

都市の水循環再生構想とその課題

Design Concept and its Issues for Revival of Hydrological Water Cycle in Urban Area

忌 部 正 博
Masahiro IMBE

1. はじめに

近年、都市開発が進むにつれて、屋根や舗装など雨水が地下にしみこみにくい面積が増えることにより、従来ゆっくり河川に流出していた雨水が、一気に河川に流れ込むために、特に都市内の中小河川では、一度豪雨があると溢水、氾濫が多発するようになっている。一方、このような降雨時の流量の増大に反して、地下水の低下や湧水の涸渇などの現象が生じるとともに、平常時の河川流量は減少してきており、それによって親水空間としての河川が失われつつある。

地下水の低下は渇水の危険を増すばかりでなく、緑地、街路樹などの潤いを失わせ、気温上昇、乾燥化などの都市気候の変化をもたらし、ヒートアイランド現象の一因にもなっている。またコンクリート三面張りの無機質な河川は、景観、親水性の点からも改善の必要性が叫ばれている。

さらに、これら自然系の水循環に関する課題ばかりでなく、都市化に伴う人口の増加に呼応して、流域外からの導水量の増加や河川水質の悪化など、上下水道の給排水に係わる人工系の水循環についても問題が生じている。

これら都市化に伴う水循環のひずみを未然に防ぎ、合わせて省資源・環境共生型のライフスタイルを定着させるために、行政機関の都市、下水道、河川、道路、住宅などの各部局が連携して水循環再生のための構想を策定し、それらの構想を具体化してゆく必要がある。

このような状況に対応するために、平成7年度の建設省の重点施策の一つとして「都市における適正な水循環再生への取り組み」が掲げられ、「都市の水循環再生構想策定マニュアル」の作成と、同時並行のケーススタディとして全国6流域を対象に「各流域の水循環再生構想」の策定が進められてきた。「都市の水循環再生構想策定マニュアル」の作成については、建設省河川局河川環境課、都市局下水道部公共下水道課・流域下水道課、並びに(社)雨水貯留浸透技術協会が事務局となって、検討委員会(委員長:虫明功臣教授、東京大学生産技術研究所)が設置され、またモデル6流域については、自治体が中心となって学識経験者を委員長とする流域協議会が設置され、各々検討が進められてきた。

本稿は、これら一連の検討で得られた都市の水循環再生構想を策定する際の考え方およ

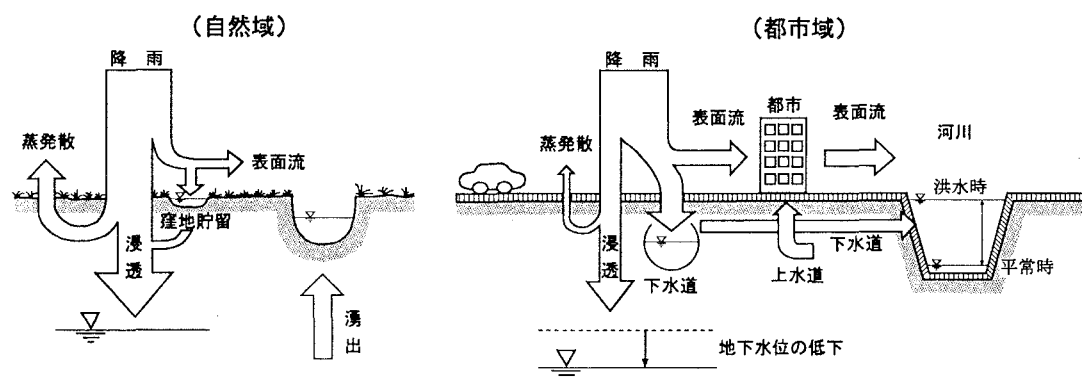
び検討方法を概説すると同時に、モデル6流域の1つである海老川流域(千葉県船橋市)への適用例を紹介するものである。さらに、水循環再生のための方策として期待されている雨水貯留浸透技術および水循環の定量評価について、現時点での課題と方向性に関する知見を取りまとめたものである。

2. 水循環再生構想策定の考え方

2.1 都市の水循環再生のイメージ

図-1 は自然域と都市域の水循環の相違を概念的に表したものである。矢印の太さは水量の多少を示している。自然域では、雨水の地下への浸透、窪地での貯留、蒸発散が多いので、その分、表面流出が小さいが、都市域では、屋根や道路等の不浸透面積が増加するため、自然域とは逆に、地下浸透、窪地貯留、蒸発散が減少する一方、表面流出が増大し、浸水被害の危険性が高まる傾向にある。また、平常時の河川の流量は、自然域では地下水からの湧出量が豊富なため、豊かな流れが維持されるのに対し、都市域では雨水が表面流出してしまうため、流量が減少し、潤いある親水空間が失われている。

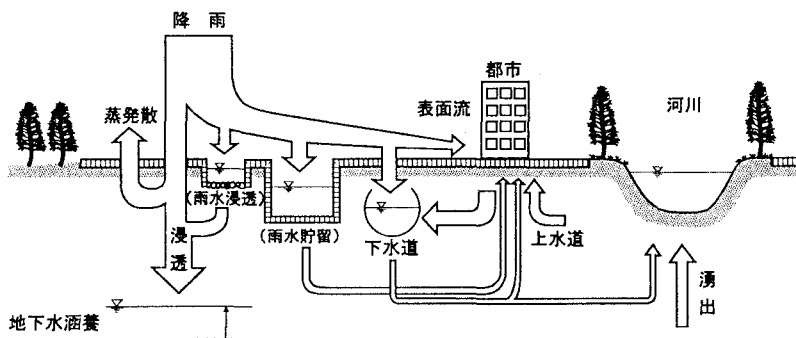
このように、都市化による水循環の変化を改善し、できる限り昔の自然状態に戻すための種々の対策を検討する必要がある。具体的には、貯留・浸透施設の設置により直接流出を緩和したり、雨水や下水処理水の再利用・有効利用を促進することなどが考えられる(図-2)。



自然域では、土壌の浸透、蒸発散、窪地での貯留効果などにより、表面を伝って河川へ流出する量が自然な形で抑制されている。

都市化に伴い自然域が屋根や舗装で被覆されると、雨水の浸透量、蒸発散量が減少する一方、表面を伝って河川へ流出する量が増大する。

図-1 都市化に伴う水循環の変化



雨水貯留・浸透施設の効果により地下水の涵養が図られ表面流出が減少する。また、雨水利用や下水処理水の有効利用により上水使用量の低減、河川の平常時流量の復活が実現する。

図-2 水循環再生のイメージ

2.2 基本理念および基本的方向

水循環再生構想の策定にあたっては、持続的な都市活動を支え、永続的な自然との共生を可能とし、さらに人と水との新たな関係を醸成する新しい水循環系を構築することを基本理念とする。さらに、それを達成するための基本的な方向を ①フローからストックへ(排水から貯留と浸透へ)、②リサイクル(有効利用)、③クリーン(水質改善)、とする。

都市における水は、防災面や環境面で非常に重要である。身近なところに水を豊富に取り戻すことは、潤いのある安全な都市づくりに欠かせない要素となっている。これまでの排水系の強化に見られる、すみやかに雨水を排除するフローの考え方から、多様な方法で効率的に水を貯えるストックの考え方への転換が必要となっている。

