

(11) ニュータウンにおける水環境の保全について

PRESERVATION OF THE WATER ENVIRONMENT IN A NEW TOWN

島田 重康*

末永 紘之**

Shigeyasu Shimada Hiroyuki Suenaga

ABSTRACT: Deterioration of stormwater retention and infiltration functions in urbanized river basins causes rainfall outflow to increase.

Conventional measures for stormwater control have been implemented through river improvement and construction of storage ponds.

In recent years, there has been an increasing demand for improving the landscape and amenity function in waterfront spaces including storage ponds and rivers. To cope with this issue, it is basically necessary to preserve low water runoff systems in urban areas.

This paper describes a water environment creation plan which aims to preserve the low water runoff system of Hiratani River in the Hokusetsu Sanda Woody Town, under construction in Sanda City, Hyogo Prefecture, by installing underground rainwater storage facilities and utilizing the existing irrigation ponds with consideration to amenity enhancement and flood protection as well.

KEYWORDS: Runoff control facilities, Crushed-stone void storage facilities, Water environment preservation system, Utilization of irrigation pond, Water circulation system

1 はじめに

都市化の進行による、自然流域における保水機能や浸透機能の低下により、降雨の流出量は集中増大する。このためニュータウンの開発に伴う雨水排水対策としては、河川改修もしくは代替手段として防災調節池、流域貯留浸透施設等の導入が図られてきた。

近年これらの施設はニュータウンにおける基盤施設として整備されるべき性質のものであることから、水防災施設としての機能に加え、低水保全対策も含めた流域の総合的水環境の保全や再生が新たな課題となってきた。

ここに報告する北摂三田ウッディタウン（以下ウッディタウンと呼ぶ）内を流下する平谷川流域に計画した水環境保全システムは、貯留施設（公園、校庭等の公共公益施設用地での碎石空隙貯留）や溜池を活用して流域全体の水循環機構の回復を図り低水流況を保全することにより平常時における環境用水の確保と安全でうるおいのある河川環境の創生を試みたものである。

2 ウッディタウンと平谷川の概要

2.1 ウッディタウンと流域概要

ウッディタウンは神戸の北約20km、大阪の北西約35kmに位置し、六甲山系と北摂連山に囲まれた地域にあり開発面積603ha、計画人口48,000人で、住宅・都市整備公団が新住宅市街地開発法によって開発を進めている街である。

この地域においては「神戸三田・国際公園都市」の名で呼ばれる総面積2,016ha、計画人口約14万人の規

* 住宅・都市整備公団関西支社 都市開発事業部長

Director, Urban Development Dept., Kansai Branch, Housing and Urban Development Corporation

** 住宅・都市整備公団関西支社 都市施設課長

Deputy Manager, Urban Facility Section, Kansai Branch, Housing and Urban Development Corporation

模で複合機能都市を目指した新しい都市群の建設が進められている。

ウディタウンは、これらの都市群の中核となる地区であり、現在約1万人の人々が暮らしている。

平谷川は更池、井沢池の2つの溜池に源を発し、丘陵台地に開発されたウディタウンの中央部を流下し、内神川に合流する武庫川水系に属する流域面積2.87km²、流路延長2.5kmの二級河川であり、流域面積の70%に当る172haが開発地区内にある。(図2.1参照)。

平谷川は、従来丘陵台地と谷底平野が形成していた高低差のある地形で谷底平野を蛇行しながら流下していたが、造成において丘陵部をカットし、谷底平野に盛土することにより東南側に残された丘陵斜面の裾部を流るように河道が計画されている(図2.2参照)。

2.2 河川整備計画

ウディタウンでは平谷川を当該地区のシンボルとし、次ぎの3点をその整備目標として河川改修計画と水辺環境整備計画を立案した。

- ① 人びとの暮らしを水害から守る安全な川
- ② 親水機能を備えた水辺空間の整備
- ③ 街のシンボルとしての河川景観の創出

この計画は、昭和53年から学識経験者、兵庫県、三田市、住宅・都市整備公団等の関係機関によって構成される「平谷川修景計画委員会」の指導のもとに立案され、都市緑地事業と併せ中小河川改修事業として昭和60年11月に全体認可を受け同年から事業に着手し現在までに約その8割が完成している。

(1) 河川改修計画

計画規模は、流域の規模、重要度及び本川である武庫川水系他河川とのバランスに配慮し年超過確率1/30とし、計画降雨は1時間雨量67mm、24時間雨量230mmの中央集中型モデル降雨とした。

高水流量は合理式の連続モデル(洪水到達時間は0.29時間、流出係数は0.85)により算定した。改修区間流末における基本高水は70m³/s(比流量 $q=28.5$ m³/s/km²)となった。また上流の更池及び井沢池等の溜池と平谷川中流部の平谷池の自然調節効果を考慮し、計画高水流量は、55m³/sと設定した。その計画流量配分図は図2.3の通りである。

