都市域の健全な水循環系構築のための雨水浸透施設の 効果と評価について

忌部 正博^{*1}・屋井 裕幸^{*2}・高祖 成一^{*3}

Benefit and its numerical evaluation of rainwater storage and infiltration facilities for sustainable water cycle in urban areas

Masahiro IMBE ^{*1}, Hiroyuki OKUI ^{*2} and Jouichi KOUSO ^{*3}

Abstract

The necessity of rainwater storage and infiltration facilities has increased in the measures and policies regarding the sustainable water cycle in urban areas as understood by the administrative history in the last 30 years regarding rainwater storage and infiltration technology. The deterioration of the water cycle due to urbanization is expressed as reduction of base runoff, increase in total flood discharge and peak flow discharge, lack of water resources, changes in ecosystem, deterioration of water quality and change in heat environment. The promotion of rainwater storage and infiltration facilities in the residential areas is supposed to be an influential measure to remediate those problems. Therefore, it is important to make clear the effectiveness and explain to inhabitants so that they could introduce those facilities in their own houses. The physically based distributed grid model is dealt with to estimate the effectiveness of infiltration facilities for individual houses on flood discharge, usual flow discharge, groundwater level and evapotranspiration. The distributed grid model was applied for the Azuma river basin which is located in Tokorozawa-city, Saitama prefecture. Applying the model in case that infiltration facilities are promoted in the residential area of Azuma river basin, it was confirmed that the promotion of infiltration facilities in the residential areas gives a certain influence on stormwater control, usual river flow, groundwater level and evapotranspiration.

Key words: rainwater storage, rainwater infiltration, sustainable water cycle in urban areas, quantitative evaluation

キーワード：雨水貯留，雨水浸透，都市の健全な水循環系，定量評価

I. はじめに

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雨水貯留浸透技術は、治水ばかりでなく利水、環境も含めた都

市域の健全な水循環系の保全・再生のための有効な手段としても位置づけられる（例えば、(社)雨水貯留浸透技術協会，2002）。雨水貯留浸透の効果は、流出抑制ばかりでなく、地下水の涵養、湧水の復活、平常時の河川流量の増加、雨水の有効利

* 1 (社)雨水貯留浸透技術協会 Association for Rainwater Storage and Infiltration Technology

* 2 (社)雨水貯留浸透技術協会 Association for Rainwater Storage and Infiltration Technology

* 3 日本工営株式会社 Nippon Koei Co.,Ltd.

用、水質の改善、ヒートアイランド現象の改善、生態系の保全など健全な水循環系に係わる様々な効用が期待されている（都市の水循環改善研究会，1995a）。

雨水貯留浸透施設の標準的な設置イメージは Fig. 1, Fig. 2 のように示される（社雨水貯留浸透技術協会，2007）。これらの施設は、都市あるいは河川流域に分散して設置される施設であり、個々の施設の効果については、定量的な評価が可能となっているが、流域単位の評価、特に浸透施設の効果については、複雑な地形・地盤条件下における浸透水の流れを取り扱うことになり、評価した事例は少ない。

本稿は、雨水貯留浸透施設の置かれた背景、ニーズを踏まえつつ、都市域の健全な水循環系構築における雨水浸透施設の個人住宅への導入効果の定量的評価事例について報告するものである。

Ⅱ．雨水貯留浸透施設の変遷と関連施策

1. 雨水貯留浸透施設の現状

総合的な治水対策が始まった当初は、調整地など大規模な貯留施設により、広範囲に降った雨水を一ヶ所に集めてコントロールする方式がとられたが、その後、校庭・公園・棟間など都市内の有効なスペースに、大雨時だけ貯留効果を持たせ、なるべく雨を降ったその場で処理する分散型の方式が採用されるようになっていく（Fig. 1）。

大規模開発に伴う流出抑制対策は、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、それらの調整池は数年に1度の大雨の時だけ機能するが、普段は空の状態、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、近年の調整池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（生態系に配慮した池）や水辺のアメニティとしての機能をもたせることにより地域と連携する調整池がつくられるようになっていく（忌部，2005b）。そのためには、貯留施設に関す

