

6月10日に試験貝の殻長、殻幅、殻高および殻付き湿重量を測定してから、アンストラサイトを深さ10 cmまで敷いたプラスチック製の試験容器（内径39×32×19 cm）に8～9個体収容し（図2-2-21）、横須賀市新安浦港内の水深2 mおよび4 mにそれぞれ2容器ずつ垂下した。貝の殻長と重量はそれぞれ60～62 mm、43～62 gであった。割れ貝は使わず健全な貝だけを試験に用いた。

試験開始後に貝のへい死が発生することを想定し、予備の貝を確保するため貝肉重量は測定しなかった。容器内の貝密度は、本県普及担当による先行試験で1個体/100 cm<sup>2</sup>以上が良いとされており、今回は余裕を持たせて初期の密度を0.7～0.6個体/100 cm<sup>2</sup>とした。

試験容器の付着物の除去および死貝の除去を夏季は毎月2回、他は月1回行った。トリガイの殻長、殻幅および殻高の測定を2か月に1回行った。

8月6日に確認したところ、試験容器内にトリガイの稚貝が多数見られた。8月19日に調べたところ殻長16～40 mm（平均32 mm）の稚貝が21個体あった（図2-2-22）。その後稚貝は成長したので、10月19日から別容器に移し水深2 mで試験を継続した。

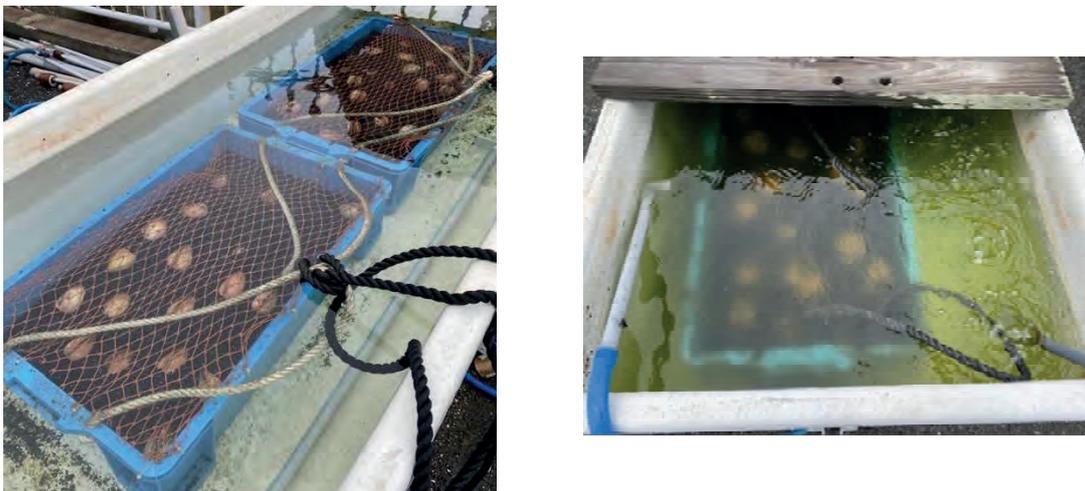


図2-2-20. 当所の海水かけ流し水槽で飼育中の小型のトリガイ（左）と給餌の状況（右）



図2-2-21. 養殖試験に用いた容器（左）と試験開始時のトリガイの状況（右）



図 2-2-22. 試験容器内に着生したトリガイの稚貝（2021 年 8 月 19 日）

### （3）結果および考察

#### 1) 水質調査

今年度は垂下養殖試験場所（新安浦港）の水質について検討した。

##### ① 水温

調査期間中の水温を図 2-2-23 に示した。最高は令和 3 年 8 月 6 日の 2 m 深の 28.3℃、最低は令和 4 年 1 月 18 日の 2 m 深の 11.0℃であった。鉛直的な変化は、養殖試験を行った 2 m 深と 4 m 深および底層の 6 m 深前後まで周年小さかった。

トリガイは高水温に弱く 25～27℃でへい死が増加する（野上ら 1981）。また西川ら（2015）によれば本種の垂下養殖で水温が 25℃を越えたのは 7～8 月であり、生残率は 8～10 月にかけて大きく低下した。我々が試験を行った新安浦港内で、水温が 25℃を上回ったのは 7 月下旬から 8 月下旬までの約 1 か月間であり、最高水温は 28.3℃に達した。新安浦港でのトリガイ養殖は、高水温の影響を強く受けることに注意する必要がある。

高水温によるへい死を低減するためには、より水温の低い底層まで容器の垂下水深を下げる事が考えられる。しかし新安浦港で最高水温を記録した 8 月 6 日の層別水温は、4 m 深が 28.1℃、6 m 深が 27.9℃であり、2 m 深と最大 0.4℃しか差がなかった。このため 2021 年の夏季を例とした場合、垂下水深を下げて高水温の影響を緩和する効果は小さいと考えられる。

