

1. 本研究の目的

1970年に、環境基準が設定され、汚染防止の目標が定められ、それを満足するように、排水基準や下水道計画が設定されなければならない事になっている。とはいえ、環境基準を満足するという条件は、もわめてあいまいな規範で、これを定量的に定義する事はほとんど困難な状況にある。その一つとして、河川等の水域の水質をどのように定量化するかについて問題点の多い事は既に報告^①したが、ここでは、その問題はさておき、汚濁発生量・除去量・河川への流量量、さらに河川内における自浄能力を定量化する事は不可能に近い。しかしながら排水基準の設定・見直し、下水道計画の策定は、緊急の課題であり、行政的レベルで何らかの判断を下さざるをえない状況である。行政的判断という手法として、提案されているのが、建設省から出されている流域別下水道整備総合計画や、環境庁を中心として作製される公害防止計画のマニュアルである。前者については、1974年にマニュアルが出され、1976年に改訂版が出され、実務レベルでは、かなり整理されて来たが、未だ完全なものでなく、改良の余地は少なくない。この指針は、全国水準からみた、マクロな方法であり、これと地方の各地の河川にあてはめる場合には、実測によるなければならないと書かれている。とはいえ、その実測法も確立されていないため、この手法と実際に使用するのとは、困難といわざるをえない。本研究では、東京の多摩川を例にとり、汚濁発生とその流下過程の実態を示し、上記計画手法の問題点とあきらかにし、その手法の改良案を提示する事を目的とする。勿論、ここで行なう考察は、多摩川のみに関するものであり、全国的にこの手法を利用する事は出来ないが、このような、現場が沢山出される事により、より共通な手法が生まれてくるものと考えている。

2. 多摩川の概況と研究対象区間

多摩川については、多くの研究^②に詳しいので、ここでは、水質解析に必要な事についてのみ述べる事とする。全流域面積は1230 km²であるが、羽村堰（河口より54 km地点）で東京の水道水源として、ほぼ全量取水される。この堰から、5月から9月にかけての灌漑期間に、2 m³/秒、責任放流を義務づけられている他は、この取水能力21.6 m³/秒を上回る時のみ、下流に溢流する。それもその上流に貯水容量1.8億m³の小河内ダムがあり、洪水と出まるとなると、貯水しているため、羽村からの無効溢流量は、もわめて限られたものになる。水質汚濁解析の対象となる平水ないし、低水流量時よりも水質の低い場合には、無効溢流はほとんどないので、解析上、多摩川は、羽村からはじまる考えた方が妥当である。よって羽村堰上流の487.7 km²の流域と除外し、羽村堰下流部について考える事とする。

羽村堰から調布取水堰までは、順流部である。調布堰は、急瀬堰とわけており、その下流部は防瀬域で、水の動きは、複雑となり、順流部としての取扱いは出来ない。そこで、本研究では、対象を単純化するため、羽村-調布堰間41 kmに限って解析する事とした。区間をこのように限定しても、多摩川の場合、途中での汚水の流入地点が多く、既報^③のように、主なものだけで、支川が9（左岸3、右岸6）、排水口が18（左岸12、右岸6）あり、さらに、堰が、両端の羽村・調布を除いても6ヶ所あり、その上堰と同じ効果をはたす、床固めが、4ヶ所あり、単純な順流部としての解析は行えない。もう一つの問題点は、流域内は下水道工事が進行中であり、本年も、多摩川上流下水処理場が運転開始したばかりであり、そのため、年々排水系統・排水施設が改修され、水質条件が大きく変化する事である。勿論、流域内の人口の増加・工業・商業活動の増加、処理施設の導入等の人為的变化が大きく、河川水質の非理性がなく、解析が行えないという基本的問題点がある。図-1は、多摩川流域の人口の変化を示したものである。この図の求め方については、後で詳しく述べるが、昭和10年の全流域人口は、40万人程度であったのが、昭和45年には、180万人と約4.5倍になっており、日野橋より下流の人口の増加が著

