

汚濁河川水の浄化に関する研究

—野川の藻類生産力に与える処理の効果—

Effect of Water Treatment of the Nogawa River on Algal Growth Potential

鈴木基之*・茅原一之*・横山明典**

Motoyuki SUZUKI, Kazuyuki CHIHARA, Akinori YOKOYAMA,

重久卓夫**・松井功**

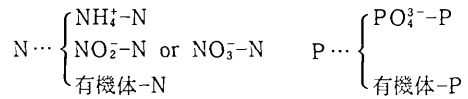
Takuo SHIGEHISA and Isao MATSUI

1. はじめに

現在、河川においても富栄養化により藻類が過剰繁殖して河川の景観を損ね、死滅して川底に堆積してヘドロ化して他の生物へ悪影響を与えているとされている。とくに富栄養化を促進させるものとしては、流水中の無機栄養塩すなわち、N、Pが上げられる。しかし様々な形態のN、Pが存在し、それらの影響も種々異なっている。たとえば水系に生息する魚介類に対してもNH₄⁺-Nが数ppm存在することで嫌忌行動や致死現象がおこることが言われている。しかしNH₄⁺-Nだけでなく、NO₂⁻-NやNO₃⁻-Nの形態を持ったものや、リン酸塩も富栄養化に影響するものと言われている。実際、あるリクレーション用の湖においてはリン酸塩が0.5ppm以下に維持されていれば藻類の繁殖によるトラブルは避けられ、0.05ppm以下にまでなると藻類の繁殖が見られなかったという事実もある。このように富栄養化の要因となるものは様々であるが、これらのうちの因子が藻類の繁殖に対して大きな影響を及ぼしているかはその対象とする水域によって異なり、一般的にははっきりとつかめていない。したがって我々はここで、都市汚濁河川の代表例として多摩川の支流の一つである野川を対象としてそれを明らかにする目的で、実際の河川水に対し、N、Pを除去する目的でいくつかの処理水を作成し、AGP(藻類生産力 algal growth potential)によってその富栄養化の程度を調べる実験を行った。

2. N、Pの除去法

河川、湖沼水中の溶存態のN、Pはその大部分が次のような形で存在している。



現在、下水の高度処理を目的とした具体的除去法としては

- N分除去法
 - 1 生物学的処理法
 - 2 アンモニアストリッピング
 - 3 イオン交換法
 - 4 塩素処理法……etc
- P分除去法
 - 1 石灰凝集沈殿法
 - 2 金属塩による凝集沈殿……etc

などがあげられる。実際、我々の適用した除去法としては大量の河川水を対象とすることを念頭におき(A)石灰凝集沈殿法によるPO₄³⁻-Pの除去 (B)イオン交換法によるNH₄⁺-Nの除去 (C)生物学的処理法である。

3. 実験

昭和53年5月17日および6月17日に野川で採水してきた水の組成はTable 1.2に示す。

この両日にわたる採水は、処理実験に時間がかかるために比較対象として行ったものである。次の方法で3種の処理水を作成しAGPにより評価した。

3-(1) 処理実験の概略

(A) 石灰凝集沈殿法……野川原水に所定の濃度の消石灰を注入しpHを上げリン酸イオンをヒドロキシアパ

表1 野川採水サンプルの水質

	5月17日採水	6月17日採水
NH ₄ ⁺ -N	11 (mg/l)	8 (mg/l)
NO ₃ ⁻ -N	3.0 (mg/l)	3.6 (mg/l)
PO ₄ ³⁻ -P	3.1 (mg/l)	3.2 (mg/l)
TQC	23 (mg/l)	42 (mg/l)
IC	20 (mg/l)	19 (mg/l)

* 東京大学生産技術研究所 第4部

** 東京大学大学院

研究速報

表2 各処理水の水質

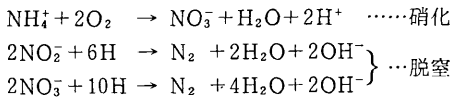
処理水	(A)	(B)	(C)	(D) 5/17
PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	0.27	~	1.6	3.1
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	~	0.7	0.8	11
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	~	~	1.0	3.0
TOC (mg/l)	~	~	30.7	23
IC (mg/l)	~	~	13.3	20

