

マグネシウム化合物を用いた浮上分離技術による植物プランクトン及び富栄養塩の除去

千葉工業大学 学員 ○関 竜宏

千葉工業大学 正員 瀧 和夫

(株)モノベエンジニアリング 物部長順

加藤耕一

1 はじめに

閉鎖性湖沼において富栄養化現象による植物プランクトンの異常発生（アオコ）が頻発している。植物プランクトン粒子の異常増加に伴い悪臭、毒性物質の産生や浄水処理障害などの利水上問題を招いている。さらに、植物プランクトン粒子は死滅後再び栄養塩の供給源となり富栄養化を促進させるため湖沼水からの除去が望ましい。さらに、富栄養化湖沼の水質改善のためには栄養塩除去も含めた処理が必要となる。そこで、凝集効果および栄養塩として溶存性窒素、リン除去効果を同時に有する物質としてマグネシウムが挙げられる。マグネシウムの特徴として凝集の核となる水酸化マグネシウムの生成及びリン酸及びアンモニアと反応しリン酸マグネシウムアンモニウム（MAP）生成を併せ持つため植物プランクトン粒子及び栄養塩の同時処理が期待できる。

本研究では、浮上分離処理を用いてマグネシウム化合物による植物プランクトン粒子及び湖水中のアンモニア性窒素、リン酸性リンの除去可能性について検討した。

2 実験装置及び方法

浮上分離実験は塩化アンモニウム 0.3g を加えた STANDARD METHODS 8010-IV 培地 100L に定常期の *M.aeruginosa* を懸濁させ、*Chl.a* を 100~150 $\mu\text{g/L}$ に調整した懸濁液 40L を浮上槽に、また、調整槽に 60L 入れ、凝集剤として塩化マグネシウム及び pH 調整剤を調整槽に添加した後、浮上槽、調整槽間で 5 分間循環させる。次に調整済み懸濁液(流量 6L/min)と共に微細気泡(10~30mL/min)を浮上槽内へ導入する。浮上槽の懸濁水が 100L に達した時点で微細気泡の注入を停止させ、この時を分離時刻 0 秒とした。90 分間静置させた後、処理水は排水バルブ（底部からの高さ 14cm）から分取し、これに含まれる *Chl.a* 濃度及びアンモニア性窒素、リン酸性リン濃度を測定した。*Chl.a* 除去率及び浮上除去率は *Chl.a* 濃度、浮上層及び沈殿層厚さから算出した。さらに、水酸化マグネシウムによる *M.aeruginosa* 粒子、微細気泡の静電的特性および架橋効果の検討を行うためゼータ電位を測定した。なお、*M.aeruginosa* 粒子表面の電荷状態を顕微鏡電気泳動装置（ZEEMOM ZC-2000、マイクロテックニチオン製）にて行った。測定手順は MgCl_2 及び NaOH を添加し調整した *M.aeruginosa* 懸濁液をサンプルセルに注入し、セル内の静止層においてゼータ電位測定を行った。

3 結果及び考察

3-1 水酸化マグネシウムによる *M.aeruginosa* 粒子の除去特性

図-1 に塩化マグネシウム添加量、pH 変化に伴う *Chl.a* 除去率及び溶存 Mg^{2+} 濃度を示す。図より塩化マグネシウムを添加した場合 pH 上昇と共に *Chl.a* 除去率は増加する傾向が認められた。*Chl.a* 除去率が急激に増加した pH 値は pH 10~11 であり、水酸化マグネシウムが生成される pH と一致する結果が得られた。また、最大 *Chl.a* 除去率は各塩化マグネシウム添加量において 80% 以上と高く、0mg-Mg/L における *Chl.a* 除去率は pH 変化により大きな違いは見られず 10% にも満たないことから、水酸化マグネシウムによる固液分離が可能であることを確認できた。

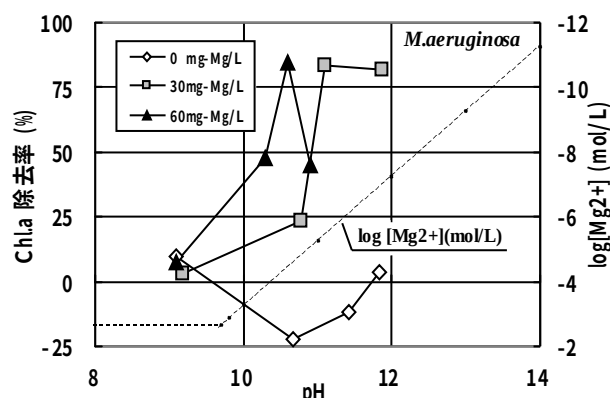


図-1 *Chl.a* 除去率および溶存 Mg^{2+} 濃度の関係

キーワード 浮上処理, *Microcystis aeruginosa*, ゼータ電位, マグネシウム化合物, pH

連絡先 〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 千葉工業大学 TEL047-478-0452 FAX047-478-0452

図-2に塩化マグネシウム添加量、pH変化に伴う *Chl.a* 浮上除去率を示す。図より *Chl.a* 浮上除去率の傾向は前項で示す除去率と類似しているが、塩化マグネシウム添加量 0、30、60mg-Mg/L において最大 0%、4.9%、10.3%と低い。前項で pH 10 以上において固液分離が可能であったにもかかわらず、効果的な浮上除去に至らなかった。原因として、①気体注入量を 10~30mL/min と絞り微細気泡による水の白濁化が起らず微細気泡発生量が少なかったこと、② *M.aeruginosa* 粒子と微細気泡の静電的架橋結合が不十分であることが考えられる。従って、粒子の凝集性及び微細気泡と粒子の架橋効果を *M.aeruginosa* 粒子及び微細気泡表面の電荷状態から検討することとする。

