

都市河川の動態

——水質ハイドログラフ——

山 口 高 志

はじめに

水質汚濁現象あるいは機構が、物理的な法則で説明できるかということは一つの興味ある命題であるが、筆者はその調査の過程にあって、一つの足がかりを得たので、未だ未完成ではあるが、ここに公表し、参考に供したい。

折しも閉鎖性水域の水質改善には「総量規則」の考え方が必須なことが指摘されて来ているが、この問題に対しても本調査結果は、大きな示唆を与えらると思われる。

これも未完のまま公表する理由の一つである。

以下始めにわが国都市河川の水質現況から入って、現在都市河川の水質問題点の列挙を行ってのち、本論、水質ハイドログラフの話に入ろう。

1. 都市河川水質の現況と問題の所在

1.1 都市河川水質の現況

都市河川水質の特徴を出すために全国一級河川の水質と比較する。

まず「全国一級河川水質現況」（51年度）によれば有機性汚濁の代表指標である生物学的酸素要求量（BOD）は109水系486地点の年平均水質1.62ppmということであるが、この中でワースト5をとると表-1のようであり、いかに都市河川がよごれているかがわかる。ちなみに都市河川のBOD値を水質年鑑²⁾や都市河川研究室での水質調査等³⁾から拾って整理してみると、その実状はよりはっきりする（表-2～4）。

この原因は、いうまでもないが、あらゆる人間活動から排出される汚濁物が、河川を含めた自然の浄化能力と下水道等の処理能力を上まわっているからにはかならない。このうち自然の浄化能力は、都市河川などでは、河川延長も短くほとんど期待できないことから、もっぱら下水道整備のおくれに帰することができる。

たしかにわが国のようにこれだけ都市への人口集中が進み土地の高密度利用が発達したところでは、下水処理のような大規模集中型の高度処理にたよる以外にないことはいうまでもない。しかし最近の流総*の報告その他を見てもわかるように、もう二次処理のみでは将来環境基準を達成できず、高価な三次処理の導入が必要になるところもでて来っており、今後三次処理を含めて処理システムのあり方の問題が大きな検討の対象となっていく

表-1 一級水系の汚濁河川ワースト5

年次	順位	河川名	調 査 個 所		BOD 平均値	BOD平均 値 の 範 囲
			地点数	都道府県名		
51年	1	綾瀬川	2	埼 玉	15.9	12.4, 19.3
	2	大和川	8	大阪, 奈良	13.5	10.0~20.5
	3	鶴見川	4	神 奈 川	10.9	6.0~13.0
	4	猪名川	4	大阪, 兵庫	7.5	2.6~19.9
	5	揖保川	6	兵 庫	5.9	1.0~19.6
50年	1	綾瀬川	2	埼 玉	20.2	12.2, 28.3
	2	大和川	8	大阪, 奈良	15.6	8.2~20.5
	3	猪名川	4	大阪, 兵庫	12.0	3.0~28.9
	4	鶴見川	4	神 奈 川	10.4	6.3~13.3
	5	揖保川	6	兵 庫	6.5	1.1~20.9

* 流域別下水道整備総合計画調査

表-2. 東京都内河川平均水質（昭和51年度）

（資料数は12～47）

河川名	項 目	BOD	SS	COD	DO	大腸菌群数	NH ₂ -N	NO ₂ -N
白子川	*別荘橋E	62.0	64	38.0	3.2	—	—	—
	白子川口E	62.8	91	42.0	3.6	—	—	—
石神井川	*区市境E	80.8	92	48.7	1.1	—	—	—
	*合橋E	44.0	72	31.0	3.1	—	4.93	2.13
	石神井川口E	17.6	16	15.4	1.6	—	—	—
神田川	*和田見橋D	1.2	13	9.6	10.7	—	—	—
	*江戸川橋D	18.5	16	17.8	7.4	—	5.51	2.34
	神田川口D	9.7	7	10.7	3.8	—	—	—
	*妙正寺川	24.3	28	17.4	7.3	—	—	—
旧中川	*中平井橋	5.9	8	9.2	2.9	—	—	—
堅川	*四の橋	4.1	6	6.9	3.0	—	—	—
仙台堀川	*豊住橋	4.6	8	6.3	3.5	—	—	—
古川	金杉橋E	8.8	12	7.2	3.3	—	1.79	1.37
目黒川	太鼓橋E	24.3	30	17.2	2.1	—	4.54	1.27
立会川	立会橋E	22.6	19	15.2	3.9	—	2.26	1.80
内川	富士見橋E	33.5	21	18.5	1.6	—	5.28	0.99
呑川	夫婦橋E	26.4	30	19.2	2.2	—	4.94	1.48
平井川	本川合流点前A	1.4	2	2.1	11.0	5.7×10 ³	—	—
秋川	*沢戸橋A	1.1	2	1.1	11.2	46×10 ³	0.04	0.16
	本川合流点前A	1.2	2	1.4	10.8	23×10 ³	0.08	0.26
谷地川	本川合流点前C	5.9	12	4.4	9.0	1.4×10 ⁵	2.35	—
残堀川	*青岸橋D	42.1	19	29.4	4.2	—	—	—
	本川合流点前D	21.1	28	18.1	5.7	—	4.61	0.89
日野排水	*日野排水	12.3	121	12.5	7.5	—	—	—
浅川	南浅川合流点前B	1.5	4	1.5	9.2	3.9×10 ⁴	0.12	—
	*大和田橋C	6.2	7	4.5	8.8	61×10 ⁴	1.25	—
	本川合流点前C	10.7	16	8.3	7.5	6.9×10 ⁴	5.70	2.70
	南浅川B	17.7	23	7.6	8.9	3.5×10 ⁴	3.70	—
程久保川	本川合流点前D	16.3	22	12.1	8.9	—	—	—
大栗川	本川合流点前C	10.9	15	9.4	10.4	2.4×10 ⁵	1.93	1.02
是政排水	*是政排水	10.5	18	11.2	7.7	—	8.81	1.03
調布排水	*調布排水	57.2	104	36.8	6.4	—	—	—
野川	*天神森橋D	29.1	18	19.9	7.0	—	—	—
	本川合流点前D	21.6	15	16.2	7.7	—	6.49	1.43
	*仙川D	26.2	32	19.2	6.5	—	—	—
恩田川	*都県境D	34.1	49	24.5	8.3	—	—	—
境川	*根岸橋D	18.6	16	15.7	6.4	—	—	—
	都県境D	51.4	53	34.8	5.1	—	18.3	1.94
柳瀬川	*空堀川E	58.7	56	38.2	5.3	—	—	—
黒目川	*大橋E	82.4	86	50.6	2.5	—	—	—
	都県境E	43.8	44	30.5	3.8	—	—	—

*印は年12回調査

（東京都公署局：昭和51年度、都内河川・内湾の水質観測結果）

表-3 都市河川水質 (昭和51年度)

河川名	項目	BOD	SS	DO	大腸菌群数
名 取 川		2.4	42.2	10.9	5.9×10^4
小 櫃 川		4.1	20	9.2	1.8×10^4
大 野 川		2.0	24	8.3	8.4×10^3
庄内川	多治見地点	3.8	55	10.3	4.9×10^4
	水分橋 "	3.6	16	8.4	—
	枇杷島 "	3.3	25	7.8	4.3×10^4
	天神橋 "	5.2	22	7.8	1.0×10^5
和歌川	海草橋地点	57.8	63.2	63.2	—
	新堀橋 "	52.8	57.1	57.1	—
六角川	六角川地点	3.6	626.0	6.0	7.9×10^4
那珂川		2.3	18.3	8.6	1.9×10^5
御笠川		7.3	22.8	5.4	1.2×10^5
坪井川	城山上代橋地点	14.1	31.3	2.7	9.6×10^5
	尾崎橋 "	11.3	23.6	6.8	6.0×10^5

