

2. 論 文

八王子ニュータウンにおける水循環保全 システムの導入について

研究第一部 主任研究員 高橋 邦夫

研究第一部 主任研究員 郷緒 和夫

1. はじめに

都市化が水循環に及ぼす影響は、一方では洪水流出量の増大であり、他方では地下水涵養の減少による地下水位の低下とそれによる低水量の減少である。このことにより水収支も大きく変化するため、治水、利水、および環境などの両面に様々な影響・問題が生じることになる。

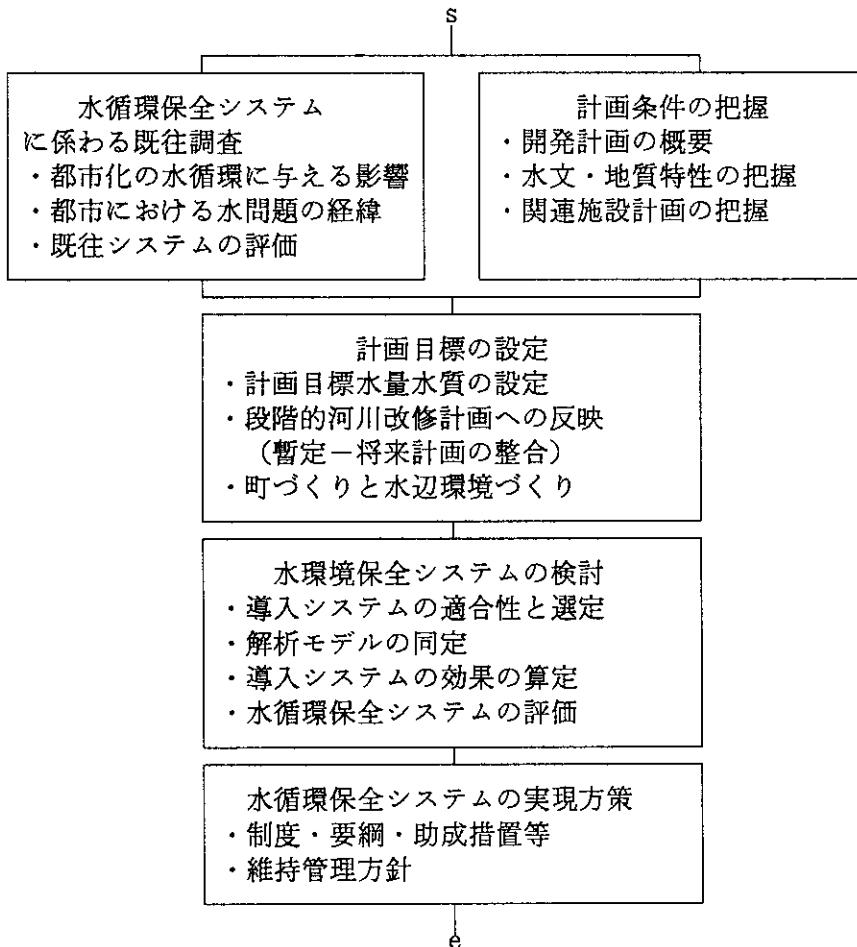
従来、都市における水に係わる問題は、治水、利水、環境保全とどちらかといえば機能別の検討が別個に取られてきた。こうした機能主義はその単一目的を推進するには効率的とはいえる一方、他の領域に対し歪みを生じやすい。河川改修は確実に治水安全度の水準を上げたとはいえ、一方では水辺環境の劣化に寄与してきたことも事実である。すなわち都市における水問題を捕らえる視点として、安全性、利便性と同時に快適性も求められるところであり、それは建設省『アーバンオアシス構想』『マイタウン・マイバリー整備事業』『ふるさとの川モデル事業』といった“川を活かした町づくり”の趨勢にも明らかである。治水、利水、環境、さらに親水という個別機能の分化から総合化への転換といえる。

このとき都市の水を水循環システムの一環として捕らえること、そして水循環システムの基本単位としての流域において、ひとまず閉じて捕らえることが肝要となろう。

本研究は住宅・都市整備公団「八王子ニュータウン開発計画」地区を対象に、水循環保全システムを流域開発に際しての基本的な支援施策との認識に立ち、その導入の可能性、そしてそれらを踏まえた基本計画策定の手順に関する一連の経過を取り纏めたものである。検討手順は図-1に示すとうりであ

る。

したがって以下では、まず2.において都市化の水環境に与える影響、問題点について過年度における経緯を踏まえながらシステム導入の必要性について整理する。次いで3.で対象地区である八王子ニュータウン開発地区の概要について述べ、4.水循環保全システムの導入手順を明らかにする。そして5.それらを総括する。



図－1 検討手順

2. 都市における水問題の経緯

表-2.1に都市化のもたらす水問題、それに対する施策、手段、およびそれによる効果について総括した。また表-2.2に近年における技術的、制度的経緯を示す。

表-2.1に示すように都市化は水環境要素の様々な部分に影響をおよぼし、このため、都市化する以前の状況にできるだけ戻す、あるいは都市化の水環境への影響・問題を出来るだけ回避するような開発計画を策定することが肝要となる。そしてこのとき重要なことは計画の対象となる流域、あるいは区域において一旦閉じて捕らえることである。目的的に安易に他水系から導入することで対処するといったことではなく、閉じた流域においてどこまで工夫がしうるかを追求することであろう。

また表-2.2に近年（昭和30年代以降）における社会・経済情勢の変遷、それに伴う河川、下水道、住宅・都市政策の展開を要約した。

高度成長期、格差是正期、安定成長期と時代は変遷し、そして都市の熟成化を志向する現在、総合治水の推進、水環境の再編、土地の高度・有効利用など『ゆとりのある社会』の形成を目指した事業展開が進められつつある中で、水循環保全システムの構築はそれら目標を支援する根本的な施策の一つと位置付けられるであろう。

表-2.1 都市化による水循環への影響と対策・効果

A. 都市化の内容	B. 水循環への影響	C. 問題	D. 施策	E. 手段	F. 期待される効果
排水系の改良 河川・下水道整備	表面流出量の増大 表面貯留の減少	流出量の増大 局地的集中豪雨	流域総合治水 流出抑制施策	河川改修 放水路 流出抑制施設 防災調整池 遊水地 雨水貯留浸透施設 地下ダム	○治水（安全性） 流出抑制 都市水害の軽減 治水思想の啓蒙
不浸透域の拡大 地表浸透能の低下	地下水涵養の減少 地下水位の低下	低水流量の減少 渇水 水供給不足 地盤沈下の促進 土地の乾燥化 ヒートアイランド化 地下水水質の悪化 植生の劣化	水源の確保 渇水対策 清流復活 緑化対策		
自然緑地の減少 宅地開発	蒸発散量の減少		土壌改良 表土保全 水資源開発 節水対策 水質保全施策 河道内浄化	親水施設 修景池 せせらぎ水路 緑化破壊	○利水・環境（利便性・快適性） 都市景観の形成 自然生態系の復活 低水流量の維持 水辺の復活 汚濁負荷削減 公共用水域の水質保全 レクリエーション機能の増大 都市緑化の増進 用水の確保（地下水、雑用水） 水利用の合理化 節水思想の啓蒙 エネルギー有効利用
土壌帯の破壊	浄化機能の減退			雨水の循環利用 下水処理水再利用 下水道整備	
水需要の増大	排水水質の悪化	公共水域の水質の悪化			
汚水排水の増加					
人口・産業・資産 の集中					○防災（緊急非常時対策） 消火用水、声明維持用水の確保 社会維持用水の確保 防災帯、非難広場、緊急通路
リスクの増大					

