

多摩川のBOD収支調査結果について

土屋 隆夫 古井戸 良雄 長 沢 久
味 村 昭

1 はじめに

多摩川は、山梨県の大菩薩嶺および埼玉県との境にある雲取山にその源を発し、東京都の郊外に位置する三多摩地区を貫流し、神奈川県川崎市と東京都世田谷・大田の両区の境界を流れて東京国際空港の地先で東京湾に注いでいる。その延長は約100km、流域面積はおよそ1,200 Km²である。

この川には、上流に貯水容量1億9,000万m³の人造湖奥多摩湖があり、美しい溪流の景観と相まって、多くの人達のレクリエーションの場になっている。またこの川は、東京都および神奈川県川崎市の重要な上水源になっているほか、農業用水、水産用水、工業用水としても重要な役割を果たしている。

このように利水価値の高い川であるが、近年その流域が無秩序に開発されるに従って、その水質は年々悪化し、利水に支障をきたすようになってきた。

この調査は、多摩川の水質汚濁を有機性汚濁の面からとらえ、汚濁指標としてBODを用いて、その収支を明らかにするために行なったものである。調査は、この川が東京と神奈川の両都県に関連しているのので、神奈川県と協力して実施した。

2 調査方法

BOD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、取水口などについて、同時に流量と水質の測定を行なった。調査地点は合計73地点であつ

図1 多摩川流域図

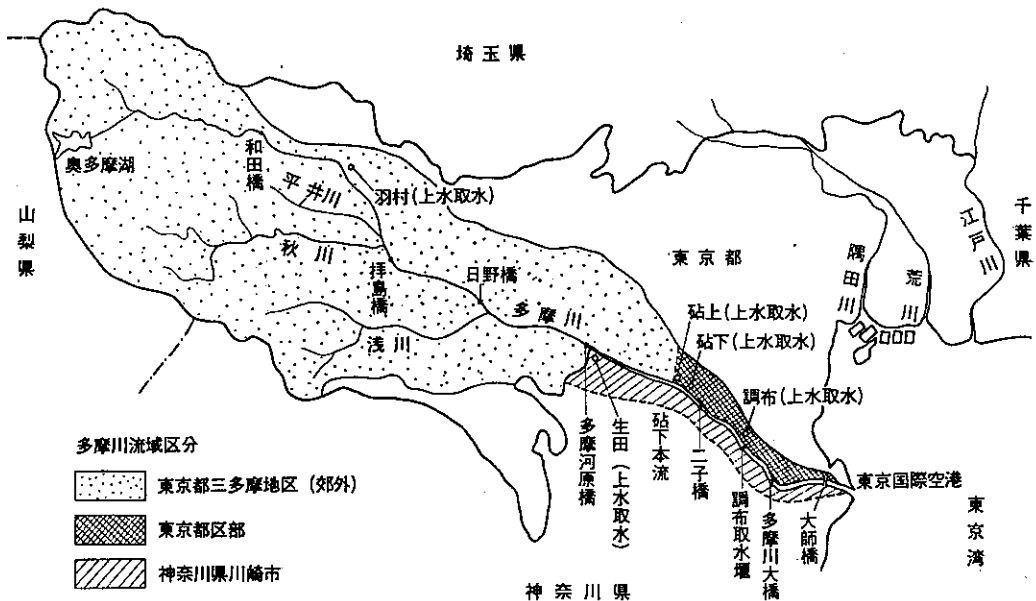


表1 河川水の生活環境に係る環境基準

項目 類型	利用目的の適応性	基準値				該当水域
		pH	BOD	SS	DO	
AA	水道1級 自然環境保全およびA以下 の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	ppm 1以下	ppm 25以下	ppm 7.5以上	別に閣議決定により 水域類型ごとに指定する 水域
A	水道2級 水産1級 水浴 およびB以下の欄に掲げ るもの	6.5以上 8.5以下	2以下	25以下	7.5以上	
B	水道3級 水産2級 およびC以下の欄に掲げ るもの	6.5以上 8.5以下	3以下	25以下	5以上	
C	水産3級 工業用水1級およびD以下 の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5以下	50以下	2以上	
D	工業用水2級 農業用水 およびEの欄に掲げるもの	6.0以上 8.5以下	8以下	100以下	2以上	
E	工業用水3級 環境保全	6.0以上 8.5以下	10以下	ごみ等の浮遊 が認められないこと	2以上	
測定方法		規格8に掲げる 方法	規格16に掲げる 方法	規格10,21,に 掲げる方法	規格24に掲げる 方法	

