

河川における汚染拡散の研究

— 野川の有機汚染の観測 —

Observation of Organic Pollution of the Nogawa River

鈴木基之*・川島博之*・河添邦太郎*

Motoyuki SUZUKI, Hiroyuki KAWASHIMA and Kunitaro KAWAZOE

はじめに

前報¹⁾においては河川水中の主として全有機炭素 (TOC) および硝酸イオンの一つの示標である 210 nm の紫外線吸光度 (E_{210}) の相関をもとに、多摩川流域の水を三つの類型に分類できること、また支流の本流に対する影響などについて報告した。その結果多摩川本流の下流部における有機汚染に対し支流の一つである野川が汚染物質源として重要な役割を果たしていることが明らかになった。野川は日流量十数万 ton の小河川であるが、都市近郊を流れることから生活排水を多量に集め、下水路としての機能を負わされている。しかしながら、これら河川は生活圏内を流れ、地域住民、児童などの生活の場に占める意味は大きい。このため、これらの都市小河川の浄化を考えることは、本流や下流で流れ込む沿岸海域の浄化を考える上で重要であるばかりでなく、市民の身近な生活の場を改善する意味でそれ自体有用である。

本報においては、流域面積70km² (推定)、流域人口50万人 (推定)、国分寺に端を發し、調布、狛江、世田谷区を流れ二子橋で多摩川にそそぐ全長約18km、河幅約10mの野川を対象とし、その浄化のための方策を考えることを最終目標としつつ、その第一段階として先ず河川的全貌を明らかにする目的で行なった観測の結果について報告する。

野川における有機汚染の観測

野川の水質の観測は昭和52年4月19日 (晴れ一時曇) に行なったもので、その結果を一括して表1に示す。調査点は図1 (斜線で囲んだ部分を流域面積と考えた) に示す。測定は、気温、水温、河幅、深さ、流速、pH、DO (溶存酸素)、TOC (全有機炭素)、IC (無機炭素)、SS (1 μ 以上懸濁物)、電気伝導度、紫外線吸光度 (E_{210})、ORP、濁度、 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、BODの各項目について行なった。

各測定項目のうち、TOC、IC、SS、 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} は研究室に持ち返った試料水について測定し、そ

れ以外は現場測定によった。またBODは現場より試料水を水で冷却して持ち返り、翌日より東亜BOD自動測定器R6にて測定した。今回新たに増した、 NH_4^+ はインドフェノール法²⁾により測定し、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} は海洋観測指針 (気象庁編)³⁾の方法によった。それ以外の項目は前報¹⁾と同様の機器によった。

流速、流量及び概観

河川中の数点で流速と深さを測り、その結果より求めた平均流速と流量を図2(a)、図2(b)に示す。また平均流速と流下距離から算出したみかけ流下時間を図2(c)に示す。流速は中流域 (St.3, St.4) でやや速い傾向を示すが、全流域を通じてはほぼ0.5m/secで流下していると考えて良からう。この値は前報¹⁾で述べた多摩川本流の平均流速2km/hrとほぼ同じである。流下時間は野川の発生源 (日立中央研究所内の池) から二子玉川での多摩川との合流地点まで約10時間であった。

また流量は最上流で10000ton/dayであったものが、流下するに従って湧水および生活排水を集めて漸次増加し、仙川との合流点直前では67000ton/dayとなり、これに仙川との流量38000ton/dayが加わり、多摩川との合流点直前では約11万ton/dayとなっていた。

野川は全流域にわたり住宅密集地域を流下し、河幅は数mその水深は0.1~0.5mであり、その変化を表1に示す。また底面、側面共にコンクリートにより護岸されている部分が多く、底には上流域でスライム (sphaerotilus)、中下流域では緑色の藻が多数付着していた。

DO, pH, IC, TOC の分布

DO, pH の変化を図3に、またIC, TOCの変化を図4に示す。DOはSt.2以後3.5ppm以下と低い値を示し、このことは有機物の生物酸化により酸素が消費されているためと考えられる。pHが7.3~8.1とアルカリ性の値を示したことは、前報¹⁾で述べたように植物の光合成によるものと思われる。

