

河口の底泥内における剥離した河床付着藻類の生分解作用

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
 愛媛大学 学員 ○大成一雄

1. はじめに

河川の自浄作用の主な担い手は河床の生物膜であり、中でも細菌の分解に負うところが大きい。付着藻類も細菌と相互関係を保ちながら自浄作用に影響を及ぼしている。一方、河川水の窒素、りん等の栄養塩類濃度が高い場合には、河床付着藻類が多量に繁殖し、CO₂を固定して有機物を合成することから自濁作用になると考えられている。付着増殖した藻類が降雨等によって多量に剥されると、流下水域に到達・沈殿した後、分解・溶出されたため、流下水域での水質への影響が懸念される。本研究は、剥離した河床付着藻類の河口底泥内での生分解特性を得ることを目的として下記の回分実験を行った。

2. 実験方法

実験は、河床付着藻類を混合した河口底泥が投入してある反応器に海水350 mlを加え、この海水を日に一度交換する回分操作を行い、3, 4日間隔で反応器内の海水を交換してから24時間経過後の水中とガス中のC, N濃度変化を測定したものである。

反応器として、ポリカーボネート製のプランタン角型容器(サイズ10×10cm画、容量1000ml)を用いた。底泥を投入した時の底泥高は4 cmである。実験に供した河床付着藻類は広島県の中部を流れる黒瀬川中流部の礫付着生物をブラシで剥し取ったものである。底泥はその河口の表層約4 cmから採取し、口径2 mmのフルイを通過したものである。海水は同河口の満潮時に採水したろ過(1 μm紙にて)水である。

実験は表-1に示すようにRUN-1とRUN-2の2回行った。

RUN-1は粘土質の底泥を、RUN-2は採取場所を少し上流に移して砂質の底泥を用いて行ったものである。各RUNはさらに5つに別れ、添加藻類量のみ変えており、5個の反応器を用いて同時に実施した。RUN No.の順に添加藻類量を等量ずつ下げ、RUN 1-5とRUN 2-5は藻類を添加していない対照系である。実験期間は各RUNとも26日であり、20℃の暗室内で行った。

反応器内の濃度変化測定において、脱窒による微量のN₂変化を測定するのは困難であるため、アセチレン阻害法を適用した。本法は、反応器内の海水を交換した後、密閉して気相部5%の空気をアセチレンと置換し、N₂Oの濃度変化を測定することで脱窒量を算定しようとしたものである。測定項目は、水中の窒素4態(Org-N, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N)とTOC、気相部のガスはN₂Oの他CO₂とCH₄である。

3. 付着藻類の分解過程モデルと分解速度

ガス分析の結果、CH₄が検出されなかったため、反応器底泥内でのデトリタス(付着藻類等)分解による窒素態と炭素態の変貌は、図-1に示すような過程で起こると仮定した。底泥単位面積、単位時間当りの各生分解速度(6つ)と摂取速度(6つ)を測定6項目の収支式から算出した。ただし、収支式は6つで、未知数が12であるため、表-2に示す細菌組成のC/N比および各細菌の増殖収率の文献値を使用した。

表-1 実験条件

底泥	RUN No.	1 L (mg)	N (mg)	Chl-a (mg)	乾燥重 量(g)	N含有 量(mg)	1 L (%)	含水比 (%)
粘土質	RUN 1-1	81.2	15.3	0.648	300	151	4.50	93.2
	RUN 1-2	60.9	11.5	0.485	302	148	4.49	92.3
	RUN 1-3	40.6	7.66	0.324	302	145	4.49	92.2
	RUN 1-4	20.3	3.83	0.152	295	138	4.48	96.4
	RUN 1-5	0	0	0	289	131	4.47	100
砂質	RUN 2-1	241	17.4	1.48	574	58.2	1.13	29.0
	RUN 2-2	181	13.1	1.11	581	54.4	1.12	27.4
	RUN 2-3	120	8.68	0.740	579	48.9	1.11	27.9
	RUN 2-4	60.2	4.34	0.370	572	45.0	1.10	29.4
	RUN 2-5	0	0	0	572	40.7	1.09	29.5

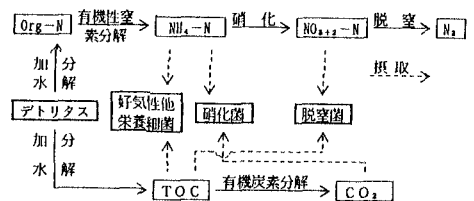


図-1 デトリタス分解過程モデル

表-2 細菌の組成および増殖収率

細菌組成	C ₅ H ₇ O ₂ N (C/N=4.29)
他栄養細菌(g-VSS/g-TOC)	1.3
硝化菌(g-VSS/g-N)	0.021
脱窒菌(g-VSS/g-N)	0.065

