改良型粘土を用いた赤潮被害防止マニュアル

平成 30 年３月

(令和５年３月改訂)

鹿児島県水産技術開発センター

はじめに

本県はブリ，カンパチなど，養殖が非常に盛んですが，長年赤潮による被害に悩まされてきました。

昭和５７年に「粘土散布による赤潮被害防止マニュアル」が作成され，粘土散布は赤潮発生時に有効な対策の１つとなっています。しかし，従来の粘土散布では，コクロディニウム赤潮に対しては効果が高いものの，シャットネラ赤潮へは効きづらいという欠点がありました。

そこで本県では，シャットネラ赤潮に対しても有効な対策として，従来よりさらに赤潮防除効果を高めた改良型粘土の開発を行ってきました。「改良型粘土を用いた赤潮被害防止マニュアル」は，その改良型粘土の散布方法を紹介したものです。本マニュアルが広く活用され，赤潮による水産生物への被害を防止・軽減するための一助となれば幸いです。

平成 30 年３月

鹿児島県水産技術開発センター所長　　織田　康平

なお，本マニュアルは平成 25-29 年度水産庁委託事業「漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業のうち赤潮・貧酸素水塊対策推進事業（九州海域での有害赤潮・貧酸素水塊発生機構の解明と予察・被害防止等技術開発)」及び平成 30～令和４年度水産庁委託事業「漁場環境改善推進事業のうち栄養塩，赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発」を活用して作成しました。

目次

令和５年３月改訂内容

１　シュードシャットネラ　ベルキュローサに対する改良型粘土の有効濃度を変更しました。
（p６，13，17）

改正前：活性粘土 1,000ppm＋焼ミョウバン 150ppm
改正後：活性粘土 1,000ppm＋焼ミョウバン 100ppm

２　中層域での防除例(p９)
中層で増殖した有害プランクトン防除のために，中層散布器を用いた防除方法について追記しました。

３　飼育環境の異なるブリに対する改良型粘土の安全性確認(p20)
餌止め期間による改良型粘土への耐性について追記しました。

1． 改良型粘土の使用目的

赤潮防除剤として使われている活性粘土※は，海面に散布することで短時間のうちに赤潮プランクトンの細胞を破壊・凝集する性質をもっています。本マニュアルで扱う改良型粘土は, この活性粘土に食品添加物である焼ミョウバンを添加することでこの防除効果を高めたものであり, 散布によって有害赤潮による水産物への被害を防止・軽減することができます。

※活性粘土については４．参考資料を参照してください。

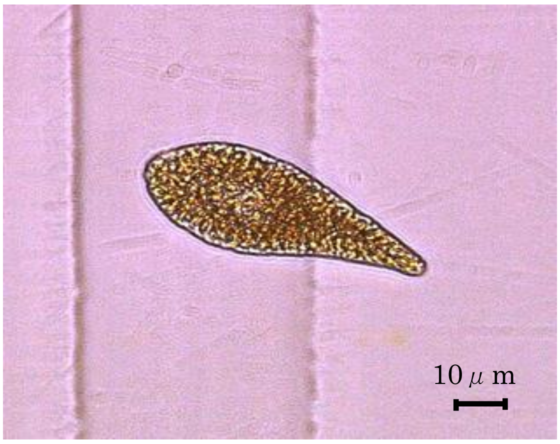
粘土散布試験の様子

２．改良型粘土の使用方法

（１）防除可能な主な赤潮プランクトン

1μm=1/1000mm

○シャットネラ アンティーカ



大きさ：長さ 50~130μm，幅 30~50μm 程度
特　徴：黄褐色の細胞でゆっくりと回転しながら泳ぐ。
適環境：温度 23~26℃，塩分 30 以下
毒 性 ：非常に強い。
細胞密度 30~50 細胞/mL でのブリ，カンパチ等を斃死させる恐れがある。

○シャットネラ マリーナ

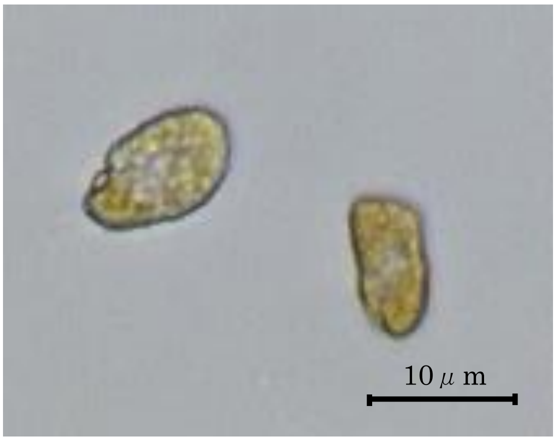
大きさ：長さ 30~50μm，幅 20~30μm 程度
特　徴：黄褐色の細胞で，ゆっくりと回転しながら泳ぐ。
シャットネラ アンティーカに比べ小型で，丸みを帯びている。
適環境：温度 23~26℃，塩分 30 以下
毒 性 ：強い。
細胞密度 2,000 細胞/mL 程度でブリ，カンパチ等を斃死させる恐れがある。

○カレニア ミキモトイ

大きさ：長さ 18~37μm，幅 14~35μm 程度
特　徴：黄褐色の細胞で，回転しながらひらひらと泳ぐ。
細胞は扁平であり，特徴的な溝をもつ。
適環境：温度 10~30℃，塩分 15~30 と，幅広い環境で生育できる。
毒 性 ：強い。
細胞密度数千細胞/mL 程度で魚類や貝類を斃死させる恐れがある。

