

VII-261

泡沫分離法による淡水植物プランクトンの除去に関する研究

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. はじめに

富栄養化した湖沼や貯水池では、植物プランクトンの異常増殖が起こっている。なかでも *Microcystis* sp. の増殖は、凝集不良、異臭発現、濾過閉塞、有毒物質の生成等を生じ、浄水処理に多大な障害をもたらしている。増殖抑制対策として栄養塩類の流入負荷の削減が行われている。しかし、点源負荷は削減の対象となり得ても、非点源負荷の削減は極めて難しい。そこで、*Microcystis* sp. の直接的回収（除去）が行われ、基礎的研究^{1) 2)} も行われてきた。

筆者らは、凝集剤と蛋白質であるカゼインを用いる泡沫分離法が海産赤潮プランクトンの回収に極めて効果的であること³⁾ を明らかにした。その除去機構として、凝集剤により赤潮プランクトンのフロックを形成し、カゼインがフロックを気泡に吸着させる強いバインダーの役割を果たし、水面上にフロックを吸着したカゼインを集積し、続いて粘性の高い消泡しにくい泡沫（安定泡沫）が形成され、この安定泡沫を回収する、というモデルを考えている。

淡水植物プランクトンの除去（回収）についても、海産赤潮プランクトンと同様に、凝集剤とカゼインを添加することによって除去が可能であると考えられた。そこで、本研究では *Microcystis aeruginosa* について、凝集剤として PAC、蛋白質としてカゼインを用いたときの回分式泡沫分離法の適切な注薬・操作条件を求め、その他の植物プランクトンに関する除去能を求めることを目的とした。

2. 実験方法

実験に用いたプランクトンは地球・人間環境フォーラムから譲渡された *Microcystis aeruginosa*（以下、*M. aeruginosa* と略す）を用いた。培地は表-1に示した M-11 改変培地^{1) 2)} を用いた。培養は容量 50 ℓ の容器を用い、温度 25℃、照度 3,000lux、明暗期 12hL:12hD の条件で静置培養した。*M. aeruginosa* の培養液を攪拌の後、30分静置沈澱させた上澄み液が所定の濁度（濁度 50TU）以上に達したものをを用いた。試水は、濁度 50TU（細胞数として、 1.86×10^6 cells/ml, $n=112$ ）になるように培地で希釈して調整した。

回分式泡沫分離装置を図-1に示した。実験方法は、試水をジャーテスターで急速攪拌（150rpm）を行いながら、 NaHCO_3 50mg/ℓ を、pH調整剤として 0.1N-HCl または 0.1N-NaOH を添加後、PAC 3mg-Al/ℓ 添加し、急速攪拌 3分後に、カゼインを所定量（0～15mg/ℓ）添加して、総量を 500ml とし、急速攪拌 0.5分継続し、攪拌終了後の試水の pH を測定した。これを気液接触塔（図-1）に移し、水面に発生するフロックを吸着した安定泡沫を水面から一定の位置に設けた吸引管を通じて、泡沫トラップ瓶にトラップした。泡沫分離条件として送気量を 0.2 ℓ/min、泡沫分離処理時間を 5分とした。したがって、気液比は 2.0 である。泡沫分離処理後、ドレンより採水し、処理水として pH と濁度を測定した。除去率は泡沫分離処理前後の濁度および細胞数より算定した。

3. 結果と考察

図-2は、凝集沈澱の結果より PAC 添加量を 3mg-Al/ℓ とし、カゼイン添加量を変化させたときの pH と濁度除去率および泡沫分離水量の関係である。カゼイン添加量が 1mg/ℓ 以下では濁度除去率は低い、カゼイン添加量の増加に伴って濁度除去率は上昇した。カゼイン添加量 10mg/ℓ 以

表-1 M-11改変培地組成^{1) 2)}

NaNO_3	100 mg/ℓ	16.5 mg $\text{NO}_3\text{-N}/\ell$
K_2HPO_4	10 mg/ℓ	1.8 mg $\text{PO}_4\text{-P}/\ell$
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	75 mg/ℓ	7.4 mg Mg/ℓ
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	40 mg/ℓ	10.9 mg Ca/ℓ
Na_2CO_3	20 mg/ℓ	11.3 mg CO_3/ℓ
Fe-citrate	6 mg/ℓ	

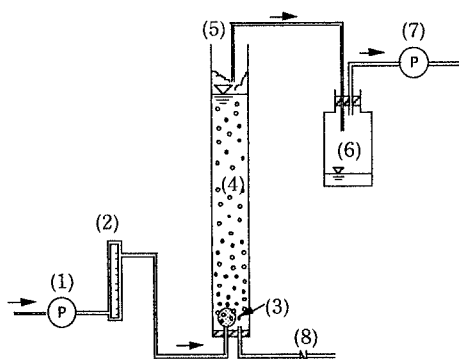


図-1 回分式泡沫分離装置

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

キーワード：泡沫分離法、植物プランクトン、除去、PAC、カゼイン

〒889-21 宮崎市学園木花台西1-1 TEL 0985-58-2811 FAX 0985-58-1673

上添加することによってpH6.5~8.0で90%以上の濁度除去率が得られた。また、カゼイン添加量が10mg/ℓ以上で安定な泡沫が良好に形成された。したがって、カゼイン添加量10mg/ℓ以上で高い濁度除去率が得られた理由は、カゼインがPACによって凝集したフロックに吸着し、そのカゼインとフロックが泡沫分離水として回収されたためと考えられる。このことから、泡沫分離法におけるカゼインの添加が不可欠であることが明らかである。以上の結果より、PAC3mg・Al/ℓのとき、高い濁度除去率を得るための適切なカゼイン添加量は15mg/ℓ、適切なpHは6.5~8.0であった。この時の濁度除去率は96%であった。

