

砂れき付着生物による窒素態生分解の温度依存性

呉工業高等専門学校 正員 大橋 晶良
 長岡技術科学大学 正員 桃井 清至
 長岡技術科学大学 正員 原田 秀樹
 呉工業高等専門学校 坂本 雅己

1. はじめに

近年、河川の水質は有機物濃度が低下し、溶存酸素が問題となるような河川は少なくなっている。しかし、河川水量が少なく太陽光線が河床まで十分に到達し、また有機物濃度が小さくても窒素・リン等の栄養塩濃度が高い場合には、河床に付着藻類が大量に付着している河川が見られる。この付着生物内では、細菌による自浄作用がある一方、藻類の増殖という自濁作用の両面を持ち合わせている。この現象を把握するには、河床付着生物による窒素・リンの消長機構の解明が必要である。本研究は窒素に着目し、細菌や藻類の付着生物によって、窒素態がどのように挙動するか、特に温度の影響を実際の河床砂れき付着生物を実験室に持ち帰り、ケモスタット実験により検討した。

2. 実験方法

実験に供した砂れきは、黒瀬川（流域面積240km²、河川長50.6km）の中流部より採取した。ケモスタット実験は、反応器容積 500mlに砂れき 1 個を投入し、滞留時間を2~4時間程度とした。また、空気曝気を行った。基質は砂れき採取地点の河川水を0.45μmのメンブランフィルターでろ過し、NO₃-N、NH₄-N、グルコースをそれぞれ0~2, 0~2, 5~20 mg/l添加したものを使用した。また、リン酸緩衝液（イオン強度 0.004）も添加し、pHは 7.0に制御した。実験は、ラグ期の影響を除去するため8時間の馴致期間に滞留時間の3倍を経過した後に、基質濃度（Kj-N、NH₄-N、NO₃-N、NO₂-N、COD）を測定し、各窒素態の生分解速度を求めた。温度は、5, 15, 20, 25℃の4条件で行った。なお、明・暗の条件下では、細菌・藻類の作用は異なると考えられるが、明条件下のみで行った。

3. 実験結果及び考察

3-1 窒素態の経由

河床付着生物は、好気性酸化菌、硝化菌、脱窒菌及び藻類等から構成され、窒素態は図-1に示される

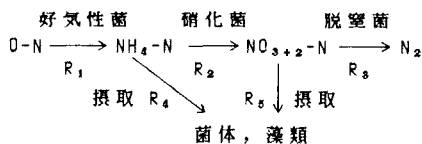


図-1 窒素態の経由

表-1 活性化エネルギー

O-N	NH ₄ -N	I-N	COD _{Cr}	糖類
9150	6800	9200	11700	5910

単位: J/mol

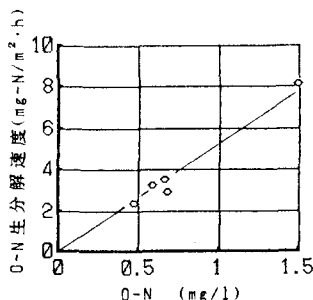


図-2 O-Nの生分解速度(15℃)

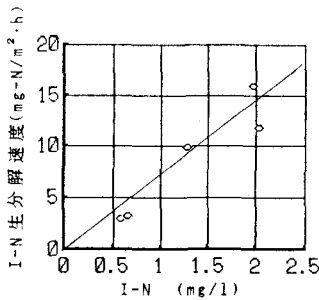


図-3 I-Nの生分解速度(15℃)

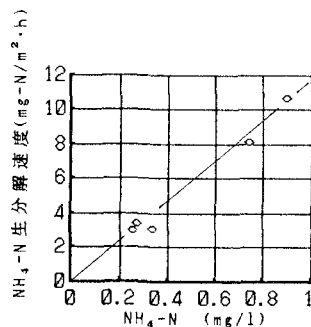


図-4 NH₄-Nの生分解速度(15℃)

ように、各微生物により生分解を受ける。有機性窒素0-Nは好気性酸化菌により $\text{NH}_4\text{-N}$ に酸化され、硝化菌により $\text{NO}_3\text{-N}$ まで酸化された後に、脱窒菌によって窒素ガスとして大気に放出される。また、明条件下では藻類による $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の摂取が行われる。なお、 $\text{NO}_2\text{-N}$ も經由すると考えられるが、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度が小さく変化も少ないことから、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ を合わせた $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ として考察することが可能と思われる。

