

1. 研究の目的と位置づけ

河川の水質汚染が問題となりはじめて以来、多くの機関により水質調査が行なわれており、これらのデータを基として、水質の定量化を行う研究が進められてきている。しかしながら水質現象は複雑で、それを決定する因子の数が多く、かつその因子の関係の仕方が非線型なこともあり、研究すべき分野が残されている。とくに河川水質の上流から下流にかけての物質収支論的に捉える方法については、未解決の問題が多い。というのは、上下流の水質を論ずる際に、定量的水質をどのように表現するかということか、明確にすることが出来ない所に、その原因があると考えられる。さらに、河川水の流入・取水による増減があり、物質収支をあらわにする上での問題点を構成している。たとえば、流域別総合下水道計画や、公害防止計画の策定においては、汚濁物質の流出過程を追跡して、将来水質を予測する手法が、とられているが、発生源と水質との関連、さらに、下流水質に与える影響については、必ずしも十分な研究成果がえられているとはいえず、本研究は、河川における物質収支を考える際の問題点、さらにその問題点を実際河川において、調査した研究を基として、どのように克服すべきかについて論ずることとする。なお、この問題はあまりにも大きく、①各地点の水質の代表性、②汚濁物質の流出モデルの作製、③河川内における自浄作用の評価、等に大別されるが、それらすべてをここに論ずることは、不可能である。①については、既に著者等が行っている研究(1)成果を利用することとして、②について、ここで述べることにする。③については、その方法論の検討も行っているが、実際河川の適用について、まだ十分な研究成果がえられていない。なお、本研究の対象河川は、多摩川である。多摩川については、著者等既に概要を求めているので参照(2)されたい。

2. 汚濁物質の流出モデル

河川における汚濁物質の流出過程をモデル的に示すと図-1 のようになる。汚濁物は、人間活動・生産活動等に伴って発生する。これらの汚濁物質量の推定はきわめてむづかしいが、平均的にいえば、人間1人当りの発生量が一定とみなせることから、通常原単位法によって推定される。生産活動に伴う汚濁発生量も同様な方法で推定されるが、生産業種、生産方法等により差が大きく、正確な推定は困難である。さらに近年用水管理が厳しくなり、それに伴う汚濁発生量も小さくなっているケースもあり、発生量の推定はより困難である。発生汚濁量の1部は、処理される。人間活動の場合は、下水処理場・共同浄化槽・浄化槽等により処理されたのち、排水路又は、水路を通じて河川に流出する。そのシステム及び、処理程度は、地域毎に異なり、一律に評価することが出来ない。なお一部は、農地還元されたり、地下浸透する。生産活動についても、水質汚染防止法や、各県条例等により、排水基準が定められており、それを超える

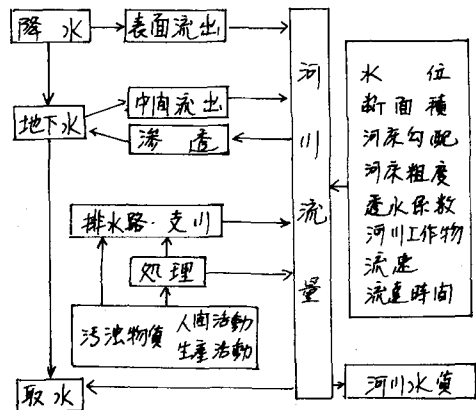


図-1 河川への汚濁物質の流出モデル

一方降水が、一部直接流出するが、一部は、地下に貯留されて中間流出として徐々に河川に湧出する。又、この地下水及び表流水が、人間活動のために取水されて、工業用水、水道水として利用され、その間に上述の汚染物質を、溶解したり、浮遊させて河川本流に到達する。河川内においては、図-1に示したような各種の水理条件に従って流下し、その条件により自浄作用：とくに沈澱及び、混合・拡散が行われ、その程度が水理条件によって規定される。以上2つのプロセスによって河川水質が決定されるが、そのモデルは、ここに述べたように、簡単であるが、各々のプロセスが、自然条件・人為条件によって変化するので、定量化は困難である。というのは、このプロセスの各断面毎には、定性的記述は行えても、定量的把握は困難でありその1つ1つを明らかにすることでも、大論文となる。ここでは、これらの各因子を並べて水質との関連を明らかにしていくことにする。

多摩川の水の出入りに関する施設の概要は図-2に示す。これは、建設省の河川台帳及び、地図から作製したものであるが、上流部においては、これ以外の排水口がある。その施設数は表-1に示す。このように、数多くの施設



