

PSII-23 河床礫付着生物の脱窒作用

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
 長 崎 大 学 学 員 松野 進

1. はじめに

近年, アメニティや親水性のある河川形態が要望されてきており, 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。しかし, 河川水の有機物濃度が低くても窒素, リン等の栄養塩類濃度が高い場合には, 河床に付着性藻類が多量繁殖し, 河川内に有機物が生産される(自濁作用)。このため, 自浄作用を活性化させるような河川形態を検討する場合には, 河床付着生物の生物学的作用(特に栄養塩類の消長機構)の把握が必要である。本研究は, 窒素に着目して河川内の窒素態の消長機構の解明を目的としており, 本報では河床礫付着生物の脱窒作用について報告する。脱窒量の測定は, アセチレン阻害法を適用したバッチ実験によった。

2. 実験方法

実験に供した礫は, 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)の上流部から中流部(郷原町)の三ヶ所(上流からSt. 3, 2, 1)における平瀬の場所から採取したものである。

表1に示す実験条件下で, 反応器(体積 425mLのポリカーボネートの密閉カルチャーボトル)に礫(直径4~5cm)1個と基質 250mLを入れ, また反応器体積から礫の体積を差し引いた体積の約3%の気相部の空気をアセチレンに置換して,

5時間後の基質濃度変化を測定する実験を行った。基質は, 0.45μmのメンブランフィルターで濾過した河川水に窒素源として塩化アンモニウムと硝酸ナトリウムの2種類, 有機炭素源としてグルコースを表1に示す濃度で添加したのもで, 若干の無機塩類とpHを7にするためのリン酸緩衝液(イオン強度 0.004)を添加してある。また, 硝化抑制剤のアリルチオ尿素を添加した実験系もある。水温は20℃である。光の強さは5段階(0~5L, 照度は表1に示す)とし, 植物インキュベーター(東京理化工機(株) FLI-301型)で制御した。1時間毎に反応器内の気相のN₂OをECDガスクロマトグラフ(島津製作所GC-8A)で分析して, 水に対するN₂Oの溶解度が66.5%として脱窒量を算出した。キャリアーガスはメタン5%含有のアルゴンガス, カラム槽内温度は75℃, 検出器温度は 300℃, カラム(φ3mm×2mのステンレス製)の充填物はPorapak-Qである。RUN 3と4は基質濃度の影響を調べる系で, 濃度を5段階に変えて実験した。RUN 5と6は反応器内の溶存酸素濃度変化を調べる系である。RUN 8と10は付着生物量の影響を調べる系で, 付着生物をブラシで剥ぎ取った礫を用いて行った。バッチ実験後, 礫付着生物の重量, クロロフィル-a, MPN法による脱窒菌数を測定した。なお, バッチ実験前には, 実験と同程度の濃度にした基質を用いて, 連続槽型反応器で礫付着生物の馴致を行った。

3. 実験結果および考察

反応器内の溶存酸素の消費速度を図-1に示す。光強度が3LのRUN 6では, 溶存酸素の消費速度がマイナスとなっており, 藻類の光合成によって酸素が放出されたことが分かる。また, 基質濃度が高くなると消費速

表1 実験条件

採取場所	付着状態	光	NH ₄ -N (mg·l ⁻¹)	NO ₃ -N (mg·l ⁻¹)	グルコース (mg·l ⁻¹)	アリルチオ尿素 (mg·l ⁻¹)	RUN No.
St. 1	自然	0-5L	2	2	30	0	1
		0-4L	2	2	30	1	2
		0L	0-2	0-2	30	1	3
		3L	0-2	0-2	30	1	4
		0L	0-2	0-2	30	1	5
		3L	0-2	0-2	30	1	6
St. 2	自然剥離	0-4L	2	2	30	0	7
		0-3L	2	2	30	0	8
St. 3	自然剥離	0-4L	2	2	30	0	9
		0-3L	2	2	30	0	10

0L:0Lx, 1L:700Lx, 2L:1800Lx, 3L:3300Lx, 4L:5200Lx, 5L:9300Lx

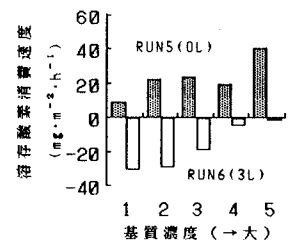


図-1 溶存酸素消費速度

度はゼロに近づいており、細菌による酸素消費速度と藻類の光合成速度がほぼ同じくらいになった。一方、暗条件（0 L）のRUN 5では常に酸素が消費されている。ただし、実験5時間後の溶存酸素濃度は $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下に下がることはなく、反応器内のバルク液は好気性状態を保っていた。

