

黒部川扇状地における非定常地下水モデルの構築と精度検証

富山県立大学工学部	学生会員	○元由	友佳
富山県立大学工学部	正会員	手計	太一
富山県環境科学センター	正会員	溝口	俊明
富山県環境科学センター	正会員	松本	卓大

1. はじめに

黒部川扇状地では、多くの人々が地下水を利用し、良質で豊富な地下水を対象に、古くから様々な地下水調査が行われてきた^{1), 2), 3)}。

近年，地下水位の低下が報告されている．2011 年 3 月から継続している研究では，自噴量は冬季に減少し，水質に季節変化がないことが分かっている⁴⁾．

地下水は、実際の挙動を見ることはできず、把握することが困難である。そこで、地下水を適切に保全するために可視化する必要がある。

本研究では、黒部川扇状地流域を対象にした地下水モデルを構築する.

2. 対象地域

図-1と図-2は、本研究の対象地域である。黒部川扇状地は、我が国屈指の急流河川である黒部川が作り出す扇状地である。黒部川流域は、山地面積が約99%を占めており、その他約1%が都市地域、農業地域等として利用されている。下流域には宇奈月町愛本を扇頂として半径約13.5 m、頂角約60°、面積約120 km²の扇状地を有している。扇頂から上流部は変成岩類及び花崗岩類を主体とする岩石であり、扇頂

から下流部は砂礫層で形成されている.

3. 地下水モデルの構築

3.1 支配方程式

本研究では、アメリカ合衆国地質調査研究所 (USGS) が開発し、ソースコードが公開されている MODFLOW を利用して非定常地下水モデルを構築した。支配方程式は、(1) の連続の式と (2) のダルシー則から導かれ、(3) のような偏微分方程式で表される。

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} = -S_s \frac{\partial h}{\partial t} + R^* \quad (1)$$

$$q_x = -K_x \frac{\partial h}{\partial x}, q_y = -K_y \frac{\partial h}{\partial y}, q_z = -K_z \frac{\partial h}{\partial z} \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) = S_s \frac{\partial h}{\partial t} + R^* \quad (3)$$

ここで、 K : 透水係数(L/T), S_s : 比貯留率(L⁻¹), R^* : 吸い込み/湧き出し項(T⁻¹), h : 水理水頭(L)としている. 空間と時間に有限差分法を用いる.

3.2 地下水モデル

図-3 はモデル領域とボーリング柱状データの位置を示している。モデル領域は、境界条件の影響を受けないように実際の扇状地よりも広く 16 km×16 km と

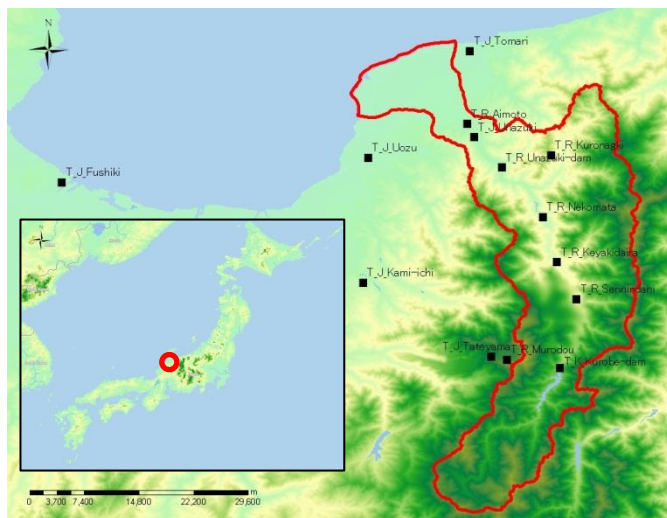


図-1 日本地図と黒部川扇状地流域界

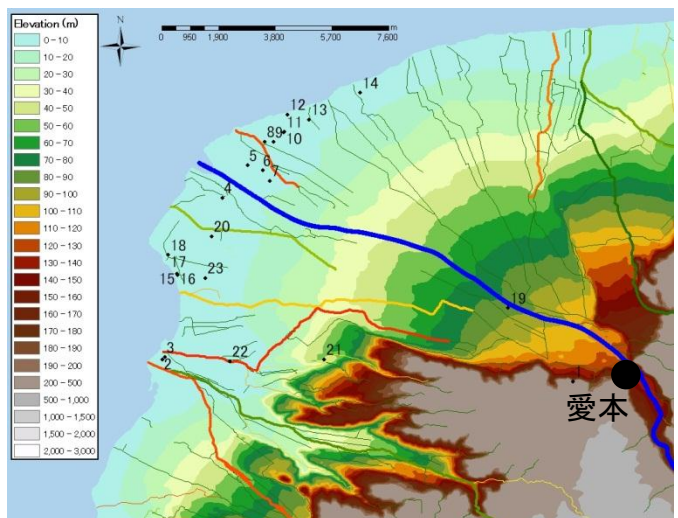


図-2 黒部川扇状地

キーワード ポーリング柱状データ 非定常地下水モデル 自噴井 黒部川扇状地 富山県
連絡先 〒939-0311 富山県射水市黒河 5180 富山県立大学 TEL0766-56-7500 E-mail : s917039@st.pu-toyama.ac.jp