る工夫ばかりでなく浸透施設との組み合わせを考えたより高度なシステムが必要になっている。

浸透ます、浸透トレンチ、透水性舗装などの浸透施設は、貯留施設に比べて普及が遅れていたが、その後地盤の浸透能力や施設の浸透能力の評価手法が確立され（社雨水貯留浸透技術協会，1995）、貯留施設と同等の機能評価ができるようになったため、現在では浸透に適した関東ローム層が分布する東京周辺を中心に普及してきている（Fig. 2）。当初、浸透施設への流入雨水に含まれ

Storage Facilities

Fig. 1 Image of Storage Facility Distribution.
（社雨水貯留浸透技術協会，2007）

Infiltration Facilities

Fig. 2 Image of Infiltration Facilities Distribution.
（社雨水貯留浸透技術協会，2007）

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（橋本・菅沼、2002）。

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、検出された有害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。

2. 雨水貯留浸透に係わる関連施策の歩み

Table 1 は、雨水貯留浸透に係わる河川および下水道関連施策の歩みを簡単に示したものである（忌部、2005a に一部加筆）。

1977 年、河川審議会は、旧建設省への答申（河川審議会、1977）の中で都市河川流域における総合的な治水対策の必要性を指摘した。総合的な治

水対策の必要性が指摘された背景には、都市化の著しい都市河川では河道の拡幅などの河川改修が難しいことから、線的な対応には限界があり、流域内に面的に分散した様々な設置可能場所を見つけて、雨水貯留浸透施設を普及させる必要があるとの認識があった。これを受けて旧建設省は、都市化の著しいあるいはこれから都市化が進むと想定される全国 17 河川を総合治水特定河川に指定し、さらに 1978 年には流域貯留浸透事業を創設し、校庭や公園などの公共公益施設用地への雨水貯留浸透施設導入を積極的に推進した。

1991 年には、旧建設省の認可団体として（社）雨水貯留浸透技術協会が設立された。協会の調査研究の最初の成果として雨水浸透施設技術指針（案）調査・計画編（（社）雨水貯留浸透技術協会、1995）が発刊された。それまで浸透施設の治水効果については、地盤の不均一性や地盤特性の不確定さ、施設の浸透能力評価のあいまいさ、目詰まりによる機能低下などの課題があり、貯留施設に比べて信頼性に欠ける点が指摘されていた。この技術指針により、地盤の浸透能力の調査方法とそれに基

Table 1 雨水貯留浸透に係わる河川および下水道関連施策の歩み

年	動 き	備 考
1977 昭 52	総合的な治水対策	河川審議会からの答申
1979 昭 54	総合治水対策特定河川	全国 17 河川流域を指定
1983 昭 58	流域貯留浸透事業の創設	公共公益施設用地への貯留浸透施設導入
1991 平 3	（社）雨水貯留浸透技術協会の設立	国土交通省より認可
1995 平 7	雨水浸透施設技術指針（案）	（社）雨水貯留浸透技術協会より発刊
1996 平 8	健全な水循環系の確保	河川審議会からの答申
1997 平 9	河川法の改正	治水、利水に加えて環境を内部目的化 河川整備にあたって住民の意見を反映
2002 平 14	新世代下水道支援事業の創設	下水処理水の再利用、雨水の再利用や貯留浸透による 流出抑制、親水性のある水辺空間の整備
2003 平 15	特定都市河川浸水被害対策法	流域の貯留浸透機能の強化 河川・下水道の連携

づく各種浸透施設の浸透能力評価式、設計方法などが明確になり、その後浸透施設の治水効果が、貯留施設と同等に評価されるようになった。

1996年、河川審議会では健全な水循環の必要性が取り上げられた。それを受けて1998年には、河川審議会水循環小委員会より「流域の健全な水循環はいかにあるべきか」と題して中間報告が提出された（河川審議会、1998）。その中で、今後は流域単位で健全な水循環の構築に向けて水循環マスタープランを策定する必要があることが指摘された。

