

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.B2-2-11

浅海域における石炭灰の利活用促進に向けた環境配慮型技術の開発

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／石炭利用
環境対策事業／石炭利用環境対策推進事業

発表：2026年7月22日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 岡田 由紀彦

(一財) カーボンフロンティア機構、(一財) 電力中央研究所、東京パワーテクノロジー(株)、東洋建設(株)

(国) 北海道大学、(国) 九州大学、(国) 鹿児島大学、(株) FKGコーポレーション

問い合わせ先 (一財) カーボンフロンティア機構 E-mail:soumu-kikaku@jcoal.or.jp



■背景

- 石炭灰排出量：**年間1,100万トン程度**
- 有効利用量の約7割がセメント分野



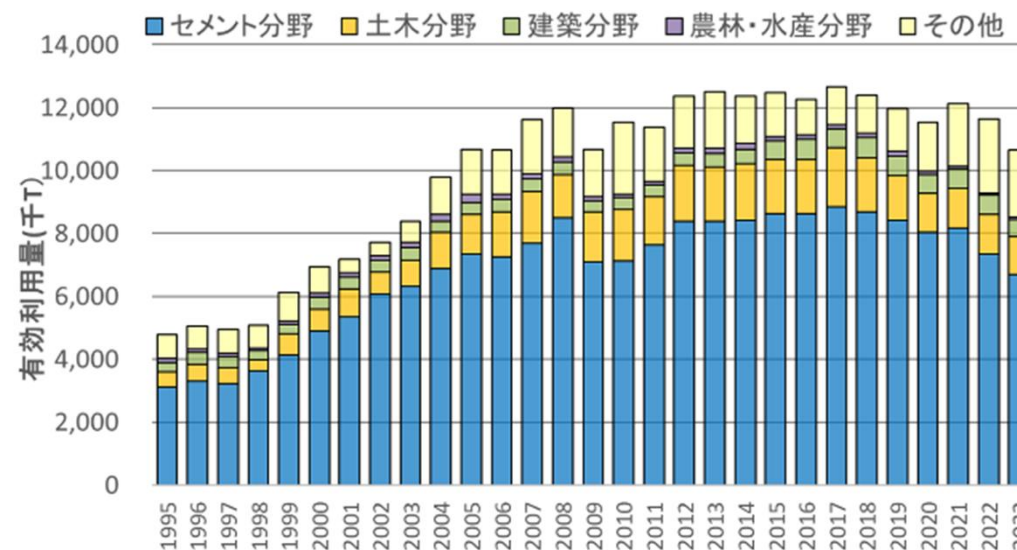
セメント分野以外（土木や農林・水産分野）

石炭灰の有効利用量拡大

■目的

石炭灰を活用する環境配慮型技術の開発

- 石炭灰の有効活用策の拡大
- 天然資源の消費抑制
- 環境影響の低減



石炭灰の分野別有効利用量の推移

（出典：石炭灰全国実態調査報告書,JCOAL,2025）

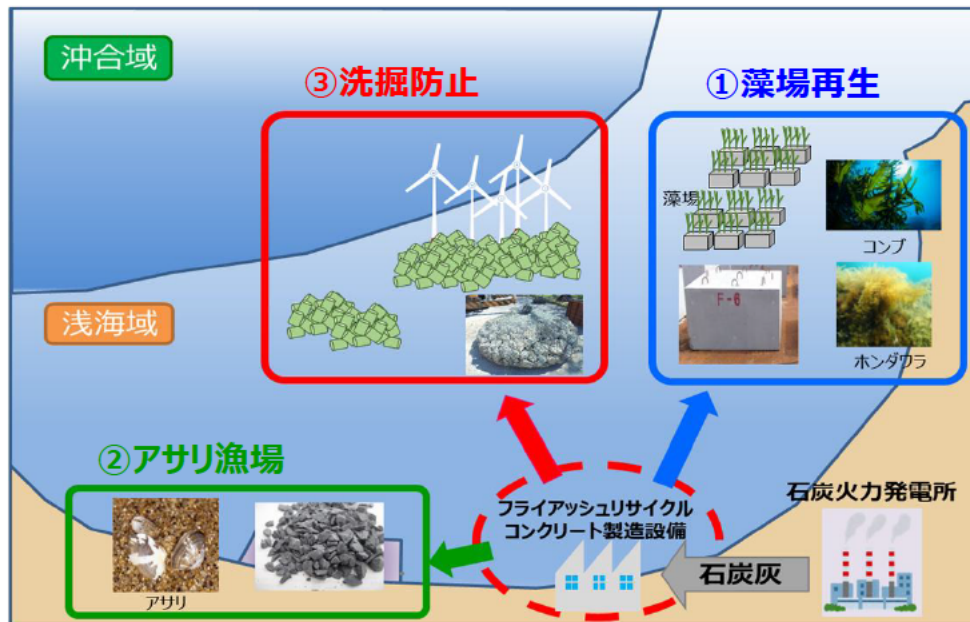
➡ 水産資源の回復と海域環境の改善

➡ **低炭素社会と持続発展可能な循環型社会を実現**



研究開発概要

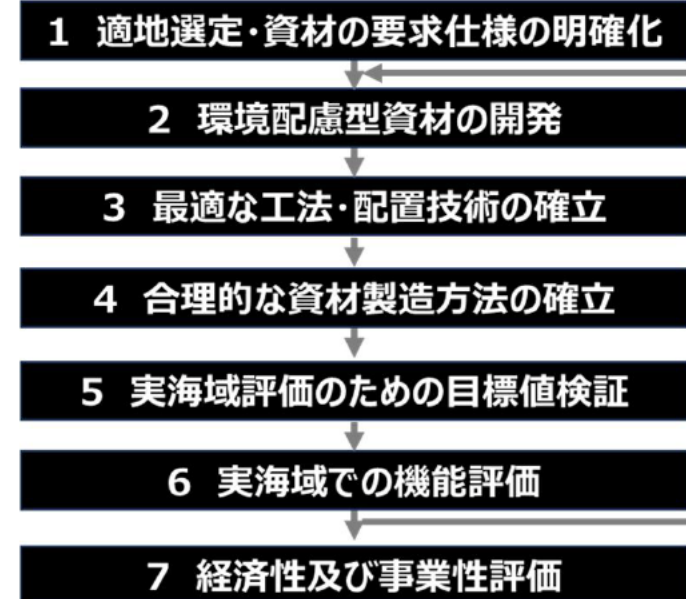
■ 研究開発の全体イメージ



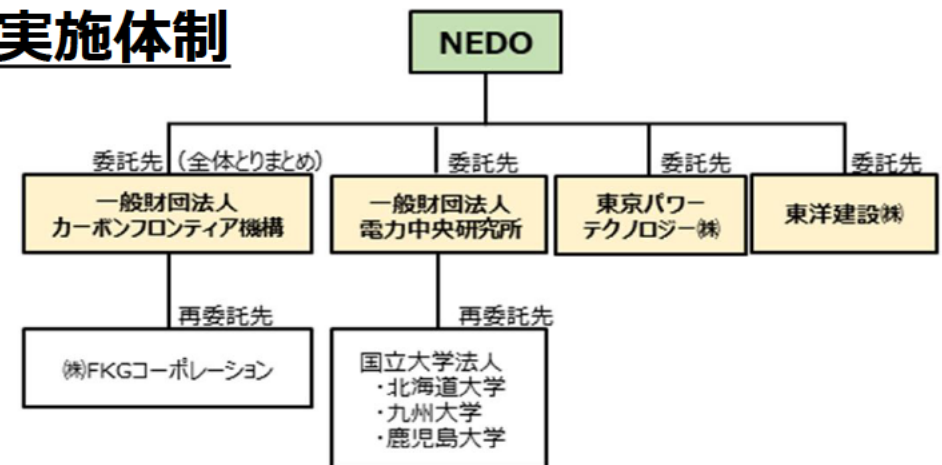
