

# ノンポイント汚濁負荷調査 (茨城県, 千葉県, 長野県, 滋賀県, 住宅・都市整備公団)

## 1. 調査の目的

下水道整備の進展に伴い、家庭や事業場等から流出する汚濁負荷量は減少しているが、路面や屋根等の非特定汚染源（ノンポイントソース）からの堆積物の流出に起因する汚濁負荷量は都市化の進行とともに増加傾向にある。特にこれらの汚濁負荷が閉鎖性水域に流入した場合には、その影響がでることになる。

したがって、湖沼等の閉鎖性水域の水質環境改善

のためには、流入する汚濁負荷を効果的に削減する必要がある。雨水は流域全体から排出されるが、市街地等からの雨水排出による汚濁負荷の削減は、今後下水道が取り組んで行くべき課題である。

本研究はこのような状況を踏まえ、市街地等の非特定汚染源からの汚濁負荷を把握するため、平成5～7年度の3ヶ年にわたり雨天時流出の水質や流量等を計測し、そこで得られたデータをもとに汚濁負荷削減に関する検討を行ったものである。検討フローを図-1に示す。

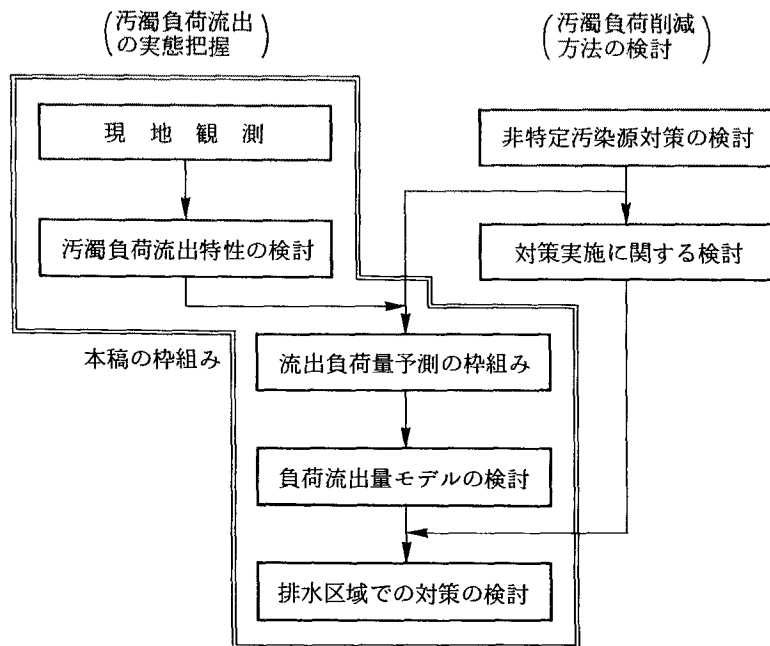


図-1 非特定汚染源対策検討フロー

## 2. 汚濁負荷流出の実態把握

### 2.1 現地観測の概要

汚濁負荷流出の現地観測は、茨城県（牛久市、つくば市：住都公団）、千葉県（我孫子市、柏市）、滋賀県（志賀町、大津市）長野県（茅野市、岡谷市）の8市町で実施され、その排水面積は5～67haであり、放流先はすべて湖沼である。

汚濁負荷の観測は、管きょ内に設置した自動採水装置により2～15分間隔で流出雨水を採取し、水質（BOD, COD, SS, T-N, T-P）を分析することにより行われた。また、降雨量と流量（水位換算による）についても連続観測を行った。採水中の降雨量は10mm程度が多く、数mm～47mmの範囲にある。

### 2.2 雨天時の汚濁負荷流出特性

現地観測結果より、汚濁負荷の流出特性は次のように整理される。

○ファースト・フラッシュ：流出の初期においては、図-2に示すようにわずかな流量の増加に対して著しい濃度の上昇が見られる。

○流出負荷量と流量の関係：図-3に示すように水質項目に関わらず、流出負荷量は流量のベキ乗と比例関係にあることがわかった。

その傾き（ベキ乗値）は、SSを除く水質項目で1～1.3、SSでは1.2～1.7となっている。

○減水時の流出負荷量：流出負荷量は流量の増大とともに増加する傾向を示すが、減水時には負荷量が小さく、図-4に示すようにグラフがループを描いた状態になる。

○累加汚濁負荷の特性：図-5は比較的規模の大きな降雨について、流出負荷量と雨水流出量の累加値を示したものである。降雨初期に曲線の勾配が大きく、流出高の増加とともに曲線の勾配が全体的に小さくなっている。このことは流出負荷の削減対策として貯留池を想定した場合に、初期降雨を貯留することによって高濃度の負荷を捕捉