注) ~はほぼ(D)と同じと見なした。

タイトの形で沈殿させる, これをろ過し, ろ液の pH を塩酸によって中和したものを処理水 (A) とした。

(B) イオン交換処理……この処理水は NH₄⁺-N のみを原水より除いたものである。イオン交換体として天然ゼオライトのクリノプチロライト #10/20 を用いた。カラムの大きさは φ20×400 mm のもので, その中にクリノプチロライトを充填し, 滞留時間 20 (min) で原水を feed しイオン交換除去した水を処理水 (B) とした。

(C) 生物処理……生物学的硝化脱窒を直列に行ったものであり, 原水を 25 ml/min で feed し, 硝化槽は好気性に維持し, 平均滞留時間 10 hr, 水温 23°C, さらに嫌気性のもとでほぼ同じ滞留時間をかけ脱窒を行った。反応は次のように表せる。



脱窒槽には脱窒を行わせるための炭素源として, CH₃OH を CH₃OH/H=1.9 の割合で注入した。硝化・脱窒が定常になるのを確認するため, 両槽出口の NH₄⁺-N, NO₃⁻-N を測定した。この処理水を処理水 (C) とする。以上のように処理した処理水について処理結果を表2に示す。表中, 処理水 (D) は比較のために原水をミリポア (1 μ) GFP によりろ過しただけのものである。

3-(2) 処理水の藻類生産力 (AGP) の測定

各々の処理水を一定量ずつ, AGP 測定装置⁵⁾ にかへ, 野川原水を極少量植種し水質の経時変化を (NO₃⁻) (NH₄⁺) (PO₄³⁻-P) (IC) (TOC) (SS) について調べた。とくに (SS) については濁度を測定しあらかじめ求めておいた相関を用いて算出した。この結果を図2~7に示す。また, NO₃⁻-N は紫外吸光度を波長 210 nm において求めた E 210 を用い, NH₄⁺-N はインドフェノール法⁴⁾, PO₄³⁻-P はモリデンブルー吸光度法⁴⁾ を用いてそれぞれ測定した。

4. 結 果

図1は生物学的硝化脱窒を引き続き行った際の NH₄⁺-N, NO₃⁻-N の測定結果である。図によると硝化槽流出

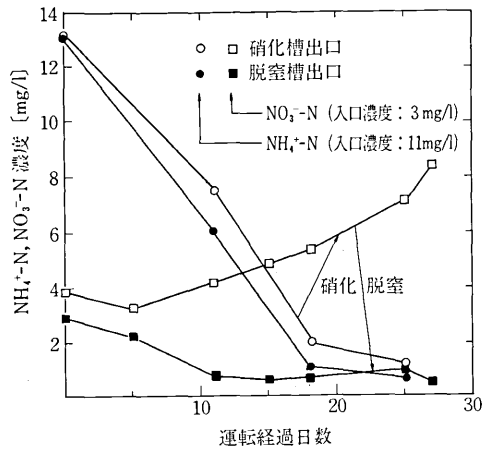


図1 硝化, 脱窒実験開始後の出口窒素濃度の経時変化

水の NO₃⁻-N 濃度は次第に上昇し, 硝化能力が次第に向上して行きつつあることを示している。硝化槽, 脱窒槽流出水の NH₄⁺-N 濃度は当然のことながら定性的には同じ傾向を示して 18~25 日程度ではほぼ一定値を示している。この結果より約 20 日後に平常運転に硝化, 脱窒槽がなつたと判断して, 処理水 (C) はこのときにサンプリングしたものである。また生物処理によりリン濃度は約 1.6 mg/l となっており, 入口原水中の 3.1 mg/l より 50% 程度は除去されているようである。したがって硝化脱窒槽はこの場合 PO₄³⁻-P, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N に対して全般的な除去効果を示していると言えよう。

図2以下は各処理水の AGP 実験における水質の経時変化を示してある。濁度と AGP (藻類濁度) の相関は図3に依つた。(A) (B) と (C) では実験のスタート日が異なることと比較した原水の採取日も異なっているので正確な比較は難しいが, 原水 (5/17) と原水 (6/17) がほぼ同じ傾向を示すことから, 処理効果を SS 絶対量で比較した場合