河道計画は計画高水流量を安全に流下させ得るよう縦横断面形状を設定した。横断面形状は、右岸は地山にの

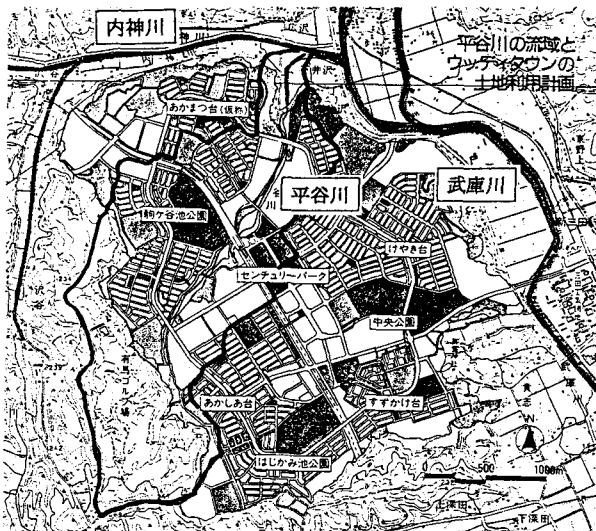


図2.1 平谷川流域とウディタウン

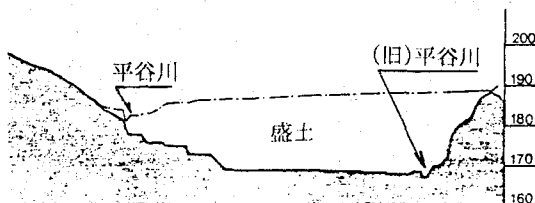


図2.2 平谷川付近造成断面図

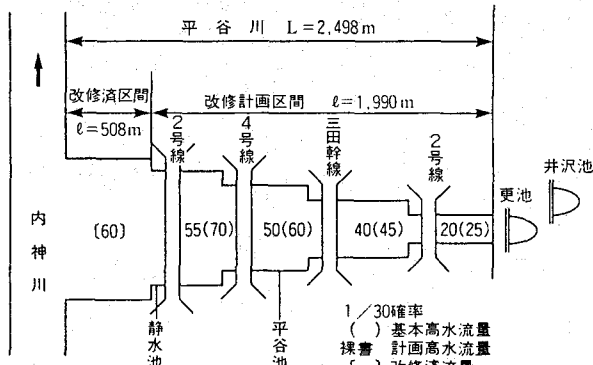


図2.3 計画高水流量配分図

せるため単断面とし、左岸は親水性に配慮し複断面とした。法面勾配は1：2とし、親水性に優れた河川景観の創出を図った（図2.4参照）。

(2) 水辺環境整備計画

1) 縦断方向の整備計画

平谷川が流下するウディタウンの地区内の延長約2kmの区間はその途中の左右岸の土地利用をはじめ地形景観、流れの方向等条件は各区間で異なる。

このため平谷川修景デザインも上流から下流にかけて周辺の土地利用や地形に対応したものとなっており、縦断方向については、4つのゾーンと7つの親水広場が計画され、現在までに河原広場を除く6箇所の親水広場が完成している（図2.5、表2.1参照）。

表2.1 縦断方向の整備計画

4つのゾーン	7つの親水広場
水辺のやすらぎゾーン	静水池広場 0.6km
	河原広場 1.0km
水辺交流ゾーン	平谷池広場 1.3km
緑の遊水ゾーン	滝見広場 1.6km
	お清水広場 1.9km
	中洲広場 2.1km
水辺の自然体験ゾーン	水辺の生態園 2.4km

2) 横断方向の整備計画

川の流れに対して横断方向の景観は、場所によって多少異なるが全区間とも概ね図2.6のようにA～Eの5つの景観要素によって構成される計画となっており、左岸側の高水敷きは散策や水辺の休息の場として利用出来るよう、また護岸は自然石を用い、親しみのある水辺となるよう整備されている。



改修済の平谷川

3 景観・親水用水としての必要水量

3.1 必要水量の検討

景観・親水機能に配慮したデザインで整備されている平谷川であるが、本来基底流量が少ないうえ、造成盛土地盤上を流下する人工河川であるため、平常時における環境用水の確保と水辺利用者の降雨時の安全対

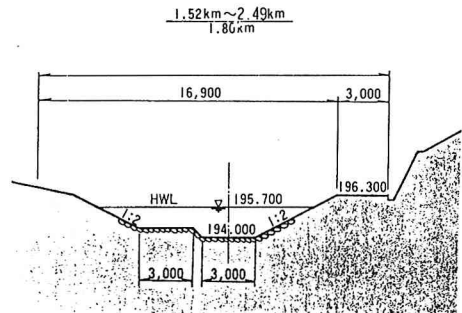


図2.4 平谷川標準横断面図

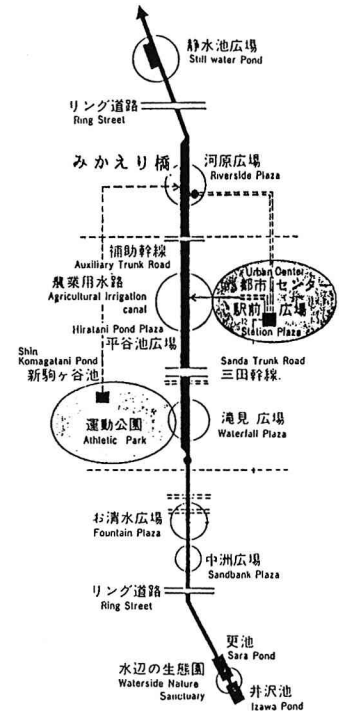


図2.5 ゾーンと親水広場模式図

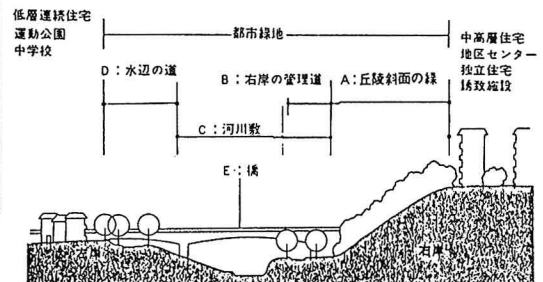


図2.6 横断方向の修景構成要素

策については当初より課題となっていた。

河川の正常な機能を維持するための必要水量は、建設省河川砂防技術基準（案）によると景観、親水機能の維持、流水清潔の保持、動植物の保護、等の9項目について各々必要とする流量について検討し、その最大流量をもって決定することとなっている。またその値は10年間の平均渇水流量が目安となっている。

