

B-70 水質・底質・生物の有機物量総量からみた水圏環境の評価手法

○村上 和仁^{1*} 吾妻 咲季² 五明 美智男¹ 天野 佳正³

¹千葉工業大学工学部生命環境科学科（〒275-8588 千葉県習志野市津田沼2-17-1）

²千葉工業大学大学院工学研究科生命環境科学専攻（〒275-8588 千葉県習志野市津田沼2-17-1）

³千葉大学大学院工学研究科共生応用化学専攻（〒263-8522 千葉県千葉市弥生町1-33）

* E-mail: kaz_murakami@sky.it-chiba.ac.jp

1. はじめに

閉鎖性湖沼の富栄養化の一因として植物プランクトンの内部生産が挙げられる。内部生産解消のためには、外部からの栄養塩類の流入を防ぐと同時に、底質改善すなわち底泥からの栄養塩類の溶出を抑制することが必須である。底質改善法としては、薬剤散布などの化学的手法、加圧浮上分離などの物理的手法、バイオマニピュレーションなどの生物的手法があるが、それぞれ一長一短がある。したがって、実用に際しては適正な処理手法を選択するための事前評価が重要である。

本研究では、各種底泥処理の底質改善効果を比較検討すること目的とし、生態系を構成する環境要因を水質・底質・生物の要素に分離して環境改善効果の評価をおこなった。

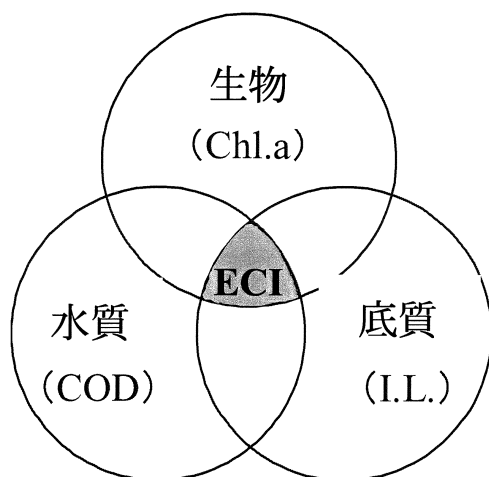


図-1 ECI (Environmental Condition Index) の概念図

2. 実験方法

(1) 底泥処理手法

本研究では生活排水の流入による水質汚濁の進行が著しい手賀沼（千葉県我孫子市）を対象とし、その底泥と湖水について、物理的手法である微細気泡による加圧浮上処理（Dissolved Air Flotation; DAF）、および化学的手法である底質改善材散布処理（Chemical remediation Materials; CRM）として酸化マグネシウム（MgO）および酸化カルシウム（CaO）散布処理を併用したハイブリッド処理（DAF+CRM）の3通りの底泥処理をおこなった。

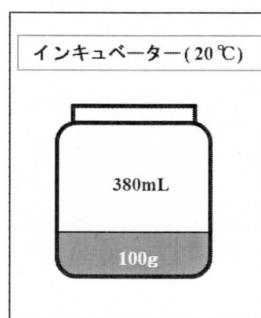
①圧浮上処理（DAF）：リアクター内に底泥6kg（湿重）と水道水50Lを入れ、下方から微細気泡（数 μm ）による加圧浮上分離処理をおこない、処理後の底泥100g（湿重）と湖水380mLを470mL容ガラス容器に充填した系をマイクロコズムとした。

②ハイブリッド処理（DAF+CRM）：470mL容ガラス容器に加圧浮上処理を施した底泥100gと湖水380mLを充填し、MgOを400g/m²またはCaOを100g/m²となるよう散布した系をマイクロコズムとした。

(2) 培養系および分析項目

未処理の底泥を充填した系（Run 1）、加圧浮上処理を施した底泥を充填した系（Run 2）、ハイブリッド処理（DAF+MgO）を施した底泥を充填した系（Run 3）、ハイブリッド処理（DAF+CaO）を施した底泥を充填した系（Run 4）を作製し、20℃、明暗各条件下（明：20,000lux）に設置した。培養期間は28日間とし、培養開始後、0、1、3、5、7、10、14、21、28日目に採水し、有機物量として、水質（COD）、底質（IL）および生物（Chla、プランクトン相）について分析をおこなった。

