

土木研究所資料第2018号

閉鎖性水域における栄養塩負荷削減の
効果評価に関する調査(1)

下水道整備による流出負荷量の削減と
年間流出負荷量の推定

昭和58年 8 月

建設省土木研究所
水 質 研 究 室

Copyright © 1983 Fiscal Year by P.W.R.I.

All right reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director 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、複写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。

目 次

1. はじめに	1
2. 調査方法	2
2.1 調査地域の概要	2
2.1.1 我孫子市宿排水区	2
2.1.2 我孫子市常盤排水区	2
2.1.3 柏市大堀川右岸第2排水区	2
2.2 調査方法	4
3. 調査結果および考察	5
3.1 晴天時流出汚濁負荷量と下水道整備にともなう削減効果	5
3.2 雨天時における汚濁流出特性	9
3.3 年間流出汚濁負荷量の推定	12
3.3.1 降水量	12
3.3.2 地点No.1における年間流出負荷量の推定	16
3.3.3 地点No.2における年間流出負荷量の推定	22
3.3.4 地点No.4における年間流出負荷量の推定	28
3.3.5 考 察	32
4. まとめ	33
5. 謝 辞	34

1. はじめに

富栄養化した閉鎖的な水域では栄養塩による水域内での有機物の生産、いわゆる内部生産によって有機性汚濁が進行している場合が多く、内部生産の機構についてはある程度明らかになりつつあることから、これらを含めた水質のシミュレーションもいくつか実施されている。また、湖沼の富栄養化が社会的な問題となっている中で、新たに湖沼のリンと窒素の環境基準が設定され、さらに湖沼や閉鎖性海域に対するリンと窒素の排出基準も近い将来設定される予定である。

このような状況下で、閉鎖性水域へ流入する栄養塩負荷を削減するのに最も効果的な対策の1つとして挙げられるものに下水道施設の建設がある。しかし、下水道施設の建設による汚濁物の削減効果は、浮遊性物質と有機物についてはある程度評価されているものの、栄養塩についてはあまり明らかにされておらず、さらにその削減によって閉鎖的な水域がどのように改善されていくかということも明らかでない。

そこで、当研究室では昭和55年度から、富栄養化の進行している千葉県の手賀沼をとりあげ、その周辺で進められている下水道及び終末処理場の建設に伴って、栄養塩負荷がどの程度削減されるかを明らかにし、その削減によって閉鎖的な水域の水質がどのように改善されていくかを評価するために調査を開始した。

その中で、本報告書は昭和55年度から57年度にかけて実施した排水区から流出する汚濁物負荷量調査についてまとめたものである。本調査を開始した昭和55年度はまだ下水道が供用開始になっておらず、56年度から一部の排水区で供用開始となった。57年度に至っても下水道へのつなぎ込みの割合は伸びており、今後さらにその割合は高くなるものと予想されるが、これまで3ケ年にわたる調査によって、下水道の普及による晴天時流出負荷の削減が顕在化し、雨天時も含めた年間流出負荷量の推定方法について検討したので、その中間的な報告としてまとめたものである。

2. 調査方法

2.1 調査地域の概要

千葉県では手賀沼の水質保全を図るため流域下水道計画を立て、昭和46年度から手賀沼流域下水道事業に着手し、昭和55年度末から一部供用を開始している。手賀沼流域下水道計画の概要は、事業費1,500億円、計画面積11,187ha、計画人口89万人であり、関係市町村は我孫子市、鎌ヶ谷市、柏市、流山市、松戸市、沼南町、印西町、白井町の5市3町である。

調査地域の概要を図-1に示す。55年度現在で下水道へ取り込まれていない区域を我孫子市側2区域、柏市側1区域設定した。以下、これらの地域の概要について述べる。

2.1.1 我孫子市宿排水区（地点No1）

この排水区は、面積27.7ha、人口2,200人（56年度末）、世帯数740世帯で、我孫子駅の南側に位置し、商業及び住居地区である。土地利用形態をみると、一般住宅地区51%、中高層住宅地区4%、商業地区22%、公園、森林、畑地、空地の合計1%、道路21%、その他1%である。

56年4月より下水道の供用が開始されており、56年度中におけるつなぎ込みの割合は36%（270世帯）、57年度中では7%（50世帯）、合計43%である。

2.1.2 我孫子市常盤排水区（地点No2）

この排水区は面積21.3ha、人口1,900人（昭和57年3月1日現在）、630世帯である。土地利用形態をみると、一般住宅地区48%、中高層住宅地区6%、文教地区9%、公園、森林、畑地、空地の合計24%、道路13%である。この地区では大規模団地の開発が行われ、56年度に220世帯、770人、57年度に30世帯、100人が入居している。この団地で発生する汚水はすべて下水道へ取り込まれており、下水道の普及率は40%になる。しかし、この団地以外では下水道へのつなぎ込みが行われていない。

2.1.3 柏市大堀川右岸第2排水区（地点No4）

この排水区は面積90ha、人口8,500人、世帯数2,800世帯である。土地利用形態は一般住宅地区42%、中高層住宅地区3%、商業地区4%、文教地区4%、公園、森林、畑地、空地の合計33%、道路11%、その他3%である。

56年度におけるつなぎ込み世帯数670世帯、人口2,400人（28%）、57年度ではつなぎ込み世帯数470世帯、1,500人（18%）であり、合計46%の普及率になる。

柏市全体の下水道及び浄化槽などの普及率は57年4月1日現在、下水道16.8%、浄化槽41.3%、汲み取り41.9%である。柏市、我孫子市では浄化槽が非常に普及しており、下水道以外の

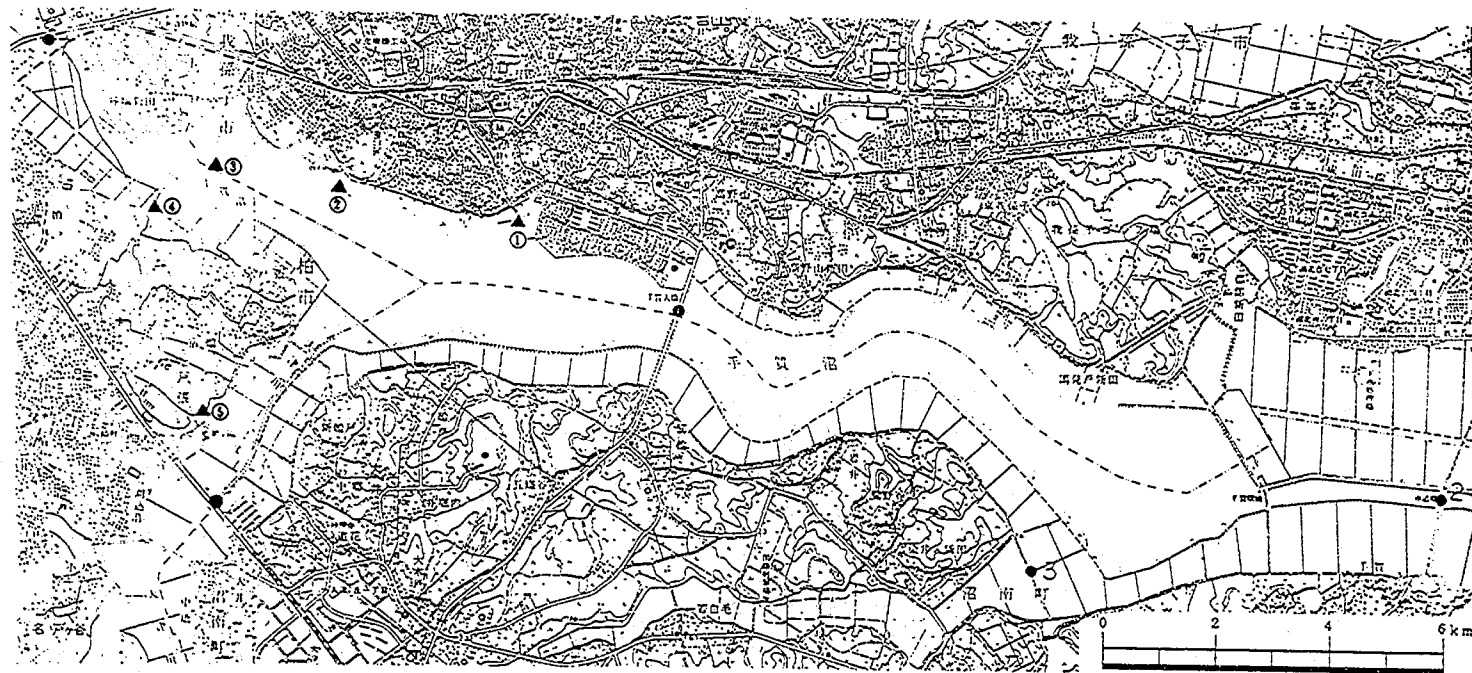


図-1 調査地域の概要図

▲ 調査地点 (排水路)

① 我孫子市宿排水区 ② 我孫子市常盤排水区 ④ 大堀川右岸第2排水区

浄化槽と汲み取りの割合はほぼ1 : 1といえよう。

2.2 調査方法

生活環境の保全に係る環境基準では、手賀沼はB類型に指定されている。環境庁の調査によれば、手賀沼の基準点におけるCODは51年度17.0 mg / l , 52年度18.3 mg / l , 53年度25.0 mg / l , 54年度27mg / l であり、54年度調査した湖沼の中では最も汚濁した湖沼であった。

本調査は我孫子市及び柏市から手賀沼へ流入する排水路で、排水の流量と水質について測定した。調査は晴天時と雨天時についてそれぞれ実施している。

晴天時の調査は昭和55年7月から58年3月まで、延べ22地点・回実施している。調査は当初一昼夜(24時間)行っていたが、その後深夜の流出負荷量は非常に小さいことが判明したので、深夜の調査は実施しないこともあった。流量観測は各調査回ごとに実施し、断面の測定と1～2時間ごとの浮子による流速測定から流量を算出した。流量観測時には採水を行い、水温とPHについては現場で、その他の項目については分析室に持ち帰り分析した。

雨天時の調査は昭和55年10月から昭和58年3月まで、延べ22地点・回実施している。流速は10～20mの区間で浮子を流し、必要に応じて5～30分毎に観測し、流量を算出した。水温とPHは各現場で採水時に測定し、その他の項目については分析室に試料を持ち帰り実施した。降水量データとしては気象庁のアメダス観測網の1つである我孫子自動観測所の時間降水量を用いた。

3. 調査結果および考察

3.1 晴天時流出汚濁負荷量と下水道整備に伴う削減効果

表-1. 各調査地点における晴天時の比汚濁負荷量(g/ha/日)と比流量(m³/ha/日)

	No. 1			No. 2		No. 4		
	1980(2)	1981(2)	1982(3)	1981(4)	1982(3)	1980(3)	1981(2)	1982(3)
Flow	78.8	88.4	79.3	20.5	44.8	45.1	32.3	32.2
BOD	3,340.0	3,800.0	2,500.0	1,210.0	1,800.0	1,970.0	2,330.0	2,050.0
COD	2,190.0	2,300.0	1,480.0	588.0	1,090.0	1,370.0	1,360.0	928.0
D-COD	1,380.0	1,520.0	972.0	380.0	676.0	832.0	779.0	541.0
TOC	2,190.0	2,870.0	1,540.0	675.0	1,050.0	1,480.0	1,640.0	755.0
D-TOC	1,350.0	—	859.0	575.0	518.0	832.0	894.0	422.0
SS	5,090.0	3,810.0	1,550.0	1,060.0	1,500.0	1,730.0	1,790.0	1,410.0
TS	22,700.0	27,300.0	22,800.0	7,400.0	13,900.0	18,700.0	12,000.0	11,500.0
TP	188.0	150.0	109.0	45.9	84.5	124.0	71.8	57.4
D-TP	120.0	112.0	82.4	39.3	62.6	86.6	60.0	34.5
D-OP	84.3	92.1	72.0	33.1	55.7	69.7	47.8	27.2
TN	1,080.0	908.0	712.0	322.0	908.0	694.0	499.0	441.0
D-TN	851.0	745.0	571.0	288.0	782.0	535.0	468.0	342.0
NH ₄ -N	538.0	574.0	412.0	160.0	458.0	343.0	321.0	235.0
NO ₃ -N	151.0	69.5	21.4	80.9	166.0	91.3	54.7	26.4
NO ₂ -N	44.4	40.3	23.8	10.3	42.7	22.7	20.3	27.9

* 観測回数

表1は過去3ヶ年の晴天時汚濁負荷量調査の結果をまとめたものである。同表は比流量(m³/ha/日)と比汚濁負荷量(g/ha/日)として算出している。

地点 No. 1 は56年度からつなぎ込みが開始され、その割合は56年度が36%, 57年度までで43%である。55年度と56年度の値を比較すると有機物に関する指標では56年度の方がやや高目の値を示しており、TNとTPは10%程度減少しているものの、下水道へのつなぎ込みの効果ははっきりと現われていない。しかし、57年度ではその効果が顕著になり、55年度の負荷量に比べるとBOD 25.1%, COD 32.4%, TOC 29.7%, TP 34.3%, TN 34.1% 減少している。

地点 No. 2 は新たに開発された大規模団地の排水のみが下水道へ取り込まれている。このため、56年度と57年度の汚濁負荷量は同程度になる筈であるが、両者を比較すると57年度の負荷量が1.5~2倍程度増大している。この原因は明らかでないが、団地開発に伴って流路変更などがあったものと考えられる。

地点 No. 4 は56年度からつなぎ込みが開始され、その割合は56年度が28%, 57年度までで

46%である。55年度と56年度の負荷量を比較すると、有機物に関する項目はほぼ同等か、むしろ56年度の方が大きくなっている。しかし、TPとTNはそれぞれ42.1%、28.1%減少している。このことは下水道の普及によってまず窒素とリンの削減が先行するものといえよう。57年度になると、負荷量削減効果は一層顕著になり、BODはほとんど減少しないものの、COD 32.3%、TOC 48.3%、TP 53.7%、TN 36.5%減少している。BODだけ減少傾向がみられなかった原因は明らかでないが、BOD成分は他の項目に比べて分解され易く、浄化槽や水路内で分解されるため、その削減効果は相対的に小さくなるためと考えられる。

下水道へのつなぎ込みが始まる以前の比汚濁負荷量を地点 No. 1 (55年度)、No. 2 (56年度 57年度の平均と考える。)、No. 4 (55年度)で比較すると、地点 No. 1の比汚濁負荷量を100とした場合、No. 2のBODの比負荷量は45%、No. 4は59%になる。同様にして、CODの比負荷量はNo. 2が38%、No. 4が63%、TOCではそれぞれ39%と67%、TPではそれぞれ39%と75%、TNではそれぞれ57%と64%である。地点 No. 1、No. 2、No. 4の排水区の人口はそれぞれ1 ha 当り79人、89人、94人であり、晴天時の比汚濁負荷量はその人口とあまり関係ないように見受けられるが、排水区の土地利用形態や水路内での蓄積量(すなわち、雨天時の流出負荷量に係る。)から評価していく必要がある。

表-2は各地点における晴天時の1人1日当りの流量と流出負荷量を示したものである。地点No. 1と他の2点では流量に2倍程度の差が認められる。家庭汚水量は基礎家庭污水(一般家庭からの污水)と、営業污水(事務所、病院、その他の事務所からの污水)に分けて考えられている。基礎家庭汚水量としては1人当り約300~350ℓが用いられている¹⁾。営業污水は地域的な差異が生ずるのが普通である。表-3は用途地域別の営業用水率²⁾を示したものである。我孫子市宿排水区のように商

表-2 各地点における晴天時の1人1日当りの流量と負荷量

	No. 1	No. 2	No. 4
FLOW	991.00	510.00	478.00
BOD	42.10	23.60	20.90
COD	27.60	13.00	14.50
D-COD	17.10	8.27	8.81
TOC	27.60	13.50	15.40
D-TOC	17.00	8.55	8.81
SS	64.10	20.10	18.40
TS	286.00	167.00	198.00
TP	2.09	1.02	1.32
D-TP	1.51	0.80	0.92
D-OP	1.06	0.69	0.74
KN	11.10	7.26	6.14
D-KN	8.27	5.88	4.46
NH ₄ -N	6.77	4.84	3.64
NO ₃ -N	1.90	1.93	0.97
NO ₂ -N	0.56	0.41	0.24
TN	13.60	9.62	7.35
D-TN	10.70	8.20	5.67