表-2.2 都市における水循環保全システムの展開

年代	昭和 30 年代	昭和 40 年代	昭和 50 年代	昭和 60 年代
経済法の展開	全総 (拠点開発) ・もはや戦後ではない(31) ・神武景観(31)、岩戸景観(34) ・国民所得倍増計画(35)	新全総 (大規模プロジェクト) ・豊かさへの挑戦() ・公害国会(45) ・ドルショック(46)、オイルショック(48) ・列島改造論(47)	三全総 (地方定住圏) ・安定成長への適応(52) ・ジャパンアイズ№1(54) ・軽薄短小、メディア元年(59)	四全総 (国土の多極分散化) ・国際化 ・高齢化 ・情報化、技術化による都市の成熟化
河川行政の展開	治水事業の推進 ・狩野川台風(33) ・伊勢湾台風(34) ・新河川法制定(39)	都市型水害の顕在化 ・防災調整池事業創設(46) ・治水緑地事業(48) ・全国流出試験地調査開始()	流出抑制の展開 ・「総合的な治水対策について」の中間答申(52) ・多目的遊水池事業 ・流域貯留浸透事業(58)	総合治水の推移 ・「総合的な治水対策について」の提言(63) ・「超過洪水対策」についての答申(63)
利水環境	公害問題の顕在化(水質汚泥、地盤沈下等)、水需給ひっ迫		環境保全・治水対策 ・「河川環境管理のあり方について」の答申(56) ・長期水需給計画(53)	水環境の再編 ・「アーバンオアシス構想」(60) ・ふるさとの川モデル事業(63) ・21世紀に向けての水資源開発計画(63) ・流域水環境整備総合モデル事業(H2)
下水道法の展開	下水道事業の本格着手 ・下水道法(33) ・生活環境整備緊急措置法	公共用水域の水質保全 ・下水道整備緊急措置法(42) ・流域下水道事業の拡充(43) ・流総計画策定調査制度(46) ・下水道事業センター法(47)	普及率の向上 ・特定環境保全公共下水道事業(50) ・閉鎖性水域の総量既成(53) ・第二種流域下水道事業(56) ・新宿副都心リサイクルモデル(59) ・アクトピア(59) ・小規模下水道モデル事業(59)	下水道事業の多面的展開 ・アメニティー下水道モデル事業(60) ・下水道水緑景観モデル事業(62) ・下水道普及率40%達成(H1)
ニュータウンへの水策	流出抑制の導入・試行 ・防災調整池：北習志野区(39) 久留米地区(41) 多摩ニュータウン(41)	技術基準の開発 ・防災調整池技術基準(48) ・防災調整池技術基準(49) ・防災調整池事業；千葉東南部地区(48) 北守谷地区(48)	流出抑制手法の多様化 ・雨水貯留施設技術指針(53) ・下水道用水調整池技術指針(55) ・流域貯留浸透施設；大砂、他(59) ・調整池等水辺空間の整備；多摩N、TB 港区、他 ・越谷レークタウン基本構想調査着手(59)	総合的水循環保全システムの構築 ・八王子ニュータウン水辺環境整備構想調査着手(63)
都市計画の展開	住宅・宅地の供給促進 ・首都圏整備法(31) ・日本住宅公団法(31) ・申住宅市街地開発法(38)	市街地の計画的整備 ・都市計画法改正(43) (開発許可、市街化区域) ・都市再開発法(46) ・国土庁発足(49)	良好な市街地環境整備 ・「緑のマスタープラン」答申(56) ・都市計画法改正(56) (地区計画) ・都市景観形成モデル事業(58)	土地の高度・有効利用推進 ・都市再開発法改正(63) (再開発地区計画制度) ・民活法(61) ・河川法改正(H3)(スーパー堤防)
開区	地区数：49地区 面積：3,937ha	77地区 13,881ha	58地区 9,918ha	23地区(平成元年度まで) 21.111ha()

3. 開発計画の概要

ここでは計画対象区域である八王子ニュータウン開発計画の概要、または水循環保全システム導入に際して基本的な計画条件となる水文・地質構造、および河川改修計画などの関連施設計画について計画策定の留意事項としてとりまとめる。

八王子ニュータウンは都心より40km圏内に立地し、計画面積393ha（計画人口28,000人）を有する大規模プロジェクトである。また本ニュータウンは都心機能の分散・再配置を目的とする「業務核都市構想」に位置付けされており、良好な住環境の想像という課題に加えて自立都市の形成が計画目標として謳われている。図-3.1に八王子ニュータウンの位置図、図-3.2に八王子ニュータウンの土地利用計画図を示す。また表-3.1に開発計画の概要、水文・地質構造および関連計画について総括する。

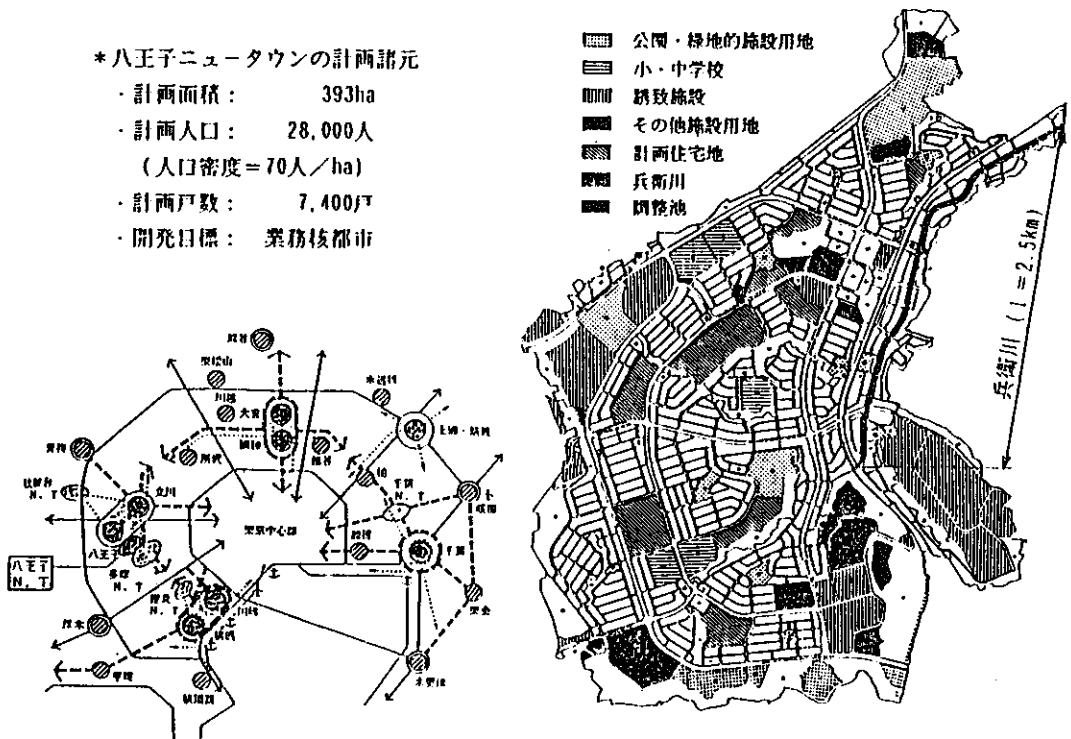
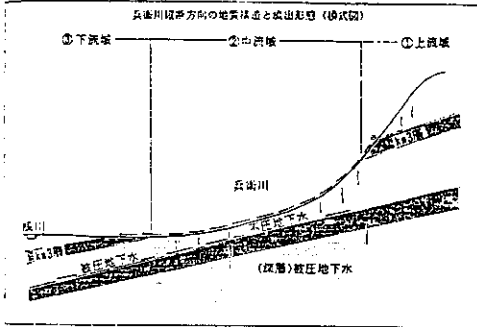


表-3.1 計画の前提となる基本条件

(1/4)

項目	細目	前提条件	備考		
1. 開発計画	① 開発方針	<ul style="list-style-type: none"> ○総合的中核都市形成の一翼を担う街づくり ○八王子南部地域の生活中心の形成 ○良好な環境を有する新市街地の創出 			
	② 開発面積	392.5ha			
	③ 土地利用	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ○現況 ・山林・原野…252ha (64%) ・田・畑 … 91ha (23) ・宅地 … 17ha (5) ・道路他 … 32.5ha (8) <li style="text-align: center;">計 392.5ha </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> ○計画 ・公共用地…150.9ha(38%) (道路66.1、公園・緑地81.7、他) ・住宅 …149.6ha(38) (一般住宅124.4、計画住宅25.2) ・教育施設…11.4ha (3) ・その他 …80.6ha (21) <li style="text-align: center;">計 392.5 (100) </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> ○現況 ・山林・原野…252ha (64%) ・田・畑 … 91ha (23) ・宅地 … 17ha (5) ・道路他 … 32.5ha (8) <li style="text-align: center;">計 392.5ha 	<ul style="list-style-type: none"> ○計画 ・公共用地…150.9ha(38%) (道路66.1、公園・緑地81.7、他) ・住宅 …149.6ha(38) (一般住宅124.4、計画住宅25.2) ・教育施設…11.4ha (3) ・その他 …80.6ha (21) <li style="text-align: center;">計 392.5 (100) 	<ul style="list-style-type: none"> ・現況では、山林、原野、畑が大半を占めているため、保水性に優れている。 ・開発後は、公園・緑地以外の開発地区の多くは地表面が舗装されるため、現況の保水能力が著しく低下する。 ・一般住宅は地区全体の約30%を占めている。
	<ul style="list-style-type: none"> ○現況 ・山林・原野…252ha (64%) ・田・畑 … 91ha (23) ・宅地 … 17ha (5) ・道路他 … 32.5ha (8) <li style="text-align: center;">計 392.5ha 	<ul style="list-style-type: none"> ○計画 ・公共用地…150.9ha(38%) (道路66.1、公園・緑地81.7、他) ・住宅 …149.6ha(38) (一般住宅124.4、計画住宅25.2) ・教育施設…11.4ha (3) ・その他 …80.6ha (21) <li style="text-align: center;">計 392.5 (100) 			
	④ 計画人口	約28,000人(7,400戸)…70人/ha			
⑤ 造成計画	土工量：約1,000万m ³ (2.6m ³ /m ²)				
2. 水文・地質構造	① 地 形	<p>八王子NTは多摩丘陵の北西端に位置する、地域の最高地点は、南端の八王子市と町田市との境界をなす尾根部で、標高 190~210 mを示す。多摩丘陵の丘陵面はその高度差によって、T₁(多摩高位面)とT₂(多摩低位面)の2面に分けられているが、八王子NTの場合その大部分が高位のT₁面に属し、兵衛川及び湯殿川の支谷より樹枝状に浸食され、起伏に富む。</p>			

