

## **IV-2. 中課題 3-1 湾奥域での高密度着生・集積域の拡大手法の開発**

**/福岡県柳川市 3 号地先**

## 目 次

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 1. 技術開発の概要.....               | 143 |
| 1.1 技術の選定 .....               | 143 |
| 1.2 実施場所 .....                | 144 |
| 1.3 今年度の実施内容 .....            | 145 |
| 1.4 技術開発工程 .....              | 146 |
| 2. 使用機器.....                  | 147 |
| 2.1.1 種場・生息場の拡大.....          | 147 |
| 2.1.2 効率的な稚貝確保技術の開発.....      | 148 |
| 3. 地域特性.....                  | 148 |
| 4. 種場・生息場の拡大.....             | 149 |
| 4.1 実施方法 .....                | 149 |
| 4.2 取りまとめ手順 .....             | 152 |
| 4.2.1 仮説の検証 .....             | 152 |
| 4.3 結果 .....                  | 153 |
| 4.3.1 3号地先.....               | 153 |
| 4.3.2 10号地先.....              | 154 |
| 4.4 仮説の検証 .....               | 155 |
| 4.4.1 生残率の比較 .....            | 155 |
| 4.4.2 成長速度の比較 .....           | 155 |
| 5. 効率的な稚貝確保技術の開発.....         | 155 |
| 5.1 実施方法 .....                | 155 |
| 5.2 取りまとめ手順 .....             | 156 |
| 5.2.1 仮説の検証 .....             | 157 |
| 5.3 結果 .....                  | 157 |
| 5.4 仮説の検証 .....               | 158 |
| 5.4.1 初期稚貝 .....              | 158 |
| 5.4.2 稚貝 .....                | 159 |
| 6. 現況把握調査.....                | 159 |
| 6.1 マルチビーム測量によるアサリ分布域の推定..... | 159 |
| 6.1.1 方法 .....                | 159 |
| 6.1.2 結果 .....                | 161 |
| 6.1.3 考察 .....                | 165 |
| 6.2 初期稚貝や稚貝の減耗要因の推定 .....     | 169 |
| 6.2.1 方法 .....                | 169 |
| 6.2.2 結果 .....                | 169 |
| 6.2.3 考察 .....                | 170 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 7. 考察.....                       | 171 |
| 7.1 成果と課題.....                   | 171 |
| 7.1.1 効果評価 .....                 | 171 |
| 7.1.2 実用性の検討 .....               | 173 |
| 7.1.3 効果評価と実用性の検討を踏まえた成果と課題..... | 179 |
| 7.2 仮説の再構築 .....                 | 180 |
| 7.2.1 種場・生息場の拡大 .....            | 180 |
| 7.2.2 効率的な稚貝確保技術の開発 .....        | 180 |
| 参考文献 .....                       | 180 |
| 電子格納データ.....                     | 180 |

## 1. 技術開発の概要

福岡県柳川市3号地先は泥地と砂地が混在しており、泥地にアサリは生息しないが、砂地には殻長30mm程度の成貝が高密度に生息する一方、稚貝はほとんど生息ない場所である。そこで、底質改善を施した泥地へ成貝を放流して生息場を拡大するとともに、稚貝は新たに確保する事を目的とした。

しかし、7月に発生した豪雨の影響で、放流した多くの成貝が死滅し技術開発の継続が困難になった。そこで、稚貝の確保は引き続き3号地先で実施するが、生息場の拡大については実験場所を10号地区に移し、福岡県で放流効果が高いとされる殻長約20mmのアサリを効率よく確保可能な技術を検討するものとし、10月以降に実施した。

以上の背景のもと、表1に示す技術を選定し技術開発を行った。

### 1.1 技術の選定

本実証実験における技術の選定の概要を表1に示す。技術の選定は、小課題の「種場・生息場の拡大」、「効率的な稚貝確保技術の開発」について、主に過年度の事業で効果が確認されている技術を選定した。

表1 技術の選定

| 小課題           | 選定技術        | 位置づけ            | 実績                          | 出典                                                                | 備考                         |
|---------------|-------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 種場・生息場の拡大     | 底質改善        | 母貝の保護育成         | なし                          | —                                                                 | 豪雨の影響が発生する7月までの実施          |
|               | 離底飼育器具      | 母貝の保護育成         | 平成30年度事業において冬季風浪等への耐久性の実績あり | 一般社団法人マリノフォーラム21：平成30年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書, 2019. <sup>1)</sup> | 豪雨の影響を受け、場所の見直しにより、10月から実施 |
|               | 二重底プレート     | 母貝の保護育成         | 平成30年度事業において母貝の保護育成の実績あり    | 一般社団法人マリノフォーラム21：平成30年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書, 2019. <sup>1)</sup> |                            |
|               | 基質入り網袋(軽石)  | 母貝の保護育成         | 平成30年度事業において母貝の保護育成の実績あり    | 一般社団法人マリノフォーラム21：平成30年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書, 2019. <sup>1)</sup> |                            |
| 効率的な稚貝確保技術の開発 | 基質入り網袋(パーム) | 稚貝の効率的な確保(採苗)技術 | 平成30年度事業において初期稚貝着生の実績あり     | 一般社団法人マリノフォーラム21：平成30年度有明海のアサリ等の生産性向上実証事業報告書, 2019. <sup>1)</sup> | —                          |

## 1.2 実施場所

実施場所を図 1 に示す。



図 1 実施場所地図

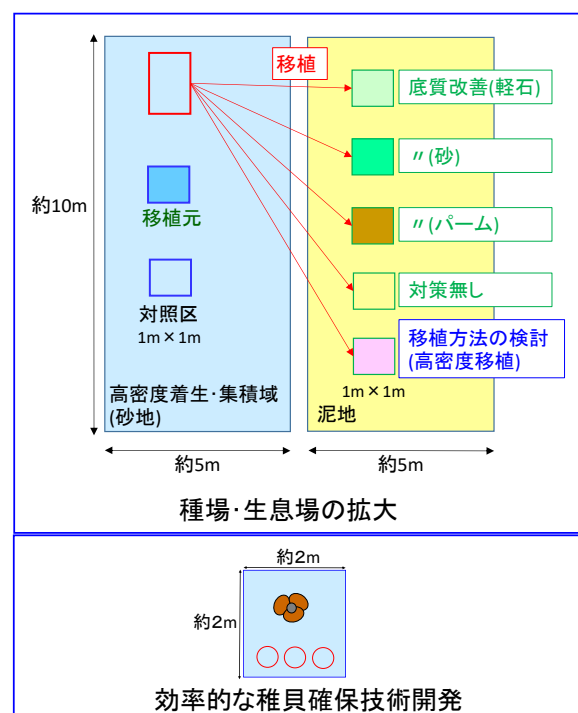
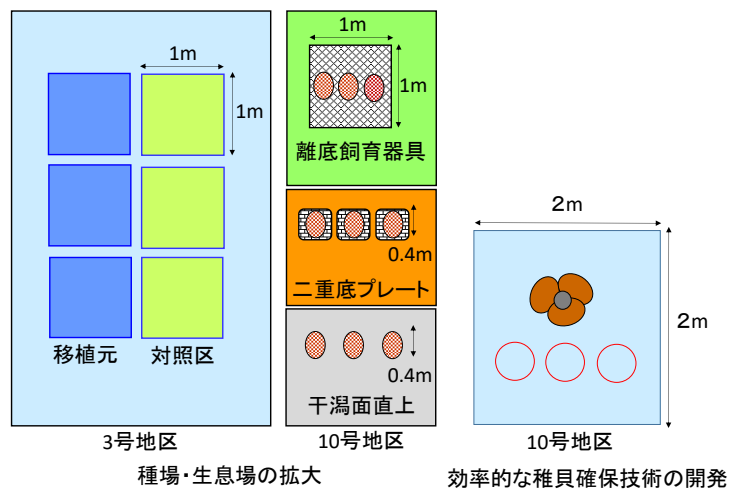


図 2 実験区の配置 (7 月まで)



注：配置図の詳細については後述の表 7、表 8、表 10 を参照

図 3 実験区の配置(7 月以降)

