

河床礫付着生物膜からのトリハロメタン前駆物質の代謝

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
 山口大学 ○学員 中倉 弘勝

1. はじめに

水道水において、富栄養化による取水水質の悪化やそれに伴うトリハロメタン生成・含有の問題が囁かれて久しい。河川は自浄作用を有しているが、水中の窒素・りん等の栄養塩類濃度が高い場合には、河床に付着藻類が多量に繁殖し、自濁作用になると考えられている。河川の自浄作用は主として河床付着生物膜により行われている。その河床付着生物膜は細菌と藻類の二つに大別され、主に細菌の生物学的作用により有機物の分解が行われる。しかし藻類は細菌と相互作用しながら水質に影響を与えている。本研究は、河床付着生物膜が周日の間に富栄養化の原因となる窒素をどのように代謝するのか、またその活性によりトリハロメタン前駆物質の代謝はどのように変化するのか調べた。

2. 実験方法

実験に用いた河床礫は、広島県中部を流れる黒瀬川の中流部(郷原町)から採取した。実験はプラスチック反応器(内容積2ℓ)に河床礫10~11個を入れ、人工基質を流量1ℓ/hrで流入・流出させる連続操作で行った。反応器は照明付きインキュベーター内に設置しており、温度を20℃、1日の光サイクルを図-1に示すように制御した。実験は人工基質の条件を変えて4回行っており、その基質条件を表-1に示す。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、炭素源としてグルコース、さらに無機塩類、ビタミン類を追加し、これにりん酸緩衝液(イオン強度0.01)を加えてpHを7にしている。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ー分析用にそれぞれ500ml, 1000ml 採水し、これを0.45μm メンブレンフィルターでろ過した。

表-1 基質条件

RUN	基質条件(mg/ℓ)		
	グルコース	NH ₄ -N	NO ₃ -N
1	30	2	1
2	5	2	1
3	5	0.2	1
4	30	0.2	1



図-1 光サイクルとサンプル時刻

流入・流出水の分析項目は、Kj-N, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, TOC, 糖, トリハロメタン(THM)生成能の7項目である。THM 生成能の測定はヘッドスペース法を用いた。次亜塩素酸ナトリウム濃度(50mg-cl/ℓ)を高くして、25℃で塩素との接触24時間後のクロロホルム濃度を測定した。ゲルクロマトグラフィー分析(ゲル:セファデックスG-15, カラム:内径2.5 cm・高さ90cm, 押出し液:蒸留水)は、40倍に減圧濃縮(50℃)した流出水10mlを試料とした。ゲルカラムからの流出液15mlを1フラクションとしたものについて、吸光度 220, 260 nm と TOC, THM 生成能を測定した。

3. 実験結果および考察

図-2 に礫単位表面積・単位時間当たりのTOC 生分解速度の周日変化を示す。生分解速度が大きいのは、グルコース濃度が高いRUN-1と4であり、従属栄養細菌が活性化している。また、周日における昼夜の生分解速度に差がないことから、RUN-1と4では藻類の活性が小さいと考えられる。

図-3, 4, 5 にNH₄-N, NO₂-N, NO₃-N の生分解速度の周日変化をそれぞれ示す。生分解速度がマイナスの値というのは、その成分

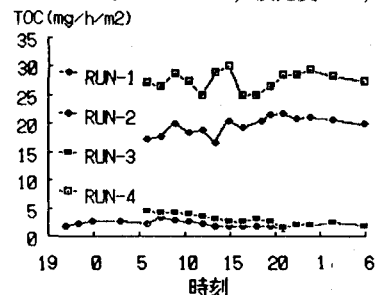


図-2 TOCの生分解速度

が生成されたことを意味している。多量に $\text{NH}_4\text{-N}$ が分解されているのはRUN-1だけである。 $\text{NH}_4\text{-N}$ を分解・摂取しうるのは、好気性細菌、硝化菌、藻類と考えられるが、前述よりRUN-1の藻類は活性化しておらず、またRUN-1の $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成速度が小さいことから、硝化菌による分解ではない考えられる。よってRUN-1は好気性細菌が $\text{NH}_4\text{-N}$ を摂取したと推察される。

RUN-2において、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の生分解速度は周日変化が見られず一日中約 2 mg/h/m^2 で、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が約 1 mg/h/m^2 の速度で生成されていることから、硝化菌が $\text{NH}_4\text{-N}$ 生分解の半分を受け持っており、好気性細菌が半分摂取したと推測される。ただし、RUN-2の好気性細菌の活性はRUN-1に比較してかなり低い。

