

令和 5 年 5 月 23 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02655

研究課題名（和文）揚水井近傍に発生する地下水流れを活用する高効率型地中熱利用システムの実用化

研究課題名（英文）Practical application of high-efficiency ground source heat pump system utilizing groundwater flow generated near pumping wells

研究代表者

藤井 光 (Fujii, Hikari)

秋田大学・国際資源学研究所・教授

研究者番号：80332526

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,380,000 円

研究成果の概要（和文）：秋田平野での冷暖房試験では、冬期揚水に伴う水位低下にかかわらず、暖房COPが地下水流れにより約0.5改善した。数値モデルによる感度計算では揚水レートを増加させると一層の熱交換井性能の向上があったが、改善率は徐々に低下した。同平野でのポテンシャル評価では、揚水井周辺では人工的な地下水流れにより熱交換井長が最大30%削減可能であること、揚水井から3キロ程度離れると揚水の影響がないことが示された。山形盆地での熱応答試験では秋田平野と同様に揚水量増加に伴って熱交換能力の大きな改善が認められた一方、地盤の不連続性や不均質性により、揚水井と地中熱交換井の距離と熱交換能力改善に明確な相関が見られなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

揚水井が地盤中に発生させる広範囲な地下水流れをエネルギー効率改善という点から着目して利用した例は国内外に見られず、本研究成果は学術的意義が高いと考えられる。また、本研究では天然の地下水流れに基づいて構築した地下水流動系モデルと、地域の揚水井の設置状況調査を統合させてGSHPポテンシャルマップを構築するが、これは国内外で例を見ず独自性の高い試みと判断される。さらに、本研究成果は温暖化対策の切り札と考えられている地中熱利用冷暖房システムの高効率化に寄与し、普及を促進すると判断されるため、本研究は温暖化対策やカーボンニュートラルの達成へに貢献し、社会的意義が大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In the heating and cooling test in the Akita Plain, the heating COP was improved by about 0.5 due to the groundwater flow despite the water level drop caused by pumping up water in winter. Sensitivity calculations using a numerical model showed that the heat exchange well performance was further improved by increasing the pumping rate, but the rate of improvement gradually decreased. A potential mapping in the same plain showed that the length of the heat exchange well can be reduced by up to 30% due to artificial groundwater flow around the pumping well, and that there is no effect of pumping up to 3 km away from the pumping well. In the thermal response test in the Yamagata Basin, as in the case of the Akita Plain, a large improvement in the heat exchange capacity was observed with an increase in the amount of pumped water. No clear correlation was found between the well distance and the improvement of the heat exchange capacity.

研究分野：石油天然ガス・地熱開発工学

キーワード：地中熱利用 シミュレーション 地下水 温暖化対策

## 1. 研究開始当初の背景

近年一層深刻化する地球温暖化の有効な対策の一つが、地中熱利用ヒートポンプシステム(以下、GSHP と略す)の導入による冷暖房部門のエネルギー削減である。GSHP 冷暖房は従来型エアコンと比べて 30-50%の節電が可能であり、2015 年度末で国内導入件数が 2,200 件を超えたが、日本国内では坑井掘削費の高額さ(欧米の約 3 倍)により普及速度が鈍っている。

GSHP システムでは、地中熱交換井と地盤との熱交換により冷暖房を行うため、運転の継続とともに地盤中に熱が蓄積し、エネルギー効率(=冷暖房出力/消費電力、以下 COP)が低下する。一方、地盤中に天然の地下水流れがある場合には、その熱移流効果により熱交換井周辺の地盤温度が変化しにくいいため、高い COP を維持できる。たとえば、0.1m/日程度の地下水流れのある地盤では井戸長さが大幅に削減可能であり、この現象の有効利用が GSHP 普及の最重要課題といえる。一方、0.1m/日以上地下水流れを有す地盤(砂礫質かつ動水勾配大)は限られており、天然の地下水流れによる GSHP システムでの効率改善例は限定的である。

