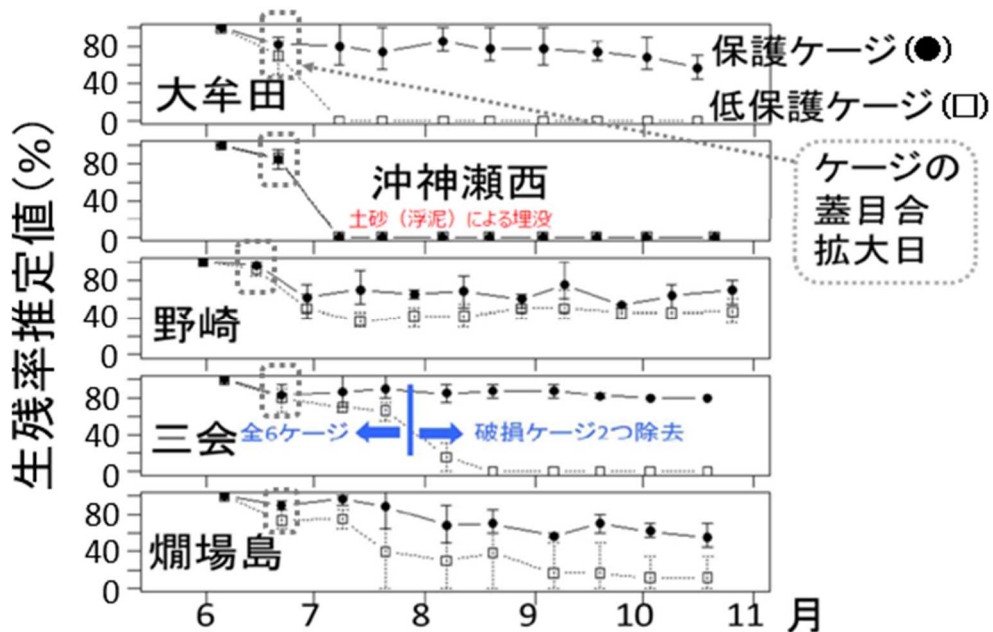
図 11.2-3 2017(平成29)年度の移植実験結果

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) タイラギ移植個体の生残率の時系列変動と捕食性小型動物の観察(2018(平成30)年度)

潜水士によるタイラギ生残推定値(触診による推定値)を図11.2-4に示した。低保護ケージと保護ケージの間での生残率推定値の差は、沖神瀬西を除く各定点で、目開き拡大の調査日以降、広がった。このような差の広がる速度は、大牟田で最も高く、次いで三会・爛場島で顕著であり、野崎干潟では低かった。一方、沖神瀬西では、目開き拡大の調査日から次の調査日にかけて、低保護ケージ・保護ケージともに生残率が0%にまで急減した。調査最終日の回収生残個体数に基づく生残率(135日あたり補正值)に関するケージタイプ間の差は、定点ごとに有意に異なった(混合型ロジスティック回帰におけるケージタイプと定点の交互作用: $p < 0.001$)。同生残率のケージタイプ間の差は、大牟田(保護ケージの平均生残率70%、低保護ケージの平

均生残率 0%)、三会(95%、0%)、爛場島(63%、3%)では有意であり、野崎干潟(86%、64%)、沖神瀬西(0%、0%)では有意でなかった(定点別の混合型ロジスティック回帰におけるケージタイプ効果:有意水準0.05)。



注) 横軸に調査日、縦軸に生残率推定値(潜水土の現場推定に基づく)を示した。各定点、調査日、ケージタイプについて、平均値(●:保護ケージ、□:低保護ケージ)とレンジ(縦棒)を示した。

図 11.2-4 2018(平成 30)年度のタイラギ移植実験の結果

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」

水中カメラで撮影された小型動物について、出現率(当該生物の記録された写真の枚数÷全ての写真の枚数)を表 11.2-2 に示した。出現率が相対的に高い種を定点別に整理すると、大牟田ではアカニシ(12.9%)とイシガニ(3.6%)、沖神瀬西ではイシガニ(0.4%)、野崎干潟ではイシガニ(5.3%)、三会ではタコ類(0.11%)、爛場島ではタコ類(0.31%)とアカニシ(0.18%)となった。エイ類は三会だけで記録され、その出現率は低かった(0.0044%)。なお、沖神瀬西では、設置日から9日目(2018(平成30)年6月29日)に水中カメラが横転し、泥に埋没した。これ以降の各調査日において、潜水土が定規により測定した泥の厚み(最初にケージを設置した海底の表面と、泥の表面との距離)の中央値は、沖神瀬西では38cm、他の定点では0.5cm～5.0cmだった。沖神瀬西ではすべてのケージが急激な泥の堆積によって埋没したことにより全タイラギ個体が死亡していたが、その原因として、2018(平成30)年6月29日の九州北部での豪雨(120.5mm/日)と強い北風(最大風速:11.4m/秒)が想定される。

