

【事業名】地中熱利用ヒートポンプシステムのイニシャルコスト低減と効率化に関する技術開発

平成24年4月20日

【代表者】三菱マテリアルテクノ株式会社 石上 孝

【実施年度】平成22～23年度

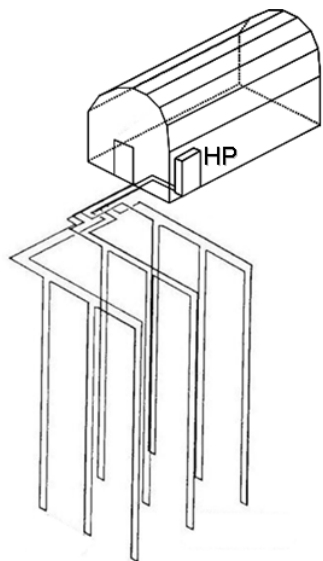
(1)事業概要

(目的) 園芸用ハウス農業への地中熱利用ヒートポンプ(GeoHP)システムの**イニシャルコスト低減**と**効率化**

↓
コイル型水平熱交換器と高効率水 - 空気ヒートポンプを組み合わせた技術開発

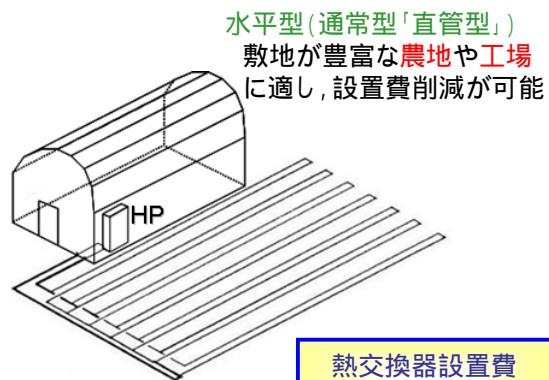
↓
2段構造の採用 更なる設置スペースの縮小
水抜孔付きシートを採用 熱交換器敷設部の含水率向上による熱交換効率の向上

(2)システム構成



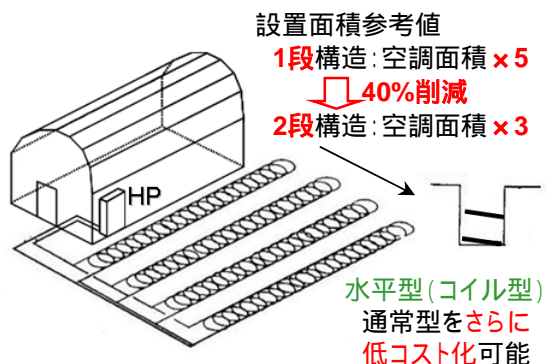
垂直型
敷地が限られた一般住宅、ビルなどにおいて有利

熱交換器設置費
10～20千円/m



水平型(通常型「直管型」)
敷地が豊富な農地や工場に適し、設置費削減が可能

熱交換器設置費
3～5千円/m



設置面積参考値
1段構造: 空調面積 × 5
↓ 40%削減
2段構造: 空調面積 × 3

水平型(コイル型)
通常型をさらに低コスト化可能

(3)目標

園芸用加温設備の現状

地域	加温面積	重油使用量	CO2排出量
全国	22,712ha (100%)	230万kL/年 (100%)	623万t-CO2/年 (100%)
九州	7,838ha (35%)	98万kL/年 (43%)	268万t-CO2/年 (43%)

試験フィールドである九州を本事業の重点地域とする

年間エネルギー需要量と削減見込み量

熱源方式	年間エネルギー需要量(重油使用量より)		
	固有値	熱量換算値	CO2換算値
重油ボイラー	230万kL/年	89,935MJ/年 (100%)	623万t-CO2/年 (100%)
地中熱源HP	4,388GWh/年	42,826MJ/年 (46%)	244万t-CO2/年 (38%)

ボイラー-燃焼効率: 0.85, COP: 5@地中熱源HP, 燃料種別発熱量: 9.76kJ/kWh@電力, 39.1MJ/L@A重油, CO2排出係数: 0.555kg-CO2/kWh@電力, 2.71kg-CO2/L@A重油

目標値
省エネ率
54%

CO2削減率
62%

(4)導入シナリオ

イニシャルコスト見込み: 70%削減 (10千円/m@垂直型, 3千円/m@水平型)

ランニングコスト見込み: 70%削減

(基本料金: 1260円/kW, 電力量料金: 9円/kWh, A重油: 80円/L)