### 1.3 今年度の実施内容

表 2 検証項目と実験概要一覧表

| 小課題           | 目標                                              | 仮説                                                              | 検証項目        | 実験名    | 場所     | 実験概要                                                                   | 実施時期                     |
|---------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------|--------|--------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 種場・生息場の拡大     | 8～1 月の生残率が 56% 以上、成長速度が 0.03 mm/day 以上          | 移植によりアサリの生残個体数や成長速度が、対照区よりも向上する。                                | 生残率、成長速度    | 移植実験   | 3 号地先  | 高密度着生・集積域のアサリを、近隣の泥地を底質改善した後に移植、移植後の生残率や成長速度から、移植に適した底質改善手法を検討         | 5 月～7 月                  |
|               | 好適な組み合わせにおいて、1 月の生残率が 70%以上、成長速度 0.03 mm/day 以上 | 設置高 0 cm と 10cm、基質(軽石(約 2 mm))の組み合わせから、生残や成長が好適となる組み合わせが明らかになる。 | 生残率、成長速度    | 保護育成実験 | 10 号地先 | 基質入り網袋(軽石(2 mm))を干潟面直上、二重底プレート、離底飼育器具(設置高 10cm)に設置、生残率や成長速度が好適な設置方法を検討 | 10 月～翌年 1 月              |
| 効率的な稚貝確保技術の開発 | 初期稚貝 2,000 個体/網袋の採取、そのうち約 30%が稚貝に成長             | パームには初期稚貝や稚貝が着生し、稚貝は原地砂泥よりも多く生残する。                              | 初期稚貝や稚貝の個体数 | 着生実験   | 3 号地先  | パームを干潟面からの高さ別に設置(10cm、50 cm、100 cm、150 cm)、着生に好適な高さを検討                 | 春子:4 月～7 月<br>秋子:9 月～1 月 |

#### 1.4 技術開発工程

平成31年度の技術開発工程を表3に示す。

表3 技術開発工程

| 項 目                 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|
| 計画・準備等              |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |
| 現地調整・手続き            | ■  |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |
| 調査計画                | ■  | ■  |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |
| 種場・生息場の拡大           |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |
| 設置                  |    | ○  |    |    |    |    | ○   |     |     |    |    |    |
| モニタリング              |    |    | ○  | ○  | ○  | ○  | ○   | ○   | ○   | ○  |    |    |
| 効率的な稚貝確保技術の開発       |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |
| 設置                  | ○  |    |    |    |    | ○  |     |     |     |    |    |    |
| モニタリング              |    | ○  | ○  | ○  |    |    | ○   |     | ○   | ○  |    |    |
| 現況把握調査              |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |
| マルチーム測量によるアサリ分布域の推定 |    |    | ○  | ○  | ○  |    |     |     |     |    |    |    |
| 初期稚貝や稚貝の減耗要因の推定     |    | ○  | ○  | ○  |    |    |     |     |     |    |    |    |
| 共通項目(モニタリング)        |    |    |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |
| 物理、水質(2回)           |    |    | ■  |    |    |    |     |     | ■   |    |    |    |
| 底質、アサリ(4回)          |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■  | ■  |    |
| 初期稚貝(6回)            |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■  | ■  |    |
| データ整理、報告書の作成        |    |    | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   | ■   | ■   | ■  | ■  | ■  |

## 2. 使用機器

### 2.1.1 種場・生息場の拡大

使用機器を、表 4 に示す。

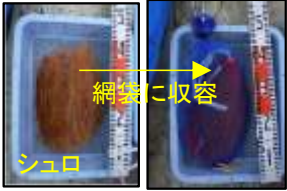
表 4 使用機器

| 項目   | 内 容                                                                                                |                                                                                                                                                                                                  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 使用機器 |  <p>底質改善例(軽石)</p> | <p>●<b>基質</b></p> <p>大きさ：－</p> <p>材質：－</p> <p>基質：砂、軽石(約2mm)、パーム</p> <p>備考：砂(3袋(18kg/袋×3))、軽石(3袋(180/袋×3))、パーム(3束)を泥地(1m×1mの範囲)に混合し底質改善</p>                                                       |
|      |                   | <p>●<b>離底飼育器具</b></p> <p>大きさ：フレーム(1m×1m×0.6m程度)、網袋(0.3m×0.6m程度(収穫ネット、ラッセルネット))</p> <p>材質：フレーム(FRP)、網袋(ポリエチレン)</p> <p>基質：軽石(約2mm)</p> <p>備考：軽石は30程度を充填(収穫ネット(目合4mm)に充填し、それをラッセルネット(目合8mm)へ収容)</p> |
|      |                 | <p>●<b>二重底プレート</b></p> <p>大きさ：0.4m×0.4m、網袋(同上)</p> <p>材質：ポリエチレン</p> <p>基質：同上</p> <p>備考：同上</p>                                                                                                    |
|      |                 | <p>●<b>基質入り網袋 (干潟面直上に設置)</b></p> <p>大きさ：0.3m×0.6m程度、網袋(同上)</p> <p>材質：ポリエチレン</p> <p>基質：同上</p> <p>備考：同上</p>                                                                                        |

### 2.1.2 効率的な稚貝確保技術の開発

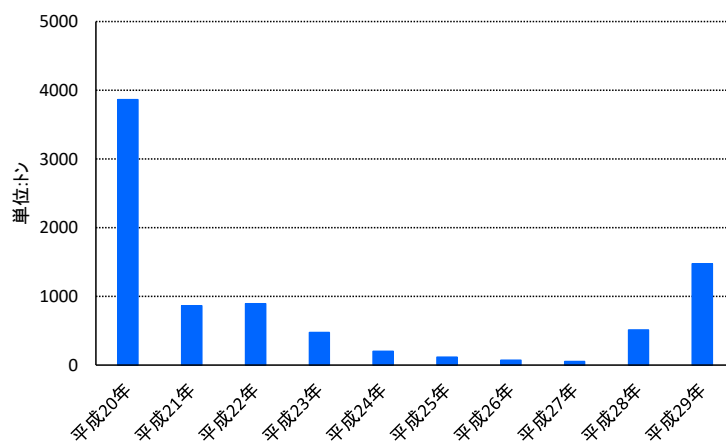
使用機器を、表 5 に示す。

表 5 使用機器

| 項<br>目   | 内 容                                                                               |                                                                                                                                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 使用機<br>器 |  | <p>●網袋</p> <p>網袋(30cm×60 cm程度(目合 8 mm))、収穫ネット(30cm×50 cm程度(目合 1～2 mm))</p> <p>材質：ポリエチレン</p> <p>基質：パーム</p> <p>備考：網袋 1 つにつきパーム 1 束を充填</p> |

### 3. 地域特性

福岡県の有明海区におけるアサリ類の漁獲量を図 4 に示す。平成 20 年以降は減少傾向にあり、特に平成 21 年以降は 1,000t 以下の低位で推移していた。しかし平成 28 年以降は上昇傾向にあり、平成 29 年には約 1,500t まで増加した。



出典：福岡県(2019)：福岡県農林水産業・農山漁村の動向-平成 30 年度農林水産白書-

図 4 福岡県有明海区におけるアサリ類の漁獲量

次に 3 号地区における環境特性をみると流況・水質、底質ともにアサリにとって概ね好適な環境となっている(表 6)。なお、10 号地区については 12 月 27 日に底質を調査した結果、細粒分 18.1%、中央粒径 0.31 mm とアサリにとって好適な状態であった。

表 6 環境特性(平成 31 年度における調査結果)

| 調査時期  | 流況・水質              |                         |                     |                    | 底質                 |                       |                    |                   |                     | アサリ(稚貝・成貝)          |                   |
|-------|--------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|       | 塩分                 | クロロフィルa<br>( $\mu$ g/g) | 濁度(FTU)             | 流速<br>(cm/s)       | 細粒分<br>(%)         | 中央粒径<br>(mm)          | COD(mg/g)          | IL(%)             | T-S(mg/g)           | kg/m <sup>2</sup>   | 個体/m <sup>2</sup> |
|       | 20以上 <sup>2)</sup> | 3以上 <sup>2)</sup>       | 300未満 <sup>2)</sup> | 8～27 <sup>3)</sup> | 20以下 <sup>1)</sup> | 0.3～0.7 <sup>1)</sup> | 10以下 <sup>1)</sup> | 1～6 <sup>1)</sup> | 0.2以下 <sup>2)</sup> | 2～4以下 <sup>2)</sup> | —                 |
| 8月    | 21.9               | 9.4                     | 76.6                | 13.9               | 7.4                | 0.3                   | 2.8                | 3.6               | <0.01               | 4.01                | 867               |
| 12～1月 | 26.0               | 3.2                     | 45.7                | 15.8               | 30.7               | 0.1                   | 5.6                | 4.4               | <0.01               | 1.09                | 233               |