事業実施者らはこれまでの研究で地下水流れを利用した GSHP システムに関する一連の研究を行ってきた。Fujii et al.(2005)、Fujii et al.(2007)では広域地下水流動モデルにより、天然の地下水流れを活用できる地域を抽出するためのポテンシャルマップを秋田平野と筑紫平野を対象に発表した。Fujii et al.(2009, Geothermics)、藤井ほか(2016, 地熱学会誌)では、光ファイバー温度計を用いて地盤中の地下水流れの深度方向分布を高精度に検出する地盤評価法を開発し、地下水流れを有効に活用する指針を確立した。一方、人工的地下水流れを用いる研究では、NEDO 再生可能エネルギー熱利用技術開発事業(H26-H31)において、ペアで設置した井戸内に注水・揚水を行うことにより人工的な地下水流れを発生して、COP を改善する GSHP システムを提案し、最大約 35%の総コスト削減という大きな改善を示した。しかし、このシステムには、揚水井と注水井がペアになるためシステムが小規模で投資効率が低い、地下水位の変動により揚水量の維持が難しい、注水を伴うため鉄分を含む地下水を有す地盤への適用が難しい、などの技術的課題が存在しており、地下水流れを活用した GSHP システムの普及にはこれらを解決する革新的なシステムの提案が不可欠と考えられた。

## 2. 研究の目的

本研究では、上記の人工的地下水流れを利用した GSHP システムとは異なった、揚水井を中心として放射状に広範囲に発生する地下水流れを活用した大規模 GSHP システム(以下、揚水井近接型 GSHP システム)を提案した。すでに運用されている GSHP システムでの測定データより、揚水井から 80m 離れた地中熱交換井において、揚水が喚起する人工的地下水流れにより約 30%の効率改善が観測されており、井戸を揚水井に近づけて多数設置することにより大きな高い省エネ効果が期待できる。

そこで、本研究では揚水井近傍に位置する熱交換井における揚水による熱交換能力改善効果を定量的に把握するための長期フィールド試験を秋田平野および山形盆地において実施し、運転データを収集・分析する。そして、フィールド試験の結果に基づいて構築した数値シミュレーションモデルを用いて、本システムの様々な設計諸元の最適化を行い、省エネ効率の最大化を目指す。さらに、本システムの設置適地選定のために、対象地の水文データ、地形データなどに基づき、3次元広域地下水流動系・熱輸送モデルを構築し、揚水を考慮した地中熱利用システムの設置適地マップを構築する。

以上により、揚水井近接型 GSHP システムの実用化、低コストかつ節電効果の高い GSHP システムの普及による温暖化対策への貢献を目指す。

## 3. 研究の方法

### (1) 秋田平野における熱応答試験と冷暖房試験

秋田大学構内に設置された深度 60m の地中熱交換井 2 本とこれを熱源とした能力 10kW の地中熱利用冷暖房システムおよび近隣の揚水井 2 本におけるデータ取得システムの構築・整備を行った。各揚水井にはそれぞれ記録機能を備えた流量計と水位計を設置した。冷暖房システムではヒートポンプの運転状況、地中熱交換井の熱媒体温度・水位などを 1 分ごとに記録可能とした。また、試験期間における気象データは近傍に設置した気象測定システムでモニタリング可能とした。長期冷暖房試験では、融雪システムに設置された 2 本の既存揚水井に流量計と水位計を新規に設置し、年間を通じた揚水量と水位を長期観測した。

### (2) 秋田平野における広域地下水流動系モデリングとポテンシャルマッピング

本システムの設置適地選定のために、秋田平野における水文データ、地形データなどに基づき、地下水流動解析ソフト FEFLOW で 3次元広域地下水流動系・熱輸送モデルを構築した。同モデルはフィールドにて測定した地下水位・水温データを用いて検定し、妥当性を確認した。そして、同モデルを用いてクローズドループ型およびオープンループ型の地中熱利用システムの設置適地マップを構築した。

### (3) 長期冷暖房試験結果に基づく数値モデルの構築と感度計算

地中熱利用ヒートポンプシステムの挙動予測モデリングにおいては、上述の長期冷暖房試験の結果を用いて、システム周辺地域の地下水流動・熱輸送モデルをFEFLOW Ver.7.0を用いて構築した。同モデルは計測された地下水位および熱交換井出入り口温度の実測値を用いて検定を行った。さらに同モデルを用いて、一日あたり稼働時間、熱交換井本数・揚水井と熱交換井の距離などを変更させて、地中熱交換量を予測することにより本システムにおける最適な稼働条件・熱交換井配置を検討し、さらにシステム挙動の長期持続性についても確認した。

