

**中課題3-2-2 粒径が小さく、底質が動きやすい砂干潟
における作業効率の高いアサリの保護育成技術開発
/熊本県熊本市地先**

目 次

1. 技術開発の概要	432
1.1. 背景と目的	432
1.2. 実施場所	432
1.3. 5か年の目標	433
1.4. 技術開発ロードマップ	433
1.5. 今年度の目標	434
1.6. 技術開発工程	434
2. 共通調査結果	435
2.1. 地盤高測量	435
2.2. 流況、波高および水質調査	436
2.2.1. 物理観測	436
2.2.2. 水質観測	441
2.3. 底質調査・生物調査	442
2.3.1. 底質調査（粒度組成）	442
2.3.2. 初期稚貝調査（殻長0.3mm～1mm）	442
2.3.3. アサリ生息調査（殻長1mm目篩以上のアサリ）	443
3. 実証実験	444
3.1. 小課題3-2-1 現況把握	444
3.1.1. 材料と方法	444
3.1.2. 結果	444
3.2. 小課題3-2-4A 環境特性対策技術開発（アサリの流出対策）	461
3.2.1. 材料と方法	461
3.2.2. 結果	462
3.2.3. 考察	466
3.3. 小課題3-2-4B 環境特性対策技術開発（泥対策）	466
3.3.1. 材料と方法	466
3.3.2. 結果	467
3.3.3. 考察	467
3.4. 小課題3-2-4C 環境特性対策技術開発（アサリ稚貝の捕捉機構の解明）	468
3.4.1. 材料と方法	468
3.4.2. 結果	471
3.4.3. 考察	481
4. 中課題としての成果と課題	484
4.1. 目標の達成度	484
4.2. 実用性の検討	485
4.2.1. 作業性	485

4.2.2.	コスト	485
4.2.3.	漁獲額	486
4.2.4.	技術ごとの経済性の評価	486
4.3.	成果と課題	487

1. 技術開発の概要

1.1. 背景と目的

熊本市地先の実証実験海域は白川と坪井川の河口に位置し、粒径が小さい砂と泥が入り混じるような底質の干潟である。稚貝の発生は多いものの、底質が動きやすいため、着底したアサリが潮汐や波浪によって流出してしまい、漁獲量低下の要因となっている。出水に伴う漁場への泥の堆積も深刻で、数年に一度（直近では、平成24年、平成28年、令和2年）は大量の泥が長期間堆積し、漁場のアサリが死滅してしまう。加えて、近年では、冬季に飛来するカモ類や魚類（主にクロダイ）による食害も顕在化しつつある。このため、本課題では「有明海におけるアサリ等生産向上マニュアル」に掲載されているアサリの保護育成技術の改良を中心に、アサリの定着向上に寄与する作業効率の高い技術、アサリの埋没緩和に寄与する作業効率の高い技術、アサリの食害防除に寄与する作業効率の高い技術の開発を進めることを目的とした。

1.2. 実施場所

実施場所は、熊本県熊本市小島地区の白川と坪井川の河口に位置する干潟である。実験区は、海床路先端の北側に位置し、碎石や海砂などで覆砂されていない現地盤に設定した（図1）。



図1 実施場所

1.3. 5か年の目標

前フェーズまでの成果としてアサリの保護育成技術が、有明海におけるアサリ等生産向上マニュアルにまとめられている。ここに掲載されている技術のうち、熊本市地先で最も保護育成効果を発揮する技術を選定するとともに、当該海域の環境に合わせた改良を行うことで技術の実用化を目指す。

1.4. 技術開発ロードマップ

技術開発のロードマップを図2に示した。本年度は令和5年度で収集したデータに基づき、過去と現在における熊本市地先の環境特性を整理した。また、前フェーズまでに開発されたアサリの保護育成手法を設置し、その効果の検証を行った。令和7年度は、引き続き各保護手法の効果の検証を実施し、最も保護育成効果の高い手法を選定する。また、必要に応じて、当該地区に適した技術の改良を行う。令和8年度は、規模拡大とコスト低減に着目した機材や作業手順の改良を行う。最終年度に当たる令和9年度には、技術成果を社会へ還元するために、技術成果の発表、手引書の作成などを通じて、漁業者への技術普及を行う。

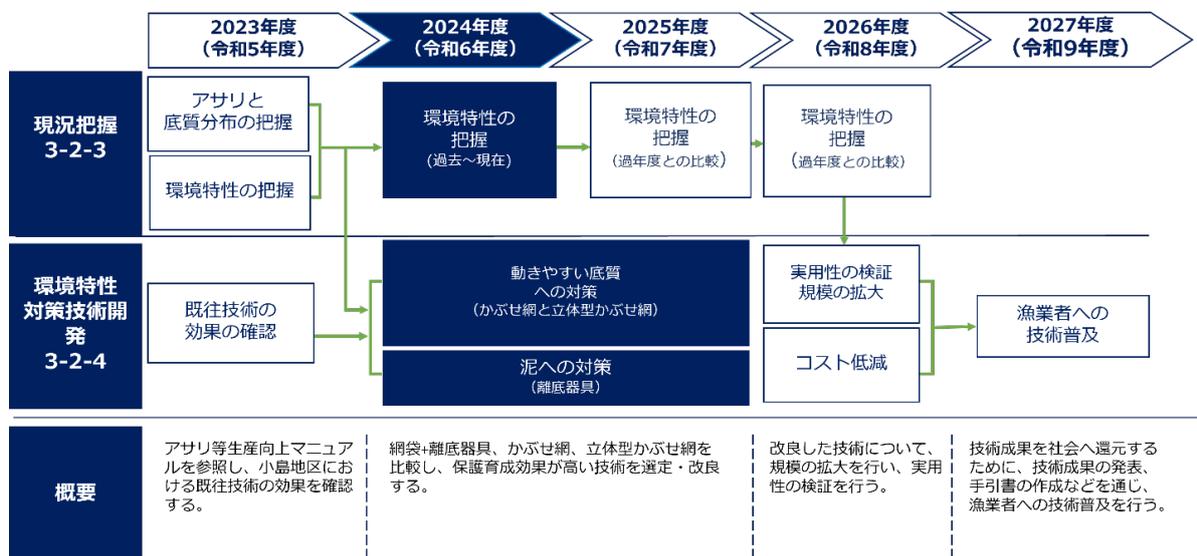


図2 技術開発ロードマップ

1.5. 今年度の目標

当該海域におけるこれまでの環境モニタリングやアサリの生息状況調査の結果、夏季は穏やかで冬季は比較的荒い流動環境であり、アサリ浮遊幼生の来遊量や餌料供給量は多いといった特徴を捉えることができた。今年度は、環境モニタリング等を継続するとともに上述した場所の特徴を踏まえ、以下の目標を設定した。

(ア) 現況把握

現在の環境特性に加え、前々フェーズで得た調査記録や文献情報などから過去の環境についても整理し、当該海域における長期的な環境特性を把握し、既往技術の改良に活用する。

(イ) 環境特性対策技術の開発

アサリの流失対策として、かぶせ網と立体型かぶせ網を設置し、アサリの保護育成効果を検証・比較する。また、泥堆積への対策として、佐賀市地先で実績のあるいかだ型離底器具を設置し、その効果を確認する。

1.6. 技術開発工程

今年度の技術開発工程を表1に示した。

表1 技術開発工程

内容		令和6年(2024年)										令和7年(2025年)		
小課題		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
現況把握	文献調査	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
土砂対策技術開発	既往技術の比較	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
共通項目調査		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
物理	地盤高測量	●					●							
	流向,流速	○	■											
	波高	○	■											
水質	水温、塩分	○	■											
	蛍光強度(Chl-a),濁度	○	■											
	Chl-a	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	DO	○	■											
底質	粒度組成			●		●		●			●			
生物	初期稚貝調査		●	●	●	●	●	●	●	●	●			
	アサリ生息状況調査		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
	マクロベントス調査					●					●			

備考: ■は連続観測機器の設置および回収、ならびに○は器材設置、●は採取および分析・調査を示した。

2. 共通調査結果

2.1. 地盤高測量

地 盤 測 量 の 結 果 を 図 3

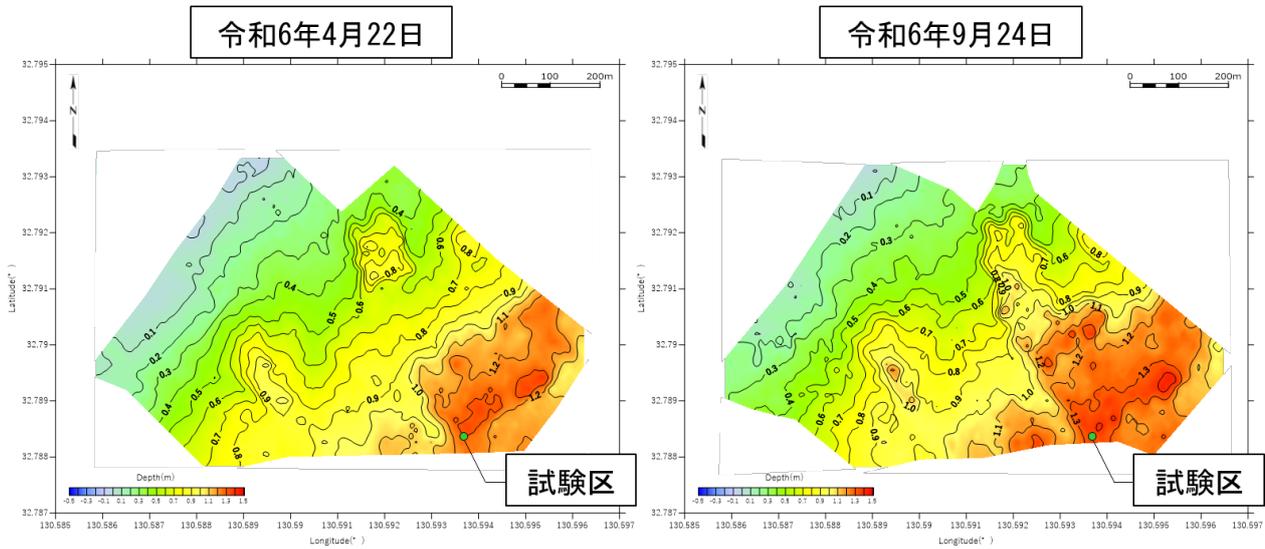


図3に示した。実験区の地盤高は、令和6年4月22日時点でC.D.L+1.29m、令和6年9月24日時点でC.D.L+1.35mであった。令和6年4月と令和6年9月の地盤高をみると、試験区北側において地盤高の顕著な変動がみられ、0.2m程高くなっている箇所が確認された。

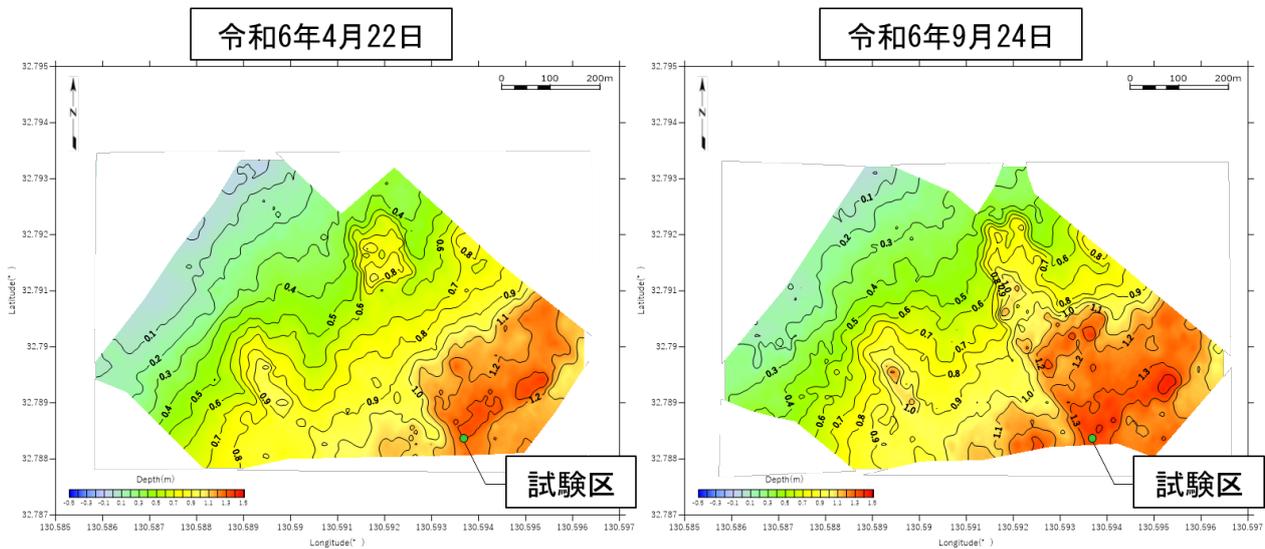


図3 実験区の位置と地盤高

2.2. 流況、波高および水質調査

2.2.1. 物理観測

(1) 夏季調査

夏季の物理環境の観測結果を図4、図5および図6に示した。

観測期間中の水位は0.0～3.3m、1/3波高の値は0.8～113.7cm、1/3波動流速振幅の値は1.0～16.5cm/s、流れによる底面せん断応力 τ_c の値は0.001未満～0.211N/m²、波浪による底面せん断応力 $\tau_{w1/3}$ の値は0.003～0.295N/m²、両者を合成した底面せん断応力 $\tau_c + \tau_{w1/3}$ の値は0.003～0.2295 N/m²の範囲を示した。

τ_c の値は、観測期間中の多くで、殻長1mmアサリの移動限界0.048N/m²を超え、特に令和6年8月20日～23日で高い値を示した。 $\tau_{w1/3}$ の値は、観測期間中の多くで、殻長1mmアサリの移動限界を超え、さらに底質（基質）の移動限界0.179N/m²を超える期間もあった。

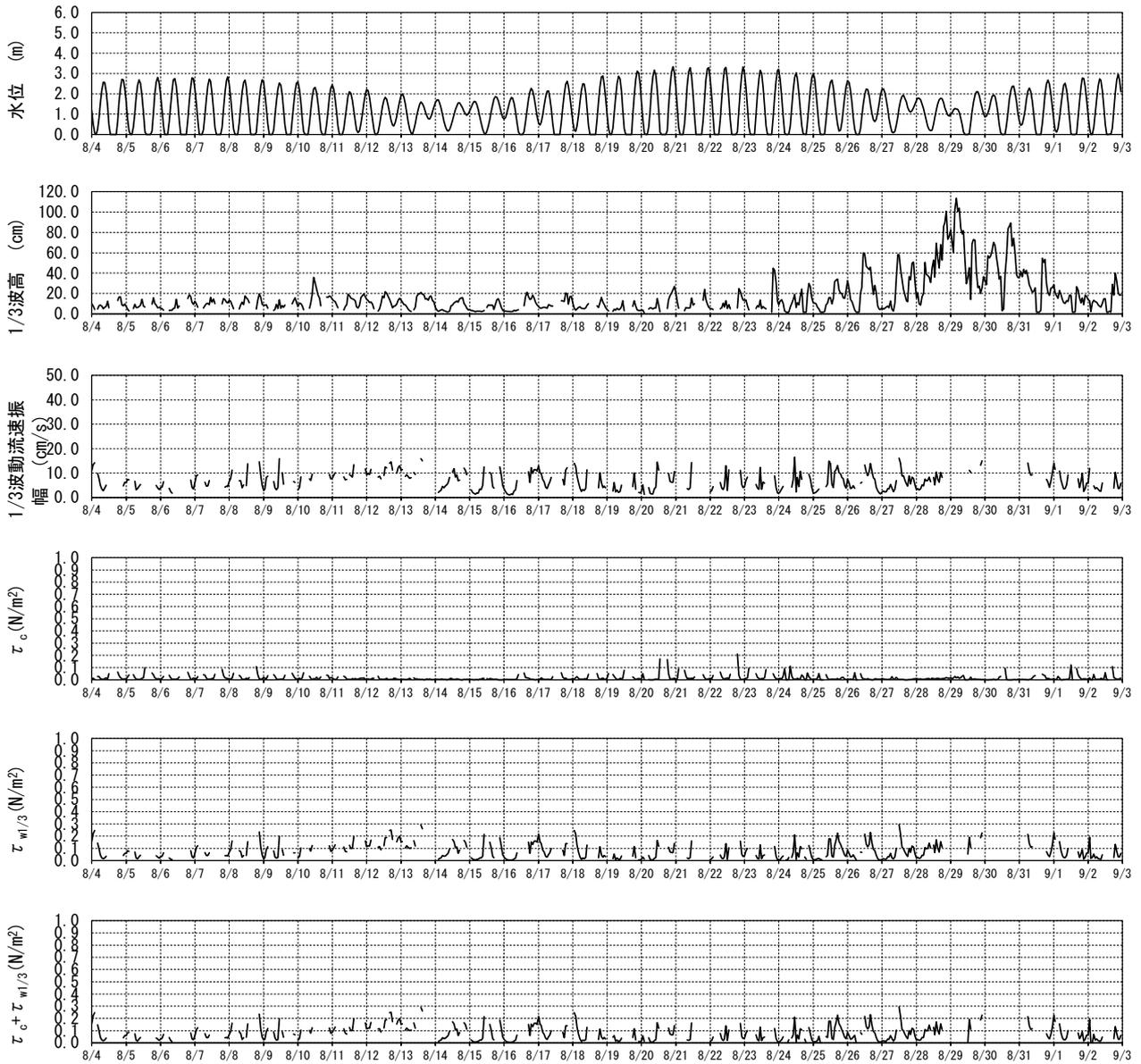


図4 夏季における物理環境の連続観測結果（令和6年8月4日～令和6年9月2日）

※ Time Series Data Text Format Ver.2 の仕様により、一部データの欠損有

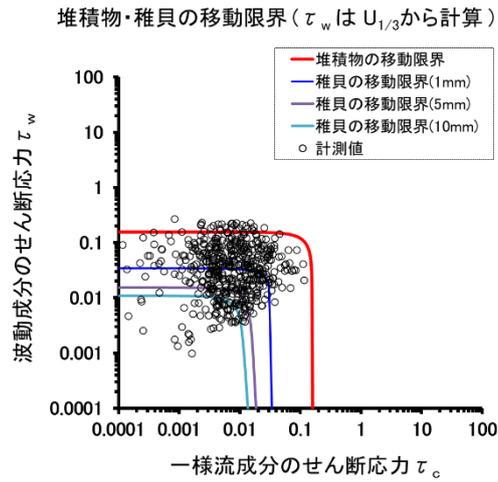


図5 夏季における堆積物・稚貝の移動限界 (令和6年8月4日～令和6年9月2日)

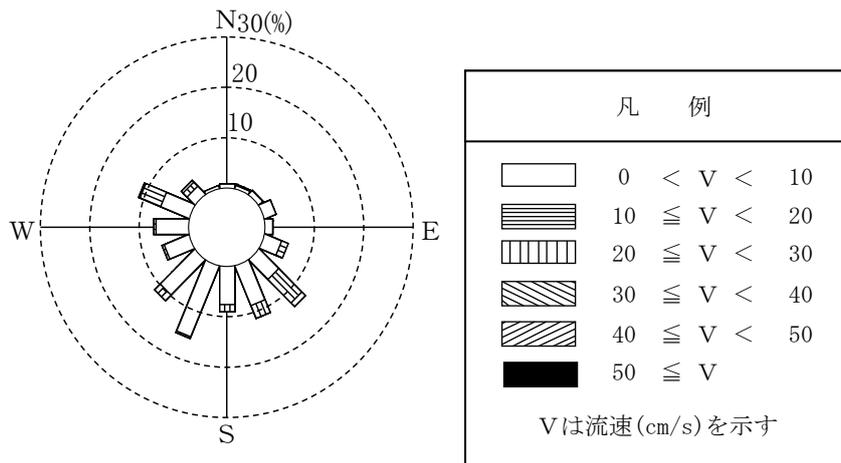


図6 夏季における流向・流速 (令和6年8月4日～令和6年9月2日)