##### ② 塩分

調査期間中の塩分を図 2-2-24 に示した。梅雨時に低下した以外は、2 m 深から底層の 6 m 深まで概ね 29～33 の範囲であった。容器を垂下した 2 m 深と 4 m 深の差は小さく、塩分の最も低下した 7 月 2 日を除き最大 0.5 程度であった。トリガイは低塩分に強く、通常の水質の 66%程度でも生存に大きな影響がないとされており（谷本ら 2015）、我々が新安浦港で測定した塩分の範囲は、トリガイにとって好適であったと考えられる。

### ③ クロロフィル-a 量

調査期間中のクロロフィル-a量を図2-2-25に示した。春季と梅雨に15~33 µg/lと高く、これらを除くと5月から10月にかけて概ね5~10 µg/lであった。11月以降0.33~3 µg/l程度と低下し、深度別では2mで低かった。

トリガイ養殖とクロロフィル-a量との関係について、能登トリガイのブランドで知られる石川県の七尾湾では、概ね2~3 µg/lであった(大慶2017)。また兵庫県の日本海側に位置する漁港内で、夏季には2 µg/l以上あったが秋季以降低下し、冬季は0.5 µg/l以下となって試験貝の成長が停滞しへい死が増加した(西川ら2015)。これらの事例と比べて新安浦港のクロロフィル-a濃度は、春から秋にかけて高い傾向が見られた。一方冬季の2m深で0.33 µg/lと低かったことから、冬季にはトリガイの餌料が不足する可能性があると考えられた。

### ④ 溶存酸素量

調査期間中の溶存酸素量を図2-2-26に示した。溶存酸素量が最も低かった8月19日の6m深でも4.5 mg/lあり、貧酸素化(<2.5 mg/l)は見られなかった。野上ら(1981)によると平均殻長63~85 mmのトリガイは、水温20°Cの場合溶存酸素量2 ml/l (=2.86 mg/l)以上では行動に異常が見られないと報告している。我々が観測した範囲では、トリガイに貧酸素の影響はなかったと考えられる。

### ⑤ 水質のまとめ

試験期間中の新安浦港の水質について、トリガイの養殖場所としては夏季の高水温(25°C<)と、冬季の低クロロフィル-a量に注意する必要があり、塩分と溶存酸素量は好適であったと考えられる。

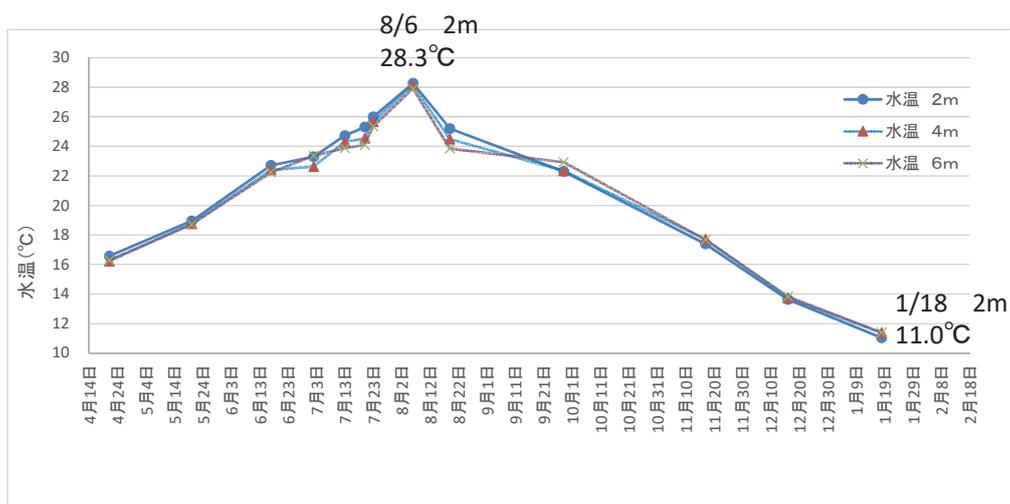


図2-2-23. 水温の深度別変化(2021年4月から2022年1月)

