

河川の富栄養化に関する研究 (その2) ——神田川水系 AGP 測定結果——

津久井 公昭 山崎 正夫

要 旨

神田川水系3河川(神田川, 善福寺川及び妙正寺川)のAGPを測定した。その結果, 次のことが判明した。

- ① AGPが1mg/l程度の低濃度地点と200~400mg/lの高濃度地点に二分され, これらの中間濃度の地点がほとんどない。
- ② 低濃度地点は, 神田川の上流部, 善福寺川下流部及び妙正寺川である。
- ③ 高濃度地点は, 上流部を除いた神田川の全域であり, 下水処理水の流入が原因である。

1 はじめに

富栄養化は, 主として湖沼, 海域等の閉鎖性水域で問題になっている。しかし, 地下水にも硝酸性窒素が含まれていることが多く, 池の浄化に使いにくいなど, 富栄養化は, 水域全体の問題である。河川での問題としては付着藻類の異常増殖などがあげられるが, 一般的に河川の水質の特性を把握する上でも, 富栄養化因子は, 欠かすことのできない項目と考えられる。現在, 水域の富栄養化の評価は, 窒素, リン等の栄養塩類で行なわれているが, AGP (Algal Growth Potential 藻類生産潜在能

力) によって, より総合的な評価が出来るのではないかと考える。AGPは, 生物検定法であり, 一般の人々にも, 感覚的になじみやすい。都内河川のAGPに関しては, その一部についてはすでに報告をしたが^{1) 2)}, ここでは, 神田川水系のAGP測定結果について報告する。

現在の下水道における排水処理は, 有機物を除去することを主たる目的としているため, BODは低減しても, 栄養塩類の窒素, リンについては十分には除去されていない。そのため, 下水処理水は放流先の河川の富栄養化の原因となっている。神田川は, 井の頭池から発し, 隅

