

令和元年5月18日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H04223

研究課題名(和文) 都市インフラを利用した高効率・低コスト型地中熱用システムの実用化による温暖化対策

研究課題名(英文) Mitigation of global warming by the introduction of highly efficient and cost effective GSHP systems using urban infrastructures

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) 13,650,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では地下トンネルや建物などの都市インフラへ水平型地中熱交換器を設置することにより、低コスト型地中熱利用システムの実用化を目指す研究を行った。秋田市と佐賀市に設置した実規模施設でのフィールド試験では、水平型地中熱交換器の挙動が地表面被覆の影響を強く受けること、非開削工法が有望で低コストな熱交換器敷設法であることを確認した。また、小田急電鉄の地下トンネルに設置した冷暖房システムにおいて、運転データの解析や数値計算を行い、同システムが従来型システムと比較して省エネ性能や長期安定性が高いことを確認した。以上より、地中熱利用の都市インフラへの導入が省エネや温暖化対策に有効であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉄道トンネルで実施した長期冷暖房試験のデータ解析やシミュレーションはこれまで実施例がなく、また地盤中の温度安定性による高効率性が初めて示された研究であり、学術的意義が大きいと判断される。また、非開削工法の地中熱利用への本格的導入例は国内外で見られず、有意義かつ先進性が高い取り組みであった。本研究の成果により地中熱利用システムが都市部に普及した場合、建築物のエネルギー需要の大きな部分を占める冷暖房消費電力が大きく削減されるため、省エネルギーと温暖化対策への重要な貢献が期待される。さらに、地中熱利用システムの都市部への導入はヒートアイランド現象の緩和に大きく寄与するため、社会的意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：In this research, we conducted a series of research aimed at practical application of installation of low-cost horizontal ground heat exchangers in ground source heat pump systems to urban infrastructure such as underground tunnels and buildings. In the field tests conducted at the actual scale facilities installed in Akita City and Saga City, we found that the behavior of the horizontal ground heat exchanger is strongly affected by the ground surface coverages, and the no-dig method is a promising installation methods of heat exchangers Furthermore, with regard to the heating and cooling system installed in the underground tunnel of Odakyu Electric Railway, operation data analysis and numerical calculation were performed, and it was confirmed that the system has high energy saving performance and long-term stability compared with the conventional system. These results proved that the introduction of the geothermal heat utilization system to the infrastructure was effective.

研究分野：地球・資源システム工学

キーワード：地中熱利用 温暖化対策 都市インフラ 地中熱交換器 シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

深刻度を増す地球温暖化の最も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)の導入による空調部門のエネルギー削減である。GSHP システムは 2012 年度末で国内導入件数が 1,000 件を超えたが、最も普及数の多い垂直型熱交換井を用いる場合、熱交換井の掘削費用が 1 万円/m 以上と高額であることが普及を阻害していた。

水平型地中熱交換器(以下、HGHE と略す)は深さ 2m 以内の水平溝を開削し、その底に熱交換器を設置して採排熱を行い、GSHP システムの熱源とするシステムである。HGHE では浅部地盤温度の恒温性は低いが、地中熱交換器の熱交換面積が大きいため、垂直型地中熱交換器と同等の溝長さ当たりの熱交換性能が期待できる。また、HGHE は掘削機を必要としないため設置費用が小さく、垂直型と比較して設置費を 60%~70%低減できることがこれまでの研究代表者らの研究で示されていた。一方で、HGHE は設置に要する敷地面積が大きく、土地が豊富な米国やカナダなどでは一定の普及数を記録しているが、我が国での導入は農業用ハウス等への試験的に設置されているのみであった。したがって、HGHE の設計最適化により必要敷地をできるだけ削減すること、さらに従来は HGHE 設置の対象としては未利用な場所への設置可能性を検討することは GSHP システム導入促進にきわめて重要と考えられていた。

