

キャンパス移転に伴う水循環系の変化に対する雨水浸透施設の効果

九州大学工学部 学生会員 尾崎慎一 九州大学工学研究院 正会員 広城吉成
 エスジー技術コンサルタント株式会社 非会員 堤敦 九州大学大学院 非会員 木下詔彦

1. はじめに

開発に伴い森林や農地がアスファルトや建物などの不浸透面で覆われると、降雨の地下への浸透が阻害され、その結果、都市型水害や水資源の減少等といった問題を引き起こす。開発に伴うこのような水循環系への影響を抑制するうえで、近年、雨水浸透施設による人工的な地下水涵養技術が注目されている。また、九州大学では現在、建設中の伊都キャンパス（以降、「キャンパス」と略称する）の建設にあたり、「九州大学新キャンパス 水循環系保全整備計画（2004年7月、以下、「整備計画」と略称する）」¹⁾において、開発後の雨水浸透量を開発前の状態に回復させるために必要な雨水浸透施設の整備量、配置等が示されている。ところで、堤らの研究²⁾で、開発地一帯の水循環機構を解明するための数値解析モデルを開発し、開発がほとんど進んでいない森林域と開発が高度に進んだ住宅域に対してこのモデルを適用した結果、土地利用に応じてパラメータを変化させれば、開発後の地下浸透量や表面流出量を算出できることが報告されている。本研究では、九州大学伊都キャンパス建設地での開発による土地利用の変化に着目し、開発がキャンパス建設地一帯の水循環系に及ぼす影響に対して現段階（2017年1月9日現在）で整備が完了した雨水浸透施設の現状の効果について数値解析を基に検討した。

2. 雨水浸透施設の概要

図-1はキャンパス周辺域の地形及び地下空隙貯留浸透施設（以下、「空隙施設」と略称する）の整備位置を示している。「九州大学新キャンパス雨水貯留浸透施設的设计マニュアル」³⁾によれば、キャンパス内の建物や駐車場、グラウンド等の周囲には浸透ますや浸透トレンチ、空隙施設等の雨水浸透施設が整備される。浸透ますは約15m間隔でキャンパス全域に設置され、その間は浸透トレンチで連結される。浸透ますや浸透トレンチの中で浸透しない水は、雨水幹線を通してキャンパス外へ排出されるものと、空隙施設に流入するものに分かれる。空隙施設に流入した水の一部は地下に浸透し、残りは雨水幹線を通して排出される。空隙施設は図-1に示すようにキャンパス内に13ヶ所敷設される計画で、解析対象最終日（2017年10月31日）の時点ではその内6ヶ所が整備済みである。今回はこの6ヶ所の空隙施設及び整備済みの浸透ます、浸透トレンチの現状浸透能力の評価を検討した。

3. 地下水涵養モデル

水循環解析モデルは、降雨を蒸発散、表面流出、地下浸透の3成分に分離する地下水涵養モデルを用いている。図-2は地下水涵養モデルの模式である。地下水涵養モデルの基礎式は式(1)、(2)のとおりである。式(1)はタンクの中の水位変化を表す式である。また、式(2)は地下水への涵養量を計算する式である。

