

多摩川の汚濁解析について

江角比出郎 曾田京三 原敏
古井戸良雄

1. 緒言

都公害研究所は、1969～71年度に一都三県共同調査の一環として都内河川の水質総合調査を実施し、BODを指標として、支川・排水路等を通じて流入する有機汚濁量と本川の流水々質との関連を定量的に明らかにし、同時に水質改善のためのBOD許容負荷量を事例的に試算した⁽¹⁾⁽²⁾。このような水質汚濁の状況把握や解析は、水質汚濁に関連する自然的・社会的条件の変化に応じて時系列的に見直しを繰り返す必要があり、その結果を行政面にフィードバックさせることが必要である。この趣旨から、本研究所は72年度より都内河川の水質環境解析の見直しを行っており、72・73年度には多摩川中流部の調査を実施した。この調査に当っては、有機汚濁指標としてBODの外にTOC、TODを加えるとともに、近年問題となっている流水の富栄養化の実態把握を試みた。なお、本報告は、73年度結果を中心に概報する。

2. 調査方法

汚濁物質の収支を明らかにするために多摩川の本川、流入支川、流入排水路、取水口等の流量と水質の同時測定を行なった。調査区間および地点数は、1972年度は拝島橋から大師橋までの47地点で、1973年度は多摩橋から調布堰までの50地点であった。流量観測、採水は、72年度は、本川については2時間おきに24時間の連続観測を、その他の地点については2～8回の観測を行った。73年度は、本川については2時間おきに26時間の連続観測を、その他の地点については5回観測を行った。なお73年度は本川地点の相隣合う2回の採水試料を混合して1分析検体とした。流速の測定は、72年度は電流速計で、73年度は浮子（100mlポリビンに約半量の水を注入し、10～30cmの糸で外径2cm、長さ10cmの塩化ビニール管を垂下したもの）を流して測定した。流下所要時間は、上記の浮子を流して測定した。なお、調査日時は72年度 8月21日10時～22日10時

73年度 10月11日10時～12日12時

であり、この時の流量は、水道局調布取水場の観測結果によると、それぞれ、72年の平水量、73年の低水量に相当する流量であったと考えられる。

水質分析項目は、72年度においては、水温、色相、臭気、透視度、pH、DO、BOD、COD、SiO₂-Si、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、ケルダール窒素(K-N)、全窒素(T-N)、PO₄-P、全リン(T-P)、73年度においては、上記の項目に加えて、塩素量(Cl⁻)、SS、TOC、TOD、付着クロロフィルであった。

3. 調査結果

(1) 水質分析結果

図1 多摩川の水路パターン及び流量

(1973年10月11日～12日)

水路パターン		流量 (×10 ⁴ m ³ /日)			
流入水	本川	流出水	流入水	本川	流出水
羽村都市下水	羽村運	河口からの距離 (km)			
		53			
平井川	多摩橋	50	4.69	6.62	
A1探採理場			0.20		
秋川	昭和用水		27.62		9.39
	拝島橋			23.26	
					2.29
多摩大橋上排水			1.29		
谷堀川			1.75		
B1探採理場			0.65		
水堀川			2.83		
下水処理場	日野橋下	40	3.54	(35.83)	
国立谷保排水			0.78		
日野排水			4.43		
国立排水			0.75		
長久保川			21.67		
			3.11		
	関戸橋	35		64.03	
大栗川			4.46		
N下水処理場	大丸用水		0.77		-2.86
	差込橋			74.78	
		-31			

表 1 水質分析結果(多摩橋~調布堰)

(1973年10月11日~12日)

(単位 ppm)

