

## 薬剤による赤潮駆除

誌名	日本プランクトン学会報
ISSN	03878961
著者名	前田, 広人 程川, 和宏 奥西, 将之 日高, 正康
発行元	日本プランクトン学会
巻/号	56巻1号
掲載ページ	p. 69-73
発行年月	2009年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 薬剤による赤潮駆除

前田広人<sup>1)\*</sup>・程川和宏<sup>2)</sup>・奥西将之<sup>1)</sup>・日高正康<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 三重大学大学院生物資源学研究所 〒514-8507 津市栗真町屋町 1577

<sup>2)</sup> 三重県水産研究所 〒510-0243 鈴鹿市白子 1-6277-4

<sup>3)</sup> 鹿児島大学水産学部 〒890-0056 鹿児島市下荒田 4-50-20

### Suppression of red tide by chemicals

HIROTO MAEDA<sup>1)\*</sup>, KAZUHIRO HODOKAWA<sup>2)</sup>, SUGURU OKUNISHI<sup>1)</sup> AND MASAYASU HIDAKA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School of Bioresources, Mie University, 1577 Kurimamachiyacho, Tsu 514-850, Japan

<sup>2)</sup> Fisheries Research Institute of Mie Prefecture, 1-6277-4 Shiroko, Suzuka 510-0243, Japan

<sup>3)</sup> Faculty of fisheries, Kagoshima university, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056, Japan

\*Corresponding author: E-mail: maeda@bio.mie-u.ac.jp

**Abstract** Water quality of closed seas in Japan has remained more or less stable during recent years, but eutrophication has by no means been halted, as shown by the appearance of “red tides”. We have examined the scattering of Iriki Montmorillonite (Kaorin) for urgent suppression of red tide organisms in Kagoshima Bay. By these methods, we were not always able to suppress red tides. We also examined an application of using ultraviolet rays for emergency suppression of red tide organisms. As a result of this method, the irradiation strength of ultraviolet rays was more critical than irradiation time, and the effect began to appear at levels higher than 400  $\mu$ W. This method is therefore costly and impractical. We next examined using magnesium hydroxide as a suppression reagent. Dispersion of minute grains of magnesium hydroxide results in a rapid rise in pH. This rapid rise in pH might interfere with pH gradient conformation in the cell membranes of red tide organisms. From microscopic observations of cells in contact with magnesium hydroxide, the motility of red tide organism appears to be inhibited first. However, the mechanism of the process has not yet been made clear. Finally, bursting and aggregation of the cells was observed. From laboratory experiments we confirmed that the scattering of over 100 g m<sup>-2</sup> of this reagent is effective for suppression of red tide organisms within 60 minutes. Highly motile organism (Raphidophyceae) seem to be affected by the reagent more than those of low motility. *Cochlodinium polykrikoides* seems to be more tolerant to magnesium hydroxide than *Heterosigma akashiwo*, *Chattonella marina* or *Heterocapsa circularisquama*. Detailed information about the effects of chemicals, including magnesium hydroxide, on red tide organisms will stimulate further innovations of mitigation methods targetted against them.

**Key words:** Red tide, Eutrophication, Magnesium hydroxide, Suppression, Kaorin

#### はじめに

水産養殖にとって、赤潮は依然としてもっとも大きな脅威である。Fig. 1 は我が国の近年の赤潮被害の実態である。金額的にはほかの漁業被害に比べて赤潮被害が飛び抜けて大きいことがわかる。このような赤潮対策のための国際的情報交換の一環として、2005年5月、富山で行われた The first international workshop on HAB in the Northwest Pacific Region では、中国や韓国で新種の赤潮が発生し、それがいずれ日本でも発生する可能性が示唆された。これは、最近日本で猛威を奮い始めている *Cochlodinium polykrikoides* の発生経緯が、東南アジアから中国と韓国を経由して日本で発生するようになったことから