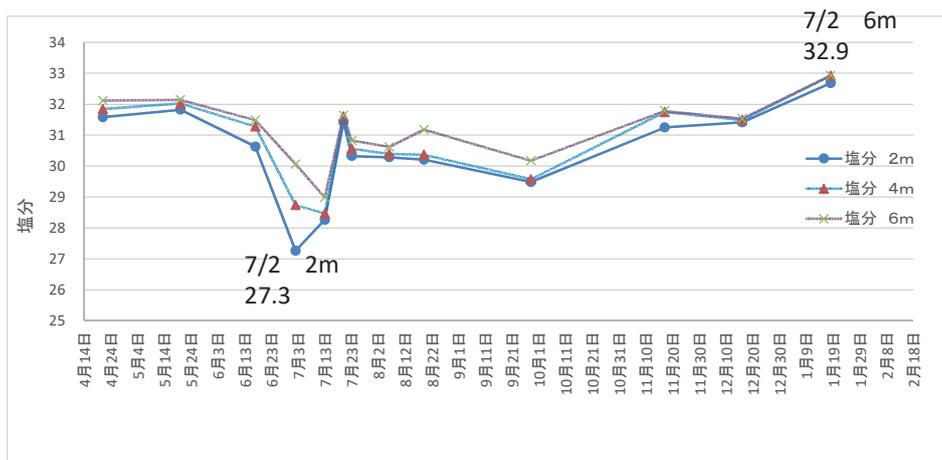


図 2-2-24. 塩分の深度別変化 (2021 年 4 月から 2022 年 1 月)

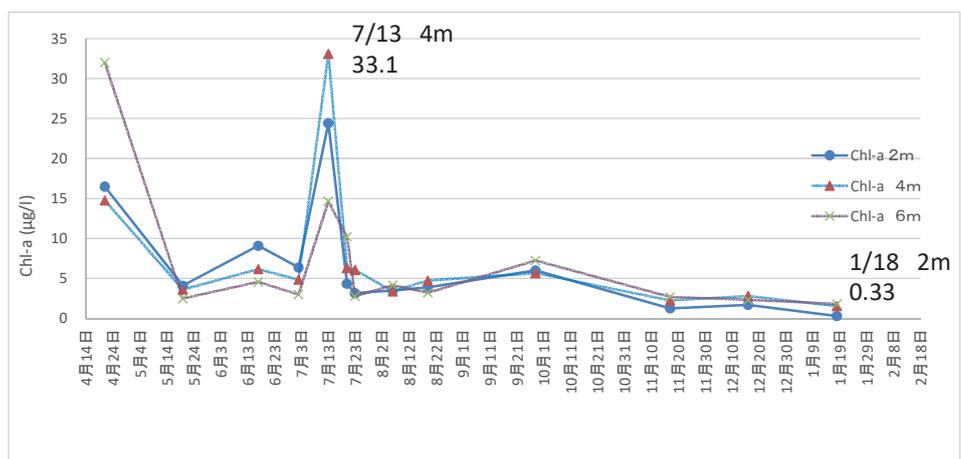


図 2-2-25. クロロフィル-a 量の深度別変化 (2021 年 4 月から 2022 年 1 月)

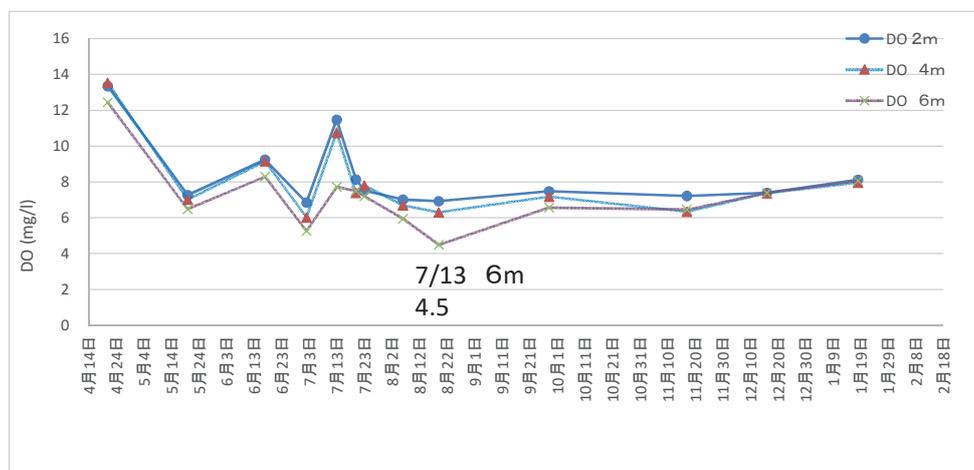


図 2-2-26. 溶存酸素量の深度別変化 (2021 年 4 月から 2022 年 1 月)

## 2) 垂下養殖試験

### ①輸送方法の検討

#### ア) 宅配便による輸送

5月7日午前9時過ぎに宅配便が当所へ到着した。開殻して動かない個体を死貝と判別して取り除き、これ以外を生貝として海水かけ流し水槽へ収容したところ、翌々日までに約9割がへい死した。食用に準じた活トリガイの出荷方法では貝に与える負担が高いためか、養殖用種貝の輸送はできなかった。生き残った貝は、その後の垂下養殖試験に使用しなかった。

