

(15) 雨水流出抑制のための実験的下水道に関する研究

EXPERIMENTAL SEWER SYSTEM FOR REDUCTION OF URBAN STORM RUNOFF

藤 田 昌 一*

Shoichi FUJITA

ABSTRACT; A new sewer system is proposed in this paper. It is called E.S.S. that has been developed for reduction of urban storm runoff. ESS is the combination of many unit processes of infiltration and storage in the traditional sewer system. The served area with ESS has become 334 ha in Tokyo by the end of March in 1985. The quantitative effects of ESS are confirmed by practical measurements, and a total effectiveness of a basin wide area is evaluated by simulation model. Furthermore, operation and maintenance and the other problems of ESS are studied.

KEYWORDS ; sewer system, storm runoff, infiltration, ESS

1. 背 景 — 都市の雨水排水

都市化の進行と下水道の整備に伴い、降雨の総流出量と最大流出量が増加し、都市河川の氾濫が頻発するようになった¹⁾。

こうした事態に対し、河川改修の促進、総合治水対策の推進、下水道施設による流出抑制など、都市の排水を受けもつ河川と下水道に対しても、新たな視点からそれぞれの機能と役割を再検討することが求められている。

東京都内における下水道からの雨水の放流先となる中小河川の流下能力は、大部分が30mm/hr程度である。また、流域の総括流出係数も、30mm/hr改修を行った時の計画値(0.4~0.5)よりも現在は、都市化に伴ない相当大きくなっている。従って、現況の河川の流下能力では、流域の都市化と下水道(50mm/hr対応)の普及による最大流出量の増加には対応しきれなくなっている。東京都内の河川改修事業は、現在では50mm/hrを計画降雨として行われているが、その進捗度は遅く、完成にはかなりの日時を要すると推定されている(Table 1)。

河川的能力が不十分な状態で下水道を整備してゆくために、これまで次のような方策がとられてきた。

- ①下水道の吐口縮小
- ②下水道整備の制限
- ③暫定分流方式の採用
- ④河川のバイパス管の設置
- ⑤調整池の設置

Table 1. River Improvement in Tokyo

50mm/h改修 対象河川	59年度末 改修済	60~62年度計画				62年度末 改修延長
		60	61	62	3ヶ年計	
43河川 307km	26河川 73km (24%)	91km	92km	95km	23河川 278km	1008km (33%)

「マイタウン'85 — 東京都総合実施計画」より作成

* 東京都下水道局 Department of Sewage Works, Tokyo Metropolitan Government

東京の石神井川と白子川の流域の下水道整備にあたっては、種々の事情により前記のような方策はいずれも不可能であった。そのため、新たな下水道方式を採用することとなった。

それが「雨水流出抑制型下水道（Experimental Sewer System, 略してESSと呼ばれている。）」である。

雨水流出抑制型下水道（ESS）は、下水道施設への雨水の取り込み段階と、下水道施設内での雨水の流下過程において、「貯留」と「浸透」のためのさまざまなユニットプロセスを組み込むことにより、河川への雨水流出量を抑制しようとする下水道システムである。

雨水を降雨地点から河川へ流出するまでの間に貯留、浸透させる「場」は多い。しかし、ESSは現段階では、もっぱら道路（公道）の範囲、すなわち下水道事業として関与できる範囲を中心にしてその場を求めている。

流域の大部分を占める私有地の空間で貯留、浸透させることが流出抑制の効果として望ましい。国、都、市、区などの公共施設の敷地内での貯留、浸透が先導的試行的に行われつつある²⁾。将来は大規模な民間開発から小規模な宅地内対策へと進んでゆく必要があると考える（Fig. 1）。

このような下水道システムなどによる流域の面的な流出抑制の考え方は、総合治水対策の理念とも合致するものである³⁾。

2. 研究の目的 —— 下水道の新しい機能と役割

雨水流出抑制型下水道（ESS）が生まれた背景は、都市化に伴う流出率の増大が、河川容量を上回るようになったのに対し、都市内の雨水流出に重大な要因となっている下水道にもその抑制について積極的な役割分担が要請されてきたことによる。

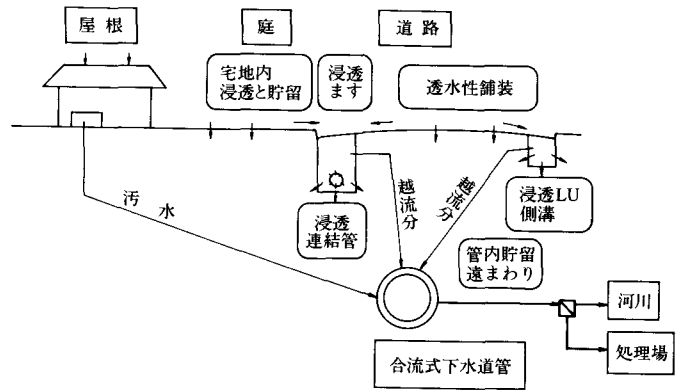
下水道は、都市域の雨水の排除をもって都市の雨水管理に関与してきた。今後は、下水道、河川、流域、というスケールで地球的規模のサイクルでの総合的な雨水の管理手法が求められてくるであろう。

人為による都市内の雨水の流下状況の変化を、雨水流出抑制型下水道（ESS）という新たな「施設」によって対応しようとするものである。それは都市が失ってしまった自然の水循環機能を代替補完しようとしているものともいえる。

このことは、下水道の歴史の中で、汚水の処理→河川放流→下水処理技術の検討という経過と相似な、雨水の処理→河川放流→下水排除技術の検討という図式が今日おきていると考えられる。