一般に都市は独自の水源を持たず、生活用水の大半を域外からの導水に依存している。一方、域内の雨水は直接あるいは下水処理場を経由して短期間の内に域外に流下している。こういった不均衡を是正するため、節水を励行するとともに、域内の雨水や下水処理水のリサイクルを促進して水需要の緩和や水辺のアメニティーの向上に供することが必要である。

都市化による経済活動の拡大は排出汚濁負荷量を増大させ、河川、閉鎖水域や地下水の汚染を進めた。都市の水循環再生には水量の確保とともに水質の改善が不可欠である。汚濁物質は水によって運ばれるので、水循環の経路に着目し、できるだけ発生源で除去することが望ましい。

2.3 水循環の望ましいあり方

都市の水循環系を構成する流域内の自然循環系及び人工循環系の二つの経路およびこれらの最終的な受け皿である河川について望ましいあり方を具体的に示せば以下のように考

えられる。

(1) 自然循環系

現状で保水・遊水機能を有している土地については、極力、これの維持に努めることが望ましい。これらの土地を改変する場合は、雨水貯留浸透施設などを活用して従前の保水・遊水機能を代替する措置を講じるべきである。また、切土や地下構造物などによる地下水流れの障害が生じないように留意する必要がある。雨水浸透による涵養地下水は自然循環させる一方、適正範囲内で地下水利用することも考えられる。

(2) 人工循環系

① 雨水排水系

下水道・河川整備を図って浸水防除を推進するとともに、雨水浸透、雨水貯留などによる流出抑制を積極的に行うことが必要である。さらに、雨水貯留施設などの貯留水は直接あるいは用途に応じた水質処理を施した後、再利用することが望ましい。

② 人工給水系・汚水排水系

下水道の未整備地区については強力に下水道整備の推進を行う必要がある。また、下水処理水については放流先の状況に応じて高度処理を行うとともに、上流域への還元、せせらぎ水路への導水など放流先の多様化を図り、水環境の向上に利用すべきである。さらに、老朽化している上下水道管渠については補修・更新を行い、漏水あるいは侵入水の遮断を図る必要がある。家庭・工場・事業所においては節水率、再利用率を高めて導水量の軽減を図り、排出する汚濁負荷量の削減に努める必要がある。

(3) 河川

これらの循環系の最終的な受け皿である河川については、浸水常襲地区において抜本的な治水対策を推進する。また、街並みに調和し、うるおいのある川づくりを進めるため、河川区域内での水質浄化、下水の高度処理水の放流等により平常時流量の確保、水質の保全等、河川環境の向上に努める必要がある。

3. 検討方法

3.1 構想策定の流れ

水循環の再生は地域と一体となった対策の推進を前提として考える必要がある。このため、コミュニティとして結束し得る中小河川流域内の自治体が組織する地域協議会が構想の策定に当たることが望ましい。構想の策定に至る標準的な検討フローを図-3に示す。検討に当たっては、水循環再生の基本理念を十分理解した上で、地域住民の意見や現況の調査結果を踏まえて、地域の問題・課題を適切に把握する必要がある。「基本方針・計画目標の設定」から「対策効果の検討」までの流れは試行を重ねることにより、対策の効果・効率に関する十分な検討を加えて構想の実現性を高める必要がある。

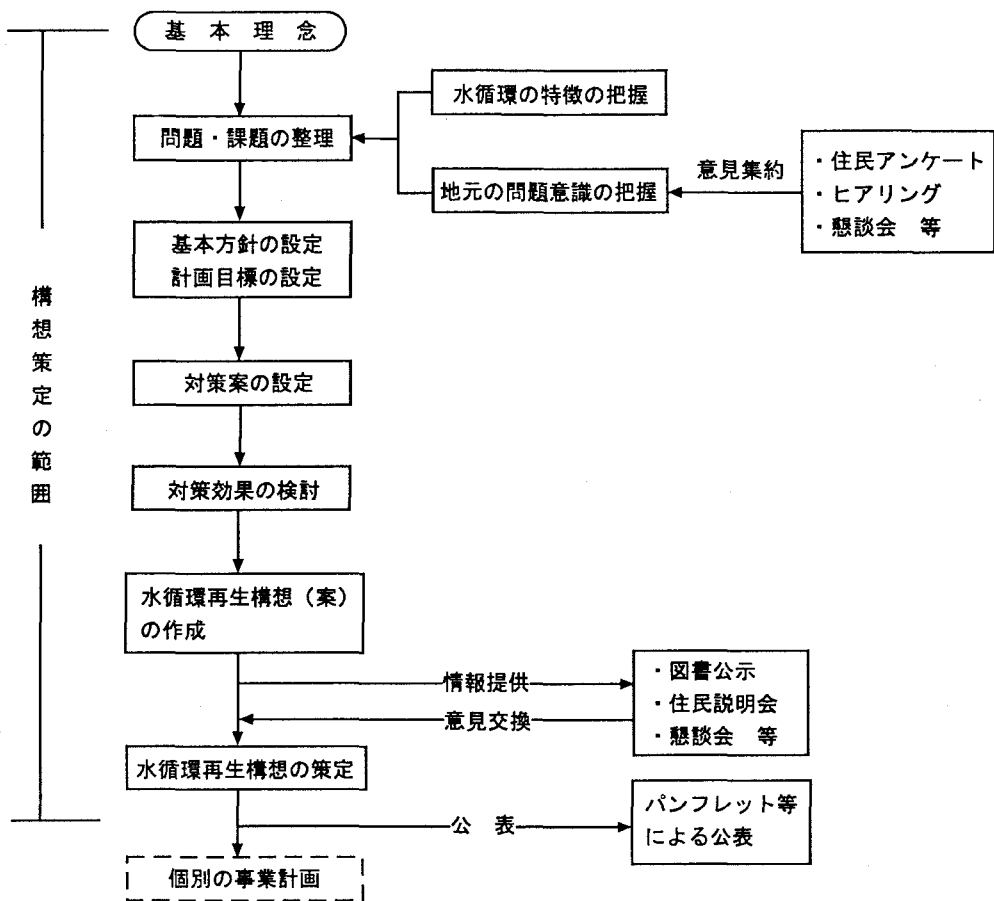


図-3 検討フロー

3.2 水循環の評価方法

水循環の評価は、水量に対しては年間の水収支、水質に対しては汚濁負荷収支による定量評価を基本とする。図-4 に年間水収支、図-5 に年間汚濁負荷収支の例を示す。このような収支図から、降水量、蒸発散量、直接流出、間接流出、下水処理水などに分類・集計することにより、都市化前、都市化後、整備後の各過程における変化量を図-6 のような棒グラフで示すことができる。このような図を作成することにより、都市化の過程での水循環の変化と整備による効果を概略把握することが出来る。

水循環の定量評価に用いる解析モデルには、簡単なものから複雑で精度の高いものまで種々の方法がある。これらのモデルの中から既存データの蓄積状況に合った適用可能なものを選択する必要がある。