#### イ) 水槽を用いた輸送

5月21日におよそ2時間かけて木更津市の金田漁港から三浦市の当所まで、水槽を用いて曝気しながら輸送した。6月10日の垂下養殖試験開始までの期間に、へい死した個体は割れ貝を除いて無かった。トリガイの輸送には本方式が適していると考えられた。将来的に本県の漁業者が、養殖用のトリガイ種貝を千葉県から入手する際には、漁船の活魚槽に貝を収容し輸送する方法が考えられる。

### ②垂下養殖試験

#### ア) トリガイの生残率

トリガイの生残率を図2-2-27に示した。生残率は試験区2m①で88%と最も高く、へい死は1個体のみであった。次いで2m②で高かったが、試験開始当初から8月19日にかけてへい死が続き、期間を通じた生残率は33%であった。

試験区4m①は生残率13%と低かった。実験開始当初と夏季及び10～11月を中心にへい死が見られた。4m②について7月23日まで生残率は88%と高かった。しかし8月6日に確認したところロープが断裂し容器が見あたらなかった。残ったロープには釣り糸が絡まっており、釣り人により切断され容器は海底に落下したと考えられる。

新たな試験区とした2m稚貝区の生残率は高く、10月19日から令和4年2月7日にかけて81%であった。なお稚貝の由来については、外部からの浮遊幼生の来遊と、容器内での再生産の2つの可能性がある。来年度、トリガイを収容しない試験区を設け確認したい。

トリガイの養殖下での生残率について、日本海側では京都府が8月から翌7月にかけて73%であった(西広1997)。また兵庫県では5月から翌5月にかけて45%であり、飼育開始直後と8～10月に大きく低下した(西川ら2015)。我々が得た結果と比較すると、試験区2m①の生残率は、トリガイ養殖が産業として成立している京都府と比べても、大きく変わらなかった。我々の試験では、高水温によるへい死のリスクが高い越夏を試みていることを考慮すれば、2m①の生残率88%は高いと言える。

我々の試験で容器ごとの生残率が大きく異なる理由は不明である。水質について2m深と4m深で明らかな違いは見あたらない。香川ら(2020)は、割れ貝を種貝に用いるとへい死率が急激に上がるとしているが、我々は割れ貝を用いていない。トリガイは産卵・放精した後にへい死が多くなる(岩尾ら1993)。このことでは我々の試験のばらつ

きの大きさを説明できないが、へい死の一因とは考えられる。次年度も複数の水深に試験区を設け、再検証したい。

我々の試験でのトリガイのへい死は、夏季には高水温が考えられ、冬季にはクロロフィル-a の低下による餌不足の可能性もある。養殖水深をクロロフィル-a 濃度が相対的に高い4 m 深まで下げることで生残率の高まる可能性があり、次年度に検討したい。