表 11.2-2 水中カメラの日中撮影時間における小型捕食者の出現率

定点	アカニシ	タコ類	イシガニ類	エイ類	クロダイ
大牟田	12.9%		3.6%		
沖神瀬西			0.4%		
野崎干潟			5.3%		0.022%
三会		0.11%		0.0044%	0.021%
爛場島	0.18%	0.31%	0.014%		

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」

11.2.3 まとめ

近年のタイラギ減少要因として、ナルトビエイ以外の生物による食害報告も多くみられる。タイラギを摂餌する生物としては、相対的に小型の捕食者(イシガニやガザミ等の大型の甲殻類、イダコやマダコ等の頭足類、アカニシ等の腹足類)が知られている(平成 28 年度委員会報告)。

2017(平成 29)年度と 2018(平成 30)年度の試験結果から、ナルトビエイよりも小型の動物の食害により、殻長約 10cm のタイラギ1才貝の生残率が大きく低下することが考えられた¹⁾。これらの原因生物として、肉食性の巻貝、甲殻類、頭足類の影響が推定された。ただし、タイラギ移植個体に対する小型捕食者ごとの食害率を定量的に評価できていない。また、移植試験は周囲にタイラギが存在しない条件下で人為的に高密度に移植されているため、移植タイラギが集中的な食害を受ける可能性が高く、その影響を過大評価している可能性もあり、有明海全体で評価するには情報不足である。

参考文献

- 1)Kurihara, T., Hashimoto, K., Nakano, S., Matsuyama, Y., Yurimoto, T., Nagasoe, S., Ito, A., Ojima, D., Okamura, K. (2021): Effects of transplant sites and preventive measures against predation on the survival rates of pen shell in the Ariake Sea, Japan, *Plankton and Benthos Research*, Vol. 16, pp. 266-277.

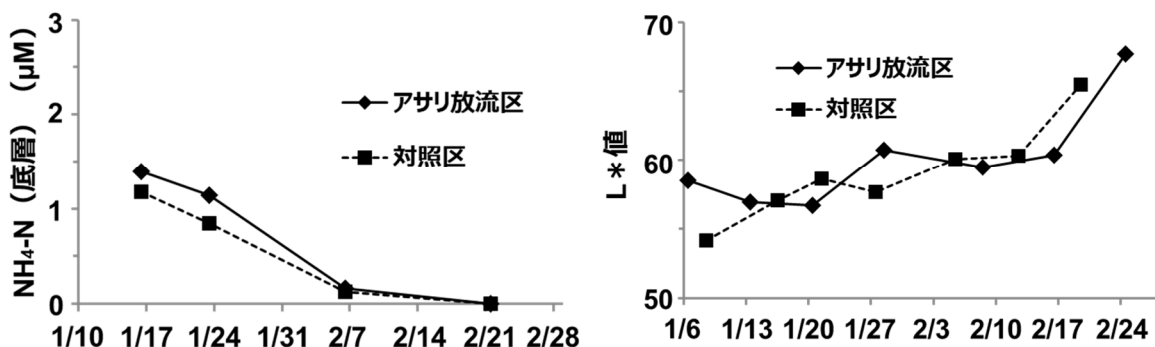
12. 環境負荷の軽減に配慮したノリ色落ち軽減技術の開発

12.1 二枚貝類養殖等を併用したノリ色落ち軽減技術の開発

水産庁では、環境負荷の軽減に配慮したノリ生産のために、福岡県、佐賀県、熊本県とともに、二枚貝類を活用したノリの色落ち軽減技術開発に取り組んだ。有明海及び八代海のノリ養殖施設周辺で二枚貝類(アサリとカキ)の増養殖試験を実施することにより、二枚貝のろ水摂餌による色落ち原因プランクトンの除去効果や排泄に伴う栄養塩供給によるノリの品質向上効果を検証した結果について述べる。対象海域は、福岡県地先有明海(A1 及び一部 A2 海域)、佐賀県地先有明海(A1 及び一部 A3 海域)、熊本県地先有明海(A4 海域)及び八代海奥部(Y1 海域)で実施されたものである。

12.1.1 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

ノリ漁場にアサリの放流区と対象区を設け、アサリの分布密度、肥満度、海水中の栄養塩濃度、ノリの色調(L*値、ノリの品質を評価する値の一つで、数値が低いほど黒みが強く品質がよい。小谷 2000)を比較した。調査結果は図 12.1-1 に示すとおりである。試験期間中の海水中のアンモニア態窒素濃度はアサリ放流区でやや高い傾向にあり、アサリによる栄養塩の放出効果が示唆された。ただし、ノリの色調は、アサリ放流区と対照区間で大きな差異はみられなかった。



参考文献:小谷正幸(2000):ノリ葉体の色落ちの数値化. 福岡水海技セ研報. (10), 49-50.

