

## 地下水流動・熱移流解析を用いた地中熱利用適地マップ

### Suitability maps for Ground-coupled heat pump system using groundwater flow/heat transport modeling

吉岡 真弓<sup>1\*</sup>, 内田 洋平<sup>1</sup>, 與田 佑季<sup>2</sup>, 藤井光<sup>2</sup>, 宮本重信<sup>3</sup>

Mayumi Yoshioka<sup>1\*</sup>, Youhei Uchida<sup>1</sup>, Yuki Yoda<sup>2</sup>, Hikari FUJII<sup>2</sup>, Shigenobu MIYAMOTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>産業技術総合研究所, 地質調査情報センター, <sup>2</sup>九州大学大学院工学研究院, <sup>3</sup>福井県雪対策建設技術研究所

<sup>1</sup>Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup>Faculty of Engineering, Kyusyu University, <sup>3</sup>Fukui Prefecture

#### 1. はじめに

地中熱ヒートポンプシステム(地中熱利用システム)は、二酸化炭素削減やヒートアイランド現象抑制の効果などが期待されている省エネルギー技術の1つである。北米やヨーロッパでは普及が進んでいるのに対し、我が国では地中熱ヒートポンプシステムの導入コスト、特に熱交換井の掘削費が高価であるため、本格的に導入が進んでいないのが現状である。日本における普及を考えた場合、地域の地下水流動に則した地中熱ヒートポンプシステムを設計することが、効率的かつ持続可能な地中熱利用が可能になるだけでなく、導入コストの削減にも繋がると考えられる。

本研究では、福井平野を対象とし、現地水文調査および三次元広域地下水流動・熱移流解析を行い、それらの結果を基に、地中熱利用適地マップと熱交換量マップの作成を試みた。

#### 2. 地中熱利用システム

地中熱利用システムとは、地中熱交換井を用いて比較的浅層(深度50~100m)の地中からエネルギーを採取または排出することで熱交換を行い、冷暖房や融雪等を行う技術である。一般には、深度50~100m程度の熱交換井内にチューブを挿入し、チューブ内に熱媒(水や不凍液)を循環させ地下で熱交換を行い、地上の熱を排出もしくは地下から熱を採取する仕組みになっている。地下の温度は年間を通してほぼ一定であり、日本の場合、気温と比較すると相対的に夏は低温であり、冬は高温となっている。このような気温と地下の温度差を、ヒートポンプを利用することでより効率的に冷暖房や融雪に用いることができる。

#### 3. 地下水流動・熱輸送解析および地中熱利用適地の選定

三次元地下水流動・熱移流解析の対象領域は、福井平野を取り囲む分水嶺を境界として決定し、東西約33km、南北約56kmとした。標高は地理情報システム(GIS)による福井平野および周辺部の標高データを入力した。解析対象領域の地層は第四系をLayer1~11までの11層、第三系をLayer12~16までの5層(計16層)として設定した。また、福井県では工業用、上水道用、消雪用などの用途で用水が盛んに行われており、揚水量のデータについては2006年度の揚水量利用に基づき各年度の揚水量を決定した。解析には、WASY社のFEFLOW(Finite Element Subsurface Flow & Transport Simulation System)を用いた。解析の結果、得られた地下水位分布、地下温度分布は、現地水文調査による測定データと調和的であることが確認された。

##### 3-1. 地中熱利用適地マップの作成

地下水流動・熱輸送解析結果を基に、GISを用いて地中熱利用の適地を選定するためのマップの作成を試みた。土地利用、地下水流速分布、地下温度等の主題図を作成し、各パラメータの階

級区分を行った。次に、作成した地下流速、地下水面深度、地表面下50mまでの地層に占める砂礫層の割合、の3種類の主題図を重ね合わせ（Overlay）、最後に、土地利用図を用いて地中熱利用可能な地域のみを抽出することにより、地中熱利用の適地マップを作成した。

### 3-2. 熱交換量マップの作成

福井平野の中でも、特に地中熱利用の需要が大きいと考えられる福井市周辺において、単一熱交換井モデルを複数地点について作成し、熱交換量の計算を行った。各計算点では20m×20m×深度100m程度の格子モデルを設定し、格子モデルの層厚、熱・水理物性については広域地下水流動解析で用いた値を与えた。境界条件、初期条件には地下水流動解析により得られた水理水頭・地下温度プロファイル等を設定した。地中熱利用運転モードについては、融雪利用のみを想定した場合、冷暖房利用を想定した場合の2つのケースについて計算を行った。なお、熱交換量の計算には広域地下水流動解析と同じくFEFLOWを用いた。

## 4. 結果と今後の課題

作成された地中熱利用適地マップは、九頭竜川の北域および南域、足羽川の東域および南域において高い適度が示された。反対に足羽川の西域においては低い適度となった。また、これらの適地の相対関係は熱交換量マップ分布とも調和的であることが確認された。今後は、他の地域での解析も進めることで、熱交換量に影響を与える地質・水文環境を定量的に評価すると共に、適地マップの分類指標を検討し、マップの高度化を目指す。

キーワード:地中熱ヒートポンプ,地下水流動モデリング, GIS,熱交換量

Keywords: Ground-coupled heat pump, heat exchange rate, groundwater flow modeling, GIS