

環境省
令和 6 年度環境技術実証事業

水・土壌環境保全技術・自然環境保全技術領域
(閉鎖性海域の水環境改善技術区分)

実証報告書

令和 7 年 3 月

実証機関 : 日本ミクニヤ株式会社
実証対象技術名 : マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術
実証申請者 : 宇部マテリアルズ株式会社
実証番号 : 090-2401



本実証報告書の著作権は、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. 実証の概要.....	2
3. 過去に調査（試験）した試験データの活用の検討.....	3
4. 実証結果と考察.....	5
5. 参考情報.....	8
本編.....	9
1. 本事業の概要.....	9
1.1 目的.....	9
1.2 実証の定義.....	9
1.3 実証報告書の概要.....	9
2. 実証体制と実証参加者の責任分掌.....	10
3. 実証対象技術の概要及び仕様.....	12
3.1 実証対象技術の目的及び原理（環境保全・改善効果等）.....	12
3.2 実証対象技術の仕様.....	12
4. 試験場所（又はその他の条件）等の概要.....	13
4.1 試験場所の情報.....	13
4.2 試験方法及び条件.....	14
4.3 実証対象技術の全体構成.....	15
5. 実証方法.....	16
5.1 実証全体のスケジュール.....	16
5.2 実証項目、実証する性能及び参考項目.....	16
5.3 実証方法.....	17
6. 過去に調査（試験）した試験データ（既存データ）の活用の検討.....	19
6.1 既存データの活用.....	19
6.2 既存データの検討.....	21
7. 試験結果.....	23
8. 試験結果に基づく実証結果（まとめ）.....	29
9. 実証結果に関する考察.....	29
付録.....	31
1. 専門用語集.....	31
2. 品質管理に関する事項等の情報.....	31
資料編.....	32
1. 写真集.....	32

全体概要

実証対象技術	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術
実証申請者 所在地	(会社名称) 宇部マテリアルズ株式会社 (所在地) 山口県宇部市大字小串 1985 番地
実証機関 所在地	(会社名称) 日本ミクニヤ株式会社 (所在地) 神奈川県川崎市中原区小杉町 1-403-35 武蔵小杉タワープレイス 17F
実証機関	日本ミクニヤ株式会社
試験機関	株式会社プラントバイオ 福岡支店
実証期間	令和6年6月1日～令和6年9月30日
技術の目的	赤潮プランクトンの駆除

1. 実証対象技術の概要

1.1 技術の目的及び原理 (環境保全・改善効果)

本技術は、酸化マグネシウムを主成分とする赤潮駆除剤を海域に散布して、海水の pH をアルカリ性にする事で、赤潮プランクトン (*Karenia mikimotoi*) の細胞膜を破壊し、死滅させる方法である。

1.2 機器の構成及び仕様等

主成分：酸化マグネシウム

形状：粉状品

特徴：比表面積 15 m²/g 以上

外 観：



酸化マグネシウム (クリアウォーターRA)

成分例

化学組成	MgO	97.4%
	CaO	0.99%
	SiO ₂	0.13%

1.3 技術の特徴 (メリット) 等

本技術は、赤潮発生海域に散布することにより赤潮プランクトンを駆除して、養殖漁場等の沿岸域への赤潮被害を低減する。さらに本技術は、海水と消石灰との反応によって生成した水酸化マグネシウムを精製・濃縮し、脱水、低温で焼成したものであり、有害物質を含まない。加えて、海水中に散布後は水和して水酸化マグネシウムとなり、底質改善に寄与する。なお、

回収の必要はなく、底質の汚染状態で異なるが、長くとも散布後約6ヶ月～1年以内で効果がなくなる。

1.4 設置条件及びコスト等

使用量：海域 100m² に対して 10～20kg 程度の割合

設置場所：赤潮の発生した海域

2. 実証の概要

2.1 実証の目的

本技術の検証のため、水槽内で *Karenia mikimotoi* を培養し、試験を行った結果、高い駆除率を得ることができた。一方で、有識者より、培養したプランクトンより実海域で発生したプランクトンの方が生き残る可能性があるというアドバイスを受けた。

そこで、実海域で発生した赤潮プランクトンに対して、本技術の有効性を実証するとともに、他プランクトンへの影響を確認した。

2.2 性能を示す項目及びその目標とする値

実証項目	実証する性能 ※メーカーが目標とする値
赤潮プランクトンの駆除率	対照区に比べ駆除率 50 %以上

2.3 実証（試験）場所

実証（試験）場所	山口県周南市地先		
実証（試験）場所 の各種情報等	○実証対象機器等の搬入路は確保できるか	可能	
	○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	
	○試料採取は可能か	可能	
	○実証試験の期間、時期	6月～9月	

2.4 実証期間（スケジュール）

項目	令和6年									令和7年		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
事前調査												
実証試験												
追加試験												
データ整理												
報告書作成												

3. 過去に調査（試験）した試験データの活用を検討

カレニア種（培養細胞）に対しての駆除効果を把握することを目的として実施した。

Karenia mikimotoi 細胞密度 100～200 cells/mL 程度の水槽（100L）を準備した。

赤潮駆除剤は次の3種を使用した。

酸化マグネシウム（クリアウォーターRA）（以下、RA と記載）

水酸化マグネシウム（以下、水マグと記載）

粘土系製品（他社品）

赤潮駆除剤の散布後、15、60、180 分後の細胞数をそれぞれ3回計測し、駆除率を算出した。算出方法を以下に示す。

$$\text{駆除率（\%）} = 100 - (\text{遊泳細胞数} + \text{不動細胞数}) / \text{初期の細胞数} \times 100$$

この駆除率を既存データとして活用した。

試験で変形が確認された細胞の状況を図1～図3に示す。本試験では、細胞が球形化した図1の状況、細胞の膜が割れた図2の状況を「不動細胞」と定義し、計測した。最終的に破裂した細胞は計数できないため、ここでは計測の対象外とした。参考に、細胞が膨潤して破裂直前の状態の写真を図3に示す。

判断のイメージを図4に示す。



図1 細胞が球形化した状況



図2 細胞の膜が割れた状況

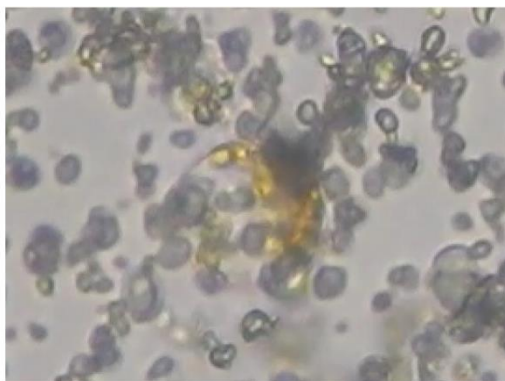


図3 細胞が膨潤して破裂直前の状態

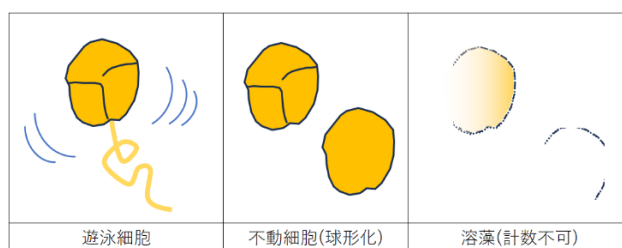


図 4 カレニア細胞の状況の目視判断イメージ

試験の結果、目標水準とした赤潮プランクトンの駆除率 50%以上という値を、RA-100ppm、RA-200ppm は駆除率 100%と達成した(図 5)。

図 6 には、試験時の pH の推移を示した。pH は無添加で変化が無く、粘土系は 6.5 以下の酸性になったのに対して、RA と水マグは 9.0 以上のアルカリ性となった。

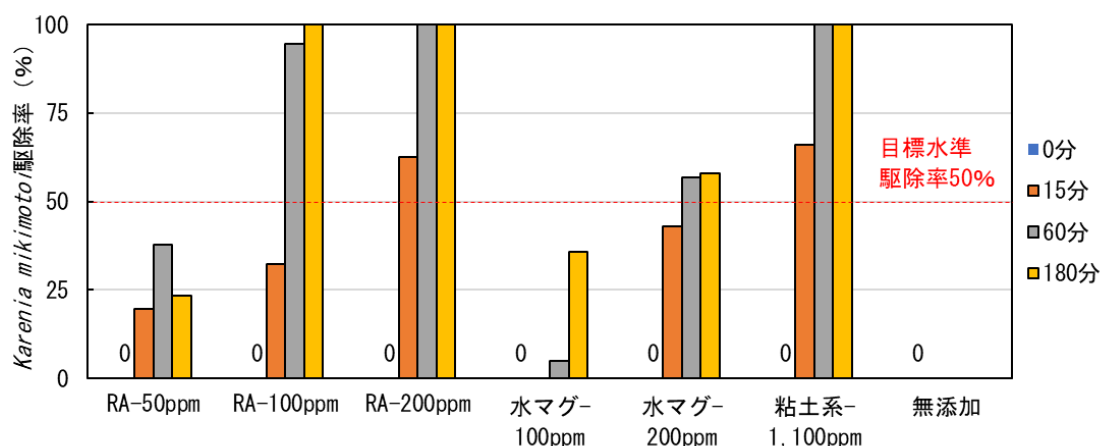


図 5 *Karenia mikimotoi* の駆除率

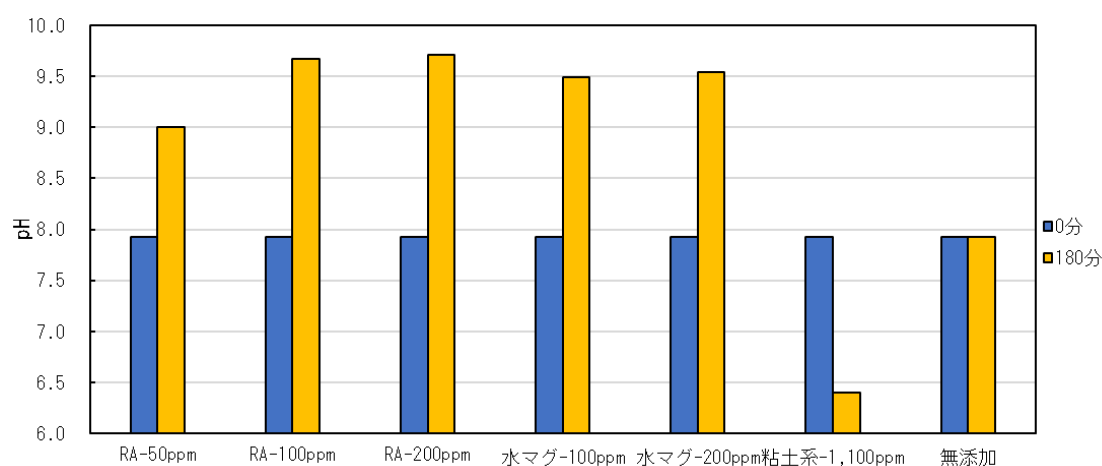


図 6 pH の推移

4. 実証結果と考察

4.1 実証結果

実海域において発生した赤潮プランクトンを用いて実証試験を行った。水中ポンプを用いて、折り畳み水槽（100L）に海水を揚水（図 7）し、水槽にクリアウォーターRA（以下、RA-100ppm-粉）を、水槽に水酸化マグネシウム（以下、水マグ-100ppm-スラリー）をそれぞれ 10g 添加して攪拌し、静置後に赤潮プランクトンの駆除率を確認した。

