

ISSN 0386-5878

土木研究所資料 第2230号

土木研究所資料

河川の汚濁源に関する調査

報告書

昭和60年3月

建設省土木研究所
河川部都市河川研究室

[Copyright © (1 9 8 5) by P.W.R.I

All rights reserved. No part of book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I

この報告書は，土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって，本報告書の全部又は一部の転載，複製は，土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。 」

河川の汚濁源に関する調査 報告書

都市河川研究室 馬場 洋二 松浦 茂樹
 浅野 富夫 谷本 光司
 綿貫 克彦

要 旨

河川等公共用水域に供給される汚濁物質は、点源負荷と非点源（面源）負荷とに大別される。雨天時には降雨を介して多量の非点源負荷が流出してくる。そのため、河川等公共用水域の水質保全の観点から、雨天時における汚濁物質の流出機構の解明ならびにその量的把握が望まれている。

都市河川研究室では、昭和54年度～57年度の4ヶ年にわたり、多摩川上流域の雨天時水質観測を実施した。そして、そのデータに基づき、以下のような検討を行った。

- ① 出水中の流量と負荷量の関係は、流送能力型の近似式 $L=aQ^a$ でほぼ説明される。ただし、 a の値は先行降雨特性の影響を受けるので、汚濁源の供給能力を考慮することにより、より精度よく両者の関係を説明できるようである。
- ② 1出水における総流量と総負荷量はほぼ比例関係（ $\Sigma L=a_1\Sigma Q$ ）を示す。式中 a_1 は濃度の次元をもち、各流域の雨天時汚濁流出原単位とみなすことができる。
- ③ 各流域の汚濁負荷原単位と土地利用面積率をもとに、非点源（土地利用別）の雨天時汚濁原単位を試算した。

キーワード：汚濁源，雨天時水質，非点源，雨天時汚濁流出原単位

まえがき

雨天時には、山林・田畑・宅地等流域の非点源から、多量の汚濁物質が降雨を介して河川に流出してくる。河川等公共用水域の水質保全の観点から、雨天時における汚濁物質の流出機構の解明、ならびにその量的把握が望まれている。しかし現在まで、その調査・研究事例は少ない。

このような状況を背景に、都市河川研究室では、昭和54年度～57年度の4ケ年にわたり、多摩川上流域において雨天時水質観測を実施した。さらに、この調査データをもとに、出水中の流量と負荷量の関係、1出水における総流量と総負荷量の関係について簡単な近似式を用いた考察を行った。そしてその結果にもとづき、非点源からの雨天時汚濁流出原単位を土地利用別に試算した。その内容は以下のように要約できる。

- ① 出水中の負荷量（BOD, COD, SS, T-N, T-P）を流量との関係で説明しようとする流送能力型の近似式 $L = aQ^n$ は、多摩川上流域の諸支川においても成立する。その場合、 n の値は宅地流域で小さく、山地流域で大きな値となる。また a は出水ごとに異なり、非点源の供給能力（先行降雨特性と密接に関係）の影響を受ける係数と考えられる。
- ② 出水中の流量と負荷量との関係を時系列順に見ると、時計回りのループを描くことが多く、①の式中の a の値を非点源の供給能力と関係づけて表示することにより、流量と負荷量との関係が、より精度よく説明できることが示唆される。
- ③ 1出水における総流量と総負荷量はほぼ比例関係を示し、 $\Sigma L = a_1 \Sigma Q$ の形で表示しうる。
- ④ ③の式中の a_1 の値は濃度の次元をもち、各流域における雨天時汚濁流出原単位とみなすことができる。
- ⑤ 各流域の原単位と土地利用面積率をもとに、適当な仮定をおくことにより、土地利用別の雨天時汚濁原単位を算出することができる。本研究では、BOD, COD, SS, T-N, T-Pを対象に、宅地、田畑、山林、河川の4つの土地利用について原単位を試算した。

本報告書は、以上の調査・検討結果をとりまとめたもので、第1章では調査の目的と概要、第2章では調査対象流域の自然的条件、社会的条件を説明する。第3章では、各流域の河川水質の基礎資料として晴天時水質の検討を行う。第4章では、解析の対象とした出水の概要を説明した後、水質調査データをもとに、出水中の流量と負荷量の関係、1出水における総流量と総負荷量の関係について考察を行う。さらに各流域ごとの雨天時汚濁流出原単位、および土地利用別の雨天時汚濁流出原単位の試算を行う。最後にこれらの結果をとりまとめて第5章結論とする。

昭和60年3月

都市河川研究室

馬場 洋二

松浦 茂樹

浅野 富夫

谷本 光司

綿貫 克彦

目 次

ま え が き

1. 調 査 の 目 的	1
2. 調 査 対 象 流 域	2
3. 晴 天 時 水 質	4
4. 雨 天 時 水 質	7
4.1 出 水 の 概 要	7
4.2 出水中の流量と負荷量の関係	8
4.3 一出水における総流量と総負荷量の関係	12
4.4 出水中の平均水質	16
4.5 雨天時汚濁負荷原単位	19
5. 結 論	25
参考文献	26
付録 全調査結果数値表	61

図 表 目 次

表 2. 1	調査流域の土地利用状況	2
表 2. 2	調査流域の社会的指標	3
表 3. 1	晴 天 時 水 質	4
表 4. 1	調査を実施した出水	7
表 4. 2	水質の分析項目及び分析方法	7
表 4. 3	出 水 の 概 要	7
表 4. 4	出水中の流量と負荷量の関係	8
表 4. 5	各流域における a_1 , n_1	14
表 4. 6	各流域における a_1 , n_1 (晴天時分差引)	16
表 4. 7	出水時の平均水質 (単純平均)	18
表 4. 8	出水時の平均水質 ($n_1 = 1$ の時の a_1)	18
表 4. 9	出水時の平均水質 ($n_1 = 1$ の時の a_1 , 晴天時分差引)	19
表 4. 1 0	雨天時汚濁負荷原単位 (宅地, 田畑, 山林)	20
表 4. 1 1	雨天時汚濁負荷原単位 (宅地, 田畑, 山林, 河川)	22
図 2. 1	調査対象流域	2
図 3. 1	晴天時水質	5
図 4. 1	各出水における降雨と流量	27
図 4. 2	出水中の流量と負荷量の関係	34
図 4. 3	流量, 汚濁物質の流出特性	48
図 4. 4	総流量と総負荷量の関係	13
図 4. 5	各流域の a_1 , n_1	15
図 4. 6	出水中の平均水質の変化	54
図 4. 7	出水時平均水質と平均流量	17
図 4. 8	実測総負荷量と計算値 (宅地, 田畑, 山林の原単位を使用)	21
図 4. 9	実測総負荷量と計算値 (宅地, 田畑, 山林, 河川の原単位を使用)	23

1. 調査の目的

河川等公共用水域に供給される汚濁物質は、点源負荷と非点源（面源）負荷とに大別される。点源負荷とは家庭排水、工場排水等であって、種類によってはその排出負荷量が一週間のうちでの日変動や一日のうちでの時間変動を示すものがあるものの、晴・雨天時の別なく、毎日ほぼ一定量排出されるものと考えることができる。これに対して非点源負荷は、流域や河床等に面的に存在している汚濁物質である。山林、荒地、造成地等土壌系の負荷、田畑等農地系の負荷、河床堆積物等河川系の負荷、路面・屋根等都市排水系の負荷などが含まれる。⁽¹⁾一般に非点源負荷は、降雨（雨水流出）を介して公共用水域に流出してくる。

点源負荷と非点源負荷、あるいは晴天時汚濁負荷と雨天時汚濁負荷の量的関係に関する調査はいくつかある。たとえば、霞ヶ浦に流入する山王川における調査では、年間を通してみれば晴天時汚濁負荷量（主として点源負荷）と雨天時汚濁負荷量（主として非点源負荷）との比率はほぼ 1 : 1 になるという調査結果がある。⁽²⁾また琵琶湖に流入する小河川流域では 1 洪水で晴天時の数年分にも達する汚濁負荷が流出することがあると報告されている。⁽³⁾このように調査流域等によりその調査結果はまちまちであるが、いずれの調査結果も雨天時に非点源から流出してくる汚濁負荷量が大きいことを示している。したがって河川あるいは湖沼等閉鎖性水域の汚濁防止、水質改善の観点からみれば、非点源負荷の量的把握、ならびにその流出機構の解明はきわめて重要な問題といえる。雨天時の汚濁流出については下水道幹線や小河川等を対象に、近年、調査研究事例が増加してきているものの、まだ研究は遅れている。これは降雨前から降雨後までの連続観測という作業の困難さと、降雨特性（総降雨量、降雨強度、先行無降雨日数等）によって変化する雨天時汚濁流出機構の複雑さによるものである。

こうした状況を背景に本研究では、雨天時に降雨を介して非点源から供給される汚濁物質の流出特性を把握することを目的としている。そのため、多摩川上流域において 4 ケ年にわたって雨天時水質観測を実施し、得られたデータをもとに以下の検討を行う。

- ① 出水中の流量と負荷量の関係の検討
- ② 一出水における総流量と総負荷量の関係の検討
- ③ 土地利用別の雨天時汚濁原単位の検討

2. 調査対象流域

先に述べたように、非点源は土壌系負荷、農地系負荷、河川系負荷、都市排水系負荷などに分類され、これらはいずれも流域の土地利用と密接な関係にある。したがって解析の容易性を考えれば、雨天時水質調査を実施する対象流域は土地利用が単一であることが望ましい。また、降雨特性の相違による汚濁流出機構の違いが後の解析を困難にすることを考えると、できる限り近隣の、かつ流域条件（面積、地表勾配等）が類似の流域がよい。

このような条件をほぼ満足する地域として図 2.1 に示す多摩川上流域を選定した。小河内ダム上流域を除くと調査地域の面積は 448.60 km²で、うち山林 377.88 km² (84.2%)、田畑 23.05 km² (5.1%)、河川 9.64 km² (2.2%)、宅地 38.03 km² (8.5%) である。水質調査地点は図中に◎印で示してあるが、このうち解析の対象としたのは斜線等で示した 5 流域である。

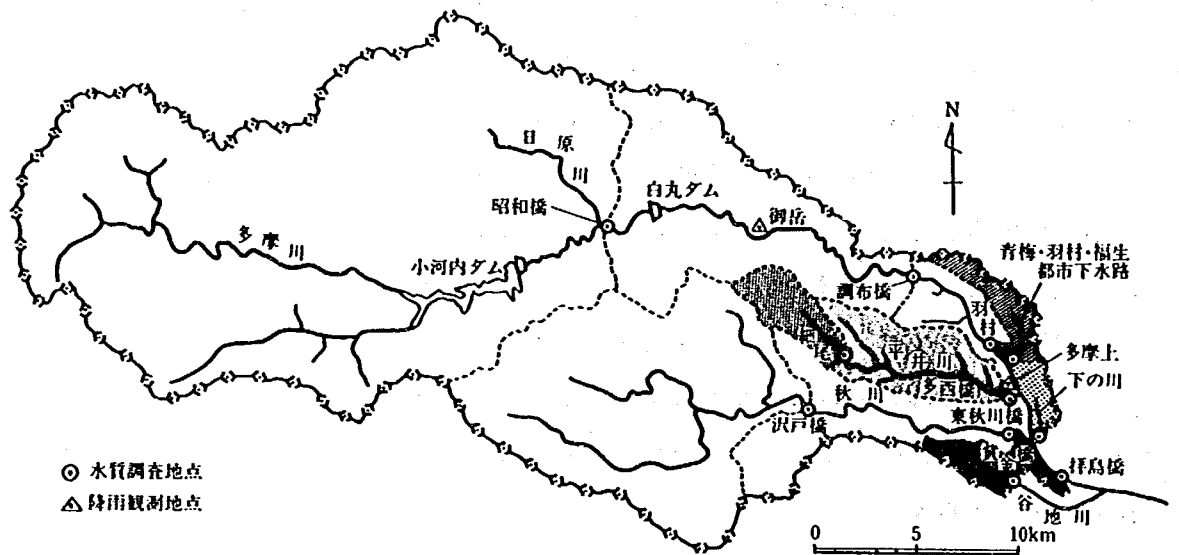


図 2.1 調査対象流域

調査対象流域については、1/25,000地形図、流域市町村の人口統計、工業統計等をもとに土地利用ごとの面積、河川長等の自然的指標、人口、家畜頭数、工業出荷額等の社会的指標を求めた。表2.1に、解析の対象とした5流域の土地利用状況を示す。都市下水路、下の川は宅地流域、平井川は山地流域であり、谷地川は田畑の面積が大きい。表2.1では都市下水路と下の川とはほぼ類似の土地利用状況と見えるが、表2.2に示すように、下水道普及人口率、家畜頭数、工業出荷額等はかなり異なっている。

表 2.1 調査流域の土地利用状況 (%)

観測地点	流域面積(km ²)	山林	田畑	河川	宅地(市街,住宅)
青梅羽村福生都市下水路	10.63	6.2	4.1	1.8	87.9 (3, 97)
下の川	7.28	1.1	3.2	12.2	83.5 (6, 94)
谷地川	7.07	54.6	37.0	0.6	7.8 (0, 100)
平井川(多西橋)	38.41	73.5	11.9	1.5	13.1 (3, 97)
平井川(細尾)	10.36	96.5	2.2	0.3	1.0 (0, 100)

表 2.2 流域の社会的指標

流 域	人 口 (人)	下水道普及 人 口 (人)	家 畜 頭 数			工 業 出 荷 額 (百万円)
			牛 (頭)	豚 (頭)	鶏 (羽)	
青梅, 羽村, * 福生都市下水路	22,915	1,956	406	1,936	23,290	127,520
下 の 川 *	36,017	13,320	22	78	170	14,787
谷 地 川 **	3,918	—	279	468	16,015	4,723
平井川多西橋 *	28,848	—	30	40	1,727	13,854
平井川細尾 **	586	—	5	8	77	367

注 * : 昭和54年度調査

** : 昭和56年度調査

3. 晴天時水質

晴天時水質調査は1982年3月に各流域の末端で実施した。都市下水路のように多量の生活雑排水が流入する所では、晴天時水質は週間変動や、1日のうちでも時間変動があると考えられるので、24時間の連続調査を実施することが望ましい。しかし、本調査は雨天時水質調査に重点を置いているので、晴天時水質はただ1回の観測にとどめた。ただし、各流域とも採水は平日（火曜～木曜）の正午～午後2時の間に時刻を限定して行った。なお、都市下水路と同様、生活雑排水が多量流入する石神井川⁽⁴⁾や、谷端川⁽⁵⁾（ともに東京都内）での流量、負荷量の日変動パターンを見ると、その平均値は午後3時頃に現れており、正午～午後2時のデータは流量、負荷量ともに日平均をやや上まわっている。

各流域の末端における晴天時の比流量と比負荷重を図3.1および表3.1に示す。1980年10月のデータ（図中白ぬき）は、この時実施した雨天時水質観測のデータ（降雨前）である。10月の

表 3.1 晴天時水質

流 域	調査年月日	採水時刻	流 量 (m^3/S)	BOD (ppm)	COD (ppm)	S S (ppm)	T-N (ppm)	T-P (ppm)
都市下水路	80.10.13	18:00	0.386	34.3	22.8	27.0	2.00	2.97
	82. 3.10	13:40	0.513	65.6	48.7	36.0	22.3	2.88
下 の 川	80.10.13	19:25	0.133	18.4	11.3	17.0	4.53	0.970
	82. 3.10	13:40	0.050	41.2	21.2	12.0	6.01	1.340
谷 地 川	82. 3.10	11:55	0.056	5.9	6.9	7.0	3.82	0.29
平井川多西橋	80.10.13	18:55	0.482	1.0	1.8	3.2	4.23	0.080
	82. 3.10	13:40	0.289	2.2	2.3	2.0	4.18	0.100
平井川細尾	82. 3. 9	11:45	0.067	0.9	0.8	17.0	1.30	0.03

データがあるのは都市下水路、下の川、平井川多西橋の3流域であるが、どの流域においても10月と3月のデータにはかなり差がある。流量の変動には季節的なものや、1日のうちの時間的な変動が考えられるが、図3.1のデータがどういう変動に起因するものなのかは今のところわかっていない。ただ、平井川多西橋流域は他の2流域に比べて宅地も少なく、1日のうちの時間的な変動は小さいと考えられるので、季節的な変動と見るのが妥当と思われる。

谷地川流域と平井川細尾流域はデータが1個しかないので季節的な変動の有無は不明である。ただ谷地川流域は田畑の比率が高いことから、稲作期と非稲作期とでは流量・負荷量とも大きく異なることが予測される。

図3.1より各流域を比較して見ると、まず流量、負荷量とも他の流域に比して都市下水路で大きな値となっており、家庭排水が多量流入していることがわかる。他の4流域では比流量はいずれも $0.025 m^3/hr$ （ $6.9 l/sec/km$ ）前後の値を示している。

比負荷量を見ると、流域内の宅地の減少あるいは山林の増加に伴って減少していることがわかる。都市下水路と下の川は宅地面積率がほぼ等しいにもかかわらず、比負荷量は都市下水路が約10倍となっている。これは表2.2に示した社会的指標の相違によるものであろう。

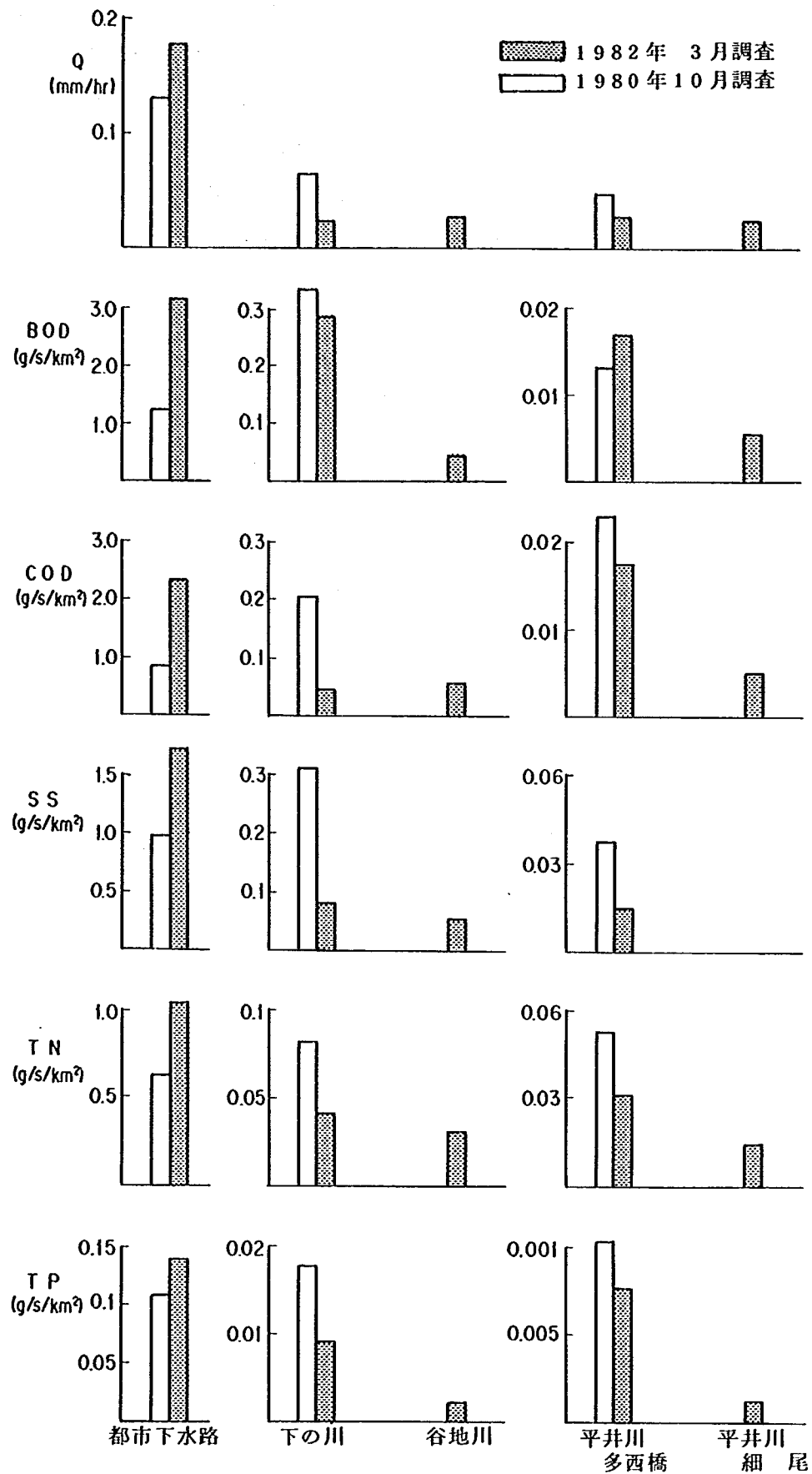


図 3.1 晴天時水質

流域が都市化している都市下水路、下の川では、 $BOD > COD$ となっているのに対して、流域に自然地の多い谷地川、平井川では $BOD < COD$ となっている。自然地においては土壌中の微生物活動等により河川に流出する前に BOD が分解されていることがわかる。また流域に山地の多い平井川では、他の汚濁物質に比べて $T-N$ の流出が大きい点が特徴といえる。5 流域中最も汚濁流出の多い都市下水路流域（市街地）を、最も汚濁流出の少ない平井川細尾流域（山地）と比較すると、比流量で 5 ～ 8 倍、比負荷量では 5 ～ 1,000 倍も大きいことがわかる。

4. 雨天時水質

表 4.1 に示す 5 出水を対象に、雨天時多地点同時観測を実施した。同時観測としたのは、調査対象の各流域において、先行無降雨日数、総降雨量、降雨強度などがほぼ等しく解析の際に土地利用ごとの比較検討が容易であると判断してのことである。観測期間は原則として降雨前から、降雨が終了して水位が晴天時水位（あるいは降雨前水位）に復するまでとし、採水時間間隔は降雨強度、河川の水位変動等を考慮して適宜決定した。なお降雨データは図 2.1 に△で示したテレメータ観測所のデータを建設省京浜工事事務所より提供を受け使用した。

表 4.1 調査を実施した出水

流域(地点) 出 水	多摩川				青柳羽村・福生都市下水路	下 の 川	平井川		秋川		谷地川黄金橋
	昭和橋	調布橋	羽村堰	拝島橋			多西橋	細尾	沢戸橋	東秋川橋	
1979. 9. 27 ~10. 5	○	○		○	○	○	○		○	○	
1980.10.13 ~10.14	○	○	○	○	○	○	○		○	○	
1982. 3. 12 ~ 3. 13					○	○	○	○			○
1982. 9. 24 ~ 9. 25					○	○	○	○			○
1983. 3. 12 ~ 3. 14					○	○	○	○			○

採水は晴天時、雨天時とも河川中央表面にて行い、採水時には流量も観測した。水質の分析項目および分析方法は表 4.2 に示す通りである。

表 4.2 水質の分析項目および分析方法

項 目	記 号	分 析 方 法
生物化学的酸素要求量	BOD ₅	JISK0102.16
化学的酸素要求量	COD	JISK0102.13
浮遊物	SS	JISK0102.10
全窒素	T-N	上水試験法.25
全リン	T-P	JISK0102.27

4.1 出水の概要

表 4.3 は水質観測を実施した 5 出水の総降雨量と流出率を示したものである。表中、出水分の流出率算定にあたっては、図 3.1 に示した晴天時流量を基底流量として差し引いた（10月と3

表 4.3 出水の概要

出水年月日	都市下水路		下 の 川		谷 地 川		平井川多西橋		平井川細尾	
	r	f	r	f	r	f	r	f	r	f
54. 9. 27	123	0.665	123	0.934	—	—	127.5	1.096	—	—
55.10.13	57	0.589	57	0.679	—	—	49.2	0.344	—	—
57. 3. 12	10	0.680	10	0.244	10	0.030	9.5	0.062	9	0.063
57. 9. 24	34	0.772	34	0.452	34	0.245	42.7	0.479	53	0.394
58. 3. 12	32	0.415	32	0.296	32	0.243	31.5	0.132	31	0.105

r : 総降雨量(mm)

f : 流出率

月のデータがある流域では、9、10月の出水に対しては10月のデータ、3月の出水に対しては3月のデータを基底流量と考えて差し引いた）。

各出水における降雨と流量の時間変化を図4.1（巻末）に示す。

54年9月と57年の9月の出水は、ともに直前に大規模な出水があったため各地点とも流出率が大きくなっている。55年10月出水は先行無降雨日数は17日と長い、総降雨量が大きいため流出率が大きくなったものと考えられる。57年3月出水は先行無降雨日数が10日以上と長いことと、総降雨量が約10mmと小さいことから、谷地川、平井川では流出率が極端に小さくなっている。58年3月出水は2日前と10日前に小降雨があったが、それを除くと先行無降雨日数は12日以上である。

都市下水路は流出率の変化が小さく、先行無降雨日数の影響をあまり受けないようである。

4.2 出水中の流量と負荷量の関係

図4.2(a)は、出水中の流量と負荷量の関係を検討するために、各採水時刻における流量と負荷量の関係を、各水質項目（BOD、COD、SS、T-N、T-P）、各出水、各流域ごとに両対数紙にプロットしたものである。どの図においても両者の関係は右上がりの傾向をもっており、若干のバラつきを許せば、通常用いられる流送能力の近似式

$$L = aQ^n \quad (4.1)$$

が多摩川上流域の諸支川にも適用できるようである。ここに、L：負荷量、Q：流量、a、n：定数である。

各流域、各出水ごとの流量と負荷量の関係を（4.1）式で近似した場合の定数a、nの値と相関係数を表4.4に示す。

表4.4(a) 出水中の流量と負荷量の関係

流 域	出 水	Q~BOD		
		a	n	相関係数
都市下水路	79. 9.27	10.242	0.866	0.819
	80.10.13	15.643	0.833	0.817
	82. 3.12	41.108	1.020	0.722
	82. 9.24	6.307	0.664	0.868
	83. 3.12	13.103	0.806	0.735
下 の 川	79. 9.27	3.134	0.786	0.734
	80.10.13	5.707	0.872	0.868
	82. 3.12	54.433	1.117	0.800
	82. 9.24	3.355	1.054	0.965
	83. 3.12	4.397	0.583	0.604
	82. 3.12	16.795	1.156	0.940
	82. 9.24	7.148	1.687	0.961
	83. 3.12	29.636	1.411	0.874
平井川多西橋	79. 9.27	1.433	1.321	0.642
	80.10.13	5.250	1.313	0.974
	82. 3.12	0.441	0.522	0.591
	82. 9.24	5.473	2.154	0.903
	83. 3.12	145.361	1.952	0.841
平井川細尾	82. 3.12	1.865	1.140	0.649
	82. 9.24	0.866	1.219	0.950
	83. 3.12	2.049	1.254	0.912

表 4.4 (b) 出水中の流量と負荷量の関係

流 域	出 水	Q~COD		
		a	n	相関係数
都市下水路	79. 9. 27	11.630	0.983	0.916
	80. 10. 13	18.108	0.952	0.893
	82. 3. 12	33.443	0.972	0.849
	82. 9. 24	12.515	0.856	0.974
	83. 3. 12	16.334	0.876	0.902
下 の 川	79. 9. 27	5.157	0.968	0.904
	80. 10. 13	8.421	0.979	0.950
	82. 3. 12	50.660	1.199	0.908
	82. 9. 24	7.852	1.165	0.995
	83. 3. 12	8.360	0.799	0.866
谷 地 川	82. 3. 12	22.101	1.154	0.929
	82. 9. 24	28.823	1.687	0.961
	83. 3. 12	72.775	1.557	0.962
平井川多西橋	79. 9. 27	5.364	1.367	0.836
	80. 10. 13	12.751	1.434	0.975
	82. 3. 12	1.198	0.704	0.787
	82. 9. 24	40.026	2.702	0.970
	83. 3. 12	39.158	1.525	0.969
平井川細尾	82. 3. 12	59.292	1.140	0.649
	82. 9. 24	3.562	1.472	0.961
	83. 3. 12	30.057	1.685	0.974

表 4.4 (c) 出水中の流量と負荷量の関係

流 域	出 水	Q~SS		
		a	n	相関係数
都市下水路	79. 9. 27	87.395	1.244	0.892
	80. 10. 13	178.011	1.656	0.968
	82. 3. 12	163.541	1.323	0.805
	82. 9. 24	107.247	1.612	0.979
	83. 3. 12	168.679	1.544	0.934
下 の 川	79. 9. 27	54.967	1.471	0.843
	80. 10. 13	34.502	1.274	0.934
	82. 3. 12	630.525	1.730	0.901
	82. 9. 24	51.640	1.503	0.982
	83. 3. 12	82.440	1.420	0.857
谷 地 川	82. 3. 12	156.670	1.304	0.687
	82. 9. 24	622.195	2.106	0.920
	83. 3. 12	8,965.695	2.538	0.941
平井川多西橋	79. 9. 27	180.357	2.491	0.924
	80. 10. 13	201.215	2.030	0.975
	82. 3. 12	3.177	0.855	0.418
	82. 9. 24	6,401.406	4.947	0.983
	83. 3. 12	6,405.344	2.498	0.964
平井川細尾	82. 3. 12	69.558	1.830	0.627
	82. 9. 24	26.354	2.236	0.886
	83. 3. 12	7,030.754	2.337	0.930

表 4.4 (d) 出水中の流量と負荷量の関係

流 域	出 水	Q~T~N		
		a	n	相関係数
都市下水路	79. 9. 27	3.650	0.495	0.875
	80. 10. 13	2.439	0.363	0.736
	82. 3. 12	4.978	0.461	0.590
	82. 9. 24	1.828	0.362	0.738
	83. 3. 12	1.903	0.678	0.569
下 の 川	79. 9. 27	3.664	0.962	0.802
	80. 10. 13	1.388	0.672	0.969
	82. 3. 12	5.832	1.089	0.879
	82. 9. 24	0.770	0.551	0.903
	83. 3. 12	0.475	0.363	0.427
谷 地 川	82. 3. 12	2.038	0.868	0.930
	82. 9. 24	2.257	0.943	0.967
	83. 3. 12	2.584	0.934	0.944
平井川多西橋	79. 9. 27	5.212	1.096	0.787
	80. 10. 13	2.050	0.840	0.991
	82. 3. 12	1.174	0.739	0.945
	82. 9. 24	1.515	0.501	0.950
	83. 3. 12	1.411	0.768	0.942
平井川細尾	82. 3. 12	0.317	0.675	0.786
	82. 9. 24	1.556	0.951	0.992
	83. 3. 12	1.102	0.991	0.994

表 4.4 (e) 出水中の流量と負荷量の関係

流 域	出 水	Q ~ T - P		
		a	n	相関係数
都市下水路	79. 9. 27	0.119	0.494	0.505
	80. 10. 13	0.892	0.668	0.827
	82. 3. 12	0.565	0.482	0.667
	82. 9. 24	0.560	0.498	0.846
	83. 3. 12	0.523	0.678	0.787
下 の 川	79. 9. 27	0.095	0.915	0.758
	80. 10. 13	0.170	0.743	0.769
	82. 3. 12	1.236	1.122	0.825
	82. 9. 24	0.202	1.188	0.959
	83. 3. 12	0.145	0.947	0.836
谷 地 川	82. 3. 12	0.650	1.114	0.934
	82. 9. 24	1.655	1.948	0.954
	83. 3. 12	4.850	1.800	0.937
平井川多西橋	79. 9. 27	0.087	1.326	0.778
	80. 10. 13	0.279	1.331	0.956
	82. 3. 12	0.014	0.515	0.620
	82. 9. 24	1.499	2.797	0.924
	83. 3. 12	6.508	2.033	0.969
平井川細尾	82. 3. 12	0.022	0.984	0.592
	82. 9. 24	0.059	1.271	0.956
	83. 3. 12	2.849	2.021	0.972