２．改良型粘土の使用方法

〇ヘテロシグマ アカシオ



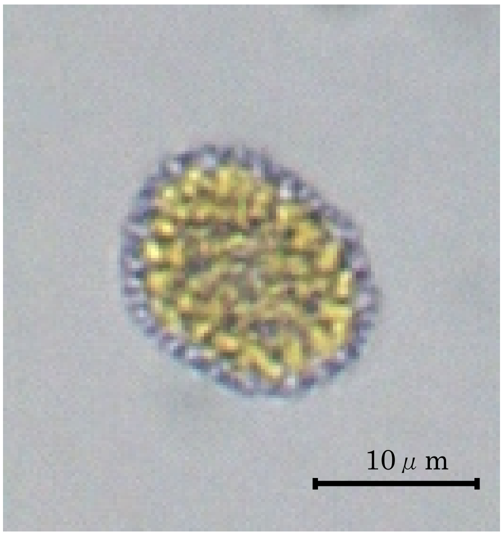
大きさ：長さ８~25μm，幅６~15μm 程度

特　徴：黄褐色の細胞で，回転しながら泳ぐ。
非常に小さく，いびつな楕円形

適環境：温度 15~25℃，塩分 幅広い塩分で生育できる。

毒 性 ：強い。
ブリでは 100,000 細胞/mL，カンパチでは 30,000 細胞/mL 程度で斃死させる恐れがある。

〇シュードシャットネラ ベルキュローサ



大きさ：長さ 12~45μm 程度

特　徴：黄褐色の細胞
非常に小さく，細胞全体に突起がある。

適環境：温度９~25℃

毒 性 ：強い。
細胞密度 1,000 細胞/mL 程度で養殖魚を斃死させる恐れがある。

〇コクロディィニウム ポリクリコイデス

大きさ：長さ 30~40μm，幅 20~30μm 程度

特　徴：黄褐色の細胞
複数の細胞が連鎖する特性をもつ（通常８個以下，まれに 16 個のものもある)。

適環境：温度 27~28℃，塩分 32~34

毒 性 ：強い。
細胞密度 2,000 細胞/mL 程度でブリを斃死させる恐れがある。

(単体)

(連鎖)

（２）散布に適した状況

改良型粘土の散布は，以下の状況で特に効果を発揮します。

①初発赤潮発生海域における防除

赤潮プランクトンは，ある地域で増殖した後，潮流や風などによって拡大することが多いため，初期の局所的な発生の段階で防除を行うことが大切です。

②緊急時の防除

赤潮が発生した際には，餌止めに加えて生け簀の沈下や移動などの対策をとる場合があります。このような場合は時間がかかるため，完了まで生け簀を赤潮から守る一時的な対策として有効です。