備考 1. 基準値は、日間平均値とする（湖沼、海域もこれに準ずる）。
2. 農業用利水点については、pH6.0以上7.5以下、DO5 ppm以上とする（湖沼もこれに準ずる）。

(注) 1. 自然環境保全：自然探勝等の環境の保全

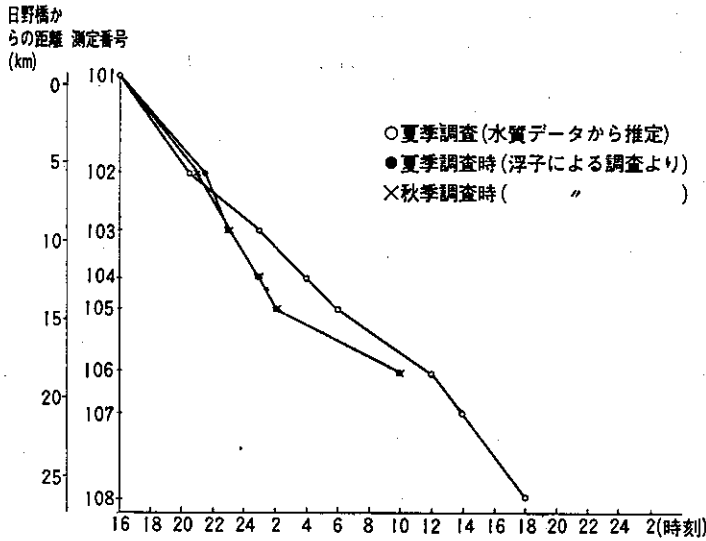
2. 水道1級：ろ過等による簡易な浄水操作を行なうもの
 - ◇ 2級：沈澱ろ過等による通常の浄水操作を行なうもの
 - ◇ 3級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行なうもの
3. 水産1級：ヤマメ、イワナ等貧腐水性水域の水産生物用ならびに水産2級および水産3級の水産生物用
 - ◇ 2級：サケ科魚類およびアユ等貧腐水性水域の水産生物用および水産3級の水産生物用
 - ◇ 3級：コイ、フナ、β-中腐水性水域の水産生物用
4. 工業用水1級：沈澱等による通常の浄水操作を行なうもの
 - ◇ 2級：薬品注入等による高度の浄水操作を行なうもの
 - ◇ 3級：特殊の浄水操作を行なうもの
5. 環境保全：国民の日常生活（沿岸の遊歩等を含む）において不快感を生じない限度

たが、このうち流量の大きい主要地点21地点については、2時間おきに24時間の連続調査を行ない、その他の地点については日中に3回調査を行なった。調査は7月と10月の2回、繰り返して行なった。

BODの収支調査と同時に、順流部について流下所要時間の測定も行なった。流下所要時間の測定は、河川の縦断方向に水質のピークを追跡する方法と、軟式卓球の

球を流下させ、その所要時間を測定する方法を部分的に比較したところ、両者間にあまり差が認められなかった。調査が容易な後者を用いて全区間の測定を行なった。軟式卓球に適当な浮力を持たせるために、球の中へ注射器で直径の70~80%の水を注入する方法と、球に塩化ビニール管（径20mm、長さ80mm）をオモリとして吊す方法を併用したが、水深の浅い多摩川では、両方法とも

図2 流達時間に関する検討 (水質ピークの追跡法と浮子法の比較)



測定結果に大差を生じなかった。

3 調査結果

多摩川の水質と流入BOD負荷量の関係を模式化した結果は図3のとおりである。水質を国で定めた生活環境に係る河川水質の環境基準の類型にあてはめると、拝島橋から日野橋上流地点までの約6kmの区間には、1日に560kgのBOD量が流入し、河川水質はC級(BOD 5 ppm以下)である。日野橋上流地点から砧下本流までの約21kmの区間には、1日に9,320kgのBOD量が流入し、この区間の河川水質はD級(BOD 8 ppm以下)に悪化する。砧下本流から調布取水堰までの約6kmの区間には、1日に9,850kgのBOD量が流入し、河川水質はE級(BOD 10 ppm以下)にまで悪化する。調布取水堰から河口までの約13kmの感潮区間には、1日に37,570kgのBOD量が流入し、海水の稀釈作用にもかかわらず、河川水質はBOD 10 ppmを越えている。

