

土木研究所資料

第1705号

# 下水管路施設の合理化に関する調査報告書(V)

— 都市域の汚濁ポテンシャル —

昭和56年8月

建設省土木研究所

下水道研究室

# 目 次

序 論 .....	1
1. 降雨の水質 .....	3
1.1 降水による大気からの物質除去 .....	3
1.2 降水中の窒素負荷 .....	3
1.3 降水中のその他の負荷 .....	4
1.4 実態調査結果 .....	4
2. 屋根, 路面等の汚濁負荷ポテンシャル .....	9
2.1 調査方法 .....	9
2.2 調査結果 .....	19
2.3 考 察 .....	23
3. 雨水マス内負荷 .....	25
3.1 調査方法 .....	25
3.2 調査結果 .....	25
3.3 考 察 .....	32
4. 管渠内負荷 .....	34
4.1 調査方法 .....	34
4.2 調査結果 .....	34
4.3 考 察 .....	38
参 考 文 献 .....	46

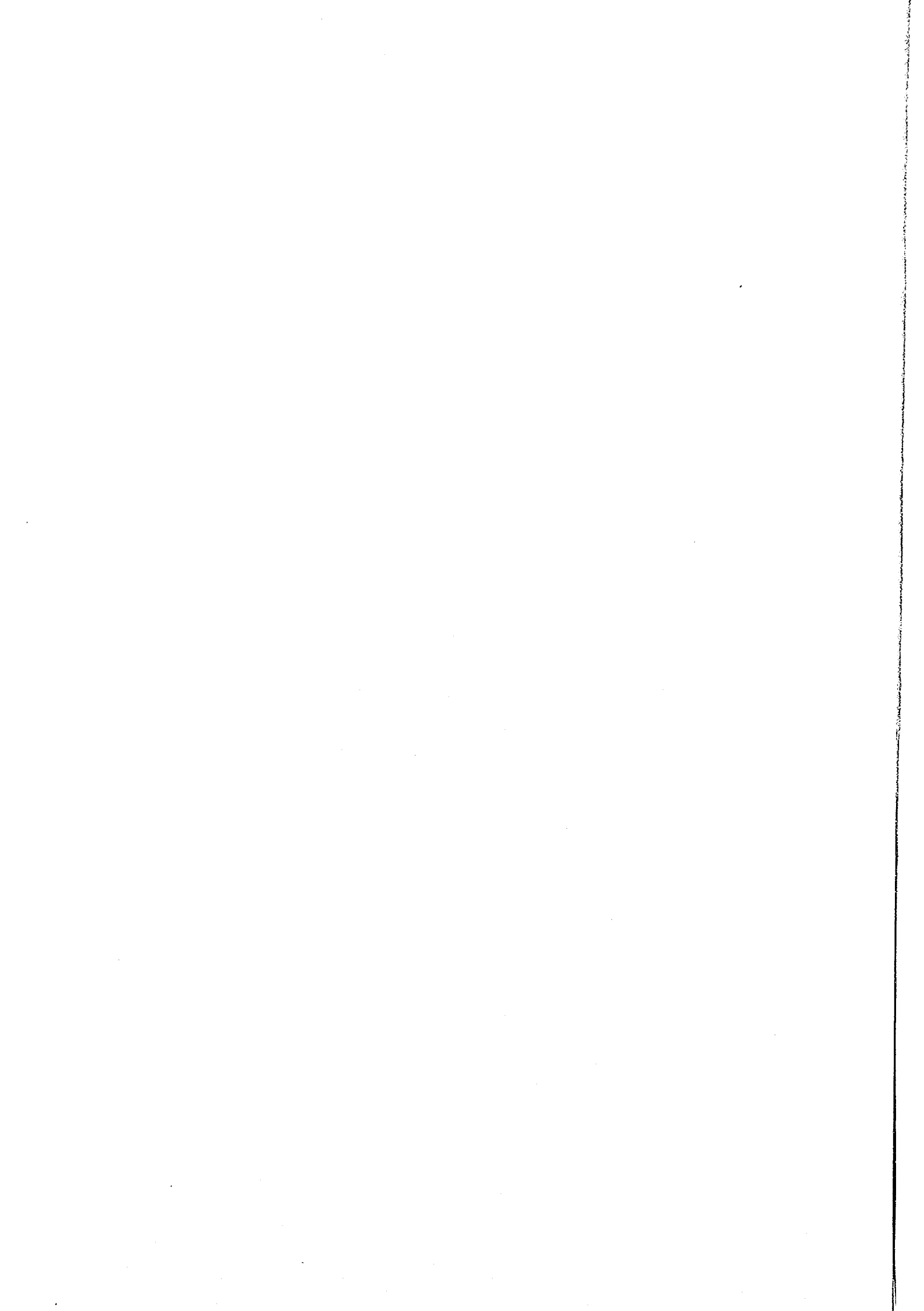
河川、湖沼、海などの公共用水域の水質保全の分野では、生活排水や事業所排水をその排出者が限定できるという意味でポイントソース（特定汚染源）と呼び、雨水流出水などのように汚染されているがその原因が不特定多数に及んだり、自然の不可抗力によるものであったりしている場合には、ノンポイントソースと呼び、双方の汚染源を区別している。

在来の水質汚濁問題としての渡良瀬川鉍毒事件や水俣湾の水銀中毒事件のような重金属による汚濁問題は、問題の大きさは別にして非常に局所的であり、全国的には有機物含有排水による水域の酸素欠乏の問題が主体であった。このような汚濁問題の汚染源は、相対的にポイントソースの方が大きく、水質保全対策もポイントソースの制御・規制に大きな重点が置かれていた。

しかしながら、物質文明が高度化し、その恩恵を最大限に享受している都市からの雨水流出水は、量的には増加の傾向を示し、質的には悪化の傾向を示していることが明らかになってきた<sup>(1)(2)</sup>。すなわち、ポイントソースの重要性が減少するにつれ、相対的にノンポイントソースの重要性が増加していると言える。さらに、水質汚濁問題に対する認識も、在来の河川、湖沼を中心とした陸水域の酸素欠乏の問題としてではなく、海域をも含めたすべての水域を対象に、そこに先息する諸々の生物にとっての環境に対する汚染、すなわち生態系の破壊の問題として認識されるようになった。

従って、水質保全の分野で関心が持たれる水質指標は、BOD（生化学的酸素要求量）や重金属をはじめとする有害物質、大腸菌群はもち論のこと、COD（化学的酸素要求量）や窒素、リンなどの栄養塩類も重要なものとして考えられるようになった。とくに富栄養化と呼ばれる、水域の植物生産が大きくなる現象は、ある種のプランクトンが大量発生して生ずる「赤潮」の発生を容易にするので非常に大きな問題となっており、富栄養化に関連する汚染物質の制御・規制が急がれている。

本論は、今日的意味での水質保全の立場から、都市流出水の汚濁ポテンシャルを評価する一つの方法として、都市域の各汚濁源における汚濁存在量についての調査結果をまとめたものである。



# 第1章 降水の水質

降水中には、BOD、CODあるいは大腸菌群といった指標で表わされる負荷が含まれているが、近年とくに問題となっているのは富栄養化の原因の一つである窒素、リンなどの栄養塩類である。

## 1.1 降水による大気からの物質除去

大気中には酸素や窒素を主成分とする気体と、量的には少ないがエアロゾル (aerosol, 半径0.01~10 $\mu$ の微細粒子) とが存在する。気体の大気からの除かれ方としては降水 (落下中の雨滴) への溶解によるものほか、植物の葉や海面・湖面など地表への吸収、エアロゾルへの変換、宇宙空間への逃散などが考えられる。このなかで、窒素化合物やイオウ化合物のように大気中での平均滞留時間が短い成分は、エアロゾルへの変換が大きな役割を果していると言われる。

エアロゾルの除かれ方としては、降水による除去、自然落下による除去、樹木・建物などとの衝突による除去などの過程が考えられる。

降水に大気中の化学成分が取り込まれる過程を大別すると、レインアウト (rain out) とウォッシュアウト (wash out) の2つになる。レインアウトとは、雲の中で雨滴が生長していく段階に取り込まれていくものであり、エアロゾルが凝結核となったり、あるいはブラウン運動によって雲粒表面に付着する作用である。ウォッシュアウトとは、雨滴が落下中にエアロゾルと衝突し、エアロゾルを取り込んだり、あるいは大気中の成分を溶解して除去する作用である。レインアウトによるエアロゾルの除去効率は定かではないが、0.1 $\mu$ 以上のエアロゾルに対しては、大陸性エアロゾルで50~80%、海洋性エアロゾルで90~100%と言われている<sup>(3)</sup>。

## 1.2 降水中の窒素負荷

降水中の窒素負荷が高くなる原因としては、生物学的作用によるもの、工場等における燃料燃焼によるものおよび大気汚染によるものが考えられる。

春夏期に大気中の窒素負荷が増大することは古くから指摘されていたが<sup>(4)</sup>、この原因は生物活動の変化によるというのが有力である。すなわち、気温が高くなると土壤中の微生物活動が活発になり、そこから放出されるアンモニアガスの量が増加するため、大気中の窒素負荷が増大するというものである。A. Angstrom ら<sup>(5)</sup>は、このような考えを受け、スウェーデン各地の降水データから、降水によって地表にもたらされる年間のアンモニア性窒素負荷量が緯度の関数で表わされるとし次式を提案した。

$$N = 9.1 \times \cos^2 \varphi \quad (1-1)$$

ただし、N：降水による年間のアンモニア性窒素負荷量 (kg/ha)

$\varphi$ ：緯度

個々の降雨時の水質変化については多くの観測結果例があるが、窒素濃度に関しては降雨の進行とともに減少するのが一般である。減少の速さは窒素形態によって異なり、アンモニア性窒素の場合には降り始めから2mmまでの濃度減少は見られるが、それ以降の濃度減少は緩徐である。濃度が降雨の進行に従って指数関数的に減少するとすれば、降雨中の窒素濃度は次式で与えられる。

$$C = C_0 \cdot \exp(-K R) \quad (1-2)$$

ただし、C：降水中の窒素塩類濃度 (mg/l)

C<sub>0</sub>：初期濃度 (mg/l)

R：累加降雨量 (mm)

K：減少係数 (1/mm)

減少係数Kについては、降り始めの1mmの濃度に対して2mmの濃度が約1/2になっていることからK ≒ 0.7 (1/mm)程度と考えられる。初期濃度C<sub>0</sub>については、窒素形態による差はもち論、季節的、地域的な差がある。

わが国における年間の降水による窒素負荷量は、5~30kg/ha/年であり<sup>(6)</sup>、栄養度の低い水系への影響は無視し得ないであろう。

### 1.3 降水中のその他の負荷

降水によるリン負荷量は、0.2~2kg/ha/年であり<sup>(6)</sup>、窒素の1/10程度である。降水中の平均濃度という考え方をすれば、0.02~0.2mg/lであり地域性はあるものの量的には少なく、降水中のリンが直接富栄養に結びつく水系は限られよう。

BOD、CODで表わされる有機性負荷も降水中に含まれるが、その平均濃度はともに1~5mg/lであり、とくに降雨初期が高いという傾向は見出せない。

### 1.4 実態調査結果

以上のように降水中の負荷が直接水系の汚染に結びつく場合は極めて限定されるが、環境庁の手で実施された降水の実態調査結果\*について少し触れておく。

表1.1~3は各々山形市、神戸市、北九州市で行われた降水の水質を調査した結果である。調査は、降雨の開始時にあらかじめ洗浄してある「ビニールシート」を開き、所要量(1mm相当分、1m×1mの場合1ℓ)をビニールシート中央部の穴から採集し、分析する方法で行われた。

表1.2、1.3は降り始めからの降水を1mmづつ採集したものであり、常識的には濃度減少が起きるはずであるが結果は必ずしもそうになっていない。1mmを採集する所要時間が長くなると(すなわち降雨強度が弱い場合)濃度上昇が起きている項目もある。

総窒素に占めるアンモニア性、硝酸性、亜硝酸性の窒素の比率は、場所によって変化するばかりでなく、降雨の生じた季節、時間によっても変化している。

\* 昭和53、54、55年度環境庁委託業務結果報告書、非特定汚染源による汚染防止対策調査

表 1.1 降雨水調査結果\* (山形市)  
(降り始めの 1 mm)

No	採水月日	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	PH	大腸菌群 数(MPN /100ml)	n-ヘキサン 抽出物質 (mg/l)
1	昭和 53. 8.30	2.3	3.3	8	4.1	4.9×10 <sup>2</sup>	(0.2) N.D
2	53. 9.20	7.0	9.9	42	3.6	4.6×10 <sup>2</sup>	(0.2) N.D
3	53.11.13	1.6	3.3	2	4.6	5	0.6
4	53.12. 4	3.4	(0.2) N.D	1	4.8	2	(0.4) N.D

No	採水月日	T-N (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	T-P (mg/l)	PO <sub>4</sub> -P (mg/l)
1	昭和 53. 8.30	(1.59) 1.5	(0.52) 0.5	(0.40) 0.4	(0.00) N.D	0.32	(0.02) N.D
2	53. 9.20	(2.60) 2.6	(0.76) 0.7	(0.13) 0.1	(0.00) N.D	0.10	(0.02) N.D
3	53.11.13	(1.26) 1.2	(0.74) 0.7	(0.09) N.D	0.01	0.13	(0.01) N.D
4	53.12. 4	(0.36) 0.3	(0.16) 0.1	(0.14) 0.1	(0.00) N.D	0.12	(0.01) N.D

No	採水月日	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr(6価) (mg/l)	Hg (mg/l)
1	昭和 53. 8.30	N.D	0.07	0.04	(0.014) 0.01	N.D	N.D
2	53. 9.20	N.D	N.D	0.04	(0.005) N.D	N.D	N.D
3	53.11.13	N.D	N.D	0.01	(0.006) N.D	N.D	N.D
4	53.12. 4	N.D	N.D	0.01	N.D	N.D	N.D

表 1.2 降雨水調査結果\* (神戸市)

(降り始めから1mmずつ5mmまで)

No.	採水年月日	採水時刻	経過時間(分)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	Hg (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)
1	昭和54年10月18日	時分 時分 8:40~9:03	23	6.8	0.9	2.3	15.7	0.53	0.01	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.01 以下	0.01
2	"	9:03~9:22	42	6.5	0.2	5.8	1.16	0.18	0.01 以下	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.01 以下	0.01
3	"	9:22~9:34	54	6.1	0.4	0.8	6.8	nd	0.01 以下	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.01 以下	0.01
4	"	9:34~11:02	142	5.8	2.1	0.8	4.8	nd	0.02	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.01 以下	0.04
5	"	11:02~16:20	460	6.4	2.2	0.2	10.1	nd	0.02	0.002 以下	0.02	0.0005 以下	0.01 以下	0.13
1	昭和54年11月4日	時分 時分 15:00~15:25	25	5.6	1.9	1.6	9.8	0.70	0.04	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.01 以下	0.12
2	"	15:25~15:35	35	5.9	1.3	0.1	7.3	0.35	0.03	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.01 以下	0.11
3	"	15:35~15:50	50	5.5	0.6	0.1	4.2	0.18	0.02	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.01 以下	0.21
4	"	15:50~16:00	60	5.4	0.4	0.2	3.1	nd	0.01	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.01 以下	0.42
5	"	16:00~16:15	75	5.4	1.0	1.2	1.2	nd	0.01	0.002 以下	0.01 以下	0.0005 以下	0.02	0.24



表 1.3 降雨水調査結果\* (北九州市)

(降り始めから1mmづつ5mmまで)

1. 昭和55年11月21日

No.	採水時刻	pH	※ BOD (ppm)	※ COD (ppm)	SS (ppm)	総窒素 (ppm)	アモニア 性窒素 (ppm)	硝酸性 窒素 (ppm)	亜硝酸 性窒素 (ppm)	総リン (ppm)	リン酸 性リン (ppm)	鉄 (ppm)	亜鉛 (ppm)	銅 (ppm)	マンガン (ppm)	鉛 (ppm)	ニッケル (ppm)
1	0時55分～2時13分	4.8	11.7	20.1	36.3	2.99	0.64	2.24	<0.01	0.21	<0.01	0.78	0.35	<0.01	0.05	0.07	<0.01
2	2時13分～3時1分	4.1	11.9	12.1	14.0	3.21	0.67	2.56	0.01	0.17	<0.01	0.30	0.10	<0.01	0.02	0.10	<0.01
3	3時1分～4時42分	4.2	11.3	11.1	8.7	2.52	0.69	1.63	<0.01	0.13	<0.01	0.10	0.04	<0.01	<0.01	0.12	<0.01
4	4時42分～7時42分	4.2	11.0	11.4	11.7	2.41	0.81	1.43	<0.01	0.21	<0.01	0.20	0.07	<0.01	<0.01	0.07	<0.01
5	7時42分～11時10分	4.1	11.9	17.2	13.5	1.89	0.94	0.84	0.02	0.16	<0.01	0.18	0.07	<0.01	<0.01	0.09	<0.01

(注)  
※を付した項目は、  
ビニールシートから  
の溶出の影響を受け  
ている。

2. 昭和55年11月27日～28日

No.	採水時刻	pH	※ BOD (ppm)	※ COD (ppm)	SS (ppm)	総窒素 (ppm)	アモニア 性窒素 (ppm)	硝酸性 窒素 (ppm)	亜硝酸 性窒素 (ppm)	総リン (ppm)	リン酸 性リン (ppm)	鉄 (ppm)	亜鉛 (ppm)	銅 (ppm)	マンガン (ppm)	鉛 (ppm)	ニッケル (ppm)
1	11月27日 11月28日 19時23分～5時50分	4.2	22.6	14.7	2.0	0.32	0.30	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	0.27	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
2	5時50分～6時38分	4.2	1.38	9.9	2.2	0.52	0.20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.11	0.13	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3	6時38分～7時8分	4.1	8.9	3.8	2.0	0.37	0.29	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.06	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
4	7時8分～7時37分	3.9	6.8	3.9	1.0	0.29	0.20	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	7時37分～7時56分	4.0	8.3	3.0	2.8	0.09	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