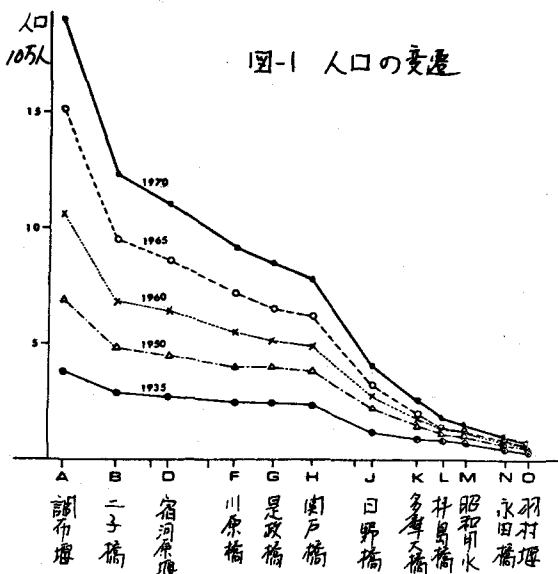


図-1 人口の変遷

るい。

3. 発生活汚量の推定

本研究では、汚濁発生源は、生活に關するものと、事業所に關するものに限定した。流域では、その他畜産や、観光に伴う汚濁量を加算する事となっているが、多摩川においては、これらの量が少なく、ほとんど無視する事が出来るので、省略した。なお多摩川の上流部には、石灰岩の採掘が行なわれており、それに伴う大量の土砂の流出があるが、水質汚濁の対象が有機物による溶存酸素の創却に中心があるので、今回は、これら浮遊物質についても考慮していない。

3-1 生活に伴う汚濁量

人間の生活に伴う発生する汚濁物質と、流域に送る雨水と排水に分離する。両者が最終的に公共

用水域に流出するプロセスを図-2に示す。尿尿の排出形態は、水洗と汲み取りに大別される。前者は、下水道・浄化槽に流入し、処理されて、公共用水域に排出される。後者は、農地還元・非衛生処分、屎尿処理場への搬入の場合が考えられるが、多摩川においては、農地還元の規模が小さく、ほぼ汲み取り尿尿の全量、屎尿処理場に搬入されている。非衛生処分も一時はかなりの量が行なわれていたが、現在はほぼ全面的に禁止されている。屎尿処理場は、流域内に8ヶ所あり、1958年から1969年にかけて、建設されたもので、酸化方式ないし、化学処理が全体の半分以上を占めている。これらの施設が古い事と、流域内に浄化槽が多く浄化槽汚泥の投入が行なわれているため、その処理効率は悪く、かつ未規制ではあるが、大量の窒素（ほとんどが有機性）、アンモニア態）が流出している。ここでは、汲み取り尿尿の全量が、屎尿処理場に流入していると仮定して計算を行った。

流域内に下水処理場は、合計8ヶ所あるが、処理面積が小さく、下水道利用人口は少ない。とくに流域下水道の終末処理場は3ヶ所あるが、その普及の程度はおおしく、計画通り、下水道が完全に普及するのには今後10年以上かかる予想されている。しかしながら、流域内の水洗化への要望は強く、とくに、新規に流域内に建設される家屋では、浄化槽による水洗化が行っている所が多い。浄化槽といっても、団地等の共同浄化槽（コミュニティプラント）から、各家庭に設置される家庭用単独浄化槽と、その規模はまちまちである。東京都の場合、500人槽以上の浄化槽は、水防法の対象施設で、処理水のBODは30mg/lと規制されている。共同浄化槽の場合、雑排水も同時に処理される事が多いので、それを含めて考えると、30mg/lの処理は、83%の除去率に相当する。（1人当り水道使用量250L、BOD換算単位と4gと仮定）

東京・川崎両市の場合、水防法対象施設については、排水の調査を行っている。今回の研究では、その実測値から、汚濁発生量を求めた。100人以上、500人槽迄のいわゆるコミュニティプラントは、雑排水も同時に処理している場合が多いが、この数が多く、排水水質はほとんど把握されていない。都の条例によると、これらの浄化槽の処理水質は60%となっているが、これは、上記と同様を計算を行うと除去率は66%に相当する。本研究では、この値を使用した。