流量 ℓ/人・日, 汚濁負荷量 g/人・日

業地区が22%ある場合には、基礎家庭汚水量 $300 \sim 350 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ と商業地域からの営業用水量 $180 \sim 280 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ が考えられ、その合計は $480 \sim 630 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ になる。この値は実測値 $991 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ に比べてかなり小さいが、その1つの理由としてこの排水区内に排水量 $570 \text{ m}^3/\text{日}$ の生糸製造工場があるためと考えられる。この水量は $259 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ に相当するので、この排水区の流出水量は $739 \sim 889 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ になり、さらに自然流量などを考え合せると実測値に近づくものと考えられる。また、我孫子市常盤排水区と柏市大堀川右岸第2排水区にはほとんど商業地区がなく、住居、公園、森林などである。このことから、基礎家庭汚水量 $300 \sim 350 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ と住居地域からの営業用水量 $90 \sim 105 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ があり、その合計は $390 \sim 455 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ になる。さらに、この2つの排水区には森林などが多いので、自然流量的なものがあると考えられる。この流量を直接測定することは困難なので、昭和55年の流量年表³⁾から推定することとした。同年表によると、利根川水系12河川の34観測所で観測されたおよそ20年間の低水流量時(当年内を通じ275日これを下らない流量)の比流量は $0.06 \sim 2.88 \text{ m}^3/\text{sec}/100 \text{ Km}^2$ で、その平均は $1.14 \text{ m}^3/\text{sec}/100 \text{ Km}^2$ である。この平均値をもとにして、この2排水区の自然流量分を求めると、 $105 \sim 110 \ell/\text{人} \cdot \text{日}$ になる。従って、基礎家庭汚水量、営業用水量及び自然流量

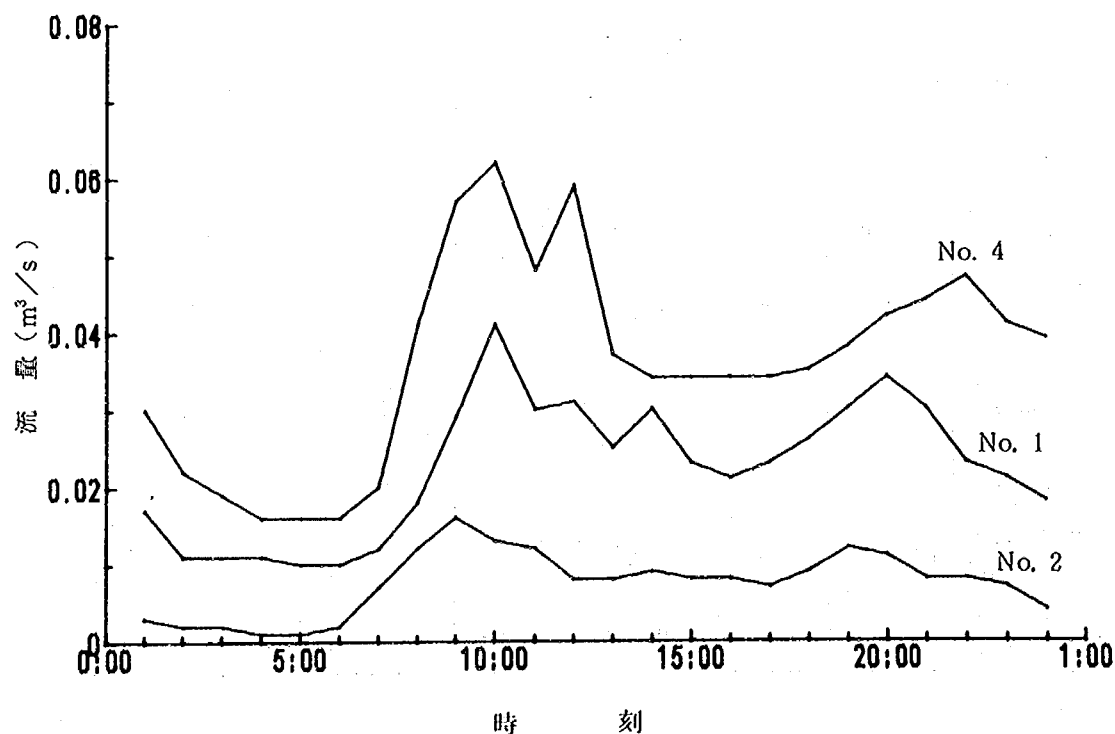


図-2 各地点における平均的な流量パターン

表-3 用途地域別の営業用水率(下水道施設設計指針と解説)

用途地域	営業用水率 ^{*1}	営業用水量 ^{*2} (ℓ/人・日)	備 考
商業地域	0.6～0.8	180～280	用途地域別に営業用水量と営業用水率の相関を求め、1人当り基礎家庭用水量に対する率として表わしたものである。
住居地域	0.3	90～105	
準工業地域	0.5	150～175	
工業地域	0.2	60～70	

(注) *1 都市の規模によって多少の変動がある。

*2 基礎家庭用水率 300～350 ℓ/人・日のときの値。

表-4 1人当り汚濁負荷量(g/人・日)の実態調査等の例

項目 調査機関	BOD ₅	COD	SS	T-N	T-P	PO ₄ -P	備 考
洞 沢 (昭41-4)	36	—	—	—	—	—	下水道協会誌 (昭41-4)
土 研 (昭43)	39.5	—	40.5	7.0	—	1.1	—
建設省 (昭45)	44.25	—	27.67	12	1.4	—	第8回下水道 研究発表会
建設省 (昭47)	54	—	41	13.5	1.5	—	—
建設省 (昭53)	48.5	26	33.5	10.5	2.9	—	—
兼 予 ら (昭52)	51.5	22	34	8.4	1.6	—	第14回下水道 研究発表会
浮 田 ら (昭53)	—	—	—	11.4	1.9	—	公害と対策 vol.14 No.11
ド イ ツ (Imocff)	54	—	—	12.8	2.25	—	—
アメリカ (Mercaif)	700.6	45.8	40.1	—	—	—	合流式大都市
アメリカ (全国調査)	76	—	91	—	—	—	—

の和は 495 ~ 565 ℓ /人・日という範囲になり、実測された流量もほぼこの範囲に入っている。

図-2 は 3 排水区の平均的な流量パターンを示したものである。10 時前後と 20 時前後に流量ピークが認められ、深夜の流量がその他の時間帯に比べて極端に少なくなっている。この流量パターンは家庭污水のみを受け入れている下水処理場の流入水パターンに似ていることから、この排水区の晴天時の排水はほとんど家庭污水に起因しているものと考えられる。

表-4¹⁾ はこれまでに調査された 1 人当たり汚濁負荷量の例を示したものである。同表によると、我国の汚濁負荷量は BOD₅ が 36 ~ 54 g/人・日、COD が 22 ~ 26 g/人・日、SS が 27.7 ~ 41 g/人・日、T-N が 7 ~ 13.5 g/人・日、T-P が 1.4 ~ 2.9 g/人・日になる。これらの値と表-2 に示された下水道へとり込まれる以前の汚濁負荷量を比べると、地点 No. 2 及び No. 3 では T-N を除いていずれも表-4 の範囲を下まわっており、流路内での蓄積量が多いものと推定される。また、地点 No. 1 ではすべての項目が表-4 の範囲内か、あるいはそれ以上の値となっている。この排水区内での汚濁物の蓄積量が少ないこと、商業地区からの負荷量が大ききこと、生糸製造工場からの工場排水の負荷があること、などが流出負荷量の大きくなっている原因と考えられるが、雨天時における調査と合せて評価していく必要がある。

3.2 雨天時における汚濁物流出特性

市街化区域から雨天時に流出する流量と汚濁負荷量の関係は、出水時における増水時と減水時では異なっている。山口ら⁴⁾ は水文学的な解析により、図-3 に示すような汚濁負荷の流出特性の概念図を得ている。水質項目によってその程度は異なるが、図-3(a) は横軸に流量、縦軸に濃度又は負荷量をとると、両者の関係は時計廻りのループを描くことを示している。

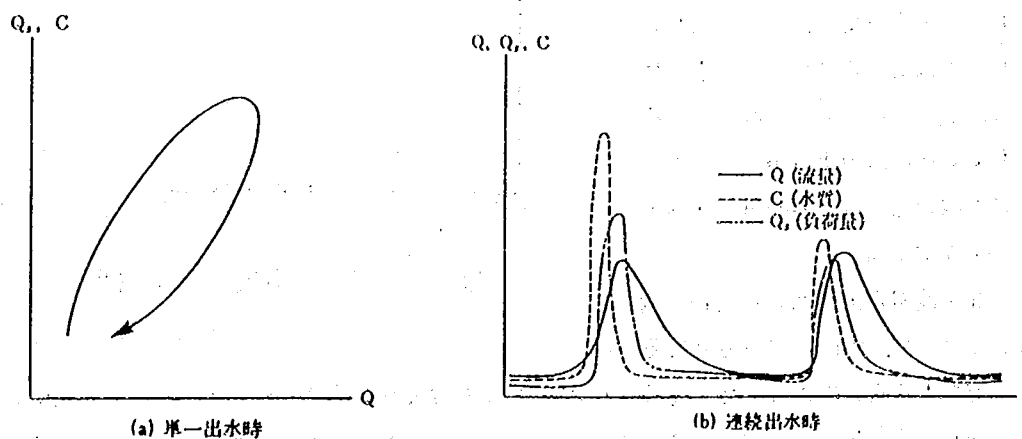


図-3 汚濁負荷流出特性の概念図(汚濁型の水質項目の例)

図-3(b)は、先行する出水があると、後の出水時の負荷量はそれが無い場合に比較して少ないこと、逆に長期間出水が無かった後の出水時には多くの負荷量が流出することを模式的に示している。

図-4～図-8は昭和55年10月14日に地点 No. 4で観測された S S, B O D, C O D, T P, K N の流量と負荷量の関係を示しており、これらの図からも時計廻りのループが描かれているのがわかる。この時の降水量は51mmで、先行晴天日数は16日であった。

また、図-9は同じく昭55年10月14日に観測された地点 No. 4のポリユトグラフを示している。同図からも明らかなように、汚濁物の種類によって、その流出特性が異なることは容易に想像される。増水時のパターンを比べると、流量のパターンによく似ているのが C O D と S S である。B O D, T P, T N は出水時初期にかなり流出し、ピーク流出時でも、著しい負荷量ピークは認められない。減水時には、流量に比べていずれの汚濁物質も急速に減少するが、T P と T N の減少傾向は他の物質に比べて緩やかである。

流出流量と流出汚濁負荷量の関係について、山口ら⁴⁾は汚濁負荷

を流送する能力に着目した「流送能力」型モデルと汚濁負荷量のポテンシャルをも考慮した「流送能力・供給関数」型モデルとを用いて検討し、電気伝導度、濁度、 KMnO_4 消費量は「流送能力」型モデルで十分にシュレージョンできるが、人為的な排出源に主として依存すると考えられる項目については「流送能力・供給関数」モデルの方が適合性が良いとしている。

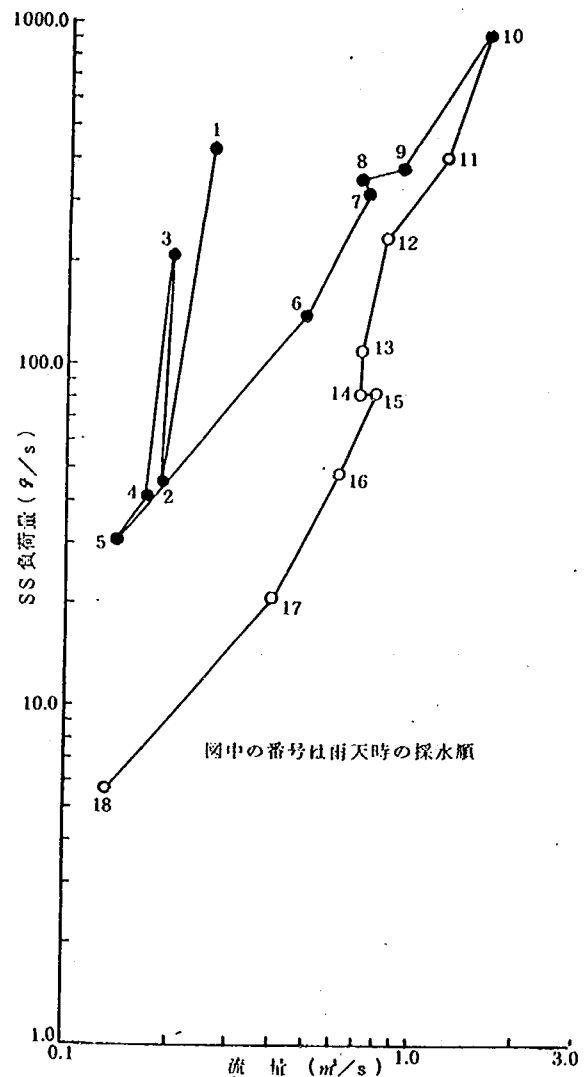


図-4 S S 負荷量と流量の関係

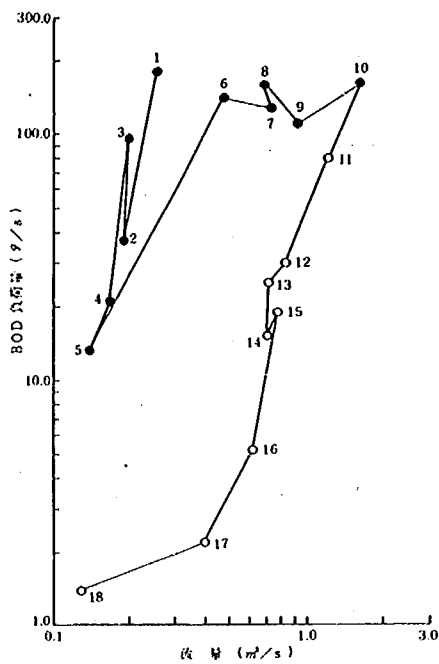


図-5 BOD負荷量と流量の関係

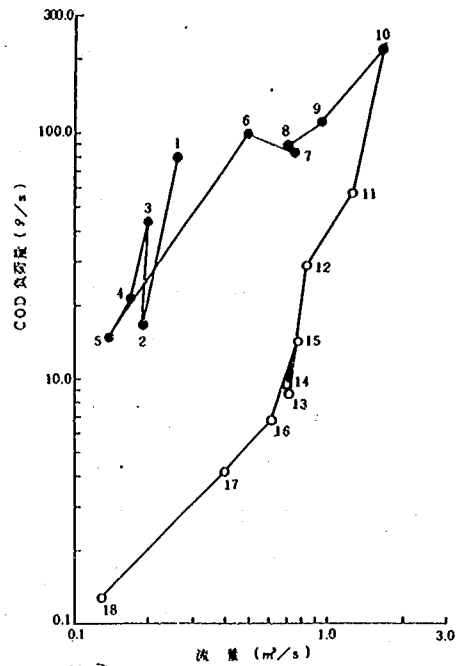


図-6 COD負荷量と流量の関係

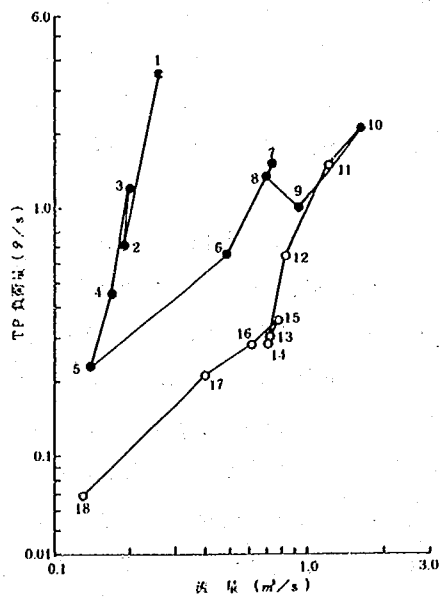


図-7 TP負荷量と流量の関係

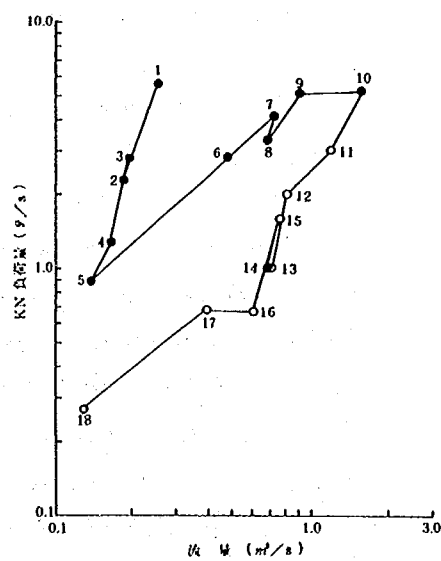


図-8 KN負荷量と流量の関係

また、海老瀬⁵⁾は有効雨量から流出負荷量を推定する方法よりさらに精度を上げるために、有効雨量を実質的な降雨継続時間で徐した平均有効降雨強度による流出負荷量の推定方法を提案している。