③閉鎖的な海域における防除

防波堤で囲まれた湾港内や，入り江の奥といった閉鎖性の強い海域における粘土散布は，海水交換が少ないため効果が持続します。

（３）改良型粘土の散布方法

○散布に必要なもの

- □ 活性粘土
- □ 焼ミョウバン
- □ 水槽・活け間などの大きな容器
- □ 攪拌（かくはん）するための棒など
- □ ポンプまたはバケツ

○改良型粘土の有効濃度※

※有効濃度とは，防除効果や水産生物への安全性，散布コスト等を検討して設定した濃度です。
（詳細については４．参考資料を参照）

基本有効濃度：水深１ｍまでが

活性粘土＋焼ミョウバン＝1,000ppm＋100ppm

十分な防除効果を得るには，海水中の活性粘土と焼ミョウバンの濃度が非常に重要です。散布の際は，どのくらいの量が必要か，事前に把握しておきましょう。

１m^2あたり		→	10m 四方（100m^2）に散布する場合	
活性粘土	１ｋｇ		活性粘土	100ｋｇ
焼ミョウバン	0.１ｋｇ		焼ミョウバン	10ｋｇ

なお，必要量の計算は次のページを使うと便利です。

2．改良型粘土の使用方法

○散布に必要な量を求める計算式

①シャットネラ アンティーカ，シャットネラ マリーナ，

カレニア ミキモトイ，ヘテロシグマ アカシオ

シュードシャットネラ ベルキュローサ

活性粘土　（　　　　）ｍ　×　（　　　　）ｍ　＝（　　　　）ｋｇ

粘土散布を行う範囲

焼ミョウバン（　　　　）ｋｇ　×　０．１　＝（　　　　）ｋｇ

粘土の必要量

②コクロディニウム ポリクリコイデス※

活性粘土　（　　　　）ｍ　×　（　　　　）ｍ　＝（　　　　）ｋｇ

粘土散布を行う範囲

※本種に対しては，粘土単体で十分な効果が得られます。

2．改良型粘土の使用方法

○散布手順

1．散布に必要なものを用意しましょう。

◎散布規模に応じて活け間，ポンプを使うなど，臨機応変に対応しましょう。

2．水槽または活け間に海水をくみ，その中に事前に計算した量の活性粘土と焼ミョウバンを入れましょう。

3．棒などを使って，海水と粘土を５分間よくかき混ぜましょう。

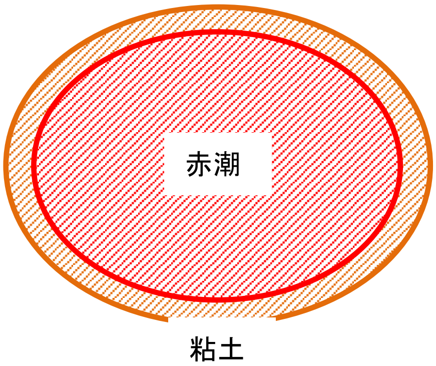
◎この工程により，防除効果が高まります。

4．よくかき混ぜたら，ポンプやバケツなどを使って，均一になるように海面に撒きましょう。

〇海域への散布例

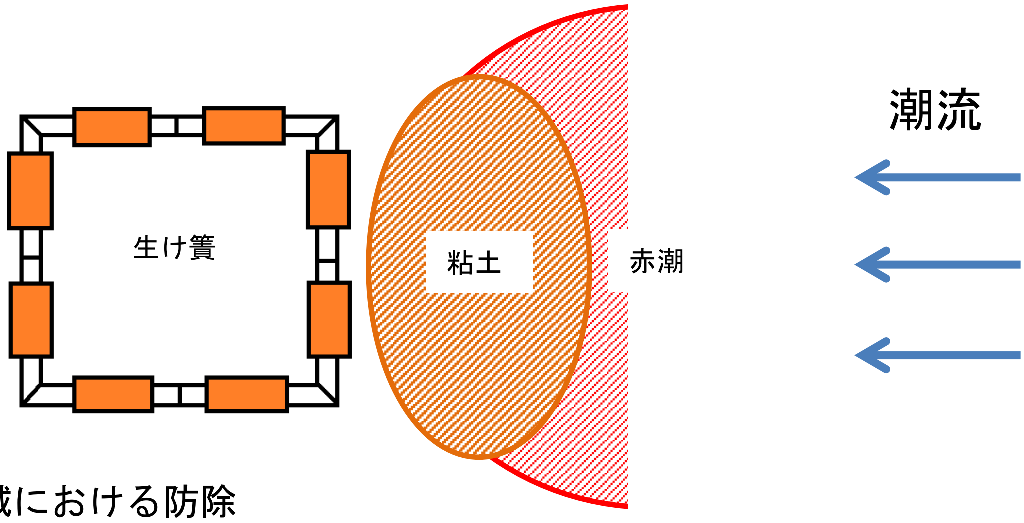
①初発赤潮発生海域における防除

発生初期発生における狭い範囲の赤潮を防除する場合は，その**赤潮海域を覆うように**粘土を散布してください。



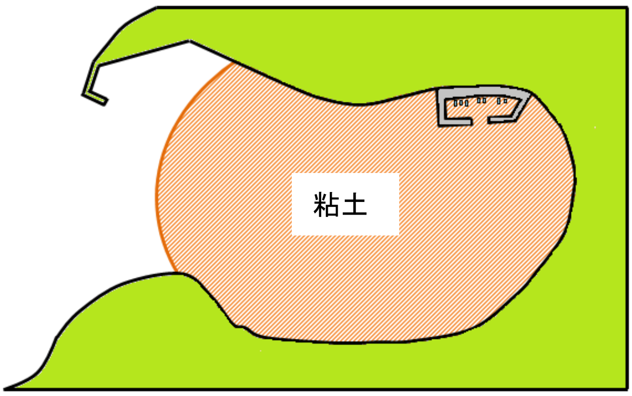
②緊急時の防除

赤潮が発生し，生け簀の被害防止・軽減を行う場合は，**生け簀の潮上側から**粘土を散布してください。



③閉鎖的な海域における防除

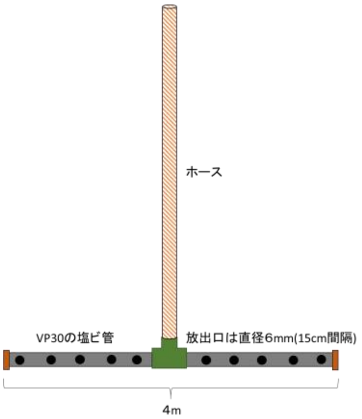
潮流の影響を受けづらい場所では，**全体に**まんべんなく粘土を散布してください。



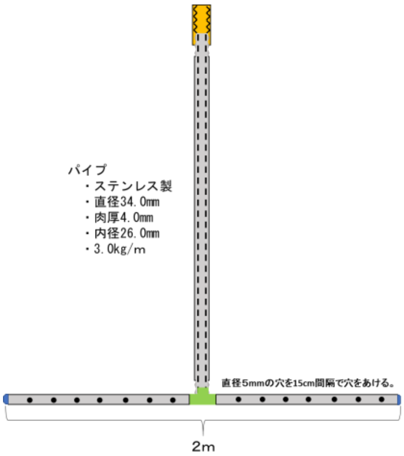
2．改良型粘土の使用方法

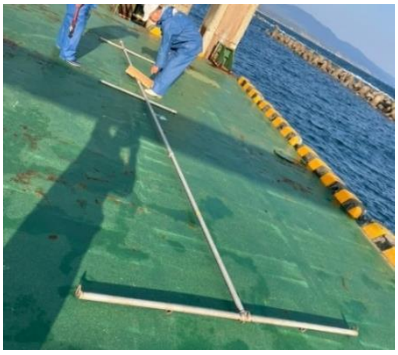
○　中層域での防除の例

　中層で有害プランクトンの増殖が見られた場合，塩ビパイプやステンレスパイプなどで作成した中層散布器と水中ポンプを用いることで目的の水深に直接粘土を散布できます。



塩ビパイプを用いた中層散布





ステンレスパイプを用いた中層散布

～使用例～

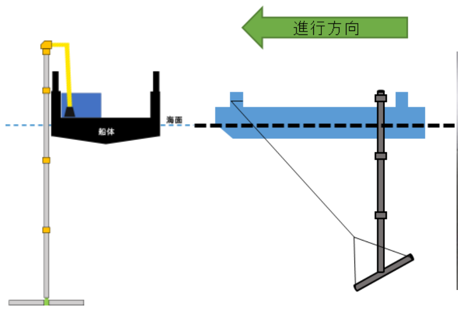
塩ビパイプ製の中層散布器

　停船状態で潮上から散布することで，帯状に粘土を散布することができます。

ステンレスパイプ製の中層散布器

曳航しての散布が可能です。注意点は以下のとおりです。

- 船体としっかりと固定する
- 旋回の際は，負荷が大きくなるので海面上に引き上げる。
- 航行速度は４ノット以下とする。



設置イメージ

船体に固定する器具

３． 使用上の注意

赤潮の被害を防ぐには，まず赤潮プランクトンの発生や増殖を見つけることが重要です。**日頃から検鏡等のモニタリングを継続し，赤潮が拡大する前の，初期発生段階での防除に努めてください。**