(注)  
※を付した項目は、  
ビニールシートから  
の溶出の影響を受け  
ている。

3. 昭和56年1月24日

No.	採水時刻	pH	BOD (ppm)	COD (ppm)	SS (ppm)	総窒素 (ppm)	アンモニ ア窒 素 (ppm)	硝酸性 窒素 (ppm)	亜硝酸 性窒素 (ppm)	総リン (ppm)	リン酸性 リン (ppm)	鉄 (ppm)	亜鉛 (ppm)	銅 (ppm)	マンガン (ppm)	鉛 (ppm)	ニッケル (ppm)
1	9時30分～10時25分	6.1	4.9	4.8	8.0	0.65	0.11	0.21	0.07	<0.01	<0.01	0.22	0.14	<0.01	0.02	<0.01	<0.01
2	10時25分～11時20分	5.6	5.9	4.8	6.7	0.78	0.11	0.06	0.03	<0.01	<0.01	0.17	0.10	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3	11時20分～11時49分	5.3	5.2	4.1	6.0	0.32	0.11	0.08	0.01	<0.01	<0.01	0.14	0.06	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
4	11時49分～11時58分	4.9	3.5	3.5	4.7	0.26	0.12	0.07	0.01	<0.01	<0.01	0.11	0.06	<0.01	0.02	<0.01	<0.01
5	11時58分～12時7分	5.1	3.2	2.9	4.7	0.21	0.12	0.08	0.01	<0.01	<0.01	0.11	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

4. 昭和56年1月31日

No.	採水時刻	pH	BOD (ppm)	COD (ppm)	SS (ppm)	総窒素 (ppm)	アンモニ ア窒 素 (ppm)	硝酸性 窒素 (ppm)	亜硝酸 性窒素 (ppm)	総リン (ppm)	リン酸性 リン (ppm)	鉄 (ppm)	亜鉛 (ppm)	銅 (ppm)	マンガン (ppm)	鉛 (ppm)	ニッケル (ppm)
1	19時55分～20時37分	5.5	6.4	7.4	11.0	1.97	0.25	0.74	0.05	<0.01	<0.01	0.20	0.09	0.02	0.02	<0.01	<0.01
2	20時37分～21時12分	4.6	2.2	3.2	7.7	0.98	0.11	0.41	0.02	<0.01	<0.01	0.27	0.07	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
3	21時12分～21時44分	4.4	1.6	2.6	5.0	0.72	0.07	0.29	0.02	<0.01	<0.01	0.20	0.05	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
4	21時44分～22時33分	4.4	1.5	2.0	5.0	0.48	0.06	0.15	0.02	<0.01	<0.01	0.17	0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	22時33分～23時14分	4.4	1.0	1.4	4.0	0.40	0.05	0.10	0.02	<0.01	<0.01	0.15	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

\* S. 53, 54, 55年度環境庁委託業務結果報告書

## 第2章 屋根，路面等の汚濁負荷ポテンシャル

### 2.1 調査方法

都市域に於いては，屋根，路面等の不浸透域に占める割合が大きく，管渠外の重要な汚濁源と考えられる。屋根及び路面の汚濁ポテンシャルは，i) 散水装置を使って人工降雨を降らせ，その流出水を採水，分析する方法，ii) 実際の降雨の流出水を定量的に採水，分析する方法，iii) 直接真空掃除器で堆積物を吸引し，その分析を行なうという3法が挙げられる。各都市で行なわれた調査の概略と分析結果を以下に記す。

#### 屋根堆積物調査

東京都（赤羽）；土木研究所（赤羽）構内で屋根面積が  $4.8\text{ m} \times 2.22\text{ m} = 10.66\text{ m}^2$  の屋根の上に2人が立ち，ジョーロで水をまき，雨樋で集水するという方法で，最後にデッキブラシで洗浄した。（表2-1）

横浜市；調査地点の概要は表2-2に示す。

表2-2

区域名	降雨量	屋根排水採水地点	屋根の形状	屋根の大きさ	調査回数
堀ノ内	10 <sup>mm</sup> 以上	門前公園より 100 <sup>m</sup> の平屋民家	トタン屋根 緑色ペンキ塗装 屋根勾配 17°	縦 2.2 <sup>m</sup> 横 6.8 <sup>m</sup> 面積 14.96 <sup>m</sup> <sup>2</sup>	2回

降雨開始から，雨樋の流出口に容量30ℓのポリバケツを置き，降雨水1mm相当（約15ℓ）に達する毎にバケツを交換し，採水は，よく攪拌した上でヒシャクにて2ℓのポリビンに採った。

（表2-3，4）

神戸市\*；集水屋根面積は， $16.5\text{ m} \times 15.9\text{ m} = 262.4\text{ m}^2$  である。採水方法は，雨樋から流出する雨水を容器にて採水を行なった。（表2-5）

北九州市\*；降雨開始から1，2，3，4，5mm時の雨樋から流出する雨水を採水した。集水屋根面積は， $14.5\text{ m} \times 10.7\text{ m} = 155.2\text{ m}^2$ であった。（表2-6，7）

山形市\*；採水方法としては，降雨開始後初期の屋根雨水を雨樋より20ℓポリバケツに集水し1降雨2～4試料採水した。集水屋根面積は $11.6\text{ m} \times 10.2\text{ m} = 118\text{ m}^2$ であった。（表2-8）

#### 路面堆積物調査

神戸市\*；調査に先だって道路巾約6mの住宅地内の道路の側溝部分をあらかじめ清掃し，清掃からの経過日数と側溝部分に設定したブロック（0.5m×1.0m）内の固形物量，固形物当りのCOD（Mn）量との関係を求める方法で進められた。路面清掃後120時間経過したところに小降雨があったが全体に流出量が小さかったので調査を続行した。尚，採取ブロックは，調査区域内で採取毎に移動した。（表2-9）

横浜市\*；調査地点の道路形態は，アスファルト舗装で両勾配，L型側溝も設置されており通過交通もある住居ブロックを囲む街路である。採取方法は，粗目の堆積物を「ほうき」で，微

\* 昭和53，54，55年度環境庁委託業務結果報告書，非特定汚染源による汚染防止対策調査。

細な堆積物を真空掃除機で採取した。調査日は、1回目の調査の48時間後に2回目、2回目の調査の96時間後に3回目の調査を行なった。尚、採取地点は、3回とも同一地点である。(表2-10~12)

東京都(谷端川)<sup>2)</sup>; 東京都谷端川流域の中に3ヶ所の実験地を選定し散水実験を行なった。散水装置は、 $\phi 25\text{mm}$ 、3mの塩ビ管に $\phi 6\text{mm}$ の噴霧器用ノズルを千鳥に0.2m間隔に17個、計3本のパイプを並列して組み立てた。水は、小型トラック上の量水槽からホースで導かれる(図2-1)。これにより $30\text{mm/hr}$ 程度の散水が可能であるが、雨滴は実際の $30\text{mm/hr}$ の降雨に比較して小さく、路面に到達するときの速度も実際に較べてかなり小さい。散水には水道水を用い、集水には雨水マスを利用し、バケツに流出水を受けた後採水した。集水時間間隔は、最初の4検体が2.5分、次いで5分が2検体、あとの3つは10分間隔とした。散水後は、デッキブラシで路面を洗い、洗浄水の量も測定した後に採水した。(表2-13)

東京(赤羽); 調査地点Aは、面積 $A = 0.49\text{m} \times 3\text{m} = 1.47\text{m}^2$ の側構部で人通りが多く商業地域にあたる場所で、Bは同じく商業地で面積 $= 0.49\text{m} \times 5\text{m} = 2.45\text{m}^2$ の交通の多少激しいと思われる側構部である(図2-2)。調査方法は、側構部分を長さ方向に4つに分け、電機掃除機を用い堆積物を吸引し集めたものである。(表2-14)

表 2 - 1 屋根流出水調査結果 (赤羽)

(mg/l)

Time	Water Volume	BOD	COD	SS	T-N	NM <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	T-P
(min)	(l)								
-5	5034	99	138	142	625	2.91	0.014	333	0.32
-10	7468	47	73	89	178	0.88	0.005	238	0.21
-15	7438	30	47	37	173	0.53	0.004	213	0.09
-20	8386	4.1	3.7	26	134	0.39	0.004	209	0.10
-30	16488	2.9	2.9	18	081	0.46	0.004	179	0.05
-42	17983	3.0	2.8	8	0.95	0.43	0.003	5.01	0.03
Washing	14870	114	279	142	10.00	2.63	0.253	177	0.19

表 2 - 3 屋根流出水調査結果 (横浜市, 1回目, 55年12月23日)

資料番号	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD <sub>(Mn)</sub> (mg/l)	COD <sub>(cr)</sub> (mg/l)	KN (mg/l)	TP (mg/l)	SS (mg/l)	透視度 (度)	備考
1	20	35	116	4.26	0.197	132	10	流出量約15ℓ
2	5.4	11	45	1.27	0.122	59	16	"
3	4.5	8.8	27	0.85	0.108	63	18.5	"
4	3.2	6.9	22	0.67	0.084	36	27.5	"
5	2.7	5.8	18	0.59	0.033	33	30以上	"
6	2.3	4.4	24	0.57	0.025	20	30以上	"
7	2.4	5.9	20	0.57	0.076	40	30以上	"
8	3.3	7.1	20	0.75	0.112	41	30以上	"
9	3.8	7.1	16	0.76	0.119	34	30以上	"
10	3.8	8.2	22	0.72	0.121	65	24以上	"

表 2 - 4 屋根流出水調査結果 (横浜市, 2回目, 56年2月23日)

資料番号	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	COD <sub>(Mn)</sub> (mg/l)	COD <sub>(cr)</sub> (mg/l)	KN (mg/l)	TP (mg/l)	SS (mg/l)	透視度 (度)	備考
1	28	26	82	5.14	0.089	82	21以上	流出量約15ℓ
2	7.4	10	27	1.40	0.062	41	30以上	"
3	5.8	7.6	17	1.31	0.028	25	30以上	"
4	5.2	7.4	15	1.07	0.037	47	30以上	"
5	4.8	5.4	10	1.13	0.024	28	30以上	"
6	4.1	5.6	13	0.72	0.033	30	30以上	"
7	3.8	4.7	11	0.78	0.011	25	30以上	"
8	4.1	5.0	8.5	0.60	0.008	15	30以上	"
9	4.5	4.6	8.4	0.66	0.008	5.8	30以上	"
10	4.2	4.7	8.5	0.78	0.034	5.7	30以上	"

表2-5 屋根流出水調査結果(神戸市)

No.	採水年月日	採水時刻	経過時間(分)	pH	BOD	溶解性BOD	COD	溶解性COD	SS	T-N	溶解性T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N
				(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
1	昭和54年 8月27日	15時20分	10	6.7	4.8	2.5	11.9	4.1	29.4	2.33	2.22	0.44	1.08	0.09
2	"	15:30	20	6.7	5.0	1.5	7.9	5.5	6.6	1.57	1.36	0.29	0.51	0.04
3	"	15:50	40	6.8	3.6	1.2	3.0	2.0	90.5	0.90	0.73	0.15	0.24	0.03
4	"	16:10	60	6.8	3.0	1.1	1.6	1.0	3.4	0.51	0.40	0.10	0.17	0.02
1	昭和54年 9月4日	12時50分	10	6.3	3.2	2.7	11.1	4.4	11.1	1.99	1.88	0.53	0.37	0.07
2	"	13:00	20	6.5	1.8	2.4	15.3	4.3	10.2	1.68	1.61	0.48	0.35	0.07
3	"	13:20	40	6.4	3.8	3.4	20.0	6.4	119.4	2.27	1.88	0.86	0.45	0.06
4	"	13:40	60	6.7	2.6	2.9	21.4	2.4	150.5	1.82	1.46	0.24	0.37	0.04

No.	採水年月日	採水時刻	経過時間(分)	T-P	溶解性T-P	PO <sub>4</sub> -P	大腸菌群数(MPN)	有機態-N	溶解性有機態-N
				(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(/100ml)	(mg/L)	(mg/L)
1	昭和54年 8月27日	15時20分	10	0.07	0.01以下	0.01以下	490	1.16	1.05
2	"	15:30	20	0.05	0.01以下	0.01以下	1100	1.02	0.81
3	"	15:50	40	0.03	0.01以下	0.01以下	490	0.63	0.46
4	"	16:10	60	0.01以下	0.01以下	0.01以下	700	0.32	0.21
1	昭和54年 9月4日	12時50分	10	0.03	0.01	0.01以下	33	1.55	1.44
2	"	13:00	20	0.02	0.01以下	0.01以下	13	1.26	1.19
3	"	13:20	40	0.14	0.02	0.01以下	8	1.76	1.37
4	"	13:40	60	0.12	0.01以下	0.01以下	23	1.41	1.05

表 2 - 5 屋根流出水調査結果 (神戸市)

No.	採水年月日	採水時刻	経過時間(分)	Cd (mg/L)	溶解性 Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	溶解性 Pb (mg/L)	Hg (mg/L)	溶解性 Hg (mg/L)	Cr <sup>6+</sup> (mg/L)	Cu (mg/L)	溶解性 Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	溶解性 Zn (mg/L)
1	昭和54年8月27日	15時20分	10	0.002以下	0.002以下	0.06	0.01以下	0.0005以下	0.0005以下	0.01以下	0.06	0.02	1.17	0.68
2	"	15:30	20	0.002以下	0.002以下	0.07	0.01以下	0.0005以下	0.0005以下	0.01以下	0.08	0.02	0.91	0.52
3	"	15:50	40	0.002以下	0.002以下	0.03	0.01以下	0.0005以下	0.0005以下	0.01以下	0.03	0.01以下	0.36	0.21
4	"	16:10	60	0.002以下	0.002以下	0.01以下	0.01以下	0.0005以下	0.0005以下	0.01以下	0.02	0.01以下	0.22	0.18
1	昭和54年9月4日	12時50分	10	0.004	0.004	0.01以下	0.01以下	0.0005以下	0.0005以下	0.01以下	0.02	0.01以下	0.39	0.34
2	"	13:00	20	0.003	0.003	0.01以下	0.01以下	0.0005以下	0.0005以下	0.01以下	0.01以下	0.01以下	0.22	0.23
3	"	13:20	40	0.005	0.004	0.08	0.01以下	0.0005以下	0.0005以下	0.01以下	0.09	0.02	1.27	0.48
4	"	13:40	60	0.005	0.004	0.10	0.01以下	0.0005以下	0.0005以下	0.01以下	0.13	0.02	1.28	0.21

表2-6 屋根流出水調査結果 (北九州市)

昭和55年11月21日

No	採水時刻	pH	BOD (ppm)	溶解性 BOD (ppm)	COD (ppm)	溶解性 COD (ppm)	SS (ppm)	油分 (ppm)	総窒素 (ppm)	溶解性 総窒素 (ppm)	アンモニア性 窒素 (ppm)	硝酸性 窒素 (ppm)	亜硝酸性 窒素 (ppm)	総リン (ppm)	溶解性 総リン (ppm)
1	1時15分	7.0	28.7	20.4	105	82.1	221	6.7	4.53	3.48	0.73	<0.01	<0.01	0.20	0.17
2	2時13分	6.8	8.2		39.9		50.0	3.5	3.11		1.05	1.33	<0.01	0.14	
3	3時4分	7.0	7.6		33.5		48.5	1.5	3.50		1.02	2.16	<0.01	0.20	
4	4時43分	6.9	2.2		16.2		20.3	1.2	1.01		0.95	0.16	0.01	0.07	
5	7時43分	6.8	1.5	1.5	8.7	7.4	12.0	0.4	2.11	1.47	1.15	1.04	0.01	0.10	0.04

No	採水時刻	リン酸性 リン (ppm)	鉄 (ppm)	溶解性 鉄 (ppm)	亜鉛 (ppm)	溶解性 亜鉛 (ppm)	銅 (ppm)	溶解性 銅 (ppm)	マンガン (ppm)	溶解性 マンガン (ppm)	鉛 (ppm)	溶解性 鉛 (ppm)	ニッケル (ppm)	溶解性 ニッケル (ppm)
1	1時15分	<0.01	5.75	0.50	1.15	0.90	0.15	0.06	0.80	0.55	0.19	0.11	0.04	0.02
2	2時13分	<0.01	1.88		0.45		0.05		0.25		0.10		0.01	
3	3時4分	<0.01	2.00		0.28		0.04		0.17		0.09		0.01	
4	4時43分	<0.01	0.73		0.18		0.01		0.08		0.07		0.02	
5	7時43分	<0.01	0.95	0.05	0.11	0.10	0.01	<0.01	0.06	0.03	0.11	0.08	<0.01	<0.01

表2-7 屋根流出水調査結果

昭和55年11月28日

No	採水時刻	pH	BOD (ppm)	溶解性 BOD (ppm)	COD (ppm)	溶解性 COD (ppm)	SS (ppm)	油分 (ppm)	総窒素 (ppm)	溶解性 総窒素 (ppm)	アンモニア性 窒素 (ppm)	硝酸性 窒素 (ppm)	亜硝酸性 窒素 (ppm)	総リン (ppm)	溶解性 総リン (ppm)
1	5時40分	7.0	4.6	2.4	16.8	7.1	133	2.0	1.70	1.45	0.25	0.79	0.04	<0.01	<0.01
2	6時5分	6.4	1.8		5.3		12.0	0.4	0.41		0.34	<0.01	<0.01	<0.01	
3	6時40分	6.3	1.7		4.6		8.3	0.1	0.39		0.34	<0.01	<0.01	<0.01	
4	7時9分	6.1	1.2		3.7		5.3	0.2	0.37		0.24	<0.01	<0.01	<0.01	
5	7時40分	5.9	0.2	0.2	4.5	2.7	9.0	0.1	0.43	0.36	0.26	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