単純償却年数見込み: 48%短縮 (10.3年@垂直型, 5.4年@水平型)

導入シナリオ: 園芸用加温設備の年間1%を本システムに更新

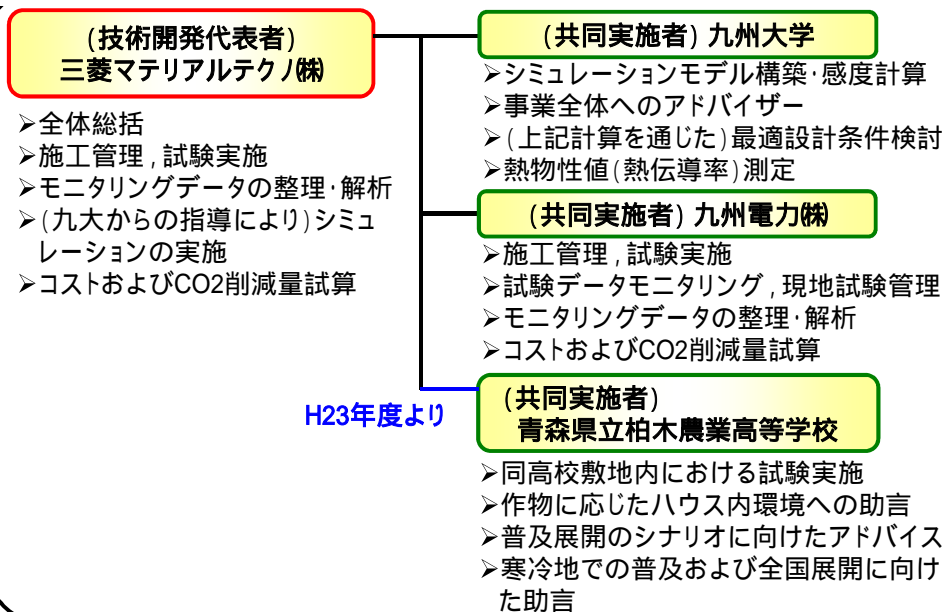
年度	2012	2013	2014	2015	2016	2020
更新面積	227ha	454ha	681ha	908ha	1,136ha	2,044ha
年間CO2削減量	3.8万t	7.6万t	11.4万t	15.2万t	19.0万t	30.4万t

(5)技術開発スケジュール及び委託費

内容	平成22年度	平成23年度
現地工事	→	→
フィールド試験(冷房運転)	→	→
フィールド試験(暖房運転)	→	→
運転データ整理解析	→	→
シミュレーションモデルの作成	→	→
シミュレーションモデルによる感度計算	→	→
コスト及びCO2削減量評価	→	→
全体システム評価(報告書作成)	→	→
事業費用	58,022 千円	27,725 千円

注記)平成22年度試験フィールド:九州(温暖地を選定,福岡県前原市)
平成23年度試験フィールド:東北(寒冷地を選定,青森県平川市),九州は継続

(6)実施体制



(7)技術・システムの技術開発の詳細

ボアホール方式による垂直型熱交換器の設置費低減を目的に,水平型熱交換器を導入する。水平型熱交換器のフィールド試験実測値より垂直型に対する優位性を示す。水平型熱交換器のフィールド試験結果より,水平型と垂直型の熱交換効率比較およびイニシャルコスト削減率の試算を行い垂直型に対し目標値70%削減を達成する。

水平型熱交換器の設置スペース縮小化を目的に,2段構造による熱交換器を採用する。フィールド試験により熱交換効率に優れた熱交換器設置パターンの特定。2年間のフィールド試験結果および同条件下で実施した強制排熱試験結果より,熱交換効率の比較を行う。

水平型熱交換器の効率化(浅部土壌有効熱伝導率の増加)を目的に,浅部(熱交換器上部)に水抜き付きシートを設置する。体積含水率の向上に寄与するシートの設置手法についての検討。平成22年度に室内試験結果より,体積含水率の増加が有効熱伝導率の増加に繋がることを明らかにした。体積含水率の上昇による熱伝導率の効果をフィールド試験により確認し,含水率を向上させるためのシート設置方法について検討する。

二次側・一次側で循環ポンプを必要とする水-水ヒートポンプに対し,システムの効率化を目的に,二次側で循環ポンプを必要としない水-空気ヒートポンプを採用する。フィールド試験により実測値での実証。温暖地および寒冷地のフィールドにて実証試験を行い,事業の目標設定値に想定したCOP=5.0を,温暖地および寒冷地において達成する。

