

市街地流域の水収支に及ぼす雨水浸透マスの設置効果

安岡拓也・二瓶泰雄（東京理科大学大学） 吉田満（千葉県）
東海林太郎・上原浩・湯浅岳史（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

1. 序論

流域の市街化に起因する水循環の不健全化が各地で発生し、表流水環境の変化（都市型洪水の頻発や平常時河川流量減少）や地下水環境の劣化（涵養量減少や湧水枯渇）が問題視されている。健全な水循環を取り戻すための対策の一つとして、屋根雨水を地下に浸透させる「雨水浸透マス」の設置が市民・NPO・行政等により実施されている。浸透マス設置による効果は報告されているものの、実降雨時の浸透マスにおける流入・浸透量の直接計測例が無く、雨水浸透マス一基や浸透対策流域全体の水収支は未解明であり、水循環健全化に必要なマス設置基数の決定方法に曖昧さが残る。著者ら¹⁾は、浸透マス内に小型水位計を設置し浸透マスの水収支計測を行っていたが、マスへの流入量には雨量に一定の流出率を掛けて与えており、その精度には大きな課題が残っていた。本研究では、豪雨時でも計測可能な箱型量水計を独自に作製してマスへの流入量計測を行い雨水マス一基の水収支を把握するとともに、そこでの知見に基づいて浸透マスが多数設置されている都市小流域の水収支特性を求める。研究対象サイトは、「印旛沼流域水循環健全化計画」²⁾において多数の雨水浸透マスを設置している千葉県佐倉市・加賀清水湧水池涵養域とし、マス設置による地下浸透量や湧水量に及ぼす効果を調べる。

2. 研究方法

（１）箱型量水計の作製：屋根からの雨水排水の浸透マスへの流入量の時系列変化を計測するために、箱型量水計（28.6×28.6×61.3cm）を作製した（図１）。量水計の底面中央及び側面（底面から 19cm の高さ）に小孔（底面直径 4.5mm，側面直径 10mm）を一つずつ設け、量水計内における時々刻々の水位 H （基準面：量水計底面）を計測することで浸透マスへの流入量 Q を算出する。この流入量 Q はトリチェリーの定理でも算出可能であるが、別途キャリブレーションを行って得られた H - Q 式（ $Q=aH^2+bH+c$ ）を用いる。この量水計の性能としては、後述する観測サイトの屋根面積（=14.62m²）では時間雨量に換算すると最大で 45mm まで計測可能であり、本測器は市販製品よりも豪雨時への適用範囲が広い。

（２）水収支解析の概要：浸透マス一基及び流域全体の水収支調査は、市街化により湧水枯渇が度々生じた千葉県佐倉市「加賀清水湧水池」の流域（涵養域面積 20.1ha）にて行われた（図２）。この流域には雨水浸透対策として、コンクリート型マスを 97 基（H8-16 年）、プラスチック型マスを 245 基（H17～）設置された。まず、浸透マス一基の水収支を調べるため、同図中☆印の浸透マス設置地点にて、雨量及び浸透マス内への流入量（箱型量水計使用）及び、浸透マス内水位変化の同時計測を 2010/8/7～12/2 に行い、屋根面の雨水流出率を算出した。著者らによるマス内水位データ（47 基、同図中△印）を組み合わせ、浸透マス一基の水収支（流入量=地下浸透量+越流量）を求めた。

一方、流域全体の水収支を解析するために、雨量、流末地点の表面流出量、湧水量の実測値と蒸発散量に対する庄司・濱谷³⁾による算定値を用いる。これらの残差（=雨量－表面流出－蒸発散量）を地表面全体からの浸透量とし、実測値が揃っている 2007～2009 年について解析する。

