

都市河川流域における水循環再生構想の考え方と適用例

Methodological approach to improve the hydrological water cycle in urbanized area and application for an actual river basin

虫明功臣*・忌部正博**・大久保信彦**

Katsumi Mushiake, Masahiro Imbe, Nobuhiko Okubo,

高野登***・壇鉄也***・中嶋規行***・上田雄一***

Noboru Takano, Tetsuya Dan, Noriyuki Nakashima, Yuichi Ueda

1 はじめに

近年、都市開発が進むにつれて、屋根や路面などから雨水が下水道等に流入するため、地下にしみこむ量が減少し、地下水位の低下や湧水の枯渇などの現象が生じている。また、このような不浸透面積の増大により、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、氾濫が多発する恐れが大きくなる。一方、このような大雨時の流量の増大に反して、平常時の流量は減少傾向にあり、親水空間としての河川の機能が失われつつある。

これら都市化に伴う水循環の悪化を未然に防ぎ、あわせて省資源・環境共生型のライフスタイルを定着させるために、都市、下水道、河川、道路、住宅などの行政の各部局、地域住民が連携して水循環再生のための構想を策定し、構想を具体化してゆく必要がある。

このような状況を踏まえて、本論文は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示すと同時に、海老川流域への適用例を紹介するものである。

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、表面流出が少ないが、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）。

キーワード：都市河川、水循環再生、年間水収支、貯留浸透

* 東京大学生産技術研究所 教授（〒106 東京都港区六本木7丁目22-1）

** 社団法人 雨水貯留浸透技術協会（〒102 東京都千代田区平河町1丁目4番5号）

***日本工営株式会社（〒102 東京都千代田区麹町5丁目4番地）

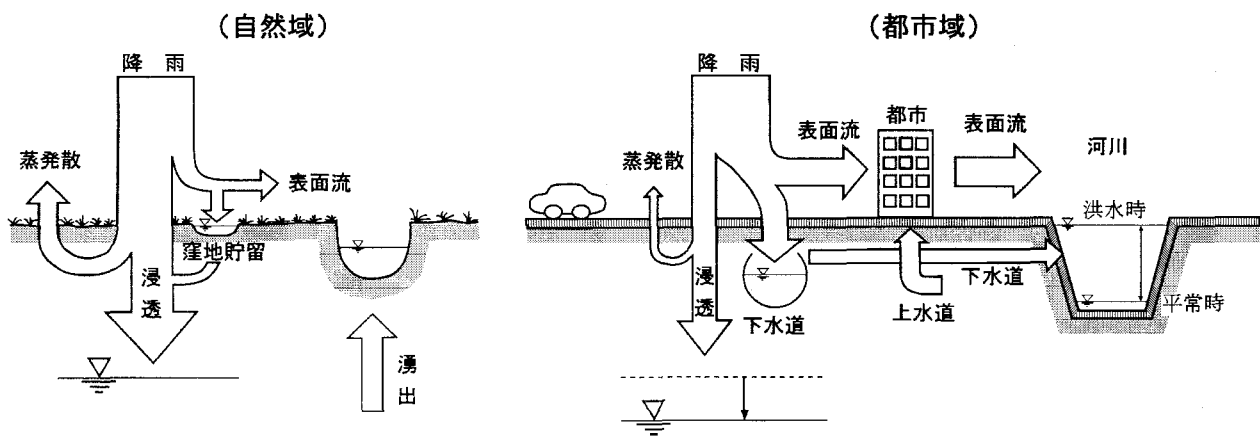


図-1 都市化に伴う水循環の変化

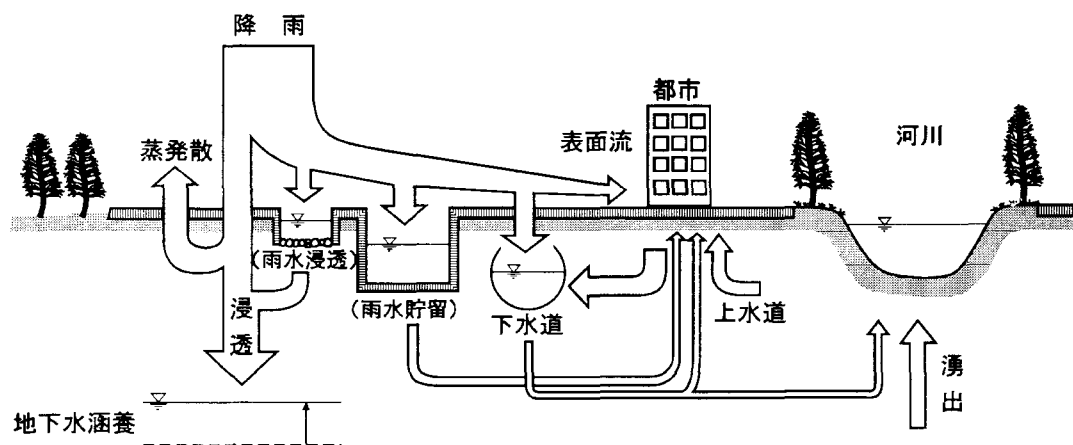


図-2 水循環再生のイメージ

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、永続的な環境共生を可能とし、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し、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。

