

加賀地域における地中熱利用システムの適地評価

－再生可能エネルギー普及のためのオープンデータ活用による可視化技術の開発－

宗本隆志* 嶋田一裕** 豊田丈紫*

地中熱利用システムは、地下浅部の温度変化の小さい熱特性を活用するエネルギーシステムである。地下の温度や地質条件は地域によって異なるため、地中熱利用システムの普及促進には導入可能な適地を評価する必要がある。本研究では、オープンデータとして利用可能な地質データや地下水データを活用し、加賀地域におけるオープンループ方式の地中熱利用システムの適地評価を行った。その結果、加賀地域の地下水の水質は地質条件などによってさまざまに分布し、手取川以北の地域でオープンループ方式の地中熱利用システムの導入に適した地下水が分布している可能性が示唆された。また、オープンループ方式で必要となる熱源水量を算出したところ、研究対象地域のほぼ全域で地中熱利用システムの稼働に必要な熱源水量を確保できることが明らかとなった。

キーワード：地中熱，オープンデータ，地理情報システム(GIS)

Estimation of Suitable Installation Sites for Open-loop Ground Source Heat Pump Systems in the Kaga area, Ishikawa Prefecture

- Development of Visualization Technology for the Popularization of Renewable Energy Using Open Data -

Takashi MUNEMOTO, Kazuhiro SHIMADA and Takeshi TOYODA

Ground source heat pump systems are energy systems that utilize the thermal properties of shallow underground areas with minimal temperature fluctuations. Due to variations in subsurface temperatures and hydrogeological conditions across different regions, it is essential to assess suitable sites for implementing ground source heat pump systems to encourage their widespread adoption. In this study, we assessed the viability of an open-loop ground source heat pump system in the Kaga area with the aim of promoting the expansion of renewable energy usage. The results showed that groundwater quality in the Kaga area exhibited variability based on geological conditions, and indicated that groundwater to the north of the Tadori River might be well-suited for introducing an open-loop geothermal heat utilization system. We calculated the volume of groundwater required for the open-loop ground source heat pump system and found that it could be reliably sourced from nearly all areas within the study area.

Keywords : ground source heat pump system, open data, geographical information system (GIS)

1. 緒 言

地中熱利用システムは、地表から約200 mの深さまでの温度変化の小さい熱特性を、空調や融雪などに活用するエネルギーシステムであり、再生可能エネルギーの一つとして注目されている¹⁾。地中熱を利用するヒートポンプは既に確立された技術であるが、地中熱交換器を含むシステム全体を設計する際、地下の温度や地質などの条件は地域によって異なるため、地中熱利用システムの普及において導入可能な適地を評価す

る必要がある。図1に示すように、地中熱利用ヒートポンプシステムは大きく分けてクローズドループ方式とオープンループ方式の2種類の方法がある²⁾。クローズドループ方式は深度100 m程度までの地中熱交換器に不凍液などを循環させ、ヒートポンプで熱交換させる方式である。オープンループ方式は井戸から揚水した地下水をヒートポンプで熱交換させる方式である。オープンループ方式の地中熱利用システムの導入においては、地下水の水質に起因する設備の不具合や可能揚水量に留意する必要がある³⁾。

近年、国策によって地域の地質データや地下水デー

*化学食品部 **石川県商工労働部

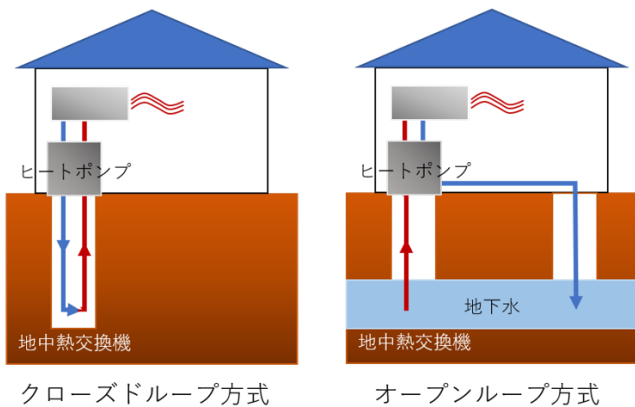


図1 地中熱利用システム

タなどのさまざまな公共データがオープンデータとして、誰もがインターネットなどを通じて容易に利用できるように整備されつつある⁴⁾。そこで本研究では、オープンデータを活用した再生可能エネルギーの普及促進を目的として、加賀地域におけるオープンループ方式の地中熱利用システムの適地評価を行った。