項目	細目	前 提 条 件	備 考								
2. 水文・地質構造	② 地 質	<p>多摩丘陵を構成する地層は、上総層群と呼ばれる第4世更新世の砂、砂礫、泥岩の互層であり、これを武蔵野段丘礫層や関東ローム等が不整合に被う。</p> <p>また、河川沿い低地には薄い沖積層が分布する。</p> <p>地質構造は、北北西-南南東方向の走向が顕著で東北東方向に緩く(2~3°)傾斜している。断層や褶曲はなく単斜構造である。</p>									
	③ 地下水賦存状況	<p>不透水性層であるKm3層(上総層の粘土・シルト層)の分布が地域の地下水賦存状況の特徴づけている、Km3層の分布域で浸透し、Km3層上に滞水した地下水は、同層に沿って東北東方向に流下し、Km3層が削刺欠如して露頭するところで湧水となって各沢へ流入する。こうして、地表水(河川水)に転化した地下水はKm3層の欠如した沢を流下する間に、より下層へ浸透するといった構造になっている。</p>									
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>地区</th> <th>水理地質構造の特性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① 上流域</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層があり、造成後も現状のまま残される部分が比較的多い。 造成後においてもKm3層が保持されているため浸透水の確保が可能であり、兵衛川の基底流出になり易い。 </td> </tr> <tr> <td>② 中流域</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層がなく、かつ造成後現状のまま残される部分は少ない。 土地利用計画から開発後の浸透も期待できない。 浸透しても深層まで流出してしまい、兵衛川の基底流出になり難い。 現在兵衛川自体が地下水涵養源となっている可能性が高い。 </td> </tr> <tr> <td>③ 下流域</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層があるが、造成後も現状のまま残される部分は比較的少ない。 造成域は盛土となる部分が多いので浸透はさほど期待できない。 </td> </tr> </tbody> </table>	地区	水理地質構造の特性	① 上流域	<ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層があり、造成後も現状のまま残される部分が比較的多い。 造成後においてもKm3層が保持されているため浸透水の確保が可能であり、兵衛川の基底流出になり易い。 	② 中流域	<ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層がなく、かつ造成後現状のまま残される部分は少ない。 土地利用計画から開発後の浸透も期待できない。 浸透しても深層まで流出してしまい、兵衛川の基底流出になり難い。 現在兵衛川自体が地下水涵養源となっている可能性が高い。 	③ 下流域	<ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層があるが、造成後も現状のまま残される部分は比較的少ない。 造成域は盛土となる部分が多いので浸透はさほど期待できない。
地区	水理地質構造の特性										
① 上流域	<ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層があり、造成後も現状のまま残される部分が比較的多い。 造成後においてもKm3層が保持されているため浸透水の確保が可能であり、兵衛川の基底流出になり易い。 										
② 中流域	<ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層がなく、かつ造成後現状のまま残される部分は少ない。 土地利用計画から開発後の浸透も期待できない。 浸透しても深層まで流出してしまい、兵衛川の基底流出になり難い。 現在兵衛川自体が地下水涵養源となっている可能性が高い。 										
③ 下流域	<ul style="list-style-type: none"> 下層にKm3層があるが、造成後も現状のまま残される部分は比較的少ない。 造成域は盛土となる部分が多いので浸透はさほど期待できない。 										

項目	細目	前 提 条 件	備 考																																														
2. 水文・地質構造	④ 浸透能力	<p>土質・地質毎の透水係数は、各種の水理地質調査を通し、下表のように評価されている。</p> <p>現況では、透水性の良いローム層（但し、浅層部のみ）に覆われている区域が多いが、造成によりローム層は切土され、かつ、不透透域が増えているため、地下水涵養能力は低下する。</p> <p>この低下分を補うために、浸透施設の設置が有効である。</p> <p>() 内は構成比率%</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">土 質 ・ 地 質</th> <th rowspan="2">代表透水係数 (cm/秒)</th> <th colspan="2">構成面積 (ha)</th> <th rowspan="2">100%浸透量* (ℓ/分)</th> </tr> <tr> <th>現 況</th> <th>開 発 後</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">浸 透 域</td> <td>沖積層 ・盛土層</td> <td>2×10</td> <td>123.9(32)</td> <td>70.1(18)</td> <td>0.04</td> </tr> <tr> <td>ローム 未 満 深度5m</td> <td>1×10</td> <td>219.7(55)</td> <td>41.7(11)</td> <td>2.14</td> </tr> <tr> <td>** 深度5m 以 上</td> <td>2×10</td> <td>0 (0)</td> <td>58.2(15)</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">域</td> <td>上総層砂礫層</td> <td>7×10</td> <td>35.9(9)</td> <td>35.8(9)</td> <td>1.65</td> </tr> <tr> <td>上総層泥質層 (Km3層他)</td> <td>1×10</td> <td>5.9(2)</td> <td>3.6(1)</td> <td>0.002</td> </tr> <tr> <td colspan="2">不透透域(舗装面)</td> <td>0</td> <td>7.7(2)</td> <td>183.7(46)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td colspan="2">合 計</td> <td>—</td> <td>393.4(100)</td> <td>393.1(100)</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>* 幅1m×水深0.5m×延長1m当たりの浸透量で飽和透水係数と$\theta - \phi$ (含水-pF) 関係より算出</p> <p>** 現地での浸透能力調査により関東ロームは深度が増すと透水性が小さくなることが確認された。(右図参照)</p>	土 質 ・ 地 質	代表透水係数 (cm/秒)	構成面積 (ha)		100%浸透量* (ℓ/分)	現 況	開 発 後	浸 透 域	沖積層 ・盛土層	2×10	123.9(32)	70.1(18)	0.04	ローム 未 満 深度5m	1×10	219.7(55)	41.7(11)	2.14	** 深度5m 以 上	2×10	0 (0)	58.2(15)	0.43	域	上総層砂礫層	7×10	35.9(9)	35.8(9)	1.65	上総層泥質層 (Km3層他)	1×10	5.9(2)	3.6(1)	0.002	不透透域(舗装面)		0	7.7(2)	183.7(46)	—	合 計		—	393.4(100)	393.1(100)	—	<p>・当地区において、ある程度浸透能力の期待できる地質はローム層である。現況では地区の約55%がローム層に覆われているため、地下へ浸透する量も多いが、造成後は透水性の良い表層ロームが切盛土されるため、浸透能力が大幅に低下する。</p> <p>・他の開発地区での事例に比べ、トレンチの浸透量は1/10以下である。</p> <p><例> 昭島：0.3～6.2 ℓ/分 港北：22.8 ℓ/分</p>
土 質 ・ 地 質	代表透水係数 (cm/秒)	構成面積 (ha)			100%浸透量* (ℓ/分)																																												
		現 況	開 発 後																																														
浸 透 域	沖積層 ・盛土層	2×10	123.9(32)	70.1(18)	0.04																																												
	ローム 未 満 深度5m	1×10	219.7(55)	41.7(11)	2.14																																												
	** 深度5m 以 上	2×10	0 (0)	58.2(15)	0.43																																												
域	上総層砂礫層	7×10	35.9(9)	35.8(9)	1.65																																												
	上総層泥質層 (Km3層他)	1×10	5.9(2)	3.6(1)	0.002																																												
不透透域(舗装面)		0	7.7(2)	183.7(46)	—																																												
合 計		—	393.4(100)	393.1(100)	—																																												

項目	細目	前提条件	備考	
関連する施設	兵衛川改修計画			
	① 流域面積	603.6 ha (内、開発地区 320.4 ha (53%))		
	② 指定区間延長	2,520 m (内、兵衛橋上流 1,864 (74%))	兵衛橋上流で修景護岸を計画している。	
	③ 計画流量	・一次改修: 50mm/hr, $f=0.8$ …… $Q=80\sim 20\text{m}^3/\text{s}$ (兵衛橋地点 $70\text{m}^3/\text{s}$) ・二次改修: 100mm/hr, $f=0.8$ …… $Q=170\sim 45\text{m}^3/\text{s}$ (" 150")	湯殿川現況流下能力は $r=30\text{mm}/\text{hr}$, $f=0.7$ に相当する。	
	④ 計画標準断面		・現在の改修は50mm/hr 規模で行われている。将来、100mm/hr 改修の段階では全面改修することとなっている。 しかし修景面、経済性等を考えた場合、流出抑制施設の導入により流出量を抑制し、50mm河道を掘下げる程度の改修で対応することが望ましい。	
計画	上水道計画	① 計画給水量	1日最大給水量: $14,000\text{m}^3$ ($28,000\text{人} \times 500\ell/\text{人}$) 年間約 $3,000,000\text{m}^3$ (800mm相当)	現況では自家井戸を水源とし、年間、約 $128,000\text{m}^3$ (30mm相当) 揚水している。 井戸本数 350本
	下水道計画 (分流式)	① 雨水排水計画	・計画規模: 年超過確率1/5 対応 (50mm/hr) ・流出係数: 0.5	河川計画では流出係数 0.8を採用している。
		② 汚水排水計画	・多摩川右岸流域下水道の幹線に接続 ・計画1日最大汚水量 $360\ell/\text{日}/\text{人}$ (家庭汚水量) ・地下水混入は日最大値の20%	現況では、汚水は各戸の浄化槽で処理されているが、雑排水は直接、河川に排水されている。

