

茨城大学大学院 ○谷口 佳生

茨城大学工学部 古米 弘明

1. はじめに

近年、河川が有する生物生息空間の保全・復元・創生を目的とした事業が展開されている。瀬と淵は、低水路内で水深、流速の変化に富み、多様な生息空間を構成するものとして重視されている。また、河床表層では物理的形狀の変化により、瀬では付着藻類を主とする河床付着生物膜が存在し、淵では流速の低下に伴う堆積物が存在しており、共存する細菌類や底生生物等による水質浄化が行われていると考えられる。

そこで本研究では、瀬と淵の有する物質変換に関する機能を定量的に把握することを最終的な目的として、比較的自然の残った地方中小河川における瀬と淵を対象に、瀬の付着生物膜と淵の堆積物の組成分析と硝化および脱窒活性試験を行い、河床における硝化および脱窒ポテンシャルの定量化と河床形態ごとの窒素変換特性の把握を試みた。

2. 調査地点の概要

茨城県中央部を流れる全長46km、流域面積458.8km²、水質環境基準類型A型の一級河川潤沼川を調査対象とした。調査地点は河口から約33km地点の河道蛇行部に位置する瀬と淵とした。対象区間は上流から早瀬、淵、平瀬の約100mで、平成8年1月16日と3月5日、5月24日の3回の調査を行った。河道と調査地点を図-1に、各地点の流速と水深の関係を図-2に示す。平成6年10月から5回にわたる河川測定の結果、河床型はBb型(中流型)で淵はM型(蛇行型)に分類でき、この期間中に瀬と淵の基本的な構造に変化は見られなかった。また、過去の流況調査から淵から平瀬河床部への浸透流の存在¹⁾が確認できた。

3. 調査項目および作業手順

3.1 河床付着生物膜と堆積物の採取と分析手順

図-1、2に示すように、試料採取地点は流速の速い早瀬、流速の遅い礫河床の左岸、流速の遅い最深部付近の淵-2と淵尻に位置する比較的流速の速い淵-1の4点とした。試料の調整方法として、早瀬と左岸では粗礫を採取し、付着生物膜を剥がし取り懸濁態として回収した。淵-1、2ではアクリルパイプ(φ=34mm)を用いて河床材(表層2cm)ごと採取し、74μmふるいで砂と表層堆積物を分離して懸濁物を回収した。各回収試料について組成分析(TS、VS、全炭素、全窒素、全リン、chl.a分析)を行った。また礫を覆うのに必要としたアルミ箔の質量を単位面積当たりのアルミ箔重量で割ることにより、礫の表面積を測定した。

3.2 硝化および脱窒活性試験

活性試験には3.1で述べた懸濁液試料を用いた。まず硝化試験では、懸濁液を三角フラスコに入れアンモニア性窒素、亜硝酸性窒素の濃度を20mg/lに調整したものを用意した。そして20℃、暗条件で搅拌培養し、アンモニア性窒素と亜硝酸性窒素、硝酸性窒素濃度を測定して硝化過程を解析した。またアリルチオ尿素(10mg/l)を用い、硝化を抑制した対照試験も行った。次に脱窒試験では、懸濁液をバイアルビンに入れ硝酸性窒素濃度を20mg/lに調整したものを用意した。pHが7付近にあることを確認して、Heガスを用いて曝気およびヘッドスペースの置換を行い、20℃、暗

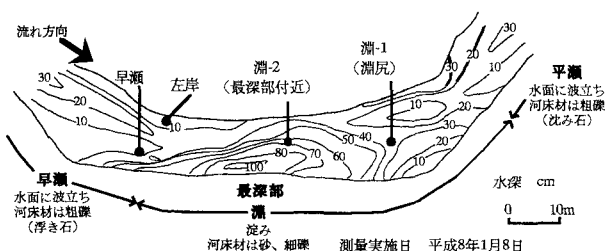


図-1 河道と調査地点

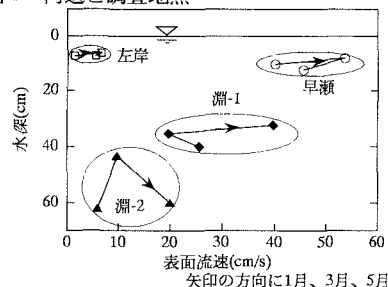


図-2 流速と水深の関係

条件で振とう培養(100rpm)し、生成される窒素ガス蓄積量から速度を測定した。

3. 3 脱水素酵素活性試験

細菌類の代謝活性を評価するため、細菌類による有機物の酸化分解速度を左右する脱水素酵素量の測定を行った。分析手法は、TTC法²⁾によるテトラゾリウムフォルマザン(TF)生成量の測定によった。

4. 調査結果および考察

4. 1 瀬の付着生物膜と淵の堆積物の存在量

各存在量を、採取した粗礫に太陽光が当たる部分の面積(測定表面積の1/2の値)や採取河床の表面積を用いて密度として評価した。1、3、5月のVS密度の調査結果を図-3に、組成を表-1に示す。VS密度は淵-2で特に高く、淵内部でも流速の遅い部分に堆積物が多量に存在した。また、各地点の1月から5月までのVS存在量の変動は少なく、各地点のC/N比も比較的近い値を示した