雨水流出抑制型下水道の研究を通して、都市の総合的雨水管理のための有効な手段として下水道の果たす新しい機能と役割を明らかにしようとするものである。

新しい施設、装置等のシステムを採用するには、その危険性、安全性、最適性、影響度など、それによって得るものと失うもののバランスに関して、周到的配慮が必要である。



降水地点 → 合流管 → 河川
 (この間で雨水を浸透) (この間で貯留させる)

当面:	公道の範囲(下水道施設内のみ).....	道路
将来:	・都都市の施設敷地内.....	公園, グランド
段階的に:	・国の施設敷地内.....	校庭, 団地
	・大規模な民間敷地.....	駐車場
	・小規模な宅地.....	庭先

Fig. 1 Positioning of ESS in Combined Sewer System

3. 下水道における雨水流出抑制手法

ESSのように、下水道によって雨水の流出抑制を現実の都市内で本格的に実行した例は、まだ少ない。ESSの実施は1981年であり、その施工区域も限られているので、現在のところは多分に試行錯誤的であり、必ずしも完成された体系にはなっていない。

雨水流出抑制の基本となるユニットプロセスは「貯留」と「浸透」である。この両方の特徴をそれぞれ生かして、ともに用いることが必要で、一方のみではその効果は不十分である。

この「貯留」と「浸透」のプロセスを都市内の下水道システムの中に総合化したものが「雨水流出抑制型下水道(ESS)」である (Fig. 2)。

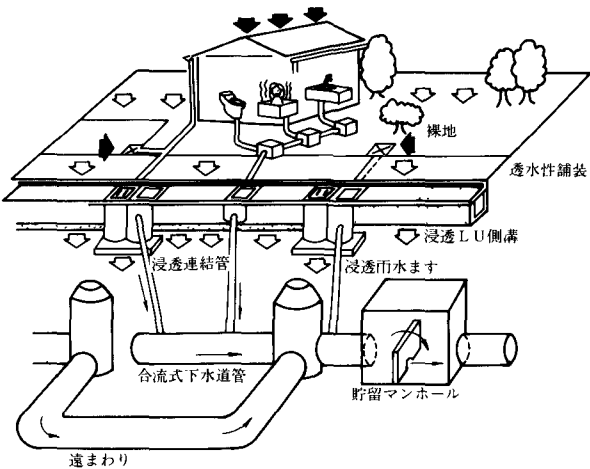


Fig.2 Conceptual Layout of ESS

ESSの施工区域では、雨水は、まず①宅地内で浸透し、②透水性舗装で浸透し、③雨水ます底部で浸透し、さらに④浸透連結管または、⑤浸透LU側溝でも浸透する。

雨水流出抑制型下水道は、このように雨水の通る経路に、様々な浸透のプロセスを総合的に組み込むことであり、また、それぞれの浸透施設の効果を高めるために、それぞれの施設に貯留を行わせている。

さらに、それでも浸透しきれない分は公共下水道の本管へ流出してゆくが、下水道管渠内でも、河川へ流出するまでの間に、⑥雨水を遠まわりさせて流す管渠や、⑦管内にも貯留させることによってさらに流出を遅らせるようにしてある。

これら個々のプロセスは単独で、それぞれ多くの機関で実験、試行されてきている。公共下水道として、都市の装置として既成の下水道システムの中に、これらの貯留と浸透のための様々なユニットプロセスを、いかに現実の下水道システムの中に組み込んでゆくかが大きな課題である。

4. 雨水流出抑制型下水道の開発手順

雨水流出抑制型下水道を実施するにあたって、次のような検討を行った (Table 2)。

4.1 フィジビリティ・スタディ

はじめに、この新しい下水道方式の実現可能性についての基礎調査として、次のような項目を検討した。

(1) 流出モデルの検討 流出解析法の研究開発を行い、流出モデルを作成した。流出計算の手法としては、最終的に修正RRL法と、メッシュ法がとりあげられている⁴⁾。

(2) 試験地流域の選定 白子川と石神井川の流域内に試験地域を6ヶ所選定し、区域内の排水状況等を調査した。

(3) 水文観測 各試験地の流末(在来水路または公共下水道管渠)に自記流量計を設置した (Table 3)。ここでの実測データをもとに修正RRL法のパラメータを検証した (Table 4)。

(4) 抑制効果の予測 雨水流出抑制のシミュレーション

Table 2. Study of the Past on ESS

	55	56	57	58	59
ESSの開発手順					
(1) フィジビリティスタディ					
① 流出モデルの検討	○	○	○	○	○
② 試験地流域の選定	○	○	○	○	○
③ 水文観測	○	○	○	○	△
④ 抑制効果の予測	○	○	○	○	○
(2) 基礎実験					
① 実験用施設の設計と施工	○	○	△	○	○
② 基礎実験 a. 土質調査	○	○	○	○	○
b. 浸透能力測定	○	○	○	○	○
c. 土中水分測定	○	○	○	○	○
③ 目つまり実験	○	○	○	○	○
(3) モデル工事					
① ユニットプロセスの配置設計	○	○	○	○	○
モデル工事の施工	○	○	○	○	○
② 浸透能力の測定	○	○	○	○	○
③ 目つまり防止対策の検討	○	○	○	○	○
④ 地下水への影響調査	○	○	○	○	○
⑤ 流出抑制効果の確認	○	○	○	○	○
(4) 実施工事	○	○	○	○	○
ESSの効果検討					
(1) モデル工事区域での効果	○	○	○	○	○
(2) 河川全体での効果	○	○	○	○	○
流出モデル検討	○	○	○	○	○
水文観測	○	○	○	○	○
効果予測	○	○	○	○	○
ESSの問題点の検討					
(1) 効果の定量化	○	○	○	○	○
(2) 維持管理上の問題	○	○	○	○	○
(3) 地下水への影響	○	○	○	○	○
(4) 関係者の理解と協力	○	○	○	○	○

