

4 移植技術の開発（小課題4－1－2）

4.1 他県からの移植した稚貝の生残、成長状況の把握（春季移植実験）

4.1.1 方法

令和3年6月25日に福岡県10号地区からパームで採苗された稚貝を回収した。回収したパーム中から殻長14mm前後の稚貝を採取し、クーラーボックス内で湿潤を保ちながら冷暗保管した。翌日、佐賀県諸富地区1022号に稚貝を運搬し、本実験区の「泥混じり砂場」および「砂場」に移植した。稚貝の移植方法は、二重ネット（小課題1を参照）に稚貝を一袋あたり60個体の密度で殻長サイズが偏らないように収容後、「泥混じり砂場」では離底器の上に設置し、「砂場」では干潟に直置きした（図31）。

統計解析では、各保護方法の有効性を確認するため、各調査期で泥混じり砂場（離底）と砂場（直置）の平均個体数を「t検定」で比較した。また、各保護方法によるアサリの成長速度を比較するため、非線形最小二乗法で生物の成長を示す一般モデルである「von Bertalanffyの成長曲線式（3.1.1と同様）」を作成した。

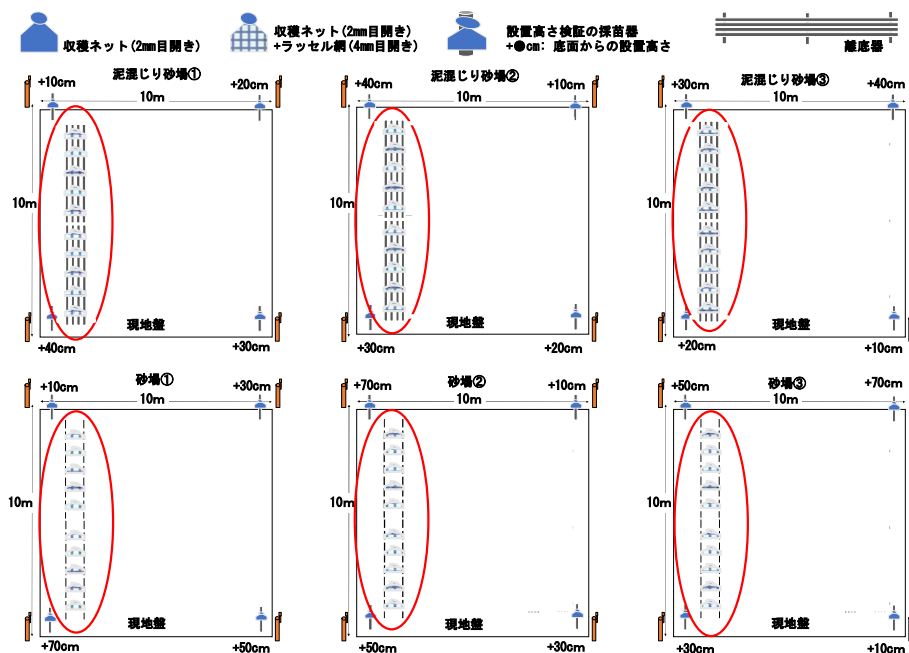


図 31 移植実験における採苗器の設置位置

○：本実験における採苗器の位置を示した。

4.1.2 結果

(1) 生残率

春季移植実験における移植した稚貝の平均生残率を図 32 に示した。

春季移植実験におけるアサリの平均生残率の比較では、稚貝の生残率は令和 3 年 6 月 25 日および 7 月 10 日に両実験区で 100%であったものの、令和 3 年 8 月 11 日から 9 月 10 日にかけて顕著な低下を示した。令和 3 年 9 月 10 日以降では、稚貝の生残率の低下は両実験区で小さく、令和 3 年 12 月 17 日の泥混じり砂場（離底）で 10.1%、砂場（直置）で 7.0%となった。このとき、両実験区間で有意な差は確認されなかった（ t 検定, $p > 0.05$ ）。