No	採水時刻	リン酸性 リン (ppm)	鉄 (ppm)	溶解性 鉄 (ppm)	亜鉛 (ppm)	溶解性 亜鉛 (ppm)	銅 (ppm)	溶解性 銅 (ppm)	マンガン (ppm)	溶解性 マンガン (ppm)	鉛 (ppm)	溶解性 鉛 (ppm)	ニッケル (ppm)	溶解性 ニッケル (ppm)
1	5時40分	<0.01	3.89	0.07	0.41	0.07	0.03	<0.01	0.49	0.03	0.08	<0.01	0.03	<0.01
2	6時5分	<0.01	0.21		0.13		<0.01		0.04		<0.01		<0.01	
3	6時40分	<0.01	0.29		0.15		<0.01		0.04		0.02		0.03	
4	7時9分	<0.01	0.16		0.12		<0.01		0.03		<0.01		<0.01	
5	7時40分	<0.01	0.36	0.02	0.13	0.13	<0.01	<0.01	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01



表 2 - 8 屋根流出水調査結果 (山形市)

No.	採水月日	採水開始時刻	採水量 (L)	BOD (mg/L)	溶解性 BOD (mg/L)	COD (mg/L)	溶解性 COD (mg/L)	SS (mg/L)	pH	大腸菌群数 (MPN / 100 ml)	n-ヘキサノ抽出物質 (mg/L)	T-N (mg/L)	溶解性 T-N (mg/L)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)
1	昭和 53.9.20	10:30	40	71	4.7	285	238	73	5.6	23×10	0.8	(926) 92	(523) 52	(729) 72	(082) 0.8	0.03
2	"	11:30	40	18	1.2	212	123	56	4.1	3.3×10	0.6	(497) 4.9	(337) 3.3	(399) 3.9	(035) 0.3	0.01
3	昭和 53.11.13	8:30	40	7.4	2.3	17.9	8.7	87	5.9	5	0.8	(461) 4.6	(443) 4.4	(315) 3.1	(010) 0.1	0.08
4	"	9:00	40	2.6	1.6	11.6	3.2	82	6.0	2	0.7	(169) 1.6	(147) 1.4	(119) 1.1	(001) N.D	0.04
5	"	9:30	40	1.3	1.2	5.2	2.3	38	5.9	2.3×10	0.6	(113) 1.1	(106) 1.0	(078) 0.7	(004) N.D	0.03
6	"	9:50	40	1.6	1.1	5.0	2.4	33	5.8	4.9×10	0.5	(094) 0.9	(077) 0.7	(047) 0.4	(003) N.D	0.03

No.	採水月日	T-P (mg/L)	溶解性 T-P (mg/L)	PO <sub>4</sub> -P (mg/L)	Cd (mg/L)	溶解性 Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	溶解性 Pb (mg/L)	Zn (mg/L)	溶解性 Zn (mg/L)	Cu (mg/L)	溶解性 Cu (mg/L)	Cr(6価) (mg/L)	溶解性 Cr(6価) (mg/L)	Hg (mg/L)	溶解性 Hg (mg/L)
1	昭和 53.9.20	0.43	0.23	0.29	N.D	N.D	N.D	N.D	6.3	5.4	(0.030) 0.03	(0.030) 0.03	N.D	N.D	N.D	N.D
2	"	0.33	0.16	0.16	N.D	N.D	N.D	N.D	3.1	2.7	(0.031) 0.03	(0.028) 0.02	N.D	N.D	N.D	N.D
3	昭和 53.11.13	0.17	0.12	0.10	N.D	N.D	N.D	N.D	3.3	1.4	(0.011) 0.01	(0.003) N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
4	"	0.14	0.10	0.05	N.D	N.D	N.D	N.D	2.8	2.0	(0.006) N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
5	"	0.10	0.09	(0.04) N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1.3	0.55	(0.003) N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
6	"	0.13	0.09	(0.03) N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1.2	0.58	(0.003) N.D	(0.002) N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

表2-9 路面堆積物分析結果(神戸市)

No	実施日	経過時間	汚濁物質重量 (g)	TS (mg/l)	COD(Cr) (mg/l)	COD(Mn) (mg/l)	COD 負荷総量 (mg/m <sup>2</sup> )
1	55.1/31~2/2	48	6.2932 6.0180 g/l	385	7.9	3.7	(Mn) : 7.72 (Cr) : 16.52
2	1/31~2/4	96	12.1581 6.0215 g/l	339	4.0	4.0	(Mn) : 16.14 (Cr) : 16.14
3	1/31~2/6	144	14.4151 6.0045 g/l	71.3	12.9	4.6	(Mn) : 22.08 (Cr) : 61.92
4	1/31~2/8	192	31.0008 6.0205 g/l	82.0	16.7	5.1	(Mn) : 52.52 (Cr) : 171.98
5	1/31~2/10	240	33.7648 6.0105 g/l	77.3	27.1	4.5	(Mn) : 50.54 (Cr) : 304.46

表2-10 路面堆積物の分析結果(横浜市, 1回目 56年1月20日)

資料番号	含水比 (%)	重量 (kg)	BOD <sub>5</sub> (10 <sup>3</sup> mg/kg)	COD(Mn) (10 <sup>3</sup> mg/kg)	KN (10 <sup>3</sup> mg/kg)	TP (10 <sup>3</sup> mg/kg)	VTS (%)	備考
R-1	1.5	2.018	1.5	7.1	0.79	0.35	4.2	路面堆積物
2	1.4	1.181	3.1	9.2	1.1	0.67	4.4	
3	2.0	1.065	4.1	10	1.6	0.70	6.5	
4	1.6	2.260	1.6	7.2	0.80	0.52	3.9	
5	1.7	1.272	4.4	9.2	1.6	0.68	6.2	
6	1.5	0.507	5.9	9.9	1.6	0.60	8.0	
7	2.2	5.245	2.2	3.6	2.9	0.65	3.2	
8	1.4	1.824	2.3	9.7	1.2	0.63	5.8	
S-1	2.3	4.309	2.5	7.3	1.4	0.63	5.8	側溝堆積物
2	2.7	16.19	1.1	6.9	1.1	0.73	4.7	
3	3.5	13.94	1.1	8.5	1.3	0.75	4.2	
4	2.2	1.640	2.5	7.8	1.3	0.53	5.3	
5	7.2	11.49	2.7	9.7	1.4	0.66	6.1	
6	4.5	0.504	2.0	9.7	2.0	0.64	6.8	
7	1.7	7.419	0.84	7.0	0.95	0.56	3.7	
8	3.3	0.644	5.6	11	2.4	0.93	8.1	

表 2-11 路面堆積物の分析結果（横浜市，2回目 56年1月22日）

資料番号	含水比 (%)	重量 (kg)	BOD <sub>5</sub> (10 <sup>3</sup> mg/kg)	COD(Mn) (10 <sup>3</sup> mg/kg)	KN (10 <sup>3</sup> mg/kg)	TP (10 <sup>3</sup> mg/kg)	VTS (%)	備考
R-1	1.6	1.793	2.9	7.8	0.97	0.56	4.8	路面堆積物
2	1.4	1.175	4.7	11	1.4	0.62	5.6	
3	1.5	0.770	3.5	7.8	1.3	0.61	5.8	
4	1.4	1.743	1.6	7.9	0.87	0.54	4.6	
5	1.5	0.853	6.5	11	1.5	0.71	6.8	
6	1.3	0.345	5.2	12	1.7	0.45	8.7	
7	1.3	1.933	2.2	3.9	1.1	0.56	3.5	
8	1.2	1.489	2.7	6.6	1.2	0.59	5.3	
S-1	2.9	1.727	0.99	4.4	0.53	0.47	3.1	側溝堆積物
2	6.0	2.010	1.5	9.0	1.3	0.84	5.4	
3	5.1	1.496	4.2	9.4	2.1	0.99	6.0	
4	3.8	0.667	2.8	9.0	1.5	0.64	6.1	
5	3.3	1.122	4.1	9.5	1.9	0.87	6.4	
6	2.7	0.119	11	12	3.8	0.81	9.4	
7	4.7	1.722	1.7	6.7	2.0	0.74	4.2	
8	2.3	0.461	6.6	12	2.8	0.96	8.0	

表 2-12 路面堆積物の分析結果（横浜市，3回目 56年1月26日）

資料番号	含水比 (%)	重量 (kg)	BOD <sub>5</sub> (10 <sup>3</sup> mg/kg)	COD(Mn) (10 <sup>3</sup> mg/kg)	KN (10 <sup>3</sup> mg/kg)	TP (10 <sup>3</sup> mg/kg)	VTS (%)	備考
R-1	1.7	1.210	2.7	9.2	1.0	0.68	5.0	路面堆積物
2	1.7	0.880	5.6	10	1.6	0.74	6.1	
3	2.0	0.369	4.2	9.6	1.9	0.74	7.4	
4	1.8	1.320	1.4	8.9	0.96	0.52	4.5	
5	1.8	0.585	6.2	9.9	1.9	0.72	7.0	
6	1.6	0.292	4.8	10	1.4	0.69	8.1	
7	1.3	0.913	2.8	5.9	1.3	0.62	4.7	
8	1.6	0.315	3.5	9.5	1.6	0.73	5.9	
S-1	2.2	2.200	1.8	6.1	0.62	0.50	3.1	側溝堆積物
2	5.3	2.052	2.0	8.9	2.2	0.93	6.2	
3	6.0	1.435	2.7	9.9	2.4	0.98	7.0	
4	2.9	0.624	3.5	8.3	1.6	0.61	6.0	
5	3.2	0.872	6.4	10	2.4	0.92	7.9	
6	3.8	0.395	4.6	21	2.6	0.72	8.4	
7	2.9	1.065	4.4	6.9	2.2	0.77	5.5	
8	2.4	0.112	10	27	3.1	0.72	9.3	

表 2 - 13 地点別水質時間変化 (谷端川)

地点	採水時間	水量	BOD <sub>5</sub>	溶解性	COD	TOC	SS	T - N	T - P	Cl <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	Pb	Cu	Zn	Mn
		ℓ		S-BOD											
No 1	0~ 2.5	110	88.4	75.4	1360	718	(376)	183	0.78	52.1	0.17	0.44	0.18	0.85	0.44
(7.5m <sup>2</sup> )	~ 5.0	"	41.0	45.8	86.1	57.7	77	113	0.31	25.2	0.17	0.08	0.07	0.07	0.27
	~ 7.5	"	25.6	18.0	46.9	18.1	21	76.4	0.15	13.0	0.07	0.03	0.04	0.35	0.12
	~10.0	"	14.9	15.9	34.5	12.1	18	51.8	0.11	9.2	0.13	0.03	0.02	0.27	0.09
	~15.0	22.0	15.5	12.2	24.1	9.2	13	46.1	0.09	7.9	0.14	0.03	0.02	0.25	0.07
	~20.0	"	9.3	10.3	20.6	5.8	5	44.7	0.08	7.5	0.11	0.01	0.01	0.24	0.06
	~30.0	44.0	7.5	7.6	15.4	5.7	7	3.73	0.08	6.4	0.13	0.02	0.02	0.22	0.05
	~40.0	"	6.4	7.2	14.6	4.1	13	3.32	0.07	1.9	0.15	0.02	0.01	0.21	0.03
	~50.0	"	5.8	6.3	12.1	2.8	7	2.94	0.07	0.9	0.22	0.01	0.02	0.20	0.02
	路面洗浄	25.0	23.8	9.5	139.0	56.1	1420	9.17	2.30	8.8	0.20	0.47	0.27	1.55	0.86
No 2	0~ 2.5	7.8	72.4	61.2	2090	67.1	(372)	19.2	0.58	36.5	0.32	0.44	0.28	1.49	0.40
(6.0m <sup>2</sup> )	~ 5.0	"	30.8	27.7	64.1	12.9	105	8.73	0.44	15.5	0.11	0.08	0.06	0.50	0.15
	~ 7.5	"	18.0	15.9	34.0	11.0	59	7.00	0.29	9.8	0.13	0.07	0.03	0.27	0.08
	~10.0	"	11.3	11.1	24.8	7.2	29	5.55	0.15	7.1	0.16	0.03	0.02	0.15	0.04
	~15.0	15.6	10.5	8.7	20.8	8.5	22	4.83	0.14	7.1	0.14	0.04	0.03	0.16	0.04
	~20.0	"	8.0	6.7	16.7	6.0	23	3.61	0.11	6.0	0.10	0.02	0.02	0.13	0.02
	~30.0	31.2	6.1	5.2	12.7	4.9	12	3.70	0.11	7.3	0.09	0.02	0.01	0.12	0.02
	~40.0	"	4.2	3.5	11.1	4.1	11	2.97	0.08	1.9	0.18	0.01	0.01	0.10	0.01
	~50.0	"	4.6	2.1	9.0	3.3	4	2.79	0.07	0.7	0.11	0.01	0.01	0.10	0.01
	路面洗浄	21.0	37.5	7.9	306.0	9.38	1710	18.9	6.73	10.0	0.22	0.91	0.63	4.22	0.22
No 3	0~ 2.5	11.0	(323)	(221)	325	67.3	(670)	106	7.71	18.7	0.29	0.80	0.39	2.19	0.48
(7.5m <sup>2</sup> )	~ 5.0	"	87.6	79.8	139	19.5	154	37.0	1.86	6.8	0.14	0.27	0.10	0.64	0.20
	~ 7.5	"	58.0	45.9	98.3	12.6	113	35.0	2.32	42.4	0.17	0.20	0.08	0.42	0.17
	~10.0	"	40.5	35.1	61.8	16.8	96	26.0	1.31	33.1	0.14	0.10	0.04	0.27	0.09
	~15.0	22.0	35.7	29.1	57.7	10.2	80	23.4	1.19	28.3	0.11	0.13	0.05	0.31	0.14
	~20.0	"	23.9	21.7	46.6	6.3	52	19.0	1.11	18.3	0.18	0.08	0.03	0.22	0.07
	~30.0	44.0	21.8	15.9	36.2	13.7	42	13.7	0.86	13.4	0.10	0.06	0.02	0.17	0.04
	~40.0	"	14.9	14.8	32.4	4.8	38	11.8	0.82	10.5	0.12	0.05	0.02	0.14	0.04
	路面洗浄	19.5	134	33.9	48.3	25.6	4170	69.4	28.0	55.1	0.26	1.08	1.49	1.08	3.49
			136	33.9	47.0	23.4	3550	68.3	29.8	58.9	0.16	0.82	1.42	1.02	1.51

注) 単位はmg/ℓ, ( ) 内は水質汚濁防止法を上回った値。

表 2 - 14 汚濁物堆積量 (赤羽)

	COD <i>kg/ha</i>		TS <i>kg/ha</i>	
	A	B	A	B
10/2	48	4.8	1300	2200
10/4	74	15	1840	2470
10/11	98	17	3940	2130
10/16	111	11	3400	580

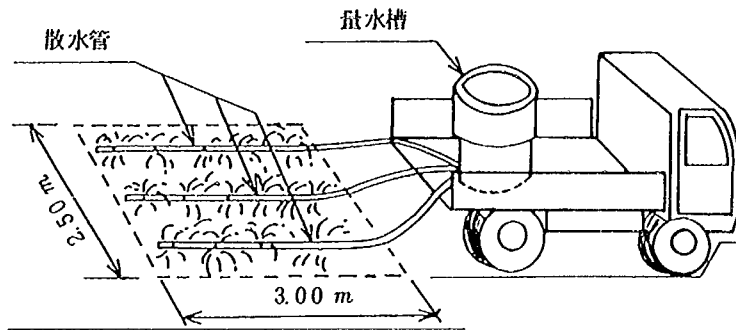


図 2 - 1 路面散水実験概要

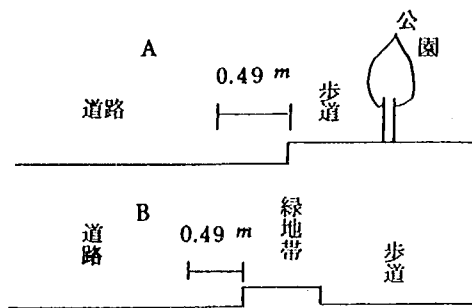


図 2 - 2

## 2. 2 調査結果

屋根の汚濁ポテンシャルは、主として降下ばいじんによって供給されるものと考えられる。路面では、降下ばいじんの他に排気ガス成分の凝固物、動物の排泄物、小動物の死体、落葉などが考えられる。各都市の分析結果から負荷量を算出したものを表 2 - 15~19に示す。

表 2 - 15 屋根の堆積負荷量

都市名	工 種 特 性	kg/ha				
		BOD	COD	SS	TN	TP
東 京 (赤羽)	勾配有, トタン屋根, 先行 5日間無降雨	0.228	0.259	2.17	0.093	0.006
横 浜	勾配有, トタン屋根, 先行 5日間無降雨	0.51	1.0	5.2	0.11(KN)	0.01
	4日前1mm, 6日前29.5mm	0.72	0.81	3.0	0.136(KN)	0.003
神 戸	勾配無, コンクリート屋根 先行5日間無降雨	0.29	0.11	4.5	0.12	0.003
	2日前9mm	0.09	0.62	3.2	0.11	0.004
北九州	勾配無, コンクリート屋根 先行5日間無降雨	0.48	2.03	3.52	0.143	0.007
	2日前7.4mm	0.10	0.35	1.68	0.033	0.001
山 形	勾配有 カワラ屋根 3日前8mm, 4日前13mm	0.01	0.15	0.44	0.05	0.003
	4日前1.5mm	0.002	0.09	0.81	0.03	0.002

