

再生可能エネルギー熱利用技術開発
地中熱利用トータルシステムの高効率化技術開発及び規格化、
および再生可能エネルギー熱利用のポテンシャル評価技術の開発

一般住宅向け浅部地中熱利用システムの
低価格化・高効率化の研究

柿崎隆夫（日大工）

（学）日本大学工学部
日商テクノ（株）
（有）住環境設計室

2019年10月17日

問い合わせ先
日本大学工学部
E-mail: mutou.shinyou@nihon-u.ac.jp
TEL: 024-956-8775

事業概要

1. 期間

- 開始 : 2014年7月, 終了: 2019年2月

2. 最終目標

- 既存住宅向け2重管方式熱交換井の低コスト埋設技術の開発
- 浅部地中熱利用向けヒートポンプシステム技術の開発
- 浅部地中熱利用向け地中熱リファレンスマップのマッピング技術の開発

3. 成果・進捗概要

- 幅および奥行き1m以内の小型組立/埋設機による20m級の地中熱交換器の施工において連続的な施工を実現可能とし, 施工時のコストの提示ならびに耐久性見込みを示した. また設置場所での礫層厚に対する最適な錐先端および製作コストを示した.
- 既設住宅向けシステムの初期設置コスト150万円/(5kW熱出力)を実証・提示した. また熱需要に応じた熱交換井および室内機との連動制御を実現するとともに10%の運用コストの削減を達成した.
- 国内の3カ所以上の都市地域において, 任意のシステム運用パターンによる浅部型地中熱交換器の採熱量および放熱量を表示する技術を開発するとともに, これらのデータをGISデータとして整備、Web上で公開した.

背景と目的

社会的背景

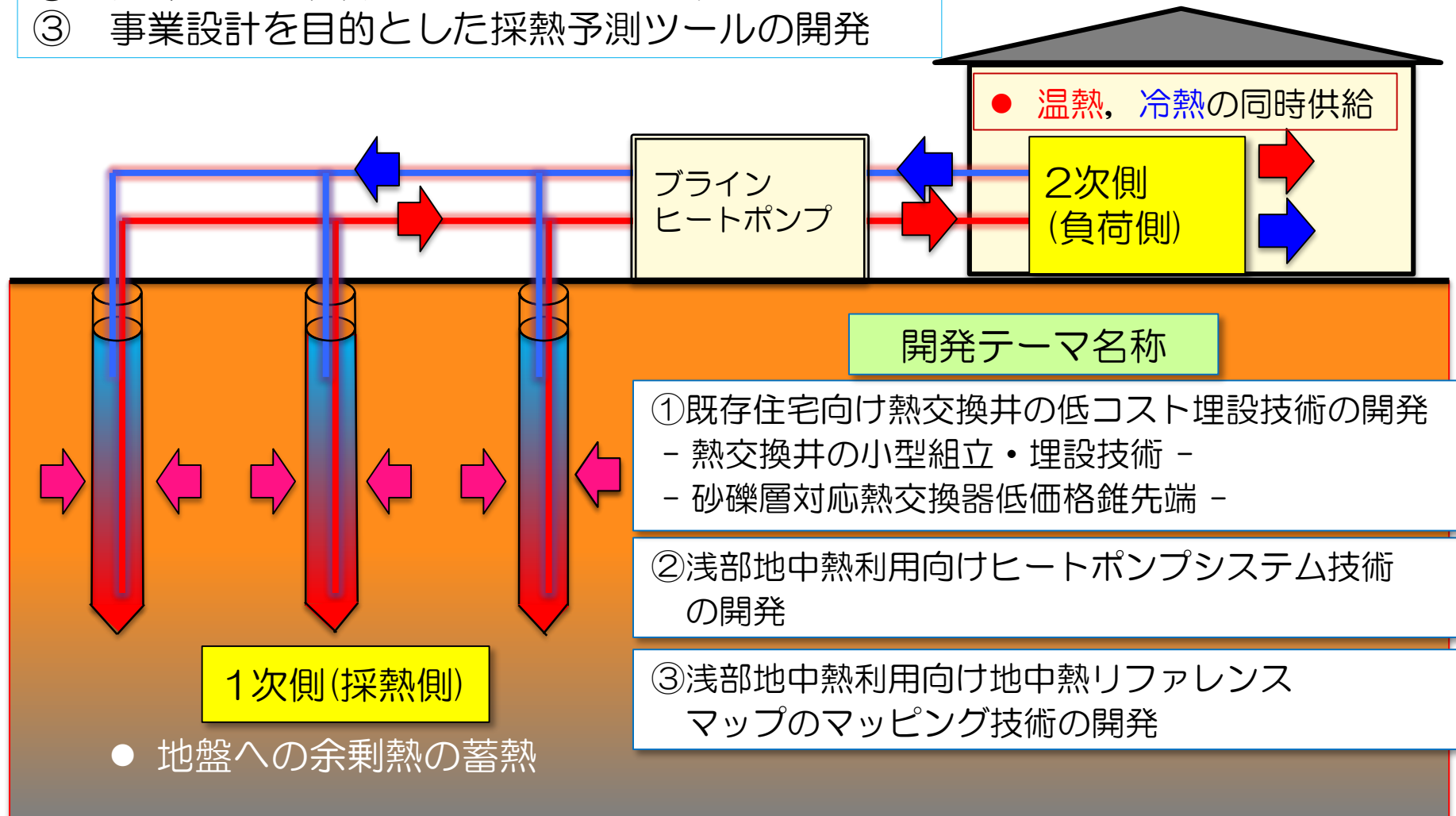
- 我が国のエネルギーの安定供給，そして安全安心で且つ持続可能な社会の実現には再生可能エネルギー利用の拡大が不可欠であり，なかでも熱エネルギー需要が大きい一般住宅分野への実装が重要である．エネルギー消費効率が高い地中熱利用は有力な候補であるが，その普及には設置コストの大幅な低減が極めて重要であり，そのための要素ならびにシステム技術開発が急務．