地点	項目	pH	DO	BOD	COD	TOC	TOD	T-N	T-P	Cl ⁻
1	多摩橋	7.4	6.0	3.8	8.0	2.1	2.8	6.55	0.665	19.7
2	拝島橋	7.4	9.4	2.2	3.6	2.5	11.7	3.47	0.194	10.6
3	日野橋下	7.5	4.9	5.5	9.9	5.7	19.3	9.18	1.630	24.0
4	関戸橋	7.1	7.6	4.5	7.9	4.6	12.7	8.87	0.670	25.3
5	是政橋	7.2	8.5	4.0	8.7	5.0	14.2	7.98	0.828	25.3
6	多摩川原橋	7.3	8.9	3.3	8.1	5.1	12.1	8.43	0.705	24.7
7	上河原堰下	7.4	9.3	3.0	8.0	4.6	5.0	7.70	0.800	26.6
8	宿河原堰下	7.3	9.7	4.0	10.1	5.7	15.7	8.95	0.804	26.1
9	兵庫庫島	7.4	8.5	5.1	10.3	6.5	17.1	9.28	0.647	27.0
10	調布堰	7.0	3.2	5.9	11.9	9.6	26.0	10.60	1.324	37.8
11	平井川	—	—	1.4	1.3	4.3	1.7	4.63	0.069	11.5
12	Aし尿処理場	—	—	28.5	61.7	31.8	145	30.75	5.739	118
13	秋川	7.9	10.1	2.0	2.4	2.1	2.8	2.15	0.033	6.8
14	多摩大橋上排水	—	—	19.1	16.9	16.2	84.7	7.66	18.82	29.2
15	谷地川	—	—	12.5	11.8	7.4	25.8	6.59	0.936	43.2
16	Bし尿処理場	—	—	21.1	50.0	25.4	203	55.50	7.134	141
17	残堀川	—	—	11.8	18.0	14.3	49.1	8.51	3.609	40.8
18	T下水処理場	—	—	3.1	10.1	11.4	8.1	17.02	4.532	40.2
19	国立谷保排水	—	—	32.2	49.0	37.9	289	35.00	3.462	188
20	日野排水	—	—	10.6	13.0	6.9	26.7	10.29	1.361	38.1
21	国立排水	—	—	68.6	45.8	32.6	141	25.40	4.921	46.8
22	浅川	7.4	8.1	5.7	8.4	5.3	24.3	10.53	0.685	25.9
23	程久保川	—	—	11.4	19.9	9.3	21.6	12.92	1.688	30.1
24	大栗川	—	—	6.6	9.2	9.6	11.9	7.53	0.805	24.6
25	N下水処理場	—	—	14.2	26.9	21.4	68.1	18.54	3.559	52.3
26	稲城排水	—	—	19.5	14.1	11.6	51.9	3.96	0.411	19.3
27	府中排水	—	—	11.8	18.6	12.1	56.2	16.69	1.622	38.6
28	矢の口排水	—	—	4.4	10.3	7.9	19.3	8.56	1.109	29.6
29	三沢川	—	—	6.9	12.4	6.3	20.8	7.68	1.127	28.6
30	調布排水	—	—	38.8	39.7	28.2	123	18.86	2.850	74.6
31	六郷排水	—	—	15.9	17.1	15.7	80.1	24.92	3.501	44.8
32	登戸排水	—	—	9.3	13.2	9.7	38.7	17.24	1.962	33.0
33	宿河原排水	—	—	18.0	50.0	15.7	54.2	50.67	7.600	65.5
34	平瀬川	7.0	6.0	9.4	13.3	11.6	42.2	9.27	1.041	33.5
35	二子排水	—	—	72.2	35.6	37.6	128	8.78	2.357	66.3
36	野川	7.4	4.2	13.6	18.5	16.4	97.1	19.91	2.370	75.6
37	諏訪排水	—	—	58.7	43.3	30.9	118	8.02	5.597	55.2
38	下野毛排水	—	—	31.7	21.7	27.2	78.7	15.15	3.369	42.6
39	谷沢川	—	—	27.4	40.6	19.6	110	8.47	2.642	84.6
40	宮内排水	—	—	25.1	14.1	13.9	61.3	7.88	2.050	67.7
41	上沼部排水	—	—	8.5	13.1	12.0	30.2	17.10	1.064	40.7
42	野川流入排水	—	—	28.3	22.9	12.9	96.0	26.6	4.496	45.2

図 2 多摩川の水路パターン及び流量

(1973年10月11日~12日)

水路パターン		流量 (×10 ⁴ m ³ /日)			
流入水	本川	流出水	流入水	本川	流出水
稲城排水 府中排水	是政橋	河口からの距離 30	0.74		
			4.13		
矢の口排水	多摩川原橋		0.13	76.65	
三沢川 鳳石排水	上河原堰下	二ヶ領上用水 25	3.51	28.44	29.96
六郷排水			1.15		
登戸排水	宿河原堰下	二ヶ領下用水	0.52		
宿河原排水			4.05	32.35	3.50
		結上取水 20	8.73		9.01
			結下取水		
平瀬川 二子排水 野山 飯橋排水 下野手排水 谷沢川 谷西排水 等々力排水 上沼部排水	兵庫島	15	10.71	59.70	
			0.47		
			15.73		
			1.82		
			0.39		
			1.44		
			2.23		
			0.44		
			0.44		
	調布堰上			59.89	
		12			

注 調布堰上流量は水道局観測結果による。

図 3 水質縦断変化 (日平均值)

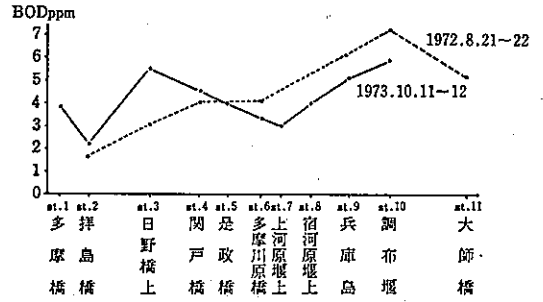


図 4 水質縦断変化 (日平均值)

