

(Ⅶ-28) 湖沼の底泥を利用した窒素の除去

足利工業大学 正会員 本田 善則

1. はじめに

富栄養化が進行している湖沼において、その原因物質となる窒素を低減させるために、湖水部の水を底泥部に循環させることも、一つの方式になり得ると考えられる¹⁾。底泥部では、無酸素の状態でかつ有機物が多量に存在しており、脱窒が進行できる条件が揃っていると予想されるからである。

本報告は、このような方式の可能性を検討する上で必要となる知見を得るために、底泥の脱窒能力ならびに底泥含有物質の溶出について、実験で調べた結果をまとめたものである。

2. 実験方法

実験装置の概略を図1に示す。装置として、透明アクリル製円筒容器を使用した。容器の下部に10cm高さで砂と砂利を、その上に15cm高さで底泥(館林市城沼で採取)を充填した。排水は、装置下部から流入させ、底泥内を上昇流で通過させた。供給排水としては、水道水に塩化ナトリウム、塩化カルシウム、硫酸マグネシウム、リン酸二水素ナトリウム、EDTA-Feの適量を添加したものをを使用した。

実験は、装置4基を使用し、恒温室内で20℃の温度条件で70日間行った。排水の $\text{NO}_3\text{-N}$ は、水道水が含有するものとした。この濃度は、実験期間を通じて3.3から2.6 mg/ℓ までの間で変化した。供給水量は、2 ℓ/d とした。各々の装置における内径、底泥体積ならびに水量・N量負荷に関する条件は、表1にまとめた通りである。

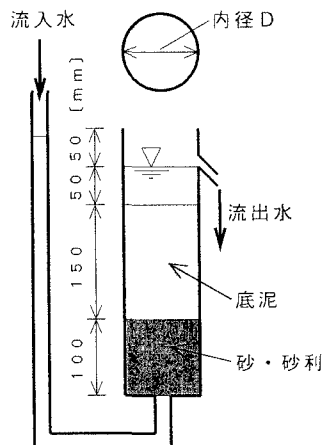


図1 実験装置の概略

3. 実験結果

実験開始後からの $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率の経日変化を図2に示す。ここで、 $\text{NO}_x\text{-N} = \text{NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$ とした。 $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率は、装置IとIIの場合、20日目前後からはほぼ一定となり、その後50日目前後から減少した。装置IIIとIVの場合、それぞれ25と30日目前後から実験終了時点まではほぼ一定の値を維持した。なお、すべての装置において、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去が実験開始直後から幾分あった。使用した底泥には、すでに脱窒菌が存在していたと推察される。

図3はN除去と流出物質に関する結果を示したものである。これらの値は、装置IとIIの場合17～45日目、装置IIIの場合24～70日目、装置IVの場合28～70日目の期間を通じて、それぞれ算術平均したものである。N除去について、装置IIIの場合、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率が94.0%で流出水 $\text{NO}_x\text{-N}$ が0.18 mg/ℓ となり、最も良好であった。所定の水量に対して底泥の量を多くし過ぎると、逆にN除去が低下することになる。つぎに、流出物質について、 $\text{NH}_4\text{-N}$ とTOCは、それぞれ底泥が含有するNと有機物の溶出量を捉えるものと

表1 装置と負荷量に関する条件

装置	円筒内径 cm	底泥体積 cm^3	底泥単位体積当たり負荷	
			水量 $\text{m}^3/\text{m}^3/\text{d}$	N量※ $\text{kg}/\text{m}^3/\text{d}$
I	4	188.5	10.61	0.0315
II	6	424.2	4.72	0.0140
III	8	754.1	2.65	0.0079
IV	10	1178.3	1.70	0.0050

《備考》※：実験期間を通じての平均値

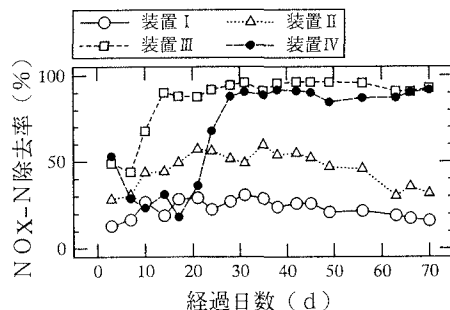


図2 $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率の経日変化

キーワード：湖沼底泥、窒素除去、脱窒

連絡先：足利工業大学土木工学科、〒326-8558 足利市大前町268、電話:0284-62-0605、FAX:0284-64-1071

した。両者の値はともに、装置Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの順で高くなった。所定の水量に対して底泥量を多くすると、含有物質の溶出量が大きくなることになる。特に、装置Ⅳの場合では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が 1 mg/l 程度となり、考慮すべき課題となる。なお、実験開始後15日目までの期間の $\text{NH}_4\text{-N}$ と TOC の値は、これらに比べて5～10倍程度高かった。

