

多摩川における水質把握の現況とその解析

東大・工・正員 市川 新
東大・工 横山 道子

1. 本研究の目的と対象:

本研究の水質汚染は、有機汚染に限ることとする。有機汚染が問題となり、その対策がたてられ、かつその予測法が提案されて以来既に1世紀以上経過するが、「水質」という言葉で代表される自然現象なつし人為現象は、ゆらずしも明確な像を、形成するものではない。その理由として、いつくつか上げられようが、次に述べる事項がその主要原因であると考えている。①有機汚染にしても、それを決定する因子(例えばBOD, COD, DO, PH等)が多く、1なつし2の因子では、表現出来ない。②最も重要な因子と思われるBODの測定法が、きわめて困難であり、かつ再現性が乏しく、測定のやりなおしがきつなつという、測定技術上の問題、③測定技術上、連続測定、や大量の検水の測定に、ぼう大な人力と費用がかかり、離散的データしかえられなつ。④水質は、水量に影響されるが、日本の河川の場合、流量の変動が大きい、代表値をとりにくい。⑤③と④に上げた理由から、測定されたデータがどんな意味をもつか、あきらかにしない。

河川の水質に対する関心が深まり、各機関が数多くの調査を行っている。しかしながら、これらの水質資料は、上に述べた理由から、河川水質の実態を表現する道具として使用されていなののが実状である。各調査機関は、③の理由から、1ヶ月に1度の調査が限度に近く、それからは、ほとんどなにもいえないのである。しかしながら、各機関のデータを集めて解析すれば、河川の水質の実態により近づけるのではないか。そのことが、水質問題の難点を克服出来るのではないかと考え、この研究をはじめたのである。しかしながら、集められたデータをどのように解析していくのか、という方法論が確立していったため、ここでは、実態を出来るだけ、ありのままに示すにとどまる。

対象は、東京近郊の多摩川をとった。多摩川については、既に述べたので参照^①された。多摩川の水質調査を行なっており、今回協力をえて、資料を提供して戴いたのは、次の機関である。水源管理の東京都及び川崎市水道局、河川管理の建設省(水質年表)、環境管理の東京都公害研究所である。この他、資料の中に記されているデータも若干利用した。水質指標として、PH, BOD, COD, SS, DOの有機汚染指標にきつた。しかしながら、測定法自体が各機関により異なり単純に比較することが困難な指標もある。なお、水質調査と平行して、流量を測定している例もあるが、少ないのと、その精度が判断出来なつたため、建設省関東地建京浜工事事務所のデータを利用して、解析を行った。①市川新: 水科学研究所論: 第9回衛生工学研究討論会(1973)

各機関の採水地が異なるが、頻度の高つ、日野橋(河口より40km) 奥戸橋(同35km) 是政橋(同31.5km)、川原橋(同28.5km)、二子橋(18.5km)にきつて整理を行った。同じ橋でも、橋の上、下流でも水質や流況が異なるし、採水地も異なると思われるが、本解析ではまとめてしまった。とくに問題となるのは、支流の流入がある二子橋で、水質データもかなり変動している。

調査回数を、表-1に示したが、川原橋(流量観測の基準点石原の50m上流にあるのでこの地点の流量は石原流量で代用した)で年最高86回調査が行なわれ、13年間で460回、67年以降にきつると年平均23回(約5日に1回)調査が行なわれたことになる。同一日に異なる機関で調査を行っているときもあり、又、月の中葉に調査がなつたよつていたり、年末・年始の調査が不足している等の問題点があるが、解析の資料数が、増加することにより、多くの欠点を克服出来たと考えている。