指摘されるようになったことである。

赤潮の発生を抑制させるためには、富栄養化をくい止めることがもっとも重要であることは明らかであるが、現実的にはほとんど不可能に近い。このような富栄養化した環境で養殖業をおこなうことは、養殖業者にとって常に赤潮による魚介類の大量斃死のリスクを負うことになる。Table 1 にこれまでに試みられている赤潮対策法とその特徴を示す。効果と実用性の観点からみてまだ完全なものはない。例えば、当研究室では紫外線を用いた赤潮防除に関する研究を行った（前田ほか 2006）。ここでは *Heterosigma akashiwo* を用いた場合、400  $\mu$ W 以上の照射強度で 300 秒以上の照射時間を条件とすれば駆除は可能

## Trend of incidental fisheries damage by red tide, oil pollution and others.

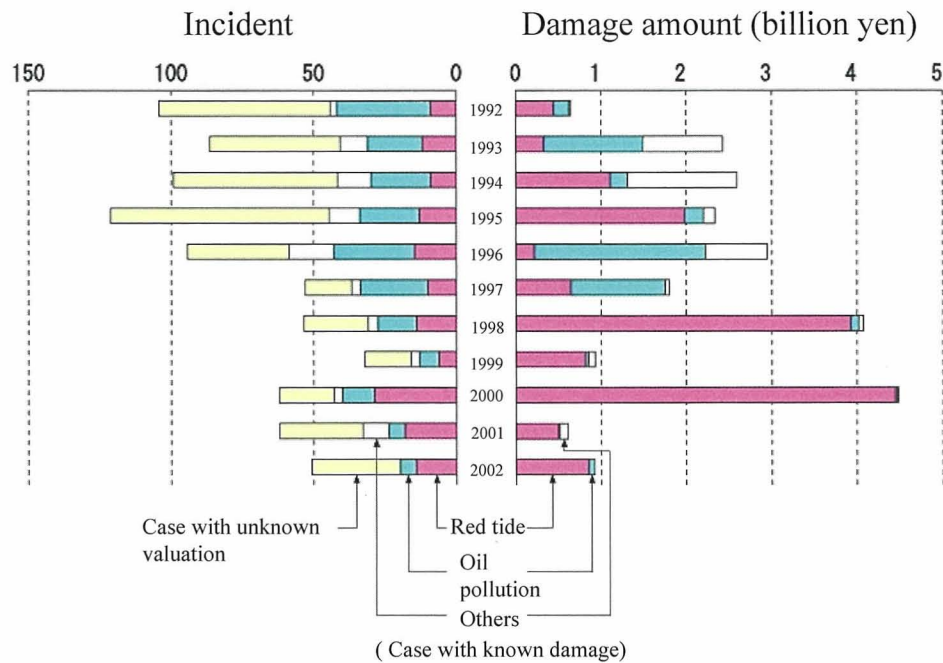


Fig. 1. Recent damages of aquaculture. Red tide is highest damage on cost. (Blue: Oil spill, Red: red tide, White: others with estimation, Yellow: others without estimation)

Table 1. Mitigation methods against red tide

Method	Mechanism	Characteristics
Translocation	Fish crawl translocation for avoidance to red tide	Hard labor, High stress on fish. Likely to be too late.
Algicidal bacteria treatment	Biological control by killer bacteria against red tide algae	Not practical yet. Uncertainty about host specificity.
Algicidal virus treatment	Biological control by killer virus against red tide algae	Not practical yet. High host specificity. Need to high concentration.
Ozone treatment	Algicide by ozone gas	Influence on other organisms.
Filtration	Removal of red tide algae by filter	Ideal but costly.
Supersonic treatment	Physical treatment by supersonic wave	Effective for dinoflagellates. A small amount of treatment.
Agglutination and sedimentation	Treatment by chemicals (PAC etc.)	Secondary pollution problem. Influence on other organisms.
Ultraviolet radiation	Treatment by ultraviolet rays	Influence on other organisms.
Chemicals treatment	Algicide by hydrogen peroxide or hypochlorite	Influence on other organisms.