4. 水循環保全システムの導入手順

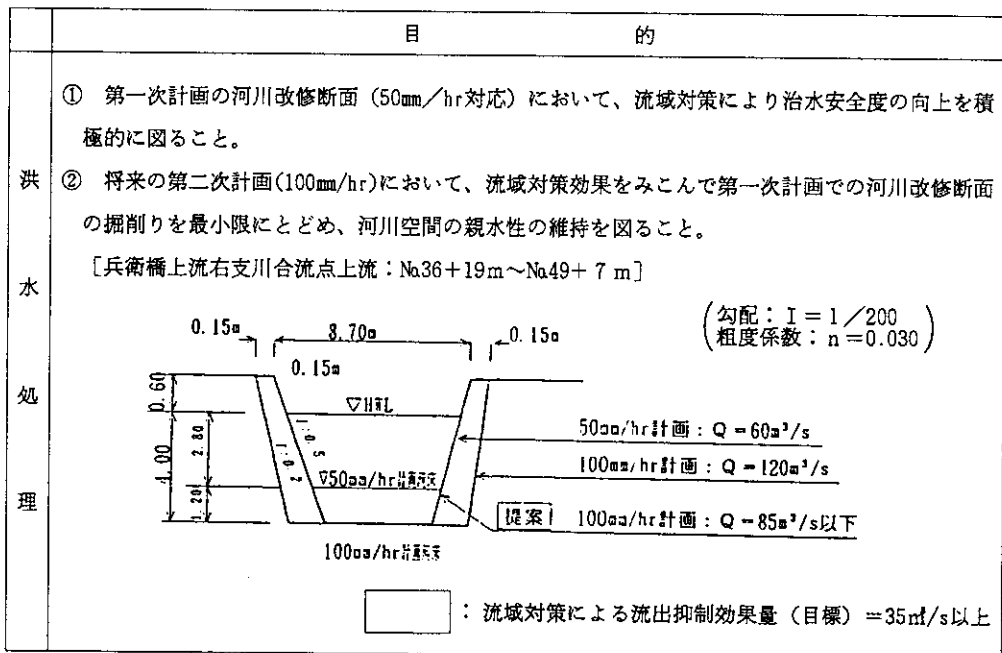
ここではまず水循環保全システム導入の目的を明記し、ついで目的達成のための計画フレーム、すなわち水循環保全システムの構成・計画諸元について明らかにする。そしてその導入効果についてモデルとともに要約する。

4.1 システムの目的

八王子ニュータウンにおける水循環保全システムの導入目的は次の2つである。

- ①流出抑制 ・ 第一次河川改修において流域対策により治水安全度の向上を積極的に図ること。
 - ・ 将来の第二次河川改修において流出抑制効果を見込むことにより第一次河川改修断面の維持を極力図ること。
- ②低水保全 ・ 環境維持流量の確保による修景・生態系の保全。
- ③地下水涵養・低水保全の根幹となる地下水保全。

このとき①の目的に対する具体的な目標は次に示すとうりである。



また②の目的のための目標流量は一意的に決定することは困難でありしたがって次の3つ水準を設定することとした。

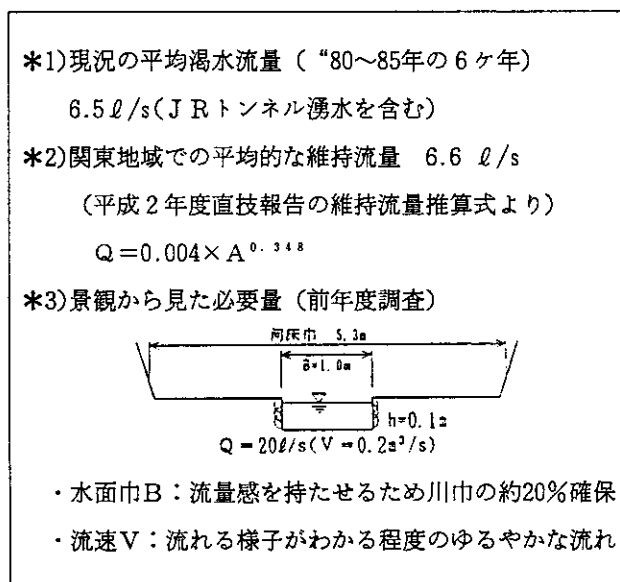
目標流量－1 現況での平均湧水流量維持

－2 環境維持流量

－3 親水に留意した必要流量

すなわち現況の維持をまず基本的な目標とし、一方で他の河川における10年一位の湧水流量による環境維持流量を目安としてチェックし、さらに親水活動の状況設定での必要流量の3側面から評価することとした。

具体的な設定値は以下に示すとおりである。



4.2 システムの構成

表－4.1に八王子ニュータウンにおいて水循環保全システムとして導入可能な施設を機能との対で整理した。このとき施設の安全性、設置場所の確保、施設の恒久的な担保性、維持管理の容易性、期待しうる効果といった視点で整理したものである。こうした検討の結果、当計画区域でのシステム構成は図－4.1にしめす施設より構成することとした。

① 貯留・浸透施設の配置計画

計画区域の土地利用計画の中での貯留・浸透施設の配置計画の一例を図-4.2に示す。ここでは主として公共施設に重点的に施設配置した例である。

② 地下水保全施設

このうち計画区域上流部はkm3層（不透水層）で支持されている区域でありこの区域においては特に清流保全・強化システムとしてより積極的に水循環保全システムを推進し、他の区域においては盲暗渠、公共下水道の雨水管を積極的に活用し河川に地下水を導くシステムとした。

清流保全・強化システム、および他の区域における代表的な地質断面図を図-4.3に示し、清流保全・強化システムの概念図を図-4.4に、また雨水・浸透流出抑制型下水道システムの概念図を図-4.5に示す。

表-4.1 八王子ニュータウンにおける水循環保全システム計画フレーム

効用等 計画要素	治水		利水・環境						防災	
	流出抑制	地下水涵養	低下水確保	負荷流出削減	樹木給水	景観形成	生活用水	省水(熱用水)	生活用水	消防用水
1. オンサイト貯留・浸透施設										
① 貯留施設	●	-	●	○	-	●	-	-	-	-
② 浸透施設	●	●	●	○	○	●	-	-	●	●
2. オフサイト貯留施設										
① 下水道管内貯留	●	-	-	○	-	●	-	-	-	-
② 調節池	●	-	-	○	-	●	-	-	-	-
3. 地下水集水(涵養)システム										
① 地下水集水管	●	●	●	○	○	●	-	-	-	-
② 地下水誘導施設	●	●	●	○	○	●	-	-	-	-
4. 下水処理水の循環再利用	-	-	⊖	-	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
5. 雨水貯留水の循環利用	-	-	⊖	-	⊖	⊖	⊖	-	⊖	⊖
6. 河道設備										
① 親水・生態護岸	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-
② 緑道との合体整備	-	-	-	-	-	●	-	-	-	-