まず BOD について見ると、相関係数は各流域とも 0.6 ~ 0.95 となっており、出水ごとに流量との相関が高い場合と低い場合とがある。82 年 3 月の出水は谷地川流域を除いて、BOD と流量との相関が低く、79 年 9 月出水では平井川流域で、83 年 3 月出水では都市下水路、下の川流域で相関が低くなっている。また宅地流域（都市下水路、下の川）より自然地流域（谷地川、平井川）の方が相関がやや高くなっている。n はそれぞれの流域においては出水に関係なくほぼ一定値となっているが、その値は流域ごとに異なる。流域に宅地の多い都市下水路流域、下の川流域で 0.8 ~ 1.1 と小さく、自然地の多い谷地川流域、平井川流域で 1.1 ~ 2.1 と大きい。このことは宅地流域では降雨に無関係な点源負荷が大きく、降雨による流量増加が希釈効果として現れることが多い。これに対し、自然地流域では晴天時水質が清浄なため、降雨を介して流入する非点源負荷の影響が大きいと解釈できる。a の値は出水によって変動する。直前に大規模な出水のあった、79 年 9 月、82 年 9 月出水において小さな値を示していることから、先行降雨特性と関係づけられる変数と考えられる。ただし 4.1 式より、

$$a = Q^n / L \quad (4.2)$$

と表わされ、a は [長さ]ⁿ / [時間]ⁿ / [負荷量] という次元をもっている。そして出水ごとに少しずつではあるが n の値が異なることから、Q の単位 (m³/S, l/S, m³/S/km² 等) のとり方によって値が変化する。したがって a の値を出水特性や先行降雨特性と対比して検討するためには、Q の単位を統一（ここでは m³/S/km² としている）した上、流域平均の n を用いる等の方法により、a の次元を統一しておく必要がある。

COD は、相関係数、a、n とともに BOD とよく似た結果となっており、BOD と COD との相関も高い。ただし、いずれの出水においても流量との相関は COD の方が高い。

つぎに SS について見ると、相関係数は 82 年 3 月出水の自然地流域（谷地川、平井川）を除いて 0.8 以上と高い。n はすべての流域で 1 以上となっているが、宅地流域では 1.3 ~ 1.7 とや

や小さく、自然地流域では2.0を上回ることが多い。これはBODの項でも考察したように、晴天時水質の清浄な自然地流域の方が、降雨を介してもたらされる非点源負荷の影響を強く受けるためと考えられる。aはBOD、CODに対して1～2桁大きい値になっており、出水ごとの変動巾も大きい。

T-Nは自然地流域で流量との相関が高く、宅地流域（とくに都市下水路流域）で低い。BOD、CODと比較すると、出水ごとのnの変動もやや大きい。ただし宅地流域でnが小さく、自然地流域でnが大きい点はBOD、CODと類似の傾向である。T-Nのもうひとつの特徴は、aの変動が小さい点である。下の川流域ではaの最大値が最小値の10倍を上まわるが、他の4流域ではすべて5倍以内の範囲におさまっている。

T-Pも都市下水路流域を除くと流量との相関が高いといえる。nは都市下水路流域（0.48～0.68）、下の川流域（0.74～1.19）で低く、自然地では1を超えることが多くになっており、他の汚濁物質と同様の傾向である。

以上のことから、各流域の個々の出水については、流量と負荷量との間に4.1式のような関係が成立すること、式中のnの値は流域ごとには定数とみなせることなどがわかる。ただし、aの値は出水ごとに大きく変動するので、(4.1)式で出水中の負荷量、水質の変化を予測するためには降雨前の条件（先行無降雨日数等）とaとの関係を明確にしておくことが重要である。

図4.2(b)（巻末）は図4.2(a)のデータを時系列の順に結んだものである。これにより流量と負荷量との関係の出水中の変化がわかる。出水によっては複雑な変化を見せる場合もあるが、全体的には、一般にいわれている時計回りのループを描いている。このことは、流量と負荷量との関係を(4.1)式で表した場合、増水期と減水期でaの値が違うことを示しており、出水中の負荷量の変化について流送能力のみで説明しようとする(4.1)式のひとつの限界を示すものと考えられる。すなわち、図4.2(b)に見られるループは、流域あるいは河床における汚濁物質供給能力が出水中に変化（増水期には減少、減水期には増加）することと対応していると考えられる。したがって(4.1)式において定数aと河床からの汚濁物質の供給能力との関係式を追加して用いることにより、出水中の流量と負荷量の関係をより精度よく説明できるものと考えられる。このような検討を行った事例としては、谷端川等におけるシミュレーション

$$\left. \begin{aligned} L &= K \cdot S^2 (Q - Q_c) Q^n \\ \frac{ds}{dt} &= -L \end{aligned} \right\} (4.3)$$

があり⁽⁵⁾、良好な結果を得ているが、ここでは詳細な検討は行わない。ただし(4.3)式中、S：残存負荷量、 Q_c ：限界流量、K：定数である。

図4.3（巻末）は、流量および汚濁物質の流出特性を見るために流出量の変化を経時的に示したものである。縦軸は総流量または総負荷量で、また横軸は出水時間（調査開始から終了までの時間）でそれぞれ除して無次元化してある。

はじめに流域内に宅地の多い都市下水路、下の川について見てみる。降雨流出が始まるとすぐ

BOD, CODの増加が始まり, その増加速度は流量の増加速度より速いことが多い。この状態はいわゆるファーストラッシュに相当するものと考えられる。SSはほとんどの出水において流出開始が最も遅く, 逆に頭打ちになるのは最も早い。これは4.1式における n の値がSSについては1.3~1.7と他の汚濁物質よりも大きいことから理解できる。BOD, CODと流量の頭打ちとなる順は, 流域によっても出水によってもまちまちであるが, 流量が最後に頭打ちとなることが多い。これは出水末期にはBOD, COD濃度が低下していることを示している。

T-N, T-PもBOD, CODと同じく, 降雨流出が始まると流量より早く増加を始めるが, 頭打ちとなる順は, 都市下水路では流量~T-P~T-Nとなることが多く, 下の川ではT-P~T-N~流量となることが多い。すなわち, 下の川では出水末期の流水が比較的清浄であるのに対し, 都市下水道では降雨に無関係な汚濁負荷のために出水末期にも清浄な水質とはならない。

都市下水路のT-Nは, 流量の流出のしかたに関係なく, 時間に比例して増加する傾向を見せている。このことから降雨を介した非点源からの供給よりも流域内の点源から降雨に無関係に供給されている成分の方が大きいと考えられる。

つぎに自然流域の谷地川, 平井川について見ると, 宅地流域に比べて, 降雨に対する流量の反応が鈍いことが第一の特徴といえる。汚濁物質の流出特性を見ると, 流量が立ち上がり始める点(図では勾配の変化点)で, BOD, COD, SS, T-Pが急増しており, 降雨に対して時間的なずれはあるものの宅地流域と同様の流出特性を示していることがわかる。また, SSの流出開始が遅く, 最も早く頭打ちになる点も宅地流域と共通の特徴である。

T-Nの流出曲線は流量のそれと合わせて良く一致しており, 出水中の水質がほぼ一定であることがわかる。流域の地下水水質を調査していないので断言はできないが, 調査時のように降雨強度が小さい場合, 自然流域の降雨流出は地下水流出あるいは中間流出が主成分となることを考え合わせると, 流出してきたT-Nのほとんどは地下水中に存在していたものと推察される。

最後に都市下水路を除く4流域ではT-PとSSの流出曲線がいずれも相似になっていることから, T-Pの主成分は土粒子に付着した無機態のものと考えられる。これに対して都市下水路ではT-PとSSの流出曲線にややずれがあり, 生活雑排水等に含まれる溶存態の比率が他の流域より高いものと考えられる。

4.3 一出水における総流量と総負荷量の関係

前節では, 流量と負荷量の瞬間値どうしの対応関係, およびその関係の時系列的変化について考察した。本節では, 一出水における総流量と総負荷量との関係について考察することにする。

図4.4は調査を実施した5出水における総流量と総負荷量との関係を示したものである。ただし, 流量, 負荷量とも晴天時分の差引きは行っていない。また, 流域面積で除して, 比流量, 比負荷量の関係で表わしてある。

COD, T-Nの総負荷量は総流量との間に比較的明瞭な相関々係が見られる。他の3項目もや

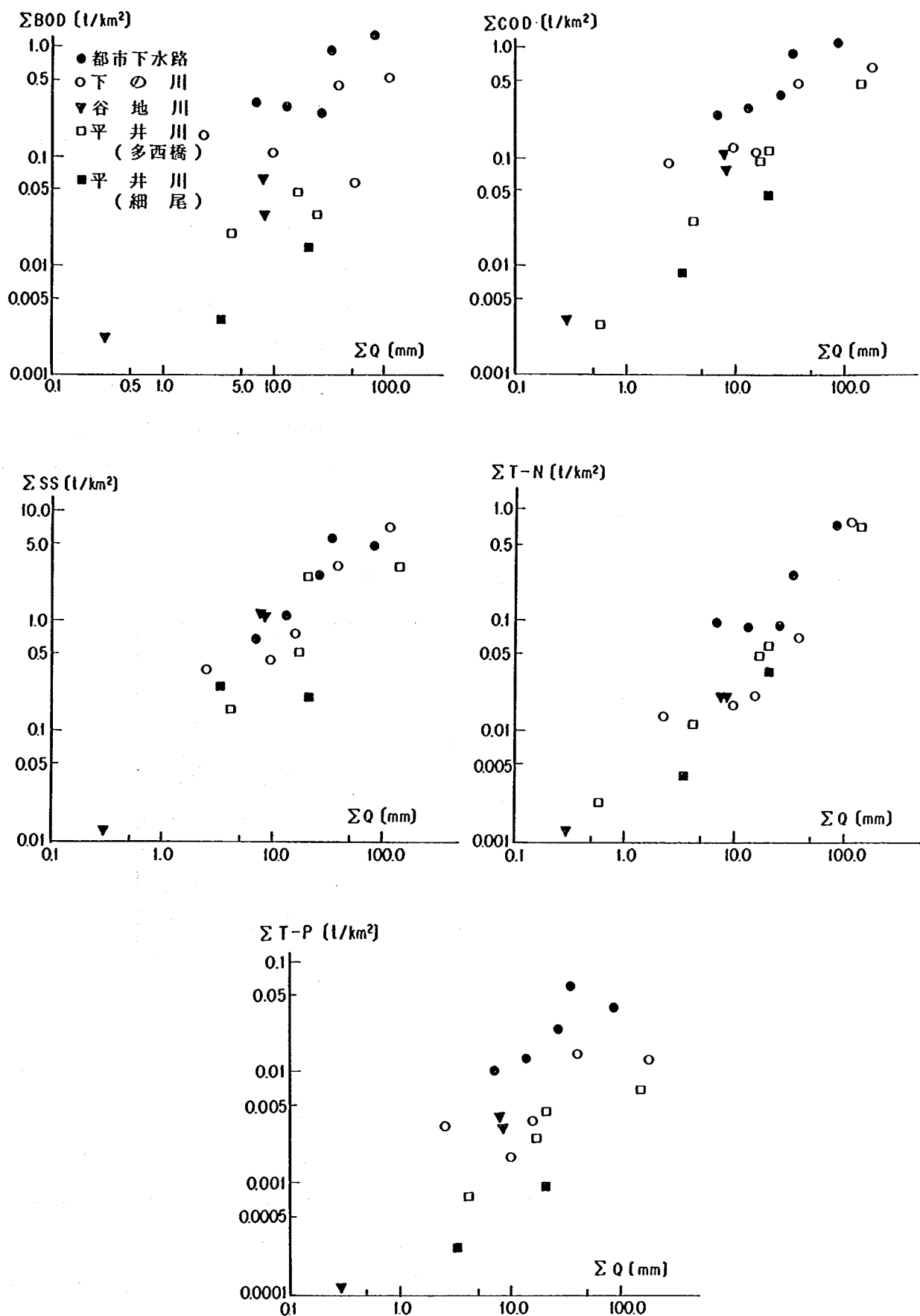


図 4.4 1 出水における総流出高と ΣQ 総負荷量の関係

やバラつきはあるが、全体的には右上がり傾向を示している。そこで各々の流域について総流量 ΣQ と総負荷量 ΣL との関係を、

$$\Sigma L = a_1 (\Sigma Q)^{n_1} \quad (4.4)$$

で近似することを試みる。式中 a_1 は出水の特性には関係なく、流域の特性によって決まる定数と仮定しておく。 n_1 は、流域特性に無関係な定数と仮定する方法と、流域ごとに異なると仮定する方法とがある（前節で、(4.1)式における n の値が流域によって異なるという結果を得ている）。なお、添字の 1 は (4.1) 式における a , n と区別するために付けたものである。

まず、 n_1 を流域に無関係な定数と仮定した場合について考察する。調査結果をもとに n_1 および各流域の a_1 の値を求めた結果が表 4.5 である。同表より、COD, SS, T-N の n_1 はほぼ 1 で、総流量と総負荷量は概ね比例関係にあるといえる。BOD, T-P は n が 0.7, 0.8 と小さく、出水により希釈されることがわかる。前節で流量と負荷量との関係を検討した際、(4.1)式の n の値はどの汚濁物質についても都市下水路流域で最も小さかったが、ここで求められた n_1 の値は、都市下水路の n の値とほぼ一致している。

表 4.5 汚濁物質の a_1 , n_1 (4.4 式)

		BOD	COD	SS	T-N	T-P
n_1		0.7	0.9	1.0	1.1	0.8
a_1	都市下水路	57.18	27.39	76.59	5.82	1.65
		(34.36)	(9.42)	(7.02)	(4.72)	(20.36)
	下の川	21.04	10.14	63.09	4.08	0.36
		(12.64)	(3.49)	(5.78)	(3.31)	(4.47)
	谷地川	10.70	14.50	140.9	2.17	0.66
		(6.43)	(4.99)	(12.91)	(1.76)	(8.15)
	平井川多西橋	5.76	5.55	24.24	3.16	0.15
		(3.46)	(1.91)	(2.22)	(2.56)	(1.85)
	平井川細尾橋	1.66	2.91	10.91	1.23	0.08
		(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)

- (注) 1) 下段 () 書きは平井川細尾流域を 1.0 としたときの比
2) 総流量, 総負荷量を用いて計算したもの

各流域における a_1 の値を比較して見ると、宅地の減少あるいは山林の増加にともなって減少していることがわかる。この傾向は BOD で最も顕著であり、T-N で最も弱い。 a_1 が最小となる細尾流域を 1 として比較したもの（表 4.5 中、下段 () 書きの値）を見ると、都市下水路、下の川流域の BOD、および都市下水路流域の T-P、谷地川の SS を除いて 1.0 以下となっている。BOD については、晴天時水質のところでも述べたように、山林からの流出が少ないためである。T-P は前節で述べたように、平井川、谷地川、下の川流域では粒子態の P が主成分となっているのに対し、都市下水路流域では、生活雑排水等により溶存態の P が付加されているためと考えられる。宅地面積率がほぼ等しい都市下水路流域と下の川流域とで T-P の値が 4.6 倍も違っている。

のも同じ理由によるものであろう。

この他、田畑が37%を占める谷地川流域では、T-Nの a_1 値が小さく、SS、COD、T-Pの a_1 が大きい点の特徴である。

つぎに、(4.4)式中の n_1 の値が流域ごとに異なると仮定して計算した結果を図4.5に示す。各流域とも5出水または3出水とデータが少なく数値の精度には問題があるかも知れないが、T-Nを除いて、 n_1 は右上がり(自然流域になるにつれて大きい)となっており、(4.1)式中の n と同傾向にあることがわかる。T-Nの n_1 は流域に無関係にほぼ1となっており、T-N総負荷量はどの流域においても総流量に比例することがわかる。 a_1 はやはり流域内の宅地の減少、山林の増加につれて減少する傾向にあり、その値は表4.5とオーダー的には一致している。

最後に晴天時分の流量と負荷量を差し引いた場合について検討しておく。計算に用いた晴天時データは図3.1に示したものであり、データが2個(10月と3月)ある流域については、9, 10月の出水では10月の晴天時のデータを、3月の出水には3月の晴天時データを差し引くことにした。表4.6に各流域ごとの a_1 および各流域共通の n_1 の値を示す。表4.5と比較すると、COD、SS、T-Pで n_1 の値が少し小さくなっている。 a_1 の値を比較してみると、都市下水路流域ではSSを除いて減少、下の川、谷地川流域では同程度か少し増加、平井川流域では増加となっている。これは晴天時水質の悪い都市下水路流域では降雨による希釈効果が卓越し、逆に晴天時水質が清浄な平井川流域では、降雨を介してもたらされる非点源からの負荷量の影響が大きいことを表わしている。

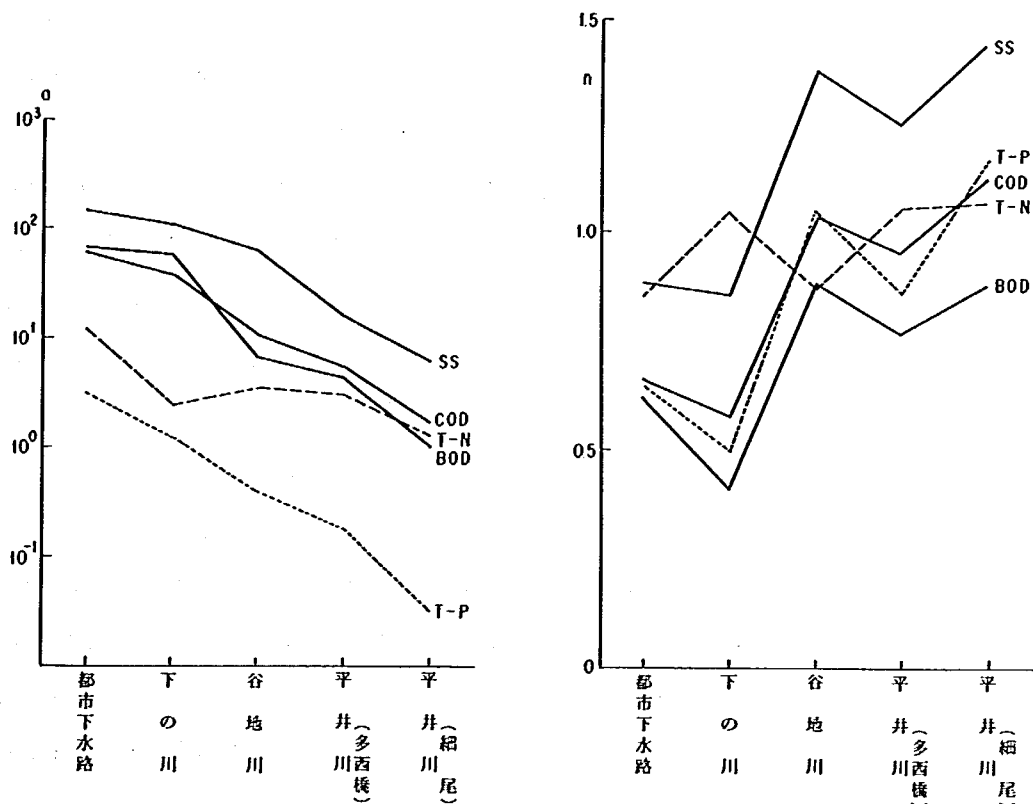


図4.5 各流域の a_1 , n_1 の値

表 4.6 汚濁物質の a_1 , n_1 (4.4 式)

		BOD	COD	SS	T-N	T-P
	n_1	0.7	0.8	0.9	1.1	0.7
a_1	都市下水路	38.79	27.92	140.9	3.76	1.09
		(23.61)	(7.03)	(9.38)	(2.28)	(9.93)
	下の川	16.94	14.76	104.2	4.25	0.40
		(10.04)	(3.72)	(6.94)	(2.58)	(3.59)
	谷地川	10.19	18.26	191.7	2.08	0.82
		(6.20)	(4.60)	(12.76)	(1.26)	(7.49)
	平井川多西橋	5.72	9.20	42.23	5.21	0.24
		(3.48)	(2.32)	(2.81)	(3.16)	(2.16)
	平井川細尾橋	1.64	3.97	15.02	1.65	0.11
		(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)

1) 下段 () 書きは平井川細尾流域を 1.0 としたときの比

2) 晴天時の流量、負荷量を差し引いて計算したもの

4.4 出水中の平均水質

本節では、少し視点を変えて、次のように定義する出水中の平均水質の挙動について検討してみる。ここに、出水中のある時刻における平均水質とは、「降雨（出水）開始からある時刻までの総流出負荷量を同時間内の総流出流量で除したもの」と定義する。

図 4.6（巻末）は、縦軸に出水中の平均水質をとり、横軸には時間をとってプロットしたものである。まず宅地流域（都市下水路、下の川）について見てみると、各汚濁物質とも出水の初期あるいは前半に水質のピークを記録し、出水末期の水質は横ばいかわずかに右下がり（水質が良くなっていく）となっている。ただし SS はピークが少し遅れることが多い。自然流域（谷地川、平井川）では、降雨流出の時間的遅れのために、宅地流域よりも水質のピークが右にずれるが、その後横ばいまたはわずかに右下がりとなる傾向は宅地流域と同じである。自然流域の特徴としては、T-N を除く 4 項目で水質ピークが同時に現れること、および T-N は流量に無関係にほぼ一定値を示すことが挙げられる。このことから、T-N は地下水あるいは降雨により供給される溶存性のもの、他の汚濁物質は SS（土粒子）とともに供給される粒子性のものが主成分と推察される。

図 4.6 により、各出水における平均水質は、それぞれある値に収束する傾向にあることが確かめられたので、つぎに出水ごとの平均水質の分布を検討することにする。

図 4.7 は各出水の平均水質と平均流出高（総流出高÷洪水継続時間）との関係を示したものである。都市下水路流域の全項目、および各流域の SS の平均水質は出水ごとの変動が大きく、平均流量とも無関係のようである。しかし、谷地川、平井川流域では SS を除く 4 項目では平均水質の変動は小さく、一定値とみなすことができそうである。下の川流域も、 $\bar{Q} = 0.17 \text{ m}^3/\text{hr}$ のデータを除くと、平均水質の変動は小さい。

各出水における平均水質を単純平均して、それぞれの流域における雨天時平均水質を求めたの

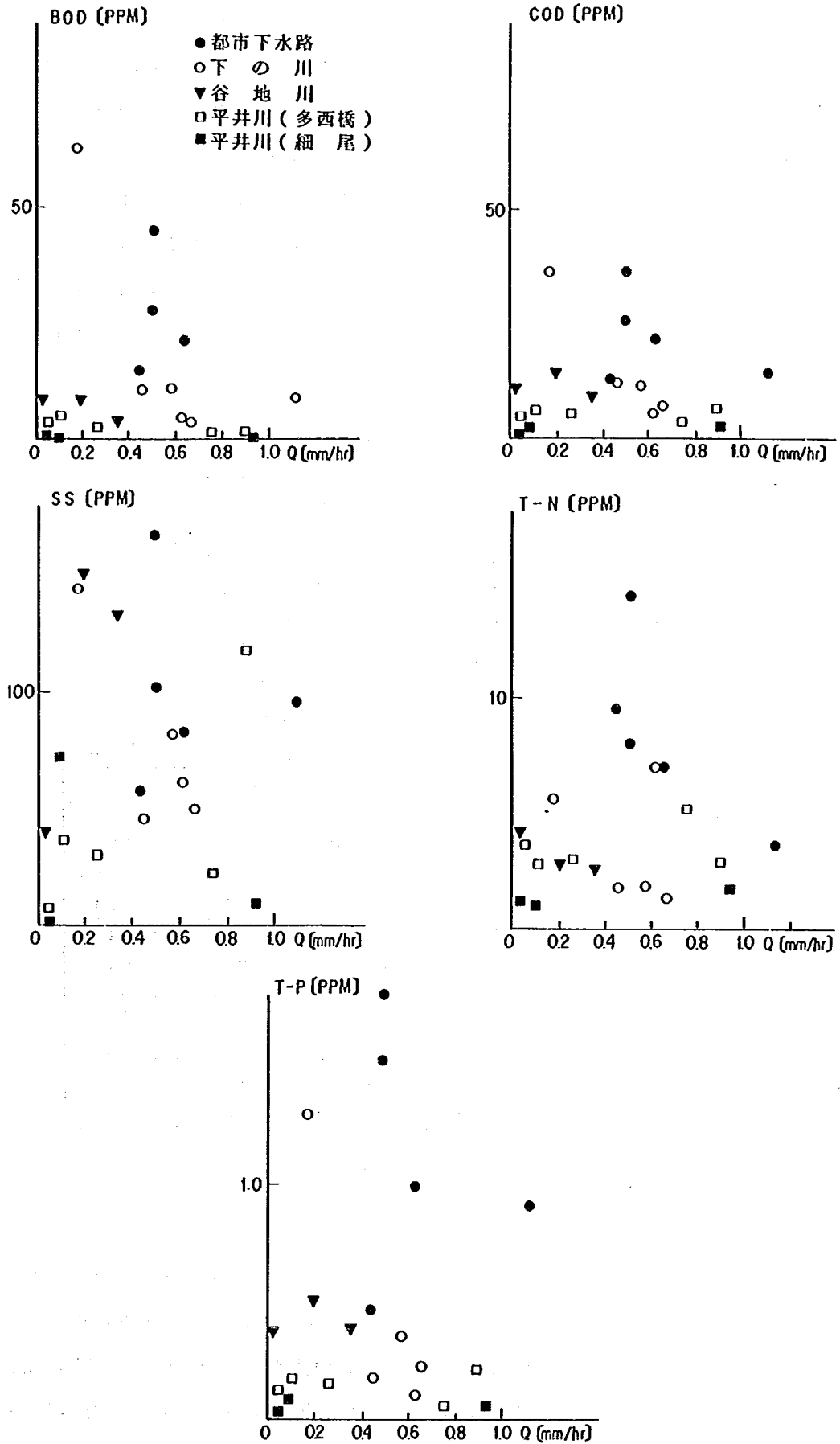


図 4.7 (a) 各出水の平均水質

が表 4.7 である。また前節の考察と手法を統一するために、4.4 式において $n_1 = 1$ とおいて最小自乗法により a_1 を求めたものが表 4.8 である。表 4.7 が単純平均であるのに対し、表 4.8 は総流量を重みとした加重平均値となっている。表 4.8 には比較検討の意味を含めて、バラつきの大きい都市下水路流域の各水質項目および各流域の SS の計算値も示してある。また表 4.9 は前節と同じ方法で晴天時分を差し引いて計算した結果である。単純平均の表 4.7 と総流量による加重平均の表 4.8 とは大差ない結果となっている。前節で計算した表 4.5 では n_1 が 1 でないので、 a_1 の値も（次元も）表 4.8 とは違ったものにはなっているが、各流域における a_1 の値の相対的な関係は両方の表で大差ないことがわかる。それぞれ晴天時分を差し引いた表 4.6 と表 4.9 についても同じことがいえる。

表 4.7 平均水質（単純平均）

(PPM)				
流 域	BOD	COD	T-N	T-P
下 の 川	7.74	9.50	—	0.22
谷 池 川	6.49	11.44	3.16	0.42
平井川多西橋	2.85	5.11	3.54	0.14
平井川細尾	0.89	2.03	1.40	0.05

表 4.8 汚濁物質の a_1 , n_1 (4.4 式)

(PPM)						
		B O D	C O D	S S	T - N	T - P
n ₁		—	—	—	—	—
a ₁	都市下水路	16.74	15.61	76.59	8.80	0.70
		(24.37)	(7.24)	(7.02)	(5.29)	(15.80)
	下 の 川	5.23	6.34	63.09	6.40	0.14
		(7.61)	(2.94)	(5.78)	(3.85)	(3.18)
	谷 地 川	5.72	11.76	140.9	2.68	0.44
		(8.32)	(5.45)	(12.91)	(1.66)	(9.89)
	平井川多西橋	1.36	3.40	24.24	5.14	0.055
		(1.98)	(1.58)	(2.22)	(3.09)	(1.25)
	平井川細尾橋	0.69	2.16	10.91	1.66	0.044
		(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)

- 註 1) 下段 () 書きは平井川細尾流域を 1.0 としたときの比
 2) 総流量・総負荷量を用いて計算したもの
 3) $n_1 = 1$ としている。

最後に、表 4.9 を晴天時水質、(表 3.1) と比較してみる。宅地流域（都市下水路、下の川）では SS を除いて雨天時の水質（表 4.9 の a_1 の値）の方が良く、降雨による希釈効果が明瞭である。谷地川流域では、COD, SS, T-P は雨天時水質の方が悪く BOD, T-N は希釈されている。平井川流域では BOD を除いて汚濁性（降雨流出により水質が悪化する）を示しているが、T-N は晴・雨天時の差が少ない。

表 4.9 汚濁物質の a_1 , n_1 (4.4 式)

(PPM)

		BOD	COD	SS	T-N	T-P
	n_1	—	—	—	—	—
a_1	都市下水路	12.39	12.86	95.00	5.55	0.30
		(18.27)	(5.87)	(8.74)	(3.36)	(6.73)
	下の川	4.26	5.91	66.56	6.61	0.093
		(6.28)	(2.69)	(6.12)	(4.01)	(2.07)
	谷地川	5.59	12.27	157.3	2.53	0.455
		(8.24)	(5.60)	(14.47)	(1.54)	(10.11)
	平井川多西橋	1.37	3.51	25.69	5.21	0.054
		(2.01)	(1.60)	(2.36)	(3.16)	(1.20)
	平井川細尾橋	0.68	2.19	10.87	1.65	0.045
		(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.0)

- (注) 1) 下段()書きは平井川細尾流域を1.0としたときの比
 2) 晴天時の流量、負荷量を差し引いて計算したものである
 3) $n_1 = 1$ としている

4.5 雨天時汚濁負荷原単位

4.3において総流量 ΣL と総負荷量 ΣQ の関係を

$$\Sigma L = a_1 (\Sigma Q)^{n_1} \quad (4.4)$$

と仮定し、 n_1 および各流域における a_1 の値を求めた(表4.5, 4.6)。4.4では、式中 $n_1 = 1$ とした場合の a_1 の値を求めた(表4.8, 4.9)。これらの a_1 はいずれも、各流域における一種の雨天時汚濁負荷原単位と考えることができる。

本節では、これまでの検討結果をもとに、宅地、田畑、山林といった土地利用ごとの雨天時汚濁負荷原単位について検討することとする。

$$\Sigma L = a_1 (\Sigma Q)^{n_1}$$

前節までに得られている4種の原単位(表4.5, 4.6, 4.8, 4.9)の関係は右表の通りである。ここでは表4.8を基礎資料として用いることとする。これは、

	n_1 を流域固有の定数と考える	$n_1 = 1$
総流量 ΣQ と総負荷量 ΣL とを使用	表 4.5	表 4.8
ΣQ , ΣL から晴天時分を差し引く	表 4.6	表 4.9

① $n_1 \neq 1$ の場合、 a_1 が [負荷量] / [流量] ^{n_1}

という次元をもつことになるため、流量の単位のととり方によって値が変化し、 n_1 の値が異なる汚濁物質同志(たとえばBODとCOD)や流域間での比較検討が行えない。

② 本調査においては、晴天時水質の調査データ数が少なく、晴天時分の差し引き計算を行う際にその精度に問題が残る。また出水時の総流量から総負荷量を予測するというマクロなモデルにおいては、実用上の面からみても必ずしも晴天時流出分を分離する必要はない。

という理由による。

土地利用ごとの原単位の算出手順を以下に説明する。まず、ある流域における雨天時汚濁負荷原単位は、山林、宅地等における原単位をそれぞれの面積率に応じてたし合わせたもの、すなわ

ち、

$$a_i = \sum_j u_j b_{ij} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (4.5)$$

$$\sum_i u_i = 1 \quad (4.6)$$

と仮定する。ただし、 b_{ij} は土地利用 j (例えば山林) の原単位、 u_i は流域における土地利用 i の面積率である。土地利用の区分は $I = 4$ (宅地、田畑、山林、河川の4区分) の場合と、 $I = 3$ (宅地、田畑、山林の3区分) の場合について検討することにする。

調査を行った5流域について、それぞれ(4.5式)が成立すると仮定すると、 a_i, u_i (表4.8および表2.1)はすべて既知であるから、最小自乗法により b_{ij} を求めることができる。

まず $I = 3$ の場合(土地利用を山林、田畑、宅地に区分する)について検討する。表4.10に山林、田畑、宅地の原単位の試算結果を示す。山林のBOD, SS, T-Pは計算上負になってしまった。

