

京都大学工学部 正会員 藤井滋穂

京都大学工学部 正会員 宗宮 功

(株)大阪ガス 小倉啓宏

1.はじめに 筆者らは富栄養化水域での有機物の減少過程と栄養塩回帰について研究しているが、水中の生物群構成がバクテリアのみの場合について実験を行ない、その有機物分解作用に関して若干の知見を得たのでここに報告する。

2.実験方法 実験は昨年度報告と同様、暗条件・恒温(20℃あるいは25℃)・好気の回分条件下で表-1に示す各種試水の水質・生物量変化を調べることで行なった。各 Runでは、図-1の操作で試料中の生物群構成をバクテリアのみとし、その対象とする基質の種類を変化させた。凍結融解処理は、動・植物プランクトンを不活性化させ、その浮遊性有機物の一部を溶解性とするために実施した。

表-1 実験概要

	元試料	操 作	系、数	温度	備 考
RUN 1	酸化池水	0.45 μろ過	Is 1	25℃	湖内3地点
RUN 2		(+8 μろ液)	Is 3		
RUN 3	琵琶湖南湖	同上 + 同3倍濃縮液	Is 2		
RUN 4	琵琶湖疎水	凍結融解 処理	Is 1 Ip 1 Im 1	20℃	初期濃度を 3段階と する
RUN 5			Is 3 Ip 3 Im 3		
RUN 6			Is 4 Ip 4 Im 4	10-30℃	温度を変化

3.バクテリアによる有機物分解過程の特徴 図-2にバクテリアのみの系での有機物分解過程の例を示す。図で Run 1は酸化池ろ液を、Run 3は琵琶湖南湖ろ液濃縮水(40℃減圧で約3倍に濃縮)を、さらに Run 5はネットサンプルを凍結融解したものを用いた。従って、Run 3は分解しやすい有機物は既に無機化され、比較的分解されにくいもののみが蓄積した通常の湖沼での反応を、Run 5は動・植物プランクトンの死骸あるいは老廃物に対するバクテリアの作用を、さらに Run 1はこのような死骸・老廃物が集積しやすい水域における反応を代表させている。

富栄養化水の溶解性有機物は、分解されにくく、その基質の分解率は Run 3の場合暗条件20日で約10%、72日で約13%にとどまる。バクテリア数(生菌数; 桜井増地)は暗条件後数日間に数倍に増加するが、その後減少し10日以降では初期値以下となっている。酸素消費速度は初期にのみ0.03mgO₂/l・hrとやや大きい。一方 Run 5では各指標とも増減の変化が著しい。このうち系 Is では基質の S-CODcrが初期5日以内に約1/5となり、その後ゆっくりと減少する。これに対応して生菌数・P-CODcrは約1日後にピークとなりその後減少す

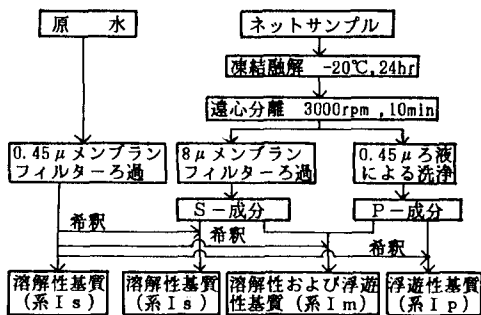


図-1 溶解性および浮遊性基質の分離方法 (系 Is, Im, Ip の作成手順)

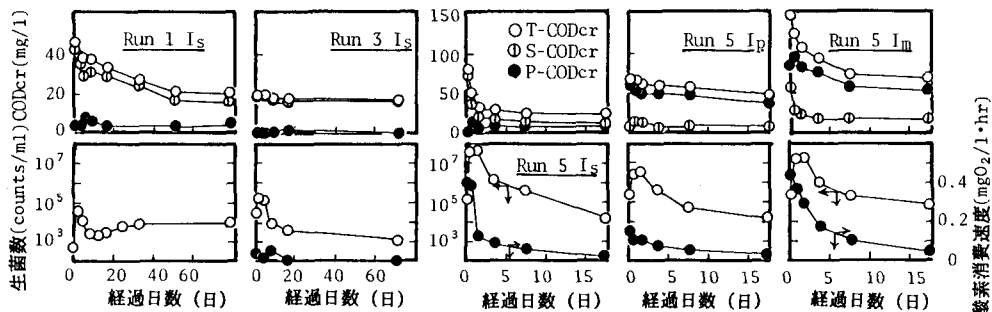


図-2 CODcr, 生菌数, 酸素消費速度の経時変化

るパターンを示す。酸素消費速度も初期 1 日までは大きい、その後は急激に減少する。これに比べると同じ Run でも系 Im, Ip ではその変化が緩やかである。バクテリアにとって浮遊性基質は溶解性基質に比べ摂取しにくい、逆にバクテリアの急激な増殖が抑えられるため、ピーク後の減衰が緩やかとなると考えられる。なお系 Is, Im とともに最終的に初期濃度の 1/5 程度の S-CODcr は残存し、この成分の分解性はかなり悪いと予想される。一方、Run 1 は Run 3 と Run 5 との中間的な変化であった。