1997年には、1964年以来となる河川法の改正が行われた。今回の主要な改正点は、従来の「治水」、「利水」に加え、「河川環境」（水質、景観、生態系等）の整備と保全が目的の1つに追記されたことと河川整備にあたって住民の意見を反映することを明記したことである。

2002年に新世代下水道支援事業が創設された。この事業は3つの事業から構成されており、その1つに、良好な水循環の維持・回復を目的とした水環境創造事業がある。この事業は、さらに水循環再生型とノンポイント汚濁負荷削減型に分類され、水循環再生型は、下水処理水の再利用、雨水の再利用や貯留浸透による流出抑制、親水性のある水辺空間の整備、及び河川事業等との連携・共同事業を行うことにより健全な水循環系の再生を図るものとしている。

総合的な治水対策の成果として、大きな浸水被害は影を潜めたかに見えたが、2000年の名古屋、2003年の福岡、さらに、記憶に新しいところでは、2005年9月の台風14号による東京の神田川流域などいまだに浸水被害が生じている。地球温暖化によるものか（気象研究所、2008）、以前にも増して局所的な集中豪雨が頻発するようになり、浸水被害の危険度はますます増大する傾向にある。このような状況を鑑み、総合的な治水対策をより確実に推進するためにも、河川管理者、下水道管理者及び地方公共団体が一体となって浸水対策に取り組めるような新しい法律として、2003年に「特定都市河川浸水被害対策法」が国会において成立

し、1年後の2004年から施行に至っている。これまでに、鶴見川（町田市、川崎市、横浜市）、新川（名古屋市）、寝屋川（大阪市、守口市、枚方市、八尾市など12市）の3河川が特定都市河川としての指定を受けている。この河川指定を受けることにより、これまで法的な拘束力を持たなかった雨水貯留浸透施設の設置を、法的な根拠の下に義務付けることが可能となると同時に、河川管理者と下水道管理者が連携して浸水被害対策に取り組めるようになった。

Ⅲ. 都市の水循環系健全化に向けた課題

都市の水循環改善研究会では都市河川流域における水循環系の悪化要因を分析し、最終的に6つの課題として取りまとめた。Fig. 3はその因果関係を示すフロー図である（都市の水循環改善研究会、1995a）。影響因子は、その根源を分類すると地下水涵養、表面流出、都市用水、汚濁負荷、熱収支のいずれかの問題を内在している。都市の水循環系健全化に向けた課題として、平常流量の確保、洪水制御、水資源の保全と開発、生態系の保全と復元、汚濁制御、熱環境の改善の6つに整理された。これらの課題を解決するためには、都市河川流域での取り組みの中で、都市内の緑地・農地の保全や新規開発地のみならず既成市街地も含めた雨水貯留浸透施設の普及が重要な鍵を握っていると思われる（柳瀬川流域水循環マスタープラン検討会、2005a）。また、雨水貯留浸透施設の普及においては、一般の人々がその意義を理解し、自発的に施設を導入してくれることが望ましい。そのためには、施設の導入による効果を判りやすく説明することが必要とされている。

Ⅳ. 水循環系の定量評価

都市の水循環の特徴は、Fig. 4の模式図に示すように、本来の自然な水循環と都市化に伴う人工系の水循環が混在していることにある。また、水によって運ばれる物質の循環も含まれると定義す

Fig. 3 Causal Relation concerning Deterioration of Hydrological System due to Urbanization. (都市の水循環改善研究会, 1995a)

Fig. 4 Pattern Diagram of Hydrological System. (「都市小流域における雨水浸透, 流出機構の定量的解明」研究会, 2000c)

る(総合研究開発機構, 1991) ことにより, 水量ばかりでなく水質の問題も扱われる(都市の水循環改善研究会, 1995b)。水循環系の定量評価を行うためには, 図に示される各要素の量を定量把握する必要がある。