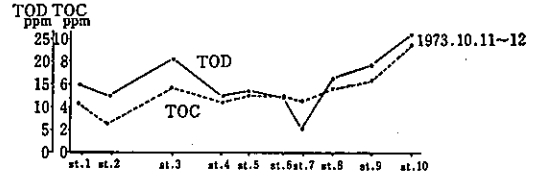


表 2 流量収支 (多摩橋~調布堰)

×10⁴m³/日 (1973・10・21~22)

区間	×10 ⁴ m ³ /日 (1973・10・21~22)				
	多摩橋~拝島橋	拝島橋 ~日野橋下	日野橋下 ~関戸橋	関戸橋~是政橋	是政橋 ~多摩川原橋
上端実測量	6.62	23.26	(35.83)注1	64.03	74.78
下端実測量	23.26	—	64.03	74.78	76.85
流入量	23.21	12.57	30.78	2.37	4.87
収支計算量	29.83	35.83	66.57	66.40	79.65
消失量	6.57	—	3.83	-8.38注2	2.80
(%)	(22.0)		(3.8)	(-12.6)	(3.5)
区間	×10 ⁴ m ³ /日 (1973・10・21~22)				
	多摩川原橋 ~上河原堰下	上河原堰下 ~宿河原堰下	宿河原堰下 ~兵庫島	兵庫島~調布堰	多摩橋~調布堰
上端実測量	76.85	28.44	32.35	59.70	6.62
下端実測量	28.44	32.35	59.70	59.89	59.89
流入量	-26.32注3	2.22	7.71	22.05	79.46
収支計算量	50.53	30.66	40.06	81.75	86.08
消失量	22.09	-1.69注2	-19.64注2	21.86	26.19
(%)	(43.7)	(-5.5)	(-49.0)	(26.7)	(30.4)

注1 日野橋下の収支計算流量を実測流量とした。

注2 (-)は出現量

注3 (-)は流出量

73年度調査時における羽村堰～調布堰の水路パターン及び流量観測結果を図1, 2に, 水質分析結果を表1に示した。また, 72, 73年度調査時のBOD, TOC, TOD及びT-P, T-Nの本川部における縦断変化を図3～6に示した。

(2) 流量および汚濁物質の収支

73年度調査時における流量収支を表2に, BOD, TOC, TOD及び全窒素, 全磷の負荷量収支を表3に示した。

調査区間の多摩川の河床は礫層が発達しており, 河川水の河床面からの侵透, 湧出がくりかえされ, 流下過程における流量は複雑に変化することが知られている。今

回の調査結果によると, 各々の調査地点間における上流端実測流量に兩岸からの流出入水量を加減して得られる収支計算流量と下流端実測流量とは一致せず, 最大49%の差が見られる。調査区間の流量収支を総括的に見ると, 多摩橋における上流からの実測流量は 6.62×10^4 m³/日で, 支川, 排水等の流入量が 139.57×10^4 m³/日, 取水等の流出量が 60.11×10^4 m³/日で, これらを加減した調布堰における累積計算流量は 86.08×10^4 m³/日となる。これに対して調布堰上における実測流量は 59.89×10^4 m³/日であり, 差引き 26.19×10^4 m³/日, 計算流量に対して30%の流量消失が見られる。有機汚濁量の収支をBOD, TOC及びTODの負荷量で見ると, 調査

図5 水質縦断変化(日平均値)

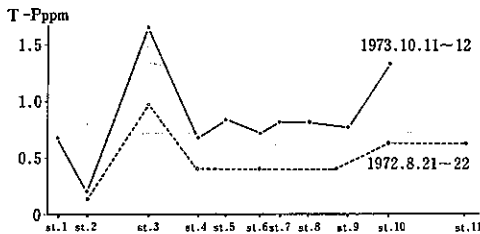


図6 水質縦断変化(日平均値)

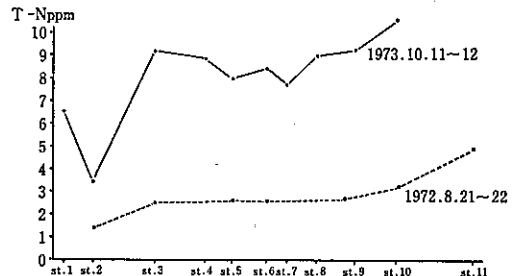


表3 汚濁負荷量一覧

(単位: kg/日)

