

# 横浜市水循環再生構想 に関する調査（その2）

## 1. はじめに

横浜市境川の一次支川柏尾川の上流に注ぐ平戸永谷川は、流域面積15.2km<sup>2</sup>、河川延長4.92kmの2級河川である。流域は全体にわたって工場や団地が立ち並び著しく都市化が進んでいる（市街化率82%）。

本流域ではこのような都市化の進展に伴って、人の安全に係る浸水被害の増大や水質汚濁等の問題が発生していたが、現在では下水道や河川の整備により改善されてきている。

一方、流域の自然環境の著しい変化により、生物生息環境の悪化、親水機能の低下等水環境に係る問題が顕在化しつつある。

このような状況を受けて、本調査は、建設省都市局下水道部と河川局で進められている「水循環・再生構想策定マニュアル」のモデル流域の中の一つとして選定された横浜市の平戸永谷川流域を対象とし、この地域における水循環再生を図り、望ましい水循環を形成するための構想を策定するものである。なお、平成8年度は、同流域の水循環の概要を把握したうえ、その課題の抽出までを行った。本年度は、構想を踏まえた形で水循環再生の目標を定め、目標達成のための施策のあり方に関する検討を行い、水循環再生構想を提案した。

## 2. 水循環に係わる問題

水循環に係る問題については、想定年次毎に設定

した流域フレームをもとに、シミュレーションモデル等を使ってできる限り定量的に把握するように検討した。

### 2.1 流域フレームの設定

流域の想定年次の考え方を整理したものを表-1に示す。

表-1 流域の想定年次

流域想定ケース	想定年次	備 考
過去1	1954年頃	都市化がほとんど進展していない自然地状態を想定
過去2	1984年頃	都市化の進んでいく過程での状態を想定
現 在	1993年頃	現在の社会条件を反映
中期計画	2010年頃	近い将来に計画されている社会条件の変化を見込む。
将来計画	2040年頃	都市化が極めて進展した状態を想定

これまでの市街地拡大の状況から、流域内の開発可能な地域がほとんど都市化すると推定される2040年を将来計画の想定年次とする。また、段階的な整備計画を立案するために中期計画としてゆめはま2010プランの目標年でもある2010年（約10年後）を想定した。さらに、自然状態の水循環機能把握のために、都市化がほとんど進んでいない1954年頃の流域と都市化の進んでいく過程での水循環の状況を把握するために1984年頃の流域を想定した。

表-2 各フレームの設定方法

流域想定ケース	土地利用の設定方法	流域内人口の設定方法	総人口(人)	下水道整備区域の設定方法	人口普及率(%)
過去1 1954年頃	他の業務で作成した土地利用図(100mメッシュ)を利用した。	昭和45、50、55、60年、平成2年の国勢調査メッシュデータから、平戸永谷川流域の人口分布特性を調査して設定した。	17,116	下水道整備はない。	0.0
過去2 1984年頃	横浜市環境保全局の土地利用図(5mメッシュ)を利用した。		132,527	1984年度時点での下水道供用開始区域	45.9
現在 1993年頃	平成7年度土地利用図(30mメッシュ)を利用した。		157,511	1993年度時点での下水道供用開始区域	93.2
中期計画 2010年頃	市街化調整区域については全て保全されとし、市街化区域について、2010年の将来用途計画図を用いて土地利用の変化を設定した。	ゆめはま2010プランで予測している人口推定値を算出根拠として予測した。	177,100	下水道計画区域全体	100.0
将来計画 2040年頃	市街化区域内は全て市街化する。市街化調整区域については中期計画と同様である。	新規開発面積に、流域内の人口密度を乗じて推定した。	179,850	下水道計画区域全体	100.0

また、各フレームの想定年次における設定方法と設定値は、表-2のとおりである。

## 2.2 水循環モデルについて

水量に関する課題および改善効果を評価するためのシミュレーションは、洪水時ピーク流量と平常流量を別々のモデルで計算した。以下にモデルの概要を述べる。

### (1) 洪水時ピーク流量の解析

洪水時ピーク流量は、合理式合成法を用いて解析した。都市化による洪水時ピーク流量増加の原因としては、①損失雨量の減少による流出総量の増加、②粗度減少による流出速度の増大の2つが考えられる。

