

11. 20年継続観測による雨水浸透工法の流出抑制効果の検証

Study on the Evaluation of Run-off Control Effect of Rainwater Infiltration System that has

Researched in Akisima-Tsutsujigaoka Heights Housing Complex since 1981, over passed 20 years

林 隆太郎*、嶋田 義和**、森上 祥行**

Ryotaro HAYASHI*, Yoshikazu SHIMADA**, Yoshiyuki MORIKAMI**

ABSTRACT; After implementation of the first rainwater infiltration system in Japan at the Akishima-Tsutsujigaoka Heights Housing Complex in 1981, more than 20 years has been passed. In order to evaluate the annual changes in the performance of these equipment for the run-off control, rainfall observation and discharges measurements have been conducted continuously for the districts with and without infiltration facilities since 1981. This paper presents the conserving water circulation effect and flood control effect by the infiltration system based on the observed data of the Akishima-Tsutsujigaoka Heights Housing Complex, and describes the durability of infiltration system over the period of 20 years.

KEYWORDS; Rainwater infiltration Engineering, Effect of Conserving Water Circulation System, Effect of the Water Run-off Control

1 はじめに

近年の都市化に伴い地表面がアスファルト舗装等に覆われ、降雨水の浸透面が減少したことにより、土壌中の保水量が低下し、地下水位の低下を招き地盤沈下、湧水の枯渇、河川平常流量の減少など、自然の水循環において様々な環境問題が発生している。また、地表の土壌面が減ることは、土中水分の蒸発散による気化熱吸収作用の減少につながり、ヒートアイランド現象の原因の一つにもなっている。さらに、表流水の増加に伴い下水道への流出量が増加したり、降雨直後に雨水が短時間で河川へ流出することは、都市型水害の大きな要因になっている。

都市基盤整備公団（当時、日本住宅公団）は、団地開発時に設置する調整池に代わる新しい雨水流出抑制手法として、地表付近の不飽和帯に雨水の分散・浸透を図る拡水法に着目し、1978（昭和 53）年に雨水浸透工法の開発研究に着手した。そして 1981（昭和 56）年、昭島つつじが丘ハイツ（東京都昭島市）において、地表部の関東ローム層を対象とした雨水浸透工法を日本で初めて本格導入した。当時、雨水流出抑制手法として雨水浸透工法を普及させるためには、様々な降雨に対する浸透機能の信頼性及び長期間に亘る浸透機能の耐久性が大きな課題であった。この課題に対して、昭島つつじが丘ハイツでは、浸透施設設置地区（1.32ha）と浸透施設未設置地区（1.86ha）を設定し、雨水浸透工法の機能の経年変化を継続観測してきた。

今回、20 年間にわたる継続観測で解析対象降雨として得られた 109 の降雨データ等を基に流出特性を分析した結果、雨水浸透工法は導入後 20 年を経過した今日においてもシステム全体として良好に機能し、様々な降雨に対して浸透機能及び雨水流出抑制効果を発揮し続けていることが実証されたので報告する。

* 都市基盤整備公団 技術監理部技術管理課

Technology Management Division, Technology Management Dept.,
Urban Development Corporation

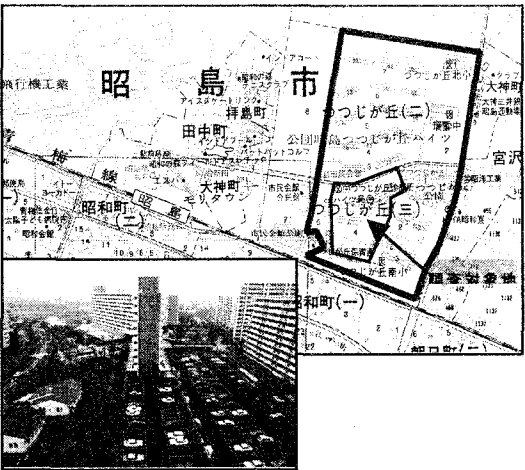
**都市基盤整備公団 総合研究所技術センター

Research Institute Technology Center, Urban Development Corporation

2 団地概要

昭島つつじが丘ハイツは、東京都昭島市にあり、面積 27.8ha の敷地に高層住宅 2,673 戸（賃貸住宅 859 戸、分譲住宅 1,814 戸）を 1977（昭和 52）年に着工し、1981（昭和 56）年に入居が開始された。