このように、有効雨量と流出負荷量の間にはかなり相関があることは知られているが、必ずしも十分な精度が得られているとは言い難い。その1つの理由としては、流量ピークが1雨に何回かある場合に、その流量ピークにそれほど差がない場合には最初の流量ピーク時に汚濁物がほとんど流出する傾向が認められるためである。この傾向はSSについてはあまり顕著でないが、BOD、COD、TP、TNにみられる。図-10はその1例を示したものである。この時の降雨量は40 mmで、先行晴天日数は8日であった。先行晴天日数からみると、汚濁物の流路内蓄積は十分にあったものと推定されるが、最初の流量ピーク($0.62 \text{ m}^3/\text{S}$)でBOD、COD、TP、TN負荷量の大部分は流出しており、それに続く $0.82 \text{ m}^3/\text{S}$ 、 $0.90 \text{ m}^3/\text{S}$ のピークではあまり流出していない。しかし、最初の流量ピークに比べて、それよりもかなり大きいピークが続く場合には、そこでさらに汚濁物が流出する傾向が認められる。以上のことから考えると、1雨当りのピーク流量と流出負荷量には相関があることが推定される。

3.3 年間流出汚濁負荷量の推定

3.3.1 降水量

本調査における降水量データは気象庁のアメダスと呼ばれる観測システムの1つである我孫子自動観測所から得た。アメダス観測網は現在 約 1,320 地点あり、降水量、気温、風向、風速、日照時間などの気象データが得られる。図-11は我孫子自動観測所で観測された昭和55年度から57年度の過去3ヶ年の1降雨当りのピーク降雨強度と累積頻度の関係を示したものである。年平均降雨回数は74回で、その内ピーク降雨強度 8 mm/hr 以下の累積頻度は89%にあたる。

図-12は1降雨におけるピーク降雨強度とその平均的な頻度の関係を示したものである。

1降雨当りのピーク流量はその時のピーク降雨強度と相関のあることが予想される。図-13はピーク降雨強度 15 mm/hr 程度までの降雨について、3地点におけるピーク流量との関係を示したものである。同図からも明らかなように、非常に高い相関係数が得られている。また、この回帰式はその排水区の特長も表現している。すなわち、地点No.1とNo.2の排水区面積は、それぞれ 27.7 ha と 21.3 ha で、面積はいずれも狭く、また互いに隣接しており地形も似ている。しかし、同じ降雨強度で比較するとNo.1の方がはるかに大きいピーク流量になり、小さい降雨でも流出し易いことを示している。これは恐らく両地区の土地利用形態の差によるものと考えられる。すなわち、地点No.1の排水区は商業地区が22%、公園等1%、道路21%であるのに対して、地点No.2の排水区には商業地区はなく、公園等

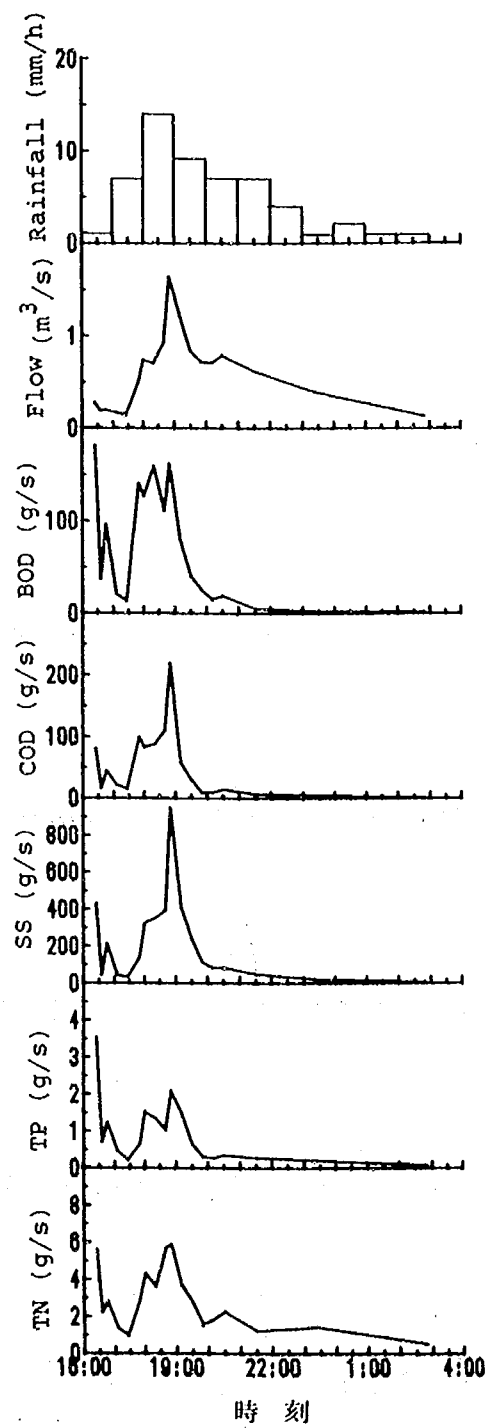


図-9 昭和55年10月14日に観測された
地点No.4 のポリートグラフ

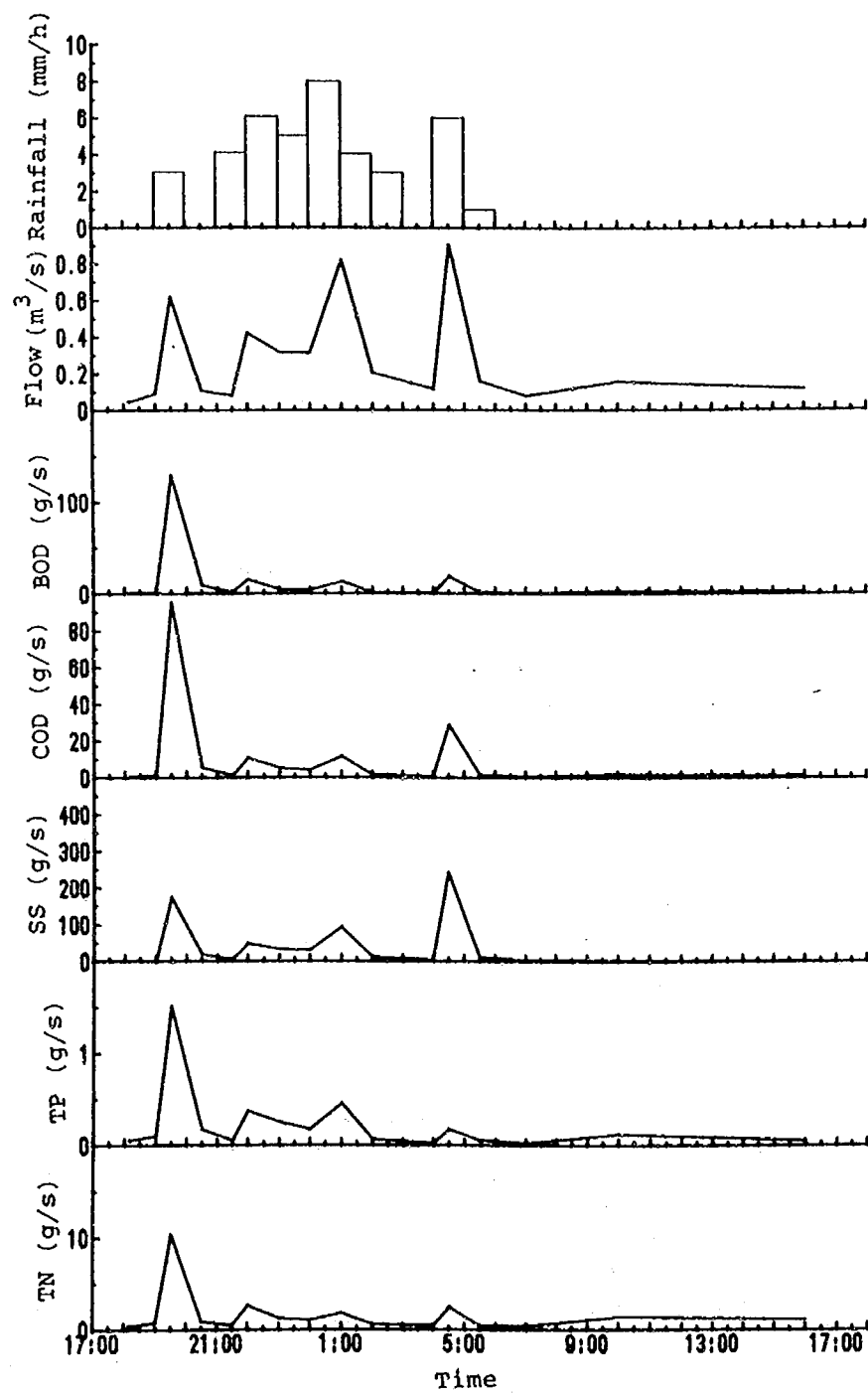


図-10 昭和57年10月19日に観測された地点 No. 4 のポリートグラフ

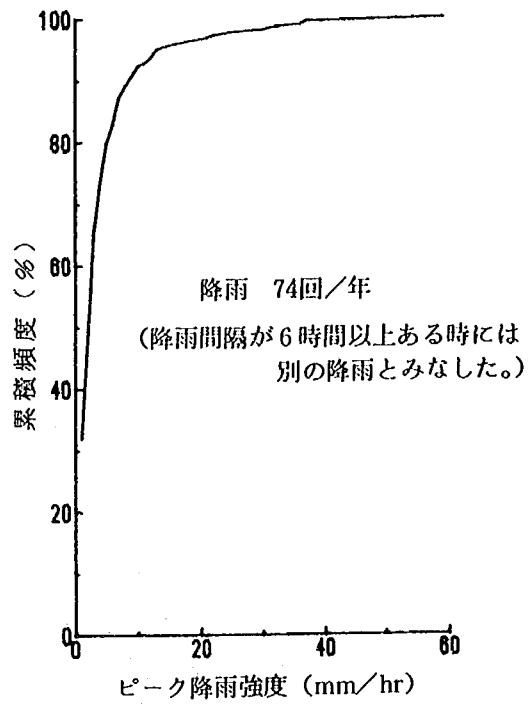


図-11 ピーク降雨強度と累積頻度の関係

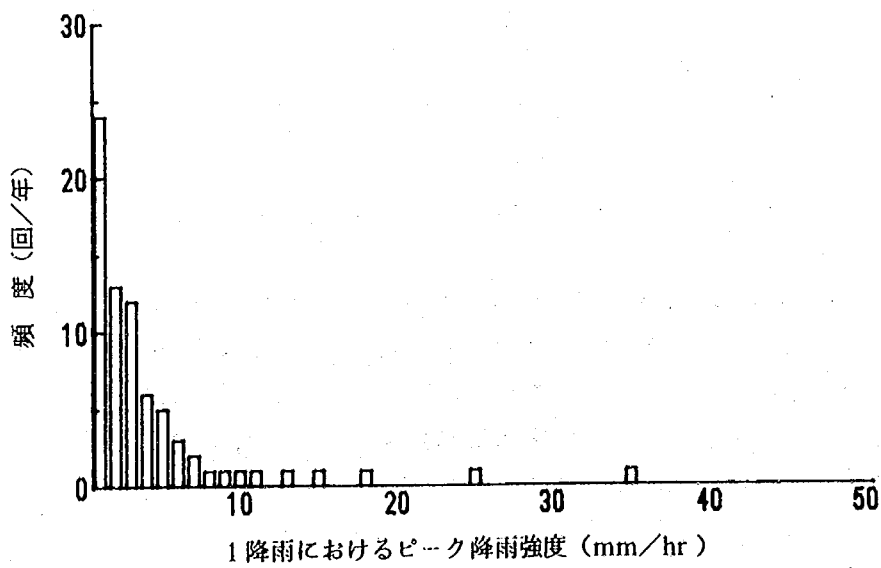


図-12 1降雨におけるピーク降雨強度とその平均的な頻度の関係

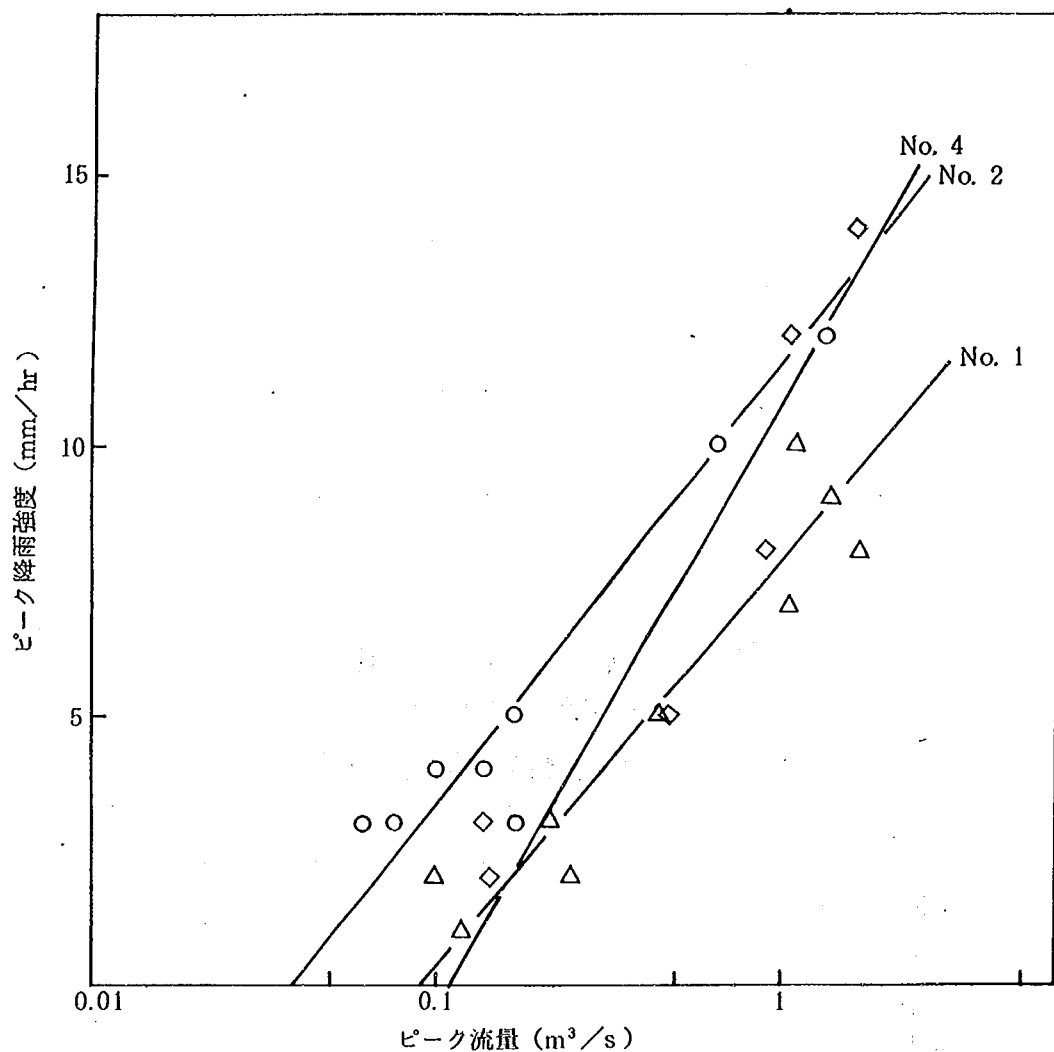


図-13 1 降雨のピーク流量とピーク降雨強度の関係

24%, 道路13%であり、雨水が流出しにくいものと考えられる。また、地点No. 4の排水区は90 haで、No. 1やNo. 2の排水区に比べると広いので、降雨強度が大きくなってもピーク流量の増大は緩やかである。これは似たような地形であれば当然の結果であるが、いずれにしてもピーク降雨強度とピーク流量の間には高い相関があり、両者の関係はその区域の地形や土地利用形態をも間接的に表現していると考えられる。