### (4) 山形盆地における熱応答試験

山形市に位置する揚水井(深さ:45.95m、井戸径:100A)および揚水井からの距離が異なる3本(それぞれ4m,9m,17m)の地中熱交換井(深さ:102m、呼び径25AのダブルU字管、珪砂充填)を用いて揚水を伴うTRTを実施した。フィールド試験場の地質は主に粘土層や砂礫層から構成される。TRTは揚水量を、揚水なし、50L/min、100L/min、200L/minの各ケースにて行い、熱媒体循環流量および熱負荷条件は20L/min、5kWとした。

## 4. 研究成果

### (1) 秋田平野における熱応答試験と冷暖房試験

冷暖房システムの運転は7月の冷房期間より年度末まで行った。冬季には融雪を目的として運転される揚水システムによる地中熱交換井のCOP改善効果を観察した。その結果、地中熱交換井では12月から3月の降雪時における揚水期間では10m~15m程度の顕著な水位低下が揚水井においてみられ、揚水井から約80m離れた地中熱交換井では地下水位の低下は4m~5mであった。ヒートポンプシステムにおける冷暖房COPは水位が低下する期間において0.5程度の改善が見られ、これは地中熱交換器の有効長さが減少することと相反するが、揚水が喚起する地下水流れによる熱移流によるものであり、この現象による高いエネルギー効率改善効果が確認された。研究成果はEnergy Conversion and Management 誌(Mohammadzadeh, et al., 2020)に発表した。

### (2) 秋田平野における広域地下水流動系モデリングとポテンシャルマッピング

申請者らが構築した地下水流動シミュレーションソフト FEFLOW Ver.7を用いた秋田平野の地下水・熱移動を再現する数値モデルに秋田市における揚水データを追加した。このモデルを用いて、秋田市において冬期に揚水を行った場合に一戸建て住宅に必要な地中熱交換井の長さを計算した。この際、過去14年間の秋田市の年平均温度から2016年度冬期の気象データを使用して熱負荷を計算し、同市内の各地点における地中熱交換井必要長さを算出し、秋田市中心部における地中熱ポテンシャルマップを構築した。ポテンシャルマップは揚水の有無により2ケース構築し、両者の比較より揚水井周辺では、i)人工的に喚起される地下水流れにより最大で熱交換井長さが最大30%削減可能であること、ii)揚水井から3キロ程度離れると揚水の影響がなくなることが明らかとなった。研究成果はFujii et al., (2023)に発表した。

### (3) 長期冷暖房試験結果に基づく数値モデルの構築と感度計算

長期冷暖房試験結果に基づいて開発された数値モデルを使用して実施した、熱交換井に対する揚水井の影響を評価するケーススタディにおいて、稼働中の揚水井における熱交換井の性能は停止中の場合と比較して2倍程度となることが示された。さらに揚水レートを増加させるとより一層の熱交換井性能の向上が示されたが、その改善率は徐々に低下すると推定された。また、地下水の流れの上流に熱交換井を設置すると、熱交換井の性能が向上する一方で、下流に設置する場合は改善の程度は小さいことが分かった。研究成果はGeothermics 誌に発表した(Tsuya, et al., 2022)。