注: 好適範囲にある数値は水色、不適範囲にある数値は黄色で着色した。

出典

1) 水産庁増殖推進部(2013): 二枚貝漁場環境改善技術導入のためのガイドライン。

2) 全国沿岸漁業振興開発協会(1997): 沿岸漁場整備開発事業 増殖場造成計画指針ヒラメ・アサリ編 平成8年度版。

3) 張成年ほか: 漁場生産力の有効活用によるアサリ母貝場創生および新規創出技術委開発。

いっぽう、アサリ成貝は平成 30 年 1 月に 3 号地区で 1,820 個体/m<sup>2</sup>、10 号地区で 460 個体/m<sup>2</sup>出現したが、令和 2 年 1 月では 3 号地区で 233 個体/m<sup>2</sup>、10 号地区で 13 個体/m<sup>2</sup>といずれの地区も減少した。移植によりアサリの生息量を増加する対策が必要な場所と考えられた。

## 4. 種場・生息場の拡大

### 4.1 実施方法

種場・生息場の拡大の概要を表 7、表 8 に示す。

表 7 種場・生息場の拡大(3 号地区)

| 項目   | 内 容                                                                                                  |                                                                                                                                               |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目的   | 移植により、対照区(高密度着生・集積域)よりも生残率や成長が向上する。                                                                  |                                                                                                                                               |
| 調査時期 | 令和元年 5 月設置<br>令和元年 6 月、7 月 生残率と成長速度                                                                  |                                                                                                                                               |
| 調査場所 | 柳川市地先 3 号地区                                                                                          |                                                                                                                                               |
| 使用機器 |  <p>底質改善例(軽石)</p> | <p>●基質</p> <p>大きさ: -</p> <p>材質: -</p> <p>基質: 砂、軽石(約 2mm)、パーム</p> <p>備考: 砂(3 袋(18 kg/袋×3))、軽石(3 袋(180/袋×3))、パーム(3 束)を泥地(1m×1m の範囲)に混合し底質改善</p> |

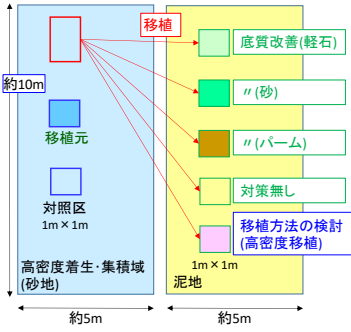
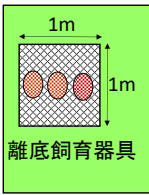
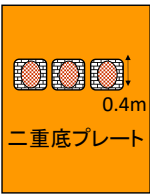
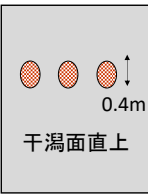
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>調査方法</p> | <p>高密度着生・集積域のアサリを採集し、近隣の泥地を底質改善した後に移植した。移植先の生息密度は砂地(約2,000個体/m<sup>2</sup>)の半分程度(約1,000個体/m<sup>2</sup>)とした。なお、移植元も同様な生息密度に調整した。移植後は、底質改善の手法別に、移植効果を確認した。生残確認のための個体数調査には10cm方形枠(深さ10cm)を用いた。出現したアサリの計数を各実験区や対照区において、5回実施した。殻長測定は各実験区や対照区あたり30個体を上限に実施した。</p> <p>なお、移植方法を検討するため高密度移植も実施した。<br/>1m×1mの範囲に約130分のアサリを放流し、同上の調査を実施した。</p>  |
| <p>備考</p>   | <p>7月下旬の豪雨の影響で、移植したアサリの生残率が急減し調査の継続が困難となった。そこで、生残率の低下が軽微だった対照区、移植元を対象に現況把握を目的とした調査を実施した。調査では、6月、7月、8月、9月、11月、翌年1月の生残個体数と殻長を測定した。個体数調査には10cm方形枠(深さ10cm)を用い、1m×1mの区域あたり5回実施する。殻長測定は各区域あたり30個体を上限に実施した。</p>                                                                                                                                                                                                                 |

表 8 種場・生息場の拡大(10 号地区)

| 項<br>目   | 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目<br>的   | 移植に適した場所への移植で、生残率を向上させる。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                  |
| 調査時<br>期 | 令和元年 10 月設置<br>令和元年 11 月、12 月、翌年 1 月、 生残率                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                  |
| 調査場<br>所 | 柳川市地先 10 号地区                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                  |
| 使用機<br>器 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>●離底飼育器具</p> <p>大きさ：フレーム(1m×1m×0.6m 程度)、網袋(0.3m×0.6m 程度(収穫ネット、ラッセルネット))</p> <p>材質：フレーム(FRP)、網袋(ポリエチレン)</p> <p>基質：軽石(約 2mm)</p> <p>備考：軽石は 30 程度を充填(収穫ネット(目合 4mm)に充填し、それをラッセルネット(目合 8mm)へ収容)</p> |
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>●二重底プレート</p> <p>大きさ：0.4m×0.4m、網袋(同上)</p> <p>材質：ポリエチレン</p> <p>基質：同上</p> <p>備考：同上</p>                                                                                                           |
|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>●基質入り網袋(干潟面直上に設置)</p> <p>大きさ：0.3m×0.6m 程度、網袋(同上)</p> <p>材質：ポリエチレン</p> <p>基質：同上</p> <p>備考：同上</p>                                                                                               |
| 調査方<br>法 | <p>パームで採苗した稚貝を採集し、軽石を入れた網袋に収容した。10 号地区に設置した離底飼育器具、二重底プレート、および干潟面直上へ移植した。</p> <p>これらの稚貝について生残個体数を調査して生残率を比較し、生残に好適な移植方法を検討した。</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 10px;">  <p>離底飼育器具</p> </div> <div style="margin-right: 10px;">  <p>二重底プレート</p> </div> <div>  <p>干潟面直上</p> </div> </div> <div style="margin-top: 10px;"> <p>凡例</p> <p>■ : 設置高 0cm</p> <p>■ : 設置高 10cm</p> <p>● : 基質入り網袋(軽石)</p> </div> |                                                                                                                                                                                                  |