平谷川において水辺空間を形成するために必要な水量について、ここでは建設省の正常流量検討資料を参考に検討するとともに、現地実験により景観と水量及び水遊びと水量の面からみた最適流量について検討した。現地実験は水利権者の協力を得、平谷川上流部に位置する溜池（更池）の水を流し、流量規模別（実験流量は23～125ℓ/sの範囲で5ケース）に水深、流速を測定するとともに実験参加者の景観や水遊びの観点からアンケート調査を行い視覚・感覚的側面から目標値を検討した。なおこの実験は、兵庫県、三田市、住宅・都市整備公団等関係機関の40名の方々の参加を戴き、渇水時期である平成3年3月7日に実施したものである。

表3. 1 検討結果による必要水量と目標水量

検 討 方 法	必 要 水 量	備 考
正常流量検討資料等による必要水量	29ℓ/s	川幅の20%の水面幅で河床材料が隠れる程度の水深、流速0.3~0.4m/s
現地実験アンケートによる最適水量	23~40ℓ/s	景観、水遊び上適当な水深と流速が得られる流量流れはせせらぎのイメージ
目 標 水 量	20~40ℓ/s	実験による水深3.3~4.8cm 流速0.4~0.5m/s

3. 2 目標水量の設定

既往調査及び建設省の正常流量検討資料等に基づく検討と現地実験及びアンケート調査結果より平谷川の環境用水としての目標水量を20~40ℓ/s程度とし、水量確保方策に照らし最終目標値を決定することにした(表3. 1参照)。

4 水環境保全システム

4. 1 水源と確保方策

自然流量の不足をカバーするため当該河川で考えられる水源は、雨水、農業用溜池、地下水、河川水のポンプによる循環利用等である。地下水については、本地区の地質が有馬層群、神戸層群の岩地盤であることより、地下水に期待することは困難である。破碎帯にあたった場合は思わぬ水量が期待できる場合もあるが、本地区の水質は鉄、マンガンを多量に含むため、環境用水として利用した場合、空気酸化され、水路の美観を著しく損なうことになる。また河川水の循環利用については当初より検討されていたがランニングコスト、管理等の課題もあり決定に至っていなかった。以上により水源としては雨水の利用にしぼることにした。

雨水の利用にあたってはこれを貯留し、平常時に補給するための施設として雨水貯留施設（碎石空隙貯留施設）を設置し貯留水を補給する方法と溜池の嵩上げにより環境容量を確保する方法が最も可能性の高い方策と判断された。

4. 2 計画フレーム

(1) 碎石空隙貯留施設

雨水貯留施設は新たに当該地区内に設置するものであるが、土地利用計画に配慮して導入場所は公共公益施設用地を前提とした。さらに公共公益施設用地といえども平常時の土地利用に支障の無いよう設計・管理面に十分配慮した。

従って、当該地区では地下

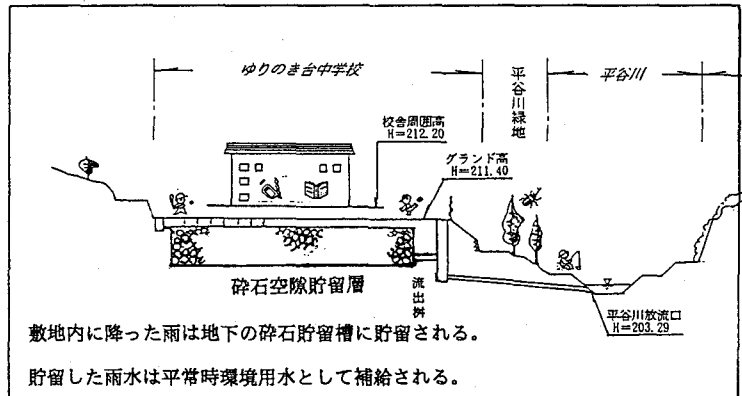


図4. 1 碎石空隙貯留施設による水環境保全システムの概念

貯留方式を原則とし、公園、校庭及び集合住宅の棟間での地下に設置する碎石空隙貯留施設（図4. 1参照）

を主体とした表4. 1及び図4. 2に示す10ヶ所に施設を導入するものとした。なお各施設の規模は以下の条件によって設定した。

- ・ 碎石の空隙率は40%として容量を算定した。
- ・ 碎石の高さは 1.0mを標準とした。
- ・ 貯留容量は 50mm程度の降雨で満杯となる施設を上限とした。
- ・ 有効雨量換算に用いる流出 率は0.85とした。