ICは全流域で高い値を観測したが、流下するに従って濃度が増加する傾向が見られた。TOCは汚染水域における値としては、やや低めの値を示し、流下するに従っ

*東京大学生産技術研究所 第4部

表1 野川水質調査結果の例

St	名 称	採取時刻	河 幅	最 大 水 深	流 速	流 量	気 温	水 温	D O	p H	ORP	電導度	濁 度	S S
			m	m	m/sec	ml/hr	°C	°C	mg/l		mV	$\mu\text{cm} \times 10^2$	mg/l	mg/l
1	国分寺	PM 1:55~	2.9	0.15	0.33	450	19.5	17.3	5.6	7.4	210	5.5	88	52.5
2	小金井 新橋	2:44~	6.1	0.25	0.55	1,900	19.5	18.8	2.7	7.3	240	8.7	135	104.5
3	天文台下	3:25~	7.5	0.13	0.59	2,300	21.4	20.3	3.4	8.0	95	9.0	55	56.7
4	野川大橋	4:15~	5.6	0.20	0.85	2,800	21.0	20.8	1.5	7.8	160	11.0	32	28.0
5	野川仙川 合流点前	5:18~	14.5	0.20	0.65	2,900	16.0	18.0	2.0	7.9	150	9.1	38	45.3
5'	仙 川	5:18~	15.7	0.04	0.48	1,600	16.0	16.5	4.6	8.1	110	8.9	42	34.0
6	最下流	6:00~	13.0	0.45	0.68	4,500	14.5	17.8	3.2	8.0	120	9.5	36	12.0
St	名 称	採取時刻	I C	T O C	B O D	BOD ₅ ろ過水	E ₂₁₀	NH ₄ ⁺ -N	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	PO ₄ ⁻³	備 考		
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
1	国分寺	PM 1:55~	25.4	16.0	64.1	5.0	1.79	5.4	0.3	0.8	1.02	泡立ち スライム多し		
2	小金井 新橋	2:44~	27.2	13.9	39.3	0	0.85	13.2	0.5	tr	1.02	水色 茶色		
3	天文台下	3:25~	26.6	11.5	20.6	10.2	1.36	6.2	0.3	0.9	2.76	大フロック・藻が多い		
4	野川大橋	4:15~	27.1	11.3	-	-	1.40	11.4	0.7	1.0	0.64	藻多し		
5	野川仙川 合流点前	5:18~	29.2	10.2	22.0	7.6	1.10	7.2	0.3	0.3	3.08	懸濁物多し		
5'	仙 川	5:18~	28.9	10.5	23.7	2.8	1.99	13.7	1.0	1.9	0.71	支流		
6	最下流	6:00~	28.5	11.8	14.0	3.4	1.35	10.7	0.4	0.5	3.05	メタン発酵あり		

で濃度が減少する傾向を見せた。

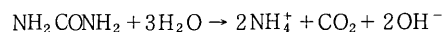
以上のことから、野川においては微生物による有機物質の酸化分解作用と、底質付着の藻類による光合成が活発に行なわれていることが類推された。この活動の強さを定量的に把握することは今後の課題である。

濃度と流量より算出したTOCの負荷量の変化を図5(点線)に示す。この図より、TOCの負荷量は、St.1からSt.2の間で急速に増加し、それ以後は仙川との合流地点まで約0.72 ton/dayと一定であり、多摩川へは仙川の負荷量0.38 ton/dayと合わせて、約1.2 ton/dayのTOC負荷を与えていることがわかる。ここでいう負荷量は測定時の瞬時値に基づいている。中流域St.2からSt.5までの負荷量があまり増加しないことが、自浄作用によるものか、この流域での負荷量が少ないことによるものか、あるいはTOCが何らかの機構によりSSに凝集することを示唆するものであるかについては、目下検討中である。