△は前年度より小 ◎は前年度より大

Table 3. Characteristics in Each Test Field of Feasibility Study

地区名	図番号	雨量計位置	関連区丁名	流域面積 (ha)	不透水面積率 (%)	最長距離 (m) 流下時間	在来管布設状況 現況排水路	現況土地利用 地形	水文観測
成増	①	板橋区成増出張所 (屋上)	練馬区旭町2 板橋区赤塚新町2.3 赤塚3 成増1～5	67.54	41.7	2,365 17	在来管は一部布設されているが、流域中央の既設排水路により排水されている。幹線下水道管のみ布設済。	東武東上線成増駅を中心とした既成市街地で起伏に富む。	在来排水路 (開水路) で水位観測を行っているが、下流にネックがあり大出水時に堰上げの恐れあり。
大泉学園	②	練馬区立第三小学校 (校庭)	練馬区大泉学園町	35.09	22.8	1,405 25	在来管が布設されているものの、測定点までφ600ではほぼ一様の管径となっている。公共下水道管未整備。	西武池袋線大泉学園駅北方のなだらかな丘陵地帯で中上流には畑が広がっている。	φ600の下水管内で測定しているため、出水時には満管となり、正確な流量が測定されていない。
東大泉	③	練馬区東大泉6-41 (区民農園)	練馬区東大泉5.6	25.91	41.7	883 21	在来管がゆがりの密度 (総延長3597m) で布設されている。公共下水道管は幹線の極く一部のみ布設。	西武池袋線大泉学園駅南方の平地で都営大泉住宅を含む住宅地で市街化が進んでいる。	φ1000の下水管内で測定。大出水時には、満管となる恐れがある。
北大泉	④	練馬区大泉学園町4-14	練馬区大泉学園町北大泉町	44.93	32.0	1,243 23	在来管による雨水排除が行われている。	関東自動車道をはさむほぼ平坦な地形で、開発状況は中庸である。	φ1100の下水管内で測定しているが、下流川の背水の影響により、正確な流量が測定されにくい。
下石神井	⑤	練馬区下石神井5-13	練馬区下石神井1.4	20.40	39.0	950	下水道整備が完了している。	西武新線線上井草駅の北側御畑地が開発され住宅地に変わっていくつある。	φ1500の既設下水管内で背水の影響なし。雨量計は畑の中に用地借用。
桜台	⑥	練馬区桜台 (開進第二小学校)	練馬区桜台4.5	29.71	46.7	1,050	下水道整備が完了している。	西武池袋線桜台駅の北側密集住宅地。	□1200×1500の既設下水管内で背水の影響なし。

(注) 雨量観測はすべて長期自記雨量計を使用。

を行い、抑制効果を予測した。

すなわち、前記の流出モデルを用いて、合流式下水道整備後の最大流出量を計算した。降雨強度は、50mm/hrと30mm/hrの降雨についてそれぞれの降雨強度になるように中央集中型のハイトグラフを作成しこれを計画降雨とした (それぞれの降雨による最大流出量を合流式の Q_{50} 、 Q_{30} と呼ぶ)。現況河川能力は公称30mm/hr対応であるので、 Q_{30} までの能力があると考えられるので、この値 (Q_{30}) を河川への許容放流量とみなすことにした。しかる後に、雨水流出抑制施設を配置した後の50mm/hrでの最大流出量 (Q_{ESS50}) を予測した。その際、浸透施設の能力に関しては、当時 (昭和55年) の日本住宅公団⁵⁾と建設省土木研究所⁶⁾の実測資料をもとに、おおむねその1/2程度の値を採用した (Table 5)。

浸透施設による浸透と貯留の効果は、修正RRL法の流出モデルの中で、有効降雨を操作することによって表現した。

その結果、流域内に何らかの流出抑制施設を設けることによって、現況河川能力に応じた流出抑制が可能であるという見通しがたった (Table 6, Fig. 3)。

4.2 基礎実験

さらに、個々の施設の能力とその効果、流出モデルの確立、河川全体での効果の定量化などのために基礎実験とモデル工事を行うこととした。

基礎実験では次のような事項を行った。

(1) 実験用施設の設計と施工 東京都杉並区上井草の1,166m²の空地に、浸透実験の専用施設として、流出抑制のためのユニットプロセスの実物を下記のように設置した (Fig. 4)。

浸透雨水ます	14個
浸透連結管	5m, 13箇所
浸透LU	5m, 4箇所

Table 4. Parameters for Modified RRL Method

管渠の流量計算		マンニング式 $n=0.015$ 円管10割、ボクス9割 開渠8割
不透水面積	凹地貯留域	実測値
	凹地貯留量	50%
浸透域	凹地貯留域	2mm
	凹地貯留量	50%
浸透能		6mm
浸透能		10mm/hr

Table 5. Capacity of Unit Process Applied for Feasibility Study

	浸透能力	貯留能力
浸透雨水ます	1.0 L/分/個	0.225 m ³ /個
浸透連結管	1.0 L/分/m	0.172 m ³ /m
透水性舗装	10mm/hr	0.053 m ³ /m ²

Table 6. Results of Feasibility Study

図番号	地区名	面積	許容量 Q_{30}	50 mm/h 降雨		抑制策	コスト増 %
				Q_{ESS50}	合流式の Q_{50}		
①	成増	67 54 ha	$\frac{m^3}{s}$ 8 46	$\frac{m^3}{s}$ 8 24	$\frac{m^3}{s}$ 16 17	透水性舗装 133,300 m^2 浸透雨水ます 5,325 個 浸透トレンチ 40,648 m	28
④	北大泉	44 93	3 09	2 93	5 28	浸透雨水ます 935 個 浸透L字側溝 9,600 m 浸透トレンチ 19,210 m 管渠の遠まわり 2 倍	14
⑤	下石神井	20 40	1 28	1 26	2 13	透水性舗装 6,380 m^2 浸透雨水ます 110 個 浸透トレンチ 1,916 m 浸透井 12 井	19