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、地域住民の意向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。

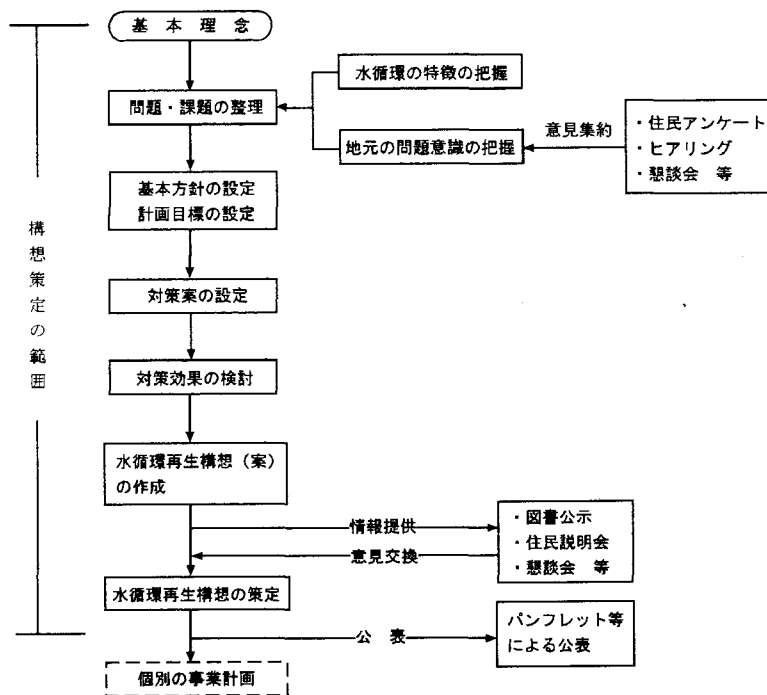


図-3 構想策定の流れ

3.2 水循環の評価方法

水循環の評価は年間の水収支、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。

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。

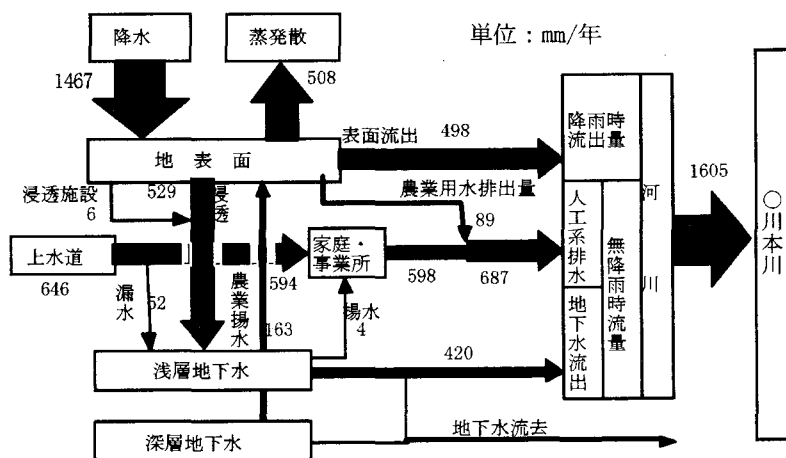


図-4 年間水収支の例

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）。

表－1 課題と対策の関係¹⁾

	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 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) ○は直接的関係、△は間接的関係を示す。

