

凝集・泡沫分離法によるアオコの除去

宮崎大学大学院 学員 仲元寺 宣明
 宮崎大学工学部 正員 丸山 俊朗
 宮崎大学工学部 正員 鈴木 祥広

1. はじめに

Microcystis sp.などの藍藻類の、湖沼・貯水池の富栄養化による異常増殖は、浄水処理に多大な被害をもたらしている。植物プランクトンは栄養塩の濃縮体と考えられ、これを直接的に回収できれば、各種藻類障害の解決のみならず、回収後の再増殖や富栄養化の防止が期待できる。

河添らは、PAC(ポリ塩化アルミニウム)とカゼイン(タンパク質)を併用した凝集・泡沫分離法によるアオコの除去について検討し、95%以上の高い除去率が得られることを報告している¹⁾。しかしながら、回収した汚泥の有効利用を考慮に入れると、凝集剤には鉄塩を用いる方が望ましいと考えられる。そこで本研究では、硫酸第二鉄($Fe_2(SO_4)_3$)とカゼインを併用した、凝集・泡沫分離法によるアオコの除去について検討した。

2. 材料と方法

2.1 アオコ懸濁液

供試プランクトンには、*Microcystis aeruginosa* (IAM より譲渡)を用いた。M-11 改変培地²⁾、25°C、2,000 Lux、明暗周期 12 時間の条件で大量培養(50L)した。アオコ 懸濁液を攪拌後、30 分間静置し、死滅した細胞、あるいはその他の懸濁粒子を沈降させて、上澄水約 5L を静かに採水した。懸濁液を 500ml ビーカーに採り、 $NaHCO_3$ を 50mg/L 注入して全量を 500mL としたものを原水とした。実験は、懸濁液の濁度が 50 TU(細胞数約 5.0×10^5 cells/mL)に達した時点で開始し、2 日以内に集中的に実験を行った。

2.2 凝集・泡沫分離処理

原水 500mL に、ジャーテスターによる急速攪拌下 (150rpm)で、所定量の pH 調整剤(1N-HCl、NaOH)と凝集剤を注入し、急速攪拌を 3 分間行った。つづいて、所定量のカゼインを注入し、30 秒間の攪拌後に pH を測定した。このフロック懸濁液を回分式泡沫分離装置 (図-1)の気液接触塔に、ガラスボールフィルターから流量 0.3L/min の空気を送りつつ移した。水面上に形成される安定泡沫は、吸引ポンプで泡沫トラップ瓶に回収した。泡沫吸引管は、水面から約 3 cm の位置に設置し、処理時間は 5 分間とした。気液比 (送気量に対する試水量の割合)は 3.0 となる。処理終了後、ドレンから処理水を全量採水して、濁度を測定した。濁度と細胞数の間に高い相関が見られたことから、処理能は濁度除去率で評価した。

2.3 処理水水質分析

最適薬剤注入率における、処理水のカゼイン、全鉄(T-Fe)、硝酸性窒素(NO_3-N)、およびリン酸塩(PO_4-P)の濃度を測定した。カゼイン、 NO_3-N および PO_4-P は、ろ過してから分析した(カゼイン; Whatman 社製、GF/F 型、孔径 $0.7 \mu m$ 、 NO_3-N および PO_4-P ; $0.45 \mu m$ メンブランフィルター)。カゼインは、タンパク質の定量法である Bradford 法に従い、T-Fe は、フェロジン法を用いて測定した。また、 NO_3-N はカドミウム還元法 (HACH 社製、DR-2000)、 PO_4-P はモリブデン青法(HACH 社製、DR-2000)によった。

2.4 AGP 試験

最適薬剤注入率における、処理水の AGP(Algal Growth Potential)試験を行った。処理水をろ過 (Whatman 社製、GF/C 型、孔径 $1.2 \mu m$) し、高温・高圧滅菌 ($121^\circ C$ 、 $1.2 atm$ 、30min)を行った。放冷後、試験水 95mL に *Microcystis* 懸濁液 5mL を植継ぎ、全量を 100mL にした。原水につい

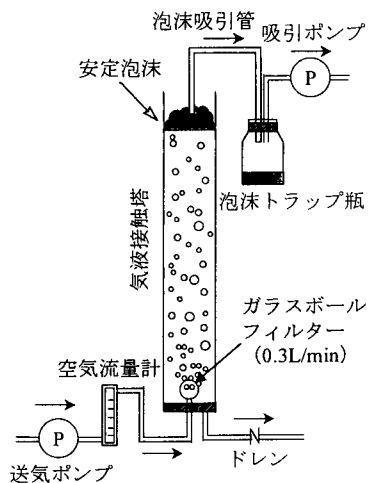


図-1 回分式泡沫分離装置。

でも同様の操作を行い、これをコントロールとした。培養条件は、25℃、静置、照度 2,000Lux、明暗周期 12 時間とし、一日数回手で攪拌した。また、試験期間中毎日、細胞数を倒立顕微鏡で計数した。