## 2. 研究の目的

省エネルギー効果の高い地中熱利用システムにおいて、垂直型熱交換井掘削費の高額さは深刻な普及阻害要因となるため、水平溝を用いる地中熱交換器の採用による初期コストの低減は重要である。一方、HGHE は広い敷地を要するため、都市部における導入は現状では困難である。そこで、本研究では地下トンネル、建物下、グラウンド下など都市部各所にみられるが、未利用である場所への導入を可能にするための諸研究を行う。第 1 段階では地下トンネル、建物下における既設システムからの収集データを用いた数値モデリングと感度計算を行い、設置条件、気象等に応じた最適システムデザインと省エネルギー効果を検討する。第 2 段階では、地表面被覆を 3 種類設定した HGHE におけるフィールド試験により地表面被覆が HGHE の性能に及ぼす影響について検討する。さらに、地表面被覆を考慮した数値モデルを構築し、HGHE の最適設計計算を行うことにより、既往研究では十分な検討が行われていない HGHE の効率化を達成し、GSHP システムの一層の普及を目指す。

## 3. 研究の方法

本研究では、HGHE の都市インフラへの普及を目指して、フィールド試験及び室内実験を実施し、取得したデータの解析、ヒストリーマッチングおよび感度計算を行った。第 1 項目として、すでに稼働している小田急電鉄の地下トンネル路盤下の HGHE のデータ解析と数値シミュレーションを実施し、同システムの持続性を予測するとともに設計諸元の最適化を行った。

第 2 項目として、秋田大学キャンパス内に異なる地表面被覆を持つ 3 系統の HGHE を設置して、様々な条件下でフィールド試験を実施した。熱負荷 30W/m を与えた 2 日間のサーマルレスポンス試験では、地表面被覆が熱交換挙動に及ぼす影響について精査した。数値モデルを用いた採熱挙動計算では、地表面常収支を考慮可能な数値モデルを地下水・熱輸送シミュレータ FEFLOW Ver7.0 を用いて開発し、サーマルレスポンス試験結果を用いて予測精度を検定した。そして同モデルを用いて、地表面被覆と地中熱利用システムの成績係数の関係について、秋田市及び東京都の気象条件・住居仕様に基いて検討した。

第 3 項目として、非開削工法(トンネル工法)による地中熱交換器の実用化に関する検討を実施した。試験は佐賀市におけるフィールド試験現場において、既設の長さ 50m の U 字管式および長さ 60m の直管式地中熱交換器を用いてサーマルレスポンス試験を実施し、熱交換挙動の分析より水平坑の有効性を明らかにした。また、数値シミュレーションを用いて水平坑の設計諸元について感度計算を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 地下トンネル路盤下の HGHE のデータ解析と数値シミュレーション

都市インフラを活用した初期投資の小さい地中熱利用システムの実現を目的として、小田急電鉄(株)は鉄道トンネル下床版中に Slinky-coil 式地中熱交換器を設置した GSHP システムを建設した。本研究では、同システムの性能評価と効率化を目的として、これまでの運転挙動に関する検討、数値モデルの構築と検証および同モデルを用いた感度計算を行った。2013 年夏期から 2015 年夏期までの 2 年間の運転挙動に関する検討では、冷房期間における累計地中熱交換量が暖房期間のその約 1.5 倍と排熱過多であったが、冷暖房期間いずれにおいても 1 年目と 2 年目を比較して COP の低下は見られなかった。また、冷房運転後の暖房運転開始時においては両年ともに地温が初期温度までは回復しておらず、夏期の冷房排熱が暖房開始時まで地盤中に蓄

熱されていたと推定された。

HGHE の設計諸元、設置地盤の物性値などにに基づき、FEFLOW Ver7.0 を用いて実施した数値モデリング(図 1)では、HGHE の出口における熱媒体温度及び地盤内温度が良好に再現され、モデルの妥当性が検証された。さらに、感度計算では暖房期間を 5 か月間と固定し、冷房期間を 2 か月または 4 か月と設定し、採熱量と排熱量のバランスを変化させて COP の長期的推移を予測したが、いずれのケースにおいても運転開始 2 年後からは熱媒体温度は安定し、採排熱量の不均衡は浅部に埋設した HGHE の挙動には目立った影響を及ぼさないことが示された。さらに、HGHE の埋設深度を 1m~3m と変化させて行った長期挙動予測計算では、HGHE は埋設深度が深いほど COP、すなわちエネルギー効率は増加するが、面積当たりの地中熱交換量が多い場合においてはその差は減少すると推定された。

