

河川の浄化に関する研究 — その V —

— 混合培養による AGP 試験法 (AGP_M) —

若林明子 菊地幹夫

1 はじめに

環境水の富栄養化の評価のための有力な手法の一つとして、前報¹⁾でも述べた様に藻類生産の潜在能力(AGP)の測定法がある。このAGPの測定法は、単一藻類を用いた無菌状態下での純粋培養である為、操作が煩雑であり、しかもその水域を代表する藻類を用いる事は難しい。そこで、AGPに代って、対象とする水域の水を植種する混合培養によるAGP_Mが検討されはじめている。この方法は、(1) 純粋培養のための煩雑な操作を必要とせず、実験を簡略化できる。(2) 試水に適応した藻類が優占的に増殖できる可能性が高い。

(3) 自然界に近い状態で藻類生産の潜在能力が測定できる。といわれている。

そこで我々は今回まず多摩川の水と多摩川水系の下水処理場の水を用いて既存の手法²⁾³⁾でAGP_Mの測定を行うと同時に、培養後の藻類の種類あるいは属とその個体数から多様性指数を算出し、水質の評価を試みた。次に、現在用いられているAGP_Mの測定法はL字管を用いている為、洗浄しにくく、また同時に多数の検体の培養が出来ない等の問題点があるため、前報で用いた通常のAGP法に準じて培養が出来ないかどうか若干検討を加えた。

2 実験

(1) 実験 I

ア 培養条件

1000 mlのL型培養管に1980年7月7日採水の多摩川河水および下水処理場の流入水と2次処理水を約500 ml入れた。河水の入った培養管はそのまま、処理場の水のみの場合、羽村堰の水を1 ml添加後、20℃の恒温室中3000ルクス(14時間明・10時間暗)で20日間培養した。

イ 藻類増殖量の測定

培養開始後16日目および20日目に培養液を約100 mlずつ採取し、約半量を浮遊物質(SS)の測定に、残りの半量を化学的酸素消費量(COD)の測定に用いた。SSの測定は1.2 μmのグラスファイバーフィルターを用い、JISの方法に準じて行った。CODの測定はJISの方法によった。また、20日目の培養液については検鏡し、藻類の種類あるいは属とその個体数を求めた。

(2) 実験 II

ア 培養条件

多摩川河水を1.2 μmのグラスファイバーフィルターでろ過後、必要に応じて人工河水(硬度はCaCO₃として50 mg/ℓ)で希釈した。そのうち、99 mlを500 mlの三角フラスコにとり、対応するろ過前の河水1 mlを植種のため加えた。三角フラスコは測定回数(倍数)をセットした。検水は25℃の恒温室中4,000~5,200ルクス(24時間明)で培養した。

イ 藻類増殖量の測定

培養槽からとり出した培養液は孔径1.2 μmのグラスファイバーフィルターで全量をろ過し、SSを求めた。その後乾燥したろ紙とろ液について別々にCODを測定した。また、一部の培養液については培養後検鏡し、優先的に増殖した藻類の種類を同定を行った。

3 結果と考察

(1) 多摩川河水等のAGP_Mによる評価

実験Iの結果を表1に示した。ここで用いた多様性指数(diversity index, DI)は下記のMargalefの方法³⁾によって計算した。

$$DI = -\sum Pi \ln Pi$$

ここで $Pi = ni / N$ で全個体数 N に対する i 番目の

表1 AGPM と多様性指数の測定結果

試料	COD ^{a)} mg/l	SS ^{a)} mg/l	藻類 ^{b)} 個体数	種類	属数	優占種 個体数	b)		種DI	属DI	AGPM mg/l	AGP ^{c)} mg/l
							優占種 個体数	全個体数				
羽村堰河川水	14	12	67	7	5	37.8	0.56	0.457	0.189	12	24.1	
羽村堰河川水に下水 2次処理水25%添加	46	102	69	5	4	45	0.65	0.444	0.250	102		
" 50%添加	63	125	26	5	3	12	0.46	0.598	0.343	125		
" 75%添加	83	143	58	3	2	26	0.45	0.448	0.200	143		
処理場 2次処理水	62	130	128	3	2	84	0.66	0.339	0.082	130	886	
羽村堰河川水に処理 場流入水 25%添加	83	152	55	10	3	17	0.31	0.853	0.224	152		
" 50%添加	95	191	77	9	3	36	0.47	0.718	0.263	191		
" 75%添加	110	198	94	6	2	38	0.40	0.655	0.166	198		
処理場 流入水	64	179	45	6	2	10	0.22	0.761	0.188	179	1,730	
中央自動車道下 河川水	37	89	27	6	4	8	0.30	0.718	0.552	89	75.0	
田園調布堰上 河川水	56	125	72	11	6	26	0.36	0.823	0.545	125	155	