表-2 多摩川の水収支 (69~72年平均) m^3/sec

地 点	流量測定		流入量		推定流量	
	低水A	平均	使用水量	山地流出	A+B	A+B+C
羽村堰	0.54	0.95			0.54	0.95
残流域			0.40			
昭和用水堰	3.24	5.32			3.24	3.24
秋川	1.92	4.07	0.78	2.58		
残流域			0.09			
日野橋	5.86	18.54			5.36	6.69
浅川	2.02	3.81	1.17	1.67		
残流域			0.20			
関戸橋	5.55	18.56			7.18	9.73
残流域			0.13			
是政橋	7.58	19.58			7.31	9.86
処理水			0.68			
残流域			0.74			
川原橋	8.05	22.19			8.73	11.28
取水			-4.63			
残流域			3.29			
調布堰	8.22	19.50			7.39	9.74

残流域からの流入量を合せたものを記した。第7欄は、秋川・浅川の実測流量のかわりに、山地流出と使用水量を示したものである。図-2に示したように、多摩川には、農業用取水堰が多くあるが、このようなラフな計算においては、取水量が、同じ区間で本川に還元されると考えて、その出入りは無視することとした。1部農業用水は、他流域に流出するが、この地域における農業用地が少なくこともあり、同様に無視した。

この表でみると、関戸橋での流量が、浅川の流入があるにもかかわらず、小さな値となっているが、是政橋(大井用水堰下)でみると、日野橋からの流量の収支が合っているように見える。川原橋より下流部においては、取水量も大きく、使用水量も大きく、全体として流量が減り続けている。流量収支を、低水流量で比較することの是非はあるが、第2欄と第6欄は、ほぼ対応しており、流量の収支の大半があらわになると考えられる。なお図-1でみた、地下水からの湧出及び、逕流については、ここでは明らかに出来なかった。なお、第4欄の合計は、 $6.80 m^3/sec$ (処理水は重複しているので除く) となっており、調布堰低水流量の83%に相当していることがわかる。すなわち、多摩川の水収支でいうと、羽村堰からの溢流が少なく、秋川・浅川の流量が、その中心となり、その大部分が、上水道・工業用水道水源として使用されており、取水地先の近くで、大量の汚染水が流入していることがあらわとなった。

4. 汚染発生量

多摩川流域の場合、人口・工業生産による汚染発生量を求めることとする。図-3に示すように、流域を18に分けて、それぞれの人口・工業生産高・廠数を求めた。これに対して、流域別総合整備計画に基づく原単位により、汚染発生量を求めた。ブロッツの大きさは、支川毎にしたので、浅川・秋川・野川が大きい。本川沿いの流域はかなり小さく区別している。人口でいうと、野川流域(Q)が最も大きく約66万人に達している。次は、浅川(M)の34万人であり、これらの2つの流域が汚染物質の最大発生流域となっている。図-3は、原単位法による汚染発生量である。この原単位は、45年に調査をしたもので、現在と丁、かなり様相を異にしているものと思わ

があり、調布堰・羽村間40.5 km区間で定常状態と考えられる区間が、きわめて小さられていることがわかる。表-2は、建設省及び東京都水道局の各地点における日流量資料から作製したものである。第2欄は、69年から72年迄の44年の低水流量の平均値である。但し羽村堰のみは、調布堰の非超過確率20%の流量以下の日の堰からの溢流量の平均である。第3欄は、年間総平均である。第4欄は、上水道給水量及び地下水揚水量(いずれも70年データ)を多摩川流域の排水区毎に分割して求めたもので、年間平均使用量を示す。第5欄は、秋川・浅川の2大支川の山間部からの湧出量の推定値である。これは、小河内ダム流入水の日流量の同じ期間の比低水流量に、これら河川の山地面積(秋川153km²、浅川100km²)をかけた求めたものである。それ以外の支川にも当然山地があるが、絶対量が少なくなこともあり、ここでは無視した。取水量とは、東京都水道局(砦上、砦下浄水場)川崎市水道局(稲田、菅ポンプ場)における取水量の1971・1972年の平均値である。第6欄は、昭和用水堰と基準点として、各支川及び