他の3箇所の試験地では水文観測の失敗により十分なデータが得られなかった。

(2) 基礎実験 基礎実験の調査項目は次の三つである。①土質調査, ②浸透能力測定, ③土中水分測定。

東京都西部のいわゆる武蔵野台地は、関東ローム、粘性土、砂、砂礫、固結粘土層などから構成されている (Table 7)。

関東ローム層は土質分類の上では粘土質シルトに属するが、現地盤では浸透能力が大きいといわれている⁷⁾。基礎実験場などでの浸透施設はすべて関東ローム層内に設置されており (Fig. 5), かなりの浸透能力を発揮している。

浸透施設の能力については、次に述べるモデル工事の区域においても行ったので、それらを総合した結果を示す (Table 8)。

浸透能力の実測の際の水位は、各施設が現実にとりうる最大値 (下水本管へ流入する直前の水位) を目指して行ったが、実際にはその目標設定水位よりも低い定水位で実験を行ったものもある。

なお、Table 8 に示す「実績値」は変水位法による浸透試験をもとに、最大水

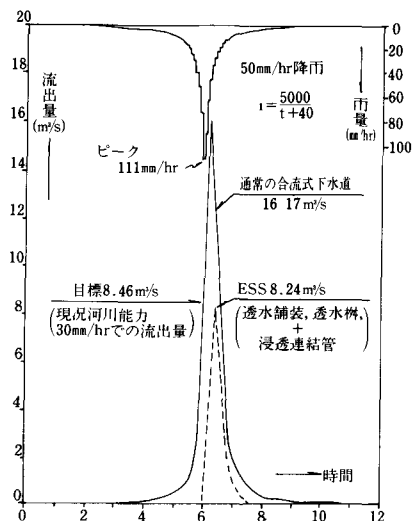
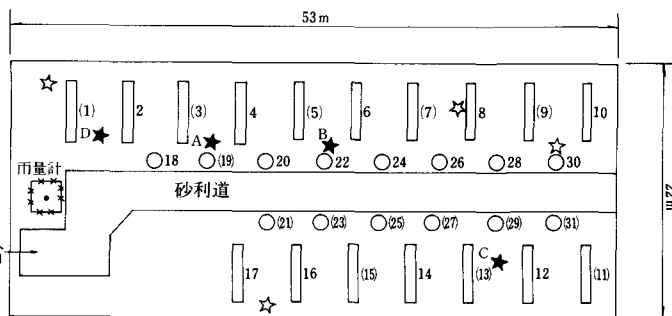


Fig. 3 Forecast of Effectiveness of ESS in Feasibility Study (Narimasu test field of 67.54ha)



	浅型				深型				ストレーナつき		
	ポラコン	有孔	塩ビ	卵形	ポラコン	有孔	塩ビ	卵形	ポラコン	有孔	塩ビ
浸透ます	22	28(29)	30(31)		24(25)	26(27)			23	20(21)	18(19)
浸透連結管	(9)	(7)	(5)		(11)	(13)	(15)	17			
	10	8	6		12	14	16				
浸透LU	(3)	(1)									
	4	2									

★ 土質試験箇所

☆ デンシオメータ箇所

() は、目づまり試験箇所

Fig. 4 Layout of the Test Site

Table 7. Typical Formation of Stratum in Musashino Plateau

地層名	N 値	層厚	地質構成
ローム	2~6	1.5~2.0 m	含水量中位, 粘性やや大 粘土質シルト
粘性土	3~14	2.5~3.5 m	含水量大の粘土〜ローム質粘土 少量の砂, 浮石を含む
砂礫	2.3~5.0	3.0~1.2 m	1.0~3.0 mm 程度の礫を主とする ここより以深は帯水層
砂	8~5.0	2.5~6 m	粘土, 雲母等を含む細砂層
粘性土	1.6~5.0	2.0~2.3 m	固結シルト, 細砂を含む
砂礫	5.0以上	6 m以上	砂を含む密な砂礫層 1.0~3.0 mm が主 部分的に 1.0~2.0 mm も含む

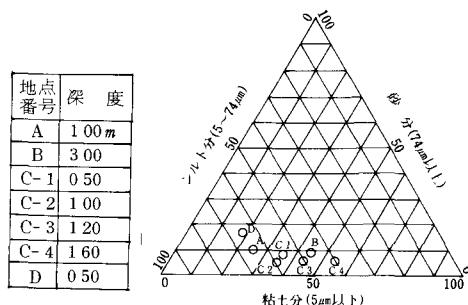


Fig. 5 Soil Profile of the Test Site

位での値を推定したものである。ただし

一部、異常に高い浸透能力を示すデータ（相関係数 0.7 以下）を除外したので、

実測値の平均よりは小さめになっている。

また浸透による周辺の土中水分の変化についても調査した (Fig. 6)。

浸透施設を中心にほぼ 45 度の拡がりをもって下方へ浸透し、あまり側方へは拡がらないようである。

さらに、浸透能力と地下水面との関係についての検討を行った (Fig. 7)。

この実験結果でみる限り、地下水位と浸透能力との関係はあまり明らかでない。

(3) 目づまり実験 実験施設に土砂を投入して目づまりを起こさせて、浸透能力の変化を調査した (Fig. 8)。

目づまりによる能力低下があっても最終的に保持しうる最低の浸透能力として浸透能力の「究極値」(Table 8)を設定し、後述の流出解析に用いることとした。究極値は実測値の 7 ~ 44 % となっている。

