

環境省

平成27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28年3月

実証機関：日本ミクニヤ株式会社

実証技術：酸化マグネシウムによる底質改善技術

実証申請者：宇部マテリアルズ株式会社

実証番号：090-1402



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
2. 実証試験の概要	2
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 室内試験	5
3.1.1 試験実施者	5
3.1.2 実験内容	5
3.1.3 実験結果	5
3.2 実証海域における事前調査	5
3.2.1 調査実施者	5
3.2.2 調査内容	5
3.2.3 調査結果	5
4. 実証試験結果	6
4.1 実証項目および目標水準	6
4.2 底質の pH の変動	6
4.3 硫化水素の発生状況	7
4.3.1 底質の硫化物（AVS）の変動	7
4.3.2 間隙水中の硫化水素の変動	8
4.4 底生生物の変動	9
4.5 普及拡大に向けた課題	10
5. 参考情報	10
本編	11
1. 導入と背景	11
2. 実証試験参加組織と実証試験参加者の責任分掌	12
3. 実証対象技術の概要	14
3.1 実証対象技術の概要	14
3.2 効果と原理	15
3.2.1 実証対象技術の原理	15
3.2.2 室内試験結果の引用	16
3.2.3 事前調査結果の引用	18
4. 実証試験場所の概要	19

5. 実証試験の内容	21
5.1 実証項目および目標	21
5.2 調査項目	22
5.3 調査内容	23
5.3.1 実施対象技術の配置	23
5.3.2 底質調査	24
5.3.3 底生生物調査	25
5.3.4 水質調査	26
5.4 スケジュール	27
6. 実証試験の結果と考察	28
6.1 観測期間中の水質・底質環境	28
6.1.1 気象状況および水温、塩分、D0 の経時変化	28
6.1.2 試験期間中の底質環境	29
6.2 底質の pH の変動	30
6.3 硫化水素の発生状況	32
6.3.1 底質の硫化物 (AVS) の変動	32
6.3.2 間隙水中の硫化水素の変動	33
6.4 底生生物の変動	34
6.5 考察	36
6.5.1 期待される導入効果	36
6.5.2 普及拡大に向けた課題	37
6.6 実証試験のまとめ	38

全体概要

1. 実証対象技術の概要

1.1 実証技術の原理

本実証技術は、酸化マグネシウムを散布し、底泥表層(2cm程度)を pH8.0 以上の弱アルカリ性に保つことで、硫酸還元菌の増殖を抑制し、硫化水素の発生を抑える効果を期待している。実証対象技術の原理を以下に示す(図 1.1.)。

散布された酸化マグネシウムは、水と反応して水酸化マグネシウムを生成する。



海底に沈降した水酸化マグネシウムは、底質の pH を上昇させる。

底質を弱アルカリ性に保つことで硫酸還元菌の活動が抑制され、硫化水素生成が抑制される(図 1.2)。

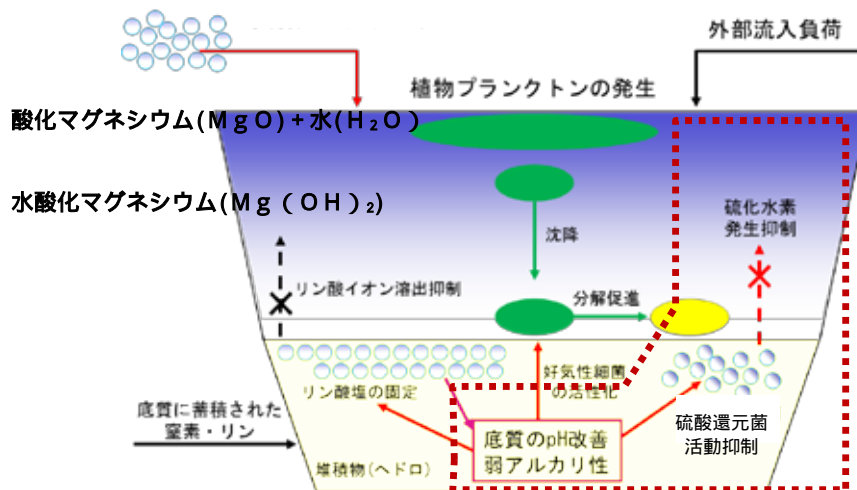
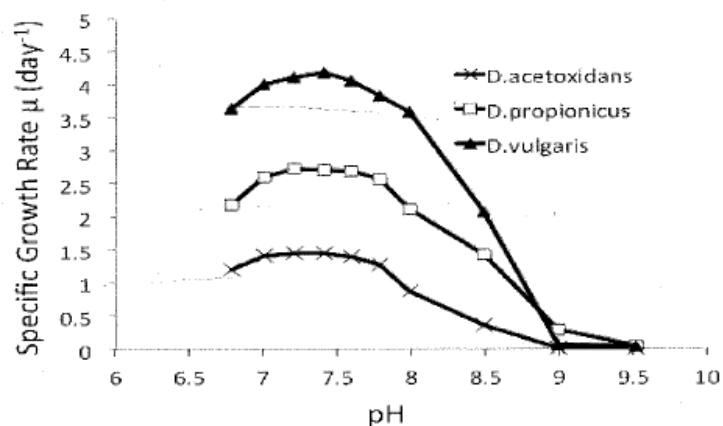


図 1.1 実証対象技術の原理



Vincent et al, Process Biochemistry, Vol.33., No.5.,pp555-1198,1998

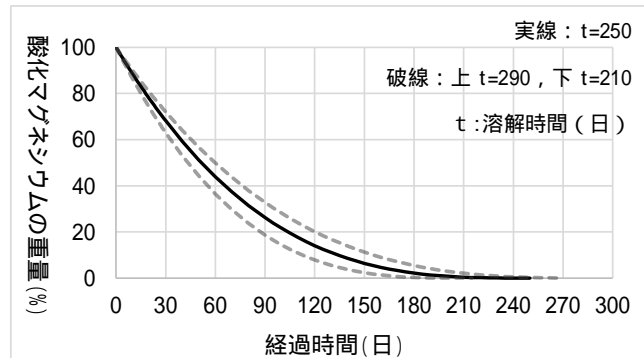
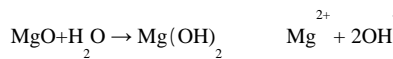
図 1.2 硫酸還元菌の増殖速度と pH の関係

1.2 実証試験に用いた材料

本実証試験に用いた酸化マグネシウムの概要を以下に示す。



酸化マグネシウム (MgO)	
密度 (g/cm ³)	3.58
粒径 (mm)	~ 0.15
溶解時間 (日)	250 ± 40



溶解時間は純水を溶媒とした場合の溶解速度試験の結果

溶解速度は Hixson-Crowell 式 ($3 W_0 - 3 W = kt$) より

図 1.3 実証試験に用いた酸化マグネシウム

2. 実証試験の概要

実証試験の実施概要を以下に示す。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

実証試験実施場所：長崎県時津町浦郷地先（大村湾内）

主な利用状況	大村湾は古くは天然真珠の産地であったことから、その後も真珠養殖がおこなわれるようになった。また、沿岸漁業の盛んなどでもあった。湾内では江戸時代以降、ナマコをはじめクルマエビ、ヨシエビ、クロダイ、カレイ、ボラマダイ、マイワシカタクチイワシなどが漁獲対象となっている。	
海域の状況	水質の状況	湾全体の溶存酸素は 1950 年から 1960 年にかけて 5mg/L から 4mg/L に低下した。その傾向は 1970 年代にまで引き続くとともに、無酸素水塊の出現面積が拡大していることも明らかとなっている。
	底質の状況	大村湾の海底は非常に細かな粒子の堆積物で構成されている。大村湾中央部での堆積物の中央粒径値は 4 ミクロンである。
	生物生息環境	節足動物のカブトガニ、魚類のイドミズハゼやトラフグ、トビハゼ、海産哺乳類のスナメリが確認されている。また、湾奥部の湿地に生息するアオイ科のハマボウも確認されている。
課題	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。 大村湾では富栄養化が懸念されている。大村湾沿岸域、特に南部沿岸域を中心に人口は増え続けている。その結果、チッ素やリンが大村湾に流入し続けている。その有機物は、大村湾固有の微細粒子と結合して富栄養化した海底堆積物へと変化している。しかし、夏季の無・貧酸素水塊の出現によってそれらの有機物は分解され、チッ素やリンは再度海水中に溶出してくる。このような悪循環をくい止めるには、過剰なチッ素やリンなどを大村湾から取り出す必要がある。このためには流域からの栄養塩負荷を軽減するとともに、基本的には大村湾の漁業振興を必要とする。 改善計画等、どのような検討が進められているか。 2003 年に「大村湾環境保全・活性化行動計画」が策定された。そこには単に流入河川の水質改善のみならず、栄養塩の系外への取り出しを意味する大村湾内で漁業の振興を謳うとともに、野生生物の保護とそのための自然環境の保全を目指している。	

* 松岡数充：大村湾 超閉鎖性海域「琴の海」の自然と環境より



図 2.1 実証試験海域

2.2 実証試験区の配置状況

本実証試験では、実証技術の効果を把握するため下記の区画を設け試験を行った。

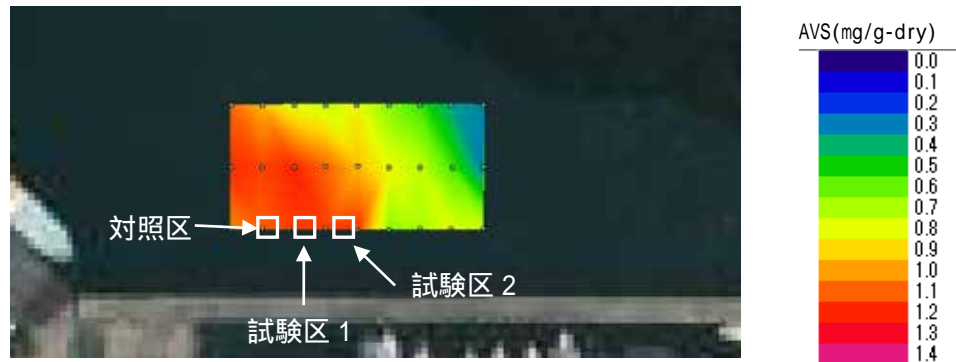


図 2.2 実証試験区画概要

酸化マグネシウムの散布の有無による効果を確認するため、酸化マグネシウムを散布する試験区と散布しない対照区を設定し、試験を行った。試験区画の大きさは 3×3m とし、試験区間の距離は 3m とした。

試験区については、効果的な散布方法を確認するため、酸化マグネシウムの散布回数異なる区画「試験区 1 (散布 1 回)」、「試験区 2 (散布 2 回)」を設定した。

2.3 実証試験区の底質

各試験区画において、酸化マグネシウム散布前に底質、間隙水の分析を行った。結果を以下に示す。

表 2-1 各試験区画における散布前の底質分析結果

	硫化物 (AVS)	硫化水素	強熱減量	Chl-a	含水比
	mg/g-dry	mg/L	%	mg/g-dry	%
試験区 1	0.907	0.043	10.4	1.5	81.4
試験区 2	0.928	0.035	10.3	1.7	84.9
対照区	1.072	0.050	11.7	1.5	90.7

2.4 実証試験の実施工程

実証試験の実施工程を以下に示す。

表 2-2 実証試験の実施工程

項 目															
		6月 6/23			7月 7/7 7/21			8月 8/7 8/19		9月 9/3 9/16		10月 10/20	...	12月 12/4	
酸化マグネシウムの散布	試験区1														
	試験区2														
底質調査															
底生生物調査															
水質連続観測															
水質鉛直観測															

2.5 実証試験の調査項目と調査方法

・ 底質調査

酸化マグネシウムの散布の有無による底質環境の変化と現況を確認するために、底質調査を行った。底質試料は、潜水土により表層 2cm の底泥を採取し分析した。また、柱状泥を採取し、pH の鉛直分布(底面下から 1cm、3cm、6cm、9cm)を測定した。

・ 底生生物調査

酸化マグネシウムの散布の有無による底生生物の生息状況の変化を確認するために、底生生物調査を行った。底生生物の採取は、グラブ式採泥器(ハンドマッキン)を用い、潜水土によって行った。採取した試料は、ふるい分け(1mm 目合い)し、1mm 目合いフルイに残った試料について、種の同定および個体数、湿重量の計測を行った。

・ 水質調査

実証試験時の水質環境を把握するために、対照区を代表地点とし、水質の連続観測と鉛直計測を実施した。

連続観測は底上 20cm に水質計(JFE アドバンテック(株)製)を設置し、水温、塩分、溶存酸素濃度を観測した。連続観測は試験開始から貧酸素化が懸念される 10 月までとした。

鉛直観測は船上より多項目水質計(JFE アドバンテック(株)製)を下ろし、水温、塩分、溶存酸素濃度を観測した。鉛直観測は底質調査と併せて実施した。

3. 実証試験以外の試験データ（室内実験データ）の活用

詳細は、本編 3.2.3 室内試験結果の内容を参照。

3.1 室内試験

3.1.1 試験実施者

長崎大学

3.1.2 実験内容

酸化マグネシウムの散布によって、底質の全硫化物(AVS)と間隙水中の硫化水素に与える影響について、室内実験により確認した。

表 3-1 室内試験実施概要

実験試料	実証試験海域(対照区)の表層2cmの底泥
実験系	Case1: 直上水の溶存酸素濃度 0.5mg/l
	Case2: 直上水の溶存酸素濃度 2.5mg/l
区画	無散布区、MgO添加区、Mg(OH) ₂ 添加区 (添加量はいずれも400g/m ² 相当)
分析項目	底質の全硫化物、間隙水中の硫化水素

なお、硫化水素についてはCase1のみで実施

3.1.3 実験結果

1) 全硫化物 (T-S)

Case1、Case2 の両方において、酸化マグネシウム添加区、水酸化マグネシウム添加区とも全硫化物の減少が確認された。

2) 硫化水素 (H₂S)

試験開始から一週間後、対照区では硫化水素濃度が上昇したが、酸化マグネシウム添加区、水酸化マグネシウム添加区の両方において、硫化水素の減少が確認された。

以上より、室内実験結果においてマグネシウム剤の散布による硫化水素の発生抑制効果が確認されており、本試験においても貧酸素状態が継続した際に、酸化マグネシウム添加区において、対照区と比較して硫化水素が低い状態が維持されることが期待される。