a) 培養前後の差

b) $\times 10^3$ cells/ml

c) *Selenastrum capricornutum*

種(あるいは属)の個体数 n_i の比である。

まず、多摩川河川水のAGPMを比較してみると、羽村から中流部の中央自動車道下、田園調布堰上と下流になるに従って、増大している。前報で述べたとおり、AGPも同様に増大しており、両者共、栄養塩類の濃度と比例関係を持っている事が解った。また、多様性指数で比較してみると、羽村取水堰に比較して中流部のそれはより大きい値を示しており、藻類のはん殖にとってより安定した系であると言える。

次に羽村取水堰の水に下水処理場の流入水および2次処理水を加えた結果をみる。AGPMは、流入水および2次処理水の添加量が増大するに従って増大したが、添加量が100%となるとむしろ減少した。また多様性指数も処理水等を添加した場合は羽村堰の水の場合に比較して増大し、25~50%添加時に最大値を示した。

(2) AGPM 測定手法の検討(実験II)

ア 藻類の増殖曲線

図1に中央自動車道下と田園調布堰上のデータを示す。培養液のSSとCODは培養開始後3~5日目

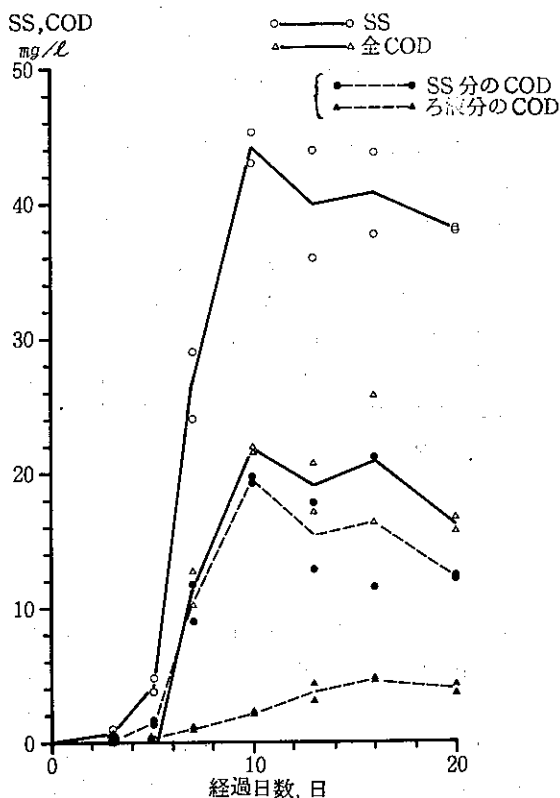


図1-a 混合培養下での藻類の増殖曲線
(中央自動車道下)

