

II-507 河川における窒素態の挙動に及ぼす河床付着藻類の影響

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 原田 秀樹
 長岡技術科学大学 正 員 桃井 清至
 群馬大学 学 員 福垣内隆彦

1. はじめに

河川の自浄作用を活性化して水質浄化を促進することは、河川環境をより良くするための有効な一手段となる。自浄作用の担い手は主に河床の付着生物であり、有機物の分解においてはその付着生物中の細菌の生物学的作用によるところが大きい。しかしながら、河床付着生物は藻類の割合が高く、藻類は光合成による酸素の供給や代謝物により細菌の活性に影響を与えられ、また水中の無機塩類が藻類に摂取される。本研究は、光の強さによって変わる藻類量が河川水質（特に窒素態）にどのような影響を与えるか、河床礫を用いた室内での連続実験から求めた窒素態等の生分解速度結果から検討を行ったものである。

2. 実験方法

実験に供した河床礫は、広島県東広島市から呉市を貫流して瀬戸内海へ流入する黒瀬川（流域面積240km²、河川長50.6kmの二級河川）の中流部（郷原町）における平瀬の場所から採取したものである。

① 河床礫付着生物の培養……礫20個を投入した水路（幅25×長さ59×水深9cm）2つを並列にして循環タンク（100ℓ）から各水路に15ℓ/minで基質を流し、循環タンクに返送する。本培養を表-1に示す期間（Run 1と2の二回）行った。基質は、礫を採取した地点の河川ろ過水（孔径1μmのガラスファイバーろ紙）に塩化ナトリウム、硝酸ナトリウム、グルコース、ペプトンをそれぞれ1mg-N/l、1mg-N/l、30mg/l、1mg/l量添加したものである。さらにりん酸緩衝液（イオン強度0.01）でpHを7.0にした。培養期間の2～3日間隔で硝酸ナトリウム以外の基質を上述の濃度添加した。また、基質は約1週間おきに作り換えた。2つの水路は午前7時から午後7時の日中、それぞれ蛍光灯で表-1に示した照度に行っている。なお、Run 1では培養20日目まではグルコースを添加していない。また温度制御は行っていない。

② 生分解速度測定……上記①の基質を作り換えた時に、同じ装置を用いて基質を各水路へ流量2ℓ/分ずつケモスット実験を行い、午前7時前と午後7時前の2回に流入と流出水のKje-N、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-Nおよび糖質、COD_{Cr}を測定して各項目の生分解速度を求めた。本測定時の水路の水深は6.8cmであった。

③ 脱窒量の測定……上述の水路は蓋のない開放系であるため脱窒量を測定することができない。そこで生分解測定時と並行して水路内の礫1個の脱窒速度を前報¹⁾と同様のアセチレン阻害法を適用したバッチ実験から測定した。

3. 実験結果および考察

礫付着生物による各水質項目の生分解速度を次式で定義した。

$$\text{生分解速度} = (\text{流入水の濃度} - \text{流出水の濃度}) \times \text{流量} / \text{礫表面積} \quad \text{--- (1)}$$

ケモスット実験は温度制御していないため、上式を用いて算出した温度の異なっている生分解速度から光強度の影響を検討することは容易でない。反応速度kと温度Tの関係は一般に次式で表され、温度影響係数θの関数となる。

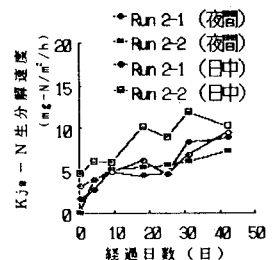


図-1 Kje-Nの生分解速度

表-1 実験条件

Run	照度 (Lx)	実験期間
Run 1-1	200	1990.10.24
Run 1-2	3300	1990.12.12
Run 2-1	3300	1991.1.5
Run 2-2	20000	1991.2.16

日中：午前7時～午後7時

表-2 温度影響係数

水質項目	温度係数 θ
Kje-N	1.04
NH ₄ -N	1.05
NO ₂₊₃ -N	1.06
COD _{Cr}	1.05
糖類	1.03

表-3 礫付着生物量

Run	1-1	1-2	2-1	2-2
Chl-a	開始時 18.8	開始時 13.7	開始時 15.8	開始時 50.4
(mg/m ²)	終了時 1.47	終了時 28.3	終了時 15.8	終了時 50.4
生物量	開始時 2.35	開始時 2.58	開始時 2.84	開始時 6.43
(g-VS/m ²)	終了時 1.20	終了時 4.03	終了時 2.84	終了時 6.43

$$k_T = k_{20} \cdot \theta^{(T-20)} \quad \text{-----} \quad (2)$$

そこで後述する生分解速度は、上式を用いて20℃の時の反応速度に補正したものである。なお温度影響係数 θ の値は別途実験²⁾から求め、表-2に示した。

図-1にRun 2におけるKje-Nの生分解速度の経日変化を示す。夜間・日中とも培養の経過に伴って生分解速度は上昇している。日中の照度が3300LxのRun 2-1は、日中と夜間との生分解速度の差はないようである。一方、照度が最も大きい(20000 Lx)のRun 2-2は、夜間に比較して日中の方がかなり高くなっている。また、照度を違えて培養しても夜間はほぼ同じ生分解速度である。

