

環境省

平成29年度環境技術実証事業
閉鎖性海域における水環境改善技術分野

実証試験結果報告書

平成30年3月

実証機関：日本ミクニヤ株式会社

実証技術：「セラクリーン®」による環境改善技術

実証申請者：太平洋セメント株式会社

実証番号：090-1701



閉鎖性海域における水環境改善技術分野

実証番号 090-1701

第三者機関が実証した
性能を公開しています

実証年度
H29

www.env.go.jp/policy/etv

本実証試験結果報告書の著作権は、環境省に属します。

目次

○全体概要.....	1
1. 実証対象技術の概要.....	1
1.1 実証技術の原理.....	1
1.2 実証試験に用いた材料.....	2
2. 実証試験の概要.....	3
2.1 実証試験実施場所の概要.....	3
2.2 実証試験区の配置状況.....	3
2.3 実証試験の実施工程.....	4
2.4 実証試験の調査項目と調査方法.....	4
3. 実証試験以外の試験データ（室内実験データ）の活用.....	5
3.1 実験実施者.....	5
3.2 実験内容.....	5
3.3 実験結果.....	5
4. 実証試験結果.....	8
4.1 実証項目および目標水準.....	8
4.2 実証試験結果と考察.....	8
4.3 普及拡大に向けた課題.....	11
5. 参考情報.....	11
○本編.....	12
1. 導入と背景.....	12
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌.....	13
3. 実証対象技術の概要.....	15
3.1 実証対象技術の概要.....	15
3.2 効果と原理.....	16
4. 実証試験場所の概要.....	25
5. 実証試験の内容.....	27
5.1 実証項目および目標.....	27
5.2 調査項目.....	27
5.3 調査内容.....	29
5.4 スケジュール.....	33
6. 実証試験の結果.....	34
6.1 実証試験期間中の気象概況.....	34
6.2 実証試験.....	35
6.3 自主研究.....	59
6.4 考察.....	62
6.5 実証試験のまとめ.....	64
○付録.....	65
1. 用語集.....	66

2. 計量証明書	69
3. 写真集	198

○全体概要

1. 実証対象技術の概要

1.1 実証技術の原理

富栄養化した閉鎖性海域では、栄養塩類の濃度が高まることで海中における生産・消費・分解のバランスが崩れ、水質や底質の汚濁を招く。海底の底質が嫌気状態になると、嫌気性の細菌による有機物の分解が進み、硫化水素が発生する。

硫化水素は、生物に対する毒性が高いため、底生生物のへい死を引き起こし、底質環境の悪化をもたらす。

本実証技術は、嫌気性の底泥中にセラクリーンを施用することにより、以下の原理で底質が改善されるという環境技術開発者により立てられた仮説について、検証を行った。

- ① 嫌気化した底質環境にセラクリーンを施用することで、可溶性石灰が溶出し、底質がアルカリ化される。
- ② 底質のアルカリ化により、底質中の硫酸還元菌の活性が低下し、硫化水素の発生が抑制される。
- ③ 硫化水素の発生を抑制することで、底生生物の生息しやすい環境が形成され、生物量や生物の多様性が向上される。
- ④ また、溶出したケイ素は、付着珪藻に取り込まれることで付着珪藻を増加させる。付着珪藻を捕食する底生生物や巻き上がった付着珪藻を捕食する二枚貝などの成長促進が期待される。

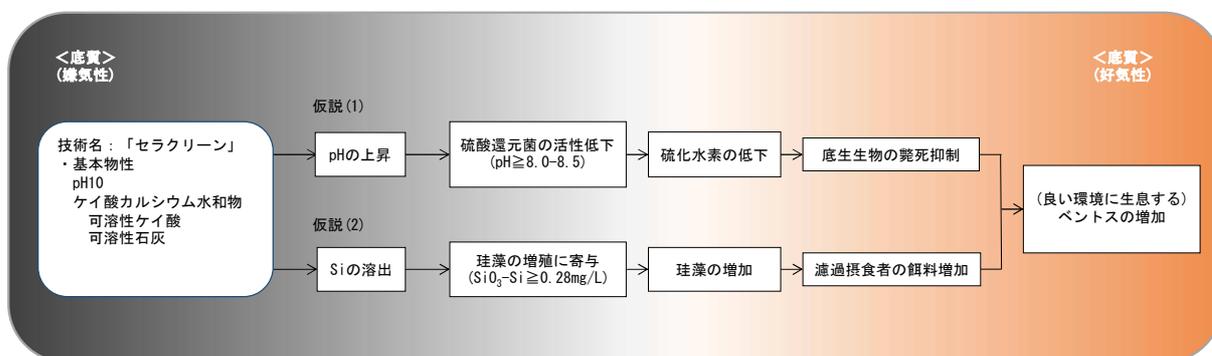


図 1-1 実証対象技術の仮説

1.2 実証試験に用いた材料

実証試験で用いたセラクリーンの概要を図 1-2 に示す。

<セラクリーン 顆粒(S)タイプ>

商品名	セラクリーン® 顆粒(S)タイプ
 <p data-bbox="491 913 609 943">パッケージ</p>	 <p data-bbox="1129 913 1184 943">中身</p>
用途・特徴	<p>効果：底質土壌の改良</p> <p>基本物性：pH 10.3, EC 1.7mS/cm, かさ比重 0.41g/ml, 水分 30.6%, 比表面積 77m²/g, 細孔率 67%</p> <p>成分(%)：SiO₂(50.8), CaO(26.8), Al₂O₃(3.8), SO₃(2.7), Fe₂O₃(1.8), MgO(0.7), TiO₂(0.16), その他(1.5), 強熱減量(11.8)</p> <p>資材形状：白色粒状, 1~4mm</p> <p>基本荷姿：20kgビニール袋</p> <p>使用量：1,000m²(10a) 当たり2~3袋(40~60kg) ※養殖用途として</p> <p>販売元：太平洋セメント株式会社</p>

図 1-2 実証試験に用いたセラクリーン物性値

2. 実証試験の概要

実証試験の実施概要を図 2-1 に示す。試験方法の詳細は、○本編 5. 実証試験の内容を参照。

2.1 実証試験実施場所の概要

実証試験は、青森県むつ市の芦崎湾（海上自衛隊大湊地方隊及び第 25 航空隊 芦崎給油栈橋より北東部の干潟）で実施した。



図 2-1 実証試験場所（青森県むつ市 芦崎湾）

2.2 実証試験区の配置状況

実施場所の同程度の地盤高に 2m×3m の試験区を 6 区域設置した（表 2-1）。セラクリーンは、底質に施用後、潮汐による拡散を防ぐため耕耘機によって耕耘して埋設した（耕耘深度 20cm）。なお、硬度等の土質性状を把握し、同一条件の土質で調査を実施した。

表 2-1 試験区一覧

試験区					
未耕耘区	耕耘区 (対照区)	セラクリーン 300kg/a 区 + 耕耘 (以後、 300kg/a)	セラクリーン 600kg/a 区 + 耕耘 (以後、 600kg/a)	セラクリーン 150kg + 耕耘 ・追加施用 150kg/a 区 (以後、150+150kg/a (追肥区))	セラクリーン 300kg/a 区 (耕耘なし)※ (以後、 300kg/a (耕耘なし))

※ 自主研究として実施

2.3 実証試験の実施工程

実証試験の実施工程を表 2-2 に示す。

表 2-2 実証試験の実施工程

項目	平成 29 年												平成 30 年						
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月									
実証試験																			
事前調査																			
底質調査																			
間隙水質調査																			
底生微細藻類調査																			
底生生物調査																			
データ整理																			
報告書作成																			

2.4 実証試験の調査項目と調査方法

2.4.1 事前調査

試験区と対照区の環境条件が同程度かを確認するために、地盤高（レベルによる横断測量）、土質性状等の底質環境を調査した。また、堆積物による実験結果への影響を除外するために、堆積物が溜まらない場所を試験区と設定し、調査期間中に堆積物の除去等を行った。

2.4.2 実証試験

実証試験の調査項目一覧を表 2-3 に示す。

表 2-3 実証試験の調査項目一覧

項目	調査方法および数量	調査時期
酸化還元電位、pH	機器計測（数量：各 n=5）	6月（施工時） 7月（施工後1ヶ月） 8月（施工後2ヶ月） 9月（施工後3ヶ月）
硫化水素	検知管（数量：各 n=5）	
ケイ酸	室内分析（数量：各 n=5）	
クロロフィル a, b, c	室内分析（数量：各 n=3）	
底生微細藻類	コドラートによる定量採集 （数量：各 n=3）	6月（施工時） 9月（施工後3ヶ月）
マクロベントス	コドラートによる定量採集 （数量：各 n=3）	9月（施工後3ヶ月）

2.4.3 自主研究

自主研究として、アサリの成育試験を表 2-4 のとおり行った。

表 2-4 アサリの成育試験内容

項目	調査方法および数量	調査時期
へい死率	室内分析	6月(施工時)
身入り率	室内分析 {乾燥剥き身重量/(乾燥剥き身重量+乾燥殻重量)} × 100	9月(施工後 3ヶ月)

3. 実証試験以外の試験データ（室内実験データ）の活用

3.1 実験実施者

太平洋セメント株式会社

3.2 実験内容

以下の実験を行った。

- ・ セラクリーンの珪藻培養効果の評価
- ・ アサリに及ぼす影響確認試験
- ・ 干潟での実証試験
- ・ 底質へのセラクリーン施用量の検討

3.3 実験結果

3.3.1 セラクリーンの珪藻培養効果の評価

試験海水のケイ酸濃度をみると、珪藻の増殖に伴いケイ酸が無施用区で消費された。一方で、水ガラス区(素材：ケイ酸ナトリウム)とセラクリーン区では、ケイ酸の濃度が保たれていた。また、水ガラスとセラクリーン区は、15日目まで珪藻が確認された。

以上のことから、セラクリーンは、珪藻の増殖に必要なケイ酸量を安定的に供給し続けることができると考えられる。

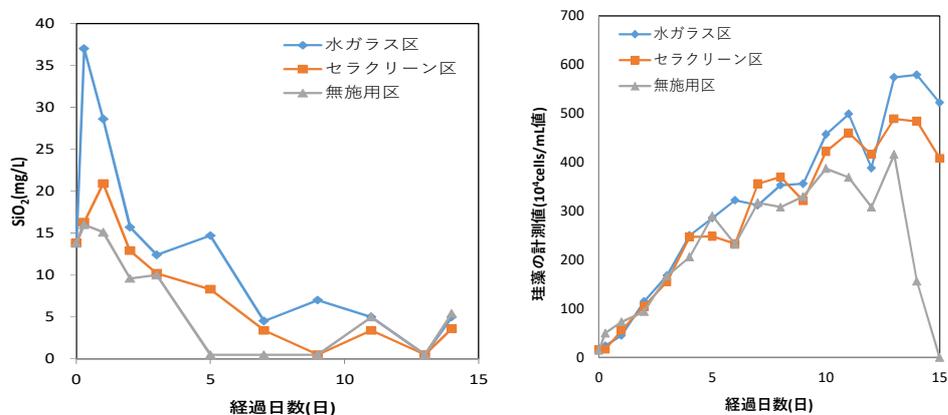


図 3-1 セラクリーン添加に伴うケイ酸濃度と珪藻の変化
(左図：ケイ酸濃度，右図：珪藻の推移)

3.3.2 アサリに及ぼす影響確認試験

生育試験終了時の底質環境は、無施用区の pH が 7.4 であったのに対し、セラクリーン区は海水の pH(8.1)と同程度の 8.0 を保っていた。また、ORP も、無施用区で-220mV であるのに対し、セラクリーン区は 28mV であった。

次に、アサリの軟体部重量は、無施用区 1.4g であるのに対し、セラクリーン区で 1.8g であり、有意に高い値となった。特にセラクリーン区のアサリ軟体は、無施用区と比較して色は黄色がかり、体の各組織、特に生殖腺が発達していた。

以上のことから、アルカリ性の資材は底質の酸性化の改善、多孔質の資材は底砂の通水性の確保に寄与し、ヘドロと硫化水素発生の抑制や底生生物の生育環境の改善が期待される。また、ケイ酸溶出効果によりアサリの餌となる珪藻が増殖し、アサリの成長量向上が期待される。

本水槽試験より、セラクリーンを底質に混合することで、底質改善やアサリの成長促進に効果を及ぼす可能性が確認された。

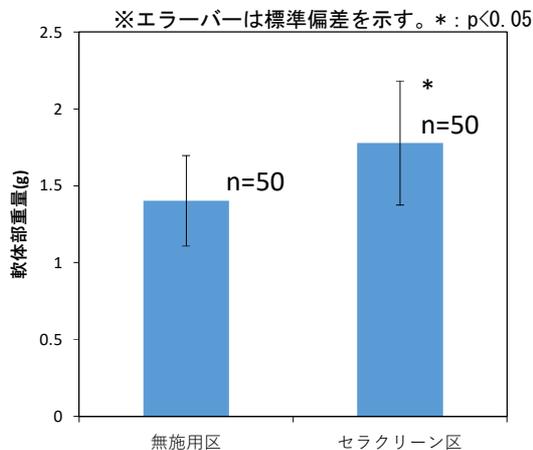


図 3-2 アサリ計測結果

(左図：軟体部重量 右図：セラクリーン区アサリ軟体部の状況)

3.3.3 干潟での実証試験

セラクリーン施用と耕耘を組み合わせることで、酸性化の指標となる pH と、底質の酸化還元率の指標となる ORP が向上し、本技術の底質の酸性化と還元化の抑制効果を確認した。

貫入抵抗値について、セラクリーン施用による水硬性がないことを確認した。また、底質中の微生物叢は、未耕耘区と耕耘のみ区で大きな違いはなかったが、セラクリーン施用+耕耘区で好気性細菌が増加する傾向にあった。

これらのことから、水硬性の無いセラクリーンの施用と耕耘を組み合わせることにより、底質の酸性化と還元化が抑制され、干潟の環境改善に寄与すると考えられる。

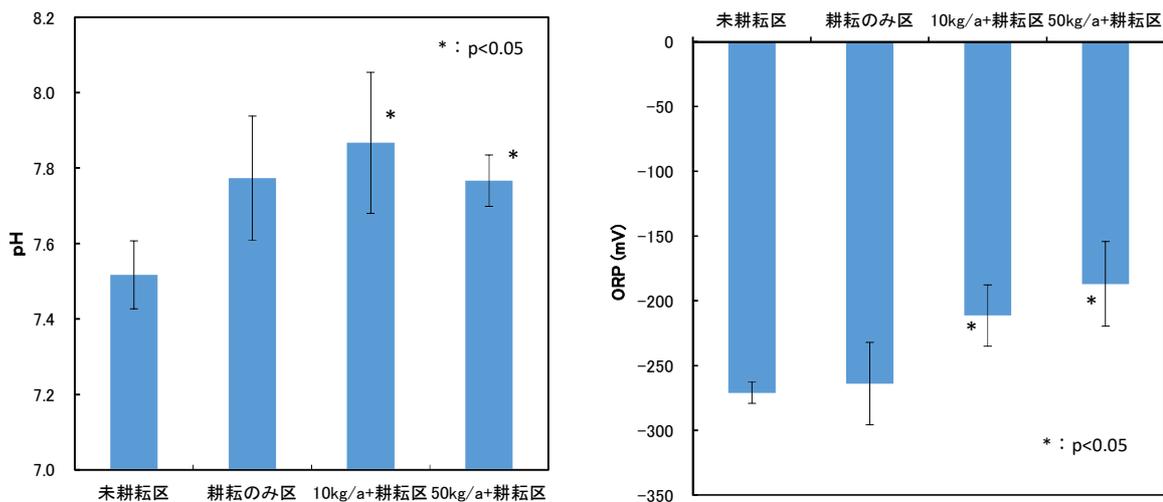


図 3-3 試験開始 4 ヶ月後の底質環境 (左図 : pH, 右図 : ORP)

3.3.4 底質へのセラクリーン施用量の検討

セラクリーンの施用量に応じて、底質の pH は上昇し、その効果は 50 日間維持された。また、300kg/a と 600kg/a+耕耘区では、海水の pH(8.1)と同程度の 8.0 まで上昇した。

以上のことから、セラクリーンを施用することで、底質の pH が上昇し、その効果は 50 日間維持することが分かった。本検討結果から、海水の pH(8.1)と同程度の 8.0 まで上昇させるには、セラクリーンを 300kg/a 以上施用させる必要があると考えられる。

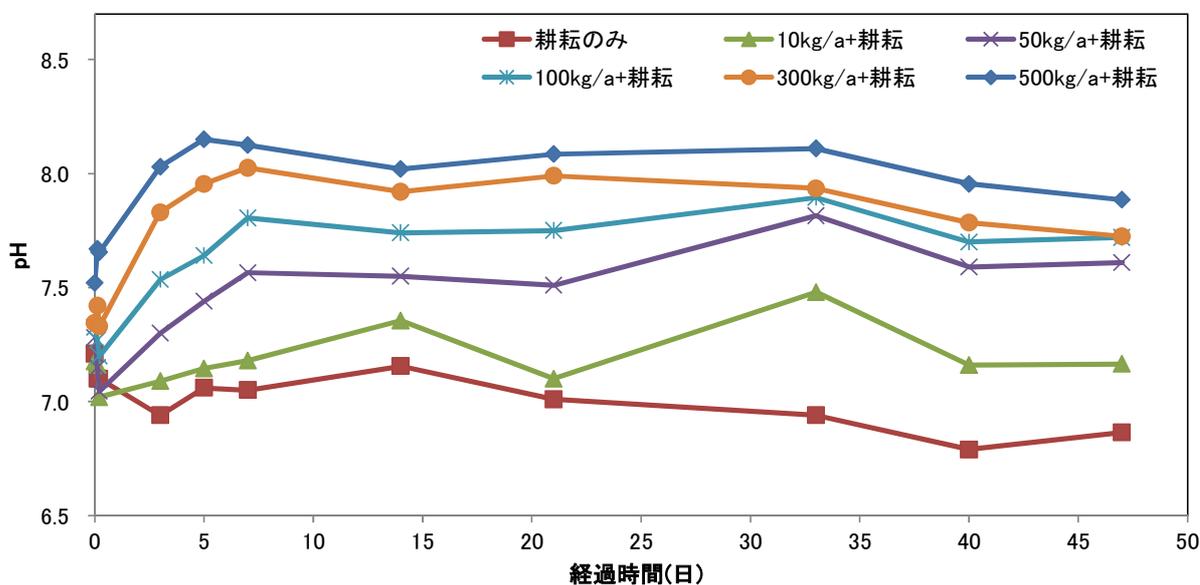


図 3-4 セラクリーン施用量毎の pH の推移

4. 実証試験結果

4.1 実証項目および目標水準

本実証試験では、セラクリーンを施用することにより、以下の効果を確認した。

- ① 底質をアルカリ化 (pH \geq 8.0) させることで硫酸還元菌の活性を低下させ、硫化水素の発生を抑える。
- ② セラクリーンからケイ素が溶出することで、付着藻類を増加させ、底生生物量を増加させる。

本試験の実証項目と目標水準を表 4-1 に示すとおりとし、セラクリーンを施用した試験区と対照区を比較することにより上記の効果を把握した。

表 4-1 実証項目および目標

実証項目	目標水準
pH	試験区で pH8.0 以上となること
(間隙水中の)硫化水素	対照区で H ₂ S が発生した際に、対照区と比較して試験区の硫化水素濃度が有意に低いこと
溶存態ケイ素濃度	対照区に比べて試験区で有意に高いこと
珪藻(クロロフィル a,b,c の比率)	対照区と比較して試験区の珪藻(クロロフィル c)の比率が有意に高いこと

4.2 実証試験結果と考察

本概要版では、実証項目について述べる。他の項目と詳細については、○本編 5. 実証試験の内容を参照。

4.2.1 底質のアルカリ化について (pH)

pH は、深度 5cm と深度 10cm において、いずれの調査時期においても対照区と比較してセラクリーン施用区でアルカリ化していることがわかった (Tukey' s test, p<0.05, n=5)。また、施工 1 ヶ月から 3 ヶ月にかけて、施用区の pH はアルカリ化効果の判断基準となる 8.0 を超える結果となった。

従って、セラクリーン施用による底質の十分なアルカリ化の効果をとらえることができた。また、その効果が 3 ヶ月間持続することから、底質が悪化する前にセラクリーンを施用することで、底質が酸性化し、硫酸還元菌が活性化する夏季にも効果を発揮すると考えられる。なお、下層への効果を発揮させるためには、耕耘技術との併用が必要である。

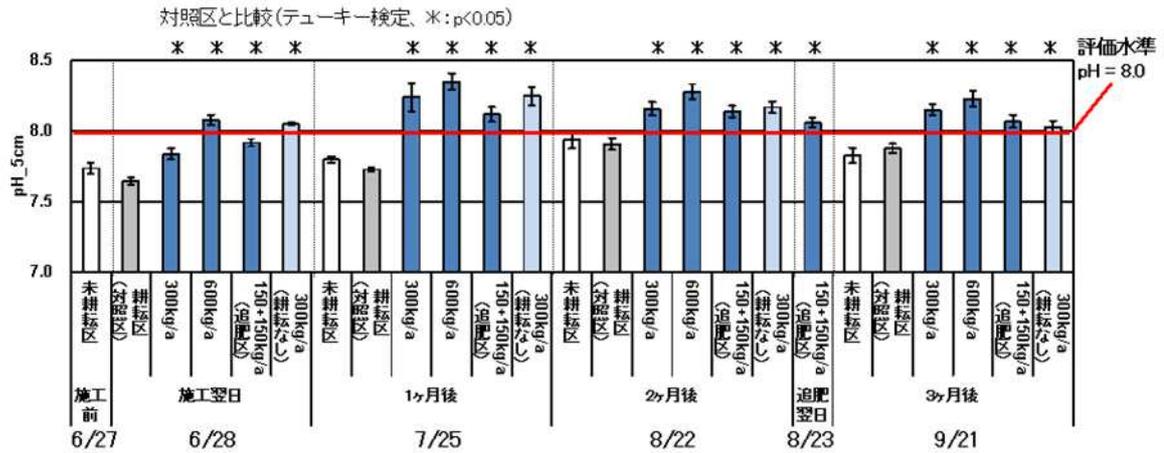


図 4-1 深度 5cm の底質の pH

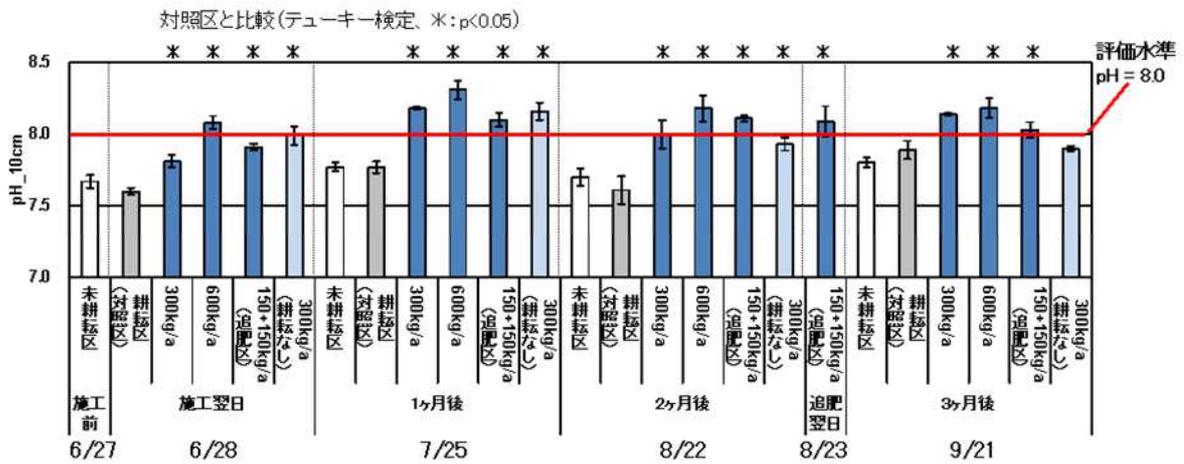


図 4-2 深度 10cm の底質の pH

4.2.2 硫化水素発生抑制について(間隙水中の硫化水素)

試験期間を通じて、硫化水素は施工 2 ヶ月後の未耕耘区で確認されたが、他の試験区では確認されなかった。従って、耕耘区(対照区)で硫化水素が発生しなかったことから、発生抑制効果については評価不能である。

一方で、未耕耘区で硫化水素が発生した際に、同じく耕耘していない 300kg/a(耕耘なし)で確認されなかった。このことから、セラクリーン施用による底質のアルカリ化で硫酸還元菌の活性が低下し、硫化水素の発生が抑制される可能性があると考えられた。

