

(株)建設技術研究所	正会員	○荒木 千博
首都大学東京 都市基盤環境工学専攻	正会員	河村 明
首都大学東京 都市基盤環境工学専攻	正会員	天口 英雄
小田急建設(株)	非会員	入田 昂浩

1. はじめに

これまで、都市域における水循環機構の解明を目的にしたグリッド型の分布型水循環モデルが数多く提案されてきた。そのグリッドサイズは細密の場合でも10mで、通常25~100mを用いて実流域に適用されるが、土地利用形態が非常に複雑な都市流域の浸透透域を正確にとらえることが困難である。

本研究では、雨水が浸透しない建物の屋根、道路、駐車場などが人工的に整備されることで複雑な地表面被覆を形成する都市流域において、グリッド型モデルに比べ正確に浸透域をとらえることのできる地物データGIS¹⁾を用いて、水循環機構の中で重要な地下水涵養量を解析する新たな地下水涵養モデルを構築した。

2. 対象流域

国分寺試験流域は図1に示すように多摩川水系野川の源流部で、国分寺市の南部と府中市の北西部にまたがる武蔵野台地上に位置し、流域の南部は国分寺崖線となっている。武蔵野台地の地質断面は約1mの表層の下位に立川ローム層と武蔵野ローム層からなる層厚7~10mのローム層があり、その下位に不圧地下水の帯水層である砂礫層が約5m存在する。さらにその下位に約2mの粘土層が不透水層として存在し、不透水層に沿って砂礫層内を水深0.5~1mで西から東に向かって流下した地下水は、国分寺万葉園内(図1の赤三角印)で湧水として流出している²⁾。



図1 国分寺試験流域の位置

3. 高度な地物データGISの作成

作成した国分寺試験流域の地物データGISを図2に示す。表1は、国分寺試験流域における地物データの分類とその要素数(地物数)及び面積を示す。



図2 国分寺試験流域の高度な地物データGIS

4. 地下水涵養モデル

提案する地下水涵養モデルは、地表面をグリッド形状で表したモデルとは異なり3.で作成した地物要素ごとに浸透モデルを組み込むものである。地下水涵養量は、浸透モデルにより個別の地物ごとに算定され、後述の地下水流動モデルへの入力値となる。なお不浸透域への降雨は、直接流出として雨水・下水道管に流入し、流域外へ流下させた。浸透モデルとして、図3に示すSMPTモデル³⁾を採用した。土壌水分量を S とすると連続式は式(1)で表せる。

$$\frac{dS}{dt} = R - E - G - D \quad (1)$$

ここに、 S :土壌水分量(m), R :降水量(m/s), E :蒸発散量(m/s), G :地下水涵養量(m/s), D :浸透域の直接流出量(m/s) 地下水涵養量は式(2)により算定する。

$$G = \begin{cases} 0 & (0 \leq S \leq S_n) \\ \beta(S - S_n) & (S_n \leq S) \end{cases} \quad (2)$$

表1 土地利用種別の分類

	要素名	要素数	面積(m ²)	浸透域
街区内 土地 利用 地物 要素	建物	1,043	96,318	
	駐車場(浸透)	14	142	○
	駐車場(不浸透)	107	18,049	
	グラウンド	26	6,440	○
	林地	436	79,647	○
	芝地	49	8,621	○
	畑	56	19,754	○
	公園	20	3,595	○
	プール	2	649	
	裸地	14	1,654	○
道路要素	鉄道	33	3,559	
	間地	658	74,741	○
	道路	746	70,808	
	合計	3,204	383,977	

ここに、 S_n :最小含水量(m), β :地下水涵養定数(1/s)

SMPTモデルでは土壌水分量 S と地下水涵養定数 β によって地下水涵養量 G を決定している。また、式(3)に示すハモン式⁴⁾と補正係数から日蒸発散量を算定した。

$$Q = 0.14D_o^2 P_t \quad (3)$$

ここに、 E_p :日平均蒸発散能(m/day), D_o :日照時間(12hr/day), P_t :日平均気温に対する飽和絶対湿度(gm/m³)

本研究の地下水涵養モデルの特徴は、図2で構築した地物データGISの全要素にこの浸透モデルを適用したことである。

地下水流動モデルは差分法を用いた広域地下水平面2次モデル⁵⁾を適用した。地物毎に算定した地下水涵養量は図4に示すように、地物重心点が含まれるメッシュに与える。

5. 解析結果

地下水位が観測された1984年1月1日から12月31日までの1年間を対象に、本モデルを用いて雨水浸透および地下水流動解析を行った。日単位降雨および日平均気温は近傍の気象庁府中観測所の観測値を用いた。図4に地下水流動モデル(20mメッシュ)における帯水層底面高と地下水観測地点(W1~W6)を示す。帯水層底面の高さはボーリングデータから設定し、地下水解析領域は国分寺試験流域の流域界と同一とした。透水係数、比貯留量は、既往の研究により得られている値⁶⁾を用いた。また1984年当時の当流域では、各家庭の生活雑排水を直接砂礫層に流し込む「吸い込み井戸」が使われており、既往の研究⁵⁾による涵養量を与えた。図6に、地下水観測点W1からW6までの観測値(点)と計算地下水位(実線)を順に示す。各地点とも再現性は概ね良好であり、地物データGISを用いた地下水涵養モデルの適用性・有用性が確かめられた。