表 2 - 16 路面堆積負荷量 (神戸市)

先行条件	COD(Mn)	COD(Cr)	TS
3日前 16.5mm	0.077	0.165	12.6
4 " 1.0 "			
5日前 16.5mm	0.161	0.162	24.3
7 " 1.0 "			
7日前 16.5mm	0.221	0.619	28.8
9 " 1.0 "			
9日前 16.5mm	0.525	1.720	62.0
11 " 1.0 "			
11日前 16.5mm	0.505	3.045	67.5
13 " 1.0 "			

表 2 - 17 路面堆積負荷量 (横浜市)

先行条件	BOD	COD(Mn)	TS	KN	TP
1回目調査 18日前 3.5mm	8.04	37.3	4653	5.91	3.11
2回目調査 1回目から48h経過	2.79	7.93	990	1.49	0.71
3回目調査 2回目から96h経過	2.76	8.13	881	1.50	0.64

表 2 - 18 路面堆積負荷量 (谷端川)

地点	BOD	COD(Mn)	SS	TN	TP
No.1	4.04	7.53	8.92	1.30	0.033
No.2	2.74	6.53	9.71	1.09	0.035
No.3	11.37	16.24	23.72	5.73	0.349

70日間無降雨後の調査

表 2 - 19 路面堆積負荷量 (赤羽)

先行条件	A		B	
	COD	TS	COD	TS
降雨後2日経過	48	1300	48	2200
" 4 "	74	1840	15	2470
" 11 "	98	3940	17	2130
" 16 "	111	3400	11	580

神戸市、山形市での2都市では年間の降下ばいじん量を記録しており(図2-3, 4) 調査期間中神戸市で4~5  $ton/km^2/月$ , 山形市で2.5~4  $ton/km^2/月$ と神戸市が約1.3倍程度の値となっている。しかし表2-15から神戸市はBOD: 0.29 $kg/ha$ , COD(Mn): 0.11 $kg/ha$ , 山形市ではBOD: 0.01 $kg/ha$ , COD(Mn): 0.15 $kg/ha$ となり降下ばいじん量に起因する差と異なる結果となっている。これは屋根の残存負荷量が、降下ばいじん量の他に、屋根の工種、先行降雨条件及び風砂量などの諸条件に左右されるからと考えられる。先行降雨条件でみると神戸市、北九州市で影響が現われていえよう(ただし、神戸市のCOD, TNは疑問)。

路面の残存負荷量は、地域によって大きなばらつきがある。表2-16の神戸市は、新規に開発が行なわれた住宅地であり、交通量も少なく比較的小さい残存負荷量となっている。これに対し表2-19の赤羽は、商店街の中の街路であり、人通り、交通量も多く残存負荷量は大きな値を示している。つまり、路面の周囲の土地利用状況がわかれば、残存負荷量の概略値を知ることが出来る。

降下ばいじん ( $1/km^2/月$ )

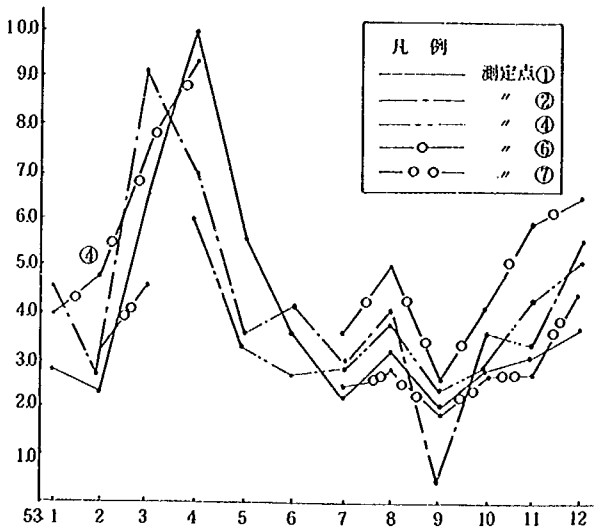


図2-3 山形市, 降下ばいじん量

降下ばいじん ( $ton/km^2/月$ )

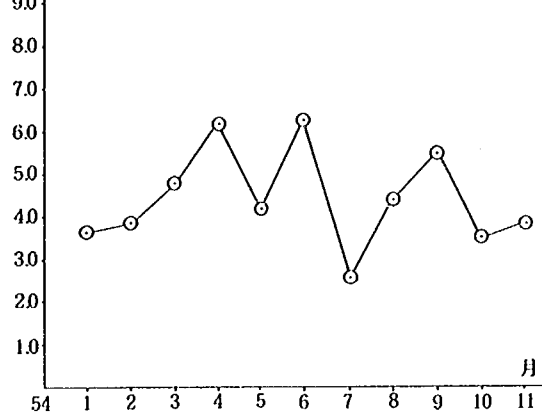


図2-4 神戸市, 降下ばいじん量

次に流出量と濃度の関係を図2-5~10に示す。屋根、路面ともに流出初期に急激な濃度の低下がみられ、流出開始後1~2mmで残存負荷の大半が流出してしまうことがわかる。表2-15では山形を除いて調査時の降雨量は5mm以上であり残存負荷量の90%以上は流出したものと考えられる。BODに関して言えば、屋根に堆積し得る残存負荷量の上限值として0.3~0.7  $kg/ha$  の範囲の量を推定することが出来る。同様にCODでは、0.1~1.3  $kg/ha$ , SSでは、2.2~5.2  $kg/ha$  の範囲の上限值を想定出来よう。路面では、BOD, CODで屋根に比べてそれぞれ1オーダー高いポテンシャルを持っていると想定することが出来る。

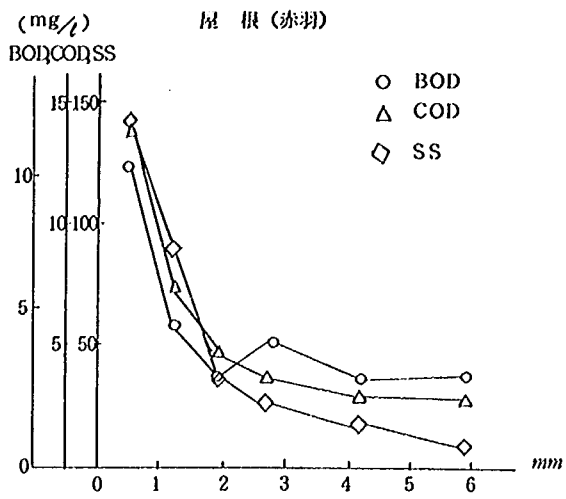


图 2-5 濃度变化图

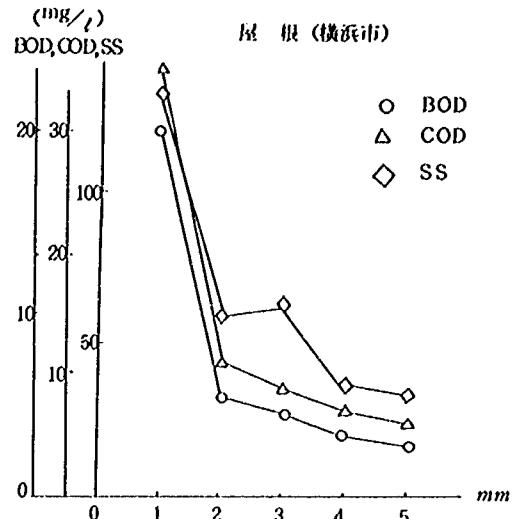


图 2-6 濃度变化图

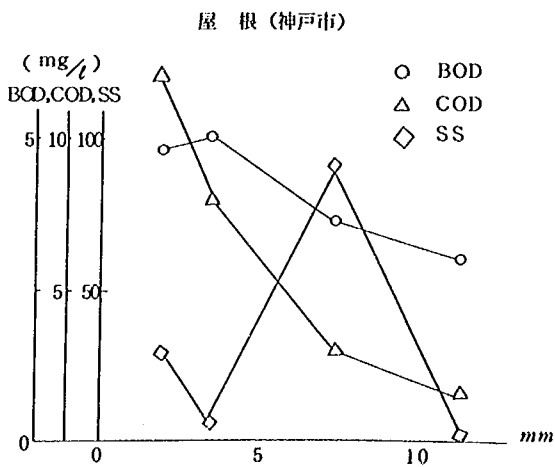


图 2-7 濃度变化图

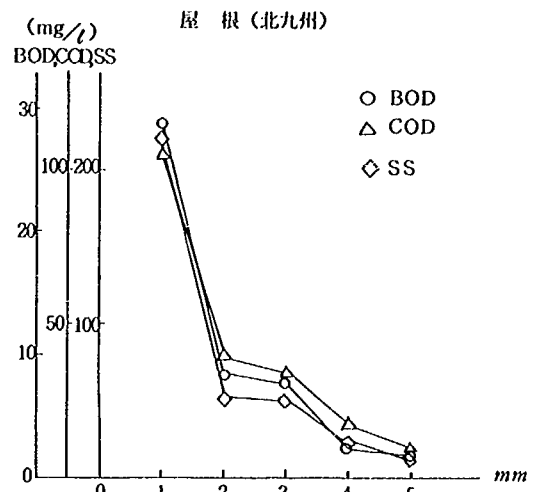


图 2-8 濃度变化图



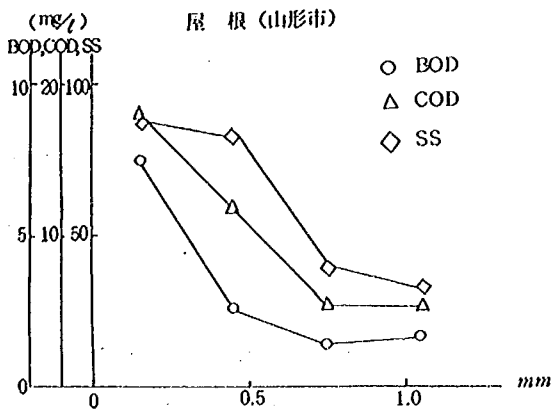


図 2-9 濃度変化図

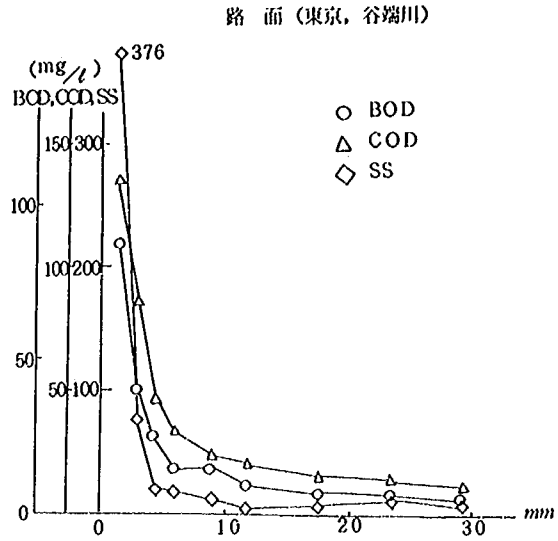


図 2-10 濃度変化図

### 2. 3 考 察

屋根、路面等の斜面からの流出負荷量は、残存負荷量と雨水流出強度に比例すると仮定し、さらに排水区を一つの斜面とみなせばそこからの流出負荷量は(2-1)式によって推定出来る。

$$L = K \cdot P_s \cdot r_e \quad (2-1)$$

ただし、 $L$  : 流出負荷量 ( $kg/ha/hr$ )、 $P_s$  : 残存負荷量 ( $kg/ha$ )、 $r_e$  : 有効降雨強度 ( $mm/hr$ )、 $K$  : 負荷流出係数 ( $1/mm$ )

残存負荷量  $P_s$  に関する連続式は、雨水流出期間中の排水区への流入負荷を無視すると(3-2)式のように

$$dP_s/dt = -L \quad (2-2)$$

表わされ、流出開始から  $t$  時間を得た後の残存負荷量  $P_s$  および総流出負荷量  $P_{so} - P_s$  は各々(2-3)、(2-4)式のように表わされる。

$$P_s = P_{so} \cdot \exp(-K \cdot V) \quad (2-3)$$

$$P_{so} - P_s = P_{so} \cdot \{1 - \exp(-K \cdot V)\} \quad (2-4)$$

$$V = \int_0^t r_e dt \quad (2-5)$$

ただし、 $P_{so}$  : 初期残存負荷量 ( $kg/ha$ )

つまり、ひと雨負荷量は初期残存負荷量  $P_{so}$  と総雨水流出量  $V$  によって定まることになる。 $P_{so}$  と先行降雨の関係については、降雨休止後  $t$  時間を経たときの残存負荷量が(2-6)式で与えられることがわかっている。

$$P = P_{so} \cdot \{1 - (1 - \exp(-K \cdot V)) \cdot \exp(-I/P_{so})\} \quad (2-6)$$

ただし、 $P_{sn}$  : 残存負荷量 ( $kg/ha$ )、 $I$  :  $t$  時間での供給負荷量 ( $= \int_0^t i dt$ ) ( $kg/ha$ )

そこで、(2-3)式より(2-7)式

$$\ln P_s/P_{so} = -K \cdot V \quad (2-7)$$

を求め、縦軸に  $P_s/P_{s0}$  の対数をと、横軸に累積流出量をとって実測値をプロットし、その傾きを読むことで負荷流出係数  $K$  が求められる。ここで、(2-1) 式に限界降雨強度  $r_c$  (mm/hr) を代入した場合を考えると (3-3), (2-7) 式は、(2-8), (2-10) 式

$$P_s = P_{s0} \cdot \exp(-K \cdot V') \quad (2-8)$$

$$V' = \int_0^t (r_e - r_c) dt \quad (2-9)$$

$$\ln P_s/P_{s0} = -K \cdot V' \quad (2-10)$$

のように表わすことが出来る。東京都の路面散水調査結果 (表 2-13) から No. 1, No. 2 の 2 ケースをプロットしたものを図 2-11, 12 に示す。限界流量  $r_c$  は、谷端川排水区の負荷量シミュレーション<sup>(7)</sup> で用いた 2 mm/hr とした。 $r_c = 0$  mm/hr に較べて  $r_c = 2$  mm/hr の方が傾きが急になる傾向がある。これは、 $(r_e - r_c)$  つまり有効降雨強度が小さくなると流出係数  $K$  が大きくなることを示していると考えられる。また、溶解性物質の斜面からの流出を考えた場合、流出係数  $K$  は有効降雨強度  $r_e$  の  $-3/8$  乗に比例するのではないかという報告<sup>(8)</sup> もあり、 $K$  値が定数としてでなく  $r_e$  によって変化する値だと言うことが出来よう。

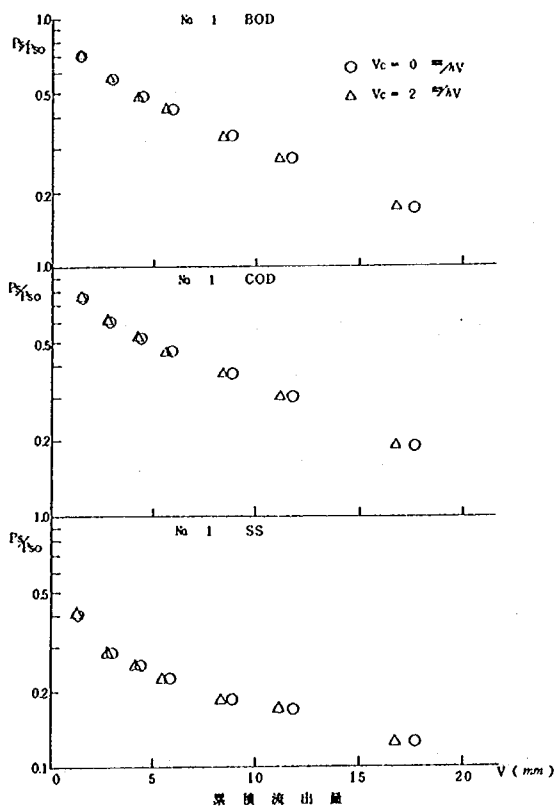


図 2-11  $P_s/P_{s0}$  と累積流出量の関係

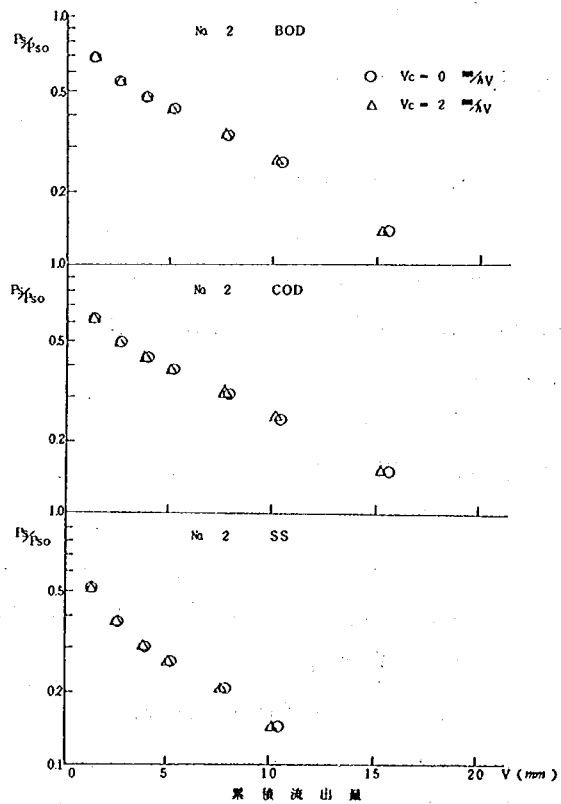


図 2-12  $P_s/P_{s0}$  と累積流出量の関係

## 第 3 章 雨 水 マ ス 内 負 荷

### 3. 1 調査方法

雨水マスは、地表からの雨水を下水管に取り込むために設けられている。地表の土砂が本管に流入しないように底部に土砂溜めがあり、ここに路面からの流出土砂を溜めておく。しかし、雨水の流入により底部の土砂は容易に下水道に流入する。つまり雨水マスは、晴天時路上等からの汚物を貯めておき、雨天時に流出するという、言わば雨天時の汚濁供給源となっている。調査方法としては、土砂溜めの堆積物を採取し、分析するものであるが、東京都下の2回（谷端川流域）の調査と横浜市で行なわれた調査の概略を述べる。