	BOD負荷量			TOC負荷量			TOD負荷量			T-N負荷量			T-P負荷量		
	実測量	流入量	流出量	実測量	流入量	流出量	実測量	流入量	流出量	実測量	流入量	流出量	実測量	流入量	流出量
多摩橋	772			278			1,205			448			64.9		
拜島橋	514	672	205	591	843	236	2,721	1,141	1,163	787	877	323	44.6	26.7	18.0
日野橋下	—	1,639	50	—	2,035	58	—	6,893	286	—	1,830	79	—	537.9	4.4
関戸橋	2,330	2,816	0	2,933	2,255	0	10,403	0	0	3,903	0	0	327.2	0	0
是政橋	2,991	415	114	3,739	546	143	10,619	1,055	469	5,967	472	228	423.5	64.2	23.7
多摩川原橋	2,503	637	0	3,879	622	0	9,299	2,705	0	794	0	0	550.3	71.0	0
上河原堰下	863	245	899	1,335	231	1,372	1,422	755	2,247	2,166	281	2,307	227.5	41.0	239.7
宿河原堰下	1,302	863	105	1,878	782	160	5,079	3,407	263	2,920	1,042	270	251.9	101.5	28.0
兵庫島	3,004	2,908	122	3,851	2,759	175	10,209	9,851	561	5,811	5,396	293	384.6	186.2	24.5
調布堰	3,534	4,726	0	5,761	4,106	0	15,571	19,406	0	6,348	3,837	0	792.9	641.2	0
合計		14,921	1,495		14,179	2,144		55,616	4,989		18,432	3,480		1,996.7	338.3

表 4 多摩川における BOD 減少係数 (多摩橋～調布堰)

河川の区分	k 値 (1/日)			t (日)	平均水温(℃)
	実測負荷量を用いた	場合計算流量に基づいた場合	実測負荷量を補正した場合		
多摩橋～拝島橋	0.78	0.21	0.10	0.396	19.1
拝島橋～日野橋下	—	0.15	—	0.461	19.6
日野橋下～関戸橋	0.99	0.94	0.93	0.421	19.3
関戸橋～是政橋	0.27	0.70	0.41	0.128	19.2
是政橋～多摩川原橋	1.94	1.72	1.79	0.084	19.5
多摩川原橋～上河原堰下	2.17	0.60	0.58	0.117	19.2
上河原堰下～宿河原堰下	0.39	0.49	0.43	0.286	18.5
宿河原堰下～兵庫島	1.44	2.82	1.88	0.183	18.4
兵庫島～調布堰	2.47	1.52	1.59	0.167	19.0

区間の兩岸から流入する負荷量は BOD 14,921kg/日, TOC, 14,179kg/日, TOD 61,137kg/日で, 同じく流出負荷量は BOD 1,495kg/日, TOC 2,144kg/日, TOD 4,989kg/日となり, 多摩橋における実測負荷量 BOD 272kg/日, TOC 278kg/日, TOD 1,205kg/日にこれらを加減して得られる調布堰における収支計算負荷量は BOD 13,698kg/日, TOC 12,313kg/日, TOD 57,534kg/日となる。

これに対して調布堰における実測負荷量は BOD 3,534kg/日, TOC 5,761kg/日, TOD 17,368kg/日, これと収支計算負荷量との差, BOD 10,164kg/日, TOC 6,552kg/日, TOD 40,166kg/日が多摩橋～調布堰間における生物化学的な分解, 吸収, 物理的な沈殿, 吸着, および流水の地下浸透等による損失量で, いわゆる広義の自浄作用による減少量と見なすことができ, その割合は, BOD 76%, TOC 53%, TOD 70%であった。

同じく栄養塩類の収支は, 多摩橋における実測負荷量は T-N 448kg/日, T-P 46.9kg/日, 流入負荷量は T-N 18,432kg/日, T-P 1,996.9kg/日, 流出負荷量は T-N 3,480kg/日, T-P 338.3kg/日で, 収支計算負荷量は T-N 15,400kg/日, T-P 1,705.5kg/日となり, 調布堰における実測負荷量 T-N 6,348kg/日, T-P 792.9kg/日との差 T-N 9,052kg/日, T-P 912.6kg/日が減少量となる。この割合は T-N で 59%, T-P で 54%であった。

なお, 69年度の拝島橋～調布堰の流入 BOD 負荷量は 19,730kg/日, 流出 BOD 負荷量は 3,456kg/日で,

73年度の負荷量は少なくなっている。これには, 排水規制の効果や流域の下水道整備の進捗も考えられるが, 調査時における流出入水量の差も大きく影響していると考えられる。

(3) 減少係数

先に述べた BOD 負荷量の収支に基づいて, BOD の減少係数 k を求めて, 表 4 に示した。 k の求め方は 71年度の年報に報告した手法によった。

なお, ここでは, 調査区間を 9つの区間に分割し, その各々について, 次の 3つの場合について k 値を求めた。すなわち, 区間末端の残存負荷量として, その地点の

- ① 実測負荷量を用いた場合。
- ② 収支計算流量に実測 BOD 値を乗じた負荷量を用いた場合。
- ③ 実測負荷量を, 流量消失量に見合う負荷量で補正した負荷量を用いた場合。