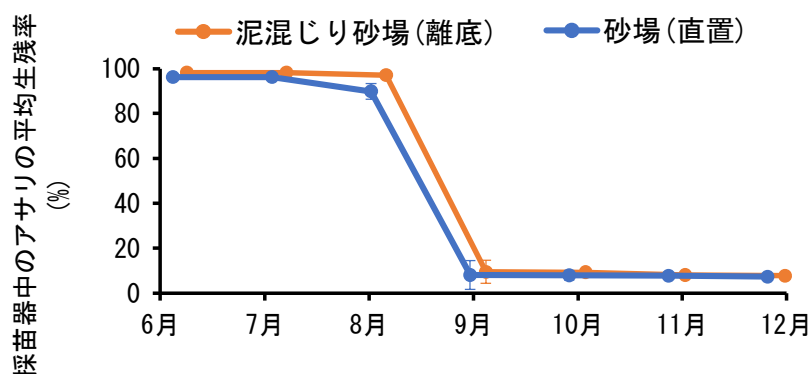


図 32 春季移植実験における移植した稚貝の平均生残率（ $n = 3$ ）

エラーバーは標準偏差を示した。

(2) 殻長

春季移植実験における移植した稚貝の殻長組成を図 33 に示した。

春季移植実験におけるアサリの平均殻長の比較では、令和 3 年 6 月 25 日の移植時点で殻長が 14mm 程度の稚貝は、令和 3 年 9 月、11 月および 12 月で砂場よりも泥混じり砂場で平均殻長が有意に大きく（ t 検定, $p < 0.05$ ）、令和 3 年 12 月 17 日には泥混じり砂場（離底）で 28.4mm、砂場（直置）で 26.5mm となった。

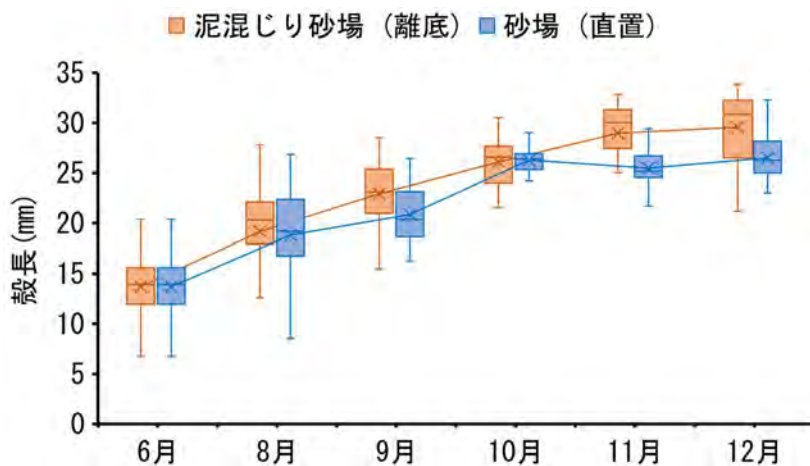


図 33 春季移植実験における移植した稚貝の殻長組成（各 3 袋）

(3) 成長速度

von Bertalanffy の成長曲線における移植場所および保護手法ごとの係数を表 14、各設置場所および各保護方法におけるアサリの成長モデルを図 34 に示した。

春季移植実験における各設置場所の比較では、アサリの成長速度(k)は泥混じり砂場(離底)で0.445、砂場(直置)で0.521 となった。

表 14 von Bertalanffy の成長曲線における移植場所および保護手法ごとの係数

移植場所	保護手法	von Bertalanffyの成長曲線における各係数		
		SL_{∞}	k	c
泥混じり砂場	離底	32.9	0.445	-0.283
砂場	直置	30.0	0.521	-0.221