試験の状況を図 8 に、試験の手順を図 9 に示す。

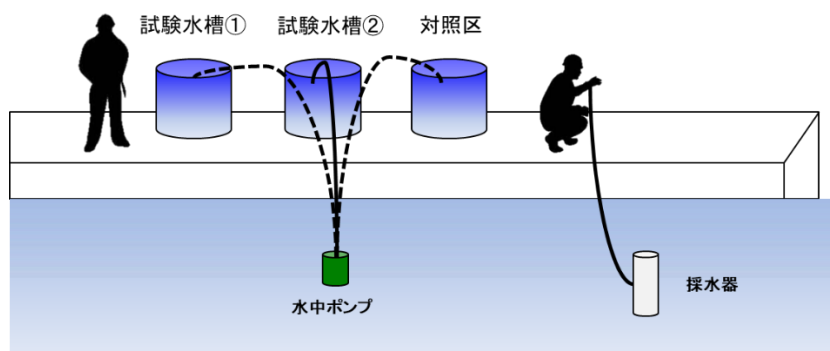


図 7 試験のイメージ図



図 8 左図：水槽設置状況 右図：製剤の添加状況

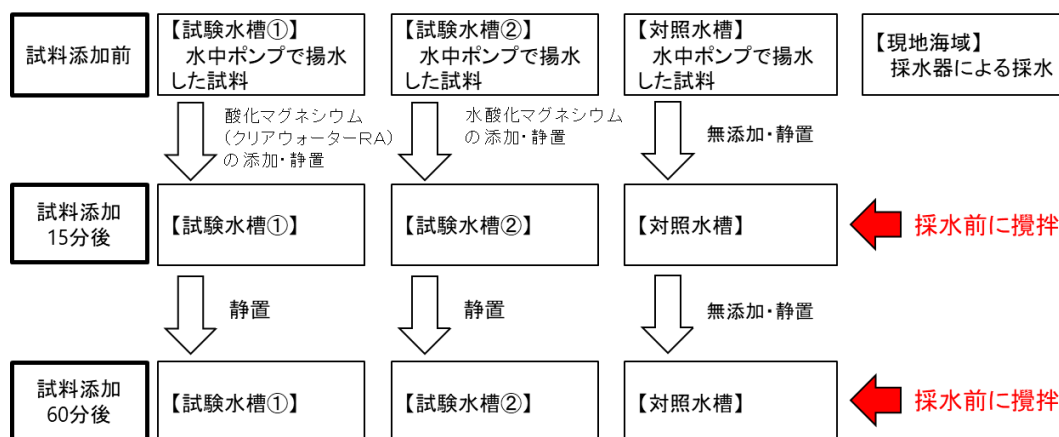


図 9 試験の手順

赤潮プランクトンの駆除率は、60分後に RA-100ppm-粉で 61.5%、水マグ-100ppm-スラリーで 91.7%であり、両者ともに目標値の 50%を上回った（図 10）。

上記のことから、実証項目である赤潮プランクトン（*Karenia mikimotoi*）の駆除率の目標 50%を達成した。

試験時の水槽内の pH は、RA-100ppm-粉と水マグ-100ppm-スラリーともに約 9.5 まで上昇し、高いアルカリ性を示した（図 6）。

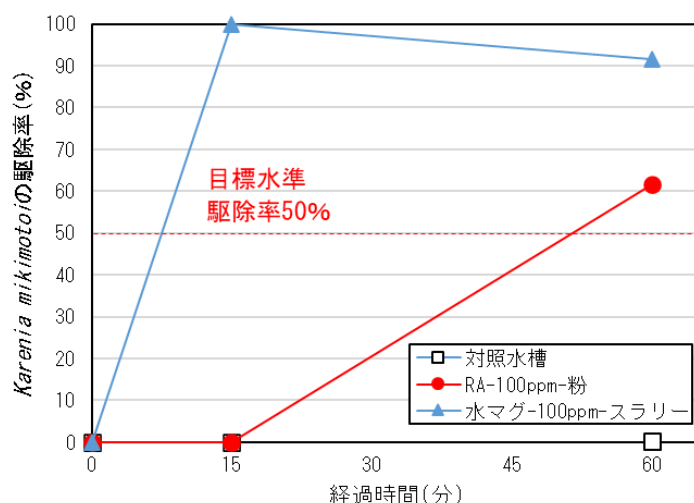


図 10 実証試験による *Karenia mikimotoi* の駆除率の推移

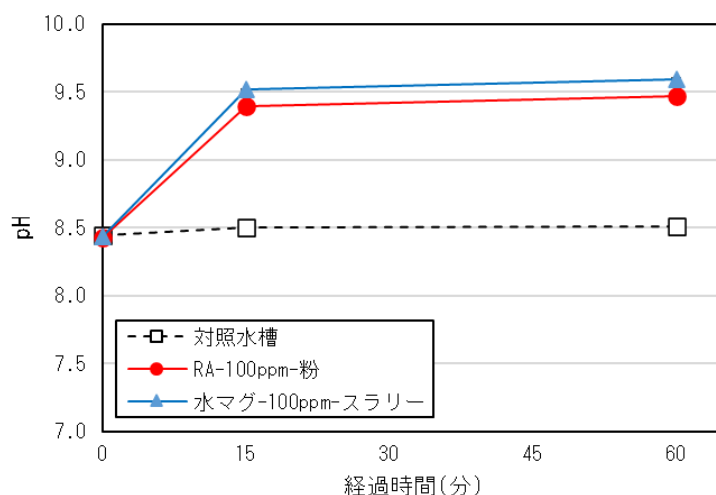


図 11 pH の推移

4.2 考察

実証対象技術を添加した RA-100ppm では、*Karenia mikimotoi* を 50%以上駆除した事が示され、実証する性能を満たした。一方で、植物プランクトンと動物プランクトンは 10%未満の減少率であった。

この結果から、*Karenia mikimotoi* のみに効果があるように見えたが、pH の変化で特定のプランクトンのみ駆除し、他のプランクトンを減少させないとは考えにくく、理由は不明である。

今回の実証試験の際に、RA-100ppm は粉末の状態に入れて攪拌し、水マグ-100ppm はスラリー状で入れ攪拌していたため、添加方法等をスラリー状に統一し追加試験を行った。

その結果、RA も植物プランクトン全体の細胞数を減少させた。動物プランクトンの細胞数についても同様に減少させた。

この追加試験の結果より、実証試験時に粉末の状態に入れて攪拌した RA-100ppm は、実証試験時は製剤が水槽内の海水に対し、速やかに反応せず、植物プランクトンや動物プランクトン全体で見ると低い減少率となったと考えられる。

最も望ましい技術は赤潮プランクトンのみを駆除し、他のプランクトンには影響を及ぼさないことであるが、本技術は赤潮プランクトンに対して高い駆除効果があり、他のプランクトンについても減少させると考えられる。

また、本技術は実海域に散布した場合、製剤が水和して水酸化マグネシウムとなり、沈降する。水酸化マグネシウムによる底質改善の効果も期待されるため、赤潮の防除に繋がると考えられる。

5. 参考情報

注意: このページに示された情報は、技術広報のために全て実証申請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。

5.1 製品データ

項 目		実証申請者又は開発者 記入欄	
製品名・型番		クリアウォーターRA （酸化マグネシウム 粉状品）	
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	https://www.ubematerials.co.jp/	
	E-mail	mg_kankyozai@ubematerials.co.jp	
設置・導入条件		養殖生簀から離れたところで散布する。水槽または活け間に海水をくみ、本剤を溶いて散布する。（粉のまま散布しない。）	
必要なメンテナンス		赤潮プランクトンの沈降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、赤潮防除効果が数時間継続する。	
施工性		製品を海水に溶いた後、速やかに散布する。	
設置期間		散布後は底質改善に寄与する。本剤の回収は不要。	
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（100 m ² に 20kg 散布、散布回数 1 回を想定）	
		製剤費用	300 円／m ²
		合計	300 円／m ²

5.2 その他メーカーからの情報

●本技術の特長

- ・海水中のマグネシウム成分を原料として製造。ヒト、植物、魚類に対して安全性が高い成分。
- ・赤潮駆除後は底質改善に寄与。本製品は、平成 27 年度 ETV 事業にて実証した製品と同等成分である。「酸化マグネシウムによる底質改善技術」実証番号 090-1402
(底質改善: 底質を弱アルカリ性に維持し、硫化水素の発生抑制及び底生生物の減少緩和を行う。)

●評価、特許情報

- ・2018-2022 年度水産庁委託事業「漁場環境改善推進事業(赤潮被害防止対策技術の開発)」にて開発。最終成果物として、散布方法などを取りまとめたマニュアルを水産庁のウェブサイトに掲載。
マニュアル名: 「改良型マグネシウム製剤を用いたカレニア等赤潮被害防止マニュアル」
- ・特許第 6726146 赤潮駆除剤及びこれを用いた赤潮駆除方法

●2024 年度に発生した赤潮に対する

評価試験結果(一例)

地区	散布日	水深	カレニアミキモトイ 細胞数 (cells/mL)
九州	6月	海上散布 表層	散布前 830 散布5分後 110 (86%減)
九州	6月	海上散布 水深0.5m	散布前 4596 散布30分後 2200 (52%減)
四国	7月	海上散布 水深1m	散布前 1600 散布15分後 360 (77%減)

1. 本事業の概要

1.1 目的

環境技術実証事業（以下「実証事業」という。）は、既に実用化された先進的環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響、その他、環境の観点から重要な性能（以下「環境保全効果等」という。）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、環境技術の利用者による技術の購入、導入等に当たり、環境保全効果等を容易に比較・検討し、適正な選択を可能にすることにより、環境技術の普及を促進し、環境保全に寄与し、中小企業の育成も含めた環境産業の発展に資することを目的とする。

実証事業は、国際規格であるISO 14034 : 2016 [Environmental management -- Environmental technology verification (ETV) : 環境マネジメントー環境技術検証 (ETV)] に準拠しており、国際的に統一された枠組みで実証事業を運用している。

1.2 実証の定義

本実証事業において「実証」とは、環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関が、環境技術の環境保全効果等を試験等に基づき客観的なデータとして示すことをいう。なお、環境技術とは環境改善効果又は環境保全効果をもたらす先進的技術並びに環境に関する先進的な測定技術と定義する。「実証」は、一定の判断基準を設けて、この基準に対する適合性を判定する「認証」とは異なる。

1.3 実証報告書の概要

本報告書は、環境技術実証事業実施要領[環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室：令和5年11月]（以下「実施要領」という。）の「別紙5 実証報告書及び実証報告書概要版に記載する事項」及び「別紙6 実証報告書作成要領 Ver.3.2」に基づき、作成されたものである。

本実証では、実施要領に基づいて実証対象技術として選定された「マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術」について、以下に示す環境改善効果等を客観的に実証した。

また、本報告書は、専門家で構成される技術実証検討会において、実証結果に基づき、実証対象技術の環境保全効果等について検討を行った。本報告書はその実証結果を取りまとめたものである。