本団地は、地形的には立川段丘上にあり、標高は約 105m で、東南方向に緩く傾斜している。開発前はゴルフ場であった。地層は、地表面から数十cmの表土が黒ぼくで、その下部 3～4m は立川ローム層、その下に玉石混じりの立川レキ層がある。地下水位は、地表面下約 10m にある。雨水の浸透対象層は、立川ローム層又は一部造成による盛土層である。このローム層の室内試験による透水係数は $1.5 \times 10^{-4} \sim 4.8 \times 10^{-7}$ cm/sec で、切土・盛土ともほぼ均一であった。



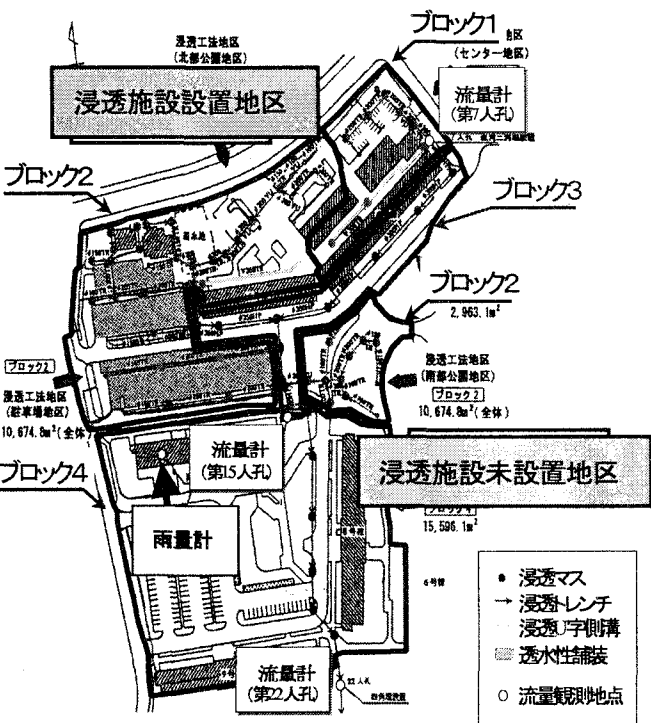
図－1 昭島つつじが丘ハイツ位置図と浸透施設設置地区（1982 年）

3 雨水浸透工法の調査対象地区と浸透施設

昭島つつじが丘ハイツでは、図－2 に示すように賃貸住宅の一部 3.18ha の排水施設として北側ブロック（1.32ha）に浸透施設を設置（以下「浸透施設設置地区」）し、南側ブロック（1.86ha）には浸透施設を設けず（以下「浸透施設未設置地区」）、下水道を設置した。両地区を比較対照することにより、雨水浸透工法の流出抑制効果等を検証するために、地区内に雨量計（1ヶ所）及び流量計（3ヶ所）を設置し、1981（昭和 56）年から現在まで 20 年間継続して観測している。

なお、集水面積及び土地利用用途ごとの流出係数から求めた両地区の平均流出係数は、土地利用の変化に伴い若干の変動はあるが、近似した値に設定されている（浸透施設設置地区:0.65、浸透施設未設置地区:0.64）。

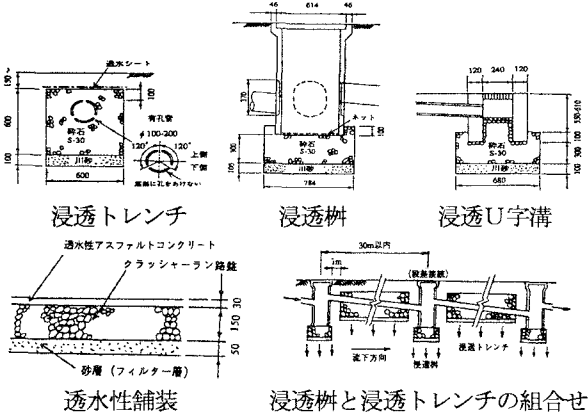
浸透施設は、図－3 に示す浸透枡、浸透トレンチ、浸透 U 字溝、透水性舗装などを組み合わせて配置している。表－1 に浸透施設の設置数量を示す。