■ 研究開発項目

- ① 藻場再生・造成用石炭灰混合ブロック開発
- ② アサリ漁場改善用石炭灰混合基質開発
- ③ 洗掘防止用石炭灰混合人工石材開発

■ 実施項目



■ 実施体制



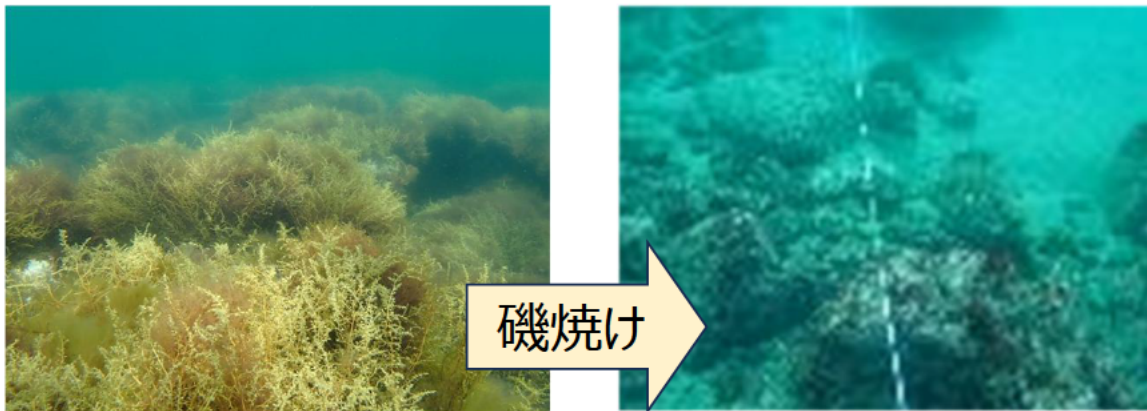


開発目標と技術課題：①藻場再生

①藻場再生・造成用石炭灰混合ブロック開発

■ 開発目標

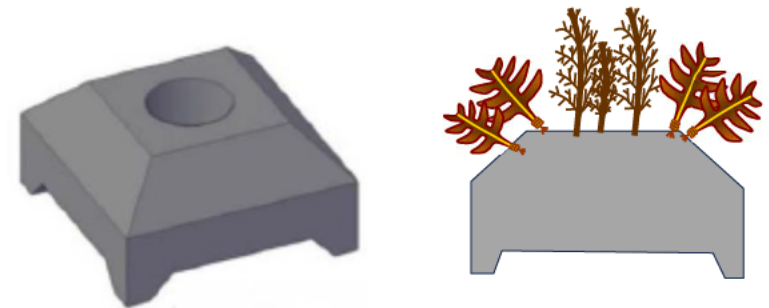
石炭灰と他の地元産業副産物を活用し、
環境安全性・生物親和性及び
耐久性に優れた藻場再生・造成用石炭灰混合ブロック
を開発



藻場の磯焼け状況

■ 技術課題

- ✓ 耐波安定性向上
- ✓ 高比重化
- ✓ 生物親和性付与
- ✓ 環境安全性確保のための配合設計
- ✓ 低コスト化製造技術



人工藻礁ブロックのイメージ



開発目標と技術課題：②アサリ漁場改善

②アサリ漁場改善用石炭灰基質開発

■ 開発目標

石炭灰と他の地元産業副産物を活用し、
環境安全性と生物親和性に優れたアサリ漁場
改善用石炭灰混合基質を開発する



網袋（採苗）



被覆網（採苗・育成）

■ 技術課題

- ✓ 環境安全性・生物親和性の確保
- ✓ 強度・耐久性の確保
- ✓ 密度の適正化
- ✓ 基質収容方法・設置方法
- ✓ 低コスト化製造技術



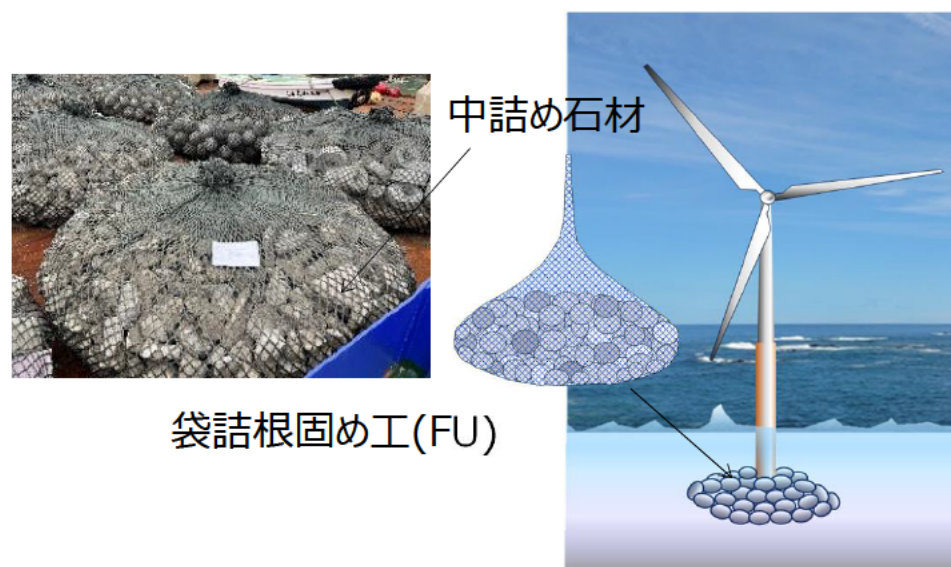
石炭灰混合基質
（破碎タイプ）

開発目標と技術課題：③洗掘防止用

③洗掘防止用石炭灰混合人工石材開発

■開発目標

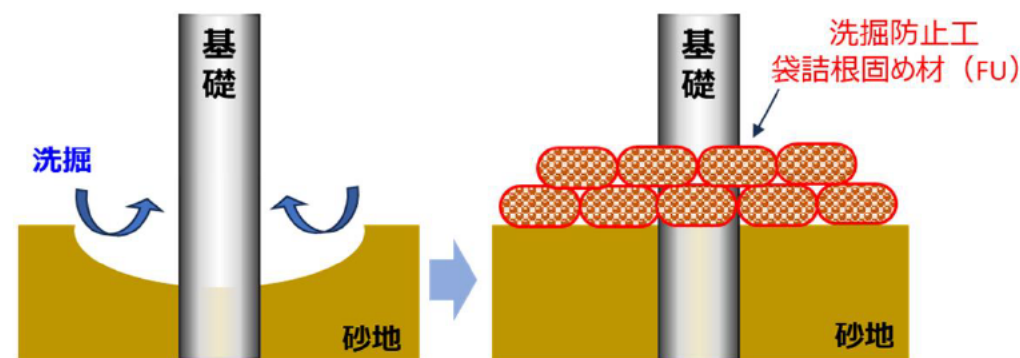
石炭灰と他の地元産業副産物を活用し、
副産物の有効利用率が高く、
環境安全性及び耐久性に優れた洗掘防止用
石炭灰混合人工石材を開発する