これらの貯留施設への集水面積は66.48haで、流域面積258haの約26%をカバーすることになる。

表4. 1 碎石空隙貯留の集水面積と貯留可能容量

番号	設 置 場 所	集水面積 (ha)	碎石容量 (m ³)	貯留容量 (m ³)	施 設 規 模	補給量 (ℓ/s)
1	ゆりのき台中学校	32.10 地区外流入有り	11,000	4,400	上段 面積11,300m ² ×高0.55m 下段 2,800 x 2.50	2.3
2	ゆりのき台高校	5.03	5,100	2,100	長 65m×幅85m×高1.0m	1.1
3	ゆりのき台小学校	2.00	2,000	800	45 x 45 x 1.0	0.4
4	中央運動公園	6.24	9,000	3,600	95 x 95 x 1.0	1.8
5	北センター	7.50	7,500	3,000	面積 7.5ha×10%×高1.0m	1.5
6	集合住宅(1)	3.20	3,200	1,300	3.2 x10 x 1.0	0.7
7	集合住宅(2)	2.38	2,400	1,000	2.38 x10 x 1.0	0.5
8	集合住宅(3)	1.53	1,600	600	1.53 x10 x 1.0	0.3
9	特定業務用地	3.80	3,800	1,500	長 50m×幅50m×高1.0m	0.8
10	あかしや台小学校	2.70	2,700	1,100	45 x 60 x 1.0	0.6
計		66.48	48,300	19,400	—	10.0

(2) 農業用溜池の改良

地元水利組合との調整により流域内の数箇所の溜池のうち「駒ヶ谷池」「井沢池」及び「更池」は、0.5m～1.0mの嵩上げが可能であり、これによる容量の増加分を環境用水として利用するものとする。

この3溜池の流域と容量の関係は表4. 2に示す通りであり、碎石貯留19,400m³と溜池の嵩上げによる容量29,100m³を併せ環境容量として48,500m³が確保可能となる。

表4. 2 溜池諸元と嵩上げによる環境容量

名 称	流域面積 ha	溜 池 と し て 機 能		環境用水施設としての機能		補 給 量 ℓ/s
		池面積 ha	貯水量m ³	ダム嵩上げ高m	貯水量m ³	
駒ヶ谷池	40.13	1.54	62,800	1.0	15,400	5.3~10.6
井 沢 池	26.21	0.99	17,100	1.0	9,900	3.4~ 6.8
更 池	11.71	0.76	12,800	0.5	3,800	1.3~ 2.6
計	78.05	3.29	92,700	—	29,100	10.0~20.0

5 ニュータウン開発に伴う低水流況の予測

開発による影響と開発後における碎石貯留施設や溜池の嵩上げによる水環境保全システム導入による流況改善効果について検討するため当該流域における開発前後の低水流況を予測した。

5. 1 流況予測モデル

(1) 開発前のモデル

低水流出解析はタンクモデル法によるものとし、自然流域のタンクモデルは、武庫川流域生瀬地点による既存のモデル(図5. 1)を用いた。このモデルを昭和55～57年の実績(静水池下流)で検証した(図5. 4参照)。

(2) 開発後のモデル

平谷川流域の都市開発後のタンクモデルは、多摩ニュータウン¹及び野川流域²における研究成果をもとに

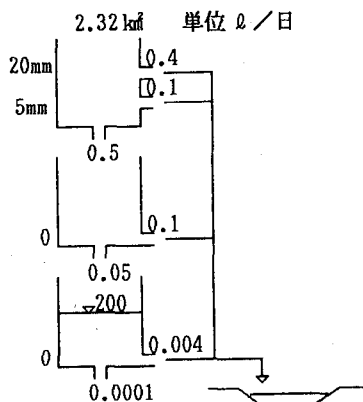


図5.1 開発前(自然流域)のタンクモデル
都市化による不浸透化等の流出特性の変化を考慮し、以下のように設定した(図5.2参照)。

① 更池、井沢池等を含むウディタウン上流の地区外流域は自然流域として開発前のモデルを適用する。

② 開発地区には、多摩ニュータウンのモデルに準じ、不浸透域(52%)とその他の区域(48%)に分割し、各々のタンクモデルを設定した。

不浸透域では、降雨損失がなく全量流出するものとした。その他の区域は、野川における流域の都市化によるタンクモデルの変化に準拠し下記のように開発前の定数を変化させた。

- ・第1段のタンクの流出孔の高さを開発前のタンクの1/2とし、浸透孔の乗数を0.7倍とした。
- ・第2段タンクは流出孔の乗数を0.75倍とした。
- ・第3段タンクは平谷川に流出しないこととした。