栄養塩類について

栄養塩を代表するものとして、NH₄⁺、NO₂⁻、NO₃⁻、PO₄⁻³を選び測定した。その濃度の変化を図6に示す。またNH₄-Nとtotal-N(NH₄⁺、NO₂⁻、NO₃⁻の総和としてのN)の負荷量の変化を図5(実線)に示す。

野川における窒素は、その大部分がアンモニア態窒素として存在している。人間の排泄する窒素量は尿素として1日25g~35gが主なものであり、この尿素は好気性生物と嫌気性生物のどちらによっても生産される酵素ウレアーゼによりアンモニアに分解される。⁴⁾



この反応が100%行なわれていると仮定すると、人間一人の一日の窒素の排出量はNH₃にして約17gである。これより流域人口50万人の与える窒素負荷は8.5 ton/dayとなる。野川、仙川の合流部ではNH₄⁺態の負荷1.2 ton/dayはほぼこの1/2に相当している。尿素からNH₃への反応が100%完了していると仮定したことや、後に述べ

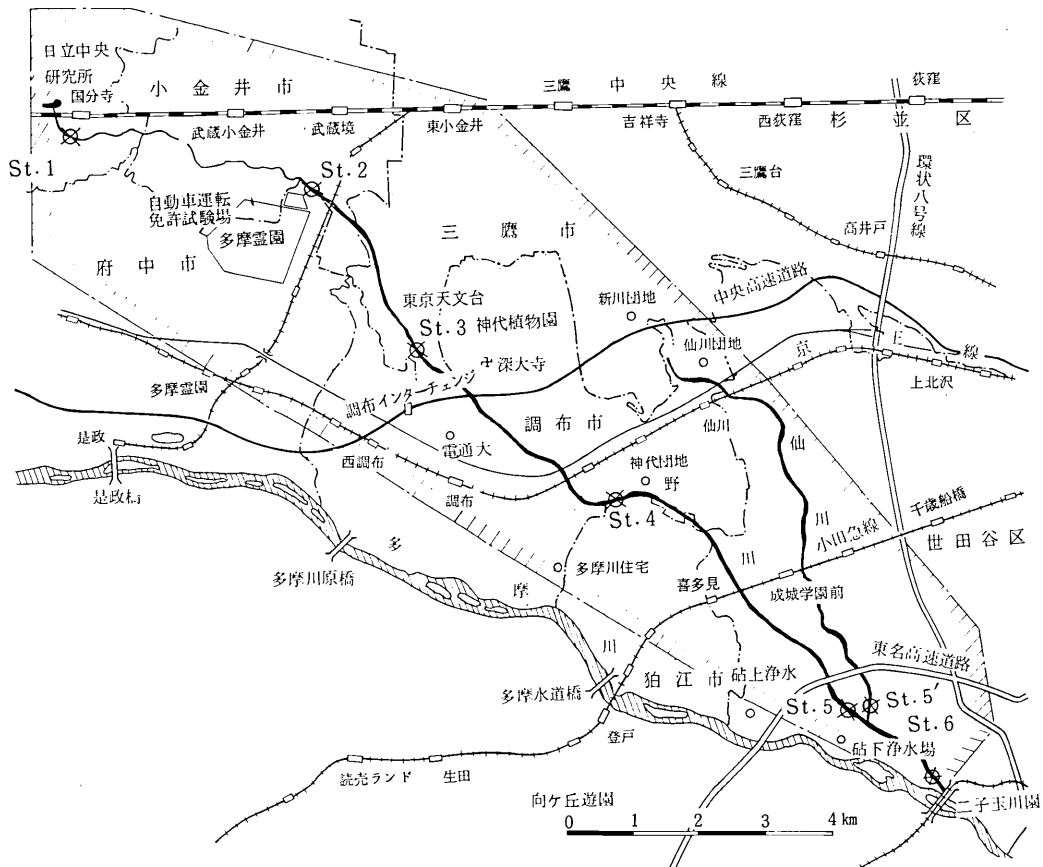


図1 野川流域と観測地点

るアンモニアの大气放散または生物作用による固定によって、アンモニアが減少する可能性を考えると、この程度の差異は十分に予期できたものである。

また NH_3 の負荷量の減少は図5よりわかるように、St. 2からSt. 3、St. 4からSt. 5の間で測定誤差以上のものがあつた。この減少の原因前に述べたように二つを考慮することができる。一つは前報¹⁾で述べたように、底質付着の藻が栄養塩として増殖に用いた場合であり、もう一つはストリッピング作用により空中に放散する場合である。西村ら⁵⁾は人工のビニールの池から NH_3 が放散することを実験により明らかにしているが、野川においても同様のことが生じている可能性がある。St. 2からSt. 3の間について NH_3 の減少を全て放散によると仮定し、水面の全面積を用い平均的な放散速度を試算すると 16.9 g/daym^2 、同様にSt. 