(2) 冬季調査

冬季の物理環境の観測結果を図7、図8および図9に示した。

観測期間中の水位は0~2.8m、1/3波高の値は0.6~75.3cm、1/3波動流速振幅の値は2.1~22.0cm/s、流れによる底面せん断応力 τ_c の値は0.001未満~0.171N/m²、波浪による底面せん断応力 $\tau_{w1/3}$ の値は0.010~0.440N/m²、両者を合成した底面せん断応力 $\tau_c + \tau_{w1/3}$ の値は0.014~0.440N/m²の範囲を示した。

τ_c の値は、観測期間中の多くで、殻長1mmアサリの移動限界0.040N/m²を超えた。 $\tau_{w1/3}$ の値は、観測期間中の多くで、殻長1mmアサリの移動限界を超え、さらに底質（基質）の移動限界0.165N/m²を超える期間もあった。



図7 冬季における物理環境の連続観測結果（令和6年12月18日~令和7年3月16日）

※ Time Series Data Text Format Ver.2 の仕様により、一部データの欠損有

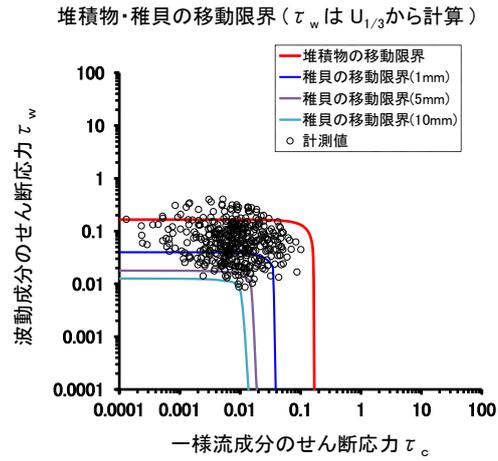


図8 冬季における堆積物・稚貝の移動限界 (令和6年12月18日～令和7年3月16日)

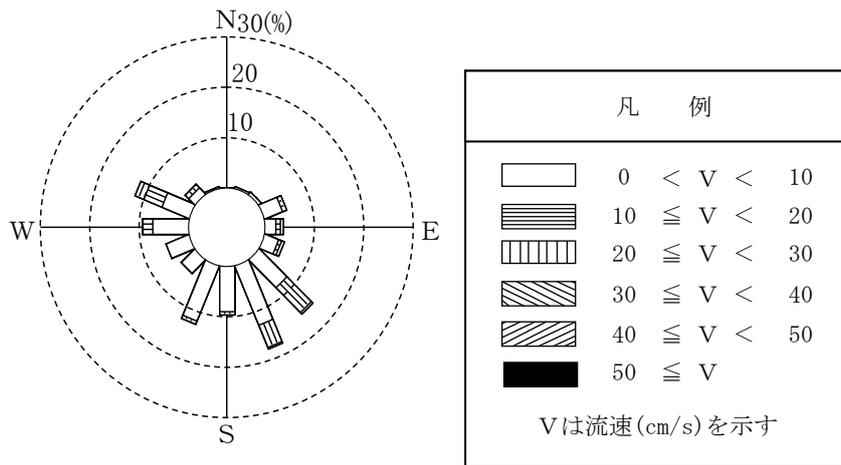


図9 冬季における流向・流速 (令和6年12月18日～令和7年3月16日)

2.2.2. 水質観測

水質環境の連続観測結果を図10に示した。

水温は、観測期間中に5.0～33.2℃の範囲を示した。

塩分は、観測期間中に4.6～32.4の範囲を示し、6月29日～7月31日にかけては比較的塩分が低い環境が継続した。

クロロフィルaは、観測期間中に0.0～89.9 $\mu\text{g/L}$ の範囲を示した。

濁度は、観測期間中に0.3～398.0FTUの範囲を示した。

溶存酸素量は、観測期間中に2.67～11.34 mg/L の範囲を示した。

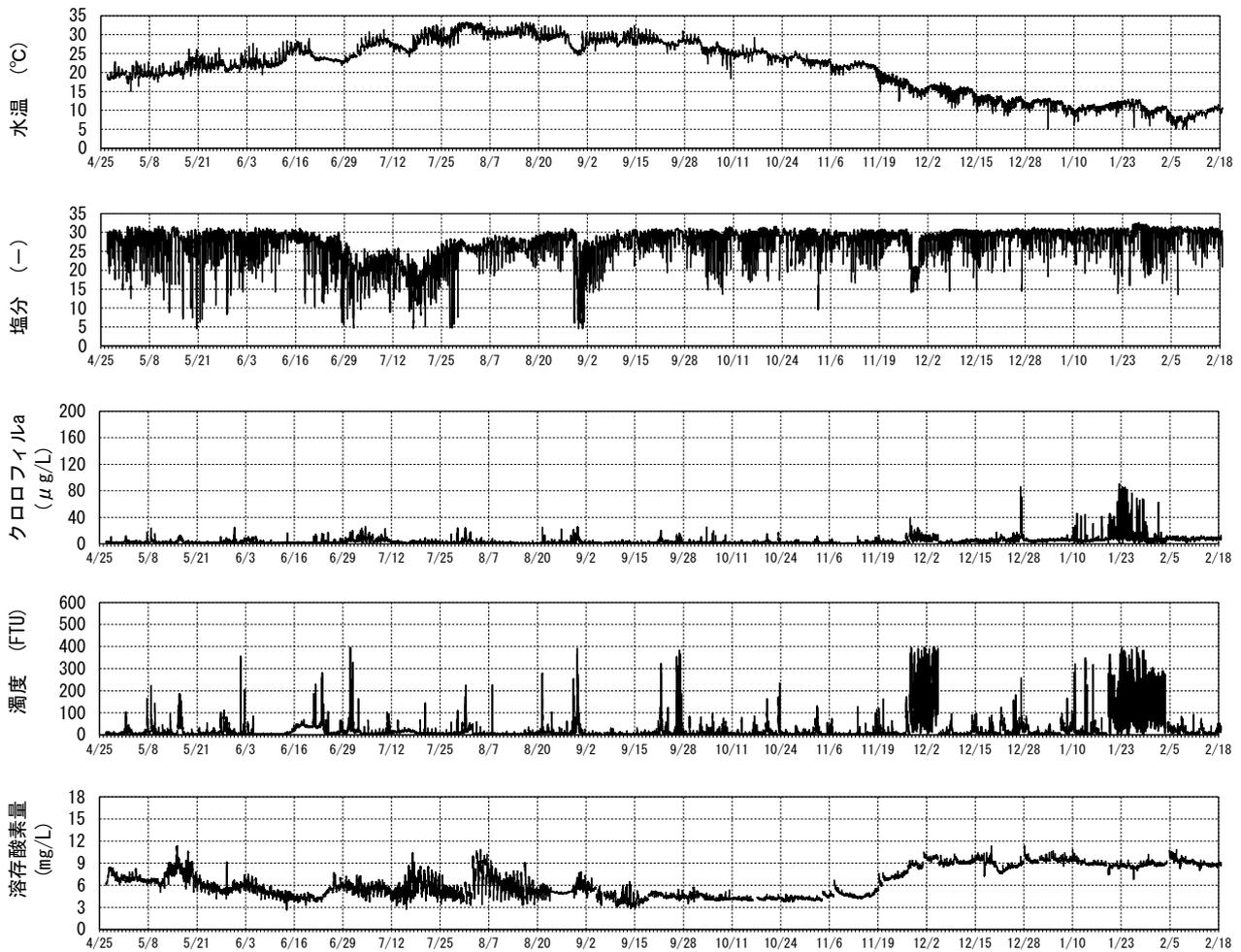


図10 水質環境の連続観測結果（令和6年4月25日～令和7年3月16日）

2.3. 底質調査・生物調査

2.3.1. 底質調査（粒度組成）

実験区内の現地盤における粒度組成を表2に示した。

令和6年6月と令和7年1月に細砂分が多く、令和6年10月に泥分が多かった。中央粒径は令和6年8月が最も大きく、平均値は0.255mmであった。

表2 実験区内現地盤の粒度組成

調査日	試料番号	礫分 2mm以上 (%)	粗砂分 2~0.85mm (%)	中砂分 0.85~0.25mm (%)	細砂分 0.25~0.075mm (%)	シルト分 0.075~0.005mm (%)	粘土分 0.005mm以下 (%)	泥分 (%)	中央粒径 (mm)
6/23	1	0.4	2.1	35.3	48.3	10.6	3.3	13.9	0.210
	2	0.6	1.9	40.7	45.2	8.3	3.3	11.6	0.227
	3	0.1	1.9	39.6	45.0	9.9	3.5	13.4	0.221
8/2	1	2.0	4.5	50.0	34.0	6.8	2.7	9.5	0.275
	2	0.3	2.8	47.9	35.3	9.5	4.2	13.7	0.254
	3	0.9	4.7	41.1	38.1	10.1	5.1	15.2	0.236
10/3	1	0.6	5.0	36.6	37.9	14.4	5.5	19.9	0.219
	2	0.4	2.3	29.1	42.4	19.4	6.4	25.8	0.185
	3	1.7	4.8	43.1	34.5	9.4	6.5	15.9	0.248
1/19	1	0.1	1.5	32.8	47.1	13.5	5.0	18.5	0.203
	2	0.0	1.3	28.2	50.3	14.4	5.8	20.2	0.186
	3	0.3	2.3	41.0	41.0	11.1	4.3	15.4	0.226

2.3.2. 初期稚貝調査（殻長0.3mm~1mm）

初期稚貝と稚貝の出現状況を表3に示した。

初期稚貝の出現は令和7年1月に最も多く、34,845~160,590 個体/m²であった。

稚貝の出現は令和6年7月が最も多く、4,545~19,695 個体/m²であった。

表3 初期稚貝の出現状況

調査日	試料番号	初期稚貝		稚貝	
		殻長0.3mm~殻長1mm未満	殻長1mm~殻長15mm未満	殻長0.3mm~殻長1mm未満	殻長1mm~殻長15mm未満
6/23	1	4581		4581	
	2	3054		5599	
	3	6108		2036	
7/3	1	2545		1527	
	2	1527		4581	
	3	6108		6617	
10/3	1	0		509	
	2	0		1527	
	3	0		1527	
11/13	1	0		1527	
	2	0		2545	
	3	509		1018	
12/17	1	12725		1018	
	2	18833		0	
	3	24432		1527	
1/19	1	11707		0	
	2	41229		0	
	3	53954		0	

備考1: 個体/m²

備考2: プラスチック製筒(内径50mm)で1回採泥したものを試料とした。

2.3.3. アサリ生息調査（殻長1mm目篩以上のアサリ）

(1) 現地盤におけるアサリの稚貝および成貝の出現状況

現地盤におけるアサリの稚貝および成貝の出現状況を表4に示した。

稚貝の出現は令和6年6月に最も多く、5,550～8,975 個体/m²であった。

成貝の出現は8月に最も多く、1,075～3,100 個体/m²であった。

表4 現地盤におけるアサリの稚貝および成貝の出現状況

調査日	試料番号	稚貝	成貝
		殻長1mm～殻長15mm未満	殻長15mm以上
6/23	1	5550	700
	2	7925	1400
	3	8975	1000
7/3	1	4800	675
	2	6325	775
	3	5875	975
8/2	1	5025	1075
	2	4425	1825
	3	7725	3100
9/6	1	775	1700
	2	225	350
	3	1100	2375
10/3	1	700	1375
	2	1500	2350
	3	825	1775
11/13	1	650	1225
	2	500	1025
	3	700	1075
12/17	1	175	125
	2	175	225
	3	175	150
1/19	1	75	125
	2	25	175
	3	75	275

備考1: 個体/m²

備考2: 現地盤から20cm方形枠（深さ10cm）で1回採泥したものを試料とした。

3. 実証実験

3.1. 小課題3-2-1 現況把握

3.1.1. 材料と方法

当該海域は大雨や地震などに起因する土砂の流出時を中心に、国や大学などの研究機関による調査が行われている。特に、2002年には国土交通省国土技術政策総合研究所によって、白川河口における土砂動態や地形変化などに関する大規模な調査結果が報告されている。そこで、小島地区の過去から現在にかけての環境特性を把握するために共通項目調査に加え、文献調査を実施した。

3.1.2. 結果

調査した各文献の要約を以下に示した。

白川河口干潟は、かつて日本有数のアサリ漁場であり、1970年代には年間最大漁獲量が5,000トンに及んだ。しかし、地形変動や土砂動態の影響により、1990年代には80トンまで減少し、2000年代以降は500トン前後で推移している。

白川は阿蘇カルデラを水源とし、上流から供給される土砂が干潟に堆積することでその環境が形成される。特に洪水時には大量の土砂が流入し、干潟が埋没することでアサリの生息環境に大きな影響を与える。例えば、2012年の九州北部豪雨では最大50cmの土砂が積もり、アサリの大量死滅が報告された。また、干潟の底質が変化することでアサリの生息域が縮小し、競争関係にあるシオフキが優占する傾向も見られる。さらに、アサリ資源の回復には、覆砂や貝殻散布などの対策が有効とされるが、長期的な安定には河川からの土砂供給や潮流の影響を総合的に管理する必要がある。

餌資源である植物プランクトンの供給量も個体群動態に関わるため、単なる増殖ではなく、生態系全体を考慮した保全策が求められる。こうした知見に基づき、地形変化と生態系のバランスを維持しながら持続可能なアサリ漁業を実現することが重要である。

表5 文献調査結果(1)

文献名	熊本県白川河口域における土砂動態 ¹⁾
年	2002
調査地	熊本県白川河口域
実施機関	土木学会
内容	<p>1. 目的</p> <p>本研究の目的は、熊本県白川河口域における微細土砂の供給、堆積、再移動のメカニズムを明らかにすることである。具体的には以下の3点について検討を行った。</p> <ul style="list-style-type: none">● 洪水期の上流からの土砂供給とその影響● 河口域における地形変化● 平水期における潮汐流による土砂の再輸送 <p>本研究では、1年間の観測を通じて土砂の移動を粒径別・季節別に分析し、土砂収支を算出することで、河口域の地形変化を評価した。</p> <p>2. 結果概要</p>

2-1 洪水期の土砂供給と堆積

- 上流からの土砂供給量は13.3万トンで、その大半がシルト・粘土で構成されていた (D50: 0.01~0.02mm、D90: 0.03~0.07mm)。
- 干潟への堆積量は42.4万m³で、そのうちシルト・粘土が24.3万m³、砂が18.1万m³であった。
- 洪水後の干潟の地形変化を測定した結果、沖合1~3kmにかけて最大30cmの堆積が確認された (図1)。

2-2 平水期の潮汐流による土砂移動

- 潮汐流による浮遊土砂の移動量を測定した結果、平水期には年間約50,000m³の土砂が河口を出入りしていた。
- 河道内には約26,000m³の土砂が堆積し、これが河岸の泥質形成に寄与していた。
- 特に5月~9月は高濁度水塊が発生しやすく、SS (浮遊土砂濃度) が500~700mg/lに達した。逆に10月~4月にはSSは比較的低く、大潮時でも300mg/l前後であった (図2)。
- 出水期に供給されたシルト・粘土の一部は、潮汐流によって河口域から移動し、1~2割が河道内に再分配されたと推測される (図3)。

2-3 土砂の性状と河口域の土砂収支

- 洪水時の濁水、干潟のシルト、平水期の高濁度水塊の鉱物組成を比較したところ、すべて火山ガラス、斜長石、重鉱物などの類似した成分を含んでいた。このことから、洪水期に供給された土砂が平水期の土砂動態にも大きな影響を及ぼしていることが示唆された。
- 土砂収支の結果、出水期の移動量の1~2割に相当する量の土砂が平水期にも移動し、河口域の地形変化に影響を与えることが確認された (表1)。

3. 結論

白川河口域の土砂動態サイクルは次のとおりである。洪水期には大量の土砂 (特にシルト・粘土) が供給され、河口域に堆積する。平水期には潮汐流による土砂の移動が発生し、供給土砂の一部が河道内に再配分される。この移動は1潮汐ごとに見ると小さいが、年間を通じて無視できない規模となり、河口域の地形変化と生態系に影響を与える可能性がある。

本研究では洪水時の掃流砂の供給量が不明であり、干潟の測量精度にも限界があった。今後はより詳細な観測を行い、土砂動態のサイクルを明確化することが求められる。

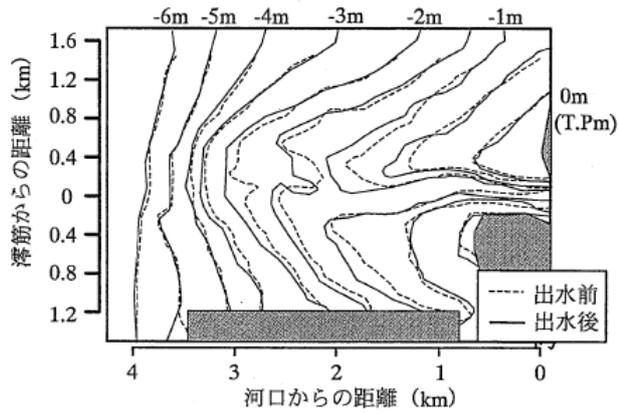


図1 出水前後の干潟地形変化

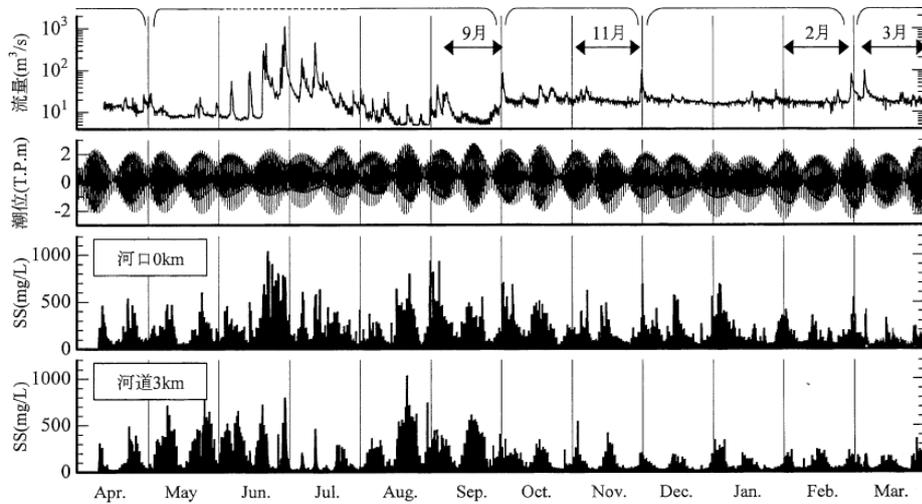


図2 年間の河川流量, 潮位, SS (河口), SS (河道) の時系列 (2001年4月~2002年3月)

