

黒部川扇状地における地下水熱利用が地下水温に与える影響に関する基礎的検討

富山県立大学工学部
富山県立大学工学部学生会員
正会員○ 北 隆平
手計 太一

1. はじめに

地下水の熱を利用した融雪や冷暖房の技術は日本でも古くから利用され、地下水質が良く豊富な地下水を持つ地盤条件においては巨大な利用ポテンシャルを持っていると言われている¹⁾。

富山県北東部に位置する黒部川扇状地では、沿岸部付近において自噴井戸が多く存在している。この豊富な地下水は生活用水や工業用水、観光などに利用されている。

本研究では、工場等が大規模に地下水熱を利用することを想定し、地下水温に与える影響を数値実験で検討した。

2. 対象地域

黒部川扇状地は、急流河川である黒部川が作り出した富山県の扇状地である。本扇状地は扇頂(愛本)から黒部川河口まで約 13.5 km、頂角約 60°, 面積約 120 km²、勾配約 1/100 を有している。地下水の帯水層を構築しているのは第四系の砂礫層などであり、その基盤をなしているのが新第三系の砂岩または泥岩となっている²⁾。

3. 地下水モデルの構築

3.1 支配方程式

本研究では、地下水流動及び物質の移流分散現象を解析するモデル(密度流考慮)として米国地質調査所(USGS)が開発した SEAWAT を利用した。

$$\nabla \cdot \left[\rho \frac{\mu_0}{\mu} K_0 \left(\nabla h_0 + \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \nabla z \right) \right] = \rho S_{s,0} \frac{\partial h_0}{\partial t} + \theta \frac{\partial \rho}{\partial C} \frac{\partial C}{\partial t} - \rho_s q'_s \quad \dots \textcircled{1}$$

ここに、 ρ_0 : 基準濃度と基準温度における流体の密度(ML⁻³)、 μ : 動粘性係数(ML⁻¹T⁻¹)、 K_0 : 透水係数テンソル(ML⁻¹)、 h_0 : 水頭(L)、 $S_{s,0}$: 貯留係数(L⁻¹)、 t : 時間(T)、 θ : 体積含水率(-)、 C : 塩分濃度(ML⁻³)、 q'_s : 単位体積あたりの地下水系外からの流入量または流出量(T⁻¹)である³⁾。

3.2 地下水モデルと境界条件

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やや広く 14 km×14 km と設定し、250 m×250 m メッシュの DEM データを使用した。

涵養量は、魚津と泊(AMeDAS)の日平均降水量に水田の湛水深を加えた値を用いた。水田の湛水深は、富山県農林水産部と黒部農業協同組合が農業事業者に推奨している値を使用した。

流動境界条件は富山湾(観測潮位)と黒部川(愛本観測所の日平均水位)を設定した。また黒部川流域の上流域からの地下水の供給を想定して、既往文献⁴⁾を参考に扇頂部の地下水位を設定した。

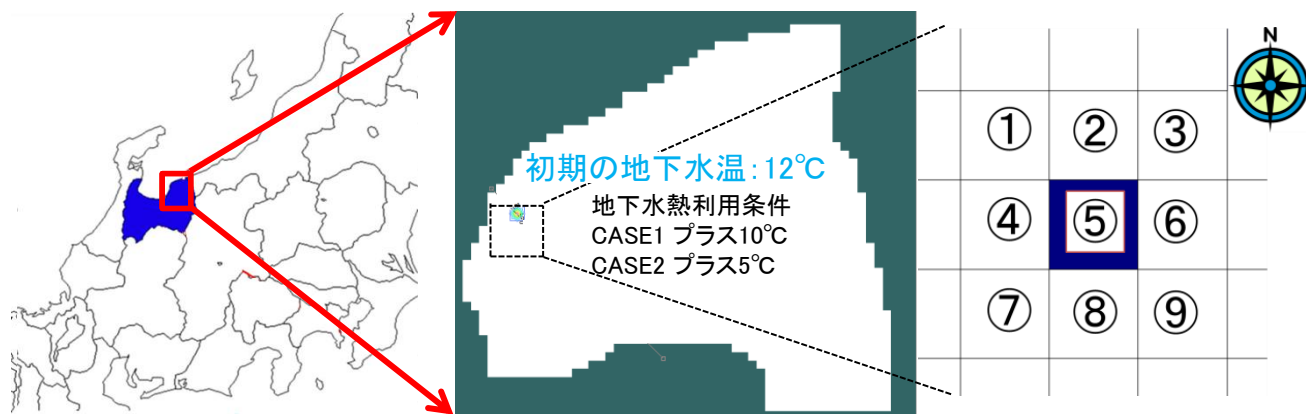


図-1 各 CASE の地下水温の条件と計算地点

キーワード 黒部川扇状地, SEAWAT, 地下水, 数値実験

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河 5180 TEL 0766-56-2099

3.3 モデルの地層構造

前章で示したように、黒部川扇状地は主に砂礫層で構成されており、大きく分けて3層に分かれている。この層は少なくとも表層から約150 mまで堆積しているため、本モデルでは基盤までの深さを表層から200 mとした。