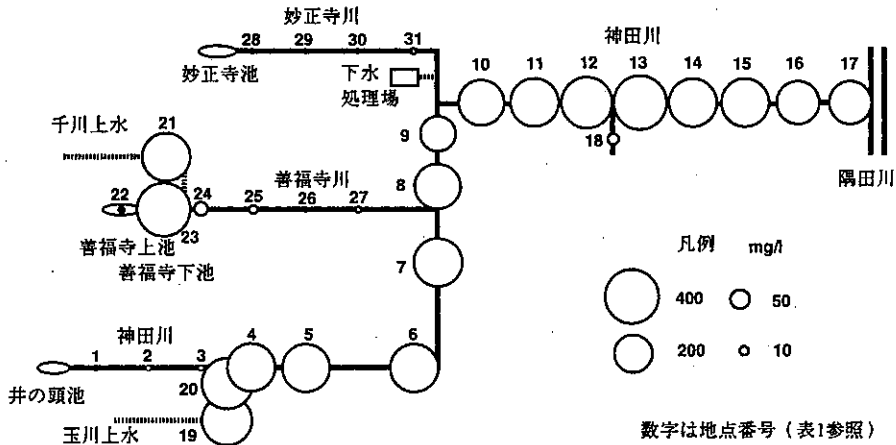


図1 AGP測定結果

表1 AGP 測定結果

地点番号	河川	地点	AGP	PO ₄ -P	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	I-N
1	神田川	神田橋	1	0.00	0.05	0.01	7.31	7.37
2		宮下橋	< 1	0.00	0.03	0.02	7.24	7.29
3		あづま橋	< 1	0.00	0.02	0.01	7.69	7.72
4		池袋橋	319	0.49	1.02	0.26	10.3	11.6
5		乙女橋	316	0.48	1.62	0.28	10.5	12.4
6		弁天橋	312	0.48	1.81	0.32	9.67	11.8
7		向田橋	322	0.47	1.76	0.34	9.71	11.8
8		南小瀧橋	290	0.28	1.67	0.23	7.96	9.86
9		久保前橋	173	0.24	1.35	0.24	7.83	9.42
10		高戸橋	295	0.33	12.2	0.47	2.05	14.7
11		駒塚橋	311	0.40	11.4	0.40	2.66	14.5
12		白鳥橋	352	0.53	10.9	0.35	2.64	13.9
13		飯田橋	395	0.44	13.7	0.41	2.26	16.4
14		お茶ノ水橋	309	0.38	13.1	0.44	1.98	15.5
15		昌平橋	340	0.37	12.3	0.45	1.93	14.7
16		左衛門橋	268	0.33	9.72	0.45	1.75	11.9
17		洗車橋	242	0.32	9.64	0.44	1.67	11.8
18		牛込橋	7	0.00	1.02	0.08	1.60	2.70
19	玉川上水	浅間橋	362	0.79	1.73	0.38	11.6	13.7
20		高井戸	375	0.81	1.75	0.39	11.9	14.0
21	千川	千川	306	0.85	2.76	0.38	11.6	14.8
22	善福寺川	善福寺上池	1	0.00	0.19	0.00	0.01	0.20
23		善福寺下池	384	0.84	2.47	0.34	11.6	14.4
24		井荻橋	30	0.00	0.14	0.04	9.30	9.48
25		秩窪橋	9	0.00	0.03	0.04	8.58	8.65
26		尾崎橋	1	0.00	0.02	0.05	7.93	8.00
27		堀の内橋	4	0.00	0.01	0.05	7.31	7.37
28	妙正寺川	松下橋	1	0.00	0.00	0.01	4.01	4.02
29		三谷橋	1	0.00	0.00	0.00	7.12	7.12
30		天神橋	1	0.00	0.00	0.01	6.27	6.28
31		四村橋	< 1	0.00	0.01	0.01	6.00	6.00

田川に合流するまで延長24.6km, 市街地を流れる典型的な都市河川である。途中, 善福寺川と妙正寺川が合流する。これらの河川に3地点で, 下水処理水が流入している。神田川の上流部の高井戸地点で, 下水処理水を活用して復活した玉川上水の水が流入する。善福寺川には, 玉川上水の分流である千川上水の水が導水されている。妙正寺川には, 神田川との合流前に下水処理場の放流水が流入する。(表1及び図1参照のこと。) このように神田川は, 下水処理水の影響を強く受け, 富栄養化が進んでいる。

2 調査方法及びAGP 測定方法

(1) 調査地点

神田川水系31地点(表1及び図1参照のこと。)

(2) 調査日

1991年2月14日

(3) AGP 測定方法

培養は無菌培養とした。測定的主要条件は以下のとおりである。

- ① 藻種: *Selenastrum capricornutum* (国立環境研究所微生物系統保存施設より入手)
 - ② 試料の保存及び前処理: 試料は, 採取後速やかにGF/Cでろ過し, 分析まで凍結保存した。分析時に解凍し, その一部で窒素及びりん分析を行った。
無菌ろ過はナルゲンフィルターウエア CN 0.2µmを使用して行った。
 - ③ 培養容器: 500ml 三角フラスコ(シリコセン・キャップ使用)
 - ④ 培養液量: 200ml
 - ⑤ 培養温度: 25℃
 - ⑥ 照明: 4000ルクス(12時間毎明暗)
 - ⑦ 振とう: 90 rpm
 - ⑧ 培養期間: 約2週間
 - ⑨ 増殖量の測定: 増殖の進行をパーティクル・カウンターを使用して, 細胞容量で確認する。増殖がほぼ終了した段階で, SSとして秤量して, 増殖量を測定する。
- (4) 分析項目及び方法

窒素化合物は、アンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) を、りん化合物は、りん酸性りん ($\text{PO}_4\text{-P}$) を、いずれもオートアナライザーによる自動分析法で分析した。なお、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ の合計を無機性窒素 (I-N) とした。