いずれも都市化による不浸透域の増大(=被覆率が上がる)に起因するものである。都市化による洪水時ピーク流量の変化を合理式で評価するためには、浸透面積の変化を反映できるようにする必要がある。そこで、本検討では浸透域、不浸

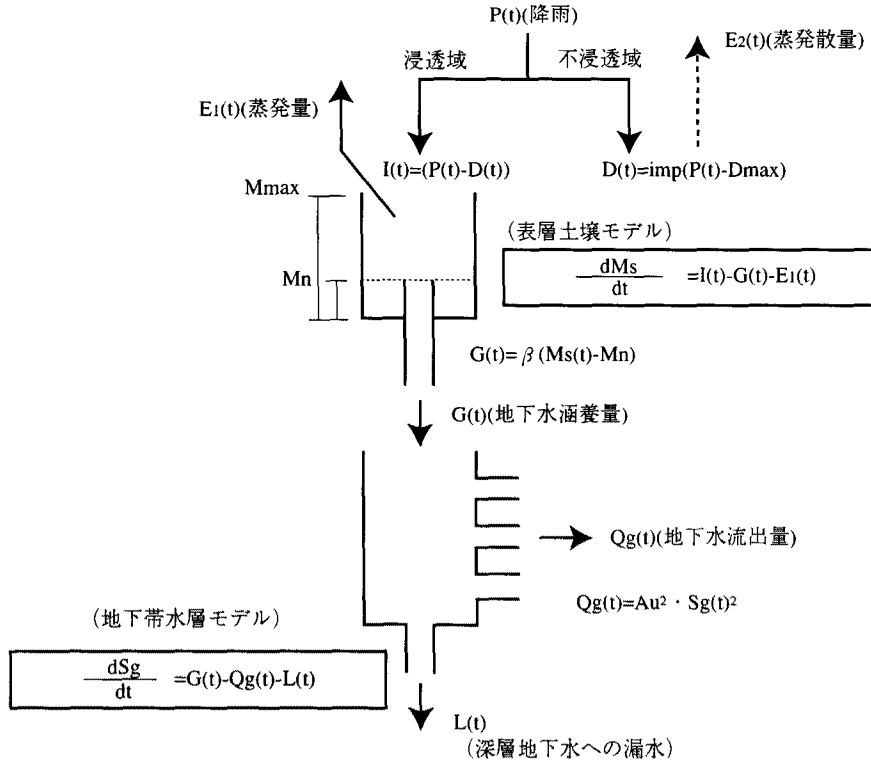
透域それぞれ流出係数を設定した。

### (2) 平常流量の解析

平常流量の評価は安藤、虫明、高橋らによって提案された水循環モデル(以下AMTモデルと略称する)を用いた。本モデルは空間的には流域を一括して扱うタイプであり、低水(日単位)の解析に用いられる。

都市化は、土地被覆条件および不飽和帯の特性の変化とみなすことができるという観点から、試験流域の観測成果を基に、直接流出、地下水流出、不飽和帯水分保留ならびに地下水涵養などの水循環の部分機構を調べ、それを総合した水循環モデルである。モデルの概要を図-1に示す。

流域モデルは、多数のブロックあるいは地域から構成され、その各地域は単一の土壌タイプで覆われているものと仮定する。鉛直方向には二つのタンクで表現され、上部タンクは表層土壌を、下部タンクは地下水帯水層を表現している。



記号説明

P: 降雨量、D: 表面流出量、D max: 不浸透域凹地貯水量、  
 imp: 不浸透面積率、I: 浸透量、E: 蒸発散量、Ms: 不飽和帯水分保水量、Mn: 不飽和帯最小含水量、M max: 不飽和帯飽和水分量、G: 地下水涵養量、β: 地下水涵養量の比例定数、Sg: 地下水保水量、Qg: 地下水流出量、Au: 不圧減水定数、L: 深層地下水への漏水量