図 12.1-1 ノリ養殖漁場でのモニタリング結果

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」

また、港内の浮き桟橋に、アサリを収容したカゴ(アサリ収容区)と砂のみを入れたカゴ(対象区)を垂下し、クロロフィル a 濃度や栄養塩濃度を比較した。結果を図 12.1-2 に示した。アンモニア態窒素濃度は、アサリ収容区の方が有意に高く、アサリの排泄による栄養塩濃度の上昇効果がみられた。また、クロロフィル a 濃度は、アサリ収容区の方が $3\mu\text{g/L}$ 以下で推移するなど低い傾向を示し、アサリのろ水活動によって植物プランクトンが除去されたと考えられた。

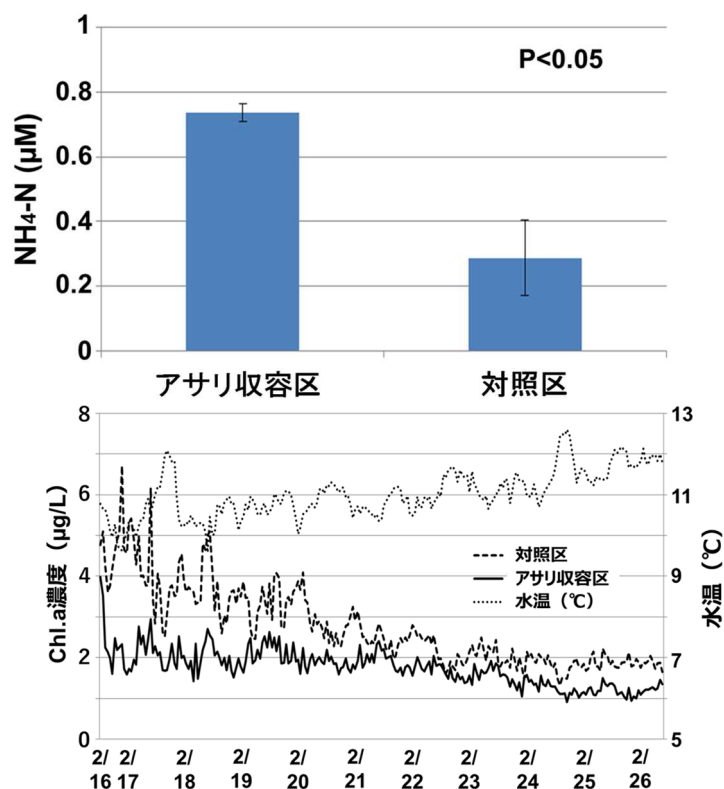


図 12.1-2 垂下カゴを用いた現場実証試験の結果

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」

12.1.2 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

2017(平成 29)年度に佐賀県地先有明海の佐賀県太良町地先のノリ養殖施設周辺において、図 12.1-3 に示す試験容器を設置し、マガキとノリの複合養殖試験を実施した。試験は閉鎖区、半閉鎖区、流水区に、ノリ+二枚貝(6 kg①、2.5 kg③)と二枚貝(6 kg②、2.5④kg)のみを組み合わせた 12 試験区で複合育成効果を調べた。

植物プランクトンの細胞密度及び L*値の推移を図 12.1-4 に示す。マガキを収容した閉鎖区及び半閉鎖区で植物プランクトンの細胞密度が低密度で推移する傾向にあり、カキの摂餌による植物プランクトンの除去効果が確認された。また、マガキを収容した閉鎖区および半閉鎖区で L*値が低い値で推移する傾向にあり、マガキとの複合養殖によるノリの色落ち軽減効果が確認された。

2018(平成 30)年度は、半閉鎖区に、ノリ+二枚貝(2.5 kg、4 kg、6 kg)を各 3 例で実施し、二枚貝の収容量の違いによるノリの色落ち軽減効果への影響を検証した。ノリの L*値の推移を図 12.1-5 に示す。二枚貝の収容量が 4kg 以上の場合、L*値が一定もしくは緩やかに減少し、ノリ

