

1. 研究の目的:

水質の水質汚染現象は、発生源からの水質への流入する汚染量の総量と、水路又は河川水中における、汚染物質のつうする水質変化の量を合わせたものとして定義される。後者は、一般的に自浄作用といわれ、1925年に提案された Streeter Phelps のモデルが、現在も使用されている他、多くのモデルが提案せられたり、検証されている。しかしながら、前者の汚染物質の発生量の推定とそのうち、どれだけの量が河川に流入するかについては、現在の所十分な研究が行なわれているとは、いえない。その理由は、流域内における汚染発生源が多一事と、一つ一つの発生源からの発生汚染量と推定する事が困難である事、さらに、一度放流された汚染物質が、河川に到達する途における作用と、定量化する事が不可能に近い事による。日本では、以上の現象を、まとめて割り切った形で、一つの「モデル」が、建設省により提案され、実務的には広く利用されている。しかしこの建設省の「流域別下水道整備総合計画」には、多くの問題点があり、その改良が求められているが、「実像」がつかみとれないため、改良は行なわれていない状態である。

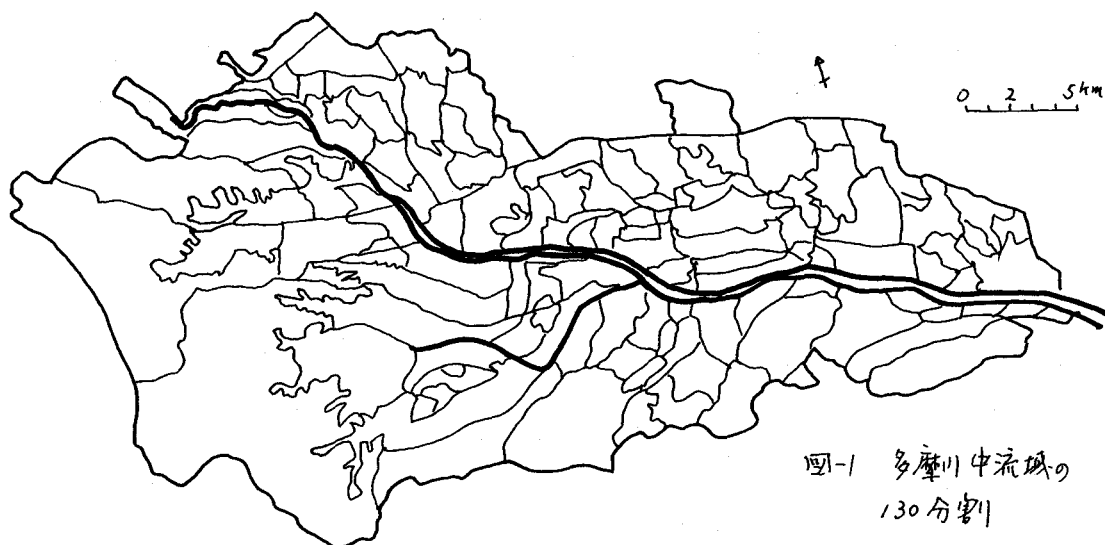
本研究は、多摩川と流域に于て、汚染物質の発生とその流出過程と出来るかぎり忠実に追跡する事により、どの程度「実像」にせまりうるかを模索し、その表現された汚染物質量と、河川の実測値と比較する事により、その精度・問題点とあるからにしようとするものである。

2. 流域のとりえら:

河川と考える場合、どこから流入するかとあるからに事なる。最初の課題となる。農業用利用の盛んな河川では、河川のどこで、どれだけ排水されているかを固定する事は、極めてむづかしい。しかし、多摩川においては、河道改修の際に、支川および排水配管が、統合せられたり、固定せられたために、場所の固定が容易になった事と、数を集約せられ、幾口の追跡可能な範囲となっている。しかしながら、在来農業用水路・都市下水路となっていたものが、上流の水田の消滅や、下水道の整備に伴い、なしくづし的に排水路の性格が異なってきた事も事実である。

