

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 28-145

補助事業名 平成28年度直接膨張方式地中熱ヒートポンプの空調給湯性能向上と地盤環境評価補助事業

補助事業者名 山梨大学 大学院総合研究部 武田哲明

1 研究の概要

現在の空調、給湯システムでは、空調にエアコン、給湯にはガス、あるいは燃油を用いるシステムが一般的である。特に化石燃料を使用する空調や給湯システムでは、化石燃料市況等の変動による生産コストの不安定化、温室効果ガスである二酸化炭素の排出、施設の火災リスク等、の課題がある。また、空気熱を利用するヒートポンプは既に省エネルギー性に優れたシステムとして認知されており、市場への導入も進められているところであるが、都市部でのヒートアイランド現象への影響など、幾つかの解決すべき課題も存在する。そこで、本事業では、これらの問題を解決する手段の一つとして、日本中、場所を問わず安定して利用できる地中熱を用いたヒートポンプによる空調・給湯システムの開発を進め、燃油使用量を減らして二酸化炭素の排出削減を行い、エネルギーコストやイニシャルコストを低減することで、経済性の向上に繋げて実用化を加速することが目標である。従来の間接方式地中熱ヒートポンプでは、ヒートポンプ内の冷媒の熱を室外機内の熱交換器により、不凍液に与え、その不凍液をポリエチレン製チューブ内を循環させ、直径約150mm、深さ約100mのボアホール内に収めて、熱交換させる。この間接方式では、ボアホールの掘削コストがシステム全体の設備コストに与えるインパクトが大きいことから、経済性の観点から解決すべき課題とされてきた。そこで、本事業では、間接方式より省エネルギー性能が優れている直接膨張方式地中熱ヒートポンプを開発し、長期連続運転時の成績係数(COP)が冷暖房運転時について空気熱ヒートポンプの約3倍程度で運転が可能であることを実証するとともに、地中への採放熱が地盤温度に与える影響を把握し、空気熱ヒートポンプでも導入されている新冷媒(R32等)にも対応可能な地中熱ヒートポンプを開発し省エネルギー運転を実証する。さらに、山梨大学で開発した地中熱交換器を用いて連続運転時の性能を維持させることにより、従来の間接方式地中熱ヒートポンプで必要となるボアホール深さを大幅に短縮し、掘削コストを低減することによって、導入コストを抑制し、実用化に繋げることを最終的な目標としている。

2 研究の目的と背景

直接膨張方式地中熱ヒートポンプの実用化に向けて残された課題は、長時間連続運転の安定した熱交換性能、地中への採放熱特性と地盤温度に与える影響、R32等の新冷媒への対応などである。そこで、ダブルボアホールを用いた直接膨張方式地中熱ヒートポンプの実験運転により、冷暖房給湯性能、採放熱が与える地盤への環境影響、新冷媒による熱交換性能

を明らかにし、当該システムの技術的成立性を実証し、経済的には5～7年で初期投資コストの回収が可能なシステムを構築するとともに最適設計手法、施工方法の確立にも役立てることが目的である。

3 研究内容 (<http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/takeda/>)

(1) 地中熱ヒートポンプの長期連続運転に対する空調給湯性能の向上

本事業では、地中熱ヒートポンプの長期連続運転に対する空調給湯性能の向上と地盤環境影響の評価及び響の評価及び新冷媒R32への対応を実証する実験をシリーズに行うため、事業期間を2年とした。1年目は2本のボアホールを用いて、複数の地中熱交換器を並列に接続し、1～2週間の連続冷暖房運転を行い、エアコンの性能指標の1つである、成績係数を求め、連続運転時の運転性能を評価する。空調性能を求めるにあたっては、断熱性の高い室内に空気熱、地中熱両方のヒートポンプを設置し、JISの条件を参考にしながら、直接性能比較を行う。成績係数を求めるにあたっては、室内機側での交換熱量を温度、湿度、流量の測定値からエンタルピー法により求める。また、連続運転時のボアホール内温度、熱交換器内の冷媒温度、圧力、流量を計測することにより、地中熱交換器からの採放熱による地盤温度変化を求め、夏季、冬季期間中の地盤温度に与える影響を調べる。