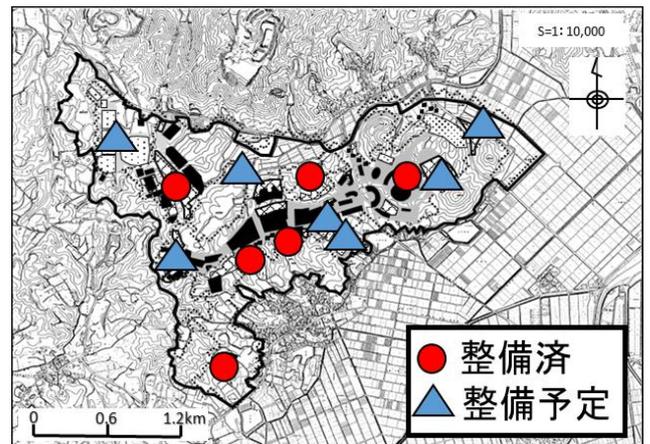


図-1 空隙貯留浸透施設配置

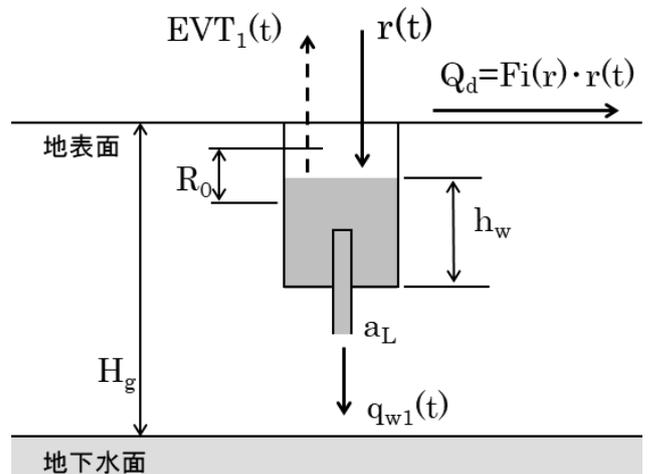


図-2 地下水涵養モデル

$$\frac{dh_w}{dt} = \{1 - F_i(r)\} \cdot r(t) - q_w(t) - EVT_1(t) \quad (1)$$

$$q_{w1}(t) = a_L \cdot \{h_w(t) - R_0\} \times Y[h_w(t) - R_0] \quad (2)$$

ここに、 $r(t)$: 地上に到達する時間雨量(mm/hr)、 $F_i(r)$: 地被 i の表面流出率、 $EVT_1(t)$: タンク内からの章発散、 R_0 : 初期損失高(mm)、 $Y[h_w(t) - R_0]$: $R_0 \leq h_w(t)$ のとき 1、 $R_0 > h_w(t)$ のとき 0 をとるステップ関数、 $h_w(t)$: タンク内の水深(mm)、 a_L : タンクの流出孔の係数(hr⁻¹)、 $q_{w1}(t)$: 不飽和帯から地下水への涵養量(mm/hr) である。また、図-2 中の Q_d は表面流出量(mm/hr)を、 H_g は地下水面から地表面までの高さ(m)を示している。

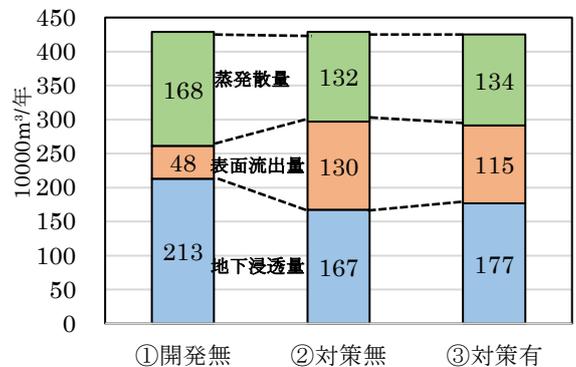
4. 解析結果及び考察

解析は 1979 年 1 月 1 日～2017 年 10 月 31 日の期間においてキャンパス及び周辺地域を対象に、堤らの水循環解析モデルを用いて、以下の case1、case2、case3 の 3 ケースについて計算を行った。なお、case3 については、2017 年 10 月 31 日時点で整備が完了している雨水浸透施設を計算に反映させた。

- ・ case1 「開発無」 : 開発を行わず、開発前の土地利用を存続させた場合
- ・ case2 「対策無」 : 雨水浸透施設等の対策を行わずに開発した場合
- ・ case3 「対策有」 : 整備計画に則り雨水浸透施設等の対策を行い開発した場合

(1) 開発による地下浸透量、表面流出量、蒸発散量への影響

図-3 はキャンパス敷地内での地下浸透量と表面流出量、蒸発散量の年平均(2000 年～2017 年)の cas 毎の比較である。表面流出量について見ると、「対策無」に対して「対策有」では約 12%の減少となった。また、地下浸透量について見ると、「対策無」に対して「対策有」では約 6%の増加となった。この結果より表面流出量と地下浸透量に対しては雨水浸透施設による効果があると考えられる。しかしながら、「開発前」と「対策有」を比べると、表面流出量は約 2.4 倍の増加、地下浸透量は約 17%の減少となり、現状の雨水浸透施設だけでは開発前の状態には未だ至っていないという結果になった。蒸発散量については、雨水浸透施設による影響はほとんど見られない。これは、森林開発によって敷地内で遮断蒸発量が減少するためだと考えられる。



① 開発無 ② 対策無 ③ 対策有
図-3 地下浸透量、表面流出量、蒸発散量の比較

表-1 雨水浸透施設による地下浸透量 (単位: 万 m³/年)

	地下浸透量
浸透ます	4.4
浸透トレンチ	18.0
空隙貯留浸透施設	6.7
合計	29.1
表面流出量(対策無)	130.0

(2) 雨水浸透施設からの地下浸透量

表-1 は、各雨水浸透施設の整備領域においての地下浸透量の年平均 (2000 年～2017 年) を示している。表-1 より、雨水浸透施設全体での地下浸透量の合計は約 29.1 万 m³/年となる。これは「対策無」におけるキャンパス全域での表面流出量約 130 万 m³/年の約 22%にあたり、雨水浸透施設によって表面流出量の約 2 割を地下に浸透させることが出来るという結果になった。

5. まとめ

本研究では、開発がキャンパス建設地周辺一帯の地下水系に及ぼす影響および雨水浸透施設等の対策による現段階での効果について数値解析を基に検討した。その結果、雨水浸透施設による効果は見られるものの、開発前に対して表面流出量が 2 倍以上の増加、地下浸透量は 20%近くの減少となり、整備計画にあるように開発後の雨水浸透量を開発前の状態に回復させるためには、現状の雨水浸透施設では未だ足りていないということが分かった。今後は、残りの 7 か所の空隙施設を含めたキャンパス全域での雨水浸透施設の早急な整備の必要性を提言し、キャンパス周辺域での定量的な水循環系の再評価を行いたい。

[参考文献] 1)九州大学新キャンパス 水循環系保全整備計画 2)堤ら他: 表流水-地下水系水循環機構の予測モデルの開発と適応-九州大学新キャンパス建設地を対象として- 3)九州大学施設部: 九州大学新キャンパス雨水貯留浸透施設的设计マニュアル