表-1 水理パラメータ

	透水係数 (cm/s)	比貯留率 (m^{-1})
表土	1.0×10^{-3}	1.0×10^{-4}
砂礫層	1.0×10^{-1}	
砂礫・粘土 混合層	1.0×10^{-3}	
難透水層	1.0×10^{-6}	

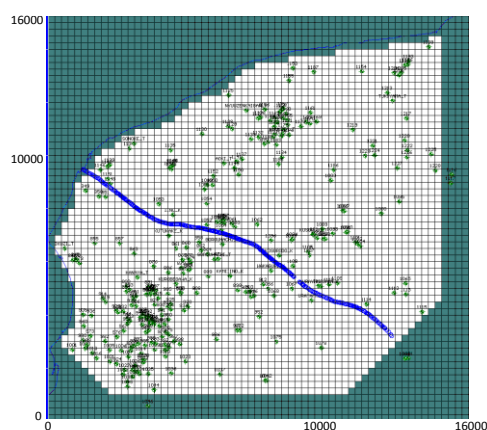
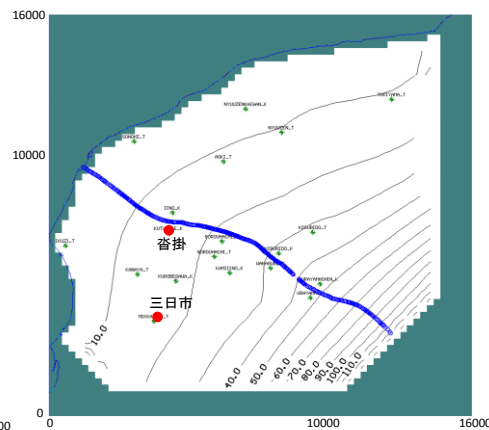


図-3 モデル領域とボーリング柱状データの位置

図-4 地下水位面図
(2007年8月27日)

設定し、250 m × 250 m メッシュの DEM データを使用した。帯水層をできるかぎり正確に表現するために、扇状地全域に 283 地点のボーリング柱状データを本モデルに挿入し、地層を鉛直方向 6 層に分類した。

表-1 は、本モデルに設定した水理パラメータである。4 種類の土質分類を 6 層の地層に当てはめ、それぞれの透水係数は既往文献¹⁾を基に表-1 のように設定した。涵養量は、日平均降水量として、水田に水が張られる 5, 6 月にはたん水深(100 mm)を加えた。

境界条件は難透水として、流動境界条件は海と黒部川を設定した。

4. 結果と考察

図-4 は、計算が終了した 2007 年 8 月 27 日時点の地下水位等高線の計算結果である。地下水位等高線は、既往研究²⁾と定性的にほぼ一致している。また、50 m よりも低い地下水位等高線において、黒部川河道部を中心に顕著な地下水嶺が認められており、本モデルにおいても同様の結果が得られた。

図-5 は、富山県と国土交通省が管理する 19 地点の観測井の地下水位の日平均観測値(2006 年 1 月 1 日～2007 年 8 月 27 日のデータ)の代表地点と計算値を比較した結果である。沓掛地点では、概ね観測値の地下水位変動を再現できている。三日市地点では、計算期間中全体に観測値よりも約 10 m 高い傾向があり、冬季に地下水位が低下する変動を正確に表現できていない。この要因は、揚水などの人為的な影響を考慮していないためである。また、地下水の流速が早く、本モデルでは表現できていない可能性がある。

竹中ら³⁾の研究結果では、観測値と計算値の誤差

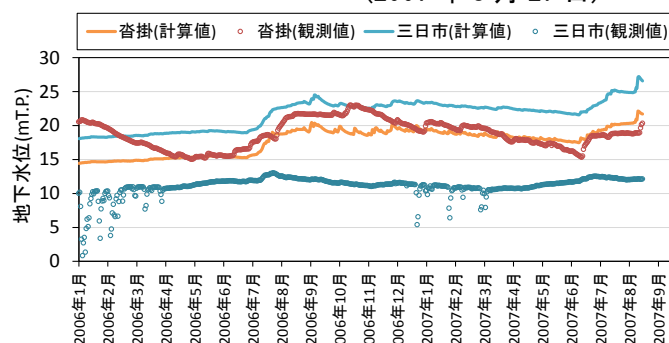


図-5 計算値と観測値の比較

が 1～3 m 程度である。本モデルの誤差を改善するために、早い地下水流速に対応できるモデルを構築し、再現性を確認しながらさらに精度向上を図る必要がある。

謝辞: 本研究の遂行にあたり YKK 株式会社黒部事業所から支援を受けている。黒部市役所と入善町役場から資料の提供を受けた。合わせてここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 山本荘毅, 樫根勇編著: 黒部川扇状地における水の循環, 151pp, 1971.
- 2) 丸山響: 黒部川扇状地における地下水涵養源としての河川水の役割, 日本水文科学学会誌, 第 36 巻, 第 1 号, pp. 23-36, 2006.
- 3) 竹内正信, 村田文人, 片山健, 中村茂, 中嶋規行, 山口晴夏, 馬場亜希: グリッド型循環系解析モデルによる黒部川伏没・湧水機構の解明, 土木学会論文集 B1, Vol. 68, No. 4, pp. I_481-I_486, 2012.
- 4) 元由友佳, 手計太一, 溝口俊明, 張勁: 黒部川扇状地の湧水調査, 日本地下水学会秋季講演要旨, pp. 52-55, 2012.