## 4.2 取りまとめ手順

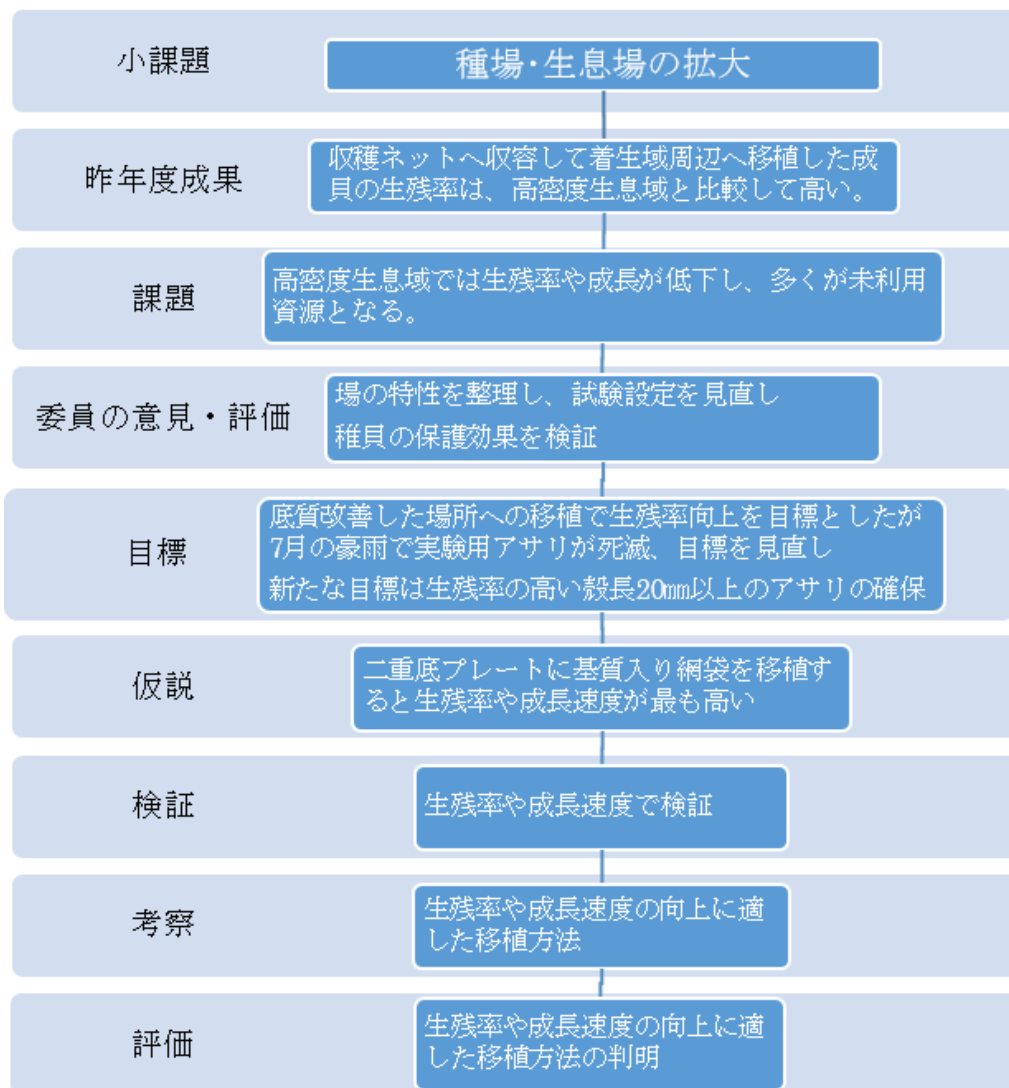


図 5 種場・生息場の拡大

### 4.2.1 仮説の検証

生残率と成長速度について表 9 に示す技術について、一元配置分散分析を実施し効果的な技術を選定する。

表 9 技術の比較

| 項目   | 離底飼育器具 | 二重底プレート | 干潟面直上 |
|------|--------|---------|-------|
| 成長速度 | ○      | ○       | ○     |
| 生残率  | ○      | ○       | ○     |

## 4.3 結果

### 4.3.1 3号地先

生残率を図 6 に示す。砂地に設置した対照区(生息密度約 2,000 個体/㎡)と移植元(生息密度約 1,000 個体/㎡)と比較し、泥地に設置した各実験区(底質改善(砂、軽石、パーム)、対策無し(泥場に直接放流した区)、高密度移植(泥場の 1 か所に約 130 分のアサリを直接放流した区))では、いずれも 8 月に急減した(図 6)。調査時、実験区周辺は広く泥土で覆われ、天然に生息するアサリの多くが死滅していた(図 7)。

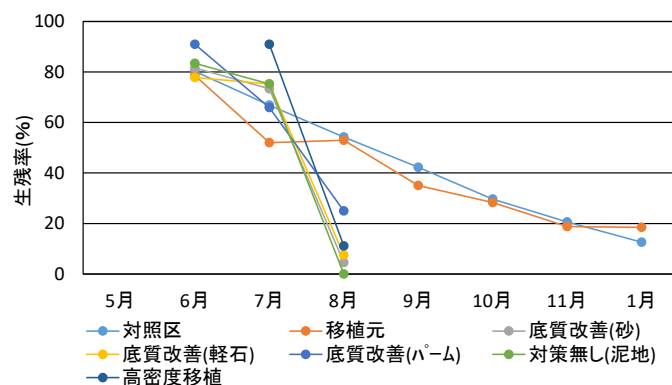


図 6 生残率



図 7 豪雨後の干潟面の状況(左の写真は全景、右の写真は死滅した天然のアサリ(7月31日))

原因として 7 月下旬に発生した豪雨の影響が考えられた。降水量は、筑後川中流に位置する福岡県久留米市で 7 月 21 日 323.5 mm、22 日 66 mm であった(気象庁)。なお、塩分は大牟田給水場で 7 月 23 日、24 日にアサリに不適とされる 20 以下になった可能性が高く(観測値(比重) 23 日 13.5、24 日 11.8)、泥土や低塩分などの環境変化によって死滅した可能性が高いと考えられた。

豪雨によって生残率が急減する前の 7 月上旬までの成長速度、および豪雨後の 9 月までの成長速度を示す(図 8)。いずれも対照区で高い傾向であった。

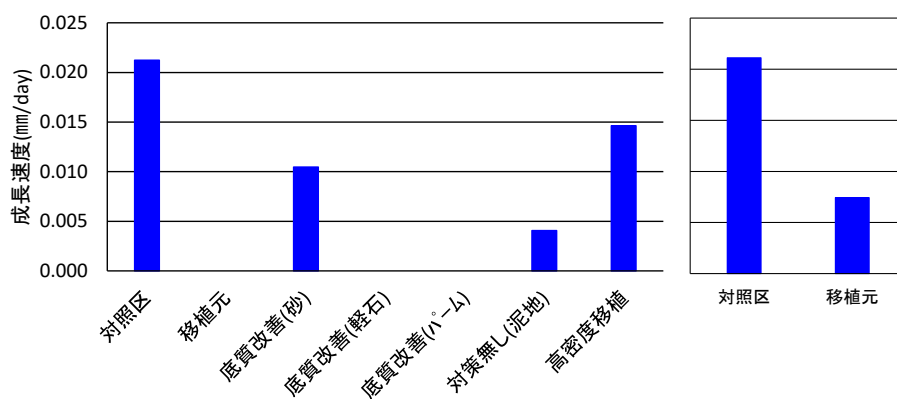


図 8 成長速度(左図 7月、右図 9月)

#### 4.3.2 10号地先

放流三カ月後の生残率は何れの実験区も高く、93%以上であった。

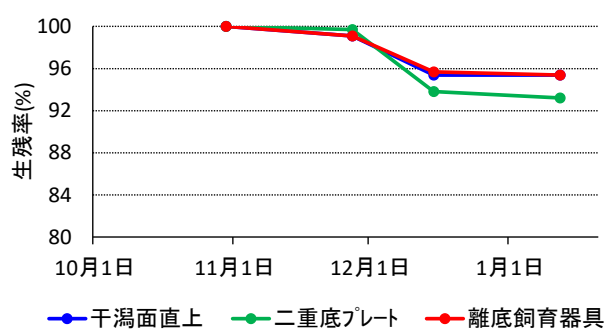


図 9 生残率

10月～1月における成長速度は何れも高く、0.09～0.10 mm/day であった。平均殻長は20 mm近くまで上昇した。

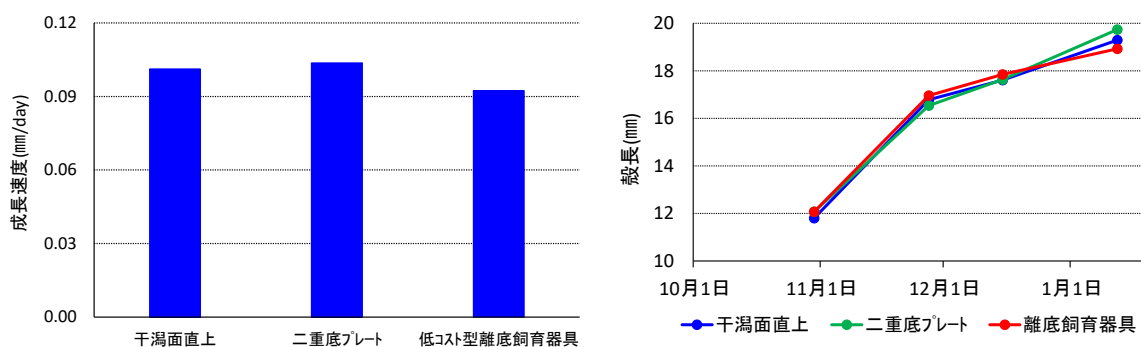


図 10 成長速度と平均殻長

#### 4.4 仮説の検証

成長率、成長速度について一元配置分散分析を実施し以下に整理した。しかし、本実験方法では他の様々な要因(地形など)による影響も排除できないことが明らかとなった。本検証で得られた結果は参考にとどめ、今後は可能な限り他の要因を排除した実験方法への見直しを進める必要があるものと考えられる。