(2) 新冷媒R32への対応を実証する実験

2年目は、現在のエアコンに用いられているR410A冷媒を新冷媒と呼ばれているR32に変更した室内外機を製作し、新冷媒による直接膨張方式地中熱ヒートポンプの冷暖房空調・給湯性能を求める。これにより、R410Aとの性能比較、連続運転時の性能、冷媒量、潤滑油量等を調べ、実用化への基礎データを取得する。また、既存の井戸を利用したボアホール内水循環システムにより、高負荷運転時に地中からの採放熱量に加え、水循環による水冷方式を併用して運転性能を確保する場合に必要な採放熱量を調べる。さらに、新冷媒での運転時、ボアホール内水循環システム運転時の地盤温度、ボアホール内の循環水温度、地中熱交換器温度を計測することにより、シーズンを通しての地盤への環境影響を定量的に評価する。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

新冷媒にも対応可能な直接膨張方式地中熱ヒートポンプが実用化されれば、エアコンに勝る優れた省エネ性、設備コストの低減により、住宅用のみならず産業用としても、空気熱ヒートポンプやガス給湯機の代替機、農業利用では、ハウス空調への適用、温浴施設では、ボイラによる加温システムの補助あるいは代替機として導入される可能性が高く、省エネはもちろんこと、脱化石燃料、二酸化炭素の排出削減により、エネルギーコスト削減が図れると期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

地中熱ヒートポンプは、夏は気温より低く、冬は気温より高い地中温度を利用することから、空気熱ヒートポンプよりも省エネ性に優れている。直接膨張方式地中熱ヒートポンプは、冷媒を直接地中で循環させることにより熱交換効率を向上させ、ボアホール深さを短縮することで導入コストも低減することが可能であり、従来型の間接方式よりも省エネ性、経済性に優れている。しかしながら、一部の施設に試験的に導入されてはいるものの、長期連続運転時の熱交換性能、地盤環境への影響、新冷媒への対応など、実用化に向けて明らかにすべき課題がある。そこで、これまで間接方式地中熱ヒートポンプの実証運転を行ってきた延長として、産業界への導入及び普及を目指して、新しい方式の地中熱ヒートポンプを開発し、性能を実証することで優れた省エネルギー性能を有する冷暖房空調・給湯システムを開発することに繋がった。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 第22回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集G211、2017. 6. 15
- 第22回動力・エネルギー技術シンポジウム講演論文集G212、2017. 6. 15
- 2017年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集F133、2017. 9. 27
- 2017年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集F134、2017. 9. 27
- 2017年度日本機械学会関東支部山梨講演会講演論文集73、2017. 10. 21