であると判断した。しかし、この条件を満たすには大量の海水を短時間で処理するための紫外線照射装置が必要であり、現場海域では実用性に乏しいことがわかった。

実用的な観点から Table 1 の中で最も多く用いられる現実的な対策法は、養殖用の筏を赤潮発生海域以外へ移動する方法である。しかし、赤潮の発生を完全に予測できない今日、筏を移動するタイミングを的確に判断することは不可能である。そのため、筏を移動する以前に大量斃死が起こることが問題とな

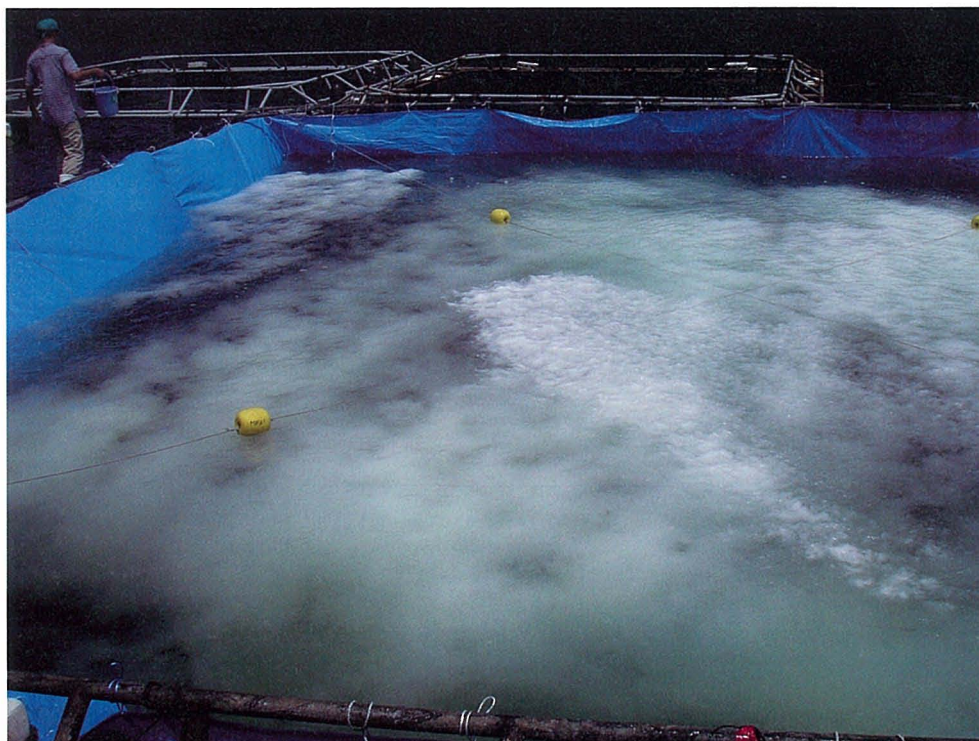
る。このため、現在求められている技術は緊急避難的な手段によってでも、赤潮を短時間で駆除して魚の大量斃死を防ぐ方法であると考えた。赤潮発生現場における我々の駆除実験の経験では、1時間程度で駆除できなければ実用的ではないことがわかっていく。

#### 最近の動向

これまで、数多くの研究者が赤潮の生理・生態、発生要因、

**Table 2.** Removal of red tide organisms from seawater culture by clay flocculation

Species of red tide organisms	Minimum concentration of removal of red tide algae (mg L <sup>-1</sup> )
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	200~1000
<i>Chattonella marina</i>	1000~2000
<i>Chattonella antiqua</i>	3000~8000
<i>Heterosigma akashiwo</i>	5000~6000
<i>Karenia (Gymnodinium) mikimotoi</i>	2000~4000
<i>Cochlodinium convoltum</i>	5000~6000