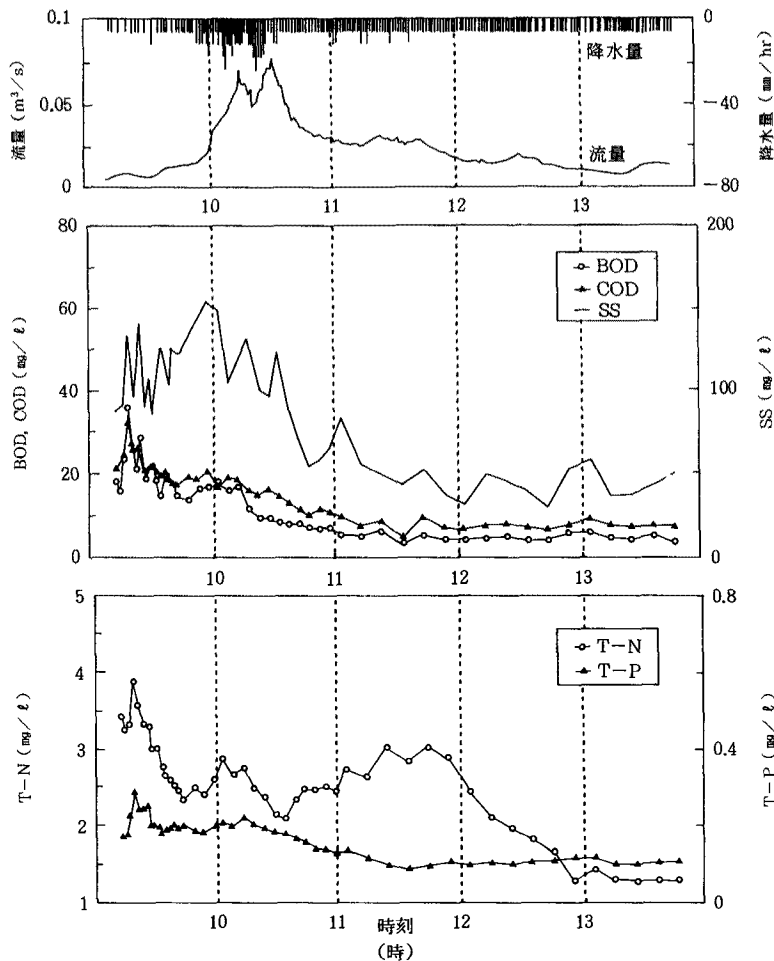
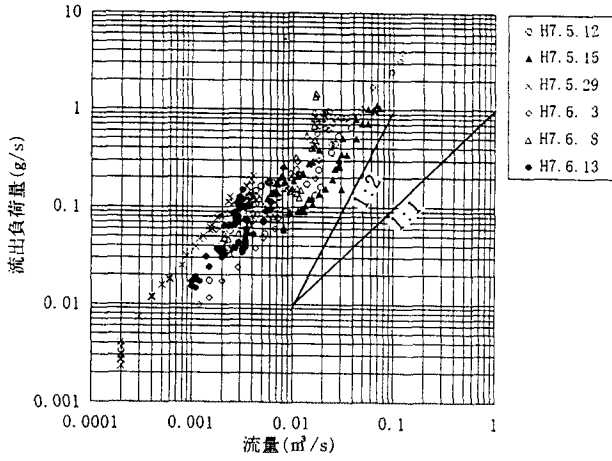
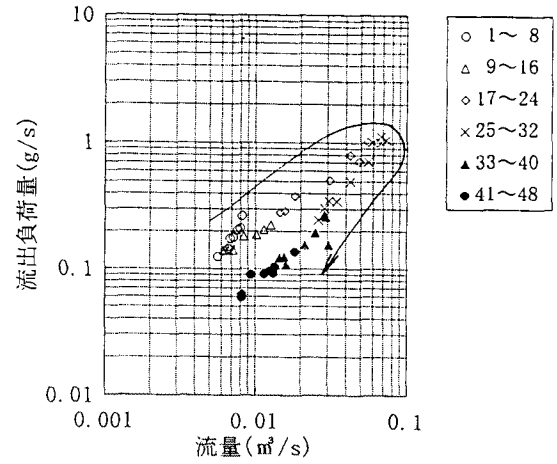