##### 4.4.1 生残率の比較

手法別の生残率について、1月に得られた生残率を用いて一元配置分散分析を行った結果、 $p=0.52$ と有意差はみられなかった。何れの手法も同等な効果があるものと考えられた。

##### 4.4.2 成長速度の比較

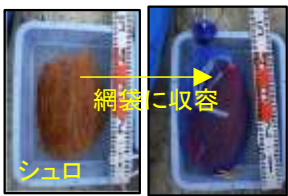
手法別の成長速度について、10月～1月の期間で得られた成長速度を用いて一元配置分散分析を行った結果、 $p=0.55$ と有意差はみられなかった。何れの手法も同等な効果があるものと考えられた。

### 5. 効率的な稚貝確保技術の開発

#### 5.1 実施方法

効率的な稚貝確保技術の開発の概要を表10に示す。

表 10 効率的な採取方法の検討

| 項目   | 内 容                                                                                 |                                                                                                                                     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目的   | パームを用いて砂地よりも多くの稚貝を確保する。                                                             |                                                                                                                                     |
| 調査時期 | 令和元年4月設置<br>令和元年5月、6月、7月 初期稚貝や稚貝の個体数<br>令和元年9月設置<br>令和元年10月、12月、令和2年1月 初期稚貝や稚貝の個体数  |                                                                                                                                     |
| 調査場所 | 柳川市地先3号地区                                                                           |                                                                                                                                     |
| 使用機器 |  | <p>●網袋</p> <p>網袋(30cm×60 cm程度(目合 8 mm))、収穫ネット(30cm×50 cm程度(目合 1～2 mm))</p> <p>材質：ポリエチレン</p> <p>基質：パーム</p> <p>備考：網袋1つにつきパーム1束を充填</p> |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 調査方法 | <p>初期稚貝や稚貝が最も多く残る設置高を探る目的で、干潟面からの高さ 10 cm、50 cm、100 cm および 150 cm にパームを収容した網袋を設置した。調査では、網袋 1 つあたり一定量(乾燥重量 5g 程度)を採取した。これを 1 検体とし、各設置高 3 検体採取した。現地砂泥における調査方法は、注射筒(内径 29 mm)の先を切り落としたコアサンプラにより表層 2 cm の基質を 5 回採取し、混合したものを 1 検体とし、3 検体採取した。</p> <p>分析においては、<br/> 殻長 0.2 mm 以上 1 mm<br/> 未満の初期稚貝、殻長 1 mm 以上の稚貝の<br/> 個体数を計数した。</p> <p>断面図(コンボース)に設置した基質入り網袋)</p> <p>凡例<br/> ● : コンボース<br/> ○ : 基質入り網袋(シュロ コンボース 取り付け)<br/> ○ : 対照区(現地砂)</p> |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 5.2 取りまとめ手順



図 11 効率的な稚貝確保技術の開発

### 5.2.1 仮説の検証

初期稚貝や稚貝の個体数について表 11 に示す設置高について一元配置分散分析を実施する。また、対照区(砂地)と比較した t 検定も実施し、効果を確認する。

表 11 設置高の比較

| 項目  | 実験区(パーム)の設置高 |        |         |         | 対照区(砂地) |
|-----|--------------|--------|---------|---------|---------|
|     | 10 cm高       | 50 cm高 | 100 cm高 | 150 cm高 |         |
| 個体数 | ○            | ○      | ○       | ○       | ○       |

### 5.3 結果

初期稚貝と稚貝(春子)の出現個体数を図 12 に示す。初期稚貝は5月、6月の現地砂泥で多いが7月には出現が確認されなかった。いっぽう、稚貝は現地砂泥で少なく、パームで多く確認された。特に設置高 10cm、50 cmおよび 100 cmの7月で多い傾向であった。

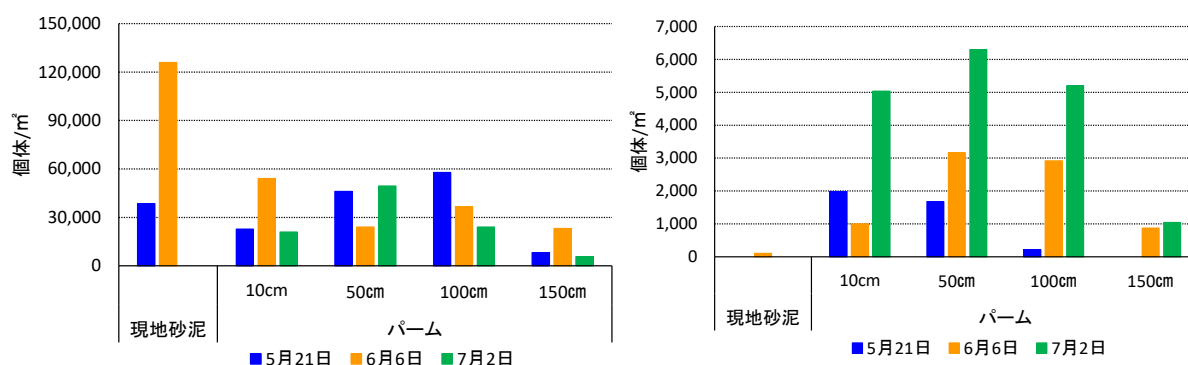


図 12 春子の出現個体数(左図 初期稚貝、右図 稚貝)

注：初期稚貝や稚貝の個体数を求める計算式

個体数の算定にあたっては、パームは1束あたりの乾燥重量が250g程度のため、分析結果に次の値を掛ける計算式により、1束あたりの個体数を求めた。

分析結果×[250g/採取量(5g程度)]

次にパームに近似した楕円体の表面積を求め、パーム1束あたりの個体数に1m²を楕円体の表面積で除した値を掛け、1m²あたりの個体数に換算した。

パームの表面積 $=4\pi \times ((a^p b^p + a^p c^p + b^p c^p)/3)^{1/p} \div 841.9 \text{ cm}^2$

※  $p=1.6075$ (定数)、 $a=b=5 \text{ cm}$ 、 $c=16.5 \text{ cm}$

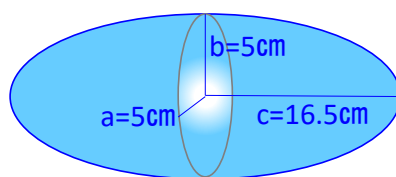


図 13 パームに近似した楕円体

$1 \text{ m}^2$ あたり個体数=パーム 1 束あたりの個体数 $\times 10,000 \text{ cm}^2$ /パームの表面積

初期稚貝と稚貝(秋子)の出現個体数を図 14 に示す。初期稚貝は 10 月には殆ど出現しなかったが、12 月や 1 月になると現地砂泥、パームの設置高 10cm、50 cm および 100 cm で多く出現した。稚貝は特に 1 月のパーム(設置高 50 cm)で特に多く出現した。