表 4.10 雨天時汚濁負荷原単位(山林、田畑、宅地)

	BOD	COD	SS	T-N	T-P
山 林	-0.322	0.604	-10.15	2.70	-0.034
田 畑	12.8	27.5	366.4	2.84	1.08
宅 地	11.1	10.4	59.1	8.06	0.392

出水時、山林がBOD, SS, T-Pの蓄積の場となるとは考え難いので、これはデータ不足等に起因する誤差であり、今後、調査データの追加により改善されると考えられる。山林の多い平井川流域ではBOD, T-Pの流出が少ないことから、山林におけるBOD, T-Pの雨天時原単位は0に近いと見るのが妥当であろう。SSについては、降雨強度が大きい場合には山林からの流出も大きくなると考えられるが、調査対象とした出水においては、降雨強度が小さかったため、計算上、負となってしまったものである。田畑の原単位を見ると、T-Nは山林と同程度、BOD, COD, T-Pは宅地よりも大きく、とくにSSは極端に大きくなっている。これは流域に田畑の多い谷地川での調査結果の影響を強く受けたためである。

表4.10の原単位を用いて出水時の総負荷量の再現性を検討したものが図4.8である。(ただし、BOD, SS, T-Pについては山林の原単位を0としている。)。すべての汚濁物質について実測値と計算値はオーダー的には一致しており、かなりマクロ的な手法を用いていることを考え合わせると再現性は良好といえるが、宅地流域のうち都市下水路ではT-N以外の総負荷量を過小に見積っている。これは都市下水路流域は下の川流域と土地利用が類似であるにもかかわらず、雨天時水質は下の川流域よりかなり悪いことによるものであり、雨天時の汚濁負荷量を土地利用のみから説明しようとする本手法の限界を示すものともいえる。両流域の違いを説明するために

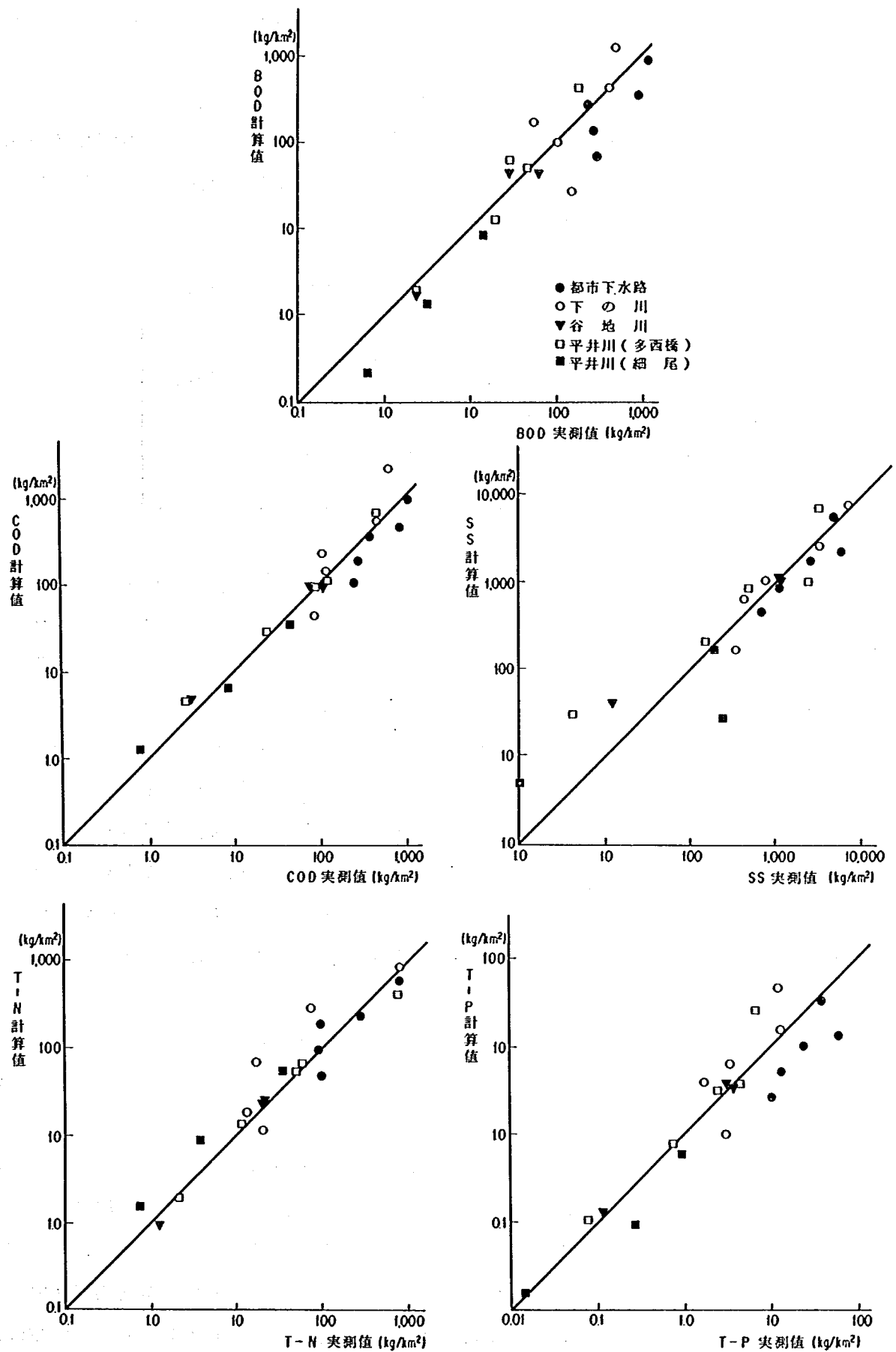


図 4.8 実測負荷量と計算値

は表 2.2 に示したような社会的指標を追加する等の方法があると考えられるが、データ数が少ないため、現在のところその検討は行っていない。

つぎに $I = 4$ の（河川面積を考慮に入れる）場合について検討する。表 4.1 1 に原単位の試算結果を示す。山林、田畑の原単位は表 4.1 0 とほぼ等しいのに対して、宅地の BOD、COD、T-P 原単位が約 2 倍になっている。また河川の原単位はすべての汚濁物質について負となっており、その絶対値も大きい。河川の原単位が負ということは、出水時に河川が汚濁物質の蓄積の場

表 4.1 1 雨天時汚濁負荷原単位（山林・田畑・河川・宅地）

	BOD	COD	SS	T-N	T-P
山 林	-0.17	0.728	-10.13	2.70	-0.026
田 畑	12.2	27.1	367.1	2.68	1.05
河 川	-101.6	-79.6	-83.8	-16.2	-4.95
宅 地	20.5	18.0	71.7	10.1	0.842

となっていることを示している。一般に河川は、出水初期には河床堆積物の浮遊が生じるのでひとつの汚濁源となり、出水末期には掃流力低下のため汚濁物質の堆積が生じると考えられる。したがって出水特性によって、河川は汚濁物質の供給の場とも蓄積の場ともなると考えられる。今回調査を行った 5 出水では、たまたま河川が汚濁物質の蓄積の場となっていたということかも知れないが、絶対値がかなり大きいこともあり、数値の精度には疑問が残っている。というのも今回調査した 5 流域のうちでは下の川流域だけがとび抜けて大きい河川面積率をもっているので、河川に大きな負の原単位をあてはめることによって都市下水路との流出負荷量の差を計算上うまく説明することができることになり、最小自乗法という統計的な手法を用いたために、たまたま計算上表 4.1 1 のような値ができたという可能性が残っているからである。この問題について、数少ないデータからこれ以上詳細な検討を行うのは困難なので、ここでは表 4.1 1 を土地利用ごとの原単位と考えておく。

図 4.9 は表 4.1 1 の原単位を用いて計算した総負荷量を実測値と比較したものである。再現精度は図 4.8 と同程度であるが、図 4.8 における都市下水路流域の過小評価の点は少し改善されている。

最後に、表 4.1 0、4.1 1 はどちらも多摩川上流域での雨天時水質データを用いて試算されている点に注意する必要がある。すなわち、表 4.8 に示すように、山地流域の平井川では、雨天時でも BOD で 0.69 ~ 1.36 PPM、COD で 2.16 ~ 3.40 PPM ときわめて清浄であり、宅地流域の都市下水路でも BOD 平均水質は 16.74 PPM となっている。これに対して都市河川研究室で実施した石神井川上流域での雨天時水質調査では、BOD 平均水質で 97.6 PPM という高い数値が観測されている。⁽⁴⁾ 石神井川での雨天時調査は一回しか行っていないので、ただちには断定できない

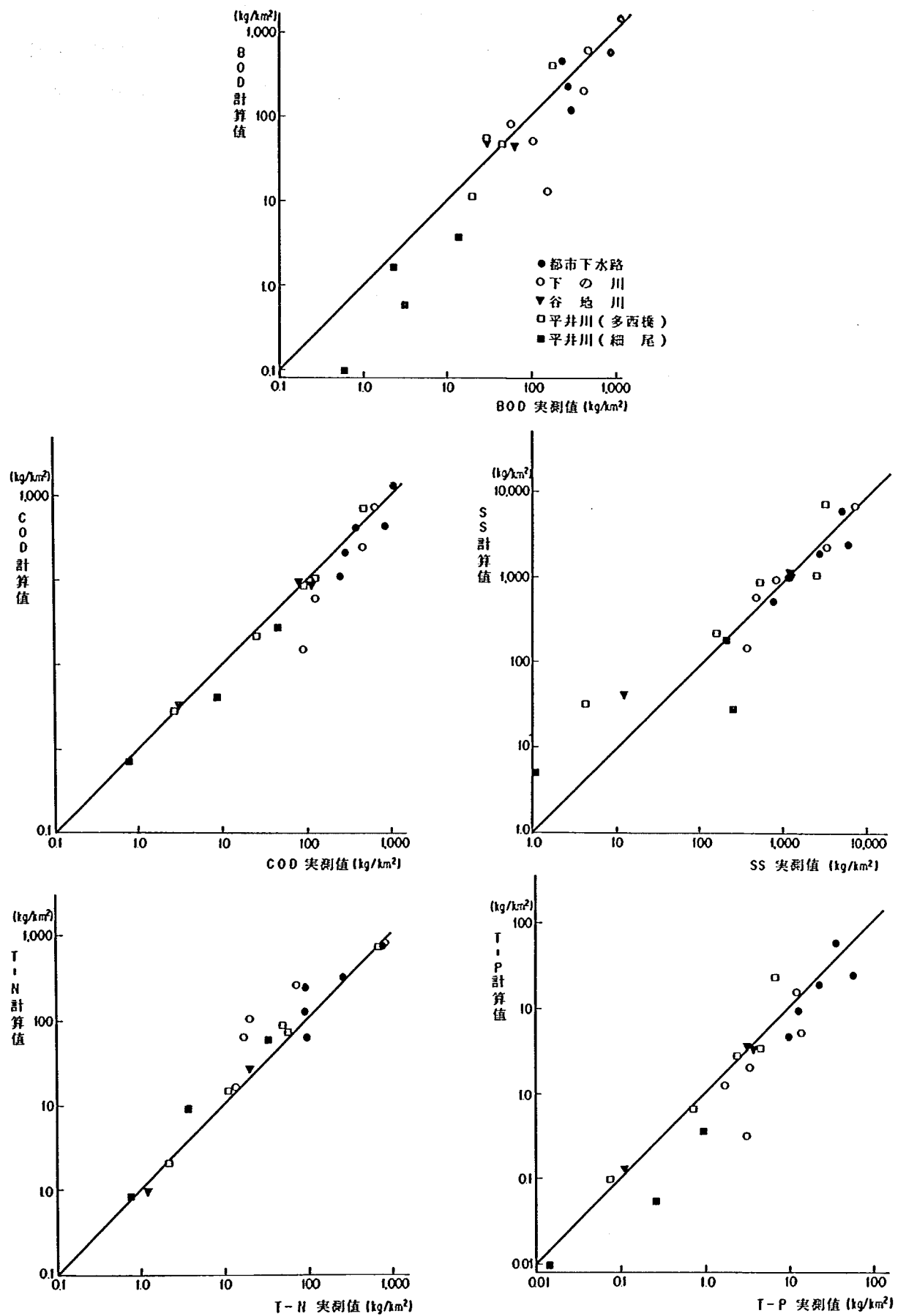


図 4.9 実測負荷量と計算値

が、雨天時平均水質が多摩川上流域に比べて、かなり悪い流域が存在すると考えてよいだろう。
したがって本報告で用いた手法、あるいは表 4.1 0, 4.1 1 に示した雨天時汚濁負荷原単位の適用性向上のためには今後より多くの流域についてデータを収集・追加していく必要がある。

5. 結 論

本調査は、土地利用ごとの雨天時汚濁流出原単位の把握を目的として、多摩川上流域において雨天時多地点同時観測を実施したものである。調査の結果、雨天時の総流出流量 ΣQ と総流出負荷量 ΣL との関係は、各流域ごとに $\Sigma L = a_1 (\Sigma Q)^{n_1}$ で近似できること、および n_1 の値は0.7~1.1程度となることがわかった。さらに、青梅・羽村・福生都市下水路を除けば、ひと雨中の平均水質がほぼ一定値になるという事実も得られた。

以上の成果にもとづき、土地利用ごとの雨天時汚濁流出原単位を試算することができた。

しかし、

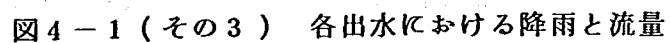
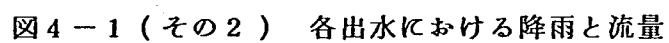
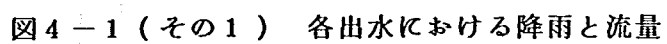
- 1) とともに宅地流域である都市下水路と下の川とでは晴・雨天時とも、流量・負荷量の差が大きく、両流域の差は土地利用特性だけからでは説明できない。
- 2) 5流域中、もっとも汚濁流出の大きい都市下水路では ΣQ と ΣL の相関が低く、ひと雨中の平均水質にもバラつきが大きいなど、こうしたマクロな手法による雨天時汚濁流出量の把握は困難である。
- 3) 他の調査流域(石神井川)において、本調査で得られた原単位では説明できない多量の汚濁流出が観測されており、ここで得られた原単位の値にも改良の余地がある。

などが今後の課題として残された。これらは、同種調査データの集積により解決されていく課題と考えている。

最後に、本調査は、小流域・小河川を対象としたものであり、流域で発生した汚濁負荷が、河川に出てきた直後をとらえたものといえる。こうした汚濁物質が、下流河川を経て海域へと流下していく過程(河床への堆積、河床からの巻き上がり、合流、混合等)については今後の調査に待ちたい。

参 考 文 献

- (1) 非点源負荷の定量と流出管理(Ⅰ), 和田安彦, 1980年, 環境技術Vol 9, No 1 1
- (2) 霞ヶ浦負荷量解析, 建設省霞ヶ浦工事事務所, 昭和52年
- (3) 小河川の降雨時流出負荷量の算定と評価, 海老瀬潜一, 1980年環境技術Vol 9, No 4
- (4) 雨天時合流式下水道越流水の河川への影響に関する調査, 都市河川研究室, 1980年, 土研資料 1687号
- (5) 谷端川, 尾久, 桃園川各排水区水質及び関連水文資料集, 日本下水道協会, 昭和54年3月
- (6) 雨天時における合流式及び分流式下水道の改善に関する調査, 東京都委託報告書, 日本下水道協会, 昭和54年3月