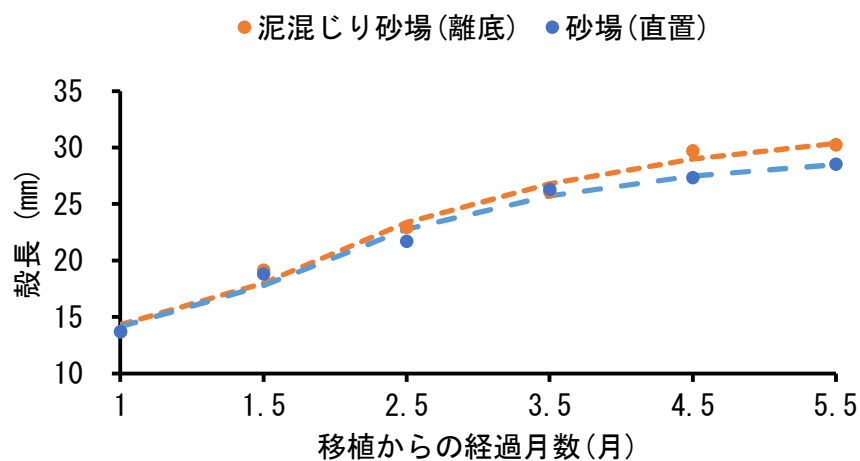


図 34 春季移植実験における各設置場所のアサリの成長モデル

4.2 他県からの移植した稚貝の生残、成長状況の把握（秋季移植実験）

4.2.1 方法

令和3年11月2日に長崎県小長井地先から砂利(6号碎石)で採苗された稚貝を回収した。回収した砂利中から殻長24mm前後の稚貝を採取し、クーラーボックス内で湿潤を保ちながら冷暗保管した。翌日、佐賀県諸富地区1022号に稚貝を運搬し、本実験区の「泥混じり砂場」および「砂場」に移植した。

稚貝の移植方法は、一重ネット(3.1.1を参照)に稚貝を一袋あたり50個体の密度で殻長サイズが偏らないように収容後、「泥混じり砂場」では離底器の上に設置し、「砂場」では干潟に直置きした(設置場所は図31と同位置で、春季移植実験の空き場所を利用した)。



図 35 秋季移植実験における稚貝移植

4.2.2 結果

(1) 生残

秋季移植実験における移植した稚貝の平均生残率を図36に示した。

秋季移植実験におけるアサリの平均生残率の比較では、稚貝の生残率は泥混じり砂場および砂場で令和4年11月2日に100%で、令和3年12月17日から令和4年1月22日で97%前後を示した。このとき、両実験区間で有意な差は確認されなかった(t 検定, $p > 0.05$)。

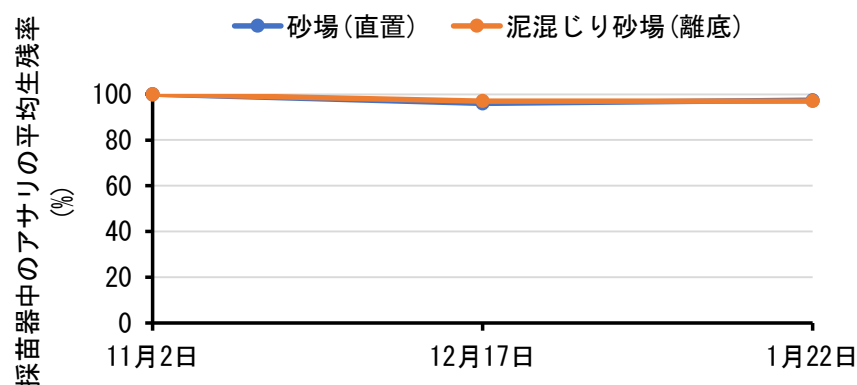


図 36 秋季移植実験における移植した稚貝の平均生残率 ($n = 3$)

測定日の下のアンダーバーは測定予定月を示した。

(2) 殻長

秋季移植実験における移植した稚貝の殻長組成を図 37 に示した。

秋季移植実験におけるアサリの平均殻長の比較では、令和 3 年 11 月 2 日の移植時点で平均殻長が 24.2mm であった稚貝は、泥混じり砂場および砂場ともに令和 3 年 12 月 17 日で 26.6mm、令和 4 年 1 月 22 日で 27.9mm となった。このとき、両実験区間で有意な差は確認されなかった (t 検定, $p > 0.05$)。

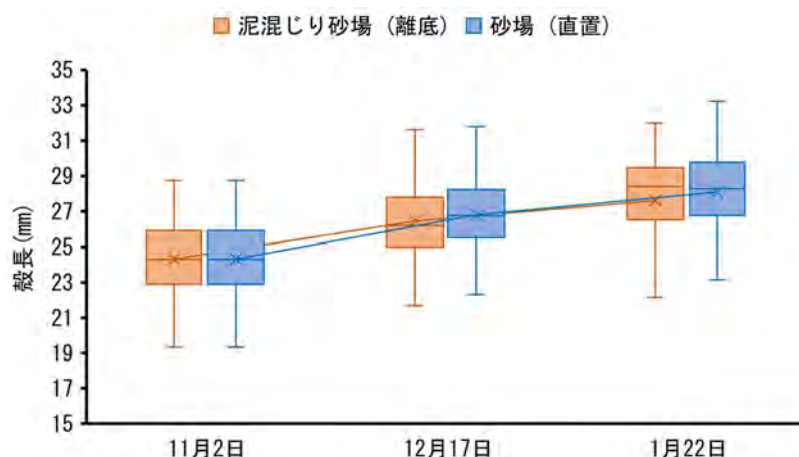


図 37 秋季移植実験における移植した稚貝の殻長組成 (各 3 袋)