- ・マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術による環境改善効果

2. 実証体制と実証参加者の責任分掌

実証に参加する組織及び実施体制を図 12 に示した。また、実証参加者と責任分掌を表 1 に示した。

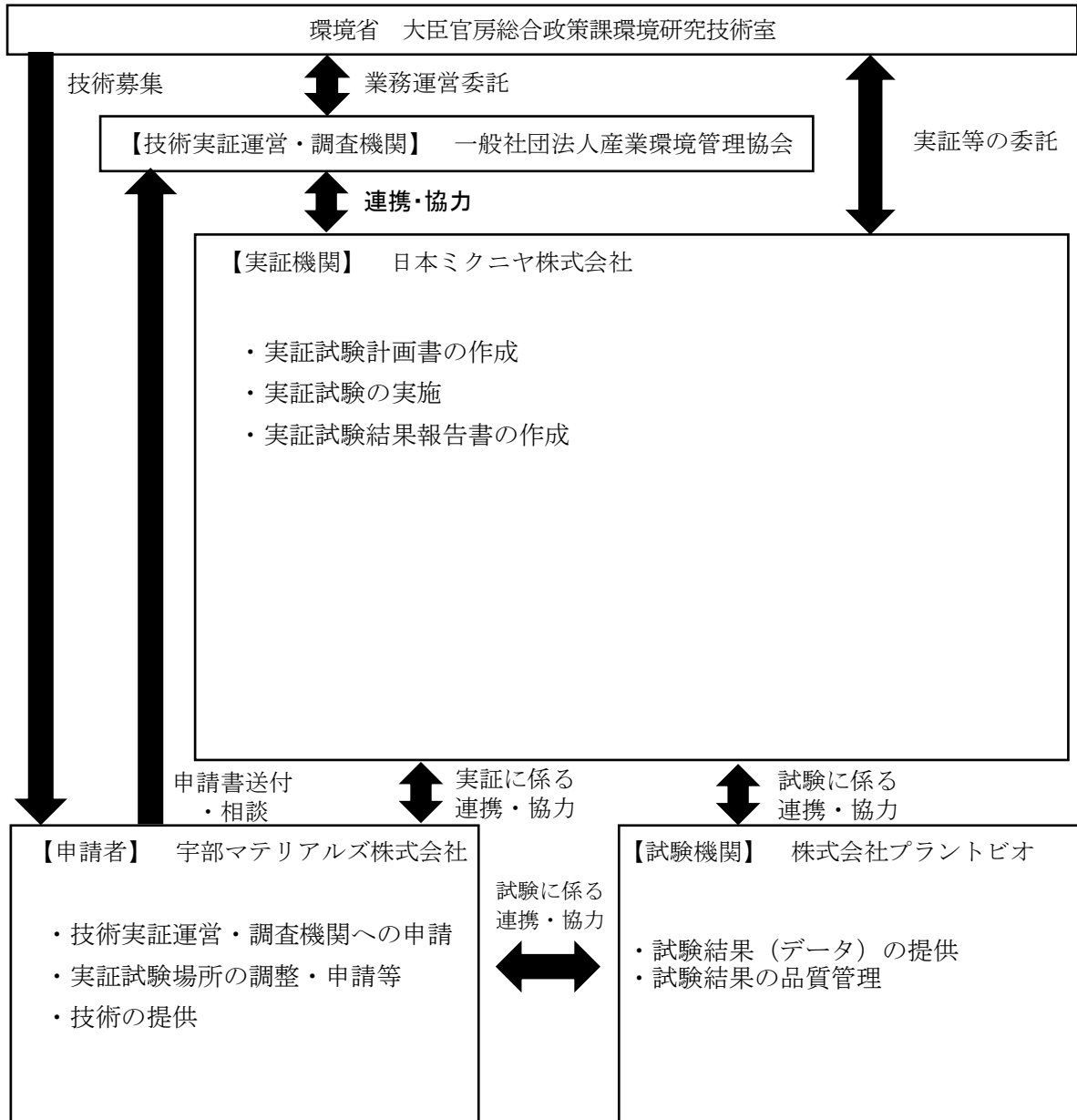


図 12 実証に参加する組織及び実施体制

表 1 実証参加者と責任分掌

区分	実証参加機関	責任分掌	参加者
実証機関	日本ミクニヤ株式会社 東京支店 中国支店	実証試験計画の策定	峯 深谷 榊井 富田 本原
		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	
		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	
		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	
実証申請者	宇部マテリアルズ株式会社	試験場所の提供	渡辺 三浦 清家 早川
		実証対象技術の準備 (運搬、設置及び撤去等)	
		実証対象技術の運転及び維持管理等	
		既存データの情報の提供	
		実証(試験)に係る費用の負担	
		実証(既存データの検証)に係る費用の負担	
試験機関	株式会社プラントビオ 福岡支店	試験の実施	岩木
		試験結果(データ)の提供	
		試験結果の品質管理	

3. 実証対象技術の概要及び仕様

3.1 実証対象技術の目的及び原理（環境保全・改善効果等）

本技術は、酸化マグネシウムを主成分とする赤潮駆除剤を海域に散布して、海水の pH を高いアルカリ性にする事で、赤潮プランクトン（*Karenia mikimotoi*）の細胞膜を破壊し、死滅させる方法である。

本技術の検証のため、水槽内で *Karenia mikimotoi* を培養し、試験を行った結果、高い駆除率を得ることができた。一方で、有識者より、培養したプランクトンより実海域で発生したプランクトンの方が生き残る可能性があるとのアドバイスを受けた。

そこで、実海域で発生した赤潮プランクトンに対して、本技術の有効性を実証するとともに、他のプランクトンへの影響を確認した。

3.2 実証対象技術の仕様

(1) 仕様

主成分：酸化マグネシウム

形状：粉状品

特徴：比表面積 15 m²/g 以上

外 観：



成分例

化学組成	MgO	97.4%
	CaO	0.99%
	SiO ₂	0.13%

酸化マグネシウム（クリアウォーターRA）

(2) 設置方法及び設置条件

粉末に水や海水を混ぜて、スラリー状とした後に海域に散布する。

4. 試験場所（又はその他の条件）等の概要

4.1 試験場所の情報

実証試験は、*Karenia mikimotoi* の赤潮が発生した山口県周南市地先で行った。

山口県周南市地先の実証（試験）場所と各種情報等を表 2、実施場所を図 13、現地状況を図 14 に示す。

表 2 実証（試験）場所と各種情報等

実証（試験）場所	山口県周南市地先	
実証（試験）場所 の各種情報等	○実証対象機器等の搬入路は確保できるか	可能
	○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 現象を除く)	無し(自然
	○試料採取は可能か	可能
	○実証試験の期間、時期	6月～9月

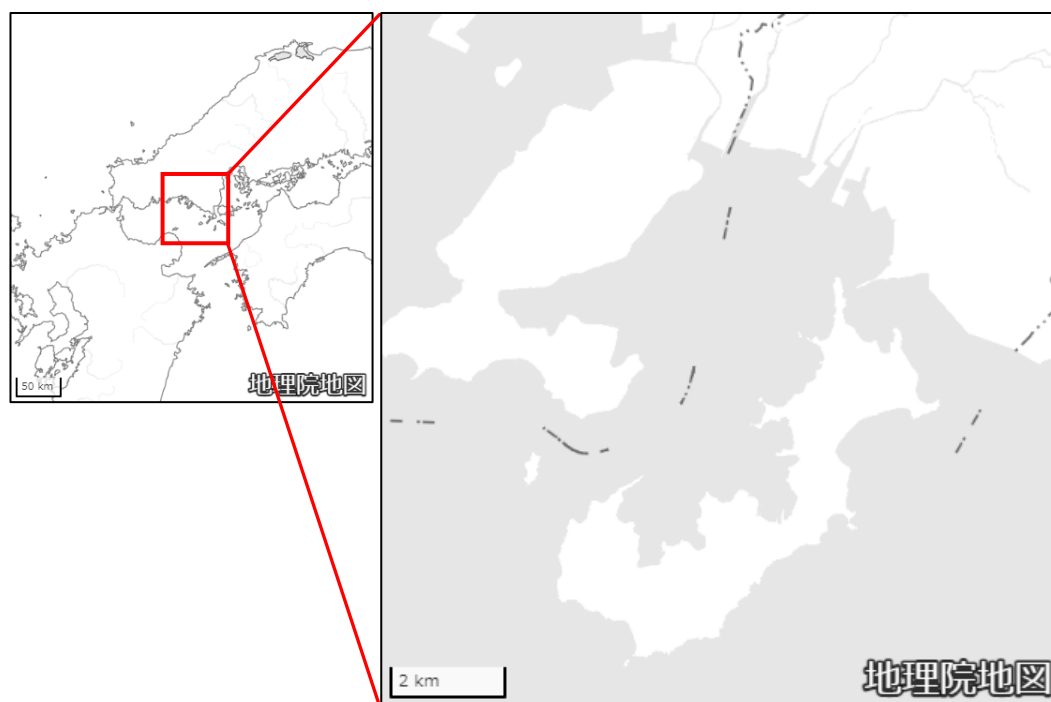


図 13 実施場所



図 14 実証試験場所の状況

4.2 試験方法及び条件

令和6年7月19日に徳山湾において、魚介類に対して有害なプランクトン (*Karenia mikimotoi*) が増殖し、赤潮警報密度である 5,000 個/ml を超える 19,975 個/ml の発生が確認され、同日、周南市、下松市及び関係漁協に「赤潮警報」が発令された。この「赤潮警報」を受け、令和6年7月23日に山口県周南市地先において、実証試験を行った。

実証試験は、岸壁で水槽を用いて行った。岸壁作業のイメージを図 15 に示す。

試料添加前では、試験水槽と対照水槽のプランクトン数に顕著な差が生じていないかを確認するために、揚水した水槽から試料を分取した。

試験試料分取後に、試験水槽①へ酸化マグネシウム（クリアウォーターRA）を、試験水槽②に水酸化マグネシウムをそれぞれ 10g 分取した。それをスラリー状として添加し、攪拌したのち静置した。

試料添加 15 分後と 60 分後に、水槽内が均一になるように攪拌したのち分取し、分析試料とした。

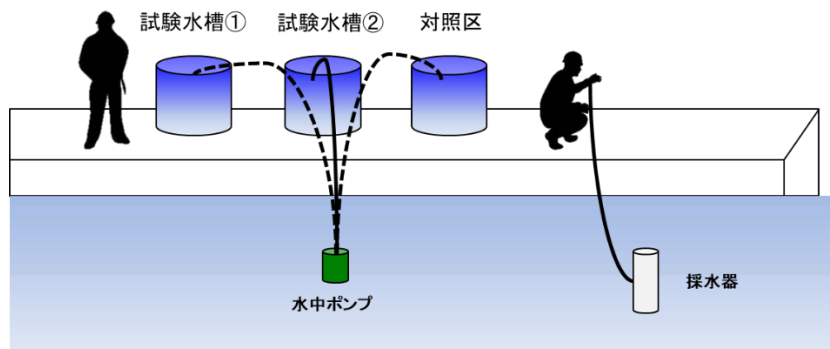


図 15 試験のイメージ図



図 16 左図：水槽設置状況 右図：製剤の添加状況

4.3 実証対象技術の全体構成

実証試験の手順を図 17 に示す。

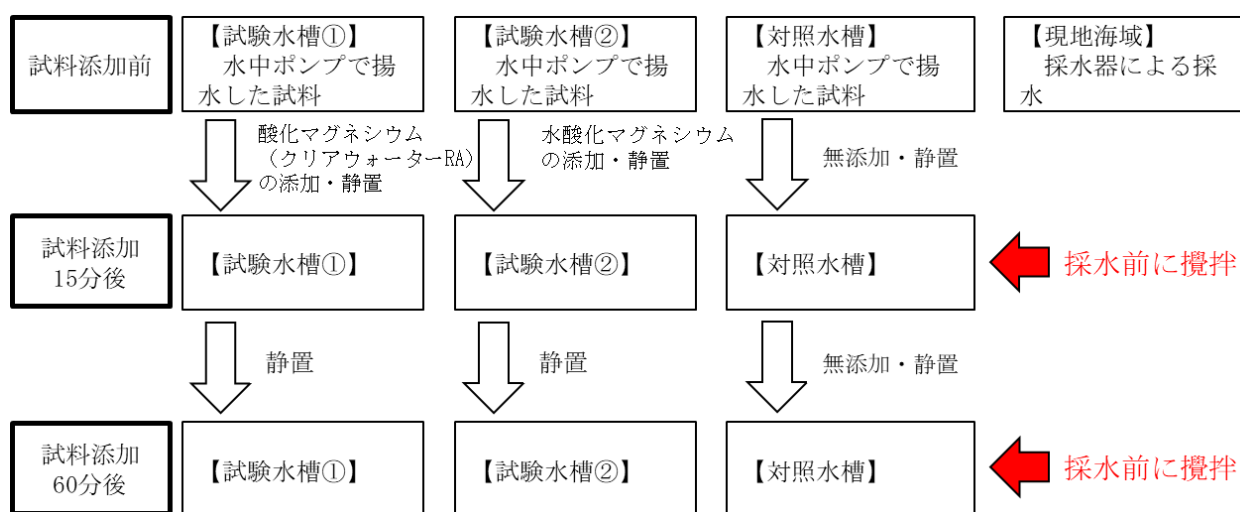


図 17 試験の手順

5. 実証方法

5.1 実証全体のスケジュール

宇部マテリアルズ（株）は、現地漁協に赤潮発生状況を把握し、気象状況（天候、海況、潮汐（潮止まりの時間））を考慮し、日程を決定した。

実証試験は、「赤潮警報」を受け、令和6年7月23日に行った。

項目	令和6年									令和7年		
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
事前調査												
実証試験												
追加試験												
データ整理												
報告書作成												