2. 適地評価方法

2.1 オープンデータの抽出

地中熱利用システムの適地評価には、地質データや地下水データが必要である。そこで、オープンデータを収集し、必要に応じて整理することで適地評価に利用した。はじめに、研究対象地域の選定を以下の基準で行った。国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)地質調査総合センターが公開している20万分の1日本シームレス地質図V2⁵⁾を用いて、加賀地域において、地下水が豊富に存在すると考えられる堆積岩が分布している地域を図2の黒枠にて選定した。次に、国

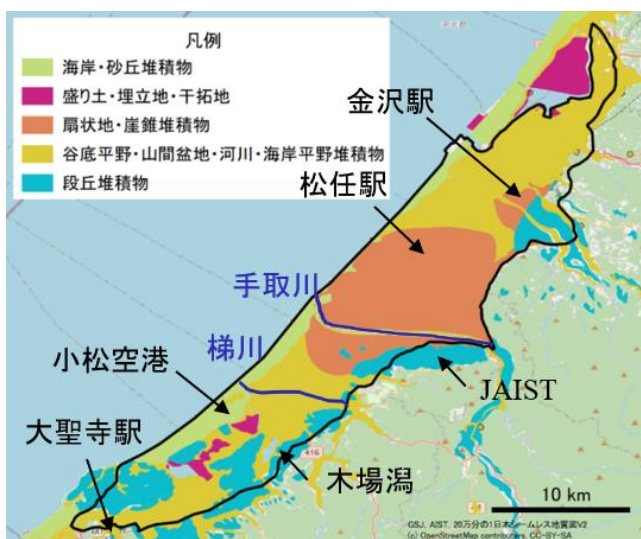


図2 加賀地域の地質図

表1 水質評価項目

成分	基準値	システムへの影響
塩化物イオン (mg/L)	<200	腐食
カルシウム (mg/L)	<150	目詰まり
鉄 (mg/L)	<1	目詰まり・腐食

土交通省が公開している土地分類調査・水調査⁶⁾および位置参照情報ダウンロードサービス⁷⁾を用いて、位置情報、地質情報および水質データを収集した。

2.2 地理情報システム

第2.1節で収集したデータから、フリーでオープンソースの地理情報システム(Geographic Information System: GIS)であるQGIS⁸⁾およびOpen Street Map⁹⁾を用いてデータの可視化を行った。収集したデータ地点について、逆距離加重法による内挿を行うことで、対象地域全体の水質分布を可視化した。可視化したデータは、環境省が公表している地中熱利用にあたってのガイドライン³⁾と比較することで適地評価を行った。

2.3 適地評価方法

地中熱利用にあたってのガイドライン³⁾では、オープンループ方式の地中熱利用システムの留意点として、①地下水の水質に起因する配管などの設備の腐食やスケール生成を防止するための水質基準、②可能揚水量の確認が挙げられている。本検討では、①の留意点に対して表1に示す水質項目についてGISで可視化した水質分布と比較することで評価を行った。②の留意点については、国立研究開発法人建築研究所が公表しているオープンループ型地中熱ヒートポンプシステムの熱源水温度・熱源水ポンプ群合計消費電力計算方法¹⁰⁾から必要な熱源水量を算出した。具体的には、工業試験場内に設置したクローズドループ方式の地中熱利用システム^{11),12)}(定格能力：冷房4 kW/暖房5 kW, 定格消費電力：冷房1 kW/暖房1.4 kW)の夏季(2022年8月)および冬季(2022年2月)の稼働時におけるヒートポンプの入口と出口の温度差(夏季3 °C, 冬季2 °C)から必要な熱源水量を算出した。