なお、水循環の評価は面的に行う必要があるため、流域内の複数の地点で評価を行うことが望ましい。

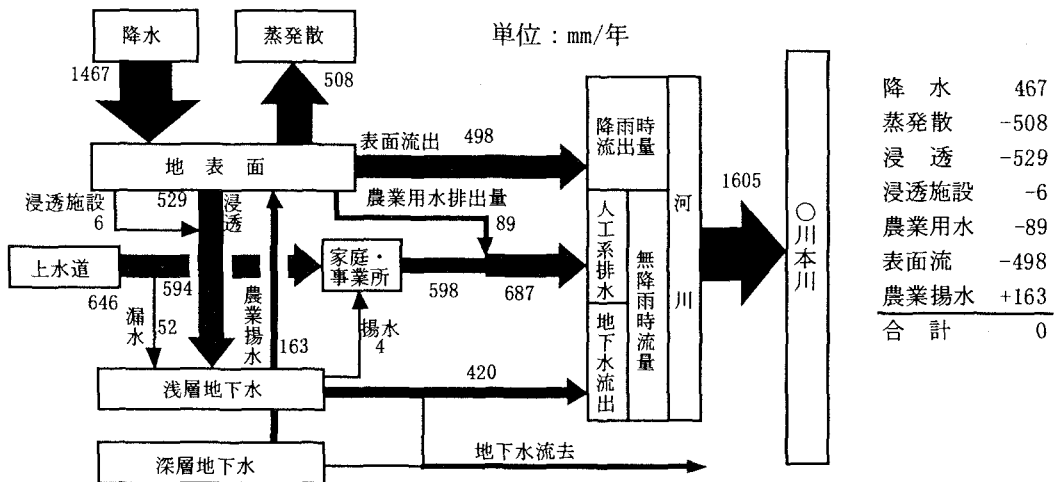


図-4 年間水収支の例

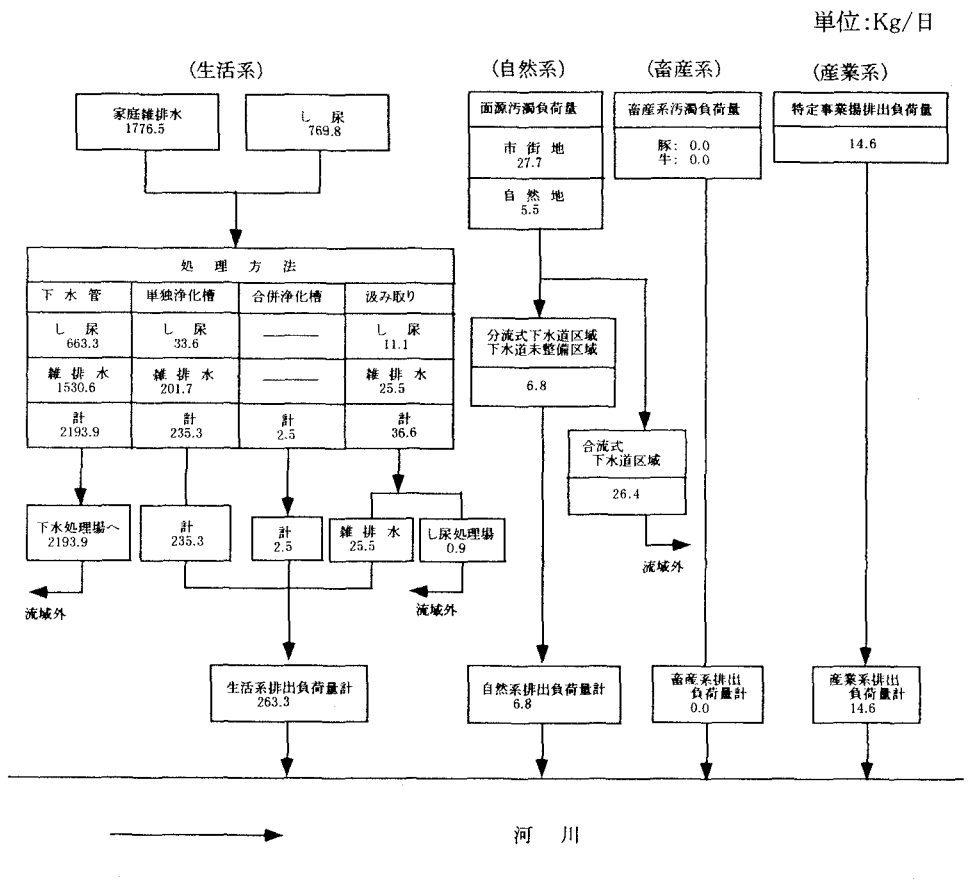


図-5 年間汚濁負荷収支の例

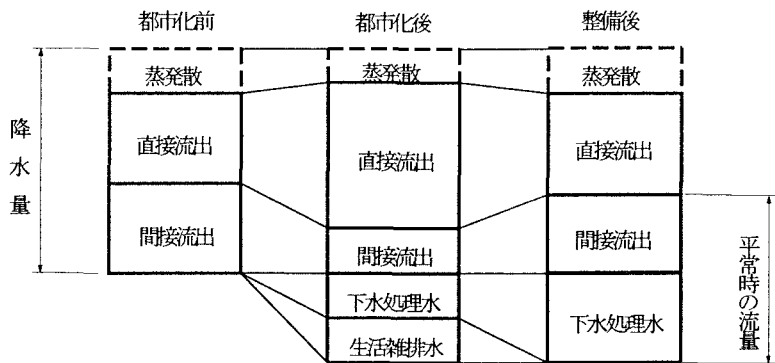


図-6 水収支変化図の例

3.3 対策案の設定

対策案の設定にあたっては、基本方針に即していることはもとより、確実に計画目標を達成する意味から、先行計画との調整、用地取得、工期、費用負担(事業制度の有無、維持管理等)、技術的課題、管理(技術、要員)、普及の見込み等を勘案し、実現の可能性の高いものを選定する必要がある。

対策案は、水循環の様々な経路で実施され、多岐にわたる行政部局および住民・事業者が連携して実施に当たることが重要である。そのためには、複数の対策案を設定することが望ましい。また、特定の課題に対しては必ずしも効果は大きくないが、複数の課題に効果が期待できるような対策は、総合的な効果の大きい場合が多いので、対策案として設定されることが望ましい(表-1 参照)。

表-1 課題と対策の関係

課 題 対 策	平常時流 量の確保	洪 水 制 御	水資源の保全と有効利 用		生態系の 復元	汚 濁 制 御	熱環境の 改善等
			都市用水	家庭用水			
自然地の保全	○	○			○		○
下水道の整備	○	○	△		○	○	
河川の整備		○			○		○
雨水浸透施設の普及	○	○	△		○		○
雨水貯留施設の普及	○	○	○	○			○
下水処理水の活用	○		○	○		○	
水資源の循環利用	○		○	○			
効率的な水利用意識の高揚			○	○			
河川・湖沼の浄化			△		○	○	
汚濁源対策			△	△	○	○	
未利用エネルギーの活用							○

