

地物データ GIS を用いた国分寺試験流域の地下水涵養モデルについて

東京都立大学 工学部土木工学科 学生会員 ○入田 昂浩
 首都大学東京 都市基盤環境工学専攻 正会員 天口 英雄
 首都大学東京 都市基盤環境工学専攻 正会員 河村 明
 (株)建設技術研究所 正会員 荒木 千博

1. はじめに

近年、都市部の急速な開発によって都市型洪水の頻発や渇水、湧水の枯渇、地下水の過剰取水による地盤沈下等水循環系における様々な問題点が浮き彫りになっている。こうした都市特有の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いる。グリッド型水循環モデル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、グリッド型では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。ここでは雨水が浸透しない家屋やビルの屋根、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 GIS を用いて、水循環機構の中で最も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について検討を行っている。

本研究では、少雨期の瀬切れが問題となっている野川の水源部に位置し、東京都内では珍しく環境省の名水百選に選ばれている真姿の池湧水群の一つである国分寺湧水の涵養域(国分寺試験流域)を取り上げ、対象流域内の浸透特性を考慮した土地利用種別毎に地表面を正確に分割する高度な地物データ GIS を構築している。そして各浸透性地物に浸透モデルを組み込むことで、国分寺試験流域の地下水涵養モデルを作成している。最後に、本地下水涵養モデルで算定された涵養量を一般的な地下水流動モデルの入力として地下水位の算定を試みた。

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、流域内の地盤形状は緩勾配で目立った起伏がなく、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、湧水は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れている¹⁾。砂礫層内を流れてきた地下水は国分寺崖線の崖下にあたる国分寺万葉園内(図 - 1 の赤三角印)に国分寺湧水として流出しており、そこから「お鷹の道」と呼ばれる水路で他の湧水と合流し野川へと注いでいる。



図 - 1 国分寺試験流域の位置

3. 高度な地物データ GIS の構築

図 - 2 は基礎的地物データ GIS(図 - 2(a))を高度な地物データ GIS(図 - 2(b))化した例を示している。高度

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

連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 都市基盤環境工学専攻 TEL：042-677-1111

E-mail: amaguchi@tmu.ac.jp

な地物データ GIS の構築にあたってはまず図 - 2(a) に示す東京都基礎的地物データ GIS の街区要素及び建物要素から対象流域である国分寺試験流域内のデータを抽出する。基礎的地物データ GIS は行政利用が目的であり、街区要素のポリゴン（多角形）データは公共用地や商業用地等々土地利用用途に基づいて区分されているため、浸透性の有無は考慮されていない。そこで本研究では GIS ソフト(ArcGIS)を用いて、基礎的地物データ GIS に浸透性の有無を考慮した新たな情報を付加することにより、浸透域を正確に捉えることのできる高度な地物データ GIS を構築する。地物データ GIS の構築にあたっては、提案する地下水涵養モデルによる算定結果が検討しやすい十分な地下水位観測データの存在する 1984 年当時の土地利用を対象とする。このため当時の 1/2500 地形図や国土地理院の航空写真を参考にした。実際の構築プロセスとしてはまず地形図の地図記号や航空写真を用いて地表面の浸透性を考慮し、表 - 1 の黄塗りで示した 11 種類の土地利用種別ごとに手作業で一つ一つの地物に細かく分割してゆく。さらに、同じ土地利用種別に分類される地物においても面積の大きいものがある場合には地形特性に考慮して適当な大きさに分割する。その後、街区要素及び建物要素以外の部分を道路要素とし道路要素も地形特性



(a) 基礎的地物データ GIS (b) 高度な地物データ GIS

図 - 2 地物データ GIS の構築

表 - 1 土地利用種別の分類

		要素名	要素数	面積 (㎡)
高度な地物データ GIS	道路要素	道路	746	70,808
	街区内地物要素	建物	1043	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
鉄道	33	3,559		
間地	658	74,741		
合計			3,204	383,977

に考慮して適当な大きさの微小道路要素に分割する。最後に、建物以外の 11 種類の街区内地物要素・建物要素・道路要素を一つの GIS データとしてまとめたものが今回構築した高度な地物データ GIS である。以上の作業を国分寺試験流域に対して行った結果、完成した高度な地物データ GIS を図 - 3 に示す。

表 - 1 には今回構築した地物データ GIS の要素数及びその面積を示している。表 - 1 の土地利用種別の駐車場 (浸透)・グラウンド・林地・芝地・畑・公園・裸地・間地を浸透域とすると、流域内の浸透面積率は約 51% である。また対象流域には約 20% の林地が残っていることから、都市流域にしては比較的緑の多く残る地域だと考えられる。

4. 地下水涵養モデル

ここで提案する地下水涵養モデルはこれまでの地表面をグリッド形状で表したモデルとは異なり、3. で作成した高度な地物データ GIS の浸透性地物ごとに浸透モデルを組み込むものであり、その概念図を図 - 4