(注) ●計画可能なもの ○今後検討が望まれるもの
 ⊖今後検討が望まれるが、現状では導入が困難なもの

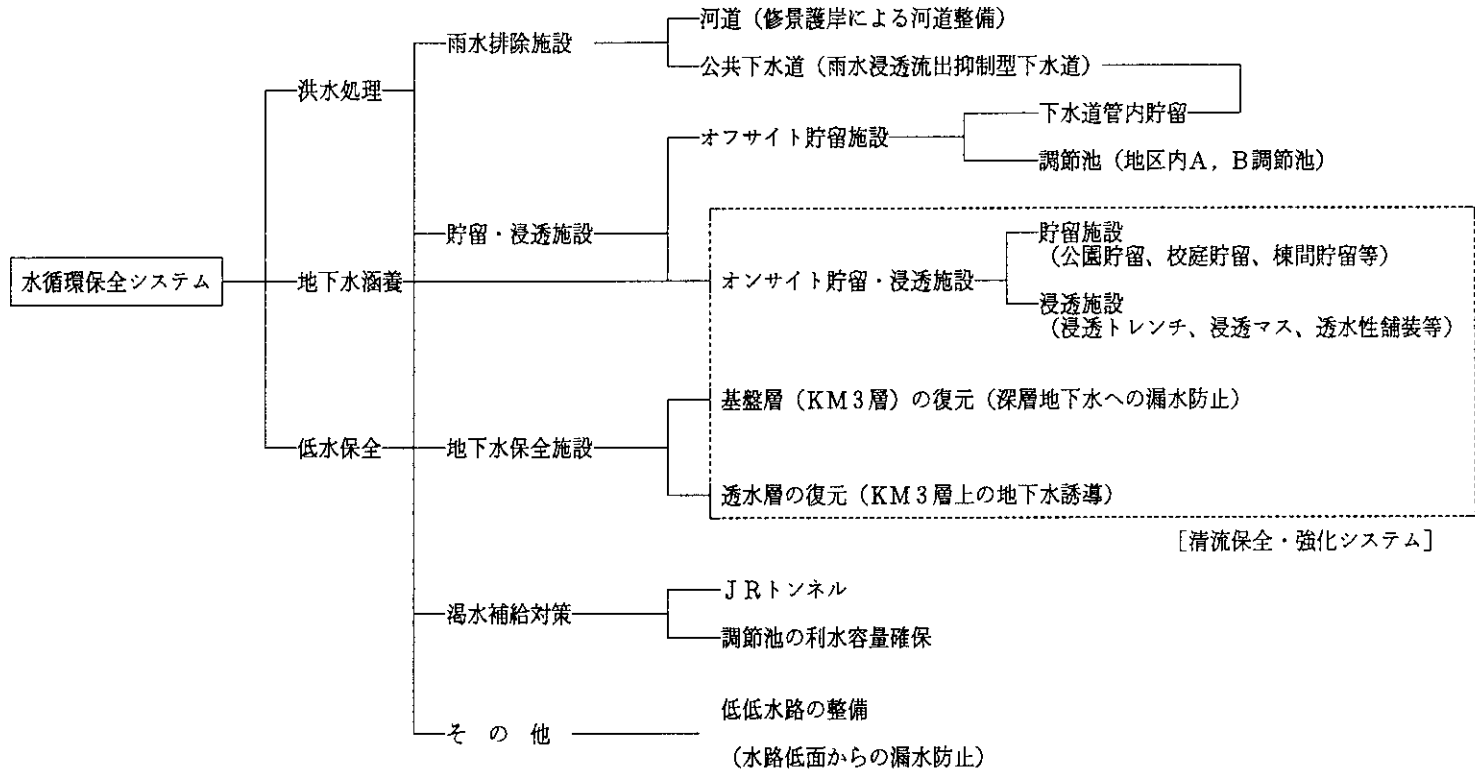
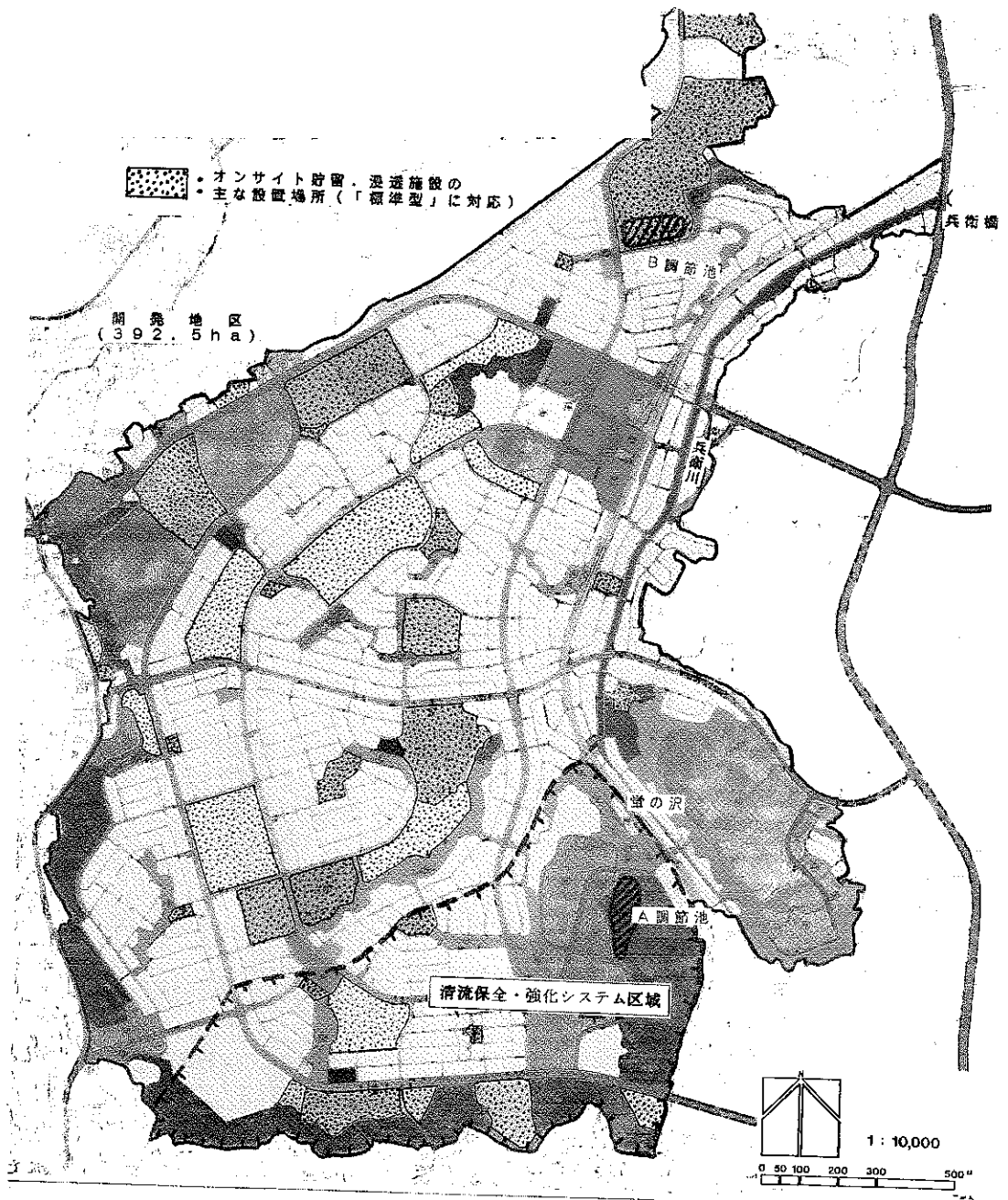


図-4.1 水循環保全システムの構成



[凡 例]

オンサイト貯留、浸透施設を設ける土地利用
(「努力型」に対応)

	鉄道用地		公 地		一 般 住 宅 用 地		小 学 校		遊 歩 セ ン ター		緑 地 的 造 形 用 地
	河 流		森 林 地		計 画 住 宅 用 地		幼 稚 園		保 育 所		寺 社 専 用 地
	市 庁 管 内 保 護 道 路		河 川 水 道		中 学 校		小 学 校		保 育 所		寺 社 専 用 地