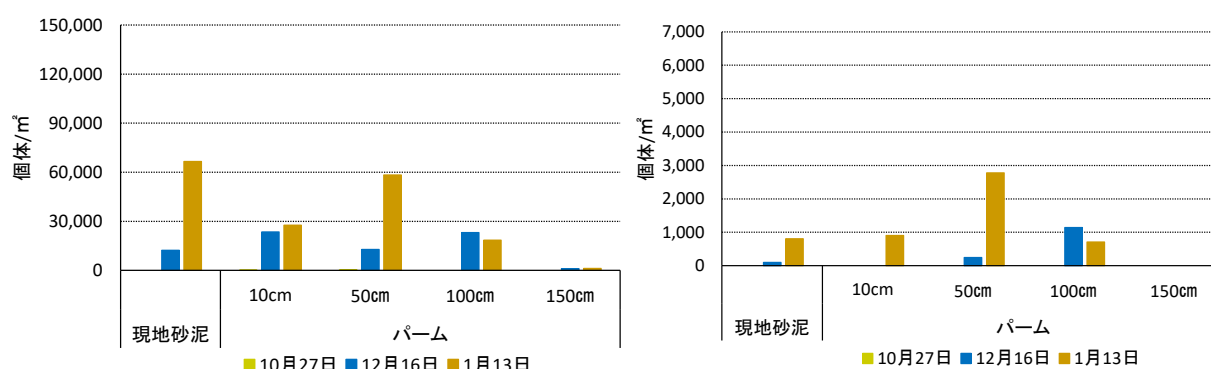


図 14 秋子の出現個体数(左図 初期稚貝、右図 稚貝)

## 5.4 仮説の検証

初期稚貝や稚貝の出現個体数について一元配置分散分析を実施し、有意差がみられた場合は多重比較 (Tukey 法) を実施し以下に整理した。しかし、パームの設置間隔が近いなど、様々な要因による影響も排除できないことが明らかとなった。本検証で得られた結果は参考にとどめ、今後は可能な限り他の要因を排除した実験方法への見直しを進める必要があるものと考えられる。

### 5.4.1 初期稚貝

春子を対象に設置高別の出現個体数について一元配置分散分析を行った結果、5 月は  $p=0.77$ 、6 月は  $p=0.73$  と有意差はみられなかったが、7 月は  $p=0.00073$  と有意差がみられた。そこで、7 月の結果を対象に多重比較 (Tukey 法) にて検定した結果 ( $p<0.05$ )、100 cm 高と 10cm 高の間で有意差がみられないが、その他すべての組み合わせで有意差がみられた。特に、50 cm 高は全ての設置高と原地盤よりも有意に高い結果となった。した

がって、平均値で見ても 50 cm高が最も多いことから、初期稚貝においては 50 cm高が適しているものと考えられた。

表 12 初期稚貝の 7 月における出現状況(平均値)

個体/m<sup>2</sup>

| 設置高    |        |        |        | 原地盤 |
|--------|--------|--------|--------|-----|
| 10cm   | 50 cm  | 100 cm | 150 cm |     |
| 20,928 | 49,510 | 24,004 | 5,723  | 0   |

秋子を対象に設置高別の出現個体数について一元配置分散分析を行った結果、10 月では  $p=0.57$ 、12 月では  $p=0.35$ 、1 月では  $p=0.10$  と有意差はみられなかった。

#### 5.4.2 稚貝

春子を対象に設置高別の出現個体数について一元配置分散分析を行った結果、5 月は  $p=0.29$ 、6 月は  $p=0.24$  と有意差はみられなかったが、7 月は  $p=0.040$  と有意差がみられた( $p<0.05$ )。そこで、7 月の結果を対象に多重比較(Tukey 法)にて検定したが( $p<0.05$ )、有意差はみられなかった。しかし、平均値でみると 50 cm高で最も多く出現していることから(表 13)、50 cm高が稚貝の着生に適した可能性があるものと考えられた。

表 13 稚貝の 7 月における出現状況(平均値)

個体/m<sup>2</sup>

| 設置高   |       |        |        | 原地盤 |
|-------|-------|--------|--------|-----|
| 10cm  | 50 cm | 100 cm | 150 cm |     |
| 5,035 | 6,300 | 5,199  | 1,042  | 0   |

秋子を対象に設置高別の出現個体数について、出現の確認された 12 月と 1 月の結果について 1 元配置分散分析を行った結果、12 月は  $p=0.17$ 、1 月は  $p=0.32$  と有意差はみられなかった。

## 6. 現況把握調査

### 6.1 マルチビーム測量によるアサリ分布域の推定

#### 6.1.1 方法

マルチビーム測量で得られる後方散乱強度により、底質(泥、砂、礫、岩等)の判別がある程度可能である。一方、平成 29 年度における本事業の成果によれば、3 号地区において細粒分の高い測点(67.7%以上)ではアサリの出現個体数が低く、4.5~44.0%で多い傾向がみられた。SI(Suitable Index 適性指標)=1 となるアサリに好適な細粒分含有率は 4~30%と<sup>1)</sup>、アサリが多く出現する場所の値と概ね一致した。したがって、細粒分含有率の分布域が明らかになれば、アサリの多く出現する範囲の推定が可能と考えられる。そこで、高密度着生域や周辺域において後方散乱強度と細粒分含有率・アサリの個体数分布状況を調査し、後方散乱強度によるアサリ分布域推定の可能性を検討した。

### (1) マルチビーム測深における後方散乱現象

ここで、マルチビーム測深における後方散乱現象について説明する。

マルチビーム測深機は、測量船の舷側水面下に取り付けたソナーヘッドから地盤面に向けて扇状に広がる音響ビームを送出し、地盤面からの反射波受振までの往復時間に基づいて深度を計測する(図 15)。音波が地盤面で反射する際には散乱現象が生じており、このうち、入射波の送出源の方向に戻る散乱波である後方散乱波を往復時間の計測に利用している。一方、後方散乱波は反射対象物の粒度が粗いほど強くなる性質があるため、(図 16)、その分布を計測することにより地盤面の相対的な粒度(粗度)の平面分布を明らかにすることができる。つまり、アサリの好適性と粒度組成には深い関係があり、後方散乱強度が粒度組成を反映してい

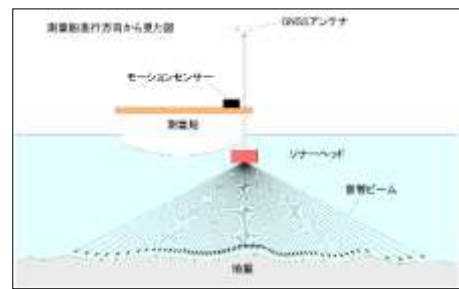


図 15 マルチビーム測深のイメージ



図 16 後方散乱現象の性質

るとすれば、後方散乱強度がアサリの好適性を間接的に示す可能性があることになる。この手法は、地盤の粒度組成に強く依存する音波の後方散乱現象を利用しているため、海水の濁度や底質の色といった光学的ファクターには依存せず、低潮時にも濁度の高い海水に覆われるトレンチ内等においても適用することができることが、技術的特長である。

### (2) 後方散乱強度指数

Kongsberg 社製マルチビーム測深機 EM2040P を機装した調査船で調査区域内を航走探索し、測深データと同時に得られる音響ビームの後方散乱強度分布データを取得した。得られた計測データファイルを、水域探索記録解析ソフトウェア Chesapeake 社製 SonarWiz により解析し、最強値を 1、最弱値を 249 とする 249 段階の相対的な強度の指数を 0.05m メッシュで求めた。これを基に、最強値を白色、最弱値を黒色とするグレースケールの画像ファイルを作成して、後方散乱強度の分布を視覚的に把握するための資料とした(図 17)。また、0.05m メッシュの後方散乱強度データから 0.5m メッシュの平均値を求め、サンプリング地点周辺における後方散乱強度の分布状況の検討に用いた(図 18)。更に、底質試料採取地点付近 2.5m 四方の 0.5m メッシュ 25 データの平均値を求めて、これを底質試料採取地点における相対の後方散乱強度指数の代表値とした(表 14、図 17、図 18)。2.5m 四方としたのは、GPS による底質採取位置の測位誤差と測深機の測位誤差を考慮したためである。

### (3) 底質試料

調査区域内の 22 地点(北側 19 地点、南側 3 地点)の海底地盤から底質試料を採取した。採取位置は、マルチビーム測深実施直後に作成した速報の後方散乱強度分布画像を参考にしてあらかじめ候補地点を抽出したうえで、採取作業時に観察された地盤面の性状に応じて適宜変更して決定した。採取方法は、後方散乱が弱いことから泥質で非常に軟弱な地盤であることが予想された N-5、N-13、N-14、N-15 の 4 地点については、高潮時に作業船上からスミス・マッキンタイヤ型底質採取器によった。その他の地点は、低潮干出時に調査員が地盤面に直接降り立って直接採取した。採取位置は、作業船については測量用 DGPS 測位装置、地盤面干出時の位置は、作業員の作業性を考慮して、簡易的なハンディ GPS 測位装置で計測した。

