

河川の浄化に関する研究 —そのⅢ—

— 堰における汚濁物質の浄化効果について — I —

安藤 晴夫 曾田 京三

1 はじめに

多摩川中流域の水質は年々悪化の傾向を示しており、その水質浄化は都政にとって重要な課題の一つとなっている。当研究所では、過去に当該水域の汚濁解析を行い、包括的な自浄係数 K はほぼ0.9(1/日)(1977年8月)とかなり大きいこと、 $K=K_1+K_3$ としたときの沈澱等物理的作用にかかわる K_3 のしめる割合が大きいものと推察されること等の結果を得ている¹⁾。また、当水域は河床の勾配が大きく礫層が発達しており、また取水堰が点在しその上流に大小の淵が形成されている。そこで、筆者らは、前報に述べたように、河川の自浄作用の向上の観点から河道の改修、堰の操作などの河川管理の適正化を図ることは、水質浄化の一助となると考え、淵や瀬における水質の浄化効果とその機構について検討することとした。本研究は、昭和54年度より行っているものであるが、本報では、55年度の通年観測の結果を中心に報告する。

2 調査、実験方法

第一報の中で、堰や瀬の水質浄化に対する寄与を、多摩川本川の通日調査結果をもとに報告した²⁾。昭和55年度は、その結果をふまえ、①堰等の水質浄化効果とその程度を継続的な調査によって把握する、②BODおよびCODにしめる懸濁性成分と溶解性成分との割合を定量的に把握する。③堰における河川水の滞溜による浄化効果を、室内実験により推定する。これらの点を目的として以下に述べる方法で調査、実験を行った。

(1) 通日調査

図1に示す多摩川上河原堰付近のSt. 1~St. 3の3地点で月1日、1日1回、現場観測と表層水の採水を、1980年4月より継続して実施した。調査時刻は、毎回11時~12時前後で、3地点間の調査時刻のずれ

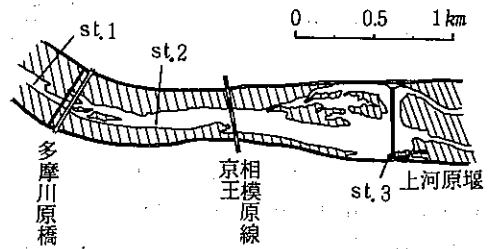


図1 調査地点図(上河原堰付近)

は30分程度であった。なお、この調査は昭和56年度も継続して実施しているものであり、また、併せて実施している国立堰付近の調査は改修工事により中断期間が生じたため、本報では、1981年4月までの上河原堰付近の調査結果について報告する。

(2) 沈降実験

1981年7月22日、St. 1で約50ℓの河川表層水を採取し、直ちに実験室に持ち帰り、2mm目角のふるいで大きな浮遊物を除去した後、底面積1000 cm²の円筒状沈降実験装置にうつし、攪拌均一化したのち静置状態にして、それより5時間後までの表層水の経時変化を測定した。分析用試料は、表層からサイホンで静かに1ℓずつ採取した。なお、6月29日には、あらかじめ予備実験を行った。

(3) 測定分析方法

- 溶解性の生物化学的酸素要求量および化学的酸素要求量(DBOD, DCOD) GF/Cろ紙でろ過した試水(以下、ろ過試水という。)のBOD, CODをJIS K 0102で測定
- 懸濁性の生物化学的酸素要求量および化学的酸素要求量(PBOD, PCOD) 原試水のBOD, COD(以下、単にBOD, CODという。)とDBOD, DCODとの差として算出