3-2 *M.aeruginosa* 粒子と微細気泡の静電的架橋効率の検討

微細気泡と粒子の付着効率は①気泡および粒子ゼータ電位絶対値が共に低い、②気泡もしくは粒子ゼータ電位のどちらか一方が 0mV 付近である場合に高いとされている。従って、両物質のゼータ電位積が 0mV² 付近において接触効率が高いこととなる。図-3に *Chl.a* 浮上除去率と *M.aeruginosa* ゼータ電位と微細気泡ゼータ電位との積を示す。微細気泡のゼータ電位として M.Y. Han 等の結果を引用した¹⁾。図より *M.aeruginosa* と微細気泡ゼータ電位の積が 0mV² 付近において浮上除去率が最大を示したことから、浮遊懸濁物は微細気泡に接触、付着することは可能であったと考えられる。従って、水酸化マグネシウムによる静電的架橋結合は形成されており、効果的な浮上除去に至らなかった原因として微細気泡発生量が少ないことが考えられ、微細気泡発生量、気泡径の制御が今後の課題である。

3-3 PO₄-P および NH₃-N 除去率

図-4に 0mg-Mg/L および 60mg-Mg/L 条件下での処理後 PO₄-P および NH₃-N 除去率を示す。塩化マグネシウム添加の有無に関わらず PO₄-P 及び NH₃-N 除去率は増加する傾向が認められた。塩化マグネシウム量 60mg-Mg/L における PO₄-P 及び NH₃-N 最大除去率は 90% (0.27~0.02mg-P/L)、17% (0.64~0.54mg-N/L) となった。一方、0mg-Mg/L 条件下における PO₄-P 及び NH₃-N 除去率の増加は *M.aeruginosa* 懸濁液に含まれるマグネシウムの作用であると考えられる。

以上の結果より、マグネシウム化合物(MAP)による PO₄-P 及び NH₃-N 除去は可能であったが、NH₃-N 除去は低い。高 pH 条件下では MAP ではなくリン酸マグネシウムの生成が進行したためであると考えられる。

4 まとめ

以上の結果より以下の事柄が明らかとなった。

- 1) 最大 *Chl.a* 除去率は pH 10 以上の条件下で最大除去率約 80%を示し、固液分離が可能であった。
- 2) *M.aeruginosa* 粒子と微細気泡ゼータ電位の積が 0mV² 付近において浮上除去率が最大を示した。
- 3) PO₄-P 及び NH₃-N 最大除去率は 90% (0.27~0.02mg-P/L)、17% (0.64~0.54mg-N/L) であった。

[引用文献]

1) HAN MY *et al.*, (2004); The effect of divalent metal ions on the zeta potential of bubbles; Water Science Technology, Vol.50 No.8 pp.49-56

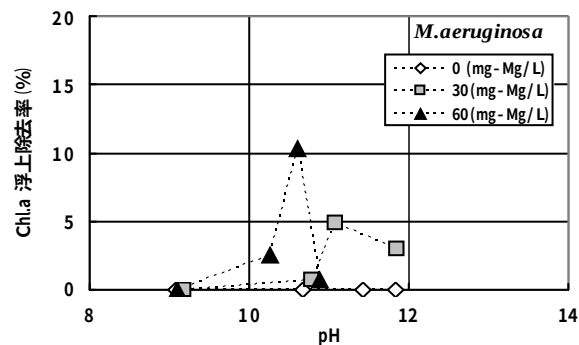


図-2 *Chl.a* 浮上除去率と pH の関係

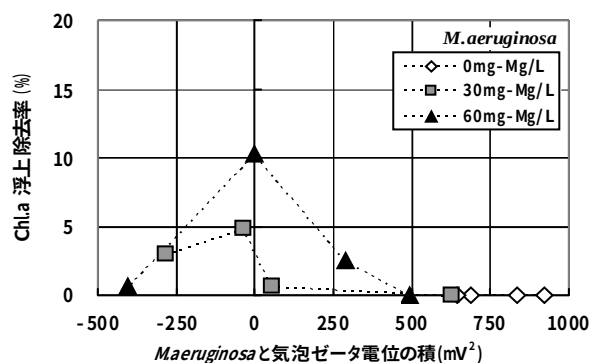


図-3 微細気泡と粒子ゼータ電位の積と浮上除去率

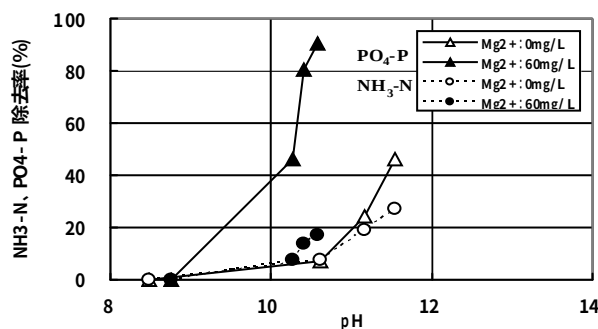


図-4 PO₄-P および NH₃-N 除去率