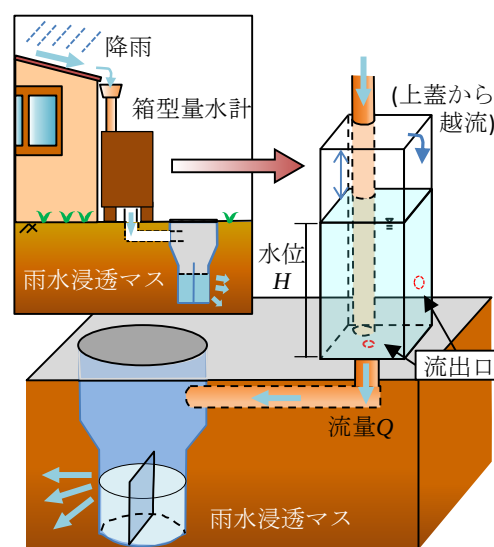


図１ 箱型量水計の概要

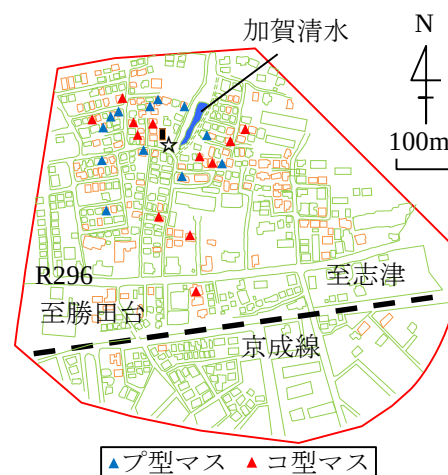


図２ 観測サイト

3. 結果および考察

(1) **屋根面の流出率**：屋根排水の基本的特徴を見るために、総雨量 2.0, 28.5mm の 2 つの降雨イベント時 (2010/10/21, 9/30) における雨量及びマスへの流入量の累積値の時間変化を **図 3** に示す。これより、両イベント共に降雨初期には雨量より遅れて流入量は増加し始め、初期損失の影響が見られる。そのため、降雨終了時には総雨量に対する流入量の比 (= 流出率) は降雨量と共に大きい。より定量的に比較するために、計 13 の降雨イベント時における総雨量 R と流出率 α の相関関係を **図 4** に示す。これより、総雨量の増加に伴って流出率も増加し、図中の近似式が得られた ($R^2=0.635$)。これは、屋根面等の不浸透面では降雨中の遮断蒸発 (= 初期損失 + 降雨中蒸発) が顕著となり、総雨量が小さいほどその影響は顕著になるためである (仲吉ら⁴⁾)。

(2) **マスー基の水収支**：雨水浸透マスー基の水収支特性を見るために、プラスチック型マス (プ型) 及びコンクリート型マス (コ型) における流入量に対する浸透量と越流量の割合を **図 5 (a)** に示す。ここでは、マス内水位データより雨量強度とマスの越流・浸透状況の関係を求め、それより流域全体のマスの水収支の平均像を求めた結果であり、2009 年のデータを対象とする。これより、プラスチック型マスでは、越流 15%, 浸透 85% となり、浸透能が極めて高い。これは、一度濁度質分をろ過した雨水を浸透させるからである。一方、コンクリート型マスでは越流 66%, 浸透 34% であり、プラスチック型マスよりも浸透能が低い。これは、コンクリート型マスでは、流入水がそのままマス底面・側壁から浸透するため、構造的な要因によりマス内の堆積土砂量が相対的に大きく、ポーラスコンクリートが根詰まりしているためである。

(3) **流域全体における水収支**：2009 年の流域全体における水収支解析結果を **図 5 (b)** に示す。これより、1668mm の雨量に対して、蒸発散量は 414mm (雨量に対して 25%)、表面流出量は 508mm (同 30%)、地下浸透量 746mm (同 45%) となり、地下浸透量が最も卓越する。また、池への湧水量は 113mm であり、浸透量の 15% に相当し、残りの浸透量は深部に浸透するか涵養域内に貯留される。