注) ○は直接的な関係を、△は間接的な関係を示す。

3. 4 水循環構成要素の算定方法

(1)水循環の構成要素

マクロな年間水収支を想定した場合、水循環の構成要素を模式的に示すと図-7のようになる。また、それぞれの経路で輸送される汚濁負荷(代表的な指標として、BOD など)も定量化の対象とする。

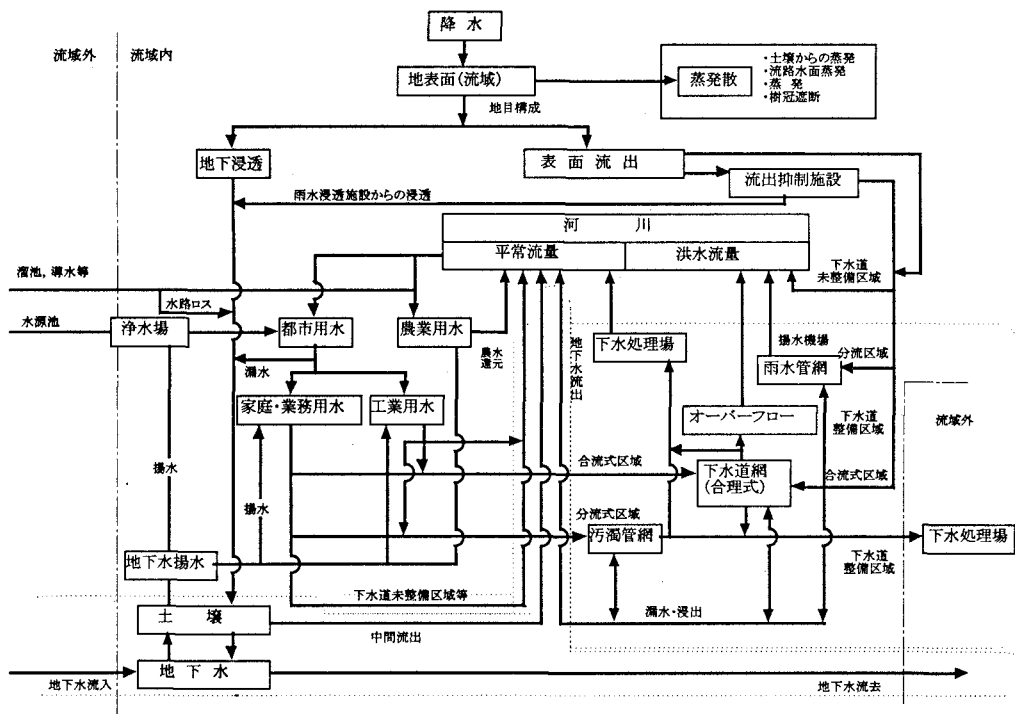


図-7 水循環構成要素

(2)自然循環系

① 降水量

降水量は区域内もしくは近傍の気象観測所の点雨量を対象地域の平均量とみなす。区域内に複数の観測所が存在する場合はティーセン法、等雨量線法などの方法で算定される平均量を当てる。

② 蒸発散量

蒸発散量の推定法としては、① 計器蒸発量(パン蒸発量)に定数を乗じて推定する方法と② 気温等の気象情報から可能蒸発散量を推定する方法などがある。②の方法としてはソーンスウェイト式、ハーモン式などの実用式があり、実蒸発散量を求めるためには、0.6～0.7 の定数を乗ずれば大略妥当な結果が得られるようである。

③ 流出量

流出量は流下経路により ① 表面流出成分、② 地下水流出成分および ③ 地下水流去成分に分けられる。これらの流出成分分離の方法としては ① 水収支法による推定、② 概

念モデルによる推定、③ 物理モデルによる推定などがある。いずれの方法を採用するかは計画目標を評価する項目に応じて選定する必要がある。また、解析に要する入力条件はモデルに依存するため、既存データの蓄積状況や新たに必要となる調査量などを勘案して選定を行う。評価方法の分類、特徴、入力条件、評価可能項目等を表-2に示す。

なお、モデルの妥当性を検証するためには最低限、降雨データと計画評価地点における流量データが必要である。これらの観測が実施されていない場合は出来るだけ早期に観測体制を整えることが望ましい。

表-2 水循環の評価法の特徴

分 類		水収支による評価	概念モデルによる評価	物理モデルによる評価
概 要		降雨、流量、人工系給排水量などの観測結果と地目別流出率などの経験的な配分則により経路毎の循環量を概略推定するもの。計算は貯留量の時間変化を無視するため四則演算で実行される。	流出の各素過程をタンクモデル、貯留関数などの概念的な数理モデルで表現したもの。モデル中の定数は観測流量との一致度により同定する。	流出の各素過程を理論に基礎を置く数理モデルで表現したもので、計算上の流向の仮定により1次元モデルから3次元モデルまで多様である。モデル中の定数は計測可能な物性値で設定することを前提とする。
入力情報の多少		少	中	多
出力情報の多少		少	中	多
演算の難易度		低	中	高
結果の厳密性		低	中	高
計算時間単位		年	日	秒～時間
計算空間単位		流域一括	流域一括あるいは小分割流域毎	計算格子点毎
入力条件 (計算空間)	降雨量	○	○	○
	蒸発散量	○(実蒸発散量)	○(実蒸発散量)	○(可能蒸発散量)
	土地利用情報	○(浸透・不浸の別)	○(浸透・不浸透の別)	○(浸透・不浸透の別、等価粗度係数)
	人工系給排水量	○	○	○
	自然系保水特性	×	○(タンク孔定数、貯留関数等)	○(透水係数、不飽和帯特性)
	河道特性	×	×	○(形状、粗度係数)
評価可能項目	経路毎の年循環量	○	○	○
	日流量・流況	×	○	○
	高水流量	×	×(別途、高水流出解析が必要)	○
	地下水流去量	×	△	○
	地下水位・涵養量	×	×	○

注) 入力条件、評価可能項目は一般的な構成、内容を掲げたものであり、個別のモデルにより多少変化する。

(3) 人工循環系

① 人工給水系

人工給水系の構成要素は用途によって、① 生活用水、② 工業用水、③ かんがい用水などに分けられる。これらの量の推定方法としては、実績値に基づく方法と原単位による方

法などに分けられる(表-3)。使用実態が不明で小規模な地下水揚水量は、給水量原単位から推定される場合が多い。なお、人工給水系の推定にあたっては、水源が域外のものか域内のものかを分けて扱う必要がある。

② 人工排水系

人工排水系としては①汚水流入量、②雨水流入量、③オーバーフロー量、④地下水浸出量など下水道の循環量ならびに④下水道未普及区域における直接排水量などを推定する必要がある(表-4)。雨水流入量は自然循環系の流出量と併せて計算される場合が多い。

表-3 人工給水系の定量化

水循環構成要素		定量化手法		算定方法
		大分類	中分類	
生活用水	給水量	実績値を用いる方法	水道メーター検診結果集計	—
			事業年報等による	
		原単位を用いる方法	生活用水使用量原単位	生活用水原単位×人口
	漏水量	実績値を用いる方法	事業年報等による	—
			無効水率	給水量×無効水率
		漏水率を用いる方法	水道漏水率	給水量×水道漏水率
工業用水	給水量	実績値を用いる方法	水道メーター検診結果集計	—
			事業年報等により	
		原単位を用いる方法	工場出荷額当たり	原単位×工場出荷額
			常用従業者数当たり	原単位×従業員者数
かんがい用水	取水量	実績値を用いる方法	—	—
		減水深を用いる方法	—	減水深×かんがい面積+管理用水量