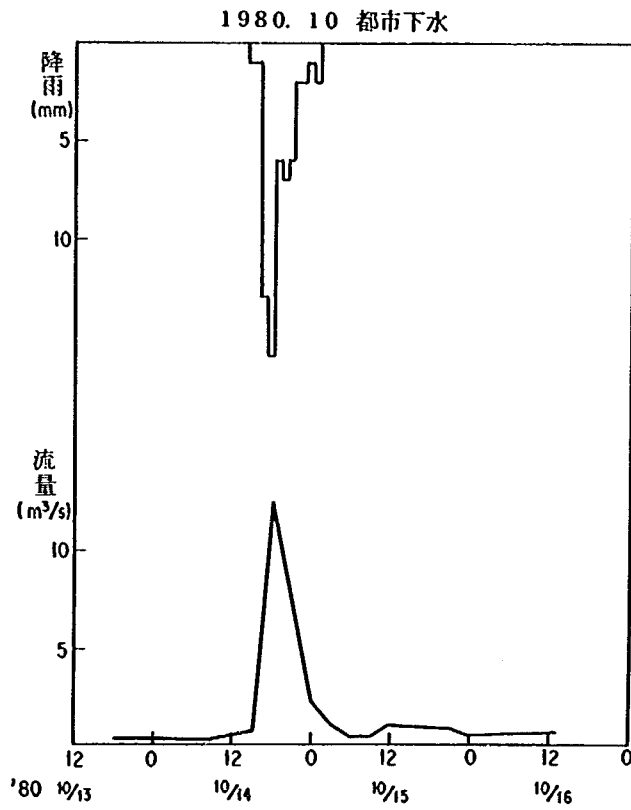


図 4 - 1 (その 4) 各出水における降雨と流量

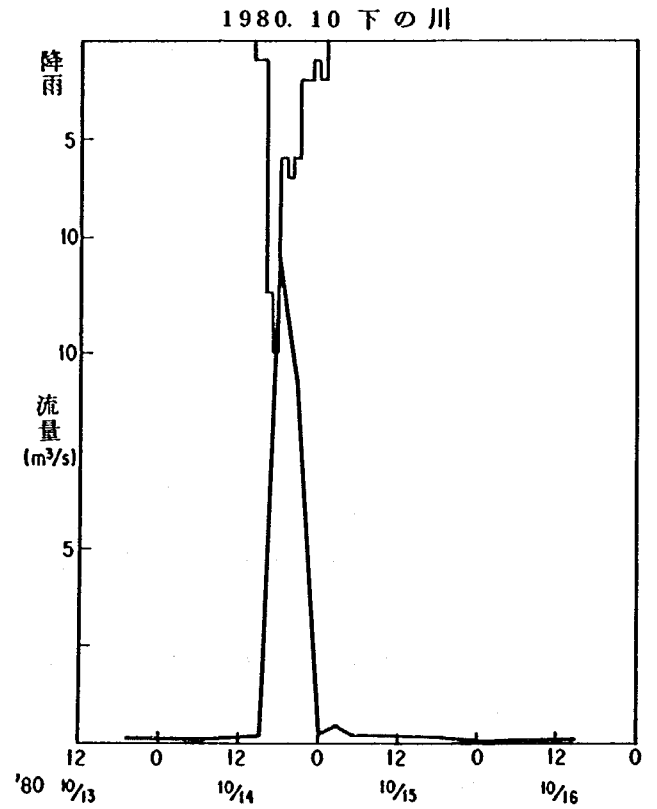


図 4 - 1 (その 5) 各出水における降雨と流量

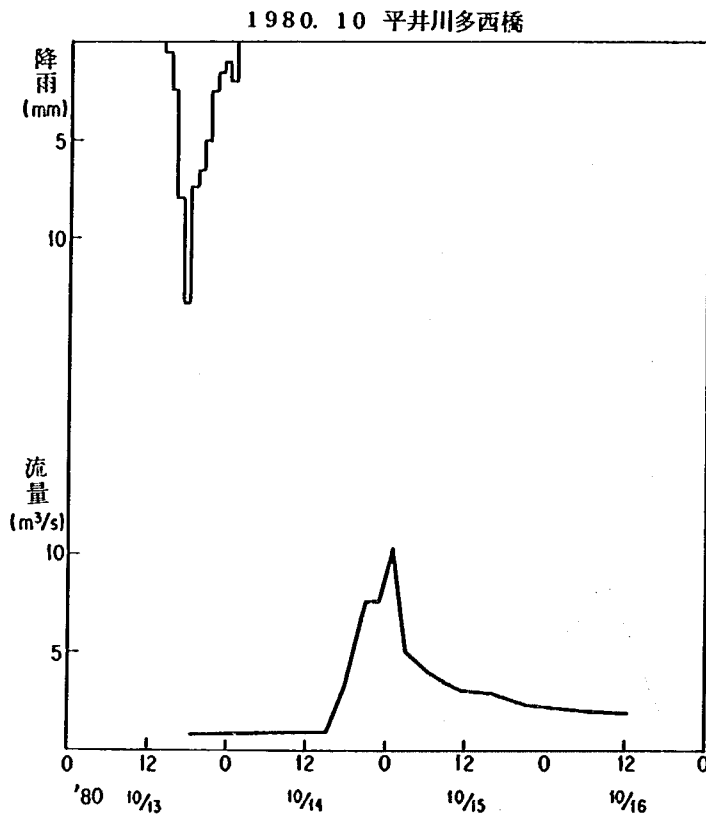


図 4 - 1 (その 6) 各出水における降雨と流量

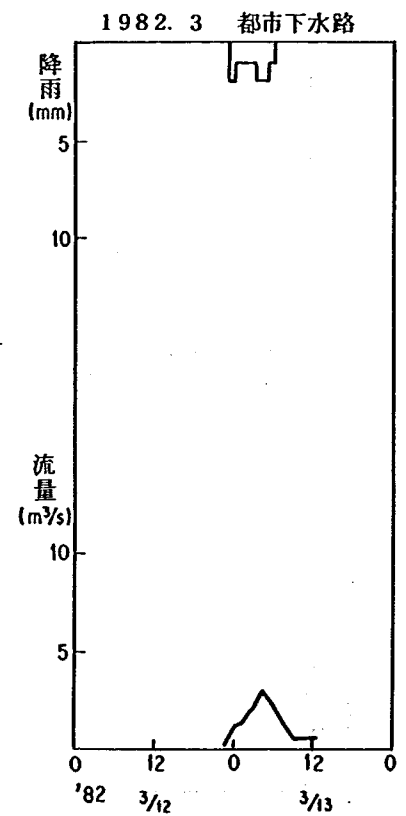


図 4 - 1 (その 7)
各出水における降雨と流量

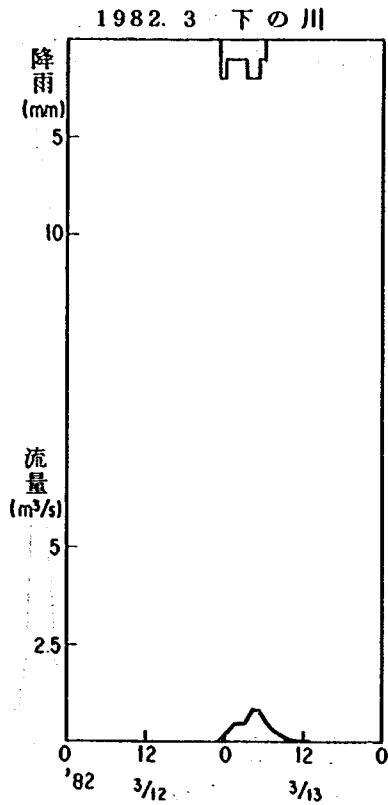


図 4 - 1 (その 8) 各出水における
降雨と流量

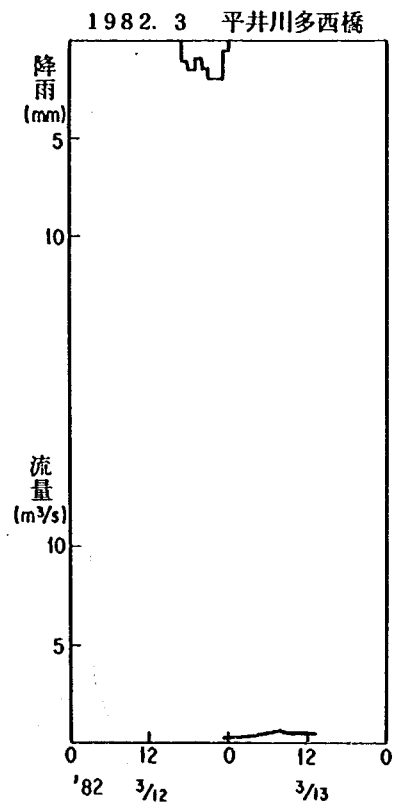


図 4 - 1 (その 9) 各出水における
降雨と流量

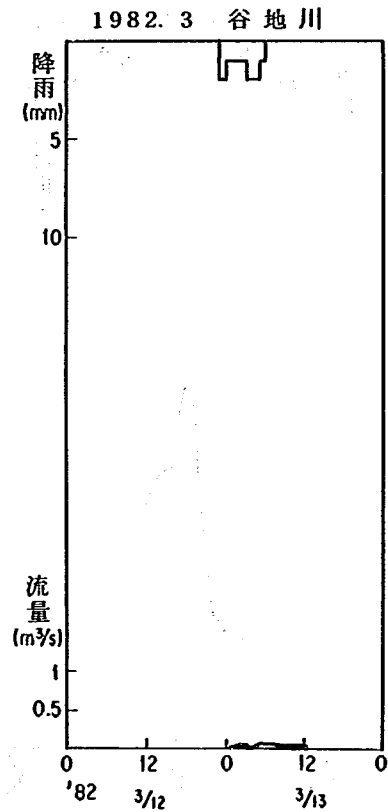


図 4 - 1 (その 10) 各出水における
降雨と流量

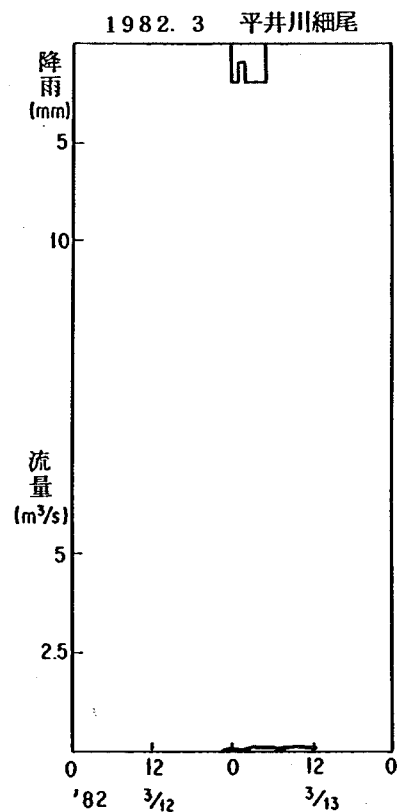


図 4 - 1 (その 11) 各出水における
降雨と流量

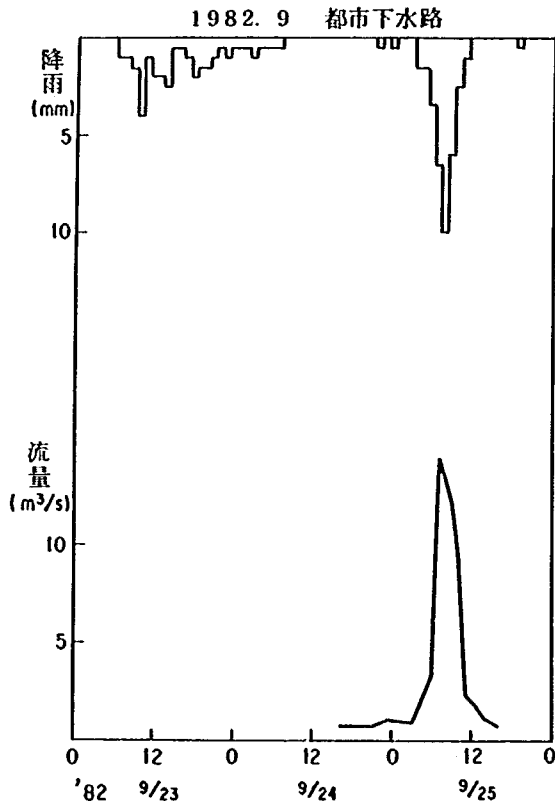


図 4 - 1 (その 12) 各出水における降雨と流量

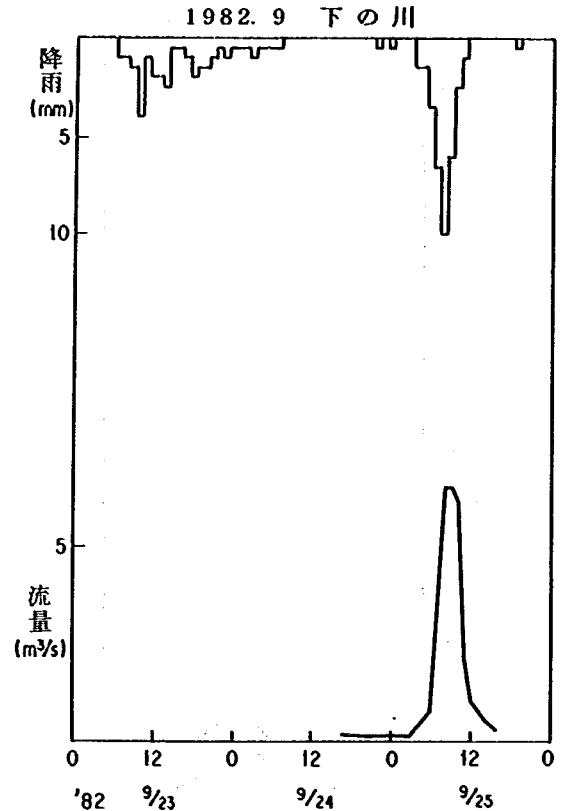


図 4 - 1 (その 13) 各出水における降雨と流量

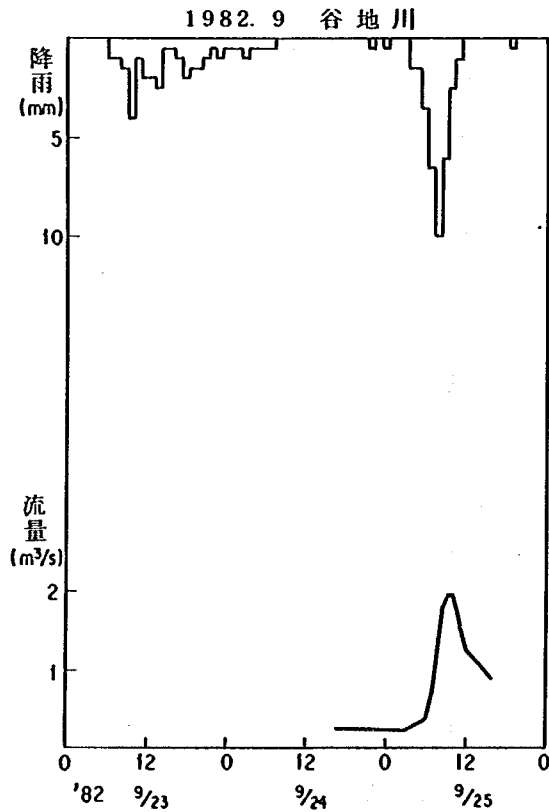


図 4 - 1 (その 14) 各出水における降雨と流量

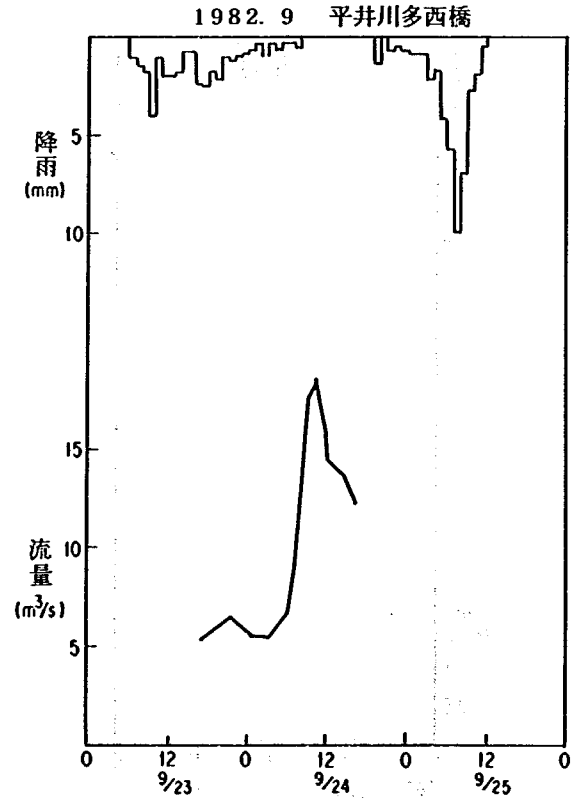


図 4 - 1 (その 15) 各出水における降雨と流量