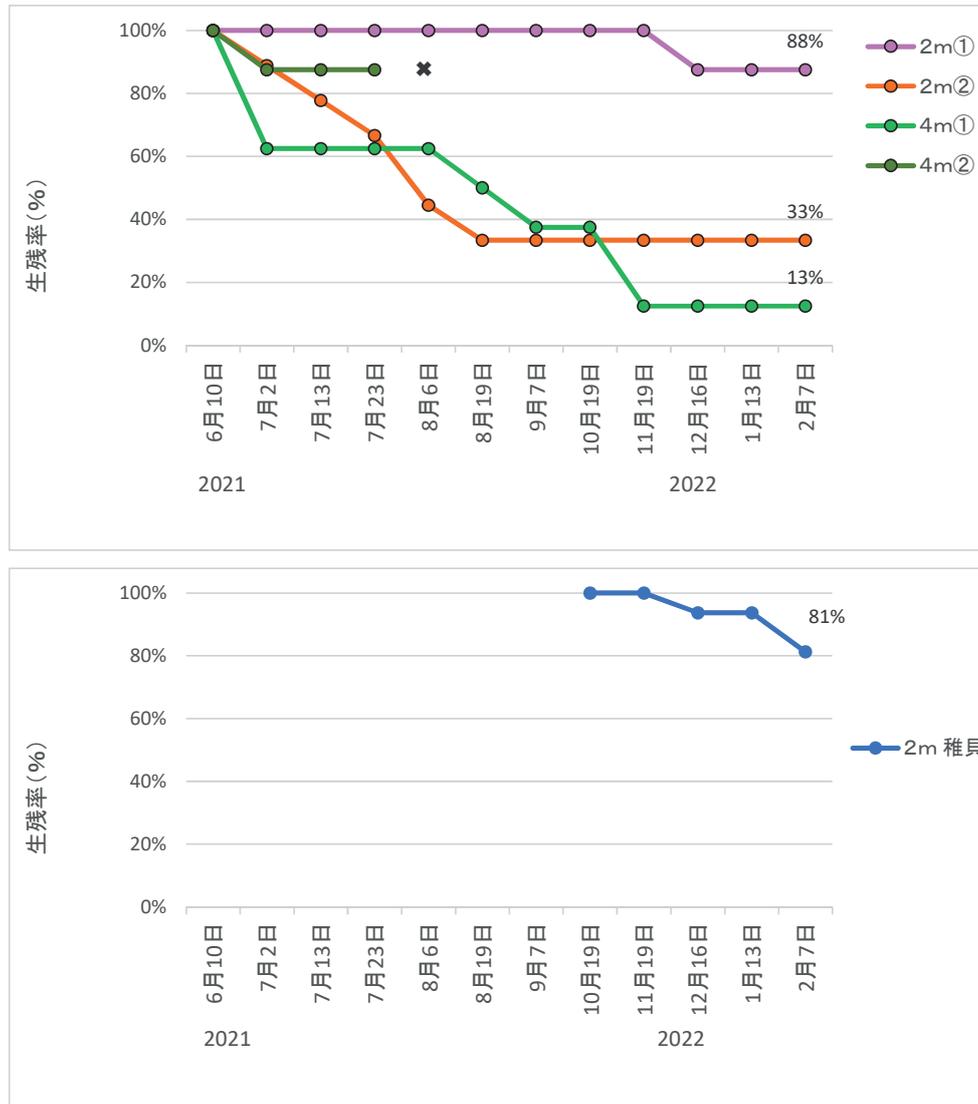


図 2-2-27. トリガイの生残率

(上図：試験区 2 m①、②および 4 m①、②、下図：試験区 2 m 稚貝)

#### イ) トリガイの成長率

トリガイの成長率を図 2-2-28 に示した。試験区の 2 m①と②では同様の成長を示し、6 月の平均殻長約 60 mm が、8 月に 70 mm を越え 12 月に 76~77 mm となった。その後 2 月まで成長は停滞した。2 m 稚貝区は 8 月に平均 32 mm、10 月 19 日に 52 mm、12 月 16 日に 63 mm となり、試験区 2 m①および②の当初の貝の平均殻長 60 mm を越えた。令和 4 年 2 月 7 日には 66 mm まで成長した。4 m①について 10 月以降殻長が小型化した理由

は、大型個体がへい死し最も小型の貝 1 個体のみが生残したためであった。

養殖適地とされる京都府（西広 1997）と香川県（香川ら 2020）の養殖トリガイの成長率は、それぞれ 8 月から翌 7 月にかけて 30 mm から 85 mm と 9 月から翌 4 月にかけて 45 mm から 67 mm であった。我々の試験結果は、上記の成長率や前年度に本県が調査した東京湾の天然稚貝の殻長組成の変化（図 2-2-29）と比べて大きく変わらなかった。新安浦港内のクロロフィル-a 濃度は冬季を除いて比較的高いことが、成長率が良好であった理由のひとつと考えられる。