2. 調査回数検討

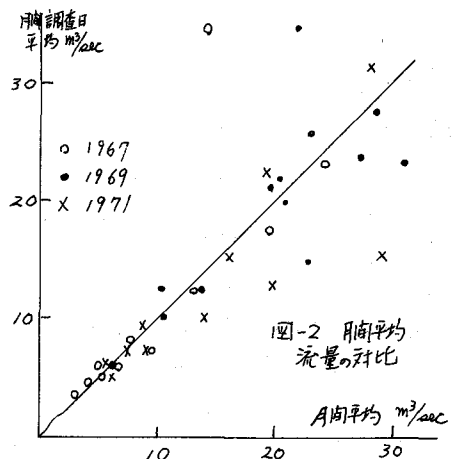
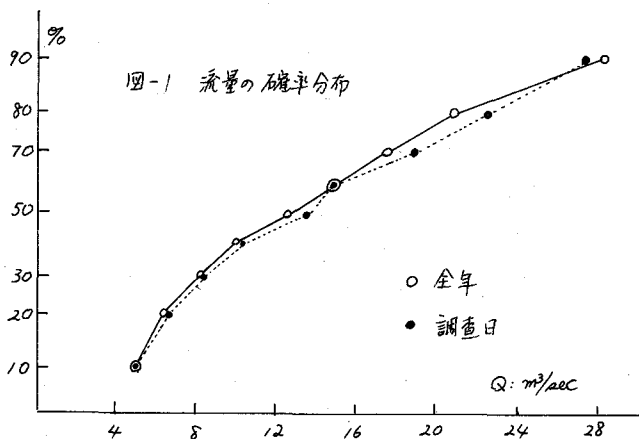
調査回数を単に増加したからといって、十分であるとは、きつらない。既述のように、河川流量が大きく変動

Table-1 Number of the Survey in the Tama River Basin

	59	60	61	62	63	64	65	66	66	68	69	70	71	Total
Hinobashi	1	1	2	10	30	36	36	18	29	53	60	54	44	374
Sekidobashi	1	1	1	2	17	18	23	6	18	41	50	50	29	257
Koremabashi	1	2	1	9	12	13	4	12	16	32	35	30	17	184
Kawarabashi	1	1	1	1	24	26	28	12	50	81	86	84	65	460
Futagobashi	1	2	1	2	3	2	8	11	32	31	27	32	27	180
Takahatabashi	1	2	1	2	11	17	19	17	27	24	13	14	15	148
Ogurigawa	0	0	0	0	8	10	7	5	18	15	8	15	16	102
Hirasegawa	0	0	0	0	0	16	13	3	19	19	4	12	9	109
Nogawa	0	0	0	0	0	0	0	10	32	25	10	13	15	108

するので、それに対応する測定を行なわねばならない。図-1は、流量と、調査時々の流量の確率分布を示したものである。川原橋の1971年(65回)のものであるが、分布はほぼ一致しているとみて差支えないが、流量が大きくなると、若干のずれが認められる。水質調査は排水分析等野外調査ともなうため、作業能率が低下するために、作業が延期されることが多い。又、出水時の水質が、どのような意味をもつかあきらかにされていないので、低水時に作業の重負がかかることもあり、調査時の流量分布の上限がカットされたような形になっているものと考えられる。図-2は、川原橋の各月の平均流量と、横軸に毎日、縦軸に調査日の平均区とりプロットしたものである。45°の線上にあるのは、その月の調査が、その月の流況を代表するものと考えられる。図をみると多くの点が45°の線の近傍にあるが、7~9月の豊水期は若干ずれが生じている。例えば、69年10月には、降雨(台風)により、1日に186 m^3/sec の流量があり、その後の減水期間をふくめると、1雨で平均流量が10 m^3 以上も増加している。しかしながら水質調査は、この雨の期間調査を行っていないので、線から大きくはずれてしまった。逆に、67年7月には、調査が、梅雨の出水期に集中し、その後の低水期に行なわれなかったため、左上に偏ってしまった。

流量が極端に大きくなると水質が不安定であり、そこで示される水質の意味があきらかでないので、調査が除外されたとしてもあまり問題ではない。しかしながら、45°の線上の左上に偏る場合は、この出水時の調査が中心であり、その月の代表的流況の水質を必ずしも把握しているということとは出ない。すなわち、平均値というのは、平均のまわりに同程度分布している場合に意味をもつのであるが、流量のように、1つの値が平均値の10倍ないしそれ以上大きいものが含まれているときの平均値は、そのものの意味ももっていない。代表値であるというわけにはいかならない。