図-1 AMTモデルの概要

2.3 水循環に係わる問題

(1) 洪水時流量と平常時流量の格差の拡大

水量については、都市化の進展により、不浸透域が増加したため、大雨のときには短時間で大量の雨が川へ流出し、一方晴天時には河川流量が枯渇するといった事態を招いている。図-2に示すように洪水時の流量と晴天時の流量の格差が急激に拡大している。

(2) 水質の変化

水質については、平戸永谷川流域は下水道の整備が進んでいるため（整備率96%）、環境基準を指標としてみた場合、1992年の観測開始以来、基準値（ $BOD \leq 8 \text{ mg/l}$ ）をクリアしている（下流部の渡戸橋地点で $5.8 \text{ mg/l}$ ）。

図-3に平戸永谷川の最下流端における河川水質の経年変化のシミュレーション結果を示す。2001年に下水道の普及率が100%に到達した後は、河川に流入するポイントソースはほぼゼロになる

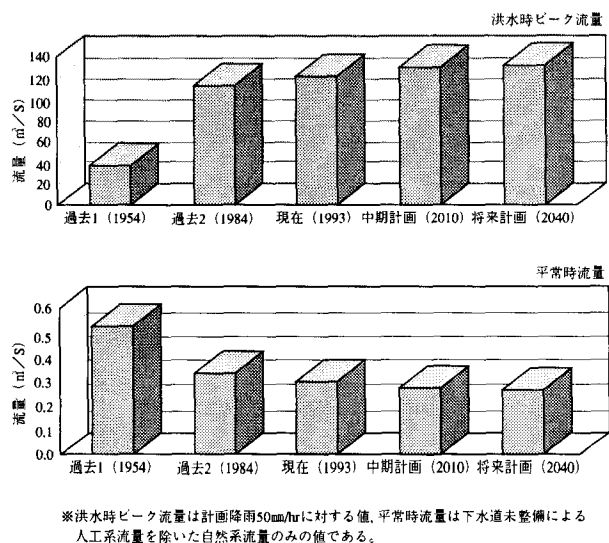


図-2 洪水時ピーク流量と平常時流量の推移（平戸永谷川最下流端）

ので、河川水質は自然系の負荷などによる影響のみを受けBODで3 mg/l程度になると予測される。しかし、依然として整備困難地区や工場等からの存置汚水の問題があるほか、晴天時に道路や屋根に堆積した都市系のノンポイント汚染源負荷が雨天時に流入し、河川水質を悪化させる可能性がある。

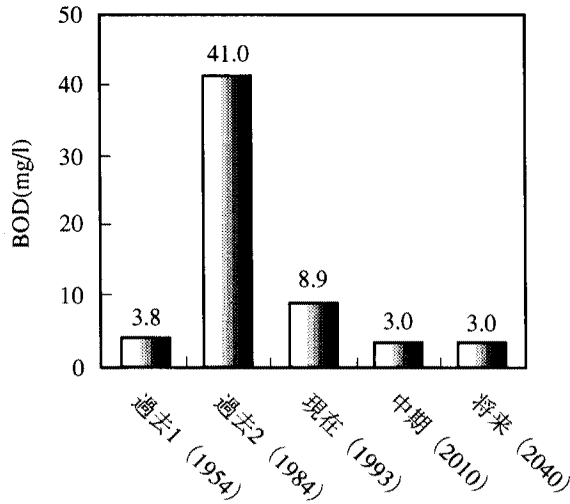


図-3 平戸永谷川最下流端における水質予測結果 (BOD)

(3) 親水性の変化

河川空間については、親水空間として流域内に

馬洗川せせらぎ緑道, 川上町・品濃町小川アメニティ, 上永谷ふれあいの水辺, 川辺の散歩道が整備されている。しかし、これらの地点を除く大部分の流域内の河川・水路の空間は、護岸の勾配が大きく、川沿いの通路から河床までの距離が長く、画一的で単調な断面形状であり、水辺に近づきにくい構造になっている。(写真-1)