3.2 実証海域における事前調査

3.2.1 調査実施者

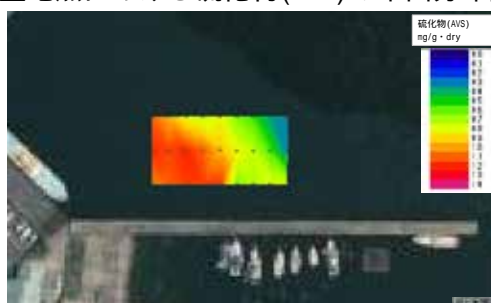
宇部マテリアルズ株式会社

3.2.2 調査内容

本実証試験の実施予定海域における底質環境を把握するため、平成 27 年 4 月 27 日に底質調査を実施した。

3.2.3 調査結果

調査地点における硫化物(AVS)の平面分布図を以下に示す。



4. 実証試験結果

4.1 実証項目および目標水準

本実証試験の実証項目と目標水準を以下に示す。

表 4-1 期待する効果、実証項目と目標水準

実証項目	目標水準
硫化水素の発生抑制	pH を 8.0 以上に保ち、 対照区(無散布)より硫化水素が低いこと

4.2 底質のpHの変動

酸化マグネシウムの散布による pH の上昇効果を把握するため、底質の pH の変動を調査した。結果を以下に示す。

- ・対照区では、試験開始から 12 月中旬まで pH が 7.3~7.7 の間を推移した。
- ・1 回目散布では、試験区 1、試験区 2 とともに底面下 1cm において、散布後 2 週間で pH9 以上まで上昇することが確認され、対照区と比較し底面下 6cm 程度まで pH の上昇効果が見られた。
- ・2 回目散布では、試験区 2 において、散布後 2 週間で pH8.5 程度まで上昇することが確認された。1cm 層において、1 回目散布よりも pH が上昇しなかった要因として、1 回目散布よりも周辺の pH が低いこと、8/12 の出水による堆積物の影響が考えられる。
- ・試験区において、底面下 1cm で散布後約 1.5~2 ヶ月間、底面下 3cm で散布後約 1 ヶ月間、pH8.0 を維持する状況が確認された。

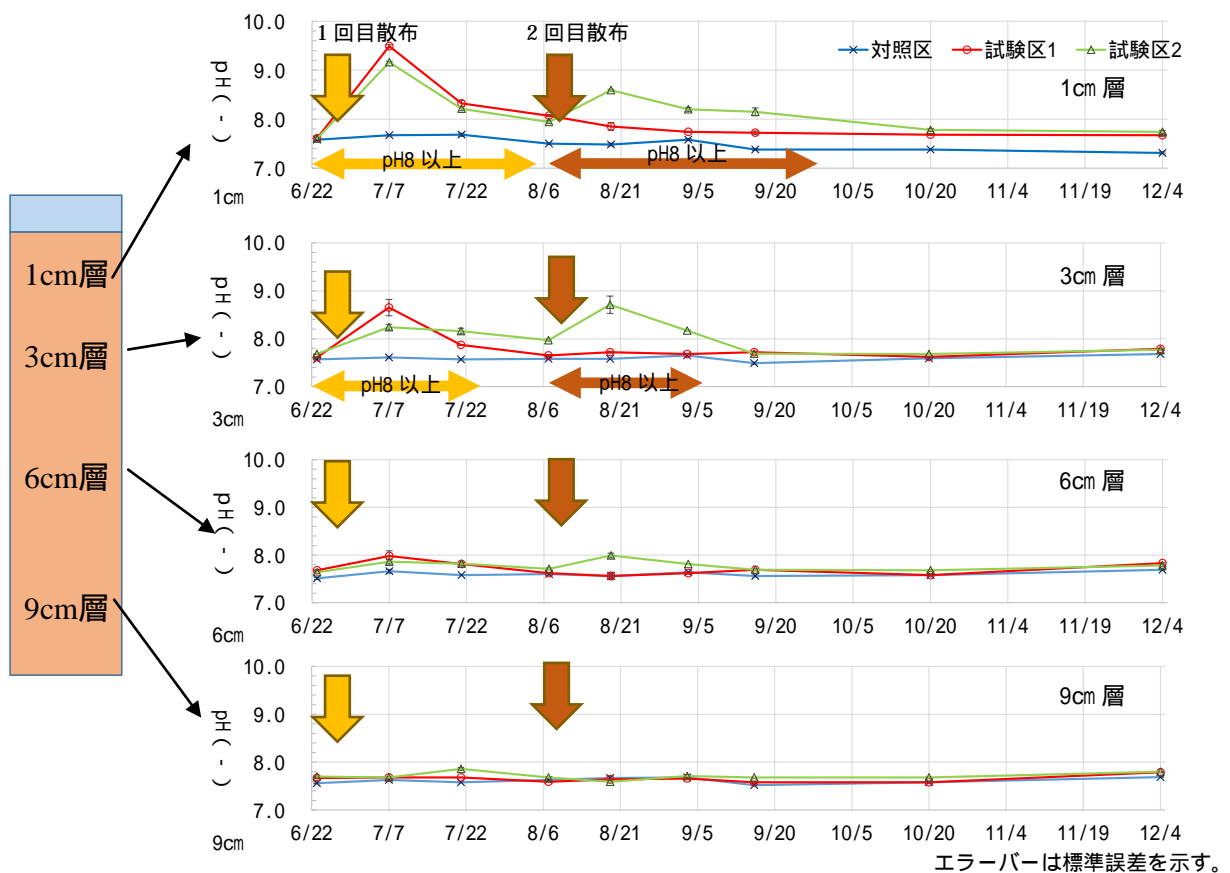


図 4.1 底質の pH の経時変化 (上段から海底面下 1cm、3cm、6cm、9cm)

酸化マグネシウムの散布による pH の上昇効果について

- 酸化マグネシウムの散布により、散布後 2 週間程度で底面下 1cm の pH を 8.5 以上まで、底面下 3cm の pH を 8 以上まで上昇させる効果がみられた。
- 対照区と比較して、底面下 6cm 程度まで pH の上昇効果が見られた。
- 試験区において、底面下 1cm で散布後約 1.5~2 ヶ月間、底面下 3cm で散布後約 1 ヶ月間、pH8.0 を維持する状況が確認された。

以上の結果より、当海域の環境下においては、散布量 400g/m² で硫酸還元菌の活動を抑制すると期待される範囲まで、pH を上昇させる効果が得られることが確認された。また、pH 上昇効果の持続期間として、海底の表層において散布後約 1.5~2 ヶ月間、pH8.0 を維持することが確認された。

4.3 硫化水素の発生状況

酸化マグネシウムの散布による硫化水素の発生抑制効果を把握するため、底質の硫化物(AVS)および間隙水中の硫化水素を調査した。結果を以下に示す。

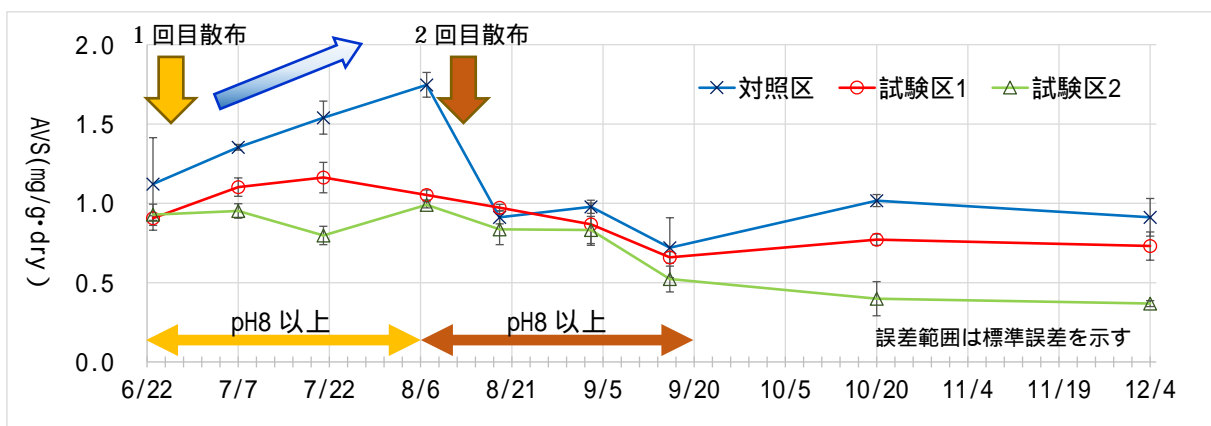
4.3.1 底質の硫化物 (AVS) の変動

1 回目散布

- 対照区では、散布後 8/7 まで硫化物(AVS)が上昇した。
- 試験区では低い値を維持し、試験区と対照区で有意な差($P < 0.05$, $n=3$)が見られた。

2 回目散布

- 試験区において、対照区と比較して、概ね低い値を示す傾向にあるが、試験区、対照区とも硫化物(AVS)が低い値で推移し、散布による効果は明確ではなかった。



		6月23日	7月7日	7月21日	8月7日	8月19日	9月3日	9月16日	10月20日	12月4日
試験区1	平均値	0.907	1.103*	1.163	1.053**	0.973	0.868	0.659	0.771**	0.731
試験区2	平均値	0.928	0.952**	0.798**	0.991**	0.836	0.832	0.523	0.399**	0.368*
対照区	平均値	1.122	1.353	1.540	1.747	0.912	0.978	0.720	1.017	0.912

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, $n=3$

図 4.2 底質の硫化物 (AVS) の経時変化

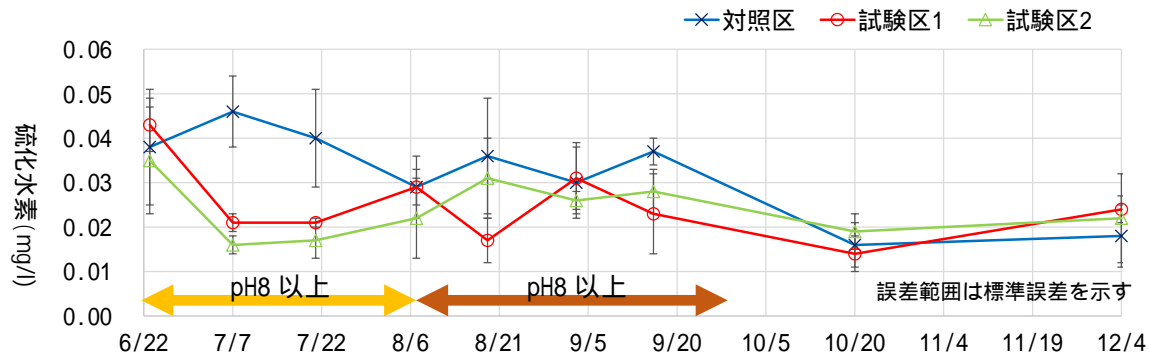
4.3.2 間隙水中の硫化水素の変動

1 回目散布

- ・ 対照区と比較し試験区では低い値を維持する傾向が見られ、2 週間後の 7/7 では、対照区と比較し、試験区では有意に低い値を示した ($P < 0.05, n=3$)。

2 回目散布

- ・ 試験区において、対照区と比較し低い値を示す傾向にあるが、明確な差は確認されなかった。



		6月23日	7月7日	7月21日	8月7日	8月19日	9月3日	9月16日	10月20日	12月4日
試験区1	平均値	0.043	0.021*	0.021	0.029	0.017	0.031	0.023	0.014	0.024
試験区2	平均値	0.035	0.016*	0.017	0.022	0.031	0.026	0.028	0.019	0.022
対照区	平均値	0.038	0.046	0.040	0.029	0.036	0.030	0.037	0.016	0.018

図 4.3 間隙水中の硫化水素の経時変化

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01, n=3$

硫化水素の発生抑制効果について

硫化物 (AVS)

対照区において硫化物(AVS)が上昇した 1 回目散布の期間、試験区において硫化物(AVS)の上昇を抑制した。

硫化水素 (H_2S)

1 回目散布 2 週間後の 7/7 では、対照区と比較し、試験区では有意に低い値を示した ($P < 0.05, n=3$)。7/7 以降、対照区の硫化水素が減少したため、試験区においても硫化水素の明確な抑制は確認できなかった。しかしながら、硫化水素の発生に起因する硫化物 (AVS) の上昇が、試験区において抑制されており、当該期間中の硫化水素の発生を抑制していたと推測される。

本実証試験より、硫化水素の発生抑制効果が得られる目安となる pH は、硫化物(AVS)の抑制期間と pH の変動を照合すると、pH8.0 程度であることが推測される。

また、本技術の適用に際し、底泥が嫌気化する前に酸化マグネシウムを散布し、硫酸還元菌が活動しにくくなる環境を整えておくことが効果的な適用方法であると考えられる。本実証試験においても、貧酸素水塊が発生する前に酸化マグネシウムを散布し、硫酸還元菌の活動を抑制する効果が確認された。従って、貧酸素水塊発生前に酸化マグネシウムを散布することが効果的であると考えられる。

本実証試験では、2 回目散布以降、硫化物(AVS)及び硫化水素の上昇が見られなかったため、繰り返し散布による明確な効果は確認されなかったが、実海域において本技術を適応する場合、底泥の pH をモニタリングしながら pH8.0 を維持するように酸化マグネシウムを散布する方法がより効果的であると考えられる。

4.4 底生生物の変動

酸化マグネシウムの散布の有無による底生生物生息状況の変化と現況を確認するために、底生生物調査を行った。結果を以下に示す。

- ・硫化物 (AVS)が上昇した7/7以降、対照区において底生生物の種数、ゴカイ、イソメ類の環形動物、軟体動物 (特に比較的大型のヒメシラトリガイ) が減少した。
- ・同期間、試験区では対照区と比較し種数、個体数、湿重量とも高い値を維持した。
- ・9月以降、試験区、対照区とも種数、個体数、湿重量が減少した。しかし、対照区と比較して試験区は、種数、個体数、湿重量のいずれも減少の程度が緩和された。
- ・酸化マグネシウムの散布による底生生物への悪影響は、確認されなかった。