（散布上の注意）

１．散布濃度に気をつけましょう

十分な防除効果を得るには，**適切な濃度で粘土散布を行う必要**があります。また，濃度が高すぎると養殖魚等に**悪影響を与える可能性**があるため，散布濃度には十分注意してください。

２．散布前にはよくかき混ぜましょう

散布前には，活性粘土及び焼ミョウバンを海水中に溶かし，**十分（５分間）かき混ぜてから散布してください。**直接海面へ散布するだけでは，十分な効果が得られない場合があります。

３．粘土散布は潮止まりの時に行いましょう

粘土散布の際は，潮流の影響を受けづらくするため，なるべく**潮止まり**の時に行ってください。

４．赤潮防除は協力して行いましょう

赤潮防除は，養殖業者単独で行ってもあまり大きな効果は得られません。**周りの漁業者や漁協などと連携し，一丸となって防除に努めましょう。**

（日頃の注意）

・活性粘土及び焼ミョウバンは，**湿気の少ない場所**に保管してください。吸湿すると固まってしまい，散布しにくくなります。万が一固まってしまった場合は，再度乾燥させてください。

・いつ赤潮が発生しても対処できるよう，日頃からポンプ等の整備や散布道具の準備をしっかりしておきましょう。

４． 参考資料

（１）改良型粘土とは

改良型粘土とは，従来から赤潮防除剤として使われてきた活性粘土に，一般に食品添加物として使われる焼ミョウバンを添加したものです。これにより，従来の活性粘土単体で使用する場合に比べ，防除効果が飛躍的に向上します。

①活性粘土とは

・モンモリロナイトを主成分とした粘土で，珪酸アルミニウムを多く含んでいます。

・海水中では周囲の粒子を凝集し，沈降させる性質をもっています。

・本マニュアルの作成にあたっては，鹿児島県薩摩川内市入来町で産出された，市販の赤潮防除剤を活性粘土として用いて試験を行いました。

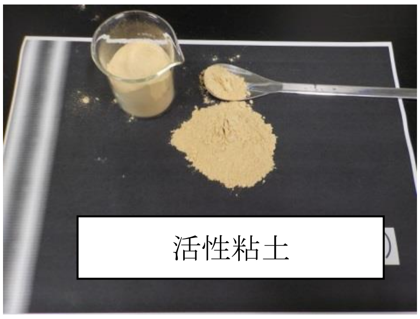


図１－１　活性粘土の写真

②焼ミョウバンとは

・硫酸アルミニウムカリウムを主成分とする食品添加物です。

・主にウニの身の引き締めや野菜の煮物の煮くずれ防止などに利用されています。

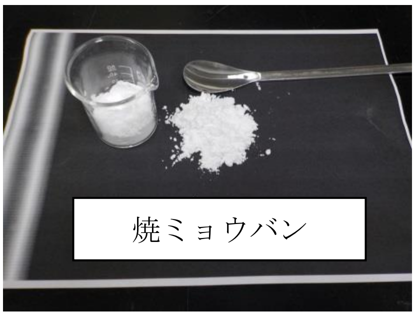


図１－２　焼ミョウバンの写真

③赤潮防除の原理

活性粘土には，赤潮プランクトンへの殺藻効果をもつとされるアルミニウムイオンが多く含まれています。粘土散布を行うと，まず海水中でアルミニウムイオンが溶出して赤潮プランクトンの細胞を破壊します。さらに，粘土のもつ凝集・沈降効果によって細胞を沈めてしまうことで，防除効果を示すと考えられています。

