

九州大学新キャンパスにおける空隙貯留浸透施設の効果的な配置について

九州大学 工学部 学生会員 大部浩貴
九州大学大学院工学研究院 正会員 広城吉成

(株)エスジー技術コンサルタント 正会員 堤敦
九州大学大学院工学研究院 正会員 神野健二

1. はじめに

2000年6月から九州大学新キャンパス(伊都地区)建設のための造成工事が開始され、降水の浸透・流出過程に影響を及ぼすことが懸念されている。また、周辺地域は、施設園芸用水や飲料水を地下水に依存しており、雨水の地下への浸透や涵養等に配慮が求められている。その対策の一つとして、九州大学新キャンパスでは、一定の貯留機能を有し、側面や底面から地中に雨水を浸透させることのできる空隙貯留浸透施設の建設が計画されている。そこで本研究では、空隙貯留浸透施設の効果的な配置を提示するために、地下水涵養モデル¹⁾と準3次元淡塩2相地下水流動モデルを併用した水循環解析モデルを用いて検討を行った。

2. 内容

2.1 研究対象地域の概要

福岡市西区の九州大学新キャンパスを図-1に示す。新キャンパスの周辺には多くの集落が存在するが、中でも元岡地区が地下水の需要が高い地域である。また、新キャンパス内には、周辺地域の貴重な農業用水源となっている幸の神湧水が存在している。

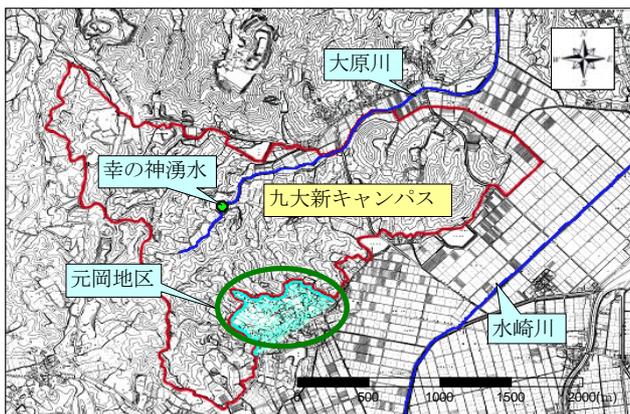


図-1 研究対象地域

2.2 モデルの概要

遮断降雨を考慮した雨水の地下水涵養モデルの概念を図-2に示す。基礎式として以下の式を用いた。

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

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

ここで、 $r(t)$: 時間当たりの地上に到達する雨量(mm/hr), $F_i(r)$: 表面流出率, $Y[h_w(t) - R_0]$: $h_w(t) \geq R_0$ のとき1,

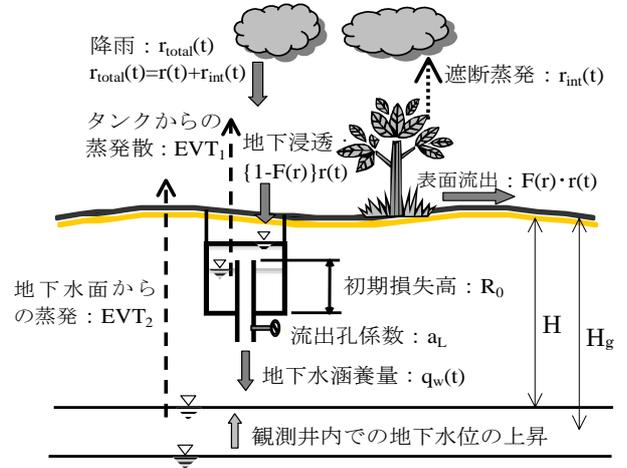


図-2 雨水涵養モデルの概念¹⁾

$h_w(t) < R_0$ のとき0, $h_w(t)$: タンク内の水深(mm), R_0 : 初期損失高(mm), a_L : 流出係数(hr^{-1}), $q_w(t)$: 涵養量(mm/hr), EVT_1 : タンクからの蒸発散である。

また、表面流出率 $F(r)$ については、式(3)を適用した。

$$F_i(r) = \frac{r(t)}{r(t) + (r)_{1/2}} \cdot F_{i\infty} \quad (3)$$

ここで、 $(r)_{1/2}$ とは $F(r) = F_{i\infty}/2$ となるときの $r(t)$ の値である。また、土地利用に依存する $F_{i\infty}$ は、技術資料に掲載されている値を使用した。(表-1)

表-1 土地利用に応じた表面流出率 $F_{i\infty}$

土地利用	$F_{i\infty}$	土地利用	$F_{i\infty}$
道路	0.8	運動施設	0.6
緑地・法面	0.3	駐車場	0.8
畑	0.2	透水性舗装	0.4
建物用地	1.0	山地	0.3

2.3 雨水貯留浸透施設浸透量の計算方法

浸透ます、浸透トレンチ、空隙貯留浸透施設等の雨水貯留浸透施設の浸透量計算は、雨水浸透施設技術指針(案)²⁾における貯留浸透モデルを用いた。比浸透量(K_f)は施設内水深を h として式(4)で表現される。なお、各施設のパラメータ (a, b, c) は表-2のとおりである。

$$K_f(h) = ah^2 + bh + c \quad (4)$$

表-2 比浸透量算出にあたってのパラメータ

	a	b	c
浸透ます	0.120W +0.985	7.837W+0.82	2.858W-0.283
浸透 トレンチ	0	3.093	1.34W+0.677
空隙貯留 浸透施設	0	3.297L+(1.971W +4.663)	(1.401W+0.684)L +(1.214W-0.834)