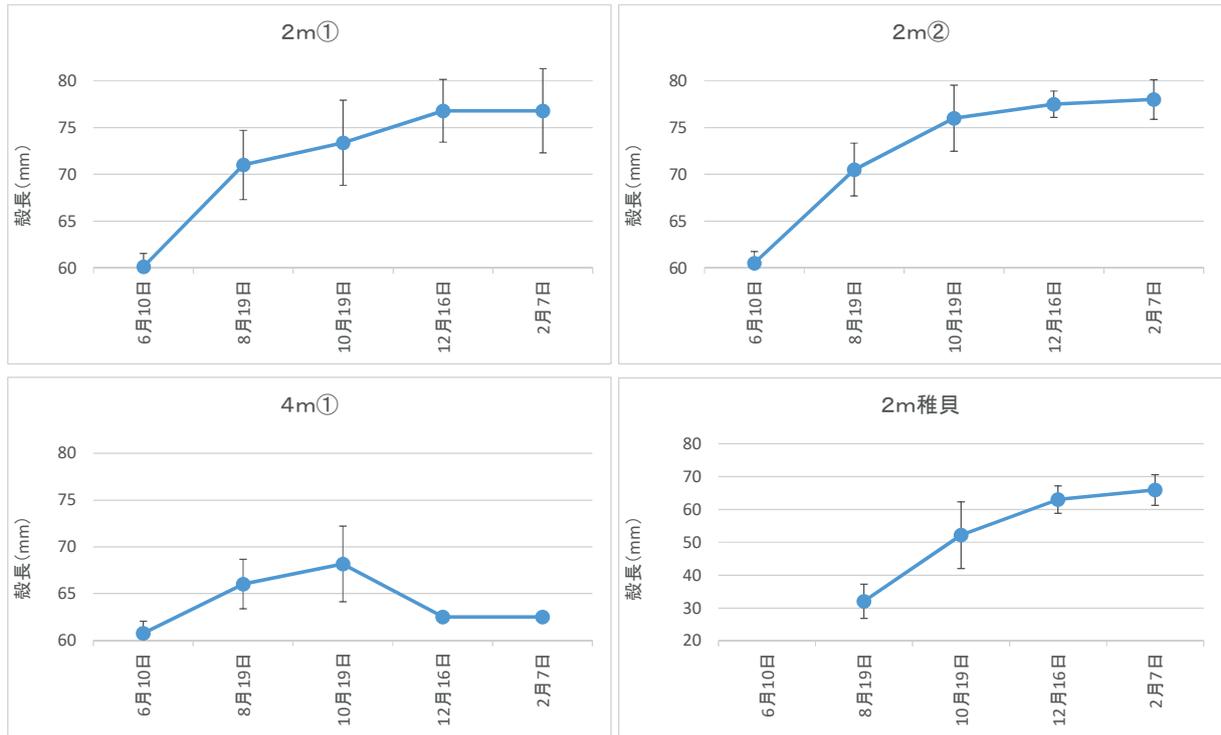


図 2-2-28. トリガイの成長率

（上図：試験区 2 m①、②、下図：4 m①、2 m 稚貝）

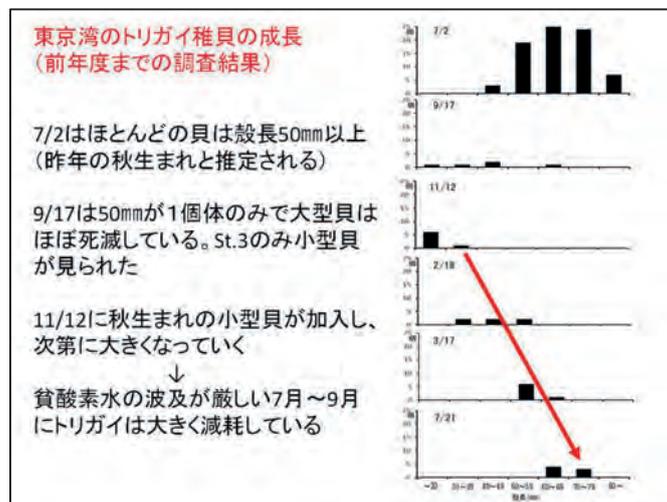


図 2-2-29. 東京湾のトリガイの殻長組成の経月変化

### 3) 付着物の状況

付着物の状況の一例を図 2-2-30 に示した。これは付着物を除去してからわずか 10 日後の状況である。夏から秋にかけてコケムシ類、管棲ゴカイ類、フジツボ類等が多数試験容器に付着しただけでなく、トリガイが棲むアンストラサイトの上まで見られた。秋以降これらの付着物は減少した一方、藻類の付着が多く見られた。

容器内の通水とトリガイの生息空間の確保、試験容器の重量増加によるロープの切断防止等のため、夏季は月 2 回、他は月 1 回程度付着物を除去することが望ましい。



図 2-2-30. 付着物の状況の一例 (2021 年 7 月 13 日)

### 4) まとめ

新安浦港の水深 2 m にて垂下養殖したトリガイの成長は、養殖適地とされる京都府や香川県から報告された値や、東京湾の天然トリガイの成長速度と大きく変わらなかった。

試験貝のへい死は、試験開始直後と夏季に多く冬季にも発生した。夏季のへい死の原因として高水温 (2021 年の最高値は 28℃) が考えられる。冬季はクロロフィル濃度の低下による餌不足の可能性はある。

生残率と成長率の深度別 (2 m と 4 m) 比較から、新安浦港を養殖場とする場合 2 m 深が適している可能性が高いが、冬季の餌不足を軽減するため一時的に 4 m 深まで垂下深度を下げることも検討したい。

新安浦港の溶存酸素濃度について、夏季の底層でも 4 mg / l 以上と高く貧酸素化による試験貝への影響は見あたらない (前年度の実験では、稚貝に致命的な溶存酸素濃度は 1 mg / l 程度)。