表-4 下水道系の定量化

水循環構成要素		定量化手法		算定方法
		大分類	中分類	
下水 (下水道未普及区域)	汚水流入量	下水管内流量実績値を用いる方法	—	—
		家庭・事業所の使用水量を用いる方法	—	全使用水量×普及率×還元率
		処理場実績を用いる方法	—	処理場流入量－地下水浸出量－雨水流入量
	雨水流入量	流出モデルによる方法		自然循環系の流出量の算定方法に同じ
		実績値を用いる方法	—	—
			施設能力からの算定法	
	オーバーフロー量	施設能力からの算定法	3q方式など	雨水流入量+汚水流入量－施設能力
		オーバーフロー率を用いる方法		雨水流入量×下水道普及率×オーバーフロー率
	地下水浸出量	実績値を用いる方法	処理場月報等による	—
		原単位を用いる方法	当該地域の実績値	浸出水等原単位×処理面積
		計画設計値による		平常時汚水量の数パーセントを見込む
		水収支法		処理場流入量－汚水流入量－雨水流入雨量
(未普及域)	直接排水量	還元率を基に推定する方法	—	全使用水量×(1-下水道人口普及率)×還元率
かんがい用水	還元水量	還元率を基に推定する方法	—	粗用水量×還元率

(4) 雨水貯留・浸透施設

① 雨水貯留施設

雨水貯留施設による流出抑制効果は施設への流入量ならびに施設の水位と貯留量の関係および水位と放流量の関係を与えて洪水調節計算を行うことで推定される。計算方法は例えば「流域貯留施設等技術指針(案)」¹⁾に詳しい。

② 雨水浸透施設

雨水浸透施設による流出抑制の評価モデルとしては、① 有効降雨モデル、② 一定量差し引きモデル、③ 貯留浸透モデルがある。これらを適用するためには施設の型式・形状寸法および施設を設置する地点の土壌の浸透能が必要である。浸透能力評価については、「雨水浸透施設技術指針(案)調査・計画編」²⁾に詳しい。

地下水涵養、平常時の流量等、長期流出に対する影響評価を行う場合は ① 流出モデルに施設の浸透機構を組み込む、② 施設の集水域を浸透域とみなして計算を行う、といった扱いがなされている。水収支法、概念モデルによる方法では後者による場合が多い。

(5) 汚濁負荷量

① 排出汚濁負荷量

BOD を代表的な水質指標として、汚濁負荷の推定を行う。

汚濁源の種類を生活排水、工場排水、畜産排水及び自然汚濁に大別し、排水出負荷量の算定を行う。算定に当たって、既存の下水道処理施設、し尿処理場、大規模工場等、現状での排水量・排水水質が知られている場合は、(放流量)×(排水水質)により算定する。これ以外の場合には汚濁負荷量原単位方針によって推定を行う。汚濁負荷量の推定方法は例えば「流域別下水道整備総合計画調査指針と解説」³⁾に詳しい。

② 流出負荷量

河川における流出負荷量は汚濁源からの排出負荷量に流出率を乗じて推定する。流出率は以上で求められる排出汚濁負荷量と水質観測地点における BOD から推定する。

以上、簡便に行う推定法の他に数理モデルによって水質を予測する場合がある。

4. 海老川流域への適用例 ⁴⁾

海老川は、船橋市の北部丘陵地帯に源を発し、南流しながら飯山満川、前原川、長津川を合流して、船橋市の中心を流下し、東京湾に注ぐ流域面積 27.12km²、幹川流路延長 8km の 2 級河川である。流域のほぼ全域を占める船橋市は鉄道交通の進延に伴って急激な宅地開発がなされ、いまなお、都市化が進行している。

現在の市街化率は 62%であるが、21 世紀中頃には 84%に達するとみられている。人口は現在の 20 万人から 26 万人前後に推移すると考えられている。上述のように、船橋市は急激に都市化が進んだため、下水道の整備が人口普及率で 10%と立ち遅れている。