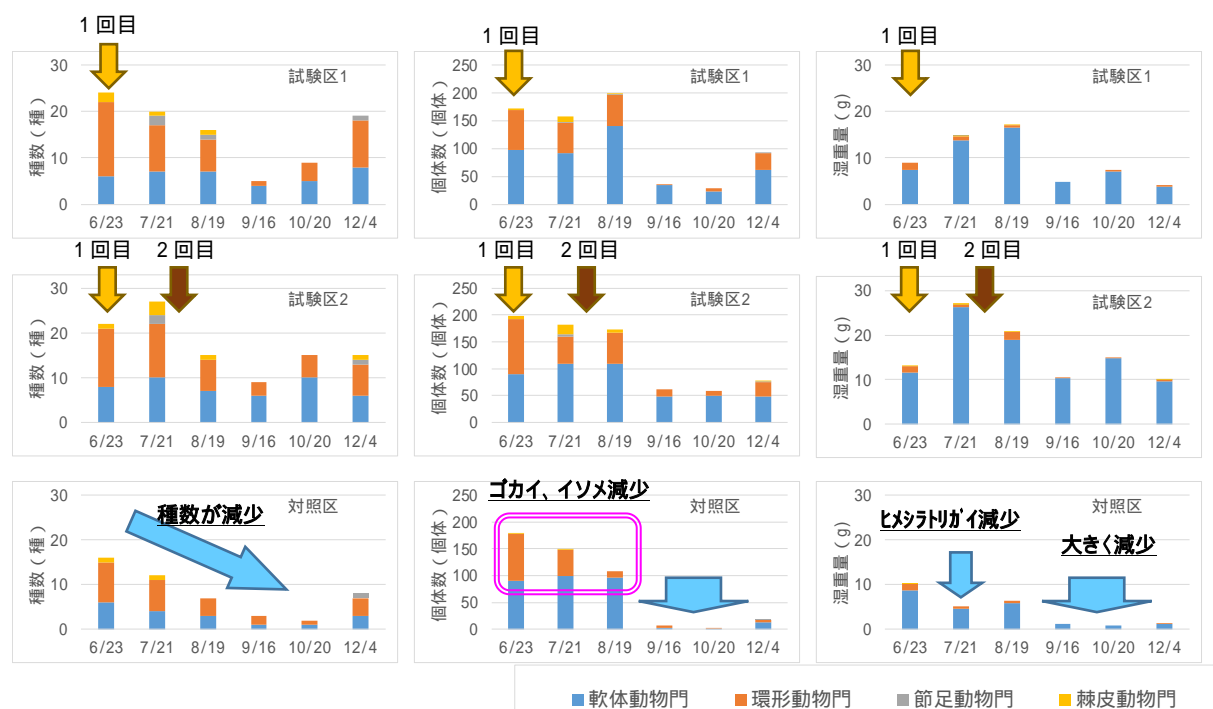


図 6.7 底生生物の経時変化

単位：種，個体，g/0.15m²

底生生物の減少緩和効果について

硫化物 (AVS)の上昇を抑制した期間中、対照区と比較して、試験区において環形動物の減少が抑制されている。従って、硫化水素が発生する環境においては、酸化マグネシウムの散布により硫化水素の発生に伴う底生生物の減少を緩和する効果が期待できる。

また、9月以降において対照区より、試験区では種数、個体数、湿重量とも比較的高い値を維持している。溶存酸素の連続観測結果より、9月上旬および下旬に、底層水が貧酸素化している。7月～8月にかけて硫化水素の影響が少なかった試験区では、対照区と比較して貧酸素の影響が軽減されたことで、生物量の減少が緩和されたと考えられる。

4.5 普及拡大に向けた課題

本実証試験では、酸化マグネシウムの散布量 400g/m² で期待する効果が得られたが、異なる底質環境下では、必要とする酸化マグネシウムの量や、効果の持続期間も異なることが予想される。

本技術の普及に際し、底質の pH や強熱減量などの指標となる項目を設定し、底質環境と酸化マグネシウムの散布量や効果の持続期間との関係について、室内実験等を行うことにより求めておくことが重要であると考えられる。

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	
製品名・型番		クリアウォーター（酸化マグネシウム）	
製造(販売)企業名		宇部マテリアルズ株式会社	
連絡先	TEL/FAX	TEL (0836) 31-6085 / FAX (0836) 31-0275	
	Web アドレス	http://www.ubematerials.co.jp/	
	E-mail	shunya.tanaka@ubematerials.co.jp	
設置・導入条件		<ul style="list-style-type: none"> ・底質の状況に応じて、散布量を調整することが可能である。 ・比較的水深が浅く（20m 以下）潮流が緩やかな閉鎖性海域において、最も効果を発揮する。 	
必要なメンテナンス		散布後、底質の状況を確認しながら、必要に応じて追加散布を行う。	
耐候性と製品寿命等		製品を散布後 2 ～ 3 ヶ月間効果が持続する。	
コスト概算 (条件：散布費用及び製品運搬料は含みません。)		イニシャルコスト（400g/m ² 、散布回数 2 回を想定）	
		薬剤費用	280 円/m ² ・年
		合計	280 円/m ² ・年
		ランニングコスト	
			0 円/年
		合計	0 円/年

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、酸化マグネシウムを散布することにより、底泥表層を pH8.0 以上の弱アルカリ性に保つことにより、硫酸還元菌の増殖を抑制し硫化水素の発生を抑えることを期待している。

硫酸還元菌は pH がアルカリ側に移行すると増殖速度が低下し、活動が抑制されることが知られている。そのため、酸化マグネシウムを散布することによって、底質の pH を 8.0 以上の弱アルカリ性にし、硫酸還元菌の活動を抑制できれば、硫化水素 (H_2S) の発生を抑制することが期待できる。

また、毒性の強い硫化水素 (H_2S) が発生すると、底生生物のへい死を誘発することになる。底泥表層及び底泥中に生息する底生生物は、海水-堆積物間における物質循環において重要な役割を担っていると考えられている。そのため、底生生物がへい死すると、海域における物質循環機能の低下を引き起こすことが懸念される。そこで、酸化マグネシウムを散布することにより硫酸還元菌の活動及び硫化水素 (H_2S) の発生を抑制することにより、底生生物が生息可能な環境を維持するとともに、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できる。

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。本業務の実施に当たって、特定非営利法人大阪湾沿岸域環境創造研究センターとの連携・協力を図り、更なる公平性・公正性を担保した。照査については、当社 BCM 推進センターにおいて実施した。

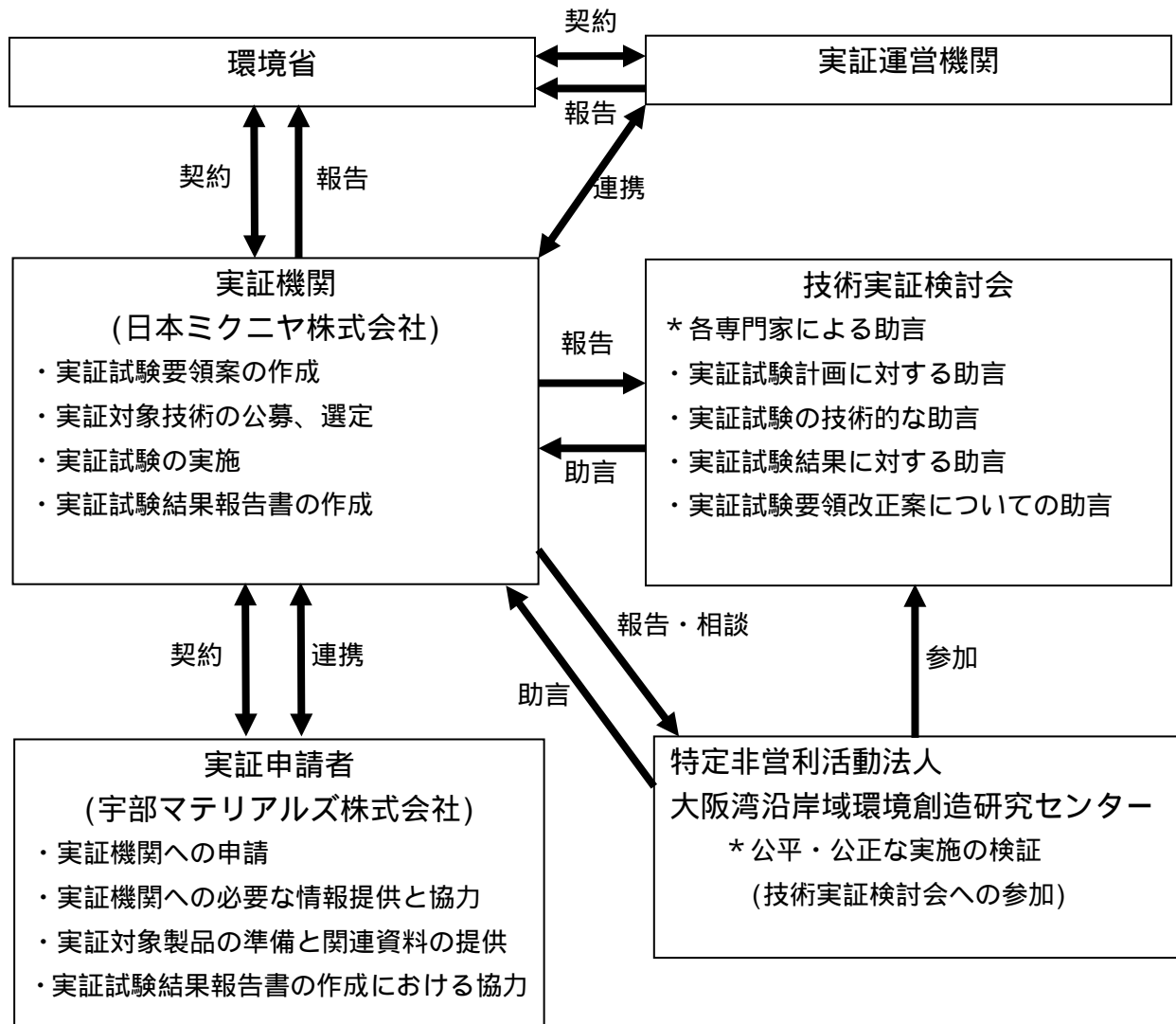


図 2.1 実証試験評価実施体制

表 2.1 実証機関の責任分掌

区分	実証試験参加機関	責任分掌
実証機関	日本ミクニヤ株式会社 東京支店 岩井克巳、梅津健一、田邊勝、 渡辺真紀、深谷惇志	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、松岡江美	手数料の徴収
		会計・経理処理
	日本ミクニヤ株式会社 九州支店 池上真、鮎本健治、中村一真	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 本社・BCM 推進センター 土屋 正隆	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

貧酸素水塊の発生、微生物などの酸素消費により、底質環境が嫌気状態（ORP の低下）になると、硫酸還元菌によって底質中の有機物が分解されるようになり、その結果、硫化水素（H₂S）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、酸化マグネシウムを散布することにより、底泥表層を pH8.0 以上の弱アルカリ性に保つことにより、以下の効果を期待した。

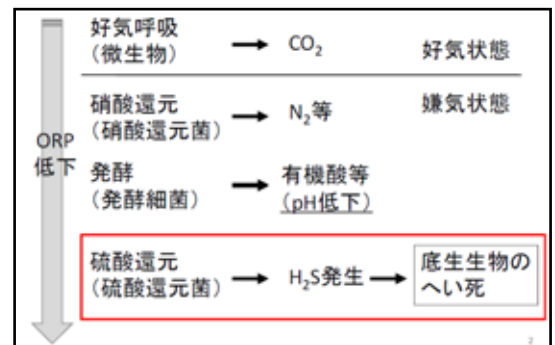


図 3.1 底泥中の硫化水素発生模式図

実証技術による期待する効果：「硫酸還元菌の増殖を抑制し、硫化水素の発生を抑える」

既存技術に対する、本実証技術の期待する優位性を以下に示す。

- ・ 浚渫、覆砂、耕耘等の浄化方法と比較して、大掛かりな設備もなく、費用も比較的安価で、二次汚染の問題もなく、生産行為（漁業、観光等）の中断や浚渫汚泥の処理等が必要ない。
- ・ 浄化装置等の構造物が不要なため、景観を損なわないと同時に、メンテナンスもなく、装置によるランニングコストがかからない。
- ・ 石灰等のアルカリ材と比較し、pH が上がりやすく、海水からの抽出物なので生物への安全性が高い。

実証試験で用いた酸化マグネシウムの概要を以下に示す。

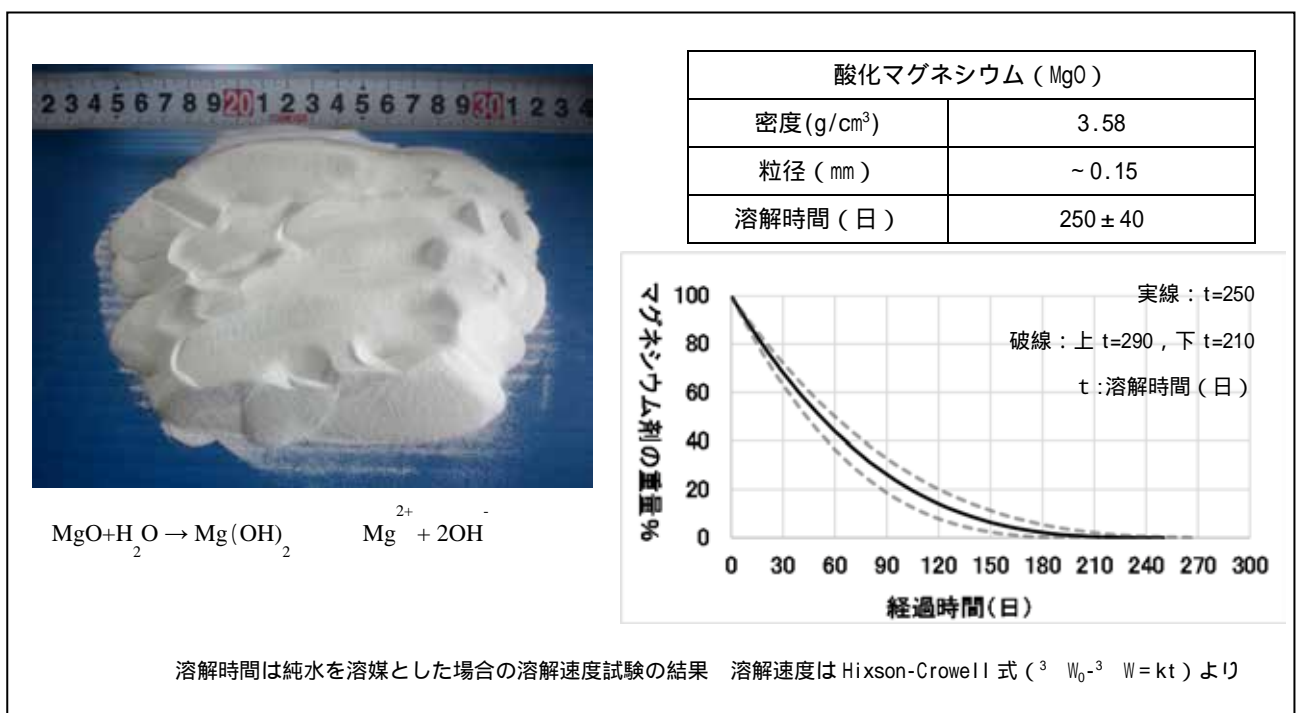


図 3.2 実証試験に用いた酸化マグネシウム

3.2 効果と原理

3.2.1 実証対象技術の原理

本実証技術は、酸化マグネシウムを散布し、底泥表層(2cm 程度)を pH8.0 以上の弱アルカリ性に保つことで、硫酸還元菌の増殖を抑制し、硫化水素の発生を抑える効果を期待している。実証対象技術の原理を以下に示す(図 3.3)。