3. 結果と考察

3.1 最適薬剤注入率

図-2は、凝集剤とカゼイン注入率を変化させて泡沫分離処理した場合の濁度除去率である。pHは、凝集最適 pH5.5の一定とした。凝集剤無注入の場合、カゼイン注入率を増加させても除去率は低い値であった。しかし、凝集剤とカゼイン注入率の増加に伴って急激に上昇した。除去率は、凝集剤 5 mg-Fe/L、カゼイン 30mg/L で 95%に達した。しかし、泡沫分離処理 5 分間終了後も泡沫は生成されつづけており、カゼイン注入量が過剰であると推察された。95%以上の高い除去率が得られ、かつ 5 分以内に泡沫生成の終了が確認された最少量の薬剤注入率は、凝集剤 10mg-Fe/L、カゼイン 15mg/L であった。

3.2 泡沫分離処理水水質

最適薬剤注入率における、処理水のカゼイン、T-Fe、および栄養塩(NO₃-N、PO₄-P)の濃度を測定した(表-1)。原水と処理水の T-Fe 濃度は、それぞれ 1.16mg-Fe/L と 0.35mg-Fe/L であった。凝集剤を 10mg-Fe/L 注入したにも関わらず約 70%減少していた。培地に含まれる Fe は、凝集プロセスの際に同時に凝集されたのではないかと考えられる。カゼインは、1.5mg/L 検出された。この濃度は、全窒素(T-N)濃度に換算して約 0.2mg/L(カゼインに含まれる N は T-N で 13~16%)と低く、カゼインの残留による汚濁負荷は極めて小さいと考えられる。PO₄-P は、90%前後の高い除去率が得られ、藻体と同時にリンの回収も可能であることが分かった。しかし、NO₃-N 濃度は処理前後でほとんど差は見られず、本法では NO₃-N の除去は期待できないことが分かった。

3.3 AGP 試験

最適薬剤注入率における処理水について、AGP 試験を行った(図-3)。試験開始から 5 日目まで、処理水とコントロールは類似の増殖曲線を描いた。しかし、6 日目から有意な差が見られた。コントロールの場合には、6 日目以降も増殖を続け、8 日目には約 1.5×10⁶ cells/mL に達した。アオコの増殖は、N/P 比(T-N/T-P)が 10 以下で窒素、17 以上でリンが制限因子となる³⁾。コントロールと処理水の N/P 比(NO₃-N/PO₄-P)はそれぞれ、約 19 と約 163 であり、処理水は著しいリン制限下であったために増殖が制限されたと考えられる。したがって、処理水を放流した際に、アオコの増殖が促進される可能性は極めて小さいと考えられる。

4. 結論

- ① 凝集剤注入率 10mg-Fe/L、カゼイン注入率 15mg/L、pH5.5、泡沫分離処理 5 分間で 95%以上の除去率が得られる。
- ② 添加した薬剤の残留性は極めて少なく、原水中に含まれるリンの回収も同時に可能である。
- ③ アオコの処理水を放流しても、再増殖する可能性は極めて小さい。

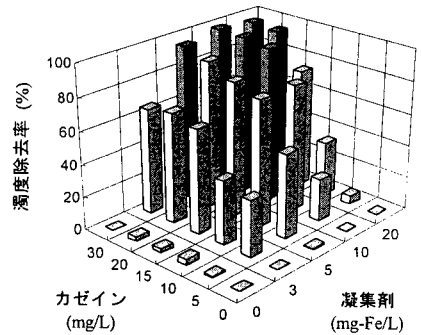


図-2 凝集剤とカゼイン注入率を変化させた場合の濁度除去率。
(pH 5.5、■：濁度除去率 95%以上)

表-1 最適注入率における処理水水質(n=3).

	原水 (mg/L)	処理水 (mg/L)	除去率 (%)
カゼイン	15.0*	1.48±0.12	90.1±0.82
T-Fe	1.16±0.01	0.35±0.04	70.0±3.73
PO ₄ -P	0.75±0.02	0.08±0.01	89.8±0.77
NO ₃ -N	14.0±0.92	13.0±1.10	7.14±7.86

*注入濃度

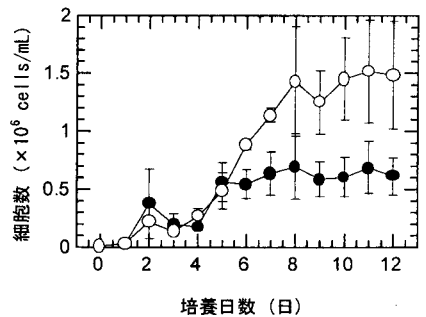


図-3 AGP 試験における培養日数と細胞数の関係(n=3).

●；コントロール、○；処理水.

参考文献

- 1) 河添ら(1997)土木学会第 52 回年次学術講演会講演概要集第 7 部、520-521.
- 2) 秋葉ら(1992)水道協会雑誌、693、2-11.
- 3) 田中 and 明(1996)藻類とその増殖環境、上水道における藻類障害(佐藤敦久、眞柄泰基 編)、15-18、技報堂、東京.