国内外で発表されている水循環系の定量評価のための解析モデルは空間表現の様式により, Table 2 のように分類される(「都市小流域における雨水浸透, 流出機構の定量的解明」研究会, 2000a)。本稿で取り上げる検討事例では, Table 2 のグリッド型分布モデルの中から筆者らがこれま

で実績を積んできた PDE モデルを使用した。

PDE モデルは流域の地形・地質, 土地利用形態, 雨水貯留浸透施設の効果などが反映される流出モデルである(「都市小流域における雨水浸透, 流出機構の定量的解明」研究会, 2000b)。このモデルは, 長期の水循環系解析に用いられ, 年間水収支の算定に多くの実績を残している(例えば, 柳瀬川流域水循環マスタープラン検討会, 2005b)。このモデルでは, Fig. 5 に示すようにに水平方向の空間分布(地形・地質・その他)をグリッド状に表現し, さらに河道線形をそれに重ねて, 地表・土壌中・帯水層中及び河道の流れを差分追跡し, 表面流出を kinematic wave 近似による不定流計算, 表層付近の不飽和帯の浸透を不飽和浸透流解析(Richard's 式), 帯水層の地下水流動を Darcy 則, 蒸発散量を Harmon の経験式に従って算定している。長期の水循環系解析では, 時間刻みを 1 日としているが, この刻みを短くすれば短期の洪水解析にも適用可能である。グリッド型モデルの構築においては, 地形・地質・土地利用等に関する莫大な入力データの処理を必要とするが, 今後流域の GIS 数値情報が整備されるに伴い, 省力化が可能となると思われる。

Table 2 水循環系解析モデルの分類と代表的なモデル
 (「都市小流域における雨水浸透，流出機構の解明」研究会，2000a)

モデルの分類		代表的なモデルの名称
集中モデル	流域を一樣な一つの計算単位として扱う	EPIC, CREAMS, TANK
分布モデル	斜面要素型	HEC-1, KINEROS, RORB, SRM, SPUR-91, SWRRB, SLURP, HSPF, NWSRFS, PRMS, SSARR, SWMM, UBC, XINANJIANG, MIKE11, MOUS, HAM, HBV, TOPMODEL, 土研改良 PRMS (寺川・深見, 1995), SMPT (虫明ら, 1992, 安藤ら, 1981), SHER (虫明ら, 2002)
	グリッド型	AGNPS, WEPM (末次ら, 2000), 土研 model1 (吉野ら, 1990), 土研 model2, THALES, 京都大学 model (立川ら, 1997), SHE, IHDM, Hydro-BEAM (小尻・木内, 2000), PDE(Nakamura S. et al., 1998)

注：文献が付記されていないモデルについては，Vijay P. Singh (1995) から情報を得た。一部のモデルの名称は，他と区別するために一時的な名前を付した。

Fig. 5 Image of Physically Based Distributed Grid Model.

(例えば，「都市小流域における雨水浸透，流出機構の定量的解明」研究会，2000b)

V. 雨水浸透による効果の検討事例

1. 対象流域

個人住宅への雨水浸透施設導入による治水効果，地下水涵養効果を PDE モデルで計算した結果を紹介する（社雨水貯留浸透技術協会，2006）。検討対象地域として，埼玉県所沢市を流れる東川（荒川水系新河岸川 2 次支川）流域を取り上げた。この流域は，低層住宅の割合が多く，浸透適地（関東ローム）が広く分布している地域で，所

沢市が積極的に雨水浸透施設の普及に取り組んでいる。東川の概要は，Table 3 の通りである。

2. モデルの構築

前述の PDE モデルにより，Fig. 6 に示す各種水循環構成要素の算定を行なった。個人住宅への雨水浸透施設の導入効果を検討するには，解析対象とする個人住宅の面積規模が小さいので，グリッドサイズは可能な限り小さく，かつ標高データのメッシュサイズよりも細かくしても意味がないので，標高データのメッシュサイズに合わせて 50m とした。Table 4 はモデル構築に必要な流域情報の一覧表である。人工系水循環構成要素の定量化は，最新の細密数値情報（国土地理院，1994）を利用して，各種統計資料等から得られるデータを細密数値情報の各地目面積に比例配分することとした。例えば，モデルの各メッシュにおける上水道使用量は，上水道給水量を市街地面積で除し，単位面積あたりの給水量を算出した後，メッシュごとの市街地面積に単位あたりの給水量を乗ずることで算出している。人口，土地利用，下水道普及状況などの人工系水循環構成要素の基本フレームを Table 5 に，その構成要素の算定結果を Table 6 に示す。