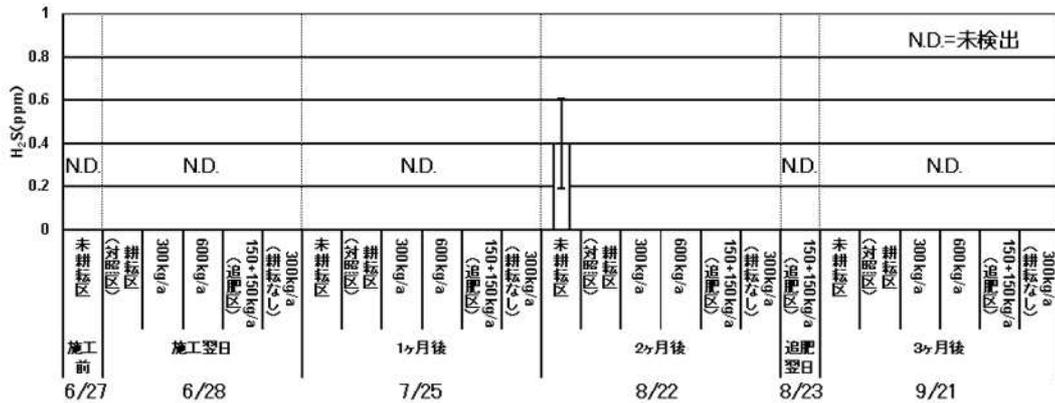


図 4-3 間隙水の硫化水素濃度

4.2.3 ケイ素の溶出効果について(溶存態ケイ素濃度)

対照区と比較してセラクリン施用区の溶存態ケイ素濃度が有意に高く、セラクリンによる溶存態ケイ素の溶出効果が確認された (Tukey's test, $p < 0.05$, $n=5$)。また、この効果は、施工3ヶ月調査時でも確認された。

従って、セラクリン施用による底質の十分な溶存態ケイ素の溶出効果をとらえることができた。

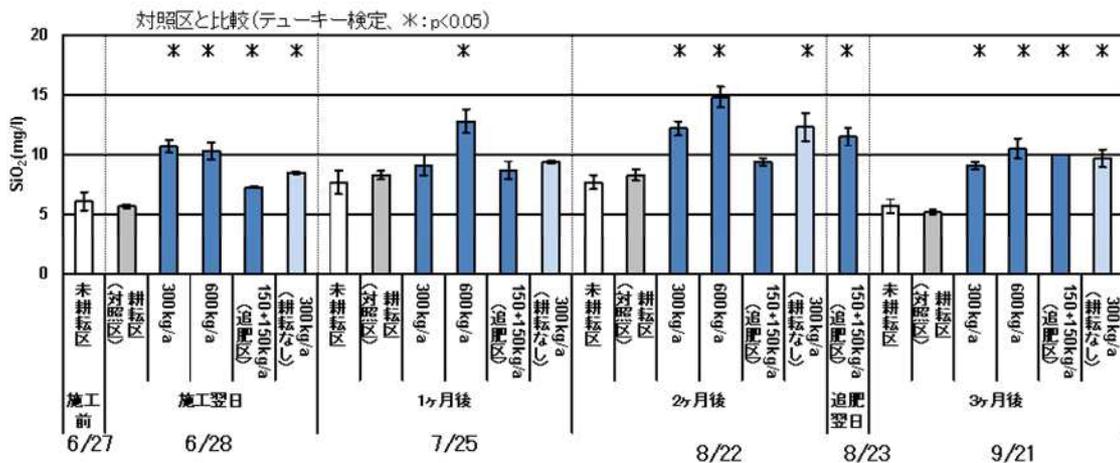


図 4-4 間隙水の溶存態ケイ素

4.2.4 珪藻類の増加効果について(クロロフィル c の比率)

クロロフィル c 比は、対照区と施用区で比較して明瞭な差は認められなかった。また、付着藻類の種組成は、珪藻類の羽状目が 95%以上を占めていた。このことから、試験区域では珪藻が増加しやすい環境下にあることが推察された。

従って、試験区域が珪藻の多い環境であったこともあり、珪藻類の増加効果について対照区と比較して、有意差を確認できなかった。なお、珪藻類に対して、セラクリン施用による悪影響は確認されなかった。

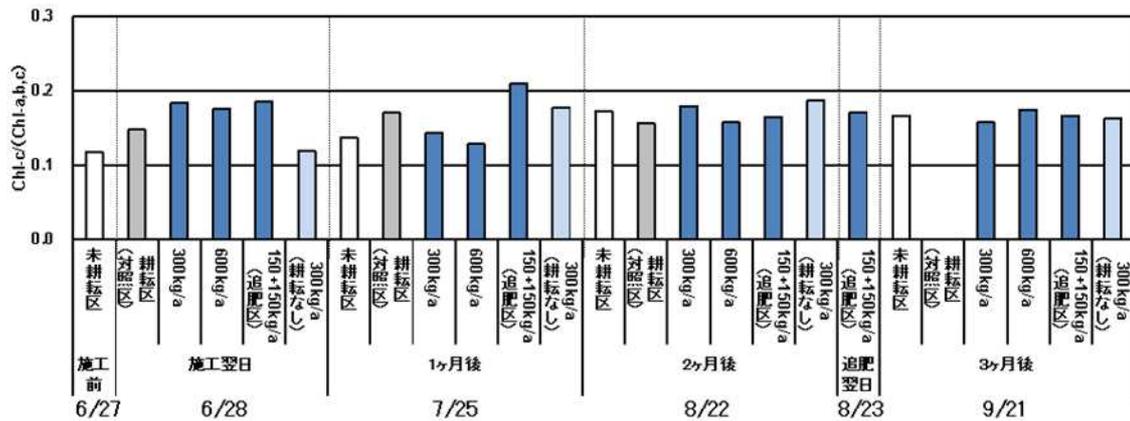


図 4-5 クロロフィル c の比率

4.3 普及拡大に向けた課題

本実証試験では、セラクリーンによるアルカリ化と溶存態ケイ素の溶出について3ヶ月間の効果を確認した。効果の継続期間については、長期的な調査の必要がある。長期的な調査により、効果を継続させたい期間に応じた施用量を把握できると考えられる。

本実証試験で評価不能であった「硫化水素の発生抑制効果」と、対照区と比較し、有意な差を確認することができなかった「珪藻の増加効果」を確認するためには、それぞれ硫化水素の発生する場所や、「シリカ欠損」が生じ珪藻が増加しにくい環境下での試験が必要である。

5. 参考情報

(※注意：以下に示された技術情報は、全て環境技術開発者が自らの責任において申請した内容であり、環境省及び実証機関は、内容に関して一切の責任を負いません。)

項目		実証申請者または開発者 記入欄		
技術名称		セラクリーン® (英文表記: Ceraclean®)		
企業名		太平洋セメント株式会社 (英文表記: Taiheiyo Cement Corporation)		
連絡先	TEL/FAX	TEL: 03-5531-7416 / FAX: 03-5531-7606		
	Webアドレス	http://www.taiheiyo-cement.co.jp		
	E-mail	shouhei.yanagiya@taiheiyo-cement.co.jp		
設置・導入条件		1. 特徴: ヘドロの堆積、酸性化、硬化により劣化した干潟や海洋底質の環境を改善し、豊かな沿岸環境を提供する。 2. 施工方法 ・農用トラクターを利用し、ライムソー等の機械で資材を均一に散布した後、ロータリー等で耕耘し混合する。 ・小規模の施工であれば、資材の手散き、鍬等での手混合により施工する。 ・沈水域での施工は、ネット等に資材を充填し、海底に置床・固定する。		
設置・調整期間		・標準施用量は300~500kg/10a。事前に底質を採取し、ビーカー試験等にてpH等を指標に目標値を達成する施用量を決定するのが好ましい。		
費目		単価(円)	数量(10aあたり)	計(円)
コスト概算	イニシャルコスト(300kg/10a、年1回手作業での追加散布を想定)			
	土木費	施工条件による		
	薬剤費(セラクリーン)	200円/kg	300kg/10a	60,000円
	ランニングコスト(年間)			
	薬剤費(セラクリーン)	200円/kg	300kg/10a	60,000円
	その他消耗品費			
	生成物処理費/販売収入			
電力使用料				
維持管理人員費				
()				
				円/10aあたり
				120,000円

○本編

1. 導入と背景

環境技術実証事業は、既に適用可能な段階にありながら、環境保全効果等についての客観的な評価が行われていないために普及が進んでいない環境技術について、その環境保全効果等を第三者が客観的に実証することにより、環境技術実証の手法・体制の確立を図るとともに、環境技術の普及を促進し、環境保全と環境産業の発展に資することを目的とする。

本実証技術は、嫌気性の底質環境にセラクリンを施用し、底質のアルカリ化とケイ素を溶出させることで、底質環境の改善が考えられる。

嫌気性の底質環境では、底質をアルカリ化 ($\text{pH} \geq 8.0$) させることで硫酸還元菌の活性を低下させ、硫化水素の発生を抑制すると考えられる。硫化水素は毒性が高く、この発生を抑制することで、底泥中に生息する底生生物の生息可能な環境を維持できると期待される。

次に、溶出したケイ素は、付着珪藻に取り込まれることで成長が促進し、付着珪藻の増加に繋がると考えられる。さらに、これらの事により、付着珪藻を捕食する底生生物や巻き上がった付着珪藻を捕食する二枚貝などの成長が期待される。底生生物が生息しやすい環境が形成されることにより、自然本来が有する物質循環機能を形成・維持させることが期待される。

本実証試験では、専門家で構成される技術検討委員会において、環境への悪影響がないことを確認した上で、上記の効果について検討を行った。

2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌

実証試験評価実施体制を図 2-1 に、実証試験実施機関の責任分掌を表 2-1 にそれぞれ示す。

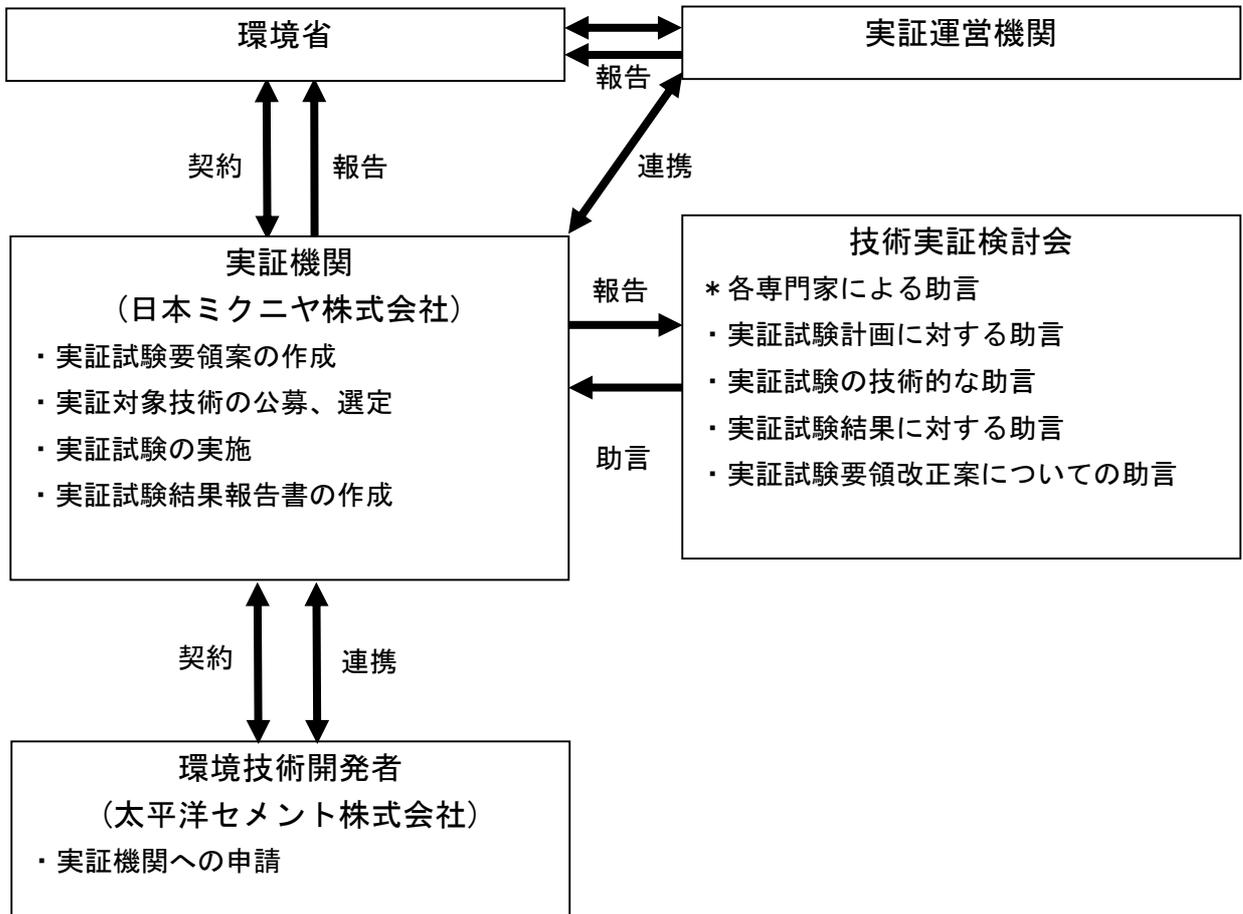


図 2-1 実証試験評価実施体制

表 2-1 実証機関の責任分掌

区分	実証試験参加者	責任分掌
実証機関	日本ミクニヤ株式会社 本社 岩井克巳 東京支店 深谷惇志、吾妻咲季 角間真子	実施試験計画の策定
		手数料の額の確定
		実証試験要領改正案の作成
		技術実証検討会の設置、運営
		実証運営機関との連携、協力
	日本ミクニヤ株式会社 本社・総務部 田中秀宜	手数料の徴収
		会計・経理処理
	日本ミクニヤ株式会社 東京支店 田中優司、田邊勝	実証試験計画の策定補助
		実証試験の実施
		実証試験結果の整理
		実証技術検討会資料の作成 実証試験結果報告書の作成
	日本ミクニヤ株式会社 BCM 推進センター 高須是樹	品質管理システムの運用
		各担当の実施内容の照査
		内部監査の実施

3. 実証対象技術の概要

3.1 実証対象技術の概要

富栄養化した閉鎖性海域では、栄養塩類の濃度が高まることで海中における生産・消費・分解のバランスが崩れ、水質や底質の汚濁を招く。海底の底質が嫌気状態になると、嫌気性のバクテリアによる有機物の分解が進み、硫化水素が発生する。

硫化水素は、生物に対する毒性が高いため、底生生物のへい死を引き起こし、底質環境の悪化をもたらす。

本実証技術は、嫌気性の底泥中にセラクリーンを施用することにより、以下の効果を期待した。

実証技術による期待する効果：

- ① 底質をアルカリ化 (pH \geq 8.0) させることで硫酸還元菌の活性を低下させ、硫化水素の発生を抑える。
- ② セラクリーンからケイ素が溶出することで、付着藻類を増加させ、底生生物量を増加させる。

実証試験で用いたセラクリーンの概要を図 3-1 に示す。

<セラクリーン 顆粒(S)タイプ>

商品名	セラクリーン® 顆粒(S)タイプ
 <p style="text-align: center;">パッケージ</p>	 <p style="text-align: center;">中身</p>
用途・特徴	<p>効果：底質土壌の改良 基本物性：pH 10.3, EC 1.7mS/cm, かさ比重 0.41g/ml, 水分 30.6%, 比表面積 77m²/g, 細孔率 67% 成分(%)：SiO₂(50.8), CaO(26.8), Al₂O₃(3.8), SO₃(2.7), Fe₂O₃(1.8), MgO(0.7), TiO₂(0.16), その他(1.5), 強熱減量(11.8) 資材形状：白色粒状, 1~4mm 基本荷姿：20kgビニール袋 使用量：1,000m²(10a)当たり2~3袋(40~60kg)※養殖用途として 販売元：太平洋セメント株式会社</p>

図 3-1 実証試験に用いたセラクリーン物性値

3.2 効果と原理

3.2.1 実証対象技術の原理

セラクリーンを施用することで底質を改善することを目的とした。以下の原理で底質が改善されるという環境技術開発者により立てられた仮説について、検証を行った。(図 3-2 参照)。

- ① 嫌気性の底質環境にセラクリーンを施用することで、可溶性石灰が溶出し、底質がアルカリ化される。
- ② 底質のアルカリ化により、底質中の硫酸還元菌の活性が低下し、硫化水素の発生が抑制される。
- ③ 硫化水素の発生を抑制することで、底生生物の生息しやすい環境が形成され、生物量や生物の多様性が向上される。
- ④ また、溶出したケイ素は、付着珪藻に取り込まれることで付着珪藻を増加させる。付着珪藻を捕食する底生生物や巻き上がった付着珪藻を捕食する二枚貝などの成長促進が期待される。

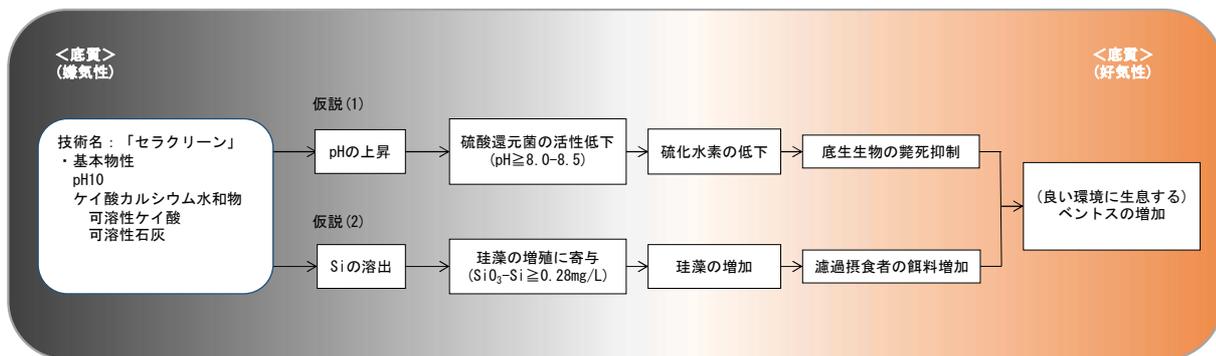


図 3-2 実証対象技術の仮説

3.2.2 既存の試験結果の引用

本実証技術に関する既存の試験の結果を以下に示す。

(1) 実験実施者

太平洋セメント株式会社

(2) 実験内容

1) セラクリーンの珪藻培養効果の評価

セラクリーンの珪藻培養効果の評価を目的とし、25L 水槽で珪藻(*C. gracilis* 株)の培養試験を行った(図 3-3)。

試験条件を表 3-1 に示す。セラクリーン区の対照区として、ケイ酸源を添加しない区(無施用区)と、通常の珪藻培養でケイ酸源として使用される水ガラス(素材:ケイ酸ナトリウム)を用いた区(水ガラス区)を設定した。また、セラクリーンは、徐々にケイ酸を溶出する資材であるため、セラクリーン区は、事前検討によって、水ガラスと同等のケイ酸溶出効果を期待できる施用量を決定した。

本試験は長崎県西海市の濾過海水を使用して、パンライト水槽中の閉鎖環境下で 14 日間培養を行い、海水のケイ酸濃度の推移及び珪藻の計数値を評価した(表 3-2)。



図 3-3 試験風景

表 3-1 試験条件

	資材(ケイ酸源)	施用量(mg/L)	備考
無施用区	なし	0	-
水ガラス区	水ガラス	72	ケイ酸ナトリウム量:40mg/L
セラクリーン区	セラクリーン	600	水ガラスと同等のケイ酸溶出効果を期待できる量

表 3-2 測定項目一覧

	評価項目
水質評価	ケイ酸濃度
珪藻評価	計数値

2) アサリに及ぼす影響確認試験

セラクリーン施用による底質の改善と、そこで育成されたアサリの成長促進効果の評価を目的とし、飼育水槽の底砂にセラクリーンを混合し、アサリの飼育試験を実施した。試験条件を表 3-3 に示す。対照区として海砂のみ区(無施用区)を設定し、セラクリーン区は、海砂にセラクリーンを 0.5wt%混合した区とした。

試験は、0.4m²の水槽に底砂と 20-30mm のアサリを 300 個/m²となるように 125 個投入し、屋外培養水槽で珪藻を増殖させた海水を掛け流して、室内環境下で 1 ヶ月間飼育を行った(図 3-4)。なお、珪藻培養水は、飼育水槽の下部へ注入し底砂を通過して、上部から排出するように設定した。

測定項目として、底質状態(pH、ORP)とアサリの重量を評価した(表 3-4)。

表 3-3 試験条件

	資材	施用量 (wt%)
無施用区	なし	0.0
セラクリーン区	セラクリーン	0.5



図 3-4 アサリに及ぼす影響確認試験の様子(左図：屋外培養水槽, 右図：試験風景)

表 3-4 測定項目一覧

	評価項目
底質評価	pH
	ORP
アサリ評価	個体重量(殻付き)
	軟体部重量(湿)

3) 干潟での実証試験

「セラクリーン施用」と従来の干潟改善手法の 1 つである「耕耘」を組み合わせた技術による、干潟環境の改善を期待し、実証試験を行った。本試験は、ヘドロが蓄積し底質の悪化が問題となっている青森県むつ市 芦崎干潟で、むつ市漁協、むつ市、青森県、海上自衛隊大湊地方総監部の協力の下実施した(図 3-5)。試験条件を表 3-5 に示す。試験区は、10m×20m(2a)として計 4 区画設置した。試験区に対して、既存の土壤改良技術に準拠した耕耘深度(20cm)とセラ

クリーン量を施用し、ロータリーを装着したトラクターによる耕耘を行った。経過 4 ヶ月後に pH、ORP、底質中の微生物叢(表層 5cm 下)、経過 12 ヶ月後に表 3-6 に示す項目を確認した。



図 3-5 試験実施区域

表 3-5 試験水準

比較対象	試験区		
未耕耘区	耕耘のみ区	セラクリーン 10kg/a +耕耘区	セラクリーン 50kg/a +耕耘区

表 3-6 測定項目一覧

	評価項目
底質評価	pH
	ORP
	貫入抵抗値
	微生物叢

4) 底質へのセラクリーン施用量の検討

セラクリーン施用量の検討を目的として、青森県芦崎干潟の底質を採取し、表 3-7 に示す量となるようにセラクリーンを混合した。混合した底質を曝気した人工海水中に静置し、底質の pH を 50 日間に渡り確認した。

表 3-7 試験条件

対照区	セラクリーン施用区				
耕耘のみ	10kg/a+ 耕耘	50kg/a+ 耕耘	100kg/a+ 耕耘	300kg/a+ 耕耘	500kg/a+ 耕耘

(3) 実験結果

1) セラクリーンの珪藻培養効果の評価

試験海水のケイ酸濃度の推移を図 3-6 に示す。無施用区では、珪藻の増殖に伴いケイ酸がほとんど消費された。一方で、無施用区でケイ酸が不足した 5 日目以降でも、水ガラス区とセラクリーン区では、ケイ酸の濃度が保たれていた。なお、水ガラス区では、資材投入直後にケイ酸濃度が急激に増加したのに対し、セラクリーン区は急激な増加は見られなかった。

次に、珪藻の計数値の推移を図 3-6 に示す。無施用区の珪藻は、増殖が 10 日目に止まり 15 日目に 0 となった。この要因は、ケイ酸不足と考えられる。一方で、水ガラスとセラクリーン区は、15 日目まで珪藻が確認された。