水・泥質系 マイクロゾムの概要



評価系

実験系

培養系：水・底質系フラスコマイクロゾム (底泥：100g 湖水：380mL)		
培養条件：明条件		
培養温度：20℃		
培養期間：28日 (0, 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21, 28日)		
分析項目：COD、IL、Chl. a、植物プランクトン相		
Run No.	実験系	底質改善材散布量 (g/m ²)
Run1	未処理系	—
Run2	DAF処理系	—
Run3	DAF処理+MgO処理系	400
Run4	DAF処理+CaO処理系	100

図2 本研究の実験概要

CODおよびILは工場排水試験法JIS K0102に準じて、プランクトン相は生物顕微鏡（Nikon E800）にて分析した。

(3) 評価方法

各培養系におけるCOD、IL、Chl.a、プランクトン相および総括的指数（Environmental Condition Index; ECI）から各種底泥処理手法の環境改善効果の評価をおこなった。

3. 結果および考察

(1) 水質に着目した環境改善効果

培養期間中（28日間）の総COD量は、Run 1：694.8mg/L/28days、Run 2：480.5mg/L/28days、Run 3：361.4mg/L/28days、Run 4：886.6mg/L/28daysであった。いずれの系においても、培養開始後3日目からCOD値の上昇が観察され、10日目前後に最大値を示し、それ以降は緩やかに減少した。未処理系（Run 1）における総COD量を100%とした場合の各処理系における総COD量は、Run 2：69.2%、Run 3：52.0%、Run 4：127.6%となり、水中の有機物量の指標である総COD量から評価すると、DAF+MgOのハイブリッド処理（Run 3）の環境改善効果が高いことがわかった。

(2) 底質に着目した環境改善効果

培養期間中（28日間）の総IL量は、Run 1：996mg/g/28days、Run 2：916mg/g/28days、Run 3：1102mg/g/28days、Run 4：975mg/g/28daysであった。いずれの系においても、培養開始後1日目に最大値を示した後、緩やかな減少傾向を示した。未処理系（Run 1）における総IL量を100%とした場合の各処理系における総IL量は、Run 2：91.9%、Run 3：110.6%、Run 4：97.9%となり、底質中の有機物量の指標である総IL量から評価すると、DAF処理（Run 2）の環境改善効果が高いことがわかった。

(3) 生物に着目した環境改善効果

培養期間中（28日間）の総Chl.a量は、Run1：0.512mg/L/28days（優占種：藍藻類*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiroides*, 珪藻類*Melosira granulata*）、Run 2：0.192mg/L/28days（優占種：珪藻類*M.granulata*, *Nitzschia acicularis*）、Run 3：0.088mg/L/28days（優占種：珪藻類*M.granulata*, 緑藻類*Scenedesmus quadricauda*, 鞭毛藻類*Chlamydomonas* spp.）、Run 4：0.222mg/L/28days（優占種：珪藻類*M.granulata*, *N.acicularis*）であった。未処理系（Run 1）における総Chl.a量を100%とした場合の各処理

系における総Chla量は、Run 2：37.6%，Run 3：17.2%，Run 4：43.3%となり、植物プランクトン現存量の指標である総Chla量から評価すると、DAF+MgOのハイブリッド処理（Run 3）の環境改善効果が高いことがわかった。

(4) 総括的指標からみた環境改善効果の評価

本研究では生態系を水質・底質・生物の3要素に分離したが、これらは相乗的に関連していると考えられることから生態系の総括的な評価においては、これらを乗じてさらに3乗根をとって無次元化した指数（ECI：Environmental Condition Index）を用いることとし、ECIは(1)式より求めた。なお、ECIの値が大きくなるほど環境の有機汚濁が進行した状態であることを示すこととなる。

$$ECI = \sqrt[3]{C_{(COD)} \times C_{(IL)} \times C_{(Chl.a)}} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、 $C_{(COD)} = \Sigma L_{CODi} / COD_{mean}$