モノパイル基礎部の根固め

■技術課題

- ✓ 高強度化（耐久性確保）
- ✓ 環境安全性の確保
- ✓ 重量化（安定性確保）
- ✓ ユニットの適性化
- ✓ 効率的製造方法



モノパイル基礎部の洗掘防止



研究開発スケジュール

事業年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
研究開発項目① 藻場再生・造成 用石炭灰混合ブ ロック開発	1. 適地選定・資材の要求仕様				
	2. 環境配慮型資材の開発				
	3. 最適な工法・配置技術の確立				
	4. 合理的な資材製造方法の確立				
		5. 実海域評価のための目標値検証			
		北海道 秋田			
		6. 実海域での機能評価			
研究開発項目② アサリ漁場改善 用石炭灰混合基 質開発	1. 適地選定・資材の要求仕様				
	2. 環境配慮型資材の開発				
	3. 最適な工法・配置技術の確立				
	4. 合理的な資材製造方法の確立				
		5. 実海域評価のための目標値検証			
		6. 実海域での機能評価			
		7. 経済性及び事業性評価			
研究開発項目③ 洗掘防止用石炭 灰混合人工石材 開発	1. 適地選定・資材の要求仕様				
	2. 環境配慮型資材の開発				
	3. 最適な工法・配置技術の確立				
	4. 合理的な資材製造方法の確立				
		5. 実海域評価のための目標値検証			
		6. 実海域での機能評価			
		7. 経済性及び事業性評価			

FSB:フレイッシュ・シェル・ブロック

FSB-S:スラック 入りフライアッシュ・シェル・7' ロック

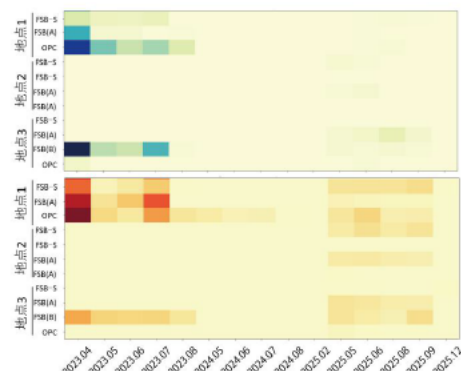
OPC:コンクリート・ブロック

北海道（鹿部）

2022年10月沈設



2トン級ブロック11体の沈設

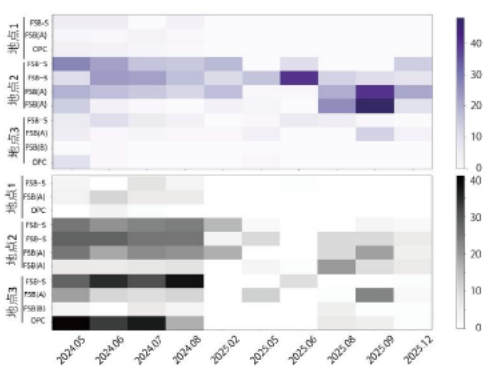


マコンブ（上）と
チガイソ（下）の着生個体数時系
列ヒートマップ（3年間）



沈設後3年目
春季の海藻の着生状況

機能性確認：着生状況の年変動は食害生物であるウエの生息分布との関係性を示唆



キタムラサキウニ（上）と
エゾバフンウニ（下）個体数時系
列ヒートマップ（2年間）

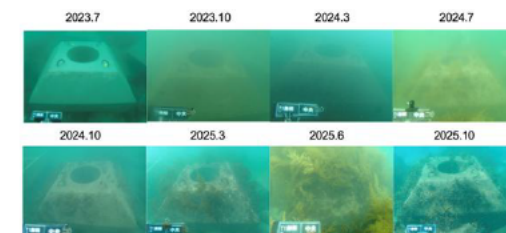
秋田（岩館）

2023年6月沈設



5～6トン級ブロック30体の沈設

タイプ	1-1 ①	1-1 ②	1-2 ①	1-2 ②	2-1 ①	2-1 ②	2-1 (P908P77) ③	2-2 ①	2-2 ②	コンクリート (比較用)				
外観														
機能性材料	併用		-		併用		併用+併付		-		-		-	
完全	① ②		① ②		① ②		① ②		① ②		普通コンクリート			
密度 (x/m³)	約2.1	約2.5	約2.1	約2.5	約2.1	約2.5	約2.1	約2.1	約2.5	約2.5	約2.5	約2.3		
質量 (1/体)	5.0	5.6	5.0	5.6	5.2	5.9	5.3	5.3	6.0	6.0	6.0	9.3		
小野 (個)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
合計 (個)	30													

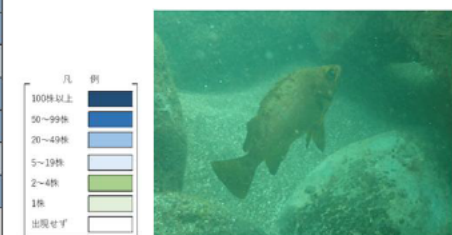


ブロックタイプ（上）と
タイプ1-2-①の海藻の着生状況
例（下）（2年間）

		タイプ	1-1-①	1-1-②	1-2-①	1-2-②	2-1-①	2-1-②	2-10階後 部→③	2-2-①	2-2-②	エグ （比較）
2024年	10月	沖										
		中央										
		岸										
2025年	1月	沖										
		中央										
		岸										
	6月	沖										
		中央										
		岸										
	10月	沖										
		中央										
		岸										

フシスジモクの着生株数
(2024年10月～2025年10月)