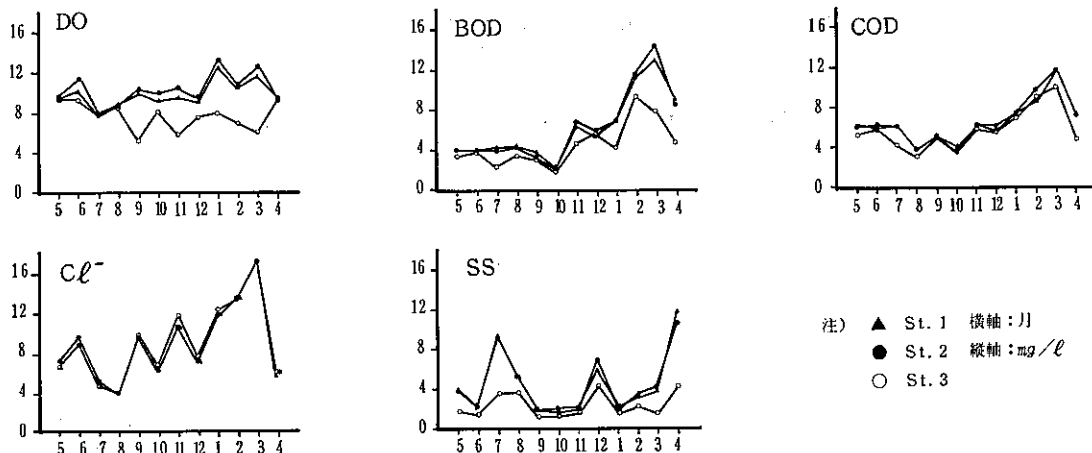


図2 主要項目の年間水質変動

・クロロフィル a + フェオ色素 (Chl. a)

Parsons & Strickland の方法で測定

その他の水温, PH, BOD, COD, SS, PO C, PON, NO₂-N, R-P, Cl⁻ は第一報と同じ方法で測定を行ったが, CODについては, 塩素イオンのマスクングにJISK 0101 用水試験方法に準じて硝酸銀を用いた。

3 結果と考察

(1) 上河原堰付近通年調査

ア 水質の年間変動

表1 調査日前の降水量

(東京気象月報調布飛行場)

調査年月日	調査日まで1週間の降水量(mm)							
	当日	1	2	3	4	5	6	7
55. 5. 23		0.5	17.5	0.5		3.5		23.0
6. 12				9.0	8.5			
7. 10		38.0	24.5	5.0				4.0
8. 5		12.5	58.0	6.5	3.0	2.0	29.0	
9. 6					3.5	0.5	2.0	
10. 1					58.5	8.0	5.5	1.5
11. 12								
12. 3	4.5	4.5			31.5	2.5		
56. 1. 7								
2. 19								
3. 12								
4. 21		71.0	7.0		0.5	13.0		

主な水質項目の年間変動を図2に, 調査前一週間の調布飛行場における降雨状況を表1に示した。図に示したとおり, DOはSt.1, 2で年間を通して過飽和状態にあり, St.3ではそれよりやや低い値を示したが, 3地点とも顕著な季節変動は見られなかった。これに対して, BODは2~14mg/l(約7倍), CODは4~14mg/l(約3倍), と季節による変動が大きく, 冬期に高い値を示した。Cl⁻についてもBOD, CODと同様な傾向がみられ, 冬期の河川固有流量の減少に関係しているものと考えられる。ちなみに, 調布取水堰上の月平均流量は, 1980年5~11月は16.3~27.9 m³/秒, 同年12月~1981年3月は6.8~14.5 m³/秒であった。SSについては, 降雨の影響と考えられる7, 8, 12 および4月に高い値を示した外は, あまり季節的な変動はみられなかった。

イ 地点間の水質の差

各地点別の水質の年間平均値と変動巾を表2に, St.1の値を基準として表わしたSt.2, 3の水質の相対値の年間変動を図3に示した。DOは, 前述したようにSt.1, 2でそれぞれ平均9.9, 10.5 mg/lと値が高く, この付近の河床面で付着藻類の光合成が活発に行われていることを示している。一方, St.3では平均7.7 mg/lと値が低下しており, また水深が大きく藻類の付着増殖もほとんどないことを考慮すれば, 堰における滞留時に有機物分解等によりDOが消費されたものとも考えられるが, このことは必ずしも明らかではない。St.1~3で水質の値にほとんど差がな