流域と、支川、排水毎に区分し「subcatchment」とつくる事は必要である。そのためには、自然地形から決定される流域区分、下水道によって定めらるる改変された流域区分とをいけて考えねばならない。又、あとで述べるように、汚染物質の発生源である「人間活動量」は、人口、工場等の形でみたえらぬが、その多くは、市町村、さらにほ町名、丁目毎に区分されているのが実態であり、それが上に示した、自然界、下水道界と異なる事が多い。

そこで、多摩川流域の中流部約400km²について、行政の最小単位である町丁目毎に約1300のブロックに分け、それを基にして、自然界、下水道界に分け、合計10個のブロックに分割を行なった。最終的な「支川、排水」毎の流域界29に分割を行なった。分割図を、図1に示した。



3. 流域毎の汚染発生源とその発生量の推定:

汚染物質の発生源と出来るだけ、詳細に求める必要があると思われる。そこで次のように発生源と分類した

生活に起因するもの: 家庭 (個別排水路・浄化槽・エンプラ・下水道)

商業活動に起因するもの: 商店・百貨店・店舗

公共事業によるもの: 官公署・学校・下水処理場・屎尿処理場(病院)

生産活動に起因するもの: 工場・事業所

ここに示したものは、例示的な側面と、行政統計で把握出来るものと示したものである。

例えば、家庭数ないしは、世帯数・人口は、国勢調査、選挙人名簿、住民票等により、かなり正確に「町丁毎」に求められるものである。しかし、上に述べたように「ある人が、その排水とどのような形で、排出しているか?」は、簡単には求められない。しかし、各市町村は清掃業務に責任をもち「くみ取り世帯数」「浄化槽」と把握している等だし、建築部(指導)では、新築のときに、浄化槽の設置等について、届出をとっている等だし、下水道局(部)は料金徴集の面から、下水道直結人口を把握している等であり、これらと総合すると「各家庭毎の汚水の排水状況」は同定出来る事になる。但し、各資料の精度、把握年度、把握の最小単位等がまちまちで、それらと統合する事は、もともと困難な事が多い。多摩川流域(中流部に属する市町村)は28となっており、そのうち約3/4の市町村では、排水状況の把握が行なわれている状態であった。

商業については、商業統計が毎年集計とめている。商業の場合、百貨店・卸売・小売・飲食店に分類され、その規模毎に、従業員数、売上げ高を示している。しかし商業統計の場合は、市町村単位で、市内の町丁目毎の集計がないため、これを、上に述べたブロックに配分するためには、仮説を立てなければならぬ。ここでは百貨店等の大型店舗については、その所在地に応じたブロックに配分する。②5〜29人の従業員の店舗については、同一市町村内のブロック内の近隣商業地域と、商業地域の合計面積の比に応じて、各市町村の従業員数で配分する。③5人以下の店舗は、住商一軒の家族営業とみなして、ブロックの人口比で配分する。という方法とした。

官公署・学校・病院については、それぞれ個別の台帳により所在地を特定し、従業員数を求めた。ただし、学校については、従業員（教職員）によらず、生徒数を求めた。

工場・事業所については、事業所統計と事業所名鑑によった。前者は、毎年発行で所丁目毎に集計されたものを利用した。後者は、30人以上の事業所を、従業員規模別に一覧表としたもので、これを基にして、各ブロック毎の従業員数を求めた。但し、この場合、正確な従業員数が与えられていないので、30～49人の事業所は40人、50～99人の事業所は75人というように、推定値を用いて集計を行った。