付着物の除去について、夏は月 2 回、他は月 1 回以上が望ましい。

## 引用文献

- 野上和彦・梅沢敏・阪口清次・福原修（1981）：トリガイ *Fulvia mutica* (REEVE) の酸素消費量と高水温期におけるへい死との関係について，南西水研報，13，19-28.
- 西川哲也・瓢雄介・米澤孝康（2015）：日本海南西部の兵庫県居組漁港におけるトリガイ養殖の可能性，水産増殖，水産増殖，63，475-479.
- 谷本尚史・田中雅幸・久田 哲二・大畑亮輔・今西裕一（2015）：低塩分がトリガイの生残に及ぼす影響，京都府農林水産技術センター海洋センター研究報告，37，7-10.
- 大慶則之（2017）：養殖トリガイの生理的な特徴，水産総合センターだより，52，6-7.
- 香川哲・齋藤稔・岡直宏・浜野龍夫・宮田勉（2020）：小型底びき網漁業の投棄未利用資源の有効活用～低利用漁港を活用したトリガイのコンパクト養殖とその種苗について，沿岸域学会誌，33(3)，27-35.
- 西広富夫（1997）：京都府のトリガイ養殖試験の現状，日本海区水産試験研究連絡ニュース，379，5-9.
- 岩尾敦志・藤原正夢・藤田真吾（1993）：トリガイ養殖に関する研究－I トリガイ秋生まれ種苗および春生まれ種苗の養殖用種苗としての適性について，16，28-34.

### Ⅲ. 検討会の開催



令和3年度漁場環境改善推進事業のうち  
栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発  
(3) 貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発 第1回検討会

日時： 令和3年5月25日（火） 13:00～15:30

場所： オンライン会議

議事次第

1. 開会
2. 挨拶
3. 資料の確認など
4. 各課題の本年度の実施計画について
  - 1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発
    - ア. 有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築
    - イ. 貧酸素水塊に関するデータの提供及び利活用の促進
  - 2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発
    - ア. 有明海及び周辺海域で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発
    - イ. 東京湾で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発
      - ①干潟浅海域を生育場とする有用魚介類の生活史に与える貧酸素水塊の影響解明と軽減策検討
      - ②浅海域の貧酸素化に対する水産有用種の生存技術の開発
5. 講評
6. その他
7. 閉会

令和3年度漁場環境改善推進事業のうち  
 栄養塩・赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発  
 (3) 貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発 第1回検討会 出席者名簿

日 時：令和3年5月25日（火）13：00～15：30

場 所：オンライン会議

機 関 名	所 属・職 名	氏 名
(検討委員)		
国立大学法人長崎大学	大学院 水産・環境科学総合研究科 教授	和田 実
国立大学法人佐賀大学	農学部 准教授	速水 祐一
水産庁	増殖推進部 漁場資源課 課長補佐	向江 智江
〃	増殖推進部 漁場資源課 赤潮対策係長	桂 幸納
〃	九州漁業調整事務所 振興課 課長	中村 拓郎
〃	九州漁業調整事務所 振興課 係長	安樂 徹子
千葉県水産総合研究センター	資源研究室 主任上席研究員	三田 久徳
〃	資源研究室 研究員	田中 美帆
〃	東京湾漁業研究所 主幹	石井 光廣
〃	東京湾漁業研究所 研究員	飛田野 祥平
神奈川県水産技術センター	栽培推進部 主任研究員	木下 淳司
福岡県水産海洋技術センター 有明海研究所	のり養殖課 研究員	内藤 剛
佐賀県有明水産振興センター	ノリ研究担当 係長	三根 崇幸
〃	ノリ研究担当 技師	太田 洋志
〃	ノリ研究担当 技師	岩永 卓也
長崎県総合水産試験場	環境養殖技術開発センター 漁場環境科 科長	山砥 稔文
〃	環境養殖技術開発センター 漁場環境科 主任研究員	山本 佳奈
〃	環境養殖技術開発センター 漁場環境科 研究員	中島 吉洋
熊本県水産研究センター	浅海干潟研究部 研究主幹兼部長	安藤 典幸
〃	浅海干潟研究部 研究参事	向井 宏比古
〃	浅海干潟研究部 研究員	丸吉 浩太
株式会社アイコック	システム部 開発課 部長付	浦川 俊二
〃	システム部 開発課 課長	一橋 和子
〃	システム部 開発課	前田 亜貴子

(つづき)

機 関 名	所 属・職 名	氏 名
国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産技術研究所	企画調整部門 研究開発コーディネーター	児玉 真史
〃	環境応用部門 沿岸生態システム部 副部長	吉田 吾郎
〃	同部 温帯浅海域第1グループ グループ長	鬼塚 年弘
〃	同部 主幹研究員	高田 宣武
	同部 温帯浅海域第1グループ 研究員	西本 篤史
〃	同部 有明海・八代海グループ グループ長	福岡 弘紀
〃	同部 有明海・八代海グループ 主幹研究員	岡村 和麿
〃	同部 有明海・八代海グループ 主幹研究員	栗原 健夫
〃	同部 有明海・八代海グループ 主任研究員	橋本 和正
	同部 有明海・八代海グループ 主任研究員	徳永 貴久
〃	同部 有明海・八代海グループ 主任研究員	杉松 宏一
	同部 有明海・八代海グループ 研究員	中野 善
〃	同部 有明海・八代海グループ 研究員	山口 聖