RUN-3については、TOC、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ のどれも分解あるいは生成されていないので、特に活性化した付着生物はいないと考えられる。

RUN-4だけ多量に $\text{NO}_3\text{-N}$ が分解されている。 $\text{NO}_3\text{-N}$ を摂取あるいは分解しうるのは、好気性細菌、藻類、脱窒菌であるが、RUN-4で $\text{NO}_3\text{-N}$ を分解したのは主に脱窒菌と考えられる。その理由として、脱窒菌は分解過程で中間生成物 $\text{NO}_2\text{-N}$ を生成するが、RUN-4は $\text{NO}_2\text{-N}$ が多量に生成されており、また $\text{NH}_4\text{-N}$ が添加されていないので硝化菌による $\text{NO}_2\text{-N}$ の生成はないと考えられるためである。

図-6にTHM生成能の周日変化を示した。RUN-1と4はTHM前駆物質が多量に生成され、RUN-2と3では少量しか生成されていない。RUN-1と4の活性化した付着生物は、上述したように好気性細菌と脱窒菌であり、THM前駆物質の生成は主にこの二つの細菌が行っているといえ、RUN-2で活性化した硝化菌によるTHM前駆物質の生成は微量であることが分かる。藻類によるTHM前駆物質の生成能は、藻類がどのRUNにおいても活性化していないため不明である。また、RUN-4の日中にTHM前駆物質の生成速度が下がっている。これは、藻類の光合成による酸素の放出により溶存酸素濃度が高まり、その影響を受けた可能性が考えられる。

図-7は、RUN-1の流出水THM生成能のゲルクロマトグラムである。トリハロメタンの前駆物質は低分子であることが分かる。また

図-6に示したようなRUN-1の日中にTHM前駆物質生成量が若干低下する傾向は、クロマトグラムでは見られない。しかしながら、実際には藻類の日中での活動によりTHM前駆物質生成量は周日変化すると考えられる。

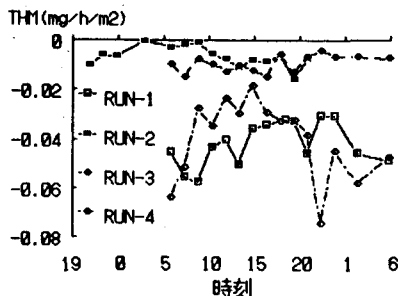


図-6 THM生成能速度

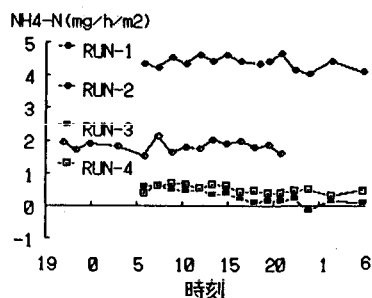


図-3 $\text{NH}_4\text{-N}$ の生分解速度

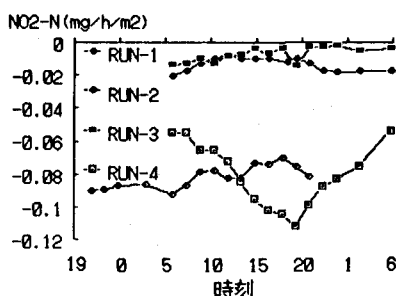


図-4 $\text{NO}_2\text{-N}$ の生分解速度

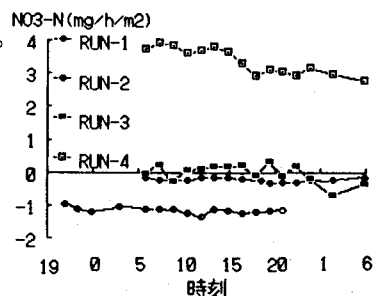


図-5 $\text{NO}_3\text{-N}$ の生分解速度

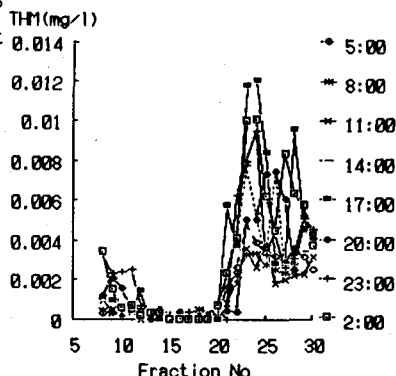


図-7 RUN1のTHM生成能クロマトグラム