(1977, 日本河川水質年鑑より)

表-4 東京都内河川日平均水質

単位 (mg / l)

	善福寺川	A 川	B 川	谷 沢 川	石神井川
BOD ₅	3.0	15.2	21.6	20.9	65.7
SS	5	22	54	10	40
S-BOD	2.5	12.0	11.3	12.5	41.6
DO	12.2	4.0	6.9	5.0	1.4
T-P	0.04	3.49	3.89	1.0	2.7
NH ₄ ⁺ -N	0.23	8.20	13.0	7.4	9.1
NO ₂ ⁻ -N	0.065	0.325	0.293	—	0.011
NO ₃ ⁻ -N	7.34	0.72	0.63	—	0.06
Alb -N	0.17	1.35	1.45	—	1.56

* 表中BOD, SSは定時刻24回の単純平均, 他は12回平均, 谷沢川, A・B川, いずれも昭和50年3月, 谷沢川は昭和51年11月, 石神井川は昭和53年3月

ものと思われる。

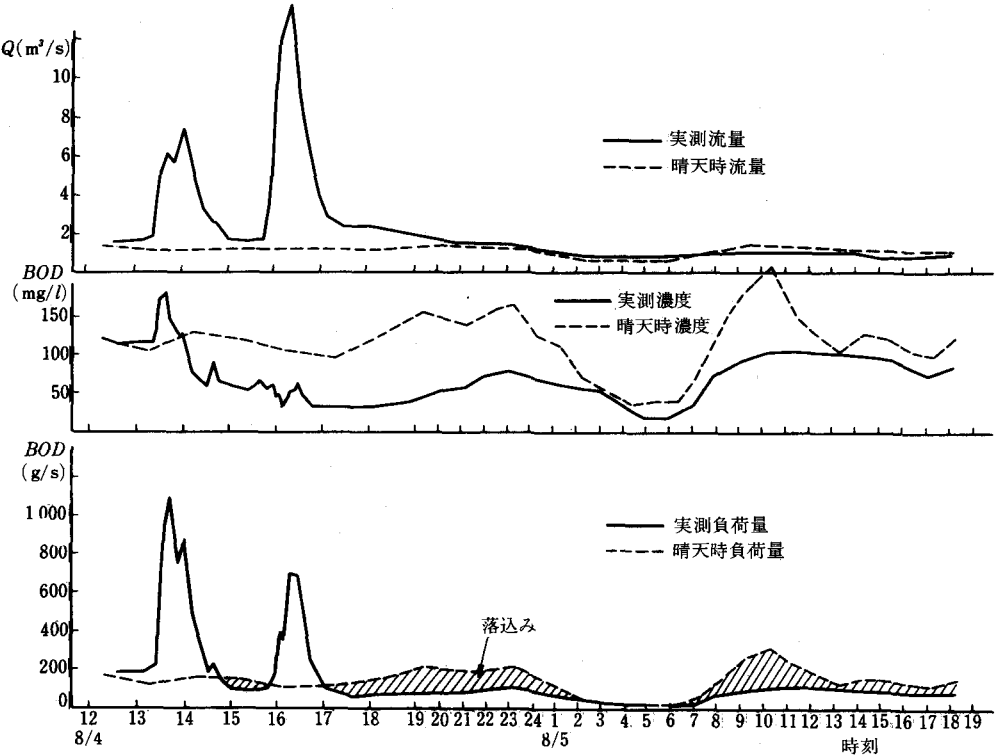
またこのほかの下水道システムの内部および外部の問題も, 下水道自体および水質行政の歴史が短かったために明らかでなかった問題が, 漸く顕在化して来は始めている。ここでは三次処理の問題は他にゆずってこの点に関して2, 3例示的に紹介してみよう。

1.2 合流式下水道からの雨天時越流水問題

合流式下水道の仕組みをおおまかに説明すると, 雨水と汚水を一本のパイプによって対処しているシステムで, 晴天時は汚水のみが収集されて流下し, 処理場で処理される。

これが雨天時になると大量の雨水が汚水に混入するため, これをすべて処理場で処理することは不可能なことから, 雨水吐という水理構造物を設けて, 晴天時汚水量の3倍量以上になるとそれを雨水吐より河川等の公共水面に放流し, 残りの3倍量のみは, 遮集管を経て処理上におくられ, そのすべてが1次処理を受け, 1倍量のみが二次処理されて, それぞれ河川に放流される。

3 倍以上の雨水を河川に放流してよいと考えた根拠は、晴天時汚水も 3 倍以上に希釈されれば、雨天時でもあり、あまり問題にならないのではないかという発想に基づいている。



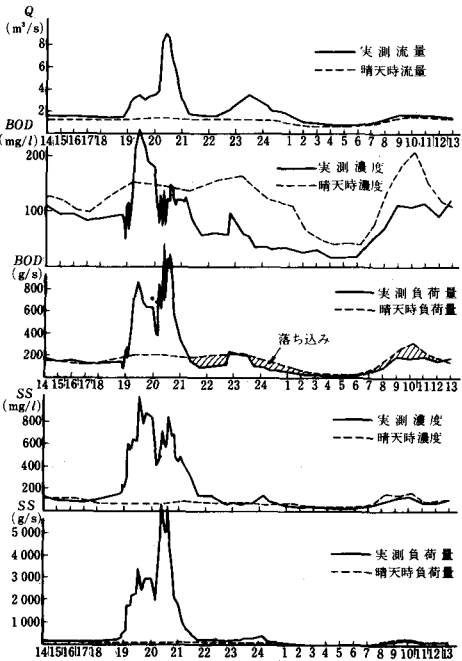
図－1 流量、濃度、流送負荷量 (S. 48. 8. 4, 谷端川排水区)

しかし実際には、晴天時に管底等に堆積した汚濁物が、雨天時の高流速に巻き上げられて、逆に晴天時汚濁濃度よりも高い汚濁水が河川等に放流されていることがわかり、この20年来欧米でも種々の対策が講じられて来つつある。(図－1, 2 参照)。

わが国でも最近では分流式の採用が指導されているが、既にそのほとんどが合流式で敷設されている大都市等では、この問題に頭を悩ましているのが実状である。事実人口の都市集中及び水消費量の増大とともに設計汚水量が増大して、上記3倍量が単なる1倍量近くになってしまったところもある。

1.3 都市河川の善福寺川の概況

表－1 中にも示してある善福寺川は、都市武蔵野から杉並区内を流下し神田川へ合流する流域面積が約18km²の都市河川で、ほとんど全流域合流式下水道が敷設されている、全国でも稀な河川である。そのような理由から都市河川研究室では、降雨流出、水質、生態等々の調査を5年ほど前から実施している。^{4), 5), 6)}



図－2 流量、濃度、流送負荷量 (谷端川排水区, S. 48. 8. 4)

まず水質であるが、表-3に見るように、BOD、SS等に明らかな差があり、事実処理場も下流にあるため、常時は流れも澄明で鯉・わきん等も一応すみつき通行人の目をなごませしてくれる。

表-5. 善福寺川底質分析結果(縦断8点平均)

	BOD wet ppm	COD wet mg/g	強熱減量 dry %	T-N wet ppm	P wet ppm	水分 wet %
範囲	500~2,000	5~25	5~22	400~1,800	1,100~3,600	20~50
平均	1,373	11.7	12.0	1,024	1,762	38.8

しかし全然問題がないかというと、例えば河床の状態は、雨天時越流水のためかヘドロ部分が散見され、必ずしも良い状態とはいえない(表-5)。またNについても、確かにアンモニア($\text{NH}_4\text{-N}$)はないが、酸化された $\text{NO}_3\text{-N}$ は無視できず夏季のヤナギモの繁殖はすさまじい状態である。(表-4)。