3.4 地下水理パラメータ

地下水理パラメータである透水係数、比産出率、比貯留率は、これまでに著者らのグループが逆推定を利用して求めた値⁵⁾を利用した。

3.5 地下水温

著者らの観測や既往研究によって、黒部川扇状地の地下水温は約11~13℃であることがわかっているため、数値実験では初期地下水温を12℃に設定した。地下水熱を利用する地点では、位置するメッシュの1層目に地下水熱利用条件を設けた。

4. 結果と考察

数値実験の概要を図-1に示す。本研究では、大規模な工場を想定して、地下水熱利用による地下水温の影響を評価した。

図-2は各CASEの1層目の地下水温の結果である。各CASEの地点①、②、④の地下水温は初期地下水温より上昇した。地下水温はCASE.1(+10℃)では初期水温より約5℃、CASE.2(+5℃)では約2.5℃上昇した。地点③と地点⑥から地点⑨は概ね地下水温の変化が見られなかった。北西方向への流動が地下水温の移流・拡散に大きく影響していることが考えられる。

図-3は各CASEの2層目の地下水温の結果である。各CASEの地点①、②、④、⑤の地下水温は上昇した。2層目の地下水温は1層目の地下水の浸透による影響で上昇したと考えられる。

図-4は各CASEの3層目の地下水温の結果である。3層目の地下水温は各CASEの地点①から地点⑨で初期地下水温からの温度変化が全くなかった。2層目で地下水温が上昇したことから、3層目は地下水温に影響があると考えられるが、1000日間では影響がないことがわかった。

参考文献

1) 南有鎮, 大岡龍三, 柴芳郎: 地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの開発, 空調・衛生工学会論文集, No.151, pp.23-29, 2009.

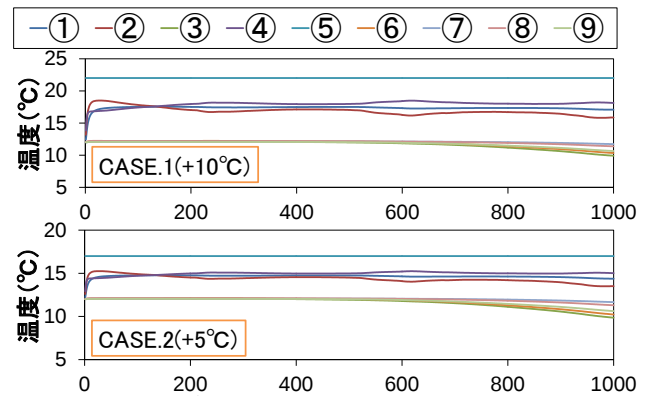


図-2 各CASEの1層目の地下水温

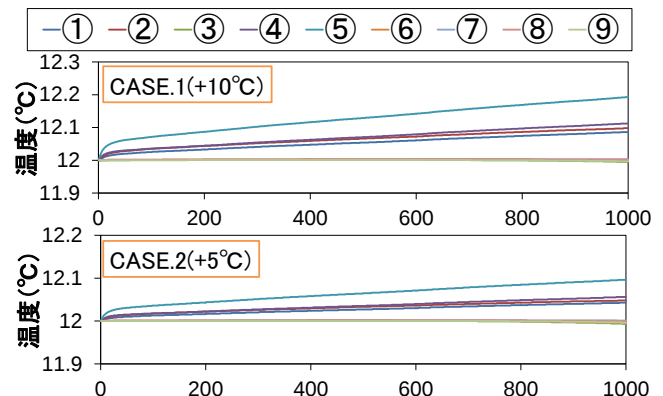


図-3 各CASEの2層目の地下水温

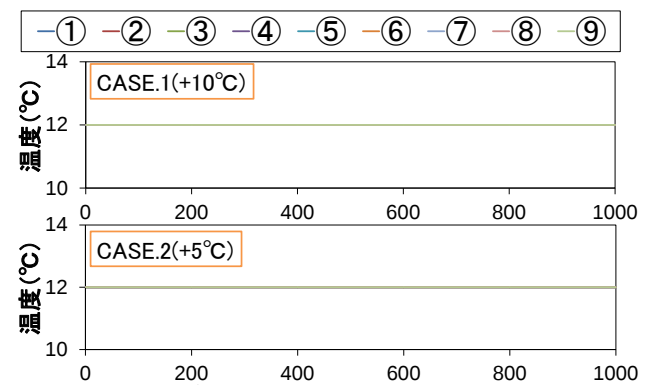


図-4 各CASEの3層目の地下水温

2) 山本荘毅, 榎根勇編著: 黒部川扇状地における水の循環, pp.6-8, 1971.

3) USGS: A Computer Program For Simulation of Three-Dimensional Variable-Density Ground-Water Flow, http://fl.water.usgs.gov/PDF_files/twri_6_A7_guo_lan_gevin.pdf (2014.4.2 アクセス).

4) 山本荘毅, 榎根勇: 黒部川扇状地における水の循環, pp.55-57, 1971.

5) 北隆平, 手計太一: 黒部川扇状地を対象とした地層構造の変化が地下水流動に与える影響, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-034, 2014.