図-2 水質等経時変化図（つくば市、採水開始日：平成7年5月15日）

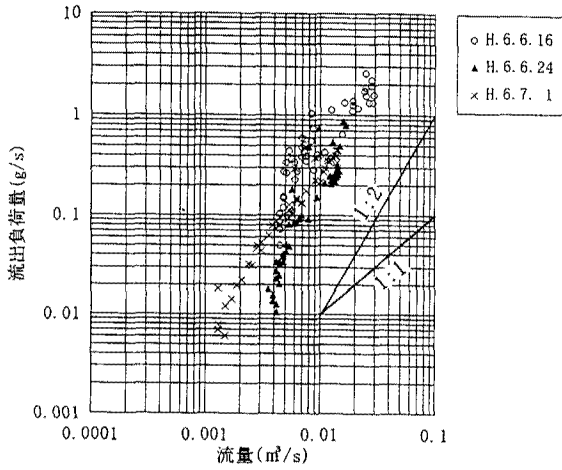
(つくば市, COD)



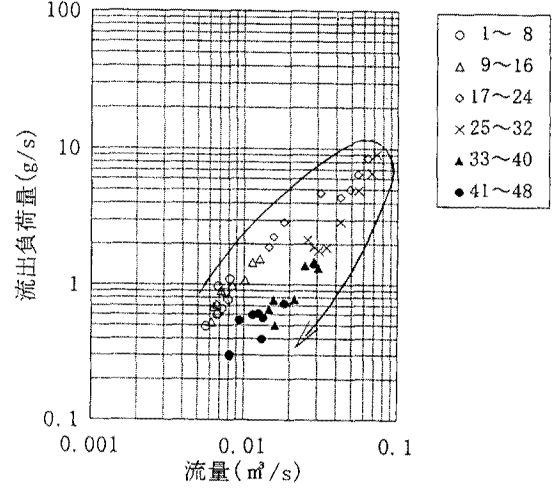
(COD)



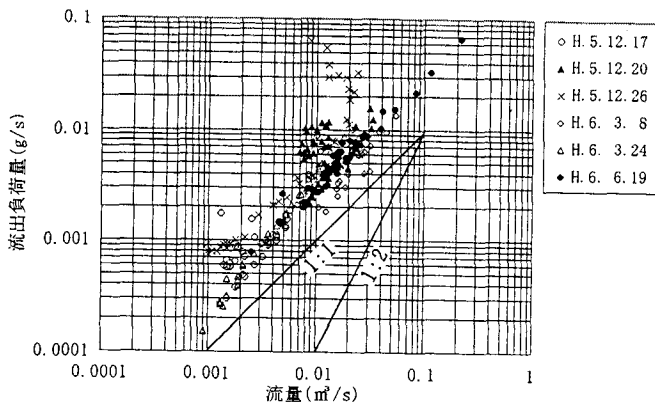
(茅野市, SS)



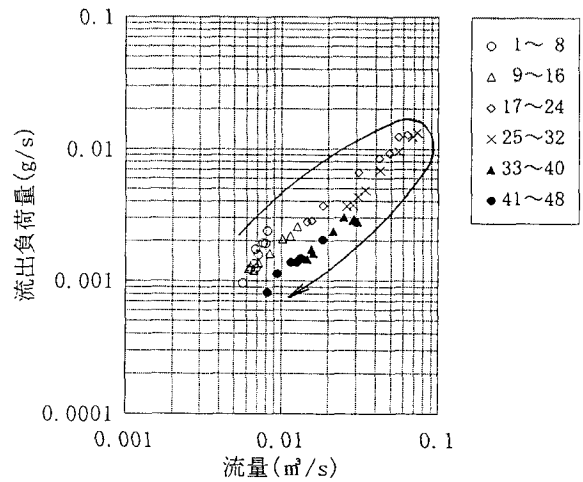
(SS)



(我孫子市, T-P)



(T-P)



※凡例の数値は採水の順番を示す。

図-3 流量と負荷量の関係

図-4 流量と負荷量の関係 (つくば市, 平成7年5月15日)