Table 3 Outline of Azuma River Basin

	Area, Length	Percentage
First-class River	○	—
Basin Area	18.2 km ²	—
River Length	14.0 km	—
Urbanization-Designated Area	11.0 km ²	60.7%
Urban Area(1994)	11.3 km ²	62.0%
Individual House	4.6 km ²	40.5%
Urban Area (Future*)	13.5 km ²	74.0%
Area for Infiltration	16.0 km ²	88.0%

* Assume that forest and farm land in the urbanization-designated area will be developed to be an urban area in the future around Year 2030.

Fig. 6 Subjected Items of Analysis
(「都市小流域における雨水浸透、流出機構の定量的解明」研究会, 2000c)

Table 4 Basin-wide Information for Modeling

Item		Reference
Surface Elevation	Digital Map (50m Mesh)	Geographical Survey Institute (Geographical Survey Institute, 1997)
Soil Property of Surface Layer	Distribution Map of Infiltration Rate	Ara-River Lower Reach Office MLIT (MLIT, 1995a)
Groundwater Level of Unconfined Aquifer	Simultaneous Observation	Ara-River Lower Reach Office MLIT (MLIT, 1995b)
Impermeable Area	Digital Data of Land Use (10m Mesh)	Geographical Survey Institute (Geographical Survey Institute, 1994)

Table 5 Basic Frame for Constituent Element of Artificial Water Cycle

Item		Present	Future in 2030	Increase	References
Land Use	Urban Area (Percentage)	11.3 km ² (62%)	13.5 km ² (74%)	+2.2 km ² (12%)	Digital Data for Land Use (Geographical Survey Institute, 1994)
	Impermeable Area (%)	5.66 km ² (31%)	6.49 km ² (36%)	+0.83 km ² (5%)	
Population		103,258	118,047	+14,789	Statistical Yearbook (Saitama Pref.,2001) (Saitama Pref.,2002)
Sewer System	Area	10.74 km ²	18.20 km ²	+7.46 km ²	Sewerage Development Plan (Tokorozawa) (Tokorozawa City, 2003)
	Covered Population	87,019	118,047	+31,028	

Table 6 Constituent Element of Artificial Water Cycle

Unit : mm/year

	Item	Present	Future * 1	Increase Decrease	Remarks (References)
Discharge of Treated Water	Tokorozawa Treatment Plant will be discontinued.	804	0	-804	Data provided by Tokorozawa Treatment Plant
Water Supply	Population $\times$ 120.2 (m ³ /person/year)	679	776	+97	Statistic Yearbook (Saitama Pref., 2002)
Leakage of Water Supply	Population $\times$ 4.1 (m ³ /person/year)	23	26	+3	Statistic Yearbook (Saitama Pref., 2002)
Gray Water		150	54	-96	* 2
Inflow into Sewer Pipe	5% of Water Supply in Sewerage Area	28	39	+11	Estimation of 5% * 3
Pumpage of Groundwater	Population $\times$ 7.3 (m ³ /person/year)	41	46	+5	Home page by Tokorozawa-city (Tokorozawa City, 2001b)

* 1 : Assumed Future Condition in 2030

Increased population is assumed to distribute evenly in the area of newly developed urban area assumed in the city planning (Tokorozawa City, 1998). The Constituent Elements of Artificial Water Cycle are evaluated by the unit value multiplied by the assumed future population.

* 2 : Gray Water

= Water Supply $\times$ {(1 - Coverage of Flush Toilet) $\times$ Population benefiting Sewerage System + Population without Sewerage System} where, water supply is a total quantity in mm/person/year

The coverage of flush toilet is 93.77% (Tokorozawa City, 2001a).