3-2 生分解速度

各窒素態の生分解速度は、窒素態の経路前後の濃度変化より算出することができる。なお明条件下では、脱窒量よりも藻類・細菌の窒素摂取量の方が大きく、また $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ からの摂取速度が同じと仮定すると、無機性窒素I-Nの生分解速度が藻類及び細菌の摂取速度として表される。結果の一例として、図-2~4に15℃における0-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、I-Nの生分解速度を示す。なお、生分解速度は単位砂れき表面積当たりの速度として表している。各窒素態とも濃度に対して線形関係が見られ、生分解速度は1次反応で表すことができる。このため、温度の影響については1次反応速度定数で比較検討する。

3-3 活性化エネルギー

一例として、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の生分解速度定数のアレニウスプロットを図-5に示す。温度に対して線形関係が見られ、他の窒素態についても同様の傾向が見られた。この傾きである活性化エネルギーを各窒素態と COD_{Cr} 、糖類も一括して表-1に示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は0-N、I-Nに比較して低く、他の窒素態より温度の影響は小さいと推測されるが、温度の低下により生分解速度はかなり遅くなると推察される。

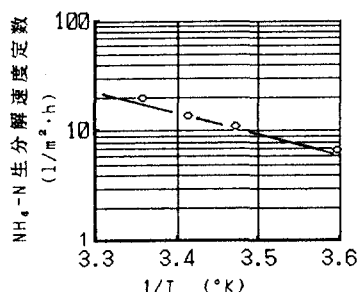


図-5 $\text{NH}_4\text{-N}$ の生分解速度定数

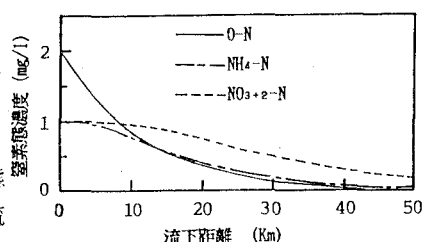


図-6 河川の窒素態の挙動 (20℃)

4. 河川の窒素態挙動

本実験結果を用い、20℃と5℃における河川流下方向の窒素態の挙動を図-6と7に示した。なお、モデルは河川の流れが栓流であり、生分解は河床付着生物のみによって行われると仮定した。また、河川幅・水深・流量は一定で、河川の途中からの流入はないものとした。温度が高い20℃では、各窒素態は流下に伴って速やかに低下しているが、一方5℃では0-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の生分解は遅く $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ は殆ど減少していない。図-8には10~3月の黒瀬川中流部の $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ 濃度を示した。水質は、降雨や流量等により影響すると考えられるが、水温が低くなる冬期に $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ 濃度が高くなっている。変化量は小さいがアンモニア性窒素についても同様の傾向がみられた。簡単な本モデルの計算結果だけでは明確なことは述べられないが、冬期に窒素態の生分解が低下し各窒素態濃度は高くなり、 $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ 濃度のみを見れば、流下に伴う自浄作用はないものと考えられる。

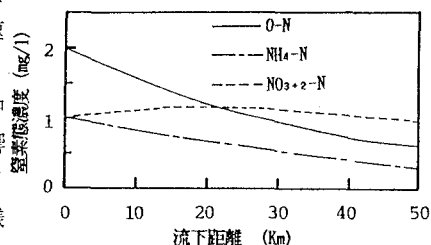


図-7 河川の窒素態の挙動 (5℃)

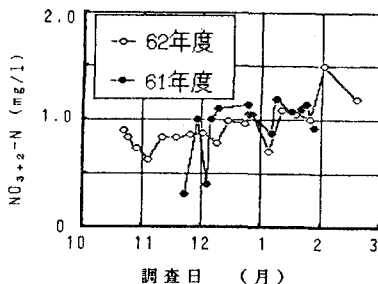


図-8 黒瀬川中流の $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$

5. おわりに

本研究は、河床付着生物による窒素態の消長に対する温度の影響を検討したが、明条件下についてのみ取り扱っており、このため脱窒については考慮していない。しかし、窒素態において脱窒は最終経路であり、最も重要と考えられる。今後は、脱窒量と藻類及び細菌への摂取量の定量化が必要と思われる。