3 結果と考察

(1) 神田川水系の AGP

AGP の測定結果を表 1 と図 1 に示す。全体として、AGP が 1mg/l 程度あるいはそれ以下の低濃度地点と $200\sim 400\text{mg/l}$ の高濃度地点に大きく二分され、これらの中間濃度の地点は少ない。これは、下水処理水の流入によって、AGP が一挙に上昇するためである。

神田川の上流部において、あづま橋 (St.3) までは、AGP 1mg/l 以下であるが、池袋橋 (St.4) 以降では、AGP は 300mg/l 台に急上昇する。あづま橋下流の高井戸 (St.20) 地点で、玉川上水の水が流入しており、これが AGP 急上昇の原因である。あづま橋と池袋橋で

$\text{PO}_4\text{-P}$ について比較してみると、検出限界以下の 0.00mg/l から 0.49mg/l に上昇している。I-N は、 7.72mg/l から 11.6mg/l へ増加しているが、すでにあづま橋で十分にあり、この地点での AGP の急上昇は、りん酸性りんの増加が原因と見ることができる。神田川の AGP は、池袋橋以降、隅田川の合流点まで、最低で久保前橋 (St.9) の 173mg/l 、最高は飯田橋 (St.13) の 395mg/l とかなり高い値を示している。

善福寺池では、上池 (St.22) の AGP は、 1mg/l であるが、下池 (St.23) では 384mg/l と大きな値をみせる。池の富栄養化状況の一端が見受けられる。善福寺池は、いっ水量が少ないため、善福寺川の水質にそれほど影響しないものと思われる。善福寺川には、最上流部から千川上水の水が導水されている。千川上水 (St.21) の AGP は、 306mg/l である。善福寺川の AGP は、井荻橋 (St.24) の 30mg/l を最高に、荻窪橋 (St.25) で 9mg/l 、尾崎橋 (St.26) で 1mg/l と流下するにつれ低下してゆく。これは、主として善福寺川の豊富な湧水で希釈されたためと考えられる。なお、千川上水通水後の調査