3 経年変化

水質の分布をあきらかでないで、一応手始めに、年間平均とその経年変化を示してみる。図-3に、主要橋の平均値を示してみる。図からは、とくに大きな変化は認めにくい。二子橋が他の橋に比して、67年から急速に汚濁してきていることがわかる。これは、とくに負荷量でみると、よりあきらかとなる。66年度は、各地点とも3 mg/l 前後であり、67年から67 mg/l と約2倍の濃度となっており、71年の負荷量は若干減少しているが、これは、流量が前年に比して少なかつたため、濃度は、全地点ともほとんど変わっていない。二子橋の70年の負荷がとくに大きいのは、その理由はあきらかでないが、濃度の増加によるものと考えられる。この年の流量はかなり小さく、流量の増加によるものではない。

この図を縦軸に平行にもと、その年の流下方向への負荷量の収支図となる。70年でみると、日野(5.20 ton/日)が、関戸で8.14となっており、関戸の上流で、浅川が合流し、約38.8 流入するので、ほぼ汚濁収支が合う。この図には記さなかったが、是政では、138.6 となっており、途中からの流入がなつのに、50%増加する原因はあきらかでない。さらに、それより下流の川原で、120.5 と是政より減少していることとあわせて考えると、この間の農業用取水等による沈澱現象を評価しないと、この収支図からのみ結論を出すわけにはいかなう。最下流の二子橋で234.3 と増加しているのは、野川等支川の合流による流量と汚濁物質の流入によるものと考えられる。

4. 確率分布

図-4にBODの確率分布を示した。便宜上2年おきに示したが、年をおいて汚濁が進んでいくのがわかる。63年においては、3 mg/l という水質基準Bランクの値以下となるのが、80% (5日に4日と考えてよい) であったものが、71年には、ほぼ10% (10日に1度) にすぎなくなっている。このことは、63年頃は1度汚濁されても、すぐ回復したものが、現在では、濃度の高い日がつづき、まれになる日かほとんどないことを示している。負荷量でみると、この差はより顕著である。65年の90%は、71年の10%値にもなっていないという事実を示している。67年以降の60%値以上は、横に寝た形となり分布が異なっていることがわかる。なお、63・65年と69・70年で分布曲線が逆転しているのは、それぞれの年の流量の分布の差によるものである。

濃度分布でみると、確率分布はほぼ直線となっているが、80%値付近から折れ曲がっている。これは、濃度の最大値かとくに大きいため、この区間が必ずしも連続的に分布していることを示している。とくに65・69年の90%値が、とくに大きな値となっている。BODの平均値は、60~75%値となっており、流量のように75~80%値よりは、中央に位置している。69年の平均値は、74%値となっているが、これは、90%値がかなり横にねて、大きな値となっているために、平均値が移動したものである。分布がほぼ直線とみなせる71年の平均値は55%値が平均値となっている。一方負荷量の平均値は、65~80%値の範囲に分布し、分布曲線がねているほど、その値は大きくなっている。