改良型粘土では，焼ミョウバンの添加によりアルミニウムイオンの溶出量が増加するため，少ない散布量で高い防除効果を得ることができます。

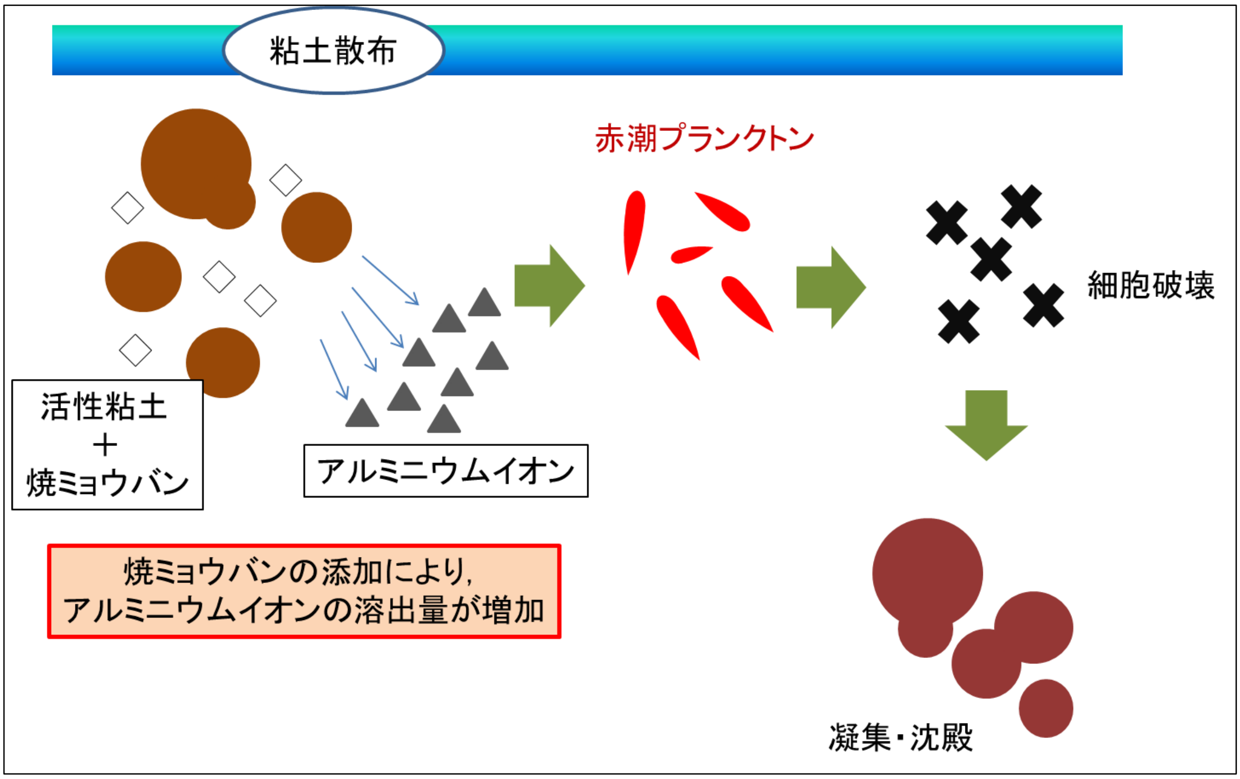


図２　赤潮防除の原理

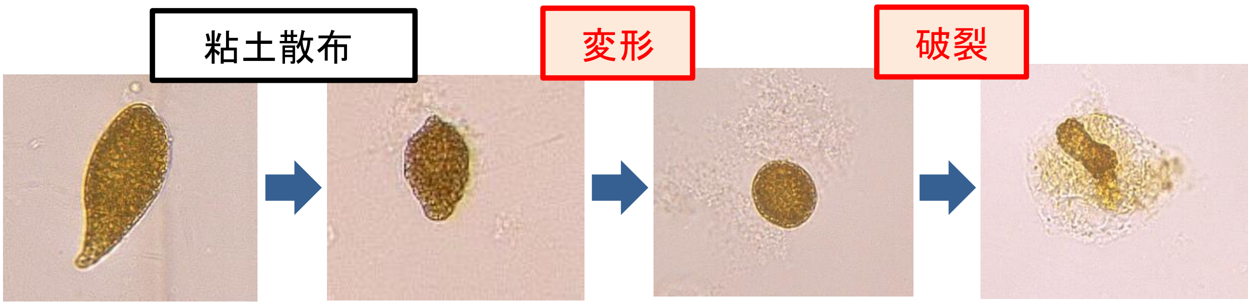


図３　防除剤散布時のシャットネラ アンティーカの様子

④活性粘土単体と改良型粘土における有効濃度及びコスト比較

○有効濃度の比較（ppm）

表１　活性粘土単体と改良型粘土における赤潮プランクトンに対する有効濃度

	粘土単体	改良型粘土（粘土＋焼ミョウバン）
シャットネラ アンティーカ	3,000～8,000	1,000＋100
シャットネラ マリーナ	1,000～2,000	1,000＋100
ヘテロシグマ アカシオ	5,000～6,000	1,000＋100
カレニア ミキモトイ	2,000～4,000	1,000＋100
シュードシャットネラ ベルキュローサ	2,000以上	1,000＋100
コクロディニウム ポリクリコイデス※	200～1,000	－

※コクロディニウム ポリクリコイデスについては粘土単体で十分な効果が得られます。

○散布コストの比較（例：シャットネラ アンティーカ）

粘土単体と改良型粘土を１ｍ^{2}に散布する際の散布量及び散布費用（材料費）の比較を，シャットネラ アンティーカの防除を例に以下に示しています。

（粘土単体による有効濃度を 3,000ppm とした場合）

１．散布量

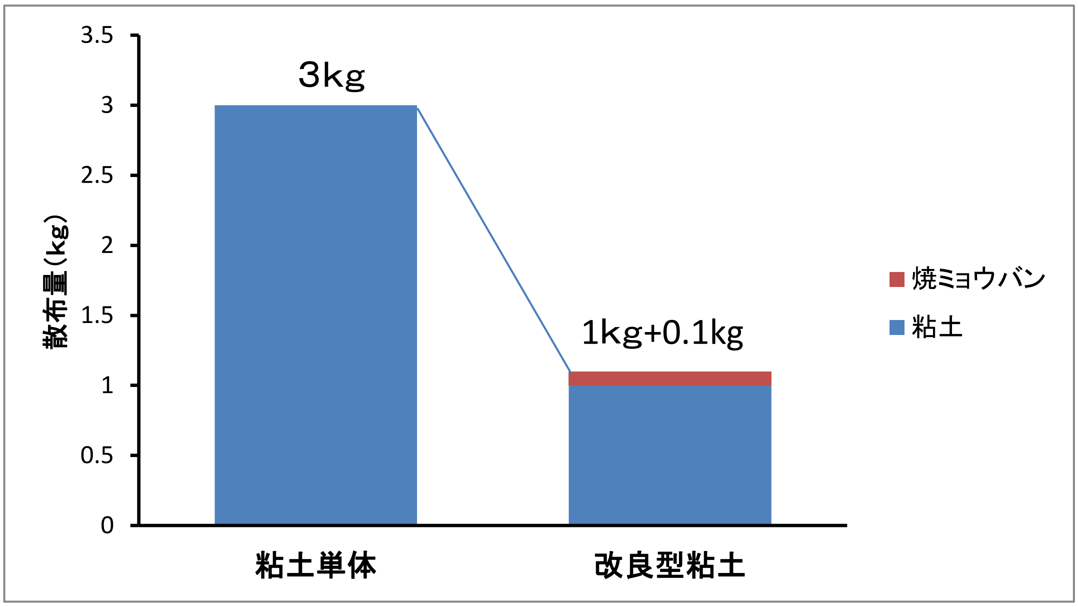


図４　シャットネラ アンティーカに対する粘土散布量の比較

２．散布費用

改良型粘土の散布コストは活性粘土 １５０円/ｋｇ，焼ミョウバン ８２０円/ｋｇとして算出すると，粘土単体に比べて約半分となります。

※１０ｍ四方の範囲に散布する場合，散布費用は２４，０００円程度となります。

※活性粘土及び焼ミョウバンの単価は 2018 年１月現在のものであり，時期により変化するため注意が必要です。

（２）改良型粘土の防除効果確認試験

防除効果確認試験は，赤潮プランクトンによって以下の２種類の方法で行いました。試験結果は次ページのとおりです。

①室内試験

300mL 三角フラスコ等の容器に赤潮プランクトンの培養株を入れ，その中に粘土を散布して細胞密度や pH の変化を調べました。なお，計数の際はよく混合し，形が残っている全ての細胞を計数しました。