7 補助事業に係る成果物

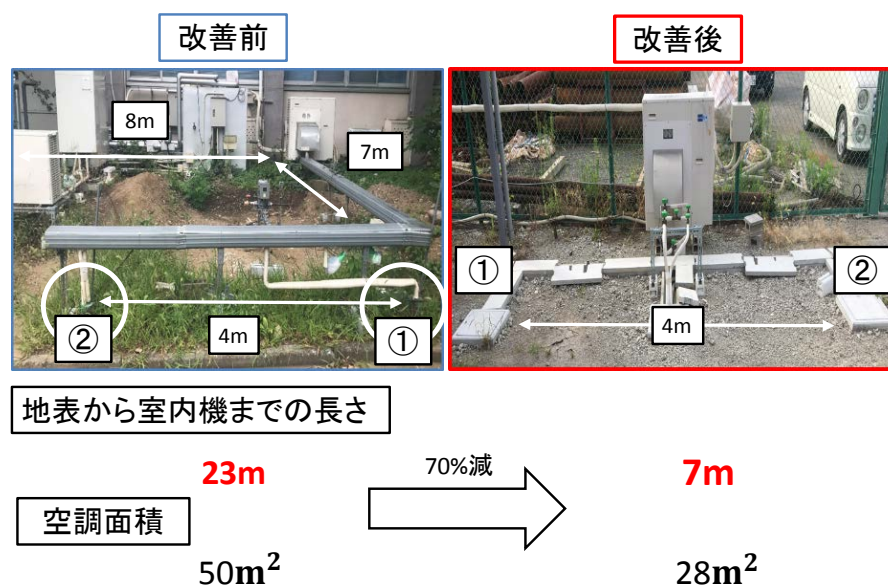
(1) 補助事業により作成したもの

<http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/takeda/> (URL)

水平冷媒配管長の実証試験

冷媒配管長さ

National university corporation
UNIVERSITY OF YAMANASHI



(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

<http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/takeda/> (URL)

やまなし産学官連携研究事業

【電子・情報領域】

研究番号	研究テーマ名	アピールポイント(応用分野 他)	代表者(所属、研究代表者名)	コアタイム		
				14:00-14:30	14:30-15:00	15:00-15:30
電1	CO2レーザーにおけるレーザーバリエーションとレーザービームの制御とその加工	高効率のCO2レーザーの制御による加工精度の向上と加工コストの削減	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 宇野 邦行	●		
電2	導電性高分子を用いた金電極型フレキシブルセンサーの開発	高感度・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えたセンサーの開発	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
電3	導電性高分子を用いた金電極型フレキシブルセンサーの開発	高感度・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えたセンサーの開発	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
電4	フラスコ型分子結晶膜を用いたフレキシブルセンサーの開発	高感度・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えたセンサーの開発	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電5	導電性高分子を用いた金電極型フレキシブルセンサーの開発	高感度・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えたセンサーの開発	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電6	マイクロLEDを用いた高効率なLED照明の開発	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えたLED照明の開発	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電7	超伝導量子回路を用いた量子計算機の実現	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた量子計算機の実現	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電8	超伝導量子回路を用いた量子計算機の実現	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた量子計算機の実現	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電9	超伝導量子回路を用いた量子計算機の実現	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた量子計算機の実現	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電10	超伝導量子回路を用いた量子計算機の実現	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた量子計算機の実現	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電11	超伝導量子回路を用いた量子計算機の実現	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた量子計算機の実現	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電12	超伝導量子回路を用いた量子計算機の実現	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた量子計算機の実現	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電13	超伝導量子回路を用いた量子計算機の実現	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた量子計算機の実現	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●
電14	超伝導量子回路を用いた量子計算機の実現	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた量子計算機の実現	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小村 浩	●	●	●

【食品・微生物領域】

研究番号	研究テーマ名	アピールポイント(応用分野 他)	代表者(所属、研究代表者名)	コアタイム		
				14:00-14:30	14:30-15:00	15:00-15:30
食1	植物性生体高分子の生体と有効利用	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた生体高分子の有効利用	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●		
食2	食品由来の高分子生体高分子の生体と有効利用	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた生体高分子の有効利用	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●		
食3	食品由来の高分子生体高分子の生体と有効利用	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた生体高分子の有効利用	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●		
食4	食品由来の高分子生体高分子の生体と有効利用	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた生体高分子の有効利用	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●		
食5	食品由来の高分子生体高分子の生体と有効利用	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた生体高分子の有効利用	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●		

【食品・微生物領域】

研究番号	研究テーマ名	アピールポイント(応用分野 他)	代表者(所属、研究代表者名)	コアタイム		
				14:00-14:30	14:30-15:00	15:00-15:30
食6	ブドウ果皮由来のポリフェノールオキシダーゼ生産菌について	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えたポリフェノールオキシダーゼ生産菌の生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●		
食7	ワインの酸味改良に関する研究	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えたワインの酸味改良	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
食8	ミカン葉及び日本酒の花から抽出されたポリフェノールオキシダーゼ生産菌について	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えたポリフェノールオキシダーゼ生産菌の生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
食9	酵素を用いた食品加工に関する研究	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた食品加工	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
食10	酵素を用いた食品加工に関する研究	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた食品加工	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
食11	酵素を用いた食品加工に関する研究	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた食品加工	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
食12	酵素を用いた食品加工に関する研究	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた食品加工	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
食13	酵素を用いた食品加工に関する研究	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた食品加工	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●

