

河川の浄化に関する研究 —そのIV—

— A G P による多摩川の富栄養化の評価 —

菊地 幹夫 若林 明子 須藤 隆一
(国立公害研究所)

1 はじめに

昭和54年度における多摩川中流部国立堰付近および多摩川支川野川の水質調査の結果から、これらの水域では栄養塩類濃度が高く、溶存酸素濃度・pHは日中高く夜間低いことがわかり¹⁾、また多量の付着藻類の増殖が認められた。この付着藻類は剥離によって河川水中に移行し、浮遊物質量やCOD等を高めると同時に沈降して底質を悪化させる。そこで付着藻類の増殖(流水の富栄養化)が水質に与える影響を研究する一環として、AGP(Algal Growth Potential, 藻類生産の潜在能力)を富栄養化の評価指標として用いて多摩川中流部の水質の評価をおこなったので報告する。

AGPは、最適条件下での藻類の最大増殖量(乾燥重量, mg/l)であり、また、AGPの測定には、米国をはじめとして世界各国で下記の理由により *Selenastrum capricornutum* が標準種として推奨されている。²⁾

- ① 貧栄養から富栄養までの広範囲の試水で増殖可能である。
- ② 環境条件による形態変化が少ない。
- ③ 凝集しにくい。
- ④ 培養が容易で安定した増殖が得られる。

しかしその反面、*Selenastrum capricornutum* は微量の重金属等によって増殖阻害を受けやすい。従って本研究では、供試藻類として通常 *Selenastrum capricornutum* を用い、排水のAGPの測定にはこの他に汚水性の藻類である *Chlorella* sp. も合わせて用いた。

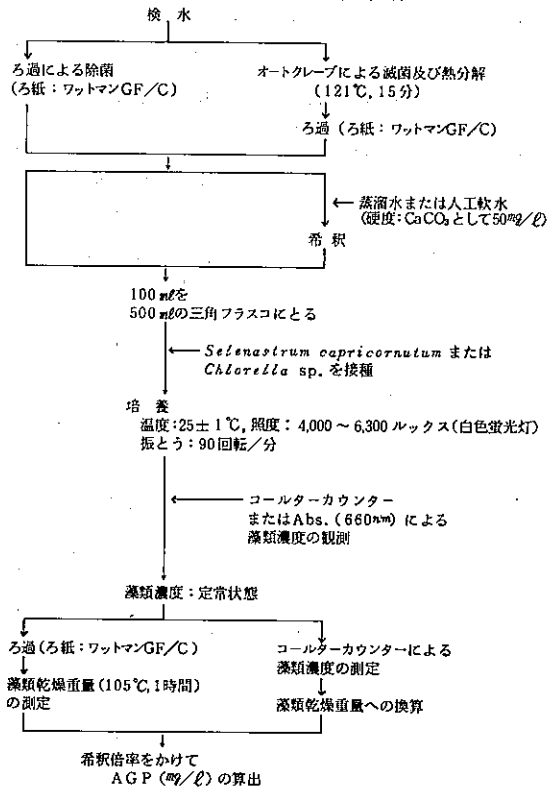
2 実験

検水の化学分析は前報¹⁾の方法、またはオートアナライザー(日本テクニコン株式会社)でおこなった。

AGPの測定手順を図1に示した。前処理にはろ過法とオートクレーブによる熱分解・ろ過法とを併用し

た。検水は必要に応じて希釈した後培養に供した。なお、前処理および培養はすべて無菌下でおこなった。

図1 AGPの測定手順



3 結果

検水の化学分析結果を表1~2に示した。

(1) AGPの測定についての基礎的検討

ア 藻類の増殖曲線

図2に、希釈河川水または河川水中での *Selenastrum capricornutum* の増殖の様子を示した。いずれの場合でも、対数増殖期は3~4日で終り、藻類濃度は十数日で定常になった。