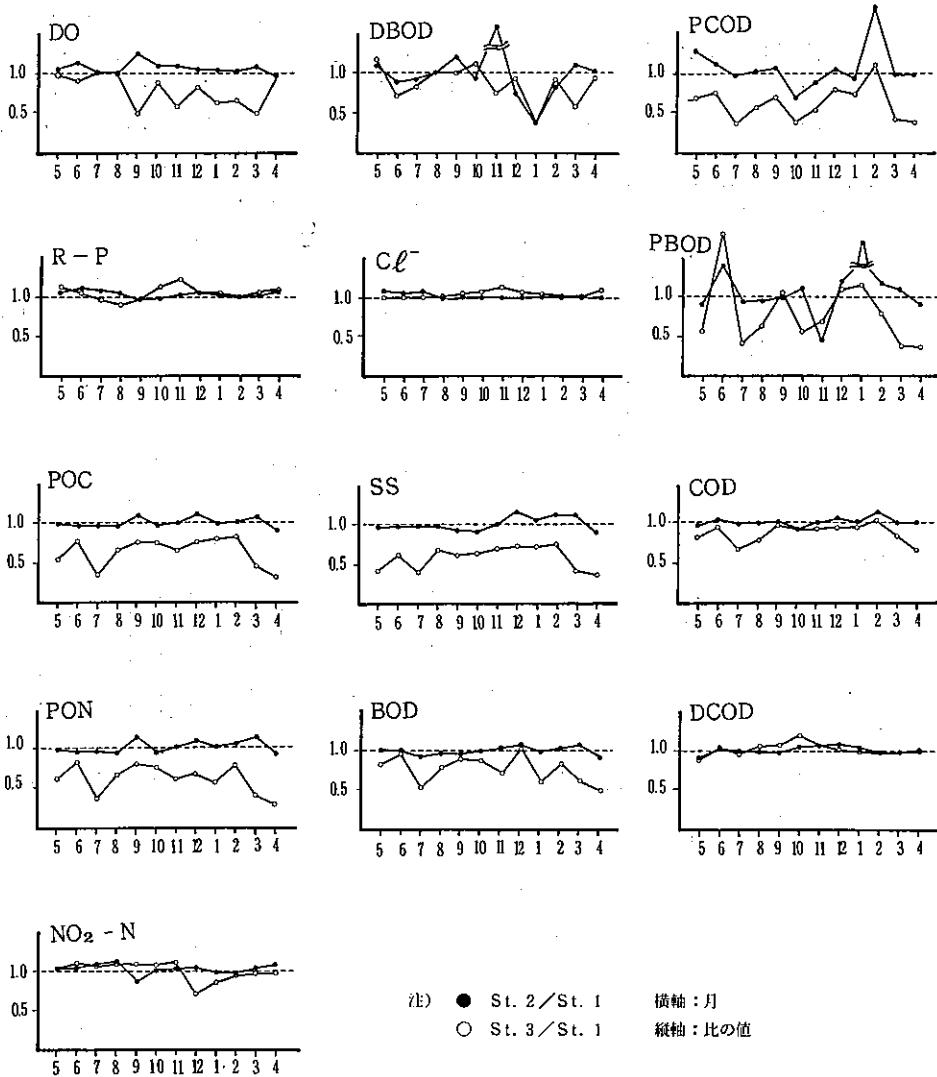


図3 St. 2, St. 3の年間水質変動
(St. 1の濃度に対する比の値)

い項目はCl⁻, DCOD, NO₂-N およびR-Pの溶存性成分であり, これに対して, SS, PBOD, PCOD, POCおよびPONの懸濁性成分はSt. 1, 2に比較してSt. 3で濃度が減少しており, その割合

は平均値で40~50%であった。BODおよびCODもSt. 1と2での濃度はほぼ等しいが, St. 3では減少している。しかし, その減少率は, それぞれ約30%, 10%であり, 懸濁性成分のそれに比較して小さい。

表2 上河原堰付近の水質

(1980年5月~1981年4月)