30人未満の事業所については、事業所の合計から上に述べた大型事業所の従業員と引いて求めた。

以上で、夜間人口、昼間人口を求める事が出来た。これから、汚濁物質量を求めるのに、仮説を用いなければならぬ。本研究では、人口当量という考え方を導入する事とした。ちなみに、夜間人口1人の発生する汚濁量と1として、昼間人口1人の発生する汚濁量は、その何人分に相当するかと求める事とした。この際、あらかじめ大胆な仮定をおこなう必要があった。例えば30人以上の事務所では、9時から18時頃迄仕事とし、4つ床室があることを考慮して、2/3人に相当するものとして考えた。この考え方は、東京都が排水処理施設設置の際の施設の容量決定の際の技術指導指針と同じ考え方によるものであり、数値と若干修正したり、新たに与えたものもある。小学校では、生徒の学校にいる時間が短い事と、子供で、汚濁発生量の少ない事から、1/4人分の汚濁物質と考えた。

小売店については、売場面積を基にしている。ちなみに売場面積1㎡当り人口当量 1/5と考えている。但し5人以下の小規模店舗では、夜間人口分に重複して算定されるおそれがあるため、その半分とした。

以上のような考え方で、各業種、規模別に「相当らしい値」を求めた。その数値を表1に示す。なお工場については、生産工程からも汚濁物質が流出するので、それと別途加えなければならない。その場合、水質法による特定事業場は、公害担当部局が行っている流量・水質の調査結果を用いている。水質結果がない場合には、排水基準値をもって「放流水質」とした。

4. 処理方式と、処理水水質

既に述べたように、生活排水は「処理方法」が特定されているので、それぞれの発生負荷量を定めねばならない。以下その手順を示す。

i) 汲み取り人口：屎尿はバキュームカーで収集され、屎尿処理場から処理後放流されるので、ブロックからの流出はない。雑排水は無処理で放流される。この際の水量と水質(BOD)はそれぞれ、150ℓ/人/日、150mg/ℓとする。ちなみに、流出負荷量は22.5g/人/日となる。

ii) 個別浄化槽：個別浄化槽は、屎尿のみを処理し、雑排水はそのまま流出する。水洗便所の必要水量は60ℓ/人/日で、排水濃度はBOD 75mg/ℓであり、雑排水は140ℓ/人/日で、その濃度は120mg/ℓとする。ちなみに $60 \times 75 + 140 \times 120 = 16.8g/人/日$ の流出負荷量となる。

iii) 合併浄化槽(エニエティプラント)：屎尿・雑排水を合併処理し、処理水は30mg/ℓの排水基準と満足するものとする。ちなみに、流出負荷量は $250ℓ/人/日 \times 30mg/ℓ = 7.5g/人/日$

となる。

(b)下水道整備地区。 屎尿・雑排水ともに、下水道を通じて下水処理場に送られ、そこで処理せられて放流されるため、ブロックからの流出負荷量は 0 となる。

さて、夜間人口は、上に述べた考え方でよいが、糞尿人口から発生する汚濁物質はどのような処理形態をとるであろうか。これに就いては、適切な行政資料・統計は存在しない。そこで、ここでも大胆な仮説を設けて以下の計算を行う。すなわち、夜間人口と上にのべた4つの処理パターン（汲みとり・個別浄化槽・合併浄化槽・下水道）にわけやめやめの構成比を求め、この構成比を、各事業態にかけ、やめやめの「仮説の放流区分」とする。（しかし実際には、事業所の立地条件と、住居の立地条件が異なる事から、この「放流区分」の修正を行う。例えば、30人以上の事業所は、商業地域にあり、下水道整備区域においては、住居の下水道整備比率よりも下水道直結の比率は大きいと考えられる。そこで、「上にのべた仮説の放流区分のうち、下水道と合併浄化槽に相当する比率の合計量か、下水道に直結（していると考ええる）事とした。又、下水道整備区域においても、汲み取り世帯が残っているか、30人以上の従業員をもつ事業所では、「合併浄化槽」程度の処理は行っていると考えられるものとする。以上のように考えて、30人以上の従業員の事業所での処理区分を決定される。

もう一つの例を示す。小学校では教育上の見地から下水道整備がより積極的に行なわれていると考えて、下水道整備区域の小学校は全校とも下水道に直結せざる。又、下水道未整備区域においては、少なくとも合併浄化槽程度の処理が行なわれるものとする。

