

岩手大学工学部 学生員 鈴木真一 正員 相沢岩郎
正員 大村達夫 正員 大沼正郎

1) はじめに 富栄養化した水域においては、藻類による代謝生産物が水域内の生態系に多大な影響を及ぼしていることは衆知の事実である。すでに多くの研究者達によって、藻類が細胞外へ放出する多くの代謝生産物は同定されてきている。特にグリコール酸などの有機酸は著名な代謝生産物である。ここでは、連続流完全混合反応槽を用いて、藻類の混合培養を行い水理学的滞留時間の変化に伴う代謝生産物放出速度の変化を調べた。ただし、代謝生産物はCODレベルで捉えることにし、代謝生産物の詳細な分離、同定は将来の課題として残っている。またこの研究を富栄養化した水域内での指標微生物と藻類の相互作用の研究に発展させたいと考えている。

2) 実験方法 実験に用いた連続流反応槽は容量が5ℓであり、流入流量を変化させることにより水理学的滞留時間はそれぞれ0.5日, 1日, 1.5日, 2日及び4日にセットされた。流入水は、Chūの培地組成からなっており、表-1に示されている。流出水の分析項目は、MLSS, 重クロム酸COD, pH, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ である。また定常期においては、クロフィル a, b, c, 一般細菌数及び顕微鏡的に緑藻類, けい藻類, 藍藻類の存在率が測定された。一般細菌数の測定にはパプトン盛天培地による平板法が用いられた。藻類の植種としては、盛岡市内にある高校池の水を遠心分離し、その沈殿物を各反応槽に加えることによりおこなった。

表-1) Chūの培地組成

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0.04	g
K_2HPO_4	0.02	g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.025	g
Na_2CO_3	0.02	g
Na_2SiO_3	0.025	g
FeCl_3	0.0008	g
trace element	1.0	ml
tap water	1000	ml

3) 実験結果及び考察 水理学的滞留時間が0.5日の反応槽においては、Wash-outが起り、本研究には不適であることがわかった。図1~4はそれぞれ槽内(流出水)の定常期におけるMLSS, COD, $\text{NO}_3\text{-N}$ 及び $\text{PO}_4\text{-P}$ の変化を示している。これらの結果より得られた定常期における水質の平均値が表-2に示されている。各槽の定常期におけるMLSSは水理学的滞留時間の増加に伴い顕著な増加を示した。この増加と同様にCOD値で示される藻類代謝生産物濃度も増加した。これは逆に当然の結果として流入水中に含まれる栄養塩である $\text{NO}_3\text{-N}$ 及び $\text{PO}_4\text{-P}$ の槽内濃度は、水理学的滞留時間の増加につれて、減少することを示している。特に $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度は、水理学的滞留時間が2日及び4日の反応槽においてはほとんど消費され、藻類の代謝過程が $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度によって制限されている可能性があるので、現在 $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度を変化させた実験を行い、この点について検討を行っている。