目づまりによる浸透能力の低下に関しては、次のような点が判明した (Fig. 8)。

a. 目づまりによって各種施設の浸透能力は当初の 1/2 以下になる。

b. 浸透雨水ますは、他の施設にくらべて目づまりによる能力低下の度合いが大きい。

c. 浸透連結管、浸透 LU、ストレーナつき雨水ますは、目づまりによる能力低下が比較的少ない。

4.3 モデル工事

実際の市街地の中に流出抑制のユニットプロセスを各種組み込んだ ESS のモデル工事を 4 地区 4 0.6 ha 施工し、実地にその効果と問題点を検討した (Table 9, Fig. 9)。

モデル工事では次の項目を検討した。

(1) ユニットプロセスの配置設計 地形、埋設物、家屋の状態などから、ユニットプロセスの種類と配置を実地に確認した。

(2) 浸透能力の測定 現実の市街地内での浸透施設がどの程度の能力を発揮するかを調査した。

Table 8. Infiltration Capacity

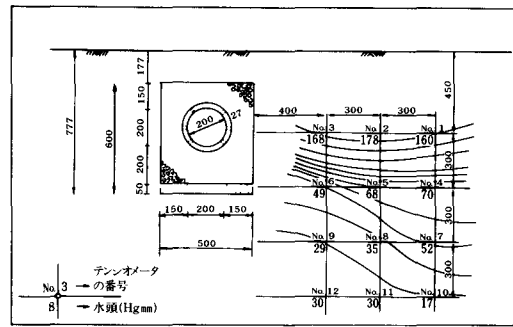
		実 測 値 (各施設の平均)		計 算 に 用 いた 値		
		基礎実験場 A	モデル工事	実績値	究極値 B	B/A (%)
浸透雨水ます	浅型	271 (4.36)	156 (2.16)	127	2	7
"	深型	284 (4.34)	381 (7.40)	155		
ストレーナます		172 (6.48)	586 (4.21)	31.9	4	23
浸透連結管	浅型	114 (6.48)	151 (2.11)	66	5	44
"	深型	14.6 (7.44)	294 (4.28)	88		
浸透 LU		49 (4.31)	149 (9.55)	98	2	41
透水性舗装		—	298 (4.32)	10.0	10	—

単位：ますは $\ell/\text{分}/\text{個}$ 、連結管と LU は $\ell/\text{分}/\text{m}$ 、透水性舗装は mm/hr
() 内の左は施設数、右はデータ数

浸透実験日：昭和 53 年 8 月 6 日

浅型連結管 (有孔コンクリート)

(定水位実験開始 0 分後)



(定水位実験開始 135 分後)

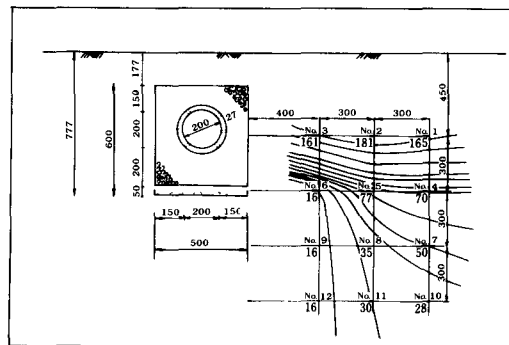


Fig. 6 Distribution Curve of Water Content Under Ground Caused by Infiltration (Test Site)