脱窒量の経時変化の一例（RUN 9-2）を図-2に示す。経過時間とともに脱窒量は増加しており、しかも光強度が大きい場合にはほぼ線形である。しかし、光が弱い場合には脱窒の増加量が経過とともに大きくなっていく。これは、経過とともに溶存酸素濃度が低下して脱窒の活性が上がったこと、また脱窒菌が増殖したことによるものと推測される。経過時間と脱窒量が線形関係でなかったため、脱窒速度の算出には多少正確さを欠くが、5時間のバッチ時間は適切であったと考えられる。

RUN 1の脱窒速度と光強度の関係を図-3に示す。光強度が増加すると脱窒速度は減少している。しかも3 L以上の光強度では、0 Lの暗条件に比較して約1オーダーも脱窒速度が小さくなっている。この傾向は他のRUNについても同様であった。この現象は、反応器内のバルク液に溶存酸素が存在する好気性条件下でも、付着生物の膜内では嫌気性の部位が存在し、光が強くなると光合成によって膜内の溶存酸素濃度が増加するために嫌気性部位が減少したこと起因していると推察される。礫（RUN 1-1~4）によって脱窒速度に差異があるが、光の増加による脱窒速度の減少の度合いは類似している。また光強度が5 Lと強い場合でも、脱窒速度は小さいが、脱窒は起こることが分かる。

図-4に自然状態の礫と剥離状態の礫における脱窒速度を示す。剥離状態の礫（RUN 8）はブラシで付着生物が剥がれてるが、礫の表面にしっかりと付着した生物が残る、この脱窒菌によって多少脱窒が起きるようである。脱窒速度と硝酸態窒素 $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ 濃度の関係を図-5に示す。 $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ が増加すると脱窒速度も大きくなっている。黒瀬川の $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ は $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 程度であり、河川水の窒素濃度が高くなると脱窒量も多くなると推測される。

図-6に暗条件（0 L）における脱窒速度と脱窒菌数を示す。礫の違いによって脱窒菌数はかなりバラツキがある。しかし、RUN 1-2を除外すると脱窒菌数と脱窒速度は対応しているようである。サンプル数が少ないため断定はできないが、窒素濃度が高い上流部の礫（RUN 9）の方が濃度が小さい下流の礫（RUN 1）よりも脱窒菌数は多く、脱窒速度は大きくなった。

4. おわりに

本研究は、礫付着生物による窒素態の消長機構の解明を目的として、脱窒速度を測定し、脱窒作用に及ぼす光の影響について検討した。脱窒は光が強い場合でも起こるが、暗条件のときに最も脱窒速度は大きく、光強度の増加と共に減少することが明らかになった。今後は、脱窒菌以外の付着生物の生物学的作用について検討する予定である。

なお、本研究の一部は平成元年度科学研究費、奨励研究（A）の補助を受けた。

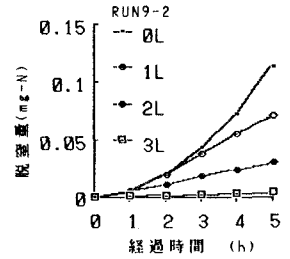


図-2 脱窒量の経時変化

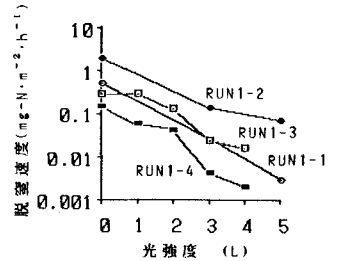


図-3 脱窒速度と光強度の関係

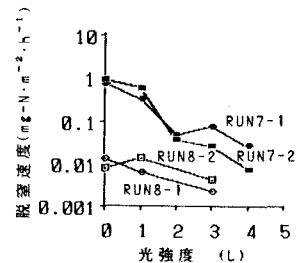


図-4 剥離状態の脱窒速度

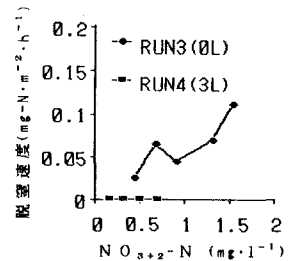


図-5 脱窒速度と硝酸態窒素濃度の関係

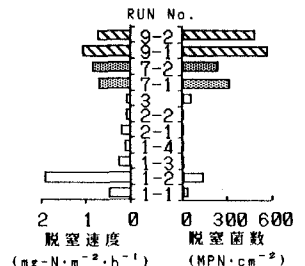


図-6 脱窒菌数