### (4) 山形盆地における熱応答試験

深度46mの揚水井からの距離が4m,9m,17mと異なる3本の地中熱交換井揚水において、揚水量を毎分0,50,100,200リットルと変化させて熱応答試験を実施した。その結果すべての熱交換井で、揚水量増加に伴って熱交換能力の大きな改善が認められた。特に揚水量200L/minの場合においては温度上昇が大きく抑えられ、熱交換能力の向上が顕著であった。一方で、揚水井から地中熱交換井までの距離と熱交換能力の改善には明確な相関が見られなかった。これは地盤の不連続性や不均質性によるものと考えられる。研究成果はGeothermics 誌に発表した(Mohammadzadeh, et al., 2023)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 24件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fujii, H., Yamashita, K., Tsuya, S., Kosukegawa, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Potential Mapping of Ground Source Heat Pump Systems Considering Groundwater Pumping	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc., IGSHPA Research Track 2022 ( International Ground Source Heat Pump Association )	6. 最初と最後の頁 37-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22488/okstate.22.000014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tanaka, S., Fujii, H. Kosukegawa, H., Tsuya, S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Field tests and numerical simulation of a novel thermal response test equipment for water wells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc., IGSHPA Research Track 2022 ( International Ground Source Heat Pump Association )	6. 最初と最後の頁 104-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22488/okstate.22.000022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Mohammadzadeh Bina S., Fujii, H., Kosukegawa, H., Katsuragi, M.	4. 巻 108
2. 論文標題 Evaluation of groundwater pumping impact on the thermal conductivity of neighboring ground source heat exchangers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Geothermics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geothermics.2022.102618	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tsuya, S., Fujii, H., Kosukegawa, H., Yamashita, K., Mohammadzadeh Bina, S.	4. 巻 105
2. 論文標題 Effect of pumping well operation on borehole heat exchangers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Geothermics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geothermics.2022.102536	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石原武志・富樫 聡・内田洋平-	4. 巻 -
2. 論文標題 Apparent thermal conductivity by geology obtained from thermal conductivity profiling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the Grand Renewable Energy 2022 International Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mohammadzadeh Bina, S., Fujii, H., Tsuya, S., Kosukegawa, H.	4. 巻 252
2. 論文標題 Comparative study of hybrid ground source heat pump in cooling and heating dominant climates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Energy Conversion and Management	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enconman.2021.115122	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 谷口聡子・藤井 光・尾ヶ井佳祐・石上 孝	4. 巻 44
2. 論文標題 水平型地中熱交換器による土壌排熱のフィールド試験と数値シミュレーション	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本地熱学会誌	6. 最初と最後の頁 23-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Widiatmojo A., Uchida Y., Fujii H., Kosukegawa H., Takashima I., Shimada Y., Chotpantarat S., Charusiri P., Tran T.T.	4. 巻 7
2. 論文標題 Numerical simulations on potential application of ground source heat pumps with vertical ground heat exchangers in Bangkok and Hanoi	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Energy Reports	6. 最初と最後の頁 6932-6944
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.egyr.2021.10.069	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujii, H., Tsuya, S., Harada, R., Kosukegawa, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Field Test and Numerical Simulation of Horizontal Ground Heat Exchangers Installed Using Horizontal Directional Drilling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. World Geothermal Congress 2020+1	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Dacquay C., Fujii, H., Lohrenz, E.	4. 巻 40
2. 論文標題 Ground heat exchanger thermal imbalance prevention using dynamic long-term ground temperature predictions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Green Energy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/15435075.2021.1977651	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Dacquay C., Fujii, H., Lohrenz, E., Hollander, H. M.	4. 巻 40
2. 論文標題 Feasibility of thermal load control from electrochromic windows for ground coupled heat pump optimization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Building Engineering	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.job.2021.102339	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 谷口聡子・藤井 光・高橋 唯・渡部敦史	4. 巻 43