事業の目的および目標

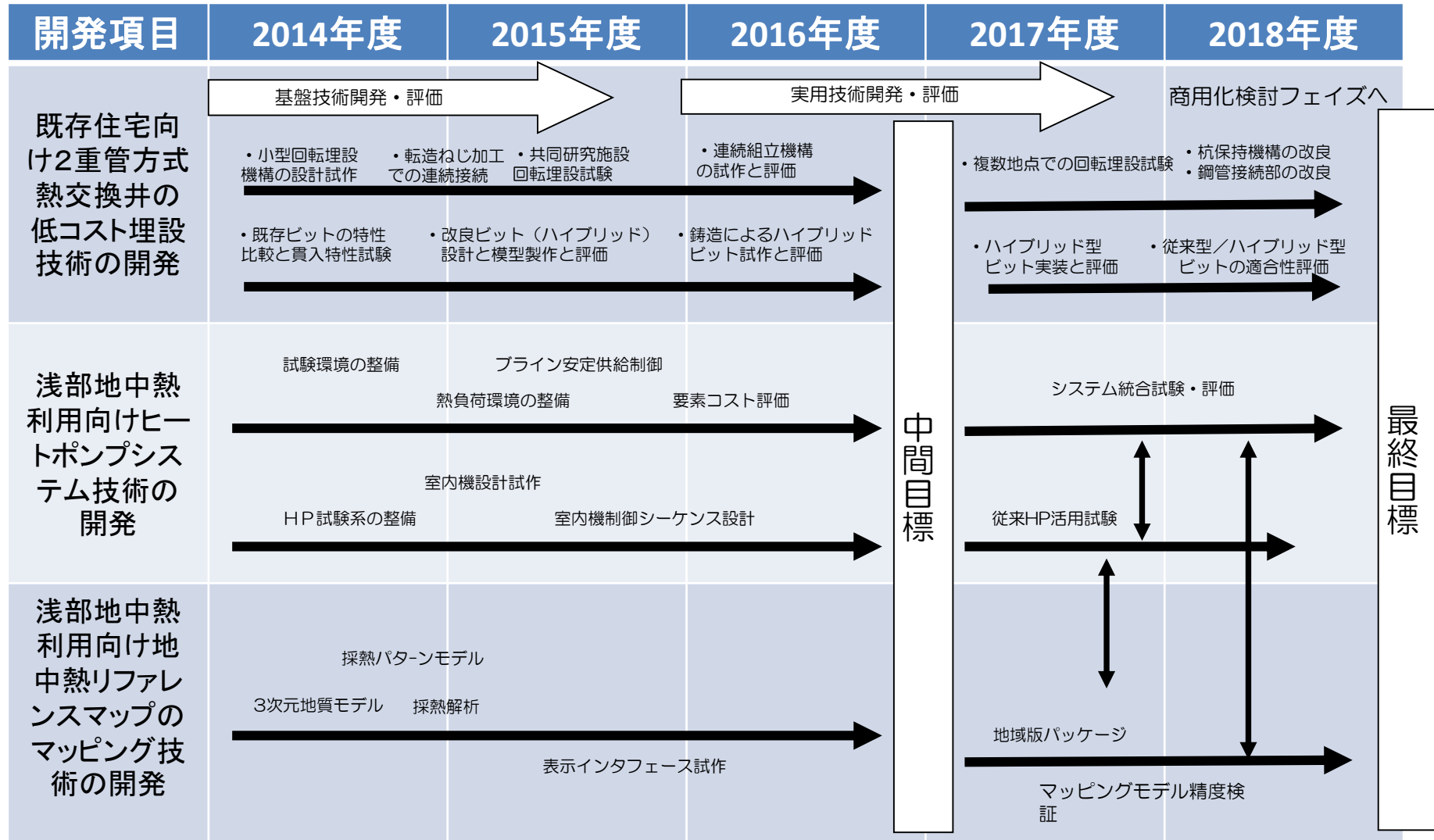
- 地中熱利用の普及阻害要因となっている高い設置コストならびに低い知名度の問題を解決し，低炭素で且つ国産のエネルギーを住宅市場を中心に導入普及を図る．
- 上記目的のため，浅部地中熱利用システムの初期設置コスト150万円/（5kW熱出力）を実現する．
- さらに従来の浅部地中熱利用（無制御方式）と比較して，運転コスト10%削減を実現する．