これは現在の平谷川が、20m程の谷に盛土して造成された地盤上を流れる人工河川であることを考慮したものである。

5.2 平谷川開発後の流況予測

以上のモデルを用い当該流域の開発後の流況を昭和54年から昭和63年の三田の雨量(表5.1)により予測計算を行った。

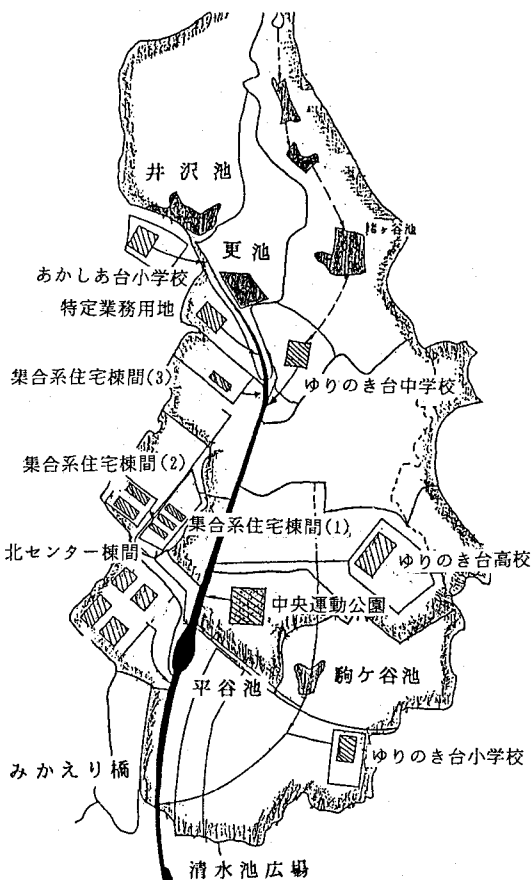


図4.2 碎石貯留及び溜池位置図

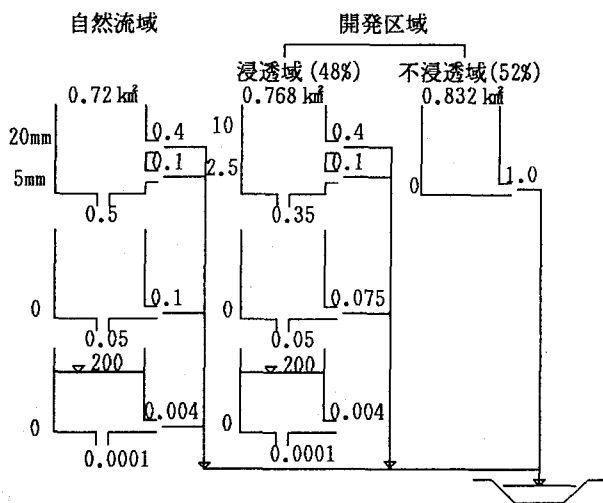


図5.2 開発後のタンクモデル

表5.1 三田年雨量表 (単位 mm)

昭和	年	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	平均
雨量		1251	1582	1209	1334	1180	1028	1247	1058	1212	1333	1243
順位		4	1	7	2	8	10	5	9	6	3	-

計算結果による開発前後における当該地区での平均的降雨であった昭和56年の流量を比較すると図5.3のようになる。また年間の流出成分を比較すると図5.4のようになる。以上の計算結果より都市開発後の流況は降雨時の表面流出の増加に伴い、中間流出および地下水流出の減少により、平常時の流量は大幅に減少することが予想される。特に地下水流出の減少が顕著であり、河川の流量涸渇日数(流量 5 l/s 以下)は、計算期間10年のうち最小35日、最大で90日であった。特に渇水期である11月から3月にかけての流量の減少が著しい。

親水活動が活発となる4月から10月の間では10年間の平均涸渇日数は、50日であった。また平常時の河川流量を形成する地下水流出及び中間流出量は、年間降雨の33%であったものが、開発後には16%に減少した。これは都市化による流域の保水機能の低下、不浸透化による表面流出の増加に加え平谷川が盛土地盤上を流れているため地下水の補給が無くなることに起因する。