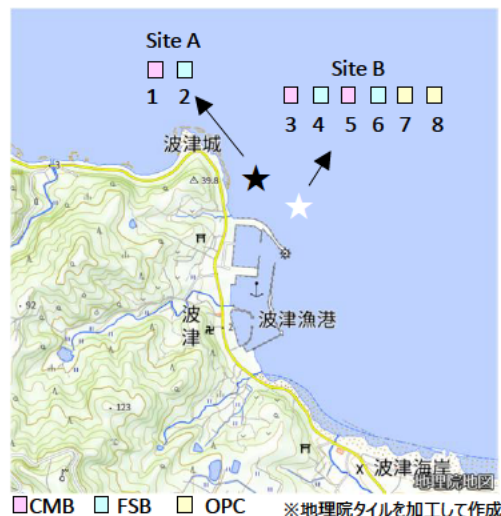
機能性確認：質量の軽い藻礁の方が着生量が多い

フシスジモク群落への
メバルの蛸集

2025年度研究成果：①藻場再生（機能性・市場性）

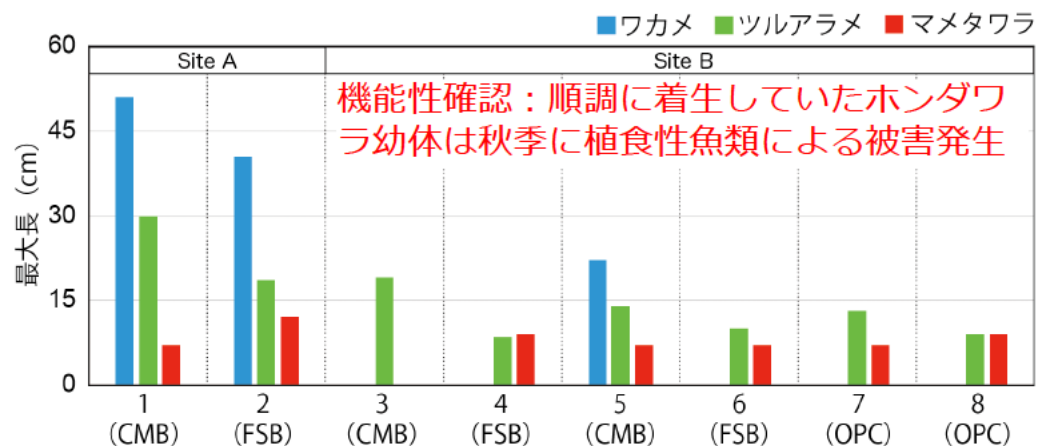
福岡（波津）

2024年6月沈設



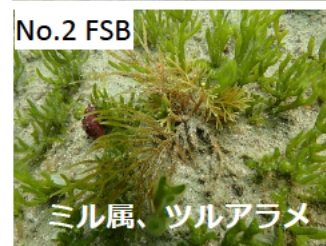
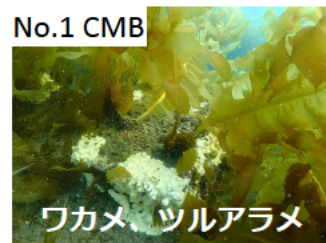
2 t 級藻礁BL沈設場所

沈設後1年目：海藻着生状況



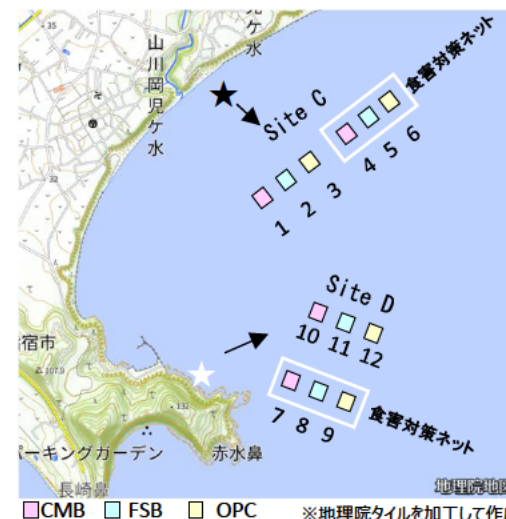
沈設後1年目：着生した海藻成体の最大長

機能性確認：順調に着生していたホンダワラ幼体は秋季に植食性魚類による被害発生



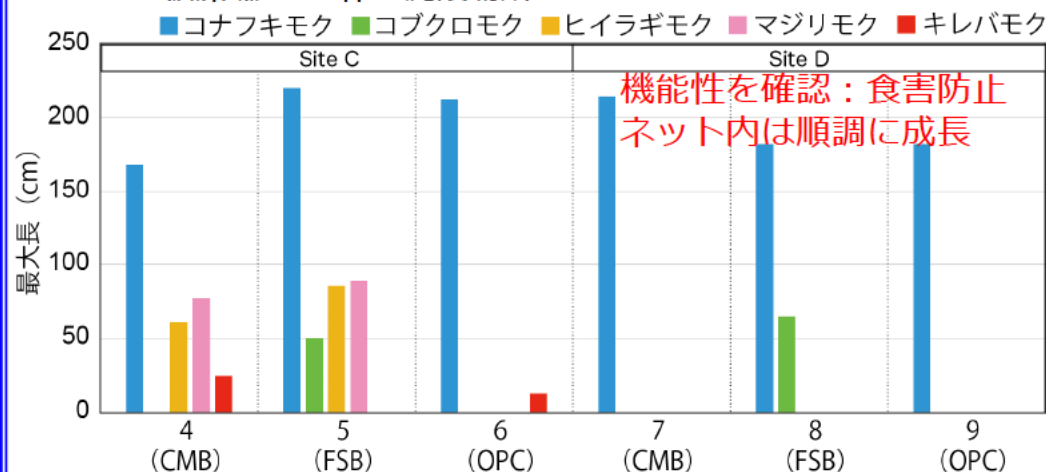
2024年6月沈設

鹿児島（児ケ水）



2 t 級藻礁BL12体の沈設場所

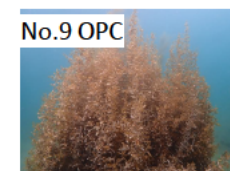
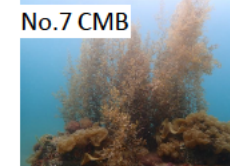
沈設後1年目：海藻着生状況



沈設後1年目：

食害防止ネット内ブロックに着生した海藻成体の最大長

機能性を確認：食害防止ネット内は順調に成長



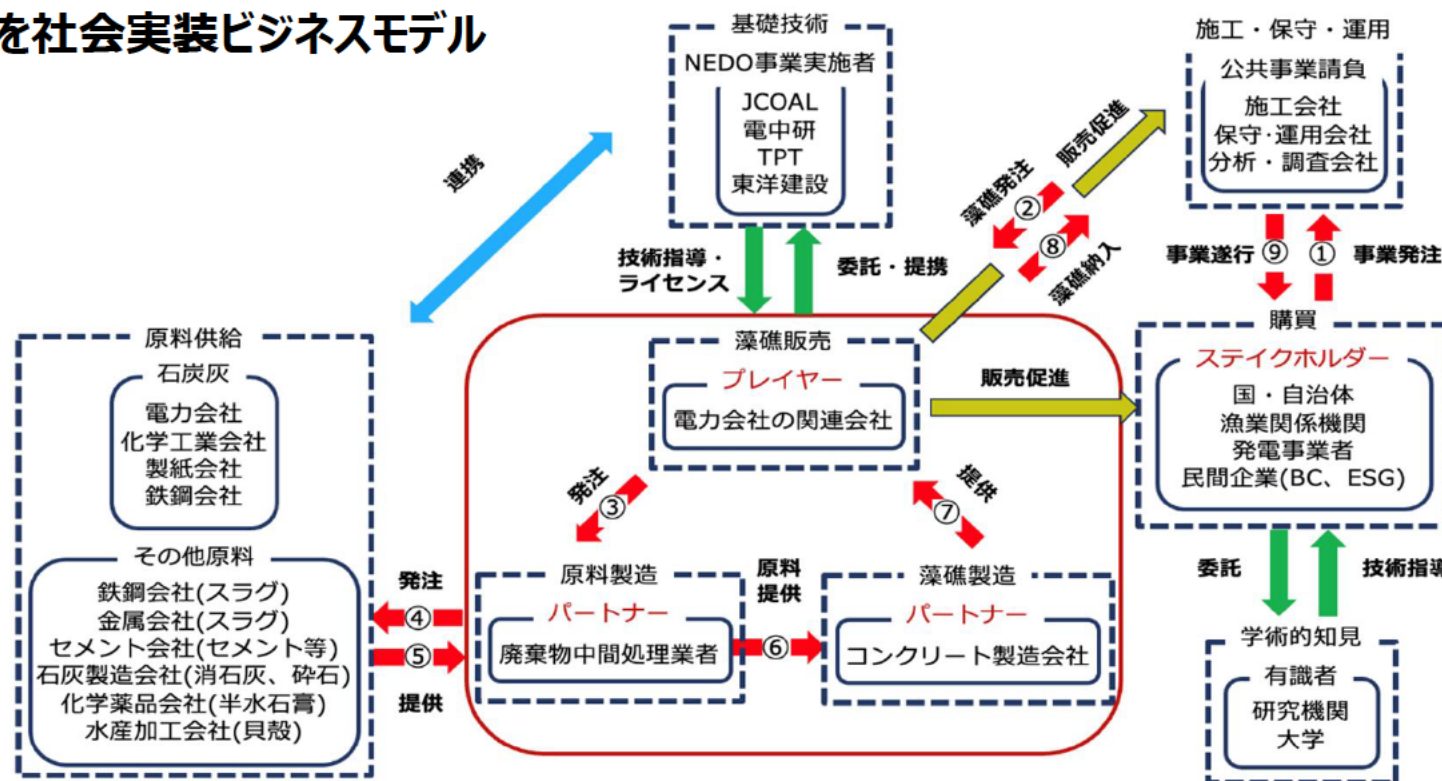


2025年度研究成果：①藻場再生（経済性及び事業性評価）

■ 2トン級藻礁ブロック1体あたりの製品価格試算（工場渡し価格）

項目	北海道仕様（FSB：非JIS灰使用） プラント混合	秋田県仕様（CMB）	
		プラント混合	プラント+アジテート混合併用
原材料コスト	49,000	15,900～51,900	
製造コスト（雑費等含む）	45,000	62,900	72,500
合計（販売手数料10%含む）	103,400	87,700～126,200	97,300～136,800

