

—有機物の分解に伴う水質変化について—

京都大学工学部 学生員 三谷 清
正会員 宗宮 功
正会員 藤井滋徳

1. はじめに

富栄養化した水域では、藻類の増殖制限因子として栄養塩類が重要だが、それらは河川等の負荷以外に藻類などの分解回帰によって負荷される。本研究は、富栄養化水域での有機物の減少過程と栄養塩回帰に注目し、これに係る微生物群(藻類、動物プランクトン、細菌)の影響を実験を通して把握しようとした。

2. 実験方法

実験は各種の試水を図-1に示す培養器に入れ、暗所恒温(25℃)好氣的条件で実施した。試水中の生物種、有機物質の性状の差異の影響を調べる目的で、表-1の4種類の試料を用いて実験した。さらに、各試料をろ過等により表-2の微生物群構成の系とし、それら微生物群の役割を明らかにしようとした。なお、水質挙動の把握を容易にするために各試料には適宜操作を加えている。

3. 結果と考察

1) 細菌の働き(系I) 系Iは試水の溶解性部分に細菌を接種したもので、Run 1とRun 2の2回実施した。本系により溶解性基質に対する細菌の働きが観察できる。図-2,3には例としてRun 1の結果を示す。T-COD_{cr}は1次反動的に減少し、80日間で初期の60%が無機化された。一方、Run 2(琵琶湖南湖水濃減圧濃縮液)では初期T-COD_{cr}は18 mg/lであったが、70日経過後もほとんど分解せず、無機化は13%にとどまった。細菌は分解しやすい溶解性基質が豊富をときは自ら増殖し基質を代謝無機化すると考えられる。

2) 藻類の働き(系II) 同じく、Run 1を例として図-4に示す。本系は、フルイ(32μ)動物プランクトンの透光性、あるいは低DOによる死滅で動物プランクトンを除去した。本Runも含め一般に、Chl.aは初期30日間に急速に減少する部分と、その後、くりに減少する部分が認められ、Run 1では前者の減少速度定数は 2.48×10^{-3} 、後者で $2.9 \times 10^{-3} (\text{day}^{-1})$ と値は1オーダー異なる。P-COD_{cr}もChl.aと同様に表されるが、Chl.aに比べその減少速度は小さい傾向にあった。Chl.aで測定されないP-COD_{cr}成分(デトリタス)は、Chl.aにかかるP-COD_{cr}成分(藻類生細胞が中心)に比べ分解されにくいと考えられる。各Runの分解初期のChl.a/P-COD_{cr}比は藻類の組成と同じレベルの3~6.7 $\times 10^{-3}$ の範囲にあり、P-COD_{cr}の主体は藻類生細胞が占めていた。これより、分解初期は藻類生細胞が死滅する過程で有機物を一部保持しながらChl.aを減少させており、藻類自身の内生

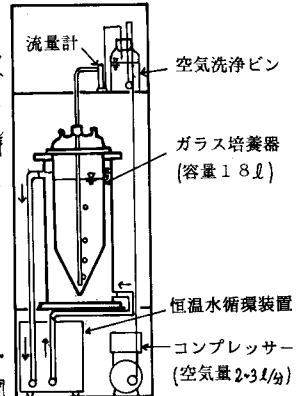


図-1 培養装置の概略

表-2 各系の微生物群構成

系の名称	微生物群の構成
系 I	細菌
系 II	細菌、藻類
系 III	細菌、藻類、動物プランクトン

表-1 各実験に用いた試料

RUN	開始日時及び期間	試水採取場所	ALGAE	微生物種 ZOOPLANKTON
1	5/31 79(日)	酸化池	● Scenedesmus	● Brachinus ○ Bosmina ○ Tricocera
2	9/19 71(日)	琵琶湖南湖	● Pediatrum ○ Staurastrum ○ Melosira	● Nauplius ○ Keratella ○ Tricocera
3	11/12 34(日)	琵琶湖南湖	● Staurastrum ○ Pediatrum ○ Melosira	● Mesocyclops ○ Copepodit ○ Daphnia
4	12/2 54(日)	酸化池	● Microcystis	● Brachinus

注) ●:非常に多い。○:多い。

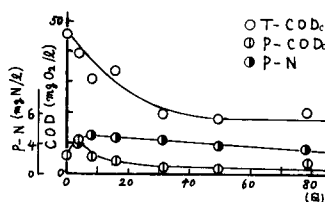


図-2 RUN1系Iの経日変化

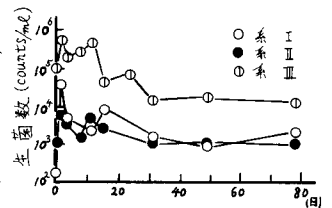


図-3 RUN1の一般細菌数の変化

呼吸による効果が大いと考えられる。一方、P-N、P-Pの減少速度定数はRun1ではそれぞれ 4.7×10^{-3} 、 1.7×10^{-3} (day⁻¹)とChl.aやP-CODより小さかった。なお、系Ⅰと比較するとS-CODの経日変化はほぼ同じで、藻類の分解率によるS-CODへの転換はほとんど生じないが、生じてすぐ分解されていることが示された。生菌数は系Ⅰ、系Ⅱで初期の値は異なるが、それ以降は大差なかった。(図-3)