採取した試料は、粒度試験、含水比試験、密度試験、および貝殻含有率試験に供した。

#### (4) アサリ個体数

底質試料採取と同一の 22 地点（北側 19 地点、南側 3 地点）で、各地点 10cm 方形枠（深さ 10cm）で 1 回採泥し、そこに含まれる成貝を対象に個体数を計測した。計測値は、試料湿重量 100g あたりの個体数として表した。

#### 6.1.2 結果

前述 6.1.1 (2) で求めた後方散乱強度指数と、底質の試料の粒度組成（含、貝殻片含有率）、含水比および産出したアサリ個体数との関係、および細粒分含有率とアサリ個体数との関係は以下のとおりであった。なお、含水比と密度については、アサリ個体数との間に一定の傾向を示さなかったため、割愛する。

##### (1) 後方散乱強度とアサリ個体数の関係

- ①全 22 地点のうち、N-17 および S-2 の 2 地点を除く 20 地点では、後方散乱強度指数約 117 を境として、これよりも小さい（後方散乱が強い）地点でアサリが出現し、大きい（後方散乱が弱い）地点でアサリが出現しなかった。
- ②①にあてはまらなかった 2 地点では、いずれも後方散乱強度指数が上記数値よりも小さい（後方散乱が強い）にもかかわらず、アサリが出現しなかった。

##### (2) 後方散乱強度と粒度組成・貝殻含有率の関係

- ①採取地点 N-14 および N-19 の 2 地点を除く 20 地点では、後方散乱強度指数約 117 を境として大きい（後方散乱が弱い）地点の粒度組成は泥質分＞砂質分であり、小さい（後方散乱が強い）地点の粒度組成は砂質分＞泥質分である。
- ②調査実施前には、アサリの貝殻（遺骸）の破片が粗粒堆積物と同様の作用をして、後方散乱が強まることが予想された。しかし、後方散乱強度と貝殻含有率の間に、一定の傾向は認められなかった。

##### (3) 細粒分含有率とアサリ個体数の関係

アサリの個体数が多い測点（500 個体/m<sup>2</sup>以上）における細粒分含有率は 5.5～35.4%であり（表 14）、SI=1 となる細粒分含有率の範囲（4～30%）<sup>1)</sup>と概ね一致した。また、細粒分含有率が 50%（SI は約 0.5）<sup>1)</sup>を超える地点では出現個体数は 0 個体であった。

表 14 底質、アサリの個体数と湿重量、および後方散乱強度

| 地点名  | 詳細粒径区分 |     |     |      |      |      |      |      | 泥   | 含水比  | 自殺含有率(%) | アサリ個体数(個/0.01 m <sup>2</sup> ) | 湿重量(g) | 個体数(/湿重量100g) | 平均後方散乱強度指数 | 平均後方散乱強度比 |
|------|--------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|----------|--------------------------------|--------|---------------|------------|-----------|
|      | 粗礫     | 中礫  | 細礫  | 粗砂   | 中砂   | 細砂   | シルト  | 粘土   |     |      |          |                                |        |               |            |           |
| N-1  |        |     |     | 1.0  | 16.5 | 63.3 | 8.1  | 11.1 | 0.0 | 80.8 | 19.2     | 51.4                           | 41     | 25            | 114.45     | 46.0%     |
| N-2  |        |     | 1.0 | 1.7  | 18.4 | 60.7 | 8.5  | 9.7  | 1.0 | 80.8 | 18.2     | 48.0                           | 30     | 26            | 102.53     | 41.2%     |
| N-3  |        |     | 1.1 | 2.7  | 17.7 | 46.0 | 19.4 | 13.1 | 1.1 | 66.4 | 32.5     | 59.0                           | 103    | 18            | 92.95      | 37.3%     |
| N-4  |        |     | 0.1 | 0.2  | 2.9  | 43.9 | 34.2 | 18.7 | 0.1 | 47.0 | 52.9     | 73.7                           | —      | 0             | 120.32     | 48.3%     |
| N-5  |        |     | 0.0 | 0.1  | 0.0  | 105  | 36.1 | 53.3 | 0.0 | 10.6 | 89.4     | 182.5                          | —      | 0             | 141.32     | 56.8%     |
| N-6  |        |     | 1.8 | 1.9  | 41.7 | 44.0 | 3.2  | 7.4  | 1.8 | 87.6 | 10.6     | 40.7                           | 176    | 16            | 97.63      | 39.2%     |
| N-7  |        | 2.7 | 2.8 | 3.6  | 37.4 | 44.5 | 3.9  | 5.1  | 5.5 | 85.5 | 9.0      | 37.4                           | 71     | 17            | 92.38      | 37.1%     |
| N-8  |        |     | 1.0 | 4.3  | 46.3 | 40.0 | 2.3  | 6.1  | 1.0 | 90.6 | 8.4      | 40.3                           | 38     | 19            | 100.52     | 40.4%     |
| N-9  |        | 1.5 | 3.2 | 6.0  | 46.9 | 36.9 | 1.0  | 4.5  | 4.7 | 89.8 | 5.5      | 34.3                           | 37     | 19            | 103.26     | 41.5%     |
| N-10 |        |     | 0.2 | 1.1  | 26.4 | 59.2 | 5.6  | 7.5  | 0.2 | 86.7 | 13.1     | 49.6                           | 120    | 17            | 115.85     | 46.5%     |
| N-11 |        | 0.4 | 1.1 | 3.5  | 57.7 | 32.3 | 0.9  | 4.1  | 1.5 | 93.5 | 5.0      | 39.5                           | 112    | 17            | 107.74     | 43.3%     |
| N-12 |        |     | 0.8 | 1.5  | 21.4 | 52.4 | 10.2 | 13.7 | 0.8 | 75.3 | 23.9     | 51.0                           | 122    | 18            | 112.42     | 45.1%     |
| N-13 |        |     | 0.0 | 0.5  | 3.0  | 31.5 | 39.6 | 25.4 | 0.0 | 35.0 | 65.0     | 103.6                          | —      | 0             | 127.01     | 51.0%     |
| N-14 |        | 2.5 | 3.9 | 13.7 | 40.2 | 20.4 | 6.6  | 12.7 | 6.4 | 74.3 | 19.3     | 42.2                           | —      | 0             | 126.59     | 50.8%     |
| N-15 |        |     | 1.1 | 6.2  | 13.0 | 24.3 | 33.6 | 21.8 | 1.1 | 43.5 | 55.4     | 83.6                           | —      | 0             | 129.15     | 51.9%     |
| N-16 |        |     | 2.8 | 4.2  | 18.4 | 42.1 | 16.5 | 16.0 | 2.8 | 64.7 | 32.5     | 58.8                           | 18     | 17            | 97.88      | 39.3%     |
| N-17 |        |     |     | 0.2  | 1.5  | 44.9 | 33.3 | 20.1 | 0.0 | 46.6 | 53.4     | 68.6                           | —      | 0             | 99.89      | 40.1%     |
| N-18 |        |     | 0.2 | 0.8  | 8.2  | 55.4 | 18.4 | 17.0 | 0.2 | 64.4 | 35.4     | 66.0                           | 100    | 14            | 112.04     | 45.0%     |
| N-19 |        |     | 0.0 | 0.1  | 0.8  | 53.7 | 27.8 | 17.6 | 0.0 | 54.6 | 45.4     | 62.0                           | —      | 0             | 143.80     | 57.7%     |
| S-1  |        | 2.2 | 2.9 | 8.0  | 38.9 | 40.2 | 2.0  | 5.8  | 5.1 | 87.1 | 7.8      | 43.6                           | 19     | 16            | 110.31     | 44.3%     |
| S-2  |        |     | 2.7 | 4.2  | 13.8 | 50.2 | 15.0 | 14.1 | 2.7 | 68.2 | 29.1     | 53.8                           | —      | 0             | 94.91      | 38.1%     |
| S-3  |        |     | 0.2 | 1.1  | 2.2  | 18.3 | 42.7 | 35.5 | 0.2 | 21.6 | 78.2     | 136.4                          | —      | 0             | 141.48     | 56.8%     |