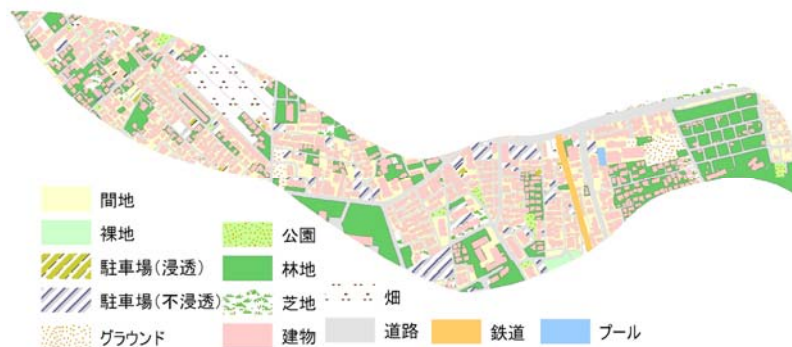


図 - 3 国分寺試験流域の高度な地物データ GIS

に示す。地下水涵養量は浸透性地物要素への降雨を入力とした浸透モデルにより個別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。なお国分寺試験流域では、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、流域外へ流下している。本研究における浸透モデルは図-5に示す SMPT モデル²⁾を用いる。浸透性地物要素の土壤水分量を S とすると連続式は式(1)で表せる。

$$\frac{dS}{dt} = R - E - G - D \tag{1}$$

ここに、 S :土壤水分量(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。

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

ここに、 S_n :最小容水量(m)、 β :地下水涵養定数($1/s$)
SMPT モデルでは土壤水分量 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。浸透性地物要素内の土壤水分量 S が最小容水量 S_n 以上の時に地下水涵養が発生する。土壤水分量が飽和水分量 S_{sat} を越えると浸透域からの直接流出量が発生する。また、日平均蒸発散能は式(3)に示すハモン式³⁾を用い、これに蒸発散の補正係数を掛けて日蒸発散量とする。

$$E_p = 0.14 D_o^2 P_t \tag{3}$$

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/m^3)

本研究では、図-3で構築した地物データ GIS の全てのポリゴンにこの浸透モデルを適用したところが大きな特徴である。

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⁴⁾を適用する。ここでモデル内の計算に用いるグリッドは20mメッシュとし図-6のように設定する。

5. 解析結果

本研究では、図-6のW1~W6の6ヶ所において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、構築した地下水涵養モデルを用いて地下水流動解析を行う。降雨は国分寺試験流域に最も近い気象庁府中雨量観測所の日単位降雨量を用いる。地下水流動解析の不透水性境界は国分寺試験流域の流域界を設定する。地下水流動解析に用いる透水係数及び貯留係数は既往の研究により得られている値⁵⁾を用いる。図-7に示す帯水層底面の高さは地質断面図を用いて設定した。図-8の地下水の初期値はW1からW6において観測された1984年1月1日の水位を基に推定した。上述の解析条件を用いて、地下水涵養モデルを国分寺試験流域に適用した結果を図-9に示す。図-9は上から日単位雨量と上流の地下水観測点W1からW6までの観測値(点)と計算地下水位(実線)を順に示している。この図より、最上流部に位置するW1の計算地下水位は観測値に比べ著しく低下している。W5の計算地下水位も同様に観測値より低いものの、他の観測点では概ね観測値を再現している。1984年当時の国分寺試験流域では、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」と呼ばれる施設が多用されていた⁵⁾。流域上流部に当たるW1周辺は住宅密集地であり多くの「吸い込み井戸」が普及していたと推測できる。各家庭からの生活雑排水による直接