の色調が保持されることが示された。この結果より、ノリの色落ち回復のために必要となる二枚貝の量を試算した。

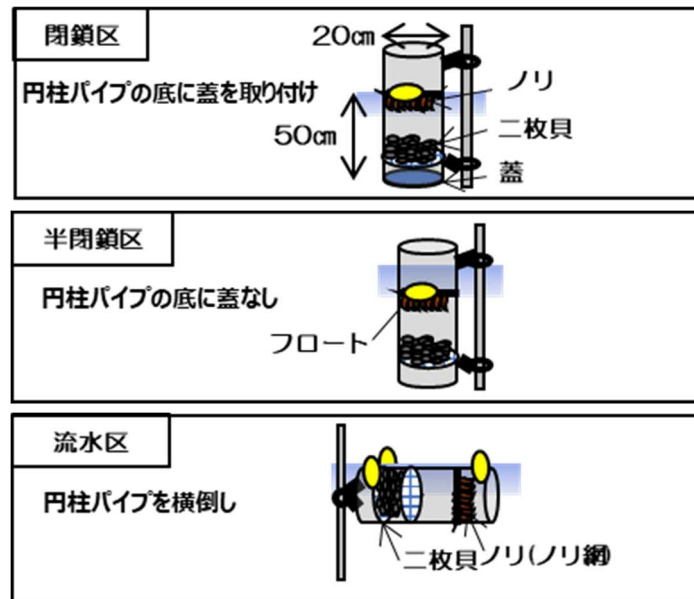


図 12.1-3 試験容器の概要図

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」

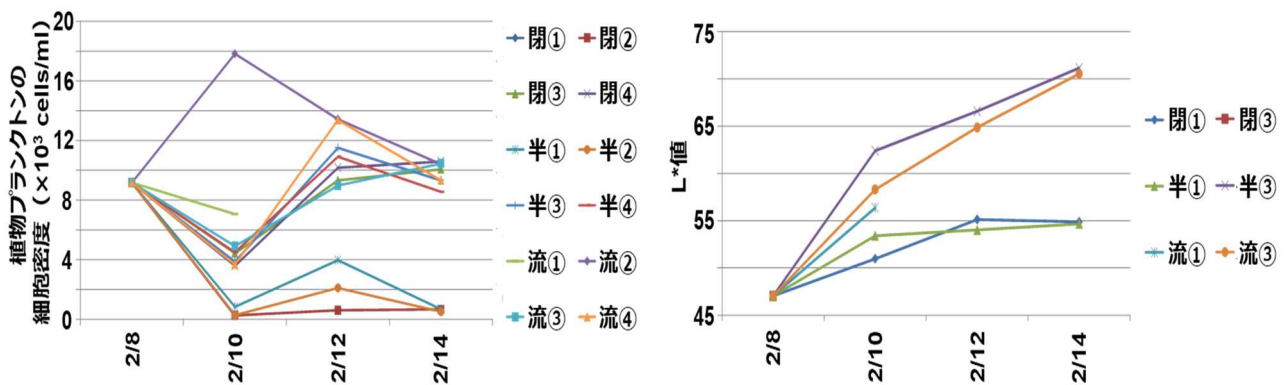


図 12.1-4 試験中の植物プランクトン細胞密度及びノリのL*値の推移

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」

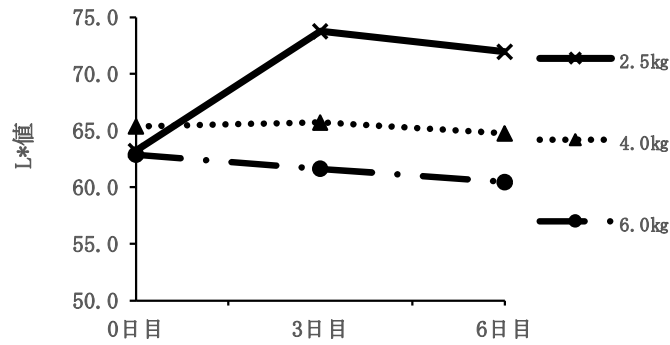


図 12.1-5 試験中のノリのL*値の推移

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」

12.1.3 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

マガキ養殖が熊本県地先有明海及び八代海のノリ養殖漁場における栄養塩の動向と珪藻類の発生に与える効果について検討を行った。玉名市横島町地先(有明海 A4 海域)における試験のうちノリ養殖漁場でのマガキ垂下養殖試験を図 12.1-6 に、ノリとマガキを併用した試験養殖は図 12.1-7 に示した。ノリ養殖漁場でのマガキ垂下養殖試験の結果、試験養殖筏外の潮上(St.1)よりも潮下(St.5)でクロロフィル濃度が減少する事例が確認され、マガキによる植物プランクトンの除去効果が示唆された。

