

富栄養化湖沼における底泥処理による N/P 比制御を活用した水質改善の検討

千葉工業大学 学員 ○天野佳正、石井裕一
千葉工業大学 正員 村上 和仁、瀧 和夫、石井 俊夫
日本大学理工学部 正員 松島 眸
哈爾濱工業大学 胡 翔

1. はじめに

富栄養化湖沼である手賀沼は特に窒素負荷が著しいことで知られている。本研究では栄養塩類の供給源の一つとなっている底泥に着目し、底泥改善材による化学的処理、加圧浮上分離による物理的処理、両者を組み合わせたハイブリッド処理による底泥層からの栄養塩類の溶出抑制を行い、湖水中の N/P 比および植物プランクトン相に与える効果について検討した。

2. 実験方法

2-1. 底泥処理方法 化学的処理として、底質改善材 MgO および CaO を用い、それぞれ 400g/m²、200g/m² となるよう底泥の表層全体に散布した。また、物理的処理として、反応槽内に手賀沼底泥（7kg）を投入し微細気泡発生装置により下方から微細気泡を発生させて加圧浮上分離処理を行った。さらに、より高度な底泥改善を目的としたハイブリッド処理として、底泥改善材散布および加圧浮上分離処理を併用し、加圧浮上分離処理後の底泥に MgO を 400g/m² となるよう散布した。

2-2. 培養方法および分析項目 評価系として、470mL 容ガラス容器に湖水 380mL と各処理を施した湿泥 100g を充填したマイクロコズム（CIT タイプ）を用いた。培養条件は、明条件（照度：20,000Lux）および暗条件とし、培養温度は 20℃に設定した。また、培養系は、Run1：未処理系、Run2：MgO 処理系、Run3：CaO 処理系、Run4：加圧浮上分離処理系、および、Run5：ハイブリッド処理系（加圧浮上分離処理＋MgO 処理）の 5 系統とした。培養期間は 28 日間とし、培養開始後、0,1,3,5,7,10,14,21,28 日目に、T-N、T-P、NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P、Chl-a および植物プランクトン相について分析を行った。

3. 結果および考察

3-1. 栄養塩類の溶出抑制効果 Run1 において、培養期間中の T-N、T-P、NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P、Chl-a の最大濃度は、それぞれ 9.07 mg/L、1.20 mg/L、5.54 mg/L、0.99 mg/L、57.51 μg/L と、いずれも手賀沼における環境基準値より高い濃度を示した。Run1 における NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P の溶出量の積を 100 としたときの各系における抑制効果を表-1 に示した。Run2 における NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P の溶出抑制率はそれぞれ 0%、83%であり、MgO は特にリンの溶出を抑えこむ役目を果たしている

表-1 各測定項目における抑制効果 (%)

	NH ₄ ⁺ -N	PO ₄ ³⁻ -P	T-N	T-P	Chl-a
Run1	100	100	100	100	100
Run2	0	83	5	75	73
Run3	215	160	64	24	78
Run4	71	60	61	59	44
Run5	62	83	54	80	81

と考えられる。一方、Run3 においては、NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P の溶出抑制率はそれぞれ 215%、160%であり、MgO とは対照的に栄養塩類を溶出させていることから、CaO は底泥中の栄養塩類を洗浄、溶出させていると考えられる。Run4 では NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P の溶出抑制率はそれぞれ 29%、40%であり、MgO 散布処理とは異なり特に NH₄⁺-N の抑制率が高かった。Run5 において、NH₄⁺-N、PO₄³⁻-P の溶出抑制率はそれぞれ 62%、83%であった。加圧浮上分離処理により栄養塩類を除去した上に、MgO でさらに溶出抑制したため、各処理方法の中で最も高い処理効率を示したものと考えられる。また、栄養塩類の減少に伴い、Chl-a は 73% (Run2)、78% (Run3)、44% (Run4)、81% (Run5) 抑制され、その効果はリンが著しく減少した Run2 および Run5 で顕著であった。Run3 における

キーワード：底泥改善、N/P 比、植物プランクトン、MgO 処理、ハイブリッド処理

連絡先：〒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 047-478-0452

Chl-a の抑制は $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が急上昇したために生じるアンモニア阻害によるものと考えられる。

3-2. 湖水中のN/P比制御効果 図-1に示したように、Run1におけるN/P比は、培養3日目まで増加した後、減少し、7日目以降は植物プランクトンの増殖に必要とされるN/P比（レッドフィールド比）である7.2を下回った。これは底泥層内の硝化の活性化に伴う窒素濃度の上昇により生じたものと考えられる。この上昇傾向は手賀沼の水質調査結果においても認められており、Run1は手賀沼の状況を的確に再現していることを示唆している。また、7日目以降のN/P比の低下は植物性プランクトンの急激な増殖によるものと考えられる。Run2では、MgO散布によるリン酸マグネシウムの形成によりリンが抑制され、培養初期にN/P比が上昇し、14日目以降には減少しているのが認められる。Run3ではCaO散布により $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が溶出し、N/P比は最大で176へと急上昇した。加圧浮上分離処理による栄養塩類除去率は $\text{NH}_4^+\text{-N} > \text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ であるため、Run4ではN/P比は培養開始から減少傾向にあり、5日目以降では4以下で安定した。また、Run5においてもN/P比は減少傾向にあり、5日目以降は21日目を除いて4程度で安定した。