4. 実験結果および考察

4-1 RUN-1 (粘土質底泥)

デトリタスの加水分解による Org-N 生成速度の経時変化を図-2に示す。藻類を添加していない対照系のRUN 1-5 において、加水分解速度は経過12日頃までは増大し、その後減衰する傾向にある。藻類が添加してあるRUN 1-1~RUN 1-4も同様の挙動をしているが、藻類量の違いによる各RUN の差異よりも経時変化による変動の方が大きいことから、藻類以外のデトリタスの存在が加水分解に大きく影響していると推察される。しかし、経過12日までは多少ではあるが、藻類が多く添加してある系はど高くなっている。また、加水分解を行う細菌は、底泥を採取したときには少ないが、デトリタスを分解すると共にかなり増殖したと考えられる。 Org-N の分解による $\text{NH}_4\text{-N}$ 生成速度も加水分解速度と同様の推移を示したが、経過12日頃までの速度は、加水分解速度よりも少し高くなっていた。

脱窒速度の経時変化を図-3に示す。脱窒活性は、経過8日目まではほとんどなく、12日目頃に一旦高くなった後は急激に低下している。硝化速度は脱窒速度と同様の挙動をしたが、速度が急増した経過日が脱窒速度の経過日より4日ほど早いという違いがあった。脱窒速度は全体的に藻類添加量に比例している。

図-4に反応器内24時間経過後の T-N 濃度の経時変化を示す。ブランクである海水の T-N 濃度は、採水日によってかなり変動しているが、各RUNとも T-N 濃度は経過と共に減少している。経過12日頃までは、デトリタスの分解によって T-N 濃度は上昇しており、藻類添加量が多いと高くなっている。しかし、経過12日以降は藻類量の違いによる影響は見られない。また、ブランクよりも低いことから底泥内へ海水中の窒素態が取り込まれて、逆に海水が浄化されている。 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経時変化については、硝化速度と脱窒速度が高くなった経過日の数日前にそれぞれの濃度が上昇していた。このことから、粘土質底泥内でのデトリタスの分解は、各窒素態が底泥内に蓄積することによって、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 生成、硝化、脱窒と順次数日ほど遅滞しながら活性化すると考えられる。また脱窒速度は、デトリタスの加水分解速度に比較してかなり小さく、藻類の窒素成分はほとんど溶出されると推察される。

4-2 RUN-2 (砂質底泥)

砂質底泥内でのデトリタス加水分解速度の経時変化を図-5に示す。経過初日から各RUNとも加水分解速度は高く、藻類が添加されている系では経過と共に減少しており、粘土質とは異なった挙動をしている。また、藻類量の違いによる速度の差異も大きくなっている。図-6示している脱窒速度や硝化速度も加水分解速度と同様に初日から高く、経過と共に減少する挙動を示した。これは、粘土質に比べ含水比が低くて物質の拡散が速く、好気性的であるため、分解により生成した $\text{NH}_4\text{-N}$ はすぐに硝化され、有機物濃度も高いため $\text{NO}_3\text{-N}$ もすぐに脱窒によって N_2 ガスへ転換されると推察される。脱窒速度の最大値は粘土質より約10倍も大きく、砂質底泥内での添加藻類の窒素成分は、かなり N_2 ガスとして放出されると考えられる。

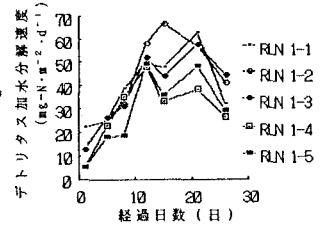


図-2 粘土質底泥内でのデトリタス加水分解速度

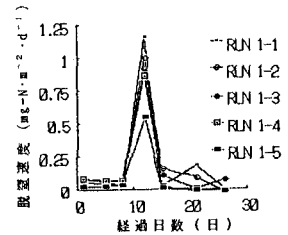


図-3 粘土質底泥内での脱窒速度

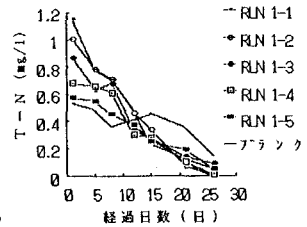


図-4 RUN-1の T-N 濃度

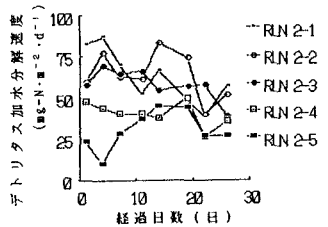


図-5 砂質底泥内でのデトリタス加水分解速度

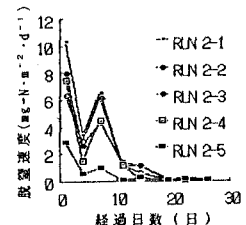


図-6 砂質底泥内での脱窒速度