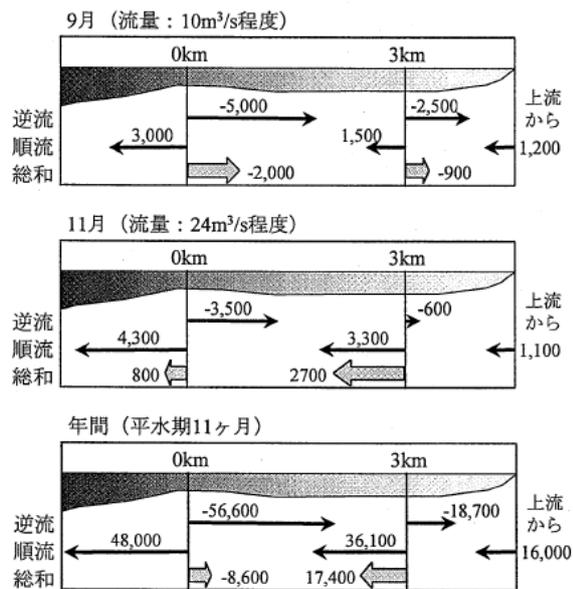


図3 土砂移動量の計算結果 (9月, 11月, 年間)

表1 河口域の土砂収支

土砂移動の過程	粒径別土砂移動量	
	シルト・粘土	砂
上流からの土砂供給	10.2	不明
河口への土砂堆積	24.1	18.1
潮汐流に伴う土砂移動	2.6 (堆積)	不明
	5.6 (移動)	

単位：万 m³

表6 文献調査結果(2)

文献名	河川の土砂動態が有明海沿岸に及ぼす影響について—白川と筑後川の事例— ²⁾
年	2005
調査地	熊本県白川流域
実施機関	東京都立大学大学院
内容	<p>1. 目的</p> <p>本研究では、有明海に流入する河川のうち白川を対象に、土砂の動態が沿岸域および干潟環境に与える影響を分析した。特に、河川流域での土砂生産、河口での土砂供給と堆積、潮汐による土砂移動の実態を明らかにし、環境変化の要因とその対策を考察することを目的とした。</p> <p>2. 結果概要</p> <p>2-1 白川流域の土砂生産と流出量の変化</p> <p>白川は阿蘇カルデラに源を發し、流域面積は約480km²、流路延長は74km。</p> <p>1910年頃からの森林面積の推移を分析した結果、植林や治山事業の進展により森林面積が増加した。その結果、降雨による侵食が抑制され、流域からの土砂生産量は減少傾向にある。過去50年間の白川の浮遊砂輸送量の変化を解析すると、1950年代～60年代に比べて近年は同じ流量でも浮遊砂濃度が低下している (Fig. 3)。</p> <p>2-2 河床変動の長期的変化</p> <p>白川の下流における平均河床高の変遷を分析した結果、全体的に河床が低下傾向にある (Fig. 4)。浮遊砂供給量の減少が、河床の低下に寄与している可能性が示唆された。</p> <p>2-3 白川河口における土砂供給と堆積の動態</p> <p>2001年6月29日に発生した3～4年確率の洪水の前後で、白川河口域の干潟地形を測定。洪水時には砂とシルト・粘土が供給され、干潟の前進が確認された (約10万m³のシルト・粘土が堆積)。洪水後2か月の観測では、潮流や波浪によりシルト・粘土が再移動し、一部が洗い流されていた。砂は主に干潟の高地部や濡筋周辺に残るが、シルト・粘土は沖合やテラス外縁部へ移動する。</p> <p>2-4 潮汐による土砂の再移動</p> <p>浮遊土砂 (SS) の鉛直分布を調査したところ、上げ潮時に高濃度のSSが発生し、感潮河道へ逆流することが判明。河口域の超音波流速計データによると、年間約2.6万m³のシルト・粘土が河道内に堆積し、これは年に数回発生する洪水による供給量と同程度。すなわち、日常的な潮流による微小な土砂移動が年間を通じて蓄積されることで、感潮河道への土砂逆流が進行している。</p> <p>2-5 沿岸環境への影響と対策の検討</p> <p>有明海東部沿岸では、1980年代以降アサリの漁獲量が減少し続けている。漁業者は「干潟の砂の減少」が原因の一つと考えており、実際に干潟底質の砂の割合が低下している可能性がある。</p> <p>白川の供給土砂量の減少、潮流によるシルト・粘土の蓄積、感潮河道のガタ化が進行して</p>

おり、これが生態系へ影響を与えている可能性が示唆される。河川流域での砂の生産量を増やし、海域への砂の供給量を回復させることが求められる。

3. 結論

白川流域では、植林や治山事業の影響で土砂生産量が減少。

浮遊砂輸送量の減少に伴い、河床は長期的に低下傾向を示す。

洪水時には干潟の前進が見られるが、潮流によるシルト・粘土の侵食・移動が進行。

白川河口では、潮流により逆流したシルト・粘土が感潮河道に堆積し、土砂動態の大きな変化が生じている。

沿岸環境の回復には、砂の供給を適切に管理し、感潮河道や干潟の底質バランスを維持する必要がある。

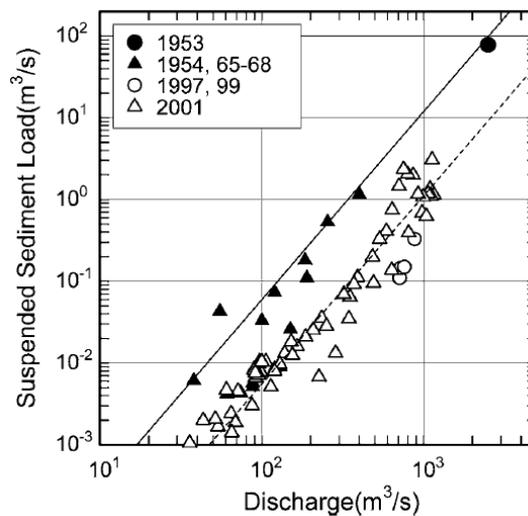


Fig. 3. 白川における河川流量と浮遊土砂量の変化

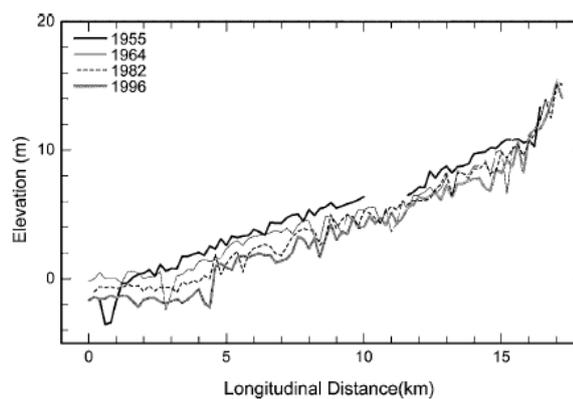


Fig4. 白川下流の平均河床高

表7 文献調査結果(3)

文献名	有明海とその周辺地域の砂質干潟における底生生物群集の構造決定に果たす主要生態学的過程の役割 ³⁾
年	2015
調査地	有明海とその周辺の砂質干潟 (特に白川河口干潟)
実施機関	長崎大学大学院
内容	<p>1. 研究の目的</p> <p>本研究は、有明海およびその周辺の砂質干潟における底生生物群集の構造決定メカニズムを解明することを目的としている。特に、以下の主要な生態学的プロセスに注目した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 競争圧緩和と群集構造の変化 <p>競争的優位種であるスナモグリ類の減少が、劣位種である二枚貝類に与える影響を分析。これにより底生生物の種間関係の変化を評価し、特定の種がどのように生息環境を拡大するかを解明。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 埋性二枚貝の分布拡大の成否に関わる潜砂能力 <p>二枚貝の潜砂能力が光条件や環境変化によってどのような影響を受けるかを評価。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 潮間帯干潟域におけるアカエイの摂餌場利用パターン <p>アカエイの捕食行動がスナモグリ類の分布に影響を与え、それが底生動物群集にどのように波及するかを解析。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● スナモグリ類の貝類着底阻害メカニズム <p>スナモグリ類の底質攪拌が二枚貝の着底プロセスを妨げる可能性を調査し、その影響を定量的に評価。</p> <p>2. 結果概要</p> <p>2-1 競争圧緩和による底生生物群集の変化</p> <p>白川河口干潟と富岡湾干潟の底生動物群集の構造は、スナモグリ類の減少による競争圧緩和によって大きく変化した。スナモグリ類(ニホンスナモグリ、ハルマンズスナモグリ)が減少すると、アサリやイボキサゴなどの二枚貝が高密度で新規加入。競争優位種の減少により、底生生物の多様性が向上し、競争圧の緩和が群集の分布を変化させた。</p> <p>2004-2008年の期間、優占5種の個体数密度と現存量の経年変化について調べた。その結果、ハマグリとシオフキが優占するようになり、総現存量のうち十脚甲殻類減少分がこの2種の増加分により補完されたことがわかった。</p> <p>2-2 二枚貝の潜砂能力と分布拡大</p> <p>アサリ、ハマグリ、シオフキの潜砂能力(Fig. III-2)を冬季の環境条件に着目して比較した結果、潜砂能力が種によって異なることが明らかになった。シオフキは最も高い潜砂能力を示し、次いでハマグリ、アサリの順であった。潜砂能力は光条件の影響を強く受け、暗条件下では潜砂能力が低下した。分布拡大成功・失敗種間における明白な潜砂能力差が明らかとなり、さらにその種間差はアサリの減耗が著しい冬季に顕在化することが示唆された(Fig. III-8)。</p>

2-3 アカエイの摂餌行動による影響

アカエイの摂餌圧がスナモグリ類の個体群に影響を与え、結果的にスナモグリ類の密度が低下した。これにより、スナモグリ類が優占していた干潟では、競争圧が緩和され、二枚貝の分布拡大が促進された。

2-4 スナモグリ類の貝類着底阻害メカニズム

スナモグリ類の底質攪拌により底質が流動化し、イボキサゴ稚貝の着底が阻害される可能性が示唆された。セディメントトラップ調査により、スナモグリ類の巣穴内にイボキサゴ稚貝が落下しやすいことが確認されたが、これが着底阻害の主因かどうかは今後の検証が必要である。

3. 結論

アサリを取り囲む生息環境自体がそもそも劣化しているうえに、アサリと競合関係にある種の存在がアサリ資源量の低迷に関与していた可能性が明らかとなった。このことから、持続可能な水産資源管理を目指すためには、管理対象を単一種から関連種を含む複数種へ広げることが重要であると考えられた。また、資源状態に応じて利用する種を変えるような漁獲方針 (e. g. アサリ → シオフキ) を採用することで、漁業活動を生態系の一部に組み込ませることも必要だと考えられた。

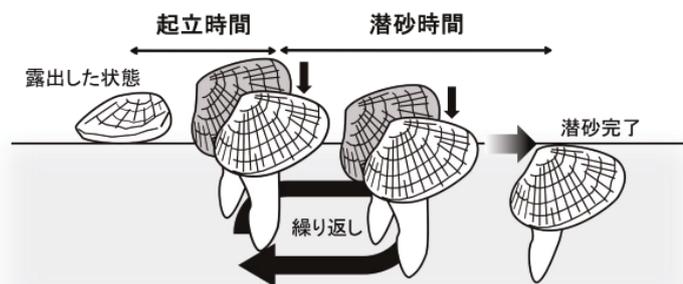


Fig. III-2 アサリ稚貝の潜砂過程の概略図

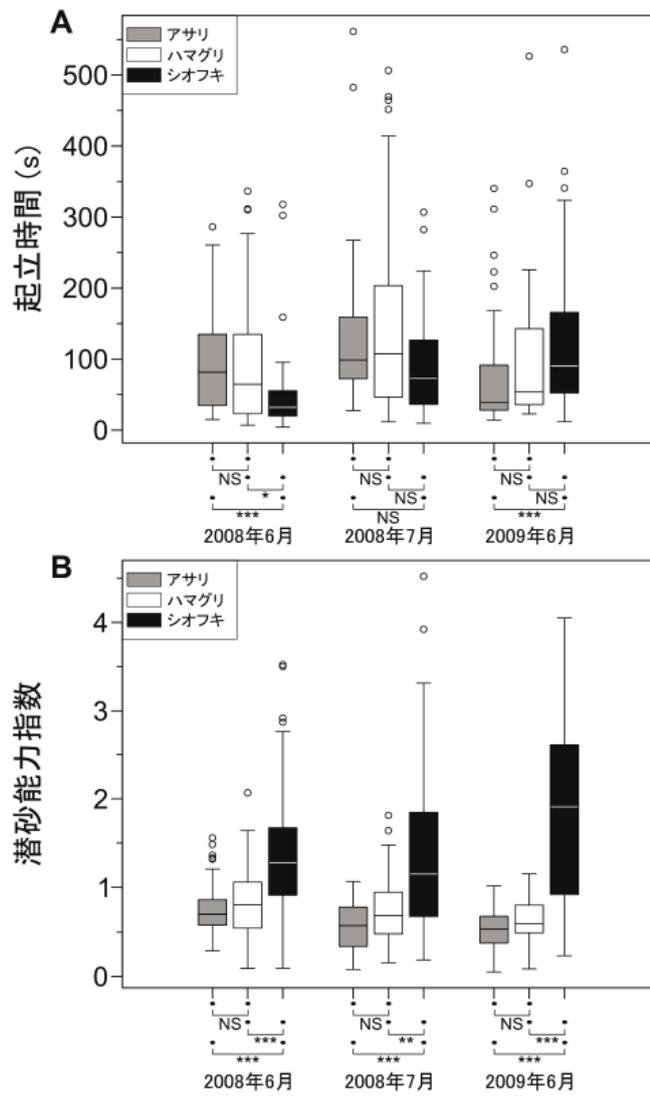


Fig. III-8 野外実験により測定されたアサリ、ハマグリ、シオフキの起立時間（パネルA）と潜砂能力指数（パネルB）

表8 文献調査結果(4)

文献名	地形変化による二枚貝類の生存影響調査 ⁴⁾
年	2005-2007
調査地	熊本県白川河口干潟
実施機関	長崎大学、熊本大学、マリノフォーラム 21
内容	<p>1. 目的</p> <p>有明海の砂質干潟におけるアサリの個体数が1970年代に急増し、1977年には年間6.5万トンの漁獲量を記録。しかし1980年代以降急激に減少し、代わりにバカガイ科のシオフキの個体群が増加した。本研究では、二枚貝の個体群変動が干潟の地形変動とどのように関連しているかを解明し、持続的な二枚貝資源管理のための基礎知見を得ることを目的とする。</p> <p>2. 結果概要</p> <p>2-1 干潟環境特性の調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水温は夏季に31℃以上、冬季に最低6.5℃まで変動。 ● 2004年、2005年ともに豪雨後の低塩分状態は短期間で回復。 ● 泥の厚さは2005年7-9月に顕著に増加し、泥分率が一時的に88.1%に達した。 ● 貝殻はアサリ優占地域で特に多く、底質の安定化に寄与している可能性あり。 ● クロロフィルaの含量は夏季に高く、冬季に低い傾向。 ● AVS-SとTOC・TNは夏季に高くなる傾向を示し、干潟の生物活動と関連があることが示唆された。 <p>2-2 二枚貝の個体群動態</p> <ul style="list-style-type: none"> ● アサリ <p>2003-2004年に大量加入した群が2004-2006年の安定した漁獲量を支えた。低潮帯で安定して成長し、成長速度は高水温期で約0.08mm/日、低水温期で約0.02mm/日。2006年夏の河川氾濫により泥に埋まり、大量死が発生。</p> ● シオフキ <p>6-8月に高密度で加入するが、1ヵ月で80%以上が減少。1年半~2年で寿命を迎える。成貝は新規加入を阻害する可能性があり、成貝が分布しない空間に新規加入が集中。</p> <p>2-3 河川氾濫の影響</p> <p>2006年6-7月に白川が氾濫し、大量の泥が堆積。アサリの成貝は90.9%が死亡し、小型個体群も72.7%減少。シオフキも約70%が死亡。2005年と比較して2006年の減少率は大幅に増加した。</p> <p>2-4 十脚甲殻類の影響</p> <p>アナジャコ・ニホンスナモグリは干潟基質を攪拌し、二枚貝の加入を阻害。2004-2007年にかけてこれらの甲殻類の個体数は大幅に減少。その跡地をシオフキが占有する傾向が見られた。</p>

3. 結論

- 干潟環境と二枚貝の関係

河川氾濫と波浪がアサリの個体群変動に大きく影響し、干潟の微地形や底質の安定性が二枚貝の生存率に関与していることが示唆された。

- 資源管理の重要性

低潮帯の安定した底質がアサリの生存に適しており、覆砂や貝殻散布などの施策は二枚貝資源の維持に有効である可能性がある。

- 長期的な環境変化の影響

2003-2006 年のアサリ個体群の増加は、低波浪期と低出水期の影響を受けたものと考えられたが、2006 年の氾濫により個体群が激減したことから、長期的な地形変動の監視が重要である。

表9 文献調査結果(5)

文献名	ベントスに関すること—とくにアサリ漁獲量激減に関連して ⁵⁾
年	2004
調査地	熊本県白川河口干潟
実施機関	長崎大学
内容	<p>1. 目的</p> <p>本研究では、有明海およびその周辺の干潟におけるアサリの個体群動態を解析し、漁獲量激減の原因を探ることを目的としている。特に、外海性水域（天草の富岡湾など）と有明海中央部（熊本市白川河口）におけるベントス群集の長期的な変化を調査し、アサリの生息状況や環境要因との関連を明らかにすることを目指している。</p> <p>2. 結果概要</p> <p>2-1 外海性水域（富岡湾）におけるアサリ個体群の変動</p> <p>研究対象の干潟では、1979年から1994年までハルマンスナモグリ（<i>Nihonotrypaea harmandi</i>）が爆発的に増加し、1995年以降急激に減少した。スナモグリの増加とともに、干潟の基質が変化し、酸化層が拡大・還元層が減少する「バイオターベーション」が発生。スナモグリの活動により、アサリなどの二枚貝が生息しにくい環境が形成された可能性が高い。1995年以降のスナモグリの減少は、アカエイの捕食によるものであり、その影響でイボキサゴや他のベントス種が回復し、干潟の生態系が変化した。</p> <p>2-2 有明海中央部（白川干潟）におけるアサリ個体群の動向</p> <p>1980年代以降、ニホンスナモグリ（<i>Nihonotrypaea japonica</i>）とアナジャコが爆発的に増加し、アサリの個体数が減少。かつてアサリが高密度で生息していたゾーンが、スナモグリの巣穴で覆われるようになり、干潟の基質が変化した。1984年までに、アサリを運搬する車両が走行できないほど地盤が軟化し、漁業活動に影響が出た。シオフキは依然として高密度で生息しており、アサリの減少と種の交代が進行している可能性がある。</p> <p>2-3 アサリ漁獲量の変動要因</p> <p>熊本県のアサリ漁獲量は1977年に約6.5万tに達したが、その後急激に減少。主要な原因として以下が考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 1970年代の異常増加 <p>1970年代の漁獲量増大は、富栄養化に伴うケイ藻プランクトンの増加が原因と考えられる（ボトムアップ効果）。その後の環境変化により、アサリ個体群の異常発生が収束した可能性が高い。</p> ● ニホンスナモグリとアナジャコの影響 <p>干潟の基質変化により、アサリが適応しにくい環境になった（図5）。</p> ● 浮泥の影響 <p>河川から流入する浮泥の増加により、アサリの稚貝が埋没して死亡するケースが報告されている。</p> ● 過剰漁獲と環境変化

