

II-381

強制循環を行った湖の底泥の栄養塩溶出変化

東北大学大学院 学生員 ○李 淳和
 東北大学工学部 正 員 高崎みつる
 東北大学工学部 正 員 佐藤敦久

1. はじめに

湖の内部負荷としては湖水中の栄養塩分解・酸化そして藻類の増殖などによる栄養塩の分解・生産と湖の底泥から栄養塩溶出が挙げられる。従って湖沼における藻類の増殖は底泥からの栄養塩溶出効果を無視することができないし、実際底泥からの栄養塩溶出によって予期した水質回復が得られないという報告されている。¹⁾²⁾ このことから効果的な対策を実施するためには底泥からの栄養塩溶出についての知見が必要となる。特に本実験の対象としている湖は強制循環を導入しているため底泥近傍の環境が成層を形成する湖とは異なっているため底泥の負荷が少なくなっていると予想できる。従って強制循環の効果を評価する上で底泥からの栄養塩フラックスを量的に評価することは大変重要である。ここではその一部として強制循環を導入した湖の底泥の各層別の栄養塩量と溶出の関係について報告を行う。

2. 実験方法

実験では千葉県安房郡三芳村の増間ダムと館山市の作名ダムから採水した沈澱物と底泥柱状試料(60mmx450mmのコア使用)に対して次の実験系を用意し各々栄養塩溶出変化を求めた。増間ダムの試料は自然条件下の系と泥表面から各々5mm、10mm、20mmの底泥を除いた4つの系で実験を行い、また0-5mm、5-10mm、10-20mmの泥層からの溶出変化を明らかにする為各層別の間隙水の分析を同時に行った。また、作名ダムではまず沈澱捕集ピンを底泥直上に設置し2日後に引き上げ水温8℃以下で2ヶ月間浮遊物質の分解を行わせて(以下新生沈澱堆積物と称す)実験に用いた。実験系は新生沈澱堆積物のみの系(以下沈澱系と表示)、底泥の上に新生沈澱堆積物を堆積させた系(以下堆積系と表示)と自然条件の底泥のみの系(以下底泥系と表示)の3つの実験系を用意した。全実験系は現場の環境条件に近付けるため強制循環を行っている間の増間ダムの年平均水温である15℃の恒温に維持し、17-ストンでばっ気し終始好気条件下で実験を行った

3. 結果及び考察

Fig.1は各深さの泥深面からの $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出経時変化を示す。これから泥深面の $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出は泥の深さ方向に大きくなることが認められる。また、これと同じ実験条件下で行った各層別に採取した各泥層からの $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出結果をFig.2に示すが、これから各泥層別に分けた時の溶出速度は表面の層で大きく、深さ方向に小さくなりFig.1で示した泥深面からの溶出速度とは異なっていることがわかる。一方、表1は底泥の間隙水中に含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度を示す。間隙水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度鉛直分布は表面-5mmと25-30mmでピークを示し30mm以深では深さ方向に減少していく傾向を示し、これはFig.2の各層別の底泥試料の $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出と同じ傾向を示していた。Fig.1の実験に用いた底泥の表面は強制循環によって酸化が進んだ新生沈澱堆積物が敷かれた様相を示していた。従って底泥からの溶出を考える時、酸化分解が進んだ浮遊物質が沈澱した系についての栄養塩回復を考える必要がある。この実験結果をFig.3に示す。Fig.3からみると沈澱系では $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出は殆ど起こらなかった。これに対して堆積系では沈澱系に比べ溶出が起こるが自然条件下の底泥系に比べその速度は著しく減少していた。このことから強制循環が十分に行われ湖水中の浮遊物質が十分分解されて底泥上に堆積して行くとき底泥からの $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出を抑制していくことがわかった。ここで泥表層中に含

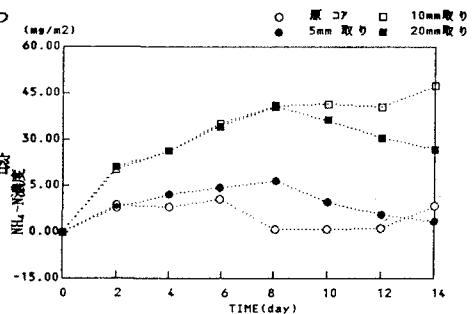


図-1 各泥層面による $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出経時変化(増間)

まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高く、その溶出が低い原因として2つの仮説を検討した。1)底泥表面の酸化層中の硝化作用によって溶出してくる $\text{NH}_4\text{-N}$ は $\text{NO}_x\text{-N}$ と変化する。2)沈澱物中に含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ は殆ど酸化分解し、また $\text{DON} \rightarrow \text{NH}_4\text{-N}$ の変化が無視出来るものが底泥の上に堆積したため、

$$dC_i/dz = (C_i - C_{i+1})/\Delta z \quad (1)$$

ここで C_i ; i層の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度(mg/l)

z ; 泥表面からの距離(mm)