家庭用浄化槽についても、建て前としては、建築基準法の

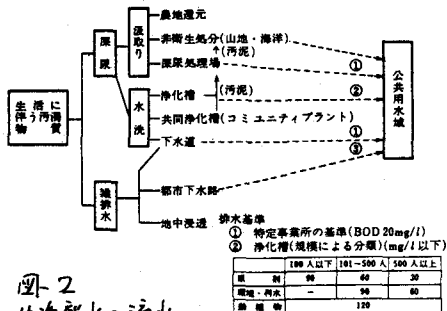


図-2 生活排水の流出プロセス

排水基準			
① 特定事業所の基準 (BOD 20mg/l)			
② 浄化槽(規模による分類)(mg/l以下)			
人口	100人以下	101-500人	500人以上
BOD	60	50	30
COD	100	80	60
SS	100	80	60

③ その他の基準はないが、ここに排出する事業所は、水質汚濁防止法（一律でない上乗せ基準）の適用を受ける。

確認申請が 出されるので実態が把握される事になっているが実際には、数はあまいである。最近、浄化槽の清掃の義務化や、各市町による浄化槽汚泥の収集が行なわれるようになっており、実態の把握が進められている。本研究では、各市町の清掃台帳に基づき、浄化槽利用人口、汲み取り人口を用いた。これらの処理水の水质は、条例により120mg/lとなっているので、平均的にこの排水基準で放流されているものとして、汚濁発生量を求めた。なお、家庭用浄化槽は、雑排水が含まれるので、これを考慮すると、浄化槽の除去率は、46%にすぎない(屎尿によるBOD原単位は13g、水洗用水は60lとする)。

雑排水についてみると、下水道と100人以上の浄化槽と使用している家庭では、屎尿と一緒に処理されている事となり、家庭用浄化槽の利用者と、汲み取り世帯では未処理で放流される事となる。すなわち、U字管その他の側溝と通り、農業悪水路、都市下水道、支川等と通って最終的に河川に流入する。雑排水のBOD原単位は、流域では31g/kg/日となっているが、これをそのまま流入するとは考えられない。本研究では、人口密度の高い地域程、排水路が整備されており、雑排水の流入と流下がスムーズに行なわれていると考え、一方人口密度の低い所では、地下に浸透したり、途中で堆積したりして、流入量は大幅に低下するものと考えた。この低減率を推定する方法はなく、今後、定量化しなければならぬが、ここでは、大胆な仮定ともうけて、低減率を仮定して、流入量を求めた。表-1はその低減率である。

表-1 低減率

人口密度	低減率
10人/km以下	0.9
10~30人/km	0.8
30~50人/km	0.7
50~80人/km	0.5
80~100人/km	0.3
100人/km以上	0.1

一方、このような施設と人口がどのように分布するかとあきらかにせねばならない。本研究では、流域内と支川と排水別に36に分割し、さらに各流域と市町村単位でわけ、合計、604のブロックに分割した。分割ブロックの構成単位は、国調の町丁別人口及び面積で表現した。そのため流域の分割はかなりの精度で行うことが出来た。(しかしながら立川市の下水道区域の場合、残堀川流域と下水道計画区域が重複し、その調整は、いくつかの問題点と残した。多摩川流域の場合、下水道普及率が低いので、その調整問題ではなかったが、将来、雨水と汚水の分離として、それぞれの汚濁発生量を考えるべきであらう。

表-3 本川地点別汚濁負荷量(1973年 kg/日)

表-2は、以上のプロセスにより、求めた発生汚濁量である。ここで注意しなければならないのは、発生汚濁量といっても、処理されて流出してくる汚濁量であり、流域その他でいう「全発生量」とは異なる事である。発生量を求めても、その中のどれだけが流下してくるか、水质解析の問題となる以上、ここで、あまい概念を加えるよりも、実際に河川に流入するであろう汚濁量を求める方が合理的であると考へたからである。表-2によると、雑排水の占める比率が大きく、上流の低減率を加味しても、生活排水の83%と占めている。これらの雑排水