表1 検水の水質分析結果(1)多摩川

採水日時	地点	前処理	PO ₄ -P mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	
1980年7月7日 11時	羽村堰	F	0.03	0.03	0.00	0.64	
		A	0.03	0.04	0.00	0.66	
	9時30分	中央自動車道下	F	0.48	0.90	0.34	2.1
		A	0.48	0.82	0.34	2.1	
10時30分	田園調布堰上	A	0.47	1.8	0.32	2.47	
1981年2月23日	11時	羽村堰	F	0.01	0.07	0.00	0.37
	14時	中央自動車道下	F	1.4	3.8	0.20	4.9
	15時	田園調布堰上	F	0.87	6.5	0.11	2.7
1981年3月30日	10時	田園調布堰上	F	0.55	3.9	0.27	3.0
1981年5月12日	10時	田園調布堰上	F	-	-	-	-
1981年6月10日	13時	羽村堰	F	0.02	0.02	0.00	0.15
	11時	中央自動車道下	F	0.94	2.5	0.36	2.5
	15時	田園調布堰上	F	0.66	3.3	0.37	2.0
1981年7月13日	12時	中央自動車道下	F	0.71	1.3	0.33	2.8
	14時	田園調布堰上	F	0.62	1.2	0.33	2.1
1981年8月4日	11時	中央自動車道下	F	0.59	1.1	0.25	2.8
	13時	田園調布堰上	F	0.41	1.2	0.33	2.7

前処理：F（ろ過），A（オートクレーブにかけた後ろ過）

表2 検水の水質分析結果(2)下水処理場及びし尿処理場

採水日時	場所	前処理	PO ₄ -P mg/l	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l	
1980年7月7日 10時30分	A 下水処理場	流入水	F	3.5	20	0.00	0.00
			A	2.0	18	0.01	0.00
		2次処理水	F	3.0	2.4	0.06	9.1
			A	1.9	1.8	0.06	9.3
	B 下水処理場	流入水	F	0.45	7.2	0.02	0.00
			A	0.59	7.5	0.02	0.00
2次処理水		F	0.52	8.9	2.0	0.26	
		A	0.50	8.9	2.0	0.30	
1981年2月23日 13時	C し尿処理場	処理水	F	5.7	9.5	0.30	23

前処理：F（ろ過），A（オートクレーブにかけた後ろ過）

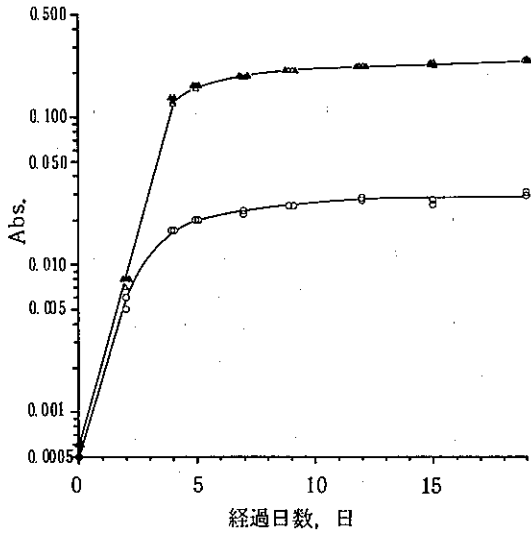


図2 *Selenastrum capricornutum* の増殖曲線

検水：○—○ 多摩川羽村堰
 △—△ 多摩川中央自動車道下(3.33倍希釈)
 ▲—▲ 多摩川田園調布堰上(3.33倍希釈)
 採水：1981年6月10日
 前処理：ろ過

イ AGPの測定値の再現性

AGPの測定値の精度は表3のとおりとなり、データの再現性は良好であった。

表3 AGPの測定値の再現性

採水地点	AGP, mg/l
多摩川 羽 村 堰	11, 11, 9, 13, 11 (11±1)
中央自動車道下	190, 200, 210, 210, (200±8)
田園調布堰上	210, 210, 210, 230, (220±9)

() 内の数値は平均値±標準偏差を示す。

採水：1981年6月10日
 前処理：ろ過
 羽村堰はそのまま、他は3.33倍に希釈して測定した。
 供試藻類：*Selenastrum capricornutum*

ウ 希釈倍率によるAGPの変動

表4に示したように、AGPの値が高い場合には希釈しないと値がやや小さくなることもあるが、通常、希釈倍率によってほとんど変動しなかった。

表4 AGP測定に及ぼす希釈の影響

希釈倍率	採水年月日			
	1981.2.23	1981.3.30	1981.5.12	1981.6.10
1	410	190	260	190
3.33	490	200	260	210
10	580	—	230	210

