

富栄養化湖沼における直接浄化 —底質改善材による栄養塩類制御—

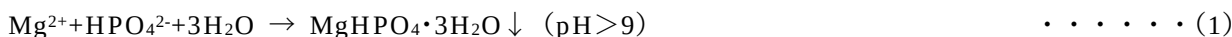
千葉工業大学大学院 学員 ○天野佳正
千葉工業大学工学部 正員 村上和仁 石井俊夫 瀧 和夫
日本大学理工学部 正員 松島 眸
千葉大学工学部 正員 立本英機

1. はじめに

閉鎖性水域では栄養塩類負荷によりアオコが異常増殖し、水資源、観光資源としての価値の低下等、様々な問題が生じている。これらの問題に対し著者らは、閉鎖性水域の浄化策として底質改善材である MgO を用いた底泥処理が有効であることを明らかにした。本研究では、MgO 散布量を変化させたときの底・水質浄化機構を明確にすることを目的とし、栄養塩類の挙動より評価・検討を行った。

2. MgO における栄養塩類抑制機構

底泥から溶出する栄養塩類 (NH₄-N、PO₄-P) に対し、MgO はリン酸マグネシウムあるいはリン酸マグネシウムアンモニウム (MAP) を形成し、固定化する効果が期待される。なお、その反応機構は以下の化学理論式に基づく。



リン酸マグネシウムあるいは MAP が生成されると、MgO と NH₄-N、PO₄-P の反応により水中の NH₄-N および PO₄-P の濃度減少が生じるはずである。これら化合物生成の評価は、栄養塩類の濃度勾配から反応速度定数 k_1 で整理可能と考えられる。ここで、反応速度定数 k_1 は底泥有機物含有量が高濃度の場合には、多量の栄養塩類が溶出し、そのときの反応速度定数 k_1 は MAP 生成における pH 域で減少傾向を示すものと推測できる。一方、底泥有機物含有量が低濃度の場合には、底泥から溶出する栄養塩類は少ないと考えられることから、反応速度定数 k_1 は非常に不安定な傾向を示すものと考えられる。

3. 実験方法

3.1 低・高濃度有機物含有底泥を対象とした MgO 散布処理 本実験では、汚濁の進行が著しい手賀沼（千葉県）を対象とした。手賀沼底泥をそのまま用いる高濃度有機物底泥、および DAF 処理（Dissolved Air Flotation；加圧浮上分離処理）により底泥有機物除去を施した低濃度有機物含有底泥を対象とし、MgO 散布量を 100、400、2,000g/m² と設定して底泥処理を行った。

3.2 マイクロコズムを用いた培養実験 各種底泥処理を施した底泥 100g および手賀沼湖水 380mL をガラス容器に充填し、静置培養（20℃）、暗条件にて培養を行った。培養系は Run1：MgO（100g）散布系、Run2：MgO（400g）散布系、Run3：MgO（2,000g）散布系、Run4：MgO（400g）+DAF 処理系、Run5：MgO（2,000g）+DAF 処理系とした。培養開始後 0,1,3,5,7,10,14,21,28 日目に採水を行い、NH₄-N、PO₄-P について分析を行った。なお、Run1,2,3 については高濃度有機物含有底泥を、Run4,5 については低濃度有機物含有底泥を対照系として比較した。

4. 実験結果

4.1 各処理系における MgO の効果 未処理系に対する Run1,2,3 および DAF 処理系に対する Run4,5 における NH₄-N、PO₄-P の濃度変化を経日的に示したのが図-1、図-2 である。NH₄-N に着目すると、高濃度有機物含有底泥に MgO を散布した Run1,2,3 で抑制傾向、低濃度有機物含有底泥に MgO を散布した Run4,5 で溶出傾向が認められる。また、NH₄-N 抑制に対する抑制および溶出傾向は MgO 散布量と比例関係にあることもわかる。一方、PO₄-P に着目すると、NH₄-N とは異なり、すべての系で抑制傾向を示した。また、PO₄-P と MgO

キーワード：栄養塩類、低・高濃度有機物含有底泥、反応速度定数、リン酸マグネシウム、MAP
〒275-8588 千葉県習志野市津田沼 2-17-1（千葉工業大学） TEL 047-478-0452 FAX 047-478-0474

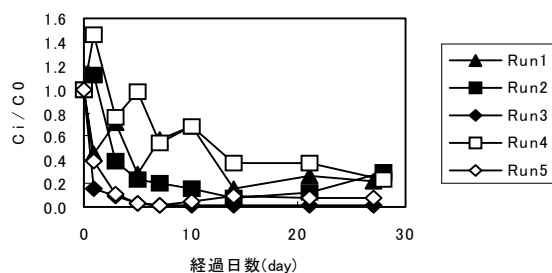
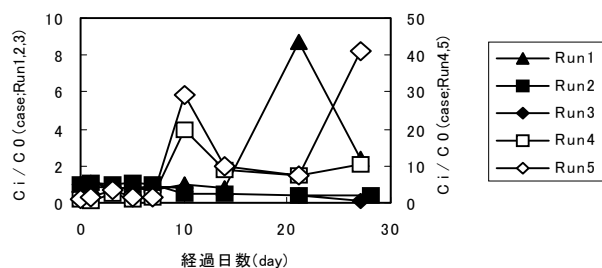