散布された酸化マグネシウムは、沈降しながら水と反応して水酸化マグネシウムを生成する。 $MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$

海底に沈降した水酸化マグネシウムは、底質の pH を上昇させる。

底質を弱アルカリ性に保つことで硫酸還元菌の活動が抑制され、硫化水素生成が抑制される(図 3.4)。

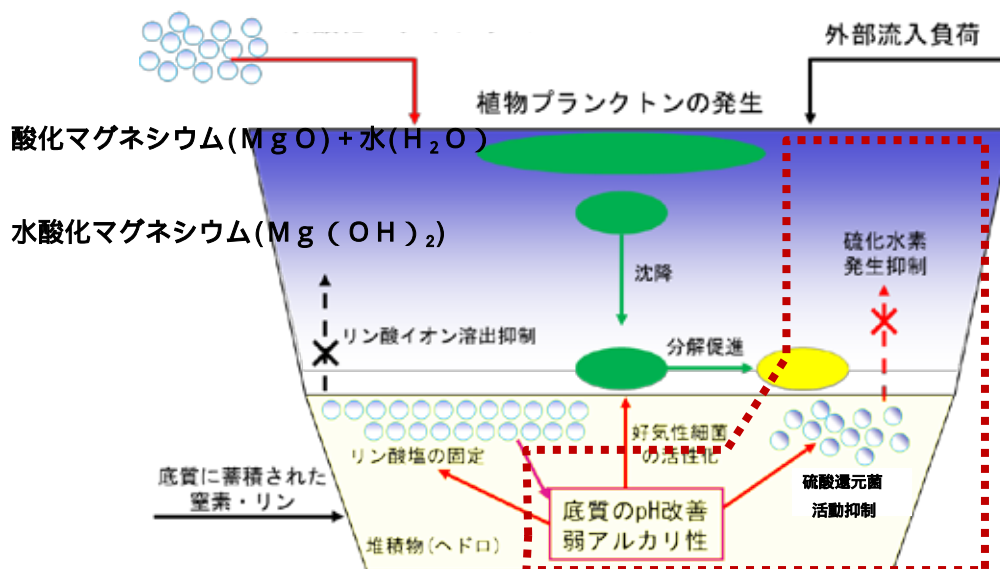
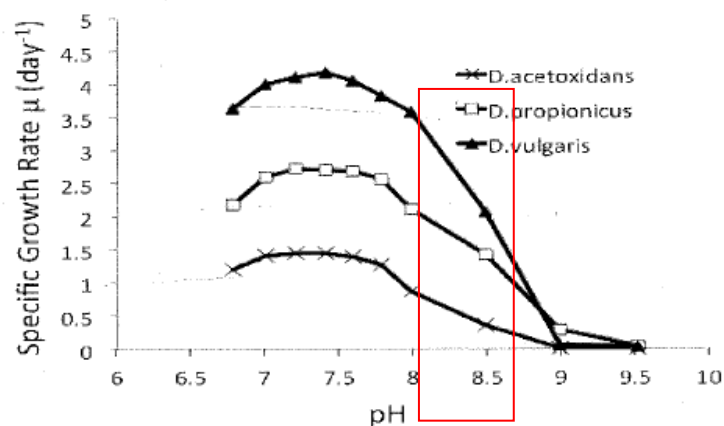


図 3.3 実証対象技術の原理



代表的な硫酸還元菌 3 種に対する硫酸還元菌と pH の関係

Vincent et al, Process Biochemistry, Vol.33., No.5.,pp555-1198,1998

図 3.4 硫酸還元菌の増殖速度と pH の関係

3.2.2 室内試験結果の引用

本実証技術に関する室内試験の結果を以下に示す。

(1) 実験実施者

長崎大学

(2) 実験内容

マグネシウム剤の散布によって、底質の全硫化物と間隙水中の硫化水素に与える影響について、室内実験により確認した。

表 3.1 室内試験概要

実験試料	実証試験海域(対照区)の表層2cmの底泥
実験系	Case1: 直上水の溶存酸素濃度 0.5mg/l
	Case2: 直上水の溶存酸素濃度 2.5mg/l
区画	無散布区、MgO添加区、Mg(OH) ₂ 添加区 (添加量はいずれも400g/m ² 相当)
分析項目	底質の全硫化物、間隙水中の硫化水素

なお、硫化水素についてはCase1のみで実施



室内実験実施状況

実験期間中の溶存酸素濃度

図 3.5 室内試験実施状況

(3) 実験結果

1) 全硫化物 (T-S)

Case1、Case2 の両方において、酸化マグネシウム添加区、水酸化マグネシウム添加区とも全硫化物の減少が確認された。

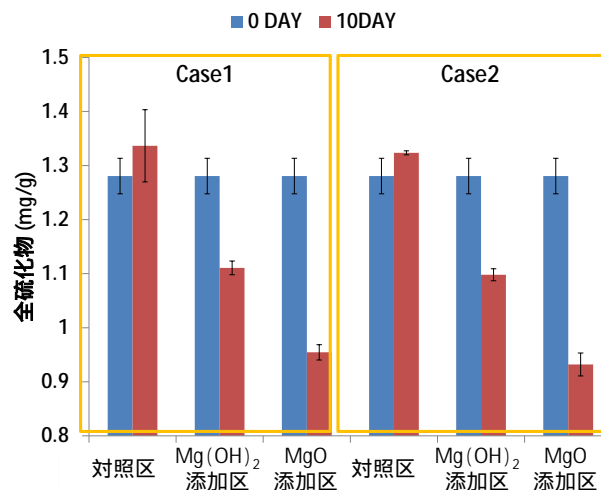


図 3.6 全硫化物試験結果

2) 硫化水素

試験開始から一週間後、対照区では硫化水素濃度が上昇したが、酸化マグネシウム添加区、水酸化マグネシウム添加区の両方において、硫化水素の減少が確認された。

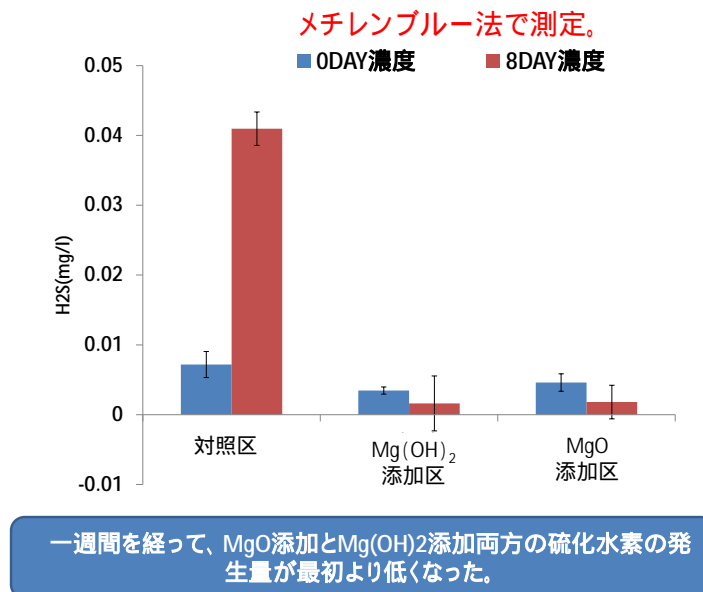


図 3.7 硫化水素試験結果

以上より、室内実験結果においてマグネシウム剤の散布による硫化水素の発生抑制効果が確認されており、現地においても貧酸素状態が継続した際に、酸化マグネシウム添加区において、対照区と比較して硫化水素が低い状態が維持されることが期待される。

3.2.3 事前調査結果の引用

本実証試験の実証海域における事前調査結果を以下に示す。

(1) 調査実施者

宇部マテリアルズ株式会社

(2) 調査内容

本実証試験の実施予定海域における底質環境を把握するため、平成 27 年 4 月 27 日に底質調査を実施した。調査は、潜水土により表層泥を 27 地点採取し、採取した試料について水質汚濁調査指針 5.11.12(検知管法)に従い、硫化物 (AVS) を分析した。

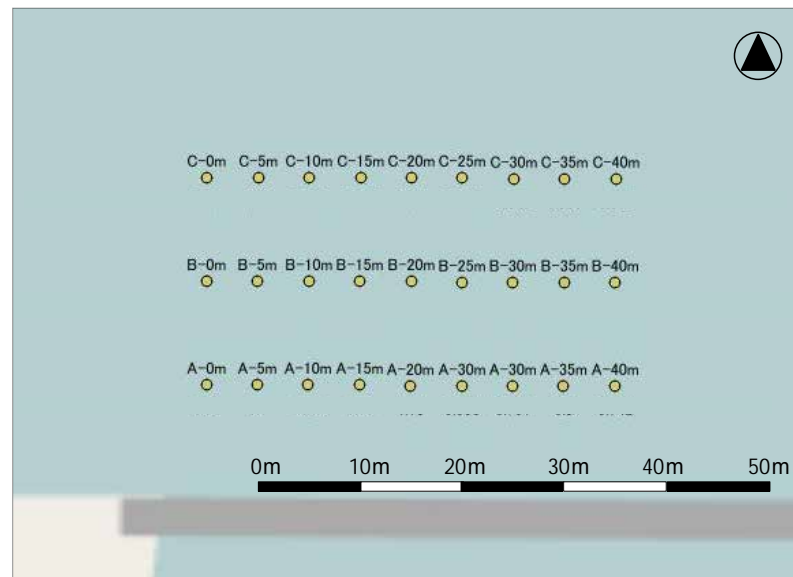


図 3.8 調査位置図

(3) 調査結果

調査地点における硫化物 (AVS) の平面分布図を以下に示す。

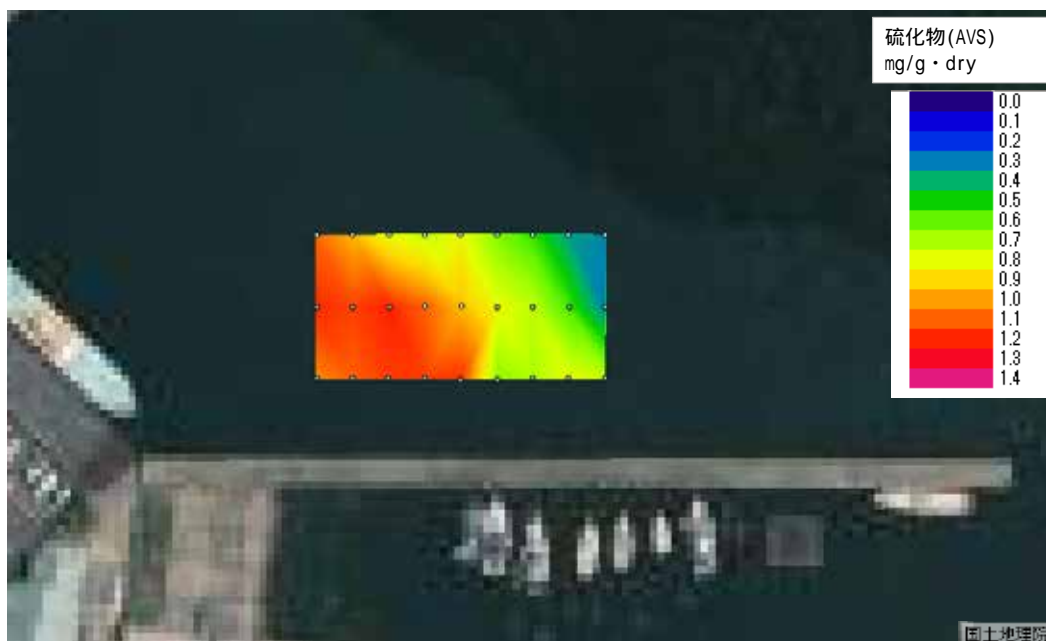


図 3.9 硫化物 (AVS) 平面分布図

4. 実証試験場所の概要

実証試験は、大村湾の湾奥部に位置する長崎県時津町浦郷の地先で実施した。
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。