5.2 実証項目、実証する性能及び参考項目

実証項目と性能を表3に、参考項目を表4に示す。

表3 実証項目と実証する性能

実証項目	実証する性能 ※メーカーが目標とする値
赤潮プランクトンの駆除率	対照区に比べ駆除率50%以上

表4 参考項目と内容

参考項目	項目内容
水質	水温、pH
生物	植物プランクトン、動物プランクトン

5.3 実証方法

5.3.1 サンプルング及び試料採取方法

水中ポンプを用いて、折り畳み水槽（100L）に試料を揚水した。揚水する水槽を変えながら少しずつ揚水し、揚水試料が均等になるように配慮した。なお、揚水する水中ポンプは、同じ機器を用いるものとした。

試料添加前では、試験水槽と対照水槽のプランクトン数に顕著な差が生じていないかを確認するために、揚水した水槽から試料を分取した。

試験試料分取後に、試験水槽①へクリアウォーターRA を、試験水槽②に水酸化マグネシウムをそれぞれ 10g 添加し、静置した。

試料添加 15 分後と 60 分後に均一になるように攪拌した後に分取し、分析試料とした。分取試料は、*Karenia mikimotoi* と植物プランクトンの分析のため 2L 瓶に分取後、グルタルアルデヒド 1% で固定した。

また、参考のため動物プランクトンを同定するため、各水槽より 1 検体ずつ採水し、ホルマリン固定し試料とした。

表 5 に試料検体数を示す。

表 5 試料検体数

項目	試験水槽① RA-100ppm-粉	試験水槽② 水マグ-100ppm-スラリー	対照水槽	現地海域
試料添加前	N=3 (1)	N=3 (1)	N=3 (1)	N=3 (1)
試料添加 15 分後	N=3 (1)	N=3 (1)	N=3 (1)	-
試料添加 60 分後	N=3 (1)	N=3 (1)	N=3 (1)	-
計	N=9 (3)	N=9 (3)	N=9 (3)	N=3 (1)

※括弧内は、動物プランクトンの検体数を示す。

5.3.2 分析方法

固定した試料は室内に持ち帰り、試料の調製後、顕微鏡下で種の同定・計数を行った。

5.3.3 検討方針

水中ポンプで揚水した試料と現地海域で採水器により直接採取した試料を用いて、プランクトンへの影響が生じていないかを検証した。

上記のポンプ揚水によりプランクトンへの影響が無いことを確認したのち、**図 18** に示すフローに沿って検討した。

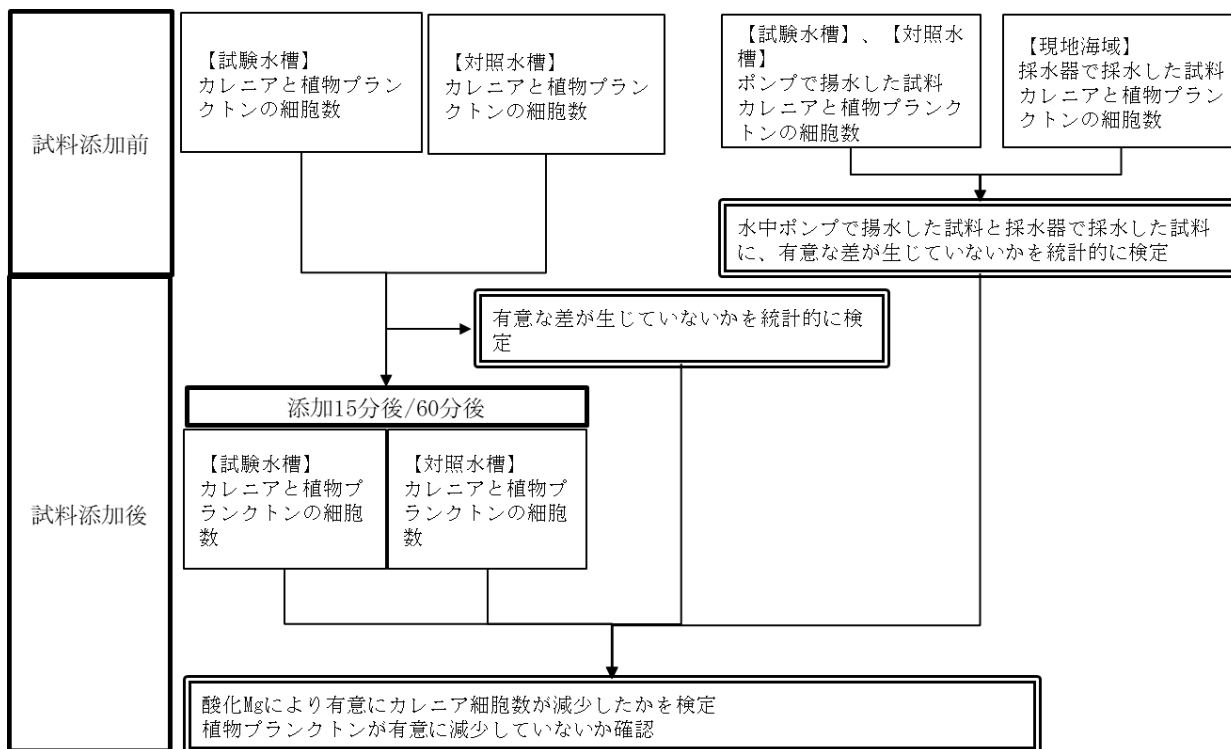


図 18 実証試験の検討フロー

6. 過去に調査(試験)した試験データ(既存データ)の活用検討

6.1 既存データの活用

(1) 試験を省略して既存試験結果を活用する範囲とその概要

カレンシア種(培養細胞)に対しての駆除効果を把握することを目的として実施した。

Karenia mikimotoi 細胞密度 100~200 cells/mL 程度の 100L 水槽を準備した。

赤潮駆除剤は次の3種を使用した。

酸化マグネシウム(クリアウォーターRA)(以下、RAと記載)

水酸化マグネシウム(以下、水マグと記載)

粘土系製品(他社品)

赤潮駆除剤の散布後、15、60、180分後の細胞数をそれぞれ3回計測し、遊泳率と駆除率を算出した。

算出方法を以下に示す。

遊泳率(%) = 遊泳細胞数 / 初期の細胞数

駆除率(%) = $100 - (\text{遊泳細胞数} + \text{不動細胞数}) / \text{初期の細胞数} \times 100$

この駆除率と遊泳率を既存データとして検討した。

(2) 既存試験結果の取得機関

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産技術研究所 長崎庁舎飼育実験棟

(3) 試験方法

試験海水：水産技術研究所内海水(砂ろ過海水を20μmで更にろ過)

試験水温 20℃前後、塩分 33.6

試験規模：100L(透明パンライト水槽使用)

試験水槽の設定：RA-50ppm、RA-100ppm、RA-200ppm、水マグ-100ppm、水マグ-200ppm
他社品(粘土系) 1,100ppm、無添加

- ・試験海水を100L注水し、水温が20℃に達するまで投げ込み式ヒーターで加熱した。
- ・培養した *Karenia mikimotoi* を2 vessels分(540 mL)投入して緩やかに攪拌した。
- ・30分静置後、海水に懸濁させたスラリー状として赤潮駆除剤をそれぞれの濃度になるように添加・攪拌した。
- ・開始前、15分後、60分後、180分後に採水した。
- ・希釈後遊泳細胞を顕微鏡下で3回カウントした(350μL計数して1mLあたりの細胞密度に換算)。
- ・細胞数の計測を行い、遊泳率と駆除率を算出した。
- ・定義(詳細を次ページに示す)
 - 遊泳細胞：通常の形態をして遊泳している細胞
 - 不動細胞：通常の細胞より球形化し、全く不動の細胞
- ・赤潮駆除剤が均一になるよう、30分おきに風呂棒で緩やかに攪拌して防除剤を均一化させた。
- ・試験終了時に止水の一部を分取し、pH計測を実施した。
- ・試験終了後、試験海水に次亜塩素酸を投入し、*Karenia mikimotoi* を殺滅して廃棄した。

本試験で変形の確認された細胞の状況を図 19～図 21 に示す。本試験では、細胞が球形化した図 19 の状況、細胞の膜が割れた図 20 の状況を「不動細胞」と定義し、計測した。最終的に破裂した細胞は計数できないため、ここでは計測の対象外とした。参考に、細胞が膨潤して破裂直前の状態の写真を図 21 に示す。