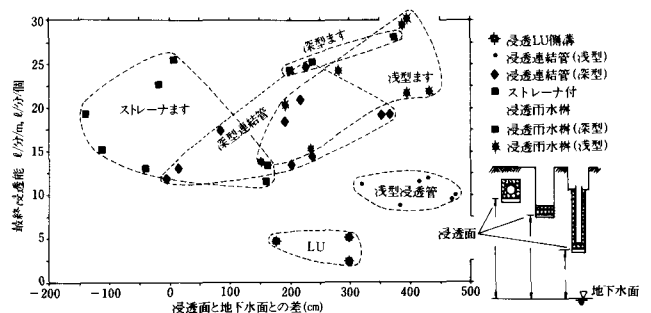


Fig. 7 Ground Water Level and Infiltration Capacity

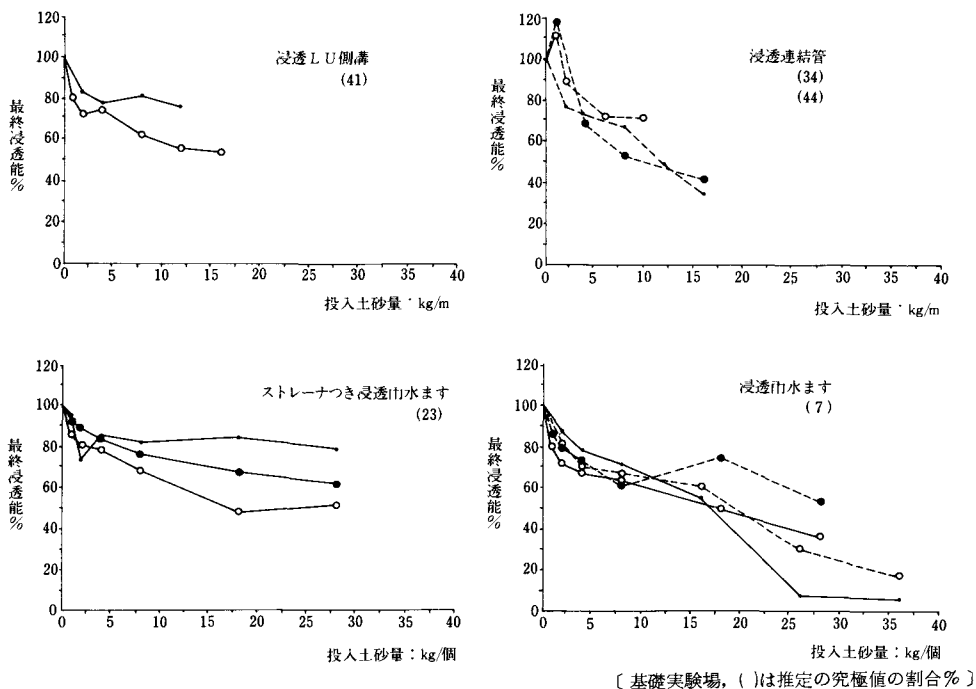


Fig. 8 Clogging and Infiltration Capacity

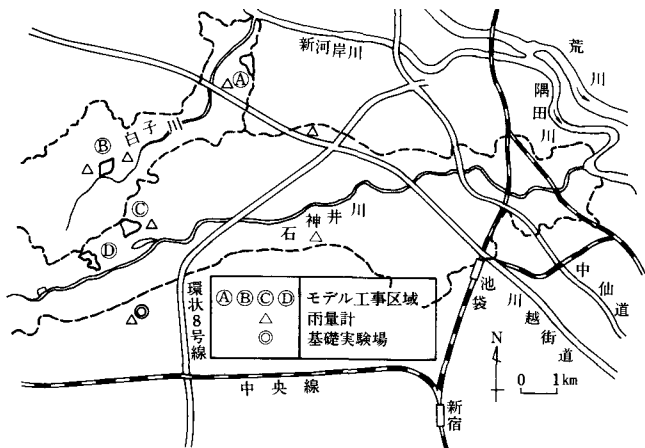


Fig. 9 Location of ESS Study

Table 9. Outline of ESS Areas

	④	③	②	①
河川流域	白子川	白子川	石神井川	石神井川
地区名	成増	大泉学園町	石神井町	石神井台
工事完成年月	S57.8	S58.3	S57.8	S58.4
土地利用	商業・住宅 混在地域	住宅地域	住宅地域	住宅地域
流域面積	69 ha	934 ha	150 ha	94 ha
道路面積率	161%	119%	101%	153%
屋根面積率	219%	281%	235%	146%
浸透型浸透料	134個	—	—	—
浸透型浸透料	33個	—	300個	—
スレナー付浸透料	—	129個	—	152個
浸透連結管	10329m	—	—	—
浸透連結管	3769m	—	31980m	—
浸透しり	—	25681m	—	31800m
透水性舗装	5,8210m ²	—	57870m ²	59850m ²
透まわり	1個所	1個所	—	—
貯留マンホール	738m ² 6個所	—	2093m ² 2個所	—
地下水観測井	6本	6本	42本	6本
観測施設				
目記雨量計	1個所	1個所	1個所	1個所
目記流量計	1個所	1個所	3個所	1個所
浸透雨水観	2個	4個	2個	4個
浸透連結管	2個所	L.U. 4個所	5個所	L.U. 5個所
透水性舗装	2個所	—	8個所	1個所

(3) 目づまり防止対策の検討 目づまり物質の流入の状態とそれに伴う浸透能力の変化を実測した。

(4) 地下水への影響調査 実験工事区域内に設置した観測井戸によって、地下水の水位と水質の変化を観測した。

(5) 流出抑制効果の確認 降雨と流出量を観測し、流出抑制型下水道による流出量の実測を測定し、流出モデルを用いて通常の合流式下水道との相違を調べ、流出抑制の効果を確認した。

4.4 実施工事

これら一連の検討の上に、公共下水道事業として雨水流出抑制型下水道を本格的に実施した。

雨水流出抑制型下水道は、昭和56年度から昭和59年度末までに、42箇所、334haの地域で施工された。ユニットプロセスとしては、

透水性舗装	232,200 m^2
浸透雨水ます	6,800 個
浸透連結管	36 km
浸透LU	37 km

に及んでいる。

これまでの総工事費は136億円である。この方式の下水道は通常の合流式下水道に比べて約20%ほど割高となっている。

5. 雨水流出抑制型下水道の効果

フィジビリティスタディ、基礎実験、モデル工事などで得られた水文資料等をもとに、雨水流出抑制の効果を検討した。

5.1 モデル工事区域での効果

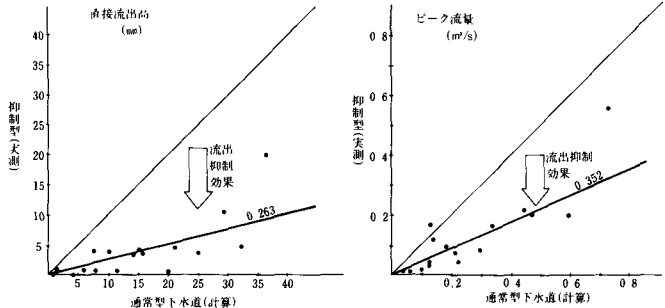
実際の降雨における流出データをもとに修正RRL法によって流出抑制の効果を検討した。それによると、流出の総量は、通常の下水道の約26%になり、最大流出量は約35%になることが計算と実測から求められた (Fig. 10)。

また、 50mm/hr ($i = \frac{1100}{t^{0.5} + 6.5}$) の計画降雨では、流出の総量は通常の下水道の約40%となり、最大流出量は約60%になることが予測された (Fig. 11)。

ここでは浸透施設が主体となっているので、総流出量の抑制効果は大きい、最大流出量の削減率はあまり大きくない。

事前に行ったフィジビリティスタディでの予測 (Fig. 3) に比較して、モデル工事 (Fig. 11) での流出抑制効果が少ないのは、検討作業を行うにあたって次のような条件が変化したことによる。

- ①降雨強度式の相違 (下水道式と河川式)
- ②流域面積の相違 (67.54haと6.90ha)
- ③浸透能力の相違 (Table 5)



(昭和58年と59年の実際の降雨における実測と計算)

Fig. 10 Effectiveness of ESS in Experimental Field (Narimasu)