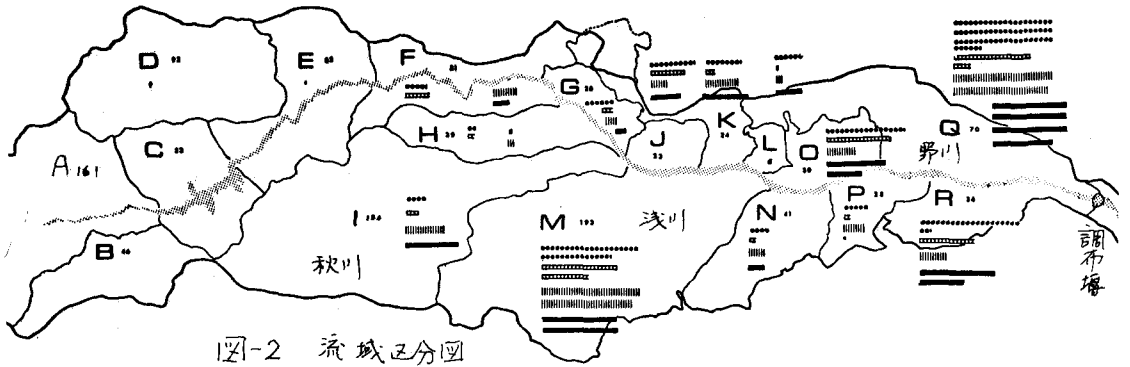


図-2 流域区分図

—— 本川 流域面積 km² - - - - 人口(15千人) |||| 工業出荷額(100億円) |||| 発生BOD(ton/日) ——— 発生汚水量(100,000m³/日)

れる。とくに、工業活動に伴う汚濁発生量は、地域の特性からみると、1桁程度小さなものになっているものと思われる。又人口関連にしても、下水処理場・屎尿処理場の取扱量の増加、各戸及び共同浄化槽に伴う処理能力の増加により、河川への実質流量は、この図とは異なったものと思われるが、現在の所、それに相当するような資料は完備していない。

5. 河川水質

多摩川の河川水質調査は数多く行なわれており、地奥で年間80回以上の採水・分析が行なわれている所もある。これらのデータは、各機関バラバラに行なわれており、それを交換し、各々の機関の欠測値とお互え交換し、より有効なものと思われるが、残念ながらそのようなにはなっていない。ここではBODにのみ注目して、これらのデータを統計的に処理してみることとする。BODは、測定誤差が大きく再現性が少ないといわれているが、

測定法に大きな差がなく、比較しうるものと考えた。図-4は、これらのデータを、上流から下流に並べたものである。非超過確率20%の値でいうと、上下流ともあまり大きな差はない。中央値でみると、同様に6mg/lであり変化がみとめられない。しかしながら年間平均値でみると、二子橋でとくに大きくなっているのが注目される。これは、野川の合流臭が、二子橋にあり、合流後の混合状態及び、採水部位による変動も、変動している原因とも考えられるが、採水に立ち合っていない以上詳しいことは、判断出来ない。

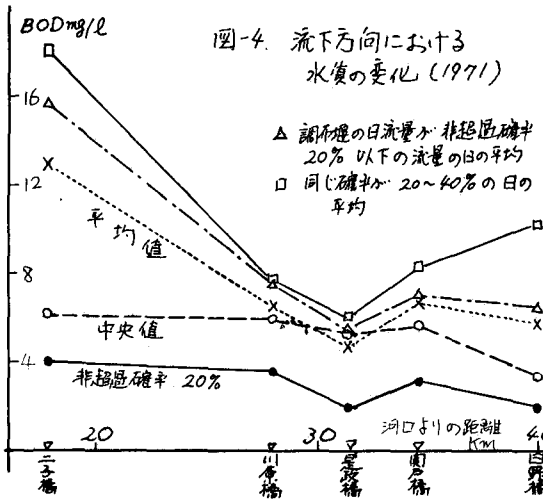


図-4 流下方向における水質の変化(1971)

△ 調布市の日流量が非超過確率20%以下の流量の日の平均
□ 同じ確率が20~40%の日の平均

この調査は、5機関(詳しくは文献(3)参照)によって行なわれたものであるが、各機関の調査目的が異なるため、図示したすべての奥で、調査が行なわれているわけではない。ちなみに、この場合は、地奥によって調査日が変わっているわけである。文献(4)に示したように、

水質は、日毎、とくに流量によって異なるので、その影響が出ているのではないと思われるので、同じ日の平均値を示すこととする。同じ日というのは、同じ流量の日という意味で、調布市の日流量の非超過確率20%値以下の日の各地奥のBODデータの平均値とったのが図-4の△印で、同じ確率20~40%の日の平均値□で示した。このようにすることにより、採水日の差によるバラツキを除去出来るものと思われる。現在の水質基準