常時は清流にもどったことから、観賞用あるいはユスリカ対策として、鯉・わきん・タッピンノー等が数万尾放流されたが、出水時粗度の少い直立護岸に災いされて押し流されたためか、汚濁による酸欠あるいはエラづまりのためか、主因はわからないが、減少したことは確かである。

また一昨年から28回にわたる底生生物の調査を行ったが、コカゲロウ、ユスリカ、ミズムシ、シマビル、モノアラガイ、インドヒラマキガイなど牛腐水性付近のものが多く採取されている。出水後などに一時的な減少も認められた。

善福寺川の場合、雨天時合流式下水道からの越流水のみの影響が出ていると考えられるが、これに処理水が加わるとどうなるかは、表-2中の神田川江戸川橋および川口のような結果となり、固有流量の小さい都市河川では、もっと大きな問題となってしまう。

1.4 都内谷沢川の水質

都内谷沢川は、世田谷区内を流域にもち(住宅地域5km²)、多摩川に流入する小河川であるが、調布取水堰上流ということから、都内では数少ない分流式下水道が計画され、現在100%敷設も間近い状態にある。

筆者らは、昭和50年から流出および水質調査を行って来ているが、晴天時水質は、表-4、また雨天時水質は後出図-14、15に示す通り、いずれもあまり良い水質とはいえない。この原因は、未敷設区域からの汚濁のほかすでに浄化槽を設置している家庭が必ずしも下水道の公示と同様に加入していないため、側溝等にたまった負荷が流出するからである。また都市内地表面も相応の負荷をもっていることが知られている⁷⁾。なお50年から調査を開始して以来晴天時特性に図-3に示すような変化があり、都市域では固有流量の減少という個有の問題があることがわかる。

なお、雨天时分流式下水道の水質は、BODで一般に5~100ppm、高密度市街地では500ppmなどが観測されることもある。

1.5 河川毎日観測水質資料からの一解析

雨天時あるいは出水時に流下する負荷量が無視できないことから、いくつかの河川の浄水場

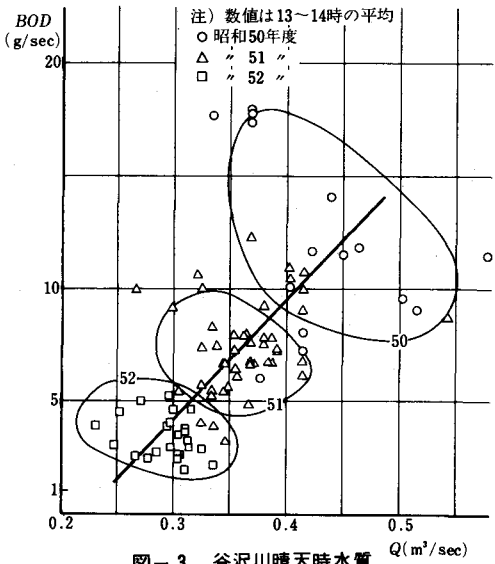


図-3 谷沢川晴天時水質

の毎日水質資料を用いて、簡単な検討を加えてみよう。

いくつかの水質項目について、晴天時流下負荷分と雨天時のそれとの比較を試みる。分離の方法は色々あると思われるが、ここでは単純に晴天時流下分は、雨天時にも流れていると考え、そのベースの365倍をもってあてことにし、そのベースとしては、(1)低水流量時の負荷流下量および(2)低水流量以下の流量での平均流下負荷量の2種類とした。年間総負荷量は $\sum CQ$ によって求まるから、

雨天時負荷流下量 = $\sum CQ - 365 Q_{s低水}$

浄水場の資料は、河川によって1～5年とかわるが、かまわず整理したものが図-4である。濁度いわばSSと総量規制の対象となると思われる $KMnO_4$ などは、雨天時分が圧倒的に多く、今後問題となっていこう。また本手法で晴天時分が100%近くあるものは、希釈型といえるのかもしれない。

年度毎のばらつきを多摩川で見ると表-6のようになる。48年は渇水年、49年は多雨年であるが、このように晴天時分まで雨に影響されることがわかる。

以上のほかにもう一つ重要なことは、在来の負荷量解析の考え方(原単位×流達率×浄化作用)のうち流達率が相当低い値を示すこともあったが、これらのうち多くは側溝・河床等に沈積し、雨天時に負荷ポテンシャルとして作用していたことが推定されることである。

これをなおつめていくためには、ノンポイントソースからの寄与特性の評価も必要になってこよう。

1.6 水質汚濁対策の問題点の集約

筆者は処理に関連することは、あまり得手としないので偏りがあると思われるが、水質汚濁対策の中でまだ検討を要する事項を列挙すると以下ようになる。

A 合流式下水道周辺

A-1 雨天時汚濁負荷の評価、A-2 雨天時汚濁対策の検討、1.流出抑制(浸透性舗装、各戸貯留など)、2.滞水池、3.希釈倍率の増加。A-3 不明水(管内漏水)

B 分流式下水道周辺

B-1 汚水管への雨水の流入、B-2 雨天時雨水管水質、B-3 二管敷設に伴う費用増

C 下水道の整備(都市化)

C-1 流出増と河川の安全率の低下、C-2 浸透量減と河川固有流量減少

D 流域下水道

D-1 河川固有流量減少
D-2 取排水システムの検討(含む渇水調整) } 河川環境の悪化

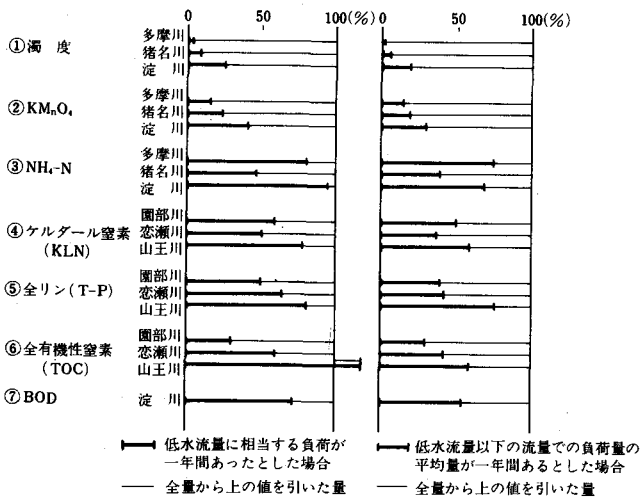


図-4 雨天時負荷と晴天時負荷の分離

表-6 汚濁物流送量

	多 摩 川 (BOD)	
	昭和48年	昭和49年
晴 天 時 分 (ton)	2336	3200
雨 天 時 分 (ton)	968	7191
雨 天/晴 天	0.41	2.25

E 水質規制と総量規制

E-1. 雨天時負荷の評価（低水方式の再検討） → 水質ハイドログラフ

E-2. ノンポイントソースの評価, E-3. 対策の検討

F 総合水管理の必要性

（治水－利水－水質－環境）

2 水質ハイドログラフ——ポルトグラフ*

以上の検討結果から判断して、在来の低水対象の水質管理方式が十分なものではなく、とくに総量規制を考えると、雨天時水質の実態の把握が必要欠くべからざることがわかる。以下2章では、汚濁流出機構について水文学的あるいは物理学的な解析手法による検討結果を、特に水質ハイドログラフのモデル化の可能性にしばって紹介する。

2.1 雨天時合流式下水道水質のシミュレーション

2.1.1 汚濁流出特性

昭和47年以来我々は東京都下水道局の協力を得て、谷端川下水道排水区下流端で採水分析を行ってきた、流域の概要あるいは調査の内容等についてはほかに⁹⁾ 詳しいので割愛し、汚濁流出特性に関する調査結果のみ触れる。

- 1) まずBODについては、降雨あるいは流出初期に一時的に高濃度で排出が行われる（ファーストフラッシュといわれる、図-1～2参照）。これは両対数にBOD 流送負荷量 (g/s) と流量 (m^3/sec) をとって時刻の経過順にプロットすると図-5に示すようにループを描く。