浅部地中熱利用システムにおける開発技術

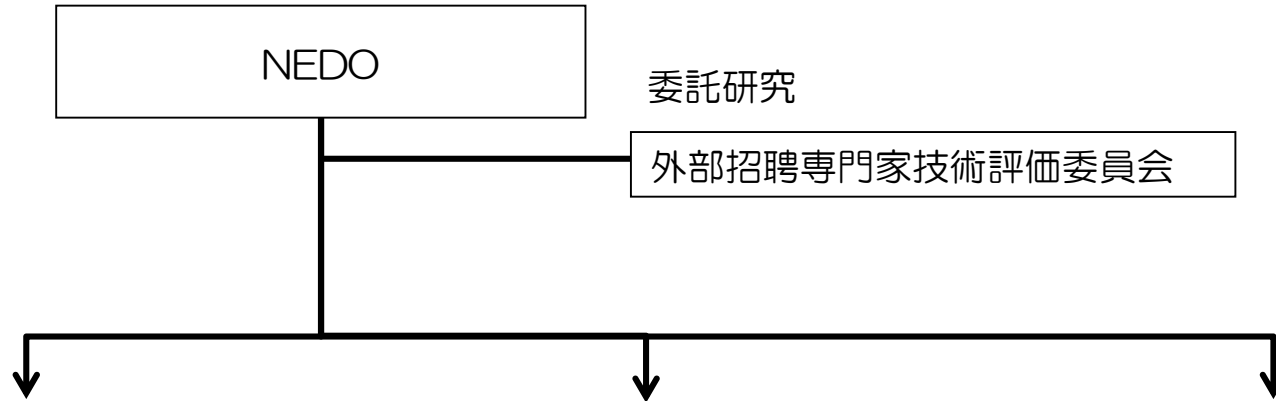
- ① 20m長以下の複数かつ安価な地中熱交換器開発
- ② 循環ポンプ制御によるシステム効率の向上
- ③ 事業設計を目的とした採熱予測ツールの開発



事業スケジュール



事業実施体制



日本大学工学部

- 研究実施場所:
 - 工学部（福島県郡山市）
 - 郡山市・日本大学工学部再生可能エネルギー共同研究施設（福島県郡山市）
 - 葛尾村実験場（福島県双葉郡）
 - ほか国内各地試験施設
- 研究開発項目:
 - 浅部地中熱利用向けヒートポンプシステム技術の開発
 - 浅部地中熱利用向け地中熱リファレンスマップのマッピング技術の開発