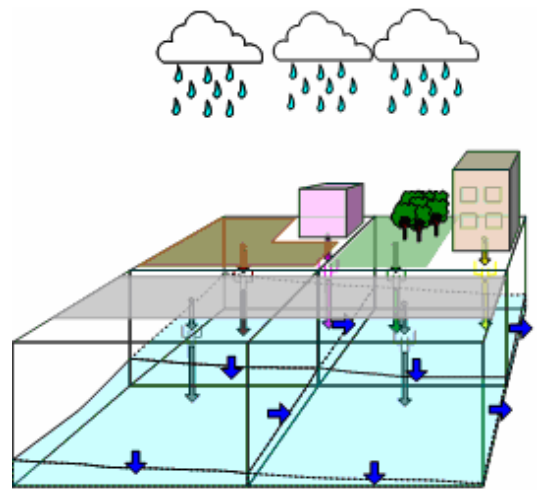


図-4 地下水涵養モデル概念図

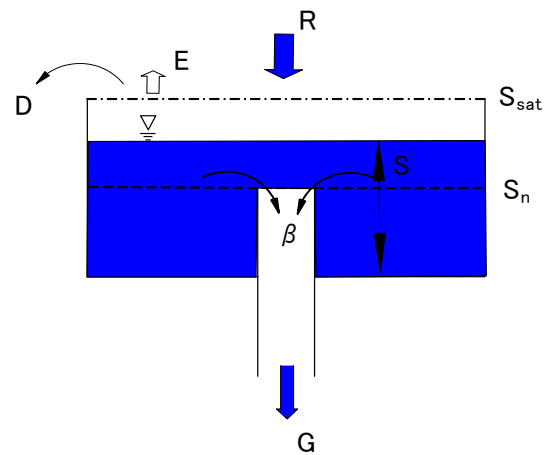


図-5 浸透モデル

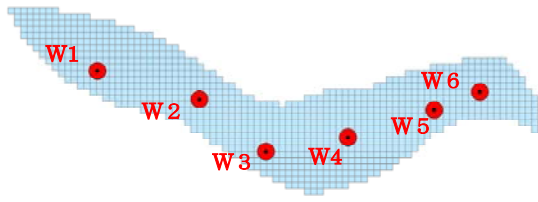


図 - 6 地下水流動モデルメッシュ図
及び地下水位観測点

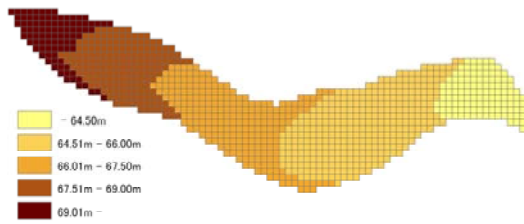


図 - 7 帯水層底面高

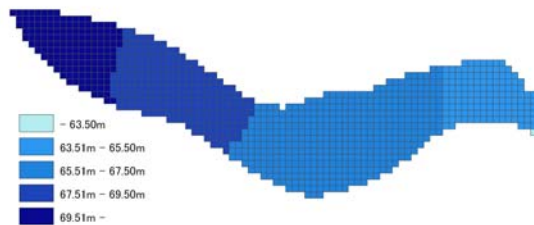


図-8 初期地下水位

涵養量を考慮することで W1 における計算地下水位の著しい低下も改善されると考えられる。

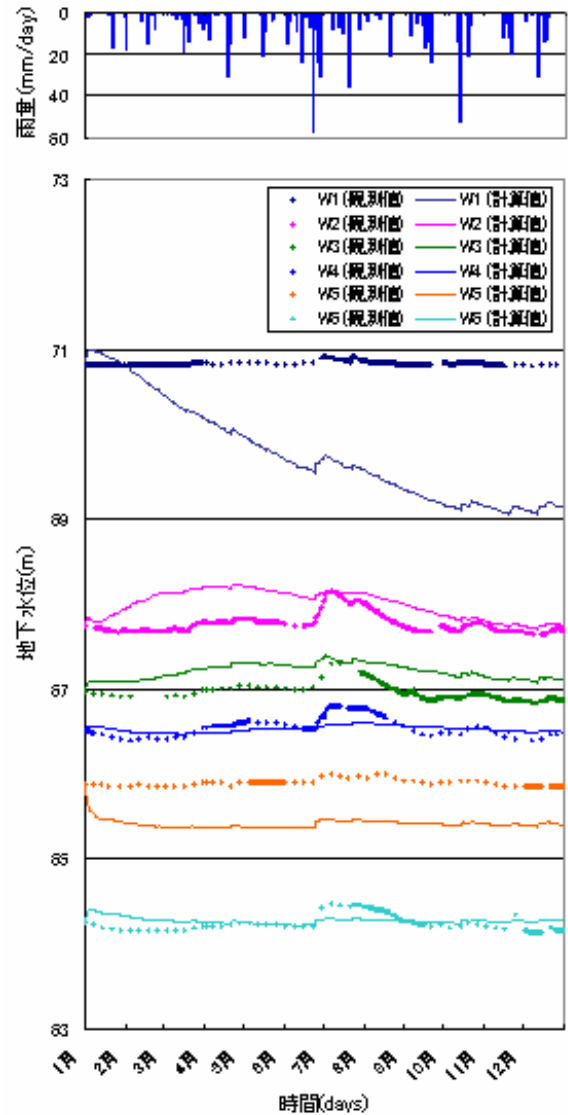


図-9 国分寺試験流域への適用結果

6. むすび

本研究では、国分寺試験流域を対象に高度な地物データ GIS を構築し、浸透性地物毎に浸透モデルを組み込むという新たな地下水涵養モデルについて検討を行った。本モデルと一般的な地下水流動モデルを用いて、6ヶ所の地下水位観測が行われた 1984 年を対象に、国分寺試験流域の地下水流動シミュレーションを行い、計算地下水位の算定を試みた。最上流部の地下水位変動は観測値と適合しなかったものの、中下流部のそれは観測値を再現できたという結果より、地物データ GIS を用いた地下水涵養モデルの有用性が示された。国分寺試験流域の人工的な直接涵養量を考慮することや地下水流動モデルにおける初期条件・境界条件・各種パラメータについての検討が今後の課題として挙げられる。

【参考文献】

- 1) 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
- 2) 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
- 3) Hamon, W.R. : Estimating Potential Evapotranspiration, ASCE, HY 3, paper 2817, 1961
- 4) 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
- 5) 長畑範明・安藤義久：台地の湧水の保全に関する研究，東京立大学卒業論文，1987