3) 動物プランクトンの働き(系Ⅲ) 動物プランクトンの存命期間は非常に短く、ミジンコ類で2~3週間、ワムシ類で3~4週間であった。図-5は系Ⅲ(Run1)の経日変化だが、各項目とも2~4日中に急激に減少している。動物プランクトンの存命していたと考えられる初期20日間の各項目の減少率を表-3に示す。P-COD、P-N、P-Pともに系Ⅲの方が系Ⅱより約1.5倍程度大きくなっている。このことより、動物プランクトンは藻類を由来とした浮遊性有機物の減少に効果を持ち、とくに栄養塩N、Pの回復への効果が大いことが示された。N、Pの急激な減少は文献による動物プランクトンのN、P排出速度に比べてかなり大きく、動物プランクトンによる直接的効果だけでなく、その捕食活動等によって浮遊性有機物を細菌に分解されやすい形態に変える間接的作用が示唆される。実際、生菌数も系Ⅱより1オーダー高い。

4) 減少速度定数 表-4に各Runの減少速度定数をまとめた。系Ⅱの減少速度定数から藻類種による分解性の相違を検討すると *Staurastrum*、*Scenedesmus*、*Microcystis*、*Pediastrum* の順に分解速度が大いことが認められた。ただし、この結果は単一藻類種ではなく優占種について得られたものである。各指標の減少速度定数は変動があるが、 $10^{-3} \sim 10^{-2}$ (day⁻¹)の範囲にある。栄養塩では、P-Nは比較的速く減少するのに対してP-Pの減少が遅いことが示された。したがって、水中浮遊状態での藻類からの栄養塩回復としてはNの方が回復量が大きく、bloom期の栄養塩供給源として注目すべきであるといえる。

4. まとめ

以下に得られた成果をまとめる。(1)細菌は分解しやすい溶解性基質が十分にある場合、活発に基質を代謝無機化して増殖する。(2)分解初期には藻類自身の内生呼吸の影響が大きく、減少速度定数は $10^{-3} \sim 10^{-2}$ (day⁻¹)の値で1次反応的に減少していくが、系内には非藻類性の有機物が蓄積する。(3)動物プランクトンは、直接または間接的に浮遊性有機物の減少、栄養塩の回復を促進する。以上、有機物の分解、栄養塩の回復について概略的、定性的知見が得られたが、今後、定量的な検討が望まれる。

なお、本研究では、白木敏久氏(現日立造船)、小倉啓宏氏(現京都大学大学院)、水野 理氏(現京都大学大学院)の御協力を得たことを記し、感謝の意を表します。また、本研究は鉄鋼業環境保全技術開発基金の助成を受けた。

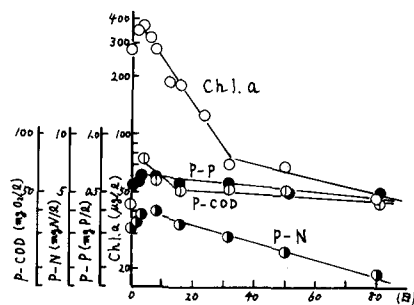


図-4 RUN1系Ⅱの経日変化

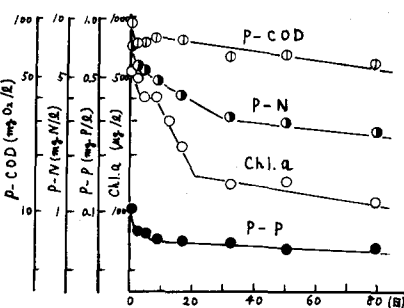


図-5 RUN1系Ⅲの経日変化

表-3 分解20日間の減少率(%)

サンプル	COD	N	P
RUN1	I 26	26	-24
	IIa 15	21	1
	IIb 17	20	4
	III 28	51	24
RUN2	I 10	4	0
	II 32	26	0
	III 42	48	2
RUN3 (32日間)	IIa 45		
	IIc 61		
	IIa 55		
	IIa 44		
	IIa 52		
	IIc 26		
RUN4	IIa 55		
	IIa 22	37	20
	IIb 20	35	20
	IIa 36		24
	IIc 25		
	III 35	26	12

算出法 $100 \times (1 - \frac{\text{7日後の浮遊性有機物濃度}}{\text{初期浮遊性有機物濃度}})$

表-4 各指標の減少速度定数 ($\times 10^{-3} \text{ day}^{-1}$; /0.1L)

サンプル	Chl.a	T-COD	P-COD	P-N	P-P
RUN1	I 25-36	6.2	5.1-13	2.0-4.7	1.7-2.3
	II 2.6-2.9	9.3-10	0.6-1.0		
	III 33	1.6-1.7			
	2.4	2.4	43	52	49
RUN2	13	0.6	1.6	0.7	
	6.5	2.4	3.1	24	7.4
	17	2.2	28	26	4.4
RUN3	6.3	3.4	2.9		
	25-27	26	42		
RUN4	19-31	25-26	0.2-49		
	20-21	3.8-4.5	5.6-11	7.9-12	7.2-9.2
	26-29	0.3	0.6-3.2	1.5	0.3-1.8

注) 1つのサンプルに数個の減少係数がある場合には、上段より1、2、…段目の減少係数を示す。