	下処理場	浄化槽 B			雑排水		生活系計 D A+B+C	事業所 E	合計 F D+E	流域試算(1973)			F/G
		A	水防法	団地	その他	原単位				生活	事業所	計(含その他) G	
O 羽村堰		21	30	33	1,928	193	277	184	461	4,724	485	6,604	7.0
N 永田橋	58	31	121	53	2,604	328	591	1,178	1,769	6,949	1,140	10,054	17.6
M 昭和用水堰	82	38	121	85	4,297	497	823	1,191	2,014	11,131	1,362	16,117	12.5
L 拝島橋	82	60	200	97	4,796	647	1,086	1,206	2,292	13,411	2,104	19,561	11.7
日野用水堰													
K 多摩大橋	82	233	200	97	7,023	1,060	1,670	1,615	3,285	16,516	2,240	22,873	14.4
J 日野橋	544	558	571	187	9,031	2,270	4,128	2,792	6,920	30,879	6,939	44,393	15.6
I 四谷本宿堰													
H 関戸橋	1,211	1,598	658	395	16,388	4,677	8,537	6,094	14,631	60,734	15,717	84,197	17.4
大丸用水堰													
G 是政橋	1,655	1,881	768	811	17,529	4,850	9,963	6,358	16,321	71,283	22,701	102,097	16.0
F 川原橋	1,932	1,885	962	864	19,200	5,581	11,222	6,666	17,888	76,143	23,382	107,767	16.6
E 上河原堰													
D 宿河原堰	1,932	1,898	1,073	1,121	23,221	7,480	13,502	7,490	20,992	83,059	24,972	116,584	18.0
C 砧上浄水場													
B 二子橋	2,119	1,898	1,073	1,449	26,606	8,739	15,283	7,885	23,168	93,768	25,567	128,510	18.0
A 調布堰	2,520	1,898	1,274	2,218	39,220	15,583	23,498	8,850	32,348	135,488	31,950	177,611	18.2
構成比 %	7.8	5.9	3.9	6.9	—	6.64	7.26	2.74	10.00	76.3	18.0	100.0	
生活系構成比	10.7	8.0	5.4	9.4	—	8.33	10.00						

の多くは、多摩川の場合、都市下水路や、それと同じ機能をはたしている農業用水路から本川に流入しており、この水質の改善が急務である事が、このような難解な計算からもみ出される。この試算による生活排水の汚濁量の合計は、23.5 ton/日である。調布堰の流量を10 m³/sec とすると、平均して27mg/lとなるが、実際には、この値よりも小さな値となっている。

3-2 事業所排水からの汚濁発生量

流域においては、事業所を中分類ないし、もう一段業種を細分割し、それぞれに原単位法を用いて決定する事となっている。(しかし原単位は、同じ業種でも、製造工程、立地条件、用水事情等により異なり、全国レベルでは、一定の当量値となっているが、特定の地域を対象とした場合には、原単位法を用いる事は出来ない)。本研究では、水防法対象事業所については、実測値を用い、それ以外の事業所については、水防法対象工場の排水の平均値を用いて、汚濁発生量を求めた。すなわち、次式で求める。これと上記60流域にわけて求めて、その集計結果

$$\text{流域内汚濁発生量} = \text{水防法対象工場発生汚濁量} \times \frac{\text{流域内全事業所用水使用量}}{\text{水防法対象事業所用水使用量}}$$

果を表-2にあわせて示した。これによると、事業所からの排出汚濁量は、9.7 ton/日で、全汚濁発生量の中で占める比率は、27.4%にすぎない。上記計算の過程の中でえられる排水の平均水質は、水防法に基づく排水規制が、厳しいためか、基準の20 mg/lを下まわっている。約10年前に、多摩川が水質保全法の指定水域に指定されたときに行なわれた水質調査結果と比べると、大巾に改良されている事がわかる。