日商テクノ株式会社

- 研究実施場所:
 - 本社（福島県郡山市）
 - 郡山市・日本大学工学部再生可能エネルギー共同研究施設（福島県郡山市）
- 研究開発項目:
 - 既存住宅向け2重管方式熱交換井の低成本埋設技術の開発
 - 熱交換井の小型組立・埋設技術の開発 —

有限会社住環境設計室

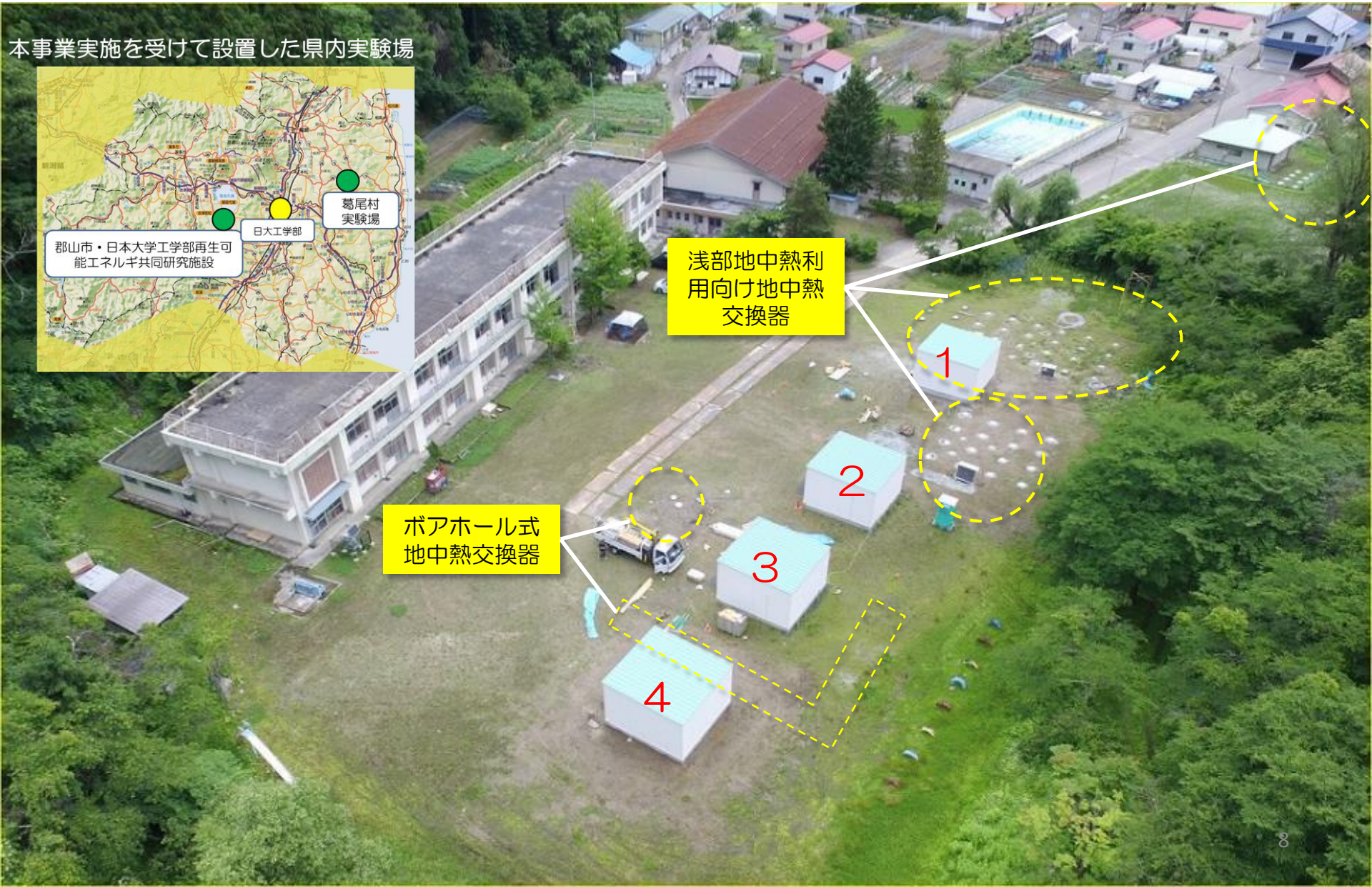
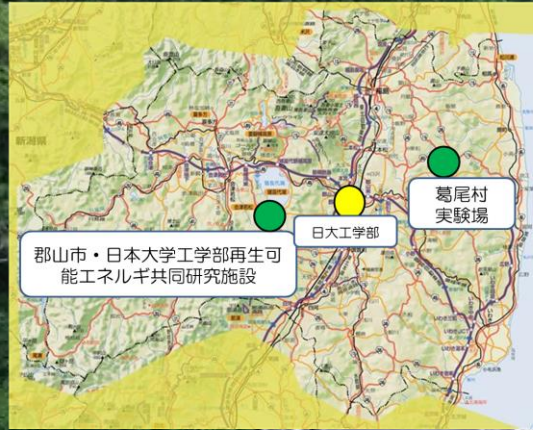
- 研究実施場所:
 - 本社（福島県郡山市）
- 研究開発項目:
 - 既存住宅向け2重管方式熱交換井の低成本埋設技術の開発
 - 砂礫層対応2重管方式熱交換器低価格錐先端の開発 —