## (2) 異なる地表面被覆を持つ HGHE によるフィールド試験と数値シミュレーション

秋田大学構内の実験施設で実施したサーマルレスポンス試験では、各地表面被覆系統の単位熱交換量当たりの温度上昇量の推移を明らかにした(図 2)。芝生は全系統で最も低い温度上昇量を示したことから、同系統が最も高い熱交換性能を有することが推測された。

次に、各地表面被覆特性を考慮した HGHE の数値モデルを FEFLOW Ver.7.0 を用いて構築した。地表面の熱収支式モジュールと数値モデルをカップリングさせ、各タイムステップで地表面から地中に流入する熱フラックス量を計算後、数値モデルに反映させることで、各地表面被覆特性を数値モデル上で再現した。サーマルレスポンス試験結果を用いたヒストリーマッチングでは、計算値と実測値が概ね一致しており、同数値モデルの精度が確認された。

最後に各地表面被覆下 HGHE の冷暖房シミュレーションを行った。熱負荷および運転条件は、東京都の気象条件・住居仕様に基づいて決定した。また地表面被覆の影響範囲を検討するために深度 2m に設置した HGHE でも同様にシミュレーションを行った。シミュレーション結果より、ヒートポンプの性能カタログ値に基づいて各ケースの成績係数を算出した。その結果、冷房時において深度 1m に設置したケースでは、芝生の成績係数がアスファルトと比較して約 1.1 倍高いことが示された。一方で、深度 2m に設置したケースでは、冷暖房を通じて全系統の成績係数の差が小さくなった。

以上より、設置条件および地表面被覆に応じた HGHE の最適設計は HGHE の効率化にきわめて重要であることが明らかになった。

## (3) 非開削工法で施工した HGHE のフィールド試験と数値シミュレーション

佐賀市において実施した U 字管型 HGHE を用いたサーマルレスポンス試験では、地盤の熱伝導率がおよそ 0.9(W/m/K)であると推定された。フィールド試験現場の地質条件が粘性土であることを考慮すると、推定された熱伝導率は妥当と判断した。

次に、FEFLOW Ver.7.1 により非構造メッシュを用いた直管式地中熱交換器の数値モデルを構築した。同地中熱交換器のサーマルレスポンス試験結果を用いて数値モデル精度の検定を行い、計算結果の妥当性を確認した。そして、直管式地中熱交換器の最適な設計を検討するために構築したモデルを用いて感度計算を行った結果、地中熱交換器内の循環媒体が一定流速である条件下で熱交換器の外径が増加すると熱交換量が增大することがわかった。さらに、地中熱交換器の水平方向の長さが増加すると、単位長さ当たりの熱交換量が僅かに減少した(図 3)