漁獲圧の増加、干潟の開発、海砂採取、河川工事などの影響が複合的に作用している可能性がある。

3. 結論

アサリの漁獲量減少の要因は単一ではなく、生態系の変化、環境要因、過去の異常増加との関連が考えられる。現在行われている保護・増殖対策（覆砂、耕耘、保護ネット設置など）の効果は限定的であり、長期的な生態系の視点を考慮した管理が必要。環境要因の詳細な解析と長期的なモニタリングを継続し、アサリ個体群の回復戦略を策定することが重要である。

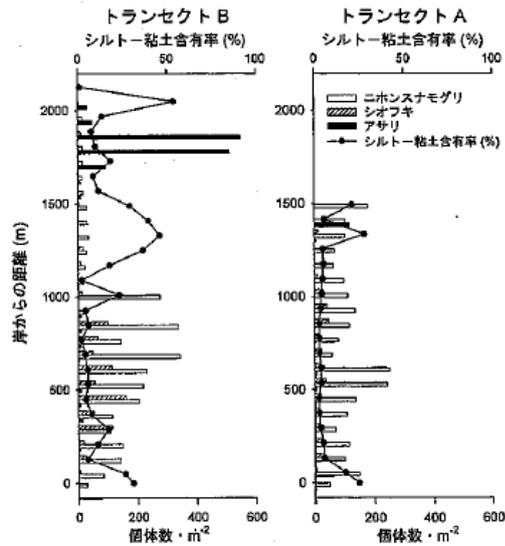


図5 2002年5月、白川干潟に設けた2本のトランセクト上のニホンスナモグリ巣穴の平均密度、アサリ・シオフキ成員の平均密度、表層(3cm)堆積物のシルト-粘土含有率

表 10 文献調査結果(6)

文献名	熊本地震に起因して流出した土砂による白川河口干潟への影響 ⁶⁾
年	2016
調査地	熊本県白川河口干潟
実施機関	九州大学、山口大学、熊本県立大学および東京理科大学
内容	<p>1. 目的</p> <p>2016年4月に発生した熊本地震による土砂流出が白川河口干潟に与えた影響を明らかにするために、以下の調査を実施した。</p> <p>2. 結果概要</p> <p>2-1 河道での浮遊懸濁物質通過量の算定</p> <p>熊本地震発生後は通常の年の10倍以上の土砂供給が生じており、その90%以上が地震後の最初の大規模出水で流下したものと考えられた。</p> <p>2-2 白川河口干潟の地盤高の変化を測量</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 地震発生後に干潟で堆積した浮泥は中央粒径が $D_{50}=90\mu\text{m}$ であり、通常の干潟面の土に比べ細粒分が多く、赤土と呼ばれる阿蘇起源の土砂とそれ以外の土砂が混合したものであることが推察された。 ● 干潟の地盤高は2016年の出水後に上昇し、翌年5月まで下降したが、2017年の出水で再び上昇した。 <p>2-3 アサリへの影響調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 干潟表層に赤土(浮泥)堆積が確認された2016年5月から2017年1月までの期間において、アサリの生息密度と肥満度が低落した。 ● 浮泥が堆積(存在)し続けたことで、海底面での濾過摂食が困難になりアサリの成長が阻害されたと考えられた。 <p>3. 結論</p> <p>熊本地震により、大量の土砂が白川を通じて海に流出し、白川河口干潟に大きな影響を及ぼした。特に、赤土の堆積による生息環境の悪化がアサリの個体数減少につながったと考えられる。このような大規模な地盤変化は、干潟生態系と水産業に長期的な影響を与える可能性がある。</p>

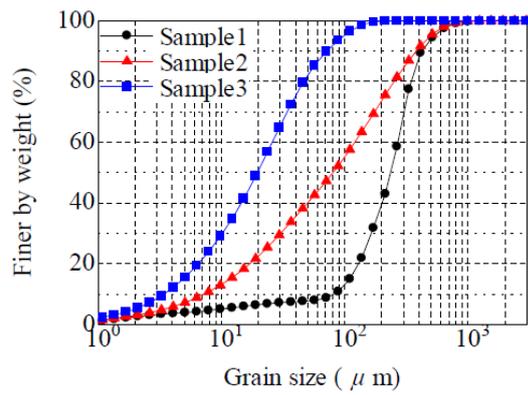


図-6 粒度分析結果 (Sample1:通常の干潟面の土, Sample2:干潟表層に堆積していた浮泥, Sample3:立野の土砂崩れ現場で採取した土)

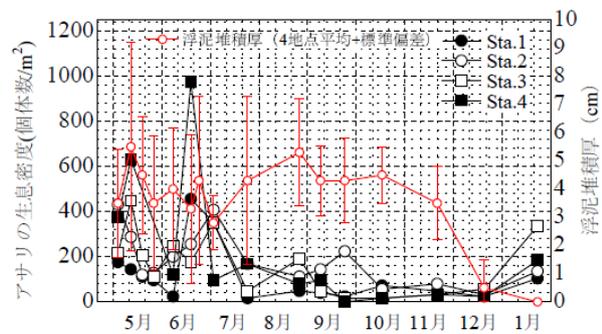


図-10 アサリの生息密度と浮泥堆積厚の変化

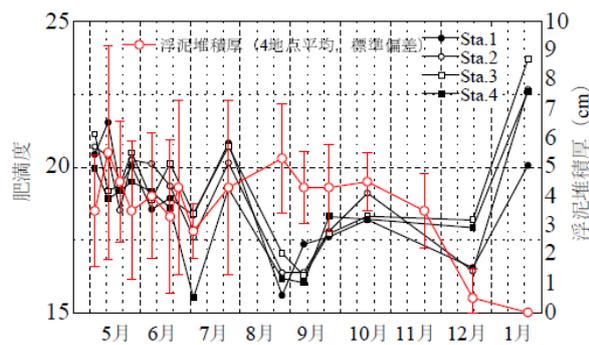


図-11 アサリの肥満度と浮泥堆積厚の変化

表 11 文献調査結果(7)

文献名	沖積河川の河口域における土砂動態と地形・底質変化に関する研究 ⁷⁾
年	2001～2002
調査地	熊本県白川河口域
実施機関	国土交通省 国土技術政策総合研究所
内容	<p>1. 目的</p> <p>本研究は、白川河口域における土砂の供給・堆積・再移動のメカニズムを解明し、洪水時および平水時の土砂移動を明らかにすることを目的とした。</p> <p>2. 結果概要</p> <p>2-1 洪水時の土砂供給</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 2001年の出水期に白川上流から供給された土砂量は約13.3万トン（体積にして10.2万m³）であった。 ● これらの土砂は主にシルト・粘土質であり、干潟の堆積物に大きな影響を与えたと考えられた。 <p>2-2 潮汐による土砂移動</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 白川河口域では、満潮時に塩水が河口から遡上し、干潟堆積物を巻き上げることで高濁度水塊を形成した。 ● これにより、堆積した土砂が再び移動し、干潟の地形変化に影響を与えることが確認された。 <p>2-3 地形・底質の変化</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 洪水後に最も顕著な地形変化が見られ、潮汐作用による土砂の再移動が継続的に発生していた。 ● 干潟の表層堆積物の粒径分析により、沖合へ向かうにつれて細粒成分が増加する傾向が見られた。 <p>3. 結論</p> <p>白川河口域では、洪水時の土砂供給が干潟の形成において主要因であり、潮汐流による再移動が副次的な要因であることが確認された。本研究は、河口域の管理において、洪水後の土砂移動を考慮する必要性を示した。</p>

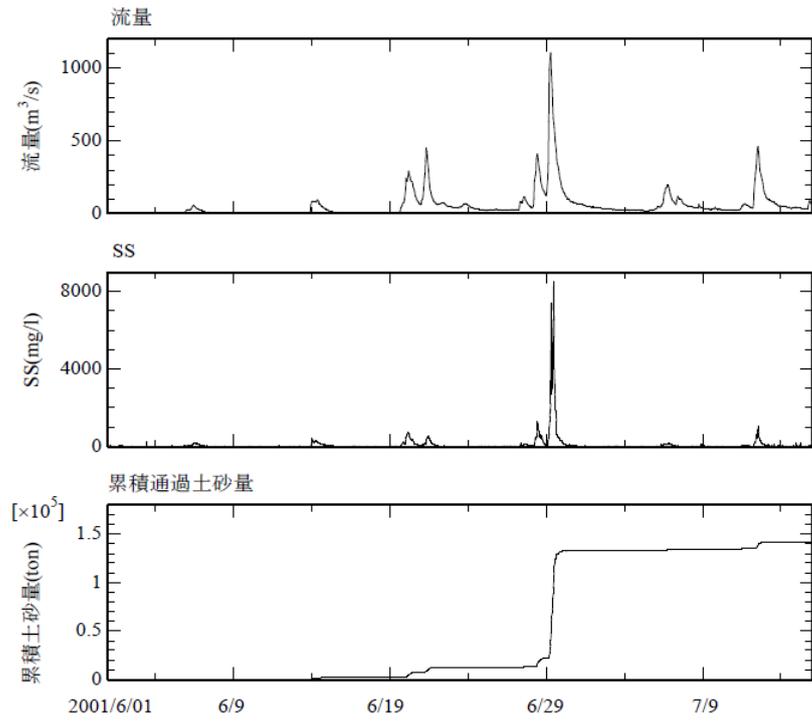


図-4-11 洪水期間の流量, SS, 累積通過土砂量

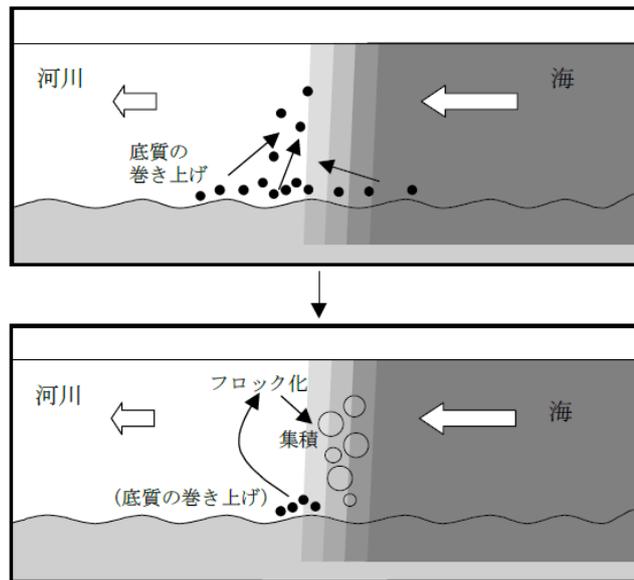


図-6-12 塩水フロントへのSSの集積 (模式図)

3.2. 小課題3-2-4A 環境特性対策技術開発（アサリの流出対策）

3.2.1. 材料と方法

アサリの流失対策として、かぶせ網と立体型かぶせ網を設置し、保護育成効果の比較を行った。令和6年5月にかぶせ網（目開き4mm、9mm、12mm）および立体型かぶせ網（目開き4mm、9mm、12mm）をポリエチレン製の防風ネットを使用し1m×5mの規模で設置した（図11、図12）。かぶせ網（目開き9mm）、立体型かぶせ網（目開き9mm）、現地盤において、令和6年6月から令和7年1月までの各月に、各実験区内から一定面積（24cm×24cm）で最大4箇所を採泥し（n=4）、1mmの篩に残るアサリを計数し、殻長を測定した。令和7年2月には、すべての実験区において同様の方法でアサリを採集し、その量と肥満度の比較を行った。

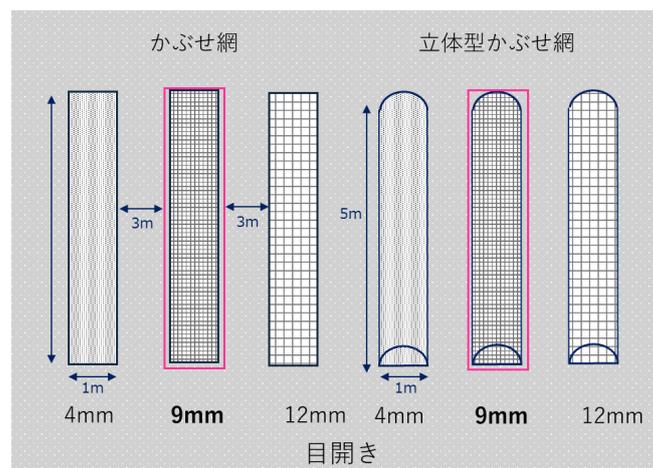


図11 かぶせ網と立体型かぶせ網の配置

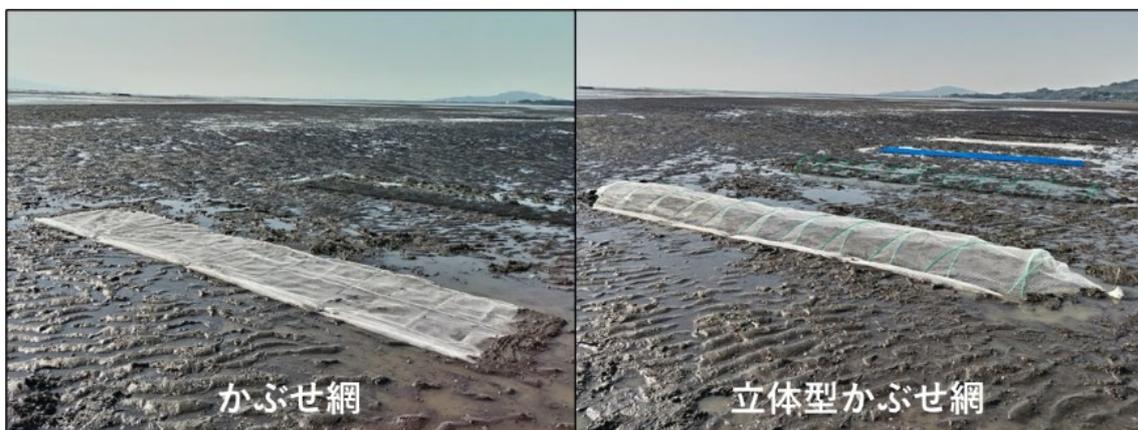


図12 かぶせ網と立体型かぶせ網

3.2.2. 結果

(1) 設置状態の比較

かぶせ網の経時変化の様子を図 13 に示す。かぶせ網では、令和 6 年 6 月～11 月は泥やホトトギスマットによる埋没がみられたが、12 月頃から徐々になくなり、令和 7 年 1 月にはほとんどみられなかった。また、この 11 月までの埋没は目開きが大きい網ほど顕著であった（図 14）。一方で、網内の堆積物ほどの目開きの網においても段階的に増加し、11 月には網全体が膨らんでいるような状態であった。

立体型かぶせ網の経時変化の様子を図 15 に示す。立体型かぶせ網では、令和 6 年 11 月頃までは網上・網内における顕著な泥の堆積はみられず、網内の空間が保たれていることが確認できた。しかし、令和 7 年 1 月には目開きが大きい網ほどカキの付着が目立ち（図 16）、目開き 4mm のものでは支柱と網が接する部分で網の破れが確認された（図 17）。また、同時期のかぶせ網ほどではないが、網内の泥の堆積もみられた。