### 3. 目標達成のための基本的な施策

#### 3.1 計画目標

水循環再生施策の効果は、自然系・人工系等の水循環システムの最終的な受け皿である川の姿で評価することができる。このため、水循環再生の計画目標は、平戸永谷川を指標として次のように定めた。

#### 計画目標

- ・治水安全度の向上のために、河道改修のみならず洪水時流量の抑制を図り、あわせて低水敷を生態系や親水性に配慮した形に整備する。
- ・開発される前の河川流量が本流域の河川の固有の流量であると考え、この値まで平常流量の回復をめざす。

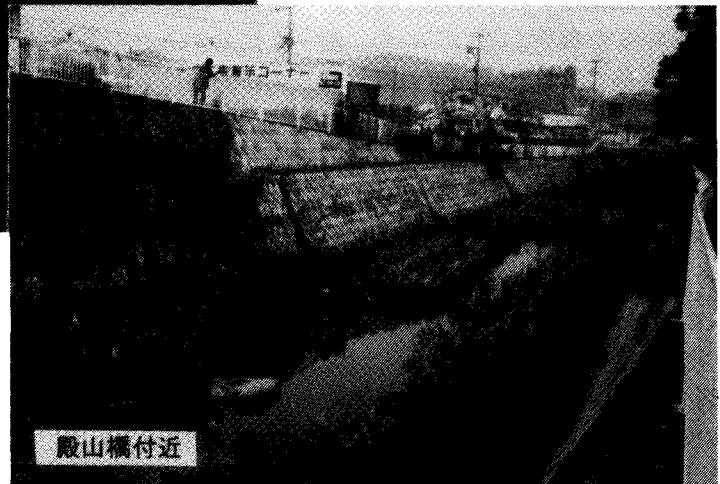


写真-1 近づき難く、直線的な護岸

### 3.2 基本的な施策

計画の目標を達成するための基本的な施策を表-3に示す。本構想の基本的な施策は自然の水循環経路の再生とし、人工の水循環経路の再生以下の施策は、自然系の施策により再生を図っても目標に達し得ない場合に実施する方針とした。これらの施策の中で、水循環改善効果を定量的に評価した項目について、以下に検討結果を述べる。

表-3 目標達成のための基本的な施策

水循環経路の再生	自然系	緑のオープンスペースの確保 雨水浸透施設の設置
	人工系	雨水貯留施設の設置 下水処理水の導入
水質の保全		ノンポイントソース対策の推進 その他（整備困難地区の解消など）
生態系や親水性に配慮した水辺づくり		河川・水路の整備 旧河川敷の活用 失われた水路の再生

#### 3.2.1 緑のオープンスペースの確保

平戸永谷川流域では、都市化の進展により農地及び山林・荒地等の占める割合は流域全体の僅か24%程度に過ぎない。このため、現在の「農地の保全」や「樹林地の保全」を図るとともに、「公園の整備」を推進することにより、流域が本来有していた保水機能の回復を図る。（表-4）

表-4 施策の実施規模

施策	施策の概要
農地の保全	現在の農地58.9ha（農業専用地区・農用地区域52.2ha、生産緑地6.7ha）を維持・保全する。
樹林地の保全	現在の樹林地6.2ha（下永谷市民の森6.2ha）の維持・保全、緑地保存地区等の拡大を図る。
公園の整備	現在の公園26.0ha（身近な公園25.4ha、都市緑地0.6ha）に加え、さらなる公園の整備を推進していく。

#### 3.2.2 雨水浸透施設の設置

雨水浸透施設としては、現在集合住宅地に対して1.2ha、道路用地に対して2.2haの設置が行われている。

今後はこれらに加え、「横浜市雨水浸透施設設置基本計画図」に示されている浸透適地及び浸透可能地の中で、「一般住宅地」「集合住宅地」等を対象として積極的に雨水浸透施設を設置し、洪水流量の低減と平常流量の回復に努める。実施規模は中期計画時点（2010年）で全体の25%、将来計画時点（2040年）で100%とした。