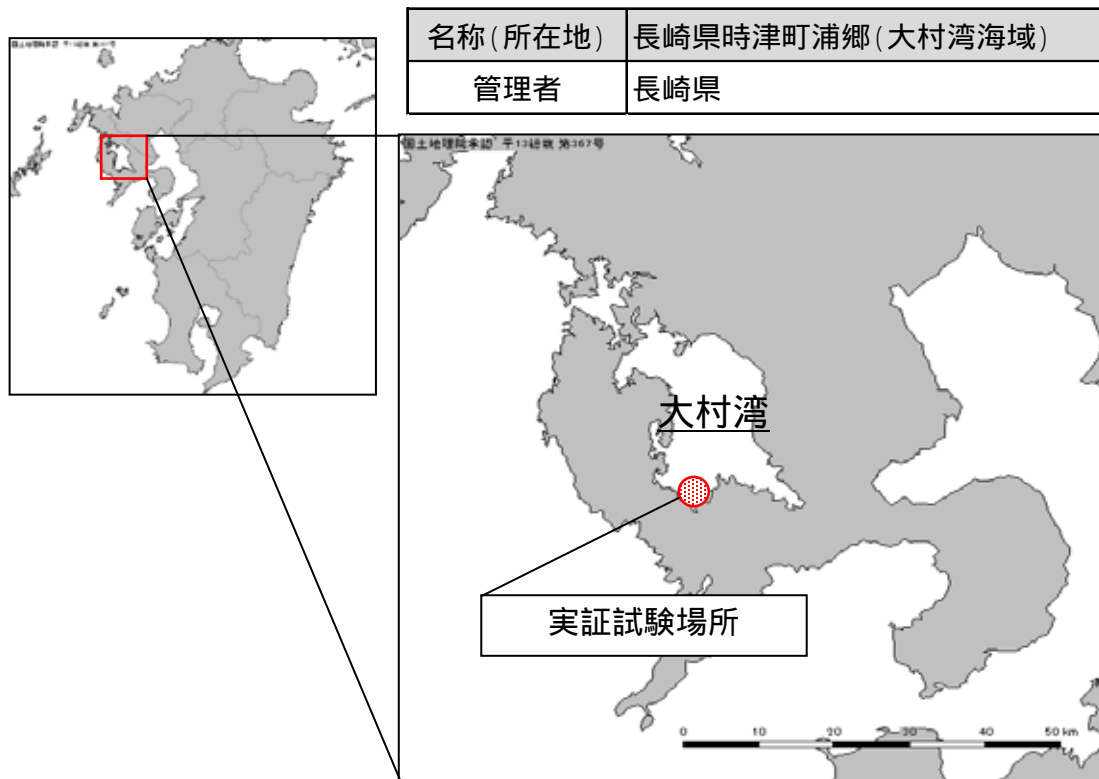


図 4.1 実証試験場所(長崎県 大村湾)

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	大村湾は古くは天然真珠の産地であったことから、その後も真珠養殖がおこなわれるようになった。また、沿岸漁業の盛んなところでもあった。湾内では江戸時代以降、ナマコをはじめクルマエビ、ヨシエビ、クロダイ、カレイ、ボラ、マダイ、マイワシ、カタクチイワシなどが漁獲対象となっている。										
実証試験実施場所の規模	大村湾は南北 26km、東西 11km、面積約 320km ² 、海岸線の総延長約 360km、針尾瀬戸に通ずる湾口部での最大深度 54m、平均深度 14.8m で、ほぼ楕円形を袋状にした海湾である。実証試験は、この内湾の時津港周辺の水深 5m 程度の海底での実施を予定しており、試験区域の規模は約 200m ² (10m × 10m × 2 区画) を想定している。										
水質の状況	湾全体の溶存酸素は 1950 年から 1960 年にかけて 5mg/L から 4mg/L に低下した。その傾向は 1970 年代にまで引き続くとともに、無酸素水塊の出現面積が拡大していることも明かとなっている。										
底質の状況	大村湾の海底は非常に細かな粒子の堆積物で構成されている。大村湾中央部での堆積物の中央粒径値は 4 ミクロンである。										
生物生息環境	節足動物のカブトガニ、魚類のイドミミズハゼやトラフグ、トビハゼ、海産哺乳類のスナメリが確認されている。また、湾奥部の湿地に生息するアオイ科のハマボウも確認されている。										
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。大村湾では富栄養化が懸念されている。大村湾沿岸域、特に南部沿岸域を中心に人口は増え続けている。その結果、チッ素やリンが大村湾に流入し続けている。その有機物は大村湾固有の微細粒子と結合して富栄養化した海底堆積物へと変化している。しかし、夏季の無・貧酸素水塊の出現によってそれらの有機物は分解され、チッ素やリンは再度海水中に溶出してくる。このような悪循環をくい止めるには、過剰なチッ素やリンなどを大村湾から取り出す必要がある。このためには流域からの栄養塩負荷を軽減するとともに、基本的には大村湾の漁業振興を必要とする。</p> <p>改善計画等、どのような検討が進められているか。 2003 年に「大村湾環境保全・活性化行動計画」が策定された。そこには単に流入河川の水質改善のみならず、栄養塩の系外への取り出しを意味する大村湾内で漁業の振興を謳うとともに、野生生物の保護とそのための自然環境の保全を目指している。</p>										
実証試験環境	<table border="0"> <tr> <td>実証対象機器等の搬入路は確保できるか</td> <td>可能(船舶による)</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>実証試験の期間、時期</td> <td>1 ヶ年</td> </tr> </table>	実証対象機器等の搬入路は確保できるか	可能(船舶による)	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	実証試験の期間、時期	1 ヶ年
実証対象機器等の搬入路は確保できるか	可能(船舶による)										
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										
実証試験の期間、時期	1 ヶ年										
有識者の見解	<p>実証試験を行う上で留意すべき点 底質と海水の相互関係がもっとも実証試験で重要である。底質を改善するのか、海水を改善するのか。 技術を広める際に、コストで他技術より優れている等の差別化が必要である。</p>										

* 松岡数充：大村湾 超閉鎖性海域「琴の海」の自然と環境より

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、酸化マグネシウムを散布することにより、底泥表層(2cm程度)を pH8.0 以上の弱アルカリ性に保ち、以下の効果を期待している。

期待する効果：硫酸還元菌の増殖を抑制し、硫化水素の発生を抑える。

本試験の実証項目と目標水準を以下に示す通りとし、酸化マグネシウムを散布した試験区と対照区（無散布）を比較することにより上記の効果を把握した。

表 5.1 実証項目および目標

実証項目	目標水準
硫化水素の発生抑制	pH を 8.0 以上に保ち、 対照区(無散布)より硫化水素が低いこと

5.2 調査項目

調査項目および測定理由を表 5.4 に示す。

表 5.4 調査項目および測定理由、分析方法

項目		測定理由	分析方法
底質 調査	pH	弱アルカリ性に維持されるか。	ガラス電極法
	硫化物 (AVS)	硫化水素の発生が抑制されるか。	水質汚濁調査指針 5.11.1 (検知管法)
	強熱減量	底質の性状の把握	底質調査方法 (H24.8) -4.2
	酸化還元電位 (ORP)	底質の酸化還元状態の把握	白金電極法
	粒度	底質の性状の把握	JIS A 1204 (2009)
	含水比	底質の性状の把握	底質調査方法 (H24.8) -4.1
	クロロフィル a	現況把握	海洋観測指針 6.3 蛍光光度法に準拠
	硫化水素 (間隙水中)	硫化水素の発生が抑制されるか。	S47.環告 9号 別表第 2 第 3 に準拠
底生 生物 調査	個体数	底生生物の生息状況の把握	顕微鏡観察
	湿重量		
	種類数		
水質 調査	水温	水環境の把握	白金電極法
	塩分		電磁誘導法
	溶存酸素濃度		ガルバニ電極法

5.3 調査内容

5.3.1 実施対象技術の配置

酸化マグネシウムの散布の有無による効果を確認するため、酸化マグネシウムを散布する試験区と散布しない対照区を設定し、試験を行った。試験区画の大きさは3×3mとし、試験区間の距離は3mとした。

試験区については、効果的な散布方法を確認するため、酸化マグネシウムの散布回数異なる区画「試験区1(散布1回)」、「試験区2(散布2回)」を設定した。

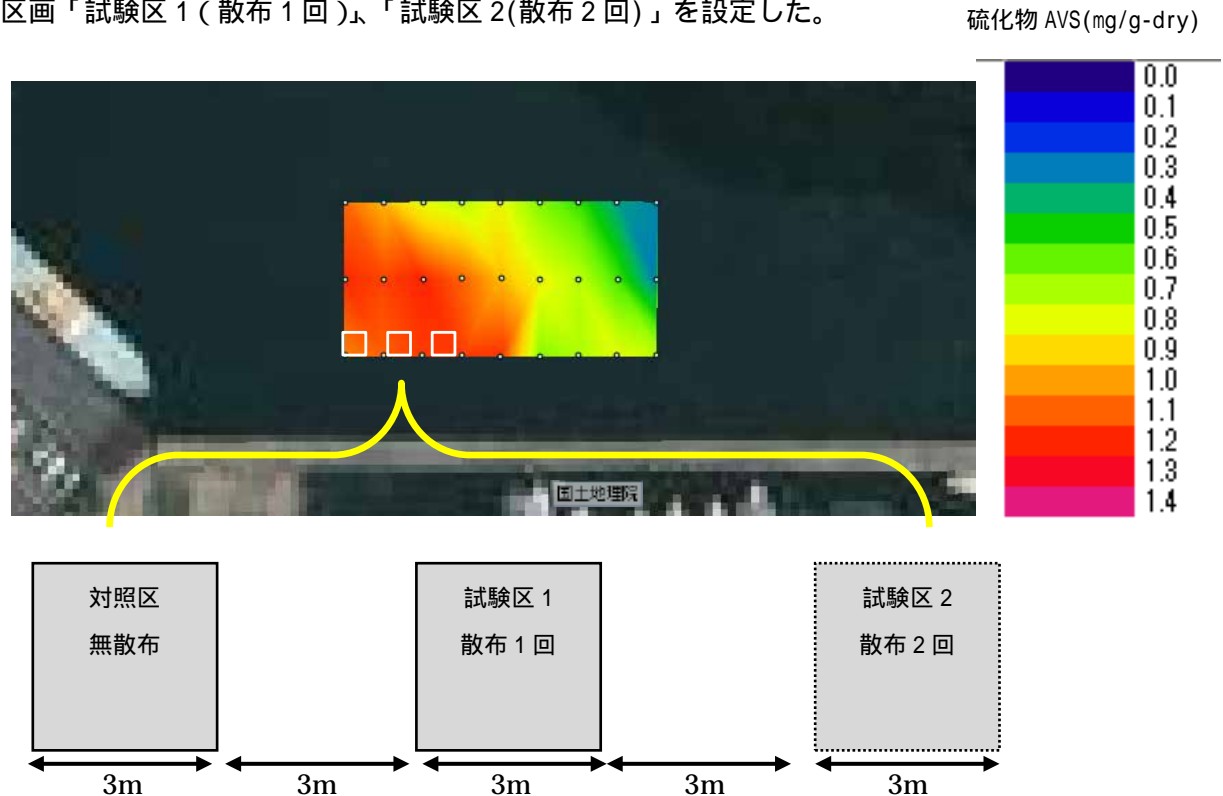


図 5.1 試験区、対照区の配置イメージ

試験手順

- 1) 1辺3m程度の区画を実験区として設定した。
- 2) 空白地帯を3m程度確保した。
→試験区の底質の差を、可能な限り少なくするため、試験区の間隔を狭める。
- 3) 本材料を散布する前に、各試験区の採泥を行い、底泥分析を行った。
- 4) 本材料を散布後、一定期間経過後各試験区の採泥を行い試験項目の分析を行った。
- 5) 底質のpHを指標とし、pH8.0を目安として8/7に追加散布(試験区2)を行った。

表 5.5 散布前の底質環境

	硫化物 (AVS)	硫化水素	強熱減量	Chl-a	含水比
	mg/g-dry	mg/L	%	mg/g-dry	%
試験区1	0.907	0.043	10.4	1.5	81.4
試験区2	0.928	0.035	10.3	1.7	84.9
対照区	1.072	0.050	11.7	1.5	90.7

5.3.2 底質調査

酸化マグネシウムの散布の有無による底質環境の変化と現況を確認するために、底質調査を行った。調査場所は試験区 1、試験区 2、対照区とした。底質試料は、潜水土により表層 2cm の試料を採取し、pH、硫化物 (AVS)、強熱減量、酸化還元電位、Chl-a、および間隙水中の硫化水素を分析した。

また、柱状試料を採取し pH の鉛直分布(底面下から 1cm、3cm、6cm、9cm)を測定した。

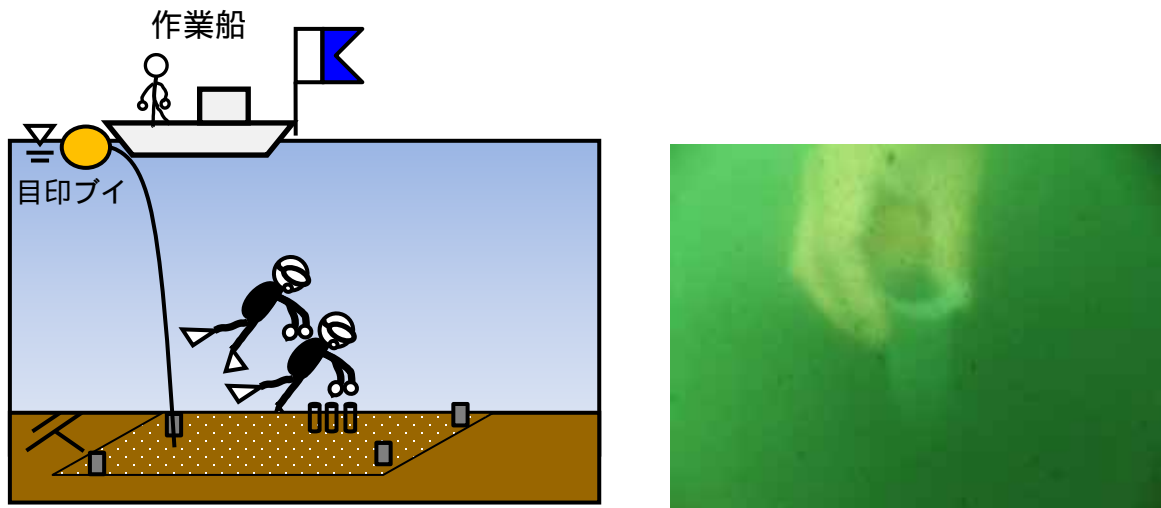


図 5.2 底質調査の概要

表 5.6 底質項目一覧

項目	頻度
pH、酸化還元電位	散布前に 1 回(事前調査)、 2 週間後、1 ヶ月、1.5 ヶ月、2 ヶ月 4 ヶ月に 1 回
硫化物 (AVS) 硫化水素(間隙水中)	
泥色、臭気	
粒度、含水比、強熱減量、Chl-a	散布前に 1 回、12 月に 1 回

5.3.3 底生生物調査

酸化マグネシウムの散布の有無による底生生物生息状況の変化と現況を確認するために、底生生物調査を行った。調査場所は試験区 1、試験区 2、対照区とした。

底生生物の採取は、グラブ式採泥器（ハンドマッキン）を用い、潜水土によって行った。採取した試料は、ふるい分け（1mm 目合い）し、1mm 目合いフルイに残った試料について、種の同定および個体数、湿重量の計測を行った。