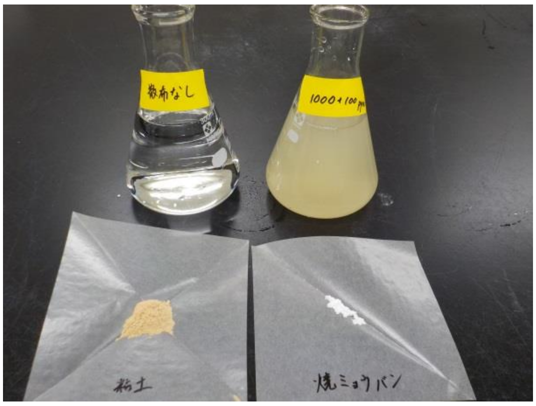


図５－１　室内試験の様子（防除効果確認試験）

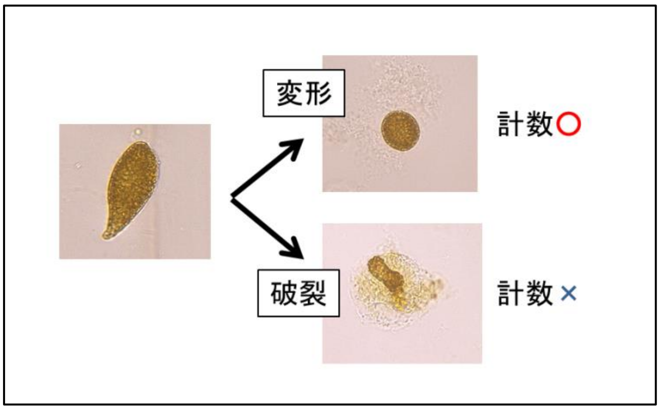


図５－２　細胞の計数基準

②野外試験

潮流の影響をできるだけ排除するため，１辺１m，高さ５m の四角柱を赤潮発生海域の海面に沈め，その中に粘土を散布して細胞密度や pH の変化を調べました。

図５－３　野外試験の様子（防除効果確認試験）

４．参考資料

表２－１　改良型粘土の防除効果確認試験結果１

対象種	細胞数(細胞/mL)	試験方法(散布濃度)	結果
シャットネラ アンティーカ	1,000	①室内試験 (1,000+100,150,200ppm)	全試験区で細胞減少率は散布5分後に70%，30分後に90%以上となった。
	2,000	①室内試験 (1,000+100,150,200ppm)	全試験区で細胞減少率は散布5分後に60%，30分後に90%以上となった。
	5,000	①室内試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は散布5分後に85%以上となった。
	143	②野外試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は水深0mでは散布直後に99%,水深1mでは散布直後に80%程度となった。
	40	②野外試験 (500+50ppm)	細胞減少率は水深0mで散布5分後に70%,30分後に90%となった。
シャットネラ マリーナ	16,000	①室内試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は散布5分後に95%以上となった。
カレニア ミキモトイ※	1,400	②野外試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は水深0,1mで散布直後から1時間までおおむね80%以上となった。
	23,000	②野外試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は水深0,1mで散布直後に60%となったが,5,10分後には細胞密度の増加がみられた。

※カレニア　ミキモトイへの野外粘土散布試験を行ったところ，細胞密度が高いと細胞減少率が低くなるという結果が得られました。これより，赤潮が大規模化し海水中の**細胞密度が高くなると十分な防除効果が得られにくくなる可能性**があるため，カレニア　ミキモトイについては特に**発生初期の防除が有効**であると考えられます。

4．参考資料

表２－２　改良型粘土の防除効果確認試験結果２

対象種	細胞数(細胞/mL)	試験方法(散布濃度)	結果
ヘテロシグマ アカシオ	50,000	①室内試験 (1,000+100ppm)	細胞減少率は散布5分後に75%程度となった。
シュードシャットネラ ベルキュローサ ※	1,200	①室内試験 (1,000+75ppm)	細胞減少率は10分後に45%,30分後に60%以上となった。
	1,200	①室内試験 (1,000+150ppm)	細胞減少率は散布10分後に75%,30分後に85%以上となった。

※シュードシャットネラ　ベルキュローサの粘土試験について

本種は非常に小さなプランクトンで，粘土をそのまま散布すると粘土粒子と見分けがつかなくなってしまいます。そのため，本種に対して行った有効濃度確認試験は粘土を海水に溶かし，そのろ液を添加して改良型粘土による殺滅効果を調べました。実際に散布する際は，殺滅効果に加えて粘土の持つ凝集・沈殿効果もあるため，さらに高い防除効果を得られる可能性があります。

（参考）シュードシャットネラ　ベルキュローサの凝集・沈殿効果確認試験

室内試験において，本種に粘土単体を散布しました。散布後しばらく静置し，粘土が沈みきったのちに上澄みに残った細胞の計数を行うと，粘土 1,000ppm でも 90%以上の細胞減少率が得られました(図６)。また，粘土 1,000ppm＋焼ミョウバン 100ppm となるように添加し５分間攪拌した試験では，５分後で 90%以上の細胞減少率が確認されました。(図７)。