単位：mg/l

採水地点：多摩川田園調布堰上

前処理：ろ過

供試藻類：*Selenastrum capricornutum*

エ 浮遊物質と吸光度との関係

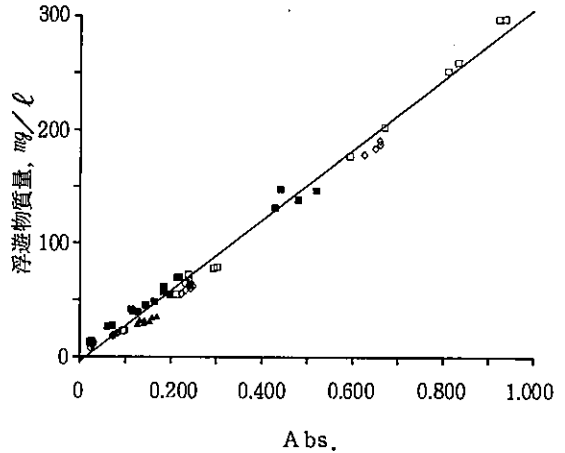


図3 浮遊物質濃度と吸光度(Abs.)との関係

$$\text{浮遊物質濃度 (mg/l)} = 312 \times \text{Abs.} - 5.41$$

n : 61

r : 0.994

図3に示したように、浮遊物質量で表わした藻類濃度と吸光度(濁度, 660nm)の間には良好な相関があった。

オ 前処理

前処理にはろ過法とオートクレーブによる熱分解・ろ過法とを用いたが(表5), AGPにおよぼす影響には必ずしも一定の傾向はなかった。

カ 供試藻類の種類がちがいによるAGPの変化

AGPの値は供試藻類の種類によっても異なった。(表5)

表5 AGPに及ぼす前処理と藻類の種類の影響

検水	前処理	AGP, mg/l		
		<i>Selenastrum capricornutum</i>	<i>Chlorella</i> sp.	
*1 多摩川 羽村堰 中央自動車道下	F	21	-	
	A	23	-	
	F	66	-	
	A	120	-	
*1 A 下水処理場 生下水 2次処理水	F	610	1,500	
	A	630	1,500	
	F	400	830	
	A	350	350	
	*1 B 下水処理場 生下水 2次処理場	F	350	-
		A	380	900
F		470	1,200	
A	410	650		
*2 C 屎尿処理場 処理水	F	1,500	1,900	

採水: *1 1980年7月7日 *2 1981年2月23日
前処理: F(ろ過), A(オートクレーブにかけた後ろ過)

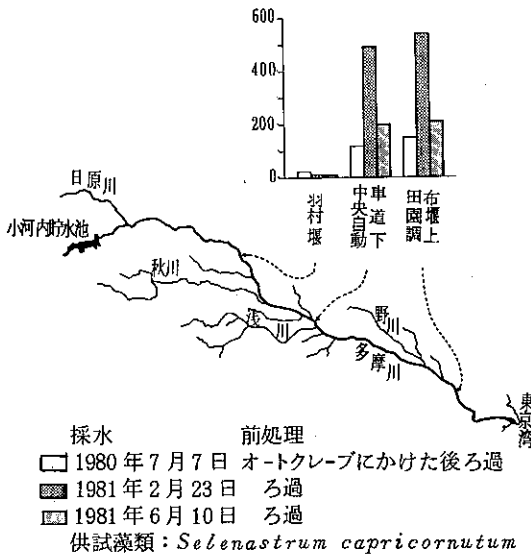


図4 多摩川のAGP

(2) 多摩川のAGP

図4に多摩川のAGPの測定結果を示す。上流部の羽村堰ではAGPは11~23mg/lであるが、中流部の中央自動車道下や田園調布堰上では著しく高く、120~540mg/lであった。

(3) 下水の河川への流入とAGPへの寄与

生下水のAGPは, *Selenastrum capricornutum*を用いた場合360~630mg/lと非常に高く、また処理水のAGPも350~470mg/lと高かった。羽村堰の検水に下水を添加してAGPを測定すると図5のようになり、羽村堰の河川水に生下水あるいは下水2次処理水が約10%混入すると中央自動車道下のAGPに近い値を示すことがわかった。