6. むすび

今後は、都市域の下水道モデルや表面流モデルなどを組みこみ、総合的な都市域水循環モデルに発展させてゆく。

参考文献)

- 1) 天口英雄, 河村明, 高崎忠勝: 地物データGISを用いた新たな地物指向分布型都市洪水流出解析モデルの提案, 土木学会論文集, Vol.63 No.3, pp206-223, 2007.
- 2) 安藤義久・長畑範明: 台地の試験流域における地下水流動を含む水循環機構のモデル化とその応用, 水文・水資源学会誌 第2巻1号, PP33-40, 1989.
- 3) 安藤義久・虫明功臣・高橋 裕: 丘陵地の水循環機構とそれに対する都市化の影響, 第25回水理講演会論文集, PP.197~208, 1981.
- 4) Hamon, W.R.: Estimating Potential Evapotranspiration, ASCE, HY3, paper 2817, 1961.
- 5) W.キンツェルバッハ: パソコンによる地下水解析, 森北出版, PP63~78, 1989.
- 6) 長畑範明・安藤義久: 台地の湧水の保全に関する研究, 東京都立大学卒業論文, 1987.

キーワード: 地物データGIS, 国分寺試験流域, 地下水涵養モデル, 地下水流動モデル, 浸透・不浸透域

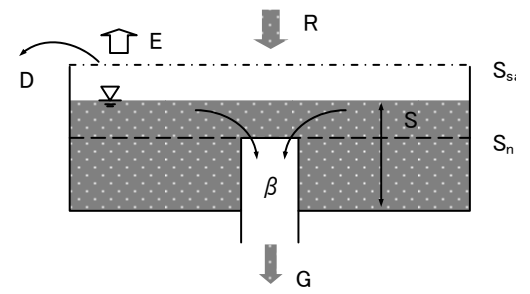


図3 浸透モデル

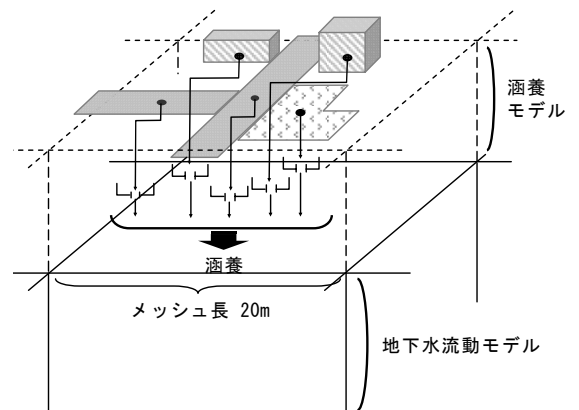


図4 地下水涵養モデルと地下水流動モデルの関係

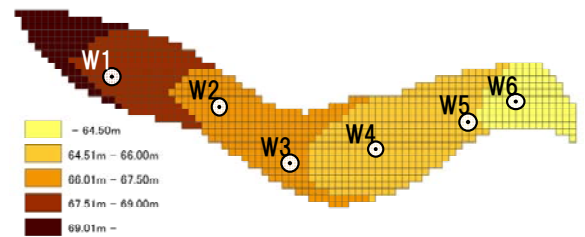


図5 地下水流動モデルにおける帯水層底面高と地下水観測点

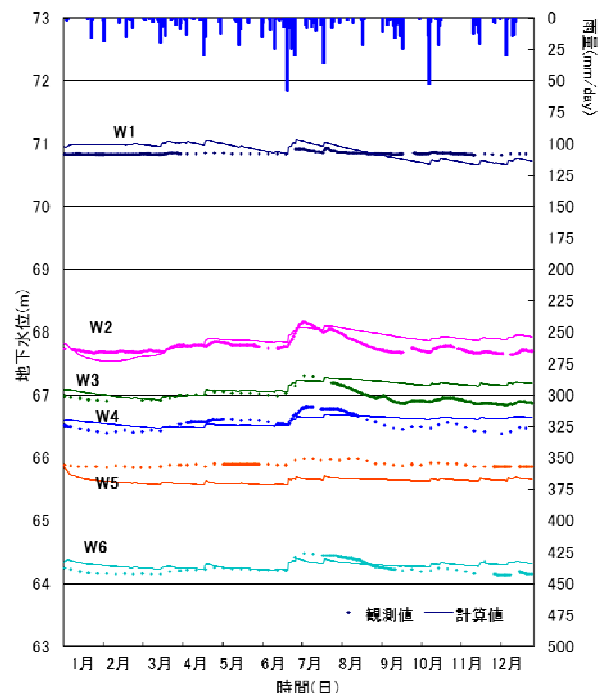


図6 地下水位再現結果