が、chl.a量は5月に急激な減少が見られた。この理由として、流量変動による流出や分解による減少が考えられる。

4. 2 瀬と淵における硝化および脱窒活性量の評価

(1) 硝化活性

対照試験において、試料液由来のアンモニア性窒素の溶出が確認されたため、この溶出速度を考慮して真のアンモニア性窒素消費を評価した。また、対照試験と亜硝酸性窒素添加試験におけるアンモニア性窒素の溶出量の差を、試料由来の溶出アンモニア性窒素の酸化に伴う亜硝酸性窒素生成量と考えて、亜硝酸性窒素の真の消費を見積もった。これらの試験結果から、次式を用いて懸濁液中のアンモニア酸化細菌と亜硝酸酸化細菌の菌体存在量の推定を動力学的に試みた。用いた式を以下に示す。

$$S = S_0 + Rt + \frac{X_0 - X_0 \exp(\mu_m t)}{Y}$$

μ_m :最大比増殖速度(1/hr)、Y:増殖収率(mg/mg)、X:菌体濃度(mg/l)、t:経過時間(hr)、S:基質濃度(mg/l)、R:溶出速度(mg/l/hr)、(添字0は初期濃度を意味する)

式における μ_m 、Yに代表的な文献値³⁾(アンモニア酸化細菌 $\mu_m=0.02(1/hr)$ 、亜硝酸酸化細菌 $\mu_m=0.04(1/hr)$ 、 $Y=0.1(mg/mg)$)を用い、基質濃度が高い条件での基質濃度に対して、分析値へのカーブフィッティングを行うことにより初期活性菌体濃度を推定⁴⁾した。

推定された初期菌体量と仮定した μ_m 、Yを用いて最大の硝化速度を算出し、面積当たりの速度に換算した(図-4参照)。淵での硝化速度は瀬よりも高く、淵に硝化細菌が多量に存在することが確認できた。次にVS当たりのアンモニア性窒素の酸化速度と溶出速度の関係を図-5に示す。1月と3月のVS当たりのアンモニア酸化速度は、淵-2が最も低い値となり、早瀬と左岸、淵-1の3者が比較的近い値を示した。以上の結果から流速が安定している冬から春にかけ

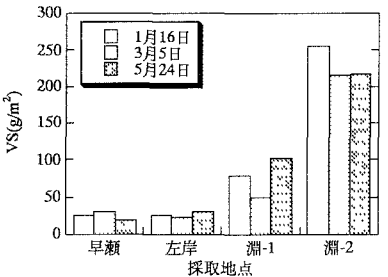


図-3 各地点のVS密度

表-1 各地点の付着物および堆積物の組成

	平成8年1月16日				3月5日				5月24日			
	早瀬	左岸	淵-1	淵-2	早瀬	左岸	淵-1	淵-2	早瀬	左岸	淵-1	淵-2
VS/TS(g/g)	0.31	0.26	0.23	0.28	0.31	0.20	0.21	0.21	0.22	0.14	0.14	0.14
C/VS(g/g)	0.46	0.42	0.37	0.36	0.42	0.41	0.31	0.45	0.50	0.44	0.30	0.42
C/N(g/g)	6.23	6.32	7.03	6.75	6.11	6.36	7.11	7.03	6.80	6.55	7.61	7.20
N/P(g/g)	6.30	6.22	5.07	7.15	10.30	7.40	3.21	5.92	9.73	10.89	5.77	3.77
chl.a/VS(mg/g)	8.14	7.51	5.63	7.26	6.37	7.93	2.61	10.09	4.05	2.95	0.88	1.15

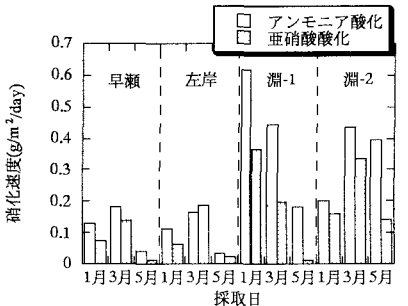


図-4 面積当たりの硝化速度

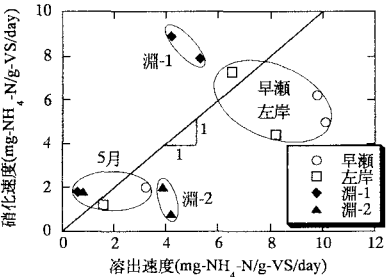


図-5 硝化速度と溶出速度の関係

て、礫河床の早瀬と左岸では、硝化細菌が付着藻類や従属栄養細菌と共に存在する形で集積していると考えられる。また、淵内部でも最深部付近の流速の遅い地点と淵尻の比較的流速の速い地点で、活性に大きな違いがあった。さらに、硝化速度と溶出速度の関係から、硝化速度が溶出速度を上回っている淵尻の淵-1と、活性は高いが、溶出速度が硝化速度を上回っている礫河床の早瀬と左岸、活性が低く溶出速度が上回っている流速の遅い淵-2と3種類の異なった傾向を示した。しかし、5月に各地点での活性や溶出の低下が見られ、結果として4地点が同様の傾向を示した。