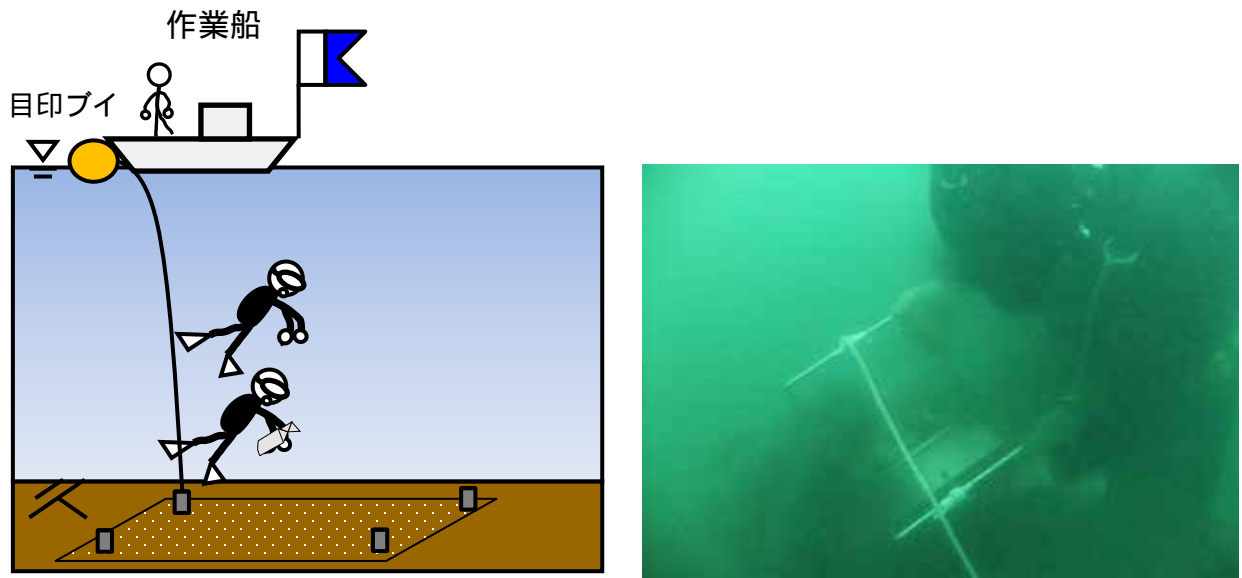


図 5.3 底生生物調査の概要

5.3.4 水質調査

実証試験時の水質環境を把握するために、水質調査を実施した。調査場所は対照区の1地点とした。

連続観測は図 5.4 に示すように底上 20cm に水質計(JFE アドバンテック株式会社製)を設置し、水温、塩分、溶存酸素濃度を観測した。水温、塩分、溶存酸素濃度の連続観測は試験開始から貧酸素化が懸念される6月～10月とした。

鉛直観測は図 5.5 に示すように、船上より多項目水質計(JFE アドバンテック株式会社製)を下ろし、水温、塩分、溶存酸素濃度を観測した。鉛直観測は底質調査と併せて実施した。

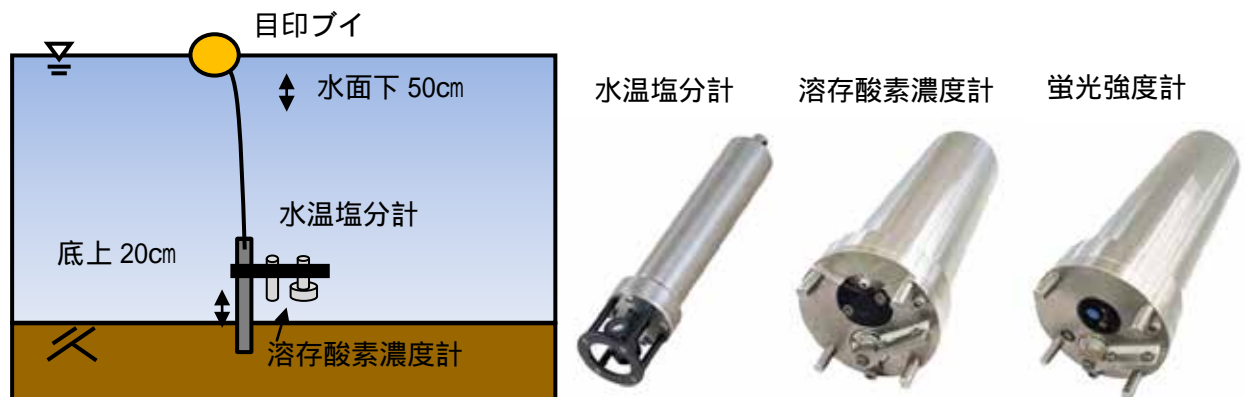


図 5.4 連続観測模式図

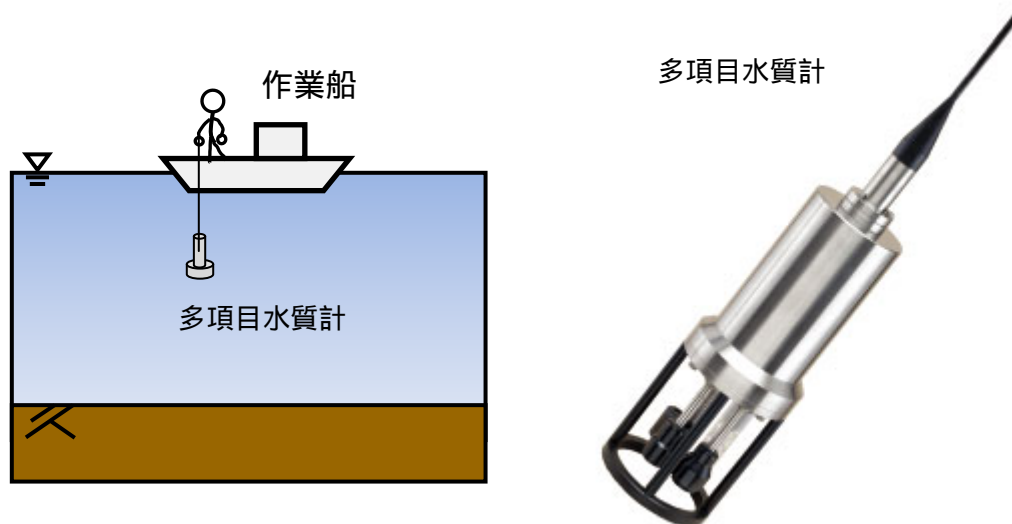


図 5.5 鉛直観測模式図

5.4 スケジュール

実証試験の実施工程を表 5.7 に示す。

表 5.7 実証試験の実施工程

項 目														
		6月 6/23			7月 7/7 7/21		8月 8/7 8/19		9月 9/3 9/16		10月 10/20	...	12月 12/4	
酸化マグネシウムの散布	試験区1													
	試験区2													
底質調査														
底生生物調査														
水質連続観測														
水質鉛直観測														

6. 実証試験の結果と考察

6.1 観測期間中の水質・底質環境

6.1.1 気象状況および水温、塩分、D0 の経時変化

実証試験期間中の気象状況（気象庁 大村観測所）および水質調査結果を以下に示す。

- ・ 8/12 に日降水量 231mm の降雨があった。また、8月の月間降水量も 465mm と平年値（179.1mm）と比較し、降水量の多い状況であった。
- ・ 7月から8月にかけて台風が接近し、10m/s を超える最大風速を観測した日が見られた。
- ・ 6月24日から10月3日の期間、底層水が断続的に貧酸素化する状況が確認されたが、長期間貧酸素化が継続する状況はみられなかった。

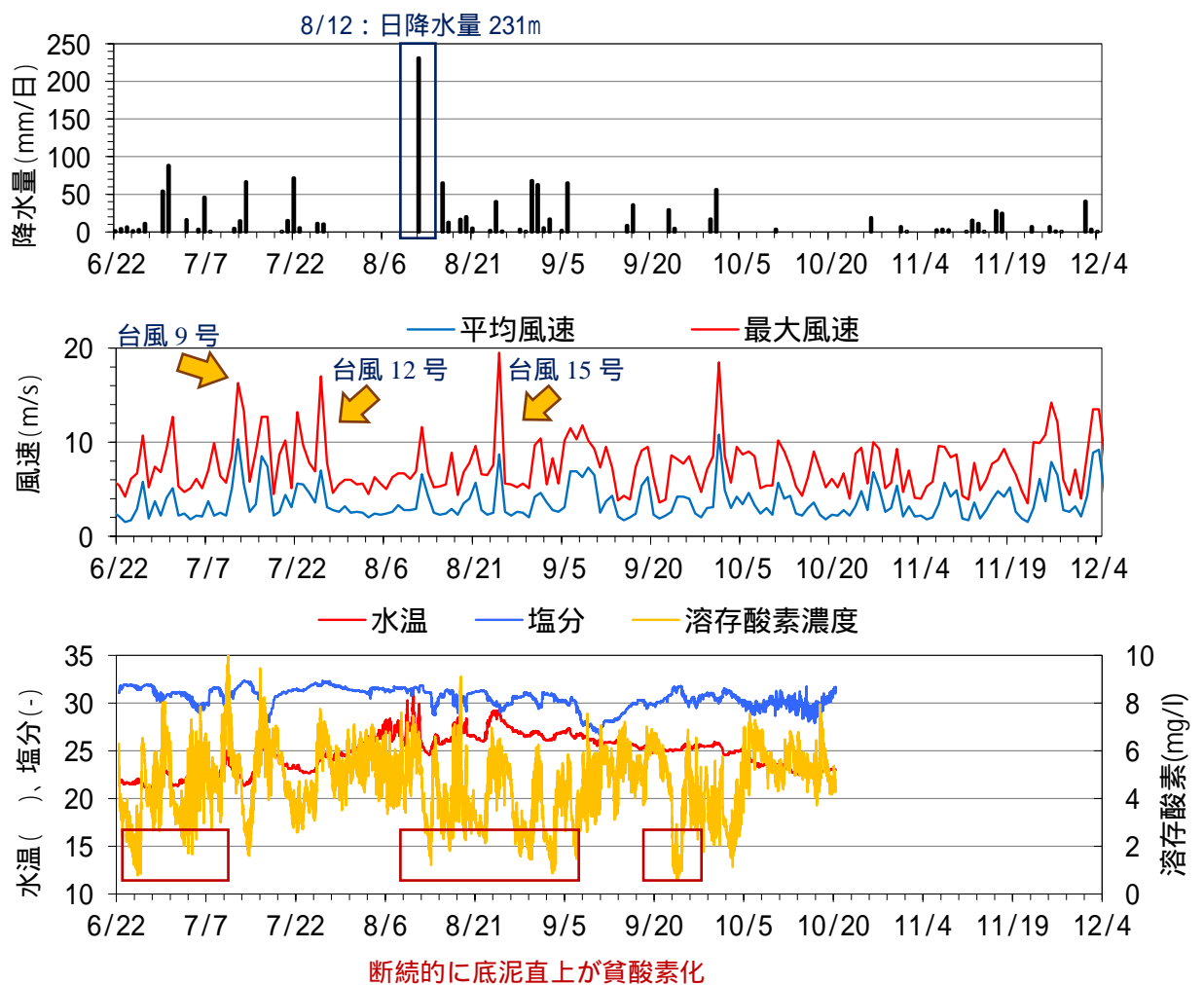
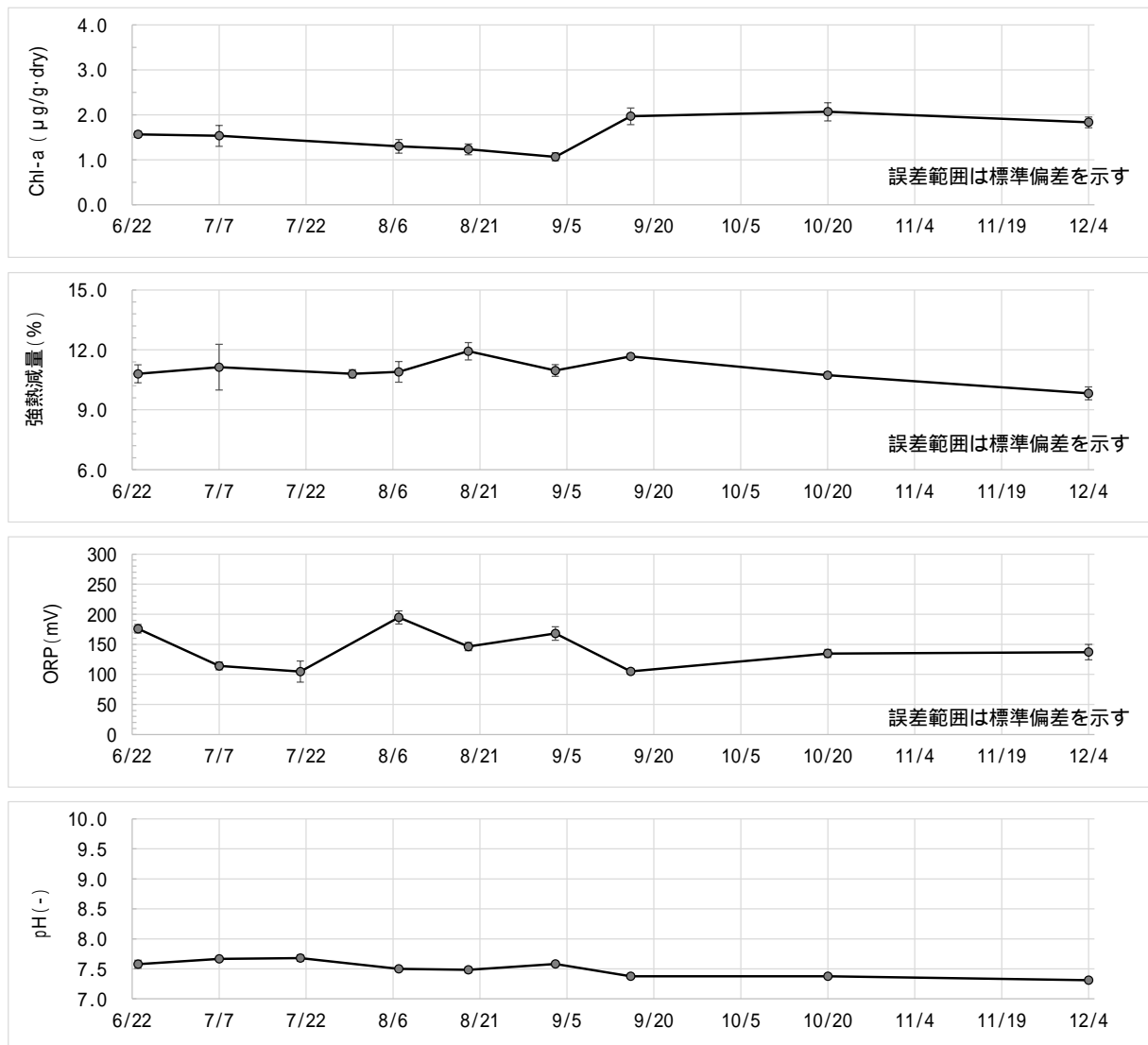