4からSt. 5の間では 6.9 g/daym^2 であつた。放散が支配的とし、また気相側の物質移動が律速となつていと仮定すると、気液間の NH_3 の平衡定数として 20°C における Henry 定数⁶⁾ $E(\text{atm/mole frac-}$

$\text{tion}) = 0.484$ を用いると総括の物質移動係数としてそれぞれの区間では $176 \text{ m}^3/\text{hr}$ 、 $79 \text{ m}^3/\text{hr}$ の値を得る。

NH_3 の空気中の拡散係数はこの温度では $0.089 \text{ m}^2/\text{hr}$ であるので、気相側境界膜の厚さとしてそれぞれ 0.5 、 1.1 mm 程度の値となり大气放散のみによる NH_3 の減少と考えるのは幾分無理があるようにも思われる。St. 2からSt. 3の間では TOC の上昇が少なく $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加、pH の上昇等が顕著であることから硝酸化、光合成細菌による固定等を想定することが必要でありさらに今後の検討を要する。

SSとBODについて

BOD_5 は採取したままの水とSSを $1\mu\text{GFP}$ メンブランにより除いたものについて測定した。なお、この測定においては栄養塩類は一切加えず、ただSSを除いた場合には種類のみを行なつた。その結果を酸素消費量の変化として図7に示す。またSSとSSを含む BOD_5 の相関を図8に示すが、野川においては $\text{SS}10 \text{ ppm}$ が BOD_5 3

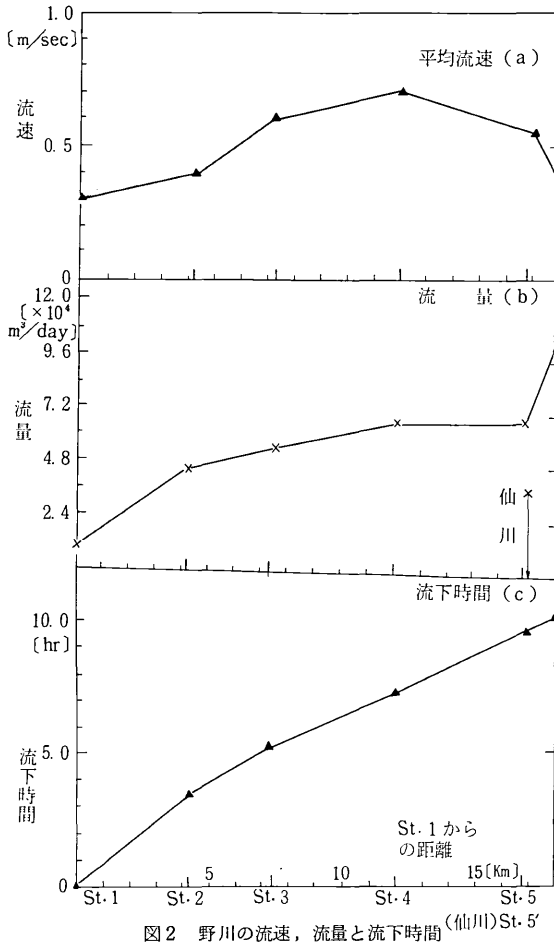


図2 野川の流速、流量と流下時間 (仙川) St. 5'