■ 藻礁ブロックを社会実装ビジネスモデル



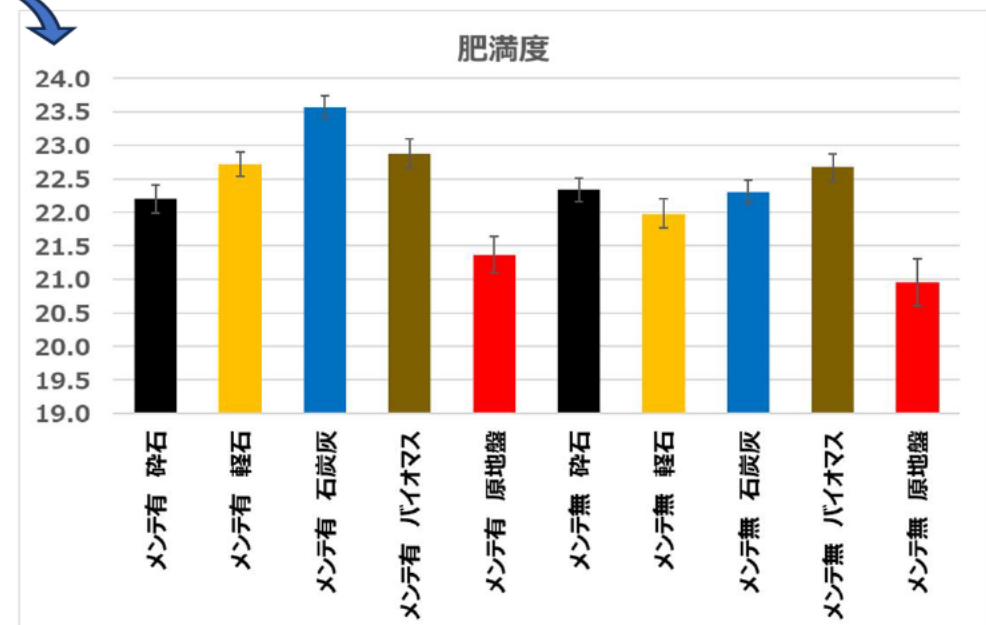
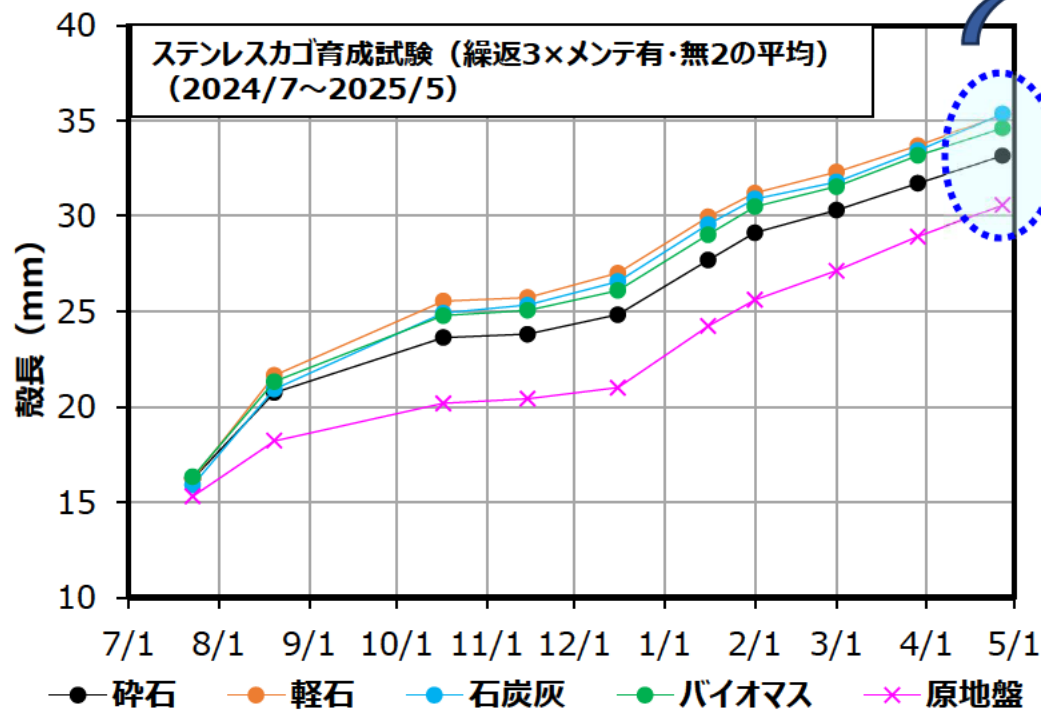
2025年度研究成果：②アサリ漁場改善（実海域干潟育成試験）

■ 2024年度干潟アサリ種苗移植による育成試験結果とアサリの肥満度



最終調査後のアサリ個体による評価

$$\text{肥満度} = \frac{\text{軟体部湿重量(g)}}{(\text{殻長(cm)} \times \text{殻高(cm)} \times \text{殻幅(cm)})} \times 1000$$



2025年度研究成果：②アサリ漁場改善（実海域干潟育成試験）

■ 石炭灰基質によるアサリ増産効果

石炭灰基質のアサリ増産効果＝生残率×殻付き湿重量

- 殻付き湿重量ベース : 原地盤の2.6倍 > 当初の目標 : 2倍
: 砕石の1.5倍
- 軟体部乾燥重量ベース : 原地盤の3.1倍
(身入り) : 砕石の1.6倍

