

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、ポ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

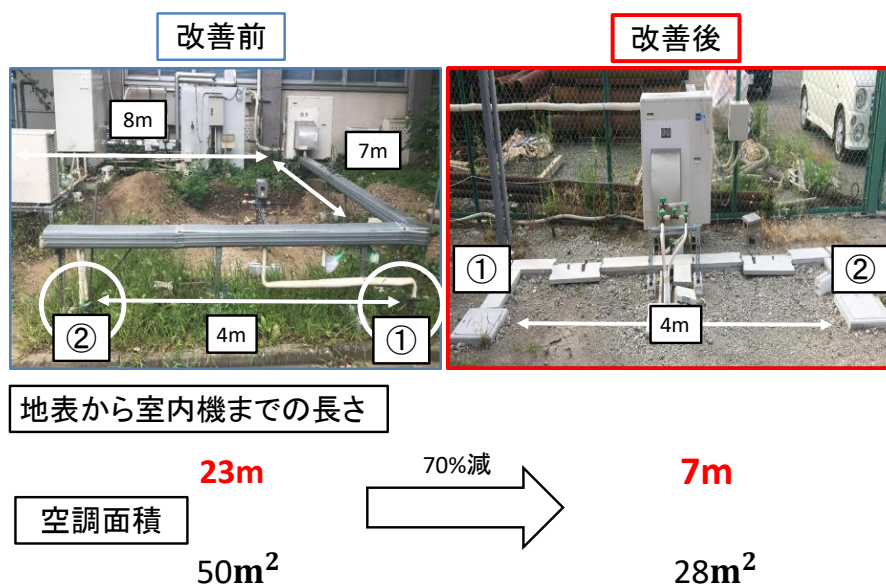
(1) 補助事業により作成したもの

<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】

表示番号	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		
				A	B	C
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ビームの制御とその加工応用	自動車用CO2レーザの制御と加工の応用。加工の制御と加工の応用について研究。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 宇野 和行	●		
電2	有機電界分子を用いた全有機型フレキシブルスーパーキャパシタ	自動車用電池 エネルギー密度の向上が期待される。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 長崎 秀典	●	●	●
電3	低消費電力動作する発熱回路ならびに回路システムの研究	低消費電力動作する回路システムの研究。低消費電力動作する回路システムの研究。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 藤本 大輔	●		
電4	フラスマ分子線増進法により形成したフレキシブルZnO透明導電膜の電気的特性	フレキシブル透明導電膜フレキシブル透明導電膜フレキシブル透明導電膜フレキシブル透明導電膜。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 村中 司	●	●	
電5	超音波センサのマイクカメラインターフェースの開発	超音波センサとカメラのインターフェースの開発。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小川 健英	●		
電6	マイクロLEDディスプレイを用いた画像伝送システムの開発	画像伝送システム。画像伝送システムの開発。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 小塚 真司	●		
電7	超伝導失バー半導体デバイスの研究開発	超伝導失バー半導体デバイスの研究開発。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 矢野 浩司	●		
電8	映像と音声で記録した作業コンテキストを用いた技術伝承のための手順書作成支援	映像と音声で記録した作業コンテキストを用いた技術伝承のための手順書作成支援。	山梨大学 工学部 (情報メディア工学) 西崎 博光	●		
電9	電子管を用いた画像の高解像度抽出・分離およびGPUによる高速化	電子管を用いた画像の高解像度抽出・分離およびGPUによる高速化。	山梨大学 工学部 (コンピュータ工学) 安藤 英貴	●	●	●
電10	自律走行可能なロボットの制御手法の開発	自律走行可能なロボットの制御手法の開発。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 中込 広幸	●	●	●
電11	フリンジングブロックを用いた液晶ディスプレイの製造プロセスの最適化	フリンジングブロックを用いた液晶ディスプレイの製造プロセスの最適化。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 宮本 博永	●		
電12	圧電イミューネティ感測の信頼性に関する研究	圧電イミューネティ感測の信頼性に関する研究。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 木島 一広	●		
電13	超音波を用いた画像処理システムの開発	超音波を用いた画像処理システムの開発。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 清水 康良	●		
電14	イミューネティ感測の信頼性に関する研究	イミューネティ感測の信頼性に関する研究。	山梨大学 工学部 (電気電子工学) 中村 卓	●		