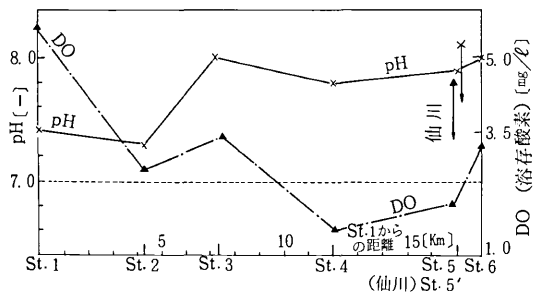


図3 野川におけるDOとpH

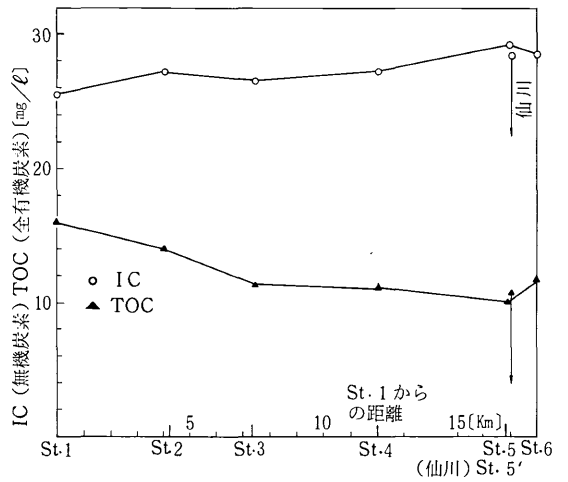


図4 野川におけるICとTOC濃度変化

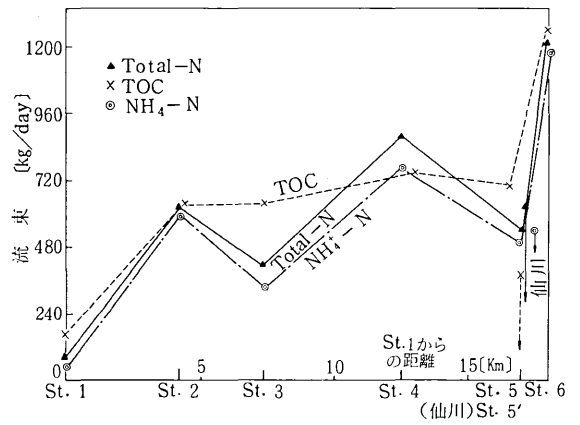


図5 野川におけるTOCと窒素流束変化

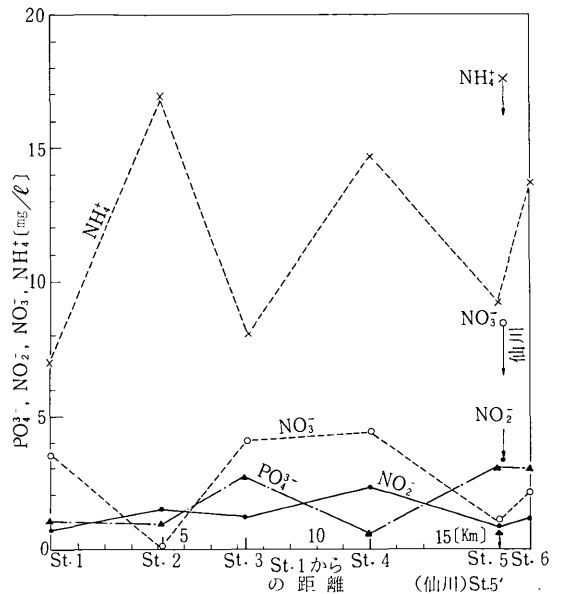


図6 野川における栄養塩類濃度変化

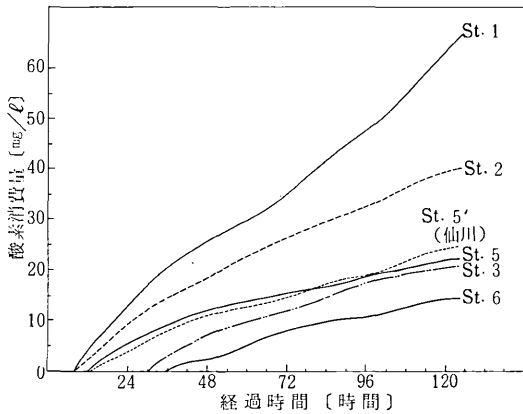


図7 酸素消費量時間変化
(SSを含む採取サンプル)

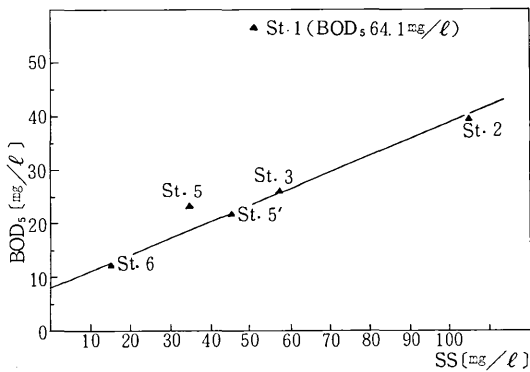


図8 BOD₅ と SS の相関図

ppm に相当するようと思われる。このSSが家庭排水から直接に基因するものか、底質付着の藻の剥離したものなのか、あるいは流下中の核となるものに有機物が凝集、吸着することにより生じたものであるかは、不明であるが、野川においては TOC 濃度がそれほど高くないことと考え合わせると、この高濃度のSSを除去することは、野川浄化計画のポイントになると考えられる。

おわりに

以上野川の有機汚染の観測結果について述べてきたが、有機汚染において本質的に重要なことは、溶存有機物の存在の有無ではなく、(1)有機物の分解過程における酸素の消費に伴なう溶存酸素の低下が水生生物に悪影響を与えることや、(2)この分解により増殖した微生物類が浮遊物となること、(3)さらに有機物が存在しなくても栄養塩が多量に存在することにより光合成の作用で発生する藻類などが水中の濁物や固形浮遊物として寄与し、これらが「汚れた川」のイメージに貢献することである。