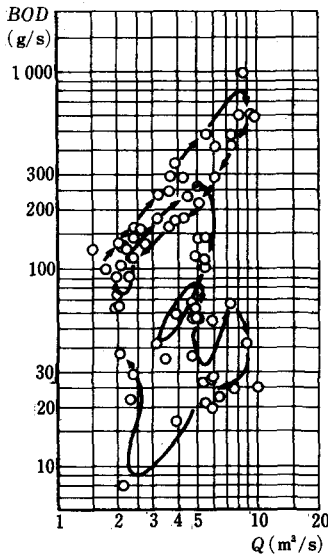


図-5-1) 流送負荷量～流量相関図
(S. 49. 7. 10, 谷端川排水区)
注: 矢印は時間の流れ

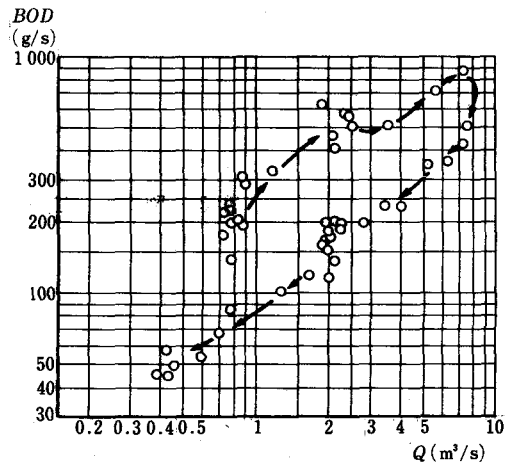


図-5-2) 流送負荷量～流量相関図
(S. 50. 8. 6, F市)
注: 矢印は時間の流れ

- 2) SS の場合は、ファーストフラッシュ現象が顕著でなく、ループ特性が弱く、また浮遊砂量公式と類似して流量の2乗 (Q^2) に比例する (図-6), この結果は非常に示唆的で、SS の補給の相対的無限性、流砂量公式適用の可能性などを暗示する。つまりBOD についてはこの逆、すなわち補給の有限性の考慮を促す。

* 文献(8)で使われ始めた言葉と思われるが、その後それほど普及していない。

3) BOD には、いわゆる希釈現象すなわち流送負荷量が晴天時負荷量に一致する時間がほとんどなく、流量の減少とともに負荷量は晴天時流送負荷量以下に減少し、これは流出終了後も約1日ぐらい続く、この現象はほとんど例外なく観測された(図-1, 2 参照)。しかしSSの場合はほとんどこの現象が見られず、多くの場合晴天時のそれを越える、これは系外、すなわち地表面からの補給を想像させる。

4) BOD 流送量の降雨終了後の“落ち込み”であるが、もう少し詳しく調べたところ、観測されたほとんどの場合について、降雨によって晴天時負荷量を越えて過大に流送された分とちょうど見合う量だけ約1日程度にわたって落ち込むことが判った。これは現象的には、流出によって堆積物が流送されたあと、再堆積が行われたと解釈されよう(堆積の回復、図-1, 2 参照)。またもう一つのポイントとしては、BOD の場合は地表面からの寄与が小さいことも推定される。これに対してSSの場合は地表面負荷の寄与が大きいことが同様に類推される。

この現象については、もう少し付言しておく必要であろう。その後都内小河川での観測や、大河川での毎日観測値を見た結果では、ファーストフラッシュの現象は当然のことながら認められたが、上述のような堆積の回復、つまり晴天時流送負荷量以下への落ち込みはほとんど認められなかった、大きな原因としては地表面負荷の寄与が大きいことが考えられよう。

5) このほか細かい点としては、夜間流量が減少すると、BOD 負荷量の急激な減少が見られ、流砂量公式という限界掃流力的な概念の導入が必要と思われた。

2.1.2 シミュレーションモデル

以上の結果により模式的には図-7のような負荷流送経路図が予想され、各地点での負荷量の追跡(残存負荷量の導入)が必要と考えられた。これを流砂量公式の考え方を参考にして定式化すると次式のようになる。

地点面について、それぞれ汚濁物質の連続式及び運動方程式は、

$$\frac{ds'}{dt} = DWF' - Q_s' \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_s' = K' S' m' \tau'^n \quad \dots\dots\dots (2)$$

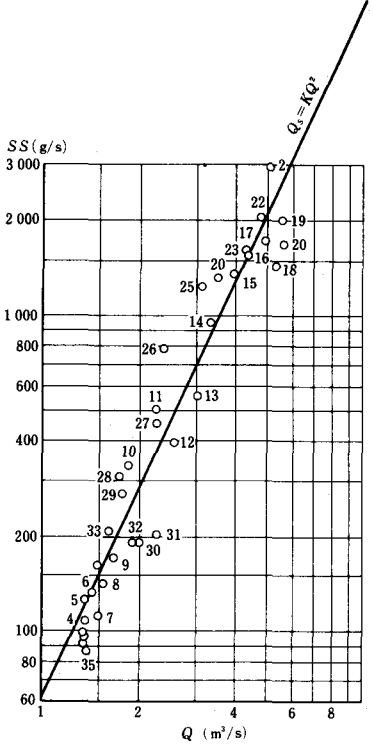


図-6 流送負荷量(SS)～流量相関図
(S, 48. 7. 12, 谷端川排水区)
添字は採水順

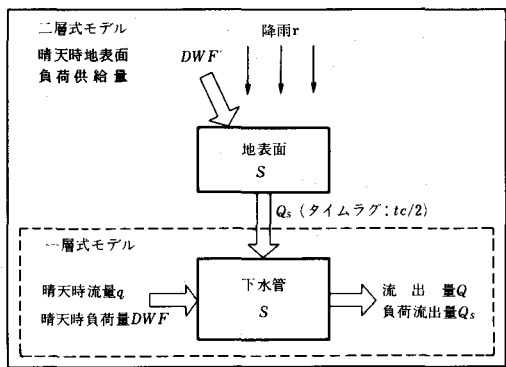


図-7 雨天時汚濁流出模式図

同様下水管内については、

$$\frac{dS}{dt} = DWF - Q_s + Q'_s \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_s = K S^m Q^n \quad \dots\dots\dots (4)$$

あるいは限界掃流力的な発想を入れて

$$Q_s = K S^m Q^n (Q - Q_c) \quad \dots\dots\dots (5)$$

地表からの負荷 Q'_s を無視するときを一層式、考慮するときを二層式モデルと呼ぶことにする。

式中 $m = m' = 1$ は流送負荷量が単純に残留汚濁物質に比例するとしたものであり、 $m > 1$ の場合は、例えば残留汚濁物質に質の違いがあって、 S が小さくなると動きにくくなるといった現象を表現することになる。また下水道管のいわば掃流強度としては、下流端流量を扱っている。その意味で Q_s は流域からのタイムラグを含んだものと言えるが、式(2)では降雨強度を使用しているため、その Q'_s を式(3)に用いるに当たっては、適当なタイムラグをおく必要がある。タイムラグとしては到達時間の $\frac{1}{2}$ 程度が適当と思われる。

BOD の場合は、4) で触れたように、地表面からの寄与が少ないところから、式(3)において Q'_s を無視し、 $m = 2$ 、 $n = 0$ とした。幾つかの S に対して、グラフを書くと図-8 が得られる。昭和48年8月4日洪水の観測値が併記してあるが、出水の進行とともに S が減少することが確認できる。

種々の常数の決定については、紙数も限られているので、ほとんど割愛し、流量残存負荷量の初期値 (S_0) についてのみ触れる。谷端川排水区については、流域内負荷量の実態調査を行ったが、通常はそのような資料がないのが一般である。考え方としては、