図 13 かぶせ網（目開き 9mm）の経時変化

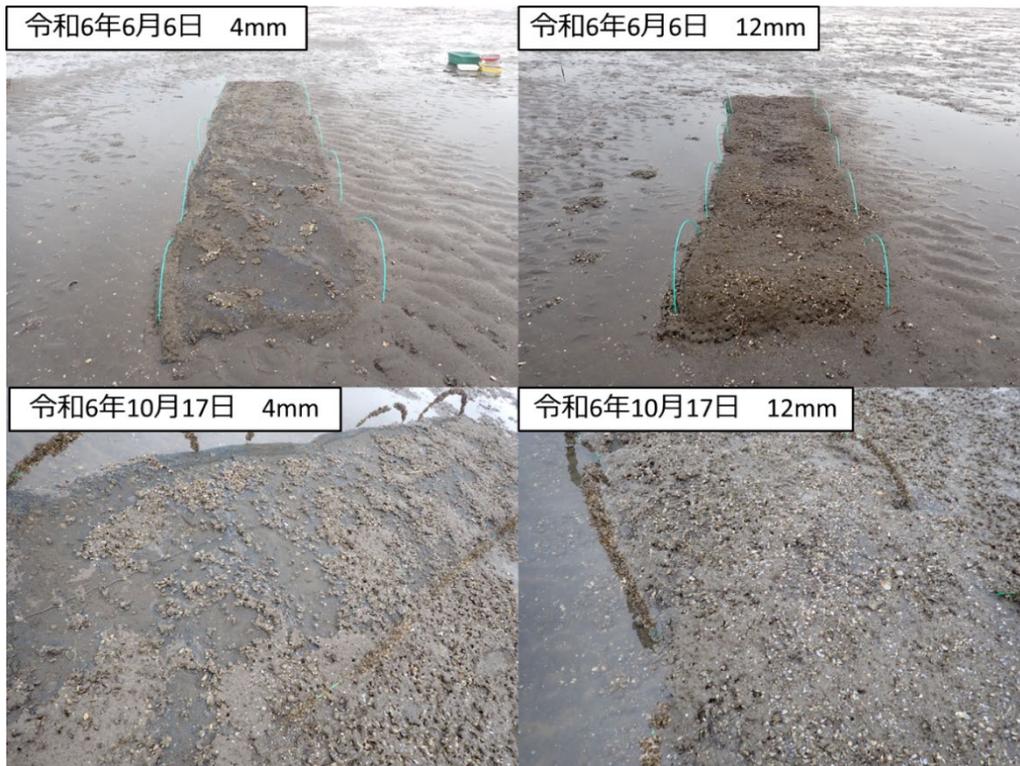


図 14 かぶせ網 (4mm、12mm) の埋没状況の違い



図 15 立体型かぶせ網 (目開き 9mm) の経時変化

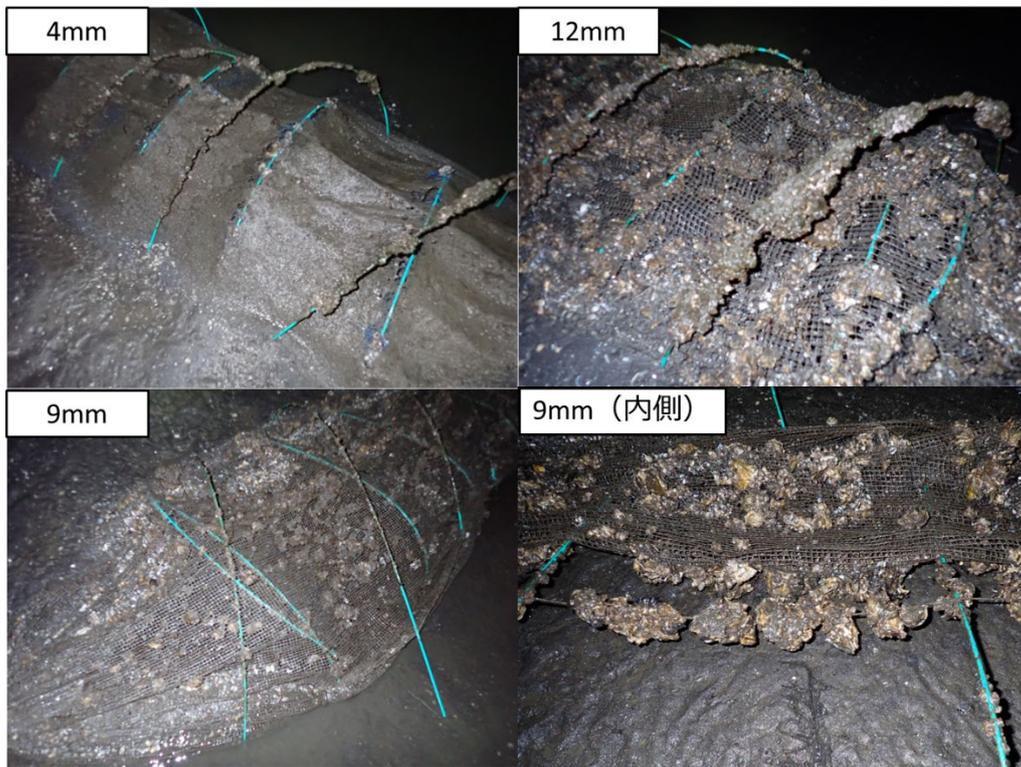


図 16 立体型かぶせ網のカキ付着状況（令和7年1月19日）

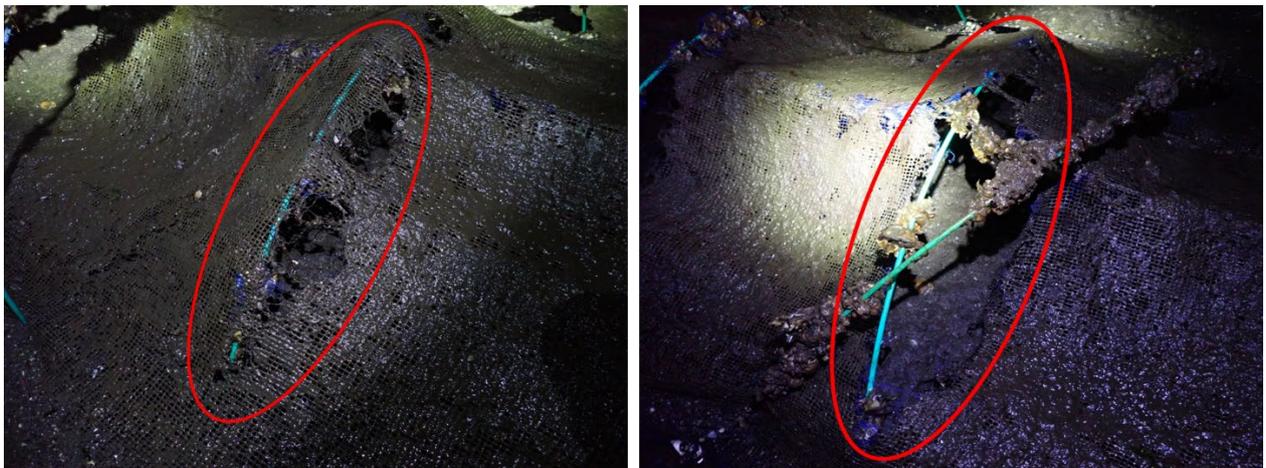


図 17 立体型かぶせ網の破れ状況（目開き 4mm、令和7年1月19日）

(2) 個体数の比較

目開き 9mm のかぶせ網、立体型かぶせ網および現地盤の個体数の推移を図 18 に示す。現地盤は令和 6 年 7 月からおおむね減少を続けた。かぶせ網は、7 月から 8 月にかけて約 7,000 個体/m²の急激な減少がみられたものの、それ以降に関しては大きな変動もなく、2,000 弱～4,000 弱個体/m²を維持していた。立体型かぶせ網は、8 月～11 月には比較的高い個体数を維持していたものの、12 月には約 4,000 個体/m²の大きな減少がみられ、かぶせ網との個体数の逆転が起こった。

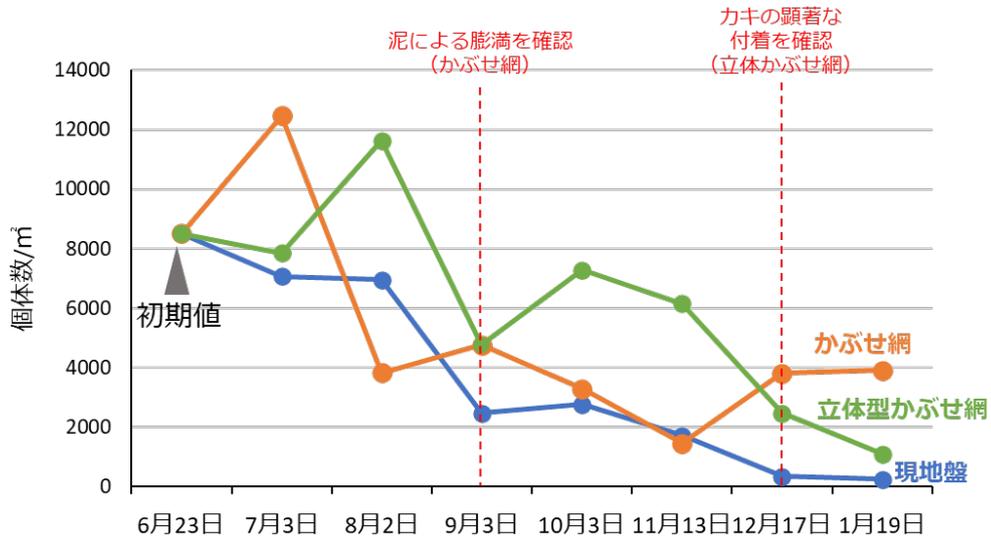


図 18 各保護手法におけるアサリ個体数の推移

(3) 平均殻長の比較

目開き 9mm のかぶせ網、立体型かぶせ網および現地盤の平均殻長の推移を図 19 に示す。かぶせ網は 11 月まで現地盤よりも低い値で推移していたが、最終的な値は約 15.86mm であった。一方、立体型かぶせ網は 1 月に 20.14mm となり、最も高い値を示した。

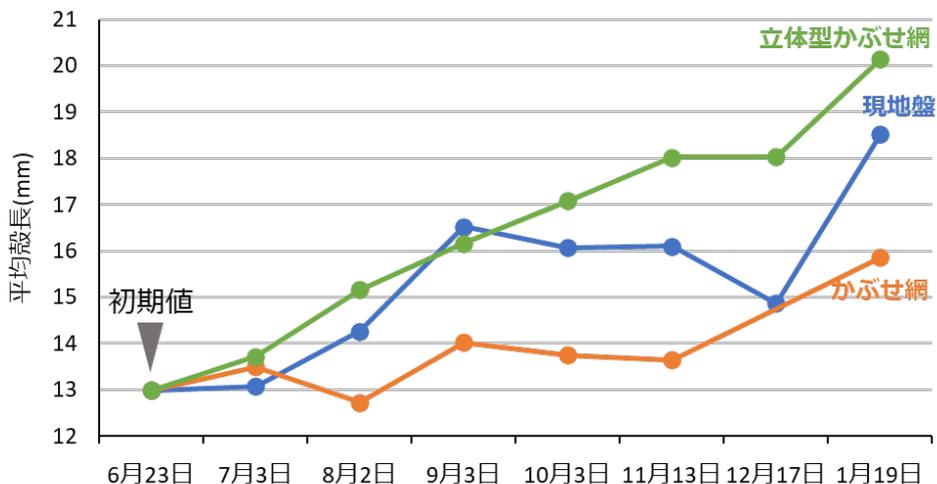


図 19 各保護手法におけるアサリの平均殻長の推移

3.2.3. 考察

小課題 3-2-4A では、アサリを食害から保護し、波浪による流出を防ぐ手法として、かぶせ網及び立体型かぶせ網を使用し、その形状（平面・立体）が、アサリの保護育成に与える効果を比較した。

平面のかぶせ網では7月から8月にかけての顕著な個体数の減少が確認され、その後の9月から11月にかけても減少傾向が続いた。同時期の現場観察により、泥やホトトギスガイマットがかぶせ網の上に堆積し、網の埋没が埋没している様子も確認された。ホトトギスガイはイガイ科に属し、多くの二枚貝と同様に懸濁食者であり、底質が砂や泥底の場合は高密度に着床し、群生時、足糸を出し絡み合い、数 cm のマット状となり底質表面を覆う特徴がある。このホトトギスガイマットが形成されることにより、アサリが十分な摂餌・呼吸が困難となり、窒息・死亡することが知られている⁸⁾。また、後述する小課題 3-2-4C の結果において、かぶせ網は現地盤や立体型かぶせ網と比較して、水の流速が大きく低減されることがわかった。ゆえに、かぶせ網内部は水が滞留しやすく、特に夏季は高水温や低塩分の影響を受けやすい可能性がある。さらに、9月頃からは網内にも泥や砂が堆積し、網自体が堆積物によって膨満した状態となっていることが確認された。このような網内の堆積物によって、アサリが埋没してしまう可能性も考えられる。以上の理由から、かぶせ網の減耗要因は、網内部の環境悪化が原因であると考えられる。今後は、網の外側と内側で水質環境の測定を実施し、比較していく必要があるといえる。また、冬季の個体数増加については、網上の堆積物が消え始めた12月頃からかぶせ網のトラップ効果による転がり込みの効果が表れ始めた可能性がある。

一方、立体型かぶせ網では、9月に減少がみられたが、その後は現地盤やかぶせ網と比較して高い個体数を維持していた。立体型かぶせ網は、平面のかぶせ網のように網自体が泥に埋もれることはなく、小課題 3-2-4C の結果が示した通り、網内部の流速が低減することもほとんどなかった。したがって、食害や波浪による流出を防ぐ効果を有しながらも、網内部での泥による埋没や夏季の高水温化などといった環境悪化が起こりにくいのではないかと考えられる。しかし、12月以降はカキの付着が顕著にみられ、目開き 4mm では泥による目詰まりや、網自体の破れも確認された。個体数も12月からの減少が目立っており、カキ付着による餌不足や目詰まりによる水質環境の悪化が影響を及ぼしたと考えられる。ゆえに、立体型については、網の張替え時期についても検討する必要があることが示唆された。

平均殻長の推移においては、1月時点で、立体型かぶせ網が最も大きく、次いで現地盤、最も小さかったのはかぶせ網という結果であった。立体型かぶせ網で最も大きい平均殻長となったことは、現地盤と比較してアサリの保護育成効果が発揮されたためであるといえる。一方で、かぶせ網では現地盤よりも低い平均殻長であった。これは、網内の膨満が原因である可能性がある。立体型では網内に空間が保たれていたため、そうした影響を受けなかったと考えられる。また、前述したように、平面のかぶせ網は立体型よりも網内の水の流速低減効果が大きい。つまり、波浪等によって巻き上げられた底質が網内に堆積しやすいといえる。この効果は、アサリ稚貝のトラップにおいても同様であると考えられる。したがって、かぶせ網はアサリ稚貝を多くトラップしたことで、網内におけるアサリ稚貝の割合が増加し、平均殻長が低い結果となった可能性がある。今後は、かぶせ網におけるアサリのトラップ機構についても検証していく必要があるといえる。

3.3. 小課題 3-2-4B 環境特性対策技術開発（泥対策）

3.3.1. 材料と方法

泥堆積への対策として、7号碎石（2.5～5mm）の砂利入りラッセル網袋（目開き 3.6mm）をいかだ型離底器

具の上に設置した実験区を設け（図 20）、泥堆積に対する効果を確認した。令和 6 年 4 月に設置し、令和 6 年 7 月から令和 7 年 2 月までの各月に網袋を開け（n=4）、アサリの計数と各個体の殻長を測定した。

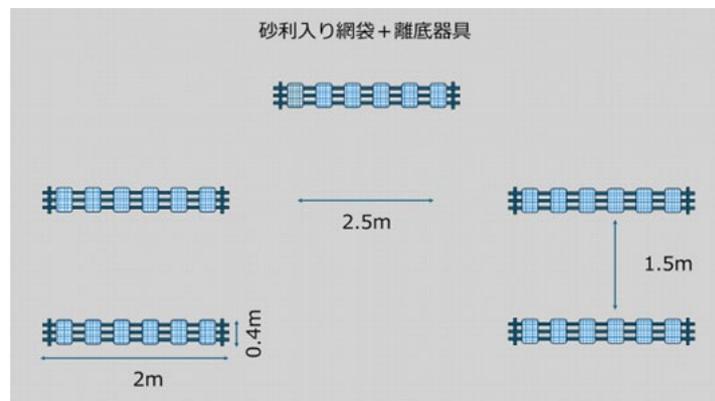


図 20 いかだ型離底器具の配置

3.3.2. 結果

砂利袋内のアサリの平均殻長の推移を図 21 に示す。平均殻長に関しては、令和 6 年 7 月の値は現地盤と比較して低く、令和 7 年 1 月には 13.41mm であった。

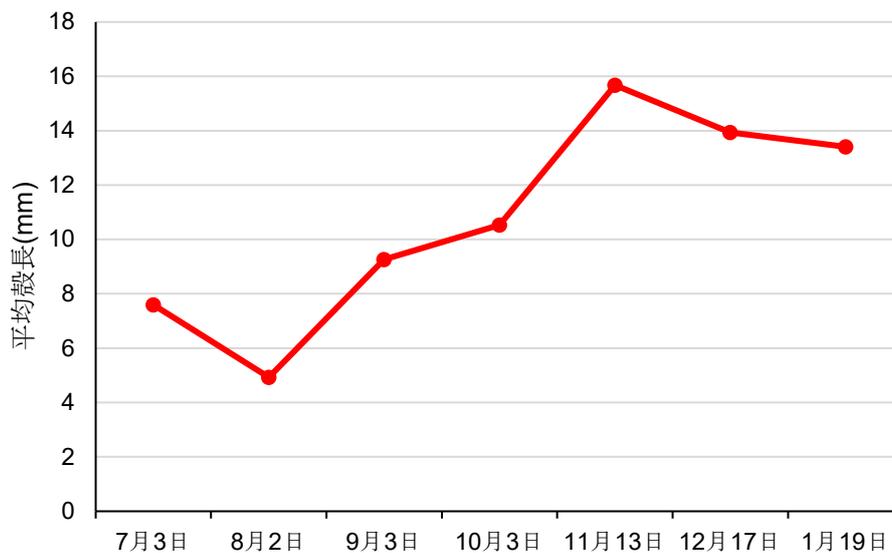


図 21 砂利袋内のアサリの平均殻長の推移

3.3.3. 考察

今年度は、数年に一度発生する、豪雨に伴う土砂流出がみられなかった。したがって、土砂対策としての砂利入り網袋+いかだ型離底器具の効果は確認できなかった。また、網袋内に着底するアサリが非常に少なかったことから、当地区では砂利入り網袋を設置しておくだけではアサリの漁獲はほとんど見込めないことが確認できた。今後は、予めアサリを一定数砂利袋内に収容してから、その経過を観察していく必要がある。

3.4. 小課題 3-2-4C 環境特性対策技術開発（アサリ稚貝の捕捉機構の解明）

3.4.1. 材料と方法

かぶせ網の形状の違い（平面・立体）や目開きの違いがアサリのトラップおよび流出抑止へどのように寄与するか確認するため、かぶせ網、立体型かぶせ網（目開き 4mm、9mm）で、粒子画像流速計測（PIV: Particle Image Velocimetry）実験を実施した（実験実施期間は2024年11月5～8日）。実験で使用した大型回流水槽（水産技術研究所 神栖庁舎 所有）を図22に示した。



図22 大型回流水槽（右写真は実験で使用する約2mの観測区間）

本実験では、本水槽の観察部位（全長約12m）のうち、中央の観測区間および緩衝区間に底質（中央粒径0.2mm程度の細目砂）を平らに敷いた後、勾配1/10の斜壁を設け、かぶせ網または立体型かぶせ網を設置した（図23、図24）。また、流況条件は一樣流とし、流速は10cm/sec前後とした。

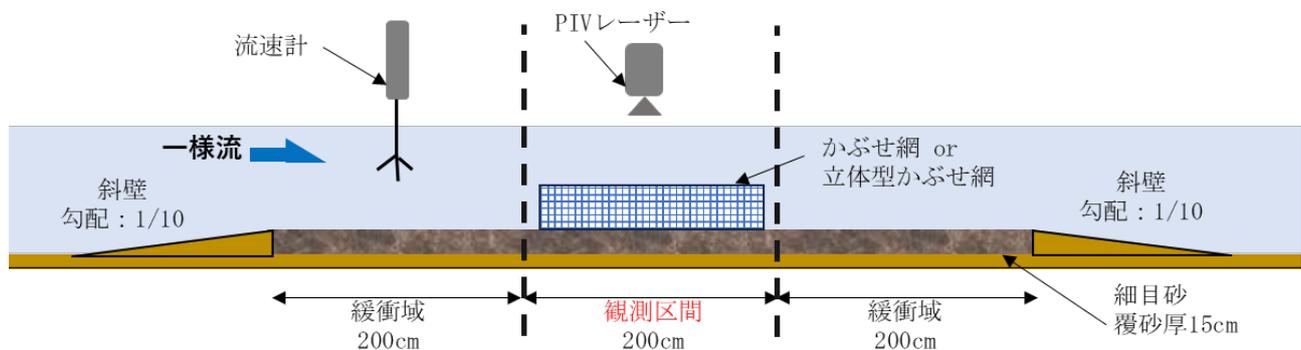


図23 水槽実験のイメージ



図24 かぶせ網の設置写真（左）および立体型かぶせ網の設置写真（右）

PIV 実験にあたり、カメラおよびレーザーはカトウ光研の「High speed camera k 8-USB」、「PIV Laser/G1000S」を使用した。粒子は、DIAION のHP20SS（粒径： $10\mu\text{m}$ 、比重： $.01$ 、成分：ポリエチレン樹脂）を使用した（図25）。



図25 カメラ、レーザーの使用風景（左）および粒子容器（右）

PIV 実験風景の写真を図26に示した。実験水槽に一樣流を流し、上流側から粒子を流し、レーザーを水槽上面から照射してレーザーの照射されているエリアを側面からカメラ撮影することで、粒子の軌道を把握した。

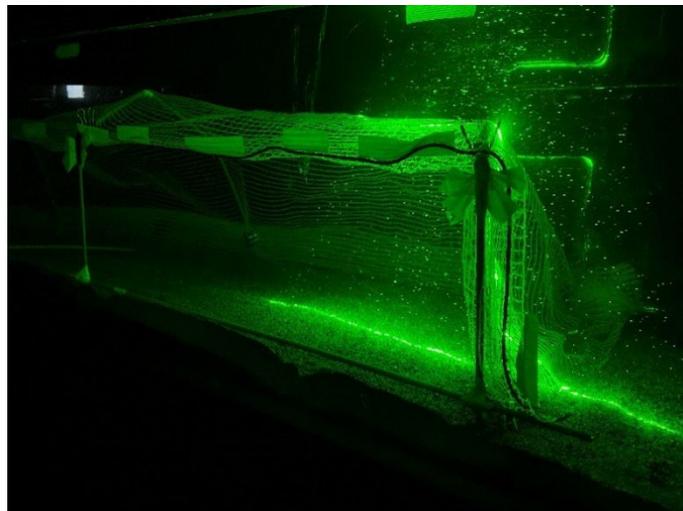


図26 PIV 実験風景

実験ケースを表 12 に示した。

実験 No. ①および②はかぶせ網で、それぞれ網の目開きが 4mm および 9mm である。

実験 No. ③および④は立体型かぶせ網で、それぞれ網の目開きが 4mm および 9mm であり、いずれも流れに対する網の方向が正面方向である。

実験 No. ⑤は立体型かぶせ網で目開き 9mm で、流れに対する網の方向が側面方向である。実験 No. ⑤は、流れに対する網の方向による違いを実験 No. ④と比較するために設けた。

