

II-461

河床礫付着生物の生分解活性と河川水窒素態の周日変化

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
 梶谷エンジニアリング 寺垣内康平

1. はじめに

河川の自浄作用の主な担い手は、河床の付着生物膜である。その付着生物膜を大別すると細菌と藻類の2つの生物群から構成されており、有機物の分解は細菌の生物学的作用に寄与するところが大きい。しかしながら藻類は、細菌と相互作用しながら河川の水質に影響を及ぼし、日中に光合成を行うため、河床生物膜の生分解活性は夜間と日中では異なると考えられる。本研究は、河床礫付着生物活性の一日の時間変動に伴って河川の水質（特に窒素態）がどのように変動するのか、河床礫を用いて光を制御した室内連続操作実験より検討を行った。

2. 実験方法

実験に供した河床礫は、広島県の中中部を流れる黒瀬川の
 中流部（郷原町）から採取した。実験は透明のプラスチック反応器（内容積2ℓ）に河床礫10個を投入し、人工基質を流量1.0ℓ/hrで流入させる連続操作を行った。実験は基質条件を変えて4回行っており、実験条件を表-1に示す。人工基質は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、炭素源としてグルコース、また硝化抑制剤としてアリルチオ尿素を表-1に示している実験条件下の濃度に、無機塩類、ビタミン類とりん酸緩衝液（イオン強度0.01）を添加したもので、pHを7にしている。RUN 1は全ての微生物が活性できる、RUN 2は硝化活性を阻害、RUN 3は硝化と脱窒活性を停止、RUN 4は従属栄養細菌の活性を停止する条件下である。反応器は照明付きインキュベーター内に設置し、温度は20℃とした。一日の光サイクルは図-1に示すように6時から5段階に光強度を上げていき、15時から段階的に下げ、夜間は光がない状態とした。採取した礫を反応器内で3日間馴致した後、図-1に示している時刻に流出水を水質分析用とゲルクロマトグラフィ分析用にそれぞれ500ml、1000ml採水した。水質分析項目は、 Kje-N 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、TOC、糖の6項目である。ゲルクロマトグラフィ分析（ゲル：セファデックスG-15、カラム：内径2.5cm×90cm、押し出し液：水）では、流出水を40倍に減圧濃縮（50℃）し、0.45μmメンブランフィルターでろ過した試料10mlを用いて、ゲルカラムからの流出液10mlを1フラクションとしたものについて、吸光度220、260、280nmとTOCを測定した。

3. 実験結果および考察

礫表面積当りの Kje-N 消長速度の周日変化を図-2に示す。各RUNとも時刻による変動が少ないことから、 Kje-N の消長は藻類の日中の活動に関与せず、好気性細菌の摂取と硝化による $\text{NO}_3\text{-N}$ 化によって消費されることが分かる。グルコースが添加してあり好気性従属栄養細菌が活性できるRUN 1～3はほぼ同じ値をし、添加していないRUN 4のみが低い値となっている。このことは、 Kje-N の消費は硝化によ

表-1 実験条件

RUN	基質濃度 (mg/l)				礫付着生物 (mg/m ²)	
	グルコース	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	アリルチオ尿素	IL	Chl-a
1	20	1.0	1.0	0	2760	12.2
2	20	1.0	1.0	1.0	3240	7.85
3	20	1.0	0	1.0	3240	7.85
4	0	1.0	1.0	0	3410	8.06

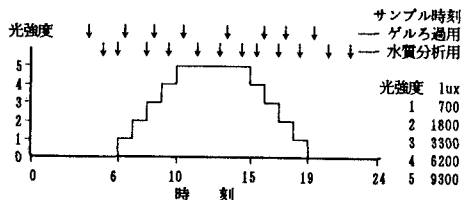


図-1 光サイクルとサンプル時刻

3は硝化と脱窒活性を停止、RUN 4は従属栄養細菌の活性を停止する条件下である。反応器は照明付きインキュベーター内に設置し、温度は20℃とした。一日の光サイクルは図-1に示すように6時から5段階に光強度を上げていき、15時から段階的に下げ、夜間は光がない状態とした。採取した礫を反応器内で3日間馴致した後、図-1に示している時刻に流出水を水質分析用とゲルクロマトグラフィ分析用にそれぞれ500ml、1000ml採水した。水質分析項目は、 Kje-N 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、TOC、糖の6項目である。ゲルクロマトグラフィ分析（ゲル：セファデックスG-15、カラム：内径2.5cm×90cm、押し出し液：水）では、流出水を40倍に減圧濃縮（50℃）し、0.45μmメンブランフィルターでろ過した試料10mlを用いて、ゲルカラムからの流出液10mlを1フラクションとしたものについて、吸光度220、260、280nmとTOCを測定した。

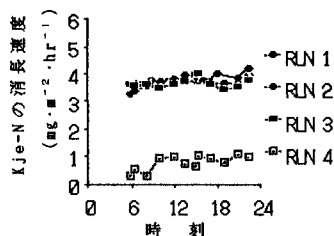


図-2 Kje-N の消長速度

る寄与は少なく、主に好気性細菌への摂取が大きな要因であることを示唆している。図中において、全体的に右上がりの傾向が多少あり、実験期間中に生物膜が増殖したと推測される。