図-3は、カゼイン添加量を15mg/ℓとした時のPAC添加量と濁度除去率および泡沫分離水量の関係である。PAC添加量0mg・Al/ℓの時の濁度除去率は5%と低濁度除去率となったが、PAC添加量を増加させると濁度除去率は上昇した。泡沫分離法におけるPACの添加も重要であることが明らかである。しかし、PAC添加量10mg・Al/ℓ以上添加すると、濁度除去率は低下した。PAC添加量が多くなると除去率が低下するのは、フロック生成量が多く、カゼイン添加量がフロック量に対して相対的に少なくなったためである。以上の結果より、適切なPAC添加量は、3~5mg・Al/ℓであった。

図-4は、送気量と濁度除去率および泡沫分離水量の関係である。泡沫分離水量15mlは原水量の3%に相当する。検討した送気量の範囲内では濁度除去率の変化はみられず、常に高い濁度除去率96%が得られた。また、泡沫分離水量は送気量の増加に伴い上昇した。そこで、さらに泡沫分離処理後のカゼインの残留濃度を測定した。測定方法は、Bradford法によった。その結果、検討した送気量の範囲では、処理水にカゼインはほとんど検出されず、残留しないことが示された。

M. aeruginosa を用いて得られた適切な注薬条件において、*Selenastrum capricornutum* と *Chlorella pyrenoidosa* についても実験を行った。細胞数および濁度除去率の結果を表-2に示した。これらの植物プランクトンについては高い除去率が得られた。

4. まとめ

M. aeruginosa 起源の濁度が50TUの原水の回分式泡沫分離処理において、PAC添加量5mg・Al/ℓとカゼイン添加量15mg/ℓを添加することによって、*M. aeruginosa* を濁度除去率で96.6%（原水濁度50TUから1.7TUまで、細胞数では、 1.86×10^6 cells/mlから 1.35×10^5 cells/mlまで）除去できることが明らかとなった。また、その他の植物プランクトンについても同じ注薬、操作条件で96%以上の細胞数および濁度の除去率が得られた。

参考文献

- 1) 秋葉道宏ら：水道協会雑誌，60，(8)，pp.8-18 (1991)
- 2) 福士憲一ら：水道協会雑誌，64，(2)，pp.2-12 (1995)
- 3) 河添智ら：土木学会概要集第Ⅶ部門，pp.100-101 (1996)

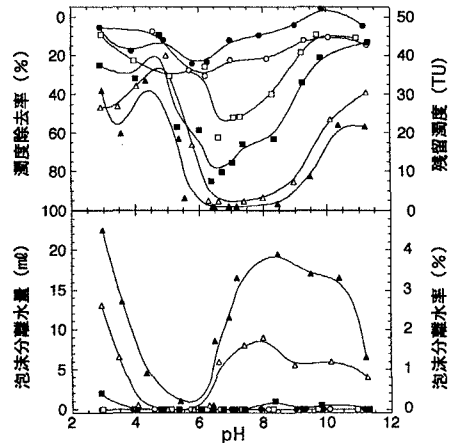


図-2 所定のカゼイン濃度におけるpHと濁度除去率および泡沫分離水量の関係
原水：*Microcystis aeruginosa* 濁度50TU（細胞数 1.86×10^6 ）
カゼイン添加量：

○，0mg/ℓ；●，1mg/ℓ；□，3mg/ℓ；
■，5mg/ℓ；△，10mg/ℓ；▲，15mg/ℓ

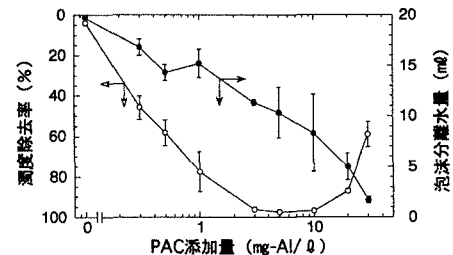


図-3 PAC添加量と濁度除去率および泡沫分離水量の関係
注薬条件：カゼイン，15mg/ℓ；pH 7.0 ± 0.3
記号：○，濁度除去率（%）；●，泡沫分離水量（ml）
実験回数：n=3。

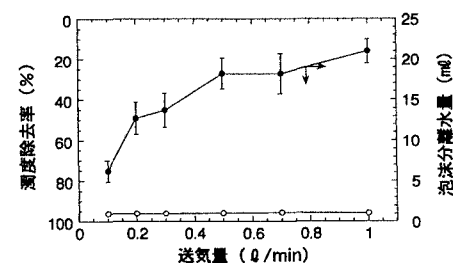


図-4 送気量と濁度除去率および泡沫分離水量の関係
注薬条件：PAC，5mg・Al/ℓ；カゼイン，15mg/ℓ；pH 7.0 ± 0.2
記号：○，濁度除去率（%）；●，泡沫分離水量（ml）
実験回数：n=3。

表-2 最適条件時の植物プランクトンの細胞数および濁度除去率
(PAC添加量5mg・Al/ℓ，カゼイン添加量15mg/ℓ)

植物プランクトン	原水		処理水		除去率（%）	
	細胞数 (cells/ml)	濁度 (TU)	細胞数 (cells/ml)	濁度 (TU)	細胞数	濁度
<i>M. aeruginosa</i>	1.86×10^6	50.0	1.35×10^5	1.70	92.7	96.6
<i>S. capricornutum</i>	9.57×10^5	30.3	2.14×10^4	0.82	97.7	97.3
<i>C. pyrenoidosa</i>	5.36×10^5	31.7	1.81×10^4	0.66	96.6	97.9