図-1 各処理系における $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度変化 (対未処理系) 図-2 各処理系における $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度変化 (対未処理系)

の関係については散布量の増大に伴って抑制効果が増大し、 MgO 散布後の栄養塩類濃度は MgO 散布量に強く依存していることが明らかとなった。

4.2 栄養塩類の反応速度定数 (k_1) の算出 いま、 $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ における経日の濃度変化を dc/dt で表わすと、濃度 c と時間 t の関係は 1 次反応式で表現できる。反応速度定数 k_1 を時間 t に対する $\text{NH}_4\text{-N}$ または $\text{PO}_4\text{-P}$ の反応速度定数、 a を $\text{NH}_4\text{-N}$ または $\text{PO}_4\text{-P}$ の初期現存量とした。なお、反応速度定数 k_1 が小さくなるほど、栄養塩類濃度の減少が速いことを意味する。

4.2.1 MgO 散布量に関する $\text{NH}_4\text{-N}$ の反応速度定数 図-3 に $\text{NH}_4\text{-N}$ の反応速度定数 k_1 および MgO 散布量との関係について示した。図より、 k_1 ($\text{NH}_4\text{-N}$) については 2 つの傾向が認められる。すなわち、低濃度有機物含有底泥に MgO を散布したときの k_1 の上昇、高濃度有機物含有底泥に MgO を散布したときの k_1 の減少である。このときの pH は、いずれの場合においても pH9~10 の範囲であり、リン酸マグネシウムまたは MAP 生成の pH 域であることがわかる。高濃度有機物含有底泥から高濃度に溶出する $\text{NH}_4\text{-N}$ は MgO 散布後減少傾向にあるが、これは $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が十分で、かつ、pH 値 9 付近であるため、MAP が生成されたことによるものと考えられる。また、溶出する $\text{NH}_4\text{-N}$ が少ない低濃度有機物含有底泥の場合は、 k_1 の明確な傾向は認められなかった。これは、底泥から溶出する $\text{NH}_4\text{-N}$ が微量であったことによるデータの振れ幅の増大が原因として考えられる。

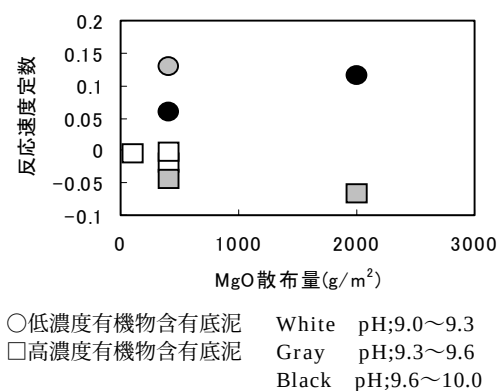


図-3 $\text{NH}_4\text{-N}$ における反応速度定数 k_1

4.2.2 MgO 散布量に関する $\text{PO}_4\text{-P}$ の反応速度定数 図-4 に $\text{PO}_4\text{-P}$ の k_1 および MgO 散布量の関係を示した。 $\text{PO}_4\text{-P}$ は $\text{NH}_4\text{-N}$ とは異なり低濃度および高濃度有機物含有底泥のいずれにおいても減少した。このときの pH は 9 以上であり、リン酸マグネシウムの生成により、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が減少したものと考えられる。しかしながら、高濃度有機物含有底泥に MgO を散布したときは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が十分に存在するため、(2) 式に基づいて MAP が形成されたものと考えられる。また、 MgO 散布量の増加に伴い反応速度定数 k_1 ($\text{PO}_4\text{-P}$) は減少することがわかった。これより、 k_1 ($\text{PO}_4\text{-P}$) は、低・高濃度有機物含有底泥に関わらず、 MgO 散布量と反比例の関係にあることが明らかとなった。

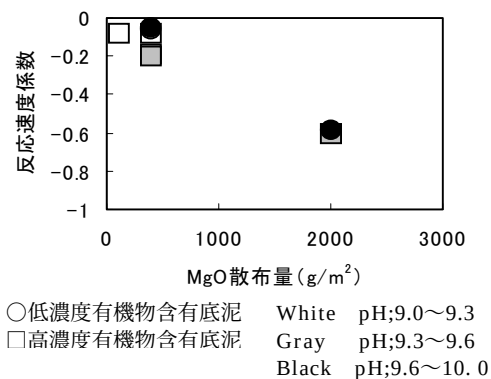


図-4 $\text{PO}_4\text{-P}$ における反応速度定数 k_1

5. まとめ

- 1) k_1 ($\text{NH}_4\text{-N}$) は低・高濃度有機物含有底泥において異なる傾向を示し、特に高濃度有機物含有底泥で小さくなることが明らかとなった。
- 2) k_1 ($\text{PO}_4\text{-P}$) と MgO 散布量は反比例の関係にあり、 k_1 ($\text{PO}_4\text{-P}$) はリン酸マグネシウムおよび MAP のいずれが形成されても減少傾向を示すことが明らかとなった。
- 3) MgO 散布による MAP 生成によって栄養塩類が吸着・固定され、底・水質浄化が図れることがわかった。