図-3 に $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ の消長速度を示す。図中において負の値とは硝化によって $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ が増加したことを指す。 $\text{NO}_3\text{-N}$ を添加していないRUN 3 以外の消長速度は、日中に増加して夜になると減少するサイクルとなっている。このことから藻類は主に $\text{NO}_3\text{-N}$ を利用していることが分かる。RUN 1 では夜明け6時前での消長速度はプラスで $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ の増加はないが、一方RUN 4 ではマイナスとなっていることから、RUN 1 のような好気性従属栄養細菌が活動しているときには硝化の活性は小さく、好気性従属栄養細菌が活動しにくいときに硝化が活性すると推察される。また、RUN 4 の14~16時の日中は、藻類への摂取と硝化がバランスして $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ 濃度変化は少なくなっている。RUN 2 よりRUN 1 の方が全ての時刻で高く、アリルチオ尿素により硝化が阻害されると藻類への $\text{NO}_3\text{-N}$ の摂取が少なくなったことから、藻類と硝化菌は相助関係にあることが示唆される。RUN 2 は、20時頃からマイナスとなっているが、これは図示していないがRUN 2 の $\text{NO}_3\text{-N}$ の消長速度が他のRUN に比較して大きく変動しており、アリルチオ尿素が分解され硝化阻害の効果がなくなったためと推察される。

図-4 に糖の分解速度の周日変化を示す。RUN 1~3 とも日中での変動はなく、糖の分解に及ぼす藻類の影響はみられない。これは、流入濃度が低いために反応器内では好気性細菌によって糖が素早く分解され、糖がほとんどなくなってしまったため、仮に高濃度の糖が添加されると異なる挙動をするかもしれない。

流出水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の周日変化を図-5 に示す。RUN 1 のような全ての微生物が活性できる基質条件下でも $\text{NH}_4\text{-N}$ は0.1mg/l 程度で、RUN 2 と同じオーダーであり、ある程度の $\text{NH}_4\text{-N}$ は水中に残るようである。これは、付着生物の自己分解や代謝産物の排出のために起こると考えられる。図-6 には流出水のTOC から糖質中の炭素を差し引いた濃度の周日変化を示す。時刻によって変わらず一定値を示すとか日中に高くなるというようなパターンは見られず、各RUN はそれぞれ複雑な挙動をしている。これは時刻によって変化する付着生物からの代謝産物等を細菌が利用するが、その利用速度が時刻によって変わるために、このような挙動をしたと推察される。

図-7 にRUN 2 における4時刻の流出水のゲルクロマトグラムを示す。各時刻の流出水とも大きく3つの成分（フラクションNo. 17 付近の高分子、28付近の成分、33付近の低分子）に画分された。しかし、各成分の量は時刻によって異なるようで、例えばNo. 17 付近の高分子は、朝夕の5時、18時には少ないが、日中の11時、16時の方が多い。このように、藻類の日中での活動によって流出水の成分は周日変化すると思われるが、分画成分と各微生物活性との関係を見いだすまでには至らなかった。

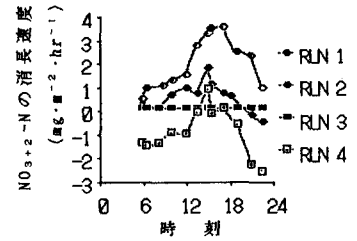


図-3 $\text{NO}_{3+2}\text{-N}$ の消長速度

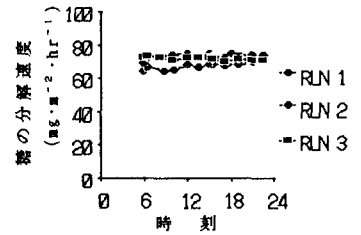


図-4 糖の分解速度

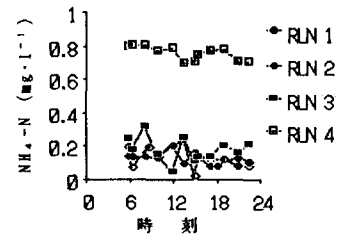


図-5 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の周日変化

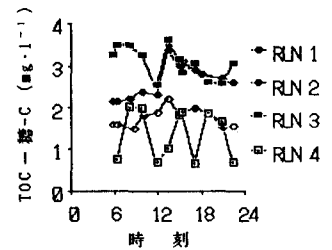


図-6 TOC-糖-C濃度の周日変化

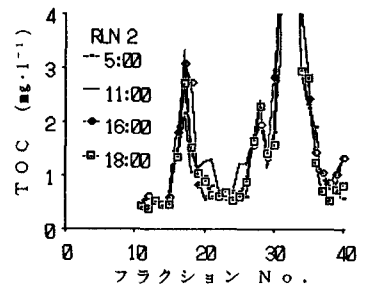


図-7 RUN 2 の流出水ゲルクロマトグラム