#### (1) 雨水浸透施設の設計条件

##### 1) 雨水浸透施設処理区域の浸透強度

設計浸透強度とは計画降雨に対してどの程度まで浸透できるのかを示し、浸透施設の概略効果を把握するのに有効な指標である。設計浸透強度は設計浸透量を集水面積で割ることによって次式で計算される。

$$\text{設計浸透強度(mm/hr)} = \text{設計浸透量(m}^3\text{/hr)} / (\text{集水面積(ha)} \times 10)$$

$$\text{設計浸透量(m}^3\text{/hr)} = \text{浸透ますの単位設計浸透量(m}^3\text{/hr/個)} \times \text{浸透ますの個数(個)}$$

$$+ \text{浸透トレンチの単位設計浸透量(m}^3\text{/hr/m)} \times \text{浸透トレンチの長さ(m)}$$

雨水浸透施設による効果の定量化方法は図-4に示すように、浸透強度に満たない降雨量が全量地下に浸透するものとし、降雨量が浸透強度を上回った場合に降雨量から浸透量を一定量差し引いた量が表面流出するものとする。

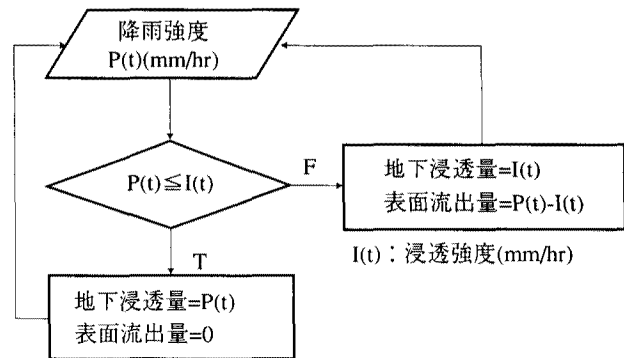


図-4 雨水浸透施設の効果の定量化手法

##### 2) 施設の設計浸透量

雨水浸透施設の設計浸透量を求めるためには、浸透施設設置対象地域の浸透能力を把握する必要がある。浸透能力は、実施設より測定した終期浸透量を用いて算出するのが最良であるが、本流域では測定を行っていない。そのため地質（表層）からの推定により、透水係数を $4.3 \times 10^{-4}$  (cm/s)に設定した。

この透水係数の値を用いて雨水浸透施設別の単位

設計浸透量を求めた結果を表-5に示す。

(2) 雨水浸透施設の導入規模

浸透施設の導入規模の概要を表-6に示す。

各戸に設置する浸透施設の数量を船橋市、松戸市における設置基準を参考にして図-5、図-6に示す施設配置例に基づき設定し、戸建住宅で約2mm/hr、集合住宅で約4mm/hrの浸透強度とした。

また、その他の設置対象施設については、集合住宅と同様に浸透強度4mm/hrの浸透施設の導入を図ることとした。道路用地については、国道や県道における歩道と車道の内、幅員が2.5m未満の道路を透水性舗装の実施対象とした。

3.2.3 雨水貯留施設の設置

現在平戸永谷川流域では、開発遊水池218,189㎡、調整池13,117.8㎡の雨水流出抑制施設が宅地開発技術基準に基づき、教育施設等に設置されている。これらに加え、貯留施設が未設置の「教育施設」「公共公益施設」を対象に、同技術基準に基づく規模の雨水貯留施設を設置する。

(1) 雨水貯留施設の導入規模

1) 公共用地

流域内の学校等の公共公益施設を対象に、開発指導に準拠した540㎡/haの貯留施設を1年に1基ずつ設置していくものとした。

効果の予測にあたっては、各貯留施設ごとの貯水池計算を行い、その効果量を合計した。なお、貯水池の計算においては直方体の貯水池を仮定し、小オリフィスの流量公式によって流出量を算出した。