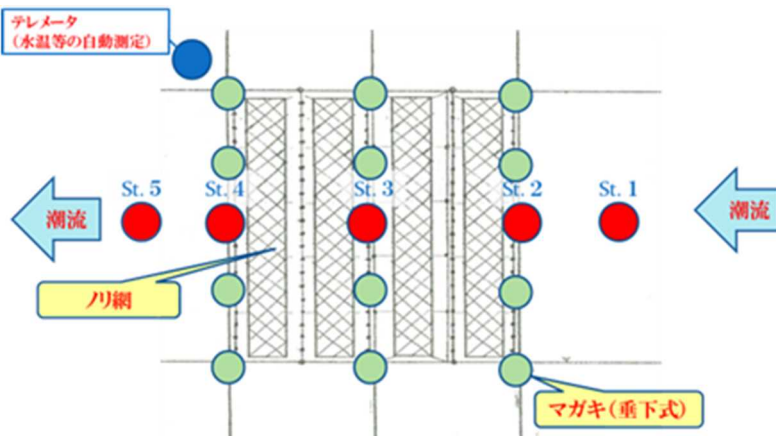


図 12.1-6 ノリ養殖漁場でのマガキ垂下養殖試験(玉名市地先)

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」

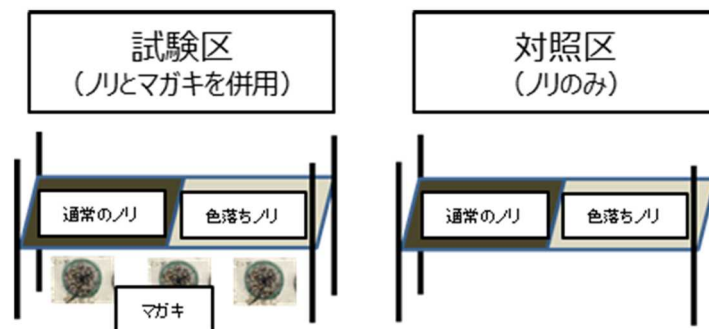


図 12.1-7 ノリとマガキを併用した試験養殖

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」

また、ノリとマガキを併用した試験養殖を行ったところ、いずれの試験区でも栄養濃度の低下に伴い通常色調のノリの色落ちが発生したが、マガキと併用した場合には、既に色落ちしたノリの色調には変化がなく、色落ちが進行しなかった。

さらに、熊本県八代市鏡町地先(Y1 海域)に設置したマガキ養殖筏近傍で観測された流向・流速、クロロフィル a 濃度の連続観測データ等を基に、マガキ養殖施設におけるクロロフィル a の収支を推定した(図 12.1-8)。養殖容積 700 m³ で約 6,600 個体のマガキを養殖した場合のクロロフィル a の収支の推定結果から、植物プランクトンの現存量の増加を 4.5%抑制する効果があると推定された。

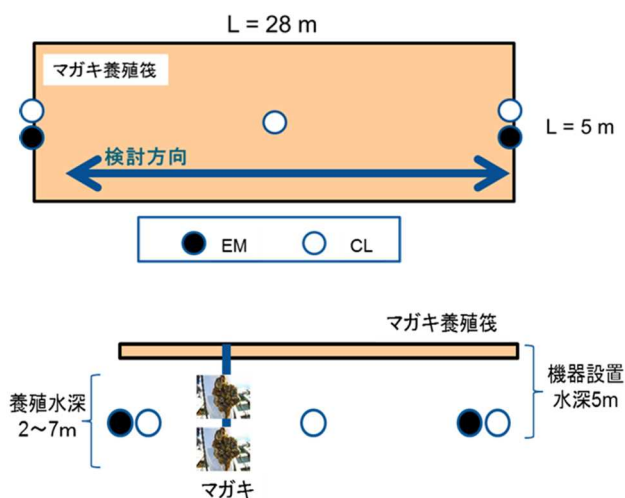


図 12.1-8 マガキ養殖施設におけるクロロフィル a の収支試験の状況

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

以上のように、有明海及び八代海のノリ養殖施設周辺において、二枚貝(アサリ、マガキ)とノリとの複合増養殖試験を行い、二枚貝の摂餌による植物プランクトンの除去効果や二枚貝の排泄による栄養塩濃度の上昇効果を確認した。ただし、潮汐等によって常に海水が流動する開放系のノリ漁場内部で有意な色落ち被害の軽減を図るためには、通常天然二枚貝の生息密度をはるかに超える二枚貝の存在が必要であること、また、マガキ等の養殖を併用した場合であっても、それによる植物プランクトンの除去あるいは栄養塩の放出効果により、ノリの色落ち被害を十分に回復させることは難しいことに留意が必要である。一方で、海域全体の物質収支を考慮すれば、二枚貝資源の増加がノリの安定的な生産に貢献する可能性が示された。二枚貝の摂餌による色落ち原因プランクトンの除去や排泄に伴う栄養塩供給によるノリの品質向上効果について、今後も定量的な評価を進めるとともに、より効果的な技術開発に取り組むことも必要である。