$C_{(IL)} = \Sigma L_{ILi} / IL_{mean}$

$C_{(Chl.a)} = \Sigma L_{Chlai} / Chl.a_{mean}$

L_{CODi} , L_{ILi} , L_{Chlai} は、それぞれCOD, IL, Chlaのマイクロコズム培養期間における総現存量 (mg/L) を表し、 COD_{mean} , IL_{mean} , $Chl.a_{mean}$ は、それぞれCOD, IL, Chlaのマイクロコズム培養期間における平均濃度 (mg/L) を表している。ECIは、Run 1：1.69, Run 2：1.22, Run 3：0.87, Run 4：1.45であった。未処理系（Run 1）におけるECIを100%とした場合の各処理系におけるECIは、Run 2：72.2%，Run 3：51.4%，Run 4：85.8%となり、生態系の総括的指数であるECIから評価すると、DAF+MgOのハイブリッド処理（Run 3）が最大の環境改善効果を示すことがわかった。

3. まとめ

- 1) 水質（COD）から評価すると、DAF+MgOのハイブリッド処理の環境改善効果が高いことがわかった。
- 2) 底質（IL）から評価すると、DAF処理の環境改善効果が高いことがわかった。
- 3) 生物（Chla）から評価すると、DAF+MgOのハイブリッド処理の環境改善効果が高いことがわかった。
- 4) 生態系の総括的指標であるECIから評価すると、DAF+MgOのハイブリッド処理が最大の環境改善効果を示した。
- 5) 閉鎖性水域の環境改善を図る上では、物理的処理（DAF）と化学的処理（MgO）のハイブリッド処理による底泥処理が有効であることが示された。

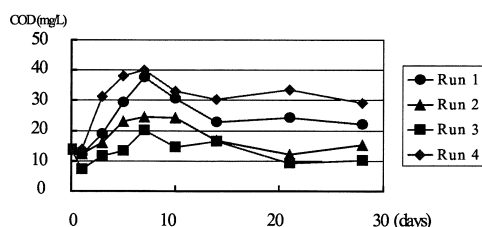


図-3 各実験系におけるCODの経日変化

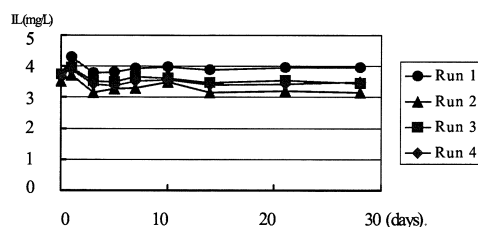


図-4 各実験系におけるILの経日変化

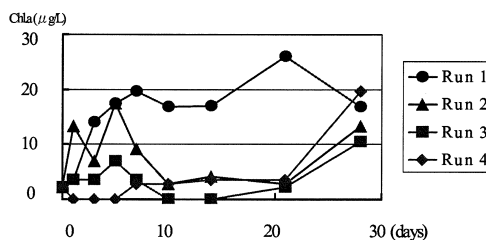


図-5 各実験系におけるChlaの経日変化

追記：

本研究は、日本学術振興会平成24～26年度科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）（挑戦的萌芽研究）（課題番号24651029）「移入種生物がもたらす生態系影響評価のためのモデルエコシステムの汎用化に関する研究」の一環として実施された。

参考文献

- Murakami K., Gomyo M., Agatsuma S., Amano Y. : Environmental Condition Index for Estimation on Eutrophic State of Enclosed Aquifer Ecosystem, *International Journal of GEOMATE*, 2013 (in submission).
- 吾妻咲季, 村上和仁, 五明美智男, 天野佳正: 海浜公園池における地域未利用資源を活用した底質改善による栄養塩制御, 土木学会論文集B3 (海洋開発), Vol.69, No.2, 2013 (印刷中)
- Amano Y., Taki K., Murakami K., Ishii T., Matsushima H. : Sediment Remediation for Ecosystem in Eutrophic Lakes, *The Scientific World*, Vol.2, pp.885-891, 2002.