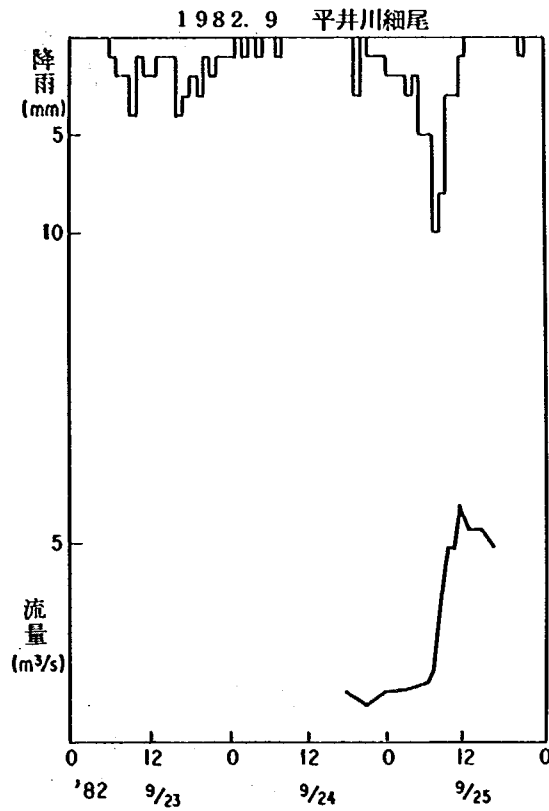


図 4 - 1 (その 16) 各出水における降雨と流量

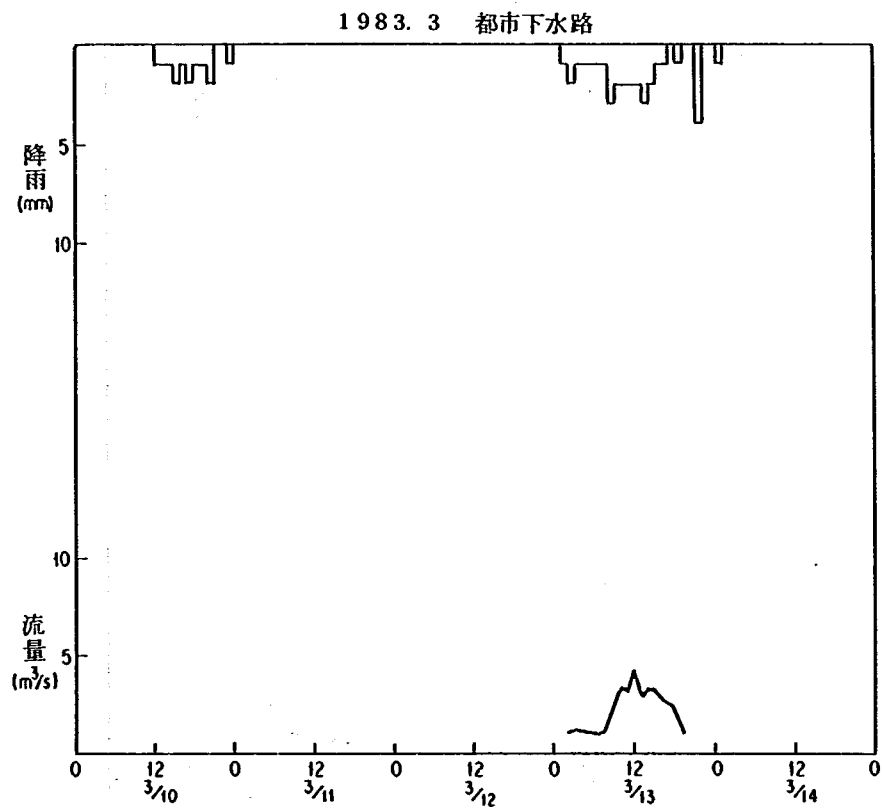


図 4 - 1 (その 17) 各出水における降雨と流量

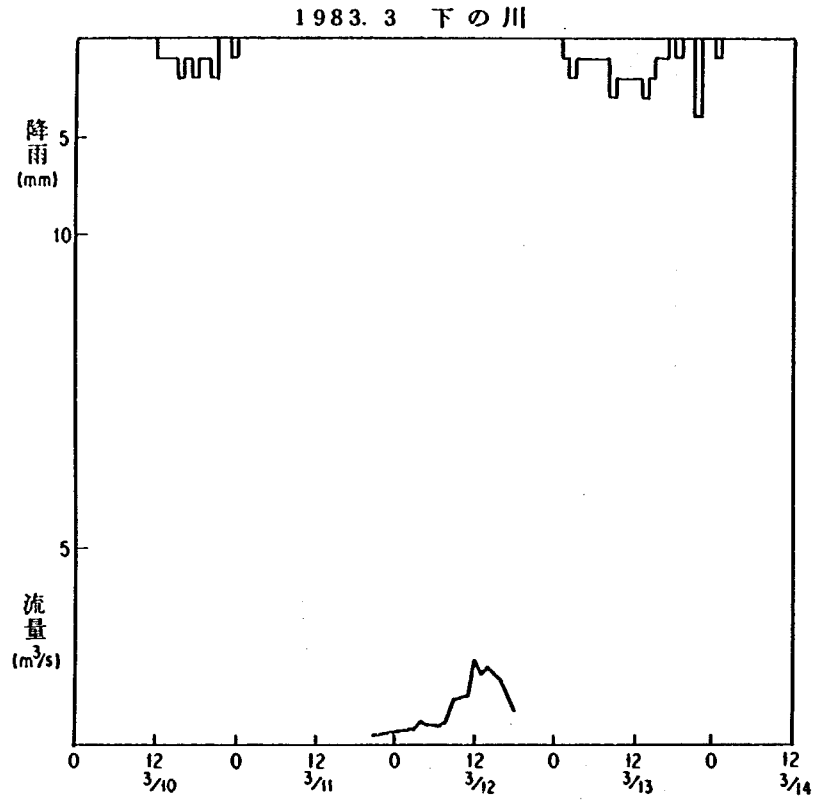


図 4 - 1 (その18) 各出水における降雨と流量

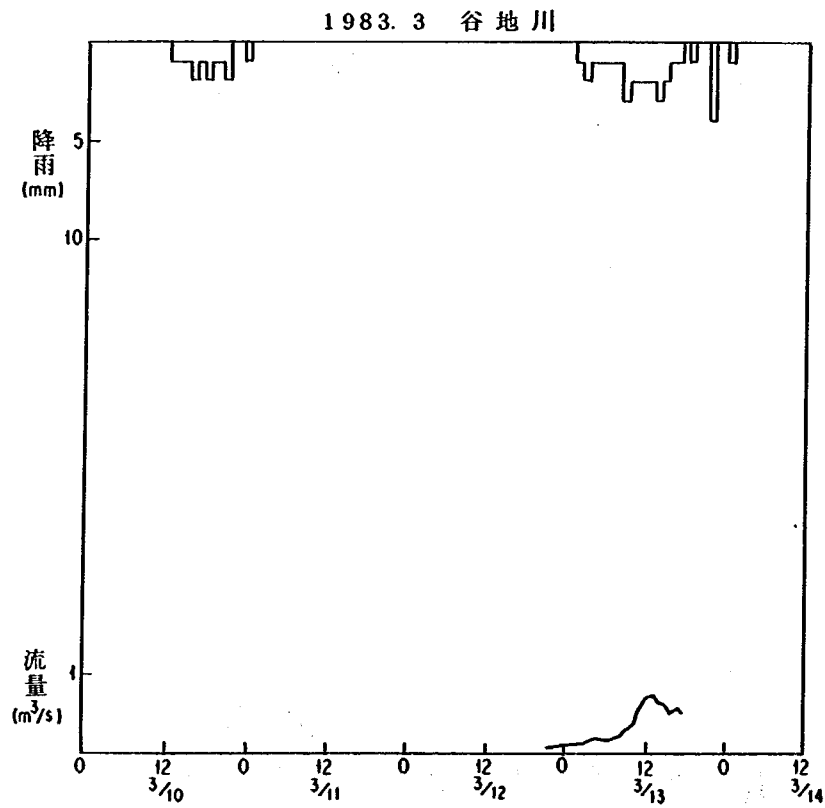


図 4 - 1 (その19) 各出水における降雨と流量

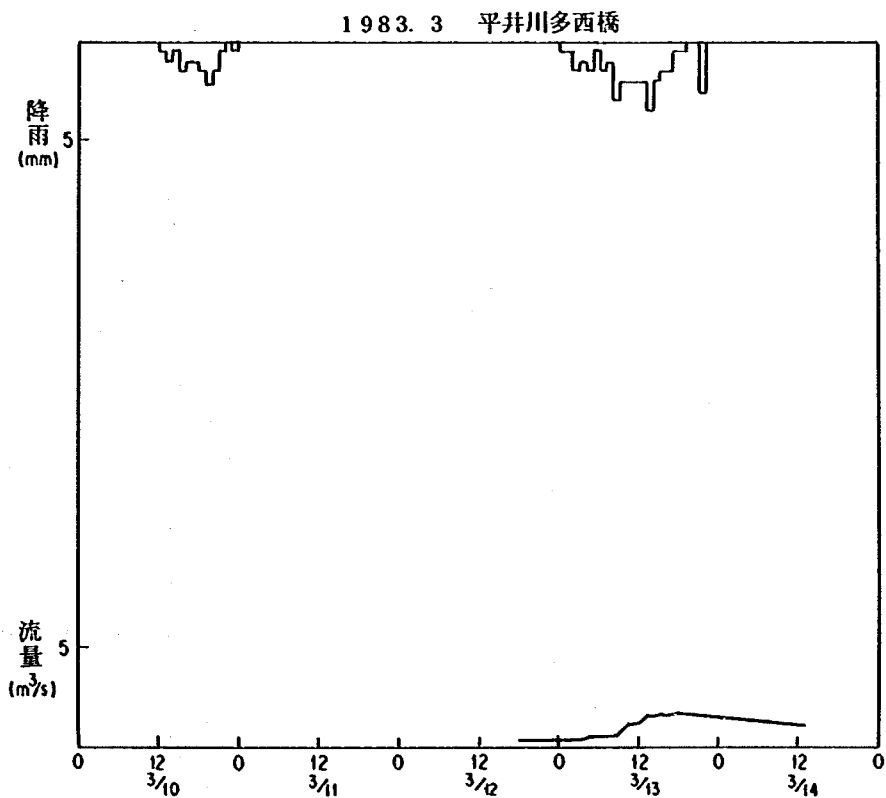


図 4 - 1 (その 20) 各出水における降雨と流量

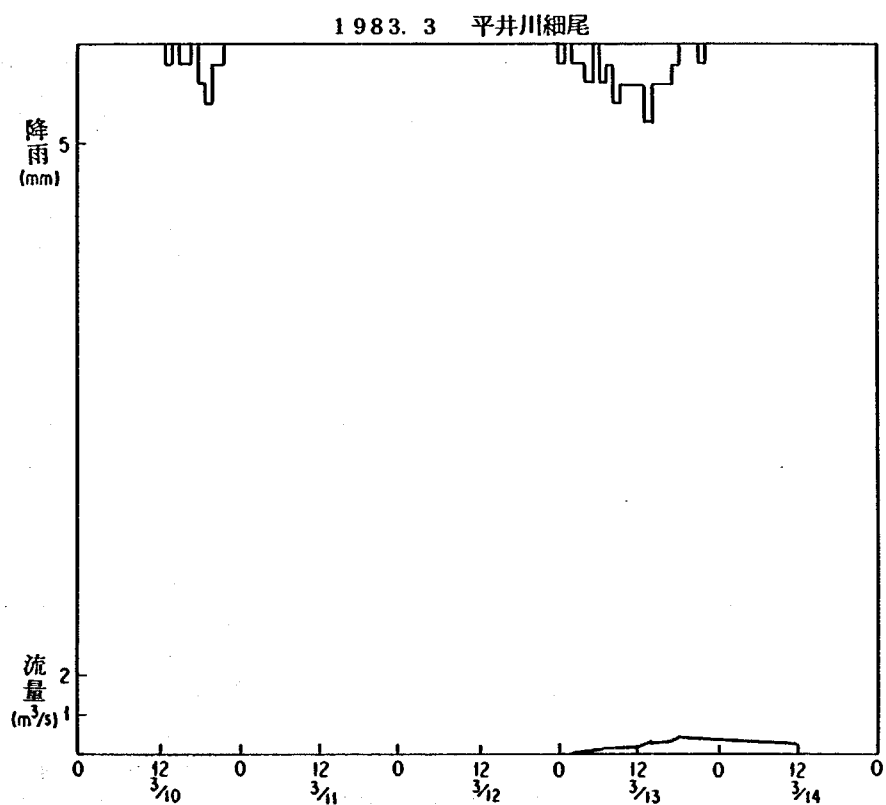


図 4 - 1 (その 21) 各出水における降雨と流量

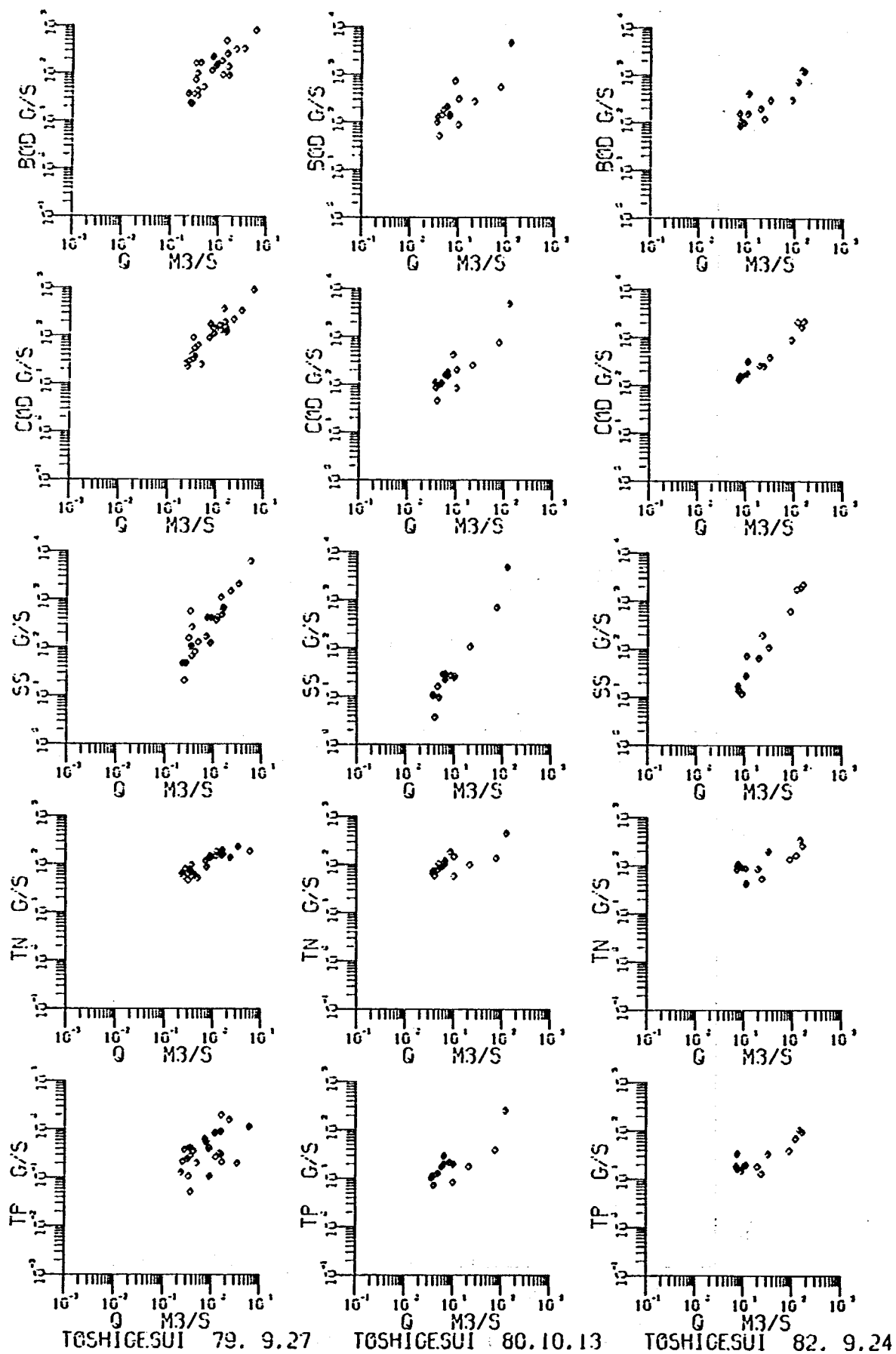


図 4.2(a) (その1) 出水中の流量と負荷量の関係

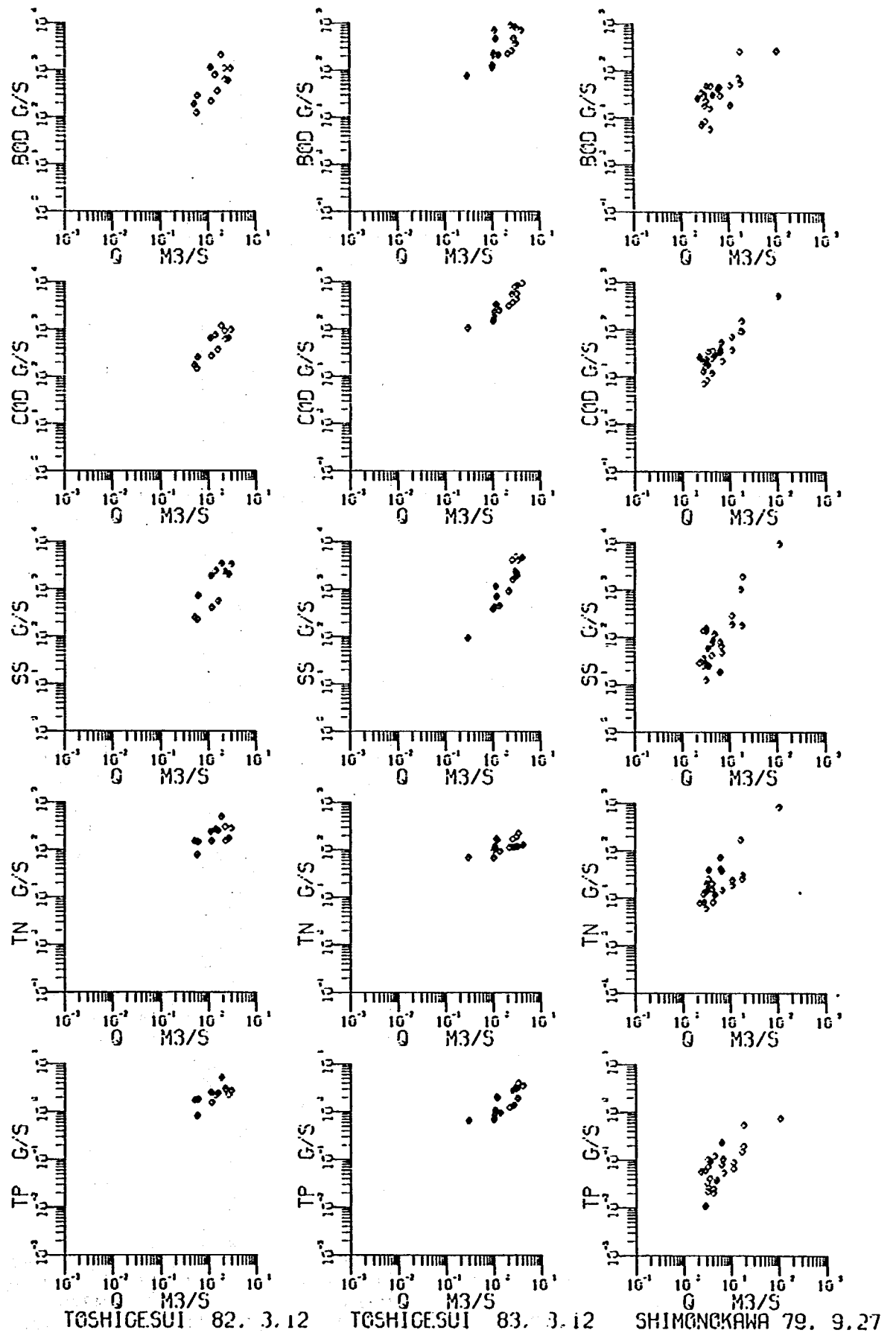


図 4.2(a) (その2) 出水中の流量と負荷量の関係

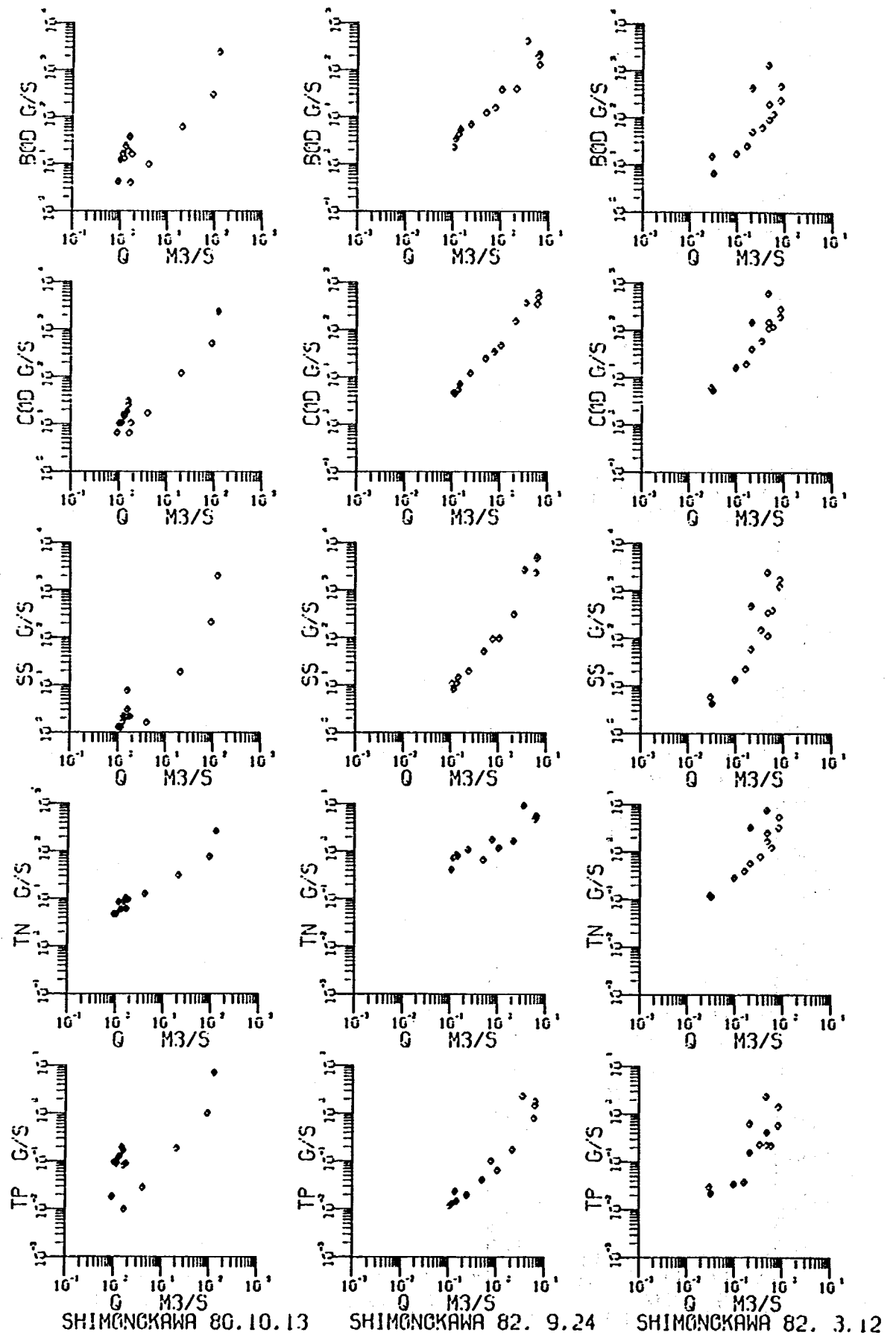
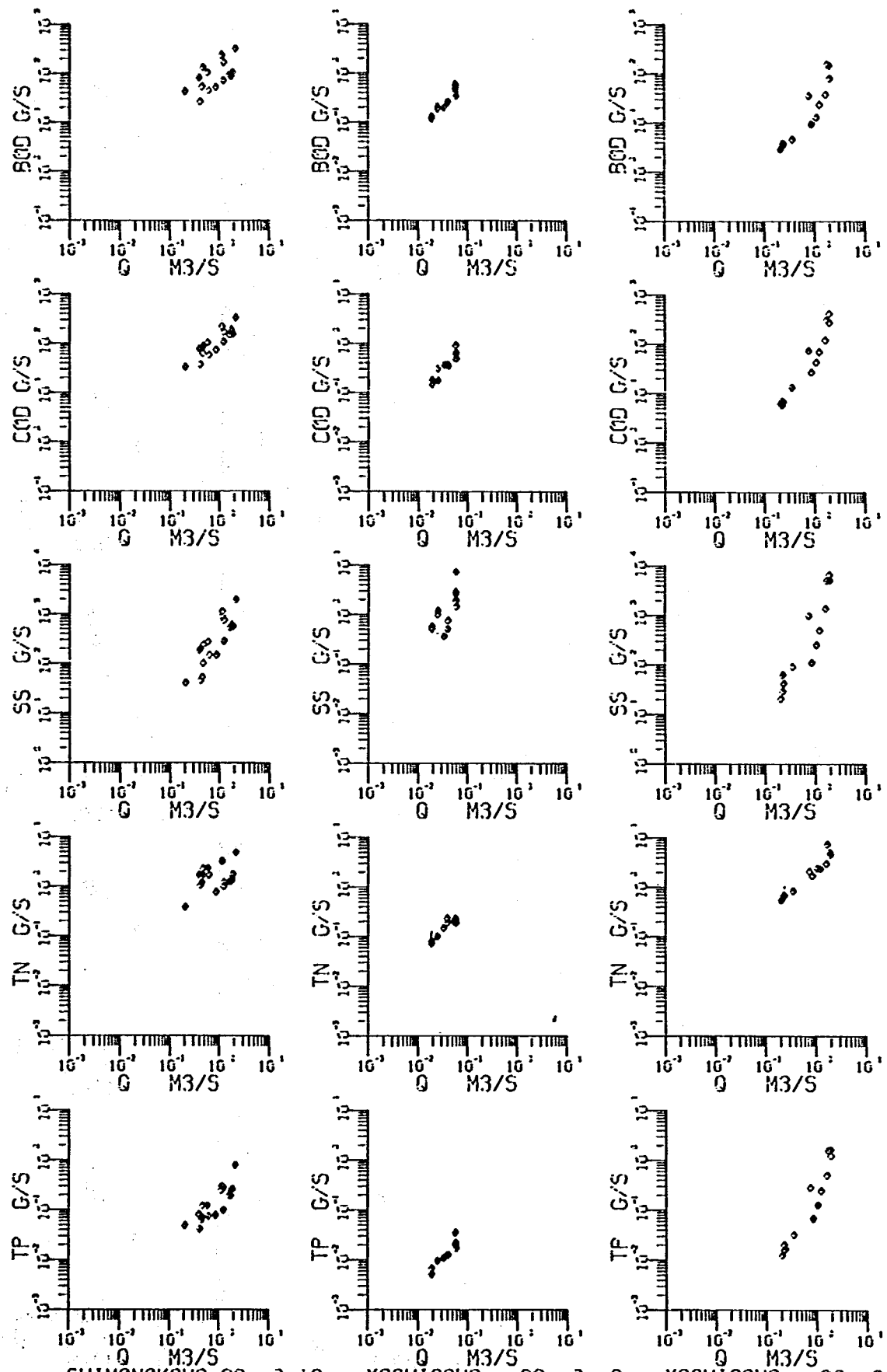


図 4.2(a) (その 3) 出水中の流量と負荷量の関係



SHIMONOKAWA 83. 3.12 YACHIGAWA 82. 3.12 YACHIGAWA 82. 9.24

図 4.2(a) (その4) 出水中の流量と負荷量の関係

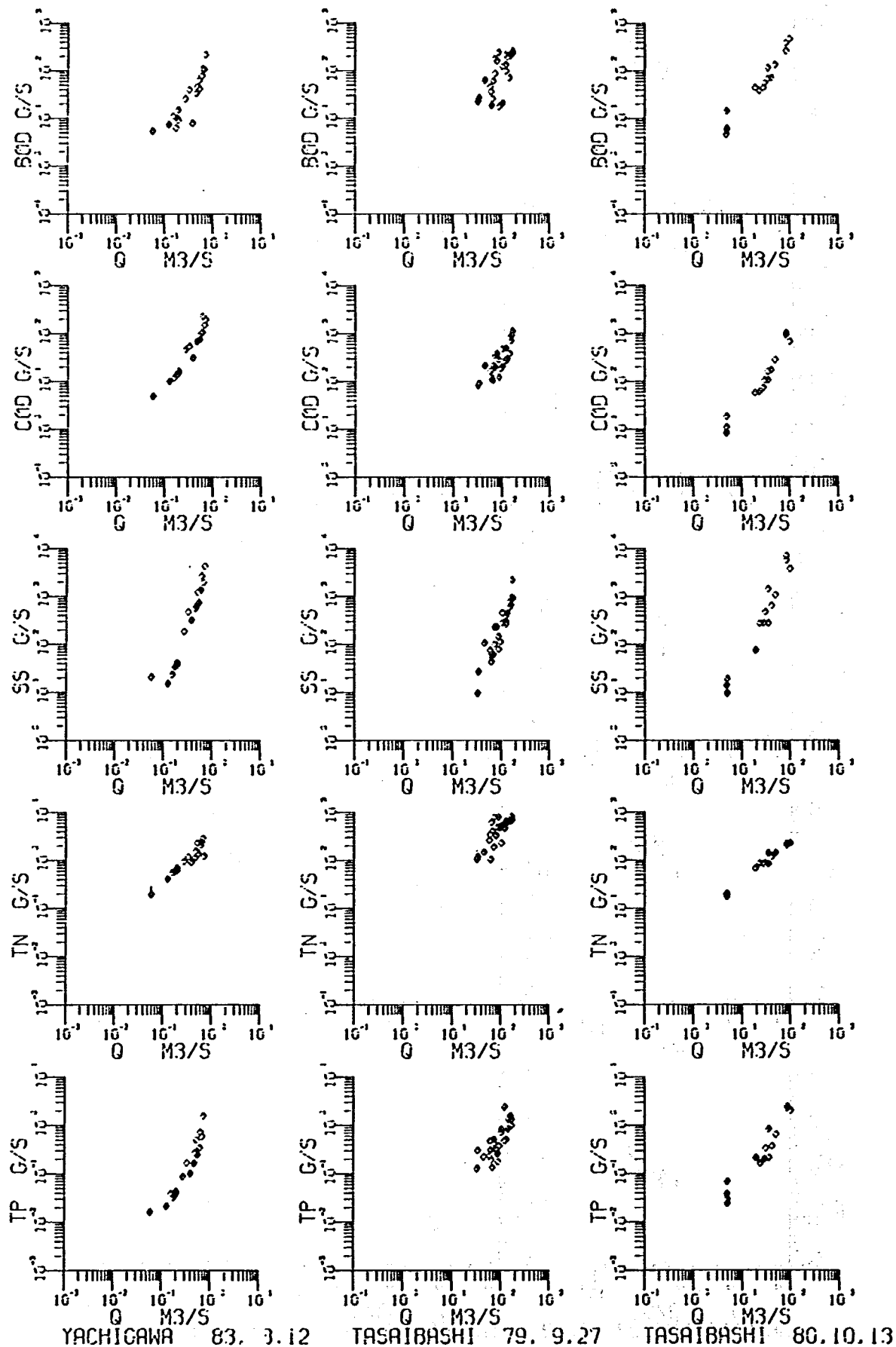
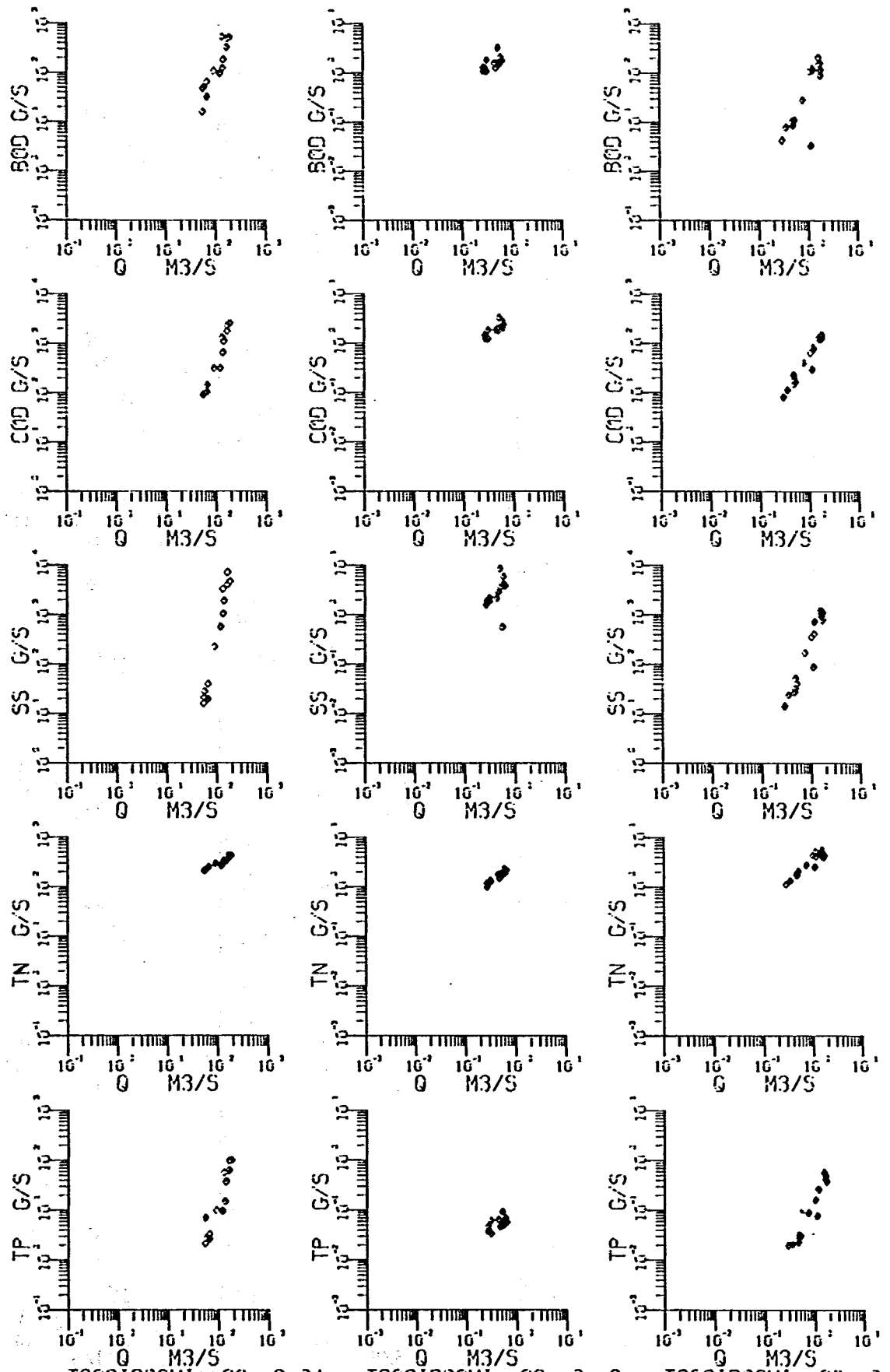