図 6.1 実証試験期間中の気象状況及び水温、塩分、D0 の経時変化

6.1.2 試験期間中の底質環境

対照区における、底泥表層の Chl-a、強熱減量、ORP の経時変化を以下に示す。

- ・ 9月中旬に底泥の Chl-a がやや増加しており、内部生産が増加していると考えられる。
- ・ 底泥の強熱減量は、8/19 と 9/17 で増加しており、8/19 においては出水に伴う陸域由来の有機物負荷、9/17 は内部生産由来の有機物負荷が考えられる。
- ・ 期間を通して、底泥表層の ORP は 0 以上を維持しており、底泥表層では還元状態への進行は確認されなかった。



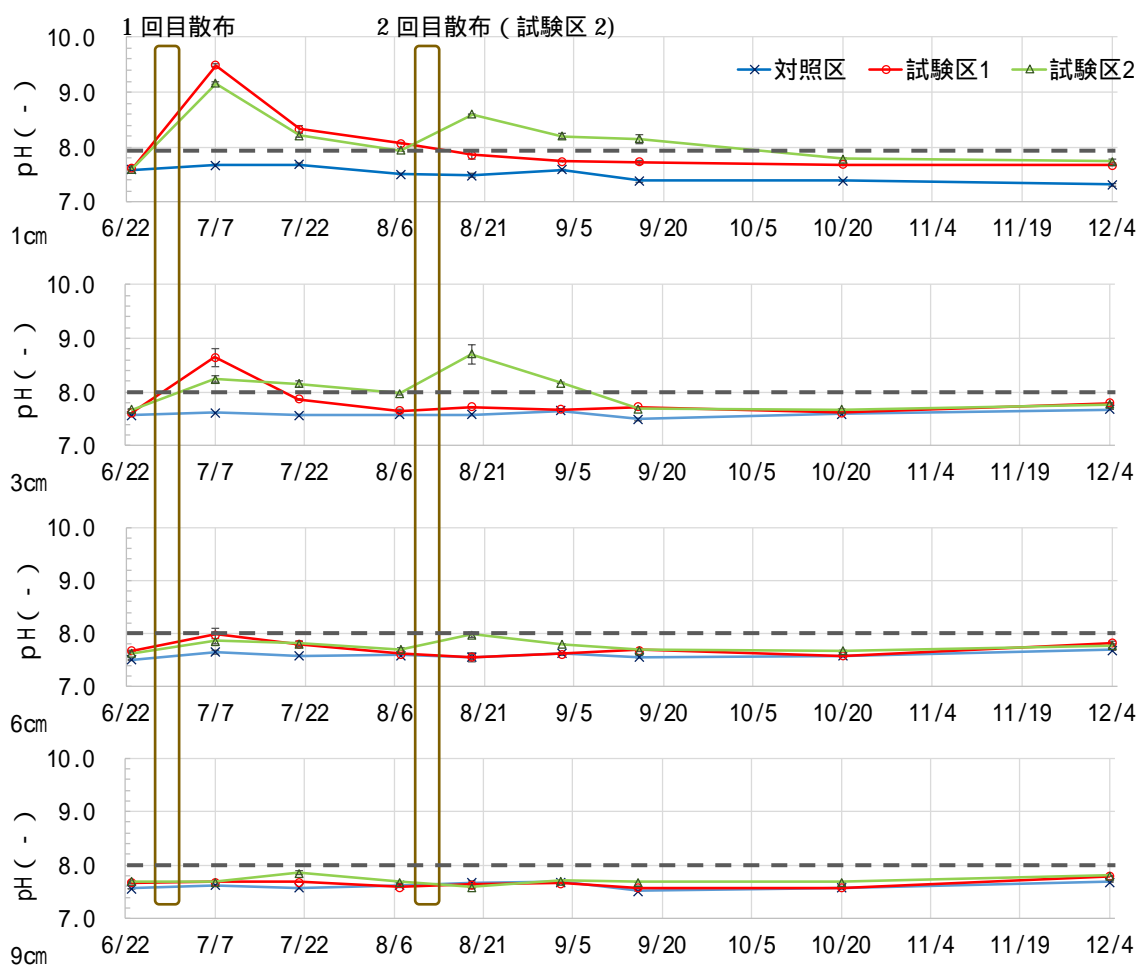
		6月23日	7月7日	7月21日	8月7日	8月19日	9月3日	9月16日	10月20日	12月4日
強熱減量 (%)	平均値	10.8	11.1	-	10.8	10.9	11.9	11.0	11.7	10.7
	標準偏差	0.8	2.0	-	0.4	0.9	0.8	0.5	0.3	0.3
Chl-a (μg/g)	平均値	1.6	1.5	-	-	1.3	1.2	1.1	2.0	2.1
	標準偏差	0.1	0.4	-	-	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4
ORP (Eh mV)	平均値	176	114	105	195	146	168	105	135	137
	標準偏差	12	11	31	19	12	19	8	12	22

図 6.2 底質の強熱減量、Chl-a、ORP の経時変化

6.2 底質の pH の変動

酸化マグネシウムの散布による pH の上昇効果を把握するため、底質の pH の変動を調査した。pH の経時変化を図 6.3 に、散布 2 週間後の鉛直分布を図 6.4 に下に示す。

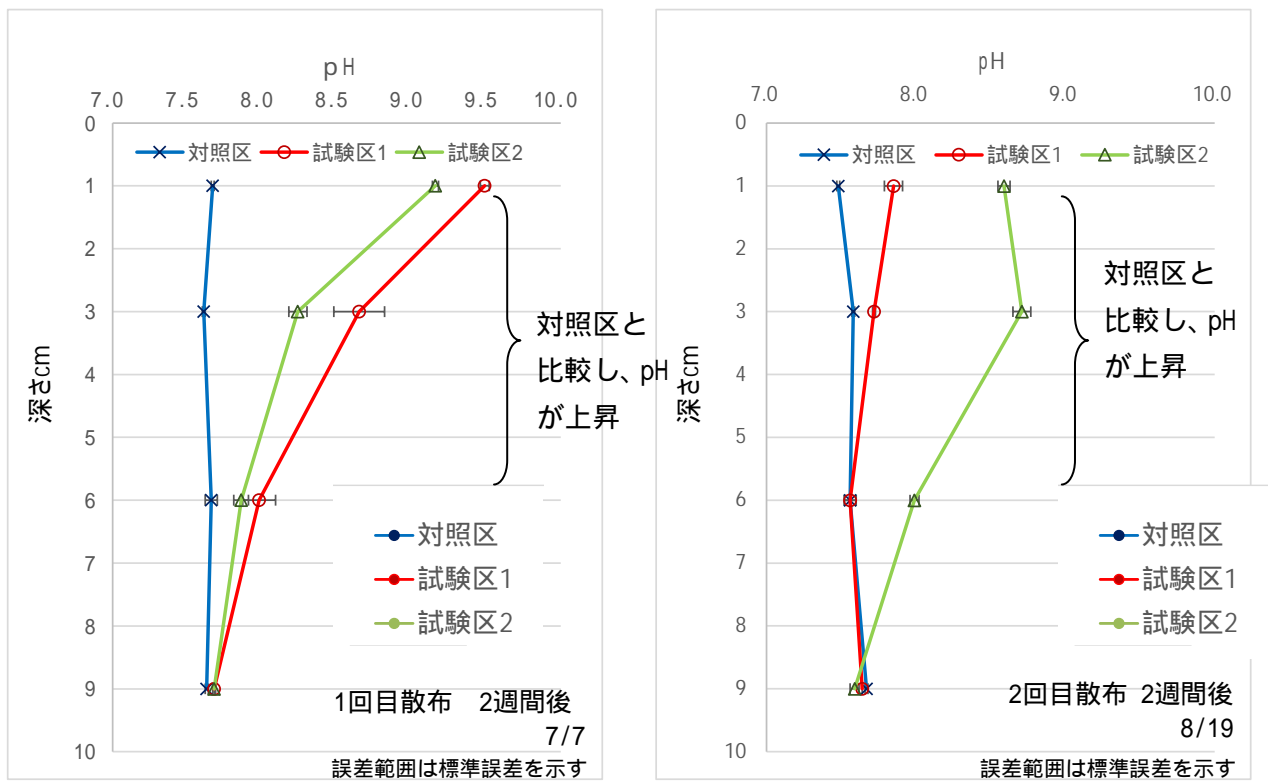
- ・ 対照区では、試験開始から 12 月中旬まで pH が 7.3~7.7 の間を推移した。
- ・ 1 回目散布では、試験区 1、試験区 2 とともに底面下 1cm において、散布後 2 週間で pH9 以上まで上昇することが確認され、対照区と比較し底面下 6cm 程度まで pH の上昇効果が見られた。
- ・ 2 回目散布では、試験区 2 において、散布後 2 週間で pH8.5 程度まで上昇することが確認された。1cm 層において、1 回目散布よりも pH が上昇しなかった要因として、1 回目散布よりも周辺の pH が低いこと、8/12 の出水による堆積物の影響が考えられる。
- ・ 試験区において、底面下 1cm で散布後約 1.5~2 ヶ月間、底面下 3cm で散布後約 1 ヶ月間、pH8.0 を維持する状況が確認された。



誤差範囲は標準誤差を示す

表層 (1cm)		6月23日	7月7日	7月21日	8月7日	8月19日	9月3日	9月16日	10月20日	12月4日
試験区1	平均値	7.6	9.5	8.3	8.1	7.9	7.7	7.7	7.7	7.7
	標準誤差	0.05	0.03	0.06	0.02	0.08	0.02	0.04	0.01	0.02
試験区2	平均値	7.6	9.2	8.2	7.9	8.6	8.2	8.2	7.8	7.7
	標準誤差	0.03	0.02	0.04	0.03	0.02	0.04	0.08	0.03	0.03
対照区	平均値	7.6	7.7	7.7	7.5	7.5	7.6	7.4	7.4	7.3
	標準誤差	0.00	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02

図 6.3 底質の pH の経時変化 (上段から底面下 1cm、3cm、6cm、9cm)



底面下 6cm 程度まで、pH の上昇効果が及んでいる

図 6.4 散布 2 週間後の pH の鉛直分布

6.3 硫化水素の発生状況

酸化マグネシウムの散布による硫化水素の発生抑制効果を把握するため、底質の硫化物（AVS）および、間隙水中の硫化水素を調査した。結果を以下に示す。

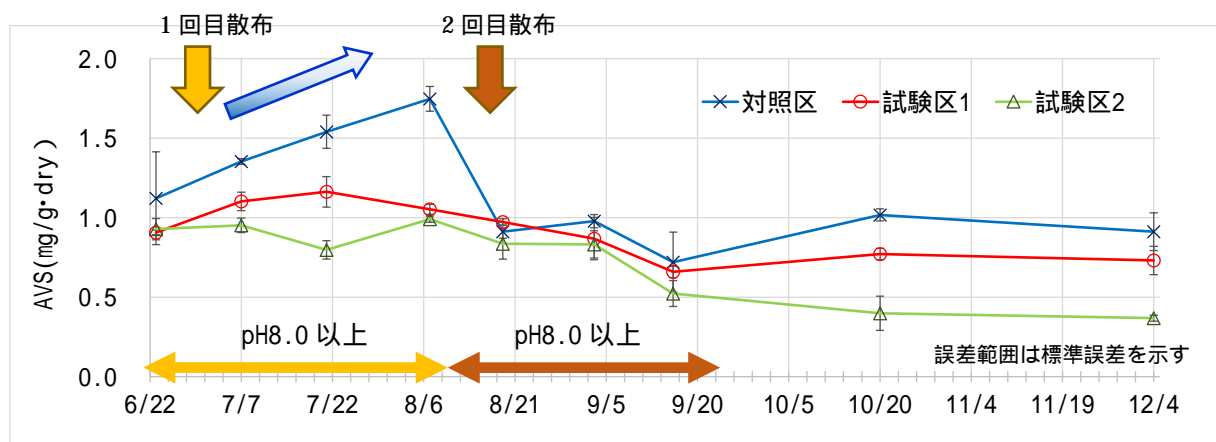
6.3.1 底質の硫化物（AVS）の変動

1 回目散布

- ・ 対照区では、散布後 8/7 まで硫化物(AVS)が上昇した。
- ・ 試験区では低い値を維持し、試験区と対照区で有意な差が見られた。

2 回目散布

- ・ 試験区において、対照区と比較し概ね低い値を示す傾向にあるが、試験区、対照区とも硫化物（AVS）が低い値を維持し、散布による効果は明確ではなかった。
- ・ 2 回目散布以降、硫化物(AVS)が上昇しなかった要因として、8/12 の出水により表層堆積物の質が変化し、硫酸還元菌が活動し難い環境に変化したことが考えられる。



		6月23日	7月7日	7月21日	8月7日	8月19日	9月3日	9月16日	10月20日	12月4日
試験区1	平均値	0.907	1.103*	1.163	1.053**	0.973	0.868	0.659	0.771	0.731
	標準誤差	0.015	0.058	0.096	0.032	0.021	0.133	0.037	0.036	0.089
試験区2	平均値	0.928	0.952**	0.798**	0.991**	0.836	0.832	0.523	0.399	0.368
	標準誤差	0.067	0.045	0.058	0.019	0.097	0.086	0.081	0.108	0.019
対照区	平均値	1.122	1.353	1.540	1.747	0.912	0.978	0.720	1.017	0.912
	標準誤差	0.292	0.018	0.104	0.078	0.041	0.041	0.189	0.038	0.119