地点 項目	St. 1		St. 2		St. 3	
	\bar{X} (SD)	Max Min	\bar{X} (SD)	Max Min	\bar{X} (SD)	Max Min
DO	9.9 (1.3)	12.8 8.0	10.5 (1.7)	13.4 7.8	7.7 (1.5)	9.5 5.1
Cl ⁻	21 (10)	42 9	22 (10)	42 9	22 (10)	42 9
SS	22 (16)	58 8	22 (15)	52 8	11 (6)	21 5
BOD	6.2 (3.3)	12.9 2.1	6.2 (3.6)	14.2 2.1	4.5 (2.2)	9.4 1.9
D-BOD	2.4 (1.4)	4.9 0.8	2.3 (1.1)	4.1 1.1	2.0 (1.1)	4.2 0.6
P-BOD	3.8 (2.7)	9.3 0.7	3.9 (2.9)	10.2 0.8	2.5 (1.4)	5.2 0.4
COP	6.4 (2.2)	11.7 3.7	6.6 (2.3)	11.7 3.5	5.7 (2.1)	9.9 3.0
D-COD	4.4 (2.0)	8.6 1.7	4.4 (2.0)	8.6 1.7	4.5 (1.9)	8.7 1.8
P-COD	2.0 (1.0)	4.2 1.1	2.1 (0.9)	4.2 0.9	1.2 (0.4)	1.7 0.5
POC	2.3 (1.2)	4.7 1.0	2.4 (1.1)	4.4 1.0	1.4 (0.5)	2.6 0.7
PON	0.33 (0.16)	0.62 0.14	0.34 (0.17)	0.66 0.14	0.19 (0.07)	0.38 0.11
NO ₂ -N	0.22 (0.09)	0.63 0.09	0.23 (0.09)	0.37 0.10	0.23 (0.10)	0.39 0.09
R-P	0.52 (0.33)	1.20 0.13	0.54 (0.34)	1.22 0.13	0.56 (0.36)	1.30 0.12
C/N	7.0 (0.6)	0.8 6.2	6.9 (0.70)	8.1 5.8	7.0 (0.8)	8.6 6.1

注1 サンプル数: 12

注2 単位: C/Nを除いてはmg/l

注3 \bar{X} : 年間平均値, SD: 標準偏差

Max: 最大値

Min: 最小値

これらの結果をSS, BOD, CODについて整理して堰による水質の浄化効果を模式的に表わしたものが図4である。平均的にみれば, 上河原堰背後の淵にはSS 22 mg/l (うち炭素分約10%), COD 6.5 mg/l (うち懸濁性のもの約30%), BOD 6.2 mg/l (うち懸濁性のもの30%)の河川水が上流より流入するが, 滞溜する間に懸濁性成分の沈降除去により浄化され, 堰から流出する水のSS, CODおよびBODの濃度は, それぞれ, 約50%, 約10%, 約30%減少することが認められた。

なお, 前年度の調査では, St. 1とSt. 2の間でもBOD, SS, POC, PONが減少していたが, 本調査では, DBOD, PBODおよびPCODを除いては両地点間の差はほとんど認められなかった。

