

II-17

名取川水系域における水循環について

東北大学工学部 学生会員 ○高橋雅之
東北大学大学院 正会員 風間 聡
東北大学大学院 フェロー 沢本正樹

1. はじめに

渇水時に確保できる水源は、地下水そのものであるが、そこからの復帰流で形成されるものが基底流出である。したがって、水資源計画するにあたり地下水変動を推測することは非常に有効である。本研究では、取り扱いが容易な国土数値情報を用いて土地利用および土壌の種類を考慮した2次元数値地下水モデルから名取川上、中、下流域の地下水のマクロな挙動を解析した。

2. 対象地域およびデータセット

対象地域の名取川水系域（図1）は、宮城県中央部に位置し、水源の蔵王山系から仙台平野、仙台湾へと注ぐ。解析データとして、国土数値情報より求めた水系域内の標高、土壌土地利用、河道マップを、また降水量として気象庁月報の1999年分より日降水量のデータを用意した。

3. 解析方法

3-1 モデル構造

図1中のa, b, c点の左岸方向の5kmを対象として図2のような解析モデルを構築した。本モデルは長方形カラムを50個並べた構造を有する2次元地下水モデルであり、 $x=0$ において河川に接している。また、不透水境界は地表面から50mの深さにあるとした。

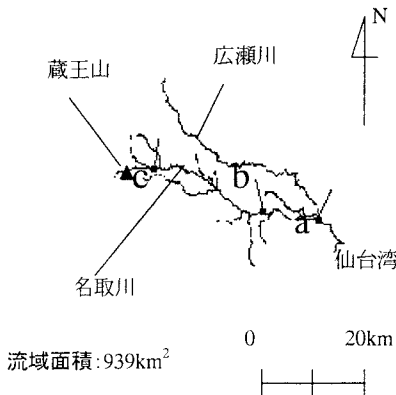


図1 名取川水系域

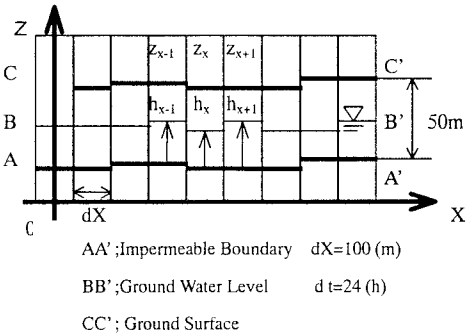


図2 モデルの構成

3-2 支配方程式

地下水流動の支配方程式には、(1)式に示す連続の式と(2)式に示すダルシー則を用いた。また、地表面における水収支の関係を(3)式に示す。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hv)}{\partial x} = r \quad (1)$$

$$v = -k \frac{\partial h}{\partial x} \quad (2)$$

$$r = \begin{cases} s & ((r' - e) \geq s) \\ r' - e & ((r' - e) < s) \end{cases} \quad (3)$$

h : 不透水境界からの地下水位(m), t : 時間(h)
 v : x 方向の流速(m/h), x : 河川からの水平距離(m)
 r : 浸透量(m/h), r' : 観測降水量(m/h)
 k : x 方向の飽和透水係数(m/h)
 s : 浸透能(m/h), e : 蒸発散量(m/h)

(1)式に(2)式を代入して差分化したものを(4)式に示す。

$$h_x^{t+1} = h_x^t + \left\{ r + kH_x \frac{h_x^{t+1} - 2h_x^t + h_x^{t-1}}{dx^2} + k \left(\frac{h_x^{t+1} - h_x^t}{dx} \right)^2 \right\} dt \quad (4)$$

$h' = h + z$: 基準面 ($z = 0$) からの地下水位(m)
 z : 標高(m)

3-3 境界条件および初期条件

図2のAC、A'C'での境界条件はそれぞれ(5)、(6)式とした。また、初期条件は(7)式に示すとおりである。

$$z_0^t = z_1^t \tag{5}$$

$$h_{50}^t = h_{51}^t \tag{6}$$

$$\begin{aligned} h_0^t &= 10(m) \quad (0 \leq t \leq 365 \times 24) \\ h_x^0 &= 10(m) \quad (0 \leq x \leq 50) \end{aligned} \tag{7}$$

3-4 パラメータ設定

流域内の土壌を中野¹⁾の「地下流出涵養に対する貢献度による土壌型の類別」に基づいて3種類に大別し、それぞれについて透水係数を表1のように設定した。表中の表記は図3のものに対応する。

(3)式中の浸透能および蒸発散は、多田²⁾や水理公式集³⁾を参考に表2に示すとおり土地利用毎に設定した。値は月毎に異なる。

表1 土壌による浸透貢献度と透水係数

貢献度	大	中	小
k (m/h)	0.05	0.036	0.025
図3の表記			

表2 各土地利用の蒸発散・浸透能

	蒸発散(×10 ⁻⁵ m/h)	浸透能(m/h)
田	0.4~20.0	0.13
畑	1.0~5.6	0.08
森林	2.9~13.6	0.26
都市	1.0~5.6	0
水域	4.4~20.0	-
その他	1.0~5.6	0.08

4. 結果と考察

モデルに観測降水量を一様に与え、地下水位変動を一年にわたって日単位で計算した結果を図3に示す。上からそれぞれa地点、b地点、c地点を表す。

a地点では標高差がない状態での都市部における地下水の減少をみることができる。b、c地点では透水係数による地下水位変動を比べたもので、小さいほど変動が小さいのがわかる。ただし、より現実的な解析のためには再度各パラメータの値を検討する必要がある。

5. おわりに

今回の解析結果ではパラメータ等の再検討を要するが、土地利用毎および土壌型毎の地下水位変動を抽出することができた。実測データ等を用いてパラメータを適切に設定することにより、流域の地下水変動を評価できる可能性がある。

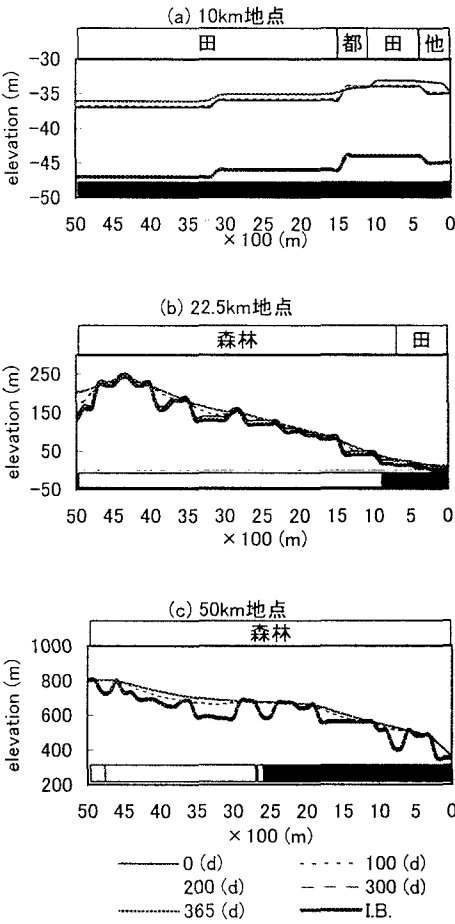


図3 地下水面の変動

謝辞

本研究は、国土交通省と土木学会の共同研究、河川懇談会の援助を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

1) 中野秀章：森林水文学，共立出版，1976。
2) 多田毅：衛星データによる東北地方の蒸発散推定手法の開発，東北大学修士論文，1995。
3) 土木学会水理委員会：水理公式集，丸善，1999。