令和3年度漁場環境改善推進事業のうち  
栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発  
(3) 貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発 第2回検討会

日 時： 令和4年3月1日（火） 13:00～17:00  
場 所： オンライン会議

議事次第

1. 開会
2. 挨拶
3. 資料の確認など
4. 各課題の本年度の研究開発成果について
  - 1) 貧酸素水塊の発生シナリオの構築と予察技術の開発
    - ア. 有明海における貧酸素水塊のモニタリングと消長シナリオの構築
    - イ. 貧酸素水塊に関するデータの提供及び利活用の促進
  - 2) 貧酸素水塊による被害軽減技術の開発
    - ア. 有明海及び周辺海域で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発
    - イ. 東京湾で発生する貧酸素水塊の被害軽減技術の開発
      - ①干潟浅海域を生育場とする有用魚介類の生活史に与える貧酸素水塊の影響解明と軽減策検討
      - ②浅海域の貧酸素化に対する水産有用種の生存技術の開発
5. 総合討論
6. 講評
7. その他
8. 閉会

令和3年度漁場環境改善推進事業のうち  
 栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発  
 (3) 貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発 第2回検討会 出席者名簿

日 時：令和4年3月1日（金）13：30～17：00  
 場 所：オンライン会議

機 関 名	所 属・職 名	氏 名
(検討委員)		
国立大学法人長崎大学	大学院 水産・環境科学総合研究科 教授	和田 実
国立大学法人佐賀大学	農学部 准教授	速水 祐一
水産庁	増殖推進部 漁場資源課 課長補佐	向江 智江
〃	増殖推進部 漁場資源課 赤潮対策係長	桂 幸納
〃	増殖推進部 研究指導課 研究管理官	清藤 秀理
〃	増殖推進部 研究指導課 水産研究専門官	清水 勇吾
〃	九州漁業調整事務所 振興課 課長	水益 彰
〃	九州漁業調整事務所 振興課 係長	安樂 徹子
千葉県水産総合研究センター	資源研究室 主任上席研究員	三田 久徳
〃	資源研究室 研究員	田中 美帆
〃	東京湾漁業研究所 主幹	石井 光廣
〃	東京湾漁業研究所 研究員	飛田野 祥平
神奈川県水産技術センター	栽培推進部 主任研究員	木下 淳司
福岡県水産海洋技術センター 有明海研究所	のり養殖課 専門研究員	徳田 眞孝
〃	のり養殖課 技師	古賀 まりの
佐賀県有明水産振興センター	ノリ研究担当 技師	太田 洋志
〃	ノリ研究担当 技師	岩永 卓也
長崎県総合水産試験場	環境養殖技術開発センター 漁場環境科 科長	山砥 稔文
〃	環境養殖技術開発センター 漁場環境科 主任研究員	山本 佳奈
〃	環境養殖技術開発センター 漁場環境科 研究員	中島 吉洋
熊本県水産研究センター	浅海干潟研究部 研究主幹兼部長	安藤 典幸
〃	浅海干潟研究部 研究参事	向井 宏比古
〃	浅海干潟研究部 研究員	丸吉 浩太
株式会社アイコック	システム部 開発課 部長付	浦川 俊二
〃	システム部 開発課 課長	一橋 和子
〃	システム部 開発課	前田 亜貴子

(つづき)

機 関 名	所 属・職 名	氏 名
国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産技術研究所	企画調整部門 研究開発コーディネーター	児玉 真史
〃	環境応用部門 部門長	鈴木 敏之
	環境応用部門 沿岸生態システム部 部長	渡部 諭史
〃	同部 副部長	吉田 吾郎
〃	同部 温帯浅海域第1グループ グループ長	鬼塚 年弘
〃	同部 主幹研究員	高田 宣武
〃	同部 温帯浅海域第1グループ 研究員	西本 篤史
〃	同部 有明海・八代海グループ グループ長	福岡 弘紀
〃	同部 有明海・八代海グループ 主幹研究員	岡村 和麿
	同部 有明海・八代海グループ 主任研究員	徳永 貴久
〃	同部 有明海・八代海グループ 主任研究員	杉松 宏一

---

令和3年度漁場環境改善推進事業のうち  
栄養塩、赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発  
(3) 貧酸素水塊の予察技術、被害軽減手法の開発 報告書

発行 令和4年3月

編集 国立研究開発法人 水産研究・教育機構  
国立研究開発法人 水産研究・教育機構  
水産技術研究所

〒851-2213 長崎市多以良町1551-8

電話 095-860-1600

---