3.3.2 地点No. 1における年間流出負荷量の推定

雨天時において、流出流量と流出負荷量の関係を求めることは種々の方法で検討されてい

るが、ここでは雨天時の汚濁流出特性を考慮して、1降雨におけるピーク流出流量と流出負荷量の関係を検討することにした。

図-14, 15は地点No. 1における1降雨あたりのピーク流量(m^3/s)と全流出負荷量(Kg)の関係を示したものである。同図は昭和55年度から3ヶ年において調査したのべ8回の結果をまとめたものであり、ピーク流量が $0.099 \sim 1.63 \text{ m}^3/\text{s}$ 、降雨量が $3 \sim 42 \text{ mm}$ 、ピーク降雨強度が $1 \sim 10 \text{ mm/hr}$ であった。実測流出量から計算したこの排水区の有効雨量は $3.7 \sim 49.5 \text{ mm}$ で、降水量より有効雨量が大きくなるケース(恐らく、流量の測定誤差によるものと考えられる。)もみられるが、降水量が少ない場合を除けば、ほとんど流出していると考えられる。尚、図-14, 15の全流出負荷量は晴天時の流出負荷量分を差し引いたものであるが、ピーク流量については晴天時の寄与分が小さいので差し引いていない。

表-6はピーク流量と流出負荷量、および全流出流量と流出負荷量の相関関係を示したものである。BODとD-T-Pのケースを除けば、いずれも高い相関関数が得られているが、ピーク流量と流出負荷量の方が全流出流量と流出負荷量よりも高い相関のある傾向が認められ、このような小さい排水区の場合には特に大きい降雨強度のでもない限りピーク流量をおさえることによって流出負荷量を推定できるといえる。また、ピーク流量は図-13に示したようにピーク降雨強度と強い相関があるので、ピーク降雨強度から流出負荷量が推定可能となる。ピーク降雨強度は全国に約1,320ヶ所あるアメダスの観測網を利用すれば、時間降水量データが得られるので、容易に1降雨あたりのピーク降雨強度を知ることができる。

表-7は過去3ヶ年の平均的なピーク降雨強度と回数から、雨天時の流出負荷量を算出したものである。同表で、ピーク降雨強度が $8 \sim 15 \text{ mm/hr}$ については中央値である 11 mm/hr のピーク流量における流出負荷量で降雨1回当たりの流出負荷量を代表させた。また、ピーク降雨強度が 16 mm/hr 以上の場合には、 18 mm/hr の場合の流出負荷量で代表させることとした。ピーク降雨強度とピーク流量の関係は 15 mm/hr 程度まで強い相関があることは確認しているが、それ以上のピーク降雨強度になるとピーク降雨強度の増加に比べてピーク流量はそれほど増大しなくなるようである。その理由としては、例えば 20 mm/hr と 40 mm/hr の降雨強度を比較した場合、1時間にわたって均一に雨が降り続くことはほとんどなく、両者について10分間で最も強い降雨のあった10分間降水量で比較すれば、両者にはそれ程差がなくなるためピーク流量の増大も小さくなるものと考えられる。すなわち、降雨強度が 15 mm/hr 程度まででは10分間降水量と時間降水量に強い相関があるけれども、それ以上の降雨強度になると両者の相関はなくなってくると考えることができる。従って、 16 mm/hr 以上のピーク降雨強度になった場合の流出負荷量は実測するのが原則となる。地点No. 1ではピーク降雨強度 16 mm/hr 以上の降雨が観測できなかったため、地点No. 2の調査結果を参考にして、ピーク降雨強度が 16 mm/hr 以上の場合には 18 mm/hr で代表さ

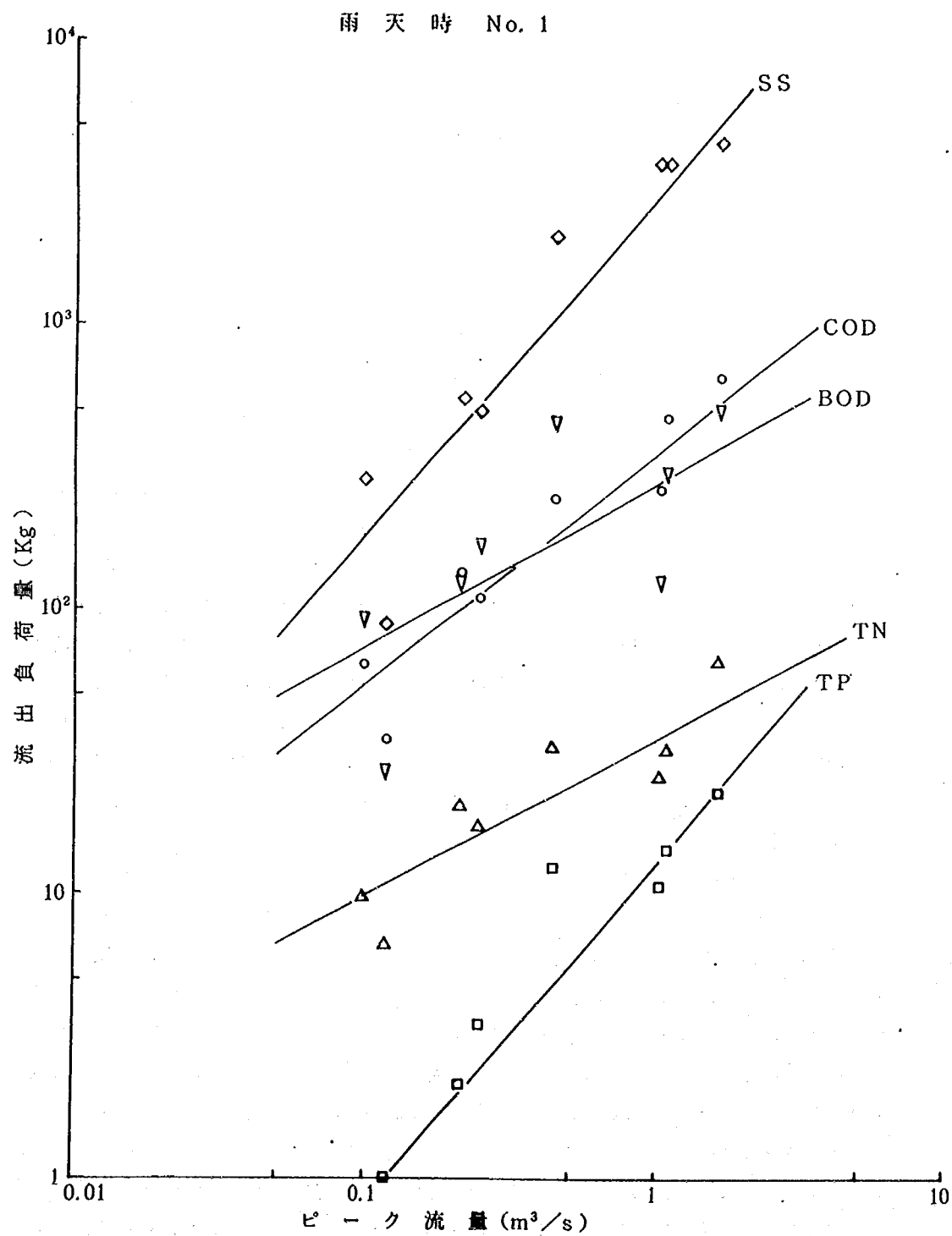


図-14 地点 No. 1 における 1 降雨のピーク流量と流出負荷量の関係

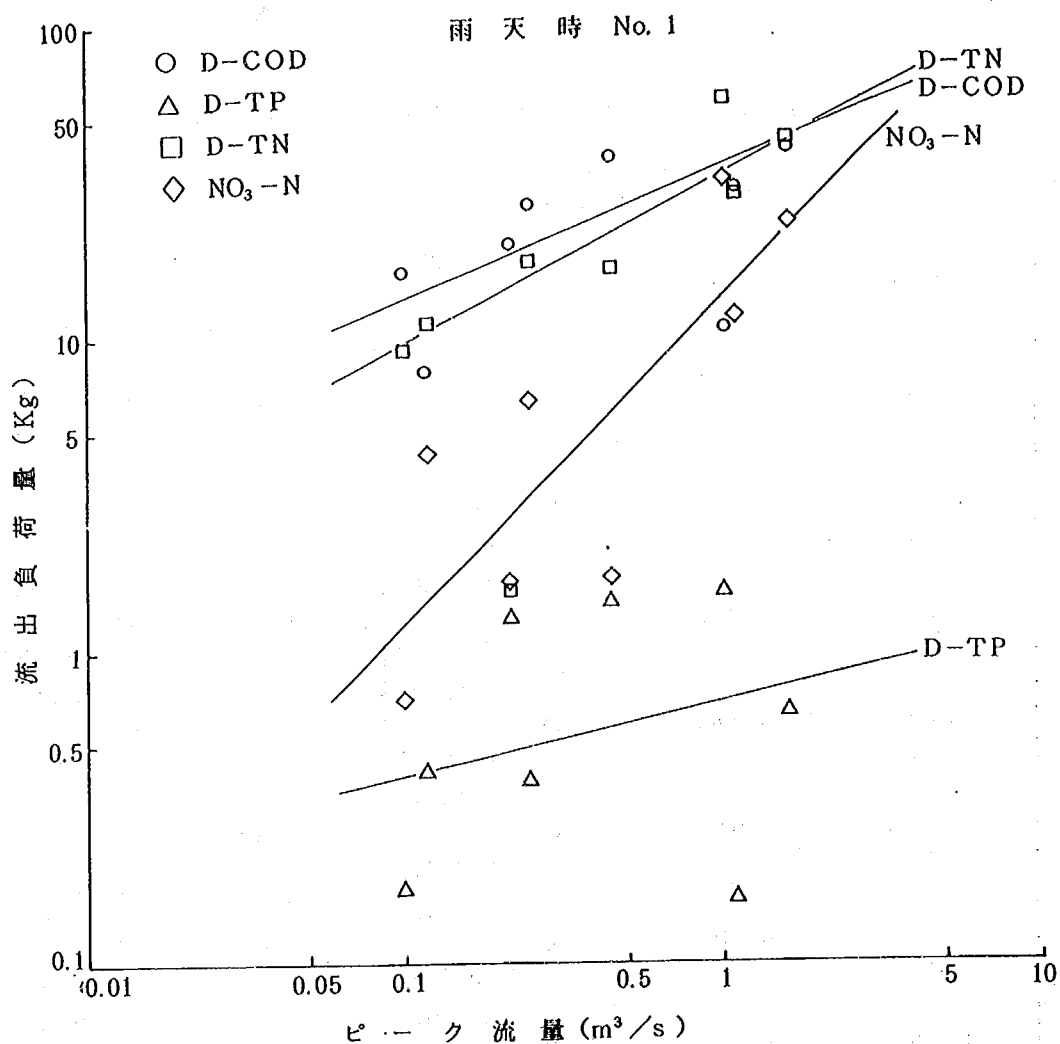


図-15 地点 No. 1 における 1 降雨のピーク流量と流出負荷量(溶解性成分)の関係

せることとした。ピーク降雨強度 18 mm/hr の時のピーク流量は図-13 から求め、その流量の場合の流出負荷量を図-14, 15 から算出した。

以上のようにして求めた雨天時の流出負荷量と、晴天時の流出負荷量を年間についてまとめたのが表-8 である。人為的な要因による汚濁物という性格の強い BOD, TP, TN はそれぞれ 71.2 %, 69.0 %, 80.1 % が晴天時に流出しており、溶解性成分についてみると、D-COD, D-TP, D-TN のそれぞれ 87.5 %, 96.8 %, 82.4 % が晴天時に流出している。COD と SS は他の項目に比べると晴天時に流出する割合が低く、それぞれ 48.7 %, 10.5 % である。特に、SS は雨天時でもピーク降雨強度が 16 mm/hr 以上の時に 71.6 % が

表-6. 地点No.1 におけるピーク流量と流出負荷の相関

	T-Flow (m ³)			P-Flow (m ³ /s)		
BOD (kg)	3.00	×	Q 0.4677 (0.500)*	245.0	×	Q 0.5406 (0.541)
COD (kg)	0.26	×	Q 0.7716 (0.832)	338.0	×	Q 0.8058 (0.921)
D-COD (kg)	0.56	×	Q 0.4545 (0.7569)	36.3	×	Q 0.4222 (0.7903)
SS (kg)	0.040	×	Q 1.1989 (0.877)	2,860.0	×	Q 1.2036 (0.933)
TP (kg)	0.000009	×	Q 1.5406 (0.842)	13.4	×	Q 1.4702 (0.852)
D-TP (kg)	0.070	×	Q 0.2483 (0.2720)	0.691	×	Q 0.2340 (0.2718)
TN (kg)	0.115	×	Q 0.6597 (0.948)	51.0	×	Q 0.6410 (0.977)
D-TN (kg)	0.114	×	Q 0.6191 (0.9632)	33.8	×	Q 0.5363 (0.9112)
NO ₃ -N (kg)	0.00020	×	Q 1.2093 (0.903)	13.7	×	Q 1.0391 (0.816)

* 相関係数

表-7. 地点No.1における雨天時の流出負荷量

ピーク降雨強度		ピーク流量 m ³ /s	BOD	COD	D-COD	SS	TN	D-TN	TP	D-TP
mm/hr	回数		kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回
1	24	0.124	82.4	64.3	15.0	234	10.9	11.0	0.65	0.42
			1980	1540	360	5620	262	264	15.6	10.1
2	12	0.169	98.2	82.4	17.1	338	13.0	13.0	1.01	0.46
			1180	989	205	4060	156	156	12.1	5.52
3	13	0.229	116	105	19.5	484	15.3	15.3	1.56	0.49
			1510	1370	254	6290	199	199	20.3	6.37
4	6	0.310	138	134	22.1	693	18.1	18.0	2.40	0.53
			828	804	133	4160	109	108	14.4	3.18
5	5	0.420	164	171	25.1	993	21.4	21.2	3.70	0.56
			820	855	126	4970	107	106	18.5	2.80
6	3	0.570	181	215	28.6	1450	35.6	25.0	5.86	0.61
			543	645	85.8	4350	107	75	17.6	1.83
7	2	0.772	213	274	32.5	2090	43.2	29.4	9.16	0.65
			426	548	65.0	4180	86.4	58.8	18.3	1.30
8-15 (11)**	6	2.61	412	732	54.4	9070	94.3	56.5	*54.9	0.86
			2470	4390	326	54400	566	339	215	5.16
16 < (18)***	3	2.19	1300	4060	134	117000	369	177	*140	1.42
			3900	12200	402	351000	1110	531	420	4.26