本研究では、浸透ますとして施設幅 $W=1.0\text{m}$ の正方形ますを、浸透トレンチとして $W=0.6\text{m}$ を採用している。また、越流水深 D として、浸透ます：0.55m、浸透トレンチ：0.35m、空隙貯留浸透施設：1.0mを与えた。各施設の浸透量は施設内水深 h を変数とし、式(5)によりモデル化され、この式(5)と各施設の流入・流出に関する連続式(6)、(6)'を組み合わせるにより、各施設の施設内水深、浸透量を算出した。

$$q_{inf}(h) = mCK_0K_f(h) \quad (5)$$

$$n_e mA \frac{dh}{dt} = -q_{inf}(h) + q_{in}(t) \quad (h < D) \quad (6)$$

$$0 = -q_{inf}(D) + q_{in}(t) - q_{out}(t) \quad (h \geq D) \quad (6)'$$

ここで、 q_{inf} ：施設の浸透量 (m^3/s)、 m ：施設延長・基数、 C ：目詰まり等による影響係数(0.81)、 K_0 ：地盤の透水係数 (m/s)、 K_f ：施設の比浸透量 (m^2)、 n_e ：施設の空隙率、 A ：施設面積 (m^2)、 h ：施設内水深 (m)、 q_{in} ：施設への流入量 (m^3/s)、 q_{out} ：施設からの流出量 (m^3/s)、 D ：施設越流水深 (m) である。

2.4 空隙貯留浸透施設の配置決定手順

- 1) 計算領域(3750m×4250m)を 25m×50mのメッシュに区切った。(計算領域内全メッシュ数：8182 個)
- 2) 九州大学新キャンパス雨水貯留浸透施設の設計マニュアル³⁾に記されたそれぞれの空隙貯留浸透施設集水域(13 地域)のメッシュ(25m×50m)に認識番号を与えた。そして、それぞれの集水域において、保全緑地、建物、また透水係数の低い地点に該当するメッシュを施設設置可能範囲から除外した。
- 3) 施設設置可能範囲中の全てのメッシュについて、1メッシュごとに空隙貯留浸透施設が配置されたとし、それぞれのケースについて幸の神湧水量、元岡地区への地下水流入量を計算し、その量が多い順に順位をつけた。この順位をもとに、空隙貯留浸透施設の地下水涵養の効果が見込める位置を判定した。
- 4) 上記の3)を第1集水域～第13集水域について行った。

3. 結果と考察

2.4の方法で求めた空隙貯留浸透施設の効果的な配置の検討結果を図-3に示す

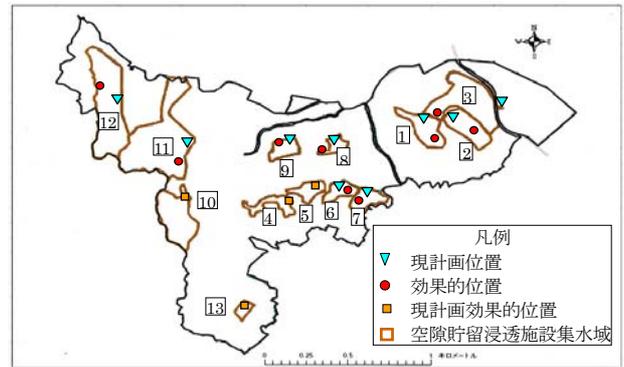


図-3 空隙貯留浸透施設の効果的配置

ここで、現計画効果的位置とは、現在の計画と、求めた効果的位置が等しかった地点である。また以下の表-4に、開発前の場合と、開発後の3ケース(対策なし・現在の計画での配置・本研究で求めた効果的配置)との比較結果を示す。

表-4 比較結果

	開発前	開発後		
		対策なし	現計画配置	効果的配置
幸の神湧水量 ($\text{m}^3/\text{年}$)	46,863 (100%)	40,495 (86.4%)	46,138 (98.4%)	46,410 (99.0%)
元岡地区地下水流入量 ($\text{m}^3/\text{年}$)	352,250 (100%)	332,231 (94.3%)	347,925 (98.8%)	348,606 (99.0%)

開発後の対策なしの場合、幸の神湧水量で現状の86.4%、元岡地区への地下水流入量で現状の94.3%まで低下すると予測された。これに対し、空隙貯留浸透施設を現計画で配置すると、幸の神湧水量で現状の98.4%、元岡地区への地下水流入量で現状の98.8%となった。次に、本研究での空隙貯留浸透施設の効果的配置を検討した場合、幸の神湧水量・元岡地区への地下水流入量が、ともに99%となり、わずかながら現計画配置を上回ることができた。しかし、現計画配置の結果と大差はなかった。これは、2.4の手順3)の中で、効果的位置を決定する際、幸の神湧水量決定順位と元岡地区への流入量決定順位を同等に評価したためと考えられる。つまり、集水域の場所によって、幸の神湧水に影響を及ぼしやすい位置、元岡地区に影響を及ぼしやすい位置が存在するので、事前に各集水域が、幸の神湧水、元岡地区への地下水流動のどちらに大きく寄与するかを地下水流動計算¹⁾を元に判断し、空隙貯留浸透施設の効果的配置を決める必要がある。なお、本検討については発表時に報告したい。

<参考文献>

- 1) 堤敦：表流水 - 地下水系水循環機構の予測モデルの開発と適用 -九州大学新キャンパス建設地を対象として-，九州大学学位論文，2006。
- 2) 雨水貯留浸透協会：雨水浸透施設技術指針(案)，1995。
- 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，2005。