図 6.5 底質の硫化物（AVS）の経時変化

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, $n=3$

6.3.2 間隙水中の硫化水素の変動

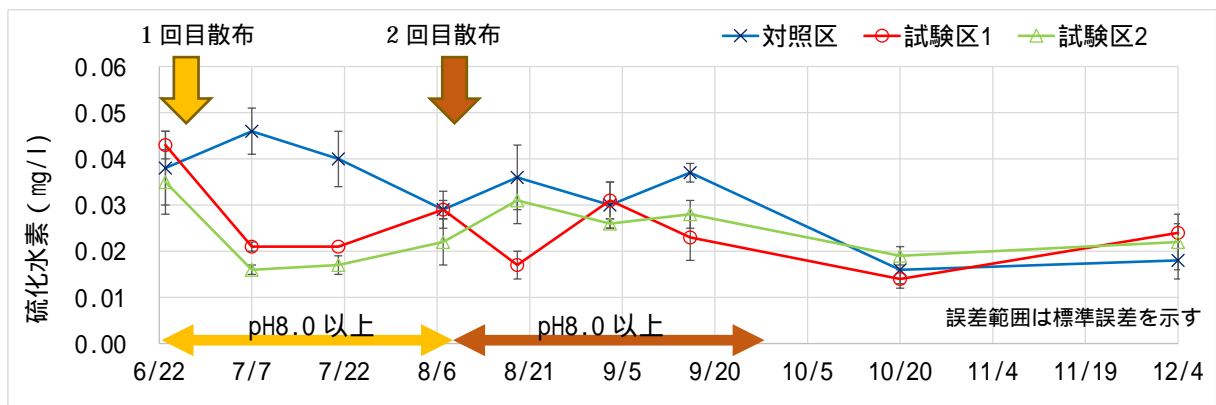
1 回目散布

- ・ 対照区と比較し試験区では低い値を維持する傾向が見られた。

(散布 2 週間後の 7/7 において、試験区と対照区で有意差あり $P < 0.05$)

2 回目散布

- ・ 試験区において、対照区と比較し低い値を示す傾向にあるが、明確な差は確認されなかった。



		6月23日	7月7日	7月21日	8月7日	8月19日	9月3日	9月16日	10月20日	12月4日
試験区1	平均値	0.043	0.021*	0.021	0.029	0.017	0.031	0.023	0.014	0.024
	標準誤差	0.003	0.001	0.000	0.004	0.003	0.004	0.005	0.002	0.002
試験区2	平均値	0.035	0.016*	0.017	0.022	0.031	0.026	0.028	0.019	0.022
	標準誤差	0.007	0.001	0.002	0.005	0.005	0.001	0.003	0.002	0.006
対照区	平均値	0.038	0.046	0.040	0.029	0.036	0.030	0.037	0.016	0.018
	標準誤差	0.008	0.005	0.006	0.002	0.007	0.005	0.002	0.003	0.004

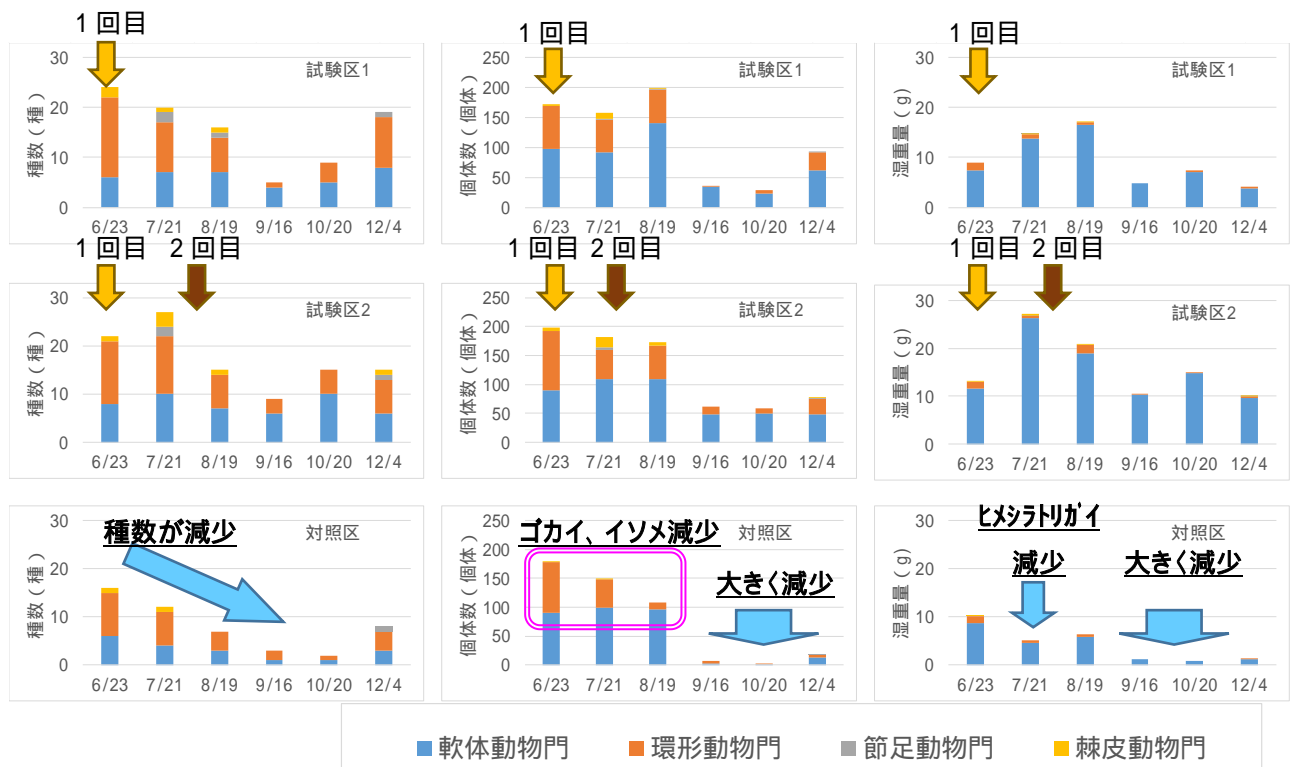
* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, $n=3$

図 6.6 間隙水中の硫化水素の経時変化

6.4 底生生物の変動

酸化マグネシウムの散布の有無による底生生物生息状況の変化と現況を確認するために、底生生物調査を行った。結果を以下に示す。

- ・硫化物 (AVS)が上昇した 7/7 以降、対照区において底生生物の種数、ゴカイ、イソメ類の環形動物、軟体動物 (特に比較的大型のヒメシラトリガイ) が減少した。
- ・同期間、試験区では対照区と比較し種数、個体数、湿重量とも高い値を維持した。
- ・9月以降、試験区、対照区とも種数、個体数、湿重量が減少した。しかし、対照区と比較して試験区は、種数、個体数、湿重量のいずれも減少の程度が緩和された。
- ・酸化マグネシウムの散布による底生生物への悪影響は、確認されなかった。



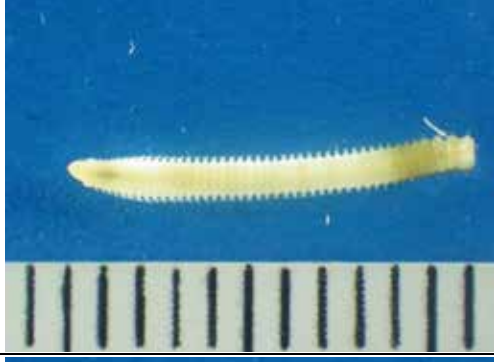
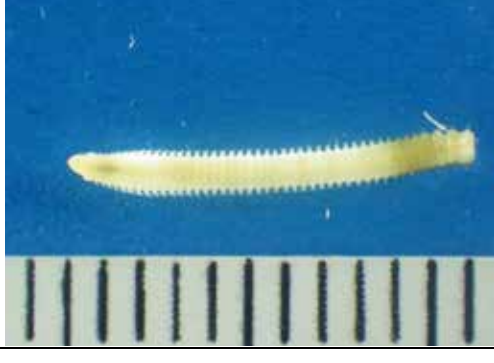


		6/23	7/21	8/19	9/16	10/20	12/4
出現種数 (種)	試験区1	25	20	16	5	9	19
	試験区2	22	29	15	9	15	16
	対照区	17	12	7	3	2	9
個体数 (個体)	試験区1	173	157	200	36	29	92
	試験区2	199	184	173	63	59	78
	対照区	181	150	108	7	2	19
湿重量 (g)	試験区1	8.99	14.78	17.06	4.86	7.37	4.12
	試験区2	13.01	27.26	17.88	10.45	14.86	9.98
	対照区	10.14	5.05	6.40	1.17	0.78	1.26

いずれも、0.15m²あたりの数値

図 6.7 底生生物の経時変化

表 6.1 確認された主な底生生物

	<p>軟体動物門 マルスダレガイ目 ニッコウガイ科 ヒメシラトリガイ (<i>Macoma incongrua</i>) 本調査での個体数：20 個体前後</p>
	<p>軟体動物門 マルスダレガイ目 アサジガイ科 シズクガイ (<i>Theora fragilis</i>) 本調査での個体数：50 ~ 100 個体前後</p>
	<p>環形動物門 イソメ目 ギボシイソメ科 Scoletoma 属の 1 種 本調査での個体数：30 ~ 50 個体前後</p>
	<p>環形動物門 イトゴカイ目 イトゴカイ科 Notomastus 属の 1 種 本調査での個体数：20 ~ 30 個体前後</p>

6.5 考察

6.5.1 期待される導入効果

(1)酸化マグネシウムの散布による pH の上昇効果について

- ・酸化マグネシウムの散布により、散布後 2 週間程度で底質中の pH を 8.5 以上まで上昇させる効果がみられた。
- ・対照区と比較し底面下 6cm 程度まで pH の上昇効果が見られた。
- ・試験区において、底面下 1cm で散布後約 1.5~2 ヶ月間、底面下 3cm で散布後約 1 ヶ月間、pH8.0 を維持する状況が確認された。

以上より、当海域の環境下においては、散布量 400g/m²で硫酸還元菌の活動を抑制する範囲まで、pH を上昇させる効果が得られることが確認された。また、pH 上昇効果の持続期間として、海底の表層において散布後約 1.5~2 ヶ月間、pH8.0 を維持することが確認された。

(2)硫化水素の発生抑制効果について

- ・硫化物 (AVS) の調査結果より、対照区において硫化物 (AVS) が上昇した 1 回目散布の期間、試験区において硫化物 (AVS) の上昇を抑制した。
- ・硫化水素 (H₂S) の調査結果より、1 回目散布の 2 週間後の 7/7 では、対照区と比較し、試験区では有意に低い値を維持した ($P < 0.05, n=3$)。

7/7 以降、対照区の硫化水素が減少したため、試験区においても硫化水素の明確な抑制は確認できなかった。しかしながら、硫化水素の発生に起因する硫化物 (AVS) の上昇が、試験区において抑制されており、当該期間中の硫化水素の発生を抑制していたと推測される。

本実証試験より、硫化水素の発生抑制効果が得られる目安となる pH は、硫化物 (AVS) の抑制期間と pH の変動を照合すると、pH8.0 程度であることが推測される。

また、本技術の適用に際し、底泥が嫌気化する前に酸化マグネシウムを散布し、硫酸還元菌が活動しにくくなる環境を整えておくことが効果的な適用方法であると考えられる。本実証試験においても、貧酸素水塊が発生する前に酸化マグネシウムを散布し、硫酸還元菌の活動を抑制する効果が確認された。従って、貧酸素水塊発生前に酸化マグネシウムを散布することが効果的であると考えられる。

本実証試験では、2 回目散布以降、硫化物 (AVS) 及び硫化水素の上昇が見られなかったため、繰り返し散布による明確な効果は確認されなかったが、実海域において本技術を適応する場合、底泥の pH をモニタリングしながら pH8.0 を維持するように酸化マグネシウムを散布する方法がより効果的であると考えられる。

また、室内試験結果より、水酸化マグネシウムを散布した場合においても pH の上昇と硫化水素の発生抑制が確認されており、水酸化マグネシウムにおいても同様の効果が得られると期待される。

(3) 底生生物の減少抑制効果について

硫化物 (AVS) の上昇を抑制した期間中、対照区と比較して、試験区において環形動物の減少が緩和されている。従って、硫化水素が発生する環境においては、酸化マグネシウムの散布により硫化水素の発生に伴う底生生物の減少を緩和する効果が期待できる。また、9月以降において対照区より、試験区では種数、個体数、湿重量とも比較的高い値を維持している。溶存酸素の連続観測結果より、9月上旬および下旬に、底層水が貧酸素化している。7月～8月にかけて硫化水素の影響が少なかった試験区では、対照区と比較して貧酸素の影響が軽減されたことで、生物量の減少が緩和されたと考えられる。

6.5.2 普及拡大に向けた課題

本実証試験では、酸化マグネシウムの散布量 $400\text{g}/\text{m}^2$ で期待する効果が得られたが、異なる底質環境下では、必要とする酸化マグネシウムの量や、効果の持続期間も異なることが予想される。

本技術の普及に際し、底質の pH や強熱減量などの指標となる項目を設定し、底質環境と酸化マグネシウムの散布量や効果の持続期間との関係について、室内実験等を行うことにより求めておくことが重要であると考えられる。

また、実海域で使用する際、酸化マグネシウムが効果的に作用できるよう、ロスが少なく、かつ均一に散布する方法についても検討の余地がある。

実証試験のまとめ

本実証試験のまとめを以下に示す。

表 6.1 期待される効果と達成状況

実証項目	目標水準	評価項目	達成状況	評価
硫化水素の発生抑制	pHを8以上に保ち、 対照区(無散布)より硫化水素が低いこと	pHの上昇	400g/m ² の酸化マグネシウムの散布により、散布後2週間程度で底質中のpHを8.5～9.5程度まで上昇させる効果がみられた。	
		硫化水素の抑制	<p>硫化物 (AVS) 対照区において硫化物 (AVS)が上昇した1回目散布の期間、試験区において硫化物 (AVS)の上昇を抑制した。</p> <p>硫化水素 (H₂S) 1回目散布の2週間後の7/7では、対照区と比較し、試験区では低い値を維持し、試験区と対照区で有意な差が見られた。</p> <p>底泥中の硫化物 (AVS)の増加は、底泥中の硫化水素の発生に起因し、調査期間中の硫化水素の発生履歴を表していると考えられる。7/7以降、間隙水中の硫化水素の調査では、対照区における硫化水素の増加と、試験区におけるその抑制を実証的に捉えることはできなかったが、底泥中の硫化物調査では、硫化物(AVS)の増加が抑えられており、当該期間中の硫化水素の発生を抑制していたと推測される。</p>	