図－2 雨水排水区画と計測機器等

表－1 浸透施設の設置数量

	浸透枡	浸透 U 字溝	透水性舗装	遊水池	合計
設置数量	49	494	143	2404	80
単位	個	m	m ²	m ³	—
単位流量	1.0L/min	1.0L/min	1.0L/min	7.0L/hr	—
合計流量 (m ³ /hr)	294	2964	8.58	1683	58.00
単位滞留量 (L)	202.86	138.02	144.13	33.01	—
合計滞留量 (m ³)	9.94	68.18	20.61	79.33	258.12



図－3 浸透施設の種類と構造

4 流出抑制効果

4. 1 20 年間の流出抑制効果

1981（昭和 56）年から 2000（平成 12）年までの 20 年間にわたって実施してきた観測データの中から、解析対象として『総雨量 30mm 以上、もしくはピーク時雨量 10mm/30min 以上』の条件を満たす降雨を選定した結果、109 の降雨データが得られた。表－2 及び図－4 は、これらのデータを 5 年毎・4 期に区切り、降雨・流出特性をまとめたものである。

浸透施設設置地区の流出率は各期とも 0.1 程度を維持しており、浸透施設の組み合わせ（システム）による流出抑制効果は、20 年間にわたり十分維持されていることが確認された。

また、20 年間の平均流出率は、浸透施設未設置地区の 0.55 に比べ、浸透施設設置地区では 0.11 であり、浸透施設を設置していない場合の流出量に比べ、その量は 1/5 程度に抑えられていることがわかる。

4. 2 様々な降雨に対する流出抑制効果

(A) 類似降雨パターンでの比較

雨の降り方は多様であり、短時間で集中的に降る雨や、長時間にわたりほぼ一定の量で降り続く雨もある。そこで、様々な降雨に対する流出抑制効果を検証するため、前述の解析対象降雨の中から降雨波形の似ている浸透施設設置当初と最近の観測記録を抽出し、流出状況の比較を行った。

結果は、様々な類似降雨パターンでの比較においても、経年変化は認められず、浸透施設設置地区の流出抑制効果が 20 年経過しても良好に機能していることが検証された。以下に、中央集中型及びだらだら型の降雨についての観測記録を示す（表－3・図－5、表－4・図－6）。

(B) 強雨時における流出抑制効果

雨水の流出抑制効果を検証するにあたっては、降雨全体についての分析や類似降雨パターンでの比較とともに、下流域に洪水を引き起こすような強雨に対する流出抑制効果の検討も必要である。

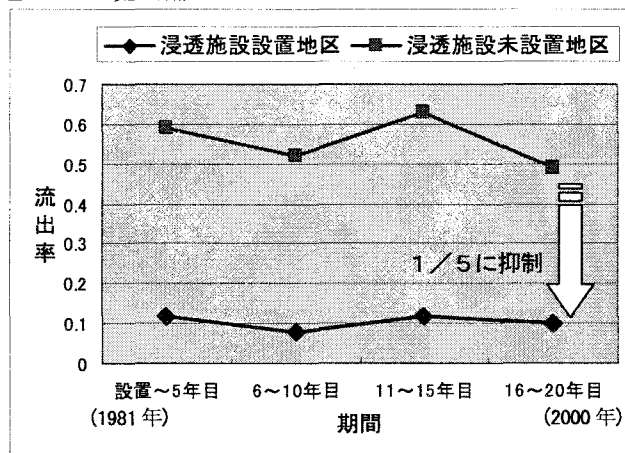
そこで、解析対象降雨のうち、さらに『平均降雨強度 15mm/hr 以上、またはピーク時雨量 15mm/30min 以上』の 21 降雨を抽出し、強雨をもたらした原因別（台風・低気圧・雷雲）に表－5 に整理した。

浸透施設設置地区および浸透施設未設置地区それぞれの平均流出率は台風時:0.23 と 0.63、低気圧:0.17 と 0.51、雷雲:0.19 と 0.67 であり、台風など長時間にわたって降り続く雨や、雷雨のように局所集中的な強い雨にも雨水浸透工法が効果を発揮していることがわかる。また、浸透施設設置地区の最大流出率 0.39、平均流出率 0.20 に対し、浸透施設未設置地区の最大流出率は 1.19（地区外からの流入があった）、平均流出率は 0.64 に達し、浸透施設設置地区に