4.2.1 考察

福岡 10 号区からパームで確保した殻長 14mm の稚貝は、移植から 6 か月程度で殻長が漁獲サイズ(殻長 32mm)に近い値となった。また、平均殻長は砂場(直置)よりも泥混じり砂場(離底)で大きかった。当該地先は、「3.2.3 考察」でも先述したとおり、初夏から初冬の間でクロロフィル a 濃度が $2 \mu\text{g/L}$ を常に越え、流速も 10~30cm/s と速い環境である。餌料環境が良好で流速もあることは、アサリの成育に適しており、当該地先をアサリの移植地として期待できる。また、砂場(直置)では、砂で埋没した採苗器が現地で確認され、特に 9 月および 11 月で多かった。9 月では、「令和 3 年の 8 月大雨²⁴⁾」の後であったため、砂場の底質の変動が生じた可能性がある。また、11 月では、当該地先で海苔網が設置されたことから、実験区を通過する流れがおよそ一方向となったことで底質が動き、砂場の採苗器が埋没した可能性がある。一方、泥混じり砂場(離底)では、離底器の上に採苗器を設置していたため、実験期間中に砂や泥で埋没した採苗器はひとつも確認されなかった。離底器を用いることで、砂による埋没のリスクを低減できることが期待できる。

移植した稚貝は大雨の影響で夏季に生残率が低下した。「3.2.3 考察」でも先述したとおり、大雨の後には、当該地先は淡水化する傾向があり、塩分が数日間 15 を下回ったことが移植した稚貝の生残率低下を引き起こしたと考えられ、春季の移植では大雨による斃死リスクを考慮しなければならない。大雨による斃死リスクを避ける手法のひとつとしては秋季の移植である。秋季であれば顕著な大雨の発生はなく、当該地先では泥による埋没リスク^{8,9)}のみを考えればよい。離底器を用いた移植実験では、泥分 20~40%の泥混じり砂場、泥分 90%以上の泥場において採苗器の埋没を低減できたことが確認され^{9,10)}、離底器を用いることで泥分の多い場所でも移植が可能となる。秋季移植の実証実験中であるものの、小長井地先から当該地先に移植した殻長 24mm の稚貝は、1 月には泥混じり砂場(離底)で殻長 28mm 程度となり、顕著な生残の低下も確認されていないことから、秋季移植の有効性を示しつつある。

4.3 仮説の検証

本実験における仮説の検証結果を表 15 に示した。

表 15 移植実験における仮説検証結果

仮説	項目	結果	判定
当該地先の「泥混じり砂場」へ移植した際には「離底」を施すことで、「砂場」と同等の生残率および成長量を確保することができる。	稚貝の個体数、殻長	(1) 春季実験(福岡 10 号⇒諸富地先) 生残率は、泥混じり砂場(離底)と砂場(直置)で有意な差は確認されなかった(t 検定, $p > 0.05$)。 (2) 秋季実験(小長井地先⇒諸富地先) 生残率は、泥混じり砂場(離底)と砂場(直置)で有意な差は確認されなかった(t 検定, $p > 0.05$)。	仮説を支持 理由：生残率では、泥混じり砂場(離底)と砂場(直置)は有意差が確認されなかったことから同等であるとみせた。また、成長量では、泥混じり砂場(離底)は砂場(直置)よりも有意に成長量が多い月もあり、同等以上であるとみなせた。