することができ、効果的な対策となることを示すものである。

### 2.3 汚濁負荷の沈降特性

流出負荷の削減方法のひとつとして調整池を用いる方法が考えられるが、効果をみるために、つくば市の流出雨水で各汚濁物質の沈降特性を調べる実験を行った。

沈降による除去率は、時間経過とともに図-6に示すように変化する。除去率はSSが最も大きく、30分後には50%除去される結果となった。一方、T-Nの除去率が最も小さく、24時間後においても20%に達しない。

また、除去率は6時間後は、ほぼ一定であることがわかる。沈降による除去効果を負荷削減対策に取り込む場合、表-1に沈降開始前の流出雨水の形態を示すが、粒子性成分の多いSS、T-Pについては効果が期待できるが、その他の項目では、必ずしも有効な対策でないことが、図-6からもわかる。

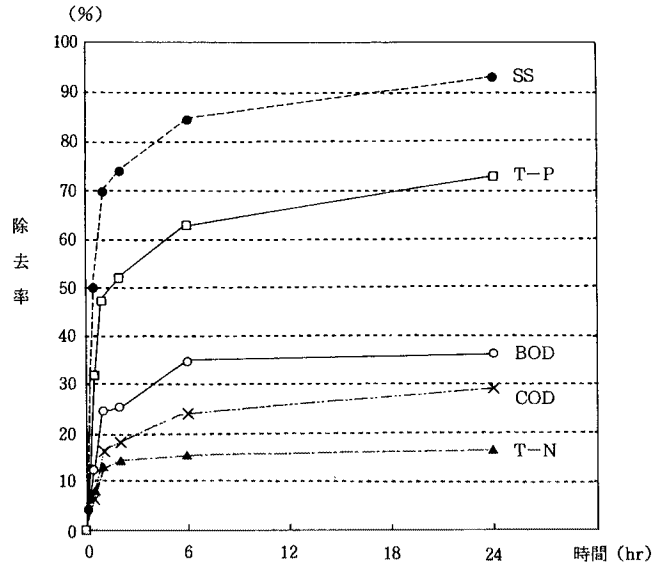


図-6 沈降除去率の経時変化

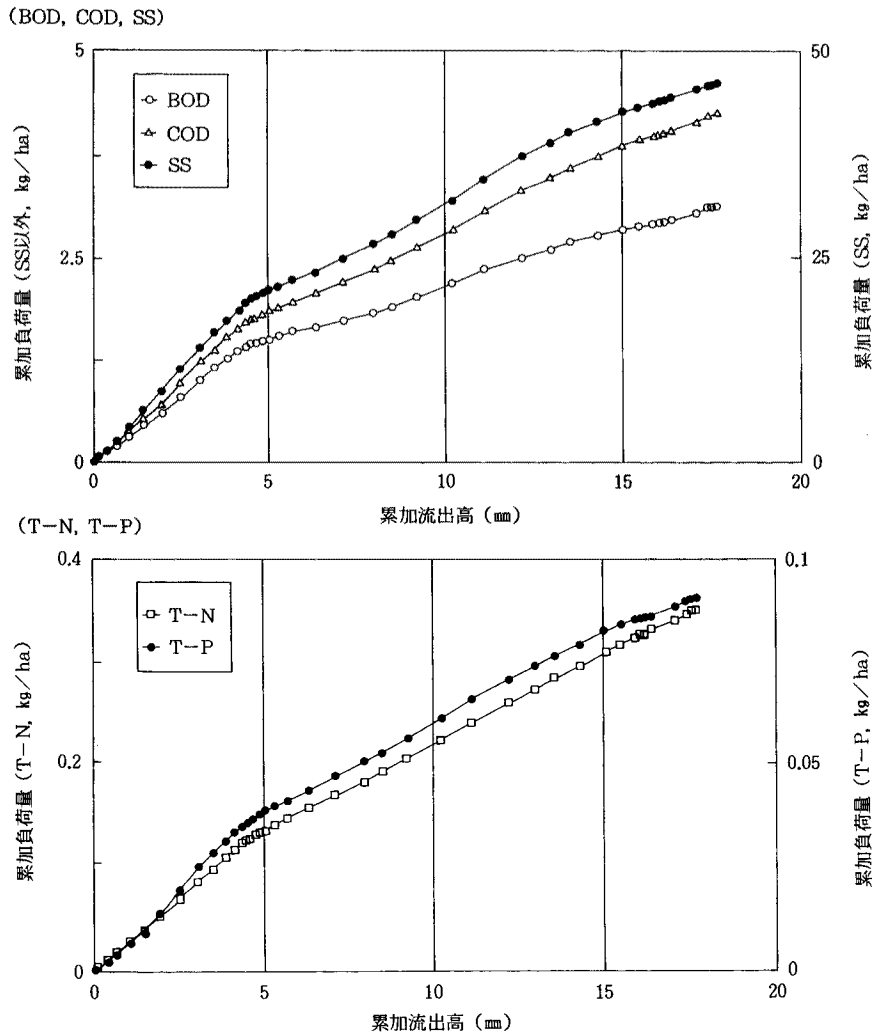


図-5 採水期間中の流量と負荷量の累加曲線(岡谷市, 平成7年6月15日)

表-1 雨水水質分析結果

観測地点	採水年月日	(mg/ℓ)				
		BOD	COD	SS	T-N	T-P
志賀町	H.6.6.24	1.4 (18.7 1.1)	3.4 (30.6 5.0)	1 (237 12.3)	0.99 (1.83 0.26)	0.04 (0.57 0.09)
茅野市	H.6.7.1	2.8 (10.6 2.7)	7.4 (19.8 8.2)	4 (49.3 4)	1.98 (3.93 1.64)	0.10 (0.24 0.09)
我孫子市	H.6.8.19	0.7 (25.3 8.1)	1.5 (27.2 10.9)	0.9 (94 22)	0.73 (6.01 3.06)	0.02 (0.54 0.25)