添字i; z方向に取った各層

式(1)で表されたような物質移動が Δz が大きくなるか、或は C_i が小さくなるためその結果が小さな値を示す。

この時の $\text{NO}_2\text{-N}$ 溶出の経時変化は殆ど認められなかった。また表1の間隙水中にも泥深による変化は認められず、好氣的条件下で有機態窒素を分解させると亜硝酸の蓄積はあまりしないというBotan(1960)の報告に一致した。³⁾ Fig.4は各泥深別からの $\text{NO}_3\text{-N}$ 溶出経時変化を示す。Fig.4から見ると前の $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出変化と異なり泥深に行くほど $\text{NO}_3\text{-N}$ の溶出が低くなっていることが認められた。一般的には $\text{NH}_4\text{-N}$ の濃度が多かつ硝化菌が多く存在するほど硝化速度は大きくなることが知られている。Fig.4の硝化作用は表面層と5mmを取った泥深面で僅か起こっていたが10mm以深を暴露した面の系では12日まで硝化作用がなかったことからこの期間中には硝化菌

の働きが殆どなかったと見なせる。これから泥の表面にある酸化が進んだ層(通年好気条件下に暴露されている層)では硝化菌の働きが活発である事、その為溶出してくる $\text{NH}_4\text{-N}$ が硝酸として形を変えて出てくる事が示され仮説1が成り立つ事がわかった。また、新生沈澱堆積物中に含まれる $\text{NH}_4\text{-N}$ は殆どなかった為このような新生沈澱堆積物の蓄積は仮説2もまた満足することになる。

4. おわりに

これらのことから強制循環によって長期間底泥表面が好気条件下に維持されると、底泥面からの $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出は時間の進行に伴い長期的には減少していく可能性が大きいと考えられる。これについて今後さらに検討しMODEL化していきたい。

<参考文献>

- 1) Larsen, D.P. et al: "The Effect of Wastewater Phosphorus Removal on Shgawa Lake, Minesota: Phosphorus Supplies, Lake Phosphorus and Chlorophylla" Water Research, Vol.13, pp.1259-1272, 1979.
- 2) Brashier, C.K. et al: "Effect of Silt Removal in a Prari Lake" U.S. Environmental Protection Agency. Corvallis, Oregon 97330, EPA Eeul. Res. Series R3-73-037, pp200, 1973.
- 3) Botan, E.A., Miller, J.J. and H. Kleerekoper: "A Study of the Microbiological Decomposition of Nitrogenous Matter in Fresh Water" Arch.f. Hydrobiol., 56: pp.334-354, 1960.

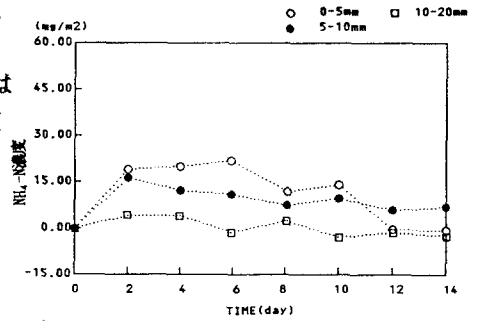


図-2 各泥層による $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出経時変化(増開)

表1 底泥の間隙水の栄養塩分析結果(1987年11月)

底 深 cm	$\text{PO}_4\text{-P}$ mg/l	$\text{NH}_4\text{-N}$ mg/l	$\text{NO}_2\text{-N}$ mg/l	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/l
直上水	0.038	2.284	0.005	0.048
0~0.5	0.153	3.725	0.011	0.398
~1.0	0.281	2.306	0.212	0.035
~1.5	0.053	2.339	0.009	0.077
~2.0	0.062	2.535	0.015	0.047
~2.5	0.044	2.665	0.007	0.083
~3.0	0.091	2.779	0.055	0.040
~4.0	0.034	2.072	0.026	0.051
~5.0	0.044	2.036	0.015	0.022
~6.0	0.033	2.024	0.007	0.027
~7.0	0.062	2.022	0.030	0.028

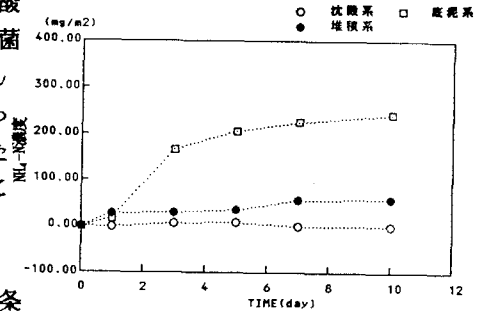


図-3 条件による $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出経時変化(作名)

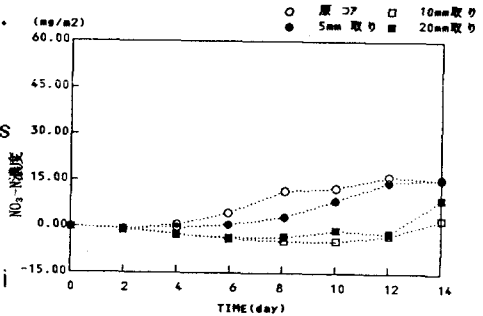


図-4 各泥層面による $\text{NO}_3\text{-N}$ 溶出経時変化(増開)