* 3 : Estimation of 5%

Based on the statistic data of sewerage system in Tokorozawa city in 1999 (Japan Sewage Works Association, 1999) as shown bellow.

Clear-sky average sewage water=36,452 (m³/day)

Others (groundwater and unknown water)=1,866 (m³/day)

1,866/36,452=0.05 (5%)

Assuming the sewage water is almost equivalent to the water supply, the infiltration inflow into sewer pipe is estimated to be 5% of water supply.

3. モデルの同定

構築したモデルの再現性について、実測値との比較により検証を行った。検証は、平常時流量、洪水時流量、地下水位について行った。Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 は各々その結果である。Fig. 7 は東川下流端での一年間を通じた実測流量と解析結果の比較である。Fig. 8 は、流量測定期間中に最大流量が得られた降雨時の下流端での流出ハイドログラフの解析結果と実測値を比較した図である。Fig. 9 は、流域内の観測井戸での地下水位の変動を示す実測値と解析結果の比較である。3つの比較図とも概ね良好な一致が得られたと思われる。

モデルの同定の過程で得られた表層土壌の透水性にかかわる土質諸定数などの解析結果に敏感な

パラメーターを固定して、浸透施設設置による河川流量、地下水位、蒸発散量などの効果を算定した。

4. 計算条件および結果

東川流域では、既に現状で浸透適地 16.0 km² (Table 3 参照)にある個人住宅の 40%に浸透ますが設置されている。この割合を 50%, 60%, 70%, 100%に増やした場合が、各々 Case 1,2,3,4 である。個人住宅における浸透施設の配置を Fig. 10 に示すように設定した。敷地面積を首都圏の平均 120m²と仮定し (東京都, 1993), 屋根面積を敷地の半分の 60m²と仮定し, 屋根 60m²に降った雨が地盤に降った場合と同等に浸透するように、浸透ますの大きさ、個数、浸透トレンチの大きさ、長

Fig. 7 Identification of River Flow Discharge.

Fig. 8 Identification of Flood Discharge.

Fig. 9 Identification of Groundwater Level.

さを設定した。その結果、直径 1m、深さ 1m の円筒形の浸透ますを 2 個、幅 1m、深さ 1m の浸透トレンチを長さ 8m と比較的大きな規模の施設を必要とすることになった。また、前述の Case4 の場

Fig. 10 Placement of Infiltration Facilities in Individual Houses.

合、将来 2030 年時点で現状の浸透施設設置状況に比べて、新たに 2.05km^2 (既存住宅および新規開発地の合計屋根面積) の屋根面積に対して浸透施設 (一軒あたり浸透ます 2 個および浸透トレンチ 8m) を設置することになる。したがって、 $2,050,000\text{m}^2/60\text{m}^2 = 34,000$ 軒の家に新たに浸透施設を導入すると仮定することになった。

埼玉県による東川河川整備計画では、ピーク時の降雨強度 50mm/hr 対応の中央集中型降雨を計画降雨としている。この計画降雨に対して下流端での計算結果の流出ハイドログラフが Fig. 11 である。現状に対して、浸透ますおよびトレンチを 100% 設置した Case4 ではピーク流量を約 $30\text{m}^3/\text{s}$ 減少させることができる。

Fig. 12 は流域内のある地点での地下水位の計算結果である。浸透ますの設置状況が現状のままですと、将来 (2030 年時点) の地下水位は現状よりも 2m 近く下がることが予想される。それに対して、浸透ますを設置するに従い地下水位の回

復が見られ、Case4では現状を上回る程に回復すると予想される。

Fig. 13は年間の蒸発散量の計算結果である。浸透ますの設置により、地中水分量が増加し、蒸発散の促進をもたらし、現状で年間蒸発散量670万 m^3 がCase4では約7%増の715万 m^3 になるとの結果を得た。

Fig. 14は計算結果を年間水収支図としてまとめたものである。現状と将来(2030年時点のCase4)

Fig. 11 Calculated Results on Stormwater Control by Hydrograph.