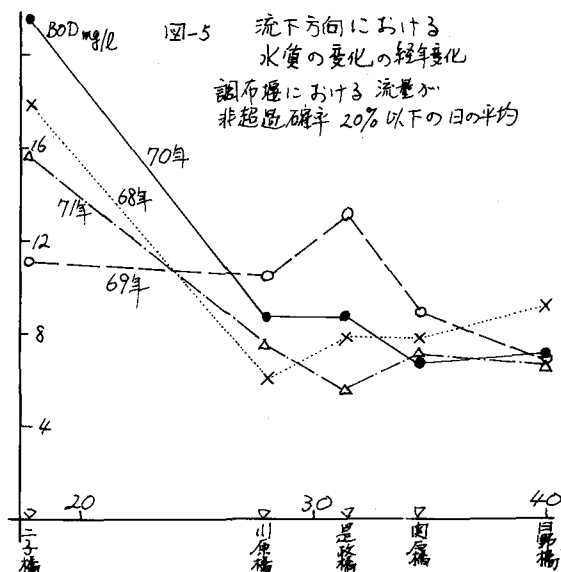
が、河川の低水流量を基準としていることからこのような操作は有効と思われる。図-5は、調布堰における日流量の非超過確率20%以下の流量の時の変化を、経年的に示したものである。これだけのデータから結論と引き出すのは危険であるが、日野橋で大きく、中流部で、若干減少し、二子橋で急激に大きくなっているのが、わかる。とくに、68年の汚染が大きく、以後若干改善されているのがあきらかとなっている。このことは、図-3の汚染発生源の分布と対応していることが推察される。

6. 個別調査による汚染物質収支

図-4、5は、対象となる地奥も少なく、かつ流入水による収支を示していないので、その解釈はきわめて限定されるものである。3節でのべたように、多摩川においては、排水口、支川が多く、流量を対象とする場合には、大支川のみを対象とすればよいが、汚染物質の場合には、小流量でも汚染負荷量が大きいということがあるため、これらの排水口を無視するわけにはいかない。とはいえ、表-1に示したように、対象区間に3の流入口があり、かつそれと対応させるために、本川での採水調査を行うとすると、資料数はきわめて多くなる。さらに排水口が小さい場合には負荷の変動も大きいので、調査回数も多くせねばならない。そのためには、龐大な予算と人数を要し、大学の1研究室で行うには、きわめて困難な状況にある。多摩川については、1970年に東京都公害研究所(5)、1973、1974年にも、同所(6)が大がかりな調査を行っている。1973年には、48地奥、288サンプル、1972年には、47地奥、273サンプルの分析を行い、本川では2時間おき、支川は、4〜8時間間隔で行っている。著者らは、このような大規模な調査は行えなかったが、各地奥附近の収支をあきらかにするために、図-2に印をつけた、本川13地奥、支川11、排水口15において、同日採水調査を行った。但し調査は1地奥で1回で、7班編成で1班5〜7地奥の調査を行った。ため、その組合せによっては、採水時間が、大きくはなれてしまうことがあり、この結果から直ちに結論を導くには至らないが、1つの傾向がよみとれるものと思われる。

採水調査日は、1975年8月30日である。この年8月14日ごろより台風が2つ連続し、降雨をもたらしため8月16日に16mm、8月23日に3mm(玉川治水場内)があり、その結果、8月23日には調布堰で183m³/secを記録し、以後減水したものの、調査当日においても、33.1m³/secの流量があった。この流量は、表-2でみればわかるように年間平均流量の約2倍、低水流量の約4倍に相当していた。調査結果を図-6に示す。ここでは、BODとNH₄-Nについて示す。この図の左欄は、本川の濃度を示し、右欄はその負荷量を示す。横からの流入は、支川及び排水口であり、その位置は、図-2に対応している。数字は、流入負荷量を示している。中央の数字は、各地奥での負荷量であるが、上段は実測値、下段は、多摩大橋を基準とした場合の支川、排水口からの流入負荷量の和を示したものである。

BODについてみると、井島以下の環境基準5mg/lを下まわっているのが、わかる。これは、流量の減衰期で、希釈効果によるものと思われる。とくに、川原橋、星次橋の中流部においては、2mg/l程度で、図-4とは著しい対象とみせている。最下流の調布堰において、濃度が低いのは、堰による湛水により、汚濁性BODが沈殿したために低下したものと考えられる。井島橋より上流部においては、濃度的には、ほとんど変化していない。負荷量でみると、上流部多摩大橋で急激に減少しているのは、濃度と対比してみればわかるように、流量