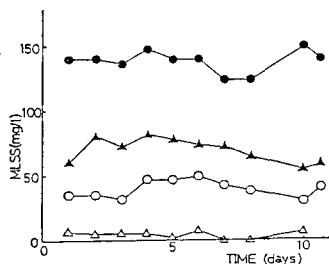


図1) 定常期におけるMLSS

Residence Time	Symbol
0.5	○
1.0	△
1.5	□
4.0	◇

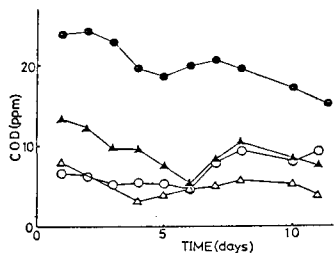


図2) 定常期におけるCOD

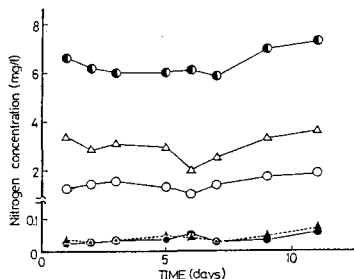


図3) 定常期における $\text{NO}_3\text{-N}$

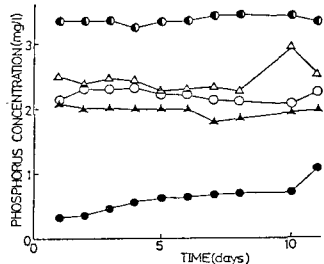


図4) 定常期における $\text{PO}_4\text{-P}$

見かけ上の藻類による代謝産物の比放出速度は、流入水と流出水のCOD値の差と滞留時間を考慮すれば、次式のように与えられる。

$$r = (S_0 - S) / \theta \times X \quad (1)$$

ここで、 r は代謝産物の比放出速度(1/日)、 S_0 及び S はそれぞれ流入、流出のCOD濃度(mg/l)、 θ は水理学的滞留時間(日)、 X は槽内のMLSS濃度(mg/l)である。(1)式を用いて比放出速度を計算すると表-3中で示されるような値とれた。すなわち、滞留時間の増加に伴い比放出速度が低下することを示している。しかしながら、よく知られているように藻類による代謝産物はその水中に生存する他栄養細菌の栄養となるので、他栄養細菌による消費量を補正する必要がある。そこでまず各槽内の一般細菌数を調べてみると表-3に示したような値となり、滞留時間が1日と4日の槽内一般細菌数はオーダーが異なることがわかる。すなわち、滞留時間が長い槽ほど一般細菌が多く存在していることを示している。このことから長い滞留時間の槽において、より多くの藻類代謝産物が一般細菌において消費されている可能性がある。そこで次のような実験を行うことにより、この量を推定することにした。まず各槽ごとに、ペプトン培地により他栄養細菌を分離増殖させる。そしてあらかじめ各槽ごとの槽内水を0.45μmのメンブレンフィルターにより過濾したろ液を三角フラスコに取り、この中に分離培養した他栄養細菌を接種し、無菌操作することにより、フラスコ内のCODの減少過程を調べた。これより各槽内の他栄養細菌による藻類代謝産物の消費速度を求めることが出来る。この実験結果は図5)に示されている。この図より、代謝産物の消費速度係数(すなわち、滞留時間が1.5日と4日の場合には、それぞれ0.44(1/日)、0.57(1/日)であった。このように得られた消費速度係数を用いて、他栄養細菌により消費されたと考えられる藻類による代謝産物比放出速度の補正值は次式で与えられる。

$$r_c = r \cdot S \cdot N / M \cdot X \quad (2)$$

(2)式において、 r_c は補正值(1/日)、 r は消費速度係数(1/日)、 N は槽内一般細菌数(個/ml)、 M は消費速度係数を求めた実験時の初期一般細菌数(個/ml)、 S 及び X は(1)式で用いた記号と同じである。(2)式を用いて補正值を計算すると、滞留時間が1.5日の場合0.001(1/日)、4日の場合は0.007(1/日)となり、ほとんど比放出速度を計算する場合、他栄養細菌による消費の補正を必要としないことがわかった。すでに述べたように各槽ごとに代謝産物が異なる原因として、水理学的滞留時間の変化に伴う藻類の変化が考えられる。このため各槽ごとのクロロフィルa、b、cの濃度を測定し、藻類のクロロフィル含有量の差により各槽ごとの緑藻類、けい藻類及び藍藻類の比率を求めた。その結果が表-3中に示されている。これよりどの槽においても藍藻類は存在せず、緑藻類とけい藻類のみが存在し、滞留時間の増加に伴いけい藻類から緑藻類へと遷移することが認められた。この事は顕微鏡観察においても藻種の遷移はクロロフィルの差による遷移傾向と同様であった。また表-3からも明らかに、けい藻類の方が緑藻類より比放出速度が大きく、けい藻類の方が緑藻類より多くの代謝産物を放出しているものと思われる。

おわりに 今後、本研究を発展させ、富栄養化水域での藻類と指標微生物との相互作用について実験的な研究を行いたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、佐々木 勝氏の協力を得たことをここに記し、謝意を表するものである。

表-2 定常期における水質の平均値

水理学的滞留時間	1(day)	1.5(day)	2(day)	4(day)
MLSS (mg/l)	4.4	41.1	69.4	137.8
COD (mg/l)	4.92	6.75	9.17	20.23
N _{O3} -N (mg/l)	2.98	1.46	0.04	0.04
P _{O4} -P (mg/l)	2.45	2.21	1.96	0.62

表-3

水理学的滞留時間	1.0 day	1.5 day	2.0 day	4.0 day
比放出速度 (1/day)	1.12	0.11	0.07	0.04
一般細菌数 (no./ml)	2.8×10^2	5.7×10^2	----	7.4×10^3
クロロフィル a (μg/l)	921	1522	889	2838
b (μg/l)	10	91	243	842
c (μg/l)	446	625	80	155
藻類比率(%) 緑藻類	3	18	82	89
けい藻類	97	82	18	11
らん藻類	0	0	0	0

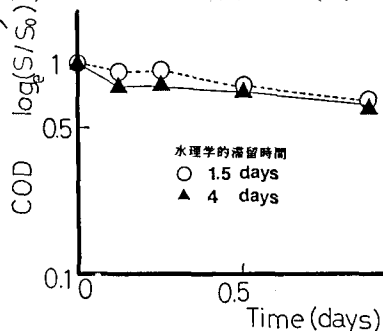


図5) バッチ試験におけるCODの経時変化