図 4.2(a) (その5) 出水中の流量と負荷量の関係



TASAI BASHI 82. 9.24 TASAI BASHI 82. 3.12 TASAI BASHI 83. 3.12

図 4.2(a) (その6) 出水中の流量と負荷量の関係

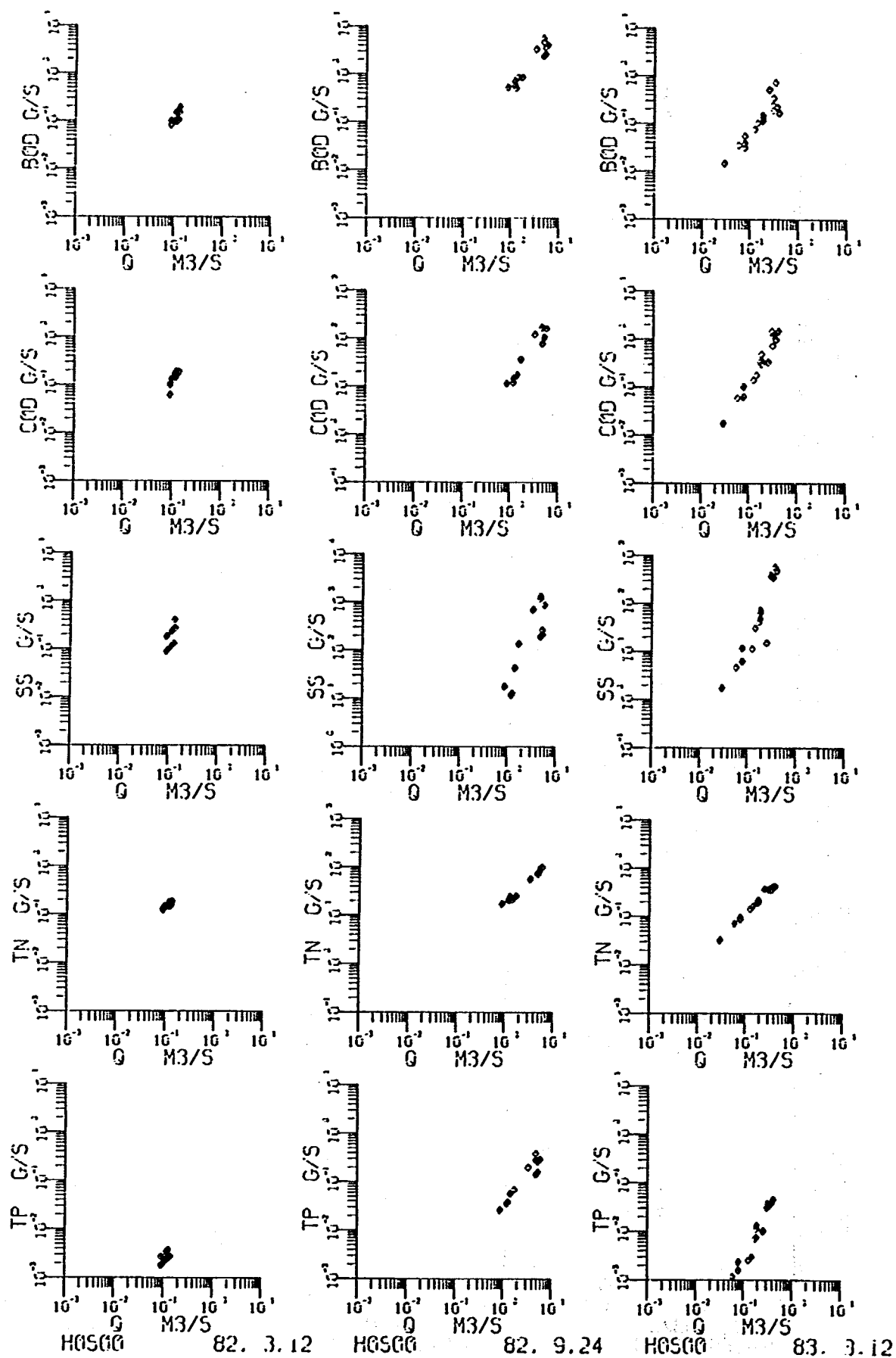


図 4.2 (a) (その 7) 出水中の流量と負荷量の関係

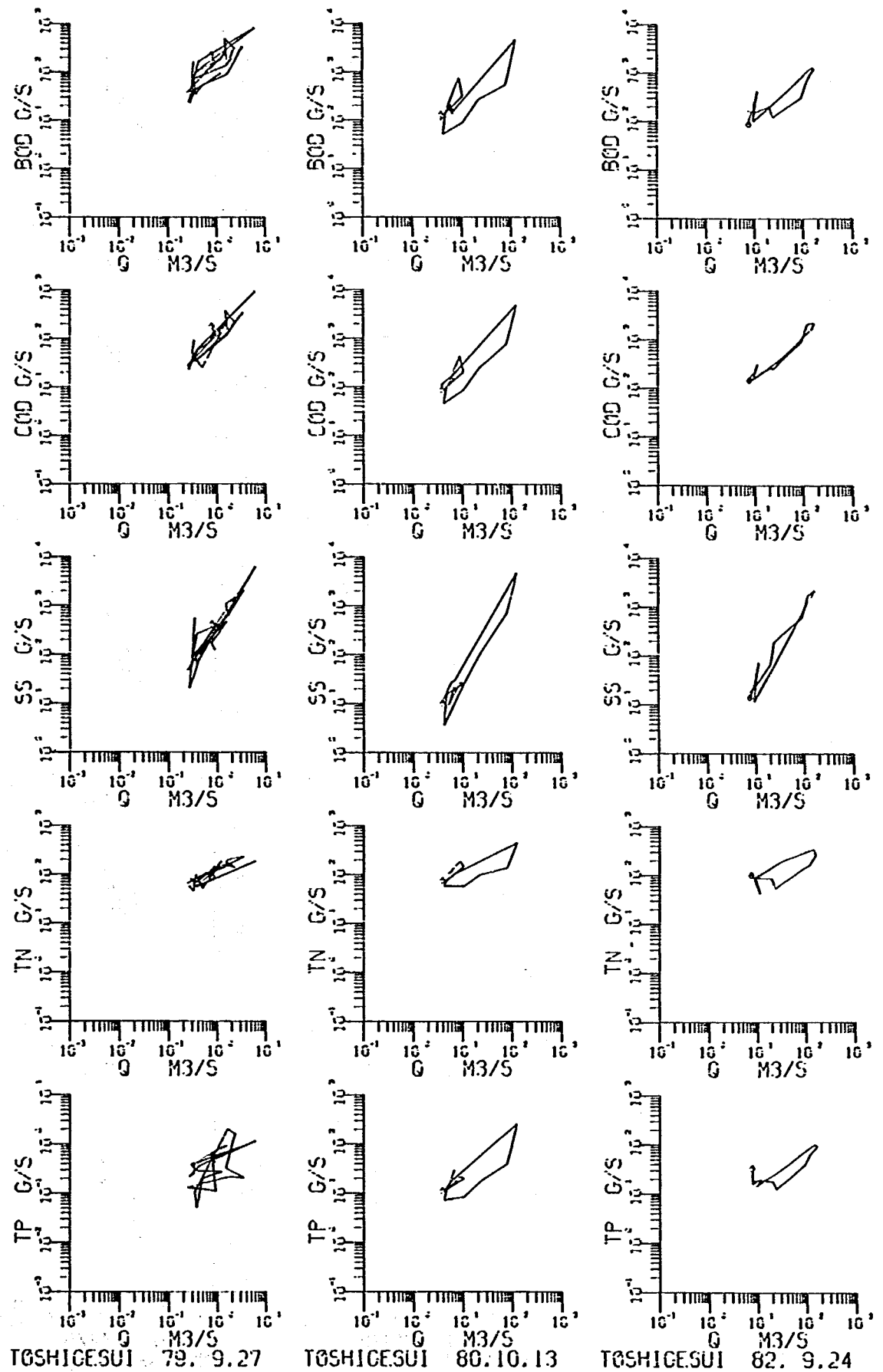


図 4.2(b) (その 1) 出水中の流量と負荷量の関係

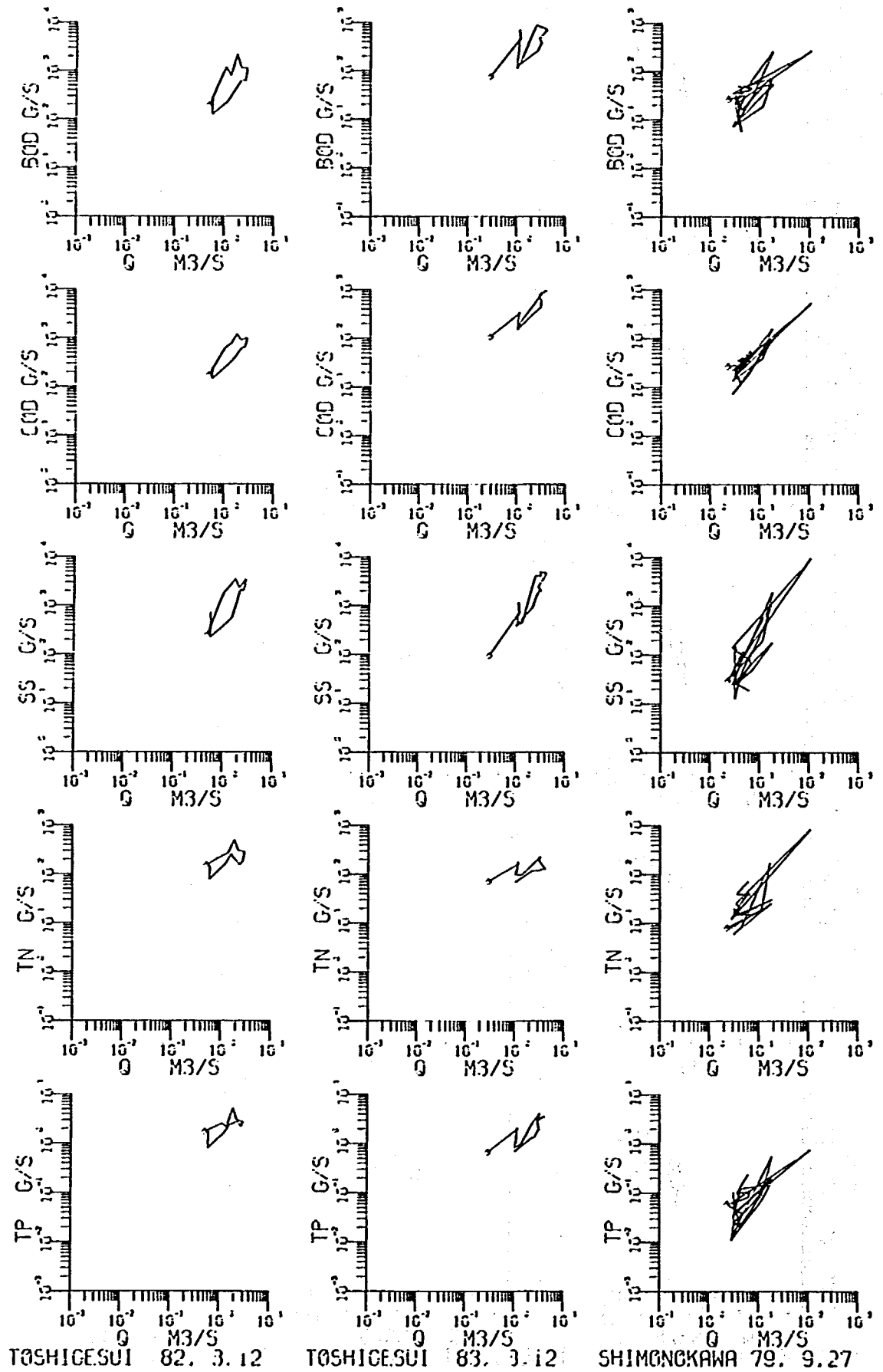


図 4.2 (b) (その 2) 出水中の流量と負荷量の関係

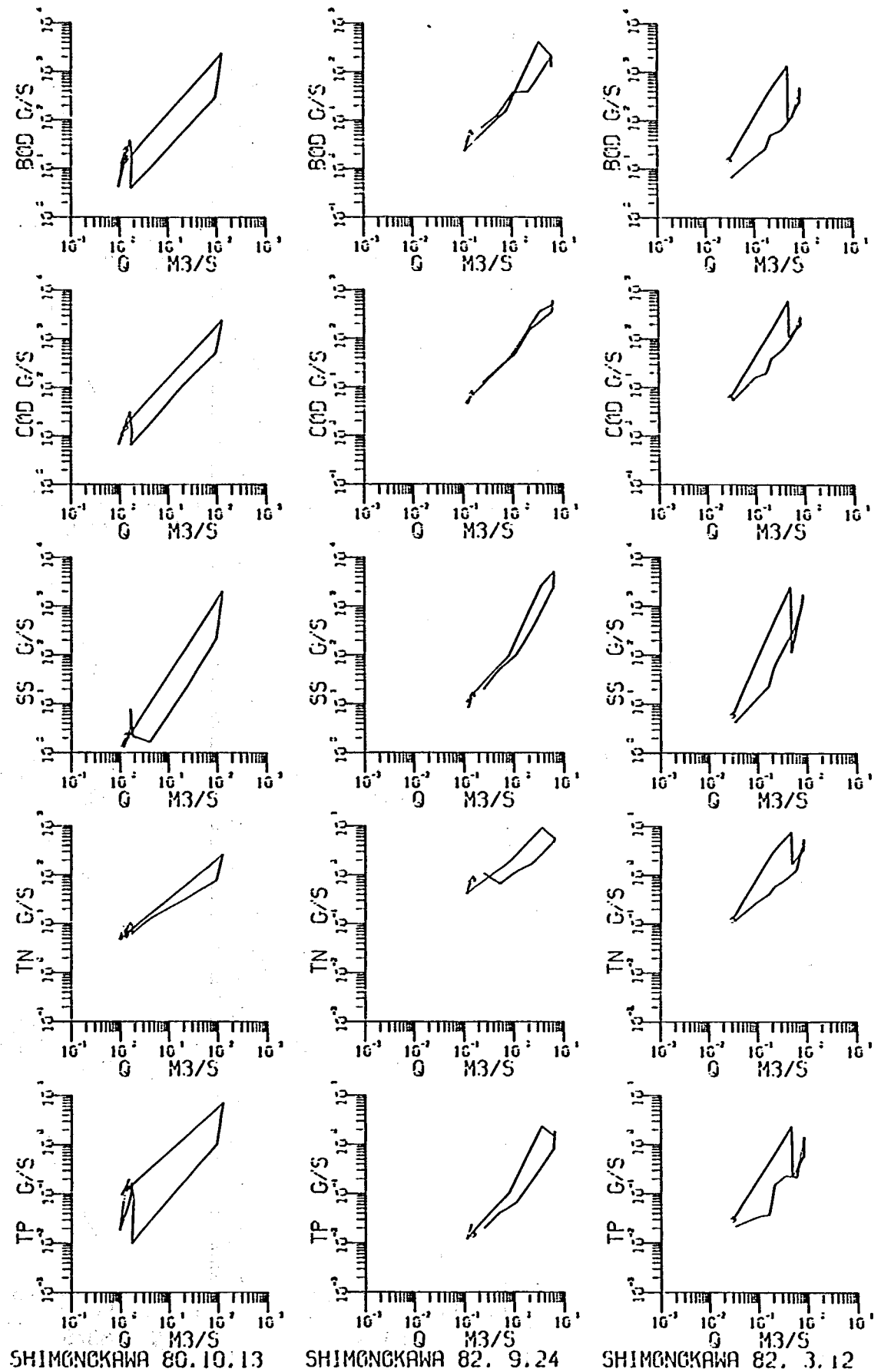


図 4.2 (b) (その 3) 出水中の流量と負荷量の関係

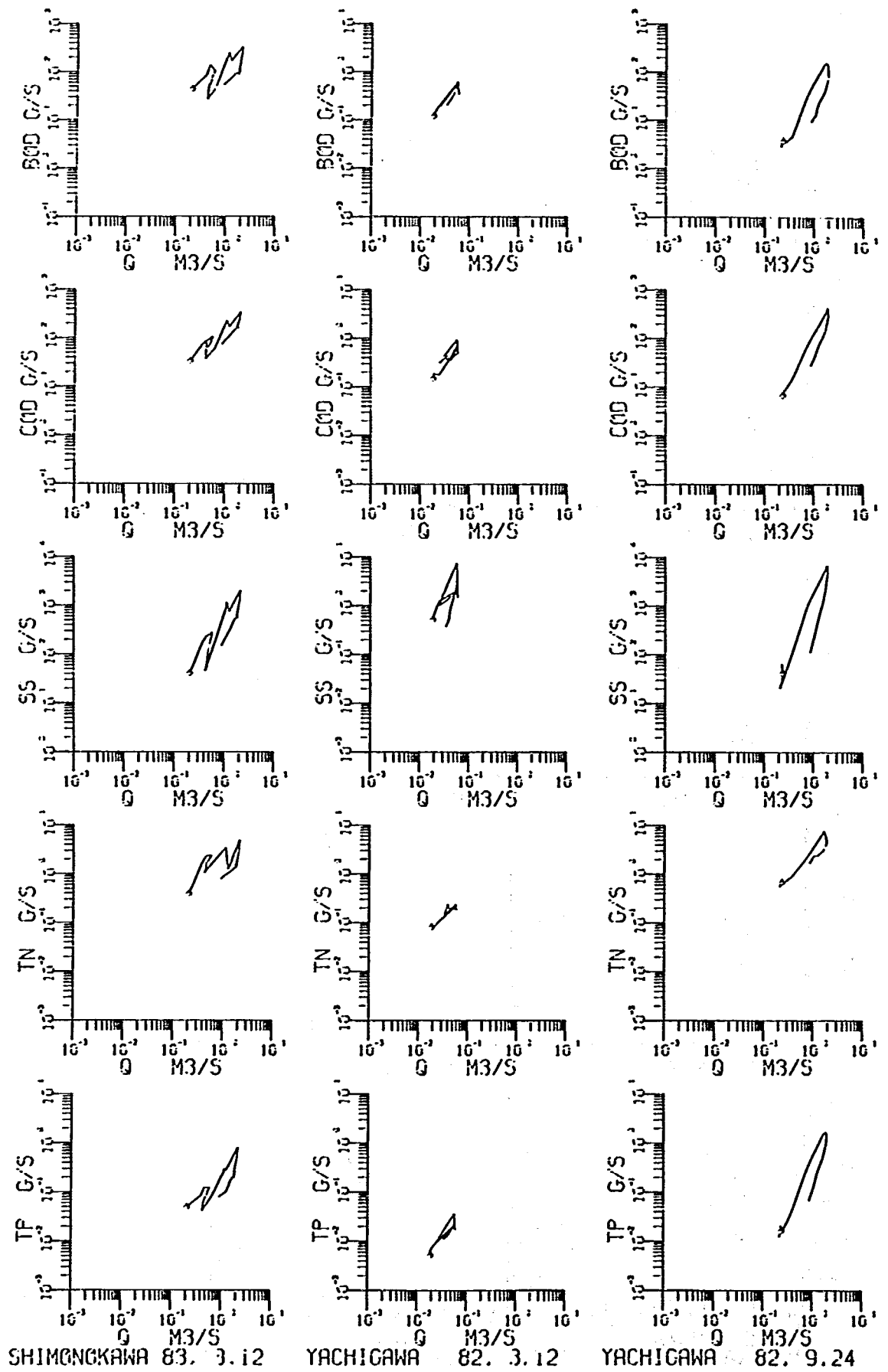


図 4.2 (b) (その 4) 出水中の流量と負荷量の関係

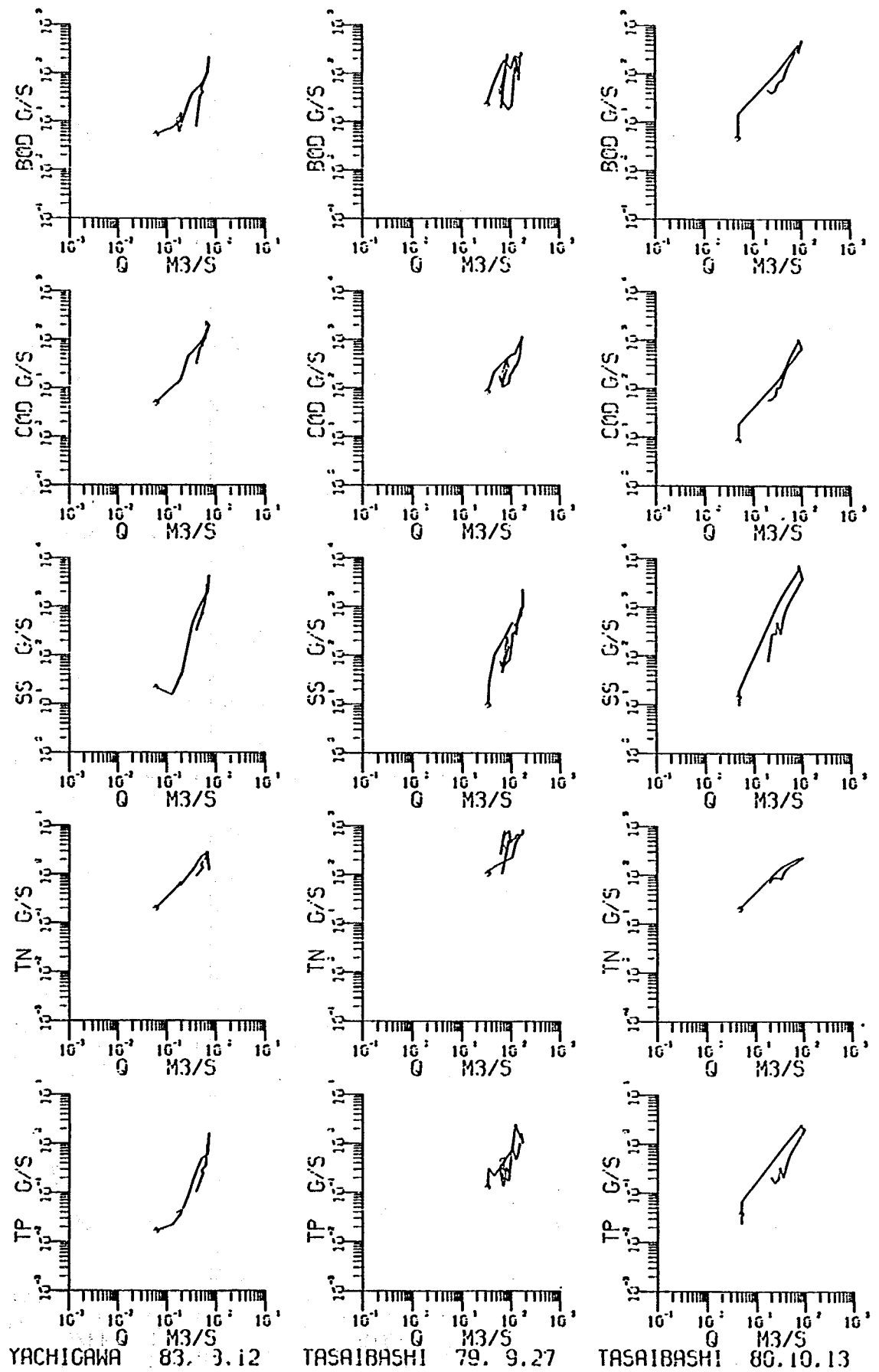


図 4.2 (b) (その 5) 出水中の流量と負荷量の関係

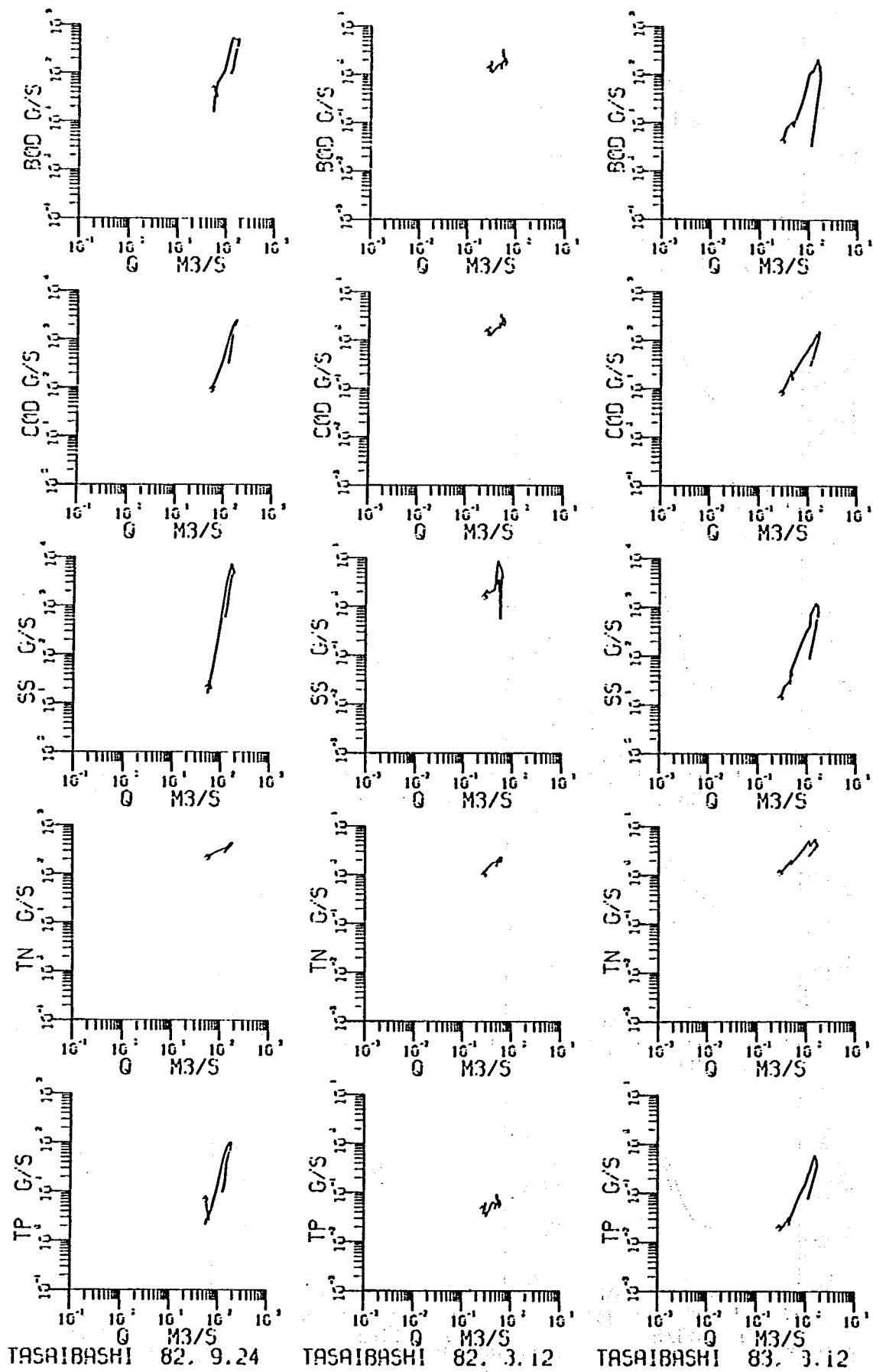


図 4.2 (b) (その 6) 出水中の流量と負荷量の関係

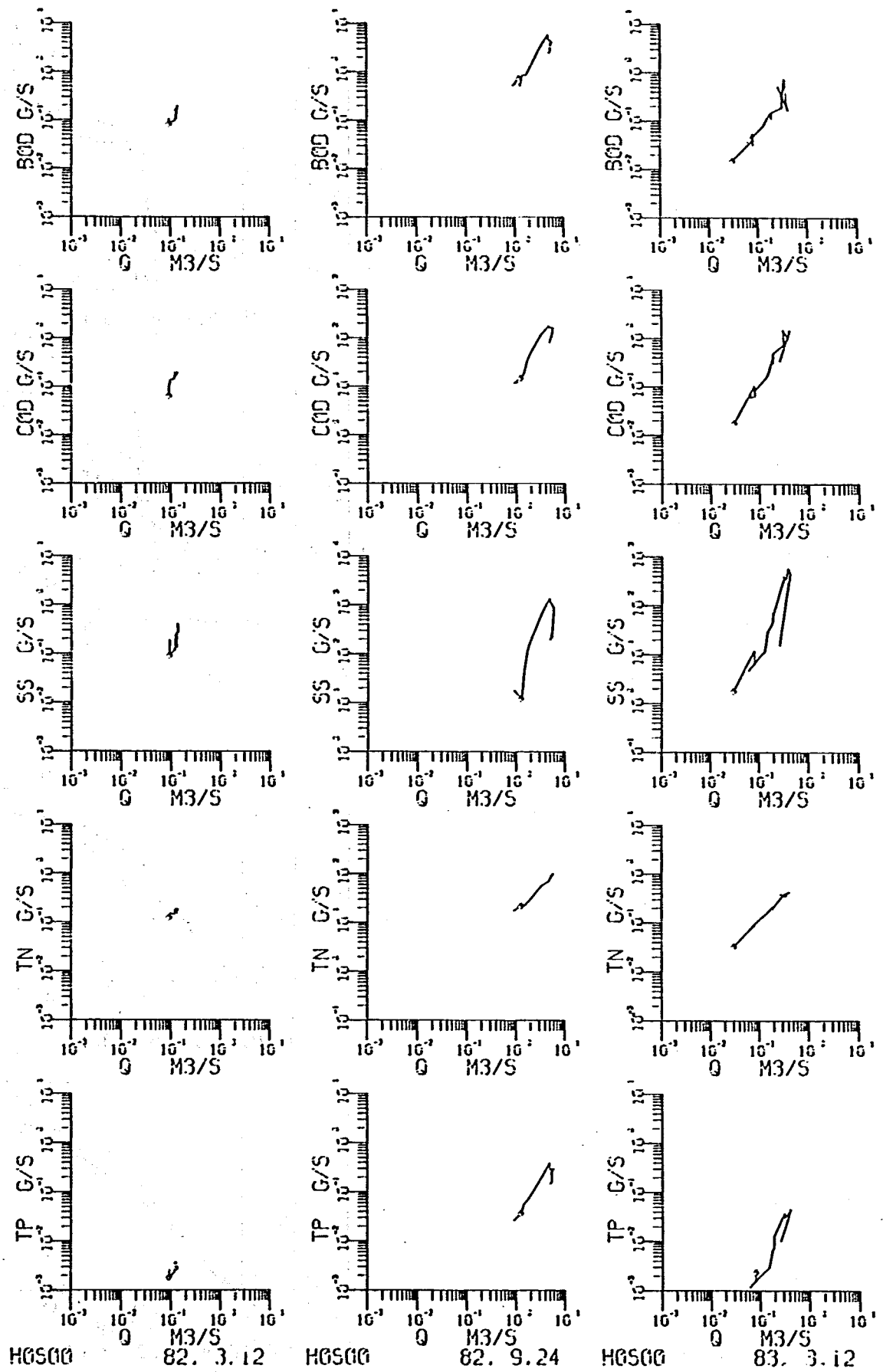


図 4.2 (b) (その 7) 出水中の流量と負荷量の関係

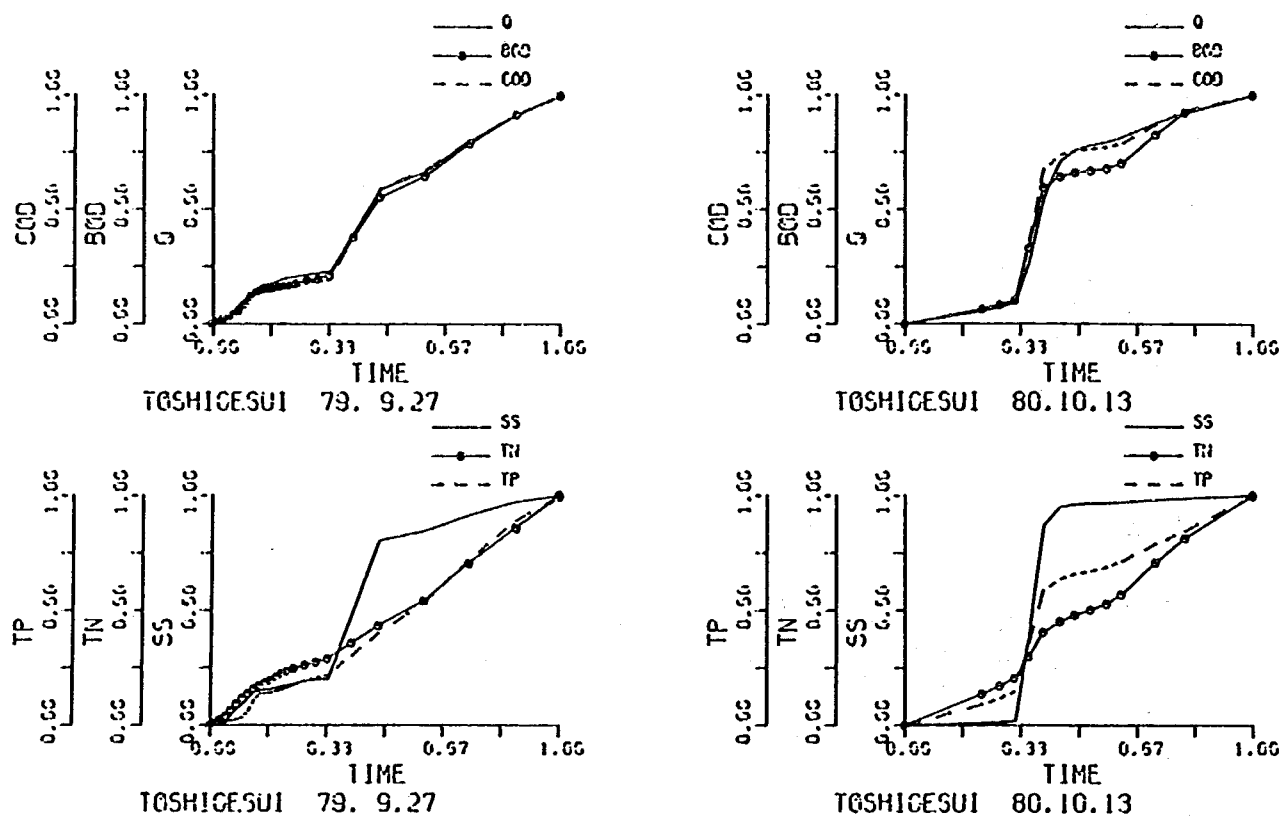


図 4.3(a) (その 1) 流量、汚濁物質の流出特性

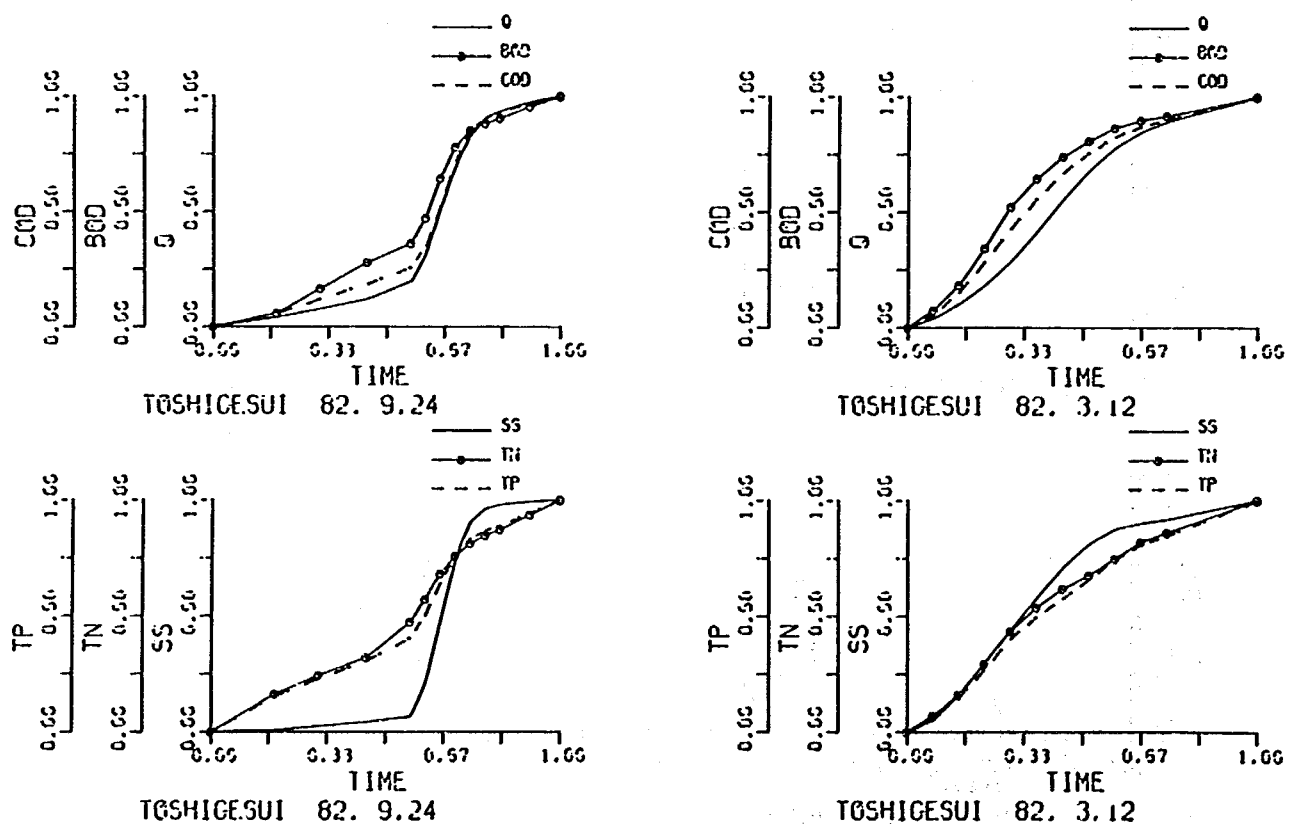
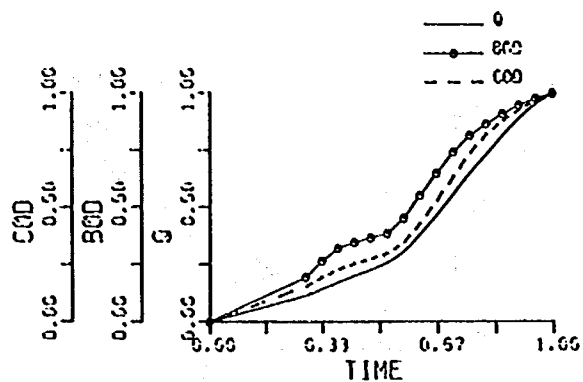
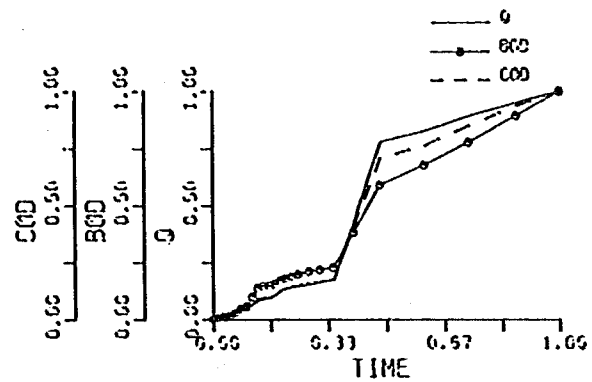