13. 水温上昇等に対応したノリ養殖技術の開発

13.1 ノリ高水温耐性品種の開発

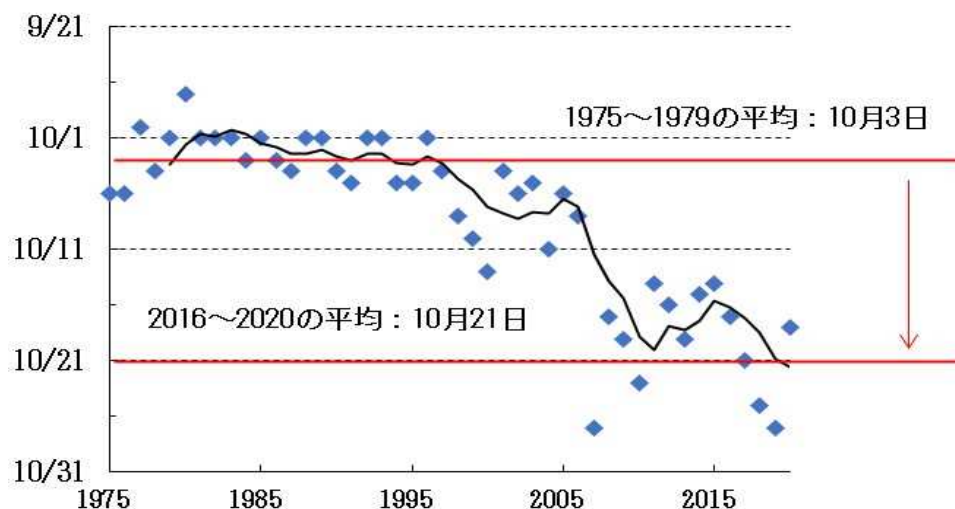
水産庁では、ノリ養殖の主要な生産県である福岡県、熊本県とともに、環境変化に対応したノリ養殖技術開発に取り組んだ。このうち福岡県、熊本県ではそれぞれ高水温環境でも生育可能なノリの品種作出に取り組んできた。

13.1.1 有明海のノリ養殖と採苗にかかる水温環境の変化

ノリ養殖は、日本の海面養殖業において生産量でおよそ 27%、生産額でおよそ 20%を占めているが、そのうち、有明海沿岸 4 県(福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県)で国内生産量のおよそ 60%を占めている。

養殖に用いられるノリは、冷水性のスサビノリから繰り返し選抜されたナラワスサビノリという栽培品種でほぼ占められているが、もともと高水温に弱く、ノリ芽は 23℃より高い水温に長期間さらされると傷害やくびれが多数生じるなどの異形化により生育不良となる¹⁾。

有明海においては、第 2 章表 2.4.2-1 で示したように、水温は 12 地点のうち、3 地点(A4 海域)で有意な上昇傾向がみられている。このため、採苗時の高水温によるノリ芽の不調で生産に影響が及ぶ事例も生じている。この水温上昇等によるノリ芽への被害を避けるため有明各県では近年、採苗日を遅らせる傾向がみられる(図 13.1-1)。



データ:内藤 剛, 藤井直幹(2020):有明海漁場に適合した高水温耐性品種の開発と養殖適性の評価. 平成 31 年度養殖業成長産業化技術開発事業(6)環境変化に適応したノリ養殖技術の開発報告書, 15-19.

図 13.1-1 福岡県有明海におけるノリ養殖採苗日の推移

出典:環境省(2021)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第7回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