図-4.2 水循環保全システム計画区域

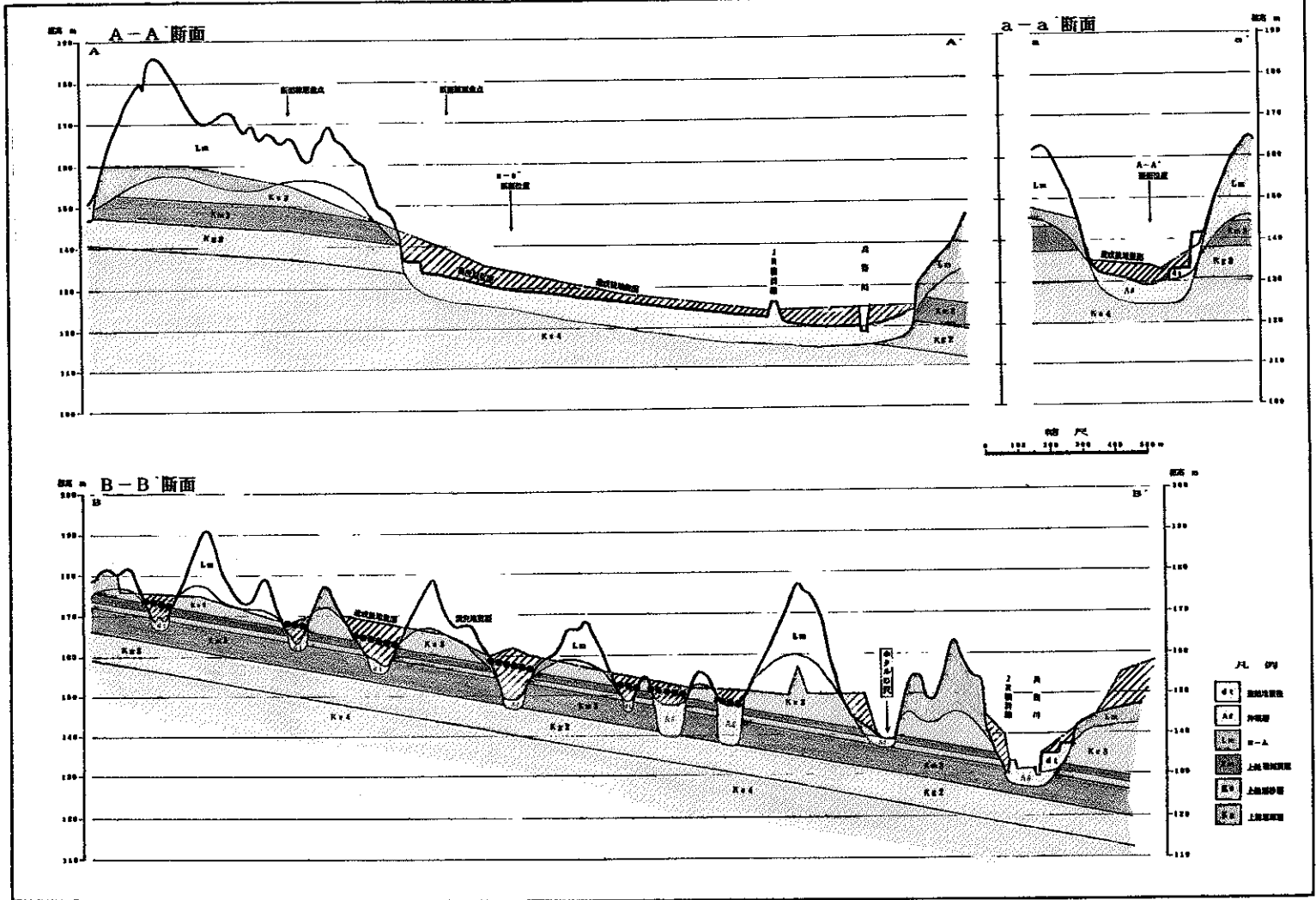


图-4.3 地質断面图

雨水処理方法	模 式 図
従来の標準的な方式	
清流保全・強化システムの概念図 1. オンサイト貯留・浸透施設の設置 2. 基盤層 (km 3 層)・透水層の復元	

図-4.4 清流保全・強化システムの概念図（従来の標準的な方式との比較）

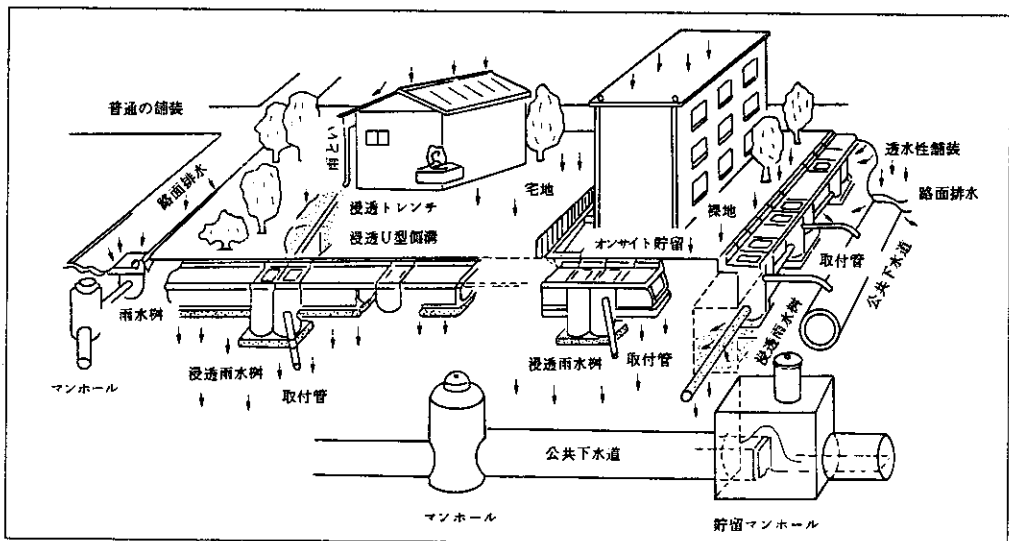


図-4.5 雨水・浸透流出抑制型下水道システムの概念図

4.3 水循環保全システムの導入効果

ここではまず、対象とする洪水、および低水解析モデルについて概略をしめし、つぎに検討ケースを明らかにしそれぞれのケースに関する流出抑制、低水涵養の2側面から効果を評価する。

4.3.1 解析モデルについて

表-4.2、4.3にそれぞれ洪水流出モデル、低水流出モデルの概要を示す。

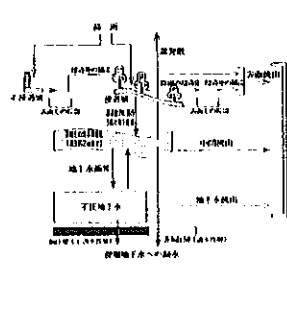
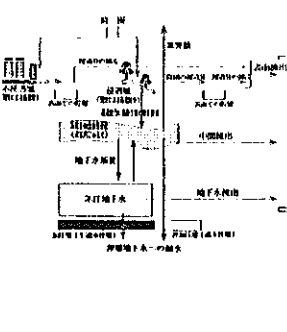
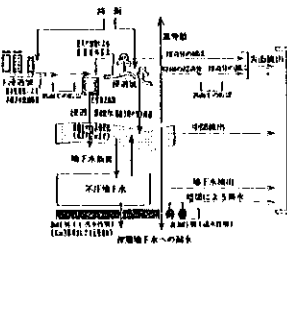
また計画諸元を表-4.4に総括する。

表-4.2 洪水流出解析モデル

説明図	
現況	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> </div> <div style="width: 50%;"> <p>[合理式] $Q = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r \cdot A$</p> <p>f : 流出係数 = 0.6 r : 洪水到達時間内平均降雨強度 A : 流域面積</p> </div> </div>
従来方式	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> </div> <div style="width: 50%;"> <p>f = 0.8</p> </div> </div>
発	<p>貯留・浸透施設による流出抑制効果を施設の機能別に下図のように評価し、各々のハイドログラフを合成して算出する。</p>
後	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 30%;"> <p>浸透施設</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>貯留施設</p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>貯留・浸透併用施設</p> <p><small>* 空隙に貯留された雨水が遅れて浸透する。</small></p> </div> </div> <p>水循環保全システム</p> <p>(注) 浸透トレンチ、マス等についても碎石空隙内で雨水の一部が貯留されるが、その量は全体量に比べて極めて小さいため、本モデルでは評価していない。</p>

表-4.3 低水流出（水循環）解析モデル

(解析対象全流域：393.1ha)

	説明図	主なパラメーター等		
		項目	数量	備考
現況		非浸透域	7.7ha	全流域の2%
		浸透域	385.4ha	全流域の98%
		流域内表層地盤の平均浸透能力	550.3 mm/H	各土質の面積と透水係数の加重平均
		浸透貯留他	—	施設なし
		施設	—	同上
		透水舗装	—	同上
		浸透施設による等価浸透能力	—	
		km3層の分布範囲	310.6ha	全流域の79%
開		非浸透域	183.7ha	全流域の47%
		浸透域	209.4ha	全流域の53%
		流域内表層地盤の平均浸透能力	178.9 mm/H	各土質の面積と透水係数の加重平均
		浸透貯留他	—	施設なし
		施設	—	同上
		透水舗装	—	同上
		浸透施設による等価浸透能力	—	
		km3層の分布範囲	310.6ha	全流域の79%
免		非浸透域	147.3ha	全流域の37% (=183.7 - 36.4)
		浸透域	245.8ha	全流域の63% (=209.4 + 36.4)
		流域内表層地盤の平均浸透能力	212.9 mm/H	各土質の面積と透水係数の加重平均
		浸透貯留他	12.9ha	
		施設	100.2 km	
		透水舗装	36.4ha	従来方式に対し、非浸透域の減少、浸透域の増加として評価
		浸透施設による等価浸透能力	34.6mm/H	流域全体では、212.9 + 34.6 = 247.5 mm/H の浸透能力になる
		km3層の分布範囲	325.9ha	全流域の83%

注：図中の中間流出とは、一端地下浸透下水が、地下水に転化することなく再度地表に流出することを言う。浸透後から地表へ再流出するまでの時間はせいぜい2～3日と見積られる。

表-4.4 計画諸元

共通条件 (兵衛橋上流地点)	計算手法	合理式の連続解法		
	流域面積	423ha(内開発地区323ha(76%))…兵衛川上流右支川合流前 (No.36+19m)		
	洪水到達時間	40 分		
	流手係数	開発前：f=0.6 開発後：f=0.8		
	計算降雨	60分雨量	確率1/3：50.8mm、確率1/70：100.5 mm	
		24時間雨量	" : 152.0 mm、" : 302.0 mm	
		降雨強度式	" : $r = \frac{1,000}{t^{2/3} + 6.5}$ " : $r = \frac{2,000}{t^{2/3} + 6.5}$	
降雨波形		中央集中型 (降雨継続時間：24時間)		