3. 結果と考察

3.1 オープンデータに基づく地下水の水質分布

図3に加賀地域における水質分布を可視化した結果

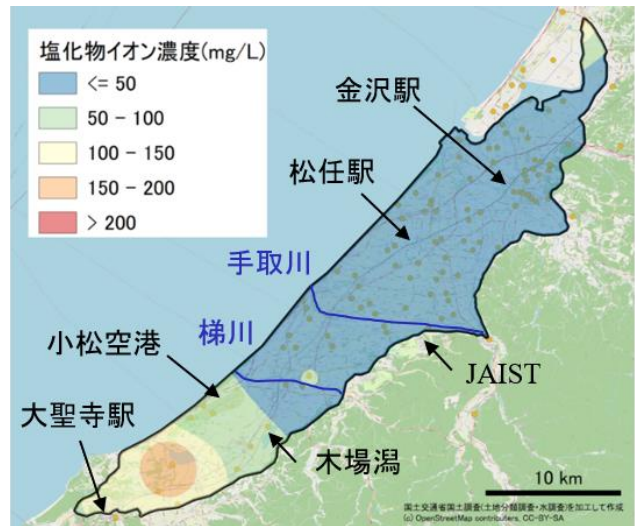
を示す。(a)より梯川以北の地域で腐食物質である塩化物イオン濃度が50 mg/L以下と低い地下水が分布していることが分かった。梯川以南では局所的に濃度の高い地下水が分布している可能性があるが、加賀地域全体でガイドラインの基準値(200 mg/L未満)を満たす地下水が分布していると考えられる。(b)より目詰まり物質であるカルシウム濃度は局所的に濃度が高い地域が存在するが、全体的にはガイドラインの基準値(150 mg/L未満)を満たす地下水が分布していると考えられる。(c)より腐食と目詰まりの両方に影響を及ぼす鉄濃度は手取川以北の地域でガイドラインの基準値(1 mg/L未満)を満たす地下水が分布していると考えられる。手取川以南では1.0-10 mg/Lの鉄濃度の地下水が分布している可能性が示唆された。手取川以北および以南ではそれぞれ扇状地堆積物および海岸平野が分布しており(図2)、鉄濃度の分布とほとんど一致している。地質条件の違いによって地下水の流動性や水質形成プロセスが変化することで水質分布が変化したと考えられる。オープンデータより、手取川以南の地域では、ガイドラインより高い鉄濃度の地下水が分布していると考えられるため、オープンループ方式の地中熱利用システムの導入を検討する際は、現地調査による適切な導入計画が必要となる。

3. 2 熱源水量の評価

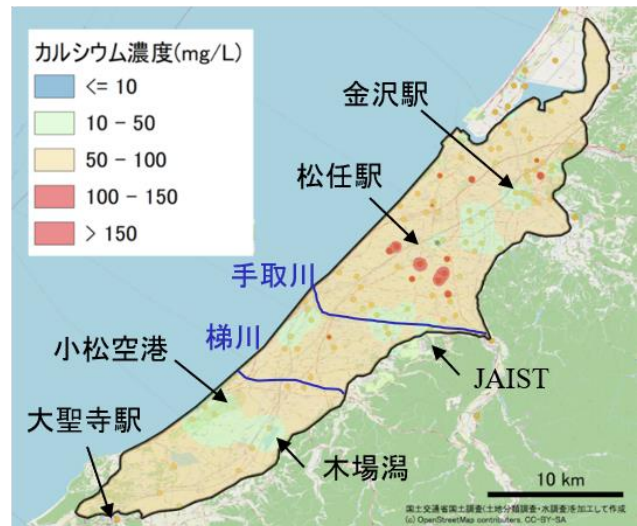
現在、工業試験場で稼働中のクローズドループ方式の地中熱利用システムと同等の性能をオープンループ方式で実現するためには、37 t/日の熱源水量が必要であると算出された。図4に、第2. 1節で収集・整理した地下水の限界揚水量の分布を示す。算出した熱源水量と限界揚水量の分布を比較したところ、評価対象地域のほぼ全域で地中熱利用システムの稼働に必要な熱源水量を確保できることが明らかとなった。井戸周辺の地下水位の急激な低下や砂礫の流動といった井戸の障害を防ぐための適正揚水量は、一般的に限界揚水量の70 %以下の揚水量とされている¹³⁾。したがって、評価対象地域のほぼ全域で適正に導入できる可能性が示唆された。実際に導入する際は、各自治体の関係法令に基づく地下水管理が必要である。

4. 結 言

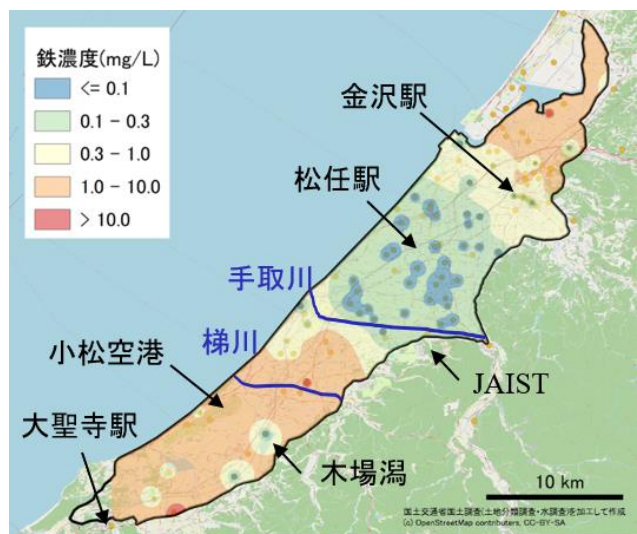
本研究では、オープンデータを活用し加賀地域におけるオープンループ方式の地中熱利用システムの適地