* TNの38%で算出

** 8-15mm/hrでは11mm/hrの場合の流出負荷量で代表させた。

*** 16mm/hr以上では18mm/hrの場合の流出負荷量で代表させた。

表中の下段の値は上段の値に降雨回数を乗じたもの。

表-8 地点 No. 1 における年間流出負荷量の推定

	晴天時	雨天時			計
		1-7 mm	8-15 mm	16mm以上	
BOD	1220 (71.2%)	263 (15.4%)	89.2 (5.2%)	141 (8.2%)	1713
COD	799 (48.7%)	244 (14.9%)	158 (9.6%)	440 (26.8%)	1641
D-COD	496 (87.5%)	44.4 (7.8%)	11.8 (2.1%)	14.5 (2.6%)	566.7
SS	1860 (10.5%)	1210 (6.8%)	1960 (11.1%)	12700 (71.6%)	17730
TP	60.6 (69.0%)	4.22 (4.8%)	7.76 (8.8%)	15.2 (17.3%)	87.8
D-TP	43.8 (96.8%)	1.12 (2.5%)	0.19 (0.4%)	0.15 (0.3%)	45.3
TN	394 (80.1%)	37.1 (7.5%)	20.4 (4.1%)	40.1 (8.2%)	491.6
D-TN	311 (82.4%)	34.9 (9.2%)	12.2 (3.2%)	19.2 (5.1%)	377.3

kg/ha/y

流出することがわかる。

3.3.3 地点 No. 2 における年間流出負荷量の推定

地点 No. 2 においても、地点 No. 1 と同様の考え方で、年間流出負荷量の推定を行った。

図-16, 17 は地点 No. 2 における 1 降雨あたりのピーク流量と流出負荷量の関係を示したものである。同図は昭和 56 年度と 57 年度に観測したのべ 9 回の結果を示している。ピーク流量が $0.061 \sim 5.55 \text{ m}^3/\text{s}$ 、降水量が $6 \sim 221 \text{ mm}$ 、ピーク降雨強度が $3 \sim 59 \text{ mm/hr}$ であった。実測流出量から計算したこの排水区の有効雨量は $2.7 \sim 252 \text{ mm}$ であるが、降水量 221 mm の場合を除けば雨水の流出率は 35% 程度である。図-16, 17 にみられるように、ピーク流量が $0.4 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ までは流出負荷量がほぼ一定となる傾向がみられ、これは地点 No. 1 の場合と明らかに異なった流出形態となっている。ピーク流量が小さい場合にこのような傾向がみられる原因としては、表-2 にみられるように地点 No. 2 の晴天時における 1 人 1 日当りの流出負荷量は表-4 の汚濁負荷量に比べてかなり小さく、その差分が流路などに蓄積し、蓄積汚濁物の流出はピーク流量ばかりでなく蓄積量(先行晴天日数などによ

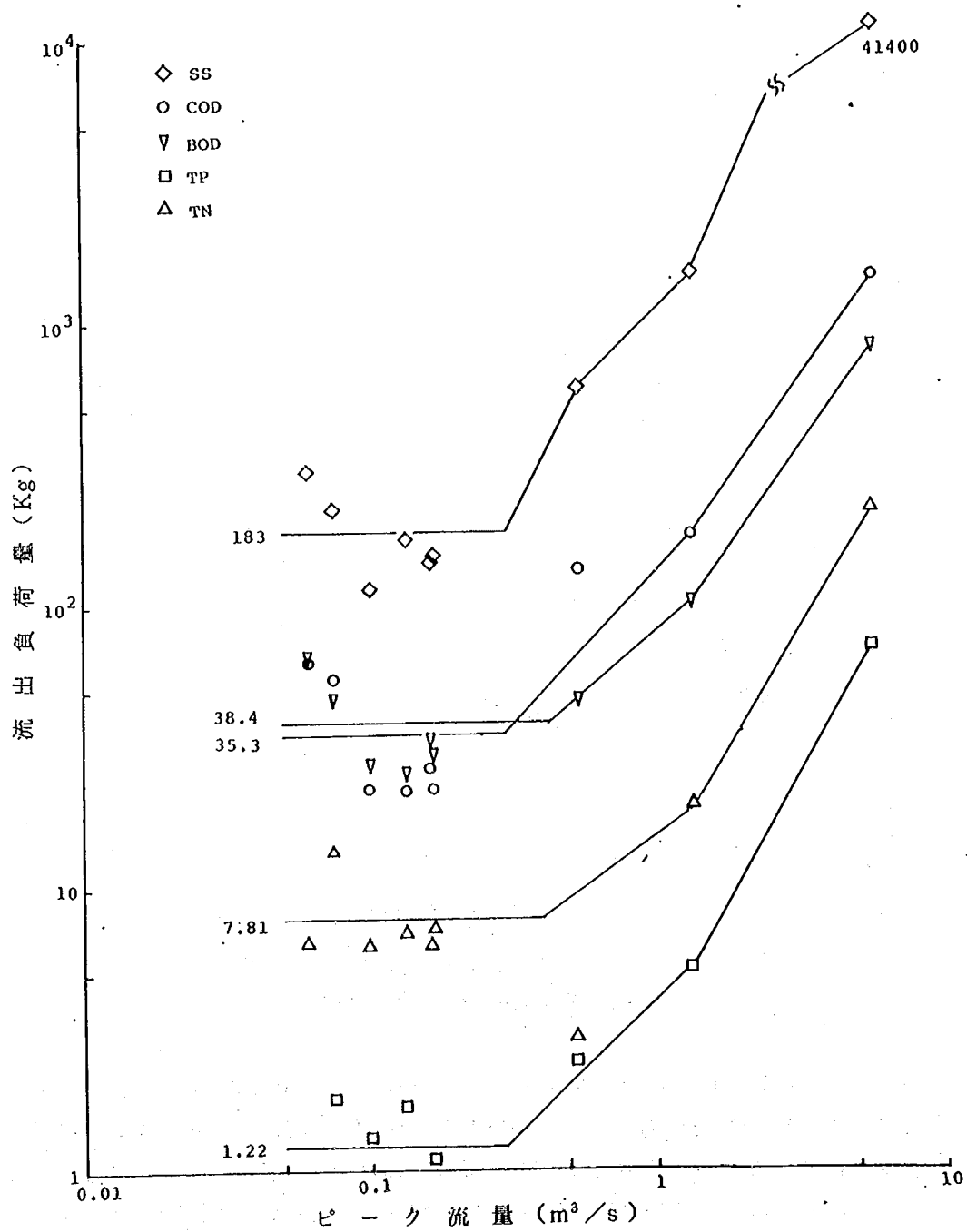


図-16 地点 No. 2 における 1 降雨のピーク流量と流出負荷量の関係

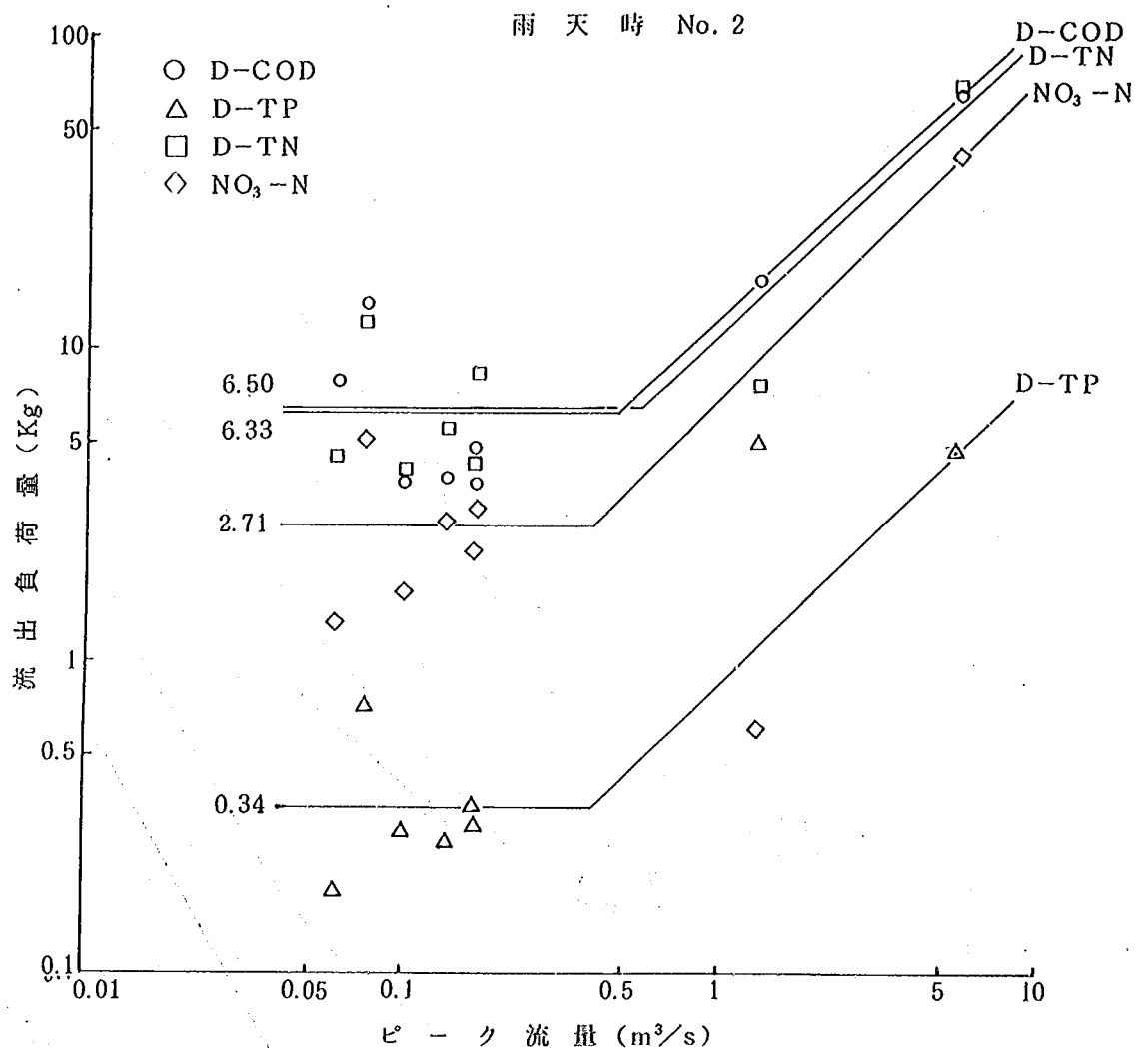


図-17 地点 No. 2 における 1 降雨のピーク流量と
流出負荷量(溶解性成分)の関係

て変わると考えられる。)にも関係するので、必ずしもピーク流量に比例しなくなると考えられる。この考え方は地点 No. 1 についても同様であるが、地点 No. 1 の場合には晴天時の流出負荷量(表-2)と汚濁負荷量(表-4)の差分が小さいので蓄積量としては少なくなること、および雨水の流出率が高いので蓄積汚濁物は小さい降雨でもかなり流出すること、などの理由によって流出負荷量とピーク流量は比例関係になるものと考えられる。

表-9 は過去 3 ケ年の平均的なピーク降雨強度(mm/hr)と回数から、雨天時の流出負荷量を算出したものである。同表で、ピーク降雨強度 1~8 mm/hr についてはこれに相当す

表-9 地点 No.2における雨天時の流出負荷量

ピーク降雨強度		ピーク流量	BOD	COD	D-COD	SS	TN	D-TN	TP	D-TP
mm/hr	回数	m ³ /s	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回
1-8	66	0.37	38.4	35.3	6.33	183	7.81	6.50	1.22	0.34
			2530	2330	418	12100	515	429	80.5	22.4
9-15 (11)*	5	0.86	74.6	155	11.0	1030	11.6	9.60	3.60	0.72
			373	775	55	5150	58.1	48.0	18.0	3.60
16 < (18)**	3	5.55	808	1440	64.5	41400	215	58.0	70.1	4.64
			2420	4320	194	12400	645	174	210	13.9

* 9-15mm/hr では11mm/hr の場合の流出負荷量で代表させた。

** 16mm/hr 以上ではピーク流量 5.55 m³/s の時の実測値で代表させた。

表中の下段の値は上段の値に降雨回数を乗じたもの。

るピーク流量 0.4 ~ 0.5 m³/s までに観測された流出負荷量の平均値で降雨 1 回当りの流出負荷量を代表させた。この平均値は SS 183 Kg, BOD 38.4 Kg, COD 35.3 Kg, TP 1.22 Kg, TN 7.81 Kg, D-COD 6.33 Kg, D-TN 6.50 Kg, D-TP 0.34 Kg, NO₃-N 2.71 Kg である。また、ピーク降雨強度が 9 ~ 15 mm/hr については中央値である 11 mm/hr のピーク流量における流出負荷量で降雨 1 回当りの流出負荷量を代表させた。ピーク降雨強度 16 mm/hr 以上の場合には、昭和 56 年 10 月 22 日観測された降水量 221 mm, ピーク降雨強度 59 mm/hr の時の流出負荷量で代表することにした。図-18 はそのポリュートグラフを示している。この時のピーク流量は 5.55 m³/s であったが、図-13 の関係からピーク流量 5.55 m³/s におけるピーク降雨強度を推定すると 17.6 mm/hr になる。実測流量から求めた有効降雨は 252 mm となり、降水量 221mm に比べると 14% 大きい値となっているがこのように非常に大きい降雨であることを考え合せると、測定誤差の範囲と考えられる。従って、流量測定はほぼ正確に行われたと考えられるので、図-13 に示した 1 降雨当りのピーク流量とピーク降雨強度の関係はピーク降雨強度が大きくなると成立しなくなることを示している。このことは、ここで言うところのピーク降雨強度 (mm/hr) によってピーク流量が決まるのではなく、気象データで言えば 10 分間降水量の最大値が小排水区においてはピーク流量をもたらしていると考えられる。しかし、小降雨においてはピーク降雨強度と 10 分間降水量の最大値にかなりの相関があるので、見かけ上ピーク降雨強度とピーク流量の間に高い相関があるのであろう。ピーク降雨強度が大きくなった場合には、10 分間降

