

宮崎大学工学部 学生員 河添 智
宮崎大学工学部 正会員 丸山 俊朗
宮崎大学工学部 正会員 鈴木 祥広

1. 緒言

海産プランクトンと淡水プランクトンの異常発生は、さまざまな被害をもたらしている。海産赤潮は養殖魚介類の大量へい死、貝類の毒化を招き、淡水赤潮は水道水源の有機物濃度の増加などの水質悪化と湖沼の貧酸素化や景観の低下を生じ、養殖業に多大な被害を与えてきた。プランクトンの異常発生対策は、基本的に栄養塩類の流入負荷の削減である。しかし、家庭排水や工場排水等の点源負荷は削減の対象になり得ても、農業などの非点源負荷の削減は極めて難しい。そこで対象水域内でプランクトン増殖を抑制するための何らかの方法を採る直接浄化法が長い間検討されてきた。海産赤潮プランクトンの殺除の研究はされているが、物質循環の観点から回収が望ましい。

泡沫分離法^{1), 2)}は、海産魚介類飼育水の水質維持に極めて効果的であることに着目した。泡沫分離法は、魚から分泌される蛋白質である体表面粘質物が塩分あるいは弱アルカリにより分散し、気泡に懸濁物を吸着させる強いパイNDERの役割を果たす。次々に供給される気泡で蛋白質特有の壊れにくい泡(安定泡沫)が形成されることを利用している。

本研究では(1)泡沫分離法の原理を利用して、プランクトンの回収に凝集剤であるポリ硫酸第二鉄、蛋白質にカゼインを用いた時の泡沫分離法による赤潮プランクトンの適切な回収条件を求め、(2)添加した薬剤の残留性、及び(3)処理海水による赤潮プランクトンの再増殖のないことを確認することを目的とした。

2. 実験装置及び実験方法

図1に実験装置を示した。実験に用いたプランクトンは北海道大学水産学部と香川県赤潮研究所から譲渡された種を用いた。供試プランクトンは *Chattonella antiqua*, *Heterosigma akasiwo*, *Gymnodinium mikimotoi* を用いた。いずれも魚のへい死を招く。培養はf/2培地で行い、培地条件は温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、照度4000 lux (明暗期14hL:10hD)で静置培養した。1~2週間培養の後、血球計算盤を用いて計数し、所定の細胞数に達したものをを用いた。このときの細胞数を原水の細胞数とし、試水とした。この試水を急速攪拌を行いながら凝集剤(ポリ硫酸第二鉄)を添加し、3 min 後にカゼインを添加して1min 間急速攪拌を行った。急速攪拌後試水(500 ml)を気液接触塔に移し、水面に発生するプランクトンを吸着した安定泡沫を一定の位置に設けた吸引管を通じて、吸引ポンプで泡沫トラップ瓶にトラップした。処理条件は気液比(試水量に対する空気量の比)3.2、処理時間約3分間とし、ドレンから処理水を採水して細胞数を計数した。このときの細胞数を処理水の細胞数とした。プランクトンの回収率は処理前後の細胞数より求めた。適切なポリ鉄添加量とカゼイン添加量を求めた。

3. 結果と考察

図2は、*C. antiqua* のポリ鉄添加量とカゼイン添加量に対する回収率との関係である。ポリ鉄添加量とカゼイン添加量を増やすことによって高い回収率が得られ、適切なポリ鉄添加量は $40 \text{ mg} / \ell$ と判断された。図3は、ポリ鉄添加量 $40 \text{ mg} / \ell$ に対するカゼイン添加量と回収率及び泡沫分離水率の関係である。カゼイン添加量の増加に伴って回

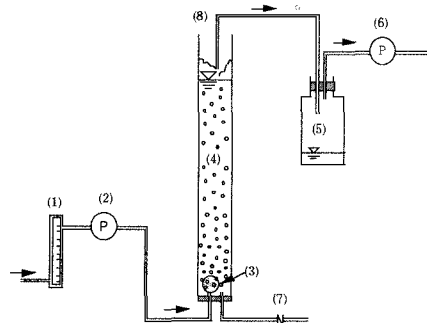


図-1 空気分散型回分式泡沫分離装置

(1)空気流量計、(2)送気圧ポンプ、(3)ガラスボールフィルター、(4)気液接触塔、(5)泡沫トラップ瓶、(6)吸気ポンプ、(7)ドレン、(8)吸引管。

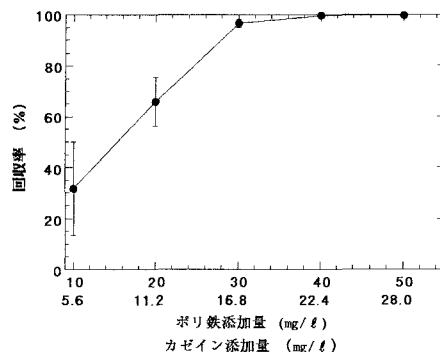


図-2 ポリ鉄添加量とカゼイン添加量を変数としたときの回収率の関係
プランクトン種: *Chattonella antiqua*
実験回数: N=3

収率は上昇する。カゼイン添加量の増加に伴って泡沫分離水も多く回収された。このことは、カゼイン添加によりプランクトンの凝集体とともに海水も回収されたためであり、安定泡沫の吸引管を一定の位置に設定したため、カゼイン添加量の増加に伴って多量の水分を含んだ安定泡沫が発生し、これをトラップしたためである。安定泡沫吸引管の位置を高くすると分離水率を低くすることができる。適切なカゼイン添加量は $15 \text{ mg} / \ell$ と判断された。適切な注薬条件での *C. antiqua* とその他の植物プランクトンの回収率を表1に示す。本実験で用いた植物プランクトンについて極めて高い回収率が得られた。