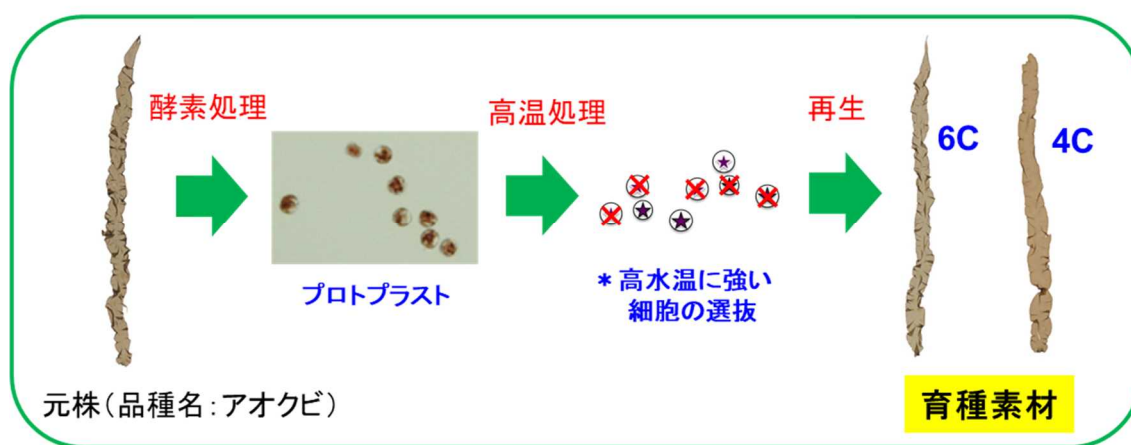
採苗日を遅らせる取組は、これまでのところ生産量を安定化させる効果を生んでいる。しかし、今後気候変動による水温上昇の影響がより顕著になることが予測され、採苗・育苗期の高水温により生産が不安定になるリスクは高まっている。また、代表濃度経路シナリオ(RCP シナリオ)

に基づいたモデル予測では、採苗日は21世紀末には11月(RCP2.6)、12月(RCP8.5)にずれ込んで漁期が短くなり、有明海におけるノリ生産量は減少すると予測されている(国立環境研究所 <https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/report/6-1.html>)。

13.1.2 温暖化に適応したノリ品種作出の取組

このような背景から、水産庁は環境変化に対応した養殖技術開発の一環として、高水温環境でも生育可能なノリの品種作出に取り組んでおり、このうち福岡県、熊本県では既往のプロジェクト研究で開発された共通の「ノリ育種素材」を使用して、それぞれ新たな高水温耐性品種の開発を行っている。

使用した育種素材 6C 株、4C 株は、秋季の育苗期を想定して「水温 24℃で 2 週間以上生育可能」であることを目標として開発されたものである。もともと高水温に強いとされる品種アオクビを元株として、酵素処理によりプロトプラスト化した葉状体の細胞に高水温負荷(26～30℃)をかけ、ここから選抜した細胞を葉状体まで再生させる工程を繰り返して作出された(図 13.1-2)。これらの育種素材を、漁期開始期の高水温環境を模した条件(24℃で 2 週間培養した後、適温の 18℃で 1 週間培養)で培養した結果、高温障害の形態的指標となる藻体のくびれの数が元品種のアオクビ葉状体より明らかに少ない等、室内実験の環境ではすでにその高温耐性に係る特性は実証されていた。



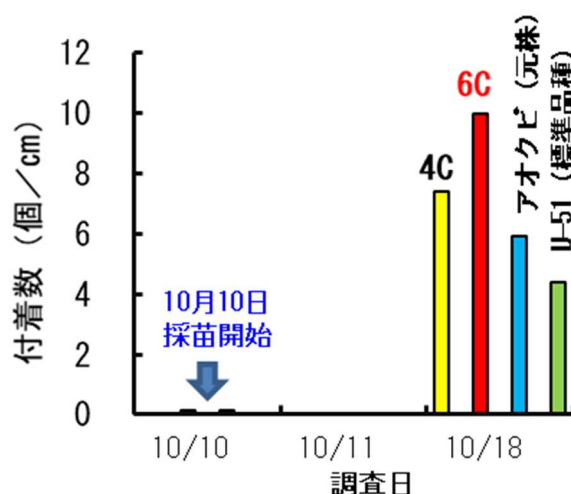
参考文献:藤吉栄次, 玉城泉也, 中川雅弘, 丹羽健太郎, 安池元重(2019)「派生株の高水温耐性調査および育成株の成分調査. 平成30年度環境変化に適応したノリ養殖技術の開発委託事業報告書」(pp. 33-37.)より簡易概念図として作成した。

図 13.1-2 ノリ高水温耐性育種素材を作出したプロトプラスト※選抜法

※細胞壁を酵素処理により取り除いて単細胞化されたもの

出典:環境省(2021)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第7回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

現在、福岡県や熊本県をはじめとする県では、このノリ育種素材の高水温耐性を野外での養殖試験等で実証すること、また育種素材からさらに選抜を行って、高水温耐性とともにもそれぞれの地域の環境や産業ニーズに適合した特性を併せ持つ品種を作出することを目標に研究開発が行われている。福岡県では、10月初旬の高水温(25℃)環境下で、育種素材、アオクビ及びノリの品種登録における特性評価の対照品種 U51 の採苗試験を実施した。採苗を開始してから8日後のノリ網へのノリ芽の付着数は育種素材、特に 6C 株で、アオクビ、U51 と比較して良好であった(図 13.1-3)。