多摩川における単位距離(1km)当りの流入BOD量と河川水質の関係は、表2のとおりである。拝島橋から河口までの全区間における流量とBOD負荷量の収支は、秋季において図4-1~図4-4のとおりであった。

なお、夏季においては多くの農業用水が取水されるた

め、流量の実態はこれと異ったものであった。

図4-1~図4-3を用いて、順流部の自浄係数を求めた。河川内におけるBODの減少は、単に酸化分解のみによるものではなく、沈澱や河床におけるろ過なども含まれるが、これらを一括して自浄作用と考え、BODの減少が一次反応で行なわれると仮定して自浄係数を求めたものである。

いま図5に示すような河川があったと仮定する。地点0から地点4までの区間で自浄係数が等しいとし、各地点に到達するBOD量を

それぞれ L_0, L_1, L_2, L_3, L_4 とする。地点1では l_1 のBOD量が、地点2では l_2 のBOD量がそれぞれ流入し、逆に地点3では l_3 のBOD量が流出したとする。各地点間の流下所要時間を Δt_0 (日)、 Δt_1 (日)、 Δt_2 (日)、 Δt_3 (日)とすると、 $L, l, \Delta t$ および自浄係数 k の間には、つぎの式が成立する。

$$\begin{aligned}
 L_1 &= L_0 \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_0} \\
 L_2 &= (L_1 + l_1) \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_1} \\
 &= (L_0 \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_0} + l_1) \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_1} \\
 &= L_0 \cdot 10^{-k \cdot (\Delta t_0 + \Delta t_1)} + l_1 \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_1} \\
 L_3 &= (L_2 - l_2) \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_2} \\
 &= L_0 \cdot 10^{-k \cdot (\Delta t_0 + \Delta t_1 + \Delta t_2)} + l_1 \cdot 10^{-k \cdot (\Delta t_1 + \Delta t_2)} \\
 &\quad + l_2 \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_2} \\
 L_4 &= (L_3 - l_3) \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_3} \\
 &= L_0 \cdot 10^{-k \cdot (\Delta t_0 + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3)} \\
 &\quad + l_1 \cdot 10^{-k \cdot (\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3)} \\
 &\quad + l_2 \cdot 10^{-k \cdot (\Delta t_2 + \Delta t_3)} - l_3 \cdot 10^{-k \cdot \Delta t_3} \\
 &\dots\dots\dots (式-1)
 \end{aligned}$$

いま(式-1)について、図5に示すように

$$\begin{aligned}
 (\Delta t_0 + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3) &= t_0 \\
 (\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3) &= t_1
 \end{aligned}$$

表2 単位距離当り流入BOD量と水質の類型の関係

河川の区間	単位距離当り流入BOD量	河川水質の類型
拝島橋～日野橋上流	約 90 (kg/km)	C
日野橋上流～砧下本流	◇ 440 (◇)	D
砧下本流～調布取水堰	◇ 1,650 (◇)	E
調布取水堰～河口	◇ 2,900 (◇)	級外

表3 多摩川の自浄係数

河川の区間	区間の距離	k(1/日)	t(日)	平均水温
日野橋上流 } 多摩河原下流	13.5km	0.36	0.346	16.2℃
多摩河原下流 } 砧下本流	8.5km	0.15	0.419	17.1℃
砧下本流 } 調布取水堰	5.5km	0.63	0.198	17.2℃