以上のことから、セラクリーンは、珪藻の増殖に必要なケイ酸量を安定的に供給し続けることができ、水ガラスと同等の効果を有すると考えられる。

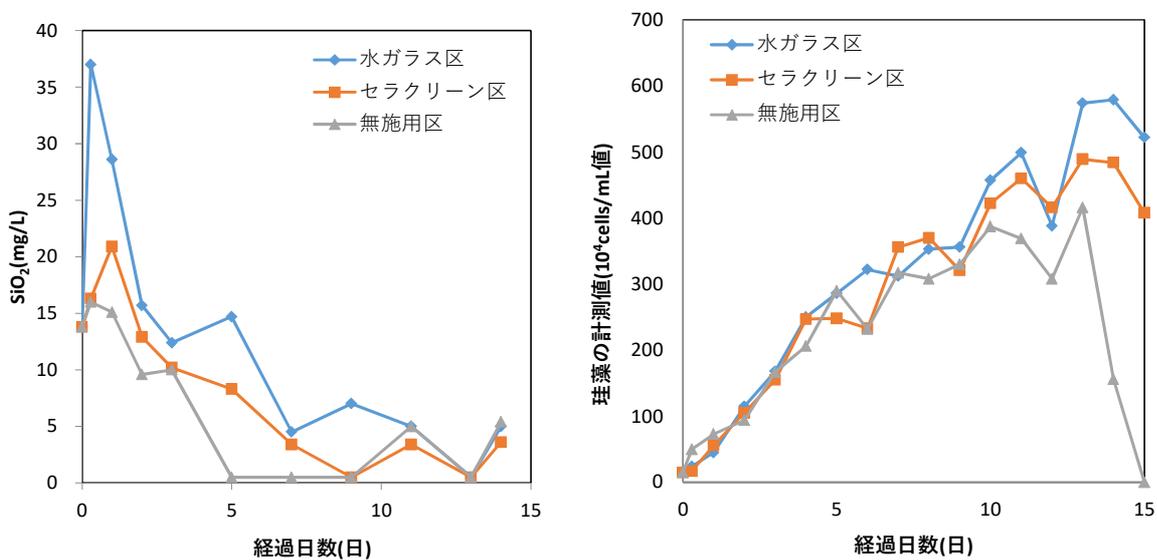


図 3-6 セラクリーン添加に伴うケイ酸濃度と珪藻の変化
(左図：ケイ酸濃度，右図：珪藻の推移)

2) アサリに及ぼす影響確認試験

試験終了時のアサリ飼育水槽の様子を図 3-7 に示す。無施用区の底質は、灰色のヘドロが水槽全面に確認され、底砂を掘り返した際に、硫化水素の強い臭気もあった。一方で、セラクリーン施用区は、無施用区で確認されたヘドロは無く、硫化水素臭もなかった。また、目視ではあるが、底砂表面に付着珪藻も確認された。



図 3-7 1ヶ月経過後の試験状況(左図：無施用区，右図：セラクリーン区)

底質環境については、無施用区の pH が 7.4 であったのに対し、セラクリーン区は海水の pH(8.1)と同程度の 8.0 まで上昇した(表 3-8)。また、ORP についても、無施用区で-220mV であるのに対し、セラクリーン区は 28mV とであった(表 3-8)。

表 3-8 底質環境の結果

	pH	ORP (mV)
無施用区	7.4	-220
セラクリーン区	8.0	28

次に、アサリの計測結果を図 3-8 に示す。アサリの軟体部重量は、無施用区 1.4g であるのに対し、セラクリーン区で 1.8g と有意に増加した(図 3-8)。また、アサリ個体の軟体部と重量の相関を検討すると、セラクリーン区のアサリは無施用区と比較して個体重量あたりの軟体部重量が増加しており、身入りが充実する傾向にあった(図 3-9)。特にセラクリーン区のアサリ軟体は、無施用区と比較して色は黄色がかり、体の各組織、特に生殖腺が発達していた(図 3-10)。

以上のことから、アルカリ性の資材は底質の酸性化の改善、多孔質の資材は底砂の通水性の確保に寄与し、ヘドロと硫化水素発生の抑制や底生生物の生育環境の改善が期待される。また、ケイ酸溶出効果により、アサリの餌となる珪藻が増殖し、アサリの成長量向上が期待される。

本水槽試験より、セラクリーンを底質に混合することで、底質改善やアサリの成長促進に効果を及ぼす可能性が確認された。

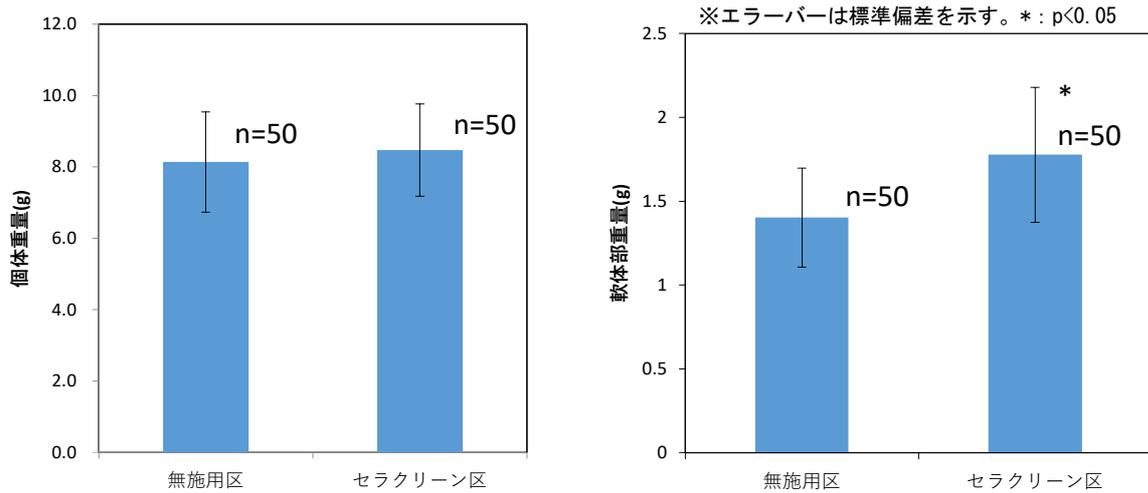


図 3-8 アサリ計測結果(左図：個体重量，右図：軟体部重量)

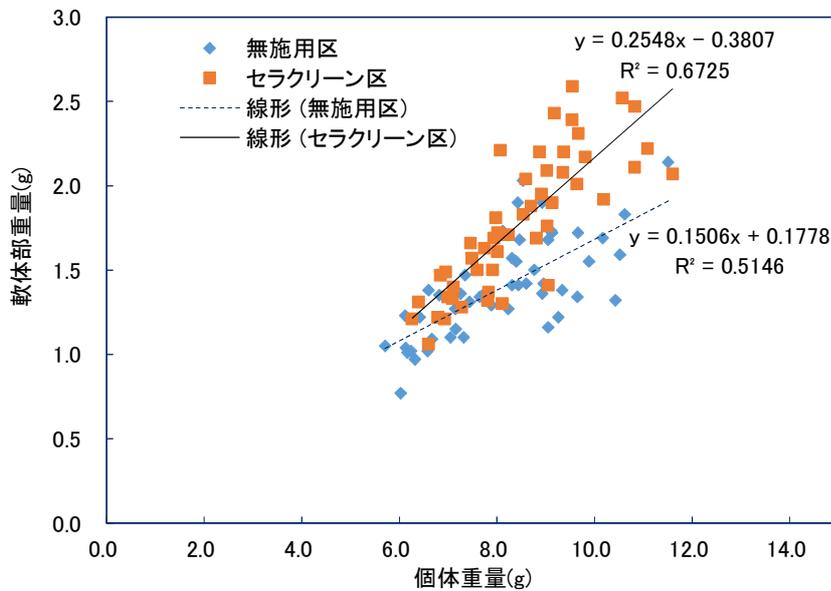


図 3-9 アサリ個体と軟体部の重量の関係



図 3-10 アサリ軟体部の状況(左図：無施用区，右図：セラクリン区)

3) 干潟での実証試験

pH と ORP を図 3-11、貫入抵抗値を図 3-12、底質中の微生物叢を表 3-9 に示す。セラクリーン施用と耕耘を組み合わせることで、酸性化の指標となる pH と、底質の酸化還元力の指標となる ORP が向上し、本技術の底質の酸性化と還元力の抑制効果を確認した。

貫入抵抗値は、未耕耘区に対し、耕耘区とセラクリーン施用+耕耘区で有意に低下し、併せてセラクリーン施用による水硬性がないことを確認した。また、底質中の微生物叢は、未耕耘区と耕耘のみ区で大きな違いはなかったが、セラクリーン施用+耕耘区で好気性細菌が増加する傾向にあった。

水硬性の無いセラクリーンの施用と耕耘を組み合わせることにより、底質の酸性化と還元力の抑制効果が確認され、干潟の環境改善に寄与すると考えられる。

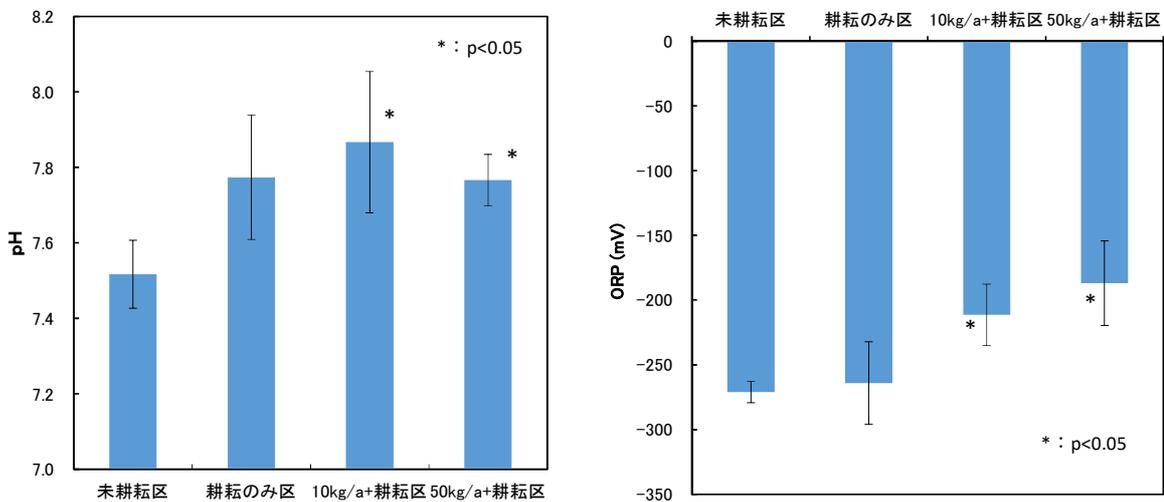


図 3-11 試験開始 4 ヶ月後の底質環境(左図 : pH, 右図 : ORP)

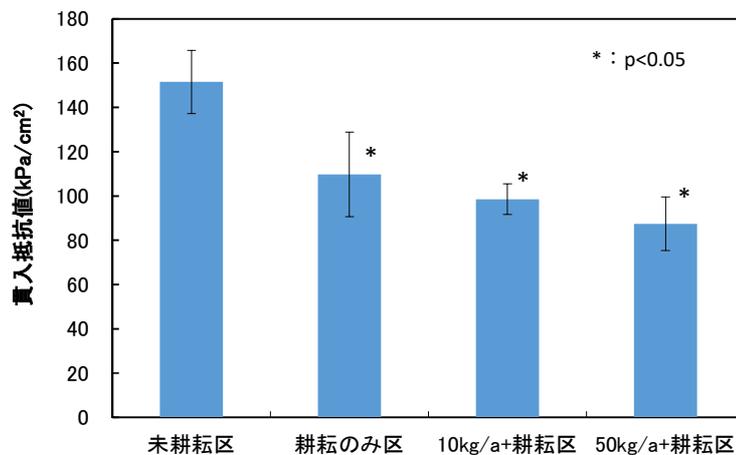


図 3-12 貫入抵抗値(経過 12 ヶ月後)

表 3-9 底質中の微生物叢（好気性細菌と嫌気性細菌の比率(%)）

	未耕耘区	耕耘のみ区	50kg/a+耕耘区
好気性細菌	42.2	41.8	47.7
嫌気性細菌	6.6	6.5	5.8
未分類	51.1	51.7	46.5

4) 底質へのセラクリーン施用量の検討

セラクリーン施用量毎の pH の推移を図 3-13 に示す。セラクリーンの施用量に応じて、底質の pH は上昇し、その効果は 50 日間維持された。また、300kg/a と 600kg/a+耕耘区では、海水の pH(8.1)と同程度の 8.0 まで上昇した。

以上のことから、セラクリーンを施用することで、底質の pH が上昇し、その効果は 50 日間維持することが分かった。本検討結果から、海水の pH(8.1)と同程度の 8.0 まで上昇させるには、セラクリーンを 300kg/a 以上施用させる必要があると考えられる。

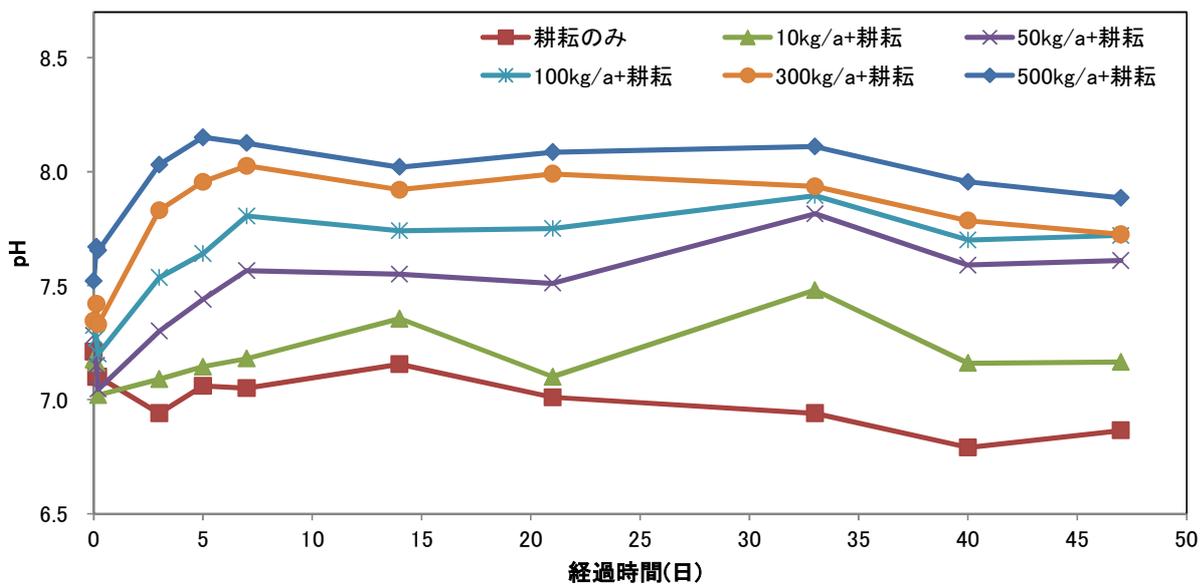


図 3-13 セラクリーン施用量毎の pH の推移

4. 実証試験場所の概要

実証試験は、青森県むつ市の芦崎湾で実施した。

実証試験場所の位置図を図 4-1 に、実証試験海域の概要を表 4-1 に示す。

名称(所在地)	むつ市芦崎（海上自衛隊大湊地方隊及び第 25 航空隊 芦崎給油栈橋より北東部の干潟）
管理者	むつ市漁協、海上自衛隊



図 4-1 実証試験場所（青森県むつ市 芦崎湾）

表 4-1 実証試験実施場所周辺海域の概要

海域の特徴											
主な利用状況	<p>実施場所は、陸奥湾の内湾である大湊湾の内部に砂嘴によって形成された芦崎湾で、下北半島の付け根に位置する。芦崎周辺は天然アサリの宝庫として知られ、年に一度、むつ市芦崎湾潮干狩り実行委員会（むつ市、むつ市漁業協同組合）による潮干狩りが開催される。</p> <p>なお、芦崎湾には自衛隊施設があり、特に実施場所周辺には給油棧橋があることから民間人の陸路からの立ち入りが制限されているが、アサリ類に対する漁業従事者の漁業権行使は許可されている。</p>										
実証試験実施場所の規模	<p>芦崎湾は、面積 2.6km²、干潟面積 0.5km² で陸奥湾・大湊湾の湾奥に位置する閉鎖性海域である。河川は、宇曾利川のほか、用水が 4 本流入している。</p> <p>実証試験は、アサリの生息密度の低い給油棧橋北東側の干潟を予定しており、試験区の規模は、30m²（2m×3m を 5 区画）を想定している。</p>										
水質の状況	<p>試験区周辺の水質は、pH が 8.1～8.2、DO が 7.4～9.0mg/L、COD が 1.6～2.4mg/L、全窒素が<0.05～0.23mg/L、全リンが 0.010～0.014mg/L となっている。なお、夏季にかけて DO が低下する傾向が見られる。</p> <p>出典）青森県（2015）「平成 27 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果」</p>										
底質の状況	<p>干潟面には、滞筋はほとんど見られず、ほぼ同じ傾斜で低潮線まで続いている。実証試験実施場所周辺の底質はシルト混じり砂で、5 月 29 日に行った踏査時のデータでは、深度 10cm の底質は pH が 7.26～7.70、ORP が -114～+166mV、H₂S は未検出であった。</p>										
生物生息環境	<p>給油棧橋南西側の干潟には潮間帯下部から潮下帯にアマモ場があり、種多様性が高く、スガイやウミニナなどの底生生物が多く見られる。また、アサリも多く生息している。一方、給油棧橋北東側の干潟ではこれらの生息密度が低い。</p> <p>出典）むつ市（2012）「芦崎の自然調査概要（24 年次中間報告）」</p>										
課題	<p>○水質、底質、生物生息環境の点から、どのような改善が必要とされているか。 給油棧橋北東側は、南西側に比べて底質が泥分・有機物が多く、生物が少ない。地元漁協はこの底質を改善し、アサリが生息できる環境となることを期待している。</p> <p>○改善計画等、どのような検討が進められているか。 昨年度、干潟の耕耘を実施している。</p>										
実証試験環境	<table border="0"> <tr> <td>○実証対象機器等の搬入は確保できるか</td> <td>可能（海路による）</td> </tr> <tr> <td>○電気は利用可能か</td> <td>不可</td> </tr> <tr> <td>○実証試験の攪乱要因となるような特性はないか</td> <td>無し（自然現象を除く）</td> </tr> <tr> <td>○試料採取は可能か</td> <td>可能</td> </tr> <tr> <td>○実証試験の時期</td> <td>6 月～10 月</td> </tr> </table>	○実証対象機器等の搬入は確保できるか	可能（海路による）	○電気は利用可能か	不可	○実証試験の攪乱要因となるような特性はないか	無し（自然現象を除く）	○試料採取は可能か	可能	○実証試験の時期	6 月～10 月
○実証対象機器等の搬入は確保できるか	可能（海路による）										
○電気は利用可能か	不可										
○実証試験の攪乱要因となるような特性はないか	無し（自然現象を除く）										
○試料採取は可能か	可能										
○実証試験の時期	6 月～10 月										
有識者の見解	<p>実証試験を行う上での留意すべき点</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実証試験実施場所は、アマモの枯死したものが堆積しやすい環境のため、環境を管理（堆積物の除去等）が必要である。 ・セラクリーン施用による効果を評価するため、耕耘量を試験区ごと均一にすることや貫入強度を測定して耕耘状況を定量的に把握することが望ましい。 										

5. 実証試験の内容

5.1 実証項目および目標

本実証試験では、セラクリーンを施用することにより、以下の効果を期待した。

- ① 底質をアルカリ化 (pH \geq 8.0) させることで硫酸還元菌の活性を低下させ、硫化水素の発生を抑える。
- ② セラクリーンからケイ素が溶出することで、付着藻類を増加させ、底生生物量を増加させる。

本試験の実証項目と目標水準を以下に示すとおりとし、セラクリーンを施用した試験区と対照区を比較することにより上記の効果を把握した。

表 5-1 実証項目と目標

実証項目	目標水準
pH	試験区で pH8.0 以上となること
硫化水素	対照区で H ₂ S が発生した際に、対照区と比較して試験区の硫化水素濃度が有意に低いこと
溶存態ケイ素濃度	対照区に比べて試験区で有意に高いこと
珪藻(クロロフィル a,b,c の比率)	対照区と比較して試験区の珪藻(クロロフィル c)の比率が有意に高いこと

5.2 調査項目

調査項目を表 5-2 に示す。

表 5-2 調査項目

調査項目		備考	
実証試験	底質改善	pH	現地測定 n=5
		硫化水素	現地測定(検知管法) n=5
		酸化還元電位(ORP)	現地測定 n=5
	珪藻増殖	(間隙水中)溶存態ケイ素	室内分析 n=5
		(表層 5mm)底生微細藻類(定量採取)	室内分析 n=3
		(表層 5mm)クロロフィル a,b,c	室内分析 n=3
	生態評価	底生生物(定量)	室内分析 n=3
周辺環境	海水の水温、pH	現地測定	
自主研究	アサリの 成育試験	へい死率、身入り率	室内分析 n=40 (n=60を継続試験中)
	付着基盤	底生微細藻類	室内分析 n=3

セラクリーンは、ケイ酸カルシウム水和物が徐々に溶解し弱アルカリ性を示すことから、底質の pH 上昇効果の確認を行った (p16 の図 3-2 の仮説 (1) の検証)。また、pH のアルカリ化により、硫化水素が抑制されているかを確認した。加えて底質の酸化還元状態を確認するため酸化還元電位を計測した。

図 3-2 の仮説 (2) の検証として、底質内に溶存態ケイ素が溶出されるか確認した。また、セラクリーンから溶出する溶存態ケイ素による珪藻の増加を確認するために、底生微細藻類の生物試験 (定量) とクロロフィル *a, b, c* を分析し、珪藻の変化を確認した。

また、セラクリーン施用による生物相の変化を把握するために底生生物調査を実施した。

なお、現地計測や試料採取する際は、貫入強度を測定し、同程度の硬度の点で実施した。また、現地測定や室内分析用の試料の採取位置がそれぞれ重複しないよう留意した。

自主研究として、底生生物のへい死の抑制効果を把握するためにアサリのへい死率調査と餌料増加による身入りの向上を把握するためにアサリの身入り率調査を行った。また、セラクリーンの付着基盤としての性能を検証するためにセラクリーン、レンガ、プラスチックの板を用いて底生微細藻類の付着調査を行った。

次に調査回数を表 5-3 に示す。

表 5-3 調査回数

試験区 (想定時期)	開始時 (6 月下旬)	1 ヶ月後 (7 月下旬)	2 ヶ月後 (8 月下旬)	3 ヶ月後 (9 月下旬)
未耕耘区	1 回	1 回	1 回	1 回
耕耘区 (対照区)	2 回 (作業前、1 日後)	1 回	1 回	1 回
セラクリーン 300kg/a 区 + 耕耘	2 回 (作業前、1 日後)	1 回	1 回	1 回
セラクリーン 600kg/a 区 + 耕耘	2 回 (作業前、1 日後)	1 回	1 回	1 回
セラクリーン 150kg + 耕耘 追加施用 150kg/a 区	2 回 (作業前、1 日後)	1 回	2 回 (作業前、1 日後)	1 回
セラクリーン 300kg/a 区 (耕耘なし)※	2 回 (作業前、1 日後)	1 回	1 回	1 回

※ 自主研究として実施

5.3 調査内容

5.3.1 実施対象技術の配置

試験区の概要を図 5-1 に示す。実施場所の同程度の地盤高に 2m×3m の試験区を 6 区域設置した (表 5-4)。セラクリーンは、底質に施用後、潮汐による拡散を防ぐため耕耘機によって耕耘して埋設した (耕耘深度 20cm)。耕耘に際して、試験区毎の均一性を担保するために耕耘時間を管理した。また、硬度等土質性状を把握し、同一条件の土質で調査を実施した。

セラクリーンの施用量は、既存室内試験より pH が 8.0 となる 300kg/a とそれ以上に施用した際の挙動を確認するため 600kg/a とした。なお、施用の効果把握のため対照区は耕耘区とした。追加施用 (以下、追肥と記載) する試験区 (150kg を 2 回施用、合計 300kg/a) は、セラクリーンの施用回数を検討するため、300kg/a を対照区とした。また、追肥の際は耕耘を行わず、直接施用することとした。300kg/a (施用のみ) は、物理作用のない状態での資材の効果を検討するために、自主研究として実施した。