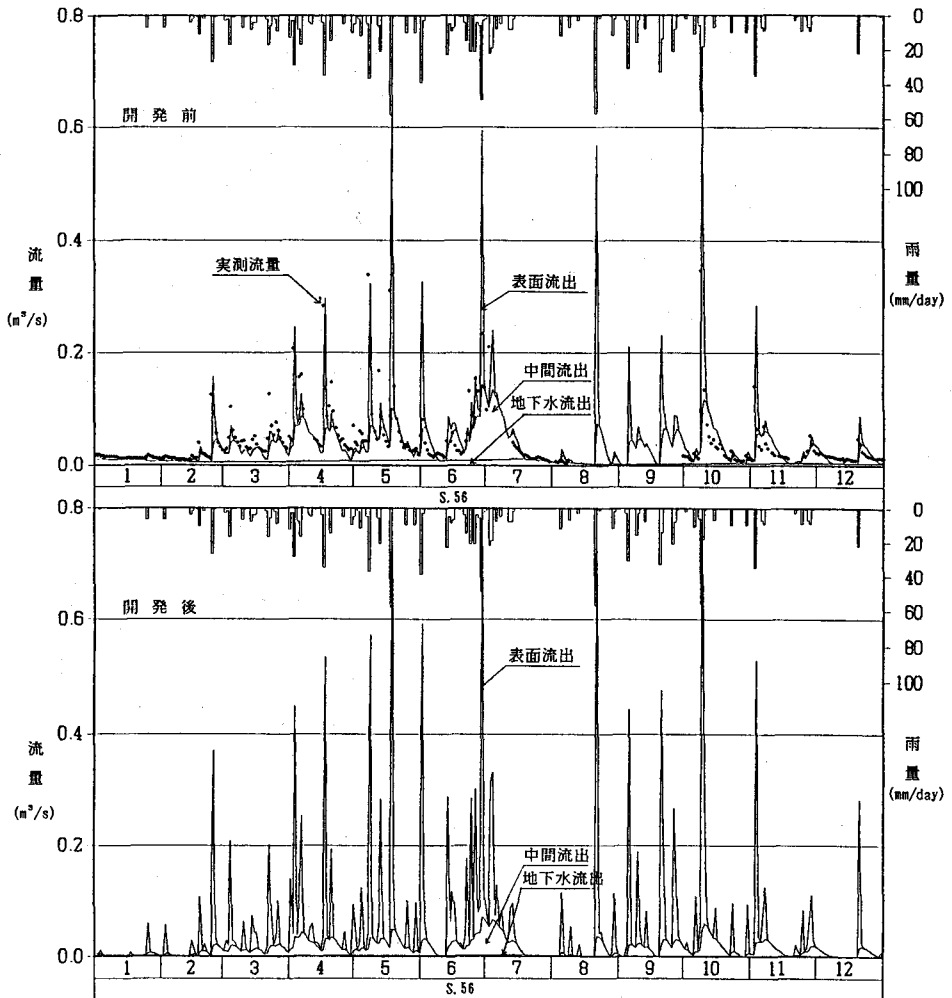


図5.3 開発前後の流量図

6 水環境保全システム導入効果

平谷川には上流部に「井沢池」「更池」「姥ヶ谷池」、中流部に「駒ヶ谷池」の4つの溜池があり、平谷川を通して灌漑補給していることから開発後の流況に加えこれを現況流況として、これに砕石空隙貯留施設及び溜池の嵩上げによる環境用水補給効果について検討した。

6. 1 溜池からの灌漑補給

溜池からの灌漑用水補給方式は、地元水利組合からの聞き込みによる実態を考慮し、灌漑用水の計画条件を修正し、粗用水量を計算し、これを本検討流域末端のみかえり橋地点における灌漑用水の要求量として与えた。なお溜池からの灌漑補給は慣行に従い下流の駒ヶ谷池から先に補給し、ここが容量不足になると更池等上流の溜池から逐次補給するものとした。

この補給慣行によると駒ヶ谷池からの灌漑用水は平谷池下流に放流されるので、更池、井沢池、及び姥ヶ谷池からの灌漑補給がない場合には平谷池上流部では環境用水としての効果が期待できないことになる。また自然流量の少ない7月は水田の中干し期間となっており灌漑用水に頼ることはできないことになる。

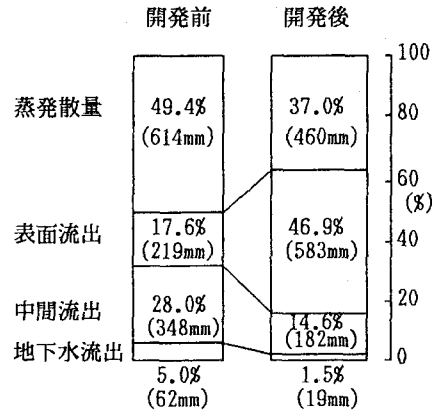


図5.4 流出成分の開発による変化

6. 2 碎石貯留施設及び溜池嵩上げによる環境用水補給システム導入効果

碎石空隙貯留施設や溜池の嵩上げによる施設からの環境用水の補給による低水保全効果及び目標水量確保の可能性について検討した。以下に計算の方法、条件及び検討結果について示す。

(1) 計算方法と条件

碎石空隙貯留槽及び溜池の嵩上げによる貯留水の水収支計算は、流入と補給量の差が貯留するものとし、貯留がなくなるまで補給するものとして連続の式により行った。

$$V(t+1) = V(t) + (Q_i - Q_o) \cdot \Delta t$$

ここに Q_i : 碎石貯留施設および溜池への流入量

Q_o : 碎石貯留施設および溜池からの補給量

$V(t)$ 、 $V(t+1)$: t 及び $t+1$ 時点の貯留量

Δt : 計算時間間隔 (1日とした)

この各施設の水収支計算は、図6.1において以下の条件で実施した。

- ・ 碎石空隙貯留への流入はタンクモデルによる表面流出分のみとした。
- ・ 溜池では嵩上げによる容量増分の範囲で補給するものとした。
- ・ 各施設からの補給は貯留量に係らず一定量補給となるものとした。

(2) 検討ケース

環境用水として先に設定した目標値 $20 \sim 40 \text{ l/s}$ が得られるよう碎石空隙貯留施設と溜池からの適切な補給水量を設定するため、まず碎石空隙貯留施設からの補給効果について検討し、次いで溜池嵩上げによる補給を加えた場合の効果について検討した。この碎石貯留及び溜池の嵩上げによる補給計算は種々の補給量を想定し昭和54年～63年の10年間について連続計算した。

(3) 検討結果

碎石貯留施設からの補給量を 10 l/s (碎石貯留施設満杯で20日間程度の補給が可能)、溜池からの補給量を 10 l/s とした場合の計算結果より昭和56年の日流量を図6.2に示す。この年は渇水が親水要求度の高い7、8月に発生している年であったが、碎石貯留や溜池からの補給により渇渴をなくするとともに