$$(\Delta t_2 + \Delta t_3) = t_2$$

$$\Delta t_3 = t_3$$

$$L_x = L_0 \cdot 10^{-kt}$$

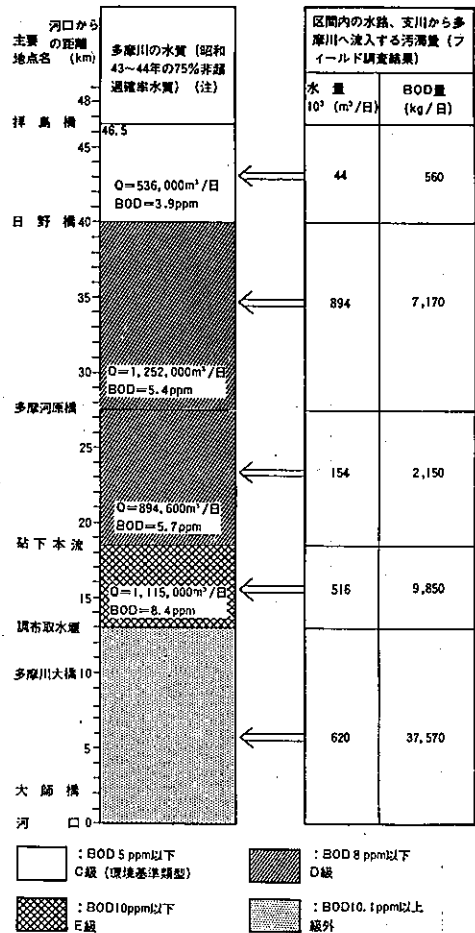
のように書き直すと、(式-1)は(式-2)のようになる。

$$L_4 = L_0 \cdot 10^{-k \cdot t_0} + l_1 \cdot 10^{-k \cdot t_1} + l_2 \cdot 10^{-k \cdot t_2} - l_3 \cdot 10^{-k \cdot t_3} \dots \dots \dots \text{(式-2)}$$

図4-1～図4-3のように実河川のBOD収支を詳細に調査し、かつ各区間の流下所要時間を測定することは、(式-2)において、 L_0 、 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 および t_0 、 t_1 、 t_2 、 t_3 などを実測することを意味する。したがって、実測によって求められたこれらの値を(式-2)に代入することにより、自浄係数 k を求めることができる。

このような方法で求めた多摩川の自浄係数は表3のとおりである。また、各ブロックにおける流入負荷量と流出負荷量を総括した結果は図6のとおりであった。

図3 多摩川の水質と流入BOD量の関係



(注) 河川の分類は上の水質区分による。

図4-1 多摩川の流量, BOD 負荷量収支

(拝島橋～関戸橋間) 調査44.10.22. 12時～23, 12時

流量 (10³m³/日)			水路パターン			BOD負荷量 (kg/日)		
本川	流入水	流出水	流入水	本川	流出水	本川	流入水	流出水
				拝島橋	河口からの距離 (km) 45			
	40.0			谷地川			400	
	4.0			F起建場			160	
536	45.0			日野橋上流	40	2,090	720	
		0		根川	府中用水		770	0
	35.0			国立排水			625	
	25.0			日野懸水			700	
	70.0			浅川			2,500	
	500			程久保川			100	
	20.0							
1,226				関戸橋	35	5,394		

図4-2 多摩川の流量, BOD 負荷量収支

(関戸橋～多摩河原橋下流間) 調査44.10.23. 12時～24, 12時

流量 (10³m³/日)			水路パターン			BOD負荷量 (kg/日)		
本川	流入水	流出水	流入水	本川	流出水	本川	流入水	流出水
				関戸橋	35			
	80.0			大栗川			560	
		85.0		大丸用水				374
				府中排水	30		1,100	
	110			矢の口排水				
	8.6			多摩河原橋下流			92	
1,252				多摩河原橋下流		6,761		
				上河原				
					25			

図4-3 多摩川の流量, BOD 負荷量収支

(多摩河原橋下流～調布取水堰間) 調査44.10.23. 12時～24, 12時

流量 (10³m³/日)			水路パターン			BOD負荷量 (kg/日)		
本川	流入水	流出水	流入水	本川	流出水	本川	流入水	流出水
	0			調布取水			0	
968	6.0			小彩排水	丸子橋	8,518	122	
	16.4			山王法水			1,241	
	1.0			下沼排水			47	
	5.2			沼町排水			342	
	45.8			上平間排水	ガス橋		1,191	
					10			
	35.0			矢口排水			1,652	
	37.2			吉布場排水			1,957	
	32.4			今泉排水	多摩川大橋	14,948	2,138	
	37.6			天无木排水			2,621	
	8.6			小向排水			187	
	5.2			戸まポン			173	
	35.2			幸町排水			1,260	
	24.0	24.0		高畑排水			106	106
	1.5			A排水	明治N橋			
	1.5			B排水	六郷橋		46	
	39.0			日排水			595	
	21.0	200		河口排水	味の素		4,095	800
	147			O排水			2,268	
	56.0			鉢形排水			5,076	
	32.0			六郷水門			4,021	
	38.5			三工排水			3,744	
				中村排水			5,583	
				大師橋		45,956		