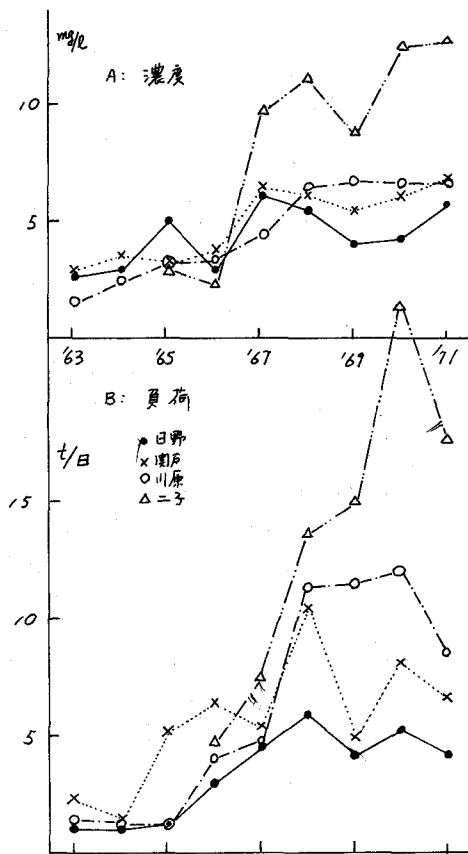


図-3 BODの経年変化

図-4 BODの確率分布

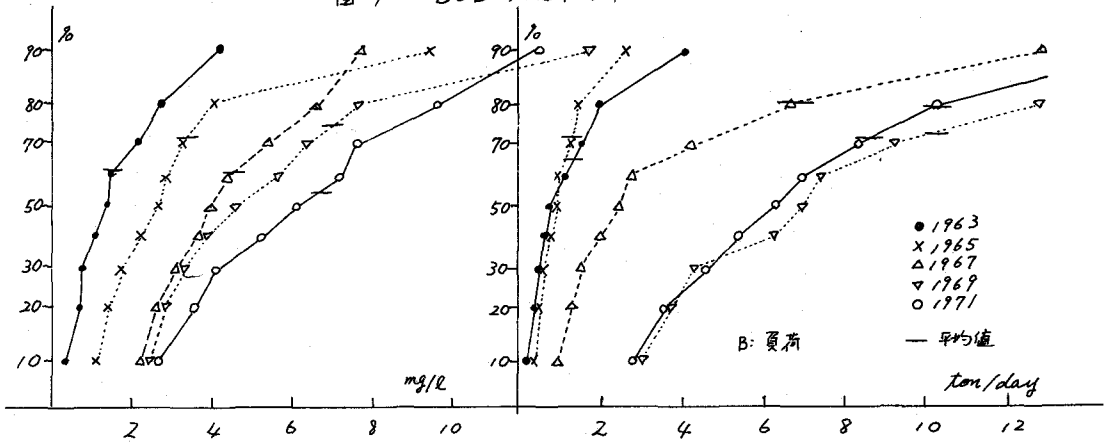


表-2
平均と偏差

	1965			1967			1969			1971		
	Mean	Dev.	Ratio	Mean	Dev.	Ratio	Mean	Dev.	Ratio	Mean	Dev.	Ratio
Hino	5.13	5.88	1.15	6.18	3.53	0.57	4.00	3.10	0.78	5.78	6.88	1.19
Sekido	3.38	2.33	0.69	6.51	4.49	0.69	5.52	2.94	0.53	6.84	4.06	0.59
Kawara	3.38	3.05	0.90	4.53	2.01	0.44	6.87	7.92	1.15	6.71	3.84	0.57
Putago	3.32	1.83	0.55	9.66	7.78	0.81	8.92	6.08	0.68	12.69	12.59	0.99

表-2は 平均値と標準偏差を示した。これによると、標準偏差は大きく、しばしば平均値を上まわっていた。このことは、BOD値が平均値以上にばらついていることを示すものである。とくに0が最低値であることから、大きい方に偏って、対数型に近い分布をしていることがわかる。しかしながら対数正規確率紙上でも、ほとんど直線と認められなかった。なお、この偏よりの程度は、流量ほど大きくはなかった。

5. 等濃度曲線

水質データはきわめて断片的なものであるが故に、それを数多く見ても実像はつかまえていく。これらの情報を統一してみるために、図5に示すような等濃度曲線を描いた。上段は、横軸に月、縦軸に年をとったものである。下段は、横軸に流下距離、縦軸に年をとったものである。

上段のA図でみると、水質基準のAA ランクの1 mg/L以下というのは、63年にほんの1時期出現するのみで、その他には見出せない。同様にAランクの1~2 mg/Lの水質は、66年に見られるが、それ以後は認められない。これが発生するのは、6月から10月にかけての豊水期であり、希釈されたためと考えられる。67年以降になるとこの時期のBODは、約2倍の4 mg/Lとなる。その上、その発生する季節が漸次短くなってきて、71年にはほぼ2ヶ月程度になってしまう。66年から67年にかけての汚濁の進行は急激で濃度勾配もきわめて大きい。冬の11月から春の4月にかけては、5 mg/LのDランク以上であり、10 mg/L以上の場合は、2~3認められる。

下段のB図は、図3を小さくおしたものであるが、図3より説得力がある。これをみると66年から67年にかけでの汚濁の進行状況が一目でみられる。すなわち66年に4 mg/L以下であったものが、67年には、全区域6 mg/L以上とほぼ、2倍に近く濃度が増加している。66年以前においては、上流が汚染されているが、下流の川原橋や宿河原では逆に濃度が減少している。これは、流量の増加による希釈も一因と考えられるが、汚染物質の途中での流入も無視出来ないことから、河川の自浄作用の効果が主な原因と思われる。しかしながら67年以降は、下流の濃度は増加している。勿論、下流部での汚染物質の流入によるものと考えられるが、自浄作用の限界を超えた汚染物が流入していることを示すものである。とくに二子橋で10 mg/Lをこえるのは、直ぐ上流の野川か