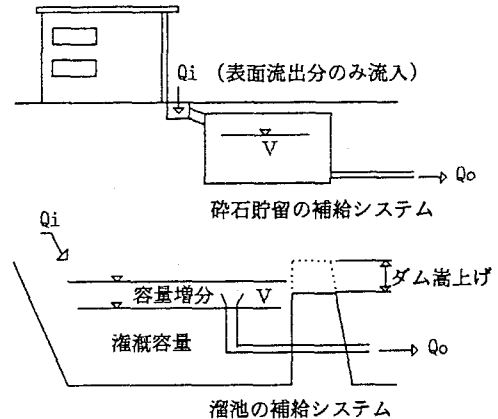


図6.1 施設からの補給システム

流況の改善ができることが予想された。

各ケースの計算結果から10ヶ年平均の流況を示すと表6. 1及び図6. 3のようになり碎石貯留施設と溜池からの補給で低水流量は概ね20ℓ/sの確保が可能となる。

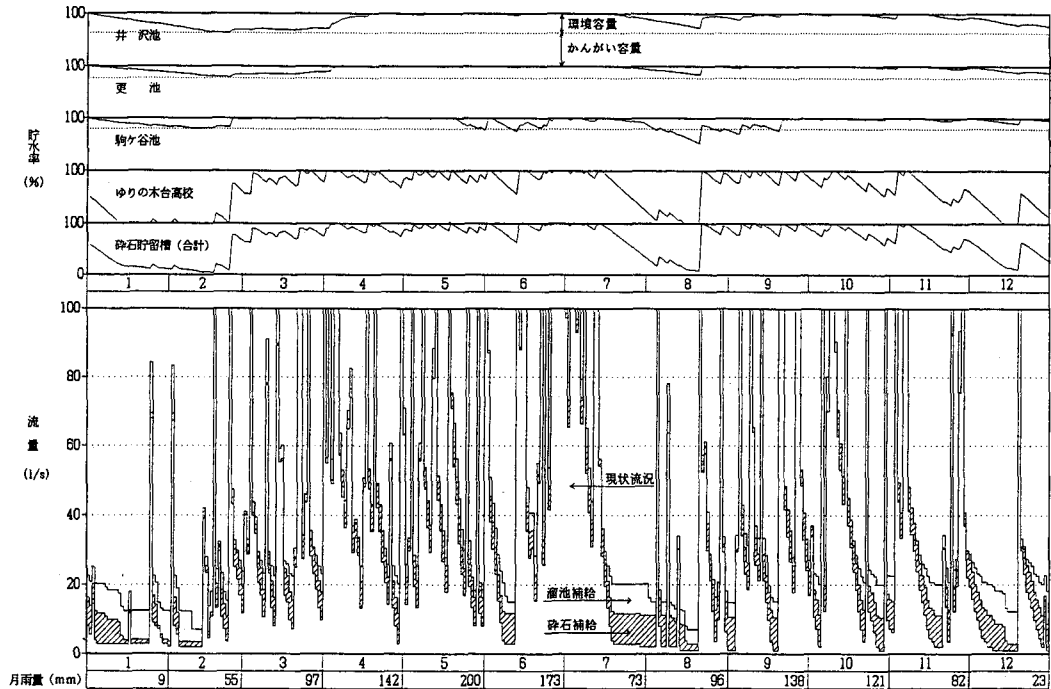


図6. 2 碎石貯留及び溜池補給による流況への効果計算結果(昭和56年の降雨による)

表6. 1 施設による流況改善効果(10ヶ年平均値) 単位ℓ/s

ケース番号	施設補給量		豊水流量 (95日)	平水流量 (185日)	低水流量 (275日)	渇水流量 (355日)
	碎石貯留	溜池嵩上				
開発前	—	—	46.9	18.0	5.5	1.1
開発後	—	—	45.6	16.3	2.6	0.3
システム導入	1	10	49.6	23.1	11.7	2.9
	2	10	50.7	26.7	17.5	7.1
	3	10	54.4	32.5	19.9	2.7

また10年間での平均では20ℓ/sを下回る日数は90日程度であるが低水流量以下の流量が発生している期間の大部分が人が水辺にふれあう機会の少ない冬期に現れている。

以上より溜池の嵩上げによる補給量は10～20ℓ/sが適当と考えられ、これに碎石貯留からの補給量10ℓ/sと併せ、平谷川の水環境用水は最終的に20～30ℓ/sを目標値とした。

7 流出抑制効果

7.1 流出抑制評価手法

親水河川においては出水時における利用者の安全についても十分配慮しなければならな

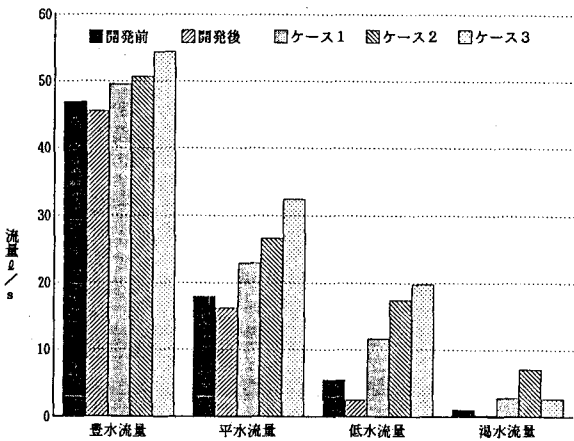


図6. 3 検討ケースの流況比較図

い。ここでは環境用水確保のため設置した碎石貯留施設が雨水を貯留することによる流出抑制効果として流出の遅れ、ピークカット効果がどの程度期待出来るかの検討を行った。

検討には、年超過確率1/2から1/30の範囲で継続時間が1時間、6時間の中央集中型モデル降雨による流出ハイドログラフ（合理式モデルにより算定）を用い、碎石貯留施設による流出抑制効果の検討をおこなった。