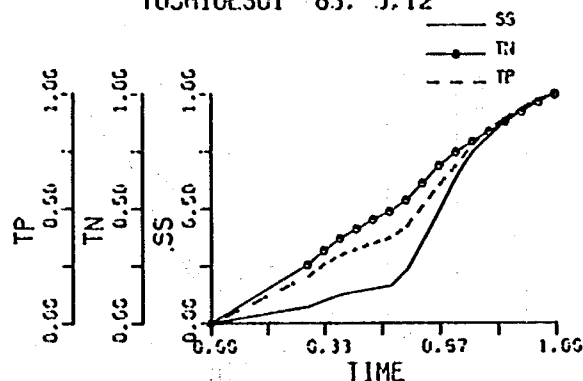
図 4.3(a) (その 2) 流量、汚濁物質の流出特性



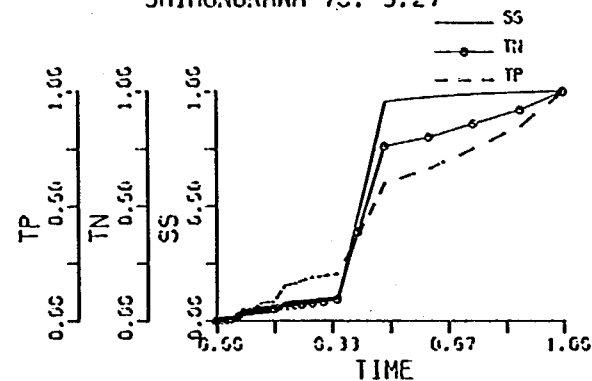
TOSHIGESUI 83. 3.12



SHIMONOKAWA 79. 9.27

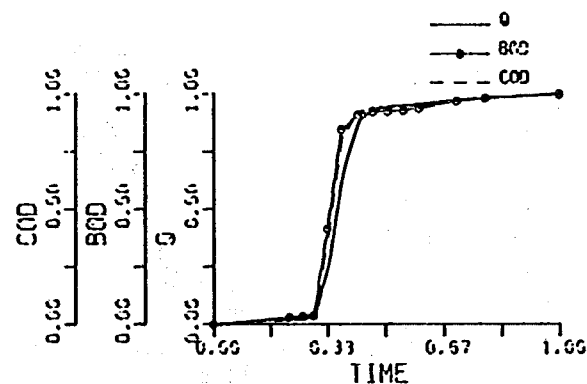


TOSHIGESUI 83. 3.12

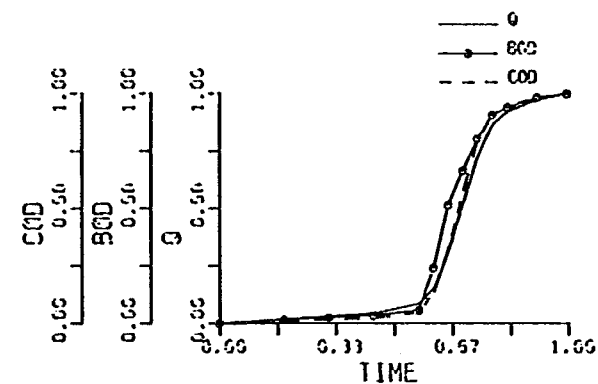


SHIMONOKAWA 79. 9.27

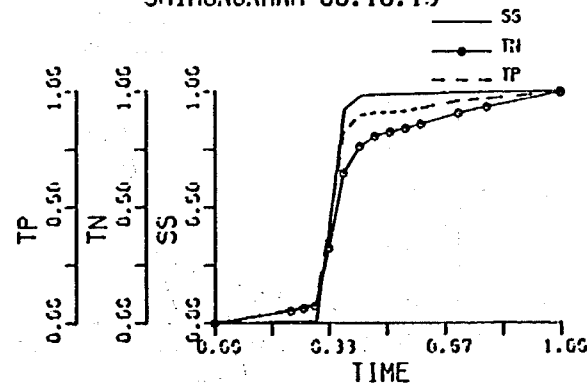
図 4.3(a) (その3) 流量, 汚濁物質の流出特性



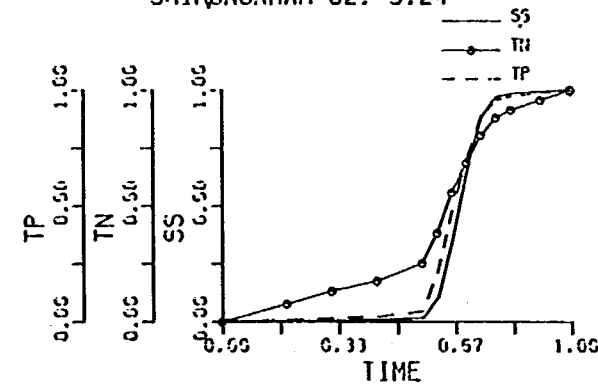
SHIMONOKAWA 80.10.13



SHIMONOKAWA 82. 9.24

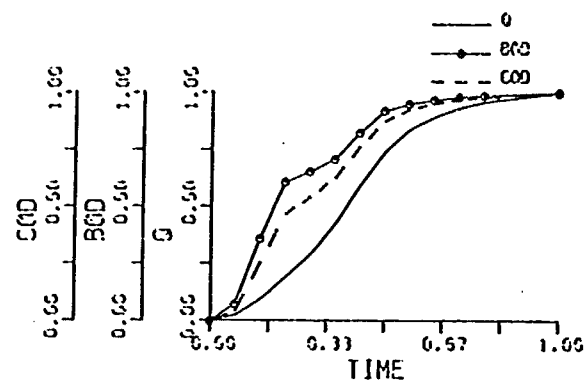


SHIMONOKAWA 80.10.13

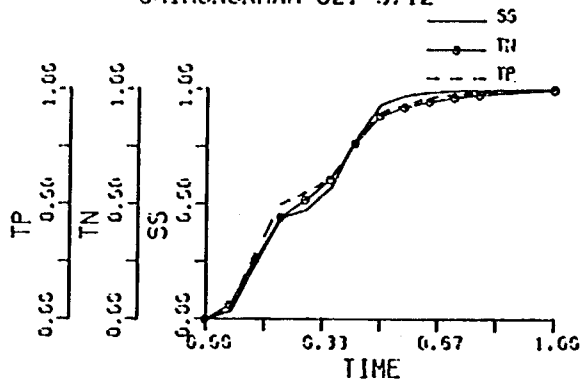


SHIMONOKAWA 82. 9.24

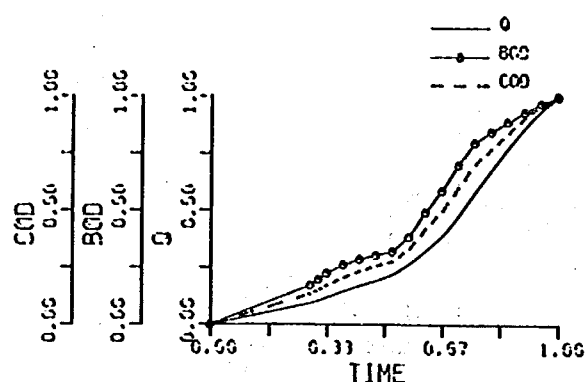
図 4.3(a) (その4) 流量, 汚濁物質の流出特性



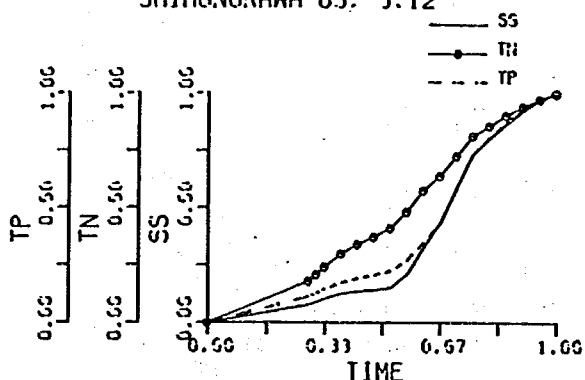
SHIMOGAWA 82. 3.12



SHIMOGAWA 82. 3.12

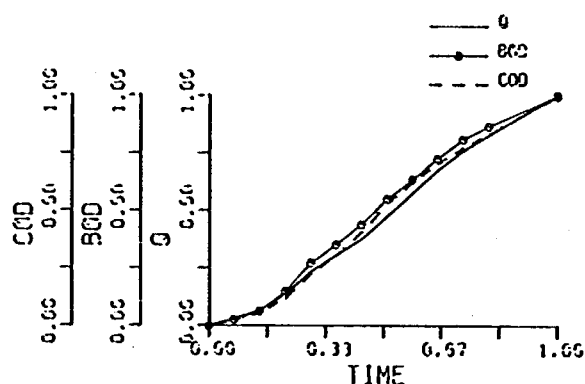


SHIMOGAWA 83. 3.12

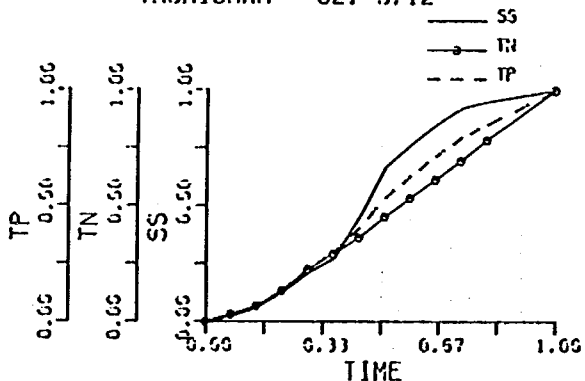


SHIMOGAWA 83. 3.12

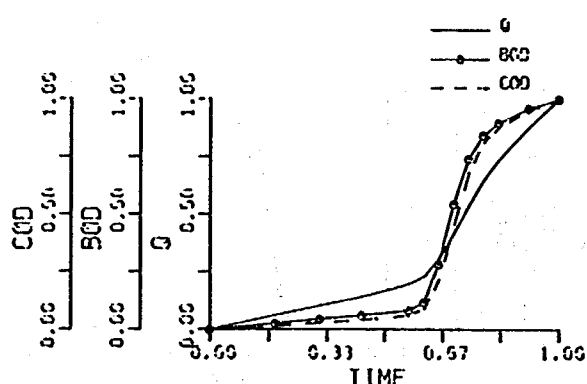
図 4.3(a) (その5) 流量, 汚濁物質の流出特性



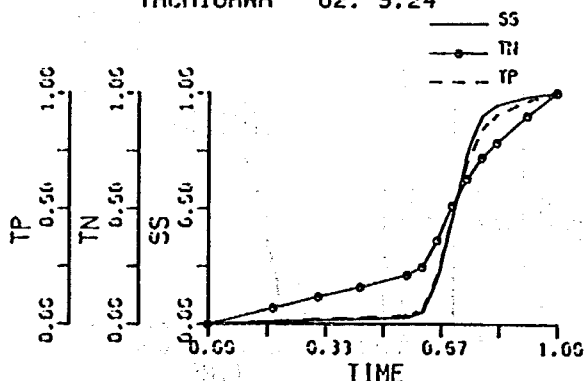
YACHIGAWA 82. 3.12



YACHIGAWA 82. 3.12

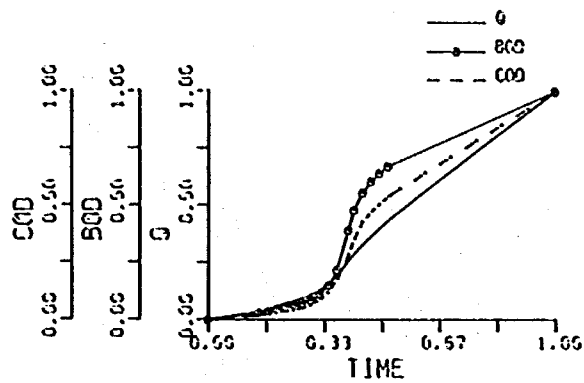


YACHIGAWA 82. 9.24

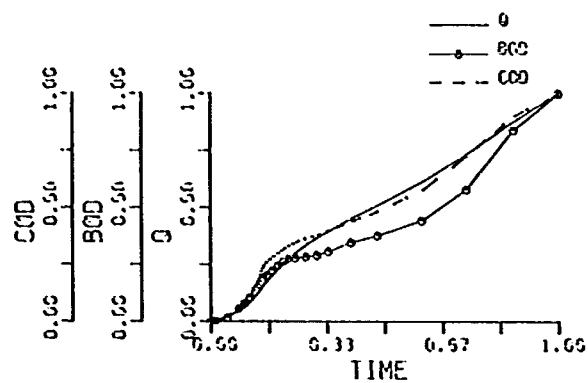


YACHIGAWA 82. 9.24

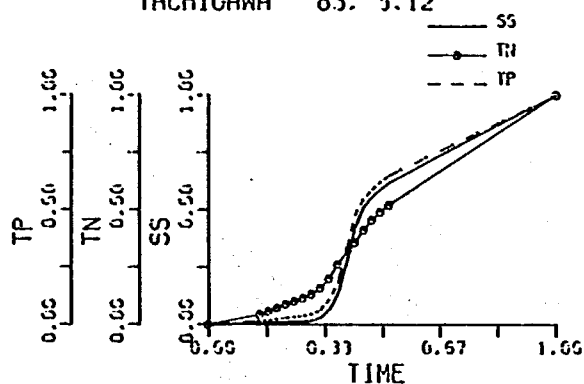
図 4.3(a) (その6) 流量, 汚濁物質の流出特性



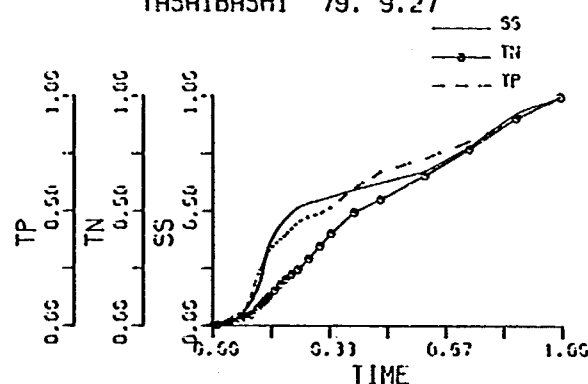
YACHIGAWA 83. 3.12



TASAIBASHI 79. 9.27

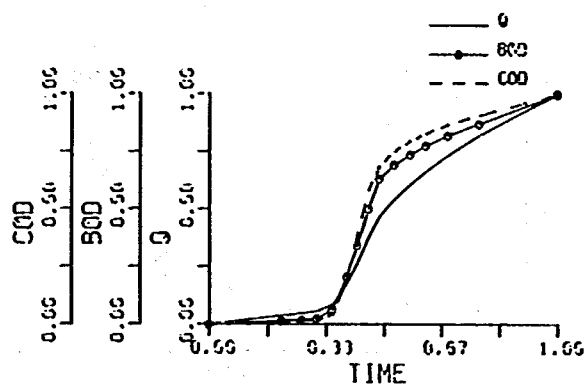


YACHIGAWA 83. 3.12

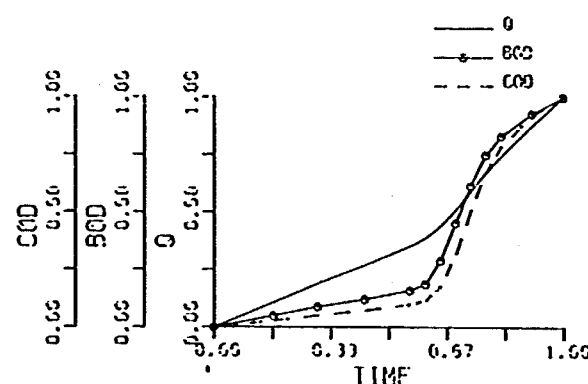


TASAIBASHI 79. 9.27

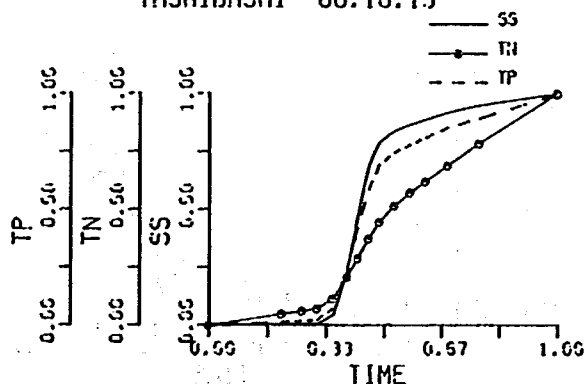
図 4.3(a) (その7) 流量, 汚濁物質の流出特性



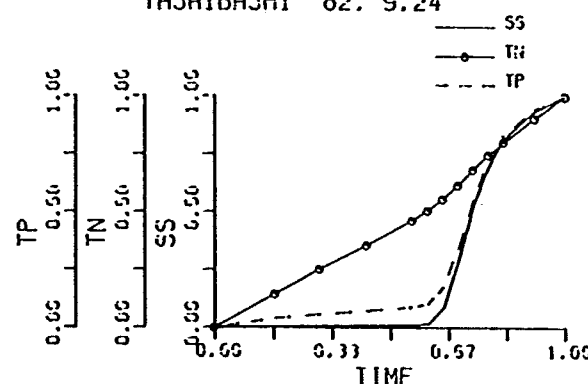
TASAIBASHI 80.10.13



TASAIBASHI 82. 9.24



TASAIBASHI 80.10.13



TASAIBASHI 82. 9.24

図 4.3(a) (その8) 流量, 汚濁物質の流出特性

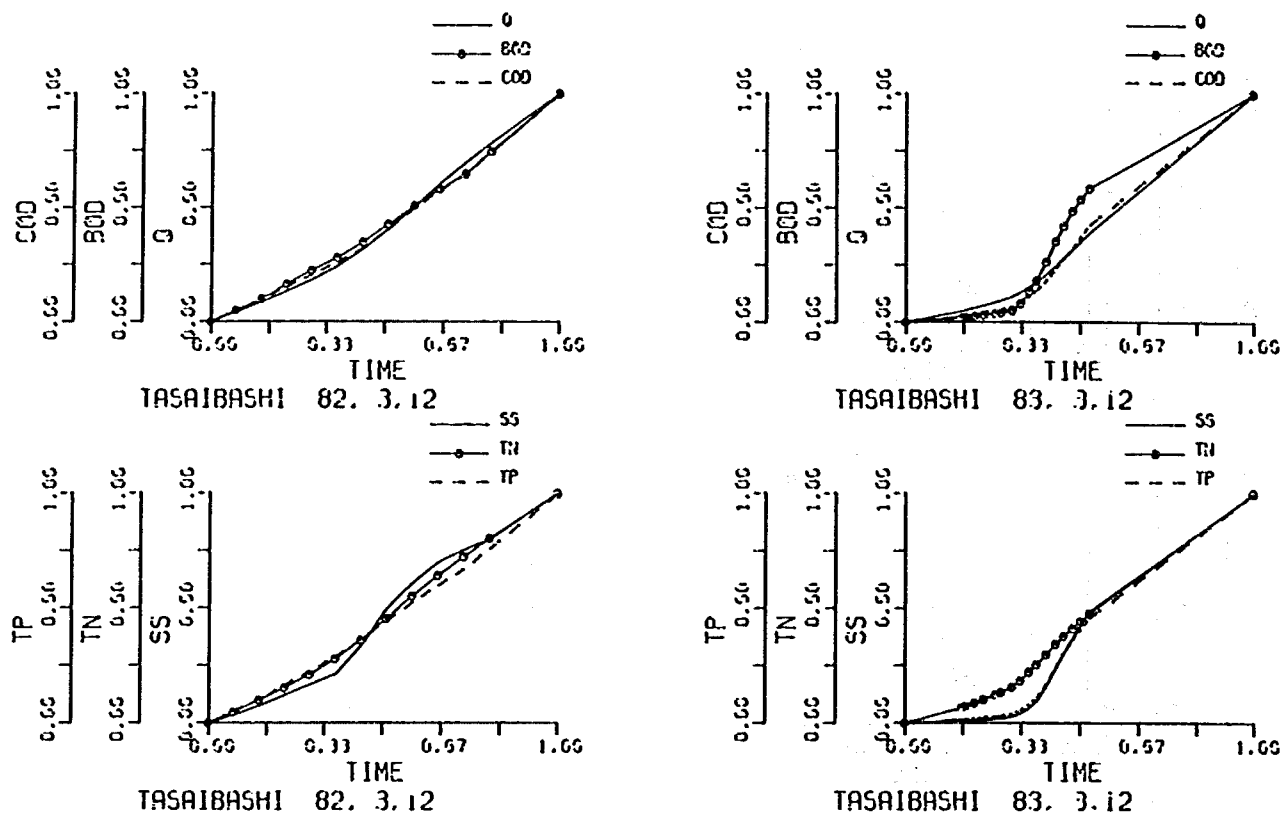


図 4.3(a) (その 9) 流量, 汚濁物質の流出特性

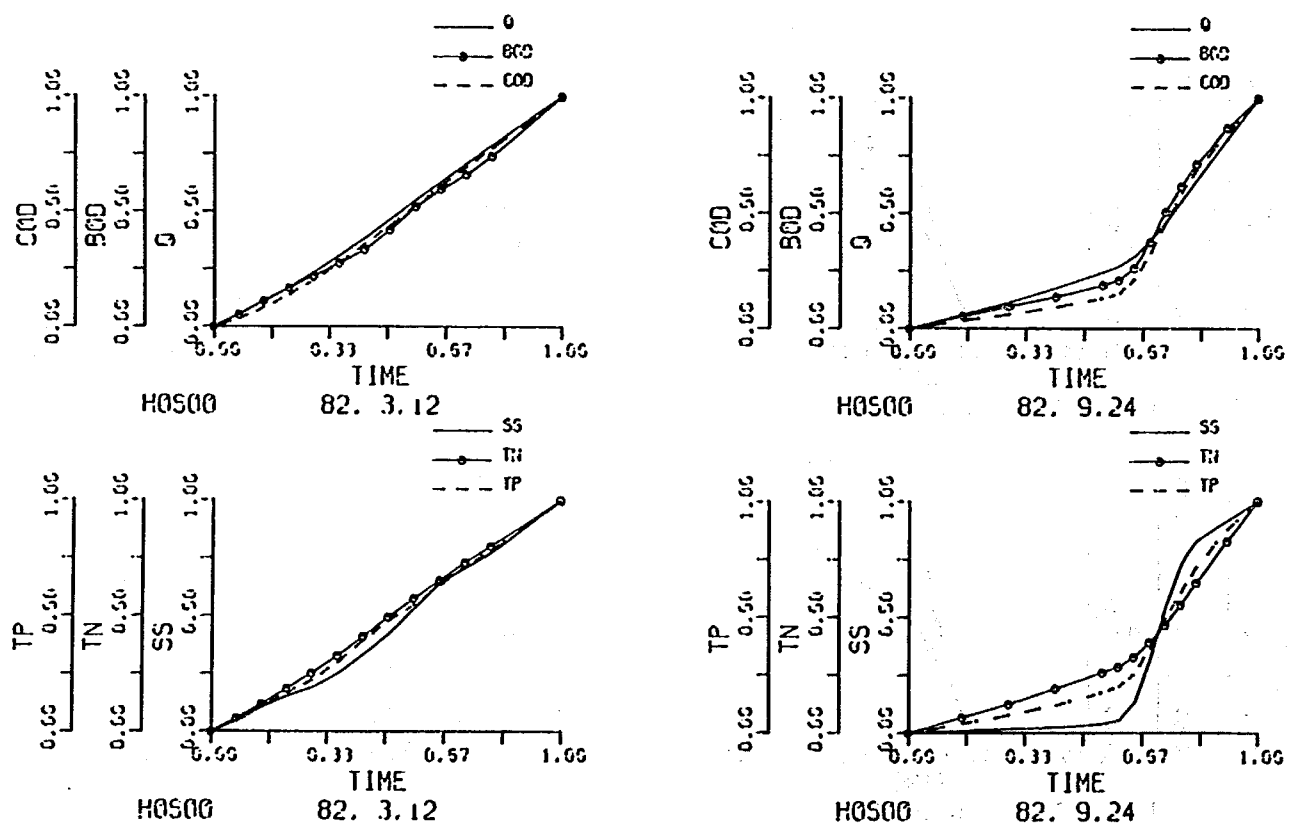


図 4.3(a) (その 10) 流量, 汚濁物質の流出特性

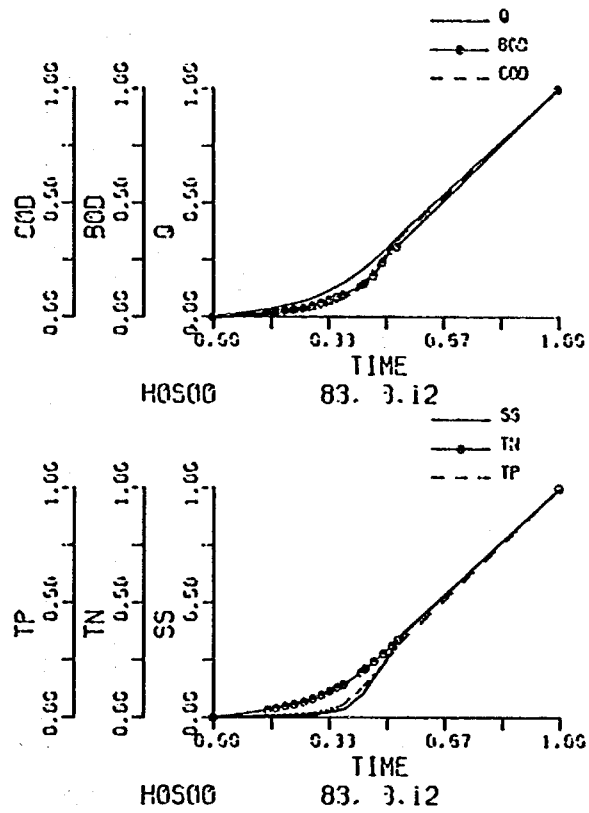


図 4.3 (a) (その 1 1) 流量, 汚濁物質の流出特性

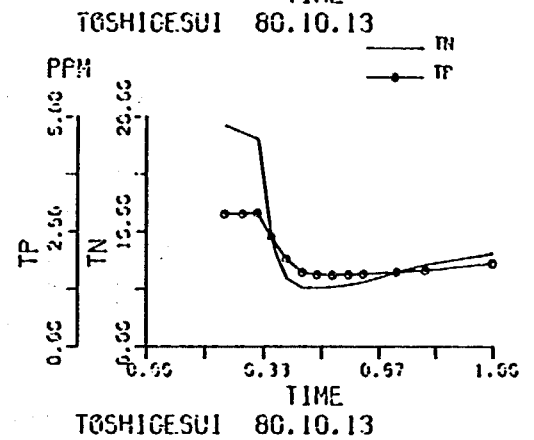
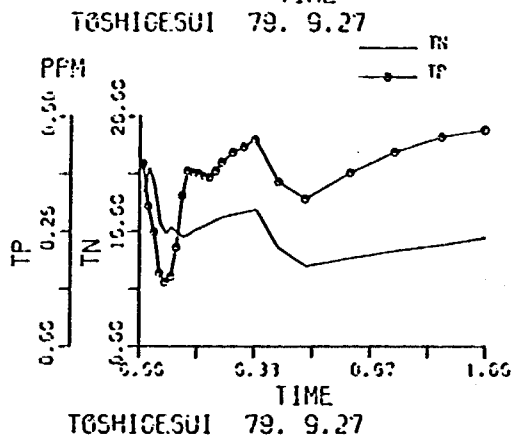
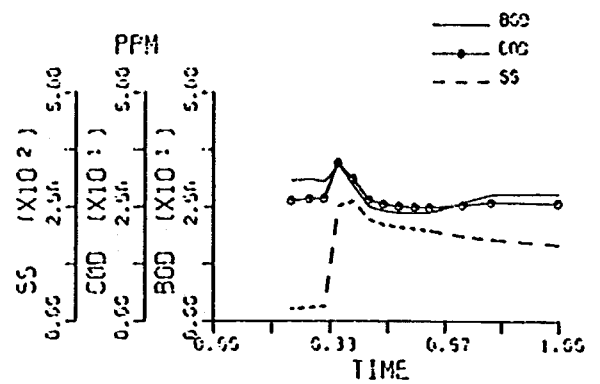
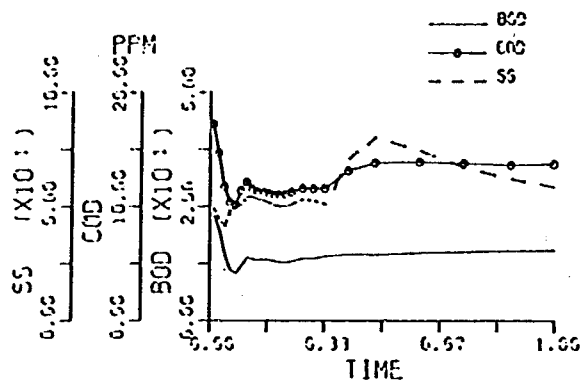


図 4. 6 (a) (その 1) 出水中の平均水質の変化

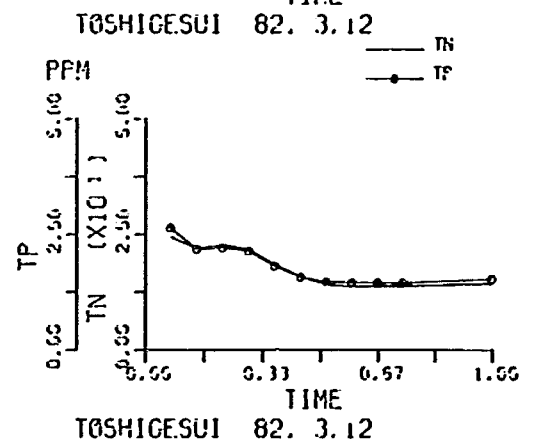
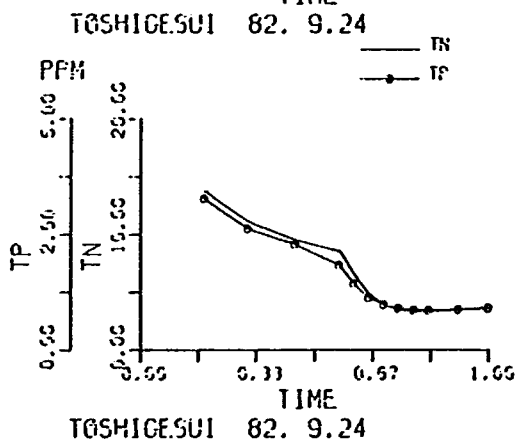
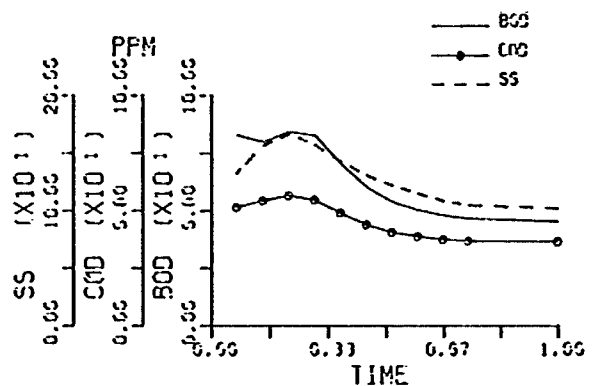
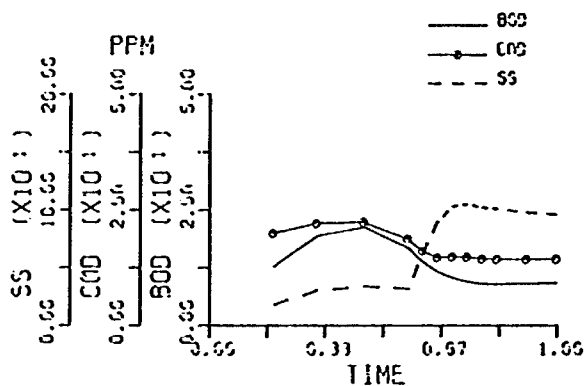


図 4. 6 (a) (その 2) 出水中の平均水質の変化

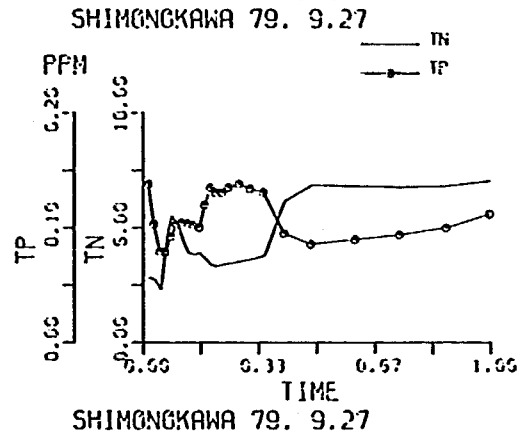
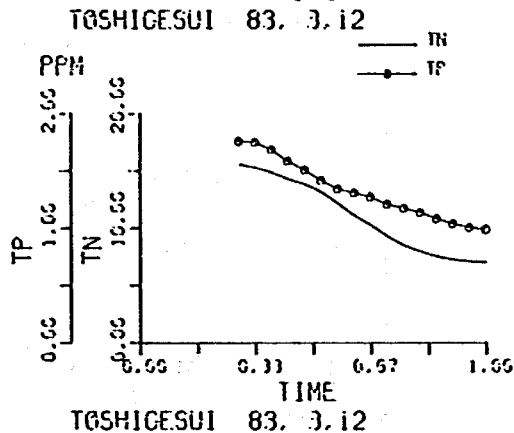
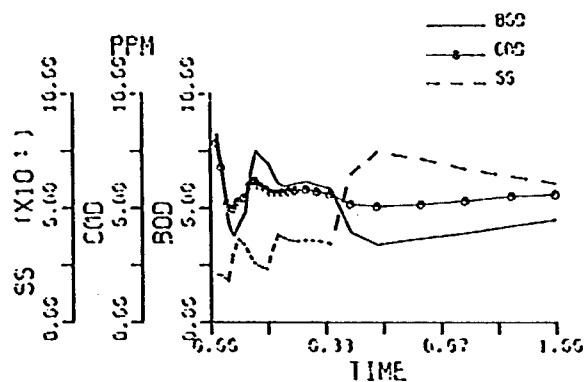
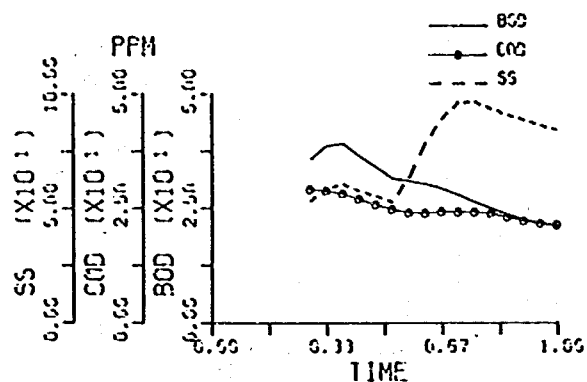


図 4.6(a) (その 3) 出水中の平均水質の変化

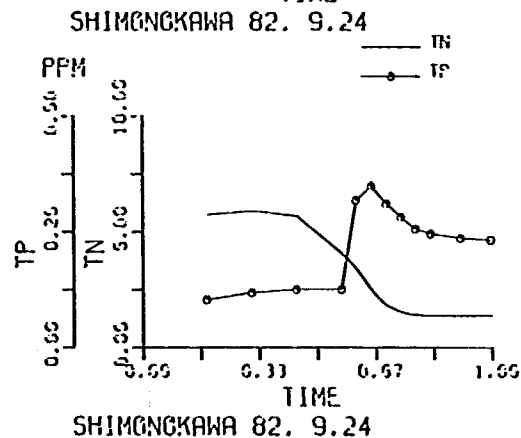
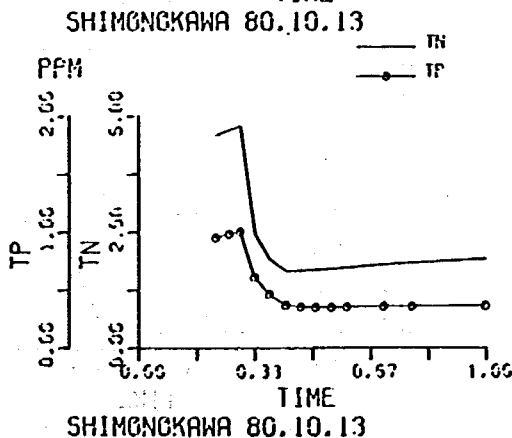
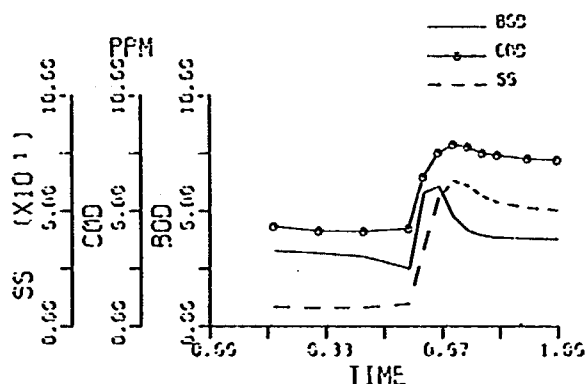
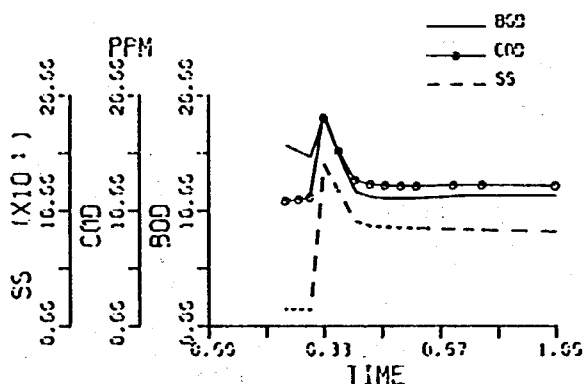
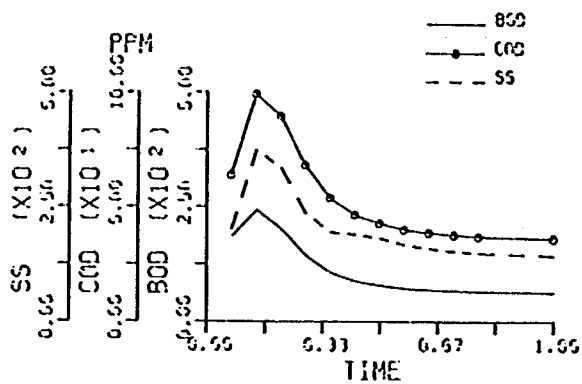
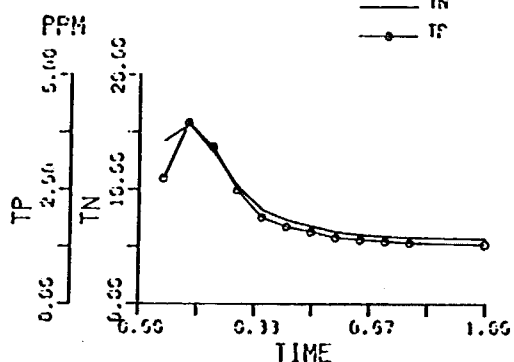