東京都（谷端川流域）；調査は谷端川流域内の8ブロックをアト・ランダムに選び出し、そのブロック周囲の雨水マス及びマス蓋の形状、ドロダメ内の堆積量及び水質、底質について調査を行った。堆積物の採取方法は、雨水マスをジョレン、ヒシヤク等により98%程度までかい出しその8ヶ所分をあらかじめ目盛のついたドラムカンに入れ上部上澄分は別のドラムカンにサイフォン等で入れ両者を十分攪拌して1ヶづつサンプルをとった。上澄水は4ℓ、底質については2ℓ採集した。

横浜市；調査対象個所は、街路に囲まれた住居ブロックを一区画として10ブロックについて行った。道路状況は、すべてアスファルト舗装がしてありL型側溝も設置されている。調査方法は、雨水マス蓋を開け、雨水マスの形状、堆積深、土砂溜の深さを測定し、堆積物のあるものはショベルにてビニール袋に採取した。

### 3. 2 調査結果

東京都の2回の調査結果を表3-1～5に横浜市の調査結果を表3-6～8と図3-1, 2に示す。尚、東京都の一方は負荷量のみを示す。

表3-5のAは幹線道路沿いでB及び他は住宅地の雨水マスである。結果から明らかなように、同じ地域でも地点ごとに分析値にかなりのバラツキがみられる。表3-5に比較のために東京付近の河川の河口部のヘドロの分析結果を記した。これよりN, P, Feは、雨水マスの方がかなり少ないが、Cu, Pb等の重金属類は、河口部のヘドロと同じようなオーダーで含まれていることがわかる。特に、幹線道路沿いの雨水マス(A)に多いのが目立つ。

表 3 - 1 汚水汚泥採集量表

地点名	対象雨水マス数 (ヶ所)	総汚水量 (採水量)( $m^3$ )	総汚泥量 (採泥量)( $m^3$ )	調査年月日
1	10	0.175	0.085	49. 3. 18
2	10	0.167	0.037	49. 3. 19
3	4	0.030	0.054	49. 3. 25
4	8	0.214	0.039	49. 3. 20
5	10	0.167	0.079	49. 3. 23
6	10	0.123	0.113	49. 3. 22
7	10	0.172	0.133	49. 3. 21
8	10	0.081	0.123	49. 3. 25

表 3 - 2 堆積面の深さ調査結果

第 1 地点

雨水マスNo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
深 さ	0.05	0.16	0.10	0.03	0.10	0.03	0.04	0.10	0.18	0.19

第 2 地点

雨水マスNo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
深 さ	0.02	0.06	0.21	0.01	0.08	0.12	0.04	0.05	0.01	0.05

第 3 地点

雨水マスNo	1	2	3	4						
深 さ	0.09	0.09	0.06	0.09						

第 4 地点

雨水マスNo	1	2	3	4	5	6	7	8		
深 さ	0.08	0.13	0.04	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02		

第 5 地点

雨水マスNo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
深 さ	0.11	0.03	0.04	0	0	0.05	0.14	0.04	0.01	0.09

第 6 地点

雨水マスNo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
深 さ	0.04	0.04	0.04	0.16	0.08	0.08	0.07	0.10	0.03	0.02

第 7 地点

雨水マスNo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
深 さ	0.04	0.20	0.05	0.08	0.03	0.02	0.04	0.06	0.11	0.07

第 8 地点

雨水マスNo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
深 さ	0.17	0.21	0	0.03	0.05	0.01	0.03	0.07	0.11	0.06

表 3 - 3 雨水マス構造及内法寸法一覧表

第 1 地点

(単位:m)

雨水マス No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雨水マス形状	A	H	A	H	H	A	A	H	H	A
雨水マスの深さ(h)	0.84	0.94	0.85	0.85	0.85	0.82	0.85	0.80	0.80	0.82
ドロダメの深さ(h')	0.22	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
底部の大きさ(d)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
取付管径(d')	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
備考										

第 2 地点

雨水マス No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雨水マス形状	D	A	A	A	F	F	F	A	A	A
雨水マスの深さ(h)	1.01	0.85	1.16	0.76	0.52	0.57	0.52	0.70	0.84	0.87
ドロダメの深さ(h')	0.16	0.15	0.16	0.17	0.16	0.15	0.18	0.15	0.12	0.15
底部の大きさ(d)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.30	0.50	0.50	0.50
取付管径(d')	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15	0.15	0.20	0.20	0.20
備考								家庭排水有		

第 3 地点

雨水マス No	1	2	3	4
雨水マス形状	A	D	D	A
雨水マスの深さ(h)	0.79	0.82	0.70	0.70
ドロダメの深さ(h')	0.15	0.16	0.15	0.18
底部の大きさ(d)	0.50	0.50	0.50	0.50
取付管径(d')	0.20	0.20	0.20	0.20
備考				

第 4 地点

雨水マス No	1	2	3	4	5	6	7	8
雨水マス形状	A	A	A	C	C	C	A	A
雨水マスの深さ(h)	0.82	0.76	0.75	0.95	0.85	0.95	0.80	0.70
ドロダメの深さ(h')	0.17	0.18	0.20	0.35	0.30	0.25	0.20	0.16
底部の大きさ(d)	0.50	0.50	0.50	0.35×0.45	0.35×0.45	0.35×0.45	0.50	0.50
取付管径(d')	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.25
備考								

表 3 - 3 雨水マス構造及内法寸法一覧表 (続き)

第 5 地点

雨水マス No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雨水マス形状	A	A	D	A	E	A	A	D	A	D
雨水マスの深さ(h)	0.72	0.58	1.11	0.72	0.72	0.70	0.99	0.90	0.76	1.04
ドロダメの深さ(h')	0.12	0.00	0.13	0.15	0.00	0.15	0.14	0.19	0.20	0.16
底部の大きさ(d)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
取付管径(d')	0.27	0.20	0.35	0.20	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.35
備 考		コンクリートが流れ込んでいる。	家庭排水有							

第 6 地点

雨水マス No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雨水マス形状	A	A	E	B	B	A	D	A	A	A
雨水マスの深さ(h)	0.75	0.75	0.54	0.70	0.72	0.72	0.70	0.75	0.74	0.62
ドロダメの深さ(h')	0.15	0.15	0.00	0.15	0.16	0.14	0.16	0.10	0.15	0.15
底部の大きさ(d)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
取付管径(d')	0.20	0.20	0.10	0.20	0.70	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
備 考										

第 7 地点

雨水マス No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雨水マス形状	D	A	A	A	G	A	A	A	A	A
雨水マスの深さ(h)	0.77	0.85	0.75	0.75	0.96	0.77	0.71	0.75	0.65	0.73
ドロダメの深さ(h')	0.17	0.17	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
底部の大きさ(d)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
取付管径(d')	0.15	0.20	0.20	0.20	0.15	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
備 考	家庭排水有									

第 8 地点

雨水マス No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
雨水マス形状	A	A	E	E	A	A	A	D	A	A
雨水マスの深さ(h)	0.69	0.78	0.69	0.69	0.83	0.78	0.71	0.81	0.76	0.77
ドロダメの深さ(h')	0.16	0.14	0.00	0.00	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
底部の大きさ(d)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
取付管径(d')	0.20	0.20	0.15	0.15	0.20	0.15	0.22	0.20	0.20	0.20
備 考										

表3-4 分析結果

項目	地点名		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
	水・泥の別									
BOD <sub>5</sub>	水質 (mg/l)		649.0	362.0	1682.0	574.0	396.0	444.0	211.0	146.0
	底質 (g/kg乾泥)		13.54	9.56	8.57	13.03	11.47	6.85	8.42	1.76
S-BOD	水質 (mg/l)		362.0	276.0	984.0	406.0	284.0	359.0	67.3	93.3
	底質 (g/kg乾泥)		3.54	1.30	3.52	4.89	1.86	4.97	6.41	0.76
COD	水質 (mg/l)		552.4	310.7	641.4	209.4	103.0	425.0	537.0	155.1
	底質 (g/kg乾泥)		50.7	42.8	63.6	46.7	47.2	36.4	53.4	17.4
TOC	水質 (mg/l)		482.9	380.6	813.8	305.2	297.5	396.8	422.7	185.1
	底質 (g/kg乾泥)		69.8	45.3	72.4	38.5	42.8	52.8	69.4	26.9
SS	水質 (mg/l)		5210	3320	7740	11678	11204	4604	5610	1648
	底質 (g/kg乾泥)		(1.612) 38.0%	(2.614) 53.8	(1.526) 34.5	(1.788) 44.1	(1.741) 42.6	(1.621) 38.3	(1.828) 45.3	(1.329) 24.8
Cl <sup>-</sup>	水質 (mg/l)		25.8	19.5	251.3	96.9	41.6	162.6	55.9	263.0
	底質 (g/kg乾泥)		350.42	368.14	669.75	848.46	345.14	412.37	578.94	337.90
S <sup>2-</sup>	水質 (mg/l)		8.90	7.14	4.56	4.78	5.12	4.09	3.08	2.03
	底質 (g/kg乾泥)		0.40	0.46	0.36	0.90	0.65	0.59	0.46	0.11
T-N	水質 (mg/l)		45.24	33.48	96.15	28.64	30.43	39.00	42.19	15.51
	底質 (g/kg乾泥)									
ケルダール-N	水質 (mg/l)		43.72	31.09	94.38	27.53	29.15	38.11	42.05	14.35
	底質 (g/kg乾泥)		6.28	3.94	8.12	4.02	4.09	5.18	6.05	1.94

表3-4 分析結果(続き)

項目	地点名	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8
	水・泥の別								
Cd	水質 (mg/l)	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	底質 (mg/kg乾泥)	1.52	0.09	1.30	2.37	1.79	1.52	2.91	1.32
Pb	水質 (mg/l)	0.75	1.03	1.31	0.75	0.75	1.12	0.37	0.75
	底質 (mg/kg乾泥)	138.19	83.79	74.59	149.77	127.48	29.91	155.56	45.40
Cu	水質 (mg/l)	0.57	0.80	1.04	0.30	0.46	0.32	0.57	0.48
	底質 (mg/kg乾泥)	85.42	35.43	65.08	67.80	127.17	30.90	128.53	53.85
Zn	水質 (mg/l)	4.04	5.75	6.64	1.64	2.94	3.56	3.69	2.67
	底質 (mg/kg乾泥)	671.03	437.68	337.67	776.05	714.06	430.71	900.90	389.18
Mn	水質 (mg/l)	1.14	0.96	0.39	0.70	0.61	0.74	0.44	0.39
	底質 (mg/kg乾泥)	197.18	133.80	163.73	77.46	95.07	107.39	84.50	61.61
Fe	水質 (mg/l)	41.01	54.29	39.25	38.67	34.76	33.00	24.02	19.33
	底質 (mg/kg乾泥)	6250.00	1625.00	4570.31	4078.12	3539.06	5187.50	3539.06	476.59
T-P	水質 (mg/l)								
	底質 (mg/kg乾泥)								

※ こまかいごみが濾過紙を通ったが無視した。

※※ 含水比 =  $\frac{\text{水分量}}{\text{湿泥重量}} \times 100$  ( )内数値 =  $\frac{\text{湿泥重量}}{\text{乾泥重量}}$  を示す



表3-5 雨水マス底部の土砂中の汚濁負荷

	雨 水 マ ス		東京付近の 河川のヘドロ
	A	B	
BOD	948	1320	-
COD	6100	12000	-
T-N	422	551	3260
P	639	958	1730
Fe	20500	27000	44100
Pb	614	132	139
Cu	517	278	266
Zn	614	627	1150
Mn	350	362	428

(単位：乾泥当たり ppm)

表3-6

	雨 水 枿 調査平均値
堆 積 深	6.320 cm
堆 積 物 量	$10.523 \times 10^{-3} m^3$
土砂ダメ深	8.537 cm

表3-7 雨水マス内堆積物の粒度分析結果

試 料 番 号		No.3-2	No.4-6	No.5-2	No.6-3	No.7-4	No.8-1	No.9-3	No.10-1
粒 度 特 性	礫分(2000 $\mu$ m以上) %	5	7	2	6	9	14	4	15
	砂分(74~2000 $\mu$ m) %	74	85	79	77	71	79	75	76
	シルト分(5~74 $\mu$ m) %	15	5	13	12	13	5	15	7
	粘土分(5 $\mu$ m以下) %	6	3	6	5	7	2	6	2
	最大粒径 mm	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76
	均等係数 Uc	128	5.6	13.8	23.2	27.8	5.5	19.5	8.2
曲率係数 Uc'	1.8	1.5	2.8	3.6	3.6	1.2	2.8	1.6	
土粒子の比重 Gs		2.511	2.755	2.643	2.686	2.633	2.718	2.668	2.731

表3-8 雨水マス内堆積物の分析結果

区画番号 - 資料番号	含水比 (%)	BOD <sub>5</sub> ( $10^3 mg/kg$ )	COD(Mn) ( $10^3 mg/kg$ )	KN ( $10^3 mg/kg$ )	TP ( $10^3 mg/kg$ )	VTS (%)	備 考
1-5	257.6	50	197	30	7.7	32	
2-1	91.2	77	80	3.9	0.05	17	
3-2	44.7	38	46	3.0	1.2	17	
4-6	33.9	8.8	10	0.70	0.61	4.3	
5-2	59.1	7.8	41	2.9	1.5	13	
6-3	32.5	2.5	7.5	1.9	1.2	4.2	
7-4	55.8	4.2	30	2.3	0.79	8.9	
8-1	39.7	3.0	13	2.2	1.4	4.8	
9-3	97.2	5.6	66	4.1	1.5	8.5	
10-1	41.3	2.2	12	0.70	0.71	5.2	

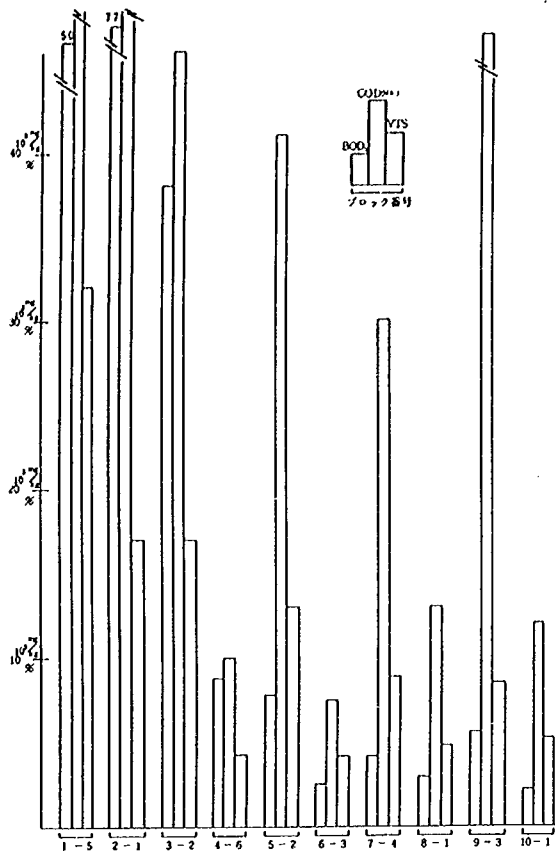


図3-1 雨水枞内堆積物の分析結果  
(BOD<sub>5</sub>, COD<sub>(Mn)</sub>, VTS)

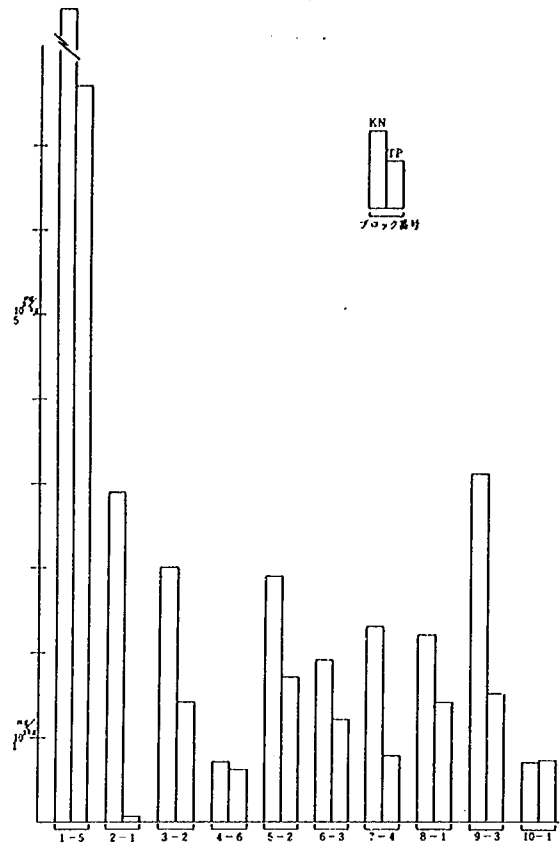


図3-2 雨水枞内堆積物の分析結果  
(KN, TP)