評価結果：

- 既設住宅に対し，空調施工企業によるシステム施工を実施。
「150万円／5kW熱出力（約30万円／kW熱出力）」を実証的に確認し，目標を達成した。
- 新規ブライン式ヒートポンプならびに循環ポンプを用い，室内機および地中熱交換井を熱負荷に応じて連動制御させる技術を開発。これらを通じて従来の浅部地中熱利用（無制御方式）と比較し，運転コスト10%削減を実現。
- 浅部地中熱利用に対応する地中熱リファレンスマップのマッピング技術を開発。マップ精度の実験的評価を実施するとともに，国内3都市地域のマップをWEB上で公開。

郡山市・日本大学工学部再生可能エネルギー 共同研究施設内 地中熱交換器配置図

本事業実施を受けて設置した県内実験場

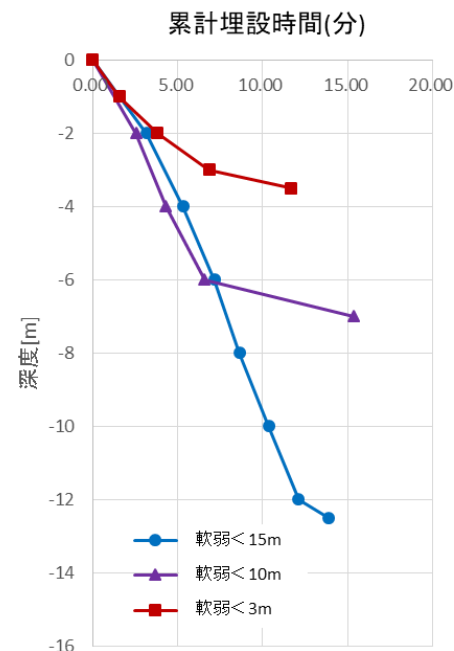
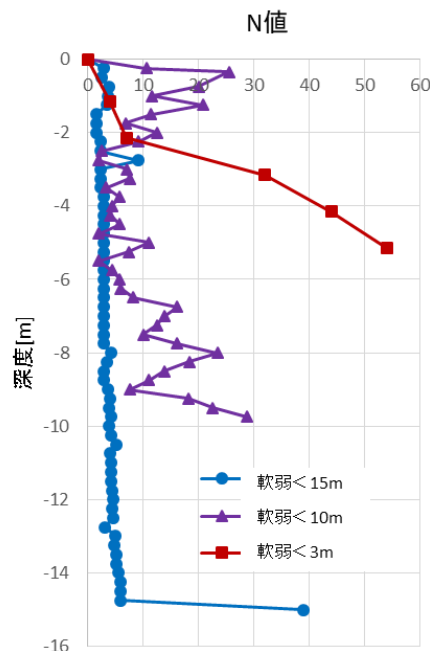


