

P49. システム運用シミュレーションを援用した地域特有の 地下水・地質環境に基づく地中熱潜在量の評価

Evaluation of the underground heat potentiality quantity based on the local groundwater and geological environment
that quoted system operative simulation

○富樫聡, 多田一晴, 高橋努 (八千代エンジニアリング(株)), 笹山大介, 榎尾政行 (諏訪市)
Akira Tomigashi, Issei Tada, Tsutomu Takahashi, Daisuke Sasayama, Masayuki Kashio

1. はじめに

地中熱は、国内でその利用が広まりつつある再生可能エネルギーである。地表から数メートル以深の地中温度が年間通じてほぼ一定である特性を活かして、地中熱を冷暖房や融雪の熱源に利用するシステムは、節電や CO2 排出量抑制等の高い省エネ性と環境性能を有する。近年、多くの地方自治体で地中熱利用の普及・促進に取り組む動きが活発になってきた。

地方自治体の省エネ行政に着目すると、利用者が地中熱利用の導入を判断できる情報を、行政サービスの一環として提供できることがのぞましい。しかしながら、地中熱は目に見えない地中のエネルギーであるため、地域におけるエネルギーの潜在量や偏在状況が不明瞭である。以上のような背景のもと、長野県諏訪市では長野県補助金を活用して、市域の地中熱利用潜在量を調査し、市民にわかりやすい情報となるようにマップ作成をおこなった。本報では、既往研究¹⁾等も参考にして新たに考案した諏訪市特有の地下水・地質環境を反映可能な地中熱潜在量の評価手法を紹介する。

2. 対象地域

対象地域となる諏訪盆地 (図-1) は、中央構造線と糸魚川-静岡構造線の会合点に位置し、北西-南東方向に長軸をもつ楕円形の構造性の盆地である。盆地中央部では非常に厚く沖積層が堆積する。また、盆地の長軸方向に断層が複数分布し、断層を挟んで地質分布が大きく異なる。断層沿いの各所で温泉が湧出することも本地域の大きな特徴である。

3. 考案した地中熱潜在量の評価手法と適用結果

以下に示す手順により、対象地域の地下水・地質環境の把握と地中熱潜在量の評価をそれぞれおこなった。

■STEP1: データ収集

地中熱潜在量を決定する5つの地域パラメータ「地層の物性」、「地下水面の高さ」、「地表面の高さ」、「地下水の流速」、「地下水の水温」を把握するため、既往文献、ボーリング (503 孔: 図-2 参照)、原位置透水試験および熱応答試験などの結果を収集した。

■STEP2: 地下水・地質環境情報の整理^{2), 3), 4)}

地域パラメータをもとに、地下水面等高線、地中温

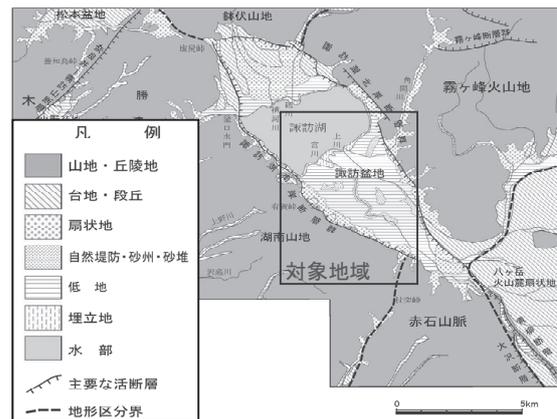


図-1 対象地域



図-2 グリッドシステムとボーリング情報位置図

度データ、3次元地質データ等を作成した。対象地域の特徴的な地質環境を表現するため 1km 間隔のグリッドシステム (図-2) を適用して地質断面図 (図-3) を作成し、地質情報を3次元に拡張した。また、3次元地中温度データも同様の手法を用いて作成した。

■STEP3: 基礎解析

地中熱交換井の長さによって熱源利用時の地中からの採熱量や放熱量 (以降、地中熱交換量と呼ぶ) は変化する。したがって、任意長さを決定してから地中熱潜在量を評価する必要がある。本報では 15m, 50m,

100mの3つの熱交換井長さを想定し、STE2において作成した3次元データを用いて地下水・地質環境を各熱交換井長さで平均化・定量化した。なお、地下水等高線は基盤地図情報数値標高モデル(5mメッシュ)と組合せることで不飽和帯厚の精緻な評価に役立てた。さらに、諏訪盆地を対象として広域準3次元地下水解析をおこない、対象地域の地下水流速(ダルシー流速)を面的に把握した。これら情報を用いて基礎解析をおこない、熱交換量の推計に必要な「見かけの熱伝導率」、「体積熱容量」、「深度別地中温度」の3つの情報を100mメッシュ別・深度別に推計した。

■STEP4: 地中熱利用システム運用シミュレーション

地中熱利用システム設計ツール「Ground Club」⁵⁾を用いて、対象地域の戸建住宅を想定した熱負荷条件の下でシステム運用シミュレーションをおこない、計算で得られた熱交換量(W/m)を地中熱潜在量の指標として整理した。なお、STEP3で対象地域を100m×100mメッシュに分割しており、シミュレーション条件となる「見かけの熱伝導率」、「体積熱容量」、「深度別地中温度」の組み合わせはメッシュごとに異なるため、計算ケース数はメッシュ数分(本研究では2216)必要となる。そこで、作業性の向上を図るため富樫ほか⁶⁾にしたがい、応答曲面法を適用して「諏訪市熱交換量算定式」を作成し、これを用いて対象地域のメッシュごとに熱交換量を求めた。