以上の結果より富栄養化水域水中でバクテリアは分解容易な有機物を急速に摂取する能力を有するが、通常の水域ではこのような有機物はすでに無機化され、難分解性の有機物が主体となっていることが示された。ただ、酸化池のような藻類が大増殖する場所（この原水の Chl.a は約 300 $\mu\text{g/l}$ ）では、このような分解容易な有機物が比較的蓄積されやすいと考えられる。

4. 分解速度定数 有機物の減少速度を定量的に表記するため、各系で基質となる形態の有機物の濃度変化を片対数紙上にプロットしてみた（系 Im では S-CODcr のみを基質と考えた）。

図-3 は、図-2 のケースについて示したものである。初期の傾きから得られる分解速度定数の値は Run 3, Is の 0.0035 day^{-1} から Run 5, Is の 0.32 day^{-1} まで実験によって大きく異なっている。ただその値の大きいケースではその傾きが時間とともにかなり小さくなる傾向がある。これは有機物の分解過程が単純な一次反応としては表わせず、その中に易分解なものと難分解なものとが存在することを示唆する。そこで、この分解過程を易分解成分と難分解成分との変化としてとらえ、両者とも一次反応で減少すると仮定して、その比率及び速度定数を求めた。結果を表-2 に示す。また、図-4 には易分解成分、難分解成分それぞれの減少速度定数を対数正規確率紙上にプロットした。各実験で易分解成分及び難分解成分の減少速度定数の値は比較的類似しており、各々 $0.4\text{--}0.8 \text{ day}^{-1}$ 、 $0.003\text{--}0.006 \text{ day}^{-1}$ の範囲に多くは存在していた。結局、試料による分解性の違いは両者の比率の相違によるものであり、通常の富栄養化水域では動植物プランクトンの死滅等で生じる易分解な成分はすでに無機化されているため、その有機物の分解速度定数はきわめて低くなると理解される。なお易分解成分の比率は凍結融解処理した場合、溶解性で 50%、浮遊性で 10~20% であった。

5. おわりに 以上、生物群構成がバクテリアのみからなる試料を用いた分解実験の結果よりバクテリアによる有機物の分解作用について検討した。基質となる有機物の分解速度は試料の種類によって大きく異なるが、これは有機物中の易分解成分の比率が 0~80% と大きく異なるためである。各試料での易分解・難分解成分各々の減少速度定数の範囲は $0.4\text{--}0.8$ 、 $0.003\text{--}0.006 \text{ day}^{-1}$ と比較的一定していることがわかった。

なお本研究は一部科研費（環境(2) 590350321）の補助を受けた。また、実験では白木敏之氏（現日立造船）、水野理氏、三谷清氏、加藤敏朗氏（以上大学院生）の助力を得た。

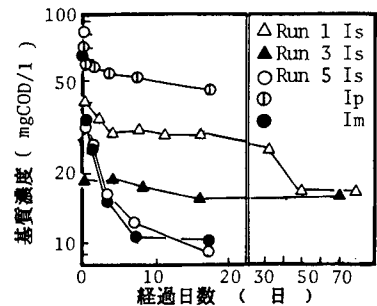


図-3 基質成分の減少速度定数

表-2 易分解および難分解成分の比率と減少速度定数

基質	Run	系	水温 C	易分解成分		難分解成分		易分解 の比率 %
				L_1 mg/l	k_1 day ⁻¹	L_2 mg/l	k_2 day ⁻¹	
溶 解 性	Run 1	Is	25	8.1	0.21	33.2	0.0039	19.6
	Run 2			0.	—	5.9	0.0057	0.
	Run 3			0.	—	5.8	0.0043	0.
	Run 4			0.	—	5.4	0.0026	0.
	Run 5	Im	20	5.8	0.050	10.	0.0043	36.7
	18.5			0.76	9.2	0.0055	66.8	
	44.			0.65	11.7	0.0060	79.0	
	50.			0.36	22.5	0.0152	69.0	
Run 6	Is	30	20.	0.53	11.0	0.0049	64.5	
32.			0.47	11.3	0.0031	73.9		
53.			0.35	11.5	0.0030	82.2		
1.10			—	0.0046	—	—		
浮 遊 性	Run 4	Im	20	1.10	—	18.	0.0101	80.2
	0.80			—	0.0027	—	—	
	0.40			—	0.0028	—	—	
	0.14			—	0.0063	—	—	
	Run 5	Is	30	1.24	—	17.	0.0045	77.9
	60.			0.89	0.0045	—	—	
	0.57			—	0.0058	—	—	
	0.18			—	0.0041	—	—	
Run 4	Ip	20	17.	0.048	20.	0.0027	46.0	
3.			0.48	18.4	0.0052	14.0		
4.5			0.37	39.	0.0079	10.3		
13.			0.55	57.	0.0042	18.6		
Run 5	Is	30	13.	0.36	49.	0.0081	21.0	
25			18.	0.13	44.	0.0042	29.0	
20			0.	—	62.	0.0083	0.0	
10			0.	—	62.	0.0050	0.0	

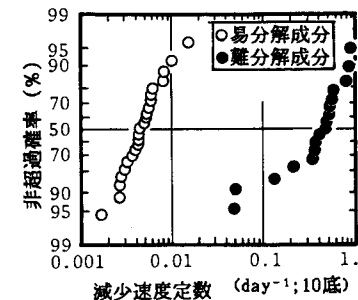


図-4 減少速度定数のThomas Plot (20, 25°C の場合のみ)