判断のイメージを図 22 に示す。

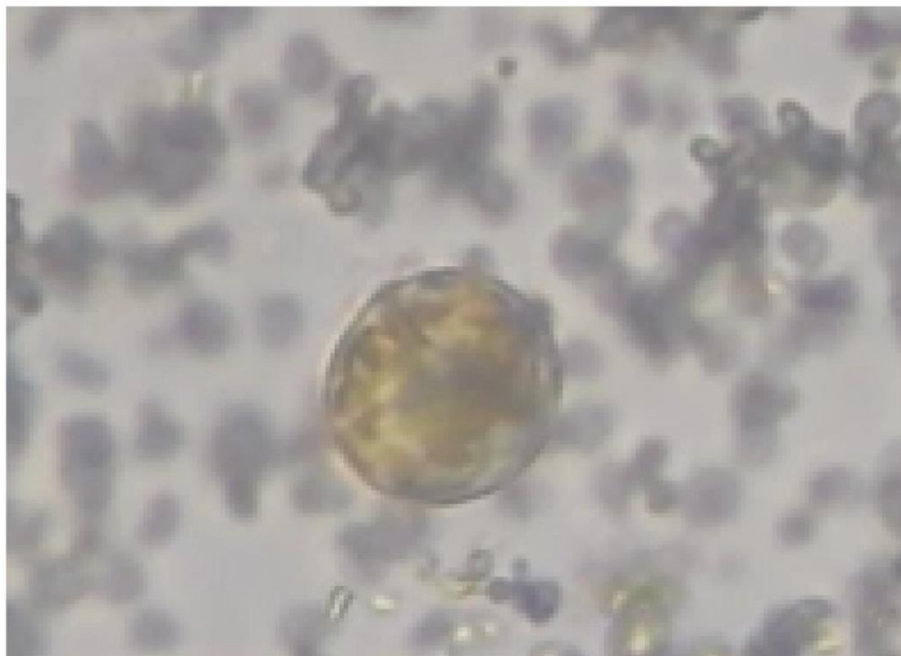


図 19 細胞が球形化した状況



図 20 細胞の膜が割れた状況

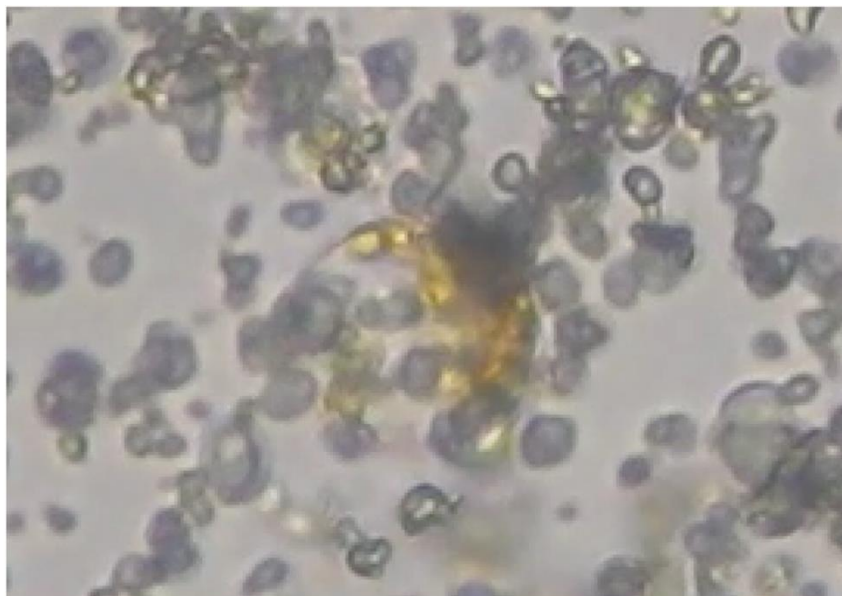


図 21 細胞が膨潤して破裂直前の状態

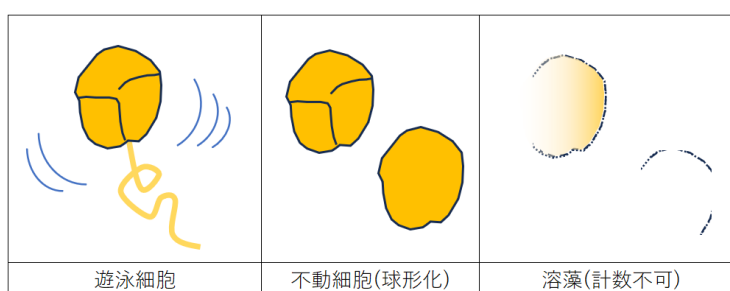


図 22 カレニア細胞の状況の目視判断イメージ

6.2 既存データの検討

試験の結果、RA、水マグの添加により、*Karenia mikimotoi* の駆除率は 15 分後から上昇し、RA では 100ppm で 180 分後に、200ppm では 60 分後に駆除率 100%となった(図 23)。

一方で、遊泳率は添加後 15 分から RA と水マグともに大きく低下した(図 24)。

RA では、50ppm では遊泳率 0%とならなかったが、100ppm と 200ppm 添加区で 60 分後には遊泳率 0%となった。また、水マグに関しては 60 分後に 200ppm では遊泳率 3%となった。

水マグは高い駆除率とならなかったが、遊泳率が大きく低下した。この理由として、ここでの駆除率は「不動細胞(運動性の消失、細胞の変形)」と遊泳細胞の合計値より算出しているためである。水マグ 200ppm では、60 分後に確認された細胞のうち約 6 割を不動細胞が占めているものの細胞が残っており、駆除率としては低い結果となった。

これらの結果から、RA は水マグよりも *Karenia mikimotoi* に対して、細胞変化(運動性の消失、細胞の変形)に加えて、細胞の破裂をより引き起こし、高い駆除効果を示すと考えられる。

参考として、pH の変化を図 25 に示す。pH は無添加で変化が無く、粘土系は 6.5 以下の酸性になったのに対して、RA と水マグは 9.0 以上のアルカリ性となった。

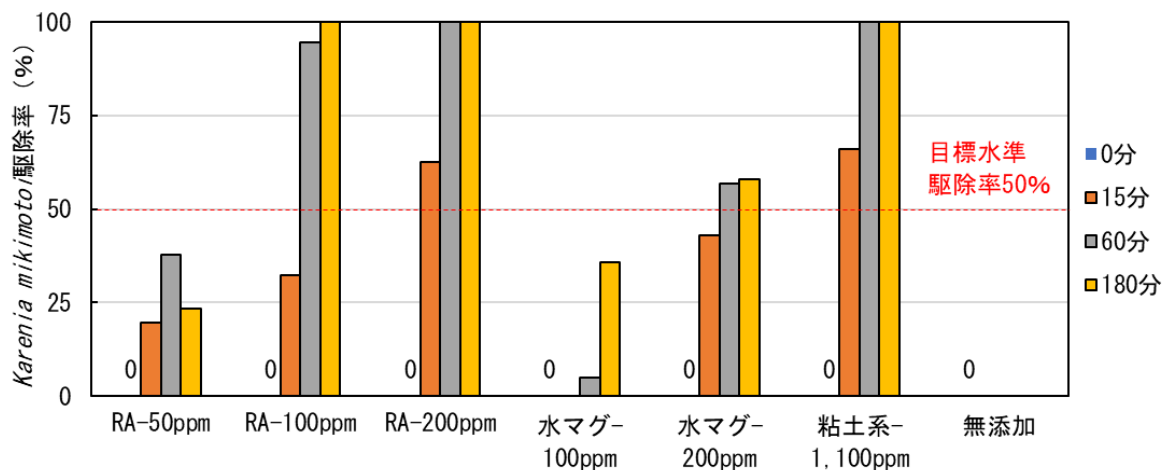


図 23 *Karenia mikimotoi* の駆除率

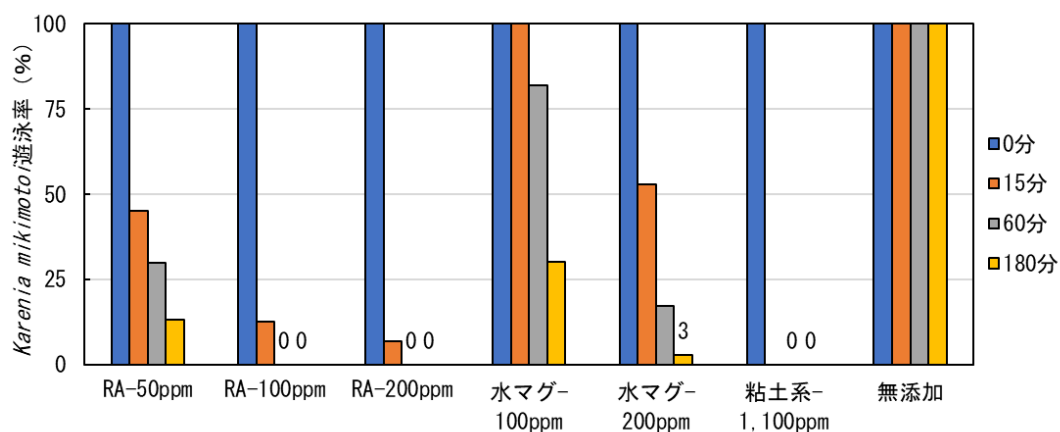


図 24 *Karenia mikimotoi* の遊泳率

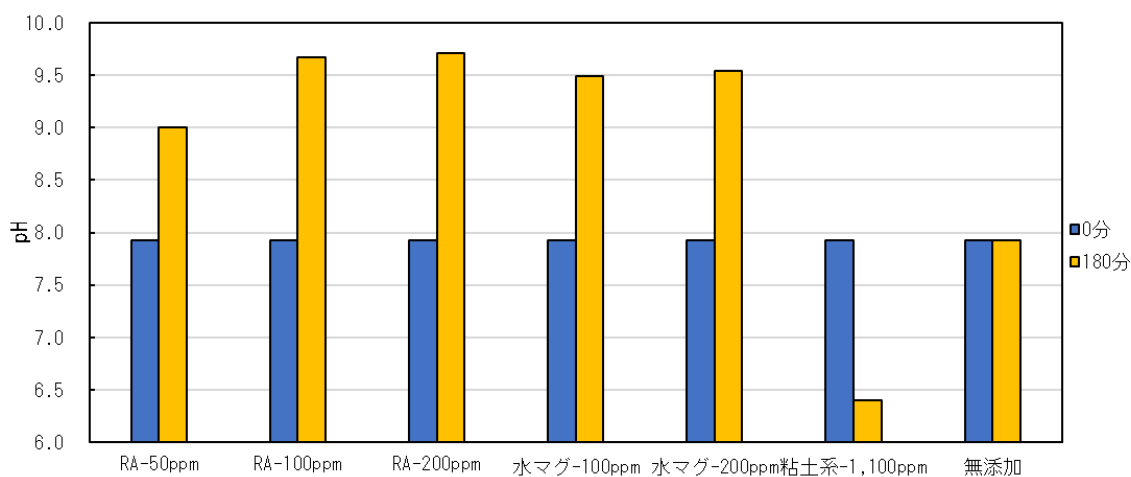


図 25 試験前後の水の pH 値

7. 試験結果

実証試験は、令和6年7月19日に山口県からの「カレニア ミキモトイの赤潮警報(5,000個/ml以上)」を受け、7月23日に行った。

採水箇所を検討するために、山口県周南市地先の港内の複数地点で、水質鉛直観測を実施した(図27)。

その結果、①地点のクロロフィル濃度が比較的高かったことから、①の浮桟橋で試験を行った。

なお、採水層は、最もクロロフィル濃度の高い水深2m層とした(図27)。



図26 現地の状況

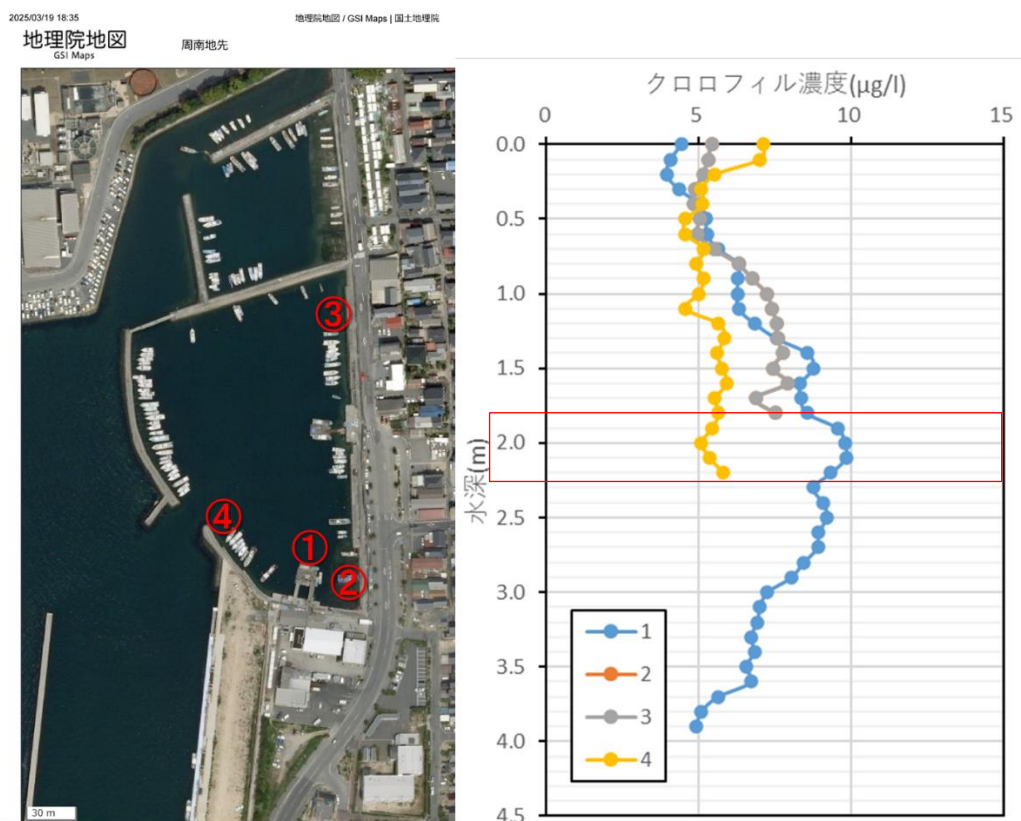


図27 港内のクロロフィル濃度の比較

試験開始にあたり、採水器とポンプ揚水による採取試料に差が生じないかを検討した。その結果、植物プランクトンと動物プランクトン共に、細胞数に大きな差は無く、ポンプ揚水によるプランクトンへの影響は無いものと判断した(図28)。