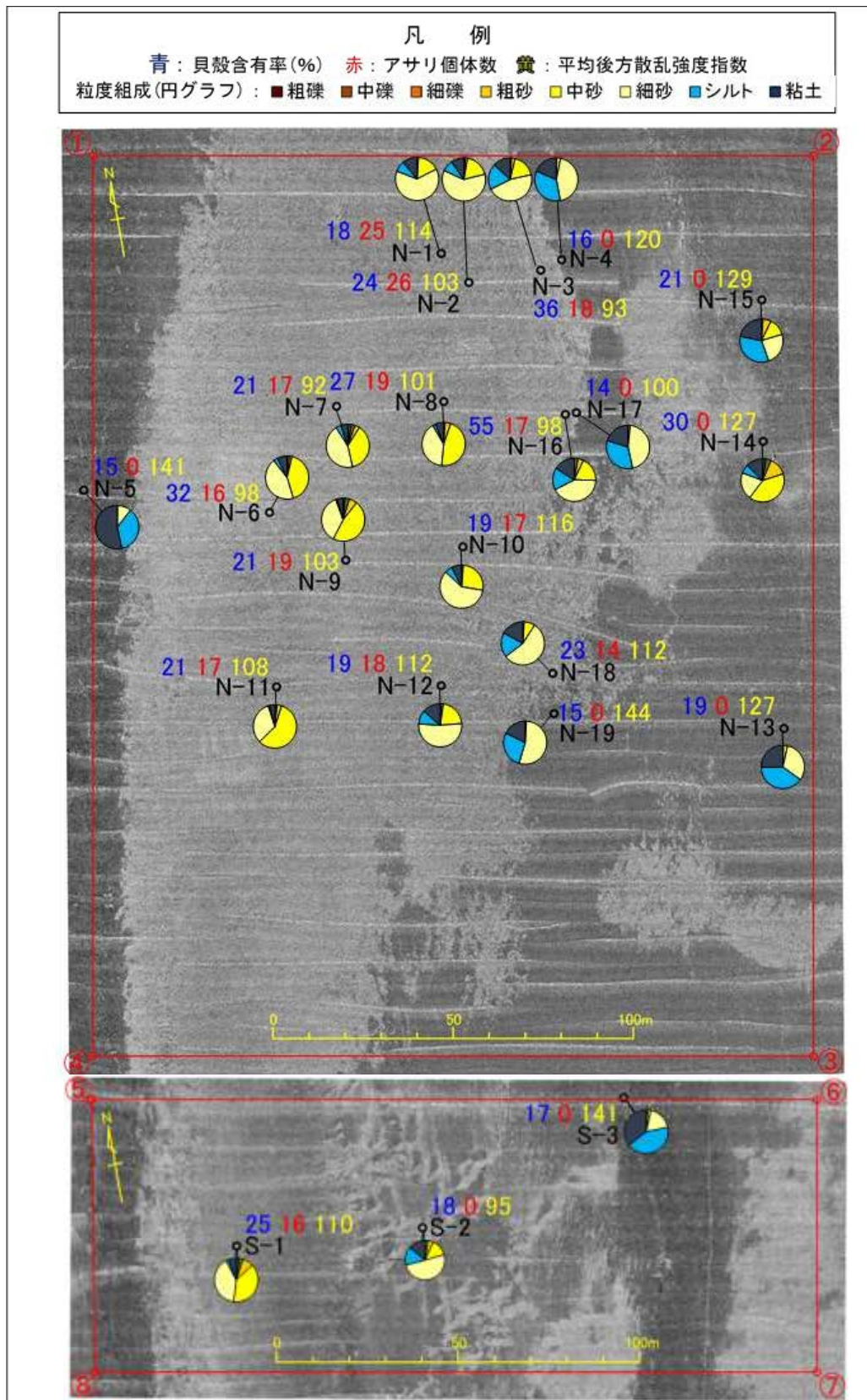


図 17 後方散乱強度分布のイメージ・指数と粒度組成およびアサリ個体数の分布  
(淡色系：後方散乱が強い、濃色系：後方散乱が弱い)

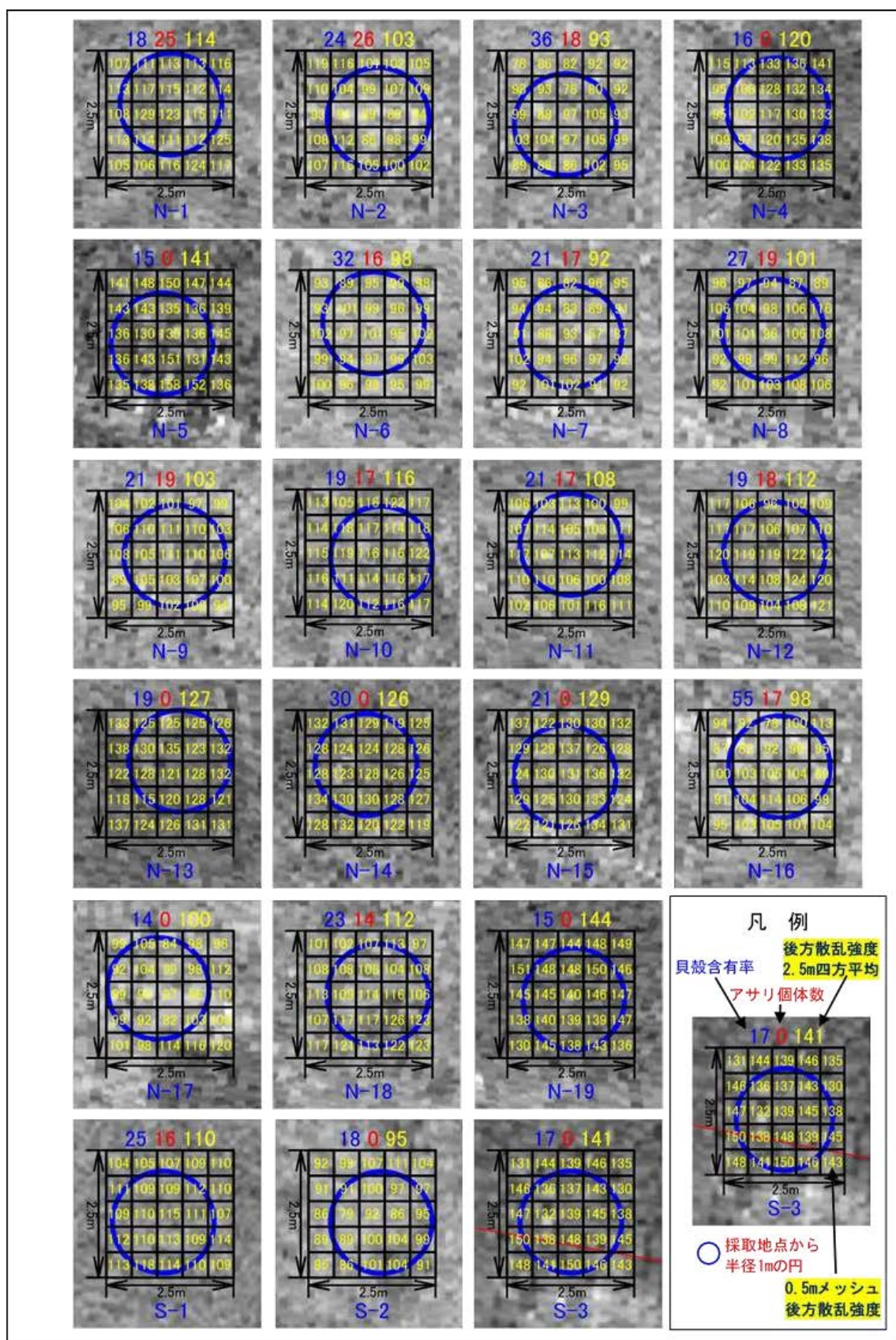


図 18 底質採取地点付近の後方散乱強度指数の分布とアサリ個体数