さらにこのようにして生成した藻類が底に沈澱してヘドロ化することにより川を死滅に追いやることになる。これを防止するためには、有機物そのものの除去とともに、栄養塩を除去することが必要である。後者は従来の水処理では軽視されつづけてきたが、今後多くの場において解決をせまられる問題である。

本報は、住宅密集地域を流れ、新たな処理場を建設することが困難な中小河川の浄化法についてのその位置付けを明らかにしつつ、浄化するための手法についての研究の第一報であり、さらに必要に応じた観測を継続すると共に、具体的な浄化法についての検討を開始したいと考えている。

本測定を行なうに当りご協力頂いた本研究所第4部鈴木研究室助手茅原一之(観測)、技官藤井隆夫(観測及び分析)、東京大学大学院生杉谷和俊(観測)の各氏に厚く御礼申し上げます。また本研究は臨時事業の一環として開始されたものであるが、52年度の研究の一部は東急環境浄化財団の援助によることを付記し謝意を表します。
(1977年9月24日受理)

参 考 文 献

- 1) 鈴木, 川島, 河添: 生産研究 29 79 (1977)
- 2) 公害分析指針, 分析化学会編, 共立出版 (1972)
- 3) 海洋観測指針 (気象庁編) 188 (1970)
- 4) 水質汚染の化学生態学 PAIRICK. R ら, 邦訳鈴木静夫ら, 97, 東京化学同人 (1973)
- 5) 西村ら, 柏市を水辺の自然空間のある街にするために (第2次報告) 120 (1977)
- 6) 化学工学便覧, 第3版 p 461 表7.2 丸善