5 離底器のメンテナンス方法の確立（小課題4－1－3）

5.1 離底器における生物汚損状況の把握

5.1.1 方法

令和3年5月から令和3年12月まで各月で、各実験区の離底器（小課題2の離底器）の付着生物による汚損と泥による埋没状況を記録した(図38)。

生物汚損の記録では、各離底器の上から写真撮影し、その写真に5cm×5cmの格子を重ね、主要な付着生物種の被度を計測した。また、生物種の同定は、現地で行った。

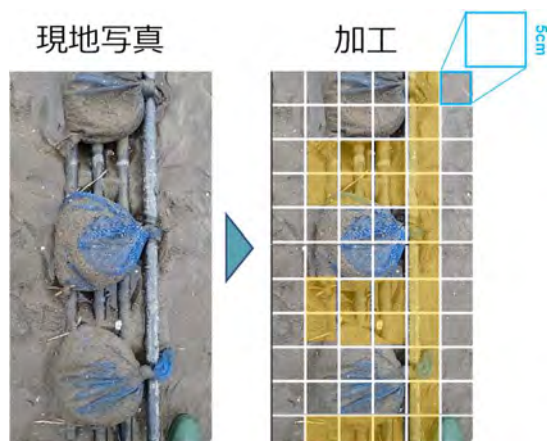


図38 生物汚損記録イメージ

5.1.2 結果

(1) 被度

各調査期における離底器に付着する生物の被度を図39に示した。

泥混じり砂場では、離底器に付着する生物の被度は、令和3年5月から6月に40%、令和3年6月から7月および令和3年8月から9月に20%増加した。また、令和3年12月には、離底器に付着する生物の被度は、96.8%となった。

砂場では、離底器に付着する生物の被度は、令和3年5月から6月に10%、令和3年6月から7月および令和3年7月から8月に20%増加した。また、令和3年12月には、離底器に付着する生物の被度は、12.9%となった。

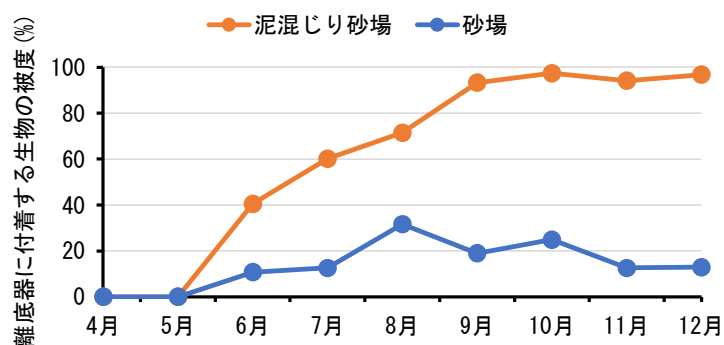


図39 各調査期における離底器に付着する生物の被度

(2) 付着生物種

付着生物種の出現時期一覧を表 16 に示した。

当該地先に設置した離底器では、令和 3 年 6 月にドロフジツボ、令和 3 年 7 月に *Obelia* 属、マガキ、スミノエガキ、サラサフジツボおよびフクロボヤ科、令和 3 年 1 月にシロスジフジツボが確認された。また、令和 3 年 12 月にはナミマガシワおよびフクロボヤ科は確認されなかった。

表 16 付着生物種の出現時期一覧

種名	学名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
<i>Obelia</i> 属	<i>Obelia</i> sp.				+	+	+	+	+	+
ナミマガシワ	<i>Anomia chinensis</i>					+		+	+	
マガキ	<i>Crassostrea gigas</i>				+	+	+	+	+	+
スミノエガキ	<i>Crassostrea ariakensis</i>					+	+	+	+	+
シロスジフジツボ	<i>Balanus amphitrite albicostatus</i>								+	+
ドロフジツボ	<i>Balanus amphitrite krugeri</i>			+	+	+	+	+	+	+
サラサフジツボ	<i>Balanus amphitrite tessellatus</i>					+	+	+	+	+
フクロボヤ科	Molgulidae				+	+	+			