(a)塩化物イオンの濃度分布



(b)カルシウムイオンの濃度分布



(c)鉄の濃度分布

図3 研究対象地域の地下水の水質分布

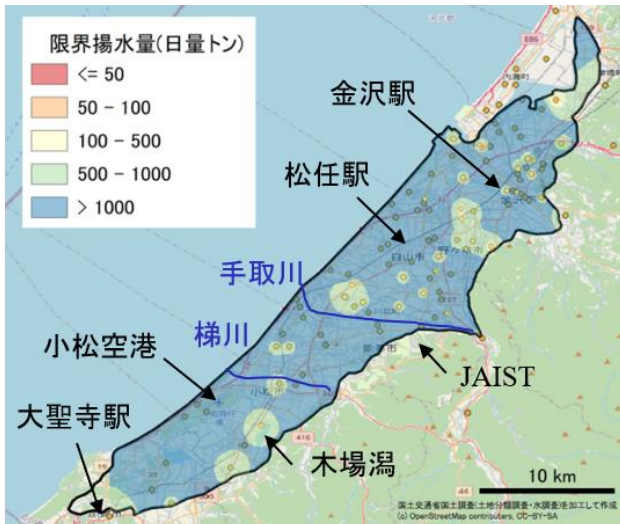


図4 研究対象地域における限界揚水量の分布

評価を行った。その結果を以下に示す。

- (1)加賀地域の地下水中に含まれる腐食やスケールの生成に起因する成分の分布を調べた結果、手取川以北の地域の地下水はオープンループ方式の地中熱利用システムの導入に適した水質が分布している可能性が示唆された。
- (2)工業試験場に設置したクローズドループ方式の地中熱利用システムの稼働実績からオープンループ方式で必要となる熱源水量を算出した結果、研究対象地域のほぼ全域で地中熱利用システムの稼働に必要な熱源水量を確保できることが明らかとなった。なお、地中熱利用システムの導入の際は、ガイドラインや国・自治体の関係法令に基づく導入計画や地下水管理が必要であり、その社会実装には適地評価精度の向上や導入可能性を予測評価する技術が必要と考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、終始適切なお助言を頂いた産総研福島再生可能エネルギー研究所地中熱チームの内田チーム長(当時)および地中熱チームの皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 長野克則. 地下熱利用技術 2. 地下熱利用技術とは. 地下水学会誌. 2011, vol. 53, no. 1, p. 83-90.
- 2) 内田洋平, 桂木聖彦. 地下熱利用技術 3. クローズドループ方式およびオープン方式の地下熱利用技術, 地下水学会誌. 2011, vol. 53, no. 2, p. 207-218.
- 3) 環境省水・大気環境局. 地中熱利用にあたってのガイドライン改訂増補版(平成30年3月). <https://www.env.go.jp/water/jiban/gl-gh201803/index.html>, (参照 2021-4-2).
- 4) デジタル庁. オープンデータ. https://www.digital.go.jp/resources/open_data/, (参照 2023-8-9).
- 5) 産総研地質調査総合センター. 20万分の1日本シームレス地質図V2 (地質図更新日: 2020年7月3日). <https://gbank.gsj.jp/seamless>, (参照 2022-2-16).
- 6) 国土交通省. 国土調査(土地分類調査・水調査). <https://nlftp.mlit.go.jp/kokjo/inspect/inspect.html>, (参照 2022-2-18).
- 7) 国土交通省. 位置参照情報ダウンロードサービス. https://nlftp.mlit.go.jp/cgi-bin/isj/dls/_choose_method.cgi, (参照 2022-2-18).
- 8) QGIS Development Team. 2020, QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>, (参照 2022-10-25).
- 9) OpenStreetMap Foundation. https://wiki.osmfoundation.org/wiki/Main_Page, (参照 2022-2-18).
- 10) 国立研究開発法人建築研究所. 平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(非住宅建築物). <https://www.kenken.go.jp/becc/building.html#1-3>, (参照 2023-1-4).
- 11) 富樫聡, 内田洋平, 嶋田一裕, シュレスタガウラブ, 石原武志, 佐野星河. 石川県河北平野に導入した地中熱ヒートポンプシステムの性能評価と導入時の留意点. 土木学会論文集G(環境). 2020, vol. 76, no. 5, p. 277-287.
- 12) 富樫聡, 内田洋平, 嶋田一裕, シュレスタガウラブ. 石川県金沢市に設置した地中熱ヒートポンプ運転に融雪システムが与える影響. 土木学会論文集G(環境). 2021, vol. 77, no. 6, p. 159-169.
- 13) 高橋直人, 進士喜英. 原位置地下水調査法の留意点と建設現場での活用 6. 段階揚水試験および影響圏半径. 地下水学会誌. 2021, no 63, p. 159-171.