既存住宅向け2重管方式熱交換井の低コスト埋設技術の開発

- 熱交換井の小型組立・埋設技術の開発 -

- 採熱鋼管を接続しつつ貫入可能な浅部向け移動式小型回転埋設機を開発
- 狭隘な一般住宅敷地内での施工が可能に

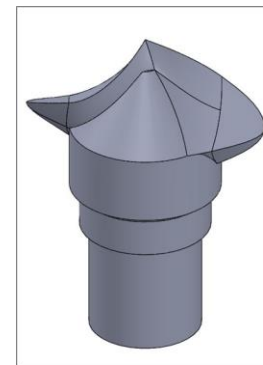
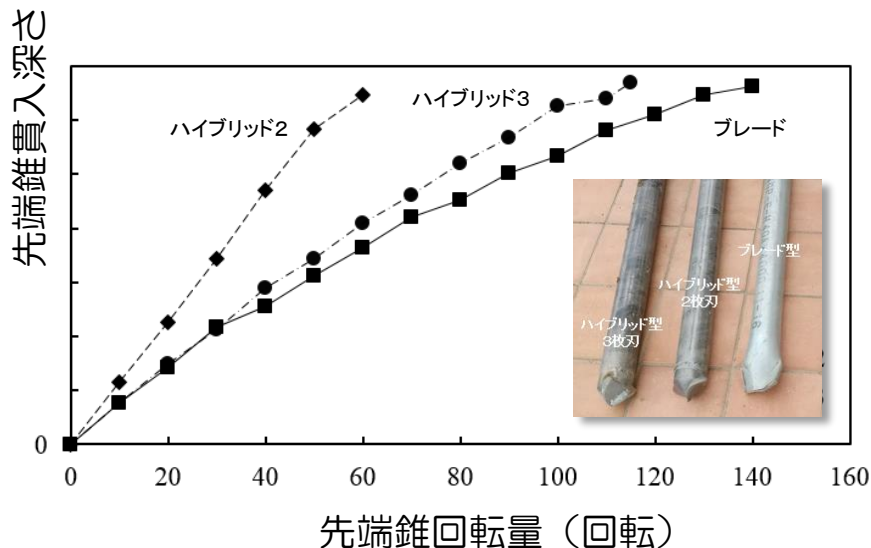
- N値20程度まで実効埋設速度約0.5～1m/分，鋼管接続時間を含め約0.2m/分の施工性能を達成
- 住宅での採熱井施工時間を1～2日以内に短縮



既存住宅向け2重管方式熱交換井の低コスト埋設技術の開発 - 砂礫層対応2重管方式熱交換器低価格錐先端の開発 -

- 土壌特性に合わせた3種の先端錐（鋼管加工ブレード型，部分礫層対応の3枚刃および3枚刃ハイブリッド型）を開発
- 軟弱な土壌では簡易なブレード型を適用可能

- 部分礫対応ハイブリッド型として 鋳造ビットの設計，モデル化，製造および試験までを開発検証
- 市販の3Dプリンタ利用鋳型活用で 製造コストの低減を実現



3D CAD



3D 樹脂モデル



完成鋳造ビット

浅部地中熱利用向けヒートポンプ（HP）システム技術の開発

- デマンド対応型室内機台数、地中および室内側循環ポンプの流量、さらに地中熱交換器本数制御を連動させた制御系を開発
- システムの効率向上を実現する実基本構成機器をラインナップ化



壁掛けFCU(システム制御対応型)
(定格2.2kW熱出力)



システム制御板
(量産対応)

● 設定目標以外の関連成果

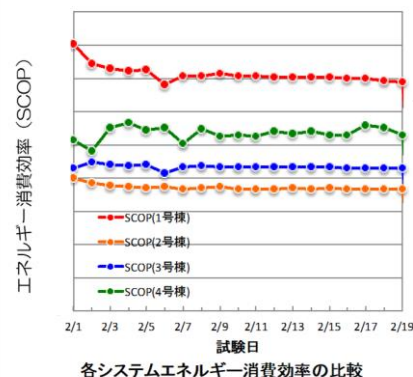


ブライン式ヒートポンプ¹⁾
(定格5kW熱出力、循環ポンプ非内蔵型)



容量可変型ブライン循環ポンプ¹⁾

- 暖房・冷房期を通じた同一負荷条件下で、開発技術の浅部地中熱利用方式は、対従来型浅部地中熱利用方式比較に運転コスト10%以上の運用コスト削減を実現
- ボアホール型、空気熱利用型との比較も明快に提示