圖-5-a BOD 等濃度曲線 (月間平均) [mg/l]

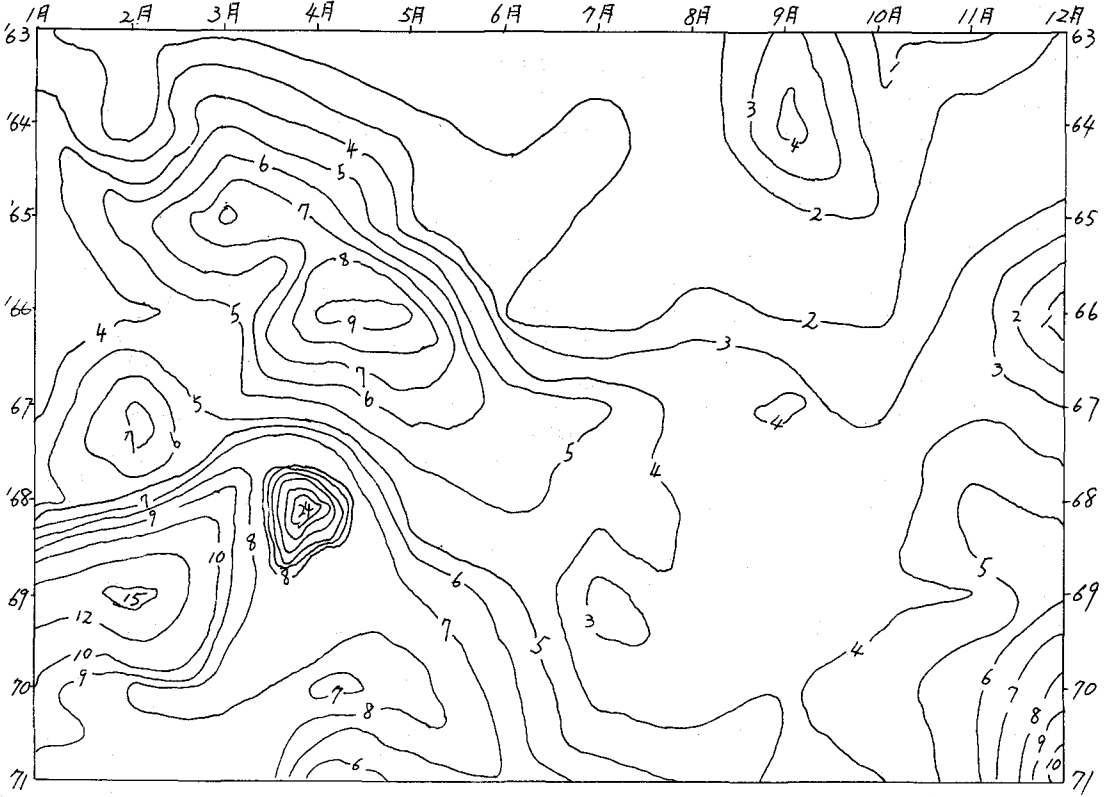
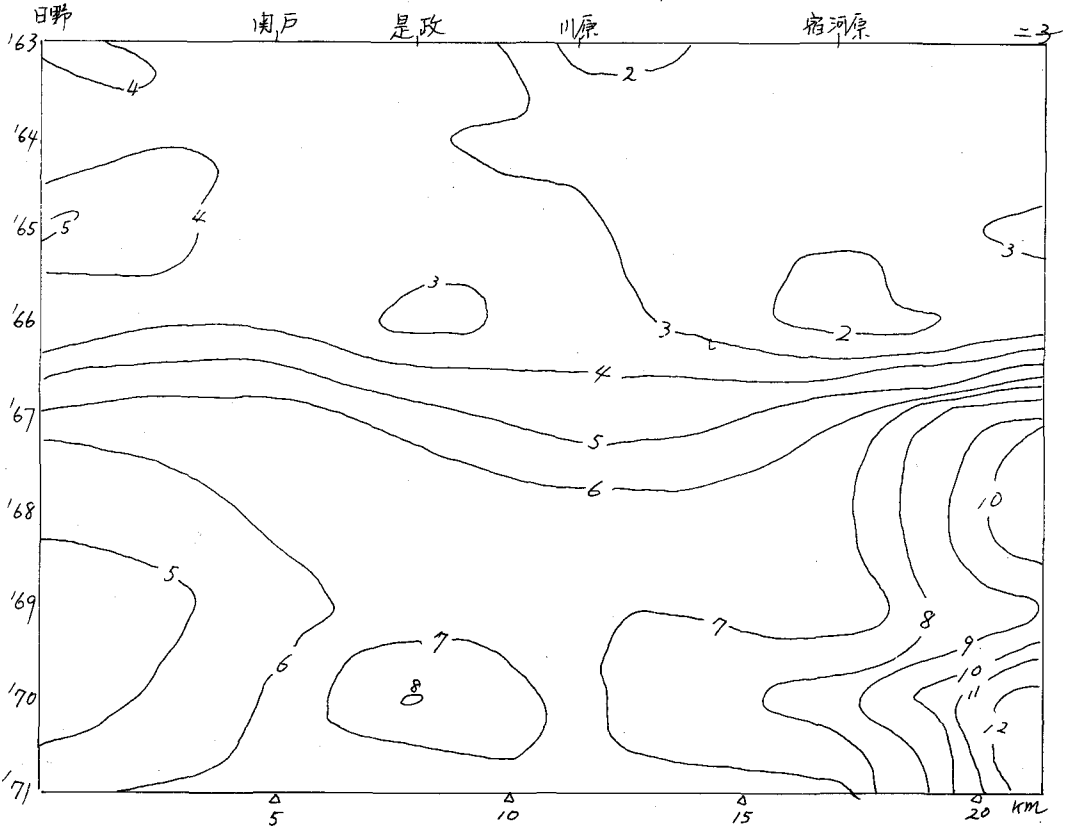