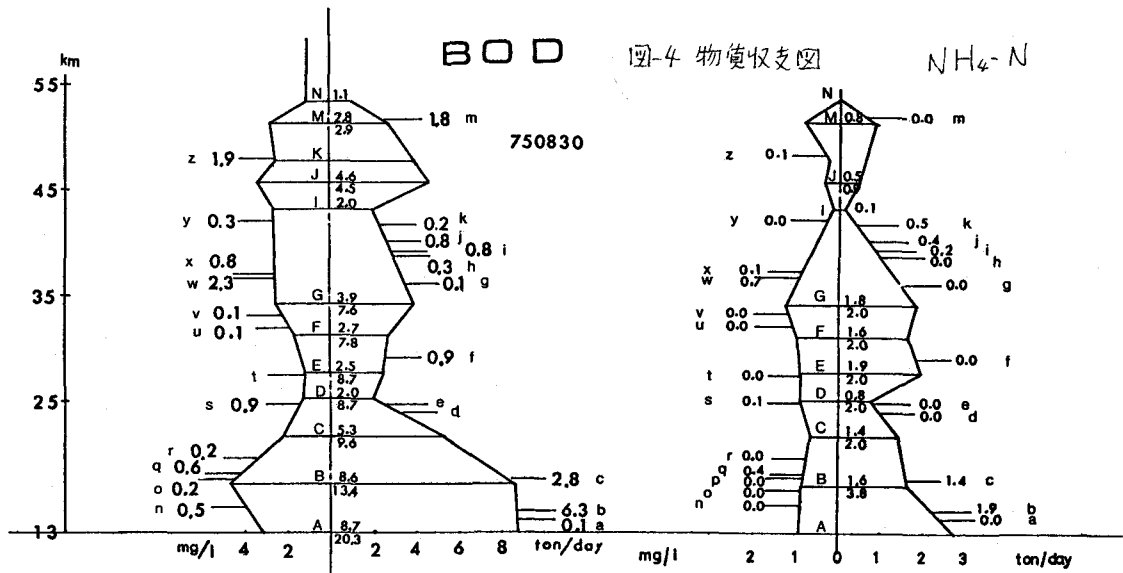


図-4 物質収支図

の変動によるものである。表-2に示したように、この区間には野川が流入してくるため、流量が増加するものと考えられるが、この場合は減少している。これは、杆島橋の流量測定に問題があったのではないと思われる。中流部の川原橋、上河原堰で減少しているのも、取水及び伏流によって、流量が減少することによるものと思われる。一方野川から 2.8 ton BOD/日 という大量の負荷が流入するため、下流部は急激に大きくなっている。累積量は、多摩大橋を基準とするため中流部での減衰を評価出来ずにその絶対値は、実測値よりも大きく隔たっているが、猪河原・二子橋の差は、ほぼ流入量に等しくなっている。このことから野川からの流入が如何に大きいかがあきらかである。

NH₄-N についていえば、希釈されているため、全地負 1 mg/l 前後であり問題はないが、一部の排水口では高濃度の排水が流入している。とくに下水処理場、屎尿処理場において、負荷量が際立っており、さらに、図3でみた人口密集地区をもつ浅川・野川の負荷量が大きく、右沢川の負荷量も大きい。その結果、調布堰の負荷量は大きく、BODのような状態効果は認められていない。なお、ここでは示せないが、右岸の排水の全室率が大きく、硝化態窒素が大きいことが認められた。これは、処理工程ないし流下過程で、硝化反応がおきていることによるものと思われる。

7. 結論

以上、多摩川の水质と上下流の関係からみてきたが、発生源の分布、処理程度について示れることが出来なかったため、河川水质との関係はあきらかにするに至っていない。現在の所、水质現象のすべてを定量的に把握するには、密度の高い調査の積み重ねが必要であるが、その規模、方法論が確立していない。本報告では、既存のデータを整理しながら、水质現象の把握を行い、それに基づき個別調査を行ない、水质の定量的記述の方法論の確立を目指したものである。結論としては、定性的になってしまいうが、河川の水利条件が水质に大きな影響を与えるので、河川構造物の影響、流入・流出の正確な把握が最も重要な課題となると思われる。又夏期においても NH₄-N の流入と硝化反応が認められたが、本流域には人口が多いこともあり、NH₄-N の挙動について、より詳細な研究が必要と思われる。なお、調査区間のとり方、データの整理法についても、今後さらに検討を行っていく。なお本研究の参考に用いたデータと提供された各機関関係者にここに厚く御礼申し上げる。

(1)市川新地：水道協会誌(1976) (2)市川新：土木学会衛生討論会(1973) (3)市川新：特定研究「汚染汚染制御」(1974) (4)市川新地：下水道研究発表会(1974) (5)古井戸隆史他：用水と废水(1970) (6)東京都：多摩川調査報告(1974)