### 3.3 考 察

雨天時に雨水マスから汚濁物質が流出してくるのかという議論があり、この点を解明するには堆積量調査と並行して今後流出量調査も行なう必要がある。雨水マスへの雨水および汚濁負荷の流入機構、さらに雨水マスからの流出機構はよくわかっていないが、Palmer<sup>(9)</sup>が1949年にデトロイトで行なった調査によると、2時間半の降雨の前後の雨水マス内のBODは234 mg/lから96 mg/lに落ちていたという。

A PWAの調査<sup>(10)</sup>によると、雨水マスへの総流入水量と塩類(NaCl)の雨水マスからの流出率の関係は図3-3のようになっている。この図から、SWMモデル<sup>(11)</sup>では、BODの流出率も塩類と同様と考え

$$R = 100 \left( 1.0 - e^{-\frac{X}{1.6V}} \right)$$

R : 流出率

X : 総流入水量

V : 降雨前の雨水マス内残存量

を雨水マスからの汚濁負荷流出率としている。

雨水マス容量が、我国のものに比べて約10～15倍もある米国の調査結果をそのまま適用することはできないが、かなりの汚濁負荷流出があることは明らかであろう。

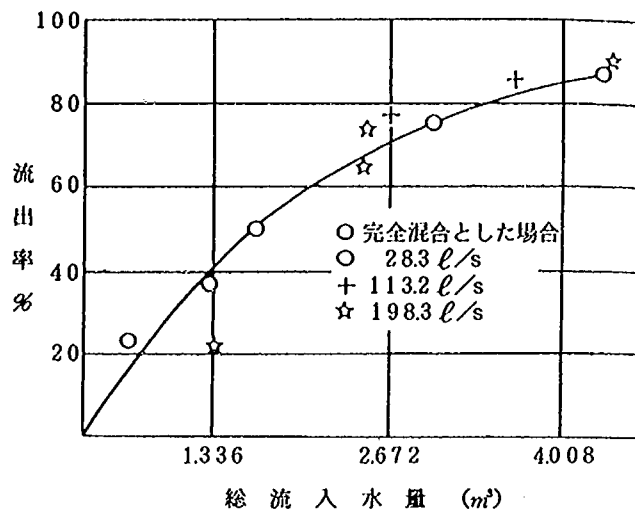


図3-3 雨水マス流入水量と流出塩 (NaCl)量との関係

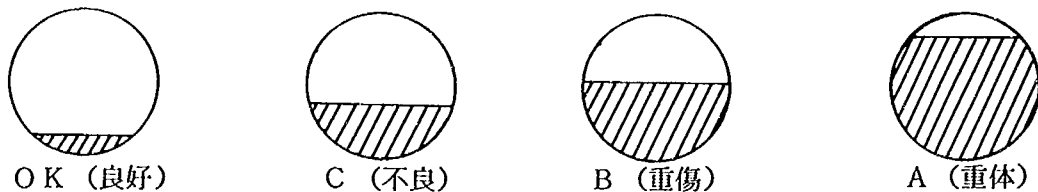
## 第4章 管渠内負荷

### 4.1 調査方法

下水道管渠内の汚濁物の堆積は、分流式の雨水管渠では晴天時流量がないので、前期降雨の地表面から流入してきた残余分だけでその量は小さいものと考えられる。しかし合流式の場合は、ところによってかなりの堆積物が蓄積されており、これが降雨時のファーストフラッシュの一因となっている。東京都谷端川流域で行なわれた2回の調査と横浜市の調査の概略を以下に記す。

#### 東京都（谷端川）

調査対象区域内のマンホール 300ヶ所をアト・ランダムに選び、すべてについて接続管管径、下水管渠内堆積物の量および種類（ナイロン、木片、石、泥等）、質等について調査を行なった。調査方法としては調査地点図（調査対象マンホール明示）にもとずいてマンホールの蓋を開け、堆積物の有無をたしかめると同時に接続管管径をスケールで測定した。堆積物の量の算出は、堆積深、長さ、幅をスケールで計測し、体積を計算によって算出した。下水管の状態については、4段階にわけ、OK、C、B、Aの記号で示した。OK、C、B、Aの判定区分は下図のとおりであり、堆積深が $3D/4$ 以上のときA、 $D/2$ から $D/4$ までがB、 $D/4$ 以下がC、ヘドロなどが堆積しているときはCとした。



#### 横浜市

調査対象流域内で幹線（ $\phi 250 \sim 1200 \text{ mm}$ ）に流集されている既設管渠より管渠最上端を除いた人孔について無作為に50ヶ所を抽出し、調査を行なった。当該区域は、総人孔数が278個あり、管渠の内径も $\phi 250 \sim 1200 \text{ mm}$ と布設されており、対象人孔が全体的に分布すること、管渠径のかたよりのないことなどを考慮した。調査内容としては、管内堆積物の堆積深、堆積幅の測定を行ない、任意の5ヶ所の堆積物を採取して分析を行なった。

### 4.2 調査結果

東京都の2回 査結果を表4-1～4に、横浜市の調査結果を表4-5～7、図4-1、2に示す。

東京都の2回の調査のサンプリング位置番号は同じであるが、No.217を除いた平均BOD濃度で1回目が $2.5 \text{ g/kg}$ 乾泥、2回目が $10.1 \text{ g/kg}$ 乾泥と約4倍の濃度となっている。これは、堆積物の採取方法（図4-3）が異なるためで、2回目が高いのは再浮上しやすい堆積物の影響と思われる。横浜市の調査では、採取した堆積物の粒度分布（表4-6）を求めているが、シルト分の多いNo.11の有機物濃度が他の地点に較べて高いのが特徴となっている。管渠内負荷の調査は、雨水マス内負荷の調査のように堆積物を全量採取、分析するのが不可能なため堆積深及び堆積幅から各人孔の堆

積量も求め、その平均値に排水区内の人孔数を乗じて堆積負荷量を堆算するという方法を考えなければならぬ。

表4-1 下水管内堆積物調査結果(1回目)

表4-2 5地点の体積および重量比較(1回目)

マンホール		接続下水管	
区分	個数	区分	個数
良好(OK)	253	良好(OK)	588
不良(C)	34	不良(C)	44
重傷(B)	7	重傷(B)	12
重体(A)	3	重体(A)	2
不明	2		
谷端川幹線マンホール	1		
計	300	計	646

調査マンホールNo	調査マンホールNo				
	No. 16	No. 60	No. 101	No. 150	No. 216
調査中計算にて算出した体積	m <sup>3</sup> 0.080	m <sup>3</sup> 0.070	m <sup>3</sup> 0.010	m <sup>3</sup> 0.024	m <sup>3</sup> 0.152
全量を取り出して測定した体積	m <sup>3</sup> 0.078	m <sup>3</sup> 0.067	m <sup>3</sup> 0.012	m <sup>3</sup> 0.025	m <sup>3</sup> 0.148
全量を取り出して測定した体積	kg 20124	kg 14740	kg 3000	kg 6250	kg 36556

④ 全量測定は6ℓポリバケツにて測定、重量は6ℓポリバケツに堆積物をいれヘルスメーターを使用して測定した。

表4-3 底泥分析結果(谷端川, 1回目)

地点名	BOD <sub>5</sub>	TOC	COD	VSS	T-N	T-P	Pb	Cu	Zn	Mn	Cd	Ni	含水率
単位	g/kg 乾泥	"	"	"	"	"	mg/kg 乾泥	"	"	"	"	"	%
No. 4	0.47	8.28	340	62	0.36	0.32	401	308	563	420	15	20.2	18.9
No. 16	1.11	10.03	625	69	0.73	1.62	308	171	1036	246	34	41.8	13.7
No. 40	0.91	9.31	602	31	0.87	1.17	366	418	948	169	2.2	27.3	16.2
No. 60	1.26	11.69	3.93	58	0.83	0.88	380	75.6	288	312	1.0	26.2	14.5
No. 95	2.31	22.32	16.93	73	2.40	1.22	138	284	597	299	1.1	42.6	19.5
No. 97	2.88	29.05	19.11	97	1.18	0.22	195	237	603	446	2.1	17.0	30.2
No. 100	0.57	4.97	2.57	27	0.27	0.26	259	323	542	398	1.3	26.3	16.9
No. 107	3.19	12.30	11.38	47	0.62	0.41	468	436	995	219	5.8	30.4	20.7
No. 118	2.76	12.90	8.40	72	1.19	0.30	95.0	88.6	428	424	3.1	10.4	21.8
No. 151	5.99	19.77	18.21	76	1.41	0.88	374	720	889	638	6.2	27.4	28.2
No. 157	4.11	23.14	18.51	64	2.01	1.95	97.4	71.2	399	193	1.2	18.3	28.4
No. 198	2.62	16.33	11.80	61	1.45	1.38	227	138	1433	194	20.0	25.4	24.5
No. 217	13.33	41.24	62.30	198	3.60	0.80	769	91.0	670	1469	2.6	56.5	49.5
No. 267	2.38	11.78	8.59	51	1.13	0.98	305	86.6	467	212	1.3	12.4	16.4
No. 288	3.00	12.60	11.29	74	1.31	0.66	157	240	617	152	1.8	14.6	25.9

表4-4 底泥分析結果(谷端川, 2回目)

単位 g/kg乾泥

No	項目	含水率(%)	BOD <sub>5</sub>	COD	T-N
4		26.3	1.90	12.8	1.86
		26.8	1.85	14.9	1.26
16		21.0	2.28	10.4	1.02
		26.2	2.93	13.9	1.19
23		31.6	14.60	27.2	2.73
		28.4	11.70	22.2	2.63
64		57.3	28.70	61.7	6.58
		56.7	26.90	55.7	6.18
91		31.8	7.74	36.1	6.96
		29.5	10.30	39.6	6.90
118		28.3	8.80	20.9	2.38
		29.9	7.08	21.4	2.70
127		56.1	5.99	24.4	2.67
		55.9	4.06	25.6	2.60
157		37.4	18.10	43.4	4.68
		36.1	13.60	48.5	4.45
217		74.1	154.00	42.1	18.3
		73.9	157.00	40.7	16.6
267		31.6	7.89	15.2	2.13
		30.5	6.76	13.3	2.73

表4-5

管径	堆積量	1 M 当り 堆積量	
⊙ 250 mm		$2.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}$	$4.73 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}$
		$10.65 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}$	
⊙ 300 mm			$13.42 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}$
⊙ 400 mm			$18.02 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}$
⊙ 600 mm			$10.65 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}$

表4-6 管内堆積物の粒度分析結果

試料番号		7	9	11	14	26
粒 度 特 性	礫分(2000 μm以上) %	9	3	1	2	12
	砂分(74~2000 μm) %	81	95	74	77	79
	シルト分(5~74 μm) %	7	2	19	13	5
	粘土分(5 μm以下) %	3		6	8	4
	最大粒径 mm	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76
	均等係数 Uc	7.1	2.6	22.3	34.9	6.1
	曲率係数 Uc	18	1.1	3.3	5.3	1.3
	土粒子の比重 Gs	2.731	2.784	2.363	2.712	2.694

表 4-7 管内堆積物の分析結果

マンホールNo	含水比 (%)	BOD <sub>5</sub> (10 <sup>3</sup> mg/kg)	COD <sub>(Mn)</sub> (10 <sup>3</sup> mg/kg)	KN (10 <sup>3</sup> mg/kg)	TP (10 <sup>3</sup> mg/kg)	VTS (%)	備考
7	32.2	5.3	24	3.1	1.4	4.4	
9	21.2	2.6	6.6	0.92	0.72	2.3	
11	36.1	105	115	25	7.4	18	
14	91.0	14	40	3.1	2.1	7.8	
23	38.0						
26	45.4	5.5	17	1.6	1.2	4.0	
29	37.7						
50	108.3						

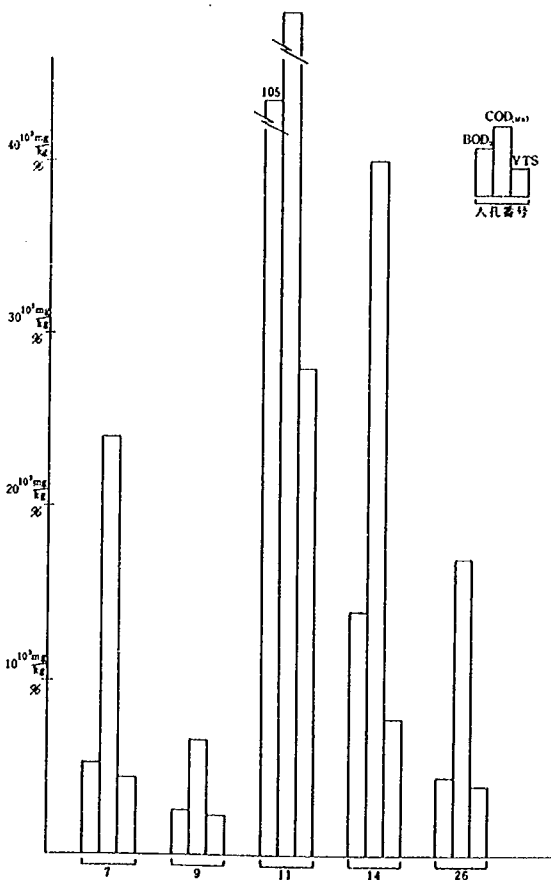


図 4-1 管内堆積物の分析結果 (BOD<sub>5</sub>, COD<sub>(Mn)</sub>, VTS)

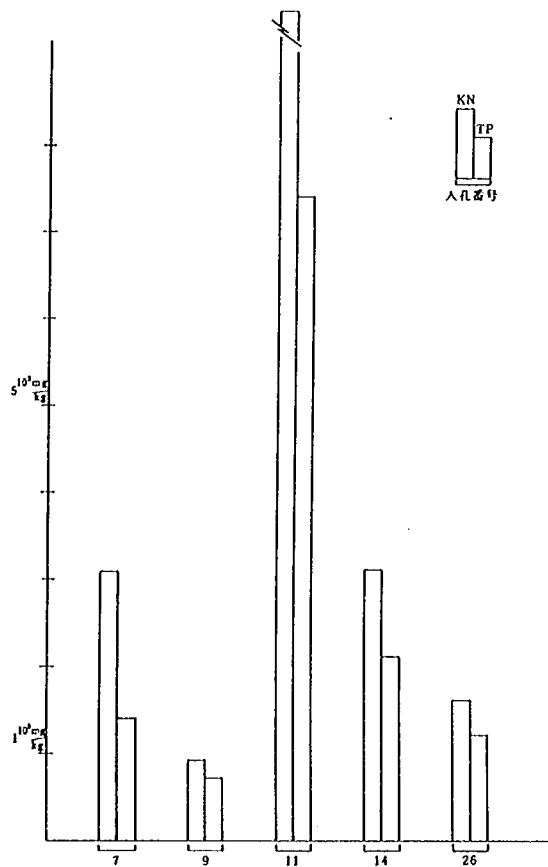


図 4-2 管内堆積物の分析結果 (KN, TP)

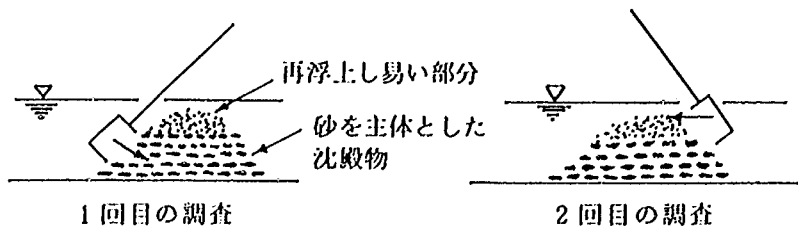


図4-3 下水管内堆積物の採取方法

#### 4.3 考察

管渠内の汚濁物質の堆積は、管径、管渠勾配、管渠の新旧などの条件によって堆積の仕方及び量など一様ではない。堆積物の流出は、管渠フラッシングによって人工的にファーストフラッシュを発生させ、その挙動を知ることが出来る。東京都の谷端川流域と横浜市の2ヶ所(表4-8)で行ったフラッシング調査から注水時間と流出負荷量の関係を図示したものが図4-4~9である。管径、想定降雨強度のちがう2ケースを単純に比較出来ないが、東京都の場合、1, 2回目の全流出負荷量に対して、注水開始後10分で40~50%が流出しており、横浜市の場合は、5~7分後に全体量の50~60%が流出している。注水量は、各々3 m<sup>3</sup>前後、1.5 m<sup>3</sup>である。BOD, CODなどの浮遊性物質に起因すると考えられる水質項目は、少流量で流出してファーストフラッシュを形成することがわかる。フラッシングの時の汚濁物質の流出も現象的には雨天時の汚濁流出と同様と考えられ、堆積していた物が流量増加による掃流力の増大によって流下される。よって、流出負荷量  $L$  ( $g/sec$ ) に関する運動方程式は、BOD, CODについては、

$$L = C \cdot P^2 \cdot (Q - Q_c) \quad (4-1)$$

あるいは単に

$$L = C \cdot P \cdot (Q - Q_c) \quad (4-2)$$

ただし、 $C$ :定数、 $P$ :残存負荷量( $g$ )、 $Q$ :流量( $m^3/sec$ )、 $Q_c$ :限界流量( $m^3/sec$ )という形で表わされよう。また、堆積負荷量に関する連続式は、フラッシング時期の汚水負荷量がほとんどなかったと考えると、流入負荷量を無視することが出来るので

$$dP/dt = -L \quad (4-3)$$

と書くことが出来る。従って、(4-1)~(4-3)式より、 $Q_c = 0$ とした場合、各々

$$1/P = 1/P_0 + C \cdot \int Q dt \quad (4-4)$$

$$P = P_0 \cdot \exp(-C \cdot \int Q dt) \quad (4-5)$$

ただし、 $P_0$ :初期残存負荷量( $g$ )

