

河川の浄化に関する研究 (そのⅧ)

—藻類の増殖速度による河川水・排水等の評価—

若林明子 菊地幹夫 川原 浩

1 はじめに

著者らは前報^{1), 2)}で, *Selenastrum capricornutum* と *Chlorella* sp. による藻類生産の潜在能力 (AGP) の測定および多摩川の河川水を植種する混合培養による AGP (AGPM) によって多摩川河川水等の富栄養化の評価を行い次の点を明らかにした。

- ① 多摩川中流部の富栄養化は著しく進行している。
- ② 下水の2次処理水の流入は河川水の AGP を著しく上昇させる。

しかしながら, 多摩川での富栄養化現象を論じる場合には, 水の滞留時間が湖沼や内湾に比べて短く, 藻類は常に栄養塩類の高い水と接している等の理由から, AGP だけではなく, ある一定時間に藻類がどの程度まで増殖するかという増殖速度も合わせて測定する必要があると考え, まず多摩川河川水の最大比増殖速度の測定を行った。

次に, 多摩川の河川水の AGP を著しく上昇させる事が明らかになった下水処理水が藻類の増殖速度に及ぼす影響について検討した。すなわち, 富栄養化の主要な原因物質は勿論 N, P 化合物であるが, その他にもアミン・アミノ酸を含む塩基性の有機物³⁾と Fe および Mn などの金属, 更にビタミン B₁₂⁴⁾ 等も藻類の増殖に大きな影響を与えると報告されてきている。そこで, 増殖促進物質に関する手がかりを得るため, 下水処理水を分子量によって4つの画分に分け促進効果を調べると同時に, 下水処理水に含まれていることが知られているアミノ酸についても同様の検討を行った。

2 実験

(1) 材料

(ア) 培地

培地は表1に示した様に Gorham の5倍希釈培地を

微量元素および有機物質を除いて用いた。培地は口径 1.2 μm のガラス繊維ろ紙 (ワットマン GF/C) による無菌ろ過を行って使用した。

(イ) 河川水

1981年11月24, 25日に多摩川羽村堰, 中央自動車道下, 田園調布堰上で採水したものを, ろ過 (GF/C) 後, 冷蔵保存して用いた。

(ウ) 下水処理水

多摩川水系のA処理場の2次処理水を図1に示した限界ろ過法によって, 分子量によって4つの画分に分けた。用いた装置は, 東洋科学産業株式会社製限外ろ過器UHP-90型で, ろ紙も同社製である。

(エ) アミノ酸

表2に示したアミノ酸の 1~10 mg/l (Nとして) 溶液を作成し, ろ過 (GF/C) によって滅菌した。

(オ) 接種藻類

純粋培養は, 前培養し対数増殖期にある *Selenastrum capricornutum* と *Chlorella* sp. を用いた。また, 混合培養 (AGPM) には, 多摩川中央道下で採取した河川水を7~10日間実験時と同条件下で前培養したものをを用いた。この時優先的に存在した藻類は, *Nitzschia palea* と *Nitzschia* sp. であった。

(2) 方法

(ア) 試験水の作成と接種

(1)で調整した培地と河川水をそのまま試験水とした。分画した下水処理水は 1 ml または 10 ml を培地に加え, 100 ml としたものを, アミノ酸については N として 0.1 mg/l とする様培地で希釈したものを試験水とした。試験水は同一条件のものを2個ずつ作り, 500 ml 三角フラスコに入れ, 常法に従って接種を行った。

(イ) 培養条件

温度: 27~28°C

表1 培地

化合物	濃度 (mg/l)
NaNO ₃	99.2
K ₂ HPO ₄	7.8
MgSO ₄ · 7H ₂ O	15.0
CaCl ₂ · 2H ₂ O	7.2
Na ₂ CO ₃	4.0
Na ₂ CO ₃ SiO ₃ · 9H ₂ O	11.6
FeCl ₃	0.97

表2 アミノ酸

慣用名	構造式
セリン	HOCH ₂ CH(NH ₂)COOH
β-アラニン	NH ₂ CH ₂ CH ₂ COOH
プロリン	NH ₂ CH(COOH)CH ₂ CH ₂ CH ₂
アルギニン	NH ₂ C(NH)NH(CH ₂) ₃ CH(NH ₂)COOH
メチオニン	CH ₃ S(CH ₂) ₂ CH(NH ₂)COOH
ヒスチジン	NHCH(NHCCH ₂ CH ₂ NH ₂)COOH
フェニルアラニン	C ₆ H ₅ CH ₂ CH(NH ₂)COOH
ロイシン	NH ₂ (CH ₂) ₄ CH(NH ₂)COOH
トリプトファン	C ₆ H ₄ NHCH ₂ CCH ₂ CH(NH ₂)COOH
シスチン	[SCH ₂ CH ₂ (NH ₂)COOH] ₂