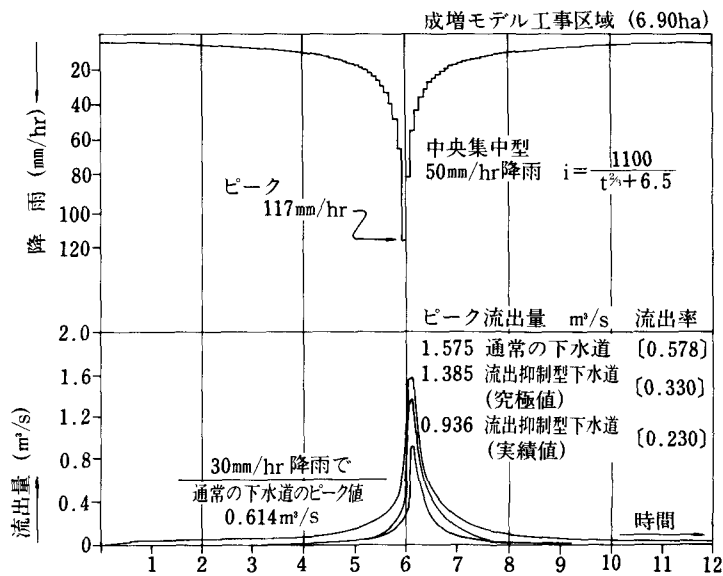


Fig. 11 Effectiveness of ESS in Experimental Field (Rainfall of 50 mm/hr)

と Table 8)

④ 浸透施設の設置密度の相違 (想定 of Table 6 と実績 of Table 9)

5.2 河川全体での効果

白子川は流域 2.5 km^2 , 延長 14.6 km で新河岸川に注ぐ代表的な都市河川である。流下能力は、下流の一部改修済区間 (約 3 km) を除き、大部分が 30 mm/hr 程度である。

この流域全体に雨水流出抑制型下水道を整備した場合の河川の計画降雨 50 mm/hr に対する最大流出量を予測した (Fig. 12)。

白子川の全流域を、現況 28 箇所、下水道整備後 17 箇所の吐口単位に分割し、各吐口の流域ごとに修正 RRL 法を適用した。流出モデルのパラメータは Table 4 と同じであるが、ただし凹地貯留量は、宅地 20 mm , 畑, 林 40 mm とした。

流域からの流出量の予測は修正 RRL 法により、河道の流出量の予測は貯留関数法により計算を行った。

この流出モデルによる実降雨での計算値は越後山橋における実側値で検証したが、おおむねよく一致していた。

ESS の河川全体での効果を予測するにあたって、流出抑制のための各施設は全流域に設けることとした。すなわち、透水性舗装は市区道のすべて、浸透連絡管は道路延長の 120% , 浸透雨水ますは浸透連絡管 2.5 m に 1 個とした。流出抑制施設の能力は、モデル工事での実側値をもとにした (Table 8 のアンダーライン)。

もし全域を通常の下水道方式で整備すると、明らかに河川能力を超える流出が起こる。

雨水流出抑制型下水道の場合は、一部を除いておおむね河川能力以下に流出を抑制することができる。ただしこの計算は、浸透施設の能力を実側値でとっているのも、もし目づまり等によって能力低下があると雨水流出抑制型下水道を実施しても現況河川能力以上の流出が起こる箇所がある。従ってその場合には、さらに何らかの治水対策が必要である。

なお、石神井川についてもこれら一連の流出解析をメッシュ法でも試みたが、ほぼ同様の成果を得ている。

6. 雨水流出抑制型下水道の問題点

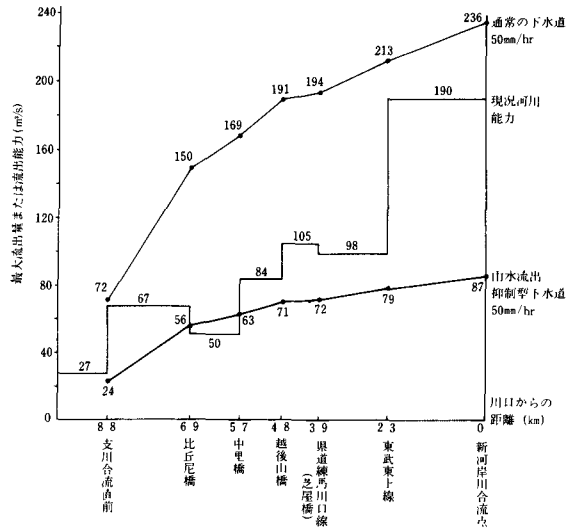
新しい方式の下水道であるだけに、問題点が多い。問題点の所在を無視したり、その解決のための努力をせずにいると、必ずやこの下水道は失敗するであろう。

問題点は大別すると、①効果の定量化、②維持管理、③地下水への影響、④関係者 (特に市民) の理解と協力、の 4 点に集約される。これら 4 点のうちひとつでもクリアできないものがあれば、この方式の下水道は存在しなくなる。

6.1 効果の定量化

雨水流出抑制型下水道を実施するに当たっては、全体的な治水計画の中で下水道が受け持つべき分担量を明らかにし、それに基づき施設の種類と数量、およびそれらの配置を決定しなくてはならない。

それには、個々の施設の能力 (原単位に相当する) を求めるだけでなく、ESS 全体についての流出抑制



- ・主要地点 (橋梁部) における流出量の比較
- ・雨水流出抑制型下水道は全流域に整備
- ・浸透施設の能力は実側値をもとにしたもの
- ・河川の流下能力は区間の平均値