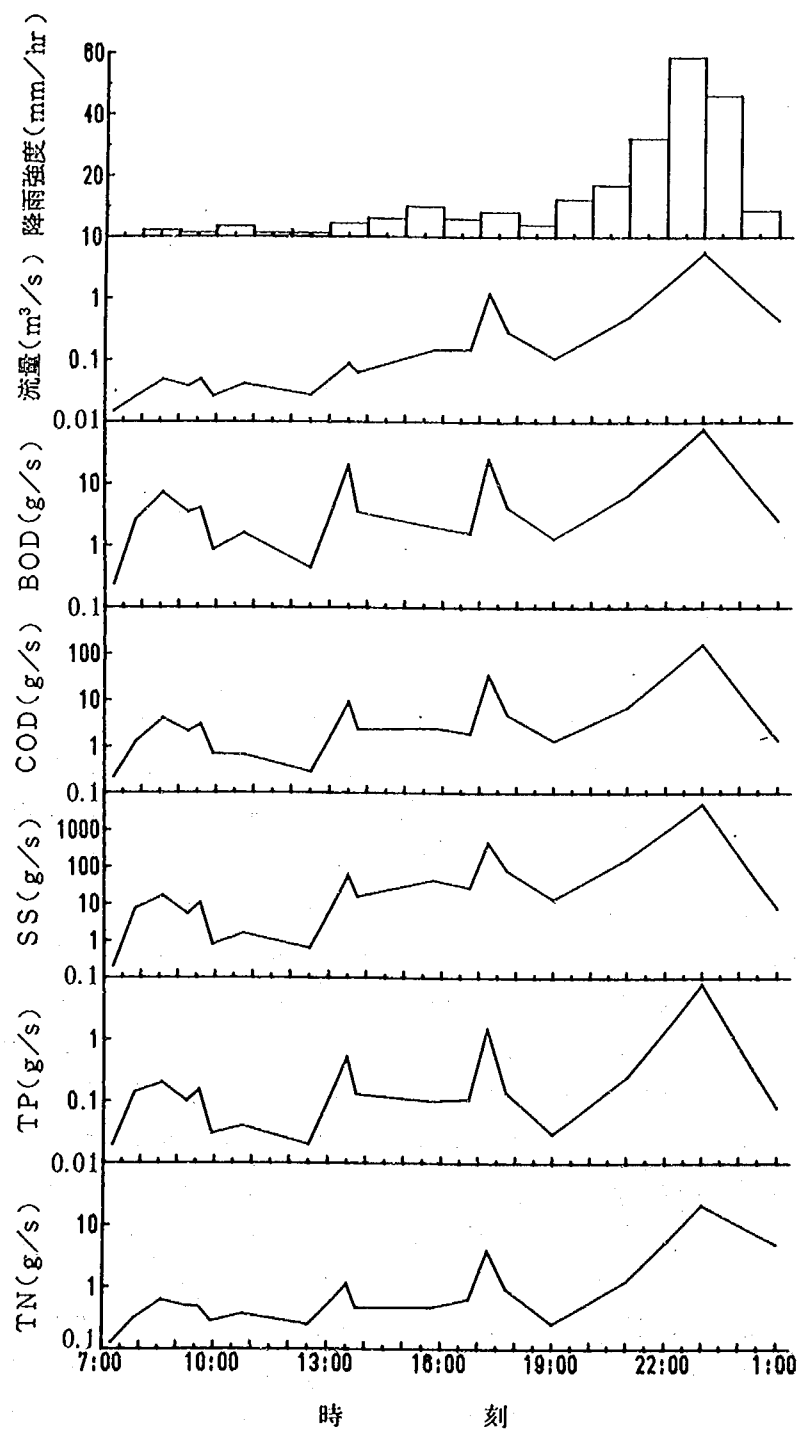


図-18 1981年10月22日に観測された地点
No. 2におけるポリートグラフ

水量の最大値との間に比例関係が成り立たなくなる。即ち、ピーク降雨強度が大きくなると、ピーク降雨強度の差ほど10分間降水量の最大値の差は大きくならないためと考えることができる。ピーク降雨強度が16mm/hr以上の降雨はこの排水区において平均的には年3回あり、この時の流出負荷量は実測するのが原則となるが、実測できない場合には図-13に示したような関係からピーク降雨強度18mm/hr程度の時のピーク流量を推定し、そのピーク流量から、流出負荷量のある程度推定できよう。このように大きな降雨は頻度も少なく、実測も難しいが、このような方法で流出負荷量が推定可能かどうかさらに検討していく必要がある。

表-10は雨天時流出負荷量と晴天時流出負荷量を年間についてまとめたものである。人為的な要因による汚濁物という性格の強いBOD、TP、TNはそれぞれ65.8%、60.9%、78.4%が晴天時に流出している。この割合は地点No.1に比べると低くなっているが、表-2に示したように晴天時の1人1日当りの流出負荷量が小さいことと一致しており、流路内での蓄積が多いことを示している。溶解性成分についてみると、D-COD、D-TP、D-TNの晴天時流出負荷量の割合はそれぞれ85.5%、90.6%、85.4%で、この割合は地点

表-10 地点No.2における年間流出負荷量の推定

(kg/ha/y)

	晴 天 時	雨 天 時			Sum
		8 mm/hr	9-15mm/hr	16mm/hr	
BOD	482 (65.8%)	119 (16.2%)	17.5 (2.4%)	114 (15.6%)	732
COD	288 (45.3%)	109 (17.2%)	36.1 (5.7%)	202 (31.8%)	635
D-COD	185 (85.5%)	19.6 (9.1%)	2.58 (1.2%)	9.11 (4.2%)	216
SS	456 (6.4%)	567 (8.0%)	242 (3.4%)	5830 (82.2%)	7095
TP	22.6 (60.9%)	3.78 (10.2%)	0.85 (2.3%)	9.87 (26.6%)	37.1
D-TP	18.0 (90.6%)	1.05 (5.3%)	0.17 (0.9%)	0.65 (3.3%)	19.9
TN	208 (78.4%)	24.2 (9.1%)	2.73 (1.0%)	30.3 (11.4%)	265
D-TN	179 (85.4%)	20.1 (9.6%)	2.25 (1.1%)	8.17 (3.9%)	209.5

No. 1 の場合とほぼ同等になっており、溶解性成分については流路内での蓄積がほとんどないことを示している。CODとSSは他の項目に比べると晴天時に流出する割合が低く、それぞれ45.3%、6.4%である。特に、SSは雨天時でもピーク降雨強度が16mm/hr以上の時に82.2%が流出している。

3.3.4. 地点 No. 4 における年間流出負荷量の推定

地点 No. 4 においても、地点 No. 1、No. 2 と同様の考え方で年間流出負荷量の推定を行った。

図-19、20は地点 No. 4 における1降雨あたりのピーク流量と流出負荷量の関係を示したものである。同図は昭和55年度から57年度までの3ケ年に観測したのべ5回の結果を示している。ピーク流量が $0.136 \sim 1.631 \text{ m}^3/\text{s}$ 、降水量が7~51mm、ピーク降雨強度が2~14mm/hrであった。実測流量から求めたこの排水区の有効雨量は2~14で、平均の流出率は27%である。図-19、20にみられるようにピーク流量が $0.4 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ までは流出負荷量がほぼ一定となる傾向がみられ、地点 No. 2 の場合と同様の理由によるものと考えられる。ピーク流量が $0.4 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ までに流出する負荷量の平均値はSS 590 Kg, BOD 173 Kg, COD 170 Kg, TN 11.3 Kg, TP 4.84 Kg, D-COD 22.7 Kg, D-TN 7.48 Kg, $\text{NO}_3\text{-N}$ 2.28 Kg である。

表-11は過去3ケ年の平均的なピーク降雨強度と回数から、雨天時の流出負荷量を算出したものである。同表で、ピーク降雨強度1~7mm/hrについてはこれに相当するピーク流量 $0.4 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ までに観測された流出負荷量の平均値で降雨1回当たりの流出負荷量を代表させた。また、ピーク降雨強度が8~15mm/hrについては中央値である11mm/hrのピーク流量における流出負荷量で降雨1回当たりの流出負荷量を代表させた。ピーク降雨強度16mm/hr以上の場合には、その流出負荷量を実測するのが原則であるが、本調査においてはこのような強い降雨時に観測できなかったのも、図-13の関係からピーク降雨強度18mm/hrのピーク流量を求め、そのピーク流量から図-19、20より流出負荷量を推定し、その値で代表させた。

表-12は雨天時流出負荷量と晴天時流出負荷量を年間についてまとめたものである。SSとCODの晴天時における流出負荷量の割合はそれぞれ30.1%、62.3%になっている。これらの割合は地点 No. 1 および No. 2 に比べて大きくなっており、特にピーク降雨強度16mm/hr以上の場合の流出負荷量の割合が小さい。これはピーク降雨強度16mm/hr以上について18mm/hrで代表させたのが適当でなかったことが1つの理由と考えられ、その流出形態が地域特性によって異なるので実測することが原則となろう。ピーク流量16mm/hr以上の流出負荷量が小さいため、晴天時流出負荷量の割合はいずれも高く、人為的な要因によ

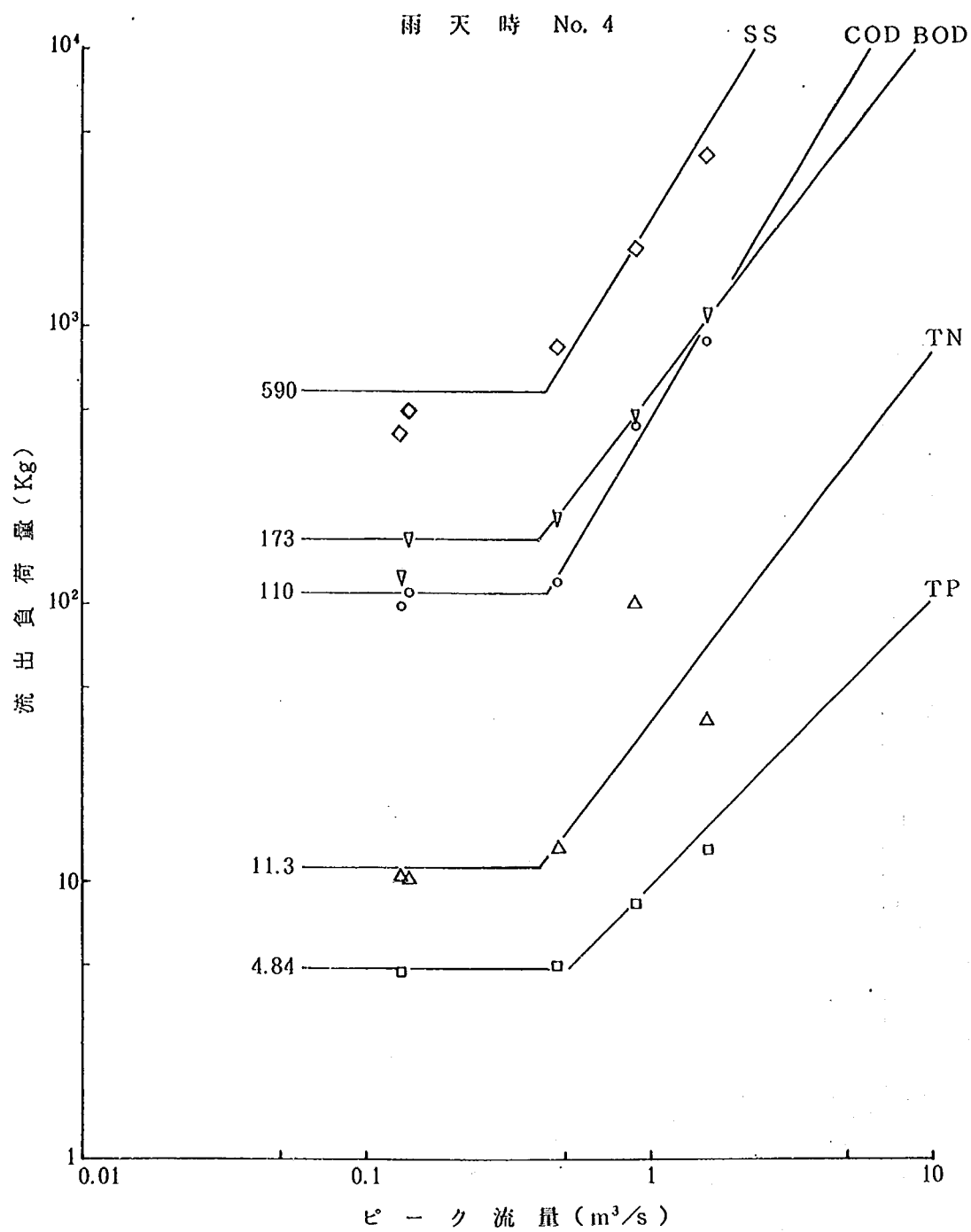


図-19 地点 No. 4 における 1 降雨のピーク流量と
流出負荷量の関係

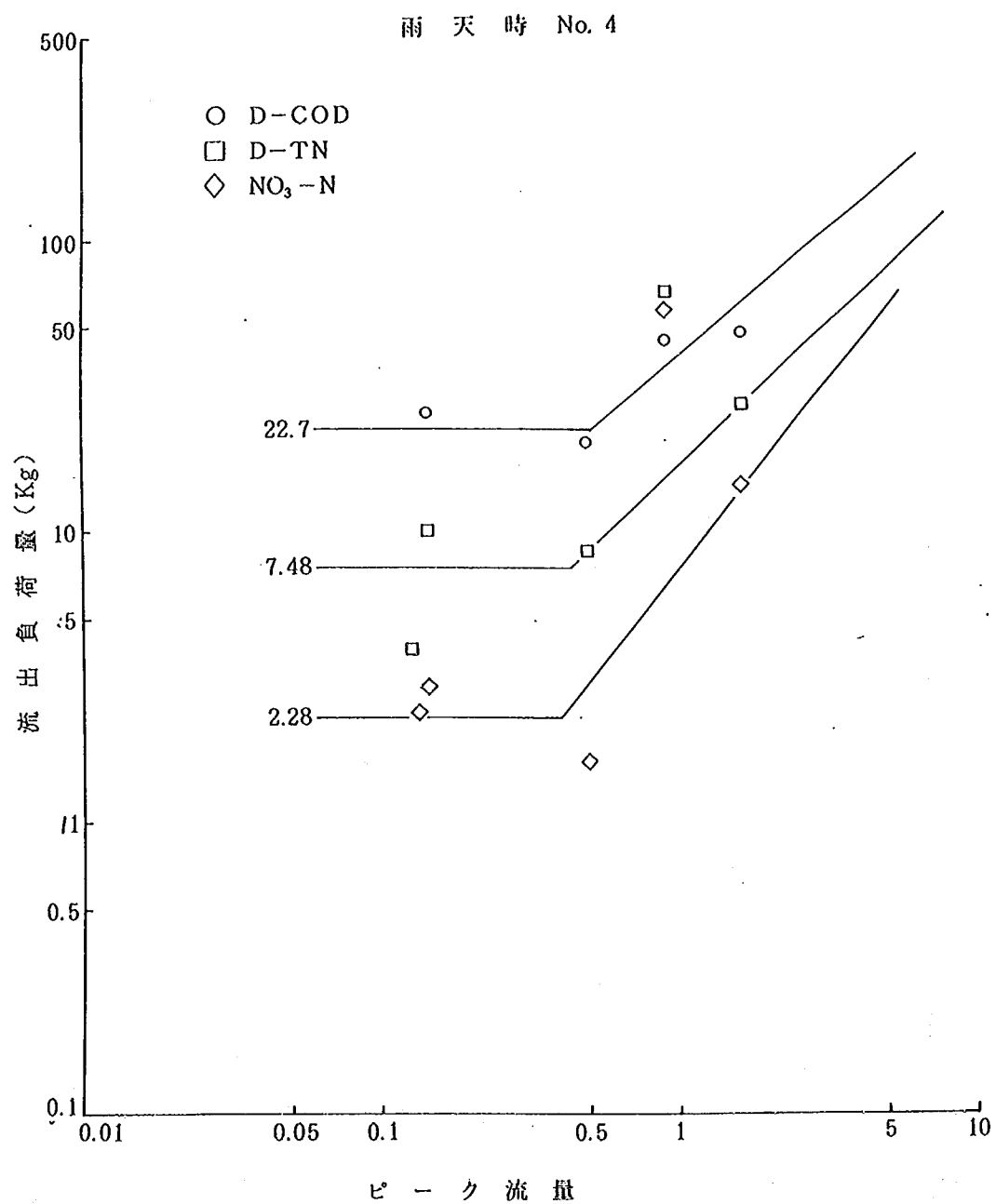


図-20 地点 No. 4 におけるピーク流量と流出負荷量
(溶解性成分)の関係

表-11 地点 No. 4 における雨天時の流出負荷量

ピーク降雨強度		ピーク流量	BOD	COD	D-COD	SS	TN	D-TN	TP	D-TP
mm/hr	回数	m ³ /s	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回	kg/回
1-7	65	0.45	173	110	22.7	590	11.3	7.48	4.84	—
			11200	7150	1480	38400	735	486	315	
8-15 (11)*	6	1.04	560	460	42.0	2600	39	17.5	10.0	—
			3360	2760	252	15600	234	105	60.0	
16 < (18)**	3	4.28	3900	5600	142	26000	260	69.0	42.0	—
			11700	16800	426	78000	780	207	126	