表－2 解析対象降雨の降雨・流出特性

		継続時間 (分)	降雨継続時間 (分)	雨量 (mm)	平均降雨強度 (mm/hr)	ピーク時雨量 (mm/30min)	浸透施設設置地区				浸透施設未設置地区			
							流出高 (mm)	流出率	ピーク時 流出高 (mm/30min)	ピーク時 流出率	流出高 (mm)	流出率	ピーク時 流出高 (mm/30min)	ピーク時 流出率
I: 1981年 ～1985年 (14降雨)	平均	934	829	56.6	5.6	10.5	8.8	0.12	2.0	33.6	0.59	6.5		
	最大	2580	2370	101.5	11.3	25.0	28.7	0.28	8.1	69.4	0.88	16.9		
	最小	210	120	19.0	2.2	3.0	0.2	0.01	0.1	11.9	0.38	1.4		
II: 1986年 ～1990年 (15降雨)	平均	665	574	62.6	8.8	10.9	7.6	0.08	1.6	35.5	0.52	5.8		
	最大	1757	1199	154.5	19.7	19.5	46.3	0.30	5.1	110.0	0.71	9.8		
	最小	105	87	18.5	2.2	3.5	0.0	0.00	0.0	8.9	0.27	1.2		
III: 1991年 ～1995年 (36降雨)	平均	800	670	57.4	10.1	11.9	7.7	0.12	2.7	38.2	0.63	9.6		
	最大	1793	1724	170.0	58.5	56.0	44.7	0.38	32.8	140.9	1.19	90.2		
	最小	148	31	17.0	1.7	2.0	0.1	0.00	0.1	11.2	0.40	0.8		
IV: 1996年 ～2000年 (44降雨)	平均	599	557	49.5	8.8	9.7	7.9	0.10	2.7	26.4	0.49	6.1		
	最大	2986	2930	143.5	38.8	35.0	61.5	0.43	20.4	123.6	0.87	28.0		
	最小	77	24	12.5	1.4	3.0	0.0	0.00	0.0	5.1	0.28	1.5		
1981年～ 2000年 (109降雨)	平均	717	632	54.9	8.8	10.7	7.9	0.11	2.4	32.4	0.55	7.3		
	最大	2986	2930	170.0	58.5	56.0	61.5	0.43	32.8	140.9	1.19	90.2		
	最小	77	24	12.5	1.4	2.0	0.0	0.00	0.0	5.1	0.27	0.8		

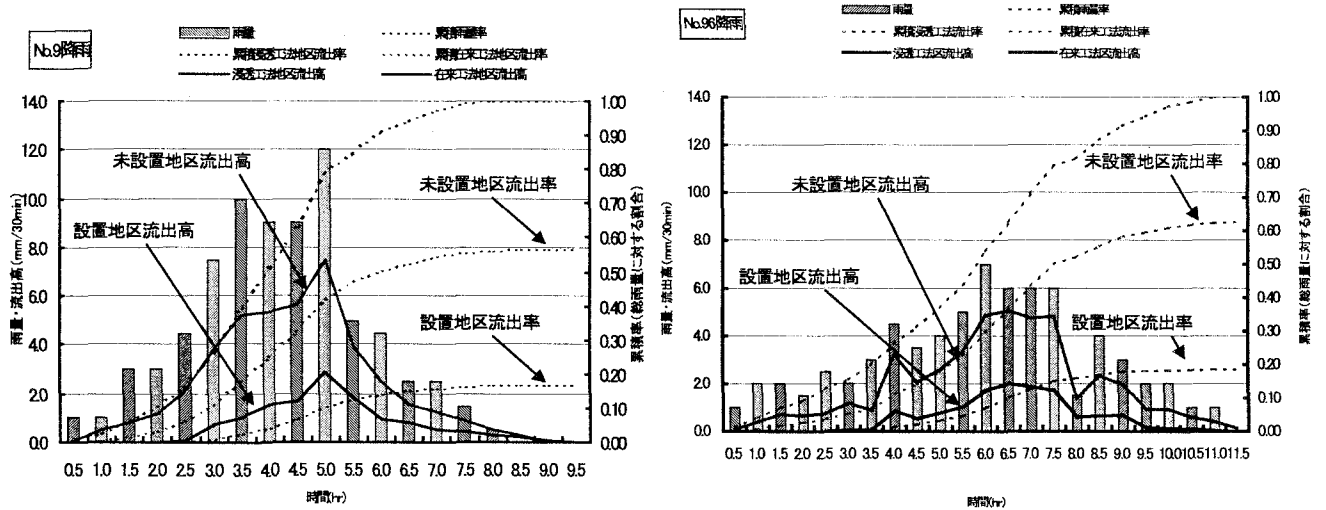
※解析対象降雨:総雨量 30mm 以上もしくはピーク時雨量 10mm/30min 以上の降雨