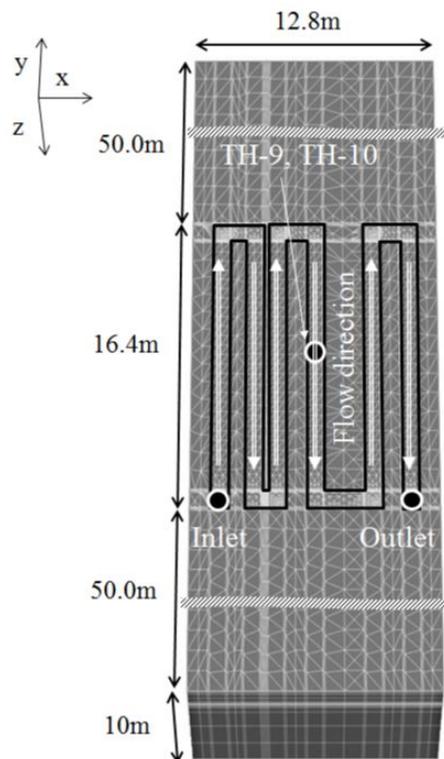


図 1 HGHE の数値モデル

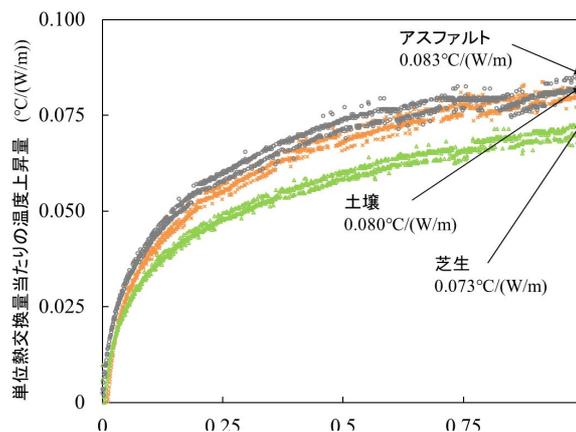


図 2 地表面被覆が温度上昇に及ぼす影響

HGHE の設置深度については、地中温度が安定する不易層(10m以深)よりも5m深度に位置するHGHEが最も高い熱交換効率を示した。これは、地中温度変化の気温変化に対する位相差により、5m深度の地中温度挙動が外気温変化に対しておよそ5ヶ月間の遅れが生じるためである。最後に行ったケーススタディでは、地中熱交換器に対して直行する地下水流れの流速が0.01m/dayと非常に遅い場合でも地下水流れがないケースと比較して熱交換量が67%増加したことから、任意の位置に設置可能な非開削工法を用いる場合には、地中熱交換器の潜在的な性能を最大限引き出すことで初期投資費用の大幅な削減が可能であることが示された。

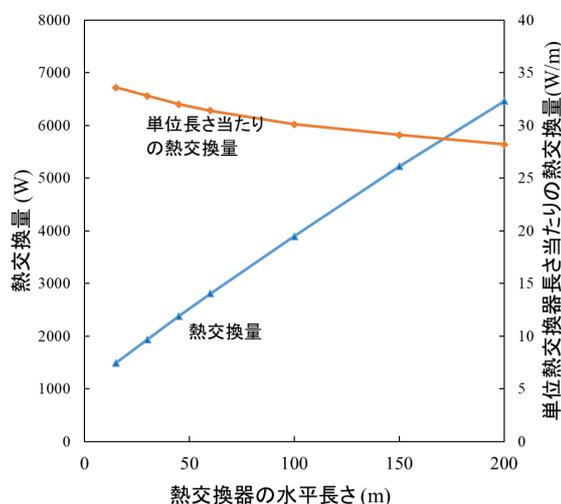


図3 熱交換器水平長さ と熱交換量の関係

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 29件)

Kosukegawa, H., Fujii, H. (2019) Long-term heating test using the semi-open loop ground source heat pump system, Proc. Stanford Geothermal Workshop 2019, 査読無, 965-972.

Fujii, H., Tsuya, S., Harada, R., Kosukegawa, H. (2019) Field Test of Horizontal Ground Heat Exchangers installed using Horizontal Directional Drilling Technology, Proc. Stanford Geothermal Workshop 2019, 査読無, 922-929.

Yoshioka, M., Takakura, S., Uchida, Y. (2018), Estimation of groundwater flow from temperature monitoring in a borehole heat exchanger during a thermal response test, Hydrogeology Journal, 査読有, Vol.26, 853-867.

Farabi Asl, H., Fujii, H., Kosukegawa, H. (2018) Semi-open Loop Ground Source Heat Pump System: Heating Tests, Numerical Modeling and Sensitivity Analysis, Geothermics, 査読有, Vol.71, 34-45.

Shrestha, G., Uchida, Y., Ishihara, T., Kaneko, S. and Kuronuma, S. (2018) Assessment of the Installation Potential of a Ground Source Heat Pump System Based on the Groundwater Condition in the Aizu Basin, Japan, Energies, 査読有, Vol.11, DOI.10.3390/en11051178.