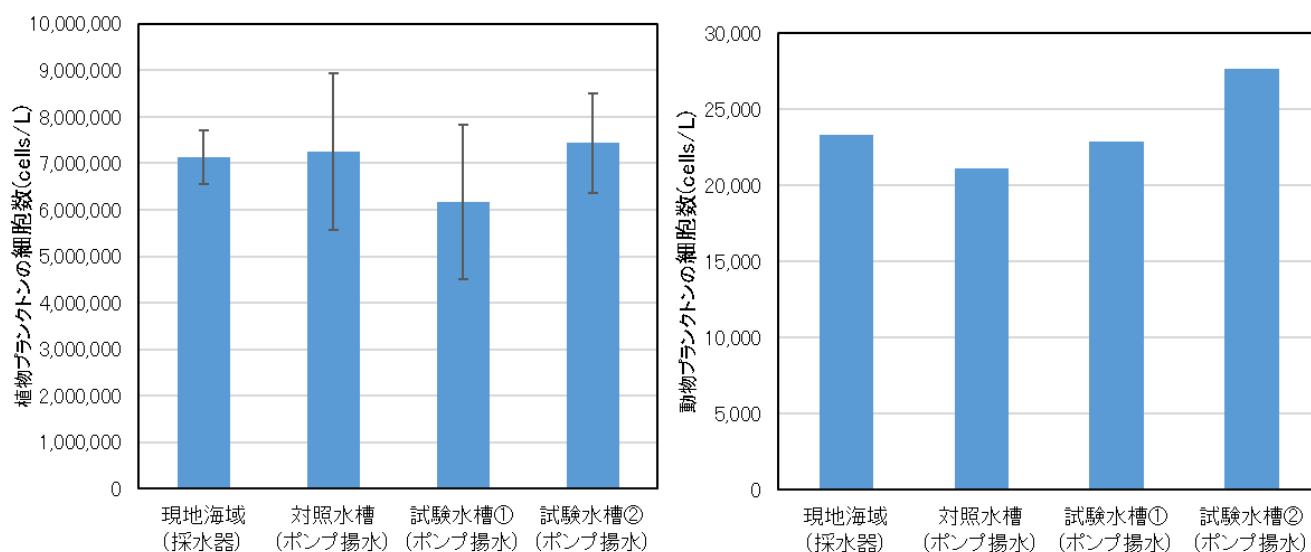


図 28 採水器とポンプ揚水によるプランクトンへの影響検証

実証試験の状況を図29に示す。



図 29 試験の状況 (左下図：試験水槽① 60 分後，右下図：試験水槽② 60 分後)

試験中の水温の推移を図 30 に、pH の推移を図 31 に示す。

水温は 25-28℃で推移し、pH は対照区より RA-100ppm-粉と水マグ-100ppm-が約 1 高い状態で推移した。

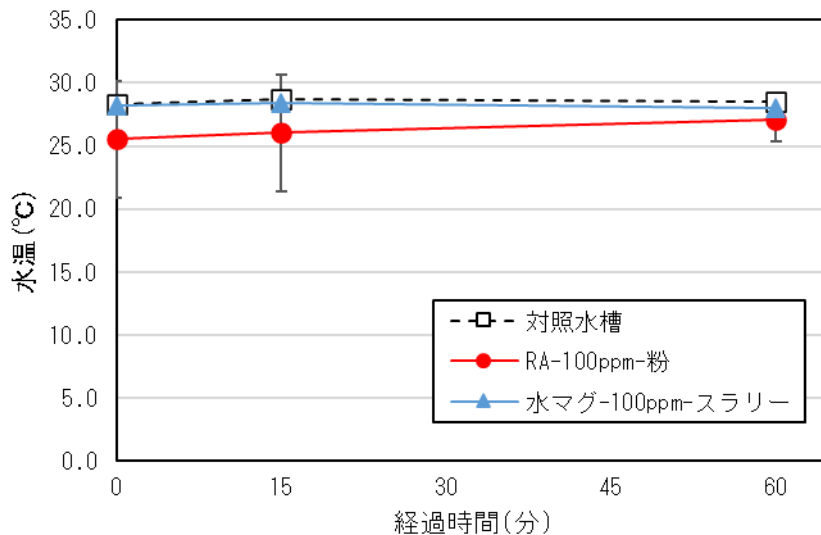


図 30 水温の推移

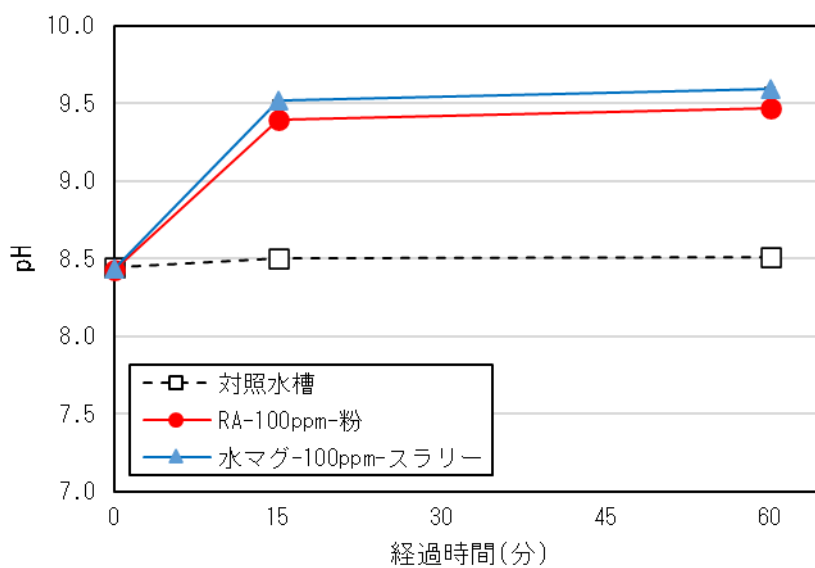


図 31 pH の推移

試験製剤の効果検証として、*Karenia mikimotoi* の細胞数を図 32 に、駆除率を図 33 に示す。

Karenia mikimotoi の細胞数は、対照区が横ばいであったのに対して、RA-100ppm と水マグ-100ppm で大きく減少した (図 32)。

駆除率でみると、試験開始 15 分後に水マグ-100ppm では 100%、60 分後には RA-100ppm で 61.5%、水マグ-100ppm で 91.7%となった (図 33)。

この結果から、RA-100ppm と水マグ-100ppm 共に、目標水準の駆除率 50%以上を達成した。

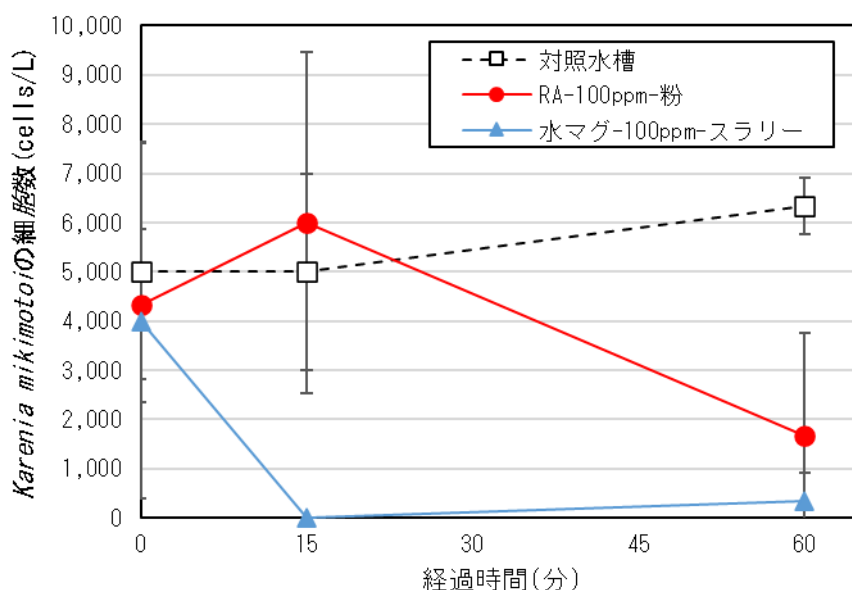


図 32 *Karenia mikimotoi* の推移

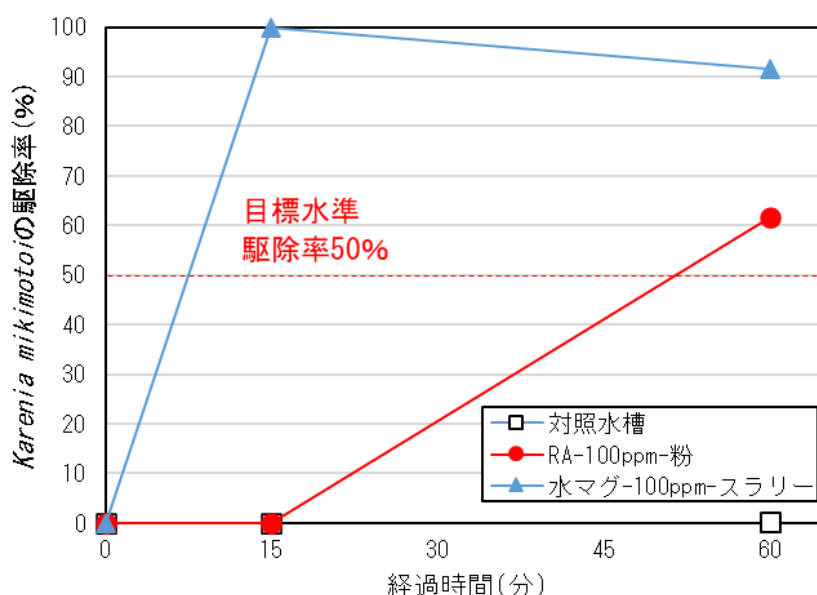


図 33 *Karenia mikimotoi* の駆除率の推移

次に植物プランクトン全体の細胞数を図 34 に、減少率を図 35 に示す。

植物プランクトンの細胞数は、対照区が増加傾向にあったのに対して、RA-100ppm と水マグ-100ppm は細胞数が減少した (図 34)。

減少率でみると、試験開始 15 分後に水マグ-100ppm では 99%、60 分後には RA-100ppm で 2.5%、水マグ-100ppm で 98.7%となった (図 35)。