4. 用水使用量の推定

事業所排水の発生汚濁量を求めるためには、用水使用量があらわなければならぬ。各事業所における用水使用量は、求められていないが、ここでは、用水源は、上水道と地下水に限って、それぞれの資料から、流域内の使用水量を求めた。前者の上水道については、各市町の上水道統計から、家庭(生活)用、事業所に分ける。生活用水については、平均給水量を求め、流域内の使用水量を求めた。生活用水にかぎっても、多摩川の場合、112ℓから252ℓと変化していた。地下水については、吐出口断面積が20cm²以上の井戸には、すべてメーターが取り付けられていて年々その成果が発表されているので、これを基にして、地下水揚水量を求めた。当然規制対象外の小口径の井戸も

表-4 本川地点別用水使用量の推定 (1973年m/d)

存在するが、家庭用が多いと考えられるので、一応無視する事とした。地下水揚水量は表-3に示すように、約27万m³/日であり、そのほとんどは事業所用であった。なお、上水用の井戸もあるが、上水道と別途考慮しているため、この中には含めなかった。

上水道の事業所用に分類してある都市は、流域内では、八王子市を除いて、すべての都市で行なわれていたので、事業所用水の推定が容易であった。総括表を表-3に示したが、これによると、全使用

	事業所用水				生活用水 家庭用水 C	上水道 計 A+C	使用水量 計 B+C	流域試算(1973年)		
	地下水	上水分A	水防法	計①B				事業所	生活	計
O 羽村堰	440	4,651	5,971	9,858	9,924	14,615	19,782	4,589	24,514	29,103
N 永田橋	4,092	11,661	65,242	73,659	15,652	27,313	87,311	16,370	39,728	56,098
M 昭和用水堰	7,867	13,756	66,087	79,529	22,924	36,680	102,453	19,936	65,761	85,697
L 拝島橋	8,264	14,089	66,170	80,259	28,448	42,537	108,707	25,536	77,621	103,157
日野用水堰										
K 多摩大橋	27,031	20,481	82,792	105,418	43,543	64,024	148,961	34,346	93,608	127,954
J 日野橋	76,232	29,751	112,623	165,658	75,020	104,771	240,678	79,643	167,150	246,793
I 四谷本宿堰										
H 関戸橋	135,402	31,927	264,874	335,474	148,961	180,888	484,435	137,247	334,371	471,618
大丸用水堰										
G 是政橋	148,936	36,109	273,856	353,345	165,451	201,560	518,795	162,547	391,314	553,861
F 川原橋	179,821	44,547	282,399	392,668	191,374	235,921	584,042	169,922	416,698	586,620
E 上河原堰										
D 宿河原堰	213,206	53,584	286,343	433,910	217,980	271,564	651,890	175,991	453,133	629,124
C 砧上浄水場										
B 二子橋	233,253	65,938	306,096	468,788	248,042	313,980	716,830	179,812	510,001	689,813
A 調布堰	274,761	97,900	330,331	541,642	389,024	486,924	930,666	208,180	532,836	941,016
構成比%	29.5	10.5	35.4	58.2	41.8	52.3	100.0	22.1	77.9	100.0

水量は、約93万m³/日であり、生活用水は、39万m³/日、上水道によるもの49万m³/日、地下水27万m³/日という事になる。なお一部の事業所で、河川水を使用している所もあり、それは、水防法の規制対象事業所となっているため、その量が把握されており、合計の中には、その分も加味してある。