Ishihara, T., Shrestha, G., Kaneko, S. and Uchida, Y. (2018) Analysis of Shallow Subsurface Geological Structures and Ground Effective Thermal Conductivity for the Evaluation of Ground-Source Heat Pump System Installation in the Aizu Basin, Northeast Japan, Energies, 査読有, Vol.11, DOI.10.3390/en11082098.

Fujii, H., Taniguchi, S., Ogai, K. (2018) Numerical Simulation of Slinky-coil Ground Heat Exchangers Installed in Railway Tunnels, Proc. 2nd IGSHPA Research Track, 査読有, 346-353.

Tsuya, S., Fujii, H., Kosukegawa, H. (2018) Relationship between ground temperature behavior and ground surface coverage in Slinky-coil type horizontal ground heat exchanger, Proc. Grand Renewable Energy 2018, 査読無, 0-Ge-12-4.

桂木聖彦・藤井光・井上純・山谷睦・黒沼覚(2018) 数値シミュレーションによる帯水層蓄熱冷暖房システムの地下環境への影響抑制に関する検討, 日本地熱学会誌, 査読有, Vol.40, 97-108.

Kaneko, S., Uchida, Y., Shrestha, G., Ishihara, T. and Yoshioka, M. (2018) Factors Affecting the Installation Potential of Ground Source Heat Pump Systems: A Comparative Study for the Sendai Plain and Aizu Basin, Energies, 査読有, Vol.11, DOI 10.3390/en11102860.

Sasimook, C., Srilert, C., Takashima, I., Uchida, Y., Arif, W., Yasukawa, K. and Punya, C. (2018) A Pilot Study on Geothermal Heat Pump (GHP) Use for Cooling Operations, and on GHP Site Selection in Tropical Regions Based on a Case Study in Thailand, Energy 2018, 査読有, Vol.11, DOI 10.3390/en11092356.

Uchida, Y., Shrestha, G., Takashima, I. Sasimook, C. and Tran, T, T. (2018) CCOP Groundwater Project and Application of Ground Source Heat Pump System, Grand Renewable Energy 2018 Proceedings, 査読無.

Kaneko, S., Uchida, Y., Yoshioka, M., Shrestha, G., Ishihara, T. and Arif, W. (2018) Comparison of apparent thermal conductivity and thermal conductivity of core samples in the Sendai Plain, Japan, Grand Renewable Energy 2018 Proceedings, 査読無.

Ishihara, T., Shrestha, G., Kaneko, S. and Uchida, Y. (2018) Comparison of geological

structure with effective thermal conductivity of ground in the Aizu basin Northeast Japan , Grand Renewable Energy 2018 Proceedings , 査読無.

Shrestha, G., Yoshioka, M., Uchida, Y., Ishihara, T. and Kaneko, S. (2018) Suitability assessment for installation of ground-source heat pump system , Grand Renewable Energy 2018 Proceedings , 査読無.

Shrestha, G., Uchida, Y., Kuronuma, S., Yamaya, M. Katsuragi (2017) Development of ground-source heat pump system using a flowing well , The 11th Asian Geothermal Symposium, Proceedings, (2017), 査読無,

Shrestha, G., Uchida, Y., Kuronuma, S., Yamaya, M. Katsuragi M. Kaneko, S. Shibasaki, N. and Yoshioka, M (2017) Performance evaluation of a ground-source heat pump system utilizing a flowing well and estimation of suitable areas for its installation in Aizu Basin, Japan, Hydrogeology Journal, Springer, 査読有, Vol1,1-14.

小助川洋幸・藤井光・小野雅敏(2017) Slinky-Coil 式地中熱交換器の管内圧力損失に関する実験的検討, 日本地熱学会誌, 査読有, Vol39,93-99.

Farabi Asl, H., Fujii, H., Kosukegawa, H.(2017) Semi-open Loop Ground Source Heat Pump System: Heating Tests, Numerical Modeling and Sensitivity Analysis, 日本地熱学会誌, 査読有, Vol.39, 81-92.