- (1) 実態調査を参考にする
- (2) 大出水時の流量負荷総量と参考にする。
- (3) 晴天時のシミュレーションが、追従性、安定性がよいことから、
 - イ) 前期無降雨を確かめ、降雨開始時と同時刻の晴天時 S を用いる。
 - ロ) 関係のない数日前に適当な S_0 を与えて、そこから計算する。

などの方法がある。

2.1.3 シミュレーション結果

谷端川排水区のBODとSSに対して、それぞれ一層および二層モデルでシミュレーションした結果を図-9～12に示す。図-9では二つの目の流出のピーク流量が大きいにもかかわらず負荷量が小さい現象、加えて落ち込みなどがよく表現できているようである。図-11は、連続10日間の観測結果への適用であり、適合度は悪くない。他に他都市の調査結果に適用した結果を図-13に示す。このほか2、3の都市でも試みが一層モデルで十分シミュレーションできることがわかった。

SSのシミュレーションは、もう少しトライアルが必要と思われるが見通しはそれほど暗くない(図-12)。

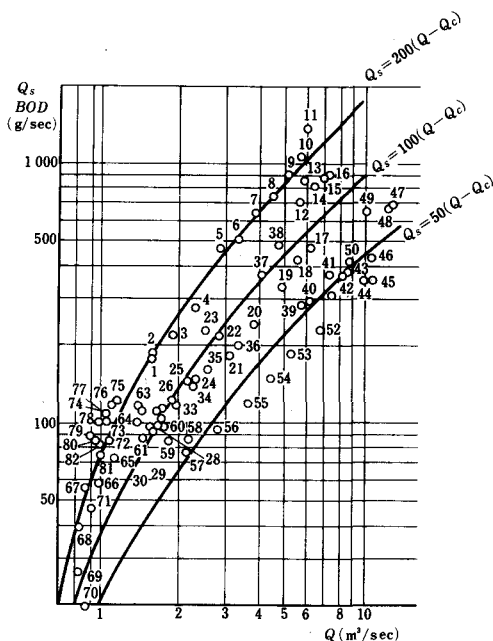


図-8 残存負荷量 (S) の減少
(谷端川排水区, S_0 48.8, $Q_c = 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$)

2.2 谷沢川に対する適用性

谷沢川を含め河川の場合は、先に触れた流出後半の落ちこみがないのが特徴である。また谷沢川

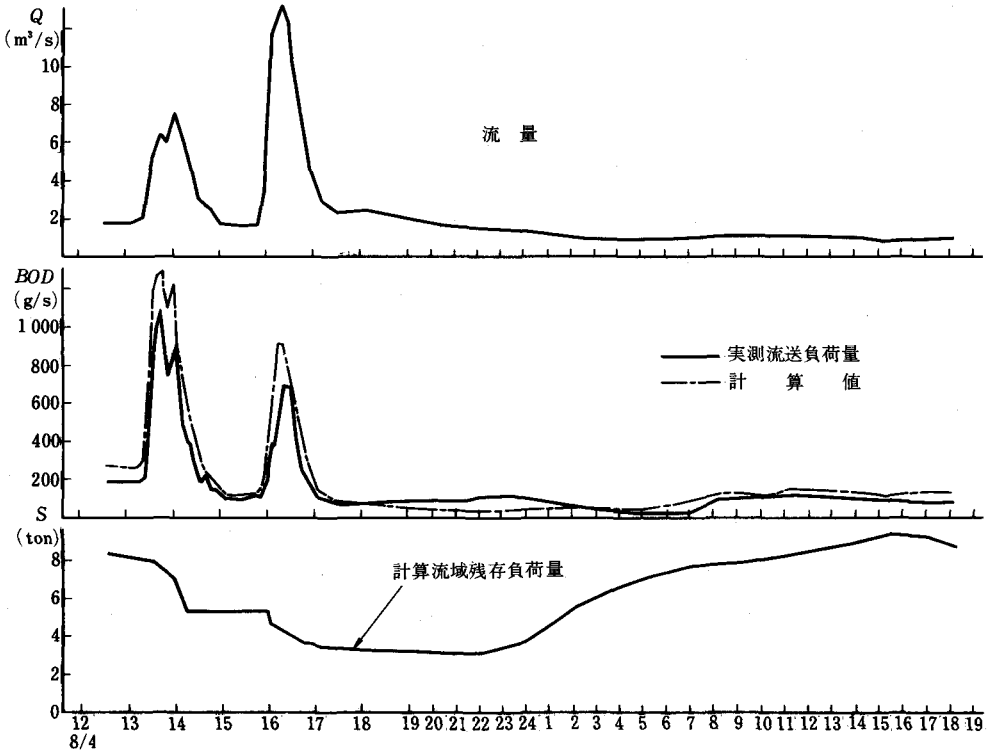


図-9 流送負荷量シミュレーション結果および流域残存負荷量(S)の変化図
(S. 48. 8. 4, 谷端川排水区)

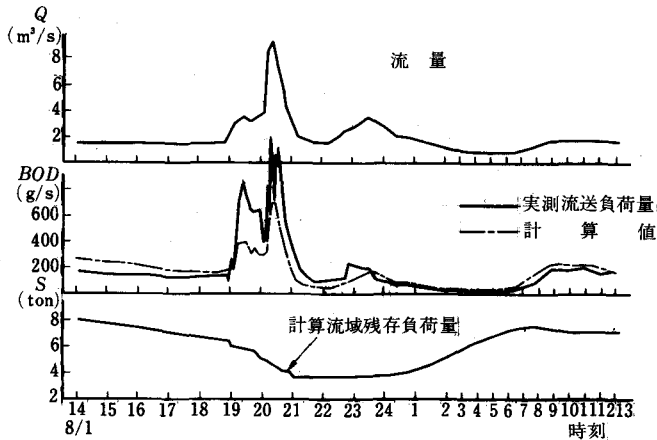


図-10 流送負荷量シミュレーション結果および流域残存負荷量(S)の時間変化図
(S. 48. 8. 1, 谷端川排水区)

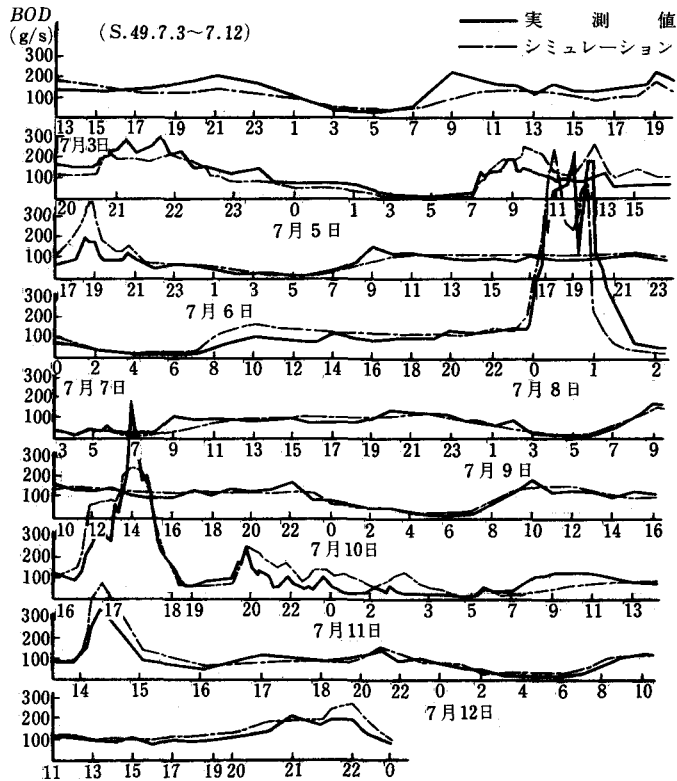


図-11 流送負荷量シミュレーション結果
(S. 49.7.3~7.12, 谷端川排水区)