* 8-15mm/hr では11mm/hr の場合の流出負荷量で代表させた。

** 16mm/hr 以上では18mm/hr の場合の流出負荷量で代表させた。

表中の下段の値は上段の値に降雨回数を乗じたもの。

表-12 地点 No. 4 における年間流出負荷量の推定

	晴天時	雨天時			計
		1-7mm	8-15mm	16mm以上	
BOD	719 (71.2%)	124 (12.3%)	373 (3.7%)	130 (12.9%)	1010
COD	500 (62.3%)	79.4 (10.0%)	30.7 (3.9%)	18.7 (23.5%)	797
D-COD	304 (92.7%)	16.4 (5.0%)	2.80 (0.9%)	4.73 (1.4%)	328
SS	631 (30.1%)	427 (20.4%)	173 (8.2%)	867 (41.3%)	2098
TP	45.3 (89.1%)	3.50 (6.9%)	0.67 (1.3%)	1.40 (2.8%)	50.9
D-TP	31.6	—	—	—	
TN	253 (92.9%)	8.17 (3.0%)	2.60 (1.0%)	8.67 (3.2%)	272
D-TN	195 (95.6%)	5.40 (2.6%)	1.17 (0.6%)	2.30 (1.1%)	204

る汚濁物という性格の強いBOD, TP, TNはそれぞれ71.2%, 89.1%, 92.9%になっている。同様に、溶解性成分についてみると、D-COD, D-TNがそれぞれ92.7%, 95.6%になっている。

3.3.5 考 察

年間流出負荷量が最も小さいのは地点 No. 2 で、BOD, COD, SS, TP, TNはそれぞれ732 Kg/ha/y, 635 Kg/ha/y, 7095 Kg/ha/y, 37.1 Kg/ha/y, 265 Kg/ha/y である。地点 No. 2 と土地利用形態の類似している地点 No. 4 は、SSを除いてそれよりやや大きく、それぞれ1010 Kg/ha/y, 797 Kg/ha/y, 2098 Kg/ha/y, 50.9 Kg/ha/y, 272 Kg/ha/y である。地点 No.1 はその他の2地点に比べて商業地区の割合が高く、排水区域内に生糸製造工場があることから、年間流出負荷量は最も高く、BOD 1713 Kg/ha/y, COD 1641 Kg/ha/y, SS 17730 Kg/ha/y, TP 87.8 Kg/ha/y, TN 491.6 Kg/ha/y である。溶解性成分についても同様の傾向がみられ、単位面積当りの流出負荷量は地点 No. 1 が最も大きい。

分流式下水道雨水渠からの雨水流出水のBOD負荷量⁶⁾は428 Kg/ha/y、生活排水を処理後のBOD放流負荷量(BOD 1人1日当りの原単位50 g, BOD除去率90%)は286 Kg/ha/y、両者の合計は714 Kg/ha/yと積算されている。地点 No. 1, No. 2, のBOD流出負荷量はそれぞれ732 Kg/ha/y, 1010 Kg/ha/yと推定されており、土地利用形態や人口密度などの違いはあるものの、これら2地域からの単位面積当りのBOD流出負荷量はかなり小さいといえよう。この理由としては、今回調査した地域の浄化槽普及率が高いこと(40%程度)、流路内での蓄積と分解が進むこと、などが考えられる。

4. まとめ

本報告書は昭和55年度から昭和57年度にかけて手賀沼流域の小排水区で実施した流出汚濁負荷量に関する調査についてまとめたものである。本調査を開始した昭和55年度はまだ下水道が供用開始になっておらず、56年度から一部の排水区で供用開始となった。57年度にいたっても下水道へのつながり込みの割合は伸びており、今後さらにその割合は高くなるものと予想されるが、これまでの3ケ年の調査によって、下水道の普及による晴天時流出負荷量の削減効果が顕在化し、さらに雨天時も含めた年間流出負荷量の推定方法について検討したので、中間的な報告としてとりまとめたものである。

晴天時における1人1日当たりの流量は基礎家庭汚水量、営業汚水量、工場排水量および自然流量でほぼ積算できる。また、晴天時の流出負荷量は排水区の土地利用形態によってかなり異なり、商業地区の割合が高く工場排水がある地点No 1ではBOD $42.1 \text{ g/人} \cdot \text{日}$ 、COD $27.6 \text{ g/人} \cdot \text{日}$ 、SS $64.1 \text{ g/人} \cdot \text{日}$ 、TP $2.09 \text{ g/人} \cdot \text{日}$ 、TN $13.6 \text{ g/人} \cdot \text{日}$ であるが、住宅地区を中心とする地点No 2、No 4では地点No 1のほぼ半分である。下水道へのつながり込みが進捗するにつれて、まず窒素及びリンの削減が顕在化し、つづいて有機物や浮遊物の削減が認められるようになった。

雨天時の流出流量と流出負荷量の関係を求める方法は種々検討されているが、ここでは雨天時の汚濁流出特性を考慮して、1降雨におけるピーク流出流量 (m^3/s) と流出負荷量 (kg) の関係を明らかにし、さらに、ピーク流出流量とピーク降雨強度 (mm/hr) の関係を求めた。気象データとして得られる時間降水量から、ピーク降雨強度の年間の平均的な頻度を求め、前記の関係から雨天時における流出負荷量を推定した。さらに、晴天時における調査から晴天時の流出負荷量を算出した。雨天時および晴天時流出負荷量の和として年間流出負荷量を算出した。排水区の特徴によって年間流出負荷量は異なり、人為的な要因による汚濁物という性格の強いBOD、TP、TNについてみると、地点No 1ではそれぞれ $1,713 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、 $87.8 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、 $491.6 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、地点No 2ではそれぞれ $732 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、 $37.1 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、 $265 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、地点No 4ではそれぞれ $1,010 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、 $50.9 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、 $272 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ と推定された。年間流出負荷量のうち晴天時に流出する割合はBODで65.8～71.2%、TPで60.9～89.1%、TNで78.4～92.9%であった。

5. 謝 辞

本調査の実施にあたって、我孫子市下水道課、柏市下水道部からは各種資料の提供をいただきましたので、深く感謝いたします。また、本調査に御協力いただいた関係各位につきましても、ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 下水道ハンドブック編集委員会編,「下水道ハンドブック」,建設産業調査会,1982.
- 2) 建設省下水道部編,「下水道施設設計指針」,下水道協会
- 3) 建設省河川局編,「第33回 流量年表」,日本河川協会,1982.
- 4) 山口高志 他 「河川の水質・汚濁負荷量に関する研究(Ⅱ)」,土木研究所報告 154号の1,1980.
- 5) 海老瀬潜一 「霞ヶ浦流入河川の流出負荷量変化とその評価」,国立公害研究所報告 第21号,昭和53~54年度
- 6) 星隈保夫 他 「分流式下水道雨水渠の汚濁ポテンシャルに関する研究」,昭和55年度 下水道関係調査研究年次報告書集,建設省土木研究所

55年度晴天時調査結果一覽表

地点 No 1

	551111	560316			平 均 (kg/日)	比流出 負荷量 (g/ha/日)	人口当量 (g/人/日)
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	1509	2844			2180	7.86 ($\text{m}^3/\text{ha/日}$)	991 (人/日)
Peak Flow (m^3/S)							
BOD (kg/日)	70.2	115			92.6	3340	42.1
COD (kg/日)	29.0	92.5			60.8	2190	27.6
D-COD (kg/日)	17.2	58.1			37.7	1360	17.1
TOC (kg/日)	33.2	88.3			60.8	2190	27.6
D-TOC (kg/日)	19.8	55.0			37.4	1350	17.0
SS (kg/日)	42.5	240			141	5090	64.1
TS (kg/日)	547	711			629	22700	286
TP (kg/日)	2.86	6.32			4.59	166	2.09
D-TP (kg/日)	2.21	4.42			3.32	120	1.51
D-OP (kg/日)	1.73	2.94			2.34	84.3	1.06
KN (kg/日)	12.2	36.8			24.5	884	11.1
D-KN (kg/日)	9.36	27.0			18.2	656	8.27
NH ₄ -N (kg/日)	7.29	22.5			14.9	538	6.77
NO ₃ -N (kg/日)	2.52	5.86			4.19	151	1.90
NO ₂ -N (kg/日)	0.74	1.72			1.23	44.4	0.56
TN (kg/日)	15.5	44.4			29.9	1080	13.6
D-TN (kg/日)	12.6	34.6			23.6	851	10.7
降 水 量 (mm)							
有 効 雨 量 (mm)							
ピーク降雨強度 (mm/hr)							
先行晴天日数 (day)							
備 考	排水区面積 27.7 ha, 人口 2200 人, 下水道普及率 0%						

56年度晴天時調査結果一覧表

地点 No 1

	561216	570126			平均 (kg/日)	比流出 負荷量 (g/ha/日)	人口当量 (g/人/日)
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	1941	1849			1900	68.4	
Peak Flow (m^3/S)							
BOD (kg/日)	112	92.2			102	3690	
COD (kg/日)	74.8	52.6			63.7	2300	
D-COD (kg/日)	41.9	42.3			42.1	1520	
TOC (kg/日)	72.2	86.9			79.6	2870	
D-TOC (kg/日)	*66.7	*88.4			66.7	2410	
SS (kg/日)	138	72.9			105	3810	
TS (kg/日)	803	710			757	27300	
TP (kg/日)	4.52	3.80			4.16	150	
D-TP (kg/日)	3.18	3.02			3.10	112	
D-OP (kg/日)	2.68	2.42			2.55	92.1	
KN (kg/日)	21.0	23.2			22.1	798	
D-KN (kg/日)	16.5	18.7			17.6	635	
NH ₄ -N (kg/日)	15.2	16.6			15.9	57.4	
NO ₃ -N (kg/日)	24.5	14.0			19.3	69.5	
NO ₂ -N (kg/日)	12.9	0.94			1.12	40.3	
TN (kg/日)	24.7	25.5			25.2	908	
D-TN (kg/日)	20.2	21.0			20.7	745	
降水量 (mm)							
有効雨量 (mm)							
ピーク降雨強度 (mm/hr)							
先行晴天日数 (day)							
備 考	* 異常値 排水区面積 27.7 ha, 人口 2200 人, 下水道普及率 36%						

57年度晴天時調査結果一覧表 地点 No.1

	570831	580222	580308		平 均 (kg/日)	比流出 負荷量 (g/ha/日)	人口当量 (g/人/日)
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	3130	1880	1580		2200	793	
Peak Flow (m^3/S)							
BOD (kg/日)	—	77.9	60.4		69.2	2500	
COD (kg/日)	37.6	47.7	38.1		41.1	1480	
D-COD (kg/日)	28.4	30.3	22.1		26.9	972	
TOC (kg/日)	43.1	42.2	*89.8		42.7	1540	
D-TOC (kg/日)	24.8	22.8	*43.7		43.8	859	
SS (kg/日)	48.0	53.0	27.5		42.8	1550	
TS (kg/日)	835	583	461		626	22600	
TP (kg/日)	3.63	3.03	2.42		3.03	109	
D-TP (kg/日)	3.14	2.05	1.66		2.28	82.4	
D-OP (kg/日)	3.06	1.62	1.28		1.99	72.0	
KN (kg/日)	19.8	18.6	17.0		18.5	667	
D-KN (kg/日)	15.3	14.8	13.6		14.6	526	
NH ₄ -N (kg/日)	13.9	10.7	9.65		11.4	412	
NO ₃ -N (kg/日)	0.37	0.76	0.65		0.59	21.4	
NO ₂ -N (kg/日)	0.71	0.87	0.40		0.66	23.8	
TN (kg/日)	20.9	20.2	18.1		19.8	712	
D-TN (kg/日)	16.4	16.4	14.7		15.9	571	
降 水 量 (mm)							
有 効 雨 量 (mm)							
ピーク降雨強度 (mm/hr)							
先行晴天日数 (day)							
備 考	* 異常値 排水区面積 27.7 ha, 人口 2200人, 下水道普及率 43%						

56年度晴天時調査結果一覧表

地点 No 2

	560728	560729	561216	570126	平 均 (kg/日)	比流出 負荷量 (g/ha/日) (ml/ha/日)	人口当量 (g/人/日) (ℓ/人/日)
Flow (ml/日)	388	434	556	366	436	20.5 (ml/ha/日)	321 (ℓ/人/日)
Peak Flow (ml/日)							
BOD (kg/日)	24.2	23.7	31.6	23.3	25.7	1210	19.0
COD (kg/日)	9.06	10.4	15.6	13.3	12.1	568	8.90
D-COD (kg/日)	6.66	6.65	10.4	8.69	8.10	380	5.95
TOC (kg/日)	13.2	12.7	18.1	13.5	14.4	675	10.6
D-TOC (kg/日)	10.7	8.60	15.7	14.0	12.3	575	9.01
SS (kg/日)	10.1	19.0	41.8	19.3	22.6	1060	16.6
TS (kg/日)	129	127	231	144	158	7400	116
TP (kg/日)	0.88	0.88	1.15	1.00	0.98	45.9	0.72
D-TP (kg/日)	0.78	0.74	1.00	0.84	0.84	39.3	0.62
D-OP (kg/日)	0.65	0.69	0.80	0.68	0.71	33.1	0.52
KN (kg/日)	3.29	3.01	7.12	6.24	4.92	231	3.62
D-KN (kg/日)	2.77	2.40	6.46	5.18	4.20	197	3.09
NH ₄ -N (kg/日)	2.29	2.16	4.97	4.20	3.41	160	2.51
NO ₃ -N (kg/日)	0.20	0.43	2.90	3.36	1.72	80.9	1.27
NO ₂ -N (kg/日)	0.15	0.04	0.25	0.44	0.22	10.3	0.16
TN (kg/日)	3.64	3.48	10.3	10.0	6.86	322	5.04
D-TN (kg/日)	3.12	2.87	8.12	8.00	6.14	288	4.51
降 水 量 (mm)							
有 効 雨 量 (mm)							
ピーク降雨強度 (mm/hr)							
先行晴天日数 (day)							
備 考	排水区面積 21.3 ha, 人口 2150 人, 下水道普及率 36%						

57年度晴天時調査結果一覧表

地点 No 2

	570831	580222	580308		平均 (kg/日)	比流出 負荷量 (g/ha/日)	人口当量 (g/人/日)
Flow (m ³ /日)	1472	641	738		950	44.6 (m ³ /ha/日)	699 (ℓ/人/日)
Peak Flow (m ³ /S)							
BOD (kg/日)	—	38.3	*75.8		38.3	1800	28.2
COD (kg/日)	21.3	23.3	25.0		23.2	1090	17.1
D-COD (kg/日)	14.7	12.7	15.8		14.4	676	10.6
TOC (kg/日)	20.3	24.6	*56.6		22.5	1050	16.4
D-TOC (kg/日)	12.0	10.0	*29.7		11.0	516	8.08
SS (kg/日)	22.2	36.5	37.3		32.0	1500	23.5
TS (kg/日)	400	235	253		296	13900	218
TP (kg/日)	1.93	1.58	1.89		1.80	84.5	1.32
D-TP (kg/日)	1.66	1.01	1.33		1.33	62.6	0.98
D-OP (kg/日)	1.60	0.85	1.11		1.19	55.7	0.87
KN (kg/日)	8.62	16.5	19.4		14.8	697	10.9
D-KN (kg/日)	6.23	13.0	16.1		11.8	553	8.66
NH4-N (kg/日)	5.36	11.0	12.9		9.75	458	7.17
NO3-N (kg/日)	4.55	33.3	27.0		3.53	166	2.60
NO2-N (kg/日)	1.01	0.77	0.95		0.91	42.7	0.67
TN (kg/日)	14.2	20.6	23.1		19.2	906	14.2
D-TN (kg/日)	11.8	17.1	19.8		16.2	762	11.9
降水量 (mm)							
有効雨量 (mm)							
ピーク降雨強度 (mm/hr)							
先行晴天日数 (day)							
備考	*異常値 排水区面積 21.3 ha, 人口 2250人, 下水道普及率 39%						