図4-4 多摩川の流量, BOD 負荷量収支

(感潮区間) 調査44.10.24. 12時～25, 12時

流量 (10³m³/日)			水路パターン			BOD負荷量 (kg/日)		
本川	流入水	流出水	流入水	本川	流出水	本川	流入水	流出水
				多摩河原橋				
				多摩河原橋下流				
				上河原				
	59.6			三沢川			954	
	38.4			掘削排水	25		292	
	38.9			六郷排水			545	
				登戸排水	多摩水道			
	7.8			河内原	二ヶ瀬用水		156	
		85.0		葛方排水	宿河原			561
	0.9			葛方排水			32	
	8.0			塚排水	多摩多摩川			410
	0.5			宇奈根山谷排水			152	
				結下本流	結下取水		17	
	32.7			平瀬川		5,100		187
	2.6			二子排水	(二子橋)		1,660	
	238			野川			24	
	25.1			園形排水			5,521	
	5.2			上野毛排水			645	
	13.7			宮内排水			52	
	20.2			谷沢川			1,050	
	2.6			善ヶ力排水			626	
				上沼排水			72	
	10.4			調布取水	調布取水		193	
1,115		147		丸子橋		9,386		951

4 水質改善計算例

BOD収支調査の結果を基礎にして、多摩川の水質を改善するための計算を行なってみた。改善の目標として、昭和45年9月1日に閣議決定をされた多摩川の水質基準の類型指定値を用いた。すなわち、拝島橋から調布取水堰までの区間の水質をC級（BOD5 ppm以下）に、調布取水堰から下流の感潮区間をD級（BOD8 ppm以下）に改善することを目標として、現状と同様な流況における多摩川の水質を求めてみた。

計算は、順流部についてはBOD収支の項で求めた自浄係数を用いる方法で行なった。また感潮部については、PhelpsとVelzがニューヨーク港の混合を論じた際に用いたといわれるTidal Prismの手法を利用して行なった。なおTidal Prismの手法では、汚濁物と河川水、海水等が完全混合するのみで、この区間における自浄作

用が無視されるので、現状について計算値と実測値の比を求め、これを自浄率と考えて改善計算に導入した。現状における自浄率は、大師橋の近くで0.7であった。

$$\begin{aligned} \text{自浄率} &= \frac{\text{現状における実測水質}}{\text{現状における計算水質}} \\ &= 0.7 \end{aligned}$$

水質改善計算の結果は図7に示すとおりであった。拝島橋から調布取水堰までの区間の水質をC級に改善するためには、この区間に流入するBOD量を、現在の1日当り19,730kgから9,860kgまで減少させなければならないことが知れる。これは現在流入している汚濁量の50%を除去しなければならないことを意味する。この区間の水質をC級に保つためには、現存する汚濁源と将来流域の開発にともなう増大することが見込まれる新たな汚濁源を合せて、これらから排出される汚濁物の総量を、

BODに換算して1、日当り9,860kg以下にしなければならないわけである。

表2において求めたのと同じ考え方で、拝島橋から調布取水堰までの区間の水質をC級に保つのに許容される単位距離（1km）当りの許容BOD量を、現状と比較して求めてみると、表4のとおりである。表4からも明らかとなり、流域の開発の進んだ下流部ほど、除去すべき汚濁物の比は大きくなる。