実験 No. ⑥は、何も設置しない現地盤として設けた。

表 12 実験ケース

実験No.	保護育成技術	流れに対する網の方向	目開き
①	かぶせ網	—	4mm
②	かぶせ網	—	9mm
③	立体型かぶせ網	正面方向 	4mm
④	立体型かぶせ網	正面方向 	9mm
⑤	立体型かぶせ網	側面方向 	9mm
⑥	(現地盤)	—	—

カメラ撮影は連続撮影で、1/100 秒の間隔で 10 秒間撮影した。粒子の軌道を把握しやすくするため、結果図は画像解析により、1 秒間の撮影データを重ね合わせることで、1 秒間ごとの粒子の軌跡を可視化した。画像解析には、数値解析ソフトウェアの MATLAB (米国 MathWorks 社) を使用した。

3.4.2. 結果

レーザーの照射範囲は限られているので、観測区間エリアをすべて撮影するため、図 27 に示したとおり、1 回の実験につき 3、4 箇所に分けて撮影した。

実験 No. ①（かぶせ網、目開き 4mm）の 1 秒間の粒子の軌跡を図 28 に示した。また、網内部を拡大した 1 秒間の粒子の軌跡を図 29 に示した。上流側の網内部に粒子が入り込むと、網より上側の粒子の軌跡が水平方向で一定なのに対し、網内部に流入した粒子の軌跡の長さは短くなり、海底面付近をバウンドする状況や渦を形成する状況がみられた。網内部の中流付近や下流側の粒子の軌跡も、軌跡の長さが網より上側の粒子の軌跡より短く推移していた。

実験 No. ②（かぶせ網、目開き 9mm）の 1 秒間の粒子の軌跡を図 31 に示した。また、網内部を拡大した 1 秒間ごとの粒子の軌跡を図 31 に示した。実験 No. ①と同様、上流側の網内部に粒子が入り込むと、網より上側の粒子の軌跡が水平方向で一定なのに対し、網内部に流入した粒子の軌跡は短くなり、海底面付近をバウンドする状況や渦を形成する状況がみられた。網内部の中流付近や下流側の粒子の軌跡も、軌跡の長さが網より上側の粒子の軌跡より短く推移していた。

実験 No. ①と実験 No. ②を比較すると、同様の傾向が示され、目開きの大きさの違いはみられなかった。

実験 No. ③（立体型かぶせ網、流れに対する網の方向が正面方向、目開き 4mm）の 1 秒間ごとの粒子の軌跡を図 32 に示した。上流側の網内部に粒子が入り込んでも、粒子の軌道の変化はみられず、網より上側の粒子の軌跡と同様の推移を示した。網内部の中流付近や下流側の粒子の軌跡も同様であった。

実験 No. ④（立体型かぶせ網、流れに対する網の方向が正面方向、目開き 9mm）の 1 秒間ごとの粒子の軌跡を図 33 に示した。実験 No. ③と同様、上流側の網内部に粒子が入り込んでも、粒子の軌道の変化はみられず、網より上側の粒子の軌跡と同様の推移を示した。網内部の中流付近や下流側の粒子の軌跡も同様であった。

実験 No. ③と実験 No. ④を比較すると、同様の傾向が示され、目開きの大きさの違いはみられなかった。

実験 No. ⑤（立体型かぶせ網、流れに対する網の方向が側面方向、目開き 9mm）の 1 秒間ごとの粒子の軌跡を図 34 に示した。上流側の網内部に粒子が入り込むと、網内部に流入した粒子の軌跡はやや短くなり、海底面に向かう傾向がみられた。この傾向は、かぶせ網（実験 No. ①および②）と類似の傾向であった。

実験 No. ④と実験 No. ⑤を比較すると、実験 No. ④に比べ、実験 No. ⑤の上流側の網内部の粒子の軌跡が網流入時に変化がみられた。

実験 No. ⑥（現地盤）の 1 秒間ごとの粒子の軌跡を図 35 に示した。網を設置していないため、粒子の軌跡は変化が無く、全水深帯で水平方向であった。

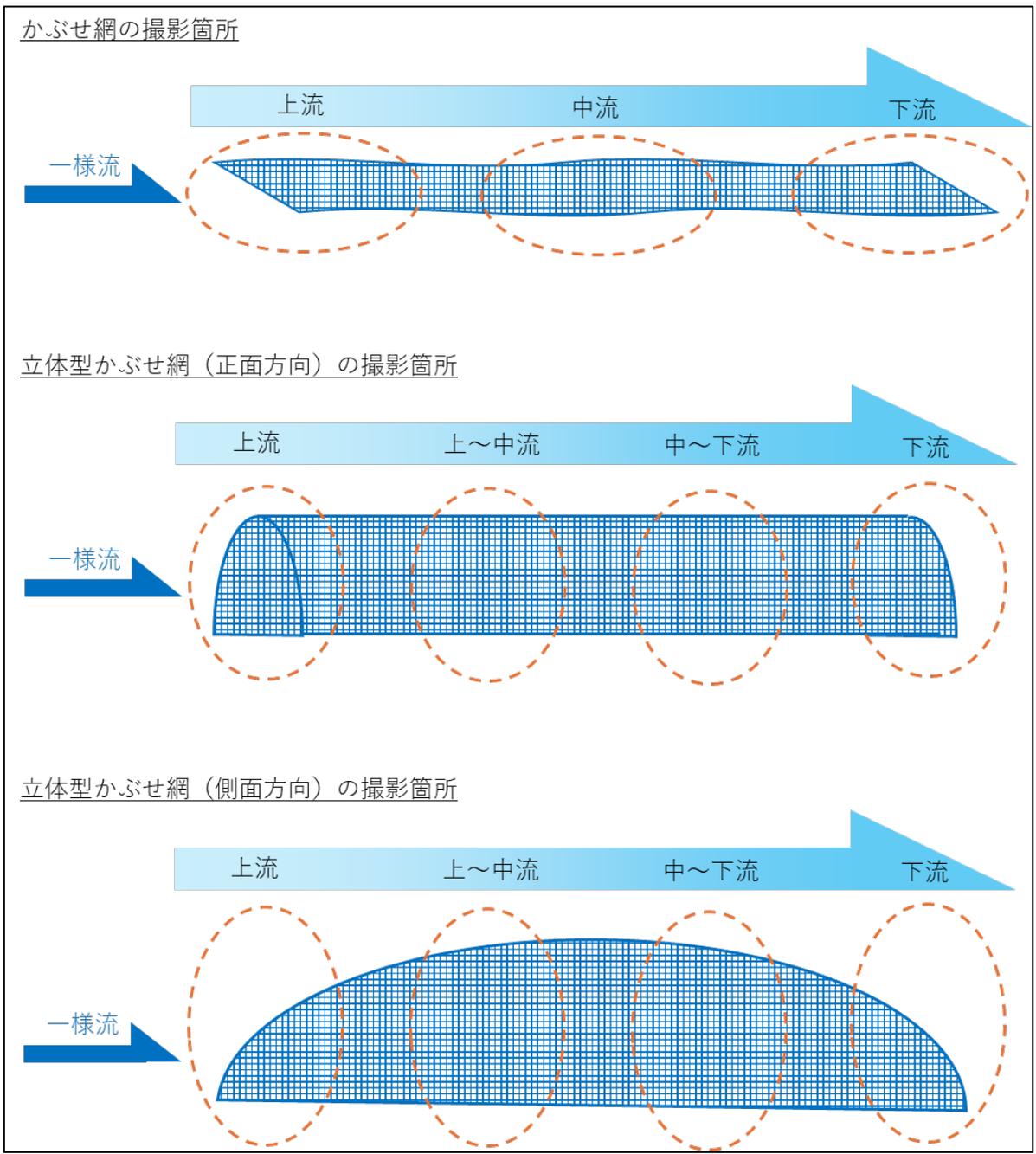


図 27 PIV 実験におけるかぶせ網および立体型かぶせ網の撮影箇所

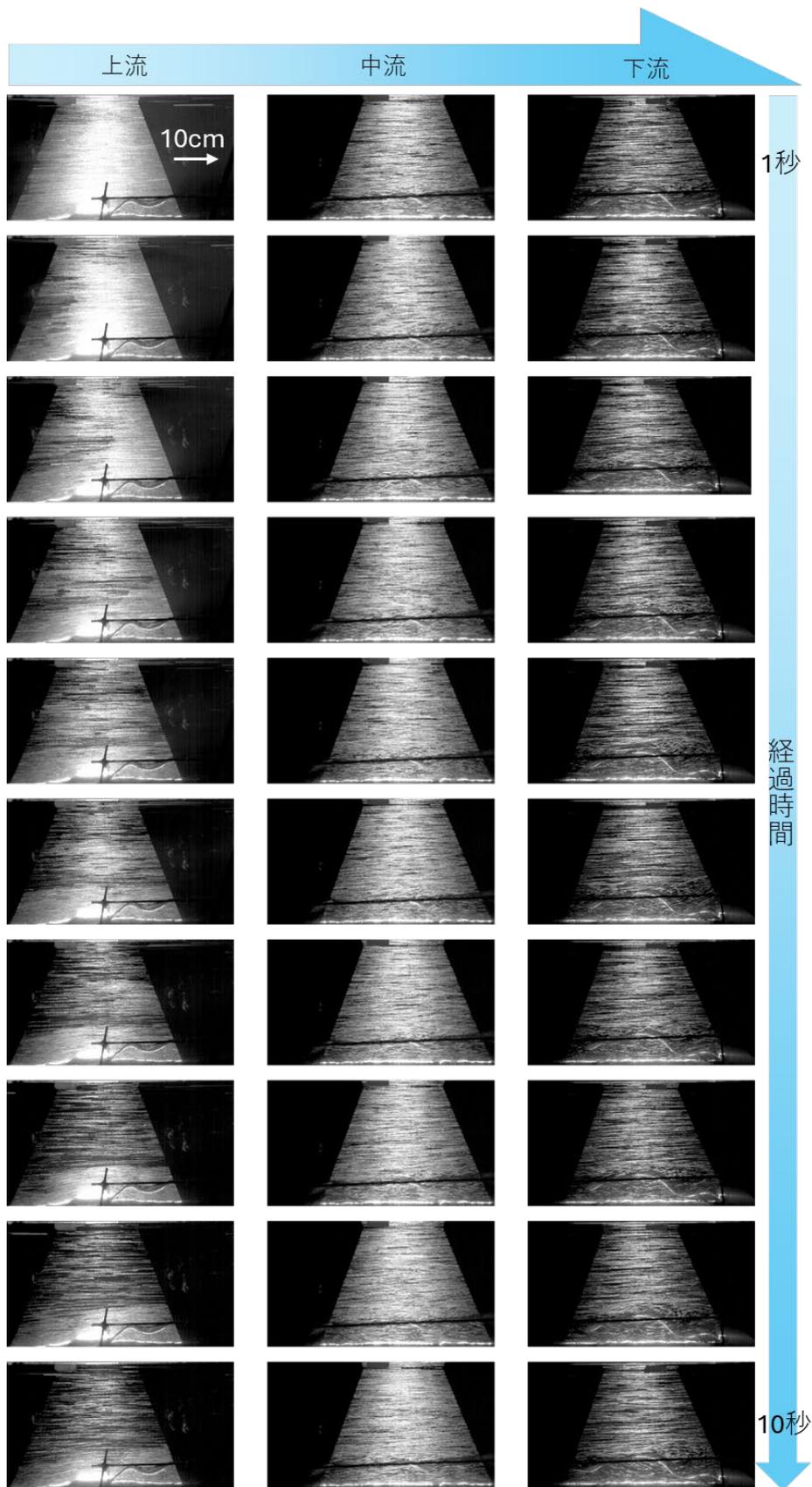


図 28 実験 No. ① (かぶせ網、目開 4mm) の 1 秒間ごとの粒子の軌跡

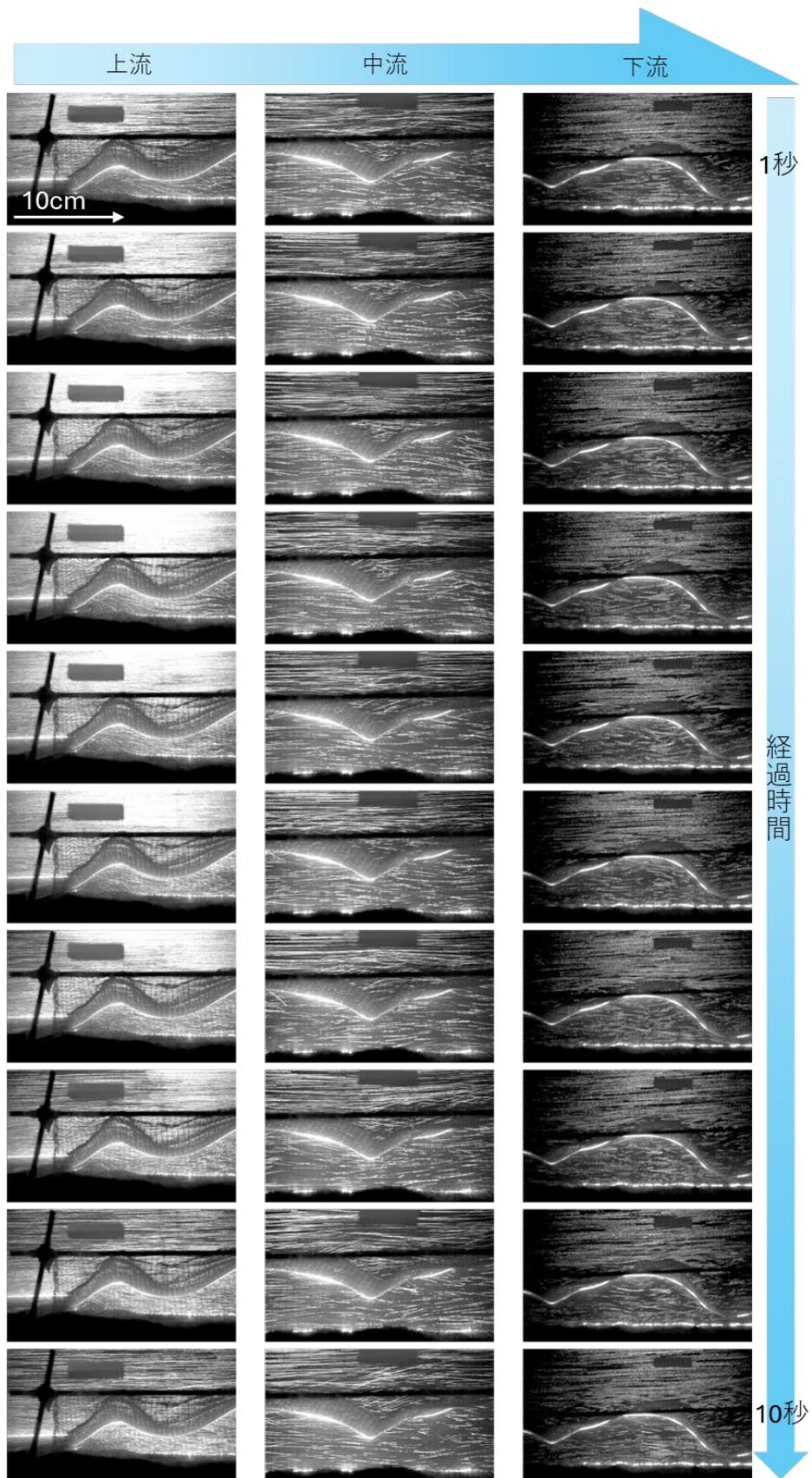


図 29 実験 No. ① (かぶせ網、目開4mm) の1秒間ごとの粒子の軌跡 (網内部拡大)