浸透マス設置が湧水量変化に及ぼす影響を見るために、湧水量と浸透マス経由の浸透量の経年変化を **図 6** に示す。ここでは、マスに流入した雨水が全て浸透した場合やマス設置基数を合わせて示す。これより、湧水量はマスからの浸透量増加と共に、2006 年から増加している。また、湧水量の目標値 ($28.8\text{m}^3/\text{day}$) をクリアした日数は、2006 年より 137, 221, 223, 302 日となり年々増加している。このような湧水復活にはプラスチック型マスの設置が大きく寄与しており、マス設置による雨水浸透効果が定量的に明らかとなった。

参考文献：

1)市原ら (2009)：水工学論文集, vol.53, pp.1093-1098 2)千葉県 (2010) 3)庄司美和, 濱谷稔夫 (1997)：東農大農学集報, vol.42, pp.184-200 4)仲吉ら (2007)：水工学論文集, vol.51, pp.247-252

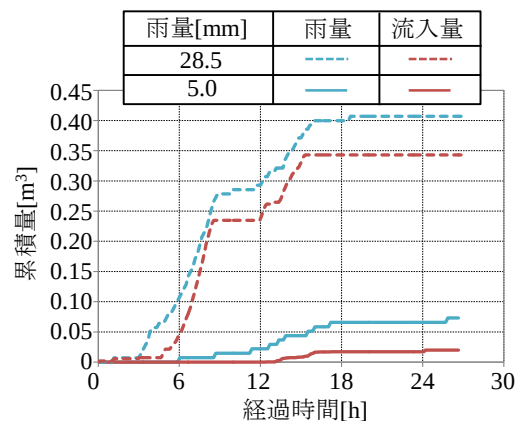


図 3 雨量と浸透マスへの流入量の累積値に関する時間変化

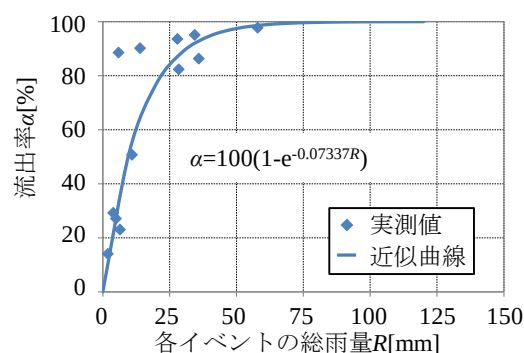
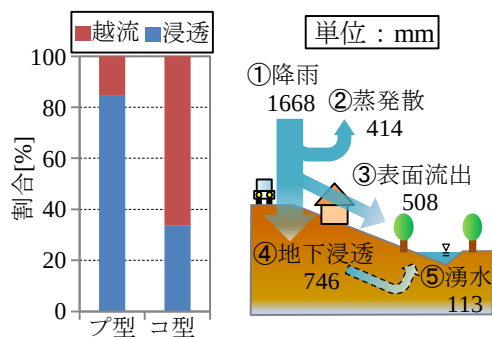


図 4 総雨量 R と屋根雨水流出率 α の関係



(a)雨マス 1 基 (b)流域全体
図 5 水収支解析結果 (2009)

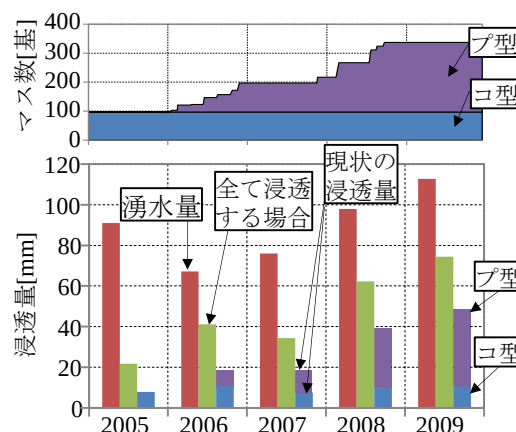


図 6 浸透マス経由の浸透量の寄与率