照明：白色けい光灯を用い，設定照度は

4,000 ± 400 ルクスで，全期間明条件

振とう：90回転/分の回転式振とう

(ウ) 藻類増殖量の測定

原則として10~14時間おきに，培養液を10mlずつ分取し，純粋培養の場合はそのまま，混合培養の場合は，約5秒間超音波をかけて均一に分散した後，コールターカウンターモデルZBI, MCV/Hct/RBC コンピューターモデルMHR付 (COULTER ELECTRONICS, INC.) でプランクトンの平均細胞容積と数を計測した。

(エ) 最大比増殖速度の測定

(ウ)で得られたプランクトン数と平均細胞容積を乗じて全細胞容積を求め，各時間毎の全細胞容量/mlを片対数グラフにプロットし初期増殖線を描く。直線領域の2点を下式に代入し，最大比増殖速度(μ)を求める。⁵⁾

ここで X₂ = ある期間の終りの全細胞容積/ml

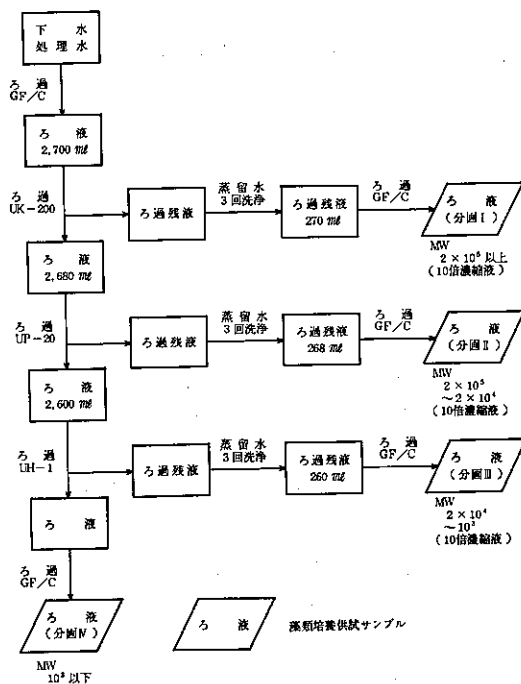


図1 下水処理水の分子量分画手順

$$\mu = \frac{\ln(X_2/X_1)}{t_2 - t_1} \text{ day}^{-1}$$

X₁ = ある期間の始めの全細胞容積/ml

t₂ - t₁ = 培養期間

3 結果と考察

用いた検水の水質検査結果を表3と表4に示す。

(1) 多摩川河川水の最大比増殖速度

河川水の最大比増殖速度を図2に示す。図から解る様に前報で報告したAGPやAGPMと同様に上流部の羽村に比較して中流部の中央自動車道下や田園調布堰上の河川水の最大比増殖速度は著しく高かった。この事は，流下の途中で流入する下水処理水や家庭排水等にこれらの藻類の増殖を促進する物質が含まれている事を示している。また中央自動車道下と下流の田園調布堰上の速度を比較してみると *Selenastrum capricornutum* と多摩川河川水接種の場合には下流の方が高かったが，*Chlorella* sp. の場合にはむしろ下流

の方がやゝ低かった。これは、中央自動車道下に比較して田園調布堰上の河川水の中に *Selenastrum capricornutum* や *Nitzschia* spp. に対する増殖促進物質の量が多いが、*Chlorella* sp. に対する増殖促進物

表3. 検水の水質分析結果 (1)多摩川

地点	PO ₄ -P mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l
羽村堰	0.02	0.01	0.01	0.06
中央自動車道下	0.71	1.51	0.28	3.75
田園調布堰上	0.27	0.82	0.10	1.35

表4. 検水の水質分析結果 (2)下水2次処理水

分子量	PO ₄ -P mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	TOC mg/l
> 2 × 10 ⁵	-	-	-	-	13
2 × 10 ⁵ ~ 2 × 10 ⁴	-	-	-	-	0.7
2 × 10 ⁴ ~ 10 ³	-	-	-	-	9.5
10 ³ >	1.3	7.1	0.10	0.45	1.7