泡沫分離処理に用いた薬剤である鉄とタンパク質をすべて回収することが望ましい。そこで、鉄、カゼイン、窒素及びリンの回収率を調べた。表2に *Chattonella antiqua* の処理前後の海水（培地）中の鉄、蛋白質、窒素及びリン濃度と回収率を示した。測定方法は、鉄はPDTs法、タンパク質はBradford法、窒素はカドミウム還元法、リンはモリブデン青法によった。表2より、泡沫処理に用いた薬剤はほぼ全て回収され、同時に培地中のリンについても検出限界以下となった。窒素の回収は期待できないことがわかった。

処理海水を海域に戻したときの赤潮プランクトンの再増殖の可能性についてAGP（藻類成長能力）試験を行った。方法は、赤潮プランクトンを通常より低い培地濃度で培養したものを処理前と処理後のろ過海水を用いて培養したときの *C. antiqua* 細胞数の経時変化を求めた。図4は *C. antiqua* の処理前と処理後の細胞数の経時変化である。図4より、処理前の海水で培養した場合は日数の経過とともに細胞数は増加した。処理後の海水で培養した場合は明らかに細胞増殖が起らないことがわかった。このことは、泡沫分離法により、海水中のリンが回収されたためにリン制限となって、増殖阻害が生じたと考えられる。

4. 結論

本実験結果より、泡沫分離法は海産赤潮プランクトンの回収に対して高い効果があり、同時に栄養塩のリンも回収できる。また、処理海水を海域に戻すことによる赤潮の再増殖がないことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 丸山俊朗ら：活魚輸送・畜養における泡沫分離法の飼育海水浄化能、日水誌、57、219－225、(1991)
- 2) 丸山俊朗ら：循環式泡沫分離・ろ過システムによるヒラメ畜養水の浄化、日水誌、(1996) (受理済)

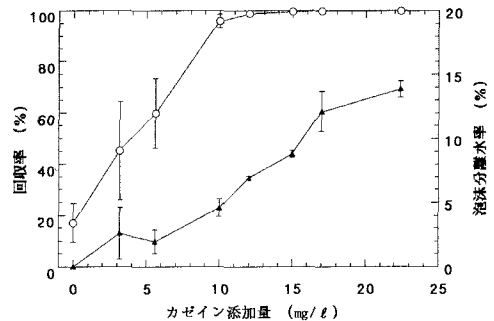


図3 カゼイン添加量と回収率及び泡沫分離水率の関係

記号：○—、回収率；△—、泡沫分離水率
 プランクトン種：Chattonella antiqua
 注入条件：ポリ鉄添加量、40mg/ℓ
 実験回数：N=3

表2 ポリ鉄添加量の 40 mg / ℓ、カゼイン添加量 15 mg / ℓ 最適条件時の回収率

植物プランクトン (cells/ml)	回収率 (%)
Chattonella antiqua (1.0～3.0×10 ³)	99.9±0.1 (n=3)
Heterosigma akasiwo (0.9～1.3×10 ⁵)	99.6±0.2 (n=3)
Gymnodinium mikimotoi (1.8～5.4×10 ³)	97.4±1.1 (n=3)

表3 Chattonella antiqua の処理前後の海水の水質分析

分析項目	処理前	処理後	回収率 (%)
pH	5.4	6.6	
鉄	40.3 (0.291※1)	0.121	99.7 (58.4)
カゼイン	11.75※2	0.091	99.2
PO ₄ -P	0.913	0.000※3	100.0
NO ₃ -N	9.0	7.8	13.3

※1 培地中の鉄の濃度

※2 カゼイン 15 mg / ℓ 添加後の濃度

※3 検出限界 P 濃度 = 0.006 mg / ℓ

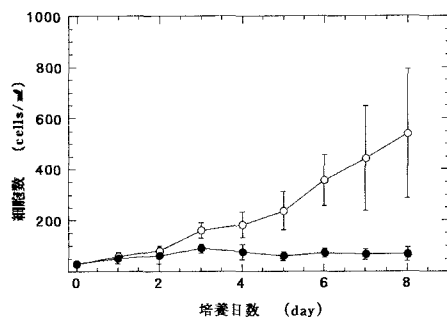


図4 Chattonella antiqua の細胞増殖数の関係

条件：培養量 100 ml (鉄菌プランクトン 5%)
 記号：○— 泡沫分離前の濾水で培養した細胞数
 記号：●— 泡沫分離処理後の濾水で培養した細胞数
 実験回数：N=3