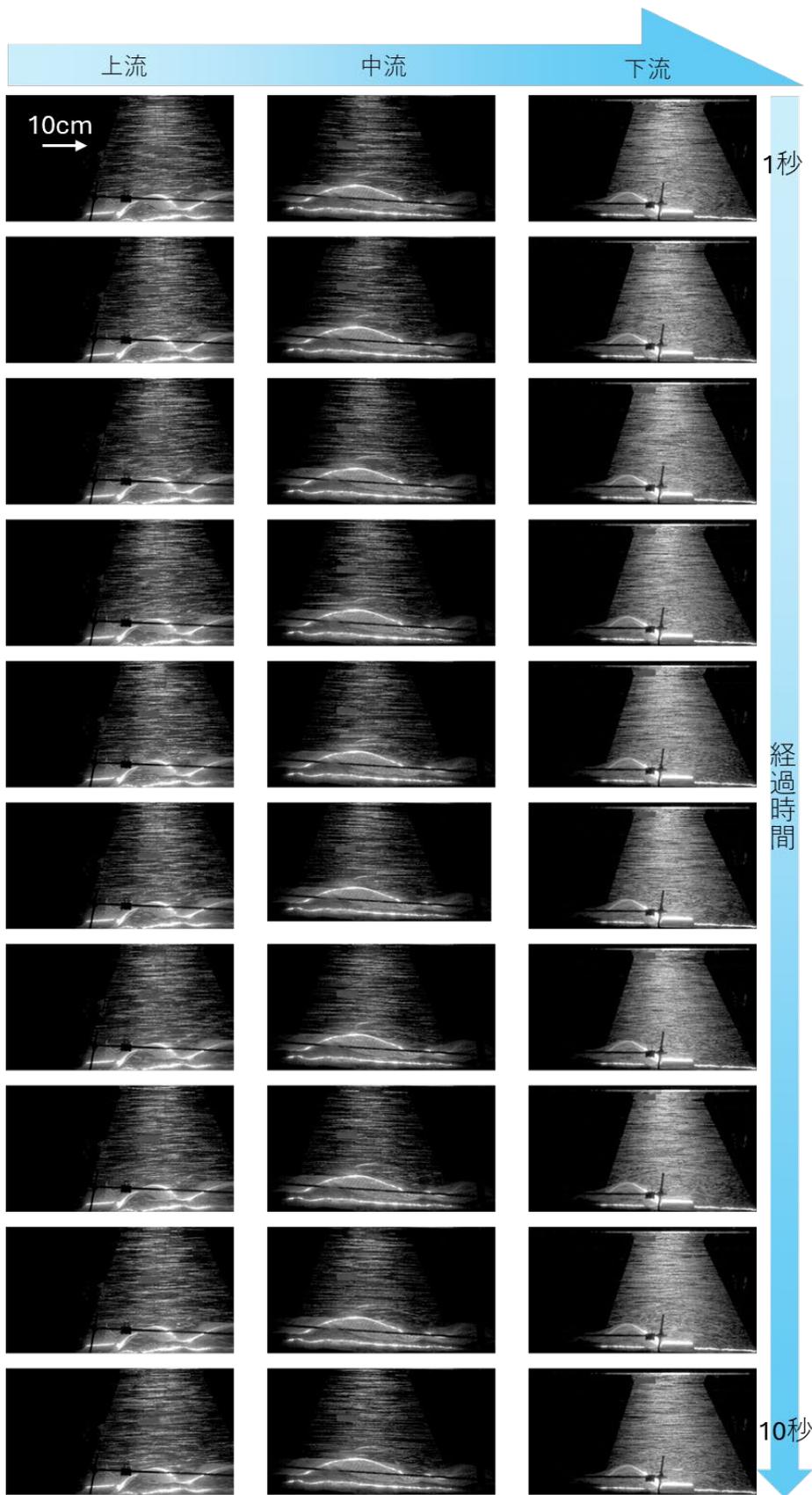


図 30 実験 No. ② (かぶせ網、目開 9mm) の 1 秒間ごとの粒子の軌跡

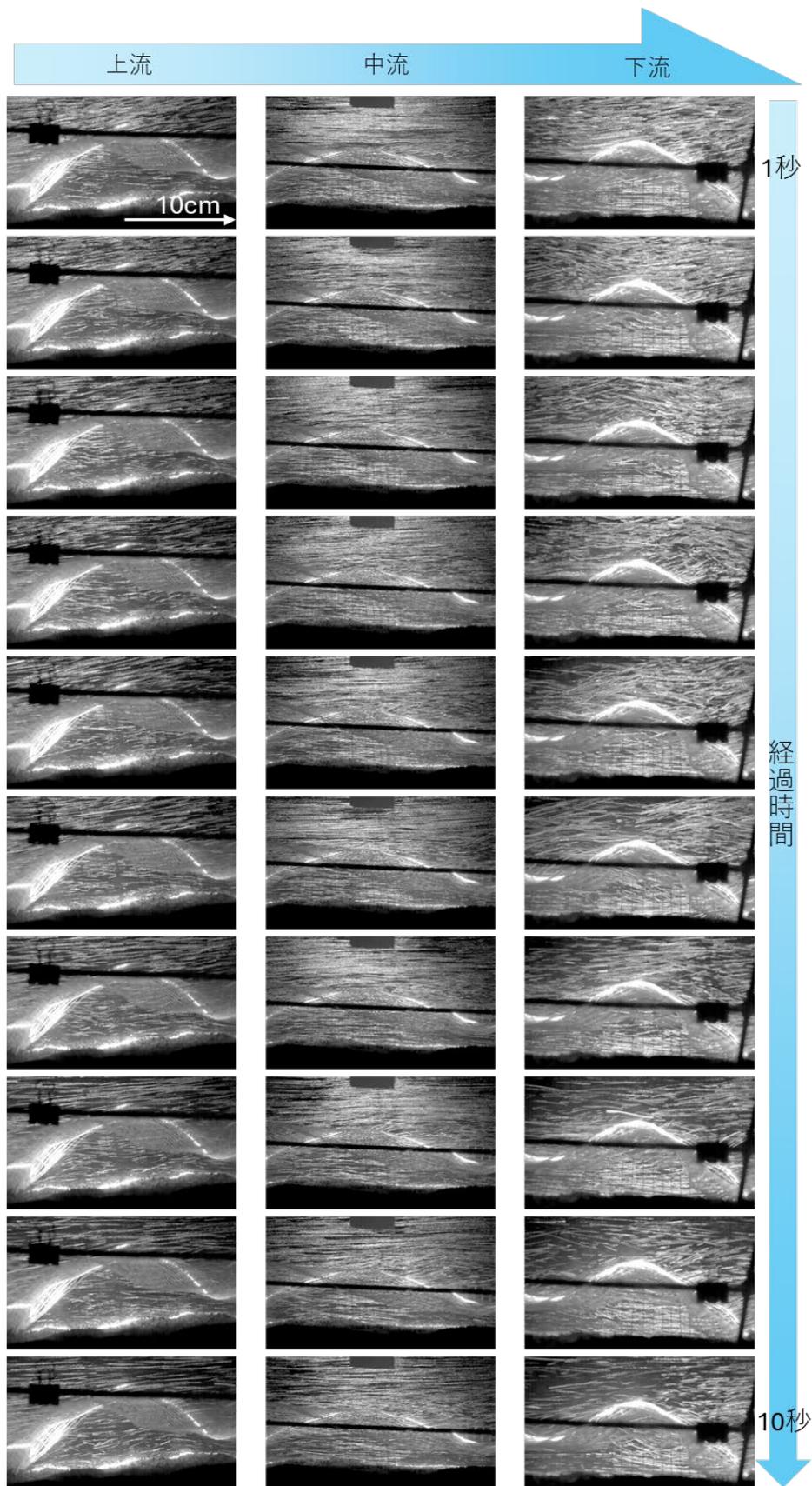


図 31 実験 No. ② (かぶせ網、目開9mm) の 1 秒間ごとの粒子の軌跡 (網内部拡大)

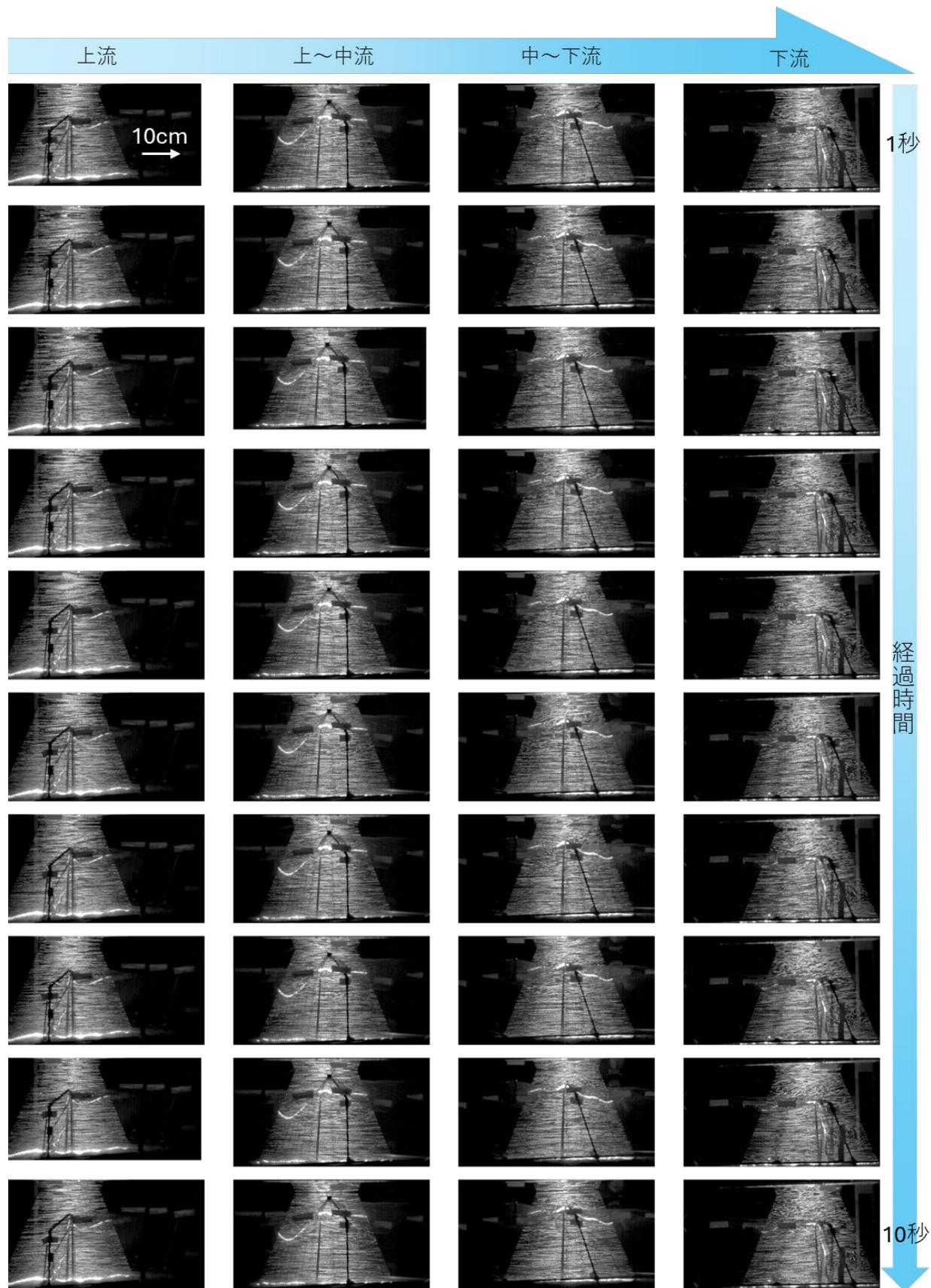


図 32 実験 No. ③ (立体型かぶせ網、正面方向、目開 4mm) の 1 秒間ごとの粒子の軌跡

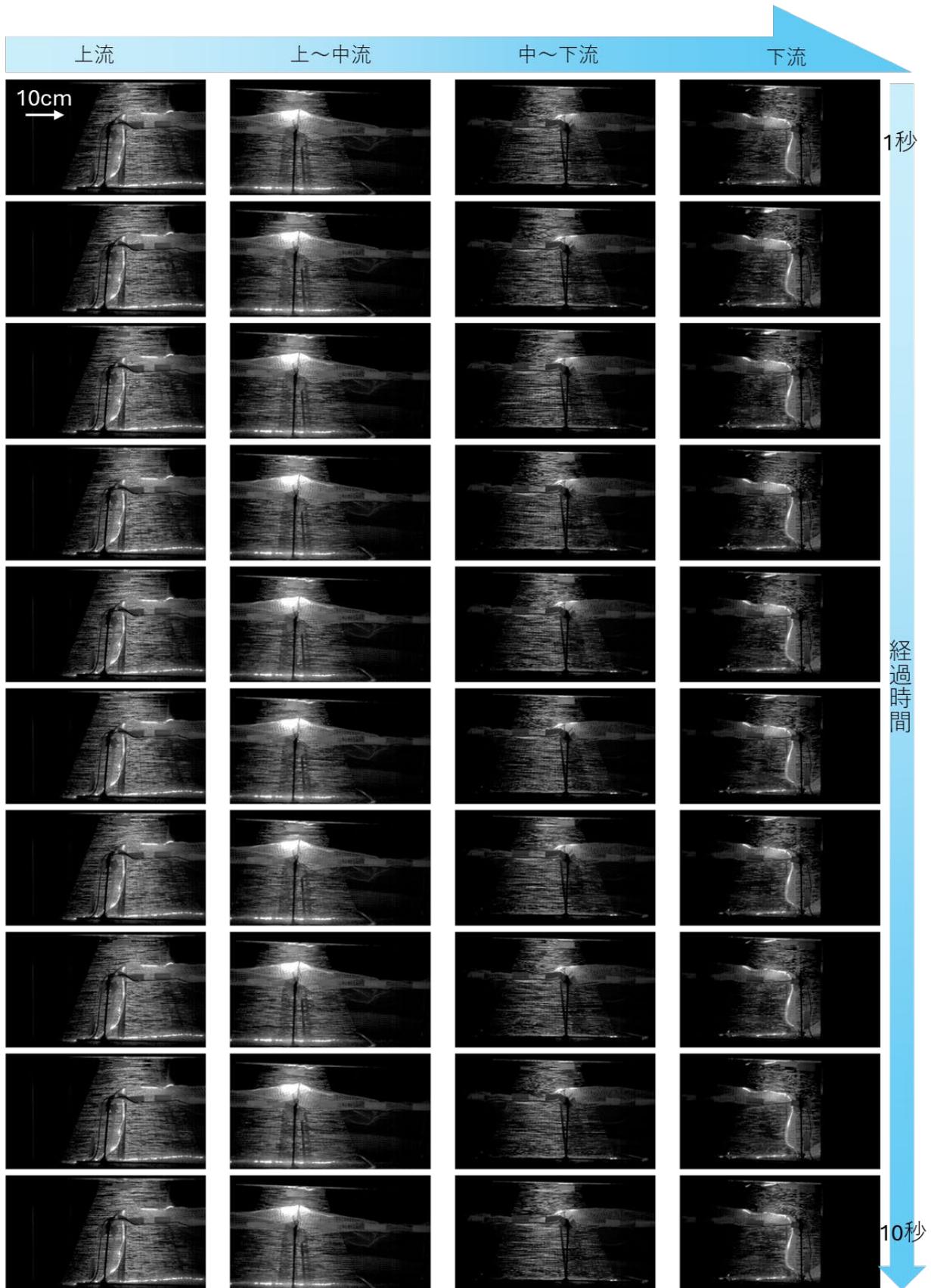


図 33 実験 No. ④ (立体型かぶせ網、正面方向、目開 9mm) の 1 秒間ごとの粒子の軌跡

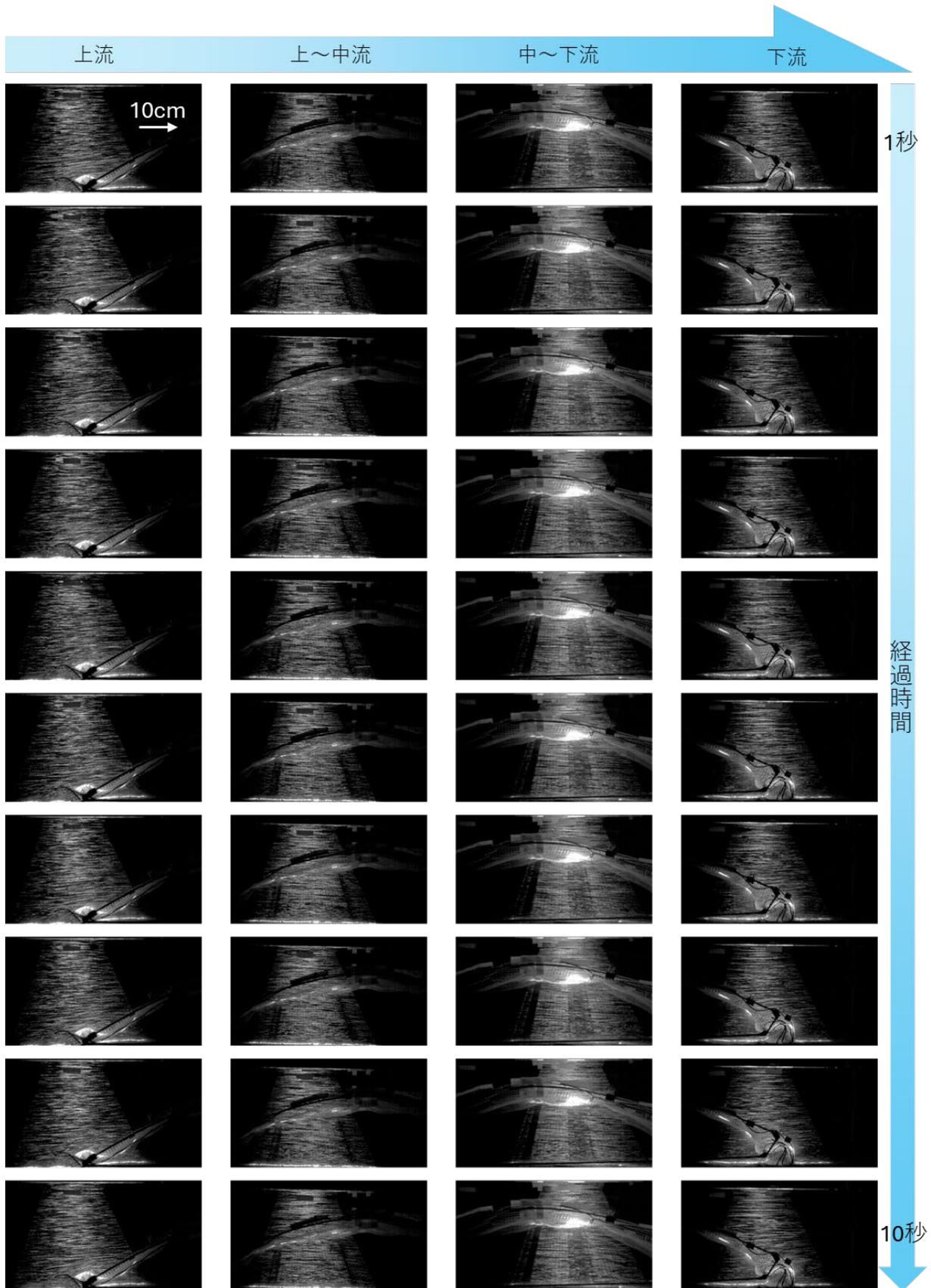


図 34 実験 No. ⑤ (立体型かぶせ網、側面方向、目開 9mm) の 1 秒間ごとの粒子の軌跡

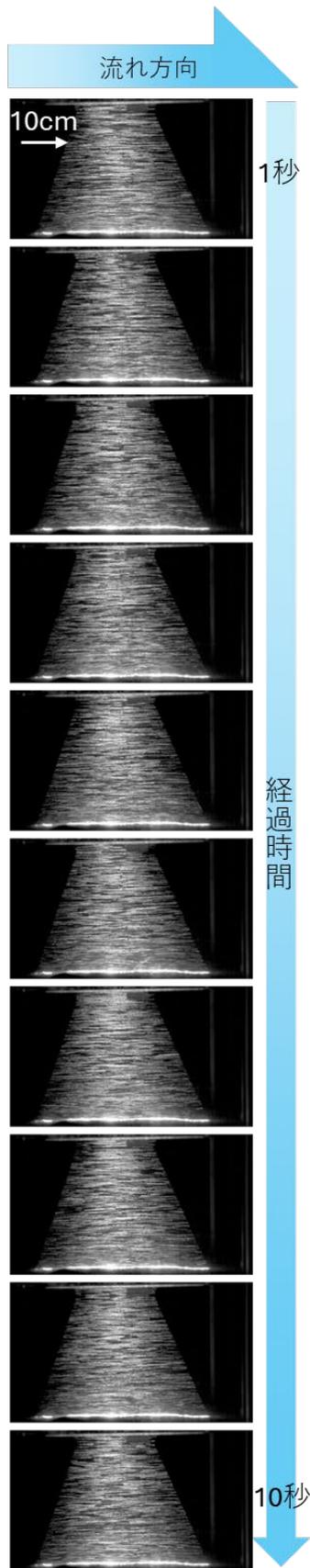


図 35 実験 No. ⑥ (現地盤) の 1 秒間ごとの粒子の軌跡

3.4.3. 考察

立体型かぶせ網（正面方向）における網内部に入り込んだときの水粒子の挙動が、網を通過しても変化がみられなかったが、かぶせ網及び立体型かぶせ網（側面方向）における網内部に入り込んだときの水粒子は、網を通過すると海底面に向かう方向に変化し、流速が軽減し、海底面付近をバウンドするような挙動を示した（図36にイメージを示した）。流れ方向に対する網面の角度が斜めであると、流速が軽減し流れが複雑化しやすくなるため、アサリが海底面にトラップされやすいと考えられる。かぶせ網も立体型かぶせ網も、流入角度に対する網の角度を斜めにするとトラップ効果が向上する可能性がある。