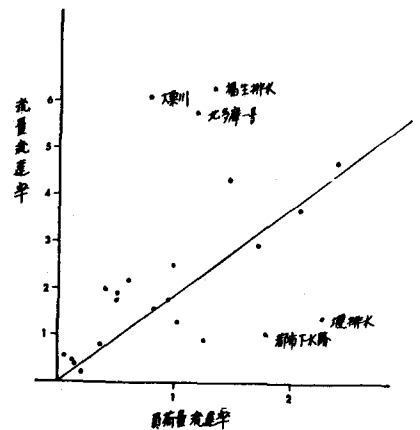
5. 流域別下水道整備総合計画との比較

現在東京都では流域別下水道総合整備計画を策定中であり、いくつかの試算結果④が出てきている。本研究の数値と検証するために、表-2及び表-3に、東京都の値を示した。汚濁負荷量で見ると、流域では、178 ton/日と本研究の約5倍となっている。これは、流域が、全発生量を出したものであるのに対し、本研究では、流出量を出しているために生じた結果と考えている。一方、使用水量は、94万m³/日とほぼ同じ値となっているが、生活系と事業系との比率が本研究と大きく異なっている。本研究では、生活用水に使用された水と、上水道の中の家事用のみに限定している事によるものと考えている。両者の推定法のいずれかが正しいのか、その吟味が必要とも考えるが、今日使用可能なデータにもっとも近いモデルは何か何なるものかと考えるべきであろう。多摩川の場合は、本研究のような手法が通しているものと考えている。

6. 実測データとの対比：流量率・流出率の検証

このような汚濁量の試算の有効性を検証するために、実測データと対比せねばならない。実測データの再現性のある値と求める事は不可能であるが、ここでは既報③のような手法で、調査を行なった。その結果を図-3に示した。図は、横軸に負荷量と、縦軸に流量の流量率ととり、各支川、排水口毎にプロットしたものである。縦軸は流量率とも、又、自然水の比率を示すものという事が出来る。例えば秋川のように、自然流量の大きく、かつ人口密度の低い所は、1.6というような大きな値となり、図には示しなかった。しかし流域内の多くの排水施設については、排水が全流量のほぼ全量と占めており、1を大きく上回る場合には、推定使用量が小さすぎ、1を大きく下回る場合には、推定使用量が大きすぎる事を示す。例えば、排水系統をまちがえて、計算上流入する事とすると流量率は小さくなる。汚濁負荷量の流量率は、一般に定義されているものと同じであるが、基準となる流量が正しいかどうかの検証に、流量のチェックが必要である。

図-3 多摩川流域と負荷量の流量率



この図によると、多くの支川及び排水口は、 $y=1.85x$ という一本の直線のもわりに分布しており、この直線から大きくはなれた点が見つかる。このように大きく離れた理由があるので、その原因を検討する事により、流量率の考え方が整理出来る。例えば、前述の秋川のような場合、流量率という考え方で整理するよりも、秋川のバックグラウンド値とあわせて、その差を考えていく方が妥当と考える。この直線の下に位置しているのは、実測水質(BOD)が大きいためと考えられる。というより、このような高濃度の排水がここからの集から河川に流入している事を示すものであろう。

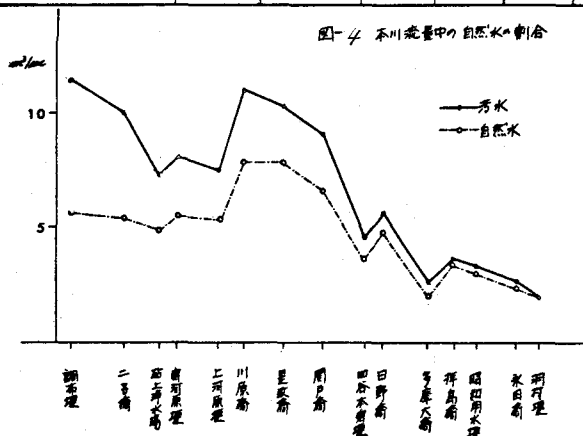
一方逆にこの直線より上部に位置している排水は、流量の実測値が大きい事を示すものであろう。北多摩1号排水の利用人口が正しく推定出来なかったためと、流量は、処理場の運転実績から求めたもので、両者が整合しなかったものと思う。

一方逆にこの直線より上部に位置している排水は、流量の実測値が大きい事を示すものであろう。北多摩1号排水の利用人口が正しく推定出来なかったためと、流量は、処理場の運転実績から求めたもので、両者が整合しなかったものと思う。