また、本川の治水安全度は 40mm/hr 程度と未だ低い状況である。水質の改善、治水安全度

の向上が緊急課題であるが、平常時河川流量の確保や生態系の保全など将来の水循環系の変化を踏まえた計画策定が必要となっている。

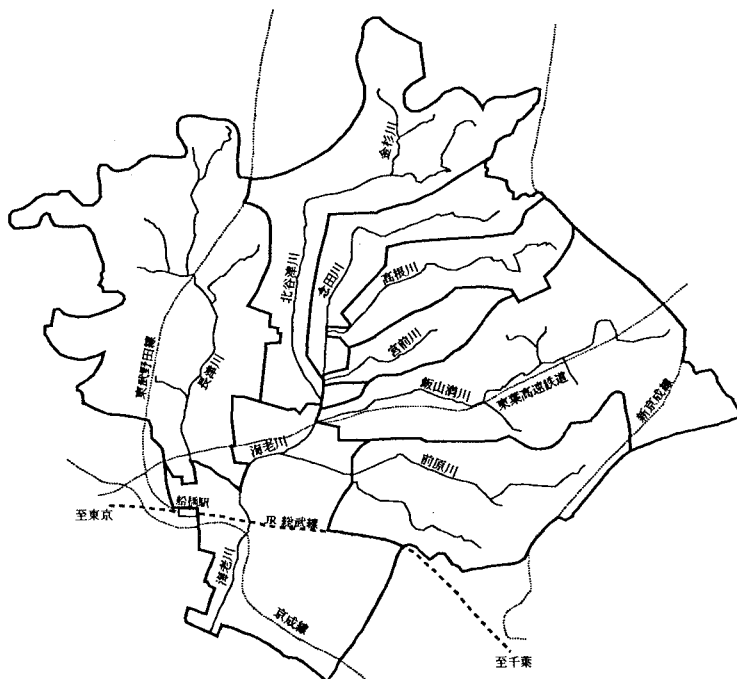


图-8 流域图

4.1 対策メニュー

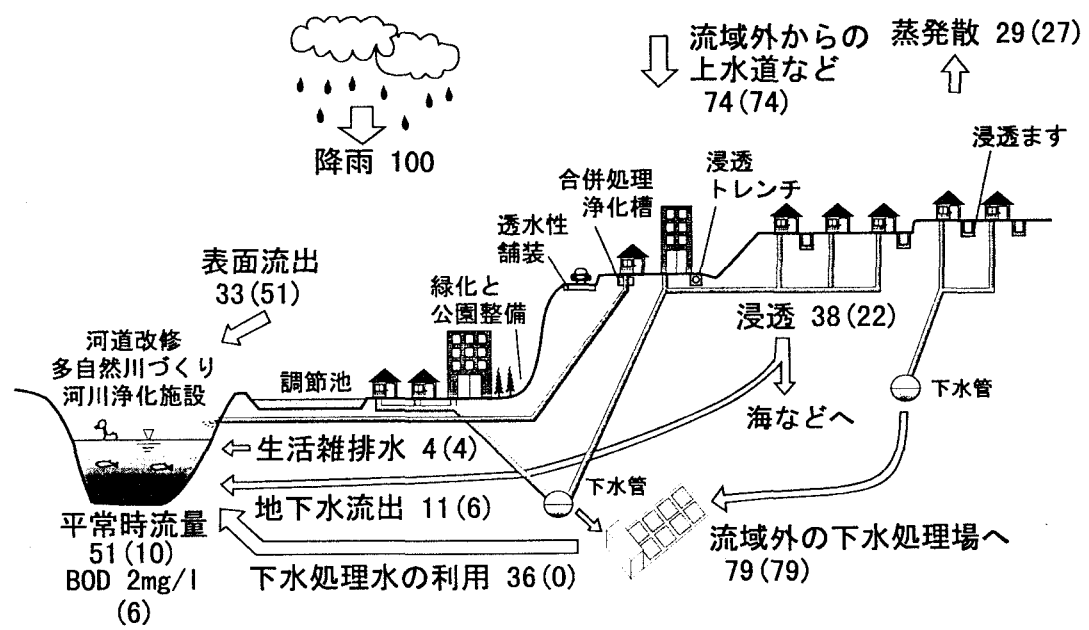
海老川流域では平成 8 年 3 月に流域協議会が発足し、3 年間にわたって流域の水循環に関する調査、計画が検討された。そこで対策メニューとして提示されたものが表-5 である。

表-5 海老川流域における水循環再生のための対策メニュー（21世紀中頃）

対策名	対策内容	対策規模
公園・緑地の整備と保全	生産緑地、指定樹林の維持、都市公園の整備	公園面積 236ha
雨水浸透施設	新規開発地、学校・公共施設、事業所、一般住宅、道路などに 5～20mm/hr の施設を設置する。	処理面積 655ha
雨水貯留施設	新規開発地、学校・公共施設に設置する。	貯水容量 73 万 m ³
下水処理水の利用	流域下水道幹線の高度下水処理水を河川へ放流する。	放流量 38,610m ³ /日
調節池の建設	計画調節池2カ所、防災調節池2カ所の建設	貯水容量 81 万 m ³
河川浄化施設	全6カ所に河川浄化施設を設置	箇所数 6カ所
環境用水容量の確保	調節池、調整池に環境用水容量を確保	貯水容量 3万 m ³
合併処理浄化槽	下水道未普及区域の合併処理人口普及率を80%	—

4. 2 対策効果

当流域の水循環の課題に対応して、洪水流量、平常時流量、流域浸透量及び河川水質(BOD)を評価指標として、分布物理型の水循環モデルにより対策効果を推定した。21 世紀中頃における無対策時および全対策実施時の年間水収支と各評価指標値を図－9、図－10に示す。雨水貯留浸透施設や調節池の効果により洪水流量が低減され、一方、湧水の水源となる流域浸透量が増加している。また、雨水浸透による地下水流出量の増加と下水処理水の河川放流により、下水道整備に伴う河川流量の減少分を補うことが可能となっている。さらに、平常時流量の増加と合併処理浄化槽や河川浄化施設などによる汚濁負荷量の削減により河川水質の大幅な改善が図られている。



図中の数値は降雨を 100 とした時の指数、
() 内は対策を実施しない時の値

調節池や雨水貯留浸透施設の効果によりさらに表面流出が減ります。一方、浸透や地下水流出が増え、湧水が復元したり、地下水位が保全されます。下水処理水の利用により平常時流量はほぼ現在の値まで復元できます。河川水質も改善され、すべての川で BOD3mg/l 以下となります。

図－9 無対策時及び全対策実施時の年間水収支 (21 世紀中頃) ⁵⁾

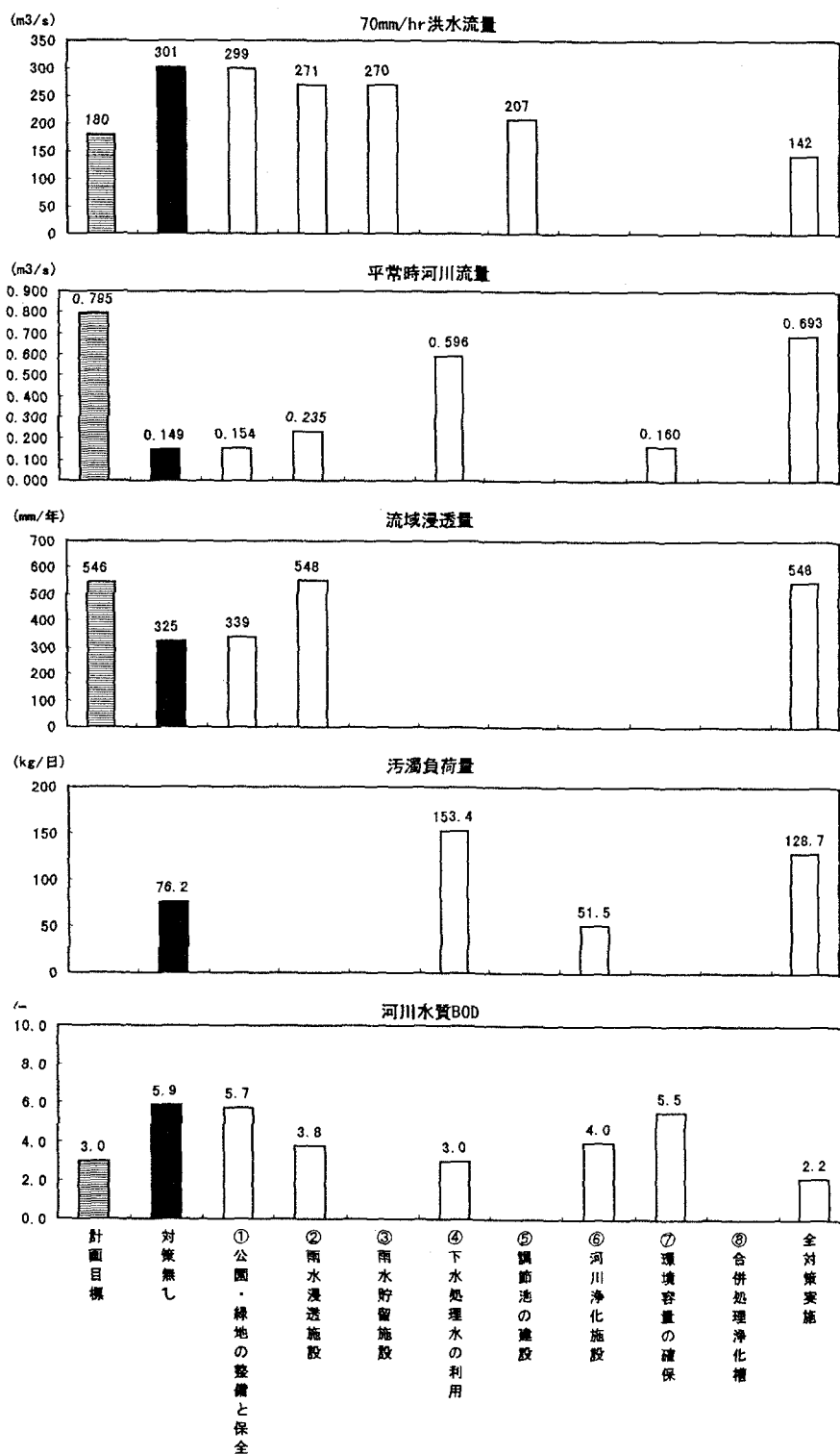
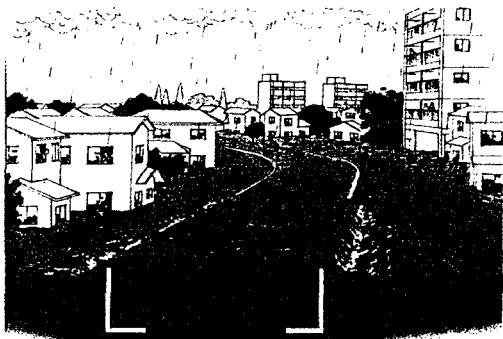