の年間水収支を比較している。雨量を除いた表面流出量、地中への浸透量、上下水量などは、雨量と同じ単位面積当たりのmm(ミリ)高に換算した。また、比較のために将来(2030年時点)の雨

Fig. 12 Recovery of Groundwater Level.

Fig. 13 Annual Evapotranspiration and increment (in 2030).

Fig. 14 Change of Annual Water Balance.

量は、便宜的に現在と同じ年間降雨を仮定した。浸透施設の導入効果として、地下浸透量の増加とそれに対応した表面流出の減少、蒸発散量の増加が見られる。人工系の循環である上水量、下水(汚水)量は、将来の人口増に呼応して増加が見られる。

VI. おわりに

雨水貯留浸透施設、特に浸透施設の効果については、流出抑制、地下水涵養、下水道の合流改善、ヒートアイランド現象の改善など感覚的、定性的には認められてきたが、地盤の浸透能力の複雑さ、施設の目詰まりによる機能低下など不確定要素も多く、その分かりにくさが普及の妨げになってきた。また、1つ1つの施設は非常に小さいもので、広範囲にかつ大量に普及して初めて効果を発揮するものなので、なかなか効果が見えにくい欠点があり、この点も普及の妨げになっている。今や水循環系の健全化は、21世紀の社会のあり方の重要なキーワードとなっており、雨水貯留浸透施設の役割にも期待がかかっている。その普及のためには、効果の定量的な評価が不可欠である。本稿では、定量的評価の事例を挙げたが、仮定に基づいた計算結果である。今後はより多くの実測データに基づき、信頼性の高い効果を提示していく必要がある。本稿がその一助となれば幸である。

文 献

- 安藤義久, 虫明功臣, 高橋 裕 (1981): 丘陵地の水循環機構とそれに対する都市化の影響, 25 回水理講演会論文集, 197-208.
- 忌部正博 (2005a): 雨水貯留浸透施設の現状と展望, ベース設計資料 No.124, 建設工業調査会, 39.
- 忌部正博 (2005b): 遊水地等の多目的利用について, 河川, 11月号, 日本河川協会, 42-48.
- (社)雨水貯留浸透技術協会(1995): 雨水浸透施設技術指針(案)調査・計画編, 146p.
- (社)雨水貯留浸透技術協会(2002): 雨水貯留浸透技術の歩みと展望, 水循環 貯留と浸透, Vol.44 (社)雨水貯留浸透技術協会, 4-25.
- (社)雨水貯留浸透技術協会(2006): 戸建住宅における雨水貯留浸透施設設置マニュアル, 93-106.
- (社)雨水貯留浸透技術協会(2007): 雨水貯留浸透施設のご紹介, 事例集第4版, 10-11.
- 河川審議会(1977): 総合的な治水対策の推進方策についての中間答申.
- 河川審議会(1998): 流域の健全な水循環はいかにあるべきか, 総合政策委員会水循環小委員会中間報告.
- 気象研究所 (2008): 地球温暖化の基礎知識, <http://www.mri-jma.go.jp/Dep/cl/cl4/ondanka/frame.html>, 2008年8月.
- 小尻利治, 木内陽一 (2000): Hydrological River Basin Environment Assessment with Multi-layer and Multi-mesh (Hydro-BEAM), 流出モデルの比較・評価に関する研究会報告, 実践水文システム研究会.
- 末次忠司, 川原能久, 賈 仰文, 倪 广恒 (2000): 都市河川流域における水・熱循環の統合解析モデルの開発, 土木研究所資料第3713号.
- 総合研究開発機構 (1991): 水と人とのかわわりに関する研究—人と国土との新しい関係を求めて—, NIRA 研究報告書 No.910006, 5.
- 立川康人, 原口 明, 椎葉充晴, 高棹琢馬 (1997): 流域地形の三角形要素網表現に基づく分布型降雨流出モデルの開発, 土木学会論文集 565/II-39, 1-10.
- 寺川 陽, 深見和彦 (1995): モジュラー型水循環モデルにおけるリモートセンシング情報活用手法, 土木技術資料 Vol.37, 38-43.
- 「都市小流域における雨水浸透, 流出機構の定量的解明」研究会 (2000a): 都市域における水循環系の定量化手法, (社)雨水貯留浸透技術協会, 第一編 概説 52.
- 「都市小流域における雨水浸透, 流出機構の定量的解明」研究会 (2000b): 都市域における水循環