調査は周囲の影響を避けるために、試験区の境界から 0.5~1.0m 内側の箇所にて実施し、局所的なデータを取得しないようにサンプル数は n=3~5 とした。

なお、本実証に用いた耕耘機は、本田技研工業社製「こまめ F220 (JAST)」を使用した。

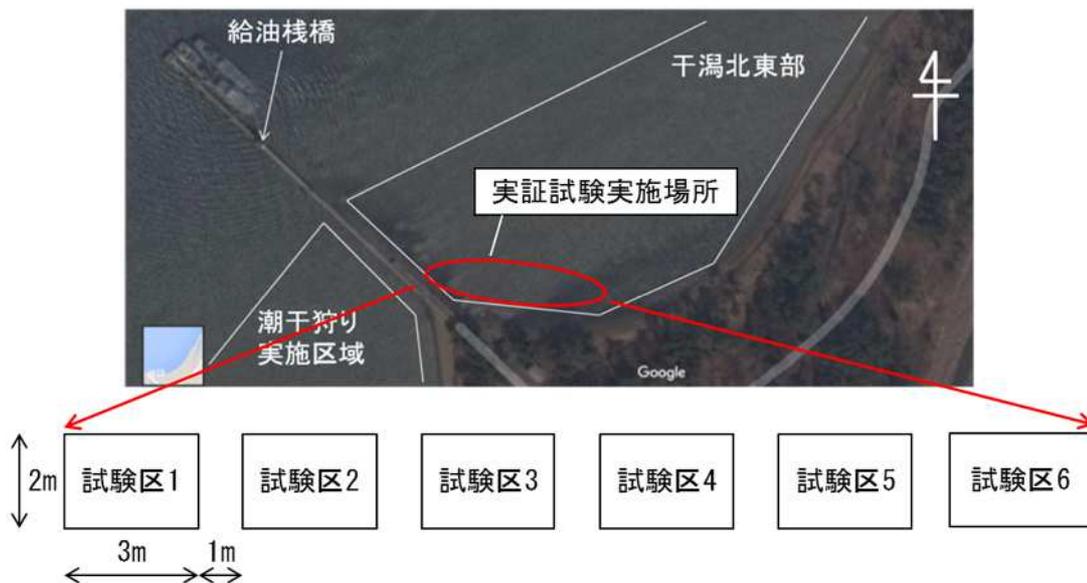


図 5-1 試験概要

表 5-4 試験区一覧

試験区					
未耕耘区	耕耘区 (対照区)	セラクリーン 300kg/a 区 + 耕耘 (以後、 300kg/a)	セラクリーン 600kg/a 区 + 耕耘 (以後、 600kg/a)	セラクリーン 150kg + 耕耘 ・追加施用 150kg/a 区 (以後、150+150kg/a (追肥区))	セラクリーン 300kg/a 区 (耕耘なし)※ (以後、 300kg/a (耕耘なし))

※ 自主研究として実施

5.3.2 実証試験

(1) 事前調査

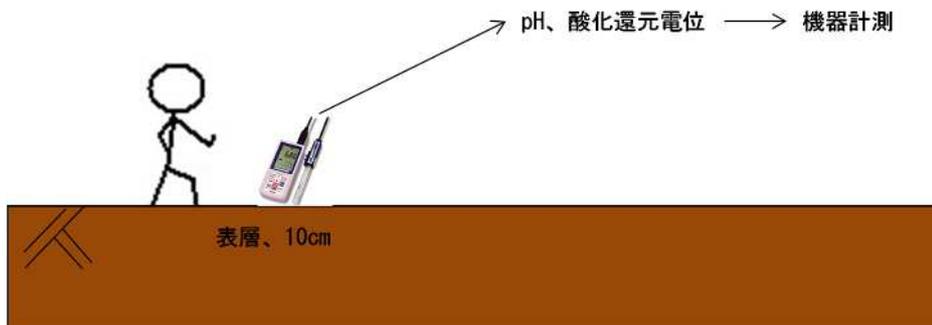
試験区と対照区の環境条件が同程度かを確認するために、地盤高(レベルによる横断測量)、土質性状等の底質環境を調査した。また、堆積物による実験結果への影響を除外するために、堆積物が溜まらない場所を試験区と設定し、調査期間中に堆積物の除去等を行った。

(2) 底質調査

底質の調査内容を表 5-5 に示す。pH は pH 計、酸化還元電位は ORP 計を用いて表層、10cm の鉛直測定を行った (n=5)。

表 5-5 底質調査内容

項目	調査方法および数量	調査時期
酸化還元電位、pH	機器計測 (数量:各 n=5)	6月(施工時), 7月(施工1ヶ月後) 8月(施工2ヶ月後), 9月(施工3ヶ月後)

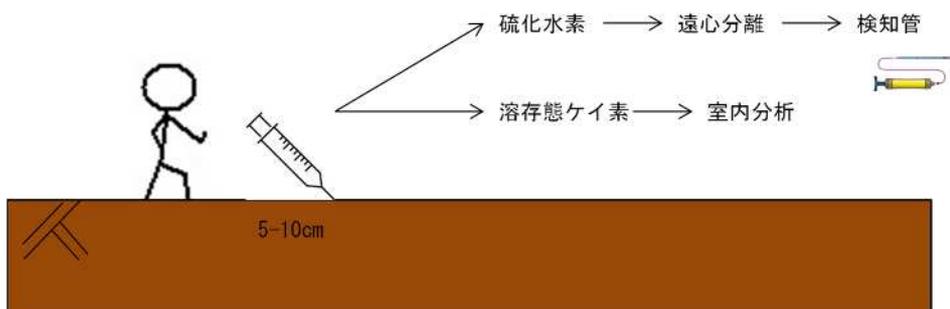


(3) 間隙水質調査

間隙水質の調査内容を表 5-6 に示す。試料採取は、シリンジを用いて、表層から深度 5-10cm 程度の試料を採取した (n=5)。硫化水素は現地で遠心分離を行い、検知管を用いて分析を行った。溶存態ケイ素は、室内にて室内分析を行った。

表 5-6 間隙水質調査内容

項目	調査方法および数量	調査時期
硫化水素	検知管 (数量:各 n=5)	6月(施工時), 7月(施工1ヶ月後)
溶存態ケイ素	室内分析 (数量:各 n=5)	8月(施工2ヶ月後), 9月(施工3ヶ月後)

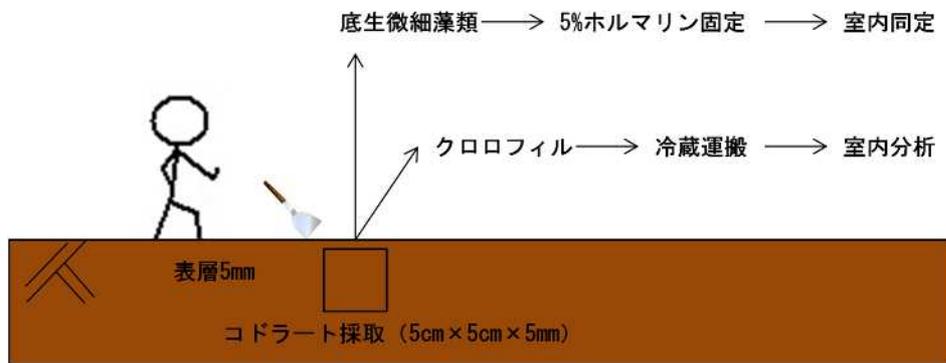


(4) 藻類調査

藻類の調査内容を表 5-7 に示す。底生微細藻類は、コドラート（方形枠 5cm×5cm×5mm）による定量採取を行い、ホルマリン固定（5%以下）した後、室内にて同定を行った。クロロフィル a, b, c は、表層 5mm 程度の試料を対象にコドラート（方形枠 5cm×5cm）による定量採集を行い、冷蔵運搬して室内にて分析を行った（n=3）。

表 5-7 藻類調査内容

項目	調査方法および数量	調査時期
底生微細藻類	コドラートによる定量採集 (数量:各 n=3)	6月(施工時) 9月(施工後3ヶ月)
クロロフィル a, b, c	室内分析 (数量:各 n=3)	6月(施工時), 7月(施工1ヶ月後) 8月(施工2ヶ月後), 9月(施工3ヶ月後)

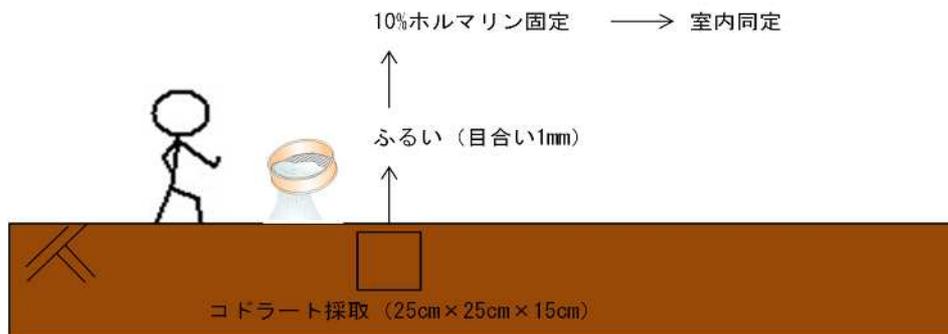


(5) 底生生物調査

底生生物は、コドラート（方形枠 25cm×25cm）による定量採集を行い、1mm 目合のふるいをういてふるい分けを行った。ふるいに残った試料をホルマリン固定（10%）し、室内にて同定を行った。

表 5-8 底生生物調査内容

項目	調査方法および数量	調査時期
底生生物	コドラートによる定量採集 (数量:各 n=3)	6月(施工前) 9月(施工3ヶ月後)



(6) 水質調査

実証海域の状況を把握するため、海域の水温、pHを現地計測した。

表 5-9 水質調査内容

項目	調査方法及び数量	調査時期
水温、pH	ポータブル式の機器計測 (数量：N=1)	6月(施工時), 7月(施工1ヶ月後) 8月(施工2ヶ月後), 9月(施工3ヶ月後)

5.3.3 自主研究

(1) アサリの成育試験

底生生物のへい死の抑制効果を把握するため、アサリを入れたカゴを各試験区に埋設した。現地にてへい死率を計測した。身入り率計測用のアサリは、採取後、冷蔵運搬して室内にて分析を行った。

表 5-10 アサリの成育試験内容

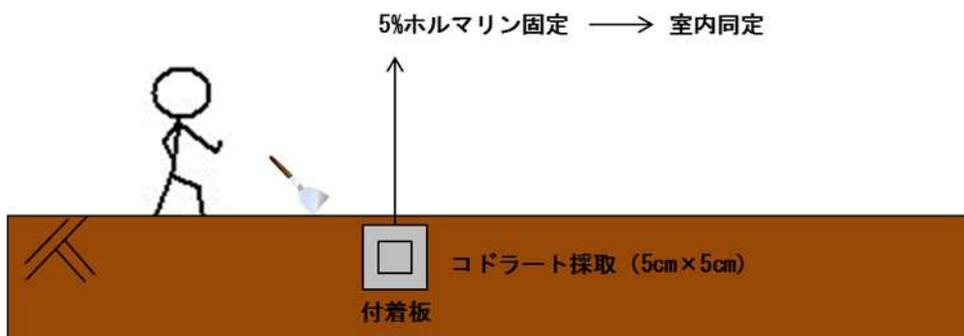
項目	調査方法および数量	調査時期
へい死率	室内分析	6月(施工時) 9月(施工3ヶ月後)
身入り率	室内分析 {乾燥剥き身重量/(乾燥剥き身重量+乾燥殻重量)} × 100	

(2) 付着基盤調査

付着基盤としての性能を検証するためにセラクリン、レンガ、プラスチックの板を用いて底生微細藻類の付着調査を行った。底生微細藻類は、コドラート(方形枠5cm×5cm)による定量採取を行い、ホルマリン固定(5%以下)した後、室内にて同定を行った。

表 5-11 付着基盤調査内容

項目	調査方法および数量	調査時期
底生微細藻類	コドラートによる定量採取 (数量:各 n=3)	9月(施工3ヶ月後)



5.4 スケジュール

実証試験の実施工程を表 5-12 に示す。

表 5-12 実証試験の実施工程

項目	平成 29 年												平成 30 年								
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月											
実証試験																					
事前調査		■																			
底質調査		■		■		■		■													
間隙水質調査		■		■		■		■													
底生微細藻類調査		■						■													
底生生物調査		■						■													
データ整理			■	■		■	■	■	■	■	■										
報告書作成																					

6. 実証試験の結果

6.1 実証試験期間中の気象概況

実証試験期間中の気象概況（気象庁 むつ観測所）を図 6-1 に示す。

施工1ヶ月ほどはまとまった降雨がなく、最高気温が30℃前後の日が1週間程度続いたものの、アサリが大量へい死するほどの高温とはならず、7月下旬から8月中旬にかけてやませの影響により気温の低い状況が続いた。施工1ヶ月半後の8月中旬から降雨が多く、8月24日には最大56mmの降水量が観測された。

なお、降雨の少なかった7月調査時には干潟全体にスジアオノリ (*Ulva prolifera*) の大量繁殖が確認された(写真 6-1 左図)。8月調査時には消失していた。また、9月調査時には干潟全体に枯死したアマモが堆積していた(写真 6-1 右図)。

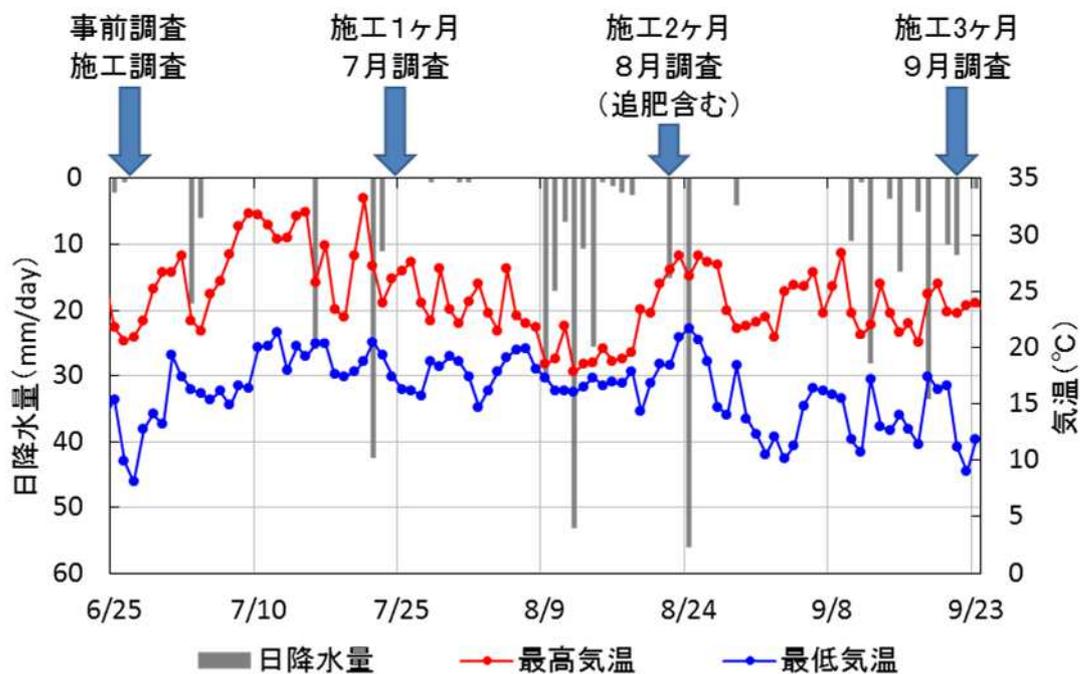


図 6-1 実証試験期間中の気象概況



写真 6-1 生物繁殖の様子 (7月25日)

(左図：スジアオノリの繁殖、右図：枯死したアマモの堆積)

6.2 実証試験

6.2.1 水質調査

実証海域の水質状況を表 6-1 に示す。

水温は、20.0～24.9℃を推移し、7月から8月の夏季に高い傾向であった。

pHは、7.95～8.13を推移し、期間を通じて弱アルカリ性であった。

表 6-1 実証海域の水質測定結果

	6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
水温(°C)	21.8	22.9	24.9	23.7	24.4	20.0
pH	8.13	8.10	8.06	7.95	8.00	8.00

6.2.2 底質調査

(1) pH

深度5cmの底質のpHを表6-2と図6-2に示す。

いずれの調査時期においても対照区と比較してセラクリーン施用区のpHがアルカリ化していることがわかった(Tukey's test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。また、施工1ヶ月から3ヶ月にかけて、施用区のpHはアルカリ化効果の判断基準となる8.0を超える結果となった。なお、深度5cmのpHの詳細については、以下のとおりである。

施工前(6月27日)の各試験区におけるpH(平均値)は、7.74～7.85であった。

施工翌日(6月28日)は、未耕耘区で7.72、耕耘区(対照区)で7.65、セラクリーン施用区で7.84～8.08を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった(Tukey's test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工1ヶ月後(7月25日)は、未耕耘区で7.80、耕耘区(対照区)で7.73、セラクリーン施用区で8.12～8.35を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった(Tukey's test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工2ヶ月後(8月22日)は、未耕耘区で7.94、耕耘区(対照区)で7.91、セラクリーン施用区で8.14～8.28を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった(Tukey's test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。また、追施翌日(8月23日)のセラクリーン150+150kg/a追加施用(追施)区は、8.06を示し、対照区と比較して有意に高かった(Tukey's test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工3ヶ月後(9月21日)は、未耕耘区で7.83、耕耘区(対照区)で7.88、セラクリーン施用区で8.03～8.23を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった(Tukey's test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

表 6-2 深度 5cm の底質の pH 結果

試験区	pH_5cm	施工前	施工翌日	施工 1ヶ月後	施工 2ヶ月後	追加施用 (追施) 翌日	施工 3ヶ月後
		6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
未耕耘区	最大	7.86	7.95	7.84	8.09	-	7.98
	最小	7.65	7.46	7.75	7.74	-	7.67
	平均	7.74	7.72	7.80	7.94	-	7.83
	標準誤差	0.04	0.08	0.02	0.06	-	0.05
耕耘区 (対照区)	最大	7.75	7.72	7.76	8.05	-	7.96
	最小	7.73	7.60	7.69	7.80	-	7.77
	平均	7.74	7.65	7.73	7.91	-	7.88
	標準誤差	0.00	0.02	0.02	0.04	-	0.03
セラクリン 300kg/a 区	最大	7.87	7.92	8.48	8.30	-	8.24
	最小	7.60	7.72	7.98	8.03	-	8.03
	平均	7.76	7.84	8.24	8.16	-	8.15
	標準誤差	0.05	0.04	0.10	0.05	-	0.04
セラクリン 600kg/a 区	最大	7.80	8.14	8.52	8.44	-	8.41
	最小	7.71	7.95	8.23	8.14	-	8.11
	平均	7.75	8.08	8.35	8.28	-	8.23
	標準誤差	0.02	0.04	0.06	0.05	-	0.06
セラクリン 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区)	最大	8.02	7.97	8.25	8.25	8.13	8.22
	最小	7.65	7.82	7.98	8.05	7.94	7.96
	平均	7.85	7.92	8.12	8.14	8.06	8.07
	標準誤差	0.06	0.03	0.05	0.04	0.04	0.04
セラクリン 300kg/a (耕耘なし)	最大	7.82	8.08	8.47	8.29	-	8.12
	最小	7.74	8.03	8.07	8.04	-	7.87
	平均	7.77	8.05	8.25	8.17	-	8.03
	標準誤差	0.01	0.01	0.06	0.04	-	0.04
潮干狩り区 (参考)	最大	7.97	-	7.95	7.87	7.68	7.80
	最小	7.73	-	7.61	7.76	7.54	7.76
	平均	7.81	-	7.77	7.81	7.60	7.78
	標準誤差	0.08	-	0.10	0.03	0.04	0.01

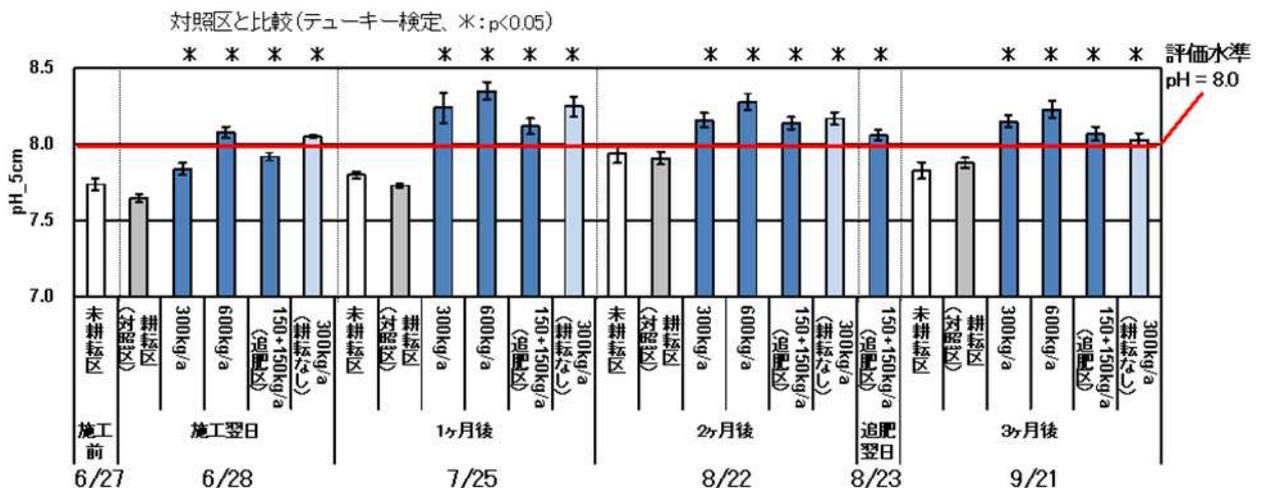


図 6-2 深度 5cm の底質の pH

次に、深度 10cm の底質の pH を表 6-3 と図 6-3 に示す。

深度 10cm の pH は、施工 1 ヶ月後まで深度 5cm とほぼ同程度の値であり、対照区と比較してセラクリーン施用区の pH が有意にアルカリ化していることがわかった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。施工 2 ヶ月以降の 300kg/a (耕耘なし) において、pH8.0 を下回った。なお、深度 10cm の pH の詳細については、以下のとおりである。

施工前 (6 月 27 日) の各試験区における pH (平均値) は、7.67~7.75 であった。

施工翌日 (6 月 28 日) は、未耕耘区で 7.63、耕耘区 (対照区) で 7.60、セラクリーン施用区で 7.81~8.08 を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工 1 ヶ月後 (7 月 25 日) は、未耕耘区と耕耘区 (対照区) で 7.77、セラクリーン施用区で 8.10~8.31 を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工 2 ヶ月後 (8 月 22 日) は、未耕耘区で 7.70、耕耘区 (対照区) で 7.61、セラクリーン施用区で 7.93~8.18 を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。また、追加施用 (追施) 翌日 (8 月 23 日) のセラクリーン 150+150kg/a 区は、8.09 を示し、対照区と比較して有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工 3 ヶ月後 (9 月 21 日) は、未耕耘区で 7.80、耕耘区 (対照区) で 7.89、耕耘したセラクリーン施用区 (300kg/a 区、300kg/a 区、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区) で 8.03~8.18 を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。耕耘をしていない 300kg/a 区は、7.90 を示し、有意差は得られなかったものの対照区と比較して高い傾向であった。

表 6-3 深度 10cm の底質の pH 結果

試験区	pH_10cm	施工前	施工翌日	施工 1ヶ月後	施工 2ヶ月後	追加施用 (追施) 翌日	施工 3ヶ月後
		6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
未耕耘区	最大	7.78	7.84	7.83	7.88	-	7.90
	最小	7.52	7.49	7.68	7.53	-	7.70
	平均	7.67	7.63	7.77	7.70	-	7.80
	標準誤差	0.05	0.06	0.03	0.06	-	0.03
耕耘区 (対照区)	最大	7.70	7.67	7.92	7.93	-	8.07
	最小	7.63	7.53	7.68	7.33	-	7.75
	平均	7.67	7.60	7.77	7.61	-	7.89
	標準誤差	0.01	0.02	0.04	0.10	-	0.06
セラクリーン 300kg/a 区	最大	7.77	7.91	8.20	8.36	-	8.15
	最小	7.72	7.70	8.16	7.76	-	8.12
	平均	7.75	7.81	8.18	8.00	-	8.14
	標準誤差	0.01	0.04	0.01	0.10	-	0.01
セラクリーン 600kg/a 区	最大	7.76	8.22	8.51	8.38	-	8.33
	最小	7.71	7.96	8.13	7.96	-	7.97
	平均	7.73	8.08	8.31	8.18	-	8.18
	標準誤差	0.01	0.05	0.06	0.09	-	0.07
セラクリーン 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区)	最大	7.90	7.99	8.26	8.16	8.39	8.16
	最小	7.61	7.87	8.01	8.02	7.79	7.90
	平均	7.74	7.91	8.10	8.11	8.09	8.03
	標準誤差	0.06	0.02	0.05	0.02	0.11	0.05
セラクリーン 300kg/a (耕耘なし)	最大	7.76	8.16	8.36	8.08	-	7.95
	最小	7.67	7.87	8.02	7.83	-	7.85
	平均	7.72	7.99	8.16	7.93	-	7.90
	標準誤差	0.01	0.06	0.06	0.04	-	0.02
潮干狩り区 (参考)	最大	7.77	-	7.98	7.80	7.65	7.71
	最小	7.66	-	7.30	7.75	7.63	7.67
	平均	7.71	-	7.64	7.78	7.64	7.69
	標準誤差	0.03	-	0.20	0.02	0.01	0.01