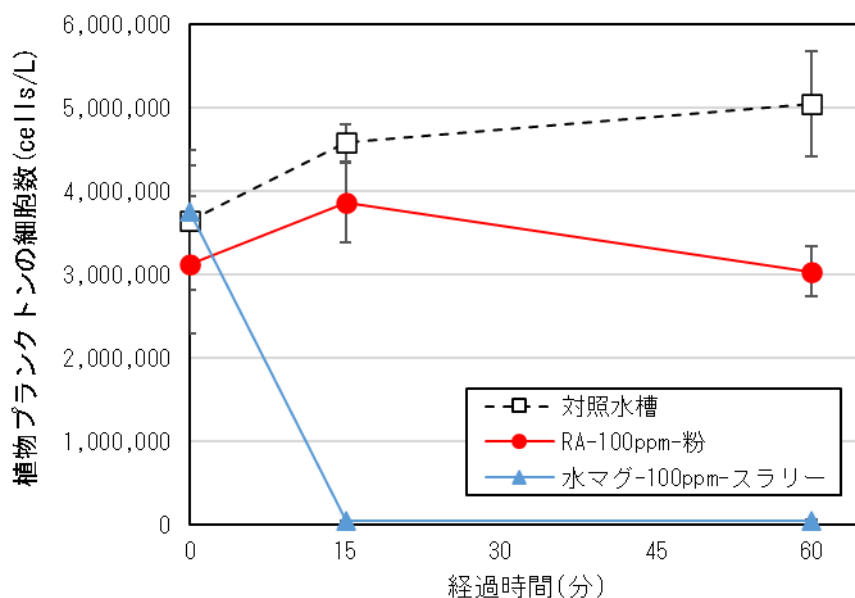


図 34 植物プランクトン細胞数の推移

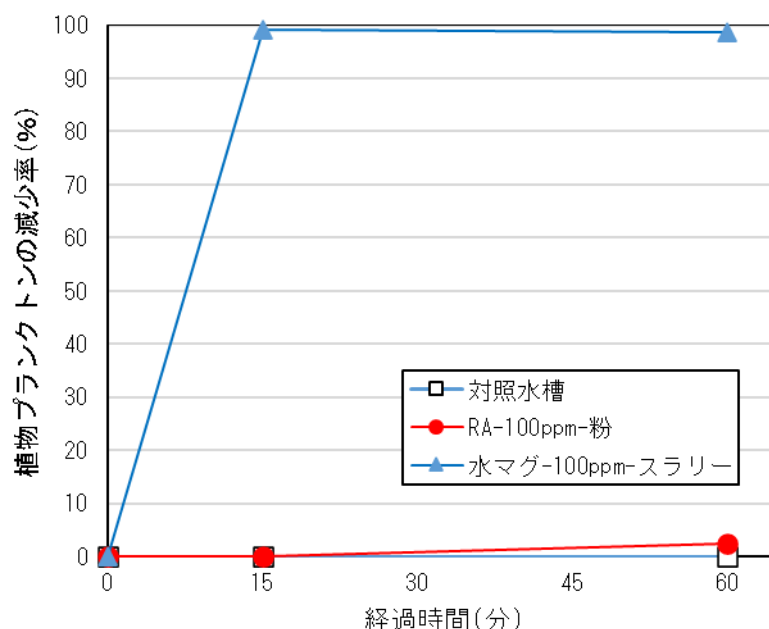


図 35 植物プランクトン細胞の減少率の推移

次に動物プランクトン全体の細胞数を図 36 に、減少率を図 37 に示す。

動物プランクトンの細胞数は、対照区と RA-100ppm が横ばいであったのに対して、水マグ-100ppm は細胞数が減少した(図 36)。

減少率でみると、試験開始 15 分後に水マグ-100ppm では 63.9%、60 分後には RA-100ppm で 8.4%、水マグ-100ppm で 75.9%となった(図 37)。

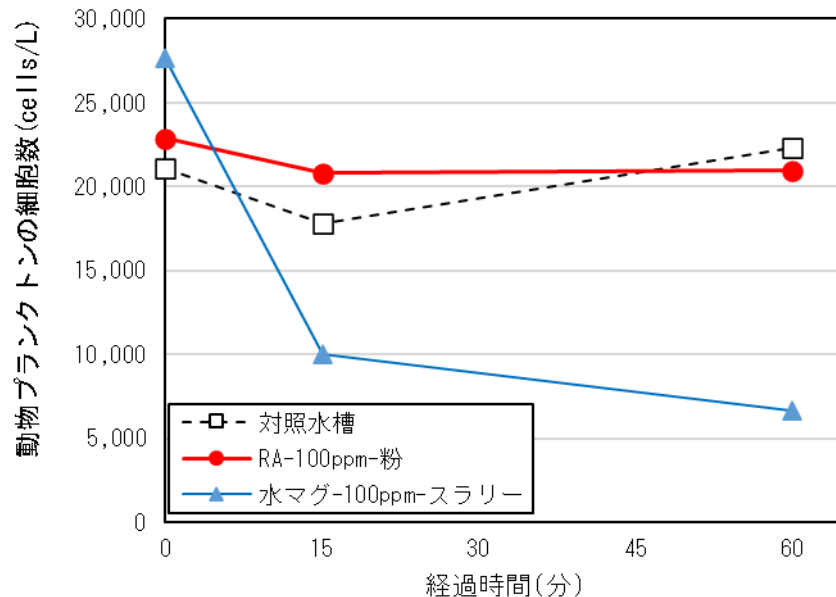


図 36 動物プランクトン細胞数の推移

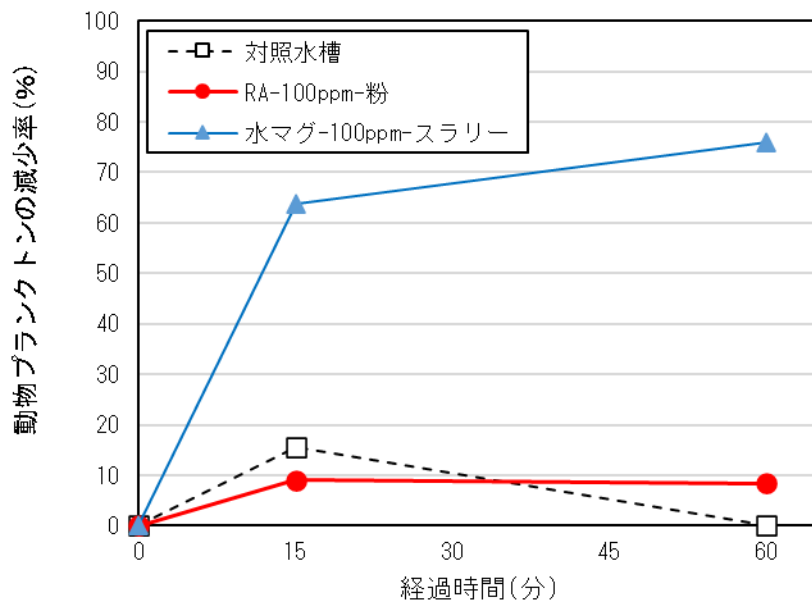


図 37 動物プランクトン細胞の減少率の推移

8. 試験結果に基づく実証結果（まとめ）

試験結果に基づく実証結果を、以下に示す。

- ・ 赤潮プランクトンの駆除率は、RA-100ppm で 61.5%、水マグ-100ppm で 91.7%であり、両者ともに目標値の 50%を上回った。
- ・ 植物プランクトンの減少率は、添加 60 分後において RA-100ppm で 2.5%、水マグ-100ppm で 98.7%であった。
- ・ 動物プランクトンの減少率は、添加 60 分後において RA-100ppm で 8.4%、水マグ-100ppm で 75.9%であった。
- ・ 上記のことから、実証項目および目標を達成した。

9. 実証結果に関する考察

実証対象技術を添加した RA-100ppm では、*Karenia mikimotoi* を 50%以上駆除した事が示され、実証する性能を満たした。一方で、植物プランクトンと動物プランクトンは 10%未満の減少率であった。

この結果から、*Karenia mikimotoi* のみに効果があるように見えたが、pH の変化で特定のプランクトンのみ駆除し、他のプランクトンを減少させないとは考えにくく、理由は不明である。

今回の実証試験の際に、RA-100ppm は粉末の状態を入れて攪拌し、水マグ-100ppm はスラリー状で入れ攪拌していたため、添加方法等をスラリー状に統一し追加試験を行った。

その結果、RA も植物プランクトン全体の細胞数を減少させた。動物プランクトンの細胞数についても同様に減少させた。（図 38, 図 39）。

この追加試験の結果より、実証試験時に粉末の状態を入れて攪拌した RA-100ppm は、実証試験時は製剤が水槽内の海水に対し、速やかに反応せず、植物プランクトンや動物プランクトン全体で見ると低い減少率となったと考えられる。

最も望ましい技術は赤潮プランクトンのみを駆除し、他のプランクトンには影響を及ぼさないことであるが、本技術は赤潮プランクトンに対して高い駆除効果があり、他のプランクトンについても減少させると考えられる。

また、本技術は実海域に散布した場合、製剤が水和して水酸化マグネシウムとなり、沈降する。水酸化マグネシウムによる底質改善の効果も期待されるため、赤潮の防除に繋がると考えられる。