が残存負荷量を表わす式として得られる。つまり、実測値を代入したとき、(4-4)式の場合は、 $(1/P - 1/P_0)$ と $\int Q dt$ が、また(4-5)式の場合には、 $\ln(P/P_0)$ と $\int Q dt$ が直線関係になれば、汚濁負荷の流出現象を表わすのに適切な式ということが出来る。そこで、東京都と横浜市の結果から(4-5)式の間係を図4-10~13に、(4-4)式の間係を図4-14~17に示した。東京都では、BODは(4-4)式、CODは(4-5)式の間係が、より強い直線関係となっている。横浜市の場合、1回目のフラッシング結果をプロットしたが、図4-7、4-8からもわか



るように注入開始後5分頃に堆積物のはく離によると思われる負荷量ピークがあることや、低濃度の分析結果が不正確であるなどの理由から、BOD、CODどちらもはっきりした傾向がつかめない。従って、運動方程式としては東京都の結果から、BODは(4-1)式が、CODは(4-2)式が適していると言えよう。特に(4-1)式は、この様な小さな排水区でも適用出来るというこの式の一般性を現わしているものと思われる。

表4-8 フラッシング調査地点概要

	横 浜	東京(谷端川)
管 径 ( mm )	450	300 ~ 350
勾 配 ( % )	3.8	1.7
想定降雨強度 ( mm/hr )	2.0	6.0 (1回目) 2.0 (2回目)
排水面積 ( ha )	1.2	0.15