ここで k の値を 3つ求めた理由は次のとおりである。本来, 減少係数は対象とする河川区間内で流量収支が成立したもとで求められなければならないが, 実際には, 先に述べたように, 測定誤差や, 流水の地下浸透, 伏流水の湧出があるため, 収支計算流量と実測流量とは一致しない。①はこの流量消失等に伴う負荷量の減少等をも自浄作用の一部と見なした場合である。②は河川内で流水が保存されるものと見なした場合である。③はこの流量消失に伴う負荷量の減少を自浄作用とは別のものと見なして, 末端実測負荷量からこの負荷量 (消失流量×区間平均水質) を減じた補正值を用いて k 値を求めたものである。

図 7 水質計算結果 (BOD, 現状)

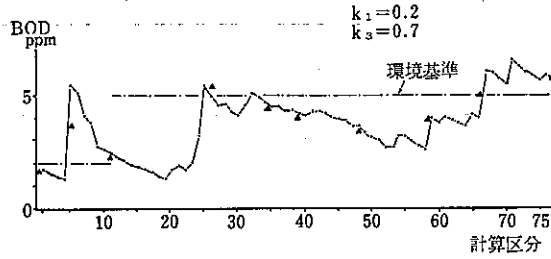
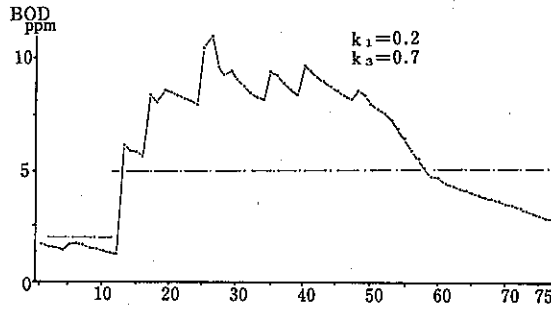


図 8 水質予測結果 (BOD, 二次処理)



ところで、河川における BOD の減少には、有機物の分解による減少と、河床への沈澱による減少が考えられこれらに対応する減少係数を、それぞれ k_1 、 k_3 とすると

$$k = k_1 + k_3$$

と表現することができる。上記によって求められた k 値はこの $k_1 + k_3$ の値であるが、別に、日野橋、関戸橋、是政橋、宿河原堰下および兵庫島の河川水を試料として室内実験により k 値を求めたところ、それぞれ 0.20, 0.12, 0.18, 0.17, 0.14 の値が得られた。この値は、実験条件から判断して、 k_1 (脱酸素係数) に相当するものと考えられるが、文献等に発表されている $k_1 = 0.1 \sim 0.2$ とはほぼ一致した結果となった。

4. 水質の将来予測

73年度調査結果に基づき、流域下水道完成時における羽村堰～調布堰の水質 (BOD, TOC, TOD) の予測を試みた。

予測計算式は、BOD の減少は一次反応式で近似できるものとした Streeter-Phelps の式を修正した次式を用いた。

$$L_x = L_0 e^{-(k_1 + k_3)t} = L_0 10^{-(k_1 + k_3)t}$$

ここに L_0 : BOD の初期濃度

L_x : t 日後の BOD 濃度

t : 経過時間 (日)

K_1, k_1 : 河川水中での有機物の分解による BOD の減少係数 (1/日) (脱酸素係数) $k_1 = 0.4343K_1$

K_3, k_3 : 河床面の生物膜による吸着、河床への沈澱による BOD の減少係数 $k_3 = 0.4343K_3$ 等

予測計算は、次のケースについて、対象区間を 500m メッシュで 77 区間に分割して、上流より順次水質を計算した。

- ケース 1 現状
- " 2 下水道完成時 (二次処理)
- " 3 " (三次処理)
- " 4 " (三次処理, 上流一点放流)
- " 5 " (三次処理, 支川分散放流)

このうち、ケース 1, 2, 3 の計算結果を述べる。

ケース 1 は、計算手法の妥当性を確かめ、併せて予測計算における減少係数を定めるための現状再現計算であ

図 9 水質予測結果 (BOD, 三次処理)

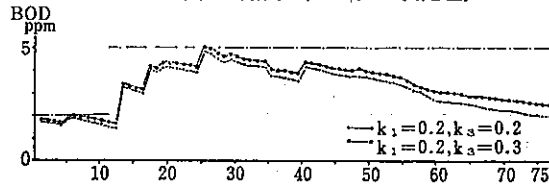
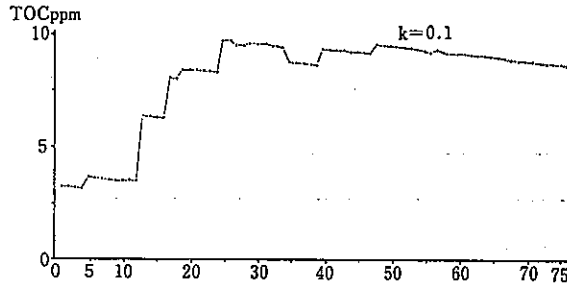


図 10 水質予測結果 (TOC, 三次処理)