浅井寛明・糸井龍一・藤井光(2017) 坑井内での注水や揚を伴う地中熱交換システムシステムに関する数値シミュレーション, 日本地熱学会誌, 査読有, Vol.39, 39-48.

⑲ 藤井光・尾ヶ井佳祐・ハディ ファラビ アスル・石上 孝・谷口聡子(2017) 鉄道トンネル下床版下に設置した Slinky-coil 式地中熱交換器の挙動解析と数値シミュレーション, 日本地熱学会誌, 査読有, Vol39,157-165.

⑳ Kosukegawa, H., Fujii, H.(2017) Experimental study on pressure loss calculation for Slinky-coil heat exchangers, Geothermal Resources Council Transaction, 査読有無, Vol.41, 145-154.

㉑ Tsuya, S., Fujii, H., Kodama, A.(2017) Analysis of operation behavior and numerical simulation of a large-scale borehole field, Geothermal Resources Council Transactions, 査読有, Vol.41, 246-257.

㉒ 内田洋平・吉岡真弓・シュレスタ ガウラブ・黒沼 覚(2017) 地域の水文環境を活用した地中熱交換器の開発, Kansai Geo-Symposium 2017 論文集, 査読無.

㉓ 藤井光・小助川洋幸・ハディ ファラビ・サイード ジャリリ ナスラバディ(2016) サーマルレスポンス試験の非充填型熱交換井への適用に関する実験的検討, 日本地熱学会誌, 査読有, Vol.38, 43-51.

㉔ Bottarelli, M., Fujii, H., Di Federico, V. (2016) Ground Heat Transfer from a Drainage Trench, Special Topics & Review in Porous Media - An International Journal, 査読有 Vol. 6, 185-195.

㉕ Fujii, H., Kosukegawa, H., Onishi, K.(2015) Effect of water injection into a ground heat exchanger drilled in a low- formation, Proc. World Geothermal Congress 2015, 査読無,1-8,CD.

㉖ Shim, B.O., Park, H.E., Lee, C., Fujii, H.(2015) Performance expectation of a geothermal heat pump system using a numerical model, Proc. World Geothermal Congress 2015, 査読無,1-3,CD.

㉗ シュレスタ ガウラブ・内田洋平・吉岡真弓・藤井光・井岡聖一郎(2015), 地中熱ヒートポンプシステムにおけるポテンシャルマップの高度化, 日本地熱学会誌, 査読有, Vol.37,133-141.

[学会発表](計 24件)

Fujii, H., Tsuya, S., Harada, R., Kosukegawa, H.(2019) Field Test of Horizontal Ground Heat Exchangers installed using Horizontal Directional Drilling Technology, Stanford Geothermal Workshop 2019.

Kosukegawa, H., Fujii, H.(2019) Long-term heating test using the semi-open loop ground source heat pump system, Stanford Geothermal Workshop 2019.

Fujii, H., Taniguchi, S., Ogai, K.(2018) Numerical Simulation of Slinky-coil Ground Heat Exchangers Installed in Railway Tunnels, 2nd IGSHPA Research Track.

Tsuya, S., Fujii, H., Kosukegawa, H.(2018) Relationship between ground temperature behavior and ground surface coverage in Slinky-coil type horizontal ground heat exchanger, Grand Renewable Energy 2018.

Shrestha, G., Yoshioka, M., Uchida, Y., Ishihara, T.(2018) Suitability assessment for installation of ground-source heat pump system, Grand Renewable Energy 2018.

Uchida, Y., Shrestha, G., Takashima, I. Sasimook, C. and Tran, T, T.(2018) CCOP Groundwater Project and Application of Ground Source Heat Pump System, Grand Renewable Energy 2018.

Ishihara, T., Shrestha, G., Kaneko, S. and Uchida, Y.(2018) Comparison of geological

structure with effective thermal conductivity of ground in the Aizu basin, Northeast Japan, Grand Renewable Energy 2018.