図-10 海老川全流域の無対策時及び全対策実施時の評価指標値 (21世紀中頃)

対策を実施しない場合と実施した場合の海老川のすがた（イメージ）⁵⁾

【洪水時の海老川】—下流部密集市街地—

対策しない場合 大雨時には川が氾濫し、大きな被害を受けます。

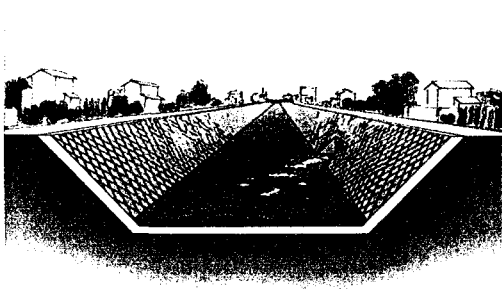


対策した場合 河川の整備と合わせ、雨水貯留浸透施設などを設置することにより、大雨時にも洪水は川の中に余裕をもって流れます。



【ふだんの海老川】—中流部田園地帯—

対策しない場合 川の水は少なく、汚れています。魚や鳥もほとんど見られず、人々は川に背を向けてしまいます。

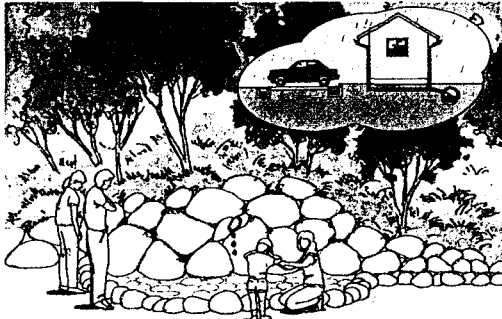


対策した場合 清らかで豊かな水が流れ、生物のにぎわいが感じられます。子供が川の中で遊んだり、川沿いを散策する人々が増え、川が生活と密着しています。

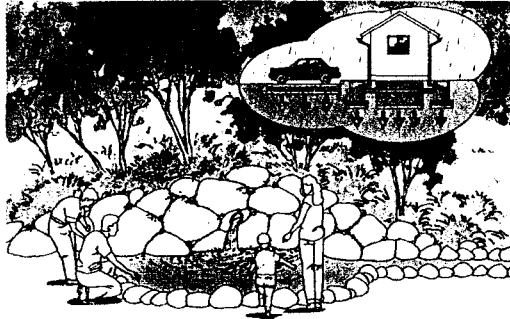


【ふだんの海老川】—中・上流部谷地—

対策しない場合 雨が地面にしみ込まなくなり、地下水が低下します。その結果、ガケ下で多く見られた湧水が枯渇したりします。

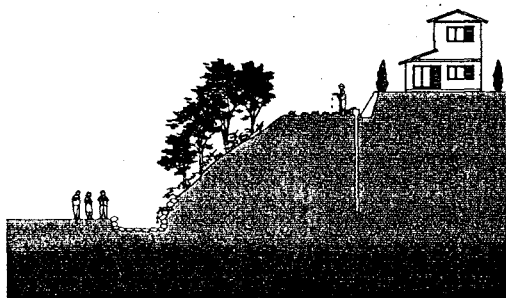


対策した場合 雨水浸透ますなどで土壤に雨水を戻してやると地下水位は上昇し、清らかな湧き水が復元されます。

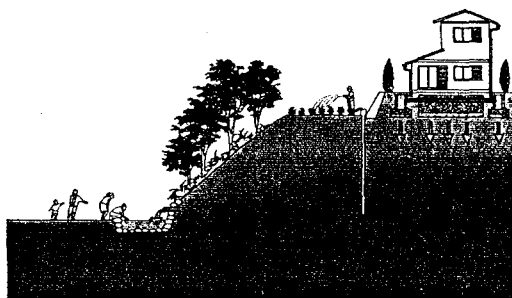


【ふだんの海老川】 —中・上流部の台地—

対策しない場合 雨が地面に浸み込まなくなると地下水位が低下し、井戸水などが涸れたりします。

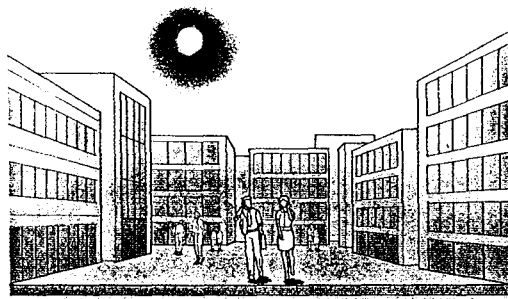


対策した場合 雨水浸透ますなどで土壌に雨水を戻してやると地下水位は上昇し、地下水が豊富に利用できます。



【ふだんの海老川】 一下流部オフィス街—

対策しない場合 一般に都市化がすすむと気温が上昇し、夏には熱帯夜が増えると言われています。

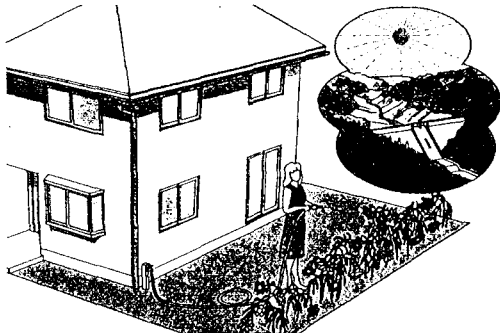


対策した場合 公園や緑地を増したり、雨水浸透ますなどで土壌の水分量が増えると気温は緩和されます。

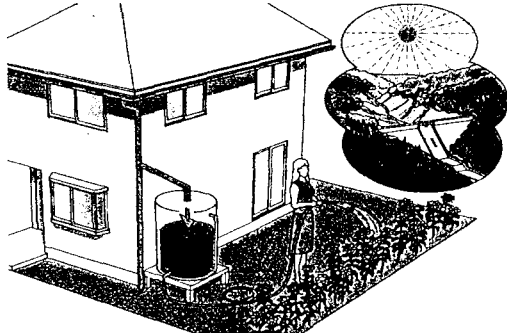


【渇水時】

対策しない場合 日照りが続き、ダムや川の水が少なくなると、給水が制限され水道が使用できなくなり、日常生活に大きな支障をきたします。



対策した場合 給水が制限され水道が使用できなくなっても、雨水を貯めておけば、庭への散水やトイレの洗浄水として利用できます。



5. 今後の課題と方向性

5.1 雨水貯留浸透技術

雨水貯留浸透技術は、当初、都市化や宅地開発に伴う雨水の流出増に対する流出抑制対策として、適用されてきたが、近年、治水ばかりでなく利水、環境も含めた都市域の水循環再生のための有効な手段として、位置づけられるようになってきている。