る。最上流端、羽村堰の流量を 2 ml/秒、BOD 濃度を 1.8 ppm とし、流出入負荷量及び流達時間は 73 年度の実測値を用いた。このうえで、脱酸素係数 k_1 を室内実験の結果を考慮して 0.2 (1/日) として、減少係数 k_3 を 0.1~0.9 (1/日) まで変化させ BOD 濃度を計算したところ $k_3=0.7$ のとき最もよく実測値が再現された (図 7)。ケース 2, 3 の予測条件を表 5, 6 に示した。

表 5 水質予測条件

	BOD 濃度		k_1	k_3
	下水処理場	支川、取水		
ケース 1 (二次処理)	20ppm	3 ppm	0.2 (1/日)	0.7(1/日)
ケース 2 (三次処理)	8 ppm	(秋川、浅川 2 ppm)		0.2(1/日) 0.3(")

なお、ケース 2 において k_3 を 0.2, 0.3 としたのは、下水の三次処理において沈降性の BOD が除去されることを考慮したためである。

また、最上流端の流量、BOD 濃度はケース 1 と同一とした。流達時間は、これまでの調査結果のうち最も長い 69 年度の実測値を用いた。

ケース 2, 3 の計算結果を図 8, 9 に示した。

ケース 2 の場合は、羽村堰~拝島橋]では BOD 2

ppm (環境基準値) を越えないが、拝島橋下から宿河原堰までは環境基準値 5 ppm を越え日野橋下で 10.9 ppm に達する。

ケース 3 の場合は、羽村堰~拝島橋では 2 ppm 以下、拝島橋~調布堰では 5 ppm 以下で環境基準を達成することができる。最も水質の悪化する地点は日野橋附近で 5 ppm に達する。

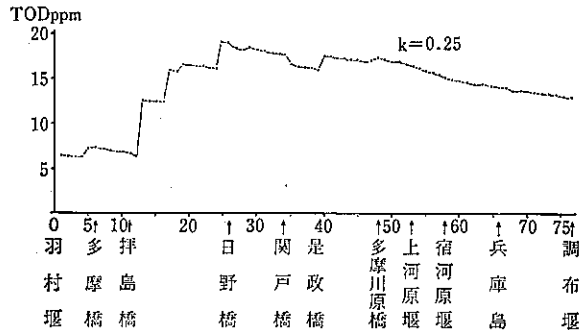
新しい有機汚濁指標として注目されている TOC, TOD については河川水中で BOD と同じような減少を示すかどうかは疑問であるが、その挙動はいまだ明らかにされていないので、ここでは、一応 BOD と同じように一次反応式で近似されるものとして、BOD の予測計算に準じて TOC, TOD 濃度の将来予測を行った。ただし、ここでは k_1, k_3 をまとめて減少係数として k を設定した。また、計算の条件は BOD の計算と同一としたが、負荷量を算出するうえでの TOC, TOD 濃度は BOD 濃度にそれぞれ 1.8, 3.7 を乗じて求めた。この値は、73 年度調査時の BOD-TOC, BOD-TOD の回帰から求めたものである。図 10, 11 に下水道完成時三次処理の場合の TOC, TOD の予測計算結果を示した。

この結果によると、日野橋附近で最も高い値を示し、TOC 9.7 ppm ($k=0.25$), TOD 19 ppm ($k=0.25$) となり、調布堰では TOC 8.5 ppm, TOD 12.5 ppm

表 6 多摩川における将来の流入出水量及び汚濁負荷量

	流量 (10 ³ m ³ /日)	BOD負荷量 (kg/日)		TOC負荷量 (三次処理) (kg/日)	TOD負荷量 (三次処理) (kg/日)	
		二次処理	三次処理			
下水処理場	多摩川上流	180.0	3,600	1,440	2,592	5,328
	秋立川	192.0	3,840	1,536	2,765	5,683
	浅川	62.0	1,240	496	893	1,835
	八王子	280.2	5,604	2,242	4,035	8,294
	北多摩2号	107.3	2,146	858	1,545	3,176
	南多摩	65.6	1,312	525	943	1,942
	北多摩1号	140.8	2,816	1,126	2,028	4,168
	北多摩3号	216.8	4,336	1,734	3,122	6,417
小計	28.8	576	—	—	—	
小計	1,273.5	25,470	9,957	17,923	36,843	
流入支川	平井川	46.9	141	141	253	521
	秋谷川	276.2	552	552	994	2,044
	谷地川	15.0	45	45	81	167
	浅川	70.0	140	140	252	518
	大栗川	35.0	105	105	189	389
	野川	25.0	75	75	135	278
小計	468.1	1,058	1,058	1,904	3,917	
取水	大丸用水	-85.0	-255	-255	-459	-944
	二ヶ領上用水 (生田用水)	-170.7	-512	-512	-922	-1,895
	二ヶ領下用水	-85.0	-255	-255	-459	-944
	小計	-340.7	-1,022	-1,022	-1,840	-3,783
	合計	1,400.9	25,506	9,993	17,987	36,977