牛久市	H.6.7.18	1.5 (17.9 2.2)	3.7 (19.9 3.9)	0.5 (109 27.7)	1.44 (2.94 0.59)	0.06 (0.23 0.09)
つくば市	H.7.5.12~13	1.2 (43.4 5.6)	4.0 (34.6 7.9)	4 (135 31)	0.95 (4.92 1.24)	0.07 (0.26 0.11)
	H.7.5.15~16	0.6 (36 3.5)	2.2 (32.4 5)	0 (156 30)	0.56 (3.88 1.8)	0.03 (0.29 0.09)
	H.7.5.29	0.8 (44.6 6.5)	2.7 (52.7 11.6)	1 (153 24)	0.87 (8.37 4.48)	0.03 (0.39 0.12)
	平均	0.9	3.0	2	0.79	0.04

(注) ( ) 内は近接日の雨水排水の水質 (上段: 最大, 下段: 最小) である。

### 3. 汚濁負荷削減に関する検討

#### 3.1 流出負荷量予測方法の検討

降雨から流出負荷量を算出するために、降雨量と雨水流出量、雨水流出量と流出負荷量に関する回帰式が必要となる。ここでは、千葉県我孫子市の観測地点を対象排水区域として、6回の降雨の観測資料を用いて回帰分析を実施した。

図-7は採水中の流出高と比流出負荷量の回帰式を求めたものであり、回帰関数は以下のとおりである。

BOD :  $L = 0.11070Rf - 0.00038$  (n = 6 : 相関係数 = 0.991)

COD :  $L = 0.13333Rf + 0.01037$  (n = 6 : 相関係数 = 0.998)

SS :  $L = 0.56236Rf - 0.01166$  (n = 6 : 相関係数 = 0.959)

T-N :  $L = 0.03427Rf + 0.00287$  (n = 6 : 相関係数 = 0.991)

T-P :  $L = 0.00242Rf + 0.00124$  (n = 6 : 相関係数 = 0.939)