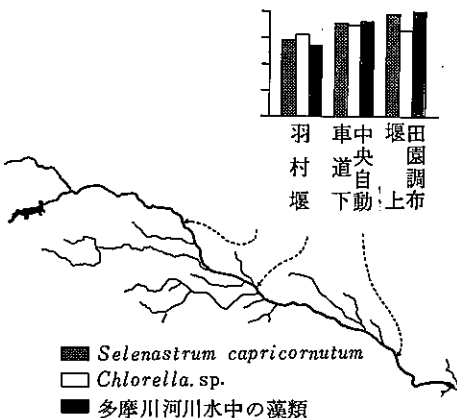


図2 多摩川河川水の最大比増殖速度

質の量が少ないか、むしろ抑制する物質の量が増加しているためかもしれない。

(2) 下水処理水中の成分が藻類の最大比増殖速度におよぼす影響

図3に各分画を1または10ml添加した際の最大比増殖速度を示した。下水処理水のどの分画を添加した場合も促進効果がみられ、下水の処理水が多摩川の富栄養化に大きな影響を与えている事が解る。また分画別に促進効果を比較してみると、*Selenastrum capricornutum* では分子量が $2 \times 10^4 \sim 10^3$ と 10^3 以下の分画でその効果が大きかった。*Chlorella* sp. では分子量が 10^3 以上の分画では、どの分画でも余り差がなかったが、 10^3 以下の分画では大きな促進効果がみられた。 10^3 以下の分画には無機イオンも含まれている為、この促進効果が有機物質によるものか、金属イオン等によるものかこの結果だけでは解らない。

一方、文献によると下水の2次処理水を *Selenastrum capricornutum* と *Anabaena flos-aquae* の培養系に添加した場合に藻類の生長を促進するか否か、促進するとすればどの程度かを調べた結果、分子量3万

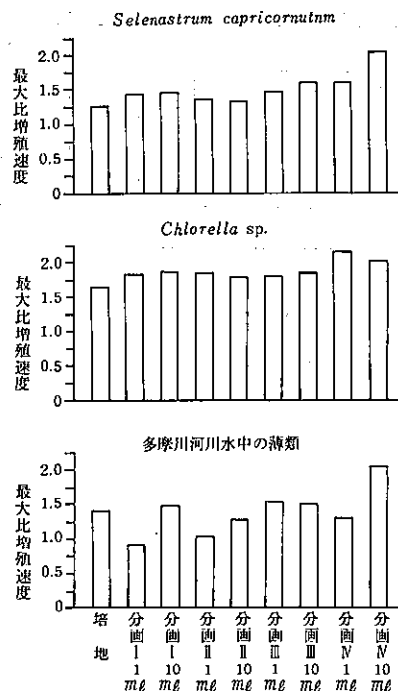


図3 下水処理水各分画添加時の最大比増殖速度

以上の有機物が最も大きな促進効果を持つことが明らかにされている。⁶⁾ この結果は我々の結果と一致しないが、分子量が約1,000の分画も若干の促進効果があった事も同論文では述べられている。下水処理水の効果については今後更に詳しい実験が必要であろう。

(3) アミノ酸が藻類の最大比増殖速度に及ぼす影響結果を表5に示したが、促進効果を示しているものとむしろ抑制効果を示していると思われるものもあり、その傾向も2種の藻類によって必ずしも一致していない。現在、これらの点の解明についても実験を継続中である。

表5 アミノ酸添加時の最大比増殖速度

	Se	Ch
無添加	1.28	1.65
セリン	1.26 1.12	1.58
β -アラニン	1.29	1.91 1.66
プロニン	1.40 1.34	1.67
アルギニン	1.48	1.99
メチオニン	1.19	1.62
ヒスチジン	1.30	1.52
フェニルアラニン	1.34	1.69
ロイシン	1.20	1.69
トリプトファン	1.27	1.78
シスチン	1.19	1.80

4 おわりに

今回の多摩川河川水の最大比増殖速度の測定によ

て多摩川の中流部は上流に比較して単位時間あたりの藻類の生産量はかなり多く、流水域であるにも拘らず富栄養化はかなり進行している事が解った。そして下水の処理水の流入は、その促進要因の1つであり、今回の実験では、分子量の小さい画分の寄与率が最も大きかった。

今後、河川等の富栄養化を防止するためには、最も大きな汚染源と考えられる下水処理水の影響等について、更に検討を行い、排水から全リン、全窒素の除去だけでなく、促進物質を除去していく事も考えていく必要がある。

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八木修身博士および須藤隆一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—AGPによる多摩川富栄養化の評価，東京都公害研究所年報，1982，103.
- 2) 若林明子・菊地幹夫：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，東京都公害研究所年報，1982，109.
- 3) 本城凡夫：博多湾における赤潮発生機構に関する研究IV，赤潮発生期の内湾環境と発生要因，東海水研報，79，77(1974).
- 4) 日本水産資源保護協会：赤潮に関する近年の知見と研究の問題点(1980).
- 5) 環境庁企画調整局研究調整課：環境測定分析参考資料〔第4分冊〕，163(1978).
- 6) G. E. Glass，生物指標実験法，講談社，219(1974).