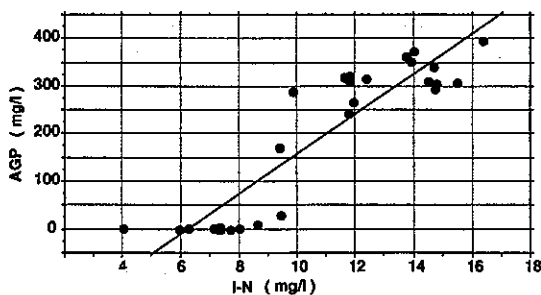


図 2-① IN と AGP の相関

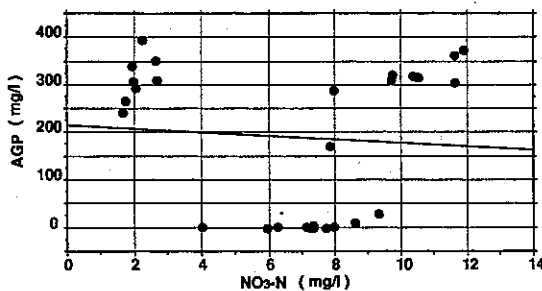


図 2-③ $\text{NO}_3\text{-N}$ と AGP の相関

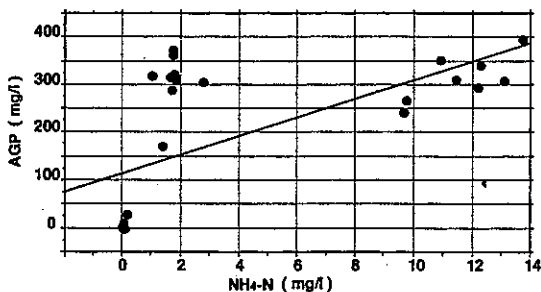


図 2-② $\text{NH}_4\text{-N}$ と AGP の相関

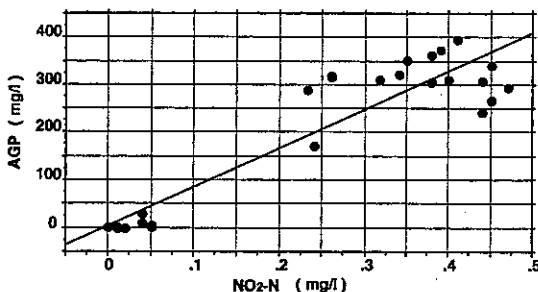


図 2-④ $\text{NO}_2\text{-N}$ と AGP の相関

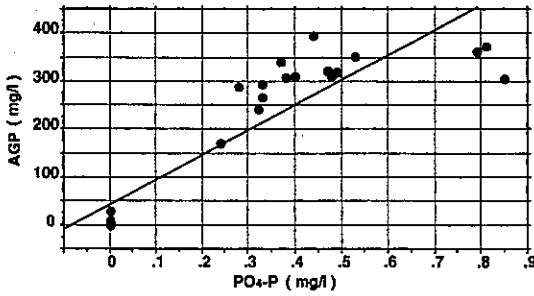


図2-⑤ PO₄-P と AGP の相関

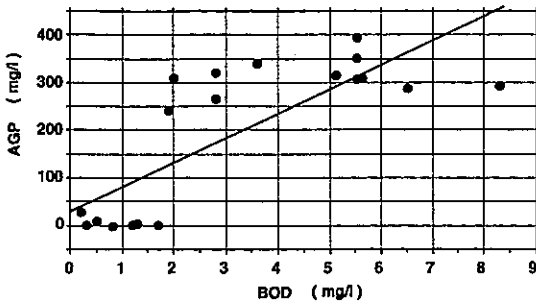


図3-① BOD と AGP の相関

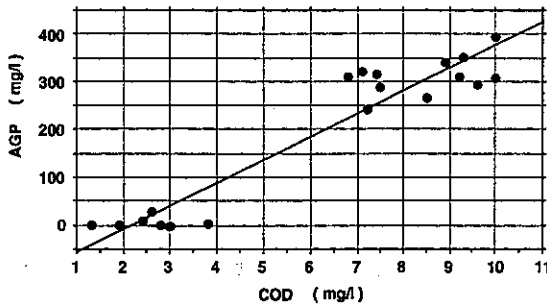


図3-② COD と AGP の相関

では、千川上水の AGP は 296mg/l であり、尾崎橋では、146mg/l と半減しただけであったので、善福寺川での AGP の低下は、時期によってかなり変動するものと見られる。

妙正寺川の AGP は、1 mg/l がそれ以下である。妙正寺川が神田川と合流する前に、下水処理場の放流水が入ってくる。このため、すでに富栄養化はしているが、合流点以降の神田川は、高戸橋から昌平橋 (St. 15) ま

で、AGP が 300~400mg/l の高値を示す。

以上を取りまとめると、神田川の AGP は、1 mg/l 程度の低濃度地点と 200~400mg/l の高濃度地点に大きく二分される。低濃度地点は、下水処理水の流入のない神田川の上流部と妙正寺川である。高濃度地点は、下水処理水の流入する、上流部を除いた神田川の全域である。善福寺川では、最上流部で下水処理水の流入があるが、流下過程で AGP の減少を示す。

(2) AGP と栄養塩類

AGP と栄養塩類の関係を見るために、AGP に対して、窒素とりん (I-N, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N 及び PO₄-P) の相関をとった。(善福寺上池、下池及び牛込橋 (St. 18) の3地点は池ということで除いた。) その結果を図2の①~⑤に示す。AGP は、NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N 三者を合計した I-N と強い相関がある (相関係数 $r = 0.912$)。I-N と比較して、NH₄-N の相関は低くなる ($r = 0.629$)。NO₃-N については、相関は認められない。 ($r = -0.077$)。玉川上水の水は、NH₄-N が少なく、NO₃-N が多い。逆に、妙正寺川に入る下水処理場の放流水は、NH₄-N が多く、NO₃-N が少ない。AGP は、これらの合計の I-N に対応する。前者系の乙女橋 (St. 5) と後者系の昌平橋 (St. 15) の AGP 測定終了後の検水では、両者とも、NH₄-N と NO₃-N の両方が、ほとんど消費されていて、残留していなかった。(なお、PO₄-P についても残留なしであった。) NO₂-N も AGP に強い相関を示している ($r = 0.931$) が、量的に少ないため、その影響は少ないはずである。PO₄-P については、AGP と強い相関を示す ($r = 0.903$)。上述の結果から、AGP が窒素、りんと強く関係していることは、明らかである。