ただし、L : 比流出負荷量 (kg/ha), Rf : 流出高 (mm) である。

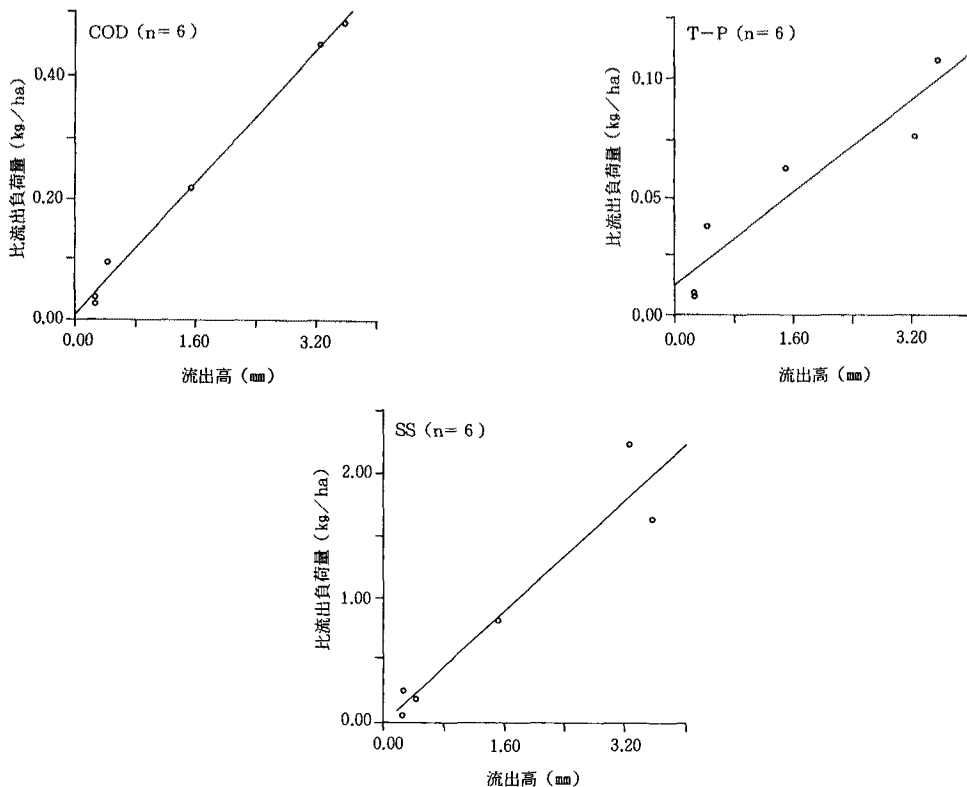


図-7 流出高と比流出負荷量の相関 (我孫子市: 採水中)

これらの回帰式は相関関係が高く、流出負荷量の推定として適切であると考えられる。また、式中の流出高については、観測降雨の一雨の雨量との回帰分析（図-8参照）より、次式回帰式が得られている。

$R_f = 0.246R - 0.259$  (n = 5: 相関係数 = 0.999)  
ただし、R: 雨量 (mm) である。

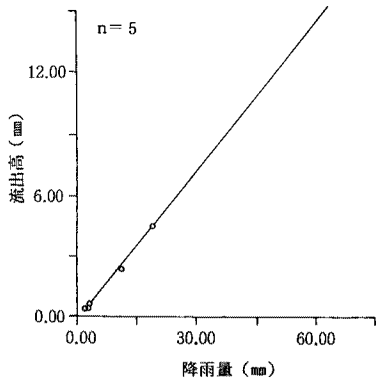


図-8 流出高と降雨量の相関（我孫子市：一雨）

### 3.2 負荷削減対策の評価方法の検討

汚濁負荷削減策を検討するには、流出負荷量の予測のほかに、対策の効果について定量的な評価方法を検討しておく必要がある。

ここでは、貯留池を用いる場合についての効果について定式化する。貯留池へ流入する負荷量は、前出の図-5に示すように、降雨初期で流量に対して大きなものとなっている。この関係を把握するために、流出負荷量の累加値を両対策紙に示すと両者は各項目とも比例関係にあることがわかり、

$$L = A \cdot R_f^B$$

と比流出負荷量を表現すると、回帰係数は表-2に示すとおりとなる。

表-2 流出高と比流出負荷量の累加値の回帰係数

水質項目	A	B	相関係数
BOD	0.131	0.95	0.973
COD	0.163	0.95	0.983
SS	0.601	1.01	0.950
T-N	0.0418	0.93	0.988
T-P	0.00399	0.93	0.943

(注) n = 246 (6降雨分)

$$L = A \cdot R_f^B$$

L: 比流出負荷量 (kg/ha), R<sub>f</sub>: 流出高 (mm)

これらは相関係数が高いことからこの回帰式を用いて貯留池に捕捉される負荷量を推定する。なお、SSを除いた項目についてはベキ乗が1を下回り、流量負荷が相対的に減少していることを示している。

### 3.3 貯留池設置効果の検討

回帰式を用いた手法により貯留池設置の効果を検討する。貯留池の運用は単純化し、降雨開始から雨水流出の全量貯留を貯留する。また対象降雨には、東京中央気象台における昭和37年から56年までの平均的な降雨年である昭和54年の年間降雨量を用いる。