以上のような考え方に基き、各業種・規模別の処理形態があらわとなる。その結果を表-1に示す。先にのべた、人口当量と合わせて考えると、「各業種・規模別」の流出負荷量が求められる。

表-1 発生源別人口当量と処理方式についての試算

		下水道整備地区			未整備地区			人口当量
		下水道	合併槽	単独槽	合併槽	単独槽	汲み取り	
事業所	30人以上	S	S	C	C	C	C	2/3
	30人以下	S	S	C	T	S	T	2/3
病院		S	S	S	C	C	C	3/2
学校	大学・高校・中学	S	S	S	S	C	C	1/3
	小学校	S	S	S	S	C	C	1/4
デパート		S	S	S	S	C	C	1/5
卸売業	30人以上	S	S	C	C	C	C	2/3
	5～29人	S	S	C	C	C	T	2/3
	4人以下	S	S	T	V	T	T	1/3
小売業	30人以上	S	S	S	C	C	C	1/10
	5～29人	S	S	C	C	C	T	1/10
	4人以下	S	S	T	V	T	T	1/20
飲食店	30人以上	S	S	S	S	C	C	1/5
	5～29人	S	S	C	C	C	C	1/5
	4人以下	S	S	T	V	T	T	1/10

S: 下水道に直結
C: トイレ・ティ
アシンクに直結
T: 個別浄化槽
V: 汲み取り処理
が行なわれる
事を示す。

表2. 流域別 夜間人口・昼間人口と汚染量推定のための人口当量(人)

	夜 間 人 口					昼 間 人 口					
	下水道 処理	合併 浄化槽	単独 浄化槽	汲み 取り 人口	夜間 人口 合計	昼間 人口 合計	下水道 処理	合併 浄化槽	単独 浄化槽	汲み 取り 人口	昼間人口 当量
羽村上流	37581	3942	5517	24813	71853	37607	19331	4703	386	651	25071
都市下水路	1182	2362	3373	9445	16362	11475	389	4267	276	638	5570
平井川			11157	23669	34826	13969		5930	880	1082	7892
秋川		73	9648	35045	44766	18425		6942	985	1415	9342
福生排水	28421	4448	6312	10265	49446	24942	17686	1979	437	274	20376
多摩上流排水	13904		6348	17533	37785	22433	5980	3703	323	319	10325
谷地川	5174	11666	6369	17088	40297	35816	3238	8274	453	626	12591
残堀川	96847	17861	26615	71520	212843	150517	67615	18944	2572	2407	91538
根川	30714	3136	4943	12356	51149	37804	18692	3590	607	750	2363
国立谷保排水	1160	11202	6867	20228	39457	26085	285	8729	1334	2312	12660
日野悪水		1633	5326	11812	18771	16772		5778	1099	1048	7925
浅川	94028	93501	66123	152941	406593	207266	61438	57932	6347	5690	13140
程久保川		9086	6487	5924	21497	12013		4568	665	636	5596
国立排水		760	3911	11521	16192		4311	915	744	5970	9280
大栗川	92473	22334	22546	25870	163223	65704	14243	15271	1422	1284	32220
是政排水	19043	4564	8355	7290	39252	28716	7461	4390	493	252	12596
矢崎町排水	60180	170	3430	5526	69306	42768	28480	1893	164	96	30633
谷戸川		2315	2493	4094	8902	6292		1970	222	64	2256
是政悪水	125672	7776	55252	35060	223760	28716	7461	4390	493	252	12596
矢野口排水		1088	1172	1924	4184	2313		999	33	30	1062
三沢川		9275	9989	16410	35674	17226		6215	789	749	7753
調布排水	72543	11676	4739	4063	93021	43554	22827	1462	188	67	24544
野川	404455	36326	61131	49799	551711	291636	145578	18645	4171	2483	170877

表2は上の計算を行った結果である。ここでは、夜間人口・昼間人口の合計を出している。そして、夜間人口では処理形態に分類する人口を求めている。一方昼間人口は、人口当量換算を行っている。それぞれの処理形態別に人口が求められるようにしてある。

