

岩手大学工学部 学生員 鈴木真一, 学生員 佐々木勝
正員 相沢治郎, 大村達夫, 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およ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。とくに、グリコール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な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。

2) 実験方法 実験に用いた連続流反応槽は容量が5リであり、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日および4日にセットされた。流入水は、Chlo. の培地の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、クロロフィルa、b、c、一般細菌数および顕微鏡的に緑藻類、青藻類、藍藻類の存在率が測定された。一般細菌数の測定にはバアトロン寒天培地による平板法が用いられた。藻類の接種としては、盛岡市内にある高松の池の水を適心分離しその沈殿物を各反応槽に加えることにより行なった。

3) 実験結果および考察 水理学的滞留時間が0.5日の反応槽においては、Washout 状態とな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、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、および $\text{PO}_4\text{-P}$ 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。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。これとは逆に、当然の結果として、流入水中に含まれる栄養塩である $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ 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、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、水理学的滞留時間が2.0日および4.0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。現在 $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度を変化して実験を行ないこの点について検討を行っている。

表-1 Chlo.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

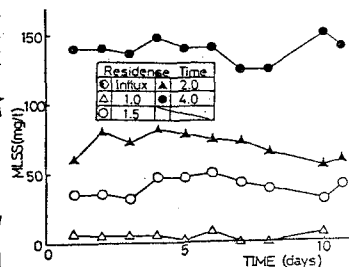


図1. 定常期におけるMLSS

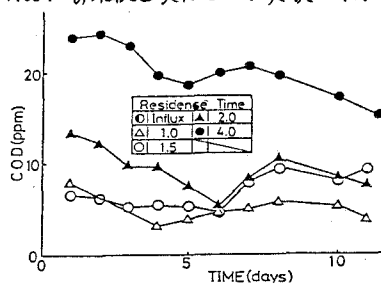
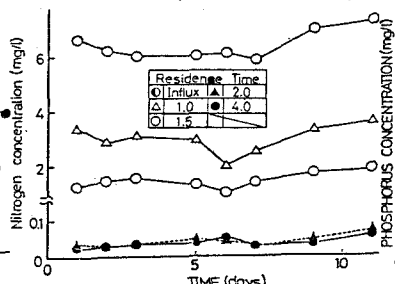
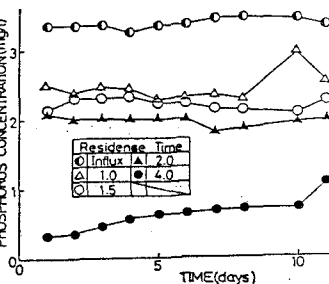


図2. 定常期におけるCOD

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生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、次式の様に与えられる。

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

ここに、 r は代謝生産物の比放出速度(1/日)、 S_0 および 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の中で示されるような値となった。すなわち滞留時間の増加とともに、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生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見ると表-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1ちがうことがわかる。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生産物が、一般細菌によって消費されている可能性がある。そこで、次のような実験をすることにより、この量を推定することにした。まず、各槽ごとに、バア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ろ過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、無菌ばっ気することにより、フラスコ内のCODの減少過程を観た。これより、各槽内の他栄養細菌による藻類代謝生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、代謝生産物の消費速度係数は、滞留時間が1.5日と4日の場合には、それぞれ0.46(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生産物比放出速度の補正值は次式で与えられる。

$$Y_c = k_c \cdot S \cdot N / M \cdot X \quad (2)$$

(2)式において、 Y_c は補正值(1/日)、 k_c 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 および X は(1)式で使用し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することがなかった。

すでに述べたように各槽ごとに代謝生産物濃度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、けい藻類および藍藻類の比率を求めた。その結果が表-3の中に示されている。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。この微細藻類の遷移も水理学的滞留時間

各槽ごとの代謝生産物濃度に大きな影響を与え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研究を行いたい。

表-3

水理学的滞留時間	1.0(1/day)	1.5(1/day)	2.0(1/day)	4.0(1/day)
MLSS (mg/l)	4.4	41.1	69.4	137.8
COD (mg/l)	4.92	6.75	9.17	20.23
NO ₃ -N (mg/l)	2.98	1.46	0.04	0.04
PON-P (mg/l)	2.45	2.21	1.96	0.62

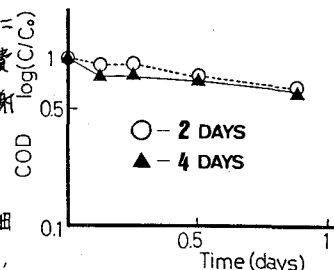


図5. バッチ試験におけるCODの経時変化

水理学的滞留時間	1.0 (1/day)	1.5 (1/day)	2.0 (1/day)	4.0 (1/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 (o/o)				
緑藻類	3	18	82	89
けい藻類	97	82	18	11
藍藻類	0	0	0	0