図5 河川概念図

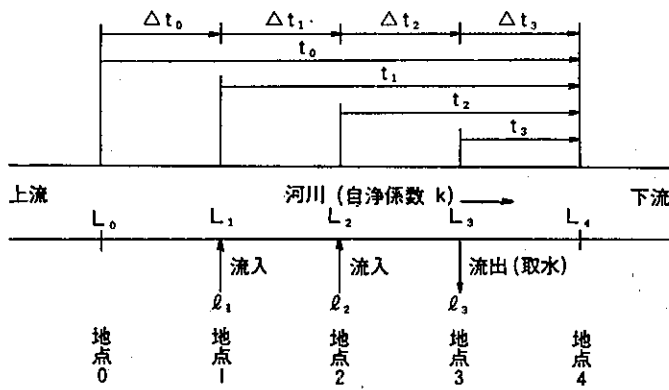


図6 多摩川におけるBOD収支総括図

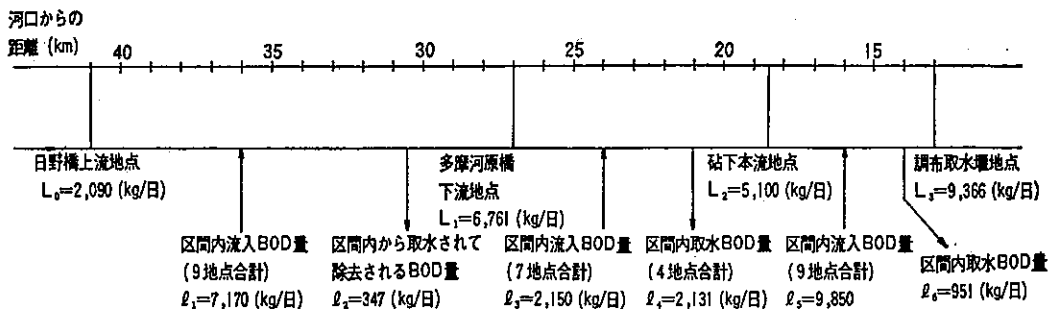
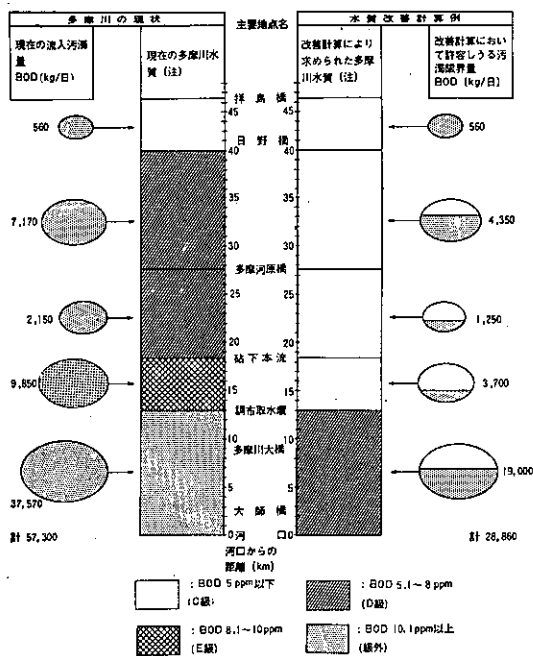


図7 多摩川の現状と水質改善計算例の比較



(注) 河川の種類は上の水質区分による。

表4 単位距離当り流入BOD量の比較

河川の区間	単位距離当り流入BOD量 (kg/km)		$\frac{B}{A} \times 100$
	現状(A)	許容量(B)	
拝島橋 日野橋上流	約 90	約 90	100
日野橋上流 多摩河原橋下流	約 550	約 335	61
多摩河原橋下流 砧下本流	約 270	約 160	59
砧下本流 調布取水堰	約1,650	約 615	37

感潮水域の水質をD級に改善するためには、この区間に流入するBOD量を、現在の1日当り37,750kgから19,000kgまで減少させなければならず、順流部と同様現在流入している汚濁量の50%を除去しなければならないことが知れる。

5 問題点ならびに今後の課題

(1) 自浄係数について

今回の調査結果から求めた自浄係数は、生物学的分解、沈澱、ろ過などの諸々の作用を含めたものとして求めている。生物化学的分解についていえば、水温、栄養状態、毒性物質の有無などによってその作用は異なったものになることが考えられる。沈澱作用は、水理学的条件が異なれば当然その効果も異なったものになる。したがって、多摩川の自浄係数は、今回の調査結果から求めたものが唯一のものではない。同一流況においても、栄養状態が変化する将来においては、当然自浄係数の変化が考えられるので、この種の調査は、今後とも継続し、自浄係数に含まれる各因子について、多くの知見を蓄積する必要がある。

(2) 背景調査との結びつきについて

多摩川の流域には、まだ公共下水道はほとんど普及していない。したがって、この流域で排出される汚水は、多くの水路や支川を經由して多摩川に流入している。これらの水路や支川は流れのゆるやかなものが多く、これが自然の沈澱池あるいは酸化池として作用するため、この川の流域で排出された生活排水や産業排水は、実際に多摩川に流入する地点では、かなり浄化されたものになっている。この自然の形態を変えたとき、たとえば水路を改修したり下水道本管を敷設したときは、排出される汚濁量がかなり変ることを考慮しなければならない。今後本調査結果と背景調査結果を結びつけ、流域の開発のあり方を含めてさまざまなケースについて、水質の予測計算と費用の関係などについて検討を行なう必要がある。(本報告は、神奈川県と東京都で協力して実施した調査結果をとりまとめたものである。)

参 考 資 料

- 1 一都三県公害防止協議会：水質汚濁共同調査報告書 (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1) (公害研究所資料2-1-4, 1970)
- 3 株式会社日本水道コンサルタント：都内河川の汚濁機構の解明にともなう総合調査報告書 (1970)
- 4 土屋, 古井戸, 田辺外5名：用水と廃水 Vol. 12 No.12 (1970)