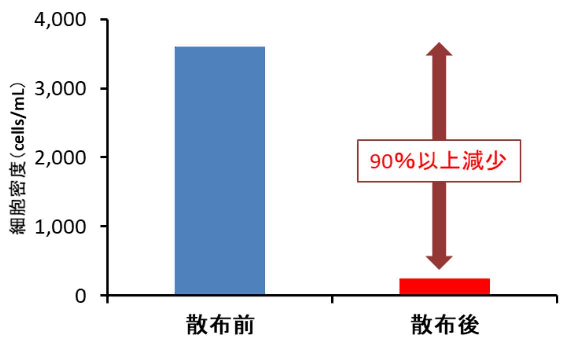


図６　活性粘土 1,000ppm 散布時の細胞密度の推移

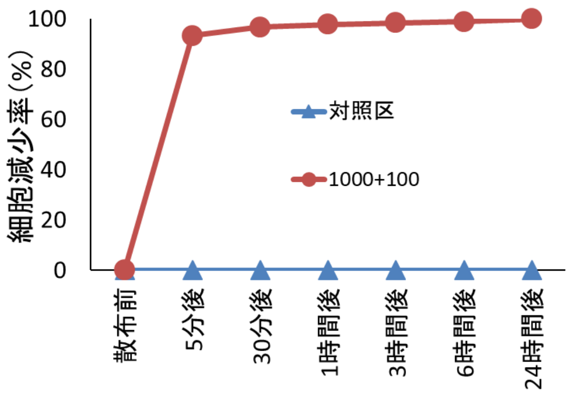


図７ 活性粘土 1,000ppm＋焼ミョウバン 100ppm 添加時の細胞密度の推移

（３）改良型粘土の水産生物に対する影響確認試験

影響確認試験は，水産生物によって以下の２種類の方法で行いました。試験結果は次ページのとおりです。

①室内試験

ろ過海水を張った水槽に水産生物をいれ，止水状態で改良型粘土を散布して一定時間曝露させたのち，通水をおこなって２４時間（マダイは６時間）影響を観察しました。

図８－１　室内試験の様子（影響確認試験）

②野外試験

１辺４ｍの生け簀にブリ類をいれ，直上から改良型粘土を散布して 24 時間影響を観察しました。

図８－２　野外試験の様子（影響確認試験）

４．参考資料

表３　改良型粘土の安全性確認試験結果

試験生物	試験方法(条件)	濃度 (活性粘土＋焼ﾐｮｳﾊﾞﾝ)ppm	結果
ブリ(1kg)	①室内試験	500＋0（活性粘土単体）	えづきがみられる 斃死なし
	（500L水槽で5分間曝露）	500＋100	鼻上げや横転などがみられる 2尾中2尾が斃死
		500＋150	えづきや鼻上げなどがみられる 2尾中1尾が斃死
		1,000＋0（活性粘土単体）	えづきがみられる 斃死なし
		1,000＋100	鼻上げや横転などがみられる 斃死なし
		1,000＋150	鼻上げや横転などがみられる 2尾中2尾が斃死
		1,500＋0（活性粘土単体）	えづきがみられる 斃死なし
		1,500＋100	えづきや鼻上げがみられる 2尾中1尾が斃死
		1,500＋150	鼻上げや横転などがみられる 2尾中1尾が斃死
ブリ(1.2kg)	②野外試験	1,000＋100	斃死なし
ブリ(3.1kg)	②野外試験	1,000＋100	斃死なし
カンパチ(3.5kg)	②野外試験	1,000＋100	散布後1時間まで鼻上げがみられる 斃死なし
マダイ幼魚(21g) ※愛媛大学実施	①室内試験 （200L水槽で6時間曝露，止水環境で飼育）	1,000＋100 2,000＋100	斃死なし
クルマエビ	①室内試験 （70L水槽で1時間曝露）	1,000＋75 1,000＋150	斃死なし
ヒオウギガイ	①室内試験 （70L水槽で1時間曝露）	1,000＋75 1,000＋150	斃死なし
アコヤガイ	①室内試験 （70L水槽で1時間曝露）	1,000＋75 1,000＋150	斃死なし
イワガキ	①室内試験 （70L水槽で1時間曝露）	1,000＋100 1,000＋300	斃死なし
アサリ	①室内試験 （70L水槽で1時間曝露）	1,000＋100 1,000＋300	斃死なし

○改良型粘土の散布濃度に注意！

室内試験において，ブリに対し改良型粘土を散布すると，一定濃度以上で斃死が確認されました。海域で実際に散布する際には短時間で拡散するため，水産生物への影響はほとんどありません（野外試験では斃死なし）が，**濃度が高すぎると水産生物に悪影響を及ぼす恐れ**があるため注意が必要です。

（４）飼育環境の異なるブリに対する改良型粘土の安全性確認試験

餌止め期間による改良型粘土への耐性の変化と粘土暴露による後遺症について，以下の２種類の方法で実施しました。

①　室内試験

円形水槽にブリをいれ，止水状態で改良型粘土を散布し５分間暴露した後，通水し 30 日間影響を観察しました。

図９－１　室内試験の様子(安全性確認試験)

②　野外試験

４m×４m×1.5m の生け簀にブリを入れ，直上から改良型粘土を散布して 24 時間影響を観察しました。

図９－２　野外試験の様子(安全性確認試験)

表４　飼育環境の異なるブリに対する改良型粘土の安全性確認試験

試験生物	試験方法(条件)	濃度 (活性粘土＋焼ミョウバン)ppm	餌止め期間	結果
ブリ(１kg)	①室内試験 (１t水槽で５分間暴露)	500＋50	餌止めなし	鼻上げや狂奔遊泳がみられる 斃死なし
			３日	鼻上げや狂奔遊泳がみられる 斃死なし
			９日	鼻上げや狂奔遊泳がみられる 斃死なし
		1,000＋100	餌止めなし	鼻上げや狂奔遊泳がみられる ２尾中２尾斃死
			３日	鼻上げや狂奔遊泳がみられる ２尾中２尾斃死
			９日	鼻上げや狂奔遊泳がみられる 斃死なし
ブリ(1.2kg)	②野外試験	1,000＋100	餌止めなし	斃死なし
			３日	斃死なし
			９日	斃死なし