**Fig. 2.** Field experiment of suppression of red tide by magnesium hydroxide.

発生予測、防除技術などの研究・開発に取り組んでいるものの、実用的に有効な赤潮駆除技術はほとんど確立されておらず、漁業被害を免れるには餌止めをするか、養殖筏を移動・回避するしかない状況である。

当研究室ではこれまで、赤潮駆除剤を用いた対策法を検討してきた。具体的には、当初は粘土散布による赤潮駆除効果の研究を行った(和田ほか2002)。この方法は入来モンモリといわれる粘土を赤潮海域に散布する方法で、鹿児島で最初に行われたものである。すなわち、入来モンモリから溶出するアルミニウムイオンによって細胞が委縮・凝集し沈降にいたる殺藻機構を想定して、現場実験を行った。その結果をTable 2に示す。例えば、*C. polykrikoides*には200~1000 mg/Lで駆除効果があることを見出した。そして、この程度の散布量であれば、魚介類への影響はないと判断した。また、凝集沈降した赤潮と粘土が水質や底質に与える影響は極めて小さいと考えている。こ

のような確証実験が実用性にとってはもっとも重要になることを経験した次第である。

この方法はその後、韓国(韓国水産科学院)や中国(青島海洋研究所)でも行われるようになって世界的な広がりを見られるようになった。そして近年では米国(ウッズホール研究所)でも粘土散布の研究が行われるようになってきている。

具体的には、Pierceらは、リン酸土とPAC(Poly Aluminum Chloride)を用いた*Karenia brevis*の除去とプレベトキシンの除去を検討している(Pierce et al.2004)。Sengcoらは、様々な粘土の*K. brevis*と*Aureococcus anophagefferens*に対する除去効果および凝集剤との組み合わせによる除去効果の確認や(Sengco et al. 2001, 2004)数種類の粘土の*Prymnesium parvum*に対する除去効果の確認を行っている(Sengco et al. 2005)。

これら粘土散布から始まった駆除技術は、粘土に他の物質を



**Table 3.** Aggregation effect of magnesium hydroxide on red tide organisms

Species of red tide organisms	Concentration of magnesium hydroxide			
	100 mg L <sup>-1</sup>	200 mg L <sup>-1</sup>	300 mg L <sup>-1</sup>	400 mg L <sup>-1</sup>
<i>Heterosigma akashiwo</i>	87%	93%	90%	94%
<i>Chattonella marina</i>	85%	89%	96%	96%
<i>Heterocapsa circularisquama</i>	92%	99%	99%	99%
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	72%	77%	—	80%



**Fig. 3.** Suppression of motility of red tide organism (*Cochlodinium polykrikoides*) by magnesium hydroxide. Small particles are magnesium hydroxide.

混合することによって駆除効果をさらに強化する動きに発展してきている。例えば、Leeらは黄土と Sophorolipid を用いた赤潮駆除のフィールド実験を行い、*C. polykrikoides* に対する除去効果と他のプランクトンに対する影響の確認を行っている (Lee et al. 2007)。同様に Sun らも、*C. polykrikoides* や *Alexandrium tamarense* に対する Sophorolipid と黄土の組み合わせによる除去効果の強化の確認を行っている (Sun et al. 2004 a, b)。また、このような研究の発展に伴って Wang らは *Pseudomonas aeruginosa* によって生産されるバイオサーファクタント Rhamnolipid の殺藻活性を赤潮藻類に対して確認している (Wang et al. 2005)。これら以外にも、例えば韓国では粘土に次亜塩素酸を混ぜて散布する方法 (未発表) などが検討されているが、赤潮生物以外の生物や養殖魚への影響が懸念されている。

#### 今後の展開

一方、当研究室では近年、水酸化マグネシウムを粉体処理して散布することによって (Fig. 2)、赤潮生物の駆除に有効であることを見だし、特許化を図った (特許出願: 赤潮発生防止剤および赤潮発生防止方法, ニチモウ株式会社ほか前田広人を含む6名, 出願番号 2003179974 (2003))。水酸化マグネシウムはもともと海水の主成分から生成するものであり、魚介類には