スタート日より 20 日経過時点	
原水	270 mg/l
処理水 (A)	190 mg/l
処理水 (B)	120 mg/l
処理水 (C)	50 mg/l

SS の相対量で比較した場合

スタート日より 20 日経過時点	
処理水 (A)	原水の 70%
処理水 (B)	" 44%
処理水 (C)	" 19%

が生じる生産力を残していることとなる。以上の結果からして処理水は (C), (B), (A) の順で藻類発生抑制効果を持っていることがわかる。処理水の AGP から

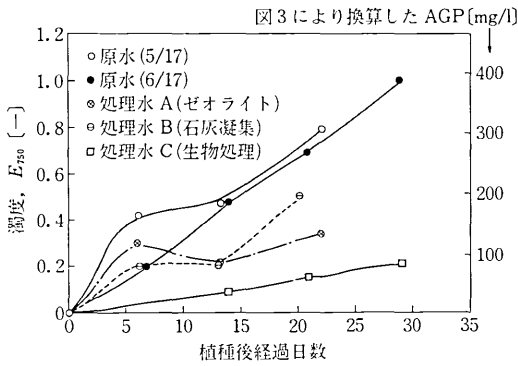


図2 AGP 測定過程の濁度の経日変化

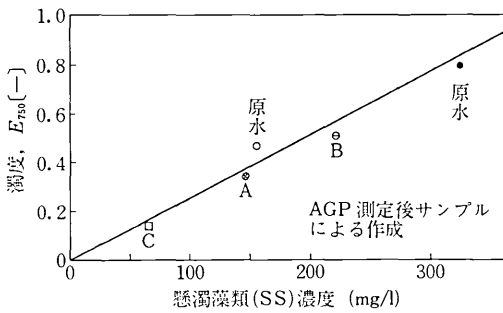


図3 濁度(750 mμ による)と懸濁藻類濃度の相関

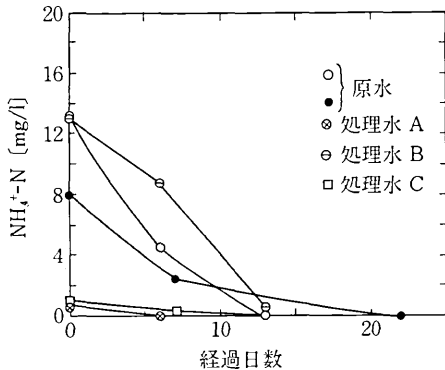


図4 AGP 測定過程の NH₄⁺-N の変化

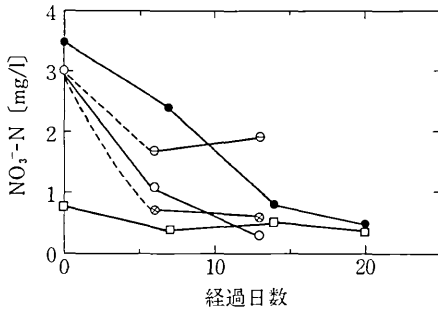


図5 AGP 測定に伴う NO₃⁻-N の変化 (記号は図4参照)

の判定基準としては SS の結果が他の成分の結果よりも端的に除去効果を表現している。結局、処理法としては total-N(NO₃⁻-N+NH₄⁺-N) 除去が、効果があるという結果になった。

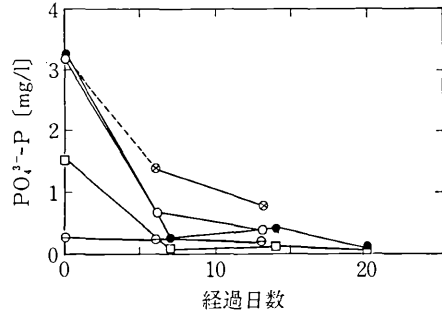


図6 AGP 測定に伴う PO₄³⁻-P の変化 (記号は図4参照)