○餌止め期間と斃死

室内試験においては，餌止め期間が短い試験区で斃死が確認されました。

斃死したブリの鰓を見ると，粘液が絡まっており，鰓の閉塞による窒息が斃死原因の１つと考えられました。

また，野外試験では斃死は見られず，使用したブリの鰓に大きな損傷は確認されませんでした。

（５）改良型粘土散布による環境への影響

○活性粘土及び焼ミョウバンの海洋汚染防止法に基づく溶出試験

活性粘土及び焼ミョウバンの溶出試験結果を以下に示しています。試験の結果，いずれの試料についても海洋汚染防止法に規定される項目のすべての基準値を下回っていました。

表５　活性粘土及び焼ミョウバンの海洋汚染防止法に基づく溶出試験結果

項目	基準値	測定結果	
		活性粘土	焼ミョウバン
カドミウム又はその化合物	0.1mg/l 以下	0.01mg/l未満	0.005mg/l 未満
シアン化合物	1mg/l 〃	0.1mg/l 〃	0.1mg/l 〃
有機リン化合物	1mg/l 〃	0.005mg/l 〃	0.001mg/l 〃
鉛又はその化合物	0.1mg/l 〃	0.1mg/l 〃	0.01mg/l 〃
六価クロム化合物	0.5mg/l 〃	0.04mg/l 〃	0.04mg/l 〃
水銀又はその化合物	0.005mg/l 〃	0.0005mg/l 〃	0.0005mg/l 〃
アルキル水銀化合物	検出されないこと	検出されず	検出されず
ひ素又はその化合物	0.1mg/l 以下	0.01mg/l 〃	0.01mg/l 未満
PCB	0.003mg/l 〃	0.001mg/l 〃	0.0005mg/l 〃
銅又はその化合物	3mg/l 〃	−	0.01mg/l 〃
亜鉛又はその化合物	2mg/l 〃	−	0.01mg/l 〃
ふっ化物	15mg/l 〃	−	0.5mg/l 〃
ベリリウム又はその化合物	2.5mg/l 〃	−	0.2mg/l 〃
クロム又はその化合物	2mg/l 〃	−	0.04mg/l 〃
ニッケル又はその化合物	1.2mg/l 〃	−	0.01mg/l 〃
バナジウム又はその化合物	1.5mg/l 〃	−	0.1mg/l 〃
トリクロロエチレン	0.3mg/l 〃	−	0.002mg/l 〃
テトラクロロエチレン	0.1mg/l 〃	−	0.0005/l 〃
有機塩素化合物	40mg/l 〃	−	4.0mg/l 〃
ジクロロメタン	0.2mg/l 〃	−	0.02mg/l 〃
四塩化炭素	0.02mg/l 〃	−	0.002mg/l 〃
1,2−ジクロロエタン	0.04mg/l 〃	−	0.004mg/l 〃
1,1−ジクロロエチレン	0.2mg/l 〃	−	0.02mg/l 〃
シス−1,2−ジクロロエチレン	0.4mg/l 〃	−	0.04mg/l 〃
1,1,1−トリクロロエタン	3mg/l 〃	−	0.0005mg/l 〃
1,1,2−トリクロロエタン	0.06mg/l 〃	−	0.006mg/l 〃
1,3−ジクロロプロペン	0.02mg/l 〃	−	0.002mg/l 〃
チラウム	0.06mg/l 〃	−	0.006mg/l 〃
シマジン	0.03mg/l 〃	−	0.003mg/l 〃
チオベンカルブ	0.2mg/l 〃	−	0.02mg/l 〃
ベンゼン	0.1mg/l 〃	−	0.01mg/l 〃
ダイオキシン類	10pg/l 〃	−	10pg/l 〃
セレン又はその化合物	0.1mg/l 〃	−	0.01mg/l 〃

※活性粘土と焼ミョウバンは試験実施時期が異なるため，測定項目数が異なります。
（活性粘土：鹿児島県水産試験場（1981）粘土散布による赤潮被害防止マニュアルより引用，
焼ミョウバン：平成２３年実施）

５．参考文献

1） 粘土散布による赤潮被害防止マニュアル，鹿児島県水産試験場，1981.

2） 広石伸互，今井一郎，石丸隆．水産学シリーズ[134]有害・有毒藻類ブルームの予防と駆除．2002；121-133

3） 平成 22~24 年度赤潮総合対策調査事業－Ⅲ（有害赤潮発生に関する生態学的研究－Ⅱ），鹿児島県水産技術開発センター事業報告書

4） 平成 25~28 年度赤潮総合対策調査事業－Ⅱ（赤潮対策技術高度化事業－２），鹿児島県水産技術開発センター事業報告書

5） 既存赤潮防除剤の効果的使用方法の検証及び赤潮防除剤の改良．平成 22 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業　赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業　シャットネラ属有害プランクトンの魚介類への影響，毒性発現機構の解明，漁業被害防止・軽減技術に関する研究報告書．水産庁

6） 既存赤潮防除剤の効果的使用方法の検証及び赤潮防除剤の改良．平成 23~24 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業　赤潮・貧酸素水塊漁業被害防止対策事業　シャットネラ属有害プランクトンの漁業被害防止・軽減技術に関する研究報告書．水産庁

7） 初発赤潮水塊の活性粘土を用いた防除技術開発．平成 25~29 年度漁場環境・生物多様性保全総合対策委託事業　赤潮・貧酸素水塊対策推進事業　九州海域での有害赤潮・貧酸素水塊発生機構の解明と予察・被害防止等技術開発報告書．九州海域赤潮・貧酸素共同研究機関

8） 赤潮の防除･被害軽減手法の開発．平成 30～令和４年度漁場環境改善推進事業のうち栄養塩，赤潮・貧酸素水塊に対する被害軽減技術等の開発．赤潮被害防止対策技術の開発報告書栄養塩．赤潮・貧酸素共同研究機関