5. 流域からの流出負荷量の推定

以上の準備を整えば、流域・小流域毎の汚染発生量を求めることが出来る。その結果を表3に示した。ここでは、夜間人口から発生するもの、昼間人口に起因するものと、処理場から放流されるものの3つに大別した。処理場では、下水処理場と屎尿処理場がある。

このようにして求めた河川(多摩川)への流入量として必要なものを4エックするために、測定された、水質・流量から負荷量を求めて、水質の流出率・流量率と求めた。流量率は、河川内1km排水毎の比で示されるが、流出率は、その地域より上流に流入する汚染物質の合計と、本川での流下負荷量の比で示した。実測値としては、81年8月に行った大規模調査結果に基づいて、天野が最近の

表3 流入負荷量と流下負荷量 (kg/d)

	夜間口 負荷	昼間口 負荷	処理場	流入計 度平均 A	流入総量 B	流下総量 C	流達率 B/A	流出率 C/ΣA
羽村上流	705.4	114.8		820.1	272.2	272.2	33.2	33.2
都市下水路	302.1	205.1	192.6	699.8	431.8	607.6	61.7	28.4
平井川	770.2	103.1		873.3	40.5	803.5	4.7	33.6
玉美園			141.0	141.0	32.7		23.2	
秋川	994.6	156.0		1150.6	351.1		30.5	
福生排水	398.8	37.0		435.7	41.5	966.7	9.5	23.5
多摩上流排水	529.7	243.3	1500.0	2273.0	265.9	1527.5	11.7	23.9
ふじみ処理場			196.9	196.9	99.8	2338.5	50.7	35.5
地川	607.6	484.1		1091.7				
残堀川	2310.1	686.8		2996.8	616.9		20.6	
根川			1044.4	1044.4	290.3		27.8	
国立谷保排水	406.8	56.7		463.5				
日野悪水	685.4	167.8	96.0	949.2	226.4	2409.4	23.9	17.8
浅川	391.5	133.2	120.0	644.7	318.0		49.3	
程久保川	5550.8	1076.0	1200.9	7827.8	1202.7		15.4	
国立排水	339.6	70.7		410.3	194.4		47.4	
大栗川	348.2	68.6		416.8	775.5	4507.5	186.1	19.8
是政排水	1229.8	272.6	41.5	1543.9	435.5		28.2	
矢崎町排水			1088.7	1088.7	382.7		35.2	
谷戸川	376.2	204.2		580.4	808.7	4136.8	139.4	15.9
是政悪水	198.7	20.0		218.6	69.1	4789.0	31.6	18.3
矢野口排水	162.6	75.1		237.7	37.3		15.7	
三沢川	2024.1	377.0	2710.0	5111.1	1279.3			
調布排水	76.4	11.2		87.5	41.1	7176.6	47.0	22.7
野川	2695.0	413.2	825.7	3933.9	1532.0		38.9	

解として求めたものと利用している。

個々の流達率をみると、186倍となっている所もあるが、それ以外では、20~40%の値となっている。流域の分割の方法、最近の下水道整備の動向が、このような誤差の原因と思われる。しかし、本川でみる流出率は、30%から16%と、それ程大きな変動はみとめられなかった。

6. 結語と今後の課題

本研究では、在来ブラックボックスとみなされていた、汚濁物質の流出量を推定するための方法論として、それに対応する計算結果を示した「実の流入量」の測定ないし推定方法がなかったため、この手法の精度を評価出来なかったが、流出率をみると、この手法で求めた「流入負荷量」は、それほどの外れではないように思われる。なお、ここでは晴天時のみとして上げたが、雨天時の流出についての研究をもちあせて行っていくべき。

本研究は、河合淳也氏(現三井不動産)中野建二氏(三菱信託銀行)天野耕二氏(現国立公害研)との共同作業によるものであるが、筆者の考えでとりまとめを行ったものである。関係者の御協力にこの場を厚く御礼申し上げる次第である。