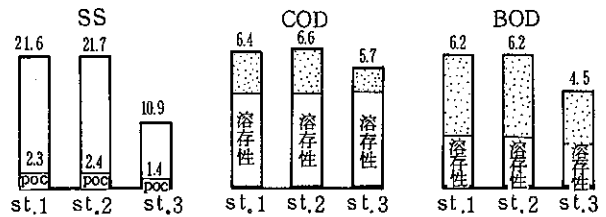


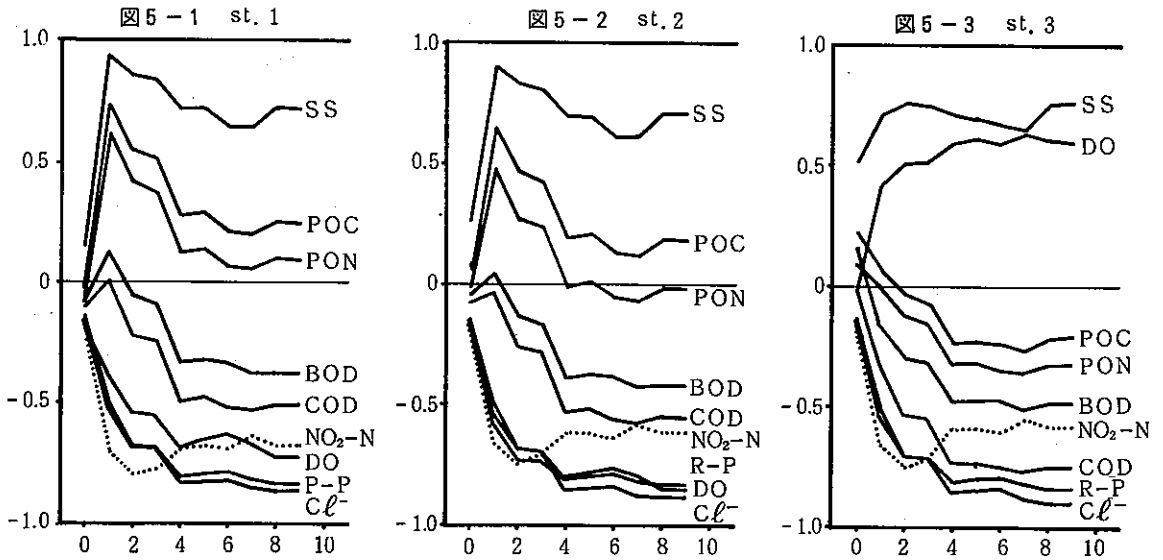
図4 SS、COD、BODの地点別年間平均値とその組成

注) 単位はmg/l

ウ 降雨と地点による影響の差

降雨は河川水の水質に影響を与えるが, その程度は, 降雨の時期や量, 河川の地形および水質項目により差があり一様なものではない。そこで, 降水量と水質との関係とその地点による相違を検討するために図5-1~5-3を作成した。これらの図で横軸は水質を測定した日からさかのぼった日数を, 縦軸はその間の総降水量と水質値との相関係数を示している。例えば, 図5-1で横軸2日のSSは0.86であるが, これはSt. 1で測定された12個のSS測定値と, 各測定日の2日前から当日まで総降水量との相関係数が0.86であったことを表わしている。これらの図で相関係数が正の場合は, 降水量が多いとその影響により水質値が大きくなる傾向を, また逆に負の場合は, 値が小さくなる傾向を示すものとする, 相関係数の変動パターンに以下の特徴がみられる。

ア 降雨の影響はSt. 1とSt. 2で著しく類似しているが, St. 3では多少異なっている。特に懸濁性成分



注) サンプル数12コ

横軸: 調査日までの期間

縦軸: 調査水質とその以前の期間の降水量との相関係数

図5 調査前の降雨と調査水質との相関係数の変動

であるSS, POC, PONが, St. 1, 2では前日からの降雨量と強く関係しているのに対して, St. 3ではそれがみられない。またDOについても, St. 1, 2では降雨により値が低下するのに対して, St. 3では値が上昇し, 全く反対の傾向を示している。

イ 溶解性成分であるCl, R-Pは非常に似たパターンを示し, また, 地点間の差もほとんどない。

ウ NO₂-Nのパターンには地点間の差はないが, Cl⁻ R-Pとは異なった傾向を示している。

エ CODはSt. 1, 2に比べSt. 3で, Cl, R-Pにより類似したパターンになっている。

オ 懸濁性成分と溶解性成分とでは降雨の影響に時間的なずれがあり, 前者の方が, より測定時に近い降雨の影響を強くうける。

(2) 沈降実験

結果を図6に示す。なお, 実験の開始時の水質は, SS=39.9 mg/l, POC=2.56 mg/l, PON=0.41 mg/l, BOD=7.3 mg/l, COD=7.1 mg/l, DCOD=4.2 mg/l, Chl. a=25 mg/m²であった。

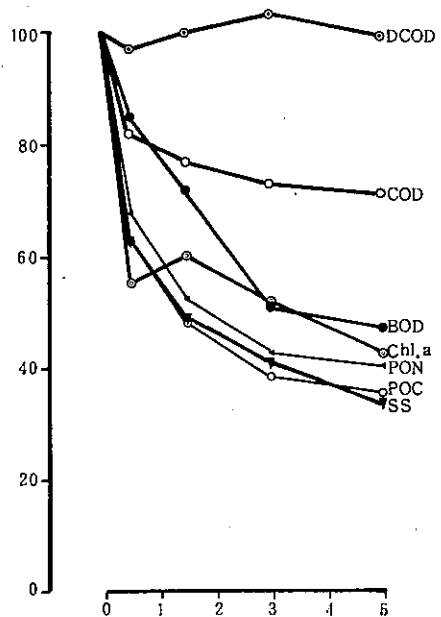


図6 沈降実験結果

注) 横軸: 経過時間(単位は時間)

