

1. はじめに

自然河川における窒素挙動に関する研究はその方法的困難さと窒素物質変換の複雑さなどによりこれまであまり行われていない。一方窒素は磷などとともに流下過程で植物プランクトンの増殖に用いられるばかりでなく、湖内流入後に大きな影響を与えることはよく知られている。今まで硝化反応速度については、O'Connor, Stratton, Wezernak, Huangなど¹⁾がそれぞれ $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度によって0次、一次、monod式を提案してきたが、それらの適用にはまだ限界がある。例えば実際の河川ではある濃度域になると下流側の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が上流側より大きくなることがあるが、このことは説明がつかない。本研究は河床からの $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出速度を考慮することにより自然現象を忠実に再現し得る窒素収支モデルを作れるであろうとの考えから自然生息した二箇所の河床礫付着生物膜と河川水を用いて、室内実験によって河床からの $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出速度について考察を試みたものである。

2. 試料及び方法

2・1 対象流域の概要

対象河川は宮城県仙台市を通る梅田川である。梅田川は仙台市の北西部にある溜池に端を発し、市街地を西から東に横切って流れ、高砂地区で二級河川である七北田川へ流入する流域面積41.3 km^2 、延長約14 km の都市小河川である。本河川の両岸は主に住宅地と農地である。近年本河川の水質が例年に無く悪くなったり、窒素、磷のレベルが高くなったことなどが注目されている。

2・2 実験方法

今までの実験はFig. 1に示す断面 St. AとSt. Dの間で行ってきた。今回の実験で使用する供試河床礫はSt. Aから採取したA礫と、St. Aから3 km ほど上流側で、住宅地が密集しているSt. Bから採取したB礫とを使用した。St. Aは、流速30 cm/s 以上で、N、P濃度が低く、一方St. Bは、流速20 cm/s 以下で、N、P濃度がSt. Aと比較して高い環境にある。礫は採取した後ただちに実験に供した。実験は1987年11月と12月の2回にわたって6~12 cm の礫を40×30×20 cm の水槽に一層敷いて行った。実験装置の概略はFig. 2に示す通りである。なお水槽中の流速は河川の実流速の範囲内となるよう工夫した。供試水はSt. B地点の河川水とその河川水をゼオライトで $\text{NH}_4\text{-N}$ を吸着させた水の二種類を用いた。光条件の設定は黒いビニールシートを使って

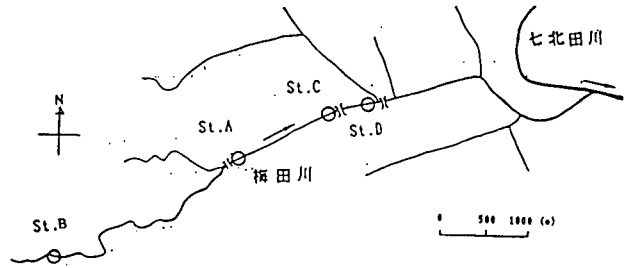
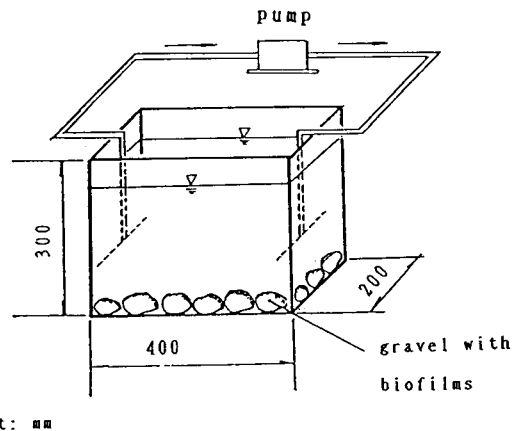


Fig. 1 Map of the Umeda river basin and sampling stations



unit: mm

Fig. 2 An outline of the experimental system

わたって6~12 cm の礫を40×30×20 cm の水槽に一層敷いて行った。実験装置の概略はFig. 2に示す通りである。なお水槽中の流速は河川の実流速の範囲内となるよう工夫した。供試水はSt. B地点の河川水とその河川水をゼオライトで $\text{NH}_4\text{-N}$ を吸着させた水の二種類を用いた。光条件の設定は黒いビニールシートを使って