図－4 流出率の経年変化

表－3 中央集中型降雨の雨量及び流出記録の比較

降雨 No.	雨量	ピーク時雨量	流出率	
	mm	mm/30min	浸透施設設置地区	浸透施設未設置地区
9	76.5	12.0	0.17	0.56
96	70.5	7.0	0.18	0.63



No. 9 降雨 1982 年 8 月 1 日

No. 9 6 降雨 1999 年 4 月 10 日

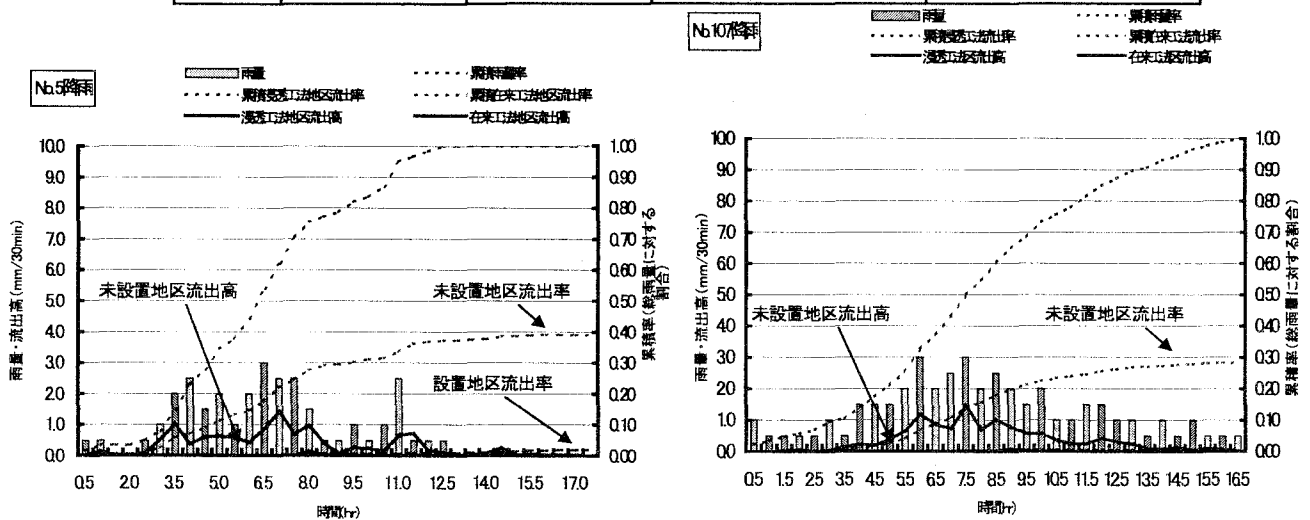
(20:00 降雨開始、降雨継続時間 480 分、流出継続時間 540 分)

(23:48 降雨開始、降雨継続時間 687 分、流出継続時間 655 分)

図－5 No. 9 と No. 9 6 降雨の降雨・流出記録

表－4 だらだら型降雨の雨量及び流出記録の比較

降雨 No.	雨量	ピーク時雨量	流出率	
	mm	mm/30min	浸透施設設置地区	浸透施設未設置地区
5	30.5	3.0	0.02	0.39
107	43.0	3.0	0.00	0.28



No. 5 降雨 1981 年 9 月 19 日

No. 1 0 7 降雨 2000 年 6 月 13 日

(19:30 降雨開始、降雨継続時間 750 分、流出継続時間 1020 分)

(15:38 降雨開始、降雨継続時間 977 分、流出継続時間 961 分)