55年度晴天時調査結果一覧表

地点 No.4

	550729	551111	560316		平均 (kg/日)	比流出 負荷量 (g/ha/日) ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{日}$)	人口当量 (g/人/日) ($\ell/\text{人}/\text{日}$)
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	4802	4184	3182		4060	41.5 ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{日}$)	478 ($\ell/\text{人}/\text{日}$)
Peak Flow (m^3/S)							
BOD (kg/日)	122	255	156		178	1970	20.9
COD (kg/日)	93.4	140	137		123	1370	14.5
D-COD (kg/日)	60.4	77.1	87.1		74.9	832	8.81
TOC (kg/日)	115	154	125		131	1460	15.4
D-TOC (kg/日)	66.3	86.5	71.8		74.9	832	8.81
SS (kg/日)	118	150	200		156	1730	18.4
TS (kg/日)	1870	1660	1520		1680	18700	198
TP (kg/日)	12.4	10.4	10.8		11.2	124	13.2
D-TP (kg/日)	6.83	8.22	8.33		7.79	86.6	0.92
D-OP (kg/日)	5.84	6.64	6.34		6.27	69.7	0.74
KN (kg/日)	*97.0	49.2	55.1		52.2	579	6.14
D-KN (kg/日)	32.8	40.9	39.9		37.9	421	4.46
NH ₄ -N (kg/日)	27.6	31.2	33.8		30.9	343	3.64
NO ₃ -N (kg/日)	7.29	7.06	10.3		8.22	91.3	0.97
NO ₂ -N (kg/日)	1.19	2.88	2.06		2.04	22.7	0.24
TN (kg/日)	—	59.1	67.5		62.5	694	7.35
D-TN (kg/日)	41.3	50.8	52.3		48.2	535	5.67
降水量 (mm)							
有効雨量 (mm)							
ピーク降雨強度 (mm/hr)							
先行晴天日数 (day)							
備考	* 異常値 排水区面積 90 ha, 人口 8500 人, 下水道普及率 0 %						

56年度晴天時調査結果一覧表

地点 No 4

	5 6 1 2 1 6	5 7 0 1 2 6			平 均 (kg/日)	比流出 負荷量 (g/ha/日)	人口当量 (g/人/日)
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	2 2 8 6	3 5 2 0			2 9 0 0	3 2.3	
Peak Flow (m^3/S)							
BOD (kg/日)	1 8 8	2 3 1			2 1 0	2 3 3 0	
COD (kg/日)	1 0 1	1 4 4			1 2 3	1 3 6 0	
D-COD (kg/日)	5 4.9	8 5.3			7 0.1	7 7 9	
TOC (kg/日)	1 6 5	1 3 1			1 4 8	1 6 4 0	
D-TOC (kg/日)	8 0.5	* 1 7 9			8 0.5	8 9 4	
SS (kg/日)	1 5 8	1 6 5			1 6 2	1 7 9 0	
TS (kg/日)	8 7 7	1 2 9 0			1 0 8 0	1 2 0 0 0	
TP (kg/日)	4.6 3	8.2 9			6.4 6	7 1.8	
D-TP (kg/日)	3.8 6	6.9 4			5.4 0	6 0.0	
D-OP (kg/日)	3.0 7	5.5 4			4.3 1	4 7.8	
KN (kg/日)	3 0.9	4 5.5			3 8.2	4 2 4	
D-KN (kg/日)	2 7.1	4 3.6			3 5.4	3 9 3	
NH ₄ -N (kg/日)	2 0.3	3 7.4			2 8.9	3 2 1	
NO ₃ -N (kg/日)	4.1 9	5.6 6			4.9 3	5 4.7	
NO ₂ -N (kg/日)	1.2 3	2.4 3			1.8 3	2 0.3	
TN (kg/日)	3 6.3	5 3.6			4 5.0	4 9 9	
D-TN (kg/日)	3 2.5	5 1.7			4 2.2	4 6 8	
降水量 (mm)							
有効雨量 (mm)							
ピーク降雨強度 (mm/hr)							
先行晴天日数 (day)							
備 考	* 異常値 排水区面積 90 ha, 人口 8500 人, 下水道普及率 28%						

57年度晴天時調査結果一覧表

地点 No.4

	570821	580222	580308		平均 (kg/日)	比流出 負荷量 (g/ha/日)	人口当量 (g/人/日)
Flow (m ³ /日)	3250	2580	2860		2900	322	
Peak Flow (m ³ /S)							
BOD (kg/日)		178	191		185	2050	
COD (kg/日)	81.3	85.8	83.5		83.5	928	
D-COD (kg/日)	38.8	57.8	49.5		48.7	541	
TOC (kg/日)	62.0	73.9	*175		68.0	755	
D-TOC (kg/日)	32.4	43.6	*92.2		38.0	422	
SS (kg/日)	208	111	60.6		127	1410	
TS (kg/日)	1190	930	976		1030	11500	
TP (kg/日)	5.24	4.59	5.66		5.16	57.4	
D-TP (kg/日)	3.09	2.83	3.41		3.11	34.5	
D-OP (kg/日)	2.83	2.09	2.42		2.45	27.2	
KN (kg/日)	31.1	34.0	39.2		34.8	386	
D-KN (kg/日)	21.9	29.1	29.3		26.8	297	
NH ₄ -N (kg/日)	18.4	22.9	22.2		21.2	235	
NO ₃ -N (kg/日)	0.83	2.64	3.67		2.38	26.4	
NO ₂ -N (kg/日)	0.34	4.07	3.12		2.51	27.9	
TN (kg/日)	32.3	40.7	46.0		39.7	441	
D-TN (kg/日)	23.1	33.2	36.1		30.8	34.2	
降水量 (mm)							
有効雨量 (mm)							
ピーク降雨強度 (mm/hr)							
先行晴天日数 (day)							
備考	* 異常値 排水区面積 90 ha, 人口 8500人, 下水道普及率 46%						

55・56年度晴天時調査結果一覧表 地点 No.1

	550223	560410			570204		
Flow (m^3/H)	1020	4060			1846		
Peak Flow (m^3/S)	0.099	0.444			0.215		
BOD (kg/H)	91.8	458			126		
COD (kg/H)	63.8	247			134		
D-COD (kg/H)	16.4	38.3			20.2		
TOC (kg/H)							
D-TOC (kg/H)	—	15.4			67.4		
SS (kg/H)	282	2030			546		
TS (kg/H)							
TP (kg/H)	0.07	12.5			2.61		
D-TP (kg/H)	0.17	1.44			1.28		
D-OP (kg/H)	0.07	1.49			1.09		
KN (kg/H)	97.2	33.3			20.4		
D-KN (kg/H)	84.0	14.8			13.6		
NH ₄ -N (kg/H)	62.8	11.0			9.72		
NO ₃ -N (kg/H)	0.70	1.72			1.67		
NO ₂ -N (kg/H)	0.10	0.34			0.23		
TN (kg/H)	10.5	35.4			22.3		
D-TN (kg/H)	9.20	16.9			15.5		
降水量 (mm)	7	16			10		
有効雨量 (mm)	3.7	14.7			6.7		
ピーク降雨強度 (mm/hr)	2	5			3		
先行晴天日数 (day)	6	8			30		
備考	排水区面積 27.7 ha						

57年度雨天時調査結果一覽表 地点 No.1

	570910	571019	571111	580105	580107		
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	9760	13500	13700	3820	1600		
Peak Flow (m^3/S)	1.11	1.63	1.03	0.247	0.118		
BOD ($\text{kg}/\text{日}$)	308	371	77.7	170	27.3		
COD ($\text{kg}/\text{日}$)	478	494	203	109	34.4		
D-COD ($\text{kg}/\text{日}$)	30.2	40.6	10.9	27.2	7.88		
TOC ($\text{kg}/\text{日}$)							
D-TOC ($\text{kg}/\text{日}$)	15.6	46.7	42.3	46.8	19.8		
SS ($\text{kg}/\text{日}$)	3670	3360	3030	498	86.8		
TS ($\text{kg}/\text{日}$)							
TP ($\text{kg}/\text{日}$)	14.5	17.0	7.71	3.54	0.99		
D-TP ($\text{kg}/\text{日}$)	0.16	0.73	1.54	0.38	0.41		
D-OP ($\text{kg}/\text{日}$)	—	0.90	0.36	0.18	0.34		
KN ($\text{kg}/\text{日}$)	32.3	47.1	15.4	17.1	6.58		
D-KN ($\text{kg}/\text{日}$)	17.3	10.4	16.4	10.3	6.85		
NH ₄ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	4.34	—	—	—	—		
NO ₃ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	11.9	23.5	32.1	6.39	4.03		
NO ₂ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	0.50	2.4	2.37	1.00	0.41		
TN ($\text{kg}/\text{日}$)	44.7	73.0	49.9	24.5	11.0		
D-TN ($\text{kg}/\text{日}$)	29.7	36.3	58.9	17.7	11.3		
降水量 (mm)	35	40	42	10	3		
有効雨量 (mm)	35.2	48.7	49.5	13.8	5.8		
ピーク降雨強度 (mm/hr)	10	8	7	2	1		
先行晴天日数 (day)	6	8	2	11	1		
備考	* 異常値 排水区面積 27.7 ha						

56年度雨天時調査結果一覧表 地点 No. 2

	560822	560925	561008	561022	561029	561103	
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	4010	853	973	53700	568	1110	
Peak Flow (m^3/S)	1.321	0.098	0.167	5.55	0.170	0.137	
BOD ($\text{kg}/\text{日}$)	102	27.8	33.8	808	30.2	25.7	
COD ($\text{kg}/\text{日}$)	176	22.4	26.5	1440	22.3	21.9	
D-COD ($\text{kg}/\text{日}$)	16.5	3.67	4.82	64.5	3.72	3.87	
TOC ($\text{kg}/\text{日}$)							
D-TOC ($\text{kg}/\text{日}$)	13.5	7.37	13.1	91.6	19.5	13.1	
SS ($\text{kg}/\text{日}$)	1470	117	143	41400	150	171	
TS ($\text{kg}/\text{日}$)							
TP ($\text{kg}/\text{日}$)	6.18	1.31	0.62	70.1	1.10	1.70	
D-TP ($\text{kg}/\text{日}$)	4.92	0.28	0.34	4.64	0.29	0.26	
D-OP ($\text{kg}/\text{日}$)	0.53	0.27	0.30	2.92	0.24	0.21	
KN ($\text{kg}/\text{日}$)	19.5	3.64	3.95	173	3.94	3.93	
D-KN ($\text{kg}/\text{日}$)	6.70	2.21	1.98	25.9	5.12	2.57	
NH ₄ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	2.52	1.68	1.52	15.2	2.46	2.23	
NO ₃ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	0.60	1.67	2.24	40.6	3.12	2.78	
NO ₂ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	0.23	0.19	0.09	1.66	0.12	0.20	
TN ($\text{kg}/\text{日}$)	20.3	6.27	6.28	21.5	7.18	6.91	
D-TN ($\text{kg}/\text{日}$)	7.53	4.07	4.31	68.2	8.36	5.55	
降水量 (mm)	51	13	14	221	6	16	
有効雨量 (mm)	18.8	4.0	4.6	25.2	2.7	5.2	
ピーク降雨強度 (mm/hr)	12	4	5	59	3	4	
先行晴天日数 (day)	0	5	6	13	6	5	
備考	排水区面積 21.3 ha						

56・57年度雨天時調査結果一覧表

地点 No.2

	570204	570217			570910		
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	647	1050			2450		
Peak Flow (m^3/S)	0.061	0.075			0.539		
BOD ($\text{kg}/\text{日}$)	65.8	46.8			47.3		
COD ($\text{kg}/\text{日}$)	63.6	55.0			134		
D-COD ($\text{kg}/\text{日}$)	78.7	14.0			*3.5		
TOC ($\text{kg}/\text{日}$)							
D-TOC ($\text{kg}/\text{日}$)	16.8	15.2			—		
SS ($\text{kg}/\text{日}$)	301	219			591		
TS ($\text{kg}/\text{日}$)							
TP ($\text{kg}/\text{日}$)	0.70	1.78			2.44		
D-TP ($\text{kg}/\text{日}$)	0.18	0.71			—		
D-OP ($\text{kg}/\text{日}$)	0.10	0.55			—		
KN ($\text{kg}/\text{日}$)	4.97	8.26			*2.99		
D-KN ($\text{kg}/\text{日}$)	3.00	6.74			—		
NH ₄ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	1.65	4.41			—		
NO ₃ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	1.33	5.12			—		
NO ₂ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	0.19	0.31			—		
TN ($\text{kg}/\text{日}$)	6.49	13.7			—		
D-TN ($\text{kg}/\text{日}$)	4.52	12.2			—		
降水量 (mm)	10	10			35		
有効雨量 (mm)	3.0	4.9			11.5		
ピーク降雨強度 (mm/hr)	3	3			10		
先行晴天日数 (day)	30	12			6		
備考	* 異常値 排水区面積 21.3 ha						

55・56・57年度雨天時調査結果一覧表

地点 №4

	551014	560223	560410		570204		571019
Flow ($\text{m}^3/\text{日}$)	17900	1440	3790		905		15300
Peak Flow (m^3/S)	1.631	0.144	0.481		0.136		0.900
BOD ($\text{kg}/\text{日}$)	1120	175	217		128		477
COD ($\text{kg}/\text{日}$)	889	110	121		98.4		448
D-COD ($\text{kg}/\text{日}$)	48.2	25.3	20.2		*9.87		45.4
TOC ($\text{kg}/\text{日}$)	490						
D-TOC ($\text{kg}/\text{日}$)	13.5	8.83	—		31.2		59.5
SS ($\text{kg}/\text{日}$)	4180	497	862		412		1970
TS ($\text{kg}/\text{日}$)							
TP ($\text{kg}/\text{日}$)	12.9	—	4.97		4.71		8.27
D-TP ($\text{kg}/\text{日}$)	—	—	—		—		—
D-OP ($\text{kg}/\text{日}$)	—	—	—		—		—
KN ($\text{kg}/\text{日}$)	21.7	7.27	11.1		8.08		37.2
D-KN ($\text{kg}/\text{日}$)	11.6	6.93	6.59		1.51		*4.42
NH ₄ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	5.47	4.31	3.85		—		—
NO ₃ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	14.7	2.89	1.62		2.34		58.2
NO ₂ -N ($\text{kg}/\text{日}$)	0.97	0.17	0.34		0.05		4.57
TN ($\text{kg}/\text{日}$)	37.4	10.3	13.1		10.5		100
D-TN ($\text{kg}/\text{日}$)	27.3	9.99	8.55		3.90		67.2
降水量 (mm)	51	7	16		11		40
有効雨量 (mm)	19.9	1.6	4.2		1.0		17.0
ピーク降雨強度 (mm/hr)	14	2	5		3		8
先行晴天日数 (day)	16	6	8		30		8
備 考							

平均的な流量パターン (m³/S)

時 刻	No. 1	No. 2	No. 4
1:00	0.017	0.003	0.030
2:00	0.011	0.002	0.022
3:00	0.011	0.002	0.019
4:00	0.011	0.001	0.016
5:00	0.010	0.001	0.016
6:00	0.010	0.002	0.016
7:00	0.012	0.007	0.020
8:00	0.018	0.012	0.041
9:00	0.029	0.016	0.057
10:00	0.041	0.013	0.062
11:00	0.030	0.012	0.048
12:00	0.031	0.008	0.059
13:00	0.025	0.008	0.037
14:00	0.030	0.009	0.034
15:00	0.023	0.008	0.034
16:00	0.021	0.008	0.034
17:00	0.023	0.007	0.034
18:00	0.026	0.009	0.035
19:00	0.030	0.012	0.038
20:00	0.034	0.011	0.042
21:00	0.030	0.008	0.044
22:00	0.023	0.008	0.047
23:00	0.021	0.007	0.041
24:00	0.018	0.004	0.039

平均的な降水量パターン

降水量 (mm/hr)	頻度
1	24
2	13
3	12
4	6
5	5
6	3
7	2
8	1
9	1
10	1
11	1
13	1
15	1
18	1
25	1
35	1

計74回

閉鎖性水域における栄養塩負荷
削減の効果評価に関する調査

ISSN 0386-5878
土研資料第2018号
昭和58年8月
下水道部水質研究室

要旨

下水道整備にともなう汚濁流出負荷量の削減効果を明らかにし、
年間流出負荷量の推定を行った。



郵便はがき

40円切手を
はって下さ
い。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

下水道部水質研究室 御中

No.

配布先氏名

配布先住所

No.

土木研究所資料第 2018 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印