【環境領域】

研究番号	研究テーマ名	アピールポイント(応用分野 他)	代表者(所属、研究代表者名)	コアタイム		
				14:00-14:30	14:30-15:00	15:00-15:30
環1	ウツクサと植物由来生体高分子を用いた水質浄化とタンパク質生産の効率化	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた水質浄化とタンパク質生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
環2	植物由来の生体高分子を用いた水質浄化とタンパク質生産の効率化	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた水質浄化とタンパク質生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
環3	植物由来の生体高分子を用いた水質浄化とタンパク質生産の効率化	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた水質浄化とタンパク質生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
環4	植物由来の生体高分子を用いた水質浄化とタンパク質生産の効率化	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた水質浄化とタンパク質生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
環5	植物由来の生体高分子を用いた水質浄化とタンパク質生産の効率化	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた水質浄化とタンパク質生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
環6	植物由来の生体高分子を用いた水質浄化とタンパク質生産の効率化	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた水質浄化とタンパク質生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
環7	植物由来の生体高分子を用いた水質浄化とタンパク質生産の効率化	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた水質浄化とタンパク質生産	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●

【自然エネルギー領域】

研究番号	研究テーマ名	アピールポイント(応用分野 他)	代表者(所属、研究代表者名)	コアタイム		
				14:00-14:30	14:30-15:00	15:00-15:30
自1	住宅用蓄電池やポアールを用いた自然エネルギーの活用	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた自然エネルギーの活用	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●		
自2	住宅用蓄電池やポアールを用いた自然エネルギーの活用	高効率・高安定性・柔軟性・伸縮性を備えた自然エネルギーの活用	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●		

住宅用銅管杭やポアホールを用いた直接膨張方式の地中熱ヒートポンプの開発研究

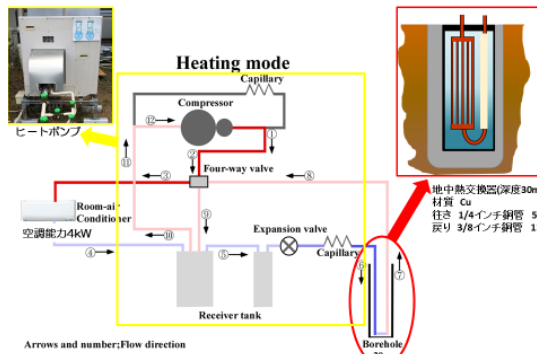
背景

地中熱ヒートポンプ(Ground Source Heat Pump, 以下GSHP)システムは、現在空調システムで一般的に用いられている空気熱ヒートポンプより、省エネルギー性が高いとされている。これは、夏の気温よりも低く、冬の気温よりも高い地中熱の特性を利用することによるものである。また、冷房排熱を地中に放出するため、ヒートアイランド現象の防止にもつながると期待されている。このGSHPシステムの省エネルギー性をより高める試みとして、空気熱ヒートポンプの採放熱器を地中に埋設した直膨方式GSHPが提案されている。この方法は熱交換媒体を代替フロン冷媒として、直接地中に循環させて採放熱を行うものである。ポアホール内に銅管を挿入して、直接土壌と熱交換させるため、間接方式における熱交換器が不要となり不凍液の循環ポンプも不要なため、部品点数が削減される。また、熱交換効率の向上から間接方式と比べポアホール深さを短縮できる可能性があり、掘削コストも削減できる。