図－6 No. 5 と No. 107 降雨の降雨・流出記録

において十分な流出抑制効果が得られていることがわかる。

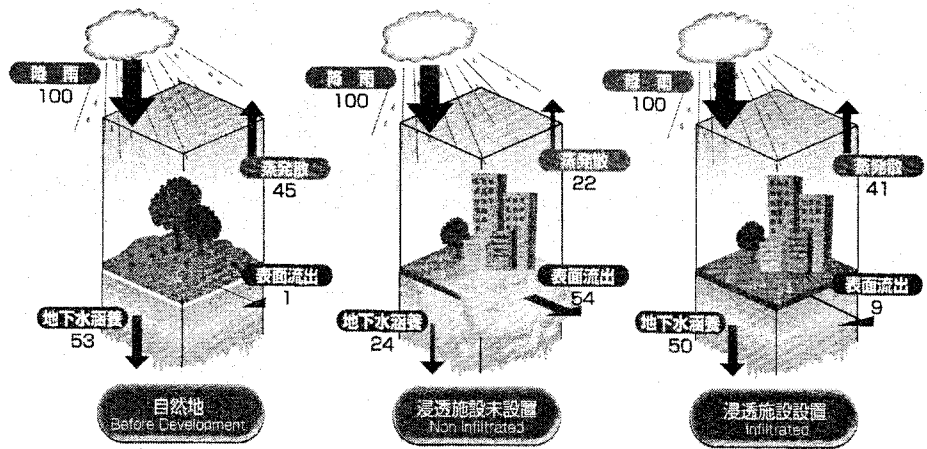
図－7は、2001（平成13）年8月22日の台風時における観測記録例である。現在もなお、浸透施設は有効に機能していることがわかる。

5 地下水涵養効果

浸透施設設置による効果の1つである地下水涵養効果について、シミュレーションモデル(SHERモデル)を用いて定量評価を行った。なお、評価に先立ち、昭島つつじが丘ハイツにおける観測値及び当該モデルより求めた計算値それぞれの年間流出率を比較し、両者が概ね一致していることから、地下水涵養効果把握のためのツールとしての妥当性を確認した。

このモデルを用いて、昭島つつじが丘ハイツにおける浸透施設設置地区及び浸透施設未設置地区の表層土壌の水収支を計算した。図－8は、降雨記録に基づき、「自然地」「浸透施設未設置地区」「浸透施設設置地区」それぞれについて1年間の降雨（2000年）を100としたときの地下水涵養高・蒸発散高・表面流出高を示している。これにより、「浸透施設未設置地区」と「浸透施設設置地区」を比較すると、地下水涵養高は各々24と50であり、浸透施設の設置によって地下水涵養に2倍の効果を示し、また表面流出高も各々54と9で、約8割も抑制されていることがわかる。蒸発散量についても比較すると各々22と41で、約2倍の差が現れている。

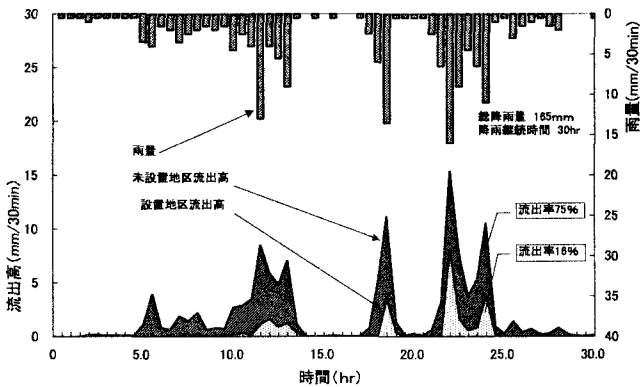
さらに、「自然地」と「浸透施設設置地区」を比較すると、浸透施設設置により自然に匹敵する地下水涵養量が得られ、地区の水循環の健全化に対して大きく寄与していることがわかる。