の場合BODが Q^3 比例型であるところが変わっている, 原因はよくわからない。

現在のところ一層モデルしか適用していないが(図-14~15)担当の一致度が期待できそうである。ただし, 流出後の晴天時の一致はどうしても悪く, 一層モデルの限界といえよう。

2.3 大河川の水質特性

現在都市河川研究室では, 一級河川の浄水場の毎日水質資料を用いて, 水質特性について検討を行っているが, まだシミュレーションモデルの適用を行っていないので淀川, 多摩川の資料を用いて本モデルの適用性を調べてみよう。

淀川について大出水を9つえらび両対数にプロットしたのが図-16および, 図-17である。流域が大きい故もあって, 日一回の資料でもループ特性は出ているようである。多摩川の場合は月間の資料を添字をつけてプロットし2例を示した。(図-18~19) 相対的に流域が小さく, また都市域が下流に集中していることもあって顕著ではないが, やはり大きな出水では認められるようである。同よう淀川に対して前期降雨の有無による $Q \sim Q_0$ の関係の違いを図-20に示した。初期条件の相違による負荷流出の差がうかがえる。

最後に多摩川の48, 49年度の資料について月負荷量をプロットしてみた(図-21~22) 寡雨年・多雨年の差, 全体としてのループ特性がうかがえる。これから11月~3月にかけてポテンシャルの増大, 7月~11月にかけてのポテンシャルの減少などが想像される。

このほか $\text{NH}_4\text{-N}$ については, Q^0 型(希釈型, 淀川, 多摩川)と $Q^{0.5}$ 型(汚濁型, 千歳川, 猪

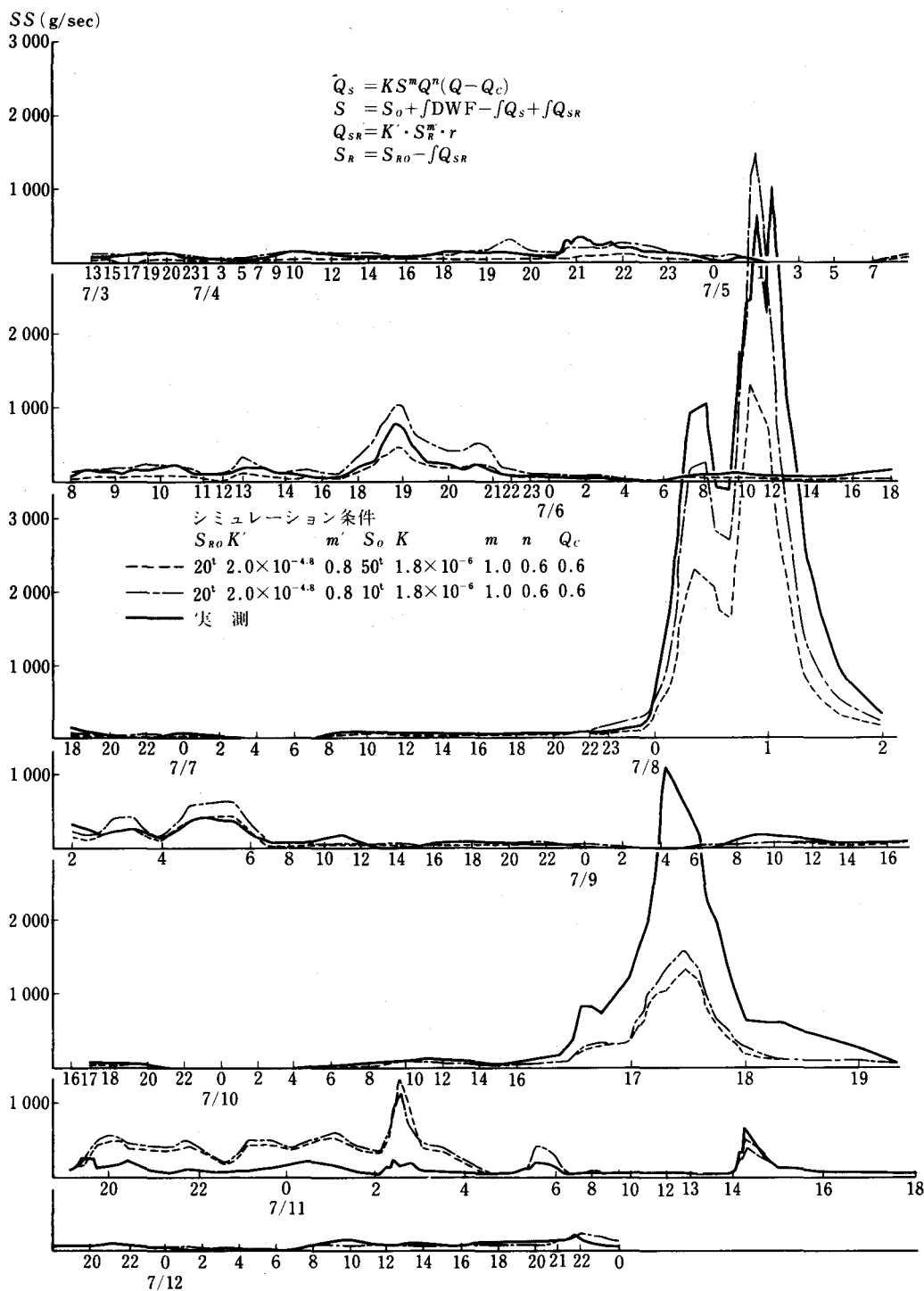


図-12 谷端川SS負荷流出シミュレーション
(昭和49年7月3日～12日)

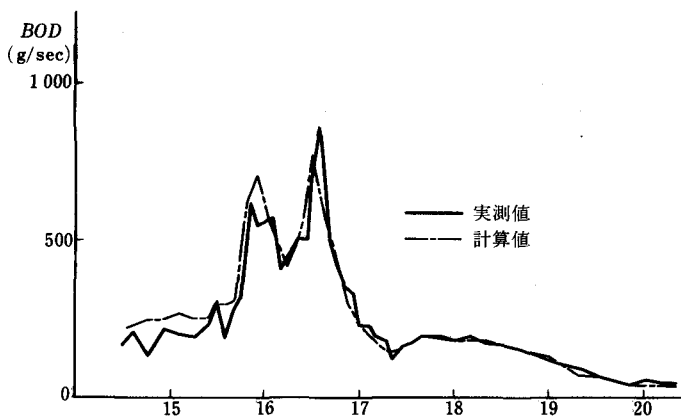


図-13 流送負荷量シミュレーション結果
(S, 50.8.6, F市)