4 海老川流域への適用例²⁾

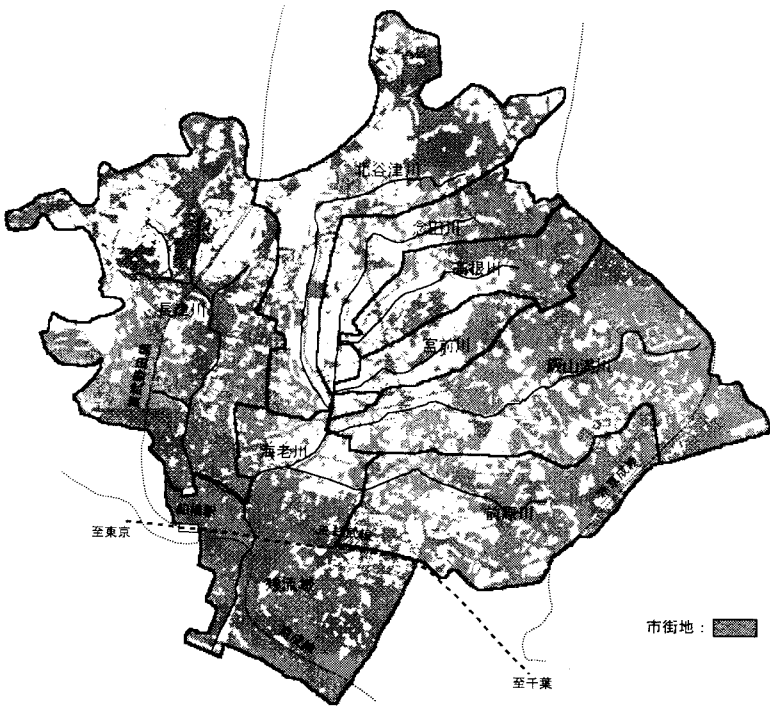
海老川は、船橋市の北部丘陵地帯に源を発し、南流しながら飯山満川、前原川、長津川を合流して、船橋市の中心を流下し、東京湾に注ぐ流域面積 27.12km²、幹川流路延長 8km の 2 級河川である。流域のほぼ全域を占める船橋市は鉄道交通の進延に伴って急激な宅地開発がなされ、いまなお、都市化が進行している。

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。

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。その中で、21 世紀中頃を想定した場合の対策メニューを表-2 に示す。



図－5 海老川流域概要図

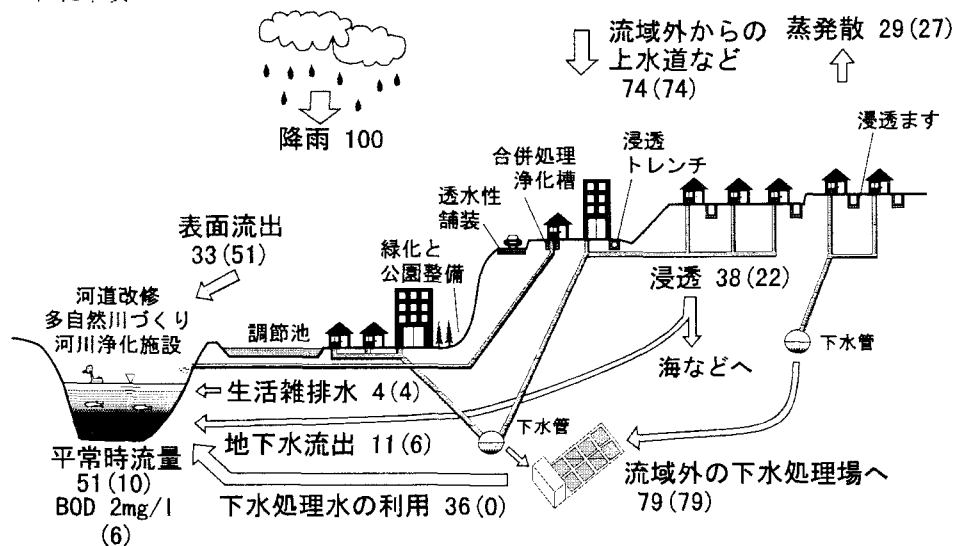
表-2 海老川流域における水循環再生のための対策メニュー（想定年：21世紀中頃）