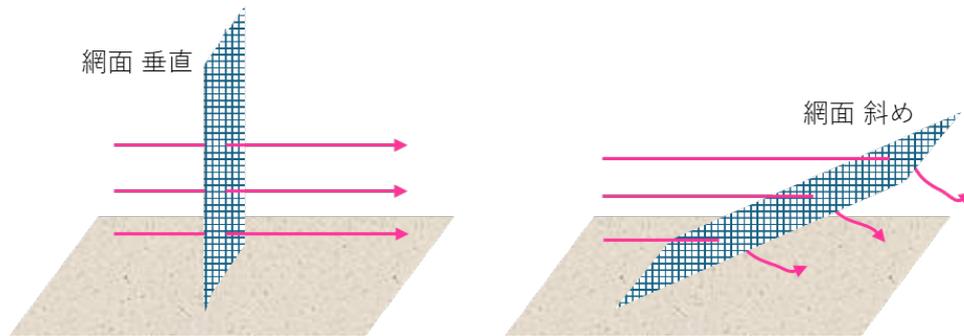


図36 流れ方向と網面の傾きとの関係のイメージ

水粒子が網を通過するとき、網糸が流路断面積をわずかに小さくするため、一時的に流速が大きくなる。この流速の差が圧力差となり、水粒子の流れに変化を与える要因となり得る。圧力差は、網糸が同一であれば網目開きが小さくなるほど大きくなり、網に流入するときの流速が大きいほど大きくなる。また、網面を斜めにすると、図37に示したとおり、鉛直方向の隣接する網糸間の高さが低くなる。よって、網面を斜めにすると、水粒子が網を通過するとき網糸が水粒子の障害になりやすくなり、網面を垂直に設置した場合に比べ、圧力差が大きくなり水粒子の挙動の変化が大きくなると考えられる。本実験で網目合いによる違いがみられなかった要因としては、違いがみられない程度の流速であったことが考えられ、より大きい流速条件では違いがみられると考えられる。

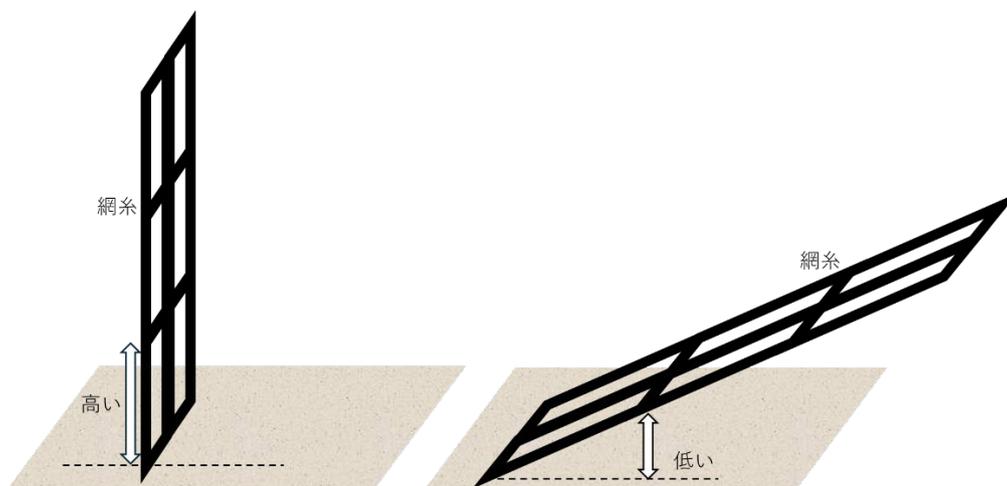


図37 網の設置角度による網糸高さの違い

実験結果から、かぶせ網及び立体型かぶせ網におけるアサリのトラップの違いについて考察した。かぶせ網については、網の設置により、網内部の流速が軽減されることで、網外へのアサリの流出を防ぎやすいと考えられる。立体型かぶせ網については、水粒子の流れる方向に対する網面の設置角度が斜めであれば、網内部の流速が軽減し、網外へのアサリの流出を防ぎやすいと考えられる。一方で、網を傾斜させすぎると流速が小さくなりすぎ、泥の堆積が懸念される（図38にイメージを示した）。かぶせ網は立体型かぶせ網に比べて泥がたまりやすく、アサリが埋没し斃死する可能性がある。

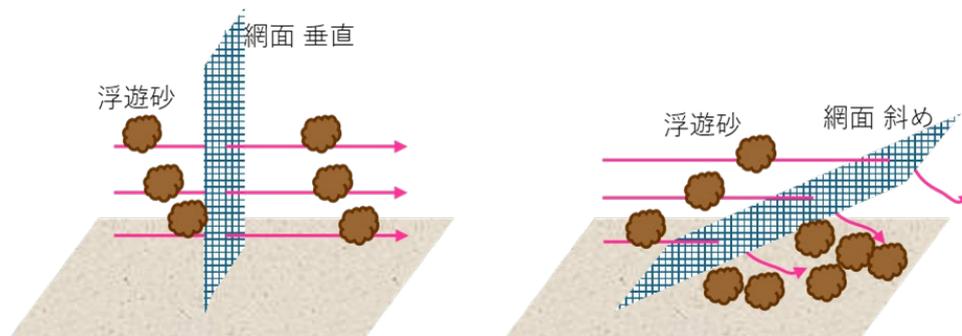


図38 流れ方向と網面の傾きとの関係のイメージ

本実験では網内部に流入する水粒子の挙動に着目し、一様流により、かぶせ網及び立体型かぶせ網について比較検証した。よって、潮流成分の流速については評価することができた。一方で、波浪成分による流速については本実験では評価していない。そこで、波浪成分の流速についても、一般的な物理的知見から評価した。

波浪は、図39に示したとおり鉛直方向の水粒子の楕円運動であり、海底に近づくほど、楕円軌道の範囲が小さくなることが知られている。

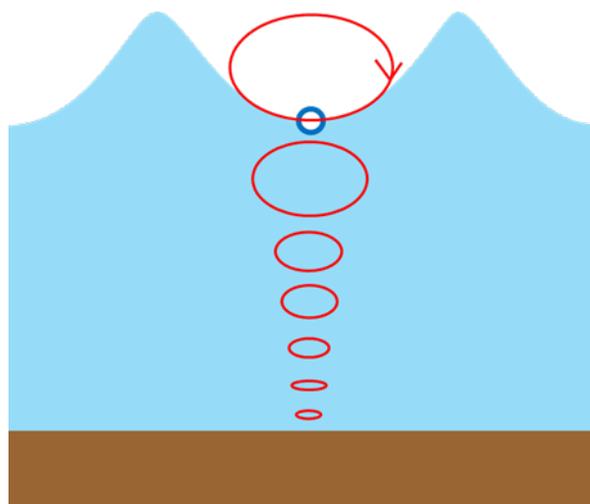


図39 波による水分子の挙動イメージ

波浪は、以上のように鉛直方向の運動が主である。図40に示したとおり、立体型かぶせ網は、かぶせ網に比べ鉛直方向に高さがあるため、波浪の運動を軽減させやすい効果がある可能性がある。波浪が軽減されれば波浪成分による底面流速も軽減されるため、立体型かぶせ網の内部はアサリが定位されやすい環境であると考えられる。

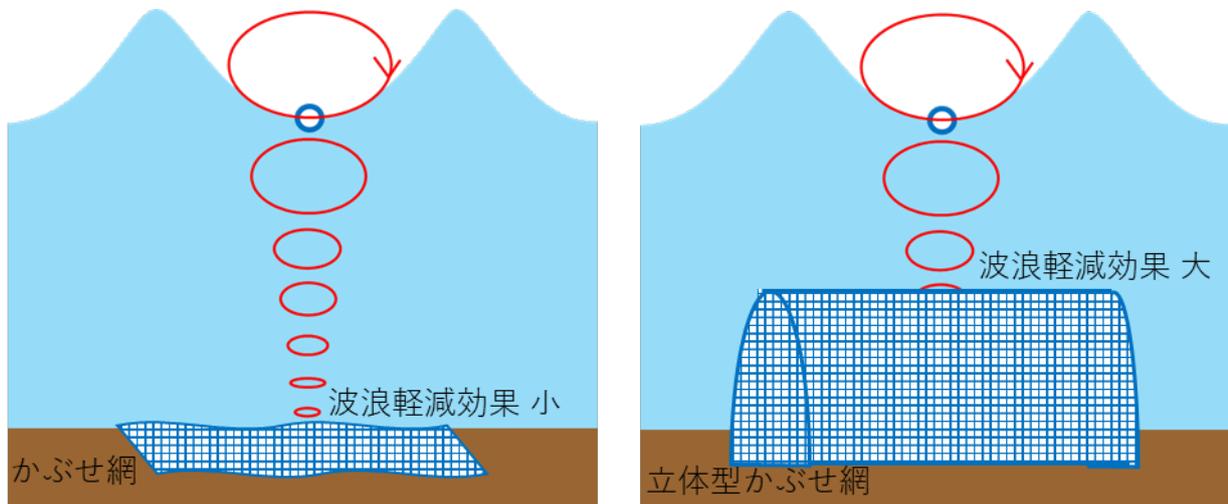


図40 かぶせ網及び立体型かぶせ網の波浪軽減効果のイメージ

以上より、かぶせ網及び立体型かぶせ網それぞれにおいて、潮流成分による流速、波浪成分による流速、砂の堆積の軽減効果についてそれぞれ評価した。表13に評価結果を示した。

かぶせ網については、実験結果から、潮流成分による流速の軽減効果がみられた。一方、かぶせ網は鉛直方向の高さがほとんど無いため、波浪成分の流速軽減効果が小さいと考えられる。また、砂の堆積の軽減効果は、潮流成分の流速が小さくなることから、ほとんど無いと考えられる。

立体型かぶせ網については、実験結果から、流れ方向に対する網面の角度がほぼ垂直である場合、潮流成分による流速の軽減効果がみられなかった。一方、立体型かぶせ網は鉛直方向の高さがあるため、波浪成分の流速軽減効果は大きいと考えられる。また、砂の堆積の軽減効果については、波浪成分の流速が軽減される一方、潮流成分の流速は軽減されにくいいため、かぶせ網より軽減効果が大きいと考えられる。

表13 軽減効果の評価

	かぶせ網	立体型かぶせ網
潮流成分による流速の軽減効果	○	△
波浪成分による流速の軽減効果	△	○
砂の堆積の軽減効果	×	△

4. 中課題としての成果と課題

4.1. 目標の達成度

令和6年度の目標とその達成度について、表14に示した。

小課題3-2-3では、当該地区の過去から現在にかけての環境ごと特性を整理することができた。小課題3-2-4では、かぶせ網の形状と目合いの違いによる比較を行い、それぞれの特性を把握することができた。各小課題の達成度は、○：達成、△：ほぼ達成も一部で課題が残る、×：未達成とした。

表14 小課題の達成度

小課題名	目標	結果	達成度
3-2-3 現況把握	水質と物理環境の把握	τ_c の値は、観測期間中の多くで、殻長1mmアサリの移動限界0.048N/m ² を超えた。 $\tau_{w/3}$ の値は、観測期間中の多くで、殻長1mmアサリの移動限界と底質(基質)の移動限界を超えた。 塩分は、6月末～7月末にかけて比較的低い環境が継続した。	○
	地形の把握	令和6年4月時点でC.D.L+1.29m、令和6年12月時点でC.D.L+1.35mであった。令和6年4月と令和6年12月を比較すると、試験区北側において地盤高の顕著な変動がみられ、0.2m程高くなっている箇所が確認された。	○
	環境特性の整理	当該地先は、沖合まで流されたシルト・粘土が上げ潮によって巻き上げられ、逆流堆積することで泥が消えにくい。近年ではニホンスナモグリの増加により干潟の基質流動性が高まっている。	○
3-2-4 環境特性対策技術 開発	アサリの流出対策	立体かぶせ網では平均殻長における効果がみられたが、冬季にはカキの付着や破れがみられた。対して、かぶせ網では破れ等の網の損傷はなかったが網内の砂堆積が顕著にみられた。	△
	泥対策	今年度は泥の堆積がみられなかったため、効果の検証はできなかった。	×
	アサリ稚貝の捕捉機構の解明	かぶせ網では網内部で流速が低減し、流れが複雑化したが、立体かぶせ網では流速の低減や流れの複雑化はみられなかった。	△

4.2. 実用性の検討

「小課題 3-2-4 環境特性対策技術開発」における実用性の検討を以下に示した。

4.2.1. 作業性

作業性の検証結果を表 15 に示した。

かぶせ網、立体型かぶせ網ともに大潮時（作業可能時間 180 分程度）における作業が可能であるとした。なお、今回かぶせ網はペグで固定しているのみで、縁辺部の埋め込みは行っていない。

表 15 作業性の検証

作業内容	かぶせ網 (9mm)	立体型かぶせ網 (9mm)
数量実績	1m×5m/区画	1m×5m/区画
時間実績	30分/2人	40分/2人
B/C が 1.0 以上とするために 推定される所要時間	4区画作成 120分	4区画作成 160分
備考	大潮時の作業可能時間は 180 分程度	
評価	作業可能	作業可能

4.2.2. コスト

コストの検証結果を表 16 に示した。

人件費無しの合計費用は、かぶせ網で¥9,480、立体型かぶせ網で¥12,760 であった。

表 16 コストの検証

項目	かぶせ網 (9mm) 1m×5m	立体型かぶせ網 (9mm) 1m×5m
人件費 (設置)	¥9,000-/人×2人日	¥9,000-/人×2人日
資材費	(1) ワイルドラッセル防風網 ¥850-/1m×5m×4区画 (2) ペグ ¥76-/本×20本×4区画	(1) ワイルドラッセル防風網 ¥850-/1m×5m×4区画 (2) グラスファイバーポール (支柱) ¥82-/本×10本×4区画 (3) ペグ ¥76-/本×20本×4区画
合計費用 1 (人件費有)	¥27,480-	¥30,760-
合計費用 2 (人件費無)	¥9,480-	¥12,760-

4.2.3. 漁獲額

技術ごとの漁獲額試算の結果を表17に示した。

今年度は漁獲サイズまでアサリが成長しなかったため、令和7年1月に殻長20mm以上であった個体を翌年度の春季漁獲個体として試算に用いた。B/Cが1.0以上となるために必要な4区画(1区画:1m×5m)当たり、かぶせ網では¥27,196、立体型かぶせ網では¥13,976の漁獲額が推定された。

表17 試算された技術ごとの漁獲額

項目	技術名	
	かぶせ網 (9mm) 1m×5m (1区画)	立体型かぶせ網 (9mm) 1m×5m (1区画)
漁獲額の試算方法	<p>【令和7年1月実績から試算】</p> <p>15.83kg^{※1}/区画×¥430-/kg×4区画 =¥27,196-</p> <p>※1 令和7年1月にかぶせ網(9mm)の一定面積(20cm×20cm)から採取した殻長20mm以上のアサリ(翌年度の春季には漁獲が見込める殻長サイズ)の平均湿重量(n=4)を5㎡に換算したもの。</p>	<p>【令和7年1月実績から試算】</p> <p>8.13kg^{※2}/区画×¥430-/kg×4区画 =¥13,976-</p> <p>※2 令和7年1月に立体かぶせ網(9mm)の一定面積(20cm×20cm)から採取した殻長20mm以上のアサリ(翌年度の春季には漁獲が見込める殻長サイズ)の平均湿重量(n=4)を5㎡に換算したもの。</p>

4.2.4. 技術ごとの経済性の評価

技術ごとの経済性の評価結果を表18に示した。

かぶせ網、立体型かぶせ網4区画当たり、それぞれB/Cは2.06、1.09となった。

表18 技術ごとの経済性の評価(漁獲額/コスト)

技術名	B:漁獲額 (千円)	C(コスト)				B/C(漁獲額/コスト)			
		1.人件費 (千円)	2.資機材費 (千円)	3.備船費 (千円)	合計 (1+2+3)	人件費有 備船費有	人件費無 備船費有	人件費有 備船費無	人件費無 備船費無
かぶせ網 (9mm)	27.2	18.0	9.5	-	27.5	-	-	0.99	2.06
立体型 かぶせ網 (9mm)	14.0	18.0	12.8	-	30.8	-	-	0.45	1.09

4.3. 成果と課題

今年度の成果と課題を表 19 に示した。

今年度の成果を踏まえ、来年度はかぶせ網・立体型かぶせ網のより詳細な比較と、当該地区に適した技術の改良を進める。

表 19 成果と課題

小課題名	成果	課題
3-2-3 現況把握	文献調査等により当該地区の環境特性を整理することができた。	過年度との比較及びモニタリングの継続による実態の把握
3-2-4A 環境特性対策技術開発 (アサリの流出対策)	かぶせ網・立体型かぶせ網の効果を比較することができた。 立体型かぶせ網では平均殻長が良くなるが、カキの付着や破れがみられた。	アサリの保護手法の選定と改良 (モニタリング継続中)
3-2-4B 環境特性対策技術開発 (泥土対策)	今年度は顕著な泥の堆積は確認されなかった。	泥対策としての効果の検証 (モニタリング継続中)
3-2-4C 環境特性対策技術開発 (環境特性対策技術開発)	かぶせ網の形状及び目合いの違いによる水流の変化を確認することができた。 流れに対する網の角度が斜めであると流速が低減し、流れが複雑化される。 目開きの違いの影響はみられなかった。	アサリのトラップ効果の違いについて検証

参考文献

- 1) 宇野誠高, 横山勝英, 森下和志, 高島創太郎, 大角武志. 熊本県白川河口域における土砂動態. 海岸工学論文集 2002 ; 49 : 561-565
- 2) 横山勝英. 河川の土砂動態が有明海沿岸に及ぼす影響について—白川と筑後川の事例—. 応用生態工学 2005 ; 8 : 61-72
- 3) 竹内清治. 有明海とその周辺地域の砂質干潟における底生生物群集の構造決定に果たす主要生態学的過程の役割. 長崎大学, 長崎. 2014.
- 4) 地形変化による二枚貝類の生存影響調査. 長崎大学, 熊本大学, 一般社団法人マリノフォーラム 21. 2007.
- 5) 玉置昭夫. ベントスに関すること—とくにアサリ漁獲量激減に関連して. 水環境学会誌 2004 ; 27 : 301-306.
- 6) 田井明, 赤松良久, 山本浩一, 小森田智大, 服部敬太郎, 乾隆帝, 二瓶泰雄. 熊本地震に起因して流出した土砂による白川河口干潟への影響. 土木学会論文集 B1 (水工学) 2018 ; 74 : I_481-I_486
- 7) 末次忠司, 藤田光一, 諏訪義雄, 横山勝英. 沖積河川の河口域における土砂動態と地形・底質変化に関する研究. 国土技術政策総合研究所資料, 国土技術政策総合研究所. 2002 ; 32.
- 8) 比嘉紘士, 市村康, 宮辻孝史, 鈴木崇之. 有明海干潟漁場における UAV 空撮画像を利用したホトトギスガイマット分布特性の解析. 土木学会論文集 B3 (海洋開発) 2021;77:I_697-I_702

電子格納データ

表 20 電子格納データ一覧

小課題	実験・調査名	格納データ
環境特性対策技術開発	アサリの流出対策	個体数・平均殻長 2406～2502 目開きごと個体数・平均殻長 2502
	泥対策	砂利袋個体数 2405～2501
	アサリ稚貝の捕捉機構の解明	PIV 実験 かぶせ網(目開 4mm と 9mm) PIV 実験 立体型かぶせ網_正面方向(目開 4mm と 9mm) PIV 実験 立体型かぶせ網_側面方向(目開 9mm のみ) PIV 実験 現地盤
共通項調査	地盤高測量	地盤高 2404、2409
	物理環境調査	移動限界判定 2408 移動限界判定 2412 物理連続観測結果 2404～2503
	水質環境調査	水質連続観測結果 2404～2503
	底質調査	底質 2406～2501 粒度加積曲線 2406～2501 (PDF)
	初期稚貝調査	初期稚貝調査 2406～2501
	生息状況調査	生物生息状況調査 2406～2502