(小オリフィスの流量公式)

$$Q=C \times D^2 / 4\pi(2g(h-D/2))^{0.5}$$

ここに、C：流量係数(ベルマウスのない場合0.6)、

D：オリフィスの直径、

h：貯水池の水深

表-6 浸透施設の導入規模

設置対象	施策の概要
一般住宅地	時間当たり2mmの浸透施設を設置
集合住宅地	時間当たり4mmの浸透施設を設置
商工業地	時間当たり4mmの浸透施設を設置
教育施設	時間当たり4mmの浸透施設を設置
公共公益施設	時間当たり4mmの浸透施設を設置
道路	歩道や自動車交通量の少ない細街路に対し透水性舗装を整備

○一般住宅への浸透施設の設置(敷地面積150㎡、屋根面積90㎡)

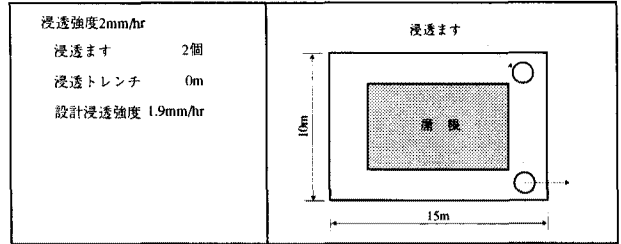


図-5 一般住宅への雨水浸透施設設置例

○集合住宅への浸透施設の設置(敷地面積357㎡、屋根面積200㎡)

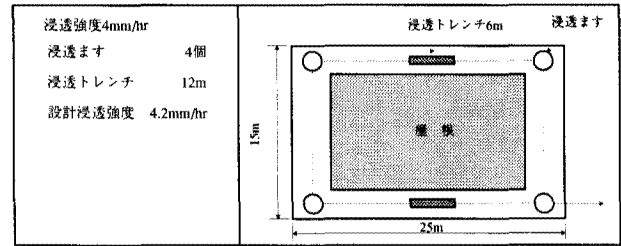


図-6 集合住宅への雨水浸透施設設置例

$$Est1(t) = \Sigma(Q_{in} - Q_{out}) / A_{all}$$

ここに、Est1:雨水貯留施設による流出減少量 (mm)

$Q_{in}$ :雨水貯留施設への流入量、

$Q_{out}$ :雨水貯留施設からの流出量

$A_{all}$ :対象区域面積

2) 各戸貯留(駐車場貯留)

住宅団地の駐車スペースの標準的な寸法である、幅2.5m、長さ5mを各戸の駐車場の面積として、さらに湛水深を0.1mに設定し、容量1.25㎡の貯留施設を各低層住宅に設けるものとした(実際に

表-5 施設と単位設計浸透量

浸透施設	単位	施設形状	比浸透量 (㎡)	透水係数 (cm/s)	基準浸透量 (mm/hr)	単位設計浸透量 (mm/hr)
						平戸永谷川流域
浸透トレンチ	m	W×H=0.6m×0.6m	3.4	0.00043	0.053	0.043
浸透ます	個	W×H=0.6m×0.8m	6.7	0.00043	0.104	0.084
道路浸透ます	個	W×H=1.0m×1.0m	5.2	0.00043	0.080	0.065
浸水性舗装	㎡	H=0.3m	1.3	0.00043	0.020	0.016

・浸透トレンチ、透水性舗装の施設構造については「横浜市雨水浸透下水道デザインマニュアル」準拠した。  
 ・浸透ますについては、集合住宅に設置するφ450ますを仮定した。  
 ・道路浸透ますについては、「東京都雨水貯留・浸透技術指針(案)」に準拠した。

は、既存の駐車スペースの周りに高さ0.1mの囲いを設ければよい)。

各戸貯留による効果量は、流域の一般低層住宅の面積を150㎡と仮定して、低層住宅の戸数を求めて、1戸あたりの流出抑制効果に低層住宅の戸数を乗じて求めた。

(各戸貯留による流出量減少量)

$$\text{Est2} (t) = (\text{Qin}' - \text{Qout}') \times N / \text{Aall}$$

ここに、Est2：各戸貯留による流出量減少量 (mm)