日平均エネルギー消費効率比較
(冬季暖房期例)

- ・改良型浅部地中熱利用 1号棟
- ・従来型浅部地中熱利用 2号棟
- ・従来型地中熱利用 3号棟
- ・空気熱利用 4号棟

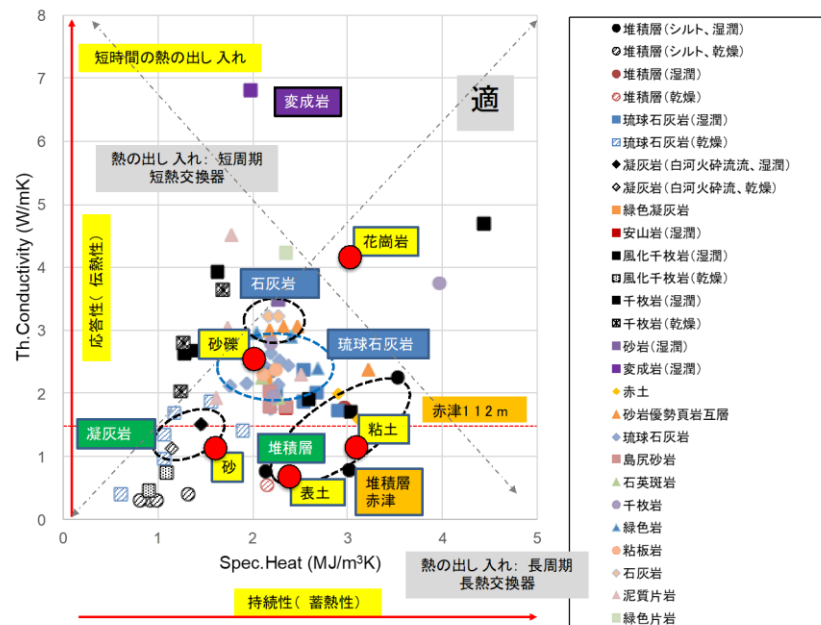
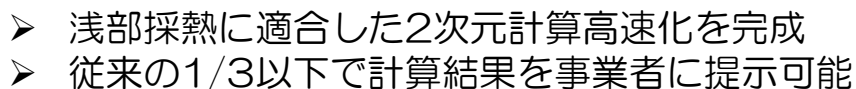


各種熱交換器の実験場(郡山市日大工共同実験施設)

1) NEDO事業予算を投入していないが、事業趣旨に賛同した企業がNEDO事業目標達成にも利用できるように新規開発、あるいは従来機仕様を変更した機器

- 既定の国内3力所での採熱量を自動表示するプラットフォームを開発
- Web上で簡単に利用できる環境を提供

- 採熱計算に必要な土壌熱物性（熱伝導率、熱容量）を直接測定する技術確立
- 新規施工場所でも精密な評価手段を提供



最終目標の達成可能性

研究開発項目	ここまでの主な成果	最終目標 (平成30年度末)	結果
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既存住宅向け2重管方式熱交換井の低コスト埋設技術の開発 ➤ 浅部地中熱利用向けヒートポンプシステム技術の開発 ➤ 浅部地中熱利用向け地中熱リファレンスマップのマップピング技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 日本大学工学部、日商テクノ（株）および（有）住環境設計室として、一般住宅向けの浅層地中熱利用システムの低コスト化技術を開発 ➤ 低コスト化を図るため、システムの地中熱交換器で使用する鋼管を回転させながら地中に貫入させていく新たな施工法を開発 ➤ 地中熱交換器群と冷暖房用室内機群を連携制御するヒートポンプシステム制御技術を開発 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 既設住宅向けにおいて初期設置コストを<u>150万円/5kW</u>とする ➤ 浅部地中熱利用従来システムと比べて<u>10%以上の効率向上</u>の達成 ➤ <u>国内3カ所以上の都市</u>において地中熱採熱量表示ができる ➤ 地中熱の使用パターンを分類して自動表示させる ➤ これらのデータをGISデータとして整備しWEB上で公開する 	○