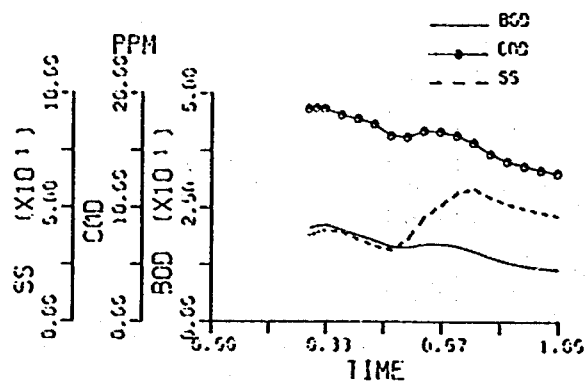
図 4.6(a) (その 4) 出水中の平均水質の変化



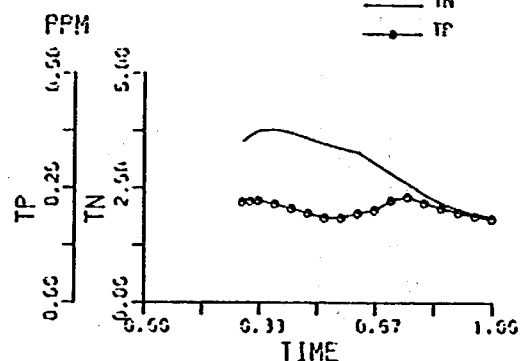
SHIMONGKAWA 82. 3.12



SHIMONGKAWA 82. 3.12

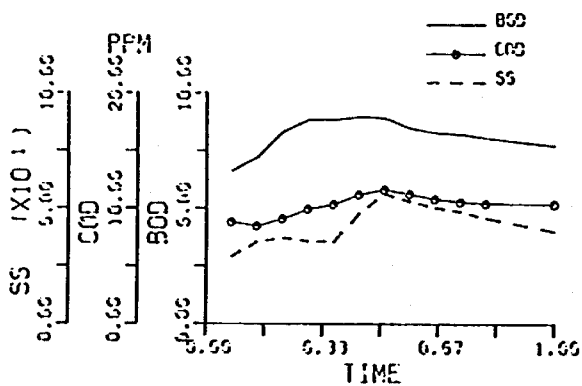


SHIMONGKAWA 83. 3.12

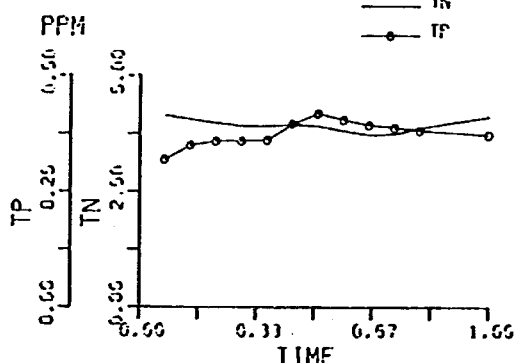


SHIMONGKAWA 83. 3.12

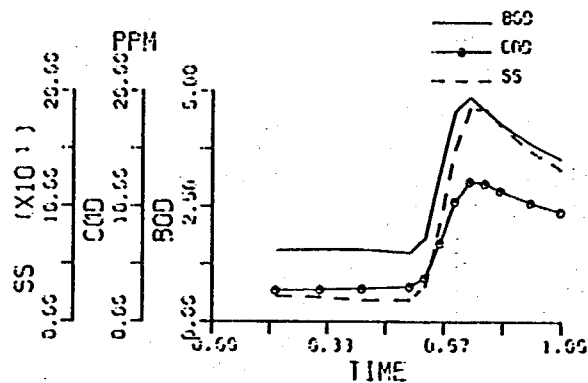
図 4.6(a) (その5) 出水中の平均水質の変化



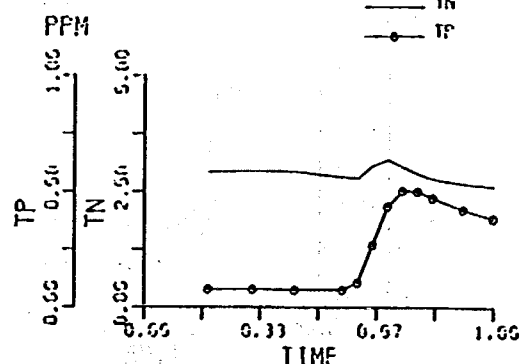
YACHIGAWA 82. 3.12



YACHIGAWA 82. 3.12

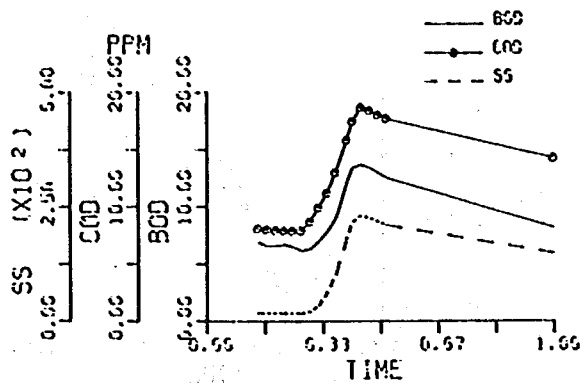


YACHIGAWA 82. 9.24

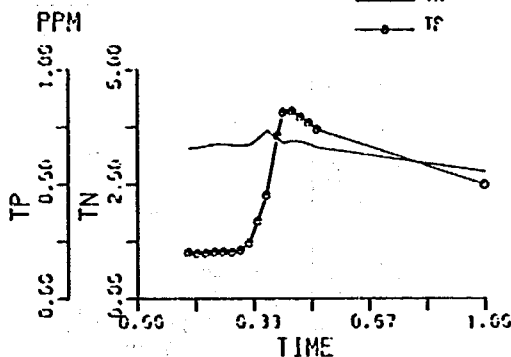


YACHIGAWA 82. 9.24

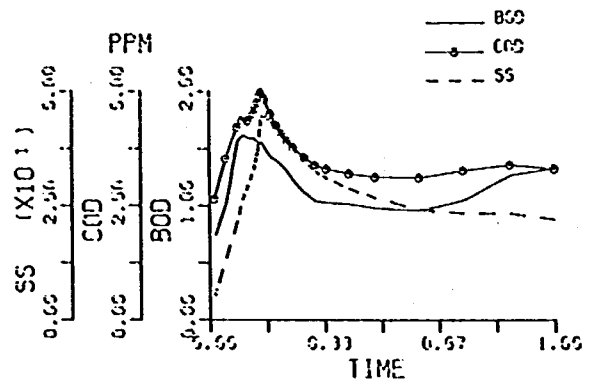
図 4.6(a) (その6) 出水中の平均水質の変化



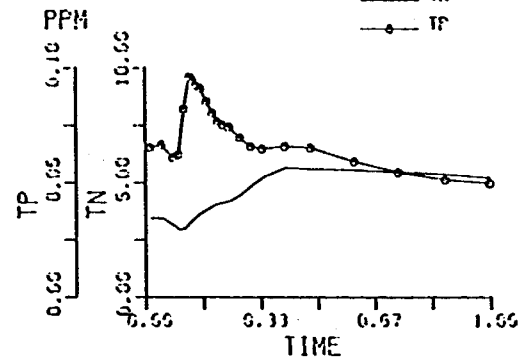
YACHIGAWA 83. 3.12



YACHIGAWA 83. 3.12

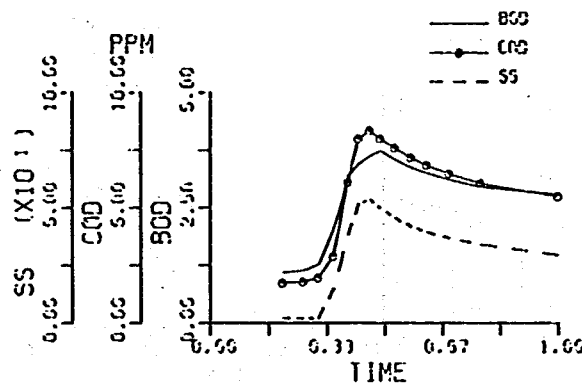


TASAIHASHI 79. 9.27

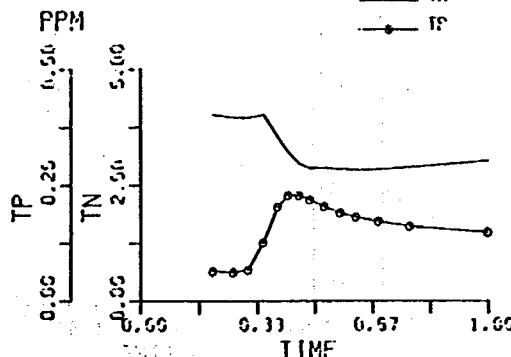


TASAIHASHI 79. 9.27

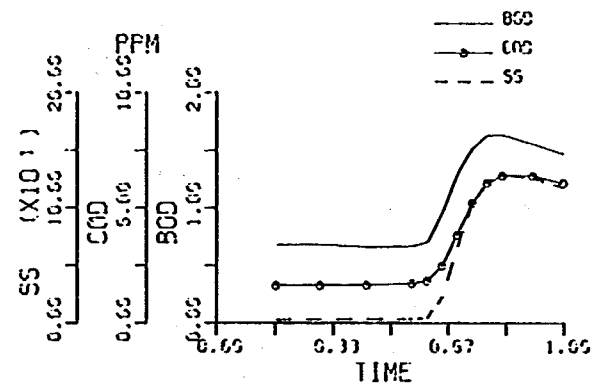
図 4.6(a) (その7) 出水中の平均水質の変化



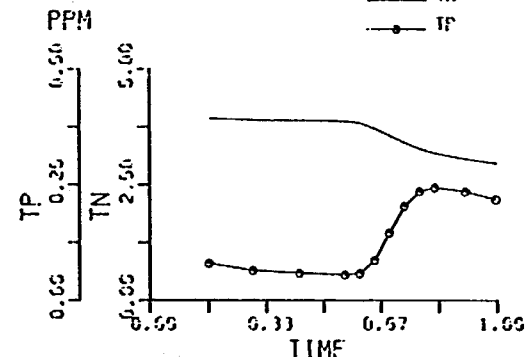
TASAIHASHI 80.10.13



TASAIHASHI 80.10.13

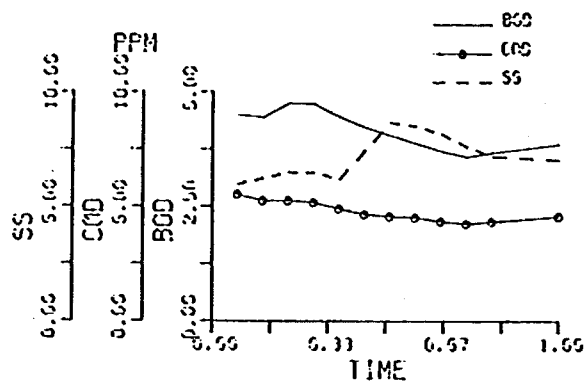


TASAIHASHI 82. 9.24

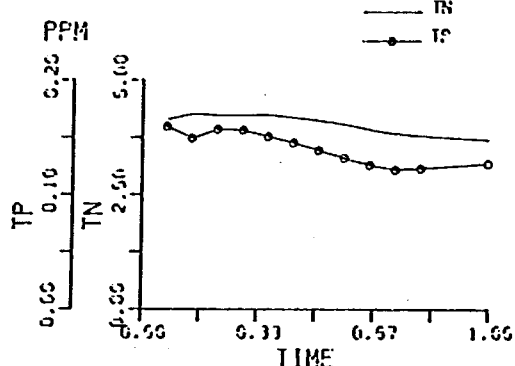


TASAIHASHI 82. 9.24

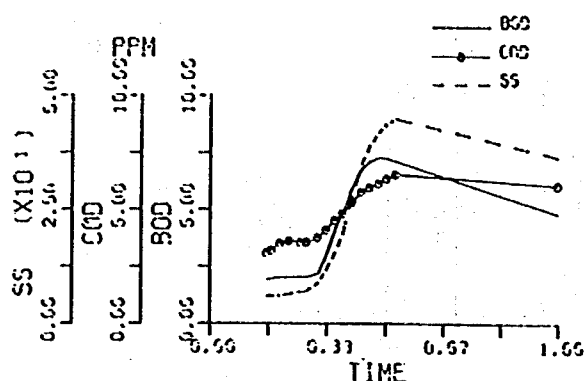
図 4.6(a) (その8) 出水中の平均水質の変化



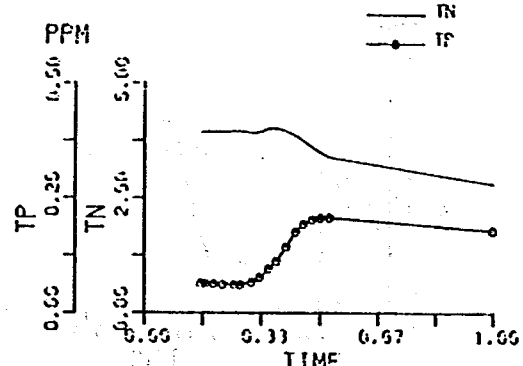
TASAIBASHI 82. 3.12



TASAIBASHI 82. 3.12

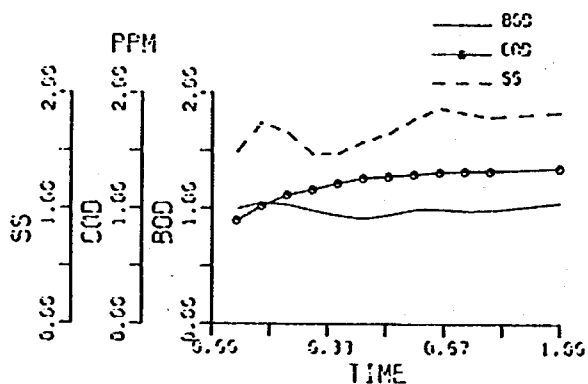


TASAIBASHI 83. 3.12

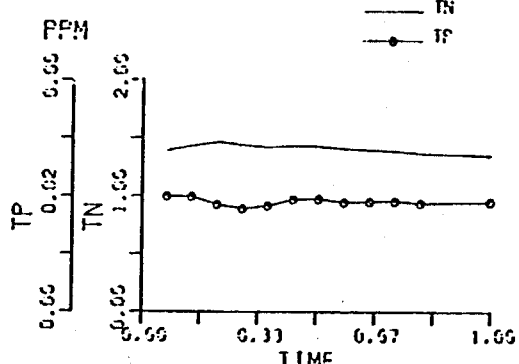


TASAIBASHI 83. 3.12

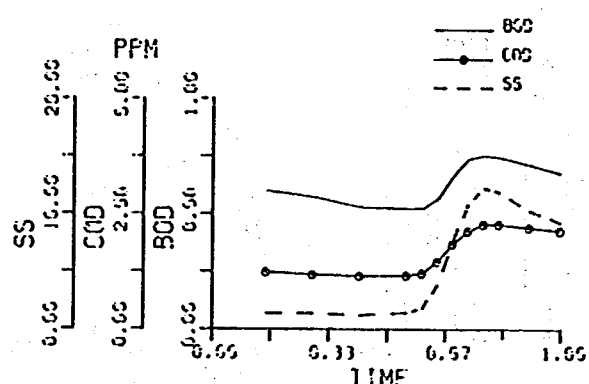
図 4.6(a) (その9) 出水中の平均水質の変化



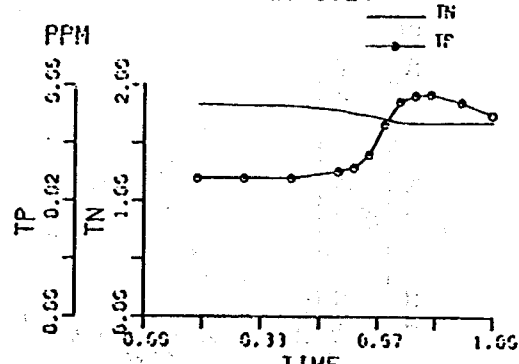
HOSOG 82. 3.12



HOSOG 82. 3.12



HOSOG 82. 9.24



HOSOG 82. 9.24

図 4.6(a) (その10) 出水中の平均水質の変化

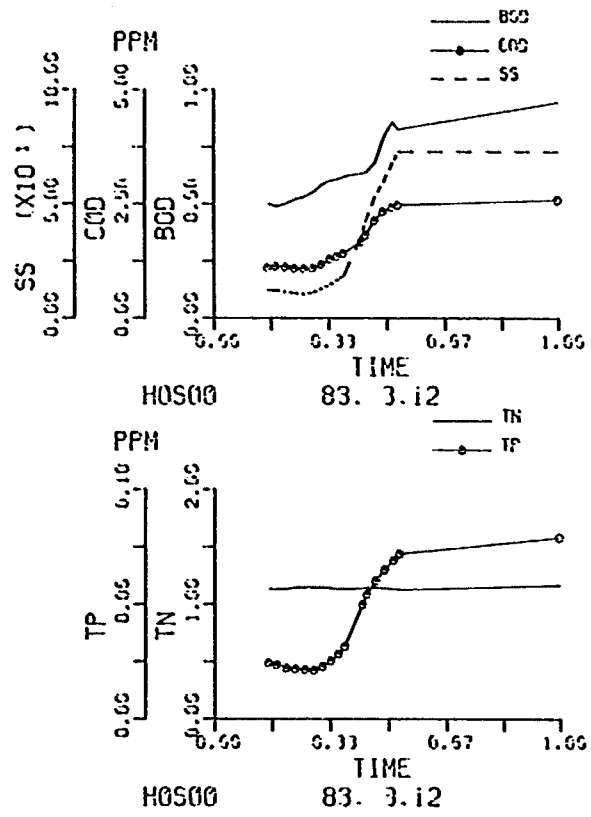


図 4.6 (a) (その 1 1) 出水中の平均水質の変化

付録 全調査結果数値表

TOSHIGESUI 79. 9.27

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
9	27	21	45	0.770	29.500	23.200	55.000	11.700	0.730
9	27	23	55	0.920	17.400	12.300	45.000	15.000	0.120
9	28	2	55	0.240	15.800	11.300	20.000	27.700	0.550
9	28	6	5	1.670	5.500	7.800	40.000	9.710	0.130
9	28	9	5	3.460	9.700	9.900	61.000	6.800	0.060
9	28	11	55	1.620	8.700	9.400	38.000	12.300	0.190
9	28	15	0	1.480	33.000	25.200	75.000	12.100	0.220
9	28	18	0	2.350	13.800	9.500	64.000	5.960	0.690
9	28	21	5	1.610	8.600	7.400	42.000	9.450	1.250
9	29	0	5	0.340	21.700	9.700	31.000	23.500	0.320
9	29	3	15	0.370	9.300	10.000	18.000	26.500	0.140
9	29	6	0	0.500	10.400	5.100	26.000	10.400	0.410
9	29	9	15	1.240	7.600	10.600	35.000	15.100	0.220
9	29	11	50	0.370	11.800	14.700	72.000	18.500	0.780
9	29	14	55	0.280	8.300	10.800	17.000	29.300	1.380
9	29	18	10	0.340	48.300	27.000	167.000	19.700	1.230
9	29	23	55	0.320	11.600	12.600	49.000	14.600	0.770
9	30	5	55	0.260	9.200	8.900	8.000	21.600	0.850
9	30	11	55	0.430	39.000	14.800	19.000	14.200	0.850
10	1	0	25	6.100	13.400	15.300	104.000	3.120	0.190
10	1	14	35	0.370	27.200	15.300	29.000	15.100	1.120
10	2	14	20	1.200	15.400	14.000	31.000	12.600	0.720
10	3	14	0	1.560	16.800	12.700	31.000	10.500	0.590
10	4	15	0	0.740	15.800	12.600	23.000	16.300	0.870
10	5	14	10	0.900	16.400	16.300	14.000	16.800	0.460

TOSHIGESUI 80.10.13

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
10	13	18	0	0.386	34.300	22.800	27.000	20.000	2.970
10	14	9	5	0.373	27.200	30.100	29.000	18.400	2.810
10	14	12	30	0.599	35.200	27.200	48.000	15.500	2.950
10	14	15	20	0.669	22.600	27.400	44.000	15.700	3.030
10	14	18	0	12.453	37.000	39.500	386.000	3.670	2.070
10	14	20	50	7.718	7.000	9.800	91.000	1.800	0.510
10	15	0	0	2.206	12.300	11.500	49.000	4.610	0.810
10	15	2	50	1.023	8.600	8.300	24.000	5.720	0.820
10	15	5	50	0.413	12.500	11.200	9.000	14.400	1.790
10	15	8	55	0.475	29.700	21.000	34.000	16.500	2.620
10	15	11	45	1.046	29.500	19.400	25.000	14.300	1.910
10	15	18	20	0.878	84.200	48.500	31.000	21.500	2.480
10	16	0	0	0.504	36.400	21.400	19.000	21.500	2.560
10	16	13	0	0.679	19.900	22.600	33.000	18.000	4.390

TOSHIGESUI 82. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	23	0	0.514	38.400	35.100	50.000	30.200	3.470
3	13	0	0	1.128	103.000	59.200	171.000	21.700	2.270
3	13	1	0	1.406	58.000	54.000	174.000	19.400	1.580
3	13	2	0	1.875	114.000	63.700	184.000	26.700	2.770
3	13	3	0	2.233	50.500	41.600	106.000	13.700	1.370
3	13	4	0	3.003	37.100	33.200	113.000	9.530	0.910
3	13	5	0	2.680	22.900	24.600	77.000	6.550	0.840
3	13	6	0	2.320	27.800	27.300	90.000	6.770	1.210
3	13	7	0	1.600	23.000	23.400	35.000	16.000	1.520
3	13	8	0	1.180	19.000	23.400	35.000	13.100	1.320
3	13	9	0	0.589	21.600	25.400	39.000	13.500	1.410
3	13	12	30	0.612	47.900	42.300	119.000	24.000	2.950

(Q : m³/s BOD, COD, SS, TN, TP : mg/L)

TOSHIGESUI 82. 9.24

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
9	24	16	40	0.760	11.600	19.500	19.000	13.400	4.510
9	24	21	0	0.780	14.100	20.500	18.000	14.100	2.100
9	24	23	55	1.150	36.100	27.600	64.000	3.790	1.700
9	25	3	5	0.920	10.900	17.300	13.000	9.970	1.610
9	25	6	0	3.250	9.300	12.000	34.000	6.150	1.020
9	25	7	0	14.600	8.700	11.500	132.000	2.400	0.710
9	25	8	0	16.340	7.400	13.600	137.000	1.610	0.570
9	25	9	0	12.100	6.100	17.800	148.000	1.370	0.570
9	25	10	0	9.020	3.400	10.100	69.000	1.540	0.430
9	25	11	0	2.390	5.100	10.600	82.000	2.290	0.540
9	25	12	0	2.000	10.000	13.100	33.000	4.360	0.910
9	25	14	0	1.100	14.300	16.100	26.000	8.090	1.760
9	25	16	0	0.740	21.600	18.300	24.000	11.800	2.510

TOSHIGESUI 83. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	21	0	0.300	25.600	36.000	32.000	23.900	2.260
3	13	3	0	1.220	38.600	27.600	59.000	13.500	1.640
3	13	4	0	1.160	60.800	28.600	101.000	15.200	1.800
3	13	5	0	1.100	20.800	21.700	40.000	9.830	0.900
3	13	6	0	1.080	19.200	17.700	39.000	11.300	1.020
3	13	7	0	1.030	11.100	15.500	38.000	9.770	0.810
3	13	8	0	1.390	15.100	18.200	33.000	6.880	0.690
3	13	9	0	2.580	35.000	21.700	164.000	6.760	1.120
3	13	10	0	3.410	22.700	25.200	122.000	6.730	1.210
3	13	11	0	3.120	27.100	26.600	159.000	6.200	0.980
3	13	12	0	4.270	16.800	22.300	111.000	3.060	0.840
3	13	13	0	2.950	16.200	26.800	83.000	4.070	1.120
3	13	14	0	3.300	11.200	17.500	60.000	3.630	0.580
3	13	15	0	3.200	11.600	13.500	71.000	3.750	0.610
3	13	16	0	2.710	9.600	13.800	61.000	4.370	0.520
3	13	17	0	2.230	10.200	14.300	42.000	5.210	0.570
3	13	18	0	1.040	12.300	14.500	38.000	6.750	0.680

SHIMONOKAWA 79. 9.27

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
9	27	21	10	0.230	11.700	11.600	13.000	3.540	0.260
9	28	0	30	0.480	6.600	6.100	25.000	2.480	0.080
9	28	3	20	0.280	2.600	4.800	13.000	2.960	0.040
9	28	6	38	1.130	1.700	3.400	17.000	1.680	0.060
9	28	9	23	1.700	4.300	5.600	62.000	10.200	0.090
9	28	12	20	0.440	11.100	8.300	20.000	1.880	0.280
9	28	15	30	0.310	7.000	5.200	9.000	1.980	0.110
9	28	18	38	1.820	14.500	8.600	10.000	1.420	0.110
9	28	21	30	0.690	4.400	3.200	7.000	2.170	0.080
9	29	0	30	0.330	2.600	2.600	8.000	4.660	0.080
9	29	3	45	0.280	2.700	2.600	9.000	4.700	0.040
9	29	6	33	1.850	3.000	5.100	105.000	1.680	0.300
9	29	9	40	1.130	4.500	6.300	26.000	2.160	0.080
9	29	12	23	0.420	3.900	6.000	10.000	3.680	0.050
9	29	16	5	0.320	10.000	7.500	4.000	6.380	0.230
9	29	19	15	0.320	9.300	7.300	43.000	4.350	0.330
9	30	0	50	0.320	5.800	6.000	49.000	5.690	0.070
9	30	6	45	0.420	1.400	2.900	18.000	4.870	0.060
9	30	13	50	0.350	6.600	5.200	17.000	7.330	0.120
10	1	0	45	10.910	2.500	4.900	88.000	7.800	0.070
10	1	14	55	0.280	12.700	7.800	51.000	4.410	0.220
10	2	14	35	0.630	6.600	6.200	13.000	6.700	0.130
10	3	14	10	0.670	6.900	8.200	10.000	5.710	0.160
10	4	15	20	0.360	13.700	9.700	7.000	11.100	0.270
10	5	14	30	0.630	7.200	5.400	3.000	11.600	0.380

(Q : m³/s BOD, COD, SS, TN, TP : mg/l)

SHIMONOKAWA 80.10.13

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
10	13	19	25	0.133	18.400	11.300	17.000	4.530	0.970
10	14	10	30	0.103	12.100	10.300	13.000	4.680	0.940
10	14	13	5	0.150	12.600	12.600	14.000	5.780	1.320
10	14	15	15	0.127	10.400	12.800	13.000	4.720	0.930
10	14	18	0	12.685	18.900	19.100	159.000	2.100	0.560
10	14	20	50	9.320	3.200	5.500	23.000	0.840	0.110
10	15	0	0	2.110	2.900	5.700	9.000	1.500	0.090
10	15	2	55	0.412	2.400	4.200	4.000	3.110	0.070
10	15	5	50	0.168	2.400	3.900	4.000	3.680	0.060
10	15	8	50	0.182	8.900	5.900	12.000	5.270	0.490
10	15	11	50	0.162	23.600	16.000	48.000	5.750	1.040
10	15	19	0	0.162	23.400	19.400	19.000	6.450	0.510
10	16	0	30	0.093	4.600	7.200	10.000	5.250	0.200
10	16	14	45	0.117	14.400	9.200	11.000	7.420	0.790

SHIMONOKAWA 82. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	23	0	0.030	51.900	20.800	20.000	4.190	1.020
3	13	0	0	0.214	207.000	70.200	229.000	15.700	3.000
3	13	1	0	0.471	287.000	131.000	530.000	16.400	5.040
3	13	2	0	0.485	41.200	31.200	73.000	5.290	0.860
3	13	3	0	0.485	19.400	22.900	24.000	3.530	0.470
3	13	4	0	0.840	28.900	23.400	152.000	3.950	0.700
3	13	5	0	0.852	56.700	33.700	209.000	6.480	1.680
3	13	6	0	0.597	20.700	20.200	66.000	2.120	0.370
3	13	7	0	0.350	18.400	17.300	44.000	2.330	0.670
3	13	8	0	0.215	23.900	18.900	28.000	2.730	0.740
3	13	9	0	0.166	15.700	12.000	14.000	2.460	0.230
3	13	10	0	0.099	17.800	16.600	14.000	2.970	0.350
3	13	13	0	0.033	20.400	16.300	13.000	3.550	0.670

SHIMONOKAWA 82. 9.24

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
9	24	16	40	0.150	3.600	4.800	10.000	5.440	0.100
9	24	21	0	0.120	2.900	3.800	7.000	6.150	0.110
9	25	0	0	0.140	3.100	3.900	8.000	6.140	0.170
9	25	3	0	0.110	2.100	4.300	10.000	3.800	0.110
9	25	6	0	0.790	2.000	4.400	12.000	2.270	0.130
9	25	7	0	3.610	11.600	10.300	75.000	2.590	0.650
9	25	8	0	6.530	3.400	7.600	78.000	0.880	0.230
9	25	9	0	6.520	2.000	9.300	72.000	0.820	0.280
9	25	10	0	6.210	3.200	5.700	38.000	0.780	0.130
9	25	11	0	2.220	1.800	6.900	14.000	0.760	0.080
9	25	12	0	1.090	3.500	4.300	9.000	1.100	0.060
9	25	14	0	0.520	2.400	4.800	10.000	1.290	0.080
9	25	16	0	0.250	2.800	4.900	8.000	4.390	0.080

(Q : m³/s BOD, COD, SS, TN, TP : mg/l)

SHIMONOKAWA 83. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	21	0	0.210	21.000	16,300	20.000	1.900	0.240
3	13	31	0	0.400	20.600	20.000	48.000	4.400	0.210
3	13	31	30	0.480	28.100	19.000	51.000	4.970	0.260
3	13	41	0	0.590	18.000	17.700	47.000	4.040	0.210
3	13	51	0	0.470	11.700	13.500	22.000	3.690	0.150
3	13	61	0	0.450	11.900	18,200	12.000	2,720	0.140
3	13	71	0	0.420	6.400	8,900	11.000	2,530	0.100
3	13	81	0	0.630	7.300	9,400	24.000	2,730	0.120
3	13	91	0	1.150	20.000	19.000	79.000	2,960	0.220
3	13	101	0	1.160	21.000	19,200	99.000	2,820	0.260
3	13	111	0	1,270	13.400	13,500	60.000	0,980	0.220
3	13	121	0	2.180	14.800	15,500	92.000	2,270	0.370
3	13	131	0	1.800	5.500	9,400	34.000	0,740	0.140
3	13	141	0	1,910	5.600	8,100	30.000	0,960	0.140
3	13	151	0	1,790	4.900	10,800	31.000	0,840	0.110
3	13	161	0	1,650	5.800	9,200	33.000	0,780	0.120
3	13	171	0	1,260	5.800	8,700	23.000	0,820	0.080
3	13	181	0	0.890	6.000	8,400	17.000	0,890	0.090

YACHIGAWA 82. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	23	0	0.019	6.400	8.000	28.000	4.400	0.280
3	13	01	0	0.019	6.900	9.700	31.000	3.880	0.360
3	13	11	0	0.025	8.400	7.100	49.000	4.060	0.390
3	13	21	0	0.058	9.900	10.900	35.000	3.820	0.360
3	13	31	0	0.058	9.300	11.500	33.000	3.820	0.360
3	13	41	0	0.025	7.600	12.500	41.000	4.090	0.390
3	13	51	0	0.058	10.400	16.000	128.000	4.070	0.620
3	13	61	0	0.058	7.100	10.700	51.000	3.480	0.390
3	13	71	0	0.060	5.700	8.200	25.000	3.120	0.290
3	13	81	0	0.058	8.600	8.600	46.000	3.360	0.370
3	13	91	0	0.041	6.400	8.500	19.000	4.800	0.310
3	13	101	0	0.040	6.300	9.600	13.000	5.950	0.320
3	13	121	40	0.034	5.900	10.900	11.000	4.450	0.330

YACHIGAWA 82. 9.24

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
9	24	16	40	0.240	1.600	2.900	18.000	2.900	0.070
9	24	21	0	0.230	1.500	2.600	28.000	2.960	0.090
9	25	01	0	0.230	1.700	3.200	13.000	3.020	0.070
9	25	21	50	0.210	1.400	3.100	10.000	2.700	0.060
9	25	61	0	0.360	1.300	3.800	26.000	2.400	0.090
9	25	71	0	0.760	4.700	10.000	133.000	2.820	0.380
9	25	81	0	1.720	9.000	18.700	305.000	4.420	0.940
9	25	91	0	1.930	7.600	22.100	352.000	2.690	0.860
9	25	101	0	1.960	4.100	14.400	265.000	2.370	0.630
9	25	111	0	1.640	2.300	7.600	86.000	1.870	0.310
9	25	121	0	1.250	1.900	5.800	41.000	1.950	0.200
9	25	141	0	1.080	1.200	4.100	24.000	2.280	0.120
9	25	161	0	0.870	1.100	3.200	13.000	2.010	0.080

(Q : m³/s BOD, COD, SS, TN, TP : mg/l)

YACHIGAWA 83. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	21	0	0.060	9.200	8.400	36.000	3.340	0.280
3	13	3	0	0.130	5.800	8.000	12.000	3.260	0.170
3	13	4	0	0.190	5.400	7.600	19.000	3.430	0.190
3	13	5	0	0.200	7.600	7.900	21.000	3.540	0.220
3	13	6	0	0.160	7.000	7.500	15.000	3.540	0.250
3	13	7	0	0.180	3.500	8.100	19.000	3.260	0.180
3	13	8	0	0.200	4.600	8.400	19.000	3.070	0.200
3	13	9	0	0.280	9.200	17.100	67.000	3.430	0.320
3	13	10	0	0.340	11.700	16.400	141.000	3.520	0.500
3	13	11	0	0.530	11.600	17.700	234.000	4.470	0.960
3	13	12	0	0.690	15.400	22.200	288.000	4.240	0.870
3	13	13	20	0.730	29.800	27.600	596.000	1.710	2.200
3	13	14	0	0.640	17.500	36.900	426.000	3.820	1.150
3	13	15	0	0.620	12.600	17.400	223.000	3.400	0.560
3	13	16	0	0.500	9.400	14.400	127.000	3.230	0.560
3	13	17	0	0.560	7.500	13.800	134.000	2.440	0.450
3	13	18	0	0.480	7.100	14.600	119.000	2.400	0.350
3	14	13	30	0.400	2.000	8.000	81.000	2.310	0.260

TASAI BASHI 79. 9.27

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
9	27	21	0	3.300	0.700	2.600	3.000	3.300	0.040
9	27	23	55	3.440	0.800	2.700	8.000	3.610	0.090
9	28	5	55	4.550	1.400	4.800	24.000	3.320	0.050
9	28	12	5	7.330	2.500	4.900	32.000	2.640	0.060
9	28	15	0	10.470	1.200	4.700	45.000	2.220	0.070
9	28	17	55	12.290	1.800	4.100	33.000	3.890	0.200
9	28	20	58	14.970	1.400	5.700	54.000	4.370	0.090
9	28	22	5	16.130	1.400	5.800	60.000	4.190	0.100
9	28	23	10	17.060	1.400	6.600	55.000	4.160	0.060
9	29	0	10	16.810	1.600	6.900	136.000	5.010	0.080
9	29	1	5	15.700	1.500	4.700	43.000	4.390	0.100
9	29	2	55	14.520	0.500	2.700	41.000	4.580	0.060
9	29	6	0	13.150	1.500	2.300	35.000	5.130	0.040
9	29	9	3	12.390	0.800	2.200	22.000	5.290	0.040
9	29	11	50	12.240	1.100	2.400	25.000	4.660	0.040
9	29	14	55	10.560	0.200	2.000	27.000	5.090	0.080
9	29	18	10	9.580	0.200	2.000	12.000	4.840	0.040
9	29	23	50	8.930	0.200	1.400	9.000	8.950	0.020
9	30	5	48	6.530	0.400	1.600	9.000	9.650	0.030
9	30	11	45	7.380	1.200	2.700	14.000	10.800	0.070
10	1	0	0	6.110	0.600	2.200	10.000	5.720	0.080
10	1	14	10	5.930	0.800	2.900	13.000	4.520	0.040
10	2	13	40	6.890	0.900	3.200	9.000	6.040	0.020
10	3	13	25	8.180	2.000	4.800	29.000	4.080	0.040
10	4	14	15	8.800	2.800	3.300	17.000	5.720	0.030
10	5	13	40	6.340	0.300	1.800	7.000	1.670	0.050

TASAI BASHI 80.10.13

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
10	13	18	55	0.482	1.000	1.800	3.000	4.230	0.080
10	14	8	30	0.493	1.200	1.700	2.000	3.810	0.050
10	14	12	20	0.493	1.300	2.300	2.000	3.640	0.060
10	14	15	10	0.493	3.000	3.800	4.000	4.250	0.140
10	14	18	0	3.517	3.400	4.600	42.000	4.100	0.240
10	14	20	45	8.550	4.700	11.000	69.000	2.660	0.290
10	14	22	45	8.550	3.200	12.200	84.000	2.420	0.260
10	15	0	50	10.175	4.800	6.800	38.000	2.280	0.200
10	15	2	55	4.998	2.800	5.700	22.000	2.900	0.130
10	15	5	45	4.156	1.800	4.200	16.000	2.910	0.090
10	15	8	45	3.571	2.000	3.000	8.000	2.400	0.060
10	15	11	45	3.070	1.900	3.500	16.000	2.870	0.110
10	15	16	0	2.875	1.600	2.600	10.000	3.050	0.070
10	15	21	55	2.362	1.700	2.600	12.000	3.740	0.070
10	16	12	35	1.945	2.400	3.000	4.000	3.610	0.110

(Q : m³/s BOD, COD, SS, TN, TP : mg/l)

TASAIBASHI 82. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	23	30	0.271	4.900	5.600	6.000	3.780	0.180
3	13	0	30	0.271	4.100	5.500	6.000	4.530	0.140
3	13	1	30	0.279	4.700	4.500	7.000	4.240	0.140
3	13	2	30	0.313	5.900	6.000	7.000	4.100	0.200
3	13	3	30	0.311	3.500	4.000	6.000	4.390	0.110
3	13	4	30	0.440	3.700	4.200	5.000	4.180	0.150
3	13	5	30	0.509	3.300	3.600	17.000	3.800	0.110
3	13	6	30	0.596	3.600	4.900	10.000	3.960	0.120
3	13	7	30	0.639	2.800	3.800	6.000	3.480	0.090
3	13	8	30	0.599	2.900	3.300	7.000	3.140	0.100
3	13	9	30	0.569	2.700	3.900	1.000	3.320	0.090
3	13	10	30	0.524	6.300	6.500	7.000	3.530	0.180
3	13	13	10	0.481	2.700	4.300	6.000	3.180	0.100

TASAIBASHI 82. 9.24

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
9	24	17	20	5.460	0.900	1.700	4.000	4.040	0.130
9	24	21	15	6.580	0.500	1.600	3.000	3.840	0.040
9	25	0	10	5.710	0.900	1.700	5.000	3.850	0.050
9	25	3	15	5.400	0.300	1.700	3.000	3.890	0.040
9	25	6	15	6.620	1.000	2.200	6.000	3.760	0.050
9	25	7	15	9.100	1.200	3.500	25.000	3.270	0.110
9	25	8	15	13.490	4.000	10.000	247.000	2.540	0.430
9	25	9	15	16.610	3.000	14.200	436.000	2.600	0.600
9	25	10	15	18.670	2.800	13.800	255.000	2.330	0.540
9	25	11	15	16.600	2.000	10.800	245.000	2.260	0.380
9	25	12	15	14.460	1.300	7.800	134.000	2.280	0.260
9	25	14	15	13.800	0.900	4.800	77.000	2.390	0.110
9	25	16	15	12.240	0.800	2.600	47.000	2.220	0.080

TASAIBASHI 83. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	21	0	0.290	1.500	2.900	5.000	4.030	0.070
3	13	3	30	0.350	2.300	3.300	7.000	3.860	0.060
3	13	4	0	0.470	2.300	4.900	7.000	4.080	0.070
3	13	5	0	0.460	2.300	5.200	6.000	3.800	0.050
3	13	6	0	0.470	1.900	3.300	11.000	3.960	0.060
3	13	7	20	0.510	2.200	3.300	8.000	4.170	0.060
3	13	8	0	0.480	1.800	4.000	11.000	3.620	0.060
3	13	9	15	0.750	3.800	5.500	23.000	3.760	0.120
3	13	10	10	1.030	10.600	6.400	35.000	4.320	0.160
3	13	11	10	1.160	10.600	7.300	36.000	4.530	0.230
3	13	12	0	1.190	9.500	6.600	62.000	3.520	0.220
3	13	13	5	1.540	13.400	9.000	80.000	3.660	0.380
3	13	14	10	1.590	9.400	7.600	67.000	3.010	0.340
3	13	15	5	1.680	9.400	7.300	70.000	2.680	0.290
3	13	16	5	1.650	7.400	7.700	58.000	2.380	0.260
3	13	17	0	1.730	6.700	8.900	64.000	2.520	0.220
3	13	18	0	1.730	5.200	7.700	46.000	2.510	0.220
3	14	12	40	1.120	0.300	2.700	8.000	2.300	0.070

HOSOO 82. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	23	0	0.092	0.900	0.700	1.000	1.370	0.020
3	13	0	0	0.092	1.100	1.100	2.000	1.420	0.030
3	13	1	0	0.094	1.100	1.200	2.000	1.520	0.020
3	13	2	0	0.098	0.900	1.400	1.000	1.540	0.020
3	13	3	0	0.110	0.800	1.200	1.000	1.220	0.020
3	13	4	0	0.122	0.800	1.600	2.000	1.510	0.030
3	13	5	0	0.125	0.800	1.300	2.000	1.450	0.030
3	13	6	0	0.139	1.400	1.400	2.000	1.360	0.020
3	13	7	0	0.136	1.100	1.400	3.000	1.240	0.020
3	13	8	0	0.125	0.900	1.500	2.000	1.420	0.030
3	13	9	0	0.132	0.800	1.300	1.000	1.220	0.020
3	13	10	0	0.130	1.300	1.400	2.000	1.150	0.020
3	13	12	45	0.117	1.300	1.500	2.000	1.440	0.030

(Q : m^3/s BOD, COD, SS, TN, TP : mg/l)

HOS00

82. 9.24

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
9	24	17	30	1.240	0.600	1.200	1.000	1.740	0.030
9	24	21	0	0.900	0.600	1.300	2.000	1.970	0.030
9	25	0	0	1.230	0.500	1.000	1.000	1.700	0.030
9	25	3	0	1.300	0.400	1.200	1.000	1.920	0.030
9	25	6	0	1.450	0.600	1.200	3.000	1.490	0.040
9	25	7	0	1.740	0.500	2.100	8.000	1.470	0.040
9	25	8	0	3.400	1.000	3.600	21.000	1.710	0.060
9	25	9	0	4.870	1.200	3.600	28.000	1.470	0.080
9	25	10	0	4.850	1.000	3.400	25.000	1.580	0.060
9	25	11	0	5.950	0.700	2.700	15.000	1.700	0.050
9	25	12	0	5.360	0.700	1.900	4.000	1.620	0.050
9	25	14	0	5.360	0.500	2.000	5.000	1.770	0.030
9	25	16	0	4.920	0.500	1.600	4.000	1.580	0.030

HOS00

83. 3.12

M	D	H	M	Q	BOD	COD	SS	TN	TP
3	12	20	50	0.030	0.500	0.600	6.000	1.110	0.010
3	13	3	0	0.080	0.500	1.300	15.000	1.140	0.030
3	13	3	55	0.080	0.400	1.300	8.000	1.100	0.010
3	13	5	0	0.080	0.700	0.800	8.000	1.220	0.020
3	13	6	0	0.060	0.600	1.000	8.000	1.220	0.020
3	13	7	5	0.130	0.600	1.100	9.000	1.130	0.020
3	13	8	5	0.150	0.700	1.200	21.000	1.130	0.020
3	13	9	3	0.180	0.800	1.900	23.000	1.160	0.040
3	13	10	0	0.190	0.600	2.000	26.000	1.030	0.040
3	13	10	50	0.190	0.700	1.600	39.000	1.170	0.060
3	13	11	30	0.190	0.800	2.600	34.000	1.090	0.070
3	13	13	30	0.320	0.600	2.300	115.000	1.200	0.120
3	13	14	0	0.310	0.800	4.800	131.000	1.150	0.100
3	13	15	0	0.320	1.100	3.800	118.000	1.160	0.100
3	13	16	0	0.350	2.100	3.700	100.000	1.030	0.100
3	13	17	0	0.380	0.600	2.600	154.000	1.130	0.100
3	13	17	40	0.420	0.400	3.500	115.000	1.020	0.110
3	14	11	50	0.260	2.000	1.300	6.000	1.460	0.040

(Q : m³/s BOD, COD, SS, TN, TP : mg/l)

河川の汚濁源に関する調査報告書

ISSN 0386-5878

第 2230 号

昭和60年3月 (1983)

馬場 洋二 松浦 茂樹
浅野 富夫 谷本 光司
綿貫 克彦

要旨 河川等公共用水域に供給される汚濁物質は、点源負荷と非点源（面源）負荷とに大別される。雨天時には降雨を介して多量の非点源負荷が流出してくる。そのため、河川等公共用水域の水質保全の観点から、雨天時における汚濁物質の流出機構の解明ならびにその量的把握が望まれている。都市河川研究室では、昭和54年度～57年度の4ヶ年にわたり、多摩川上流域の雨天時水質観測を実施した。本報告書は、そのデータに基づき、種々の検討を行った結果をとりまとめたものである。

キーワード：汚濁源，非点源，雨天時水質，雨天時汚濁流出
原単位一

郵便はがき

305-□□

いっ
て手
下を
さは

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

都市河川研究室 行

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第2230号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