圖-5-b BOD 等濃度曲線 (年間平均)



らの汚染物の流入であろう。流入地奥から二子橋迄距離がないことと、握がないこと等からそのまま流下しているのが実情と思われる。

6. 流量と濃度

図5-aでみたように水質の季節変動が大きい。等濃度曲線からは、夏が濃度が低く冬期に濃度が高い。しかしながら、常識的にいうなら、河川の水質劣化を体験するのは、夏であり、異臭を感ずるのである。これと、等濃度線とは、若干異なった結論を与えていることになる。その理由として、1つには、BODが20℃の値で表現することによる矛盾と、蓄存酸素濃度の飽和値が水温上昇により低下することがあげられよう。もう1つの理由は、この期間が、梅雨・台風等による出水期に相当し、布設効果があるが、冬期は基底流量に近いことにより、汚染濃度が高くなっているのではなかつたと考えられる。後者の理由をよりあきらかにするために、濃度と流量図を、図6に示した。

この図から興味ある事実が2点ある。1つは、縦軸に平行にみると、すなわち同一流量の場合の濃度分布のピークは、年を経るに従って濃度が高くなっていることである。流量6.1~8.0 m³/secの場合、64・65年のピーク濃度は、0.1~2.0 mg/l であつたものが、67年には、2.1~4.0 mg/l となり、68・69年は、4.1~6.0 mg/l となり、70・71年には、4.1~8.0 mg/l となっている。このような傾向は、どの流量に対してもいえることであり、同一流量に対して、汚染が進行していることを示している。第2の特徴は、流量そのものの分布も同様にピークが年を経るに従って増加している点にある。例えば、2.0 m³/sec以下のときは、70・71年には1回しかなく、64・65年には16回もある。逆に12.1~14.0 m³/secの場合には、64・65年は存在しないが、70・71年には、16回存在する。この流量だけがたまたまなかつたということではなく、12.0 m³/sec以上の流量が存在しないという事実は、注目に値する。この理由は、あきらかでないが、汚水そのものが増加しているのではなかつとも考えられるので、今後考察を進めていきたい。

7. 謝辞

本研究の資料を提供して下さった各機関の皆様方に感謝致し、御礼申し上げます。なお、計算は、東大大型計算センターで行った。本研究の一部は、特定研究「環境汚染制御」の研究費により行った。

図-6 濃 度 と 流 量