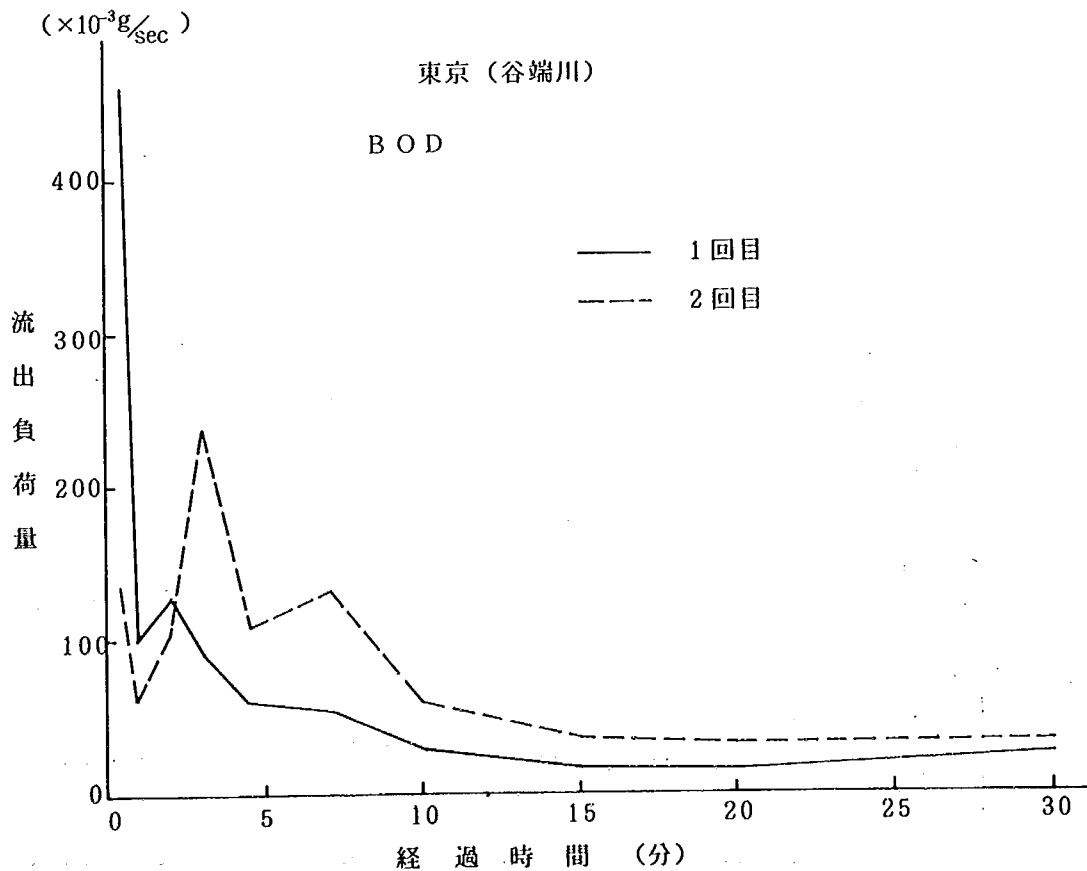


図4-4 BOD流出負荷量

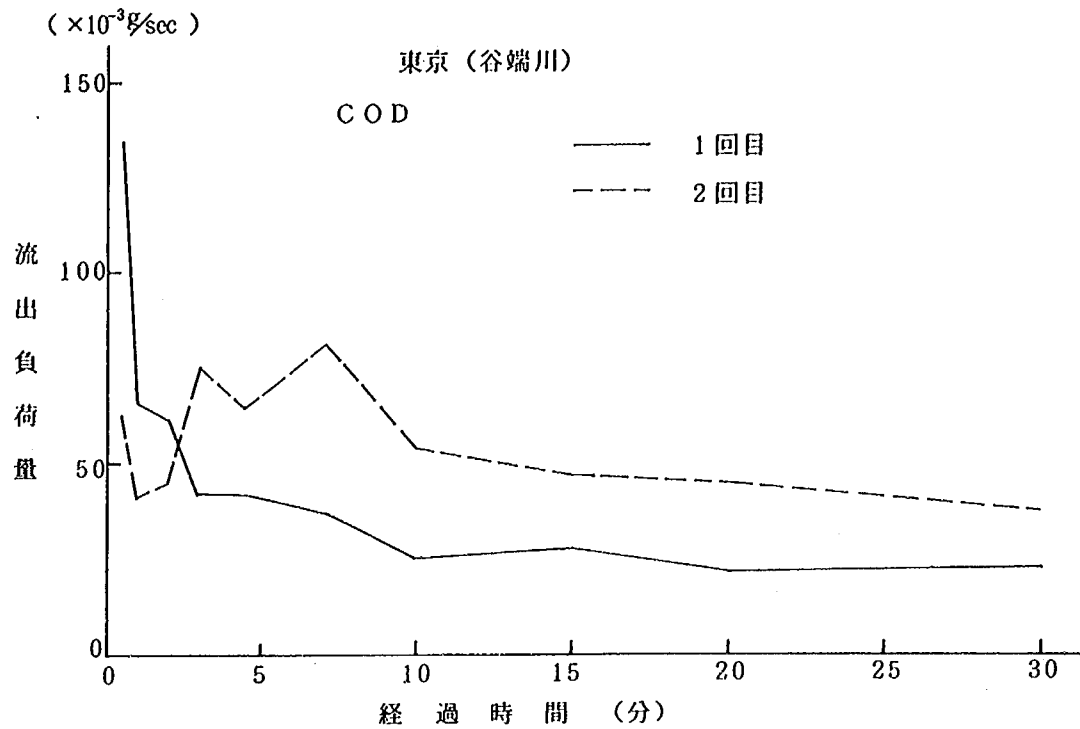


図 4 - 5 COD 流出負荷量

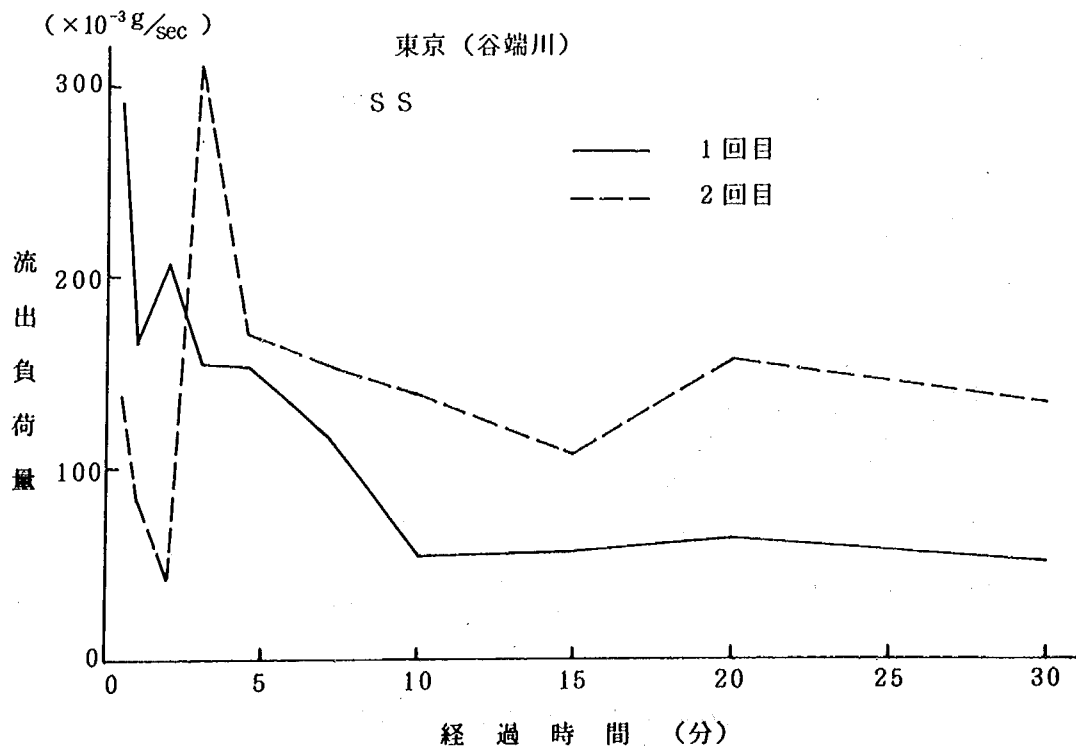


図 4 - 6 SS 流出負荷量

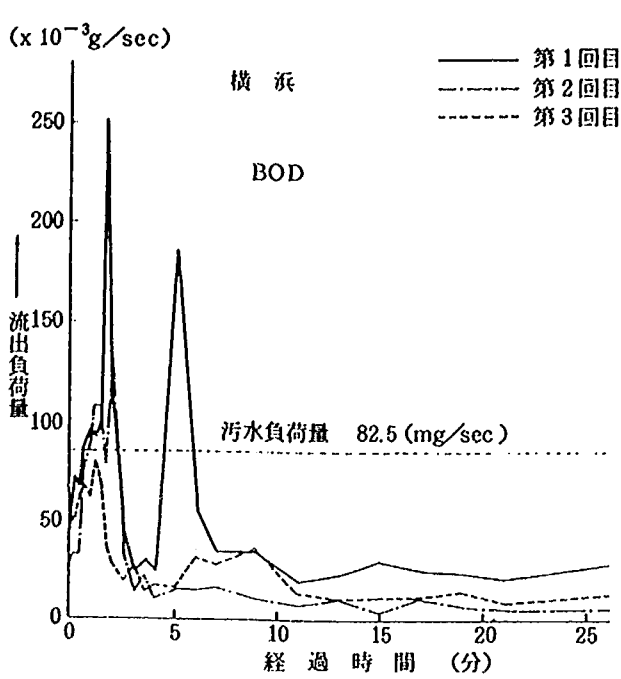


図4-7 BOD 流出負荷量

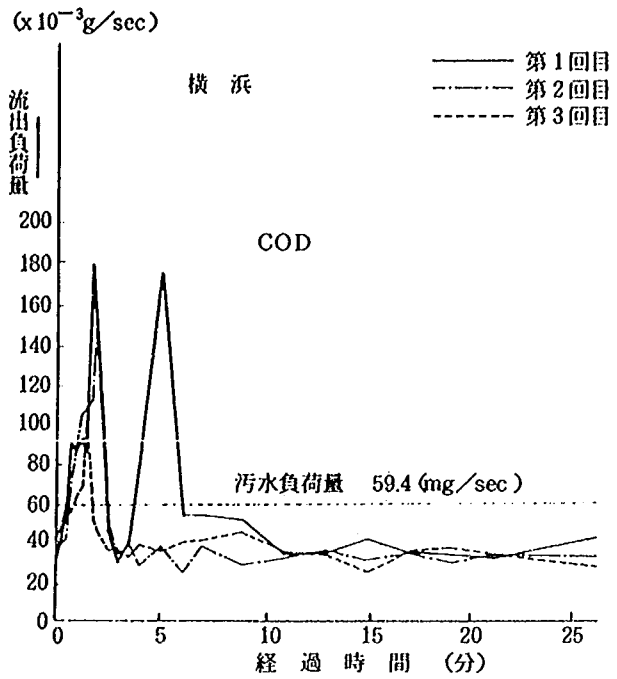


図4-8 COD 流出負荷量

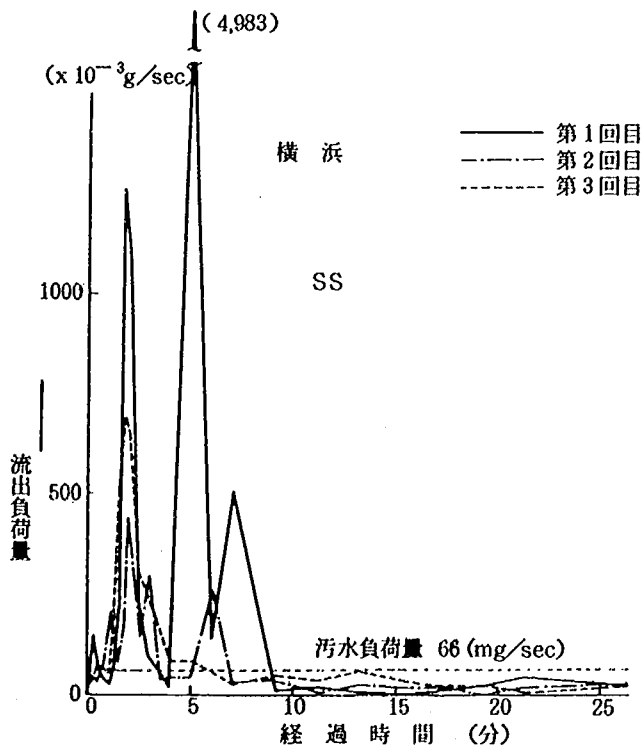


図4-9 SS 流出負荷量

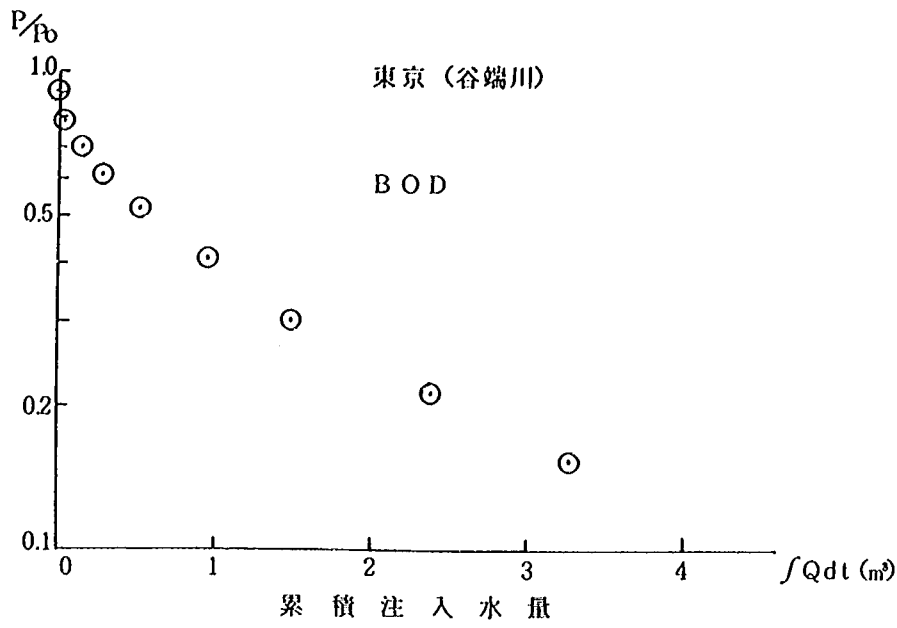


図4-10  $P/P_0$ と累積注入水量の関係

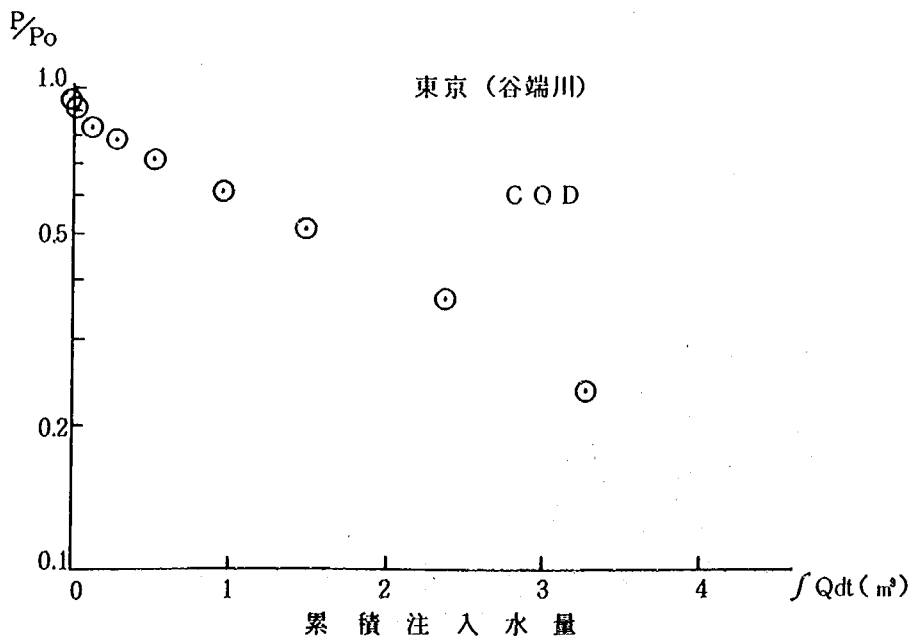


図4-11  $P/P_0$ と累積注入水量の関係

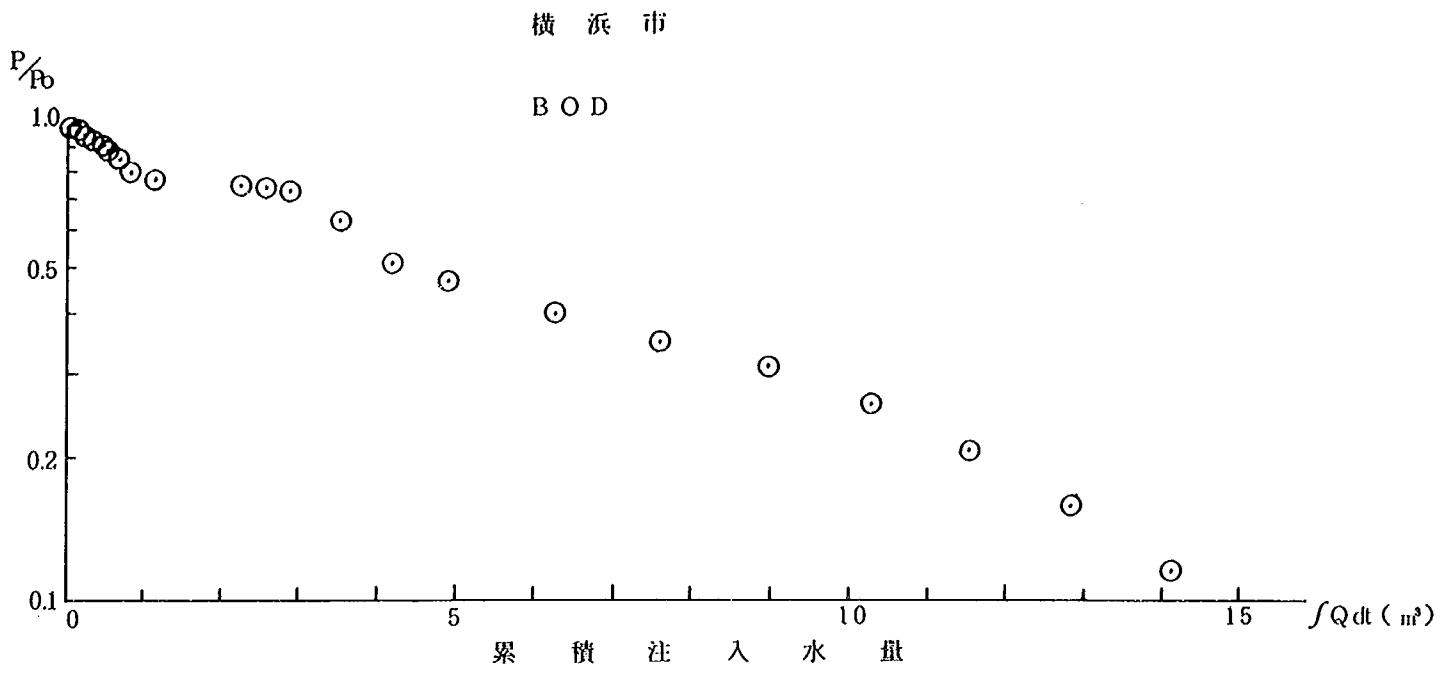


図 4 - 12  $P/P_0$  と累積注入水量の関係

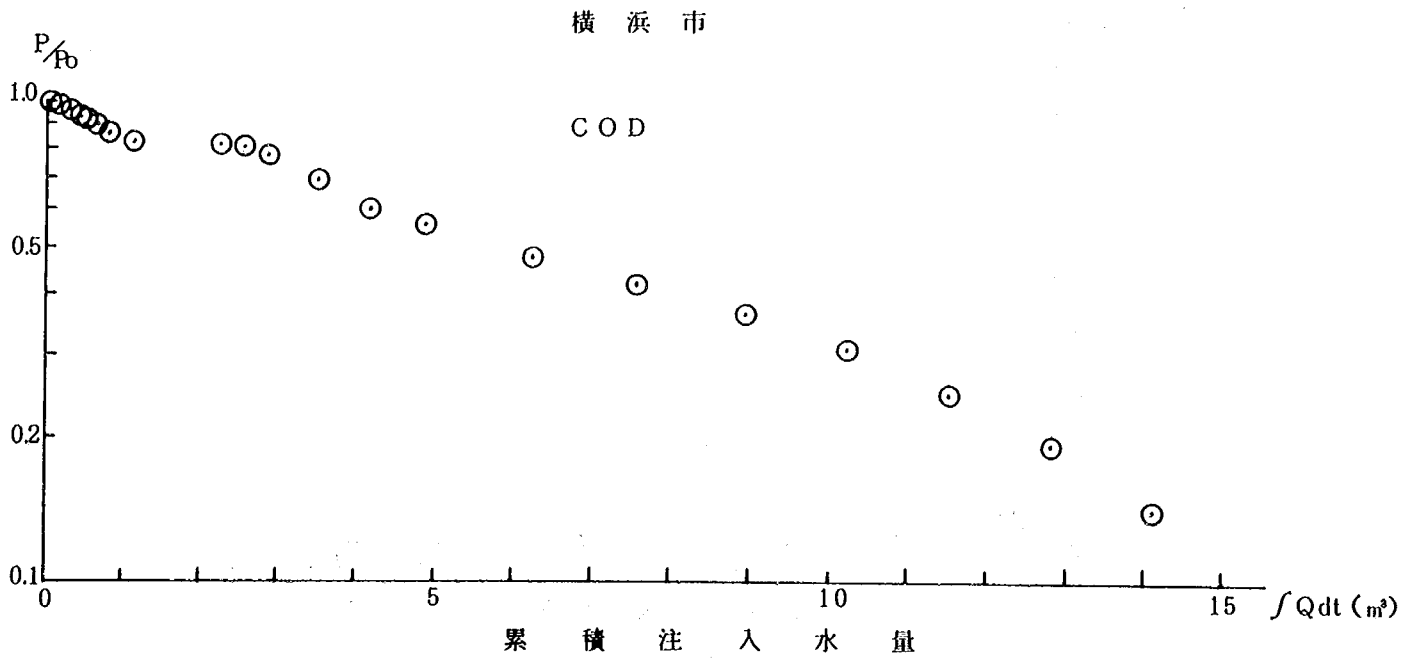


図 4 - 13  $P/P_0$  と累積注入水量の関係

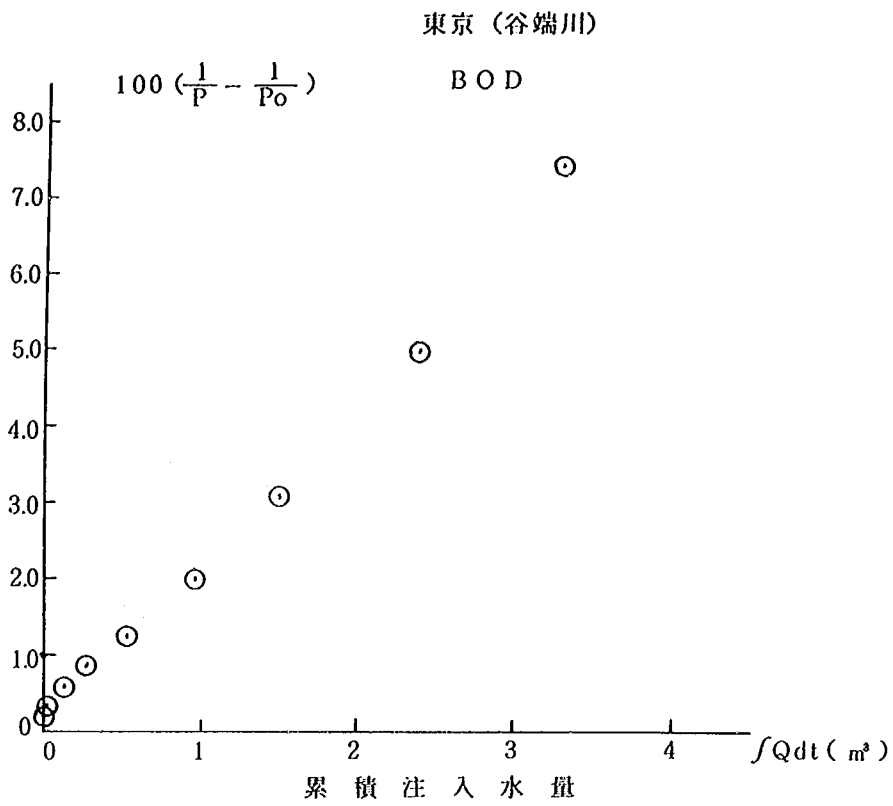


図4-14  $\left( \frac{1}{P} - \frac{1}{P_0} \right)$  と累積注入水量の関係

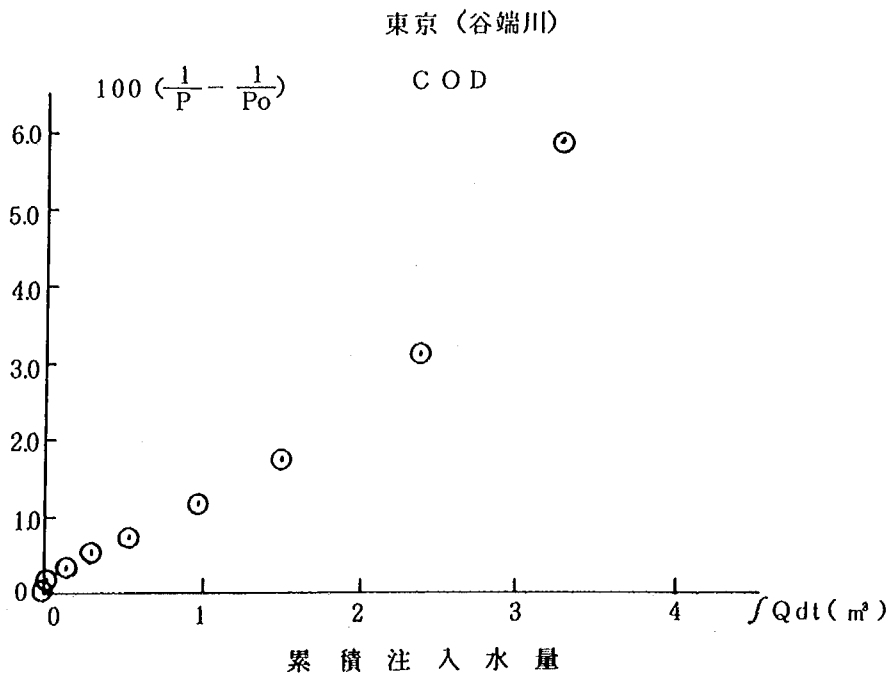


図4-15  $\left( \frac{1}{P} - \frac{1}{P_0} \right)$  と累積注入水量の関係

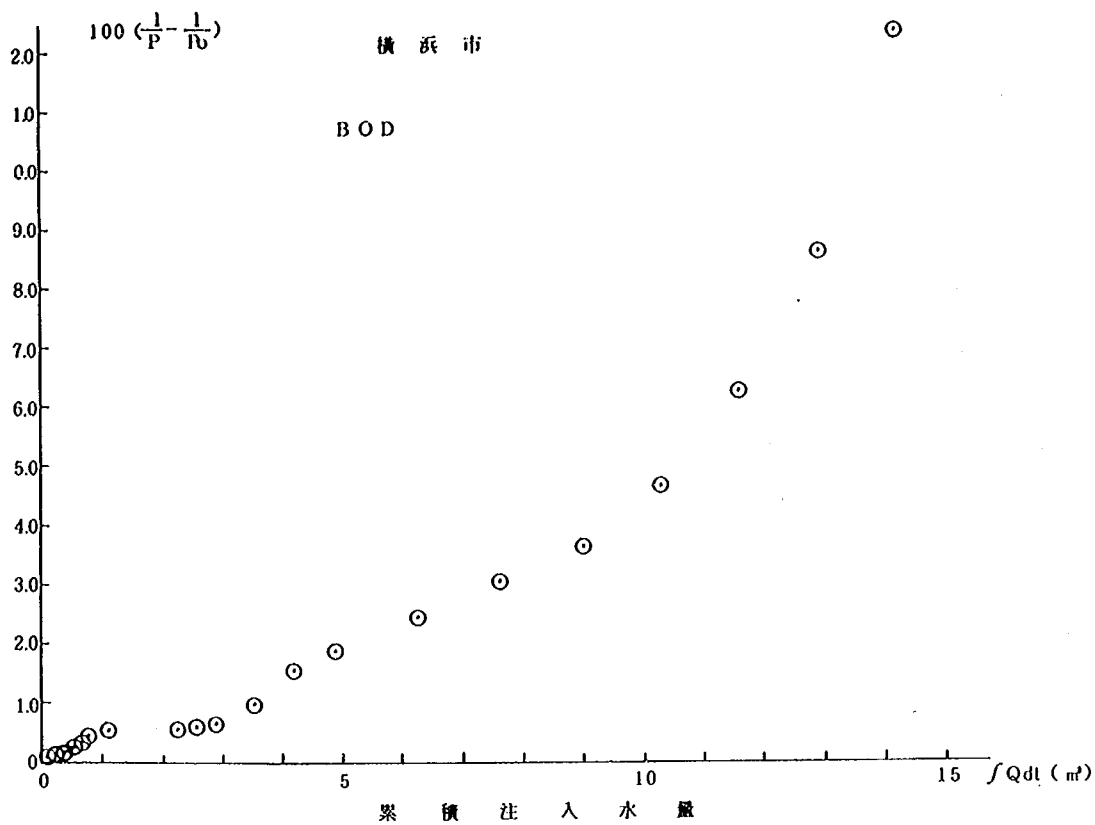


図 4-16  $\left(\frac{1}{P} - \frac{1}{P_0}\right)$  と累積注入水量の関係

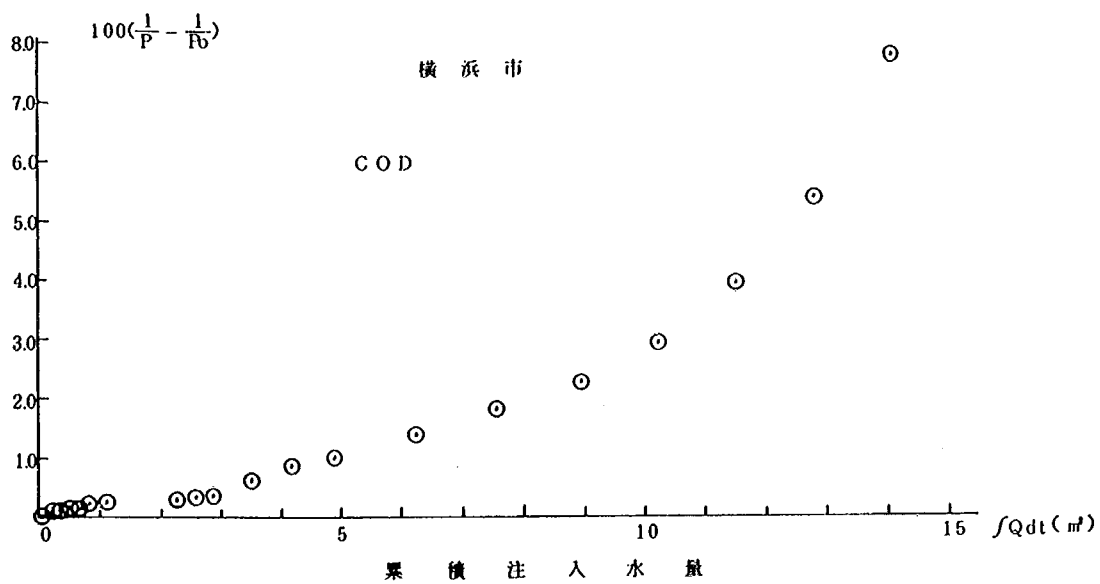


図 4-17  $\left(\frac{1}{P} - \frac{1}{P_0}\right)$  と累積注入水量の関係

## 参 考 文 献

- 1) 建設省土木研究所：都市域からの雨水流出調査報告書，土木研究所資料第1018号，昭和50年3月
- 2) 建設省土木研究所：都市域からの雨天時汚濁流出調査報告書，土木研究所資料第1019号，昭和50年3月
- 3) 角皆静男：雨水の分析，P. P. 11，講談社，昭和47年
- 4) 三宅泰雄：気象集誌Ⅱ，17，(1939)
- 5) Angstrom., A他：On the content of nitrogen ( $\text{NH}_4\text{-N}$  and  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) in atmospheric precipitation, Tell us, No.4, 1952
- 6) 小林 隆：陸水の富栄養化に関する考察(Ⅱ)，公害と対策 Vol. 13, No. 1,
- 7) 日本下水道協会：雨天時における合流式下水道改善に関する調査報告書，昭和55年3月
- 8) 中村他：都市域からの雨天時汚濁流出(Ⅲ)，第15回水質汚濁講演会
- 9) Palmer, C. L., "The Pollutional Effects of Stormwater Overflows from Combined Sewers," Sewage and Industrial Wastes, February 1950
- 10) American Public Works Association, "Water Pollution Aspects of Urban Runoff," January 1969, Federal Water Pollution Control Administration Contract WP-20-15
- 11) Environmental Protection Agency, "Storm Water Management Model," July 1971, EPA Contract Nos. 14-12-501, 502, 503