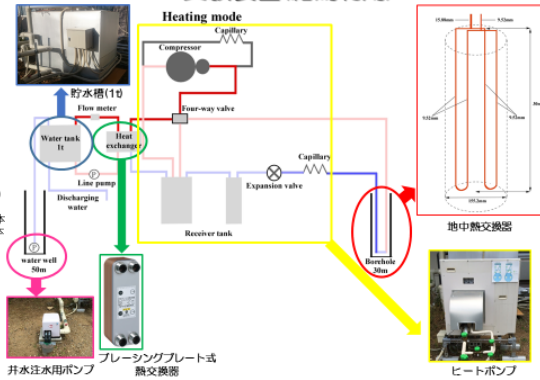
山梨エネルギービジョン

平成28年3月に策定された「やまなしエネルギービジョン」では、クリーンエネルギー普及促進の具体的な取り組み内容として「地中熱」利用が明記され2030年におけるGSHPシステムの目標導入台数900台とされている。今後の利用拡大が大きく期待されるクリーンエネルギー分野の一つである。

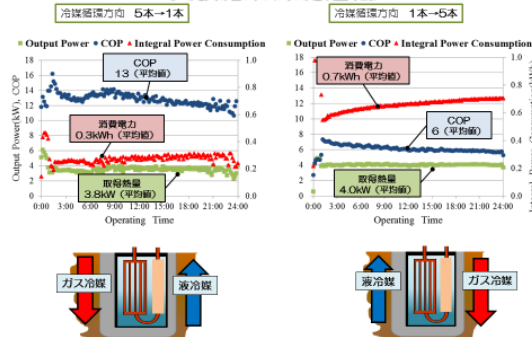
実験装置(空調利用)



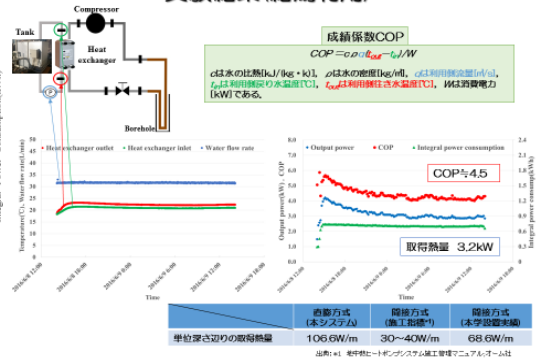
実験装置(給湯利用)



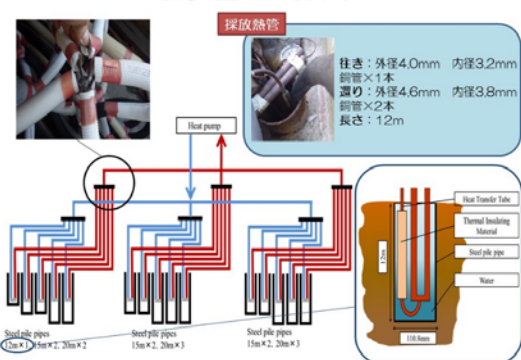
実験結果(冷房運転)



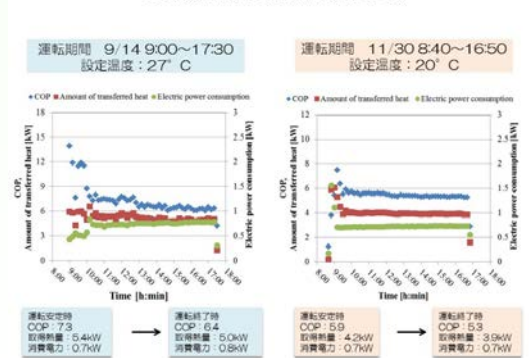
実験結果(給湯利用)



実験装置(基礎杭方式)



実験結果(基礎杭方式)



8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学大学院（ヤマナシダイガクダイガクイン）

住 所： 〒400-8510（半角）

山梨県甲府市武田4丁目4-37

申 請 者： 教授・武田哲明（タケダテツアキ）

担 当 部 署： 総合研究部工学域機械工学系（ソウゴウケンキュウブコウガクイキキ
カイコウガクケイ）

E-mail： ttakeda at yamanashi.ac.jp

U R L： <http://www.yamanashi.ac.jp/>