毒性をほとんど示さないとされている。この方法によれば、*Karenia mikimotoi* のような小型で運動性の大きい赤潮生物には特に有効であり、*Chattonella* spp. や *Heterosigma akashiwo* などの赤潮生物にも駆除効果を期待できることを明らかにした (Maeda et al. 2005)。Fig. 3 は水酸化マグネシウムで処理中の *Cochlodinium polykrikoides* である。各赤潮生物に対する駆除効果についての大まかな数値を Table 3 に示す。*C. polykrikoides* は他の赤潮生物に比較して、水酸化マグネシウムに耐性があるようにかがえる。しかし、どのような機構で作用し、その効果の大小が、何に起因しているのかはまだ明らかにしていない。

当研究室では当初、水酸化マグネシウム粒子が凝集作用によって鞭毛の動きを物理的に止めることによって、運動性を喪失させ、沈降して死にいたるという仮説を立て、CCDカメラなどによる機構解明を行ってきたが、実験結果からこの仮説だけでは説明できないことがわかった。そこで新しい仮説として、水酸化マグネシウムによる急激な pH の変化が、赤潮生物に活性酸素を作らせ、それがストレスとして作用しているのではないかと考え、機構解明に取り組んでいる。このような機構解明が進めば、さらに新しい効果的な赤潮駆除剤の開発も可能になると考えている。

#### 引用文献

- Lee, Y. J., J. K. Choi, E. K. Kim, S. H. Youn & E. J. Yang 2007. Field experiments on mitigation of harmful algal blooms using a Sophorolipid Yellow clay mixture and effects on marine plankton. *Harmful Algae* 7: 154–162
- 前田広人・池田俊之・田岡洋介・奥西将之・日高正康 2006. 紫外線による赤潮防除に関する研究. 海水学会誌 60: 275–278.
- Maeda, H., H. Sasaki, N. Nishino, Y. Taoka, N. Dung & M. Hidaka 2005. Suppression of red tide by magnesium hydroxide. Proceedings of the first international workshop on HAB in the Northwest Pacific Region. 62: 95–98.
- Pierce, R. H., M. S. Henry, C. J. Higham, P. Blum, M. R. Sengco & D. M. Anderson 2004. Removal of harmful algal cells (*Karenia brevis*) and toxins from seawater culture by clay flocculation. *Harmful Algae* 3: 141–148.
- Sengco, M. R. & D. M. Anderson 2004. Controlling Harmful Algal Blooms Through Clay Flocculation. *J. Eukaryot. Microbiol.* 51: 169–172
- Sengco, M. R., A. Li, K. Tungend, D. Kulis & D. M. Anderson

2001. Removal of redand brown-tide cells using clay flocculation. I. Laboratory culture experiments with *Gymnodinium breve* and *Aureococcus anophagefferens*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **210**: 41-53.
- Sengco, M. R., J. A. Hagstrom, E. Graneli & D. M. Anderson 2005. Removal of *Prymnesum parvum* (Haptophyceae) and its toxins using clay minerals. *Harmful Algae* **4**: 261-274.
- Sun, X. X., Y. J. Lee, J. K. Choi & E. K. Kim 2004a. Synergistic effect of sophorolipid and loess combination in harmful algal blooms mitigation. *Mar. Poll. Bull.* **48**: 863-872.
- Sun, X. X., J. K. Choi & E. K. Kim 2004b. A preliminary study on the mechanism of harmful algal bloom mitigation by use of sophorolipid treatment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **304**: 35-49.
- 和田 実・中島美和・前田広人 2002. 粘土散布による赤潮駆除 pp. 121-133. 「有害・有毒藻類ブルームの予防と駆除」, 恒星社厚生閣. 東京.
- Wang, X., L. Gong, S. Liang, X. Han, C. Zhu & Y. Li 2005. Algicidal activity of rhamnolipid biosurfactants produced by *Pseudomonas aeruginosa*. *Harmful Algae* **4**: 433-443.