全体システムの最適化を目的に,シミュレーションモデルを構築し,感度計算による最適設計条件を確立する。試験データを用いたシミュレーションモデルの構築および最適な熱交換システムの提案。地表の入力条件を改善し,コイル型水平熱交換器のシミュレーションモデル構築する。また,本モデルによるケーススタディより,最適熱交換システムを提案する。

(8)これまでの成果

フィールド試験結果より,暖房運転において温暖地では全期間平均COP=5.65と目標値である5.0を十分に達成できた。一方,寒冷地ではCOP=4.06と目標値を達成できなかったが,地中熱利用ヒートポンプシステムが寒冷地での温室にも十分適用可能であることを確認できた。ただし,温室内の温度を維持するためには,被覆方法を十分検討し断熱性を高めることも重要な要素の1つである。

最も熱交換効率に優れていた2段コイル型熱交換器では期間平均値COP=5.0以上を達成しており,石油式暖房機に対し温暖地ではランニングコストで69%,CO2排出量で65%削減となり,寒冷地ではやや劣る結果(ランニングコストで62%,CO2排出量で52%削減)となったものの,概ね目標値(ランニングコスト約70%削減,CO2排出量を約62%削減)を達成することができた。

石油暖房機に対する単純償却年数は,1/3補助金を適用した場合,水平型地中熱利用システムで4.2年,垂直型地中熱利用システムで11.1年となり,水平型熱交換器の採用により約54%短縮することができた。

フィールド試験結果を基に構築した水平型熱交換器のシミュレーションモデルでは,2段の設置深度や循環方法により熱交換効率がさらに向上し,イニシャルコストの低減に繋がることを提案した。また,地盤の物性値において,熱伝導率や熱容量は地中熱交換量の増減に寄与するものであり,特に熱伝導率の影響が大きいことが推定される。

論文投稿

1. Fujii, H., Maehara, T., Komaniwa, Y., Chou, N., Ishikami, T. (2012) Field Tests and Numerical Modeling of Double-layered Straight Horizontal Ground Heat exchangers. Proc. of InnoStock2012, In Press
2. 藤井 光・駒庭義人・石上 孝・長 直勝・大島和夫・谷口聡子 (2012) 2層構造を導入した直管式及びSlinky-coil式水平型地中熱交換器のフィールド試験. 日本地熱学会誌, Vol.34, No.1, p.37-46
3. Komaniwa, Y., Iwata, K., Fujii, H., Ishikami, T., Taniguchi, S., Ohshima, K., Chou, N. (2011) Development of a Numerical Model of Greenhouses for Estimating Heating and Cooling Load to Minimize Initial Cost of Geothermal Heat Pump Systems. Proc. of International Symposium on Earth Science and Technology 2011, p.529-532

対外発表

1. 地中熱セミナー, フランス地質調査所にて講演(平成24年3月17日), 「Field Tests and Numerical Modeling of Horizontal Ground Heat exchangers」(講演者: 藤井光)
2. 市民公開講座 EUIJ九州環境とエネルギーシリーズにて招待講演(平成24年2月27日), 「地中熱利用による省エネルギーの可能性」(藤井光)
3. (社)都市環境エネルギー協会 都市環境エネルギー講座にて講演(平成24年2月17日), 「地中熱交換方式の多様化と長期運転実績評価～ボアホール方式・基礎杭方式・水平熱交換方式の実例～」(講演者: 石上孝)
4. あおり地中熱シンポジウムにて招待講演(平成24年1月25日), 「青森県における地中熱利用研究の紹介」(藤井光)
5. 地中熱セミナー, ボローニャ大学(イタリア)にて講演(平成24年1月18日)「Field Tests and Numerical Modeling of Horizontal Ground Heat exchangers」(藤井光)
6. 地中熱セミナー, フェラーラ大学(イタリア)にて講演(平成24年1月17日)「Field Tests and Numerical Modeling of Horizontal Ground Heat exchangers」(藤井光)
7. 東北大学大学院環境科学研究科震災フォーラムにて講演(平成23年11月24日)「地中熱交換方式の多様化と長期運転実績値のご紹介～コミュニティ再生における地中熱の活用法～」(石上孝)
8. 日本地熱学会平成23年学術講演会 オrganイズドセッションにて講演(平成23年11月9日～11日), 「地中熱利用ヒートポンプシステムのイニシャルコスト低減と効率化に関する技術開発」(石上孝)
9. 同上学会発表, 「フィールド試験による水平型熱交換器の効率比較」(発表者: 谷口聡子)
10. 同上学会発表, 「さまざまな埋設方法を用いた水平型地中熱交換器の数値シミュレーション」(発表者: 山崎将平)
11. 地中熱セミナー, ケベック大学(カナダ)にて講演(平成23年10月21日)「Field Tests and Numerical Modeling of Slinky-coil Horizontal Ground Heat exchangers」(藤井光)
12. 7th NCRS International Symposium in Korea平成23年学術講演会にて発表(平成23年6月23日～24日)「Field tests and numerical modeling of horizontal ground heat exchanger」(発表者: 山崎将平)
13. 弘前大学北日本新エネルギー研究所 第1回新エネルギーフォーラムにて招待講演(平成23年5月13日)「水平式地中熱交換器のフィールド試験とモデリング」(藤井光)
14. 地中熱セミナー, 韓国地質資源研究院にて講演(平成23年3月15日)「Field Tests and Numerical Modeling of Slinky-coil Horizontal Ground Heat exchangers」(藤井光)