注) 野外採苗したときの育種素材(6C,4C)、アオクビ(育種素材の元品種)、U51(標準品種)

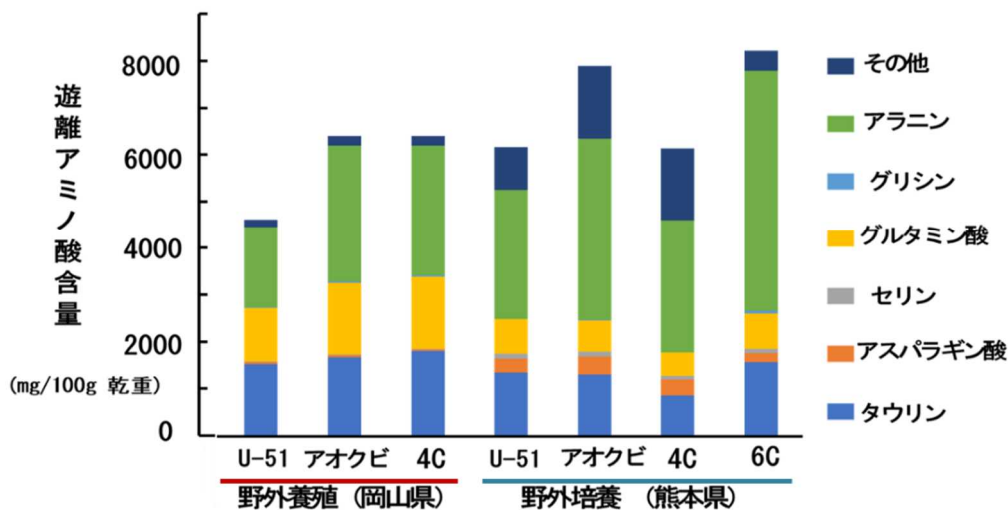
参考文献: 藤吉栄次, 玉城泉也, 中川雅弘(2020): 派生株の高水温耐性調査および育成株の成分調査. 平成 31 年度養殖業成長産業化技術開発事業(6) 環境変化に適応したノリ養殖技術の開発報告書, pp. 33-39.

図 13.1-3 有明海で 10 月初旬の高水温下(25℃付近)でノリ芽の付着数。

出典: 環境省(2021)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第7回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

また、得られたノリ芽を高水温下で育成(24℃で 2 週間培養した後、18℃で 1 週間培養)したところ、生長は 6C 株が最も優れていた。これらの結果より、育種素材は漁期開始期の漁場の高水温環境に適応した特性を有することが実証され²⁾、現在、さらに選抜した株の形態や重量等、収穫量に係る特性の評価が行われている。また、熊本県や岡山県で試験養殖した葉状体について、呈味に係るアラニンやグルタミン酸等の遊離アミノ酸含量を測定したところ、育種素材では既往の品種と同等もしくはそれ以上の濃度が検出され、味の面でも遜色がないことも明らかとなった²⁾(図 13.1-4)。

水温環境の変化のみならず、栄養塩濃度の減少による色落ちやアカグサレ病等の病害蔓延等、ノリ養殖において対応すべき課題は多い。わが国有数の養殖業を維持するために、継続的な研究開発は今後も欠かせない。



注) 野外採苗したときの育種素材(6C,4C)、アオクビ(育種素材の元品種)、U51(標準品種)

参考文献: 藤吉栄次, 玉城泉也, 中川雅弘(2020): 派生株の高水温耐性調査および育成株の成分調査. 平成 31 年度養殖業成長産業化技術開発事業(6)環境変化に適応したノリ養殖技術の開発報告書, pp. 33-39.

図 13.1-4 各ノリの遊離アミノ酸含量

出典: 環境省(2021)「有明海・八代海等総合調査評価委員会 第7回水産資源再生方策検討作業小委員会資料」

参考文献

- 1) 三根崇幸, 横尾一成, 川村嘉志(2013): 高水温がノリ幼芽の生育に及ぼす影響. 佐賀有明海水産振興センター研究報告. 26, pp. 83-88.
- 2) 藤吉栄次, 玉城泉也, 中川雅弘(2020): 派生株の高水温耐性調査および育成株の成分調査. 平成 31 年度養殖業成長産業化技術開発事業(6)環境変化に適応したノリ養殖技術の開発報告書, pp. 33-39.