2. 論文標題 地中熱利用による地下微生物への影響評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本地熱学会誌	6. 最初と最後の頁 99-109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 富樫 聡, 内田 洋平, 嶋田 一裕, シュレスタ ガウラブ	4. 巻 77
2. 論文標題 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	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集G (環境)	6. 最初と最後の頁 159-169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shrestha, G., Yoshioka, M., Fujii, H., Uchida, Y.	4. 巻 13
2. 論文標題 Evaluation of Suitable Areas to Introduce a Closed-Loop Ground Source Heat Pump System in the Case of a Standard Japanese Detached Residence	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en13174294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Dacquay, C., Hollander, H., Kavacic, M., Maghoul, P., Liu, H., Fujii, H.	4. 巻 86
2. 論文標題 Evaluation of an integrated sewage pipe with ground heat exchanger for long-term efficiency estimation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geothermics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Boban, L., Soldo, V., Fujii, H.	4. 巻 211
2. 論文標題 Investigation of heat pump performance in heterogeneous ground	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energy Conversion and Management	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Mohammadzadeh Bina, S., Fujii, H., Kosukegawa, Farab-Asl, H.	4. 巻 223
2. 論文標題 Evaluation of Ground Source Heat Pump System's Enhancement by Extracting Groundwater and Making Artificial Groundwater Velocity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energy Conversion and Management	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 津谷 駿介, 藤井 光, 小助川 洋幸, ビナ サイドモハマドザデ, 原田 烈	4. 巻 42
2. 論文標題 非開削工法にて埋設する地中熱交換器の最適設置深度の決定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本地熱学会誌	6. 最初と最後の頁 67-77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11367/grsj.42.67	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 津谷 駿介, 藤井 光, 小助川 洋幸, ビナ サイドモハマドザデ, 原田 烈	4. 巻 43
2. 論文標題 非開削工法にて埋設した単管式水平型地中熱交換器のフィールド試験および数値シミュレーション	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本地熱学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaneko, S., Tomigashi, A., Ishihara, T., Shrestha, G., Yoshioka, M. and Uchida, Y.	4. 巻 14
2. 論文標題 Proposal for a method predicting suitable areas for installation of ground-source heat pump systems based on response surface methodology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en13081872	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Fujii, H., Kosukegawa, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Thermal Response Tests in Thailand	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc., 55th CCOP Annual Session	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 津谷駿介・藤井 光・小助川洋幸	4. 巻 42
2. 論文標題 Slinky-coil式水平型地中熱交換器における地表面被覆と熱交換能力の関係について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本地熱学会誌	6. 最初と最後の頁 15-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mohammadzadeh Bina, S., Fujii, H., Tsuya, S., Kosukegawa, H., Naganawa, S., Harada, R.	4. 巻 85
2. 論文標題 Evaluation of utilizing horizontal directional drilling technology for ground source heat pumps	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geothermics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geothermics.2019.101769	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Dacquay, C., Hollander, H., Kavacic, M., Maghoul, P., Liu, H., Fujii, H.	4. 巻 86
2. 論文標題 Evaluation of an integrated sewage pipe with ground heat exchanger for long-term efficiency estimation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geothermics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.geothermics.2019.101796	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 山谷睦・桂木聖彦・藤井光	4. 巻 83
2. 論文標題 高効率帯水層蓄熱システムの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工学誌	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shimada, U., Uchida, Y., Takashima, I., Chotpantararat, S., Arif Widiatomojo., Chokchai S., Charusiri, P., Kurishima, H. and Tokimatsu, K.	4. 巻 -
2. 論文標題 A Study on the Operational Condition of a Ground Source Heat Pump in Bangkok Based on a Field Experiment and Simulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Energies	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/en13010274	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 内田洋平	4. 巻 61