図 11 水質予測結果 (TOD, 三次処理)



となる。

5. 富栄養化

富栄養化による生産力の増大は、湖沼内湾等の停滞水

域において、有機汚濁の大きな汚染源として問題となっている。一方河川水も近年栄養塩濃度の上昇が著しく、生産力が増大していると考えられるが、その実態はあまり明らかにされていない。

表 6 多摩川水中の主要有機物組成

採水日時	Nov. 21, 1972		May. 23, 1973		Nov. 28, 1973	
	濃度 (mg C/l)	全DOCに 対する割合 %	濃度 (mg C/l)	全DOCに 対する割合 %	濃度 (mg C/l)	全DOCに 対する割合 %
全DOC	6.5	100	6.4	100	7.3	100
炭水化物A ¹⁾	—	—	0.68	11	0.40	6
" B	0.95	15	0.96	15	0.64	9
タンパク質 ²⁾	—	(~30)	2.3	36	2.1	29
アミノ酸 ³⁾	—	—	1.6	25	—	—
脂質 ⁴⁾	0.18	3	—	(~3)	—	(~3)
尿素	0.08	1	0.05	0.8	0.07	1
A B S ⁵⁾	0.85	13	0.99	16	0.62	9
合計		~60		~70		~50
未知物質		~40		~30		~50

(小倉等, 1975)

- 1) A : アンスロン法, B : フェノール硫酸法
- 2) タンパク質 = DON × 6.25, C : 52%とする
- 3) グルタミン酸当量
- 4) C : 50%とする
- 5) DBS当量, C : 62%とする

河川水中で増殖する藻類は付着性のものであり、したがって基礎生産は川床面で行われ、停滞水域と異なり、合成された有機物が即水中の有機物濃度を高める訳ではない。適度な生産力を持つ河川では、原生動物、底生動物あるいは魚類へと均衡のとれた食物連鎖ができ、有機汚濁源とはならないが、水質が富栄養化され過剰の生産が行われると問題が生ずる。すなわち、付着藻類等の増加は、流水への有機物の供給源、また酸素消費源となり水質を悪化させる。増殖した藻類はやがてはくりし、磯のすきま、よどみに沈降し底質を嫌氣的にする。また、増水時には付着生物やそれ由来のものがまきあがり著しい汚濁を与える。これらの現象は上水道源としても、レクリエーションの場としても河川の価値を著しく低下させる。

本調査の結果をみると、羽村堰より下流は著しく富栄養化され、多摩橋で T-N 6.55ppm, T-P 0.665ppm であり、汚染の低い秋川沢戸橋の T-N 1.86ppm T-P 0.031ppm と比べるとりんが著しく増加し高い値を示している。付着藻類量と栄養塩レベルとの関係は明らかではないが、多摩川の付着藻類量は、測定されてい

る付着クロロフィル量、あるいは須藤らが行ったAGPの測定結果をみても飽和あるいは過飽和状態にあると思われ、生産量を規定しているものは栄養塩以外の別な因子であろうと考えられる。これらの栄養塩の供給源は前述のように自然界から流出して来るものもあるが、羽村堰から下流で流入している排水は下水処理場、し尿処理場のような生活系のものが多く、かつては河川に流入していなかったし尿の窒素、りん、あるいは合成洗剤中のりんがかなり寄与していると思われる。

一般に淡水で制限因子となりやすいものとして、炭素りんがあげられるが、前述の沢戸橋では NO₃-N 1.2ppm PO₄-P 0.022ppm NO₃-N/PO₄-P=55であり、PO₄-P が不足し、制限因子となりやすいと言える。一方、炭素CO₂は、上流が石灰岩地帯であることや、流れが速く曝気効果があり大気からの供給が十分であると考えられるので、不足することはないであろう。したがって、多摩川の富栄養化を防止するためには、りんの流入量を削減した方が最も効果的と言える。なお窒素も有機物量と比例する元素であり、もちろん流入量を低減させる必要があるが、富栄養化の問題とは別に飲料水中の NO₃-N が

表 7 指標間の相関係数と回帰直線

*y		*x	TOC	TOD	COD	BOD
本 川	TOC	/		0.73	0.71	0.59
	TOD	$\frac{3.21}{0.14}$	/		0.82	0.71
	COD	$\frac{0.33}{0.73}$	$\frac{17.1}{4.39}$	/		0.63
	BOD	$\frac{1.30}{0.99}$	$\frac{4.16}{3.23}$	$\frac{3.67}{1.20}$	/	
支 川	TOC	/		0.89	0.81	0.78
	TOD	$\frac{5.29}{0.15}$	/		0.88	0.85
	COD	$\frac{5.37}{0.29}$	$\frac{1.84}{1.84}$	/		0.91
	BOD	$\frac{3.98}{0.56}$	$\frac{3.68}{3.50}$	$\frac{-0.20}{1.45}$	/	
排 水 処 理 場	TOC	/		0.53	0.75	0.72
	TOD	$\frac{10.78}{0.18}$	/		0.62	0.42
	COD	$\frac{4.25}{0.65}$	$\frac{23.6}{2.7}$	/		0.60
	BOD	$\frac{7.17}{0.54}$	$\frac{59}{1.57}$	$\frac{13.7}{0.51}$	/	