■STEP5: 地中熱潜在量マップの作成

上記手法を適用して作成した地中熱利用潜在量マップ(暖房時:期間最大値,深度50m)の一例を図-4に示す。一般に熱交換井単位長さあたりの最大熱交換量は30~70W/m程度⁷⁾とされるが、対象地域のうち温泉地帯はこれを大きく上回り、また他地域においても40~50W/m程度と一般値相当の熱交換量が認められる。なお、推計された熱交換量は過年度に対象地域内で実施した熱応答試験の結果とほぼ一致した。

温泉地帯を除くと諏訪市の年間平均地中温度は11℃~12℃と推定され、これは全国の他地域に比べて低い(東京都約17℃,長野市約14℃)。また、広域地下水流動解析の結果から流速は非常に遅く(大部分で1m/年以下)移流効果は期待できない。以上より当初は、暖房時の熱交換量の低減が懸念された。しかしながら、対象地域は諏訪湖近傍に位置しており、地下水表面が地表面近くで完全飽和に近い地盤であるため、温泉地帯以外でも一般値程度の暖房時の熱交換が期待できることがわかった。

4. おわりに

システム運用シミュレーションを援用した簡便な(熱移動シミュレーションをおこなわない)地中熱潜在量の評価手法を考案し、特徴的な地下水・地質環境を有する諏訪盆地に適用した。その結果、飽和・不飽和、移流分散に加えて地中温度による影響も加味した

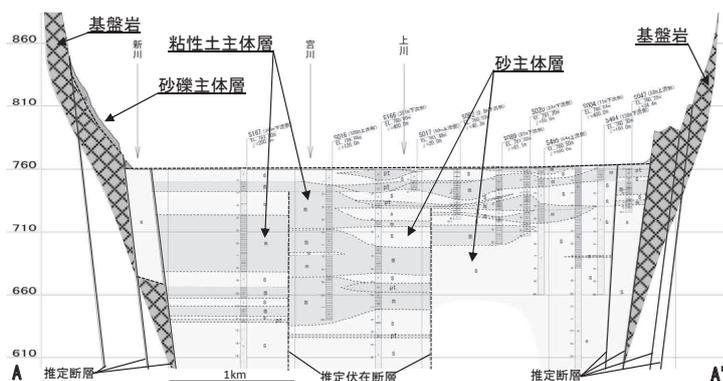


図-3 地質断面図(A-A'断面:諏訪盆地横断方向)

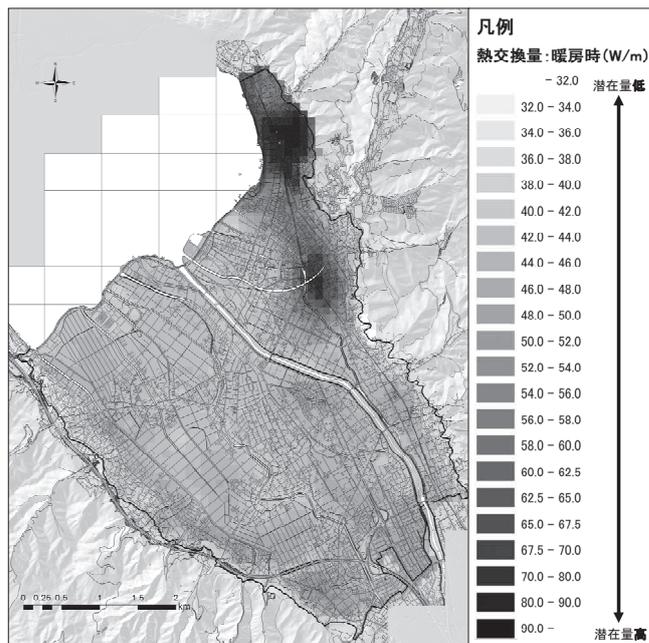


図-4 地中熱利用潜在量マップ(暖房時, 深度50m)

地中熱潜在量の評価が可能となった。

また、「諏訪市熱交換量算定式」を活用すると、諏訪市内の地中温度データの充足に伴って、地中熱利用潜在量マップを刷新できる(成長型マップ)。さらに、温泉地帯を含む地域で地中熱ポテンシャルを評価した事例はこれまでに少なく、諏訪市の先進的な取り組みは国内の他温泉地域にも展開できる可能性がある。

文献

- 1) たとえば, 内田ほか: 地中熱利用適地の選定方法その1 地下水流動・熱輸送解析とGISを用いた地中熱利用適地マップの作成, 日本地熱学会誌, Vol.32, No.4, pp.229-239, 2010.
- 2) 諏訪教育会: 諏訪の自然誌 地質編, 1975.
- 3) 長野県建築士会諏訪支部: 諏訪地方地盤図, 1987.
- 4) 国土地理院: 1:25,000 土地条件図 諏訪, 2009.
- 5) 長野ほか: 土壌熱源ヒートポンプシステム設計・性能予測ツールに関する研究(第1報) 単独垂直型地中熱熱交換器の設計・性能予測ツールの開発, 空気調和・衛生工学会論文集, No.101, pp.11-20, 2005.
- 6) 富樫ほか: 広域を対象とする地中熱ポテンシャル評価手法の提案, 日本地下水学会 2013年春季講演会要旨, pp.104-109, 2013.
- 7) 国土交通大臣官房官庁営繕部設備・環境課: 官庁施設における地中熱利用システム導入ガイドライン(案), 2013.