Kaneko, S., Uchida, Y., Yoshioka, M., Shrestha, G., Ishihara, T. and Arif, W. (2018) Comparison of apparent thermal conductivity and thermal conductivity of core samples in the Sendai Plain, Japan, Grand Renewable Energy 2018.

吉岡真弓・内田洋平・Shrestha Gaurav・藤井光・山谷睦(2018)水文地質環境に適した地中熱利用システムの選定,日本地熱学会平成30年東京大会.

内田洋平・Arif Widiatomojo・藤井光・小助川洋幸・高島勲(2018)タイとベトナムにおける地中熱研究,日本地下水学会2018年秋季講演会.

内田洋平(2018)地域の水文地質環境を活用した地中熱研究 - 地中熱ポテンシャル評価とシステム最適化技術 -, 第46回名古屋駅前イノベーションハブ技術シーズ発表会.

津谷 駿介, 藤井 光(2016) 秋田市における1m深地温測定と地球温暖化の影響の検討, 日本地熱学会秋季講演会.

小玉 歩, 藤井 光, 長尾 康香(2017) 大型建造物における大規模地中熱利用システムの運転挙動解析と数値シミュレーション, 日本地熱学会秋季講演会.

津谷 駿介, 藤井 光, 渡部 敦史(2017) トリプルU字管地中熱交換器の挙動評価, 日本地熱学会秋季講演会.

江原 幸雄, 藤井 光, 野田 徹郎, 松林 修, 松本 光央, 笹田 政克, 神谷 章夫, 福岡 晃一郎(2017) 1m深地温測定による地球温暖化・ヒートアイランド現象の実証的理解(その3), 日本地熱学会秋季講演会.

吉岡 真弓, 内田 洋平, 石原 武志, 藤井 光, 山谷 睦(2016), コア試料を用いた熱物性計測と見かけ熱伝導率の比較検討, 日本地熱学会秋季講演会.

シュレスタ ガウラブ, 内田 洋平, 吉岡 真弓, 金子 翔平, 藤井 光(2016) 会津盆地における地中熱利用ポテンシャルマップの作成, 日本地熱学会秋季講演会.

小助川 洋幸, 藤井 光, 小野 雅敏(2016), Slinky-Coil 式地中熱交換器の管内圧力損失に関する実験的検討, 日本地熱学会秋季講演会.

尾ヶ井 佳祐, 藤井 光, 石上 孝, 谷口 聡子(2016) 鉄道トンネル下床盤下に設置したSlinky-coil 式地中熱交換器の数値シミュレーション, 日本地熱学会秋季講演.

Uchida, Y., Shrestha, G., Takashima, I. and Ikawa, R. (2016), CCOP Groundwater Project and Application of Ground-Source Heat Pump System, The 3rd Asia Renewable Energy Workshop.

②① 小助川洋幸, 藤井光, 射越大岳, (2015) 室内実験による Slinky-Coil 式地中熱交換器設計の最適化, 日本地熱学会秋季講演会.

②② 藤井光・小助川洋幸・ハディ ファラビ (2015) サーマルレスポンス試験の非充填式熱交換井への適用性評価, 日本地熱学会秋季講演会.

②③ 鈴木千広, 藤井光, 小助川洋(2015) 行き還りU字管内に光ファイバー温度計を設置したサーマルレスポンス試験の解析, 日本地熱学会秋季講演会.

②④ 内田洋平(2016) 地域の地下水・地質特性を活用した地中熱システムの開発, 第11回再生可能エネルギー世界展示会.

#### 〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: 水平型地中熱交換器, および, 地中熱利用空調システム

発明者: 藤井光, 原田烈

権利者: 国立大学法人秋田大学, 株式会社バイオテックス

種類: 特許権

番号: 特願第2018-204338号

出願年: 2018年10月

国内外の別: 国内

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 内田 洋平

ローマ字氏名: Youhei UCHIDA

所属研究機関名: 国立研究開発法人産業技術総合研究所

部局名: エネルギー・環境領域

職名: 研究チーム長

研究者番号(8桁): 90356577

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。