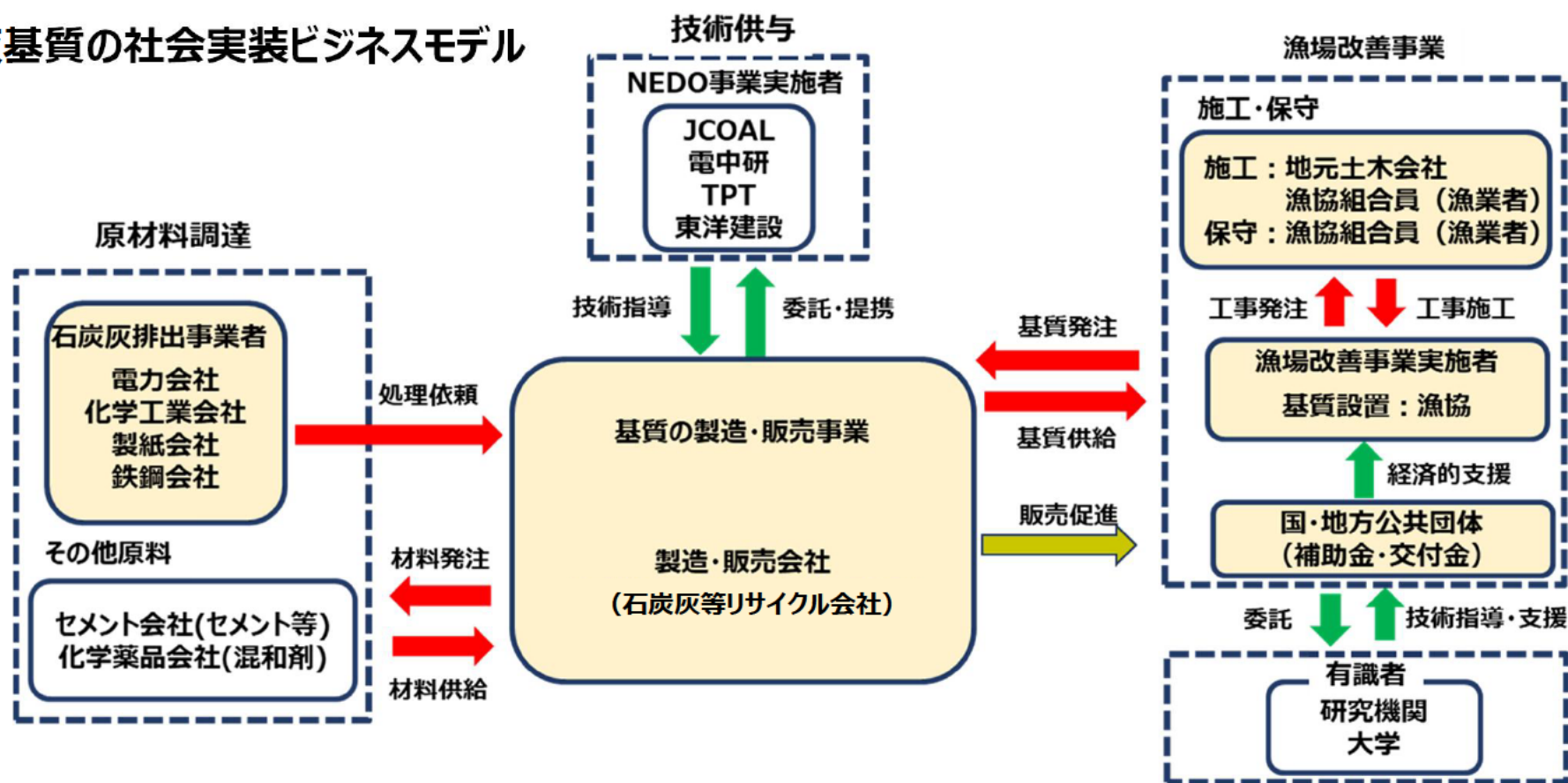
基質の種類		生残率 (A)	殻長	殻付き湿重量 (B)	軟体部乾燥重量 (C)	増産効果	
						A×B	A×C
開発 基質	石炭灰	1.79	1.16	1.46	1.73	2.6	3.1
	バイオマス灰	1.78	1.13	1.42	1.60	2.5	2.8
従来 基質	軽石	1.79	1.15	1.47	1.62	2.6	2.9
	砕石	1.40	1.08	1.24	1.35	1.7	1.9
原地盤（基質無し）		1	1	1	1	1	1

2025年度研究成果：②アサリ漁場改善（経済性及び事業性評価）

■石炭灰基質の製品価格試算（工場渡し価格）

- 基質材料の価格競争力：6号砕石（熊本市内公表価格 5,500円/m³）の6割以下
- 1 ha規模の覆砂工法施工費（材工：近距離輸送費込）：3,700円/m² 6号砕石4,300円/m²

■石炭灰基質の社会実装ビジネスモデル



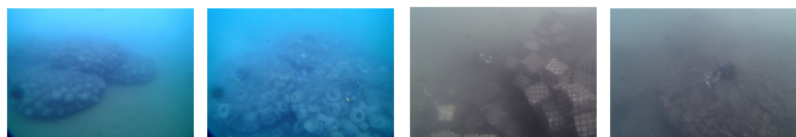
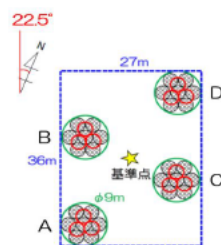
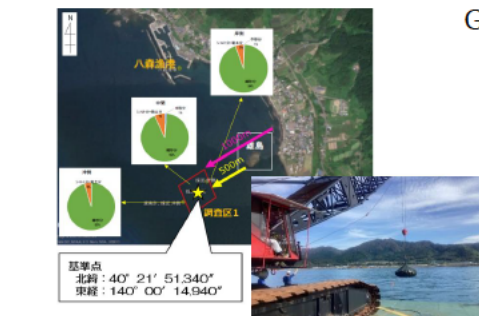
2024年度研究成果：③洗掘防止（機能性評価）

■実海域試験（2024年9～2025年10月）

沈設：2024年度 9-10月



GP : AAMS (セメント不使用)



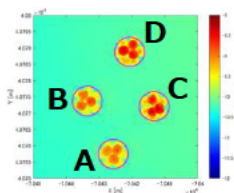
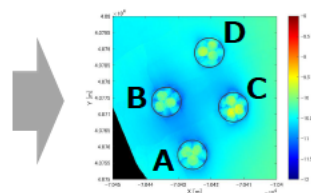
A群

B群

C群

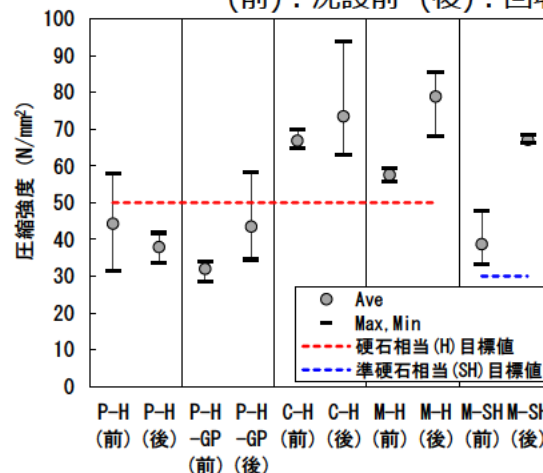
D群

【安定性】 ナローマルチ測量により確認

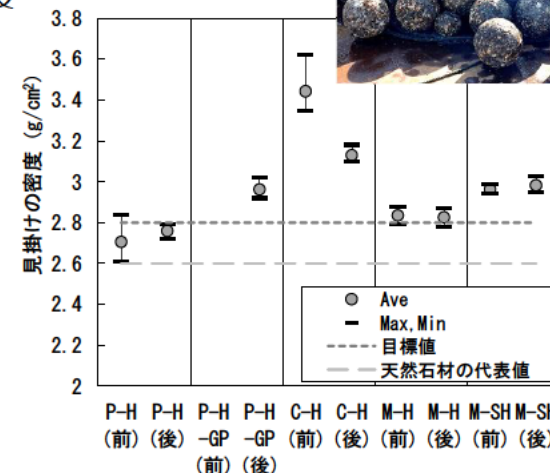
沈設直後
(2024/10/18)回収前
(2025/9/22)