碎石貯留での流出抑制効果は、碎石貯留の容量が満杯になるまで溜め込み、満杯後の流量は全て流出するものとした図7.1のモデルにより評価した。

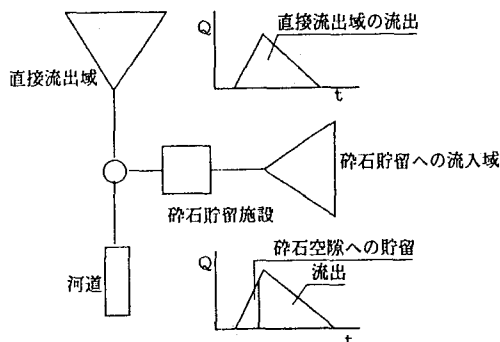


図7.1 流出抑制効果評価モデルの概念

7.2 流出抑制効果

環境用水補給施設である碎石貯留施設による降雨規模別流出抑制効果計算結果より、静水池地点でのピーク流量を示すと表7.1及び図7.2のようになる。この結果より継続時間6時間の雨の場合、確率年1/10以上の降雨になるとピークカット効果はほとんど期待できなくなるが降雨規模が小さくなるに従い、ピークカット効果が大きくなる。継続時間が1時間の雨の場合は、確率年1/30でも20%近いピークカット効果が期待でき、碎石貯留施設は流出抑制効果の役割を担うことができるものと考えられる。また図7.3には貯留施設設置前と後の流出ハイドログラフを示したが、この図より、年超過確率1/30降雨でも初期流出の遅れが期待でき、利用者にとって避難の時間として有効となる。

表7.1 降雨規模別ピーク流量カット効果 (単位 m^3/s)

降雨規模	継続時間	基本高水	施設設置	カット率(%)
確率 1/2	1時間	21.0	14.7	30.0
1/5	"	33.0	24.8	24.8
1/10	"	41.2	32.2	21.8
1/30	"	52.9	43.5	17.8
確率 1/2	6時間	21.6	17.5	19.0
1/5	"	33.9	31.4	7.4
1/10	"	42.5	41.4	2.6
1/30	"	54.5	54.4	0.2

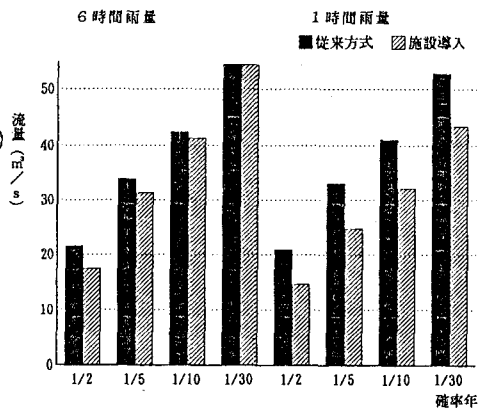


図7.2 降雨規模別ピーク流量比較図

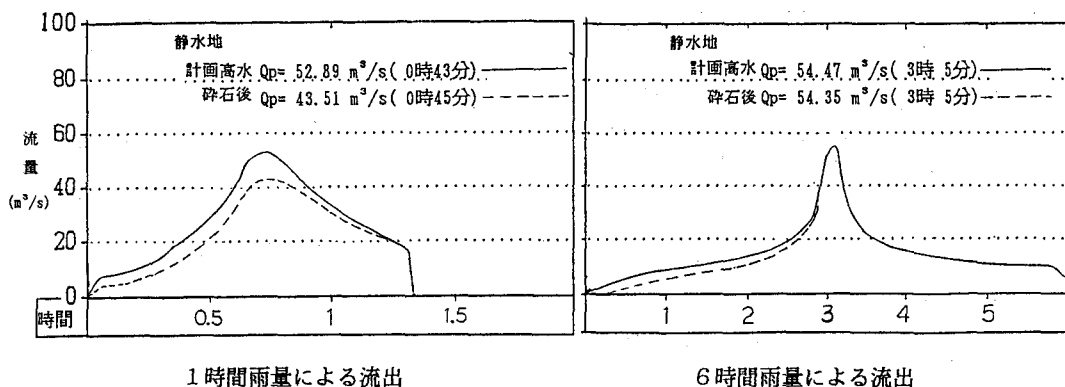


図7.3 流出ハイドログラフ (年超過確率1/30降雨)

8 おわりに

本稿では水環境の保全システム計画に関する一つの試みを提示させて戴いた。これまで碎石空隙貯留施設及び溜池は流出抑制施設として設置あるいは改良が行われた事例があるが、当該地区のように水環境保全システムへの応用にあたっては、今後解決すべき課題も残されている。本調査は基本計画レベルでの検討であり実施に当って今後精査すべき課題として以下のような事項があげられる。

① 碎石貯留施設及び溜池からの環境用水の補給構造の検討

補給水量が小さいので個々の施設から一定の水量を補給する方式について現在検討中である。

② 碎石貯留施設の目詰まり対策と維持管理

碎石貯留施設には、土砂等の流入による目詰まりの発生が予想されるので、目詰まり物質の負荷量削減のための前処理装置の模型実験等による構造様式の研究及び継続的機能調査と維持管理方法

③ 観測施設の整備と継続観測の実施

河川の水位、流量及び水質に関する観測を行うことにより、施設からの環境用水の補給効果について経年的に調査する。

末尾になりましたが、本調査の遂行に当っては、学識経験者、関係行政機関等からなる「平谷川流域水管理計画検討委員会」のご指導を戴きました。ここに委員長 清水 裕 建設省土木研究所都市河川研究室長をはじめ委員各位に書面を借りて謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 虫明功臣、安藤義久、丘陵地の水循環機構とそれに対する都市化の影響、第25回水理講演会論文集
- 2) 黒羽公明、和泉 清、流域の都市化に伴う水収支変化について、昭和58 都土木技術年報
- 3) 松村茂樹、谷本光司、神庭治司、和泉 清、森田 優 都市化と低水流出の変化、第30回水理講演会論文集
- 4) 住宅都市整備公団関西支社 ウッディタウン平谷川水辺環境計画