遮光下とした。水温は河川水温とほぼ同じ水温に保った恒温水槽で調整した。

河床からの $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出速度係数を求めるために、試料水 1 l につき 2.0mg の割合で硝化抑制剤 (N-2-プロベニルチオ尿素) を添加して実験した。

分析項目は pH、水温 (WT)、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$)、総有機炭素 (TOC)、溶存有機炭素 (DOC) である。分析方法は上水試験法に準じる。

3. 実験結果及び考察

12月の実験では pH は 7.2~7.5 の間で、水温は $13 \pm 1^\circ\text{C}$ の間で変化した。Fig. 3 は硝化抑制剤を加えた時の $\text{NH}_4\text{-N}$ の経時変化を示す。この図から河床礫生物膜の違いによって、河床からの $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出速度が異なり、この実験では B 礫の方が A 礫の $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出速度より高いことが分かった。しかも同じ礫に対し $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が 0.3~3.0mg/l の範囲では、河床からの溶出速度がほぼ 0 次的に一定となることが分かった。その溶出速度は次の式で表される。

$$dN/dt = k_1$$

単位時間単位礫面積当たりの $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出速度係数は A、B 礫それぞれについて

$$k_{1A} = 2.0 \sim 2.6 \text{ (mg/hour/m}^2\text{)}$$

$$k_{1B} = 3.6 \sim 4.0 \text{ (mg/hour/m}^2\text{)}$$

となった。

また 11 月に行った B 礫を用いた実験でも pH と水温はそれぞれ 7.0~8.2、 $16 \pm 1^\circ\text{C}$ であったが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化は Fig. 4 に示すように Fig. 3 と同じ傾向を示し、0 次的に増加した。単位時間単位礫面積当たりの $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出速度係数は

$$k_{1B} = 5.8 \text{ (mg/hour/m}^2\text{)}$$

となった。

4. おわりに

以上の考察から河床からの $\text{NH}_4\text{-N}$ 溶出は非常に大きいことが分かった。また河床礫生物膜の違いによって溶出速度は大きく異なり、本実験の範囲では河床からの真の単位時間単位礫面積当たりの $\text{NH}_4\text{-N}$ の溶出量がそれぞれ A、B 礫に対して

$$\text{A 礫 } 2.0 \sim 2.6 \quad \text{B 礫 } 3.6 \sim 5.8 \text{ (mg/hour/m}^2\text{)}$$

となることが分かった。

5. 参考文献

1) Richard Ruane, et al: Nitrification and other factors affecting nitrogen in the Holston River, J. Water Pollut. Control Fed., Aug. 1978, pp. 2016~2028

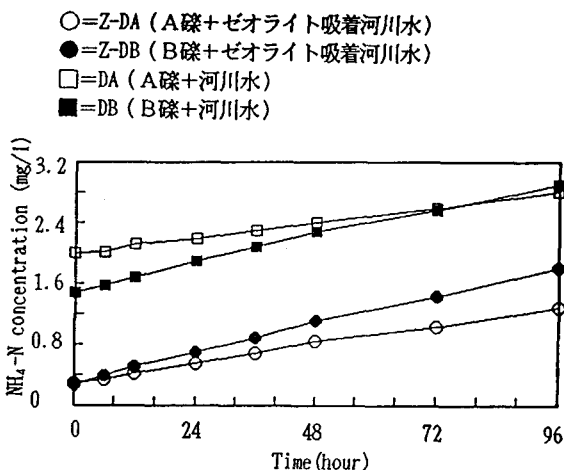


Fig. 3 Variation of $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration (硝化抑制剤添加系の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化)

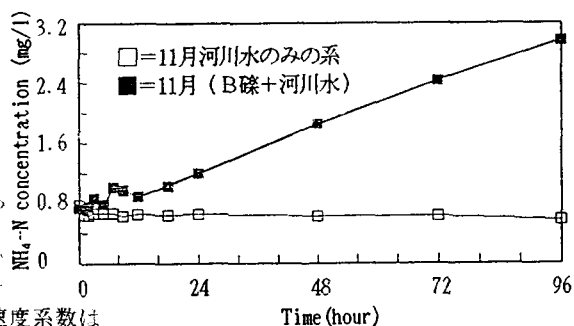


Fig. 4 Variation of $\text{NH}_4\text{-N}$ concentration (11月) (硝化抑制剤添加系の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化)