備考: “+”は離底器で確認されたことを示した。

5.1.3 考察

当該地先ではドロフジツボとサラサフジツボが離底器に付着するはじめの生物種であった。ドロフジツボとサラサフジツボは、抱卵個体の出現が 5 月に始まり、6 月に産卵ピークに達するものの、夏季の高水温期では抱卵個体の出現頻度が低下し、秋に再び産卵のピークが現れる²⁹⁾。夏季以降になるとマガキやスミノエガキといったカキ類の付着が目立つようになった。有明海において、マガキの産卵期は 5 月上旬～11 月上旬^{30, 31)}で、スミノエガキの産卵期は 5 月下旬～9 月上旬とされる³¹⁾。アサリの競合生物としてはホトトギスガイが知られており、アサリの生息場上にホトトギスガイが大量に覆いかぶさることで、アサリの成育に影響を与えることがある¹⁵⁾。フジツボ類およびカキ類は、アサリと同様の濾過食者^{32, 33)}であるため餌の競合は起こり得るものの、今年度の稚貝確保および稚貝移植実験におけるアサリの成長量を鑑みると、フジツボ類およびカキ類の存在がアサリの成長を妨げているとは考えにくい。また、付着生物の存在がアサリの成長を妨げないのであれば、離底器に関する付着生物の除去は、新たな採苗あるいは移植したアサリの漁獲時と同時期に実施すれば十分であろう。

5.2 離底器における埋没状況の把握

5.2.1 方法

令和3年5月から令和3年12月まで各月で、各実験区の離底器(小課題2の離底器)の泥および砂による埋没状況を記録した。

埋没状況の記録では、干潟底面から設置している採苗器までの高さを折尺で測定した(図40)。離底器の埋没が採苗器に達した場合には、その時期および経過月を記録後、スコップ等を用いて離底器を干潟底面まで掘り出した。

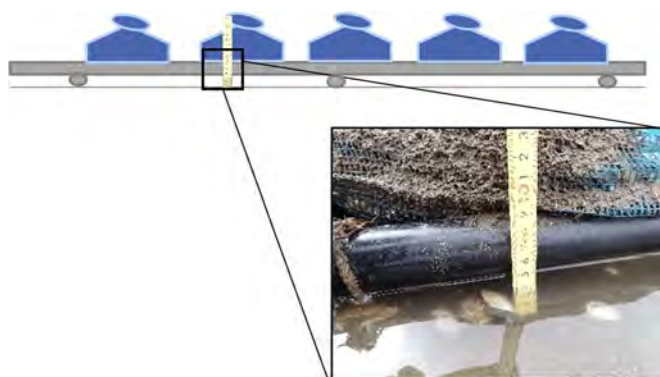


図40 埋没状況の記録イメージ

5.2.2 結果

各調査期および各設置場所における離底器の埋没推移を図41に示した。

泥混じり砂場では、干潟底面からの採苗器までの高さは、令和3年4月から12月までで0cmを超えることはなかった。

砂場では、干潟底面からの採苗器までの高さは、令和3年6月から9月および令和3年11月から12月に0cmを超えた。

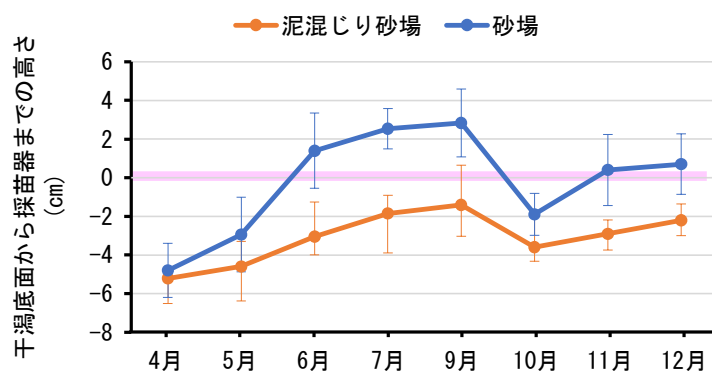


図41 各調査期および各設置場所における離底器の埋没推移

0cmの線は、0cmを超えると採苗器が埋没することを示した。

5.2.3 考察

泥混じり砂場と砂場では離底器の埋没度合が異なり、砂場で離底器がより埋没していた。また、両実験区において、6月から9月、および10月から12月にかけて埋没は増加傾向となった。気象庁³⁴⁾によれば、2021年5月、6月および8月に川副の月間降水量は100mmを越えていた(図 42)。「令和3年8月の大雨²⁴⁾」が発生した期間中の流況データは、大雨による機器の流失が懸念され、一時機器を撤収したことで記録することができなかったものの、「令和3年8月の大雨²⁴⁾」の直前である8月8日前後で50cm/sほどの流速が確認され(図 43)、底面せん断応力の値も堆積物の移動限界を超えていた(図 10、図 13)。当該海域では「令和3年8月の大雨²⁴⁾」に限らず、常時速い流れが生じており、砂場の底質が動きやすい環境であると考えられる。一方、泥混じり砂場では、底質に含まれる砂が少なく、砂場と同様の流速は生じているものの、底質の動きは少なかったと考えられる。