表-1は、本川の各地域上の流出率を示したものである。流量についていうと、1.1~2.9の範囲にあり、上流から下流にかけて、小さくなっていく。これは、利用された水量が多くなり、調布堰では、ほぼ1:1になっている事を示すものである。とはいえ、調布堰で全量排水が流下していると考えるのは、妥当でない。本川の流入・流出を考慮して、かつ、排水量と上記の手法により求めてみると、図に示すようなパターンとなり、調布

表一 5 本川地点別流出率

	面 積 km ²	人 口 1970 年	流 量 ml/sec			負 荷 量 ton/d		
			実測(N)	算定	流出率	実測(N)	算定	流出率
O 羽 村 堰	487.90	71,455	2.0	—	—	0.41	0.46	0.89
N 永 田 橋	498.01	100,299	2.7	1.03	26.2	2.10	1.77	1.19
M 昭 和 用 水 堰	703.79	156,866	3.3	1.19	2.77	0.60	2.01	0.30
L 揮 鳥 橋	711.55	180,884	3.6	1.26	2.86	0.59	2.29	0.26
日 野 用 水 堰								
K 多 摩 大 橋	734.03	259,086	2.6	1.72	1.51	2.20	3.29	0.67
J 日 野 橋	793.83	402,731	5.6	2.79	2.01	2.42	6.92	0.35
I 四 谷 本 宿 堰			4.5			1.28		
H 関 戸 橋	965.29	776,813	9.1	5.61	1.62	3.70	14.63	0.25
大 丸 用 水 堰								
G 是 政 橋	1,017.35	842,022	10.3	6.00	1.72	3.38	16.32	0.21
F 川 原 橋	1,032.66	912,559	11.0	6.76	1.63	9.98	17.89	0.56
E 上 河 原 橋			7.5			2.98		
D 宿 河 原 堰	1,071.10	1,110,463	8.1	7.54	1.07	3.92	20.99	0.19
C 砧 上 浄 水 場			7.3			3.85		
B 二 子 橋	1,097.15	1,224,747	10.0	8.30	1.20	2.68	23.17	0.12
A 調 布 堰	1,182.14	1,860,317	11.5	10.77	1.07	7.25	32.35	0.22



堰における流量の自然水(未利用水で、地下からの涵養によるもの)の比率は、ほぼ50%となっている事がわかる。

一方負荷量は上流の永田橋でピークを、0.1~0.3程度となっている。通常流況の手法(本研究の約5倍)を用いたときの流量率が0.1~0.2⑤であることと考えると、流出率がきわめて低いといわざるを得ない。これは多摩川の場合、堰が多く、そこで汚染物質が堆積し、みかけの自浄係数が大きくなっているためと考えられる。

7. 結論と今後の課題

多摩川のように行政的に資料の整備されてきている地域においては、多くの資料を駆使する事により、かなり厳密な解析が行なえる事が示された。とくに、発生汚染量のかわりに、実際の流出負荷量を用いる事により汚染解析がより厳密に行なわれるようになるものと考えている。そして、単に負荷量に関する資料だけでなく、水の収支とあきらかにするために、使用水・排水・取水量についても、細部にわたって検討する必要があることが、あきらかになり、それを用いて、汚染率や流出率の検討が行なえた。

今後の課題としては、このような研究が多くの河川

で行なわれる事につれて、この結果を基にして、汚染物質の流下過程とあきらかにし、河川水質の定量化を試みるべきものと考えている。本川での地下水への埋没、涵養、堰における堆積効果等あきらかにすべき点が多い。

本研究の1部は、とうきゆう環境浄化財団の助成金により行った。本研究の解析に用いた資料は、東京都・川崎市・建設省その他多くの機関の協力によって、得られた。ここに深謝します。又、本解析のデスクリプターに、東京大学工学部の衛生工学研究室の諸君の協力と必要とした、併せて御礼申し上げる次第である。

①市川新、水道協会雑誌 No.502 (1976)

②市川新、とうきゆう環境浄化財団報告書 (1978)

③市川新、第5回環境問題シンポジウム (1976)

④東京都、多摩川・荒川等流域別下水道整備統合計画に係る基礎資料 (1977)

⑤松本地、下水道協会雑誌 No.112 (1973)