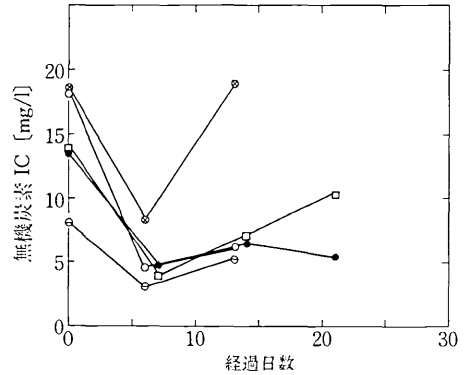


図7 AGP 測定過程での液中溶存無機炭素の変化 (記号は図4参照)

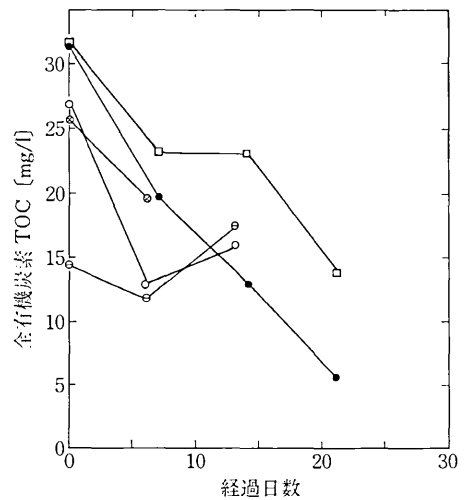


図8 AGP 測定過程における液中有機炭素濃度変化 (記号は図4参照)

研究速報

AGP 測定過程における水中の NH_4^+-N , NO_3^--N , $\text{P O}_4^{3-}-\text{P}$, 無機炭素, 全有機炭素濃度の変化を図4~8に示す。 NH_4^+-N は原水, 処理水B (石灰処理後) において急激に減少しているが, これが硝化菌の存在による硝酸化によるものか, あるいは直接藻類の摂取によるものかは, 図2, 5との比較からは明らかではない。図6より PO_4^{3-} は比較的短期間で濃度減少しているように見えるが, AGP はその後も増加を続けることから, PO_4^{3-} が律速となる濃度はかなり低く, 初期の急激な減少はむしろ *luxurious uptake* に対応する現象かも知れない。

TOC が経過にしたがって減少しているのは, 光合成のみではなく, 好気性のバクテリア, 原生動物等の増殖があったためと考えるべきで, 事実原水についてはAGP測定後サンプル中の顕微鏡観察で輪虫その他の存在を確認している。

5. おわりに

結果としては生物学的処理をした処理水(C)が富栄養化に対して十分な抑制効果があるということになったが, 生物学的処理ではN分だけを除去したのではなく PO_4^{3-} , BOD も除いていると考えられるので, これらの相乗的な効果が含まれるものと考えられる。また, 藻類

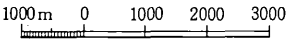

の種類については, AGP 器内に繁殖する藻類と河川の底質付着性の藻類とは異なることも考慮せねばならない。この点はむしろAGP測定の限界とも考えられる。今後の課題としては, AGP 実験のように回分式でN, Pの濃度が変化する場合における測定の結果を, 実際の系のように藻がいつもほぼ一定の濃度の NO_3^--N , NH_4^+-N , $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ などにさらされている状態への適用性を考えるべきであろう。また, 抑制因子の決定においても, それぞれの因子の相互作用を明確にさせていく必要があるだろう。

本研究に際し, 東京大学生産技術研究所大学院学生川島博之氏の協力を得たことを記し謝意を表します。また研究の一部をとうきゅう環境浄化財団の補助に依ったことを付記します。
(1979年5月9日受理)

参考文献

- 1) 鈴木, 川島, 河添: 生産研究, 29, 79 (1977)
- 2) 鈴木, 川島, 藤井: 生産研究, 30, 127 (1978)
- 3) 遠矢: 下水道協会誌, 7, 74, 21 (1970)
- 4) 海洋観測指針, 気象庁編 (1970)
- 5) 鈴木, 川島: 生産研究, 30, 344 (1978)

正 誤 表 (7月号)

頁	段	行	種 別	正	誤
567	中		Fig. 5 中の melting point(K)	Fe <u>1809</u>	Fe <u>1776</u>
577			図1中の目盛		
584	左	↓16	本文	<u>110</u> kJ/mol	<u>100</u> kJ/mol