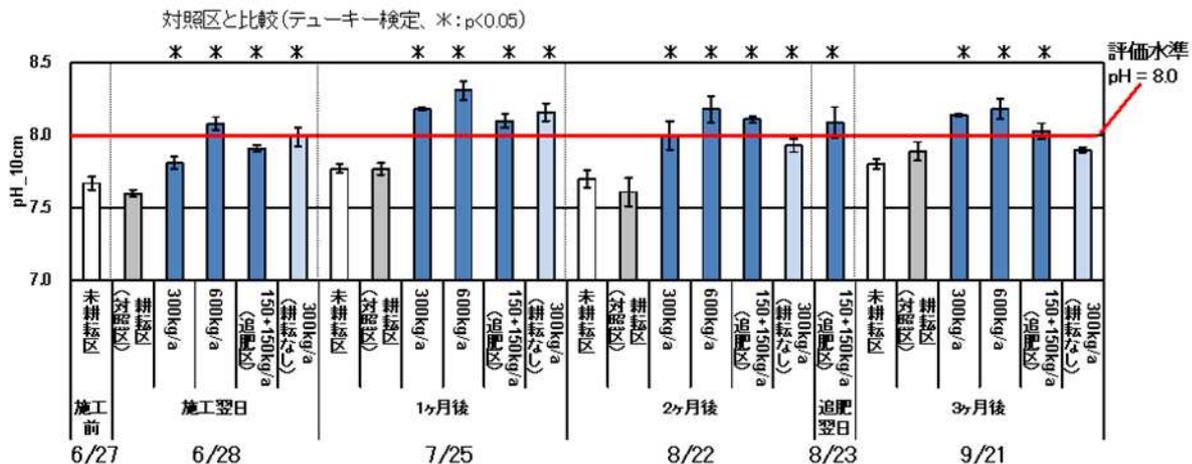


図 6-3 深度 10cm の底質の pH

(2) 酸化還元電位 (ORP)

深度 5cm の底質の ORP を表 6-4 と図 6-4 に示す。

セラクリーン施用区 (300kg/a 区耕耘なし) の深度 5cm の ORP は、施工 1 ヶ月後から酸化環境 (+値) に改善され、3 ヶ月後まで継続していた。なお、深度 5cm の ORP の詳細については、以下のとおりである。

施工前 (6 月 27 日) の各試験区における ORP (平均値) は、-59~+7mV であった。

施工翌日 (6 月 28 日) は、未耕耘区で-89mV、耕耘区 (対照区) で-81mV、300kg/a 区で-130mV、600kg/a 区で-85mV、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区で-24mV、300kg/a 区 (耕耘なし) で-90mV を示し、対照区と比較して 150+150kg/a 追加施用 (追施) 区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=5$)。

施工 1 ヶ月後 (7 月 25 日) は、未耕耘区で-128mV、耕耘区 (対照区) で-24mV、耕耘したセラクリーン施用区 (300kg/a 区、600kg/a 区、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区) で+86~+96mV を示し、対照区と比較して耕耘したセラクリーン施用区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=5$)。耕耘をしていない 300kg/a 区は、-90mV を示し、対照区と比較して低い傾向であった。

施工 2 ヶ月後 (8 月 22 日) は、未耕耘区で+34mV、耕耘区 (対照区) で+49mV、600kg/a 区を除いたセラクリーン施用区で+73~115mV を示し、対照区と比較して 600kg/a 区を除いたセラクリーン施用区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=5$)。600kg/a 区は、+56mV を示し、対照区と同程度の値であった。また、追加施用 (追施) 翌日 (8 月 23 日) のセラクリーン 150+150kg/a 追加施用 (追施) 区は、+94mV を示し、対照区と比較して有意に高かった (Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=5$)。

施工 3 ヶ月後 (9 月 21 日) は、未耕耘区で+29mV、耕耘区 (対照区) で+102mV、600kg/a 区を除いたセラクリーン施用区で+75~+90mV を示し、600kg/a 区を除いたセラクリーン施用区は、対照区と同程度の値であった。600kg/a 区は、+44mV を示し、対照区と比較して有意に低かった (Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=5$)。

表 6-4 深度 5cm の底質の酸化還元電位 (ORP) 結果

試験区	ORP_5cm (mV)	施工前	施工翌日	施工 1ヶ月後	施工 2ヶ月後	追加施用 (追施) 翌日	施工 3ヶ月後
		6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
未耕耘区	最大	+68	-35	-75	+57	-	+83
	最小	-95	-121	-156	+11	-	-59
	平均	-35	-89	-128	+34	-	+29
	標準誤差	29	15	15	9	-	27
耕耘区 (対照区)	最大	-15	-43	+90	+58	-	+107
	最小	-141	-109	-193	+32	-	+96
	平均	-59	-81	-24	+49	-	+102
	標準誤差	26	12	65	4	-	2
セラクリン 300kg/a 区	最大	+9	-70	+103	+98	-	+126
	最小	-59	-134	+80	+60	-	+60
	平均	-20	-103	+92	+76	-	+90
	標準誤差	11	14	4	7	-	12
セラクリン 600kg/a 区	最大	-4	-49	+110	+93	-	+108
	最小	-39	-143	+68	-8	-	+3
	平均	-25	-85	+86	+56	-	+44
	標準誤差	7	16	7	17	-	18
セラクリン 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区)	最大	+13	+73	+100	+144	+104	+99
	最小	+1	-168	+94	+90	+82	+27
	平均	+7	-24	+96	+115	+94	+78
	標準誤差	2	47	1	10	5	15
セラクリン 300kg/a (耕耘なし)	最大	+22	-30	-11	+87	-	+138
	最小	-40	-180	-114	+56	-	+31
	平均	-8	-90	-70	+73	-	+75
	標準誤差	12	29	18	6	-	19
潮干狩り区 (参考)	最大	+55	-	+119	+158	+156	+115
	最小	-13	-	+88	+111	+110	+67
	平均	+21	-	+107	+132	+138	+97
	標準誤差	20	-	10	14	14	15

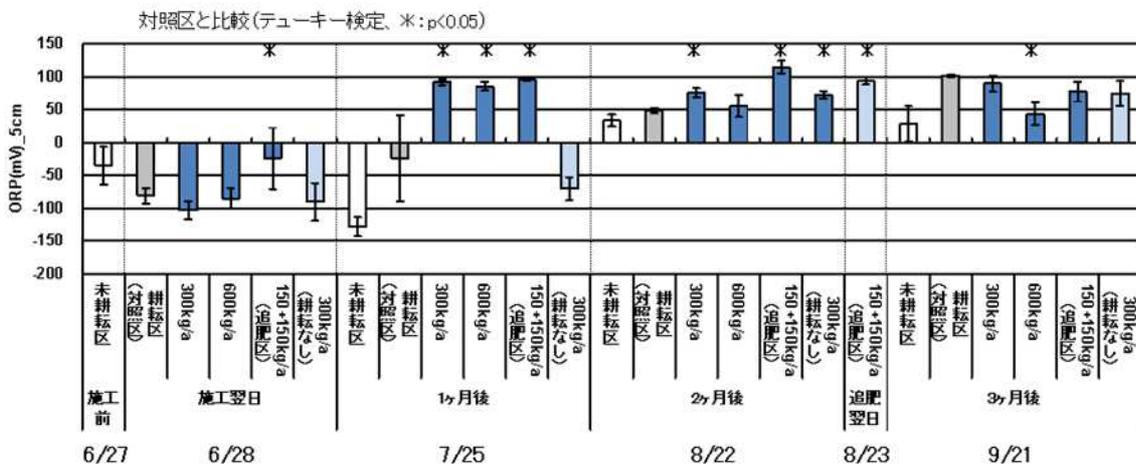


図 6-4 深度 5cm の底質の酸化還元電位 (ORP)

次に、深度 10cm の底質の ORP を表 6-5 と図 6-5 に示す。

セラクリーン施用区 (300kg/a 区耕耘なし) の深度 10cm の ORP は、5cm と同様に施工 1 ヶ月後に酸化環境 (+ 値) への改善が見られた。2 ヶ月後に 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区) を除いて再び還元環境 (- 値) に戻るものの、セラクリーン施用区は対照区より還元化の軽減が見られた。なお、深度 10cm の ORP の詳細については、以下のとおりである。

施工前 (6 月 27 日) の各試験区における ORP (平均値) は、-139~-69mV であった。

施工翌日 (6 月 28 日) は、未耕耘区で-124mV、耕耘区 (対照区) で-140mV、300kg/a 区で-142mV、600kg/a 区で-137mV、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区で-17mV、300kg/a 区 (耕耘なし) で-162mV を示し、対照区と比較して 150+150kg/a 追加施用 (追施) 区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工 1 ヶ月後 (7 月 25 日) は、未耕耘区で-166mV、耕耘区 (対照区) で-23mV、耕耘したセラクリーン施用区 (300kg/a 区、600kg/a 区、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区) で+61~+106mV を示し、対照区と比較して耕耘したセラクリーン施用区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。耕耘をしていない 300kg/a 区は、-53mV を示し、対照区と比較して低い傾向であった。

施工 2 ヶ月後 (8 月 22 日) は、未耕耘区で-124mV、耕耘区 (対照区) で-100mV、300kg/a 区で-35mV、600kg/a 区で-62mV、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区で+112mV、300kg/a 区 (耕耘なし) で-75mV を示し、対照区と比較して 300kg/a 区と 150+150kg/a 追加施用 (追施) 区が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。また、追加施用 (追施) 翌日 (8 月 23 日) のセラクリーン 150+150kg/a 追加施用 (追施) 区は、-28mV を示し、対照区と比較して有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工 3 ヶ月後 (9 月 21 日) は、未耕耘区で-113mV、耕耘区 (対照区) で+74mV、300kg/a 区で+20mV、600kg/a 区で-47mV、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区で+67mV、300kg/a 区 (耕耘なし) で-3mV を示し、対照区と比較して 150+150kg/a 追加施用 (追施) 区を除いたセラクリーン施用区が有意に低かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

表 6-5 深度 10cm の底質の酸化還元電位 (ORP) 結果

試験区	ORP_10cm (mV)	施工前	施工翌日	施工 1ヶ月後	施工 2ヶ月後	追加施用 (追施) 翌日	施工 3ヶ月後
		6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
未耕耘区	最大	-134	-87	-147	-59	-	-30
	最小	-148	-194	-180	-182	-	-220
	平均	-139	-124	-166	-124	-	-113
	標準誤差	3	19	7	20	-	32
耕耘区 (対照区)	最大	-106	-113	+89	+23	-	+103
	最小	-171	-167	-177	-228	-	+40
	平均	-135	-140	-23	-100	-	+74
	標準誤差	14	9	62	43	-	14
セラクリン 300kg/a 区	最大	-85	-109	+80	+85	-	+75
	最小	-172	-185	+63	-166	-	-40
	平均	-123	-142	+73	-35	-	+20
	標準誤差	16	17	3	52	-	20
セラクリン 600kg/a 区	最大	-99	-80	+91	+41	-	+20
	最小	-156	-196	+13	-123	-	-150
	平均	-123	-137	+61	-62	-	-47
	標準誤差	10	23	14	31	-	30
セラクリン 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区)	最大	-70	+69	+114	+121	+92	+111
	最小	-121	-159	+100	+102	-129	-8
	平均	-93	-17	+106	+112	-28	+67
	標準誤差	9	42	3	4	43	21
セラクリン 300kg/a (耕耘なし)	最大	-31	-128	-6	+23	-	+97
	最小	-107	-205	-94	-190	-	-72
	平均	-69	-162	-53	-75	-	-3
	標準誤差	13	14	17	42	-	34
潮干狩り区 (参考)	最大	-20	-	+119	+125	+65	+88
	最小	-159	-	+88	+93	-98	+22
	平均	-100	-	+107	+113	-29	+47
	標準誤差	41	-	10	10	49	21

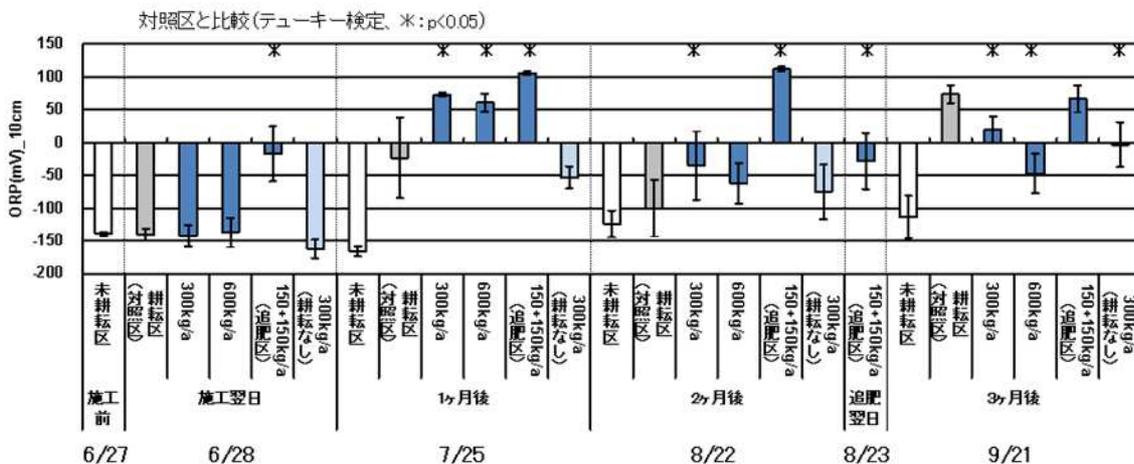


図 6-5 深度 10cm の底質の酸化還元電位 (ORP)

6.2.3 間隙水質調査

(1) 硫化水素

間隙水の硫化水素濃度を表 6-6 と図 6-6 に示す。

硫化水素は、施工 2 ヶ月後（8 月 22 日）の未耕耘区において、平均 0.4mg/L を示したが、それ以外の期間・試験区では未検出であった。

表 6-6 間隙水の硫化水素濃度結果

試験区	H ₂ S (mg/L)	施工前	施工 翌日	施工 1 ヶ月後	施工 2 ヶ月後	追加施用 (追施) 翌日	施工 3 ヶ月後
		6 月 27 日	6 月 28 日	7 月 25 日	8 月 22 日	8 月 23 日	9 月 21 日
未耕耘区	最大	0.0	-	0.0	1.0	-	0.0
	最小	0.0	-	0.0	0.0	-	0.0
	平均	0.0	-	0.0	0.4	-	0.0
	標準誤差	-	-	-	0.2	-	-
耕耘区 (対照区)	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
セラクリーン 300kg/a 区	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
セラクリーン 600kg/a 区	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
セラクリーン 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区)	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
セラクリーン 300kg/a (耕耘なし)	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	平均	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	標準誤差	-	-	-	-	-	-

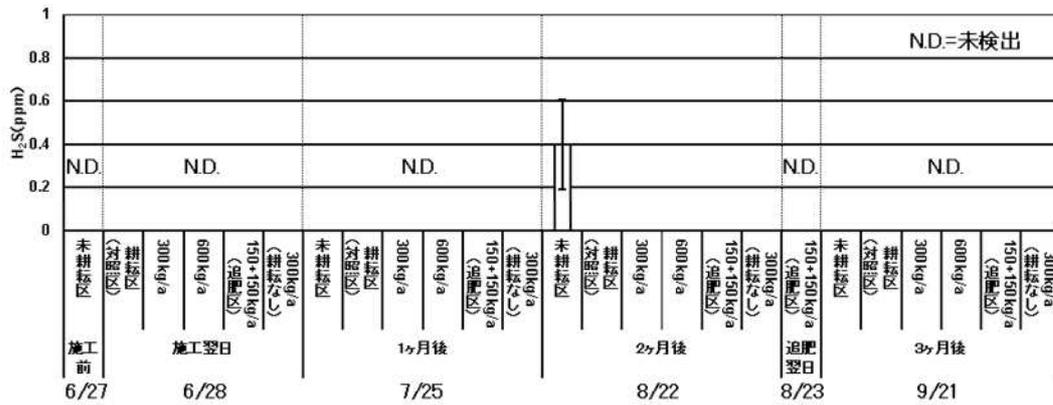


図 6-6 間隙水の硫化水素濃度

(2) 溶存態ケイ素

間隙水の溶存態ケイ素濃度を表 6-7 と図 6-7 に示す。

対照区と比較してセラクリーン施用区の溶存態ケイ素濃度が有意に高く、(Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。セラクリーンの溶存態ケイ素の溶出効果が確認された。また、この効果は、施工3ヶ月調査時でも確認された。なお、溶存態ケイ素濃度の詳細については、以下のとおりである。

施工前(6月27日)に採取した未耕耘区のケイ素(平均値)は、4.4~8.5mg/Lであった。

施工翌日(6月28日)は、耕耘区(対照区)で5.7mg/L、セラクリーン施用区で7.3~10.7を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった(Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工1ヶ月後(7月25日)は、未耕耘区で7.7mg/L、耕耘区(対照区)で8.3mg/L、300kg/a区で9.1mg/L、600kg/a区で12.8mg/L、150+150kg/a追加施用(追施)区で8.7mg/L、300kg/a区(耕耘なし)で9.4mg/Lを示し、対照区と比較して600kg/a区のみ有意に高かった(Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工2ヶ月後(8月22日)は、未耕耘区で7.7mg/L、耕耘区(対照区)で8.3mg/L、300kg/a区で12.2mg/L、600kg/a区で14.8mg/L、150+150kg/a追加施用(追施)区で9.4mg/L、300kg/a区(耕耘なし)で12.3mg/Lを示し、対照区と比較して150+150kg/a追加施用(追施)区を除いたセラクリーン施用区が有意に高かった(Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

施工3ヶ月後(9月21日)は、未耕耘区で5.7mg/L、耕耘区(対照区)で5.2mg/L、セラクリーン施用区で9.1~10.5を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が有意に高かった(Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。

表 6-7 間隙水の溶存態ケイ素濃度結果

試験区	溶存態 ケイ素 (mg/L)	施工前	施工 翌日	施工 1ヶ月後	施工 2ヶ月後	追加施用 (追施) 翌日	施工 3ヶ月後
		6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
未耕耘区	最大	8.5	-	11.0	9.7	-	7.2
	最小	4.4	-	6.1	6.4	-	4.4
	平均	6.1	-	7.7	7.7	-	5.7
	標準誤差	0.8	-	1.0	0.6	-	0.6
耕耘区 (対照区)	最大	-	6.0	9.5	10.0	-	5.6
	最小	-	5.2	7.4	7.1	-	4.5
	平均	-	5.7	8.3	8.3	-	5.2
	標準誤差	-	0.2	0.4	0.5	-	0.2
セラクリーン 300kg/a 区	最大	-	12.0	12.0	14.0	-	9.7
	最小	-	9.7	7.4	11.0	-	8.4
	平均	-	10.7	9.1	12.2	-	9.1
	標準誤差	-	0.5	0.9	0.6	-	0.3
セラクリーン 600kg/a 区	最大	-	12.0	16.0	18.0	-	13.0
	最小	-	8.3	11.0	13.0	-	8.6
	平均	-	10.3	12.8	14.8	-	10.5
	標準誤差	-	0.7	1.0	0.9	-	0.8
セラクリーン 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区)	最大	-	7.4	10.0	10.0	14.0	10.0
	最小	-	7.2	6.1	8.3	9.5	9.9
	平均	-	7.3	8.7	9.4	11.5	10.0
	標準誤差	-	0.0	0.7	0.3	0.7	0.0
セラクリーン 300kg/a (耕耘なし)	最大	-	8.8	9.7	15.0	-	12.0
	最小	-	8.3	9.1	9.3	-	8.4
	平均	-	8.5	9.4	12.3	-	9.7
	標準誤差	-	0.1	0.1	1.2	-	0.7

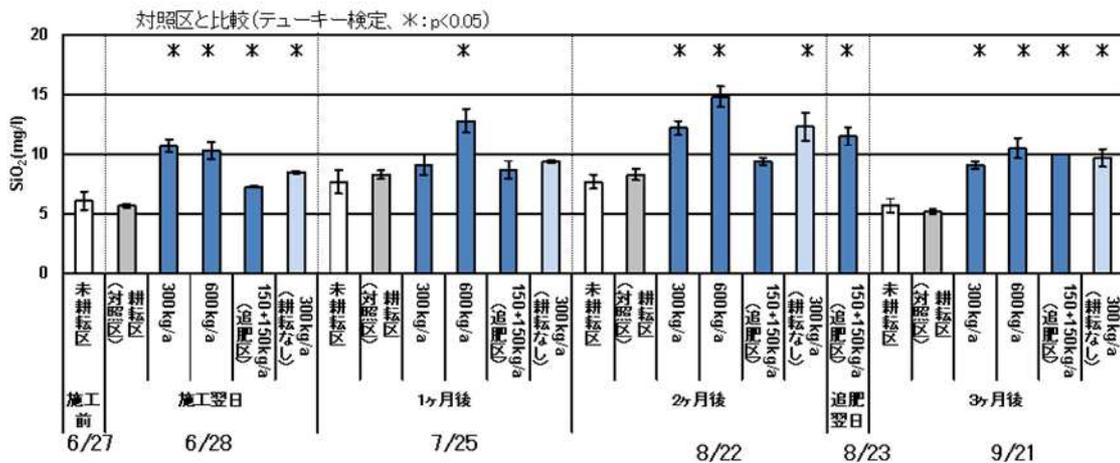


図 6-7 間隙水の溶存態ケイ素

6.2.4 藻類調査

(1) クロロフィル

底質表層のクロロフィル *a* 濃度を表 6-8 と図 6-8 に示す。

クロロフィル *a* 濃度は、未耕耘区が最も高い傾向であった。セラクリン施用区は、対照区と比較して同程度か低い傾向が見られた。なお、クロロフィル *a* 濃度の詳細については、以下のとおりである。

施工前（6月27日）の各試験区におけるクロロフィル *a*（平均値）は、4.0～9.0 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ であった。

施工翌日（6月28日）は、耕耘区（対照区）で 5.2 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、300kg/a 区で 4.0 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、600kg/a 区で 4.7 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、150+150kg/a 追加施用（追施）区で 3.5 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、300kg/a 区（耕耘なし）で 4.8 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ を示し、対照区と比較して 150+150kg/a 追加施用（追施）区が有意に低かった（Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=3$ ）。

施工1ヶ月後（7月25日）は、未耕耘区で 4.4 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、耕耘区（対照区）で 5.5 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、300kg/a 区で 5.2 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、600kg/a 区で 6.1 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、150+150kg/a 追加施用（追施）区で 3.4 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、300kg/a 区（耕耘なし）で 4.3 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ を示し、対照区と比較して 150+150kg/a 追加施用（追施）区が有意に低かった（Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=3$ ）。

施工2ヶ月後（8月22日）は、未耕耘区で 7.7 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、耕耘区（対照区）で 6.1 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、300kg/a 区で 5.5 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、600kg/a 区で 6.8 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、150+150kg/a 追加施用（追施）区で 4.7 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、300kg/a 区（耕耘なし）で 6.1 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ を示し、対照区と比較して 150+150kg/a 追加施用（追施）区が低い傾向を示した。また、追加施用（追施）翌日（8月23日）のセラクリン 150+150kg/a 追加施用（追施）区は、3.9 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ を示し、対照区と比較して有意に低かった（Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=3$ ）。

施工3ヶ月後（9月21日）は、未耕耘区で 4.0 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、耕耘区（対照区）で 2.9 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、300kg/a 区で 3.2 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、600kg/a 区で 3.3 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、150+150kg/a 追加施用（追施）区で 3.5 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ 、300kg/a 区（耕耘なし）で 3.6 $\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$ を示し、対照区と比較して 300kg/a 区（耕耘なし）が有意に高かった（Tukey' s test、 $p<0.05$ 、 $n=3$ ）。

表 6-8 底質表層のクロロフィル a 濃度結果

試験区	Chl-a ($\mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$)	施工前	施工 翌日	施工 1ヶ月後	施工 2ヶ月後	追加施用 (追施) 翌日	施工 3ヶ月後
		6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
未耕耘区	最大	9.0	-	5.7	7.7	-	4.9
	最小	8.9	-	3.4	7.6	-	3.4
	平均	9.0	-	4.4	7.7	-	4.0
	標準誤差	0.0	-	0.7	0.0	-	0.5
耕耘区 (対照区)	最大	4.4	5.2	8.1	7.8	-	2.9
	最小	3.5	5.2	3.5	4.4	-	2.9
	平均	4.0	5.2	5.5	6.1	-	2.9
	標準誤差	0.3	0.0	1.4	1.0	-	0.0
セラクリーン 300kg/a 区	最大	5.3	4.3	6.6	6.3	-	3.6
	最小	3.4	3.5	4.3	4.5	-	2.5
	平均	4.4	4.0	5.2	5.5	-	3.2
	標準誤差	0.6	0.3	0.7	0.5	-	0.4
セラクリーン 600kg/a 区	最大	7.7	6.9	8.5	7.9	-	4.1
	最小	3.1	3.3	2.8	6.0	-	2.8
	平均	4.8	4.7	6.1	6.8	-	3.3
	標準誤差	1.4	1.1	1.7	0.6	-	0.4
セラクリーン 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区)	最大	7.2	3.7	3.4	5.9	4.4	4.2
	最小	4.6	3.3	3.4	2.9	3.6	2.7
	平均	5.6	3.5	3.4	4.7	3.9	3.5
	標準誤差	0.8	0.1	0.0	0.9	0.2	0.4
セラクリーン 300kg/a (耕耘なし)	最大	6.7	7.5	5.7	7.2	-	3.8
	最小	3.3	2.1	2.9	4.4	-	3.4
	平均	4.6	4.8	4.3	6.1	-	3.6
	標準誤差	1.0	1.6	0.8	0.9	-	0.1