報道関連

1. 平成23年12月31日陸奥新報より新聞報道「地熱技術ハウスで試験 柏農高で委託事業」
2. 平成23年11月12日東奥日報より新聞報道「地中熱を活用, ハウスで花卉栽培 柏農が実証試験本格化」

(9)成果発表状況

特許(出願中)

(発明者) 大島和夫・藤井光・長直勝・石上孝
 (特許出願人) 三菱マテリアルテクノ株式会社・九州電力株式会社
 (発明の名称) 地中熱利用ヒートポンプシステムの水平埋設式地中熱交換器装置
 (出願日) 平成23年1月6日 (出願番号) 特願2011-1276

現地施設見学

九州フィールドへの施設見学: UR都市機構九州支社 福岡東部開発事業所, 環境省 水・大気環境局土壌環境課 地下水・地盤環境室, 熊本県経済農業共同組合連合会

(10)期待される効果

先述の(3)目標, (4)導入シナリオに記載

(11)技術・システムの応用可能性

本事業におけるメインターゲットと重点地域

重油使用量が膨大で, 敷地面積が比較的広い園芸用ハウス農業をターゲットに全国的にも園芸用加温設備が多く存在する九州地域を重点地域とする

本事業で見込まれる成果

- ・ 水平型熱交換器の導入による**イニシャルコストの低減**
- ・ 2段構造の採用による**設置面積の縮小**
- ・ 2段構造&水抜孔付きシートの採用による**高効率化**
- ・ シミュレーションモデルによる**最適設計条件の確立**
- ・ **寒冷地での有効性実証**

上記成果による適用可能範囲の拡大

- ・ 工場, 事務所, ビル, 一般家庭等空調と融雪熱源
- ・ 全国の園芸用ハウス農業への適用
- ・ トンネル下床盤や建物耐圧盤への適用(実施・計画中)
- ・ 埋立地や盛り土かさ上げ箇所への適用

(12)技術開発終了後の事業展開

事業展開

- ・ イニシャルコスト低減のための既設熱源機器(従来型)との**ハイブリッド方式**による提案および**補助金制度の活用**
- ・ 地方公共団体に協力を呼びかけ**各地域にモデル施設を設置**
- ・ 地中熱利用**システムに水平型熱交換方式を追加**した営業・提案活動
- ・ ハウス農業にとどまらず, トンネルや建物基礎工事における掘削・盛土かさ上げ箇所への**応用展開**

地球温暖化対策技術開発評価委員会による終了課題事後評価の結果

・ 総合評価 6.4点 (10点満点中)

・ 評価コメント

- 地中熱利用は今後の省エネルギー施策として注目されているが、その施工方法がコスト高になっている。
- 本実証事業は水平コイル型による熱交換器設置コストの大幅な削減を可能にしており、有効な技術開発と考えられる。
- 広い面積が必要になるので、地価が比較的安価な場所では普及可能と思われる。
- 農地以外でも水平型が設置可能なサイトを発掘しながら、本格的普及に努めてもらいたい。
- 通年運転による長期蓄熱効果は、採熱・放熱、それぞれの合計熱量が等しくないと安定的なシステムにならない。基本的な熱的バランスがとれているかを確認すべきと思われる。
- より広範囲の条件下、かつ、長時間での熱交換特性の把握が必要であった。それにより、各形式の熱交換器の特長をより明確にさせることができたと思われる。
- 地中熱HPはこの間多数、商用化されている。そうした競合製品との比較・評価が必要。
- 水抜き孔付シートの熱交換率について、有効性は認められたものの、重要なファクターである水分による知見は更なる実証が必要である。
- 需要家サイドが気にするハンドリングのしやすさ等の評価・検証がやや不十分である。