(3) AGP と河川の汚濁

河川の一般的汚濁状況と対比するために、AGP に対して BOD 及び COD との相関を見た。(同じ検水の測定である。測定値がない、池である等の理由で St. 1, 3, 4, 18~23 の各地点は除いた。) 結果を図3の①, ②に示す。AGP は、COD と高い相関を示す ($r = 0.953$)。これに比べて、AGP と BOD との相関は低い ($r = 0.514$)。神田川は、下水処理水の影響を強く受けている河川である。BOD には、NH₄-N に由来して、その存在量には必ずしも比例しない N-BOD の問題があるのに対し、COD は、残留する有機物を表し、その点で、残留する栄

養塩類にもとづく AGP に高い相関を示したものではないかと考えられる。

4 まとめ

河川の富栄養化の評価として、窒素、りんの化学的分析だけでなく、生物検定法である AGP の導入を考え、神田川水系 3 河川（神田川、善福寺川及び妙正寺川）の AGP を測定した。その結果は、次のとおりである。

① AGP が 1 mg/l 程度の低濃度地点と 200~400 mg/l の高濃度地点に二分され、これらの中濃度の地点はほとんどない。

② 低濃度地点は、神田川の上流部、善福寺川下流部及び妙正寺川である。

③ 高濃度地点は、上流部を除いた神田川の全域であり、下水処理水の流入が原因である。

今回の調査の結果からも、AGP 測定によって、総合的で、簡明な、一般の人にも分かりやすい河川の富栄養化の評価ができたと考える。

AGP を測定した試料は、神田川水系水質監視連絡協議会（杉並区、中野区、新宿区、文京区、千代田区及び中央区で構成）の神田川水質調査時に、別途に採取を依頼したものである。ここに、各区及び杉並区衛生試験所の方々に謝意を表す。

参考文献

- 1) 津久井公昭, 山崎正夫: 河川の富栄養化に関する研究 (1) 神田川の AGP 測定結果, 東京都環境科学研究所年報 1991, p. 192 ~ 193.
- 2) 津久井公昭, 山崎正夫: 都内河川水質の特性 N-BOD と AGP について, 東京都環境科学研究所年報 1991-2, p. 175 ~ 181.
- 3) 津久井公昭ら: 下水処理水導水による善福寺川水質の変化について, 東京都環境科学研究所年報 1991, p. 186 ~ 191.
- 4) 神田川水系水質監視連絡協議会資料
- 5) 津久井公昭, 山崎正夫: 都内河川における N-BOD 測定 (その 1) N-BOD 測定について, 東京都環境科学研究所年報 1991, p. 194 ~ 196.

Studies on Eutrophication in rivers (II)

Determination of AGP in the Kanda River System

Takaaki Tsukui and Masao Yamazaki

(Abstract)

The measurement of AGP (Algal Growth Potential) for river waters in the Kanda River System (the Kanda River, the Zenpukuji River, and the Myosyoji River) was carried out. The following results were obtained.

1. The values of AGP in the Kanda River System were divided into two groups: low group (on the order of 1 mg/l) and extremely high group (in the range of 200 to 400 mg/l). There were hardly medium values.
2. The low AGP values were in the upperstream of the Kanda River, the downstream of the Zenpukuji River, and the whole area of Myosyoji River.
3. The extremely high AGP values were in the midstream and the downstream of the Kanda River. The high value of AGP in the Kanda River was caused by inflow of treated sewage waters.