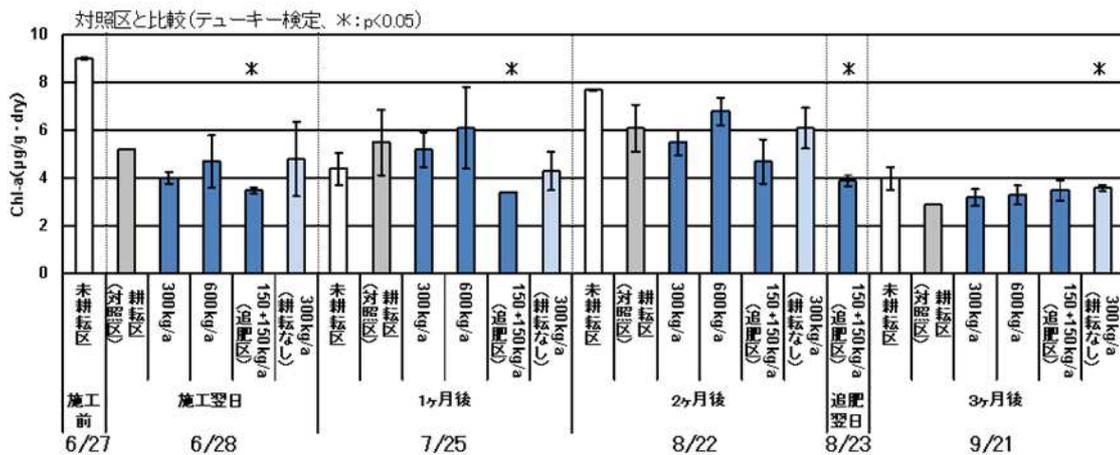


図 6-8 底質表層のクロロフィル a

次に底質表層のクロロフィル *b* 濃度を表 6-9 と図 6-9 に示す。
クロロフィル *b* は、試験期間中、各試験区とも検出されなかった。

表 6-9 底質表層のクロロフィル *b* 濃度結果

試験区	Chl- <i>b</i> ($\mu\text{g/g}\cdot\text{dry}$)	施工前	施工 翌日	施工 1ヶ月後	施工 2ヶ月後	追加施用 (追施) 翌日	施工 3ヶ月後
		6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
未耕耘区	最大	0.0	-	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	-	0.0	0.0	-	0.0
	平均	-	-	-	-	-	-
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
耕耘区 (対照区)	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	平均	-	-	-	-	-	-
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
セラクリン 300kg/a 区	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	平均	-	-	-	-	-	-
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
セラクリン 600kg/a 区	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	平均	-	-	-	-	-	-
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
セラクリン 150+150kg/a (追加施用 (追施) 区)	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	平均	-	-	-	-	-	-
	標準誤差	-	-	-	-	-	-
セラクリン 300kg/a (耕耘なし)	最大	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	平均	-	-	-	-	-	-
	標準誤差	-	-	-	-	-	-

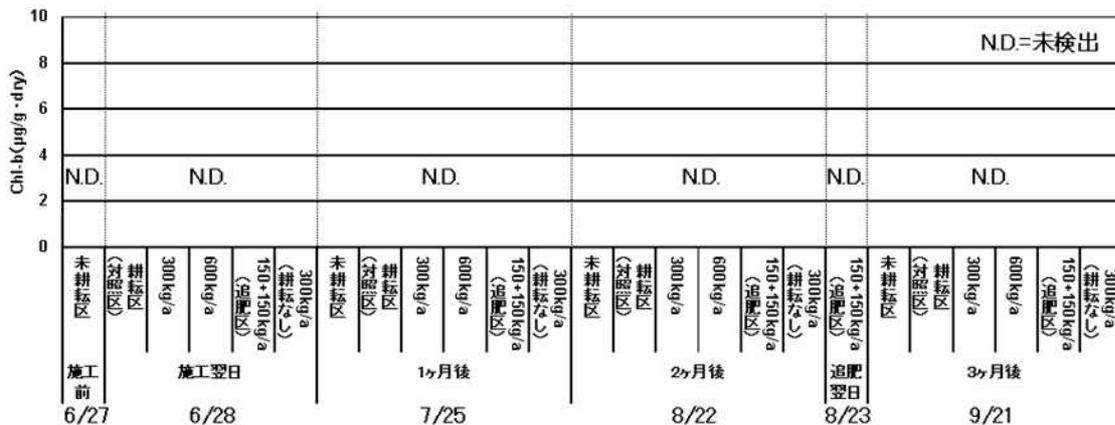


図 6-9 底質表層のクロロフィル *b*

次に底質表層のクロロフィル *c* 濃度を表 6-10 と図 6-10 に示す。

クロロフィル *c* 濃度は、未耕耘区が最も高い傾向であった。セラクリーン施用区は、対照区と比較して同程度か低い傾向が見られた。施工 3 ヶ月後（9 月 21 日）の耕耘区（対照区）は、未検出であった。（2）に記載のとおり、珪藻が確認されていることから、分析下限値 $0.5 \mu\text{g/g}$ を下回ったためと考えられた。なお、クロロフィル *c* 濃度の詳細については、以下のとおりである。

施工前（6 月 27 日）の各試験区におけるクロロフィル *c*（平均値）は、 $0.6 \sim 1.2 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ であった。

施工翌日（6 月 28 日）は、耕耘区（対照区）で $0.9 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、 300kg/a 区（耕耘なし）を除いたセラクリーン施用区で $0.8 \sim 1.0 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ を示し、対照区と比較して 300kg/a 区（耕耘なし）を除いたセラクリーン施用区は同程度であった。 300kg/a 区（耕耘なし）は、 $0.7 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ を示し、対照区と比較して 300kg/a 区（耕耘なし）が有意に低かった（Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=3$ ）。

施工 1 ヶ月後（7 月 25 日）は、未耕耘区で $0.7 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、耕耘区（対照区）で $1.1 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、セラクリーン施用区で $0.9 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区は有意差がないものの低い傾向であった。

施工 2 ヶ月後（8 月 22 日）は、未耕耘区で $1.6 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、耕耘区（対照区）で $1.1 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、 300kg/a 区で $1.2 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、 600kg/a 区で $1.3 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、 $150+150\text{kg/a}$ 追加施用（追施）区で $0.9 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、 300kg/a 区（耕耘なし）で $1.4 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ を示し、対照区と比較して $150+150\text{kg/a}$ 追加施用（追施）区が有意に低く、 300kg/a 区（耕耘なし）が有意に高かった（Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=3$ ）。また、追加施用（追施）翌日（8 月 23 日）のセラクリーン $150+150\text{kg/a}$ 追加施用（追施）区は、 $0.8 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ を示し、対照区と比較して有意に低かった（Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=3$ ）。

施工 3 ヶ月後（9 月 21 日）は、未耕耘区で $0.8 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ 、耕耘区（対照区）で未検出、セラクリーン施用区で $0.6 \sim 0.7 \mu\text{g/g} \cdot \text{dry}$ であった。

表 6-10 底質表層のクロロフィル c 濃度結果

試験区	Chl-c	6月27日	6月28日	7月25日	8月22日	8月23日	9月21日
未耕耘区	最大	1.4	-	0.7	1.7	-	0.9
	最小	0.9	-	0.7	1.5	-	0.7
	平均	1.2	-	0.7	1.6	-	0.8
	標準誤差	0.2	-	0.0	0.1	-	0.1
耕耘区 (対照区)	最大	0.8	0.9	1.5	1.3	-	0.0
	最小	0.8	0.9	0.6	0.9	-	0.0
	平均	0.8	0.9	1.1	1.1	-	0.0
	標準誤差	0.0	0.0	0.3	0.1	-	0.0
セラクリーン 300kg/a 区	最大	1.1	1.0	1.1	1.2	-	0.6
	最小	0.7	0.8	0.7	1.2	-	0.6
	平均	0.9	0.9	0.9	1.2	-	0.6
	標準誤差	0.1	0.1	0.1	0.0	-	0.0
セラクリーン 600kg/a 区	最大	0.6	1.3	1.3	1.5	-	1.0
	最小	0.6	0.8	0.5	1.1	-	0.5
	平均	0.6	1.0	0.9	1.3	-	0.7
	標準誤差	0.0	0.2	0.2	0.1	-	0.2
セラクリーン 150+150kg/a (追加施用 (追施)区)	最大	0.9	0.9	0.9	1.1	1.0	0.8
	最小	0.9	0.7	0.9	0.8	0.6	0.6
	平均	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.7
	標準誤差	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
セラクリーン 300kg/a (耕耘なし)	最大	0.8	0.8	1.1	1.4	-	0.8
	最小	0.8	0.5	0.7	1.4	-	0.6
	平均	0.8	0.7	0.9	1.4	-	0.7
	標準誤差	0.0	0.1	0.1	0.0	-	0.1

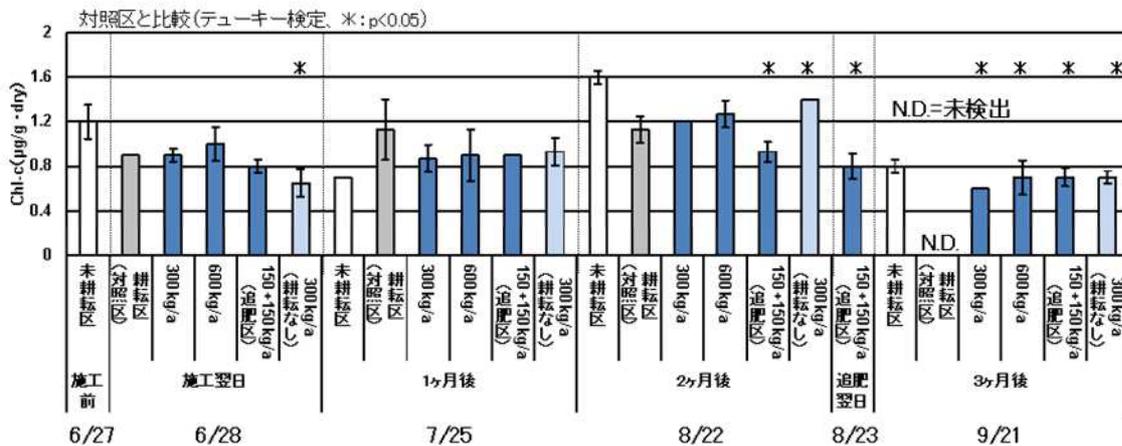


図 6-10 底質表層のクロロフィル c

次に、クロロフィル *c* の比率を図 6-11 に示す。

施工翌日 (6月28日) のクロロフィル *c* 比は、耕耘区 (対照区) で 0.15、300kg/a 区と 600kg/a 区で 0.18、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区で 0.19、300kg/a 区 (耕耘なし) で 0.12 を示し、対照区と比較して 300kg/a 区 (耕耘なし) のみ低い傾向を示した。その他の施用区は、対照区よりわずかに上回ったものの、ほぼ同程度の値であった。

施工 1 ヶ月後 (7月25日) は、150+150kg/a 追加施用 (追施) 区が試験期間中で最も高い 0.21 を示した。

施工 2 ヶ月後 (8月22日) は、全ての試験区で 0.16~0.19 を示し、明瞭な差は認められなかった。

施工 3 ヶ月後 (9月21日) は、対照区においてクロロフィル *c* が確認されなかったことから、対照区と比較してセラクリーン施用区が高い傾向を示した (0.16~0.18)。

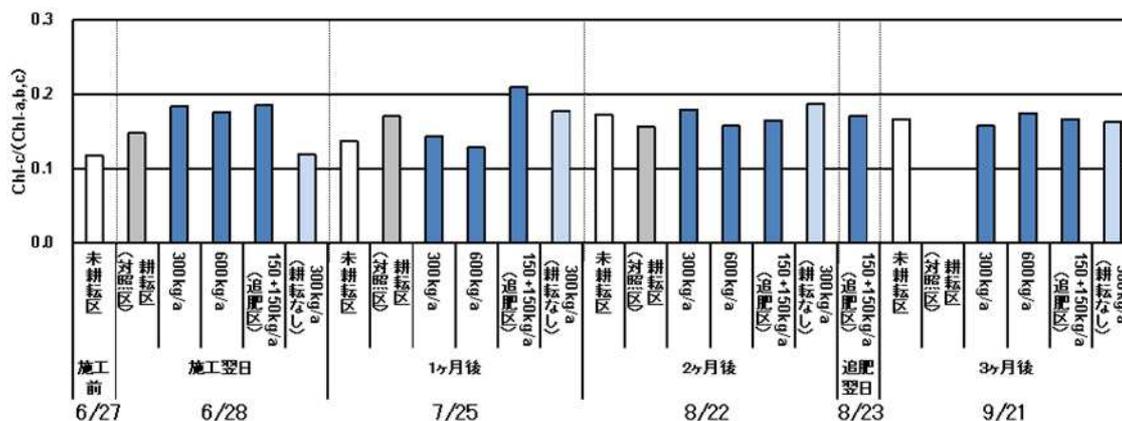


図 6-11 クロロフィル *c* の比率

(2) 底生微細藻類

採取した付着藻類の細胞数と組成を表 6-11～表 6-13、図 6-12 および図 6-13 に示す。

施工前（6月27日）の各試験区における付着藻類の平均細胞数は、80,867～203,767cell/cm²であった。

施工翌日（6月28日）は、耕耘区（対照区）で61,817cell/cm²、300kg/a区で51,600cell/cm²、600kg/a区で66,633cell/cm²、150+150kg/a追加施用（追施）区で63,183cell/cm²、300kg/a区（耕耘なし）で57,833cell/cm²を示し、明瞭な差は認められなかった。

施工3ヶ月後（9月21日）は、未耕耘区で33,667 cell/cm²、耕耘区（対照区）で19,900cell/cm²、300kg/a区で18,767cell/cm²、600kg/a区で32,500cell/cm²、150+150kg/a追加施用（追施）区で15,933cell/cm²、300kg/a区（耕耘なし）で24,267cell/cm²を示し、対照区と比較して600kg/a区が高い傾向であった。

細胞数の組成は、試験期間中、各試験区とも珪藻類羽状目が95%以上占めていた。施工前（6月27日）と施工翌日（6月28日）は *Navicula* 属が、施工3ヶ月後（9月21日）は *Amphora* 属がそれぞれ優占した。

施工3ヶ月後（9月21日）に耕耘区（対照区）と比較して、300kg/a区と600kg/a区で多かった珪藻類の種は、*Navicula* 属と *Nitzschia* 属の2種であった。これら2種の細胞の大きさは、*Navicula* 属でおよそ37～75μm、*Nitzschia* 属でおよそ36～106μmであり、他の珪藻類と比較して特別大きい種ではなく、細胞の大きさについても明瞭な差は認められなかった。

従って、本試験結果からは、セラクリンの施用による珪藻の増殖効果は認められなかった。

「セラクリーン®」による環境改善技術
太平洋セメント株式会社

表 6-11 採取した付着藻類の同定結果 (6月27日)

網	目	種名	未耕耘区			耕耘区 (対照区)			セラクリーン 300kg/a			セラクリーン 600kg/a			セラクリーン 150+150kg/a(追肥区)			セラクリーン 300kg/a(耕耘なし)						
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	藍藻綱	ネンジュモ目	<i>Oscillatoriaceae</i>					200					200											
2	渦鞭毛藻綱	ペリディニウム目	<i>Peridinales</i>			6,000	1,000	3,000		3,000	2,000	750	2,000	2,000	1,000	500	500	500	1,000	2,500				
3	珪藻綱	中心目	<i>Thalassiosira sp.</i>									100												
4			<i>Paralia sulcata</i>					200		2,500														
5			<i>Cymatosira sp.</i>									500	750	500		200	1,250							
6			<i>Auliscus sp.</i>											100		100			100					
7			<i>Odontella sp.</i>						300		200	750	100	100			100				500			
8			羽状目	<i>Diatomaceae</i>				100		500	200			200	100		200				200	100		
9				<i>Eunotia sp.</i>										1,000	2,500	500	200							
10				<i>Achnanthes sp.</i>			200								100									
11				<i>Achnantheidium spp.</i>			4,000	3,000	5,000	3,000	6,000	3,000	3,000		5,000		4,000	2,000	4,000	5,000	1,000	2,000	5,000	2,000
12				<i>Cocconeis scutellum</i>			200		500					200										
13		<i>Cocconeis spp.</i>			2,000	2,000	3,000	500		1,000		500		500	200	1,000	200	1,000	200					
14		<i>Amphora spp.</i>			15,000	38,000	30,000	48,000	38,000	21,000	29,000	9,000	42,000	6,000	32,000	48,000	27,000	17,000	22,000	23,000	22,000	31,000		
15		<i>Cymbella turgidula var.nipponica</i>											100											
16		<i>Diploneis sp.</i>					100		200			500		100				100						
17		<i>Entomoneis alata</i>												200			100	100						
18		<i>Entomoneis sp.</i>			500			500	1,250	1,000	2,500	200	2,000	2,000	200	2,500		200		4,000	750	750		
19		<i>Fallacia sp.</i>												100										
20		<i>Gomphonema sp.</i>													500	1,000				200				
21		<i>Gyrosigma sp.</i>						100	100															
22		<i>Navicula cancellata</i>			750	3,000	1,000	3,500	1,750	2,250	3,000	500	2,750		1,250	4,500	1,500	3,000	500	2,000	1,500	1,500		
23	<i>Navicula spp.</i>			39,000	56,000	36,000	43,000	57,000	41,000	47,000	32,000	26,000	21,000	79,000	72,000	202,000	95,000	171,000	80,000	78,000	68,000			
24	<i>Plagiotropis sp.</i>				200	1,500	2,000	1,250	500	100	400	1,000		100		100	100	100	100	400	100			
25	<i>Pleurosigma sp.</i>			500	4,000	1,750	3,000	200	5,250	750	200	200	300	200	2,000	750	200	200	1,500	1,250	750			
26	<i>Reimeria sinuata</i>			500		200																		
27	<i>Cylindrotheca closterium</i>				200			200			1,000	200	200	2,000	200	1,500		6,000	24,000	14,000	12,000			
28	<i>Nitzschia longissima v.reversa</i>						200	200		1,500				1,500	4,000	1,000	200	9,000	14,000	16,000				
29	<i>Nitzschia spp.</i>			3,000	5,000	750	2,000	6,000	5,000	11,000	4,000	3,000	3,000	6,000	12,000	9,000	2,000	8,000	7,000	19,000	9,000			
30	<i>Pennales</i>										500	6,000		4,000	7,000	7,000	8,000	6,000	2,000	3,000				
合計細胞数・群体系数 (cells/cm ²)			65,850	111,500	81,300	112,400	113,650	83,300	100,350	51,500	90,750	36,000	134,900	155,600	259,750	133,500	218,050	155,500	160,300	144,200				

表 6-12 採取した付着藻類の同定結果 (6月28日)

網	目	種名	耕耘区 (対照区)			セラクリーン 300kg/a			セラクリーン 600kg/a			セラクリーン 150+150kg/a(追肥区)			セラクリーン 300kg/a(耕耘なし)					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	藍藻綱	ネンジュモ目	<i>Oscillatoriaceae</i>			200			100	200										
2	渦鞭毛藻綱	ゴニオラックス目	<i>Ceratium fusus</i>								100									
3		ペリディニウム目	<i>Peridinales</i>			3,000		1,000	300		1,000		500	500		200	500			
4	珪藻綱	中心目	<i>Thalassiosira sp.</i>						300		100	400								
5			<i>Melosira moniliformis</i>			100				200										
6			<i>Melosira sp.</i>					2,000					200		600					
7			<i>Paralia sulcata</i>					4,000						100						
8			<i>Actinoptychus senarius</i>							100										
9			<i>Cymatosira sp.</i>						400		400		200		500					
10			<i>Auliscus sp.</i>								200						200			
11			<i>Odontella sp.</i>					100		200		400		100						
12		羽状目	<i>Climacospheia sp.</i>				100													
13			<i>Grammatophora marina</i>												100					
14			<i>Licmophora sp.</i>							100										
15			<i>Diatomaceae</i>			500			2,000	1,000	1,000	2,000	2,000	200			1,000			
16			<i>Eunotia sp.</i>			100					400	200			200					
17			<i>Achnanthes sp.</i>					1,000				1,000				1,000				
18			<i>Achnantheidium minutissimum</i>														1,000			
19			<i>Achnantheidium spp.</i>										500	1,000		2,000	7,000			
20			<i>Cocconeis scutellum</i>					1,000					200			200				
21			<i>Cocconeis spp.</i>				1,000		100		1,000	2,000				200				
22			<i>Amphora spp.</i>	19,000	16,000	17,000	11,000	10,000	22,000	17,000	20,000	12,000	14,000	16,000	10,000	10,000	12,000	44,000		
23			<i>Cymbella turgidula var.nipponica</i>														100			
24			<i>Diploneis splendica</i>										100							
25			<i>Diploneis sp.</i>			2,000	4,000					200	200							
26			<i>Entomoneis alata</i>									100					200			
27			<i>Entomoneis sp.</i>										200	750			2,000			
28			<i>Fallacia sp.</i>			500	100		400							200				
29			<i>Gyrosigma sp.</i>					1,000												
30			<i>Haslea sp.</i>						200											
31			<i>Navicula cancellata</i>			250	3,000	200	400	400	400	200	200	1,000	1,000	500	750	200	400	
32			<i>Navicula gregaria</i>				200			1,000			1,000			100				
33			<i>Navicula spp.</i>			31,000	27,000	30,000	31,000	24,000	25,000	32,000	33,000	47,000	41,000	36,000	34,000	15,000	24,000	24,000
34			<i>Plagiotropis sp.</i>			200	1,000	2,000	400	3,000		100	100	800		100		500	2,000	
35			<i>Pleurosigma sp.</i>				400	300		100	300	1,800	200	200	1,250	500	500		200	600
36			<i>Cylindrotheca closterium</i>			2,000				1,000		4,000		2,000	3,000		6,000			
37			<i>Nitzschia longissima</i>			200	200													
38			<i>Nitzschia longissima v.reversa</i>				200	200					200	500	2,000	500	100		200	
39			<i>Nitzschia spp.</i>			5,000	6,000	2,000	2,000	3,000	5,000	3,000	8,000	2,000	4,000	3,000	5,000		1,000	9,000
40			<i>Pennales</i>			1,000	1,200	200	3,000	2,000		3,000	200		1,000	3,000	1,500		6,000	4,000
41	緑藻綱	オオヒゲマワリ目	<i>Chlamydomonas sp.</i>							1,000										
合計細胞数・群体数 (cells/cm ²)			65,050	60,400	60,000	52,600	46,500	56,700	66,600	67,400	65,900	67,050	63,650	58,850	29,600	54,500	86,100			

「セラクリーン®」による環境改善技術
太平洋セメント株式会社

表 6-13 採取した付着藻類の同定結果 (9月21日)