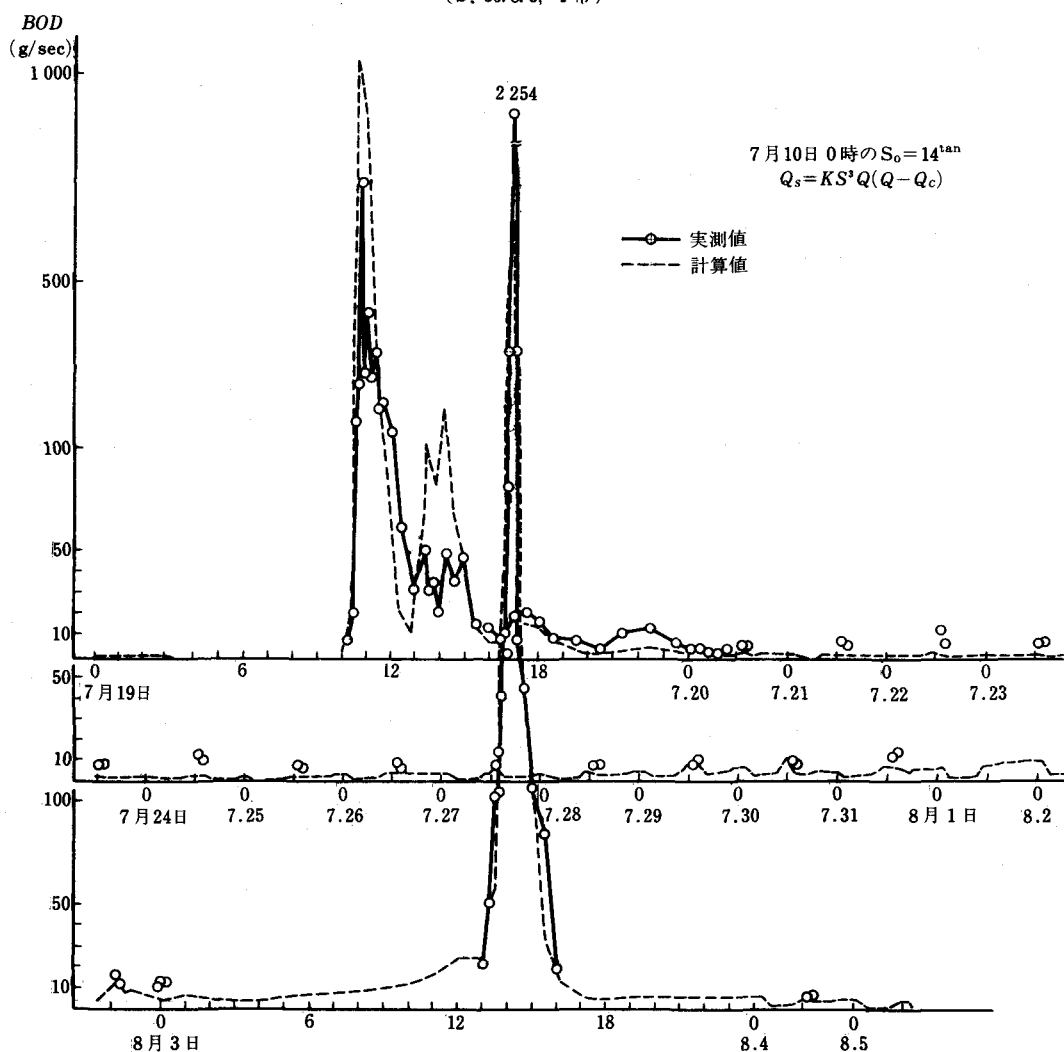


図-14 谷沢川BOD負荷流出シミュレーション (1976.7.19~8.5)
(1976.7.19~8.5)

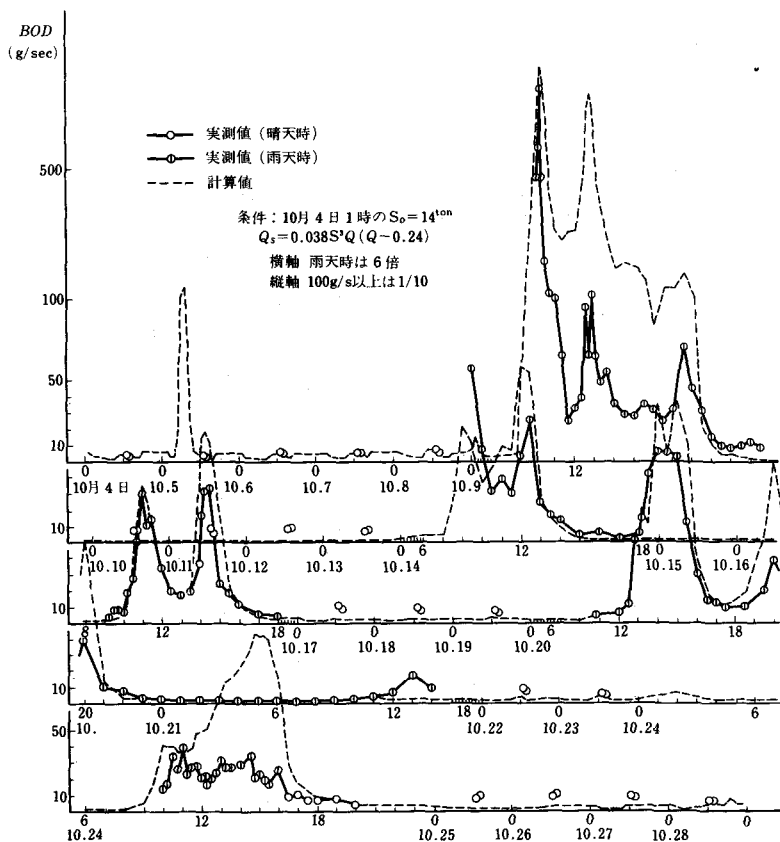


図-15 谷沢川BOD負荷流出シミュレーション
(昭和51年10月4～28日)

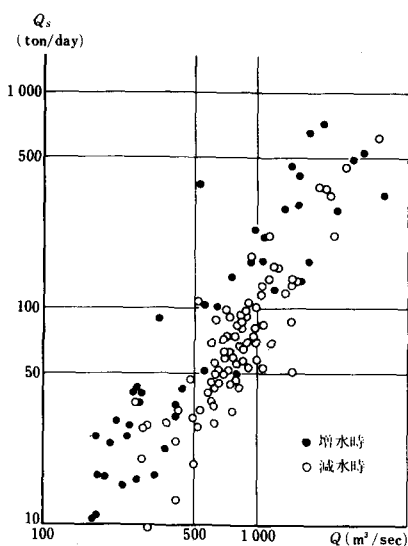
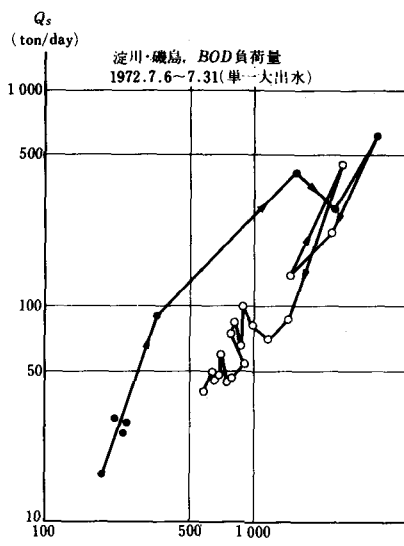


図-16 $Q \sim Q_s$ の関係 (9 大出水時)

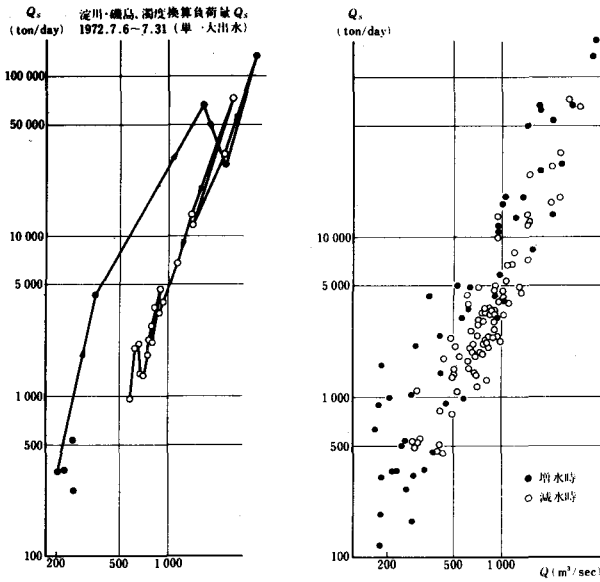


図-17 $Q \sim Q_s$ の関係 (増大出水時)