まとめと今後の予定

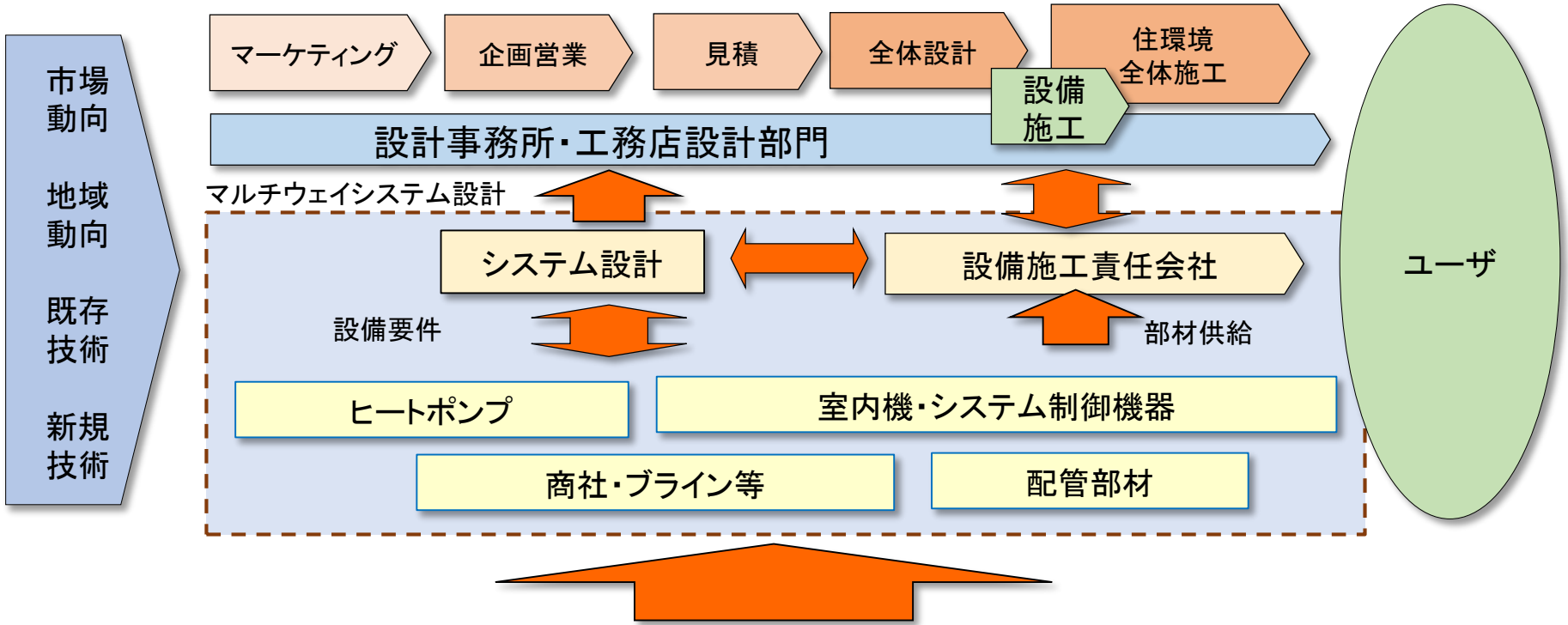
まとめ

- NEDO事業において、システムの地中熱交換器で使用する鋼管を回転させながら地中に貫入させていく新たな施工法と、地中熱交換器群と冷暖房用室内機群を連携制御するヒートポンプシステム制御技術を開発し、最終目標である導入コスト40%減と運用コスト10%減の大幅なコスト削減を達成した。

今後の予定

- 引き続き実証試験を実施し、システム構成機器と制御系の最適化により一層のシステムの効率化を図り、商用化を見据え信頼性を検証していく。
- 本事業終了後は、事業組合を形成してR1年度からの段階的商業化を進めていく。
- 福島、山形および宮城などを皮切りに、地域企業による社会実装を進め、まずは東北圏内への普及を目指す。

◆ 実用化・事業化に向けた戦略（市場および事業モデル）



- 成果
- 既存住宅向け2重管方式熱交換井の低コスト埋設技術の開発
 - 浅部地中熱利用向けヒートポンプ(HP)システム技術の開発
 - 浅部地中熱利用向け地中熱リファレンスマップのマッピング技術の開発