図-2にはNH₄-N生分解速度の経日変化を示した。Kje-Nと同様の挙動であるが、異なる点はRun 2-1において夜間よりも日中の方が高くなっていることである。表-3に実験開始時と終了時の付着生物量を示しており、照度が大きいと付着生物量が多くなっている。このKje-NとNH₄-Nの生分解速度結果から次のことが推察できる。日中は藻類量と光強度の影響が大きく、藻類へのNH₄-N摂取が卓越するが、夜間は硝化と細菌への摂取が卓越する。ただし、日中は付着生物からの代謝物量が増加する。硝化速度と細菌のNH₄-N摂取速度は、照度に応じて変化する付着生物量の違いによっては余り影響を受けない。

図-3にRun 2の脱窒速度の経日変化を示した。日中より夜間の方が速度が大きくなっている。これは日中、藻類の光合成により付着生物膜内での溶存酸素濃度が高まるために起きる現象と考えられる。夜間では付着生物量が多い方が脱窒速度が上がると予測されたが、経過18日までの実験結果は逆になった。これは、藻類量が多くなると日中での脱窒菌の増殖速度が鈍り、夜間での増殖量にも影響を及ぼしたために起きたと推察される。経過25日目以降脱窒速度が急激に低下しているが、この原因は不明である。

図-4に糖の生分解速度の経日変化を示した。夜間より日中の方が高くなっている。これは、日中に付着生物膜内の溶存酸素濃度が高まることで有機物酸化菌の活性が高まるために起きたと思われる。しかしながら、図-5に示したCODcrの生分解速度では光の強さや夜間と日中との違いは見られない。これについては日中に藻類からの糖類以外の代謝物が放出されるために、見かけ上同じような速度になったと推測される。

Run 1はRun 2とほぼ同じ傾向であったが、異なった点は図-6に示している脱窒速度である。Run 2では夜間の脱窒速度は付着生物量の少ない方が高かった。一方Run 1では反対に生物量の多い方が高くなっている。このことは、生物量が少なすぎると脱窒菌量も少なく脱窒量が上がらないことを示している。ただし日中は付着生物量が多い、すなわち藻類量が多いと脱窒速度は低下する。

4. おわりに

生分解速度は水路の流入と流出水のわずかな濃度差から算出したもので、基質分析の精度が良くないために実験結果にバラツキがあり、細かな考察をするまでには至らなかった。また、水質に及ぼす付着生物からの代謝物の影響は大きいようで、今後は代謝物を詳細に研究していく必要があると思われる。

[参考文献] 1)大橋ほか;河床礫付着生物の脱窒作用,土木学会第45回年次学術講演会講演概要集第2部,1990, 2)大橋ほか;砂礫付着生物による窒素態生分解の温度依存性,土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集,1988

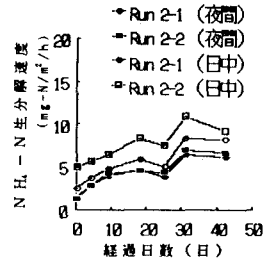


図-2 NH₄-Nの生分解速度

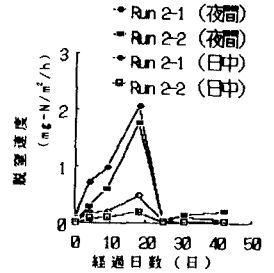


図-3 Run 2の脱窒速度

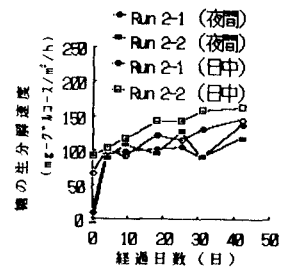


図-4 糖の生分解速度

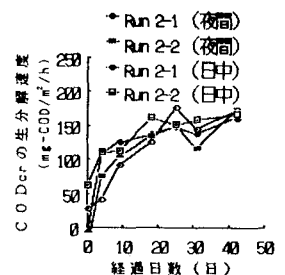


図-5 CODcrの生分解速度

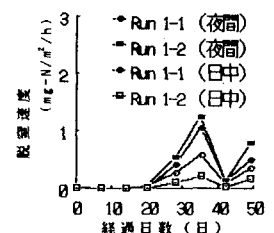


図-6 Run 1の脱窒速度