(4) 藻類増殖の制限因子

原水にNO₃-NとPO₄-Pをそれぞれ2.0mg/l, 0.10mg/lとなるように添加してAGPを測定すると図6のようになった。図から、1980年7月7日の羽村堰の検水ではN, Pが共に、また中央自動車道下の検水ではNが、藻類の最大増殖量を制限していることが明らかになった。

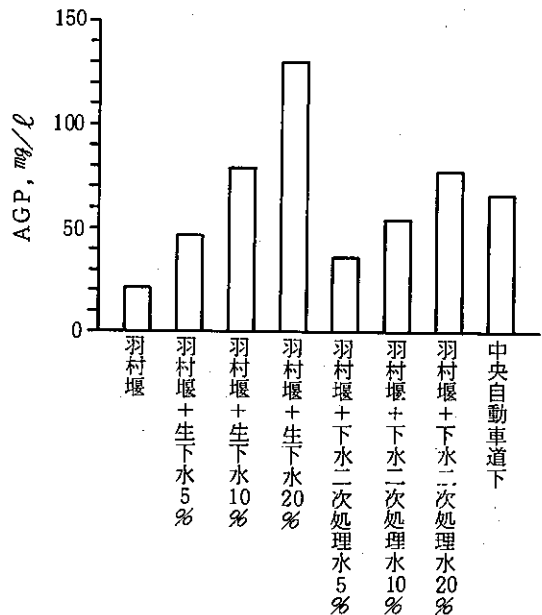
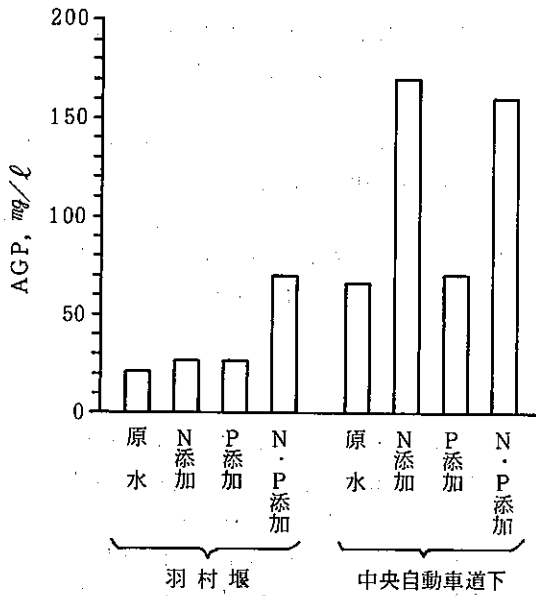


図5 多摩川のAGPにおよぼす下水の影響

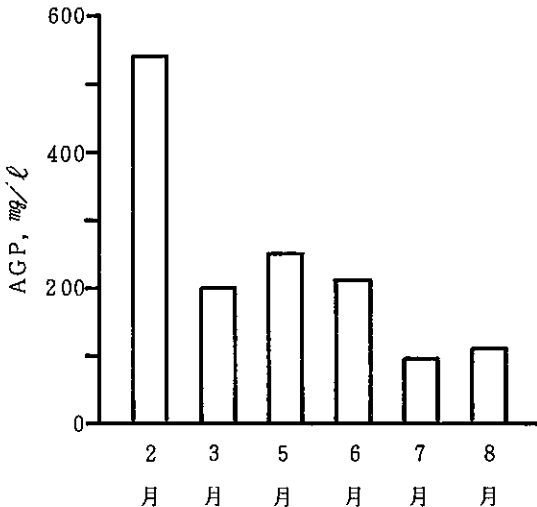


採水：1980年7月7日
 前処理：ろ過
 供試藻類：*Selenastrum capricornutum*

図6 藻類増殖の制限因子

(5) AGPの季節変動

AGPが採水月によってどう変動しているかを図7に示した。AGPは冬に高く夏に低い傾向があった。



採水：1981年 田園調布堰上
 前処理：ろ過
 供試藻類：*Selenastrum capricornutum*

図7 AGPの季節変動

4 考 察

AGPの測定についての基礎的検討結果から、次のようにしてAGPを測定することとした。

① 個々の実験において、藻類濃度が定常に達したことを吸光度(660nm)で確認してから培養を終了させる。

② 図3の結果から、浮遊物質量の測定にかえて吸光度を測定してもよいことがわかったが、当面は浮遊物質量を測定するかまたは浮遊物質量との相関が非常によいことがわかっている²⁾コーンターカウンターによる細胞数の計測を利用する。