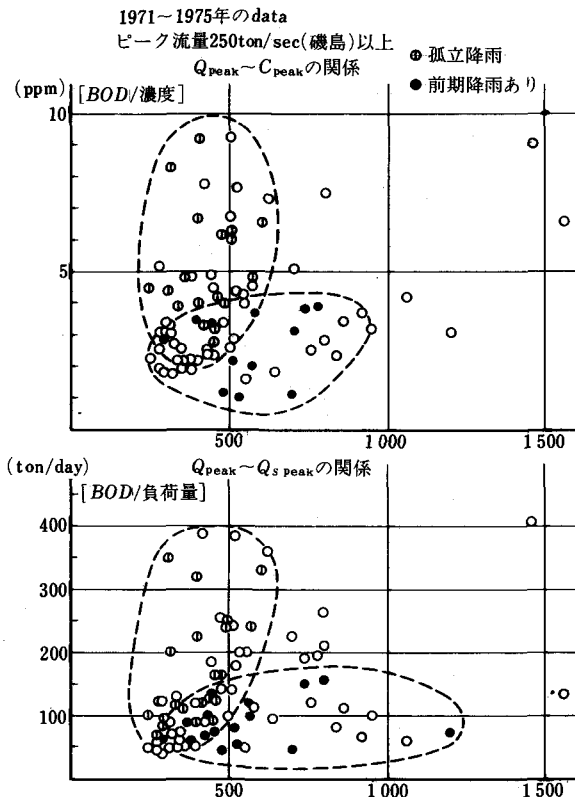


図-20 前期降雨の有無による $Q \sim Q_s$ のちがひ

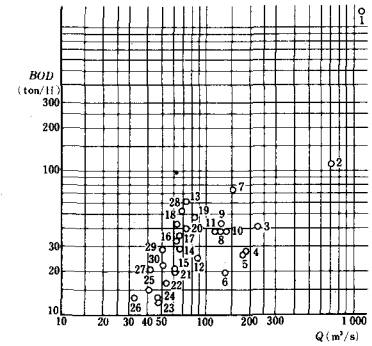


図-18 BOD 負荷量～流量相関図
S. 49. 3, 多摩川調布堰 注: 添字は日

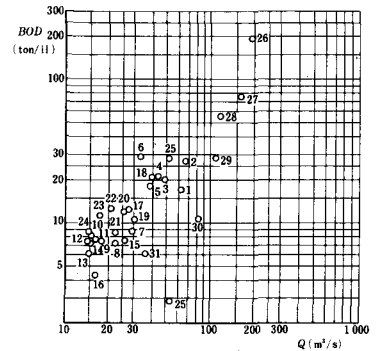


図-19 BOD 負荷量～流量相関図
S. 49. 8, 多摩川調布堰 注: 添字は日

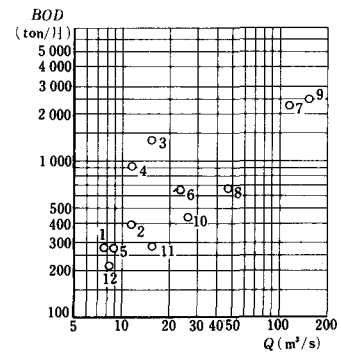


図-21 BOD 負荷量～流量相関図
(S. 49. 4～S. 50. 3, 多摩川調布堰) 注: 添字は月

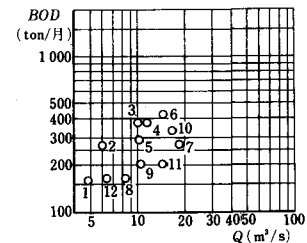


図-22 BOD 負荷量～流量相関図
(S. 48. 4～S. 49. 3, 多摩川調布堰) 注: 添字は月

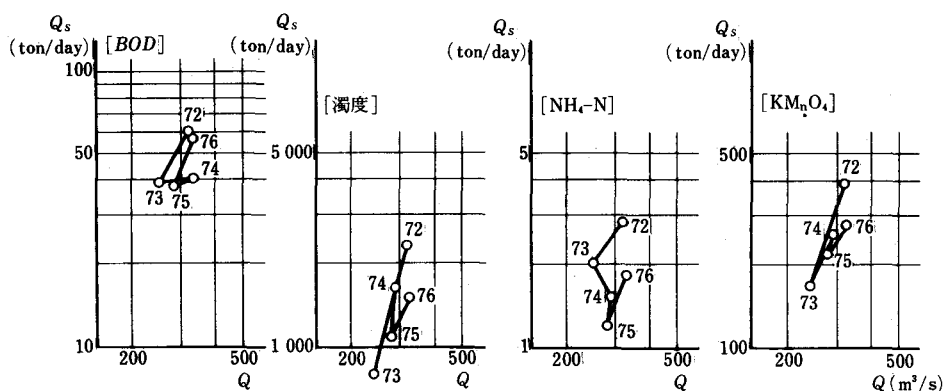


図-23 年平均日負荷量の経年変化(淀川：磯島)

名川) などがあった。

また年負荷の変動特性を図-23に示すが、2～3倍の変化があり、水質特性について統計的な結論をうるためには、長期の調査が必要になることがわかる。なお大きな変動要因はやはり雨と思われる。

あとがき

雨天時合流式下水道からの汚濁流出現象について、その支配要因として当然考えられる流量強度の他に、流域残存負荷量を導入してシミュレーションしたところ、予想外の好結果を得た。

このことは、ブラックボックスモデルとはいえ、いわば物理モデルで表現できることを示した点で意義のあることといえよう。現在までの現単位と流達率でのみしか扱えなかった水質シミュレーションモデルに比して、数歩前進した感があるからである。今後もし、分流式下水道敷設域、下水道未敷設域、山地地域、水田地域等の別で調査が進めば、当然それらを要素とした河川水質シミュレーションも可能になるであろうし、また逆に汚濁対策の立案もより効果的なものになっていくことが予想される。

その意味を発展させ、分流式河川の谷沢川と都市域大河川、淀川、多摩川の2河川の汚濁流出特性について、本モデル適用の可能性を検討してみた。現在のところ十分のものとはいえず、今後、より一層の検討が必要であることはいうまでもないが、十分可能性があることが推測されたといえよう。

本論からヒントを得られて、この種の調査が多く試みられれば、望外の喜びである。なお今後とも結果を得てはご報告していきたい。

今後、全国水質資料の検討の他、独自の調査あるいは各工事々務所の調査結果をもとに発展していきたいと思っている。

種々アドバイスをいただいた村上・安中両室長、多くの資料を提供していただいた淀川・霞ヶ浦両工事事務所、東京都下水道局その他の方々、そして資料整理をわずらわせた都市河川研究室、吉川・綿貫両技官に、ここで謝意を表しておきたい。

参 考 文 献

- 1) 荒井治：河川水質の現況と今日の話題，建設月報S- 53. 3
- 2) 日本河川協会：日本河川水質年鑑1977，山海堂
- 3) 東京都：都内河川，内湾の水質測定結果（S 51）S- 52. 9
- 4) 山口高志：都市河川・善福寺川の親水機能診断土技資Vol. 16. No 8
- 5) 松本浩一，山口高志：都市河川・善福寺川の生態系調査，土技資Vol. 19, No11
- 6) 都市河川研究会：都市河川善福寺川水生生物調査報告書 土技資1387号 S 53. 3
- 7) 建設省土木研究所：都市域からの雨天汚濁流出調査報告書：土木研究所資料第1019号 S 50. 3
- 8) EPA：Storm Water Management Model；July 1971
- 9) 日本下水道協会：48, 49, 50, 51年度東京都委託調査報告書
- 10) 山口高志：雨天合流式下水道からの汚濁流出シミュレーション：土木技術資料Vol. 18, No 2
- 11) EPA：Water Pollution Aspects of Street. Surface Contaminants. EPA-R 2-72-081；
November, 1972.
- 12) A. L. H. Gameson and R. N. Davidson：Storm Water Investigation at Northampton；J. of
Inst. Sew. Purif. 1963.
- 13) James p. Heaney and H. Sullivan：Source Control of Urban Water Pollution；J. WPCF,
Vol. 43, No 4
- 14) 建設省土木研究所：都市域からの降雨流出調査報告；土木研究所資料1018号，S 50. 3