水平移動
なし

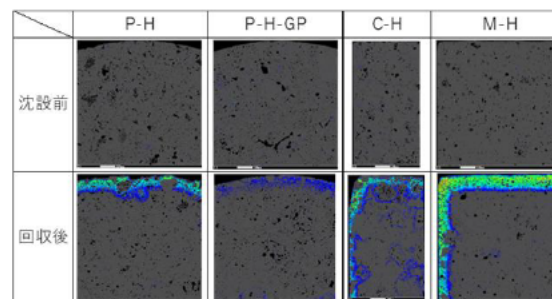
【品質】

P, P-GP : 加压成形 C : 遠心成形 M : 型枠成形
(前) : 沈設前 (後) : 回収後

沈設前・回収後の圧縮強度（コア）



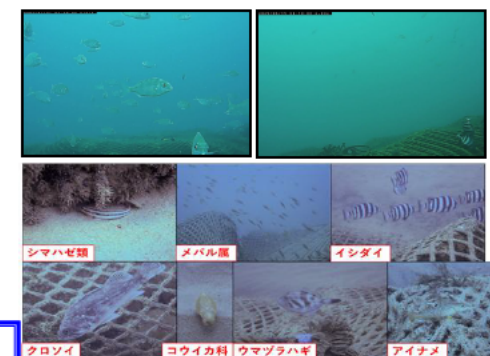
沈設前・回収後の見掛け密度（コア）



EPMA : 海水 (Cl) の浸透状況

- 強度, 密度及び組成に明確な変化なし
- GPは物質透過の抑制効果「高」

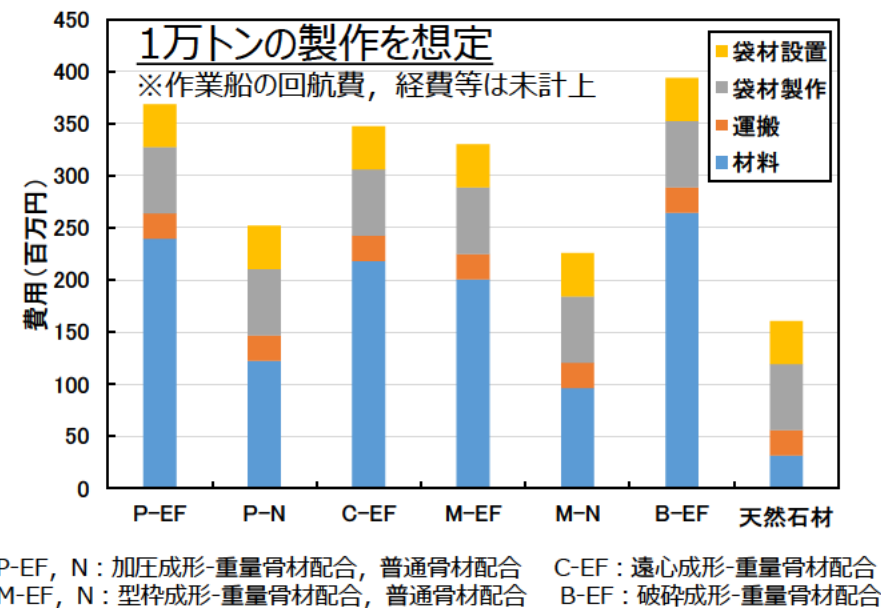
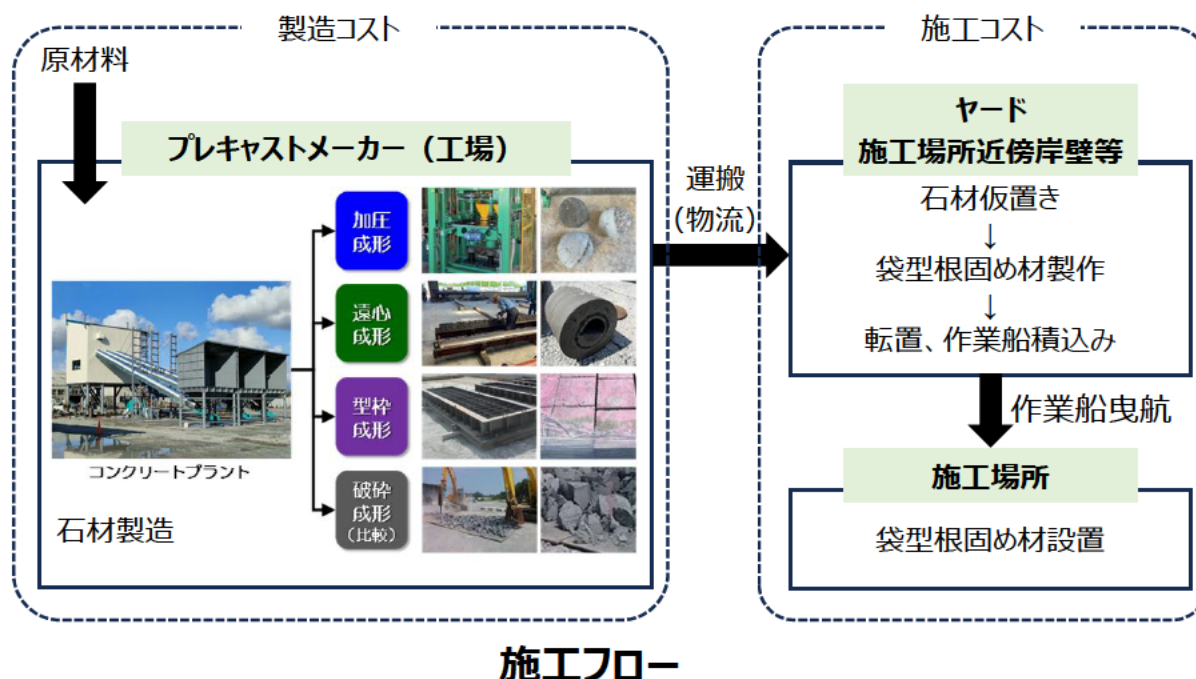
【生物新和性】



一定の魚類蛸集効果
あり

2025年度研究成果：③洗掘防止（経済性及び事業性評価）

■ 洗掘防止材の製造・施工コストの試算



袋型根固め材（袋材）の製作・設置費試算
(直接工事費のみ)