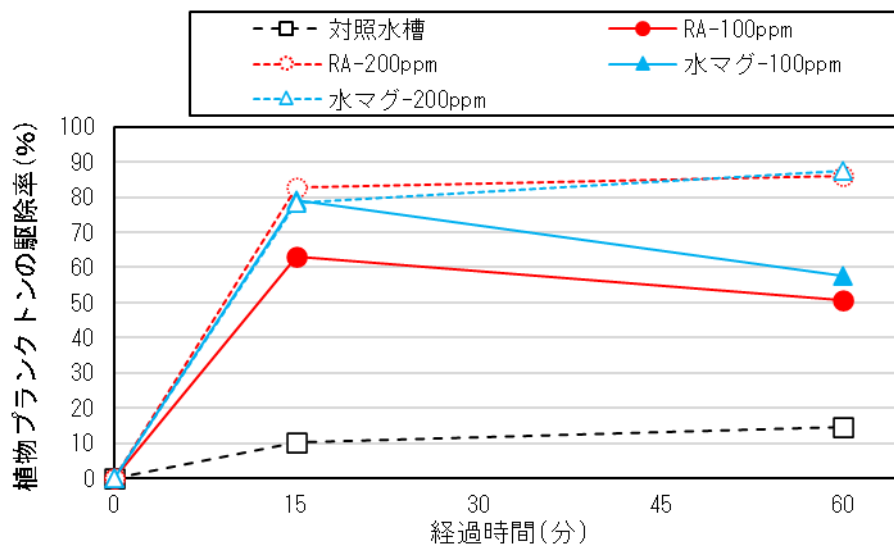


図 38 追加試験による植物プランクトン細胞の減少率の推移

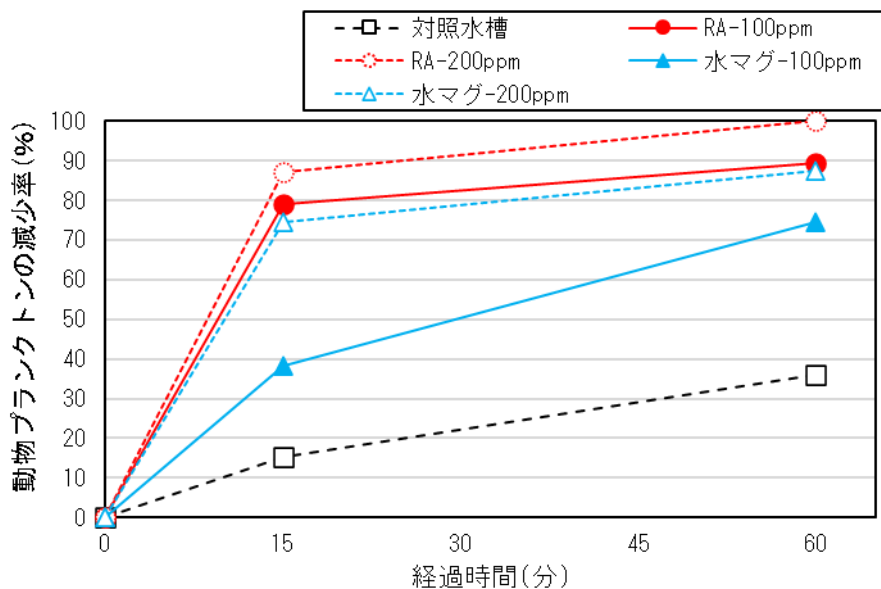


図 39 追加試験による動物プランクトン細胞の減少率の推移

付録

1. 専門用語集

用語	内容
<i>Karenia mikimotoi</i> (カレニア・ミキモトイ)	<i>Karenia mikimotoi</i> (以下カレニア) は、渦鞭毛藻綱 (<i>Dinophyceae</i>)、ギムノディニウム目 (<i>Gymnodiniales</i>) に属する無殻単細胞性の藻類である。 カレニアは、魚介類の大量斃死を引き起こすため、日本の赤潮重点監視対象種に指定されている。
pH (水素イオン指数)	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 pH が 7 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となる。通常の淡水は pH が 7 前後だが、海水はややアルカリ性で pH8 前後である。 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 pH が 6.7~7.5、海域では pH が 7.8~8.4 の範囲が生物の生育に適しているといわれている。
Chl-a (Chlorophyll-a : クロロフィル a)	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であり、一般には葉緑素と言われてきた。 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。

2. 品質管理に関する事項等の情報

(1) データの管理

本実証から得られるデータの管理は、ISO9001(2015)に則った品質管理体制により実施した。

(2) データの分析、表示

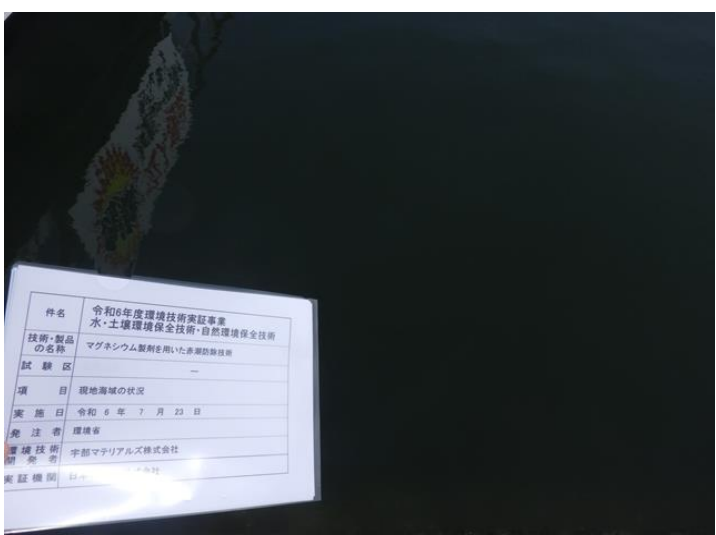
本実証で得られたデータについては、図表、グラフとして整理し、必要に応じて統計分析の処理を実施した。整理した図表、グラフは実証結果報告書に掲載した。

(3) 監査

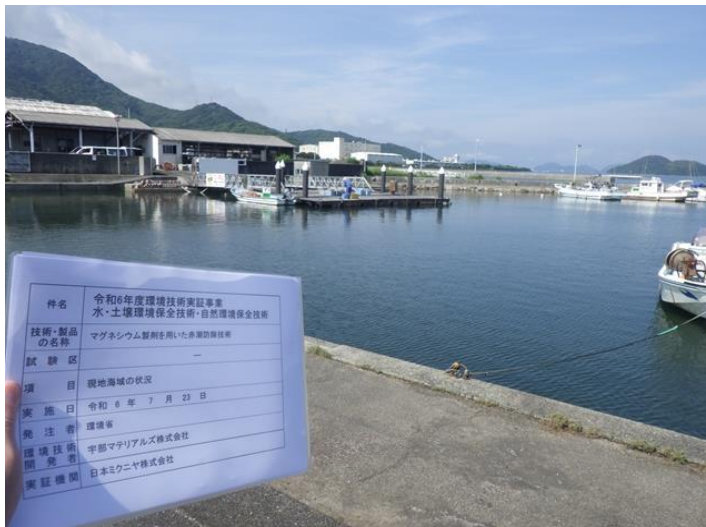
本実証のデータの検証及び監査は、ISO9001(2015)に則った品質管理体制により実施した。

資料編

1. 写真集

	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 全景 現地海域の状況 令和6年7月23日
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 全景 現地海域の状況 令和6年7月23日
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 近景 現地海域の状況 令和6年7月23日

	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 近景 現地海域の状況 令和6年7月23日																
 <table border="1" data-bbox="263 1176 566 1400"> <tr> <td>件名</td><td>令和6年度環境技術実証事業 水・土壌環境保全技術・自然環境保全技術</td></tr> <tr> <td>技術・製品 の名称</td><td>マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術</td></tr> <tr> <td>試験区</td><td>—</td></tr> <tr> <td>項目</td><td>現地海域の状況</td></tr> <tr> <td>実施日</td><td>令和6年7月23日</td></tr> <tr> <td>注者</td><td>環境省</td></tr> <tr> <td>技術者</td><td>宇部マテリアルズ株式会社</td></tr> <tr> <td>証機関</td><td>日本ミウニヤ株式会社</td></tr> </table>	件名	令和6年度環境技術実証事業 水・土壌環境保全技術・自然環境保全技術	技術・製品 の名称	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術	試験区	—	項目	現地海域の状況	実施日	令和6年7月23日	注者	環境省	技術者	宇部マテリアルズ株式会社	証機関	日本ミウニヤ株式会社	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 全景 現地海域の状況 令和6年7月23日
件名	令和6年度環境技術実証事業 水・土壌環境保全技術・自然環境保全技術																
技術・製品 の名称	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術																
試験区	—																
項目	現地海域の状況																
実施日	令和6年7月23日																
注者	環境省																
技術者	宇部マテリアルズ株式会社																
証機関	日本ミウニヤ株式会社																
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 全景 現地海域の状況 令和6年7月23日																



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

全景

現地海域の状況

令和6年7月23日



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

全景

現地海域の状況

令和6年7月23日



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

添加前

試験区①

令和6年7月23日



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

添加前

試験区①

令和6年7月23日



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

添加前

試験区①

令和6年7月23日



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

添加前

試験区②

令和6年7月23日



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

添加前

試験区②

令和6年7月23日



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

添加前

対照区

令和6年7月23日



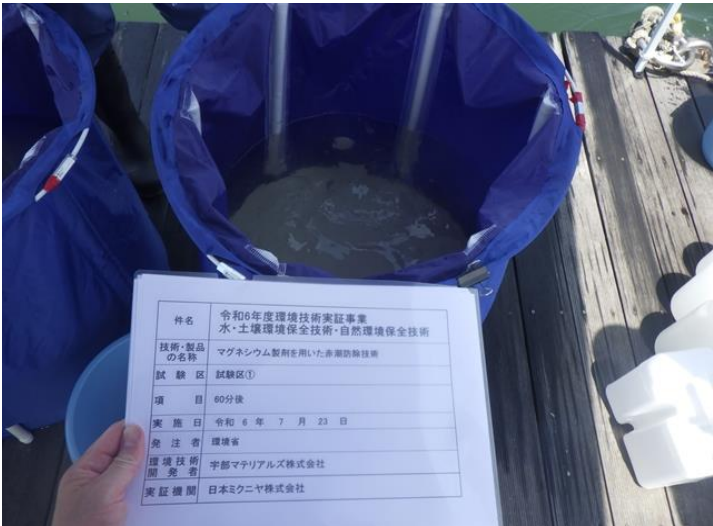
マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

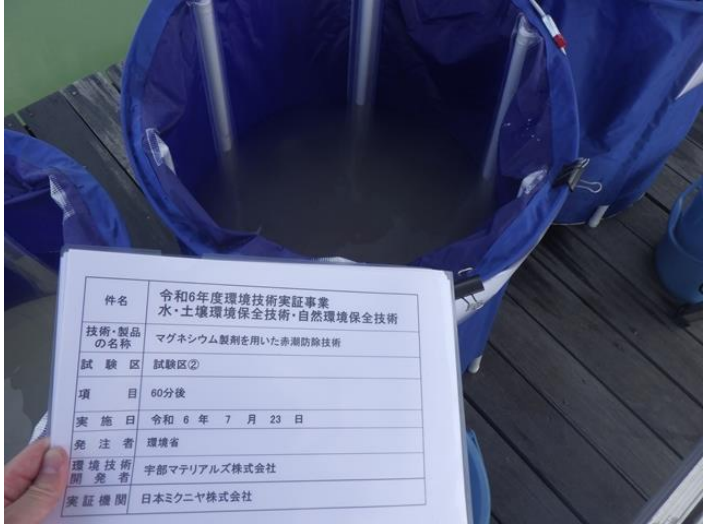
添加前

対照区

令和6年7月23日

	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加15分後 試験区① 令和6年7月23日
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加15分後 試験区② 令和6年7月23日
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加15分後 試験区② 令和6年7月23日

	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加15分後 対照区 令和6年7月23日
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加15分後 対照区 令和6年7月23日
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加60分後 試験区① 令和6年7月23日

	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加60分後 試験区① 令和6年7月23日
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加60分後 試験区② 令和6年7月23日
	マグネシウム製剤を用いた赤潮防除技術 添加60分後 試験区② 令和6年7月23日

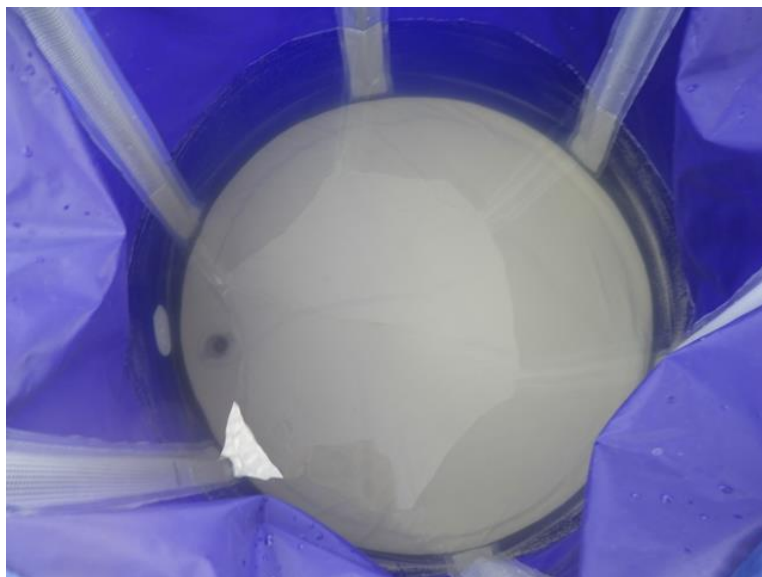


マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

添加60分後

対照区

令和6年7月23日



マグネシウム製剤を用いた赤潮
防除技術

添加60分後

対照区

令和6年7月23日