図－8 地区別の年間水収支（1年間の降雨＝100）

表－5 強雨時の降雨・流出特性比較

降雨タイプ	降雨年月	雨量 mm	降雨強度 mm/h	時間雨量 mm/30分	浸透施設設置地区			浸透施設未設置地区		
					流出高	流出率	ピーク時 流出高	流出高	流出率	ピーク時 流出高
					mm		mm/30分	mm		mm/30分
台風	83/8	63.0	10.5	25.0	12.2	0.19	4.1	42.4	0.67	16.8
	83/8	101.5	10.2	19.0	28.6	0.28	8.1	69.8	0.69	13.1
	86/9	103.5	7.4	19.5	14.2	0.14	3.6	61.5	0.59	9.5
	89/8	18.5	9.0	17.5	2.4	0.13	1.8	10.7	0.58	7.1
	97/6	143.5	12.4	16.5	53.4	0.37	20.4	95.5	0.67	24.6
	平均					0.23			0.63	
低気圧	95/5	17.0	34.0	16.5	3.4	0.20	2.5	11.2	0.66	10.3
	96/8	19.5	32.5	18.5	0.4	0.02	0.4	9.0	0.46	7.0
	96/9	35.0	26.9	33.5	13.8	0.39	11.5	16.0	0.46	13.4
	99/8	50.0	9.9	17.0	3.7	0.07	2.2	22.4	0.45	10.9
	平均					0.17			0.51	
	97/9	32.5	19.7	12.5	2.6	0.08	1.6	17.3	0.53	6.3
雷雲	89/9	37.5	18.3	18.5	1.2	0.03	1.7	19.6	0.52	9.7
	91/8	34.5	20.7	17.5	6.0	0.17	4.1	20.9	0.61	12.2
	92/7	49.5	13.9	34.0	15.0	0.30	10.6	32.7	0.66	20.3
	94/7	19.5	37.7	19.0	3.1	0.16	2.6	13.1	0.67	11.6
	94/7	58.5	58.5	44.0	8.9	0.15	3.7	46.9	0.80	28.0
	94/8	30.0	16.4	22.5	3.2	0.11	2.4	20.6	0.69	15.7
	94/8	170.0	8.2	26.5	34.4	0.20	8.7	116.9	0.68	20.9
	95/8	118.5	28.9	56.0	44.7	0.38	32.8	140.9	1.19	90.2
	96/7	15.5	38.8	15.5	2.3	0.15	1.8	10.0	0.64	9.2
	97/8	68.0	32.4	35.0	17.9	0.26	15.7	31.1	0.46	28.0
	97/11	75.0	8.7	16.5	19.2	0.26	5.1	50.9	0.68	11.3
	平均					0.19			0.67	
	平均	63.3	21.3	23.9	15.4	0.20	7.3	42.9	0.64	17.8



図－7 2001年8月22日の観測記録

6 おわりに

昭島つつじが丘ハイツにおける 20 年間の追跡調査により、雨水浸透工法の機能が 20 年の長期にわたってシステム全体として良好に維持されていることがわかり、様々な降雨パターンに対する浸透施設の信頼性や浸透機能の耐久性に関する技術的裏付けを得ることができた。

また、雨水浸透工法のもつ雨水流出抑制効果は、雨水の流出総量やピーク流量が減少し、降雨開始から流出までの時間を遅らせるなど、都市型水害の防止にも寄与するだけでなく、年間水収支を定量評価すると浸透施設設置地区全体で年間降雨量の約 5 割が地下に浸透（自然地での地下浸透量に匹敵）し、地下水の涵養を促進するなど、自然が本来もっている水循環システムの保全に効果を発揮していることも検証できた。また、雨水浸透工法は、調整池を縮小し、効率的な土地利用も可能であり、都市域の雨水流出抑制技術として注目されている。

今回の昭島つつじが丘ハイツにおける 20 年もの長期に亘る調査の成果が、雨水浸透工法が健全な水循環を保全する技術として広く理解され、定着する一助になれば幸いである。

最後に、調査結果のとりまとめにあたっては、東京大学生産技術研究所 虫明功臣教授（当時）を委員長とする「雨水浸透貯留施設の 20 年経過における流出抑制効果に関する研究委員会」（学識経験者、国土交通省、公共団体職員等から構成）を設立し、委員会の貴重なご指導、助言をもとに実施した。関係者の方々に厚くお礼を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 「雨水浸透貯留施設の 20 年経過における流出抑制効果に関する研究報告書」都市基盤整備公団（2002）
- 2) 金森、阿部、峰岸：「雨水浸透施設の長期性能の評価に関する研究（「昭島つつじが丘ハイツ」15 年経過後の流出抑制効果）」調査研究期報 No. 113, 住宅・都市整備公団（1997）
- 3) 橋本、菅沼：「雨水浸透施設の 20 年経過における雨水流出抑制効果に関する研究」調査研究期報 No. 131, 都市基盤整備公団（2002）