検討結果を表-3、図-9に示す。

負荷削減率は5mm貯留池規模であると60%前後である。負荷削減率は1から3mmに規模を大きくした場合、上昇率は大きい、さらに大きくした場合直線的な上昇となっている。表-5に示すように、流出高1~3mmの降雨が比較的多く分布していること、ほぼ5mm以降は初期流出頻度が少なく、効果の上昇率という観点から3~5mmが適正な貯留池規模として判断される。

雨水貯留池の規模の検討において、資料の蓄積が数多く行われていない場合には、効果の評価が必ずしも適切でないと考えられる。

表-3 貯留池への年間流入負荷量予測計算結果

水質項目	BOD	COD	SS	T-N	T-P	流量	
年間雨天時流出負荷量, 流量	35.94	44.09	181.87	11.35	0.878	324.94	
貯留池規模 (1mm)	貯留池流入負荷量, 流量	8.00	10.16	37.18	2.61	0.261	62.82
	負荷削減率 (%)	22.3	23.0	20.4	23.0	29.7	19.3
貯留池規模 (2mm)	貯留池流入負荷量, 流量	13.23	16.71	64.03	4.25	0.406	108.64
	負荷削減率 (%)	36.8	37.9	35.2	37.4	46.2	33.4
貯留池規模 (3mm)	貯留池流入負荷量, 流量	16.83	21.17	83.43	5.38	0.489	143.09
	負荷削減率 (%)	46.8	48.0	45.9	47.4	55.7	44.0
貯留池規模 (4mm)	貯留池流入負荷量, 流量	19.21	24.09	96.23	6.12	0.546	166.04
	負荷削減率 (%)	53.5	54.6	52.9	53.9	62.2	51.1
貯留池規模 (5mm)	貯留池流入負荷量, 流量	21.18	26.53	106.75	6.72	0.596	183.69
	負荷削減率 (%)	58.9	60.2	58.7	59.2	67.9	56.5
貯留池規模 (7mm)	貯留池流入負荷量, 流量	24.38	30.44	124.02	7.71	0.667	214.29
	負荷削減率 (%)	67.8	69.0	68.2	67.9	76.0	65.9
貯留池規模 (10mm)	貯留池流入負荷量, 流量	27.88	34.63	142.49	8.79	0.735	247.68
	負荷削減率 (%)	77.6	78.5	78.3	77.4	83.7	76.2

(注)・単位 流量: mm, 負荷量: kg/ha

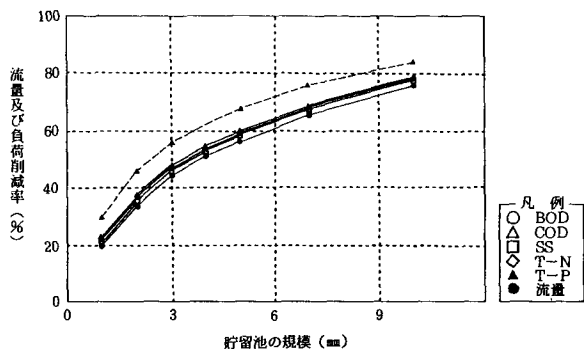


図-9 年間値による貯留池規模と負荷削減率及び降雨捕率の関係

#### 4. まとめ

分流式下水道における雨天時の汚濁負荷の流出特性及び削減対策について検討を行った。その結果は次のとおりである。

- 1) 分流式下水道の雨天時の負荷流出には、合流式と同様の特性がみられ、ファーストフラッシュ、流出負荷量と流量の比例関係、残存負荷の減少がみられた。
- 2) 雨天時の流出および雨水中のT-N, T-Pの濃度は、流出負荷に対して無視できないオーダーである。
- 3) 汚濁負荷の沈降実験により、粒子性成分の比率の高いSS, T-Pは沈降による除去が期待できる。
- 4) 降雨量と雨水流出量、雨水流出量と流出負荷量については相関の高い回帰式が得られた。このことは、汚濁負荷削減対策の検討にあたり、比較的簡便な方法により流出負荷量が予測できることを示すものである。
- 5) 回帰式を用いた手法により、雨水貯留池の汚濁負荷削減効果を検討した結果、適切な規模は3～5 mm程度と考えられる。

● この調査に関する問い合わせは

研究第二部長

藤田 昌一

研究第二部主任研究員

山下 順市

研究第二部主任研究員

伊藤 紀夫