- 環系の定量化手法, (社)雨水貯留浸透技術協会, 第一編 概説 pp45-58 第二編 技術解説, 45-58.
- 「都市小流域における雨水浸透, 流出機構の定量的解明」研究会 (2000c): 都市域における水循環系の定量化手法, (社)雨水貯留浸透技術協会, 第二編 技術解説, 16-17.
- 都市の水循環改善研究会 (1995a): 都市の水循環改善への提言, (社)雨水貯留浸透技術協会, 3.
- 都市の水循環改善研究会 (1995b): 都市の水循環改善への提言, (社)雨水貯留浸透技術協会, 9-19.
- 橋本千代司, 菅沼 誠 (2002): 雨水浸透施設の20年経過における流出抑制効果について (1) —昭島つつじが丘ハイツの追跡調査—, 第6回水資源に関するシンポジウム論文集, 455-460.
- 虫明功臣, 石崎勝義, 吉野文雄, 山口高志 (1992): 水環境の保全と再生, 山海堂, 77-80.
- 虫明功臣, ヘーラト・スリカーンタ, 橋本千代司, 屋井裕幸, 内山雄介 (2002): 雨水浸透施設の20年経過における流出抑制効果について (2) —昭島つつじが丘ハイツにおける流出モデルを用いた検討—, 第6回水資源に関するシンポジウム論文集, 461-466.
- 吉野文雄, 吉谷純一, 堀内輝亮 (1990): 分布型流出モデルの開発と実流域への適用, 土木技術資料, Vol.32-10, 54-59.
- 柳瀬川流域水循環マスタープラン検討会 (2005a): 柳瀬川流域水循環マスタープラン, 国土交通省 関東地方整備局 荒川下流河川事務所 調査課, 74-78.
- 柳瀬川流域水循環マスタープラン検討会 (2005b): 柳瀬川流域水循環マスタープラン 参考資料, 国土交通省 関東地方整備局 荒川下流河川事務所 調査課, 83p.
- Nakamura S., Saito M., Herath S. (1996): Development and Applications of a Physically Based Distributed Catchment Model in Urban Area, International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century, Proc. Vol.II. F128-223
- Vijay P. Singh (1995): Computer Models of Watershed Hydrology, Water Resources Publications (USA), ISBN 0-918334-91-8
- 資 料
- 国土交通省 (1995a): 新河岸川流域浸透能マップ, 荒川下流河川事務所.
- 国土交通省 (1995b): 平成7年度 新河岸川流域水循環計画検討業務 報告書, 荒川下流河川事務所.
- 国土地理院 (1994): 細密数値情報 10m メッシュ 土地利用.
- 国土地理院 (1997): 数値地図 50m メッシュ (標高).
- 埼玉県 (2001): 荒川流域別下水道整備総合計画.
- 埼玉県 (2002): 平成14年度 埼玉県統計年鑑.
- 東京都 (1993): 平成5年度 東京都統計年鑑.
- 所沢市 (1998): 所沢都市計画図.
- 所沢市 (2001a): 平成13年度生活雑排水量, 所沢市ホームページ.
- 所沢市 (2001b): 平成13年度地下水揚水量, 所沢市ホームページ.
- 所沢市 (2003): 所沢市下水道整備区域図.
- (社)日本下水道協会 (1999): 平成11年度 下水道統計.
- (受付: 2008年5月28日)
(受理: 2008年11月25日)
-
- この論文に対する「討論」を2009年6月30日まで受け付けます。