網	目	種名	未耕耘区			耕耘区 (対照区)			セラクリーン 300kg/a			セラクリーン 600kg/a			セラクリーン 150+150kg/a(追肥区)			セラクリーン 300kg/a(耕耘なし)			
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	藍藻綱	<i>Oscillatoriaceae</i>	4,000		100				100	300	100		1,000						100		
2	渦鞭毛藻綱	プロロケントルム目 <i>Prorocentrum sp.</i>		100																	
3		ペリディニウム目 <i>Peridinales</i>										100									
4	珪藻綱	中心目 <i>Thalassiosira sp.</i>	1,000										1,000								100
5		<i>Melosira moniliformis</i>				1,000							600								
6		<i>Melosira sp.</i>	1,000																		100
7		<i>Arachnoidiscus sp.</i>																			100
8		<i>Actinoptychus senarius</i>	200																		
9		<i>Cymatosira sp.</i>					400		400		100	1,000		200							600
10		<i>Auliscus sp.</i>					100		100		100										300
11		<i>Odontella sp.</i>												100							200
12		羽状目 <i>Climacosphenia sp.</i>				100	200	100			100		100								
13		<i>Fragilaria sp.</i>				400															500
14		<i>Grammatophora marina</i>		1,000	2,000	100		100			1,000		200	1,000							
15		<i>Licmophora sp.</i>			1,000					100		100	100								
16		Diatomaceae	200	100	200					200			100			100					1,000
17		<i>Eunotia sp.</i>	2,000		2,000		1,000		1,000												
18		<i>Achnanidium spp.</i>						1,000								1,000					
19		<i>Cocconeis spp.</i>		500		100		200	100		100	100									
20		<i>Amphora spp.</i>	19,000	22,000	12,000	12,000	11,000	10,000	11,500	8,000	6,000	13,000	8,000	13,000	8,000	8,000	12,000	6,000	8,000	11,000	
21		<i>Diploneis splendida</i>				200															
22		<i>Diploneis sp.</i>	2,000	200								100		1,000	1,000						100
23		<i>Entomoneis alata</i>							100												
24		<i>Entomoneis sp.</i>		1,000	1,000			1,000													
25		<i>Fallacia sp.</i>					100		100		100	100		100							100
26		<i>Gyrosigma sp.</i>									100				100	100					
27		<i>Mastogloia sp.</i>	1,000					100				200									
28		<i>Navicula cancellata</i>		1,000	1,000		500	2,000	300	3,000	200	1,000	500	200	200			300			300
29		<i>Navicula gregaria</i>					1,000			1,000											
30		<i>Navicula spp.</i>	3,000	7,000	2,000	1,000	5,000	3,000	2,000	4,000	5,000	15,000	10,000	15,000	3,000	2,000	5,000	14,000	9,000	8,000	
31		<i>Plagiotropis sp.</i>			100	300			100	100		200		1,000			200				200
32		<i>Pleurosigma sp.</i>	100	200					200	100						200					100
33		<i>Rhopalodia sp.</i>										100									
34		<i>Cylindrotheca closterium</i>																			1,000
35		<i>Nitzschia longissima v.reversa</i>																			1,000
36		<i>Nitzschia spp.</i>	2,000	4,000	4,000	2,000	1,000	2,000	1,000	7,000	3,000	4,000	5,000	4,000	2,000	1,000	2,000	3,000	5,000	2,000	
37		Pennales	2,000		1,000	300						1,000	200		100		100				
合計細胞数・群体数 (cells/cm ²)			37,500	37,100	26,400	17,500	19,900	19,900	15,500	25,000	15,800	35,000	25,700	36,800	15,600	12,500	19,700	25,300	23,200	24,300	

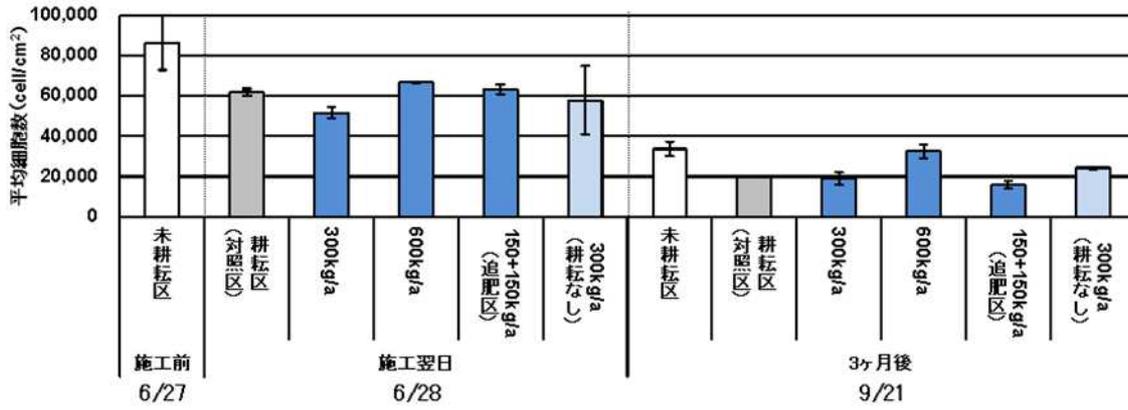


図 6-12 付着藻類の細胞数の変化

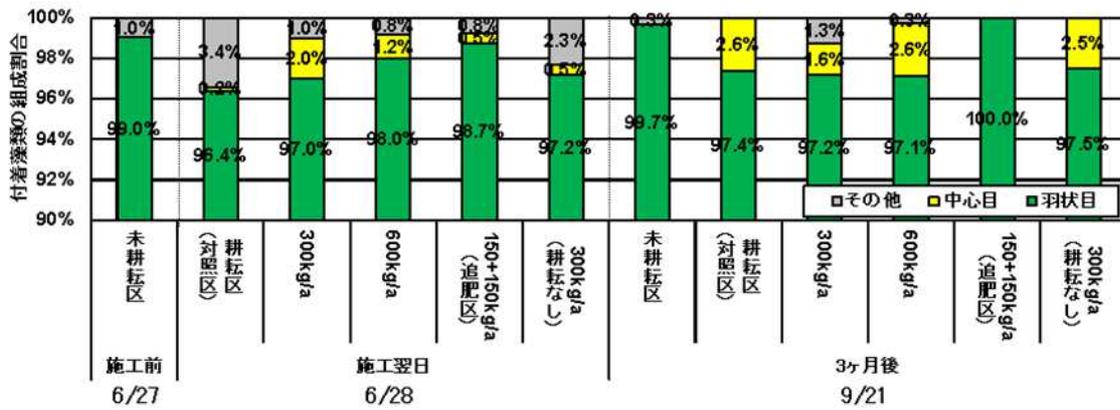


図 6-13 付着藻類の種組成

6.2.5 底生生物調査

底生生物の平均個体数を図 6-14 に示す。

施工前（6月27日）の底生生物の平均個体数は、未耕耘区で70個体/25cm²、耕耘区（対照区）で60個体/25cm²、300kg/a区で51個体/25cm²、600kg/a区で59個体/25cm²、150+150kg/a追加施用（追施）区で53個体/25cm²、300kg/a区（耕耘なし）で38個体/25cm²であり、300kg/a区（耕耘なし）が他の試験区に比べて少ない傾向であった。

施工3ヶ月後（9月21日）は、未耕耘区と耕耘区（対照区）で46個体/25cm²、300kg/a区で63個体/25cm²、600kg/a区で66個体/25cm²、150+150kg/a追加施用（追施）区で58個体/25cm²、300kg/a区（耕耘なし）で63個体/25cm²を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が高い傾向であった。

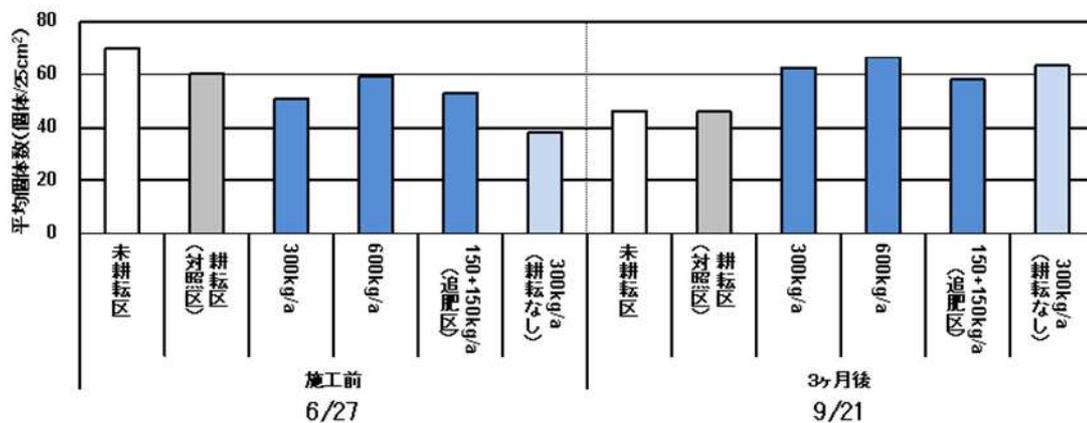


図 6-14 底生生物の個体数

次に、底生生物の平均湿重量を図 6-15 に示す。

施工前（6月27日）の底生生物の平均湿重量は、未耕耘区で6.46g/25cm²、耕耘区（対照区）で7.14g/25cm²、300kg/a区で8.59g/25cm²、600kg/a区で7.10g/25cm²、150+150kg/a追加施用（追施）区で6.47g/25cm²、300kg/a区（耕耘なし）で3.93g/25cm²であり、300kg/a区（耕耘なし）が他の試験区に比べて少ない傾向であった。

施工3ヶ月後（9月21日）は、未耕耘区で2.62g/25cm²、耕耘区（対照区）で1.05g/25cm²、300kg/a区で2.47g/25cm²、600kg/a区で2.42g/25cm²、150+150kg/a追加施用（追施）区で2.51g/25cm²、300kg/a区（耕耘なし）で6.07g/25cm²を示し、対照区と比較してセラクリーン施用区が高い傾向であった。

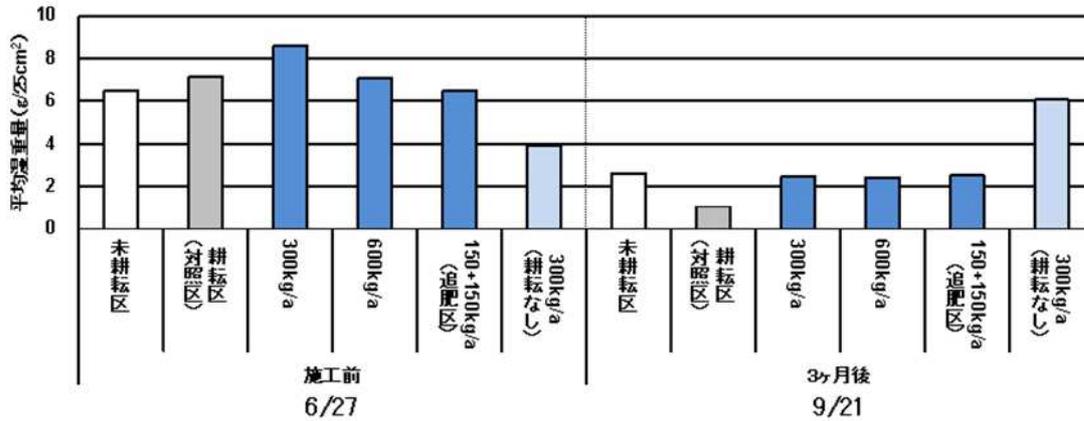


図 6-15 底生生物の湿重量

次に、個体数の種組成を図 6-16 に示す。

施工 3 ヶ月後 (9 月 21 日) の種組成は、セラクリーン施用区で環形動物門の割合が増加した。なお、試験期間中、各試験区とも軟体動物門ではウメノハナガイ (*Pillucina pisidium*) が、環形動物門ではコケゴカイ (*Ceratonereis erythraeensis*) がそれぞれ優占していた。

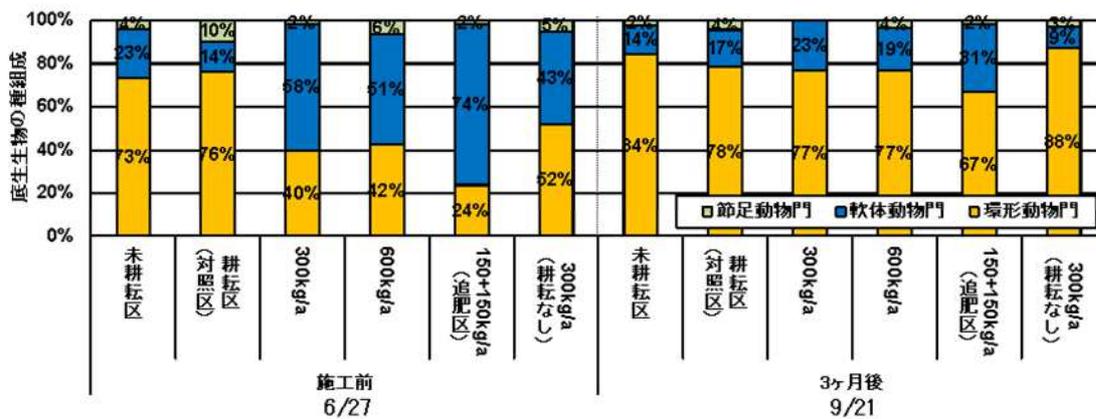


図 6-16 底生生物の種組成

6.3 自主研究

6.3.1 アサリの成育試験

施工3ヶ月後(9月21日)に採取したアサリのへい死率、乾燥軟体部および身入り率を表 6-14、表 6-15、図 6-17 および図 6-18 に示す。

アサリのへい死率は、150+150kg/a 追加施用(追施)区で13%を示し、他の試験区と比較して高い傾向であったものの、全体として低い結果であった。

乾燥軟体重量は、未耕耘区で 0.06 ± 0.03 g、耕耘区(対照区)で 0.06 ± 0.03 g、300kg/a区で 0.08 ± 0.03 g、600kg/a区で 0.07 ± 0.03 g、150+150kg/a追加施用(追施)区で 0.06 ± 0.03 g、300kg/a区(耕耘なし)で 0.06 ± 0.04 gを示し、有意な差は認められなかった。

身入り率は、未耕耘区で $4.61 \pm 1.32\%$ 、耕耘区(対照区)で $4.11 \pm 1.17\%$ 、300kg/a区で $4.20 \pm 1.19\%$ 、600kg/a区で $4.58 \pm 0.82\%$ 、150+150kg/a追加施用(追施)区で $4.55 \pm 1.55\%$ 、300kg/a区(耕耘なし)で $4.20 \pm 1.85\%$ を示し、有意な差は認められなかった。

表 6-14 アサリのへい死率

	未耕耘区	耕耘区 (対照区)	セラクリーン 300kg/a	セラクリーン 600kg/a	セラクリーン 150+150kg/a (追加施用(追施)区)	セラクリーン 300kg/a (耕耘なし)
へい死率	8%	9%	7%	5%	13%	7%

表 6-15 アサリの軟体部と身入り率の結果

調査時期	試験区	乾燥軟体部		身入り	
		重量 (g)	標準偏差	身入り率 (%)	標準偏差
施工前	初期値	0.04	0.02	4.02	1.06
施工 3ヶ月後	未耕耘区	0.06	0.03	4.61	1.32
	耕耘区 (対照区)	0.06	0.03	4.11	1.17
	セラクリーン 300kg/a	0.08	0.03	4.20	1.19
	セラクリーン 600kg/a	0.07	0.03	4.58	0.82
	セラクリーン 150+150kg/a (追加施用(追施)区)	0.06	0.03	4.55	1.55
	セラクリーン 300kg/a (耕耘なし)	0.06	0.04	4.20	1.85

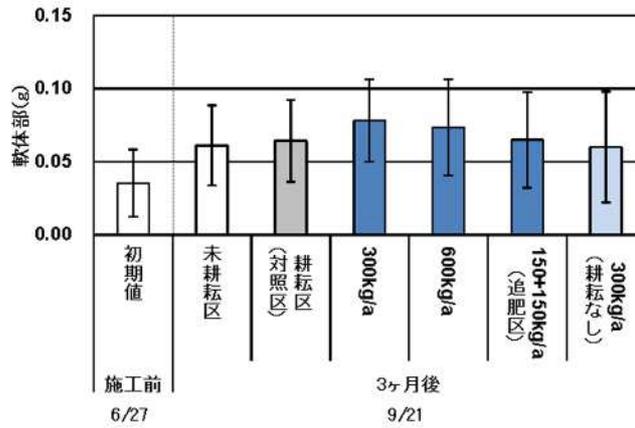


図 6-17 アサリの乾燥軟体部重量

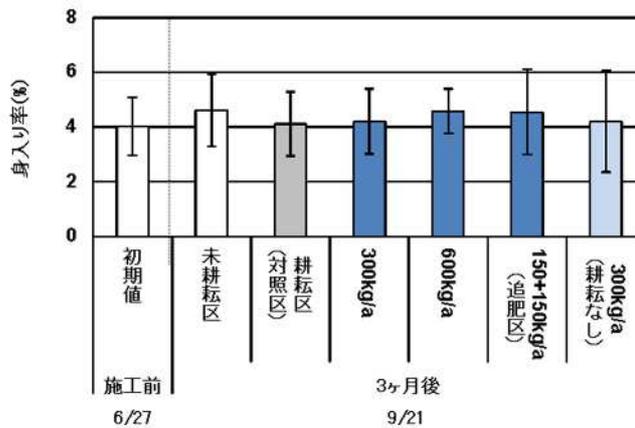


図 6-18 アサリの身入り率

6.3.2 付着基盤調査

採取した付着藻類の細胞数と組成を、図 6-19 と表 6-16 に示す。

施工 3 ヶ月後 (9 月 21 日) の付着藻類の平均細胞数は、セラクリーン板で 28,600cell/cm²、レンガ板で 12,100cell/cm²、プラスチック板で 5,810cell/cm²を示し、セラクリーン板に最も付着していた。

細胞数の組成は、羽状目珪藻の *Cocconeis* 属が優占した。

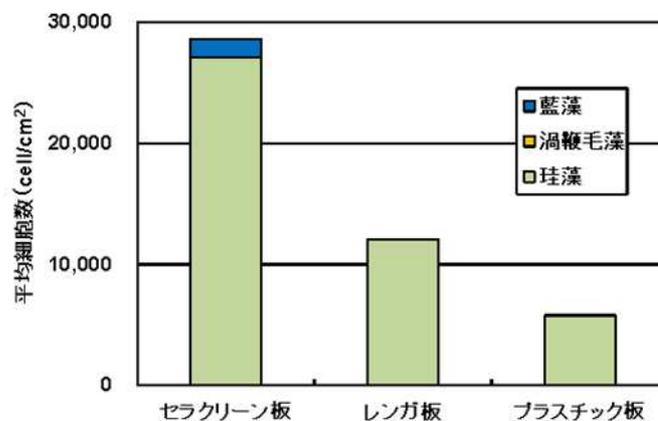


図 6-19 基盤上の付着藻類の細胞数

表 6-16 基盤上の付着藻類の同定結果 (9月21日)

	綱	目	種名	セラクリーン板			レンガ板			プラスチック板			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	藍藻綱	ネンジュモ目	<i>Calothrix sp.</i>	2,100	1,600	600							
2			<i>Oscillatoriaceae</i>	20	40	140		20					
3	渦鞭毛藻綱	プロロケントルム目	<i>Prorocentrum sp.</i>									20	
4	珪藻綱	中心目	<i>Melosira sp.</i>	80	40	200							20
5			<i>Cymatosira sp.</i>					100					
6		羽状目	<i>Climacosphenia sp.</i>								20		
7			<i>Diatoma mesodon</i>					300					
8			<i>Grammatophora marina</i>			120	400						
9			<i>Licmophora sp.</i>		20	20	400						
10			<i>Thalassionema nitzschioides</i>										40
11			<i>Diatomaceae</i>		1,300	200	40			20	40		
12			<i>Achnanthes sp.</i>					20					100
13			<i>Cocconeis spp.</i>		2,200	15,000	37,800	20,400	500	3,800	5,200	7,600	2,100
14			<i>Amphora spp.</i>				400	800	400				
15			<i>Diploneis sp.</i>			100		100		100			
16			<i>Navicula cancellata</i>							20			
17			<i>Navicula spp.</i>		1,700	3,000	4,800	1,000	300	1,400	600	100	100
18			<i>Plagiotropis sp.</i>		100	100			100				
19			<i>Rhopalodia sp.</i>						100	20			
20			<i>Cylindrotheca closterium</i>				100			200			
21			<i>Nitzschia spp.</i>		1,900	4,800	7,400	4,400	100	1,000	300	300	900
22			<i>Campylodiscus sp.</i>					200					
23			<i>Pennales</i>							20			
合計細胞数・群体数 (cells/cm ²)				8,100	26,000	51,780	27,760	1,920	6,580	6,160	8,040	3,240	

6.4 考察

6.4.1 期待される導入効果

(1) 底質のアルカリ化について (pH)

- ・セラクリーンを施用した試験区において、施用翌日から対照区よりも pH が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。また、施用量に応じた pH の上昇が認められた。この傾向は、深度 5cm と 10cm の両方で認められた。このことから、セラクリーンからアルカリ資材が溶出することによって底質をアルカリ化させることが示唆された。
- ・施工 1 ヶ月後以降、深度 5cm では施用した全ての試験区で硫酸還元菌の活性が低下する pH8.0 以上となり、その効果は試験終了の 3 ヶ月後まで維持していた。深度 10cm でも同様の傾向が認められたものの、300kg/a 区 (耕耘なし) において、2 ヶ月後から pH8.0 未満となった。このことから、セラクリーンから溶出されるアルカリ資材は、施用翌日から 1 ヶ月程度は下層へ浸透するものの、2 ヶ月以降は徐々に浸透しにくくなると推察された。つまり、長期間、より深い深度へアルカリ化の効果を発揮させるためには、耕耘技術との併用が必要である。
- ・以上のことから、セラクリーン施用による底質の十分なアルカリ化の効果をとらえることができた。また、その効果が 3 ヶ月間持続することから、底質が悪化する前にセラクリーンを施用することで、底質が酸性化し、硫酸還元菌が活性化する夏季にも効果を発揮すると考えられる。なお、下層への効果を発揮させるためには、耕耘技術との併用が必要である。

(2) 硫化水素発生抑制効果について (間隙水中の硫化水素)

- ・試験期間を通じて、硫化水素は施工 2 ヶ月後の未耕耘区で確認されたが、他の試験区では確認されなかった。
- ・未耕耘区で硫化水素が発生した際、耕耘区で確認されなかったことから、耕耘による底質の好気化が硫化水素の発生を抑制すると推察された。
- ・未耕耘区で硫化水素が発生した際、同じく耕耘していない 300kg/a (耕耘なし) で確認されなかった。このことから、セラクリーン施用による底質のアルカリ化で硫酸還元菌の活性が低下し、硫化水素の発生が抑制される可能性があることが推察された。
- ・以上のことから、対照区で硫化水素が発生しなかったことから、発生抑制効果については評価不能である。しかし、未耕耘区との比較からセラクリーン施用による硫化水素の発生抑制の可能性があると考えられた。

(3) ケイ素の溶出効果について (溶存態ケイ素濃度)

- ・セラクリーンを施用した試験区において、施用翌日から対照区よりも溶存態ケイ素濃度が有意に高かった (Tukey' s test、 $p < 0.05$ 、 $n=5$)。また、施用量に応じた溶存態ケイ素濃度の上昇が認められた。このことから、セラクリーンから可溶性ケイ素が溶出していることが示唆された。
- ・施工 3 ヶ月後にセラクリーン施用区で溶存態ケイ素の濃度低下が認められた。しかし、対照区より有意に高い値を示しており、溶存態ケイ素の溶出効果は 3 ヶ月間持続すると示唆された。
- ・以上のことから、セラクリーン施用による底質の十分な溶存態ケイ素の溶出効果をとらえることができた。

(4) 珪藻類の増加効果について(クロロフィル a, b, c の比率)

- ・クロロフィル b は、調査期間を通じて、全ての試験区で確認されなかった。
- ・クロロフィル a と c は、調査期間を通じて、未耕耘区が最も高い傾向であった。これは、表層の付着藻類が耕耘によって底質中に混合されたことによるものと推察された。
- ・クロロフィル c は、施工 3 ヶ月後（9 月 21 日）に対照区で確認されなかった。底生微細藻類調査では珪藻が確認されたため、検出下限値未満であったことが推察された。
- ・クロロフィル c 比は、対照区と施用区で比較して明瞭な差は認められなかった。また、3 ヶ月後の対照区のクロロフィル c が検出下限値未満であったことから、クロロフィル c 比の増加については、評価不能であった。
- ・施用区の付着藻類は、対照区と比較して明瞭な差は見られなかった。また、付着藻類の種組成は、珪藻類の羽状目が 95%以上を占めていた。このことから、試験区域では珪藻が増加しやすい環境下にあることが推察された。
- ・以上のことから、試験区域が珪藻の多い環境であったこともあり、珪藻類の増加効果について対照区と比較して、有意差を確認できなかった。なお、珪藻類に対して、セラクリーン施用による悪影響は確認されなかった。

6.4.2 普及拡大に向けた課題

本実証試験では、セラクリーンによるアルカリ化と溶存態ケイ素の溶出について 3 ヶ月間の効果を確認した。効果の継続期間については、長期的な調査の必要がある。長期的な調査により、効果を継続させたい期間に応じた施用量を把握できると考えられる。

本実証試験で評価不能であった「硫化水素の発生抑制効果」と、対照区と比較し、有意な差を確認することができなかった「珪藻の増加効果」を確認するためには、それぞれ硫化水素の発生する場所や、「シリカ欠損」が生じ珪藻が増加しにくい環境下での試験が必要である。