当該地先では、流れが7~8月と比べおよそ一方向となり、流速も12月頃で若干遅くなった。当該地先では8月末から海苔養殖のためのコンポーズが設置され、10月頃には海苔網が設置される。11月頃には海苔養殖施設が完成するため、本実験区は潮通しの機能が発揮され、流れが整う様子が記録できたと考えられる。

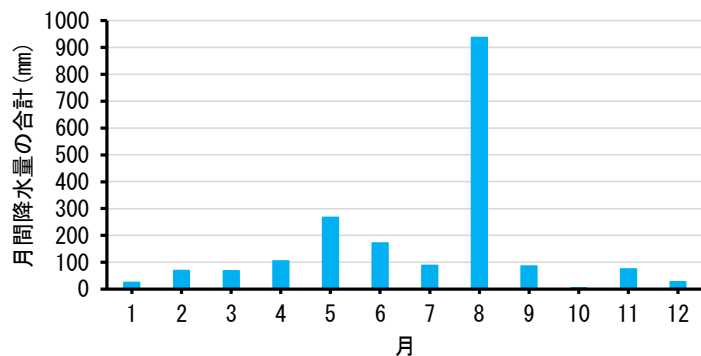


図 42 川副における月ごとの合計降水量

気象庁の過去の気象データより引用

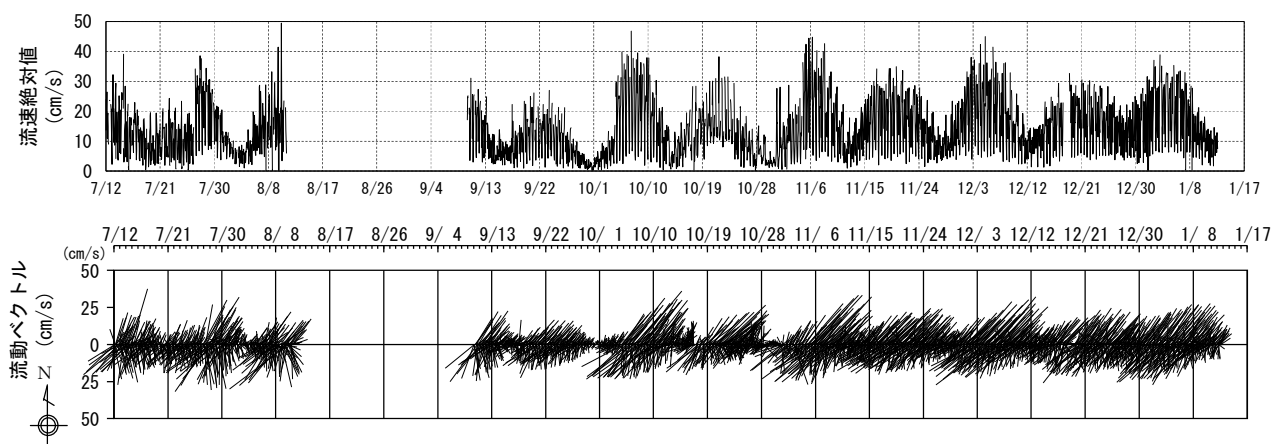


図 43 当該地先における物理環境観測結果(令和3年7月12日~令和4年1月17日)

5.3 仮説の検証

本実験における仮説の検証結果を表 17 に示した。

表 17 離底器のメンテナンス方法の確立における仮説検証結果

仮説	項目	結果	判定
年に 1 度の頻度でメンテナンスすることで、離底器の機能を維持できる。	(1) 生物汚損の種類および被度 (2) 干潟底面から採苗器までの高さ	(1) 生物汚損の種類および被度 生物汚損の主な構成種はフジツボ類およびカキ類で、6 月および 9 月に被度の増加が確認された。 (2) 干潟底面から採苗器までの高さ 泥混じり砂場では、埋没は確認されず、砂場では 6 月から 9 月および 11 月に埋没が確認された。	仮説を支持 理由：生物汚損は確認されたものの、採苗中のアサリの生残、成長に影響はない。泥混じり砂場では、周年で泥による埋没は確認されなかった。これらのことから、離底器のメンテナンスは年に一度でよいと考えられた。