Fig. 12 Estimated effects of ESS in the Shirako River

機構の解明と、効果の定量化をさらに一層追求してゆかなくてはならない。

現段階では、治水上の位置づけも不明確なこともあって、流出抑制のための様々なユニットプロセスの配置は「できるだけ多く」行うこととしているが、早急にこの適正量を定める手法（計画と設計の手法）を確立する必要がある。

6.2 維持管理上の問題

浸透式の施設は目づまりが起きやすい。目づまり対策としては、「防止」と「回復」の2つのフェイズがある。

目づまり防止のために、目づまりの原因となる物質の除去装置を種々に工夫した。施設の構造も目づまりしにくいように考慮してある。

目づまり回復のために、目づまり物質の除去作業のルーチン化と目づまり回復装置の開発のための検討も行っている。

モデル工事の区域において目づまりの実態を調査した結果、雨水ます入口の目づまり除去装置（バケツ、カゴ）の清掃は4～11ヶ月に1回程度必要であることがわかった。清掃の頻度は、土地利用形態、地形などに応じて異なっている。逆に、土地利用や地形に応じた浸透施設の配置設計を行うことによって、目づまりの進行を防ぐことが可能であることが判明した。

6.3 地下水への影響

雨水流出抑制型下水道の実施前と、その後の3年間、地下水の観測を継続している。目下のところ水位、水質とも変化は見られていない。

ちなみに50mm/hrの中央集中降雨の際の地上と地下の水収支を試算してみた（Fig. 13）。

6.4 関係者の理解と協力

雨水流出抑制型下水道では、雨水と汚水を分離して排出することが大前提である。地元の市民にこの下水道の性質と意義をよく理解し協力してもらうことが必要である。

モデル工事区域で排水設備の実態調査を行ったが、かなり良好な協力が得られている（Fig. 14）。

地元説明会、パンフレットなど様々な手段を通じて、説得力をもった説明が今後とも必要である。

このほか、この方式の下水道の設置、管理にあたっては、次のような関係者の協力が必要である。①道路管理者、②ガス、水道、電気、電話などの埋設物の企業者、③排水設備工事関係者、④建築設計施工関係者、⑤下水道工事関係者。

7. 総括

以上をまとめると次のとおりである。

- (1) 都市化による河川への流出増に対処するために、下水道における流出抑制対策として「雨水流出抑制型下水道（ESS）」を提案、実施した。
- (2) 流出抑制の基本戦略は貯留と浸透である。この二つの機能をもったユニットプロセスを下水道システムの中に配置したものがESSである。
- (3) ESSは都市の雨水排水において、下水道の新たな機能と役割を見直す意義をもっている。
- (4) そのためESSを実施するための計画フロー（フィジビリティ・スタディ、基礎実験、モデル工事）をへて実施工事に至っている。

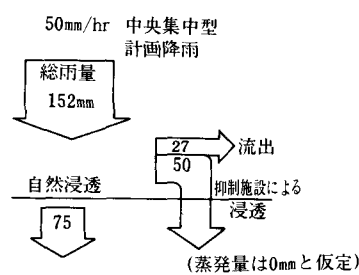


Fig. 13 Mass Balance of Water in ESS

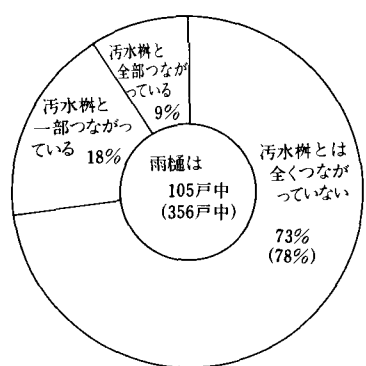


Fig. 14 Connection of Roof Drain to Sewer Pipe

- (5) ESSのユニットプロセスは実測によって十分な能力があることを確認した。
- (6) この成果を用いてESSの流域全体としての効果を流出解析によって求めたが、 50 mm/hr を 30 mm/hr の流下能力に見合うだけの効果が十分期待しうることがわかった。しかし目つまり等を考えるとESS以外にも治水対策をする必要がある。
- (7) しかしESSを実施していくためには、①効果の定量化、②目つまり対策などの維持管理、③地下水への影響、④関係者（特に市民）の理解と協力、などの問題が残されており、今後引き続き検討してゆく必要がある。

8. 謝 辞

この研究は東京都下水道局が実施している雨水流出抑制型下水道について、その開発と研究の経緯をとりとめたものである。それにはこの下水道の実施に係わる多くの方々から御指導御教示いただいた。この新しい下水道は、関係者の多大な努力によって引き続き改良発展の途上にある。皆様に深く感謝する次第である。また、建設省、住宅・都市整備公団などで、流出抑制について古くから研究しておられる方々からの御指導にも厚くお礼を申し上げたい。

最後に、この下水道、ESSの開発の当初から全面的に御援助いただいた東京大学都市工学科の市川新先生には特段の謝意をささげるものである。

【参考文献】

- 1) 山口高志，益倉克成，山崎隆，綿貫克彦「市街地雨水の量的制御 — 下水道と雨水貯留 — 」土木技術資料21-7，1979
- 2) 「東京都における総合的な治水対策のあり方について中間報告」東京都総合治水対策調査委員会，1984
- 3) 小山隆紹，藤田昌一「新しい下水道方式の計画と設計 — 雨水流出抑制型下水道 — 」鹿島出版会，1984
- 4) 市川新，榑原隆「メッシュ法による都市域の雨水流出機構の解析」土木学会第27回水理講演会論文集，1983
- 5) 「降雨水の団地内処理システムに関する開発研究（その2）拡水法に関する試験調査報告書」日本住宅協会，日本住宅公団，1981
- 6) 「都市域からの降雨流出調査報告」土木研究所資料第1018号，1975
- 7) 石崎勝義，寺川陽，石原旭，長沢靖之「雨水の地下浸透処理による流出の抑制」土木学会誌1982年2月号