6.4.3 比較可能な技術に対する優位性

一般的な底質改善材である水酸化カルシウムと水酸化マグネシウムについて、セラクリーンと技術の性質を比較した。アルカリ化に関して即効性のある水酸化カルシウム、水酸化マグネシウムに対して、セラクリーンは徐々にその効果が発現するため持続性が長いと考えられる。そのため、長期間にわたって底質を改善させる必要がある場合には、セラクリーンを用いることが有効であると考えられた。なお、これらのうちケイ酸の溶出効果を持つ改善材は、セラクリーンのみである。

6.5 実証試験のまとめ

本実証試験のまとめを表 6-17 に示す。

表 6-17 期待される効果と達成状況

実証項目	目標水準	達成状況	評価
pH	施用区で pH8.0 以上となること	耕耘を実施した施用区では、3ヶ月間 pH8.0 以上を確認した。なお、耕耘を実施しない施用区では、深度 10cm 下で 2ヶ月後に pH8.0 未滿となったため、下層への効果を発現させるためには耕耘技術との併用が必要である。	○
硫化水素	対照区で H ₂ S が発生した際に、対照区と比較して施用区の硫化水素濃度が有意に低いこと	対照区でも硫化水素が無発生のため評価不能であった。なお、未耕耘区で発生した際に、耕耘なしの施用区にて不検出であった。	-
溶存態ケイ素の増加	対照区に比べて施用区で有意に高いこと	3ヶ月後に濃度の低下が見られるものの、対照区に比べて有意に高い。	○
珪藻(クロロフィル a, b, c の比率)	対照区と比較して施用区の珪藻(クロロフィル c)の比率が有意に高いこと	珪藻が多い環境下であり、対照区と比較して施用区の珪藻(クロロフィル c)の比率に有意差はなかった。	× [※]

※目標水準とした「有意な差」が見られなかったことを示す。

なお、目標水準への達成が認められなかった実証項目について、技術実証検討会から以下のコメントをいただいている。

- ① 硫化水素・・・pH と ORP の結果から、今年度は実証試験場所の対照区で硫化水素は発生しなかったが、硫化水素が発生する底質環境においては、硫化水素の抑制効果の発現の可能性が考えられる。
- ② 珪藻・・・・自主研究では、付着基盤としてレンガ板、プラスチック板と比較し、セラクリーン板への付着が最も多かった。
試験区域は、珪藻の多い環境であり、珪藻の比率に有意差は無かった。しかし、悪化した底質環境においては、珪藻の増加する可能性が考えられる。

○付録

1. 用語集
2. 計量証明書
3. 写真集

【付 録】

1. 用語集

実証事業に係る用語

用語	定義
実証対象技術	<p>実証試験の対象となる技術を指す。実証対象技術には、機器・装置を使用する技術の他、機器・装置を使用しない技術も含まれる。</p> <p>実証対象技術は、明確な科学的根拠を持つものでなければならない。</p>
実証試験実施場所	<p>実証対象技術が適用され、実証試験が実施される場所・海域を指す。</p>
調査項目	<p>実証対象技術の効果の実証、維持管理上の特性の確認、その他の周辺情報など、実証試験において調査される項目を指す。実証項目とは、調査項目のうち、実証対象技術の性能や効果を測るための項目を指す。</p>
実証申請者	<p>実証試験を希望するものを指す。開発者や販売店等。複数の事業者により技術実証について申請する場合及び複数の技術・製品を組み合わせたものをひとつの技術として申請する場合は、代表となる事業者一名を実証申請者とする。申請した技術が実証対象として選定された後は、実証申請者を環境技術開発者と呼ぶ。</p>
環境技術開発者	<p>実証対象技術の保有者を指す。申請した技術が実証対象として選定されるまでは、実証申請者と呼ぶ。</p>

技術的専門用語

用語	定義
<p>pH</p> <p>(水素イオン濃度指数)</p>	<p>水の酸性とアルカリ性の度合いを表す指標で、単位はない。中性の水は pH7 で、7 より小さいものは酸性、7 より大きいものはアルカリ性。通常の淡水は pH7 前後だが、海水はややアルカリ性で pH8 前後。</p> <p>pH は水中の化学的作用や生物作用に大きな影響を与える。水産用水としては、河川や湖沼では pH6.7~7.5、海域では pH7.8~8.4 の範囲が生物の生育に適しているといわれている。</p>
<p>DO</p> <p>(dissolved oxygen : 溶存酸素)</p>	<p>水中に溶解している酸素ガスのことで、河川や海域での自浄作用や、魚類をはじめとする水生生物の生活には不可欠なもの。底層における DO は一般に、魚介類が生存するためには 3mg/L 以上が必要であり、良好な状態を保つためには 5mg/L 以上であることが望ましいとされている。好気性微生物が活発に活動するためには 2mg/L 以上が必要であり、それ以下になると嫌気性分解が起こって、硫化水素やメルカプタン等の悪臭物質が発生したりする。</p>
<p>酸化還元電位</p> <p>(oxidation reduction potential : ORP)</p>	<p>水中の酸化還元状態の程度を示す指標で、ORP が+であれば酸化反応が、-であれば還元反応が進行することを意味し、ORP 値によって水中の物質の存在状態（例えば Fe(OH)₃ として沈殿するか Fe²⁺ として溶出するか、硫黄が SO₄²⁻ として存在するか H₂S が発生するか）を推定することができる。</p> <p>溶存酸素との関係では、概略的には、好気性状態 (DO>0) では ORP>0、嫌気性状態 (DO=0) では ORP<0 といえる。</p>

<p>Chl-a, b, c (Chlorophyll-a, b, c : クロロフィル a, b, c)</p>	<p>クロロフィルは、植物の葉緑体やシアノバクテリアに含まれる光合成に関与する緑色色素。一般には葉緑素と言われてきた。</p> <p>そのうち、クロロフィル a はほとんどの植物に含まれているが、水域ではその濃度が植物プランクトンの量を示すこととなるので、さまざまな環境指標として用いられる。たとえば、植物プランクトンの餌となる無機塩類が多ければ、植物プランクトンが増えクロロフィル a 濃度が高くなるため、水質汚濁の指標となる。クロロフィル b は緑藻・ユーグレナなどに、クロロフィル c はケイ藻・褐藻・クリプト藻・ハプト藻などの藻類に含まれており、それらの存在比の指標となる。</p>
<p>硫化水素 (H₂S)</p>	<p>腐った卵のようなにおいのある物質で、代表的な悪臭物質のひとつ。</p> <p>水田、湖沼、海域の底泥をはじめとする嫌気的な環境では、硫酸還元菌や硫黄還元菌のはたらきによって硫酸イオン(SO₄²⁻)や元素硫黄(S⁰)は還元され、硫化水素(H₂S)が生成する。</p> <p>硫化水素は、還元型チトクローム a₃の酸化を遮断して、酸化的リン酸化を阻害することにより、低酸素症と同様の症状を引き起こすことが知られている。この毒性は、イオン化していない硫化水素(H₂S)に限られるので、硫化水素の毒性は、pHによって左右される。</p>

【付 録】

2. 計量証明書

【付 録】

3. 写真集

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工前</p> <p>実験干潟</p> <p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工作业</p> <p>セラクリーン散布状況</p> <p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工作业</p> <p>セラクリーン耕耘状況</p> <p>平成29年6月27日</p>

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>未耕耘区</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>耕耘区（対照区）</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>300kg/a区＋耕耘</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>600kg/a区＋耕耘</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>150kg＋耕耘・追加施用150kg/a区</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>300kg/a区（耕耘なし）</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>
	<p>平成29年6月27日</p>

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工1ヶ月後</p>
	<p>実験干潟</p>
	<p>平成29年7月24日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工1ヶ月後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>未耕耘区</p>
	<p>平成29年7月24日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工1ヶ月後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>耕耘区（対照区）</p>
	<p>平成29年7月24日</p>

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工1ヶ月後
	試験区状況
	300kg/a区＋耕耘
	平成29年7月24日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工1ヶ月後
	試験区状況
	600kg/a区＋耕耘
	平成29年7月24日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工1ヶ月後
	試験区状況
	150kg＋耕耘・追加施用150kg/a区
	平成29年7月24日

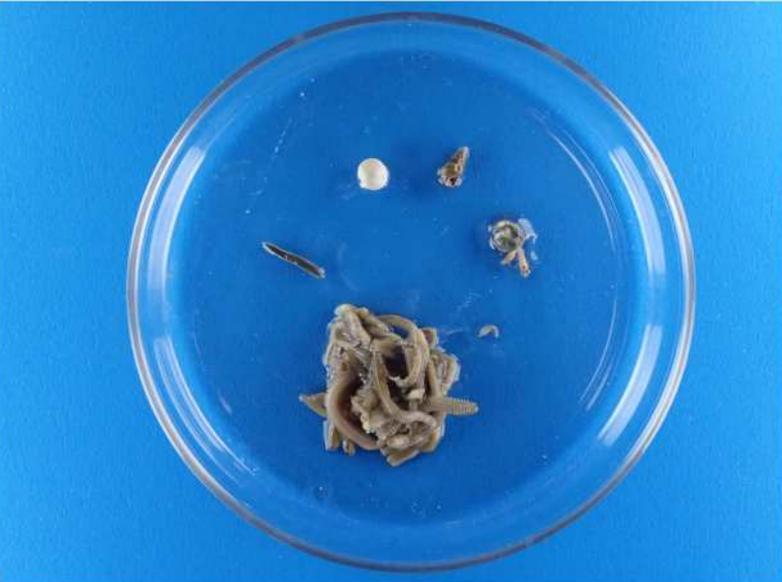
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工1ヶ月後</p> <p>試験区状況</p> <p>300kg/a区（耕耘なし）</p> <p>平成29年7月24日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工2ヶ月後</p> <p>実験干潟</p> <p>平成29年8月22日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工2ヶ月後</p> <p>試験区状況</p> <p>未耕耘区</p> <p>平成29年8月22日</p>

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工2ヶ月後
	試験区状況
	耕耘区（対照区）
	平成29年8月22日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工2ヶ月後
	試験区状況
	300kg/a区＋耕耘
	平成29年8月22日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工2ヶ月後
	試験区状況
	600kg/a区＋耕耘
	平成29年8月22日

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工2ヶ月後</p> <p>試験区状況</p> <p>150kg+耕耘・追加施用150kg/a区</p> <p>平成29年8月22日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工2ヶ月後</p> <p>試験区状況</p> <p>300kg/a区（耕耘なし）</p> <p>平成29年8月22日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>実験干潟</p> <p>平成29年9月21日</p>

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工3ヶ月後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>未耕耘区</p>
	<p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工3ヶ月後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>耕耘区（対照区）</p>
	<p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p>
	<p>施工3ヶ月後</p>
	<p>試験区状況</p>
	<p>300kg/a区＋耕耘</p>
	<p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年9月21日</p>

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>試験区状況</p> <p>600kg/a区+耕耘</p> <p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>試験区状況</p> <p>150kg+耕耘・追加施用150kg/a区</p> <p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>試験区状況</p> <p>300kg/a区（耕耘なし）</p> <p>平成29年9月21日</p>

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	未耕耘区
	1
平成29年6月27日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	未耕耘区
	2
平成29年6月27日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	未耕耘区
	3
平成29年6月27日	

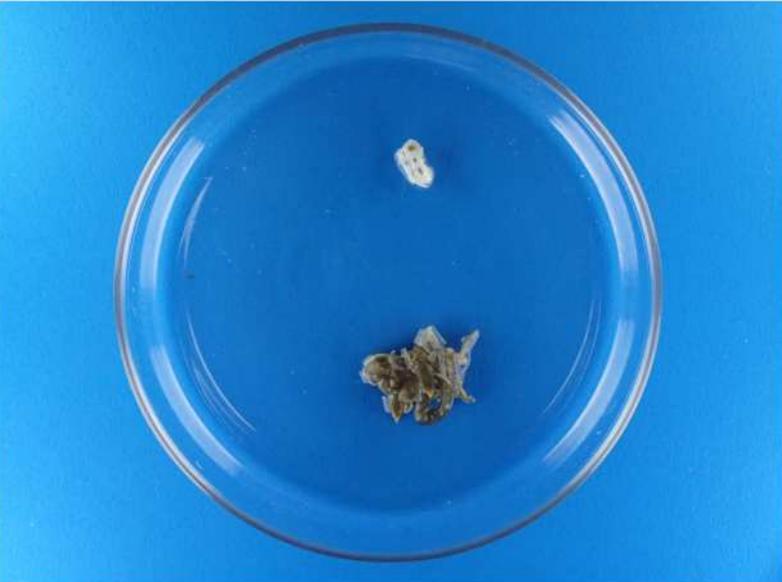
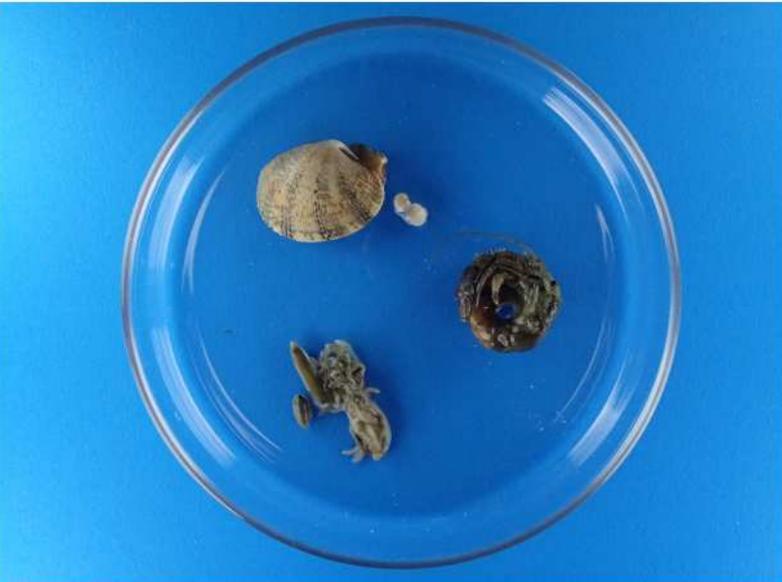
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
耕耘区（対照区）	
1	
平成29年6月27日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
耕耘区（対照区）	
2	
平成29年6月27日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
耕耘区（対照区）	
3	
平成29年6月27日	

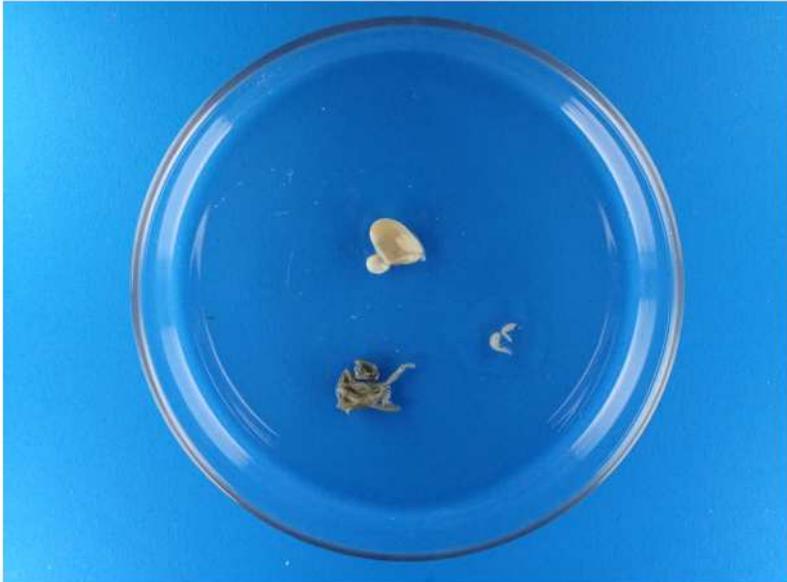
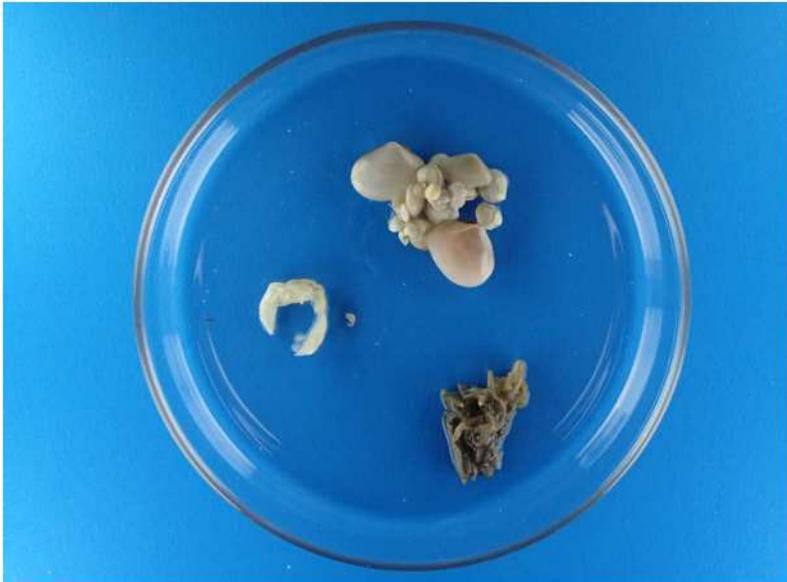
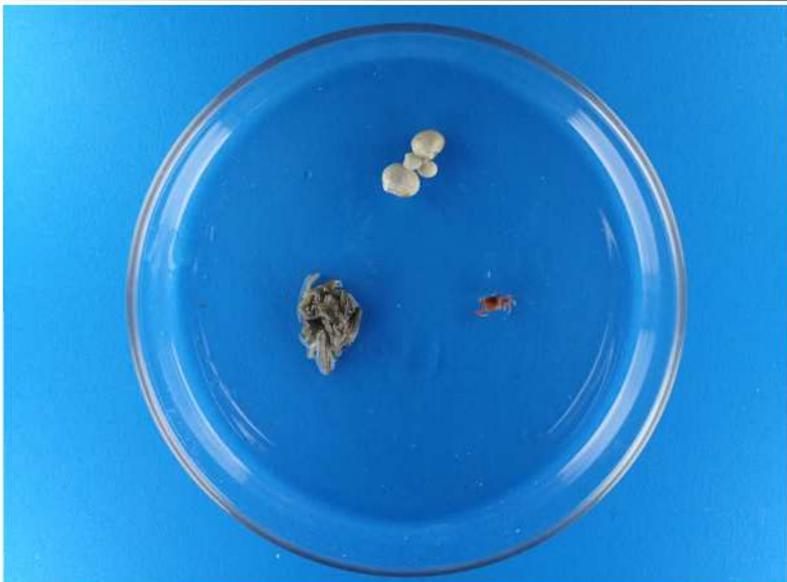
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区+耕耘
	1
	平成29年6月27日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区+耕耘
	2
	平成29年6月27日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区+耕耘
	3
	平成29年6月27日

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	600kg/a区+耕耘
	1
	平成29年6月27日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	600kg/a区+耕耘
	2
	平成29年6月27日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	600kg/a区+耕耘
	3
	平成29年6月27日

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
150kg+耕耘・追加施用150kg/a区	
1	
平成29年6月27日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
150kg+耕耘・追加施用150kg/a区	
2	
平成29年6月27日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
150kg+耕耘・追加施用150kg/a区	
3	
平成29年6月27日	

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区（耕耘なし）
	1
	平成29年6月27日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区（耕耘なし）
	2
	平成29年6月27日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区（耕耘なし）
	3
	平成29年6月27日

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	未耕耘区
	1
平成29年9月21日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	未耕耘区
	2
平成29年9月21日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	未耕耘区
	3
平成29年9月21日	

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	耕耘区（対照区）
	1
	平成29年9月21日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	耕耘区（対照区）
	2
	平成29年9月21日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	耕耘区（対照区）
	3
	平成29年9月21日

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区+耕耘
	1
	平成29年9月21日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区+耕耘
	2
	平成29年9月21日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区+耕耘
	3
	平成29年9月21日

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	600kg/a区+耕耘
	1
平成29年9月21日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	600kg/a区+耕耘
	2
平成29年9月21日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	600kg/a区+耕耘
	3
平成29年9月21日	

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	150kg+耕耘・追加施用150kg/a区
1	
平成29年9月21日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	150kg+耕耘・追加施用150kg/a区
2	
平成29年9月21日	
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	150kg+耕耘・追加施用150kg/a区
3	
平成29年9月21日	

	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区（耕耘なし）
	1
	平成29年9月21日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区（耕耘なし）
	2
	平成29年9月21日
	平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術
	施工3ヶ月後
	底生生物調査
	確認種
	300kg/a区（耕耘なし）
	3
	平成29年9月21日

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>底質調査</p> <p>コア写真</p> <p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>底質調査</p> <p>コア写真</p> <p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>底質調査</p> <p>コア写真</p> <p>平成29年9月21日</p>

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>底質調査</p> <p>コア写真</p> <p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>底質調査</p> <p>コア写真</p> <p>平成29年9月21日</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリン®」による 環境改善技術</p> <p>施工3ヶ月後</p> <p>底質調査</p> <p>コア写真</p> <p>平成29年9月21日</p>

	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>作業状況</p> <p>底質調査</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>作業状況</p> <p>間隙水調査</p>
	<p>平成29年度 環境技術実証事業 「セラクリーン®」による 環境改善技術</p> <p>作業状況</p> <p>底生生物調査</p>

正誤表

下記の通り、誤記がありましたので訂正いたします。

【誤】 p.11 「5.参考情報」

項目		実証申請者または開発者 記入欄		
技術名称		セラクリン® (英文表記: Ceraclean®)		
企業名		太平洋セメント株式会社 (英文表記: Taiheiyō Cement Corporation)		
連絡先	TEL/FAX	TEL:03-5531-7416 / FAX:03-5531-7606		
	Webアドレス	http://www.taiheiyō-cement.co.jp		
	E-mail	shouhei.yanagiya@taiheiyō-cement.co.jp		
設置・導入条件		<p>1. 特徴: ヘドロの堆積、酸性化、硬化により劣化した干潟や海洋底質の環境を改善し、豊かな沿岸環境を提供する。</p> <p>2. 施工方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・農用トラクターを利用し、ライムソー等の機械で資材を均一に散布した後、ロータリー等で耕耘し混合する。 ・小規模の施工であれば、資材の手散き、鍬等での手混合により施工する。 ・沈水域での施工は、ネット等に資材を充填し、海底に置床・固定する。 		
設置・調整期間		・標準施用量は300~500kg/10a。事前に底質を採取し、ピーカー試験等にてpH等を指標に目標値を達成する施用量を決定するのが好ましい。		
費目		単価(円)	数量(10aあたり)	計(円)
コスト概算	イニシャルコスト(300kg/10a、年1回手作業での追加散布を想定)			
	土木費	施工条件による		
	薬剤費(セラクリン)	200円/kg	300kg/10a	60,000円
	ランニングコスト(年間)			
	薬剤費(セラクリン)	200円/kg	300kg/10a	60,000円
	その他消耗品費			
	生成物処理費/販売収入			
	電力使用料			
維持管理人工費()				
円/10aあたり				120,000円

【正】 p.11 「5.参考情報」

項目		実証申請者または開発者 記入欄		
技術名称		セラクリン® (英文表記: Ceraclean®)		
企業名		太平洋セメント株式会社 (英文表記: Taiheiyō Cement Corporation)		
連絡先	TEL/FAX	TEL:03-5801-0404 / FAX:03-5801-0414		
	Webアドレス	https://www.taiheiyō-cement.co.jp/service_product/ceraclean/index.html		
	E-mail	junji.hamasaki@taiheiyō-cement.co.jp		
設置・導入条件		<p>1. 特徴: ヘドロの堆積、酸性化、硬化により劣化した干潟や海洋底質の環境を改善し、豊かな沿岸環境を提供する。</p> <p>2. 施工方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・農用トラクターを利用し、ライムソー等の機械で資材を均一に散布した後、ロータリー等で耕耘し混合する。 ・小規模の施工であれば、資材の手散き、鍬等での手混合により施工する。 ・沈水域での施工は、ネット等に資材を充填し、海底に置床・固定する。 		
設置・調整期間		・標準施用量は 3,000kg/10a 。事前に底質を採取し、ピーカー試験等にてpH等を指標に目標値を達成する施用量を決定するのが好ましい。		
費目		単価(円)	数量(10aあたり)	計(円)
コスト概算	イニシャルコスト(必要に応じて、年に1回程度追肥しても良い)			
	土木費	施工条件による		
	薬剤費(セラクリン)	200円/kg(メーカー希望価格)	3,000kg/10a	600,000円
	ランニングコスト(年間)			
	薬剤費(セラクリン)			
	その他消耗品費			
	生成物処理費/販売収入			
	電力使用料			
維持管理人工費()				
円/10aあたり				600,000円

【修正日時】 2020年9月3日