【食品・微生物領域】

食1	植物内生微生物の生態と有効利用	植物内生微生物の有効利用について研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (微生物学) 井岡 良太	●		
食2	赤ワインの高分子色素重合体の化学構造と発色メカニズム	赤ワインの高分子色素重合体の化学構造と発色メカニズムについて研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 久永 雅嗣	●		
食3	生物由来の天然色素を用いた食品着色剤の開発	生物由来の天然色素を用いた食品着色剤の開発。	山梨大学 工学部 (情報メディア工学) 小谷 健司	●		
食4	生物由来の天然色素を用いた食品着色剤の開発	生物由来の天然色素を用いた食品着色剤の開発。	山梨大学 工学部 (情報メディア工学) 小谷 健司	●		
食5	フジミセス菌を用いた食品着色剤の開発	フジミセス菌を用いた食品着色剤の開発。	山梨大学 工学部 (情報メディア工学) 長谷 孝文	●	●	●

【食品・微生物領域】

表示番号	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		
				A	B	C
食6	ブドウ果皮由来のポリフェノールオキシダーゼ阻害剤について	ブドウ果皮由来のポリフェノールオキシダーゼ阻害剤について研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 奥田 龍	●		
食7	ワインの酸味変化に関する研究	ワインの酸味変化に関する研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 斎藤 史憲	●	●	●
食8	ミヤマキリギリスの幼虫から抽出した天然色素の抽出と分離に関する研究	ミヤマキリギリスの幼虫から抽出した天然色素の抽出と分離に関する研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 乙黒 英彰	●	●	●
食9	野鳥糞等から抽出したホルムン類の抽出と分離に関する研究	野鳥糞等から抽出したホルムン類の抽出と分離に関する研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 佐藤 隆己	●		
食10	食品由来の天然色素を用いた食品着色剤の開発	食品由来の天然色素を用いた食品着色剤の開発。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 奥田 匠	●		
食11	分級器を用いた食品の高品質化に関する研究	分級器を用いた食品の高品質化に関する研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 佐藤 隆己	●		
食12	果樹産物の品質向上のための技術開発	果樹産物の品質向上のための技術開発。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 長谷 孝文	●		
食13	甲州ワインの色調制御に関する研究	甲州ワインの色調制御に関する研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (ワイン科学センター) 小崎 誠人	●		

【環境領域】

環1	ウレタ系と植物由来高吸水性ゲルを用いた水質浄化とタンパク質の回収	ウレタ系と植物由来高吸水性ゲルを用いた水質浄化とタンパク質の回収。	山梨大学 工学部 (食品工学) 西 一博	●	●	●
環2	産業廃棄物のメタン発酵による有機肥料の生産と再利用	産業廃棄物のメタン発酵による有機肥料の生産と再利用。	山梨大学 生物資源学専攻 (食品工学) 大塚 隆明	●		
環3	多量元素の循環と環境保全に関する研究	多量元素の循環と環境保全に関する研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (食品工学) 大塚 隆明	●		
環4	炭素固定を用いた水質浄化法の開発	炭素固定を用いた水質浄化法の開発。	山梨大学 工学部 (情報メディア工学) 宮崎 淳一	●		
環5	山梨県内に生息する新たなゲンジブシロシロの調査とその保護	山梨県内に生息する新たなゲンジブシロシロの調査とその保護。	山梨大学 生物資源学専攻 (食品工学) 西 一博	●		
環6	LEDを光源とする小型発光体素子の開発とクロマトグラフによる分離	LEDを光源とする小型発光体素子の開発とクロマトグラフによる分離。	山梨大学 生物資源学専攻 (食品工学) 鈴木 保仁	●	●	●
環7	低コストな多量元素回収装置の開発	低コストな多量元素回収装置の開発。	山梨大学 生物資源学専攻 (食品工学) 西 一博	●		
環8	環境負荷を低減するための原料調達に関する研究	環境負荷を低減するための原料調達に関する研究。	山梨大学 生物資源学専攻 (食品工学) 西 一博	●		

【自然エネルギー領域】

自1	住宅用蓄電装置やポアールを用いた自然エネルギーの活用	住宅用蓄電装置やポアールを用いた自然エネルギーの活用。	山梨大学 工学部 (情報メディア工学) 武田 哲明	●		
自2	光熱電を利用した水質浄化に関する研究	光熱電を利用した水質浄化に関する研究。	山梨大学 工学部 (情報メディア工学) 西 一博	●		