縦軸: 水質の経時変化(開始時100)

前述のように、この試水はSt. 1で採取したものが表1の年間調査結果と比較して、ほぼ平均的な水質であったとみなすことができる。この図から以下のことが言える。

- ① SS, POC, PONは減少パターンが類似し、またBOD, CODに比較して減少速度が大きく、5時間の静置後、濃度はもとの30~40%となる。
- ② BODは5時間静置後、濃度が約50%に、CODでは約70%になり、沈降による除去効果はBODの方が大きい。
- ③ DCODの濃度に顕著な増減が見られないことから、この間、CODの溶存性寄与成分が一定であったと仮定すると、COD濃度の減少は懸濁性寄与成分の沈降除去に起因すると考えられる。
- ④ Chl. aは、SS等と似た経時変化を示したが、これは、Chl. aが懸濁物からの抽出成分であることから、沈降しなかったSS中にいつもほぼ同じ割合でChl. aが存在していたことを示している。

次に、この実験結果をもとに、BODおよびCODの寄与成分の存在形態、すなわち溶存性と懸濁性の成分比について考察する。BODについては、DBODを測定していないので、上記①、③から、⑦実験中、BODの懸濁性寄与成分は、SSと同じ比率で沈降減少した、④実験中、BODの溶存性寄与成分は、分解等により変化せず一定濃度であった。と仮定して、次式から計算で、成分比を推定した。すなわち、

$$\begin{cases} d_0 + p_0 = 1 \\ A_t = d_0 A_0 + A_0 (SS_t / SS_0) \end{cases}$$

d_0 : 実験開始時のBODの溶存性寄与成分割合
 p_0 : 実験開始時のBODの懸濁性寄与成分割合
 A_0, SS_0 : 実験開始時のBODおよびSSの濃度,
 (mg/ℓ)
 A_t, SS_t : t時間後のBODおよびSSの濃度,
 (mg/ℓ)

上の式に、 $t = 5$ (時間)として、 $A_0 = 7.3$, $A_5 = 3.4$, $SS_0 = 39.9$, $SS_5 = 13.5$ を代入して、 $d_0 = 0.20$, $p_0 = 0.80$ を得た。CODの成分比については、実験開始時のCODおよびDCODの濃度から、

$$\begin{aligned} \text{溶存性寄与成分の割合} &= 4.1 \text{ mg/ℓ} / 7.1 \text{ mg/ℓ} = 0.58 \\ \text{懸濁性寄与成分の割合} &= 1 - 0.58 = 0.42 \end{aligned}$$

を得た。したがって、実験に用いた河川水では、BODの20%が溶存性の、80%が懸濁性の寄与成分からなっており、CODでは58%が溶存性、42%が懸濁性寄与成分からなっていることとなる。

4 おわりに

以上の結果を要約すると、次のとおりである。

- ① 上河原堰における水質の浄化効果は、通年調査によっても明らかに認められる。
- ② 浄化効果の大部分は懸濁性汚濁成分の沈降によるものである。
- ③ 多摩川原橋付近 (St. 1, 2) の河川水では、BODの約60~80%が、CODの30~40%が懸濁性寄与成分である。このため、堰による浄化効果はBODの方が大きい。
- ④ この水域の溶存性COD (DCOD) は、Chl. R-Pのような人為的に負荷されるものと強い相関を持ち、人為汚染との関連の大きさが示唆される。

昭和56年度は、更に、懸濁性成分の組成、堰における沈降物の量、降雨時の挙動等について研究し、河川地形による水質浄化の有効性について検討したいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 江角比出郎, 曾田京三: 多摩川の汚濁解析について, 東京都公害研究所年報, 7, (1976)
- 2) 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結果について 東京都公害研究所年報, 1981, (1982)