2. 論文標題 水文学を基盤とした最近の地中熱研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地下水技術協会	6. 最初と最後の頁 13-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 山下香菜子, 藤井光, 小助川洋幸
2. 発表標題 揚水井近傍に発生する地下水流れを考慮したポテンシャルマップの高度化
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津谷 駿介, 藤井 光, 小助川 洋幸, 田中 智士, Mohammadzadeh Bina Saeid
2. 発表標題 水井戸に適用する簡易型TRT装置の模擬試験および数値シミュレーション
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mohammadzadeh Bina Saeid, 藤井 光, 津谷 駿介
2. 発表標題 Hybrid Ground Source Heat Pump in Cooling Dominant Climates
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石原武志・内田洋平・シュレスタ ガウラブ・金子翔平・中江 訓・兼子尚知
2. 発表標題 沖縄県名護市で掘削したオールコアの層相と熱応答試験結果の比較
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富樫聡・石原武志・シュレスタ ガウラブ・内田洋平・笹田政克
2. 発表標題 全国自治体を対象とする地中熱利用促進に関するアンケート調査
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松林 修, 江原 幸雄, 神谷 章夫, 西塔 幸良, 笹田 政克, 津谷 駿介, 野田 徹郎, 濱元 栄起, 福岡 晃一郎, 藤井 光, 松本 光央
2. 発表標題 1m深地温の長期観測に基づく地表面熱収支解明へのアプローチ
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下 香菜子, 藤井 光, 小助川 洋幸, 津谷 駿介
2. 発表標題 揚水井近傍に発生する地下水流れを考慮したポテンシャルマップの構築
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津谷 駿介, 藤井 光, 小助川 洋幸, 田中 智士, Mohammadzadeh Bina Saeid
2. 発表標題 水井戸に適用する簡易型TRT装置の模擬試験および数値シミュレーション
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mohammadzadeh Bina Saeid, 藤井 光, 津谷 駿介
2. 発表標題 Hybrid Ground Source Heat Pump in Cooling Dominant Climates
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田 洋平・富樫 聡・シュレスト ガウラブ・石原 武志・吉岡 真弓・アリフ ウィディアトモジョ・金子 翔平
2. 発表標題 水文地質情報を用いた見かけ熱伝導率推定手法の開発
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石原武志・内田洋平・富樫 聡・シュレスト ガウラブ・金子翔平・須藤明德
2. 発表標題 地質調査孔を用いた新方式熱応答試験の標準化に向けた実証試験
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金子翔平・富樫 聡・シュレスト ガウラブ・アリフ ウィディアトモジョ・内田洋平
2. 発表標題 上向きの地下水流れ発生地域における原位置地下水注水実験
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 シュレスト ガウラブ・富樫 聡・内田洋平
2. 発表標題 地中熱利用のための島嶼における水文地質・地下水流動モデルの構築
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐野星河・石原武志・内田洋平・富樫 聡・柴崎直明
2. 発表標題 加賀平野における地中熱ポテンシャル評価のための水文地質構造解析 -積層の層序に着目して-
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富樫 聡・杉中隆史・内田洋平
2. 発表標題 地下空間貯留水の低温化現象に関する数理モデル
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shrestha, G., Uchida, Y. and Tomigashi, A.
2. 発表標題 Suitability mapping for the closed-loop ground source heat pump system
3. 学会等名 日本地熱学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内田洋平
2. 発表標題 手取川扇状地の地下水をエネルギー利用 ~地中熱システムに適した金沢の地下環境~
3. 学会等名 2020 Matching HUB Kanazawa
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石原武志・富樫 聡・金子翔平・内田洋平・神宮司 元治・須藤明德・宮田弘幸・加藤邦康
2. 発表標題 福島県で実施した簡易熱応答試験から得られた見かけ熱伝導率と浅部地下地質との関係
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小助川 洋幸, 藤井 光
2. 発表標題 既設揚水井を利用した地中熱交換井の熱交換能力向上に関する検討
3. 学会等名 日本地熱学会熊本大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津谷 駿介, 藤井 光, 小助川 洋幸 , 原田 烈
2. 発表標題 非開削工法にて埋設する地中熱交換器の最適設置深度の決定
3. 学会等名 日本地熱学会熊本大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村中康秀・神谷貴文・岡 智也・富樫 聡・内田洋平
2. 発表標題 地下街における湧水を活用した地下水熱交換システム
3. 学会等名 日本地熱学会熊本大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富樫 聡・内田洋平・嶋田一裕
2. 発表標題 石川県工業試験場における地中熱ヒートポンプシステム実証実験
3. 学会等名 地下水学会春季講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Arif Widiatomojo, Uchida, Y., Tomigashi, A. and Shrestha G.
2. 発表標題 Evaluation of Ground Source Heat Pump System with Horizontal Heat Exchanger in Southeast Asia
3. 学会等名 日本地熱学会熊本大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kaneko, S., Uchida Y., Tomigashi, A., Yoshioka, M., Shrestha G. and Ishihara, T.
2. 発表標題 Development of the method predicting suitable area for installation of ground-source heat pump system using response surface methodology
3. 学会等名 IAH 2019 Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Arif Widiatomojo, Shimada, Y., Takashima, K., Uchida, Y., Chotpantarat, S., Charusiri, P., Navephap, J. and Tran T. T.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 -
3. 書名 Evaluation and Short-Term Test on Potential Utilization of Ground Source Heat Pump for Space Cooling in Southeast Asia. Advances in Sustainable Construction and Resource Management	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-



## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	内田 洋平  (Uchida Youhei)  (90356577)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・研究チーム長     (82626)	

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 Breakthrough In Ground Thermal Applications - short seminar	開催年 2020年～2020年
---	--------------------

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------