図4は、底泥単位体積当たりの $\text{NO}_x\text{-N}$ の負荷量と除去量の関係を示したものである。除去量は、負荷量が増加すると一定値に漸近する傾向があった。なお、図中の曲線は、 X ＝負荷量、 Y ＝除去量とし、ミカエリス・メンテン式を適用して得られたものである。

図5は、実験終了時点の底泥の性状について、有機物含有率、有機性N含有量および $\text{NH}_4\text{-N}$ 含有量を示したものである。各々の値は、実験前に対する比率で求めた。また、底泥位置の上部、中間部および下部は、充填した15cm高さを5cm間隔で3等分した部分で採取したものを表す。有機物含有率の値は、装置ⅠとⅡの場合で小さくなり、特に底泥下部で小さくなった。図2で示したようにこれら装置ⅠとⅡにおいて、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 除去率が実験後半で減少したのは、有機物量が少なくなったためと考えられる。同時に、底泥が含有する有機物によって脱窒が進行することならびに底泥の下部ほど脱窒量が大きくなることを示すと考えられる。つぎに、N含有量について、有機性Nの値は、装置Ⅳ、Ⅲ、Ⅱ、Ⅰの順で小さくなり、各々の装置において底泥下部で小さくなった。一方、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の値は、装置Ⅰ・ⅡとⅢ・Ⅳの間で幾分の違いがあったが、底泥位置による違いはほとんどなく、かつ有機性Nと比べると極めて小さかった。これらN含有量に関する結果からは、底泥が含有する有機性Nは、脱窒とは別の反応により $\text{NH}_4\text{-N}$ までに分解し、その後通過する液に溶出し、装置から流出すると推察される。図2で示したように流出 $\text{NH}_4\text{-N}$ が底泥量が多いほど高くなったのは、その分だけ底泥内部での生成量が増加するためと考えられる。

4. まとめ

ここでの実験では、次のような結果が得られた。湖沼の底泥を利用して、脱窒により $\text{NO}_3\text{-N}$ を除去することができる。この除去能力は、所定の水量に対し底泥量を多くし過ぎると低下する。また、底泥含有物質の溶出について、特に $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出量は、所定の水量に対し底泥量を多くすると大きくなる。N除去量を高め、溶出N量を低くするためには、底泥量をどの程度にするかが重要な課題となる。

参考文献：1) 本田他、第28回土木学会関東支部技術研究発表会(2001.3)。

謝辞：実験に協力して頂いた当大学土木工学科学生の森口亜紀と矢嶋綾子の両君に深く感謝を致します。

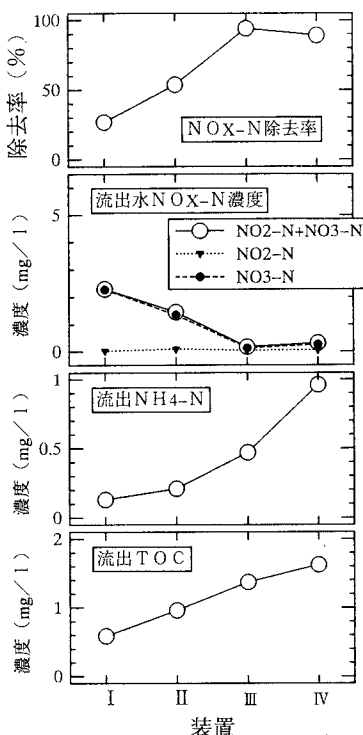


図3 N除去と流出物質に関する結果

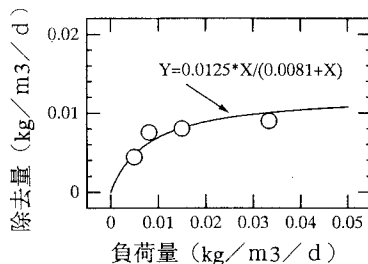


図4 $\text{NO}_x\text{-N}$ に関する負荷量と除去量の関係

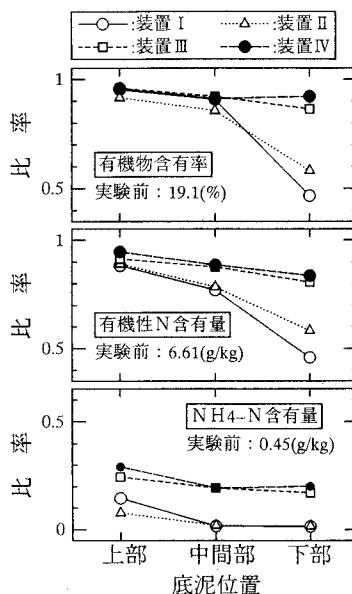


図5 実験終了時点の底泥の性状(実験前に対する比率)