Qin'：貯留施設への流入量、

Qout'：貯留施設からの流出量、

N：一般低層住宅戸数

Aall：対象区域面積

## 4. 施策による水循環改善効果

3.に示した各施策による水循環改善効果として、洪水時ピーク流量の低減効果、平常時流量の回復効果を前述のシミュレーション（洪水時：合理式合成法、平常時：水循環モデル）にもとづき予測した。

### 4.1 洪水時

平戸永谷川を生態系や親水性に満ちた川に戻すためには、洪水時に流れる流量を極力抑え、河道に環境整備のための余裕を生じさせる必要がある。現在の河道は、時間当たり39mm/hrに対応した整備が進められている。この場合の計画洪水ピーク流量が、「緑のオープンスペースの確保」、「雨水浸透施設の設置」、ならびに教育施設など公共施設への「雨水貯留施設の設置」によって、図-7のように約

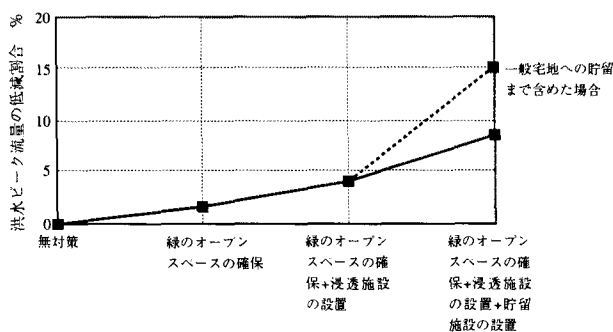


図-7 施策による洪水ピーク流量の低減割合

8%の割合で低減すると考えられる。また、「雨水貯留施設の設置」の範囲をさらに一般宅地等にまで広げた場合、洪水ピーク流量は約15%の割合で低減する。

### 4.2 平常時

平常時流量については、その目標である開発前の平常流量に対し、対策を何も施さないと65%程度の流量であるが、「緑のオープンスペースの確保」と「雨水浸透施設の設置」により80%以上まで回復が図られると予想される。(図-8)

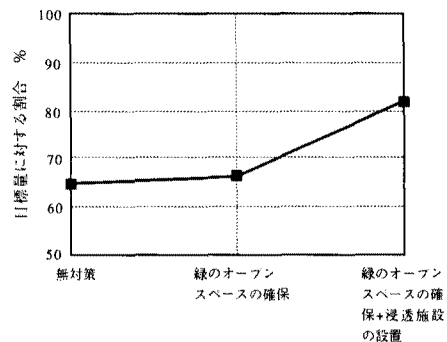


図-8 平常流量における対策効果量

## 5. まとめと今後の課題

本調査では、横浜市の平戸永谷川を対象に水循環再生構想を策定し、洪水時流量の抑制と平常時流量の回復を目標として、水循環改善施策の提案および改善効果を予測した。その結果、浸透・貯留のみの施策であっても洪水時流量は15%低減でき、平常時流量は目標値（開発前の流量）の80%以上まで回復することが予測できた。しかし、これらの施策には、一般住宅へ設置した浸透施設や貯留施設の効果が大きなウェイトを占めている。今後、本流域のように宅地が大半を占める成熟した都市のなかで、自立性・持続性のある循環型社会にむけた地域づくりを行う場合には、積極的な住民参加のもとに、現行の施策と整合・調和を図りながら、水循環再生を進めていくことが重要であると考えられる。なお、横浜市では、本調査を含めたこれまでの調査結果をもとに、水環境マスタープランが作成され、本構想についても具体的に検討される予定である。

●この調査に関する問い合わせは 研究第二部長 前田 正博  
 研究第二部主任研究員 本 靖夫  
 研究第二部研究員 木内 悟