4.3.2 検討ケースの設定

ここでは特に貯留・浸透施設の導入に対し、次の3つのケースについて検討することとした。各ケースの設定基準は次のとおりである。

また表-4.5に土地利用の工種と貯留・浸透施設の対応をしめす。

<導入可能性評価に基づく検討ケース>

[標準型]：実績が多く、かつ、公的機関（八王子市、住・都公団等）で導入可能な土地利用に設置。

[努力型]：実績は多いが、公的機関以外に一般住民の協力・同意を要する土地利用も含めた場合。

[理想型]：物理的には設置可能な土地利用であるが、今後の施設形態に不確実性があり、現状では導入の検討ができない土地利用も含めた場合。

表-4.5 貯留・浸透施設の導入効果検討ケース

ケース 導入施設		ケース 1				ケース 2				ケース 3			
		地表式 (小堤・小堀込)	地下式 (砕石空隙貯留)	浸透 トレンチ・ 側溝・マス	透水性舗装	地表式 (小堤・小堀込)	地下式 (砕石空隙貯留)	浸透 トレンチ・ 側溝・マス	透水性舗装	地表式 (小堤・小堀込)	地下式 (砕石空隙貯留)	浸透 トレンチ・ 側溝・マス	透水性舗装
土地利用 (面積：h a)													
公共 用地	道路 (66)	車道B=7mm以上(26.0)											
		// B=7mm未満(25.6)						○			○		
		歩道・歩専 (14.4)							○				○
		公園 (25)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		緑地 (57)							○	○			○
	河川・水路・鉄道 (8)												
施設 用地	教育施設 (10)	○	○	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	◎
	タウンセンター (4)										○	○	
	近隣センター (1)										○	○	
	幼稚園・保育所 (2)									○	○	◎	
	誘致施設 (40)						○	○	○	○	○	○	○
	緑地的施設 (10)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	寺社・墓地 (1)										○	○	○
その他施設 (19)						○	○	○	○	○	○	○	
宅地	計画住宅 (25)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	一般住宅 (124.5)							○※				○※	
合計 (392.5)													

<註>◎印の透水性舗装は設置可能な場所で極めて少ないため、効果の評価には含めない。

※ケース2は公設樹1個/戸のみを設置
ケース3はさらにトレンチ1m/戸を加える

4.4 水循環保全システムの評価

ここでは、4.3.2に示した検討ケース毎に流出抑制効果、低水保全効果についてとりまとめる。このとき流出抑制効果に関してはピーク流出量および総流出量の抑制効果として、低水保全効果に関しては年間水収支としての効果および河川流況への効果の各側面から整理することとする。

4.4.1 流出抑制効果

① ピーク流出量の抑制効果

図-4.6および表-4.6に現況および開発後の施設なし、システム導入の3つのケースについてピーク流出量の抑制効果を示す。

現況で $42.3\text{m}^3/\text{s}$ の流出量は開発後、貯留・浸透施設を設けない場合（従来方式）には $56.8\text{m}^3/\text{s}$ となり $14.2\text{m}^3/\text{s}$ 流出増となる。一方、貯留・浸透施設を設けた場合には、標準型、努力型、理想型で大差なく努力型では $38.9\text{m}^3/\text{s}$ にまで抑制され開発による流出増分を上回る $17.9\text{m}^3/\text{s}$ の効果量となる。

効果量の内訳は約 $1/3$ がオンサイト貯留施設によるものであり、残り $2/3$ がオフサイト貯留施設によるものとなっている。

またこのピーク流出量抑制効果を河道の治水安全度で評価すると、現計画の $50\text{mm}/\text{hr}$ （確率 $1/3$ ）対応の河道断面（ $60\text{m}^3/\text{s}$ ）は貯留・浸透施設を設けることにより約 $80\text{mm}/\text{hr}$ （確率 $1/20$ ）の安全度にまで向上することとなる。

一方将来河川改修断面に対する抑制効果として $100\text{mm}/\text{hr}$ 降雨における効果量の内訳を表-4.7に示す。したがって将来河川改修時における河道は、これら効果量を見込めば、当面の $50\text{mm}/\text{hr}$ 河道を多少河床を掘り下げることで対応可能となることが明らかとなり、図-4.7に暫定一将来への河道のすり付けについて模式的に示す。

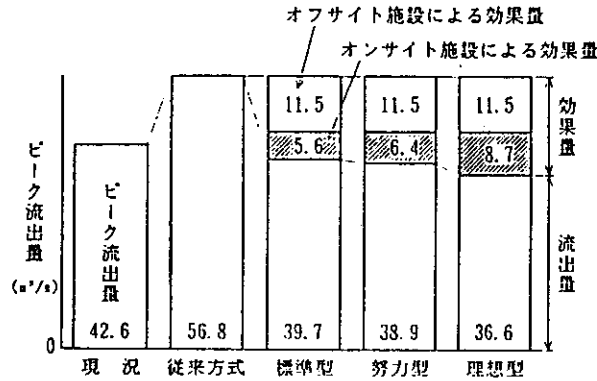


図-4.6 効果量比較図

表-4.6 効果量の内訳 (兵衛橋上流地点、50mm/hr降雨)

() 内は浸透施設を設けない場合

	ピーク流出量 (m³/s)	効果量 (m³/s)			ピーク流出係数
		オンサイト施設	オフサイト施設	計	
現況	42.6	—	—	—	0.60
開発後 システム導入	従来方式	0	0		0.80
	標準型	5.6	11.5	17.1	0.56
	努力型	6.4 (5.6)	11.5 (11.3)	17.9 (16.9)	0.54 (0.53)
	理想型	8.7	11.5	20.2	0.51

<註>・オンサイト施設はオンサイト型の貯留・浸透施設
・オフサイト施設は、A、B調節池と下水道管内貯留

表-4.7 効果量の内訳 (兵衛橋上流地点、100mm/hr降雨)

() 内は、従来型を100%とした場合の比率

	ピーク流出量 (m³/s)	効果量 (m³/s)			ピーク流出係数
		オンサイト施設	オフサイト施設	計	
現況	87.1 (75)	—	—	—	0.60
開発後 システム導入	従来方式	0	0	0	0.80
	標準型	12.3	28.1	40.1	0.55
	努力型	12.9	28.9	41.8	0.54
	理想型	13.6	30.0	43.6	0.52

<註>・オンサイト施設はオンサイト型の貯留・浸透施設
・オフサイト施設は、A、B調節池と下水道管内貯留

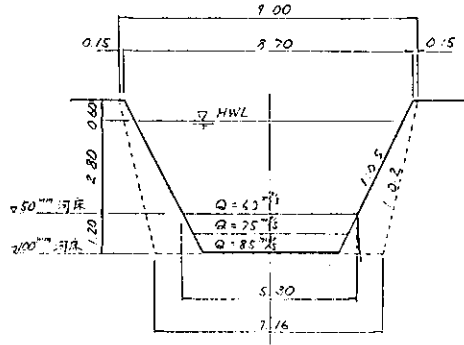


図-4.7 兵衛川改修断面（兵衛橋上流）

② 総流出量の抑制効果

表-4.8、図-4.8に総流出量としての抑制効果を示す。浸透施設の導入効果はピーク時の効果がほとんど無いのに対し顕著となる。

50mm/hr降雨の24時間雨量152mmに対し、現況では（流出率を0.6と仮定）91mmが川道に流出し、開発後（流出率0.8と仮定）浸透施設を設けない（従来方式）には122mmとなり約31mmの流出増となる。

これに対し、浸透施設を設けた場合「標準型」で113mm、「努力型」で95mm、「理想型」で94mmとなり、浸透施設の設置規模に応じて効果が増大することとなる。

表-4.8 総流出量抑制効果量（50mm/hr降雨）

		総流出高 (mm/24時間)	総流出率	備 考	
現 況		91	0.60		
開 発 後	従来方式	112	0.80		
	シ ス テ ム 導 入	標準型	113	0.74	
		努力型	95	0.63	
		理想型	94	0.62	

<註>・50mm/hr降雨（確率1/3）の24時間雨量=152mm
 ・対象流域は兵衛橋上流の開発地区 面積323.2ha

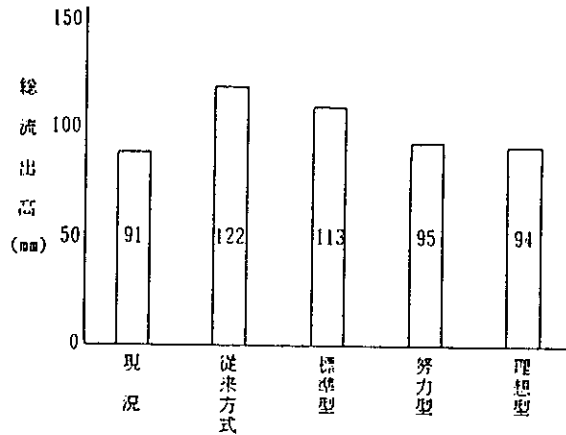


図-4.8 総流出量の抑制効果量

4.4.2 低水保全効果

① 年間水収支への効果

開発後およびシステム導入の有無による年間水収支（1980～1985年の6ヶ年平均）を図-4.9に示す。

まず平常時の河川流量に影響を及ぼす不圧地下水流出について見ると、現況では52.1mmであったものが、開発後（従来方式）では36.9mmにまで減少する。これに対し、システムを導入することにより「標準型」では64.9mm、「努力型」では97.0mmまで回復するが、「理想型」では98.7mmとなり「努力型」とほぼ同じ効果となっている。