③ 実験は、無希釈および2~3段階の希釈下で各々ダブルで行ない、その平均値でAGPを表わすことを原則とする。

④ 前処理としてろ過法を用いた場合には浮遊物質中に含まれる栄養塩類等はAGPには寄与しないが、オートクレーブによる熱分解・ろ過法を前処理として用いると、浮遊物質中の栄養塩類等の一部は溶出しAGPに寄与すると報告されている²⁾。しかし今回の実験ではこの二法での比較データに必ずしも一定の傾向は見い出せなかったため、前処理としては主にろ過法を用い、オートクレーブによる熱分解・ろ過法を併用する。

⑤ AGPのデータの相互比較は、同一の藻類を用いて行う。

AGPは希釈下で測定してもその値がほとんど変動しないが、このことは、AGPが水質をよく反映すること、つまりAGPは藻類の増殖に利用可能な栄養塩類濃度を示す指標であることを意味する。

そこでAGPを用いて多摩川の水質を評価すると、中流部の中央自動車道下や田園調布堰上では上流部の羽村堰と比べて富栄養化が著しく進行していることが明らかになった。これは、中流部では上流部と比べて栄養塩類濃度が著しく高くなっていること、および中流部の国立堰付近で日中溶存酸素濃度やpHが高くなる¹⁾こと、中央自動車道下等では多量の付着藻類の増殖が観察されたこと等ともよい一致を示した。

生下水および下水2次処理水のAGPが著しく高く、下水を2次処理してもAGPは大きくは下げられないこと、および、羽村堰の検水に約10%の生下水または下水2次処理水を添加すると中央自動車道下の検水のAGPに近い値になったことなどから、多摩川中流部でAGPが高くなる原因の1つとしてこの水域への

生水および下水処理水の流入があげられる。また、現行の下水の2次処理はAGPの低下の面からつまり富栄養化の防止という点ではあまり効果的とは言えないことがわかった。

5 おわりに

AGPは最適条件下で達しうる最大の藻類濃度であるので、AGPは藻類に利用可能な栄養塩類等の濃度を示す指標ともなる。従ってAGPの測定は、

- ① 富栄養化の進行状況
- ② 公共用水域に排出される排水が富栄養化の促進にどの程度寄与しているか。
- ③ 排水処理によってその排水の富栄養化への寄与をどの程度下げられるか。
- ④ 藻類増殖の制限因子は何であるか
などの解明に有力な手法である。しかしまたAGPの測定は、
 - ① 純粋培養のための複雑な操作が必要である。
 - ② ある藻類を用いて測られたAGPはその藻類の増殖の指標とはなるが、その藻類と栄養要求性が異なる藻類の増殖の指標とはならない。従って特定の水域を

対象とした場合、その水域で優先種になるか、問題となっている藻類を選ぶことが必要なことである。

- ③ AGPは最大増殖量であるので、その水域での藻類の一次生産の現況とは必ずしも一致しない。などの特徴も持っている。従って、流水の富栄養化が水質に与える影響を評価するためには、今後付着藻類の現存量の測定や一次生産力の測定等をしてゆくことが必要である。

参 考 文 献

- 1) 曾田京三ほか：河川の浄化に関する研究—そのI—汚濁物質の浄化効果等に関する調査の結果について、東京都公害研究所年報，1981，127.
- 2) 須藤隆一ほか：陸水域の富栄養化に関する総合研究(X)藻類の培養試験法によるAGPの測定，国立公害研究所研究報告，第26号(1981).
- 3) 須藤隆一：陸水域のモニタリング 富栄養化におよぼす排水の影響，環境情報科学，5(2)，23(1976).
- 4) 岡田光正，須藤隆一：AGPをめぐる諸問題，用水と廃水，20，765(1978).