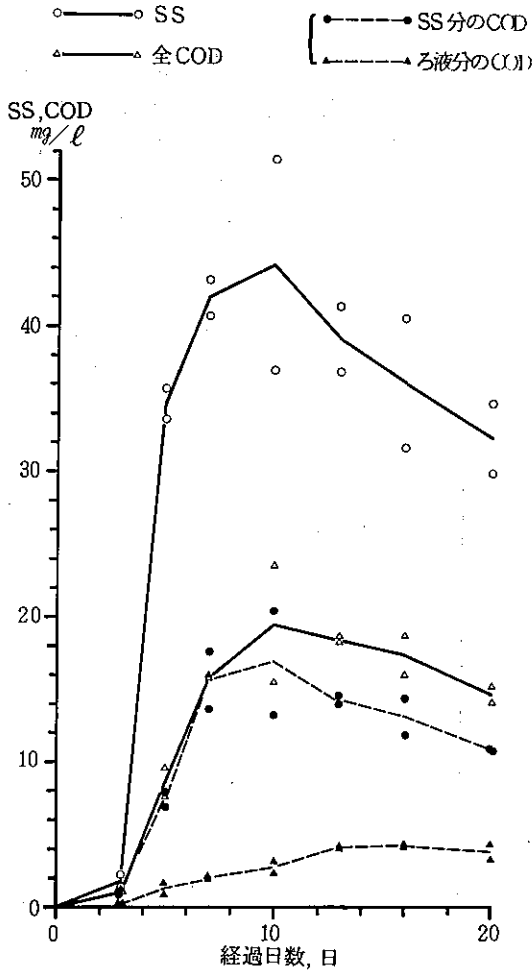


図1-b 混合培養下での藻類の増殖曲線
(田園調布堰上)

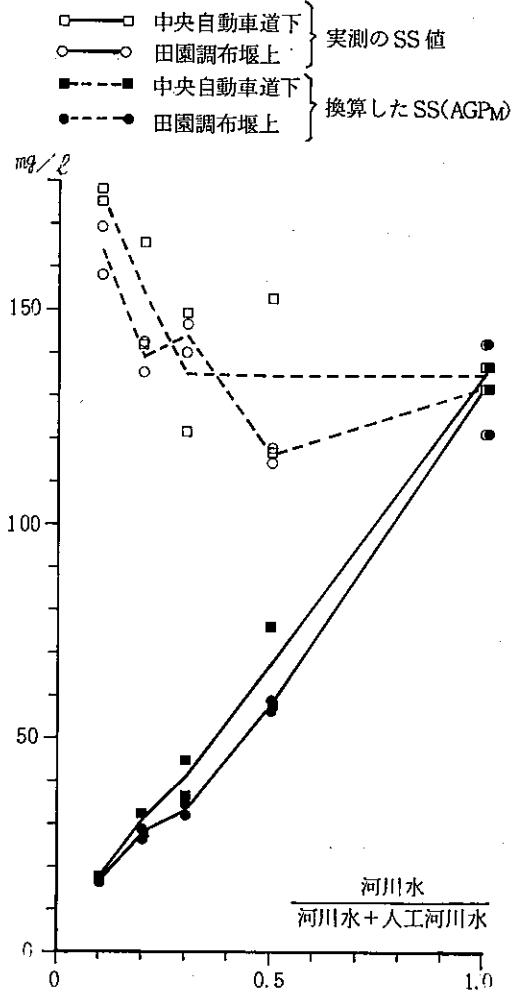


図2 AGPM 測定時の希釈効果

から急に増大し、約10日目にピークに達した。その後ろ液中のCODは17日目まで除々に増加したが、SSは減少している。実験Iの方法では20日目位に最大値を示すといわれているが、今回の実験では培養中「明暗」をつけずに24時間「明」条件で行ったため、培養日数が短縮されたものと思われる。またAGPの測定時には、藻類は最大増殖量を示した後数日間はSS量は変化しないが、AGPMでは細菌が共存する為、枯死した藻類がこれらによって分解を受けるため減少するものであろう。

イ 希釈効果

AGPMがどの程度の栄養塩濃度まで比例関係にあるかを調べた結果を図2に示す。ヨコ軸は人工河川水

への多摩川河川水の添加率を示している。中央自動車道下および田園調布堰上いずれの地点で採取した水でも10~100%の範囲でかなり良い直線関係を示しており、この時増殖した藻類は*Selenastrum capricornutum*と同様に、広い河川栄養塩濃度範囲で増殖可能である可能性が強い。また、このAGPMの結果を二次汚濁との関連で考察を加えると、多摩川中流部の河川水中の栄養塩類濃度が減少しても少なくとも1/10程度までは潜在的1次生産能力は急減に減少する事はなく単に濃度に比例して減少するのみである事を示している。