対 策		備 考
公園・緑地の整備と保全	緑の保全	生産緑地（84ha）、指定樹林（10ha）の保全。 市街化調整区域の開発抑制。
	緑の創造	都市公園の整備（9m ² /人）。市条例による開発地内の緑化義務付け。
雨水貯留浸透施設の普及	一般住宅	5mm/hrの浸透施設を設置。浸透適地内面積普及率：36%
	業務施設・集合住宅	10mm/hrの浸透施設を設置。浸透適地内面積普及率：36%
	学 校	浸透適地内の11校に20mm/hrの浸透施設を設置（毎年2校）。 1ha当たり1,000m ³ の貯留施設を設置（未設置23校を対象）。
	公共公益施設	20mm/hrの浸透施設を設置（毎年2,500m ³ ）。 貯留施設の設置（毎年500m ³ ）。
	道 路	適地内の歩道、細街路に浸透施設を設置。
	新規開発地	20mm/hrの浸透施設を設置。浸透適地内面積普及率：100%。 開発規模に応じた貯留施設の設置（1ha以上：1,300m ³ /ha、1ha未満：550m ³ /ha）。
河川の整備	河道改修	70mm/hr対応
	調節池の整備	治水容量80万m ³ （完成施設の容量増）
	河川浄化施設	本支川の6ヶ所で設置。
下水道の整備	下水道の建設	人口普及率100%
	不明水対策	漏水防止に配慮した工法の採用。
	処理水利用	21世紀初頭までに流域下水道連絡幹線の高度処理水（日最大38,600m ³ /s：海老川流域での発生分）を河川に放流。
市民が主体となる対策	合併浄化槽の普及	未普及区域の80%に設置。下水道普及後は雨水貯留槽に転用。
	汚濁負荷削減対策	油の不投棄、洗剤の適量使用、浄化槽の管理等
	水資源の有効利用	雨水利用施設の普及。再生水の利用。家庭での節水。

4.2 対策効果

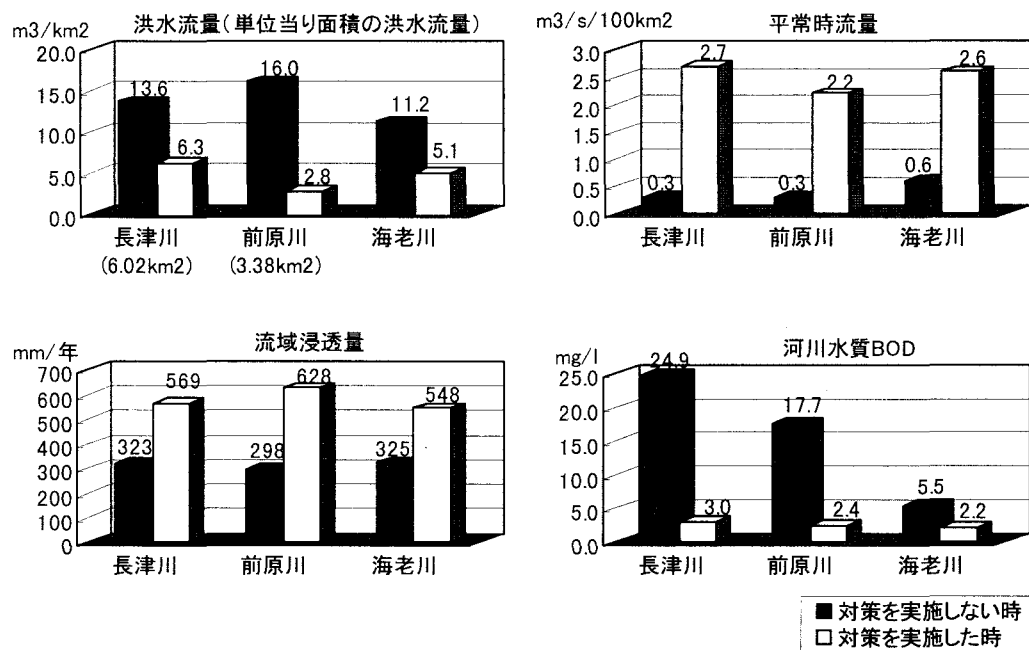
当流域の水循環の課題に対応して、洪水流量、平常時流量、流域浸透量及び河川水質（BOD）を評価指標として、分布物理型の水循環モデルにより対策効果を推定した。21世紀中頃における無対策時および全対策実施時の年間水収支と各評価指標値を図-6、図-7に示す。雨水貯留浸透施設や調節池の効果により洪水流量が低減され、一方、湧水の水源となる流域浸透量が増加している。また、雨水浸透による地下水流出量の増加と下水処理水の河川放流により、下水道整備に伴う河川流量の減少分を補うことが可能となっている。さらに、平常時流量の増加と合併処理浄化槽や河川浄化施設などによる汚濁負荷量の削減により河川水質の大幅な改善が図られている。

21世紀中頃



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

図-6 無対策時及び全対策実施時の評価指標値



図－7 無対策時及び全対策実施時の年間水収支

5 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、水循環再生構想の考え方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：虫田功臣東大教授）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) 都市の水循環改善研究会：都市の水循環改善への提言，社団法人雨水貯留浸透技術協会，1994
- 2) 海老川流域水循環再生構想検討協議会：みんなでとり戻そう私たちの海老川－海老川流域水循環再生構想－，千葉県土木部都市河川課資料，1998