* (y=a+bx, a/b)

人間の発ガン性と関係あると言われ、そちらからの要請でも流入量の削減が必要である。

6. 有機汚濁指標

自然界の河川水中には、気象地形等の外的影響を受けながら、その水質に対応したバクテリア、原生動物、付着藻類、底生動物、水草あるいは魚等の生物が生活し、水を媒体とした生態系を形造っている。したがって、水中の生元素に関連した化合物は絶えず変化しているものであり、“測定された水質”はその変化の過程上のもので、物質の動きの一面を表現しているにすぎない。

現在多摩川は著しく汚濁されているが、丸子橋付近の河川水について溶存態有機物の全分析の試みがなされ表 6 のような結果が報告されている⁹⁾。表に示されたように溶存態有機炭素の 50~70% が明らかにされ、海水で数十パーセントしか説明できないのに比べ、その値は大き

い。構成物質の主なものを見ると、たん白質由来のものが約 30%、炭水化物由来のものが 9~15%、そして石油化学成品である ABS が 9~16% となっている。すなわち、多摩川丸子橋付近の水質は、人間活動の影響が大きく、有機物の分解があまり進んでない状態にあると言える。このように有機物組成を明らかにすることは水質保全対策上、非常に有効であるが多大の労力と時間を要し、また容易なことではない。これらの有機物の量をあらかず水質指標には、BOD、COD、TOC、TOD 等がある。BOD は、好氣的条件下でバクテリア等の呼吸により消費される酸素の量であり、COD は、一定条件下で酸化される物質質量である。BOD、COD 共に有機物総量とは関連なく、生物学的あるいは化学的に比較的分解されやすい成分の存在量を示している。

新指標である TOD は高温触媒下、炉の中で 50~100μl の試水を燃焼させ、その際減少する酸素量を電気的に測定するものである。測定上の問題点として、有機物の酸化率の他に、Cl⁻、NO₂⁻、NO₃⁻ 等の無機物が測定値に関与すること、あるいは試水量が少ないため、試水中の懸濁物の有無により測定値が大きく変わることがあげられる。

一方、TOC は、有機物量をそれに含まれる炭素の量として表現するもので、酸化生成された CO₂ を非分散赤外吸収計で測定する。TOD の測定上にみられたような妨害物質はないが、同様に酸化率、あるいは試水量等に問題点が残されている。

従来、有機汚濁指標として BOD あるいは COD が用いられ、環境基準にもこれらの指標が用いられている。しかし、これらの指標は有機物の全量を示していないこと、BOD を測定するには最低 5 日間の時間を要する等の短所があったため、高価な機器を必要とするものの、汚濁物質の全量をあらかず、自動連続測定も可能な TOC、TOD がそれに代る指標として注目を集めてきた。しかし、これらの指標で環境水の状態を判定しようとしてもまだデータの蓄積量が少ないこと、得られる情報内容が質的なものでなく、量的なものであること、また前述のような技術的に解決すべき点があること等の問題点があり直ちに導入できる現状ではない。

一応の目安として、本調査で得られた観測値について相関をとってみると、表 7 のようになり、部分的に相関がみられるものの一定の傾向は認められない。この結果

は当然とも言え、河川水中の有機物の組成は一定でなく、水域により時間により変動するものであり、同じ有機物指標であっても被測定物質が異なる指標間に常に高い相関を求めることは困難であって、各々特徴を持った別個な有機物指標として考えなければならない。したがってTOC、TODを水質基準として用いるときは、非汚染水域における値を、Background値とするような考慮が必要であり、その量の上に利水目的に合せた量を許容すべきである。その際重要なことは、付加される部分の有機物の内容である。初めに述べたように、ひとつの水質指標は水の状態の一面を表現しているに過ぎず、特にTOC、TODは有機物の総量を示し組成に関する情報を全く含まない。

以上のようなことから、環境水の健全な生態系を維持するための水質基準はいくつかの指標からなる総合指標

的なものとなるはずであり、並列式とはならないと考えられる。今後さらに精密な現場観察、室内実験を重ね、TOC、TODの水質指標としての意味を確立していくと共に、水圏の総合的な解析が必要である。

参 考 文 献

1. 東京都公害研究所水質部：都内河川の汚濁機構の解明について（その1）、公害研究所資料 2-1-4（1970）
2. 東京都公害研究所水質部：都内河川の汚濁機構の解明について（その2）、公害研究所資料 2-1-12（1971）
3. 小倉ほか：多摩川調布堰における水質成分 陸水学会誌 36, 16-30（1975）