当初、大規模開発に伴う流出抑制対策として、なるべく目立たない下流端に1カ所大きな調整池を設置する場合が多かったが、それらの調整地は数年に1度の大雨の時だけ機能するが、普段は空の状態で、危険防止のフェンスに囲まれた無用の空間を形成するものが多かった。これらの空間は、土地利用の高度化とともに見直され、近年の調整地は公園やスポーツ施設と一体化したり、修景池、エコロジカルポンドや水辺のアメニティとしての機能をもたせたりすることにより地域と連携する調整地がつくられるようになってきている。そのためには、種々の貯留浸透施設を活用したより高度な流出抑制対策が必要になっている。

また、水資源としての雨水の有効利用が着目されるようになり、公共公益施設、事務所ビル、集合住宅などの敷地や建物の地下に雨水貯留槽を設けたり、個人住宅でもガレージの下に貯留槽を設置して、ためた雨水を洗車、散水、トイレの洗浄水、防災用水などに利用することが考えられている。一般には、治水容量と利水容量は別々に確保せざるを得ないが、大雨の予測が的確にでき、自動的に予備放流するシステムが可能になれば、1つの貯留槽に治水と利水の両方の機能をもたせることもできるようになる。また、大雨時に貯留槽から溢れた雨水を、浸透ます、浸透トレンチなどの浸透施設に導き、地中へ浸透処理することも考えられる。

地下貯留については、コンクリート製ばかりでなく、砕石やプラスチック製品などの空隙を利用する方法などが考えられており、今後コストダウンが図られれば、ますます普及することになるろう。

従来より、浸透施設への流入雨水に含まれる土砂、落ち葉などが目詰まりの原因になり、浸透機能低下を引き起こすことが懸念されたが、施設設置後の追跡調査で、屋根雨水を浸透させる場合は、清掃等の維持管理をしなくても、ほとんど機能低下が見られないことが確認されている⁶⁾。また、土砂、落ち葉等の流入が懸念される場合は、浸透ますの手前に泥だめますを設置したり、フィルター類を設置することで、機能低下を防ぐことができる⁷⁾。この場合は、泥だめますやフィルター類の点検・清掃が年1回あるいは出水時に必要とされ、これらの維持管理を無理なく進める体制づくりが今後の課題となろう。

道路排水の浸透については、有害物質(例えば重金属類など)の混入が懸念されており、歩道、生活道路など自動車の交通量の少ない場所に限定されている。今後は、種々の道路排水の水質分析を進めると同時に、有害物質が検出された場合は、その物質に対する浸透施設および土壌の浄化機能を解明する必要がある。また、道路直下に浸透施設を設置した場合の構造上の安定性についても検討する必要がある。

5.2 水循環の定量評価

短期の表面流出に主眼を置いた洪水時の雨水の流出機構については、雨量および流量データに基づく解析例も多く、計画・設計手法としても概ね確立されていると考えられる。しかしながら、水循環機構の定量評価となると、蒸発散、地下浸透、地下水流れなど長期間にわたる雨水の循環を扱うばかりでなく、上水や污水排水、汚濁負荷などの循環も評価する必要がある、評価手法については、未解明な部分も多い。したがって、特に水循環の変化が顕著である都市河川流域で流量、水質、地下水位などを継続的に観測するとともに水循環再生への取り組みによる効果についても実測データの蓄積が望まれている。また、これまでに提案されている種々の解析モデルをこれらの実測データを基に評価し、より汎用性の高い簡易計算手法が確立される必要がある。

参考のため、表－6に流域水循環機構把握のための現地観測項目を示す。

表-6 水文観測体制 (海老川の例)

雨 量	11 箇所、1 時間毎
気 温	2 箇所 ¹ 、10 分毎
水位・流量	連続観測、3 箇所、10 分毎
水 質	平常時定期 9 箇所（生活 1 月毎、健康 1 月毎、特殊 2 月毎） 自動観測（DO、EC、水温、有機汚濁物濃度）、1 箇所 10 分毎 24 時間連続 ² （水温、濁度、pH、NaCl、DO、BOD、COD、TP、TN）、2 箇所、年数回
地下水位	連続観測 13 箇所、1 時間毎 一斉観測 ³ 100 箇所
その他	土壌水分 2 箇所 ⁴ 深度、前原川：1 時間毎、北谷津川：10 分毎

¹ 降雨量、湿度、風向・風速、示差放射も同時観測。

² 地下水質含む

³ 水温、EC、pH 含む

6. おわりに

近年における国民生活の多様化に伴い、河川の水辺空間としての価値は、ますます増大している。豊かで清らかな流れや安全でおいしい水に対するニーズは一層高まっており、良好な河川環境の形成は今や大きな課題になっている。このような時代の趨勢を受けて、このたび改正された河川法の中でも、第1条の目的に「河川環境の整備と保全」が加えられ、具体の河川整備計画策定に際しては、地域の意見を反映するための手続きが必要とされている。このような新しい河川整備の方向性を踏まえて、水循環再生構想がより具体的な河川整備計画に

活用されることが望まれる。

最後に、本稿は建設省河川局河川環境課、都市局下水道部公共下水道課・流域下水道課を事務局とする「都市の水循環再生構想策定のための検討委員会」(委員長:虫明功臣東大教授)において検討された内容および適用例については、千葉県を中心に構成される地域協議会(委員長:高橋彌千葉工大教授)における検討結果を参考にさせていただいた。

ここに記して謝意を表すものである。

参考文献

- 1) 建設省河川局都市河川室監修:増補 流域貯留施設技術指針(案)、平成5年5月、(社)日本河川協会
- 2) (社)雨水貯留浸透技術協会:雨水浸透施設技術指針(案)調査・計画編、1995.9
- 3) 建設省都市局下水道部監修:流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説、平成5年、(社)日本下水道協会
- 4) 千葉県・(社)雨水貯留浸透技術協会:海老川水循環再生計画報告書、1998.3
- 5) 千葉県海老川流域水循環再生構想検討協議会:みんなでえとり戻そう私たちの海老川ー海老川流域水循環再生構想ー、pp.30-31、平成10年3月
- 6) 金森 功・峰岸 裕:雨水の地下浸透工法の15年経過についてー昭島つつじが丘ハウスの追跡調査ー、第5回水資源に関するシンポジウム論文集、pp.229-234、1997.8
- 7) (社)雨水貯留浸透技術協会:雨水浸透施設技術指針(案)構造・施工・維持管理編、1997.4