ウ AGP_M 測定時のSSとCODの相関

アの増殖実験時測定したSSとCODの関係を図3に示す。図から解るとおりSSとCODの相関はかなり良く、次の関係が得られた。

$$\text{COD (mg/l)} = 0.459 \times \text{SS (mg/l)} - 0.50$$

$$(r = 0.944)$$

すなわち、多摩川での藻類の生産量は、藻類のCODへの寄与とよい比例関係がある可能性が高い。

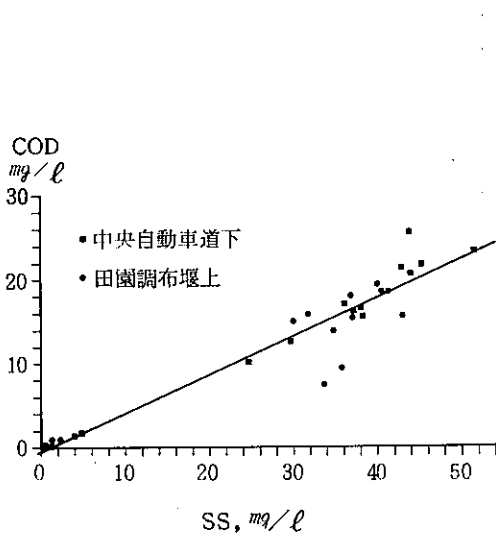


図3 混合培養下での藻類のCODとSSの相関

エ AGP_MとAGPの相関

AGP_Mと*Selenastrum capicornutum*を用いたAGPとの相関を図4に示したが、次式のように良い相関があることからAGP_Mを用いてAGPの代替をする事は可能である事が解った。

$$\text{AGP}_M \text{ (mg/l)} = 0.925 \times \text{AGP (mg/l)} + 6.4$$

$$(r = 0.952)$$

オ 藻類種の変化

培養液中の主な藻類を表2に示した。表で解る様に、藻類の優占種は培養期間中ほとんど変化しなかった。

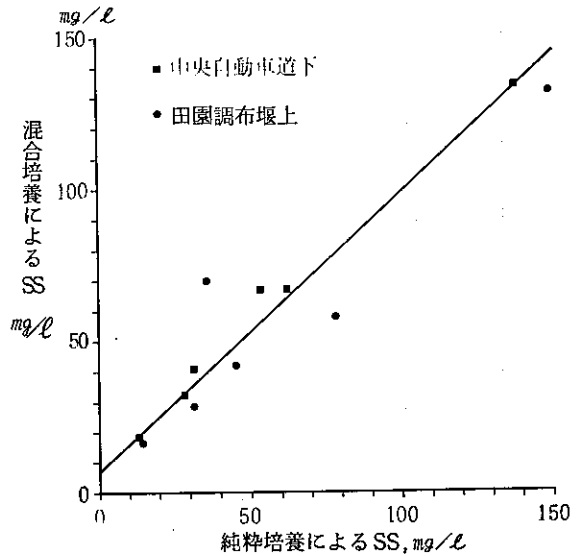


図4 AGP_MとAGPの相関

表2 培養液中の藻類（優先種）の変化

経過日数	中央自動車道下	田園調布堰上
6日	<i>Nitzschia</i> spp (56%)	<i>Nitzschia</i> spp (83%)
	<i>Navicula</i> spp (27%)	
12日	<i>Nitzschia</i> spp (46%)	<i>Nitzschia</i> spp (70%)
	<i>Selenastrum</i> sp (19%)	<i>Nitzschia acicularis</i> (13%)
	<i>Navicula</i> spp (13%)	
20日	<i>Nitzschia</i> spp (61%)	<i>Nitzschia</i> spp (49%)
	<i>Navicula</i> spp (18%)	<i>Actinastrum</i> sp (24%)

註) 個体数または群体数として存在割合を表示

以上、500 mlの三角フラスコを用いてのAGPMの検討を行ったが、従来のL字型培養管同様に測定出来る事が解った。しかも、今回は植種液を少量加える事によって再現性がずっと良くなったため、簡便性の点からはAGPの代替法として非常に良い手法である。しかし、より環境条件に近づける評価方法という点でAGPMを用いるためには、今後、培養温度、日照時間等培養条件について更に検討を加えると同時に、培養前後の藻類の種類と数等についての検討が必要であろう。

最後にこの研究を実施するにあたり、御指導いただいた国立公害研究所水質土壌環境部田井慎吾博士に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 菊地幹夫ほか：河川の浄化に関する研究（そのIV）
東京都公害研究所年報103, (1982)
- 2) 須藤隆一ほか：藻類の培養試験法によるAGPの測定, 国立公害研究所報告, 第26号, 38 (1981)
- 3) 田井慎吾ほか：水環境指標, 思考社, 392, (1979)
- 4) 工場排水試験法 (JIS, K 0102 - 1971)