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

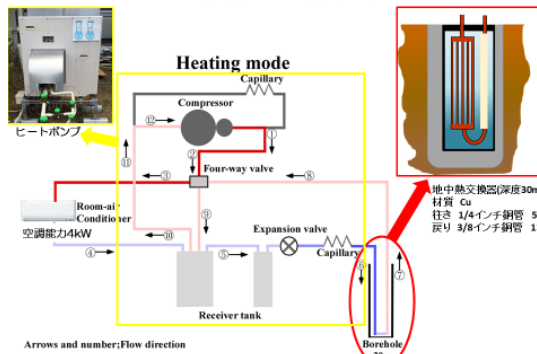
背景

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。

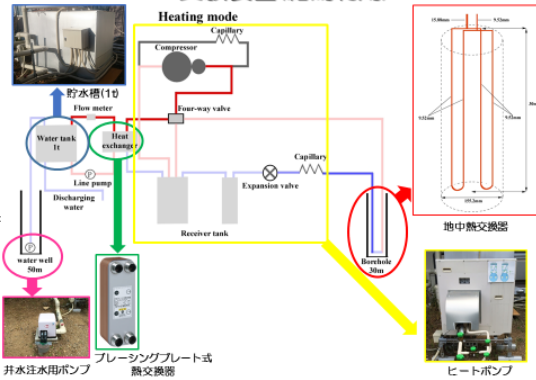
山梨エネルギービジョン

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。

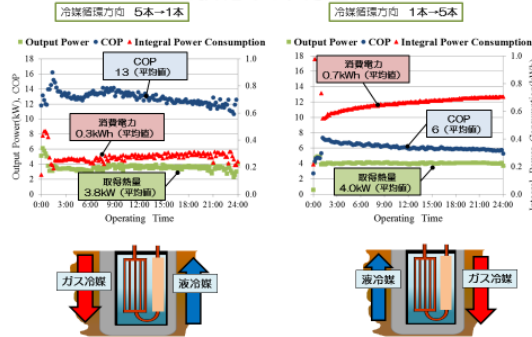
実験装置(空調利用)



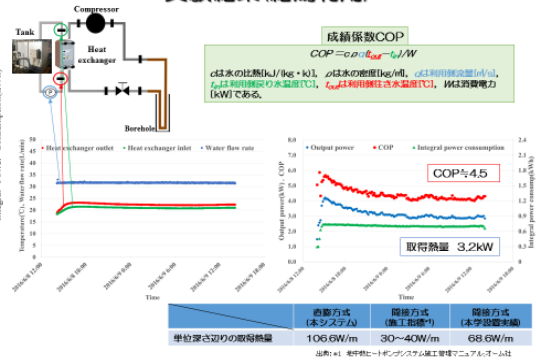
実験装置(給湯利用)



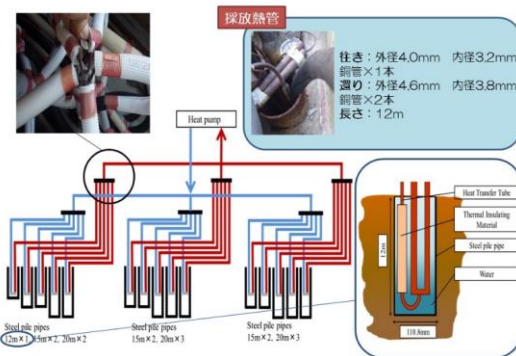
実験結果(冷房運転)



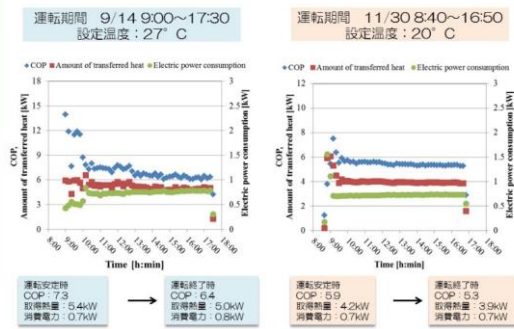
実験結果(給湯利用)



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

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 - m a i l： ttakeda@yamanashi.ac.jp

U R L： <http://www.yamanashi.ac.jp/>