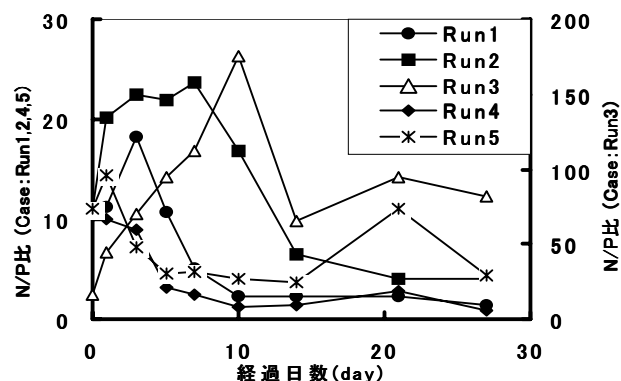


図-1 各条件におけるN/P比の経日変

3-3. 植物プランクトン相からみた水質改善効果 いずれの系においても、藍藻類、珪藻類、緑藻類、鞭毛藻類が出現したが、優占種には相違がみられた。Run1における優占種は藍藻類 *Microcystis aeruginosa*、*Anabaena spiroides*、*Aphanocapsa* sp.、珪藻類 *Merosira granulata*、*Nitzschia acicularis*で、総Chl-a量は2.16 $\mu\text{g/g}$ であった。これらはアオコ形成藻類であり、夏～秋に手賀沼に多くみられる種である。Run2では、藍藻類 *M.aeruginosa*、珪藻類 *M.glanulata*、*Cyclotella meneghiniana*で、総Chl-a量は0.59 $\mu\text{g/g}$ であった。これは $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ の抑制に伴うN/P比の上昇により、有毒アオコを形成する藍藻類が出現し易い状態となっている。Run3における優占種は、藍藻類 *M.aeruginosa*、珪藻類 *M.glanulata*、*C.meneghiniana*で、総Chl-a量は0.43 $\mu\text{g/g}$ であった。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の溶出・洗浄によるN/P比の上昇により、藍藻類が優占種として出現したと考えられる。Run4においては、N/P比の低下に伴い緑藻類 *Scenedesmus quadricauda*、*Dictyosphaerium* spp.、珪藻類 *M.granulata*が優占し、総Chl-a量は1.20 $\mu\text{g/g}$ と減少した。藍藻類は僅かに確認されるのみであった。また、Run5では、緑藻類 *S. quaricauda*、鞭毛藻類 *Chlamydomonas* sp.、珪藻類 *C.meneghiniana*が優占し、総Chl-a量は0.40 $\mu\text{g/g}$ の最小値を示した。また、この時のChl-a抑制率は81%と最高値を示している。以上のことより、Run5（加圧浮上分離処理とMgO散布とのハイブリッド処理）はChl-a抑制効果が大きく藍藻類の増殖も殆ど観察されないことから、図-2に示したように、最大の水質改善効果を示していると考えられる。

4. まとめ

- 1) 底泥改善材として用いたMgOは底泥からの栄養塩類の溶出抑制効果、CaOは栄養塩類の溶出・洗浄効果のあることが明らかになった。
- 2) $\text{NH}_4^+\text{-N}$ および $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ の溶出量低減とN/P比の低下により、Chl-a増殖量の抑制と同時に藍藻類の優占化が認められなくなったことより、本ハイブリッド処理手法による底泥処理は水質改善を図る上で有効であることが示された。
- 3) 底泥からのリン溶出抑制により、プランクトンの増殖制御が可能であることが明らかになった。

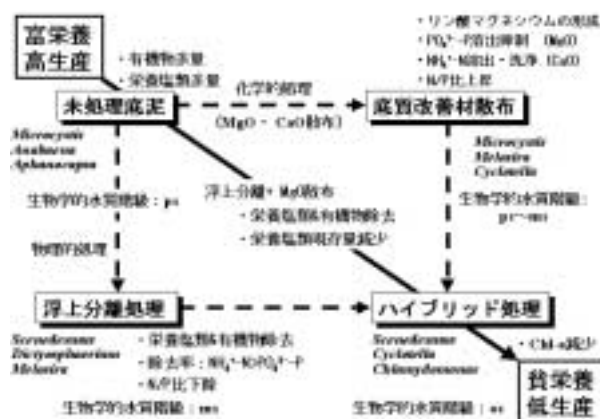


図-2 各種底泥処理による水質改善