次に、他水系の水収支に影響を及ぼす深層地下水への流出量は、現況で580.8mmであったものが開発後（従来方式）では303.5mmまで減少する。これに対して「標準型」では348.2mm、「努力型」ではさらに437.9mmにまで回復するが、「理想型」は「努力型」とほぼ同様441.8mmとなっている。すなわち

- ・不圧地下水流出をより多く安定的に確保する。
- ・他地下系への水収支（深層地下水）に及ぼす影響を抑えること。

の観点から「努力型」の採用が好ましい。

② 河川流況への効果

表-4.9に開発前後およびシステムの導入の有無による河川流況の変化を示す。渇水流量でみると「努力型」「理想型」の差異はみられず、一方4.1に示した目標流量との対応では $10\ell/s$ 程度が確保でき目標流量-2のレベルの達成が可能となることが明らかとなった。

表-4.9 低水流況の改善効果（兵衛橋上流での6ヶ年平均値）

単位： ℓ/s

		豊水流量 (95日)	平水流量 (185日)	低水流量 (275日)	渇水流量 (355日)	
現況		25.1	14.6	9.8	6.5	
開発後	従来方式	48.9	14.9	9.2	6.3	
	システム導入	標準型	50.0	19.7	12.7	8.9
		努力型	39.2	20.0	13.7	9.6
		理想型	31.7	19.5	13.6	9.6

*目標水量-1：景観から見た必要
水量= $20\ell/s$
" -2：現況での平均渇水
流量= $6.5\ell/s$
" -3：環境維持水量
= $6.6\ell/s$

<註>・（ ）内の日数は当該流量以上の流量が確保できる日数
・JRトンネルの湧水を考慮している。

以上、水循環保全システムの効果を図-4.9および表-4.10に総括する。これら結果より次の理由によりシステムの整備目標としては「努力型」が望ましいと判断される。

・流出抑制効果

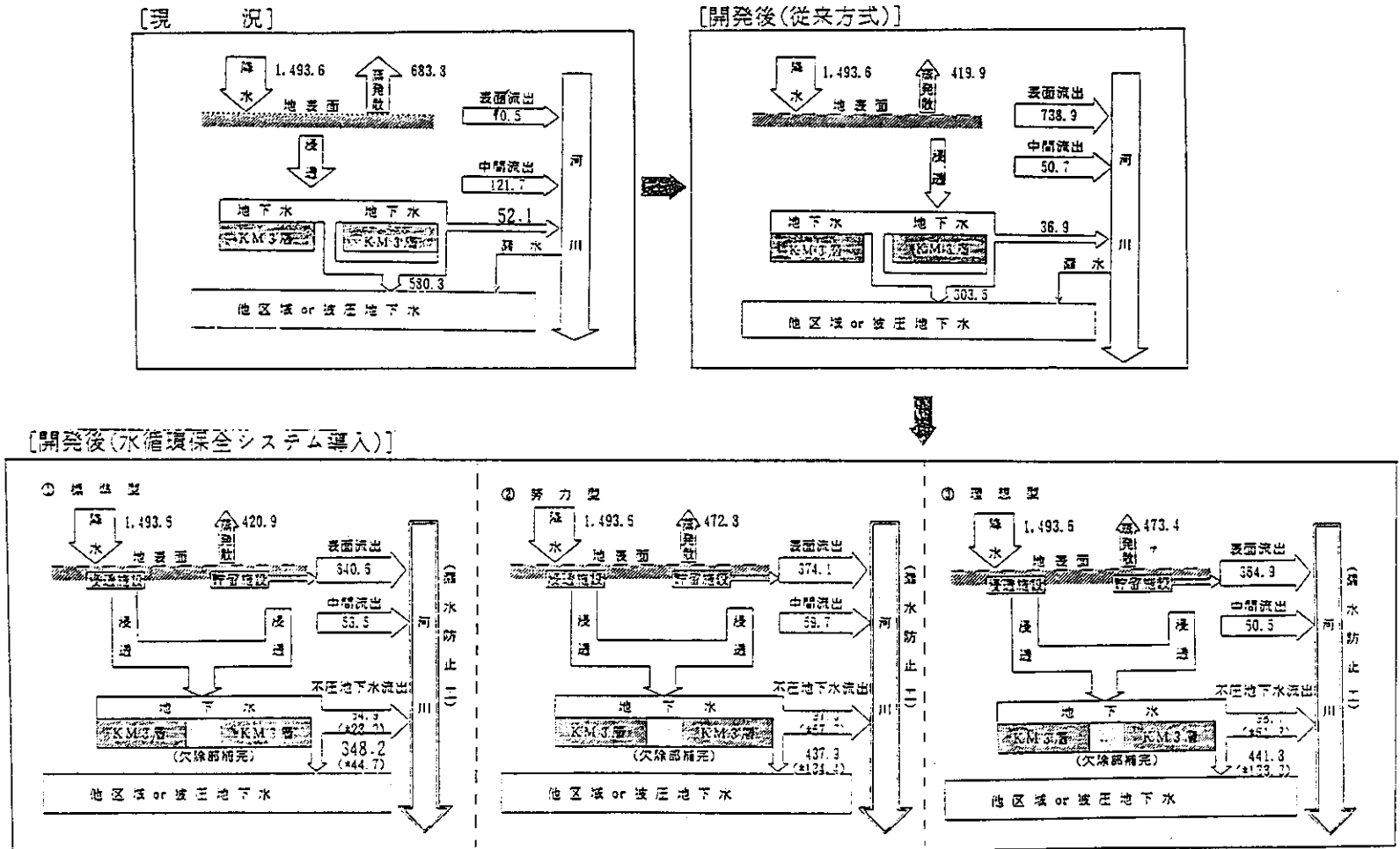
システム導入後の各検討ケースの効果に大差は無い。

・低水保全効果

システム導入により開発による深層地下水への影響は緩和され、一方不圧地下水の流出は現況以上に回復する。このとき「努力型」と「理想型」には大きな差異はなく「努力型」の採用が好ましい。

・当計画地区は地盤の透水係数が小さく、浸透施設については特定の土地利用に限定せずできる限り広い範囲で導入するのが望ましい。その意味からも「努力型」の採用が望まれる。

図-4.9 開発前後の水収支 (1980~1985年の6ヶ年平均値) 単位: mm



* 従来方式に対する効果量(均分)

表-4.10 効果量の総括

		流出抑制 ※1)		地下水涵養・堤水保全 ※2)			
		ピーク流出量 (m^3/s)	総流出量 ※3)	水収支 (mm)		平均濁水流量 (l/s)	
				深層地下水への流出	不圧地下水流出		
現 況		42.6	0.60	580.8	52.1	6.5	
開 発 後	従来方式	56.8	0.80	303.5	36.9	6.3	
	シ ス テ ム 導 入	標準型	39.7	0.56	348.2	64.9	8.9
		努力型	38.9	0.54	437.9	97.0	9.6
		理想型	36.6	0.51	441.8	98.7	9.6

※1) 50mm/hr降雨に対する効果量

※2) 1980~1985年の6ヶ年平均値

※3) 24時間雨量のうち、河川へ流出する量の割合

4. おわりに

本研究は都市化のもたらす様々な諸問題を水循環という観点から整理し、そのシステム構築が都市の水問題を解決する基本的な事項であるとの認識に立ち、八王子ニュータウン開発計画区域を対象としてケーススタディを試みたものである。

この結果、水循環保全システムの導入により、河川改修の治水安全度の段階的目標水準の向上（暫定（確率1/3）-将来（確率1/15））に対し、流出抑制効果を見込むことによりスムーズな移行が可能となることが明らかとなった。すなわち将来の安全度の向上に対し、暫定河道断面を一部改築することで対処可能となる。

一方、低水保全効果として現況の濁水流量を上回る涵養量が期待され、また他水系への影響も極力抑えることができる結果を得た。

上記したように所定の効果は期待されるものの、今後システム導入に際していくつかの課題を抱えている。

まず導入に際しての条件整理が肝要となる。すなわちオンサイト施設の導入に関する地区協定、条例等の整理、また戸立住宅への誘導に際し土地処分条件、融資制度等の整備が必要となろう。

また期待される効果は期待値の域を出ない。このためモデルの更新、データ

の積み上げ、追跡調査が必要となる。

そして実施に向けて、関係事業主体より構成される協議会等を設け推進することが望まれる。

おわりに本研究は虫明功臣東京大学教授を委員長とする委員会での検討経過を取り纏めたものである。虫明先生はじめ委員の皆様に謝意を表します。

参考文献

- 1) 虫明功臣；水環境の保全と再生、山海堂 s 62
- 2) 虫明功臣；都市の水循環システム、水文・水資源学会誌、1989、VOL12 no1
- 3) 例えば、都市水文研究グループ編；調整池の計画と設計、山海堂 1988、6
- 4) 西村他；都市域における河川環境整備と水循環保全システム計画；京大衛生シンポ講演論文集、1990、pp157～162
- 5) 西村他；八王子ニュータウン河川環境整備計画、第5回都市河川セミナー pp109～116