(2) 脱窒活性

脱窒試験として、試料中の懸濁有機物を利用した脱窒活性(濾過河川水のみで調整)と酢酸を添加した場合の脱窒活性を測定する2種類の試験を行った。脱窒速度を面積当りに換算して、その速度を図-6に示した。酢酸を添加した脱窒速度は、各地点のVS密度と同様な傾向を示し、VS分が最も多量に存在した淵-2で最も高い値を示した。また、図-4に示したアンモニア酸化速度と脱窒速度(濾過河川水のみで調整)を比較すると、淵尻の淵-1では両者はほぼ同程度であったが、礫河床の早瀬と左岸、さらに流速の遅い淵-2の3地点で脱窒が硝化を上回る結果を示した。

次に、酢酸添加脱窒速度と濾過河川水のみでの脱窒速度の比を図-7に示す。5月に各地点で比率が高くなり、この傾向は淵の各地点で顕著であった。したがって、礫河床の早瀬と左岸では脱窒活性にみあう付着藻類等による有機物の供給があるものの、淵ではその場での生産がなく不活性な有機物の割合が高いため、酢酸添加の場合の活性と試料液中の有機物を用いた活性に極端な差が生じたと推測できる。また、酢酸を添加した脱窒速度とTF密度(図-8参照)は比較的良好な相関を示し、大石らの河口域底泥に関するINTを用いた活性データによる結果³⁾と同じ傾向が得られた。

5. 結論

- 1) 瀬の付着生物膜VS量に比べ、流速の遅い淵に特に多量の堆積物VS分が存在した。調査期間中にVS存在量に大きな変化はなかったが、付着藻類の指標であるchl.a量が5月に各地点とも急激な減少を示した。
- 2) 河床表層での面積当たりの硝化速度は、淵で高い活性を示したが、VS当たりでは不活性な有機物の割合が少ない瀬で高い値を示した。また、淵内部でも流速、水深の違いにより活性に差異が見られた。さらに、礫河床と淵尻、淵最深部付近での硝化速度とアンモニア性窒素溶出速度の関係にそれぞれ異なった傾向があった。
- 3) 脱窒速度は、VS存在量の最も多い淵で高い値を示した。また、付着藻類による一次生産のある礫河床では、脱窒ポテンシャルにはほぼ釣り合う有機物供給ポテンシャルがあるものの、淵では生産がなく有機物の供給を沈降性固形物の堆積に依存しているため、両ポテンシャルに差が生じたと考えられる。さらに、脱水素酵素活性量と脱窒速度に比較的良好な相関関係が見られた。

<参考文献> 1) 谷口佳生ら(1996) 瀬と淵における河床付着物および堆積物の現存量と脱水素酵素活性量、土木学会第51回年次学術講演会講演概要集 第7部、p438-439、2) 下水試験方法(1984) 社)日本下水道協会、p299-300、3) 二渡了ら(1993) 強混合河川感潮部における硝化・脱窒過程に関する研究、土木学会論文集 No.479/II-25、p111-120、4) 古米弘明ら(1995) 瀬と淵における河床付着物および堆積物の硝化活性について、環境システム研究Vol.23、p488-493、5) 大石京子ら(1994) 感潮域の底泥層内における脱窒過程と N_2O の生成、環境科学会1994年会講演集、p40

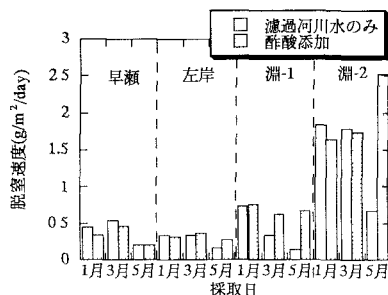


図-6 面積当たりの脱窒速度

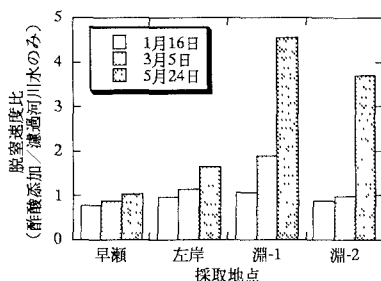


図-7 脱窒速度比

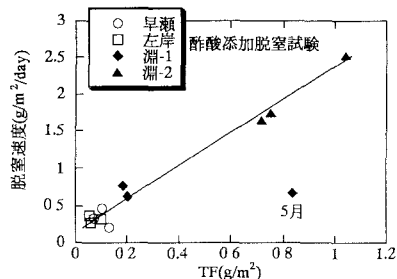


図-8 脱窒速度とTF密度の関係