材料コスト：

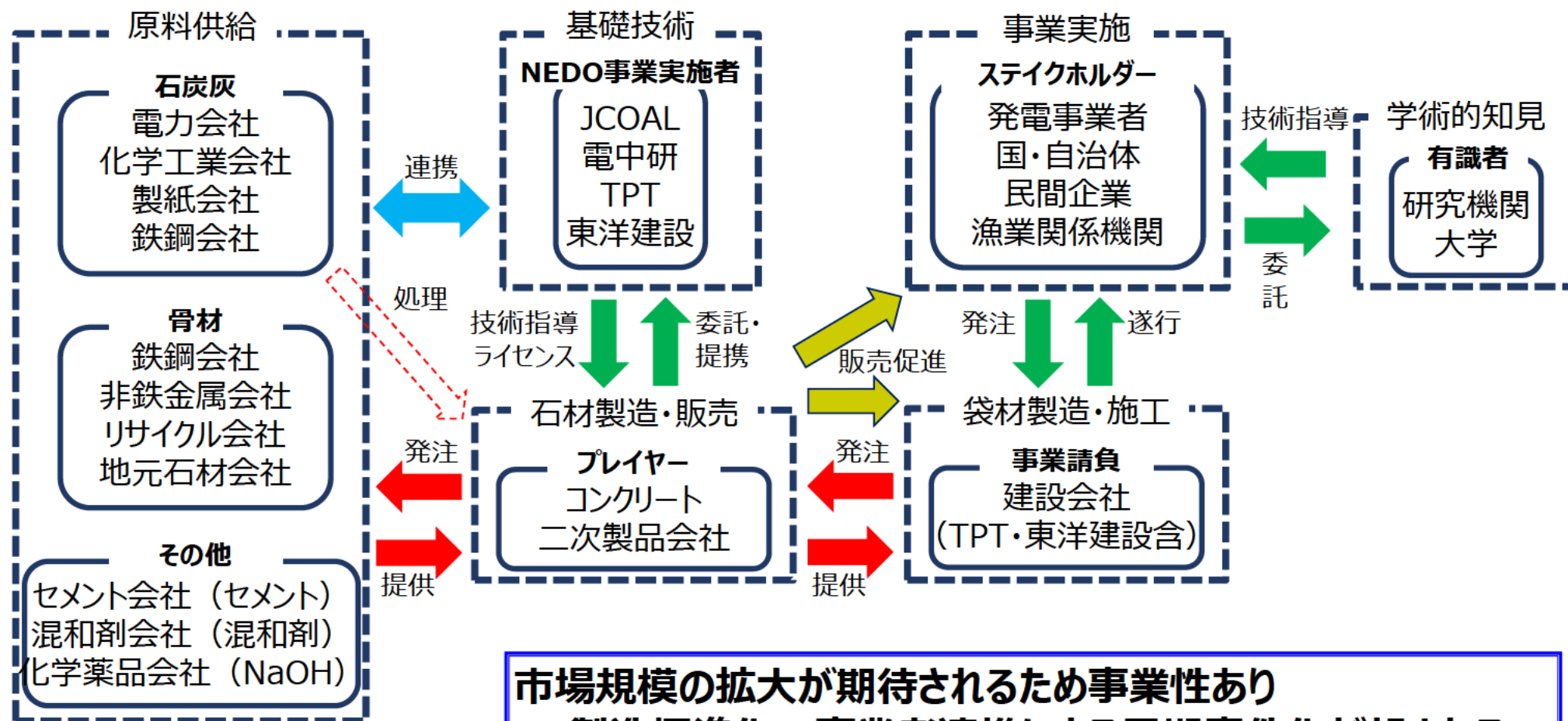
- ・当該工法（加圧，遠心，型枠）≦ 従来工法（破碎）
- ・天然石材，既存人工石材に比べると高価

⇒ 材料供給・製造体制の改善，製造標準化による低コスト化が望まれる



2025年度研究成果：③洗掘防止（経済性及び事業性評価）

■ 洗掘防止材の社会実装ビジネスモデル



市場規模の拡大が期待されるため事業性あり
⇒ 製造標準化，事業者連携による早期案件化が望まれる



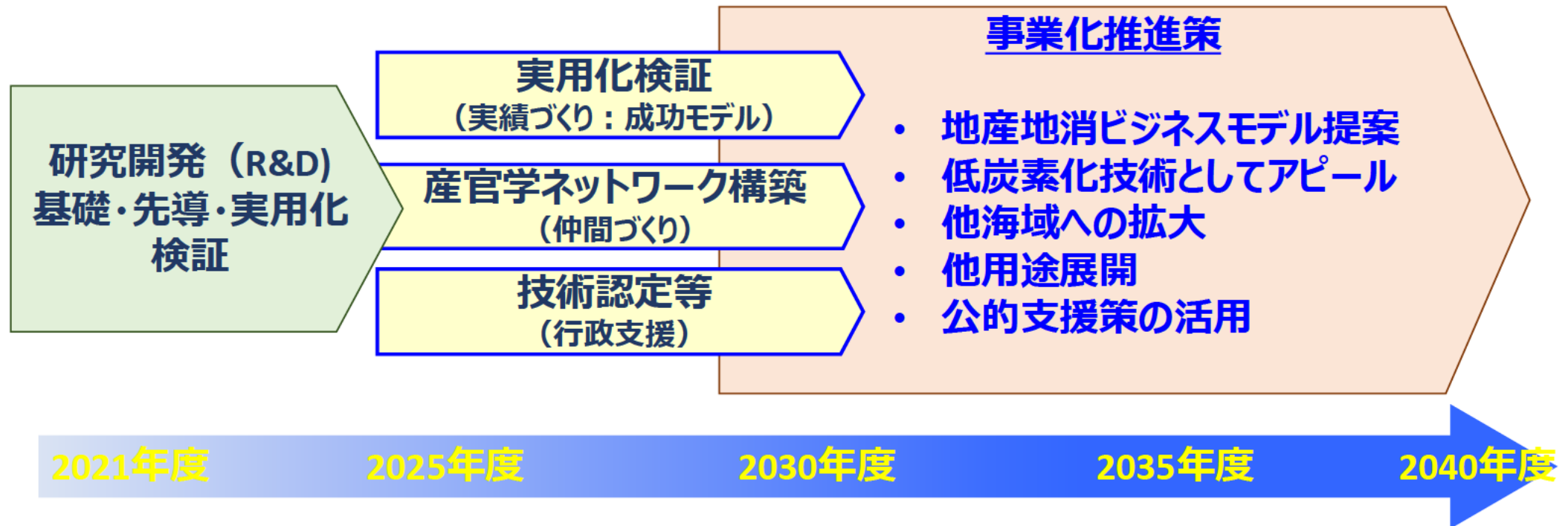
2025年成果と事業化に向けた課題

2025年度の成果		課題	対応
藻場再生	4海域（北海道・秋田・福岡・鹿児島）での実海域機能評価完了 - 効率的製造手法の確立（プレミックス方式、アジテータ車方式） - 経済性評価：コスト分析による販売予想コストを試算 - 事業性評価：サプライチェーン・バリューチェーン分析によるビジネスモデル提案	- 継続モニタリングによる磯焼け対策効果の立証 - 食害生物対策との連携手法の確立 - 他海域での普及・展開	2カ年程度のモニタリング調査を継続実施 - 植食魚侵入防止ネットの運用手法を継続検討 - 関東地区や沖縄地区での新規展開に着手
アサリ漁場	- 熊本での実海域機能評価完了 - 干潟育成アサリの軟体部分析：身入り評価（経済価値） - 経済性評価：コスト分析・コスト試算 - 事業性評価：サプライチェーン・バリューチェーン分析によるビジネスモデル提案	- 実規模スケールアップ試験による機能性確認 - 被覆網併用覆砂工法のコスト低減 - 他海域及び他用途での普及・展開	- リサイクル材活用への漁協の理解醸成、行政支援 - 基質の覆砂厚さ低減検討及び施工方法改善 - 再委託先ネットワーク活用、養殖用基質用途展開
洗掘防止	- 秋田での実海域機能評価完了 - 袋型根固め材の安定性評価 - 袋型根固め材の海域からの回収及び回収後の人工石材の評価 - 経済性評価：コスト分析・コスト試算 - 事業性評価：サプライチェーン・バリューチェーン分析によるビジネスモデル提案	- 事業者（風力発電等）へのPR - コストダウン（材料、製造の標準化） - 他海域及び他用途での普及・展開	- 対象案件の設計段階における事前協議 - 対象地域でのサプライチェーン構築 - 海洋工事の対象物に応じた事業者調整



事業化推進に向けて

- 地産地消ビジネスモデル構築
- 他海域での普及・展開
- 公的支援策の活用





ご清聴ありがとうございました