

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo.B1-2-06

再生可能エネルギー熱の面的利用システム構築に向けた技術開発
/再エネ熱利用システムに資する要素技術開発/

潮汐変化を活用した非開削工法による 水平型地中熱交換器の飛躍的性能向上

発表：2026年7月22日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 谷口聡子

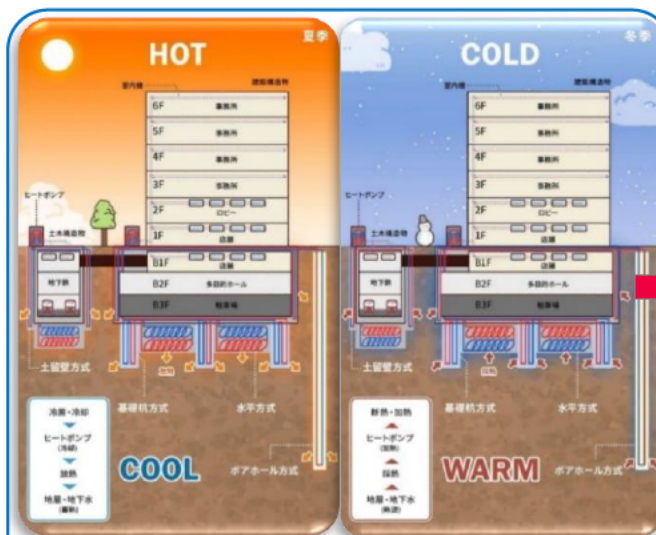
団体名 三菱マテリアルテクノ（株）、（国）秋田大学、（株）バイオテックス

問い合わせ先：三菱マテリアルテクノ（株）営業部東京支店（<https://www.mmttec.co.jp/>）

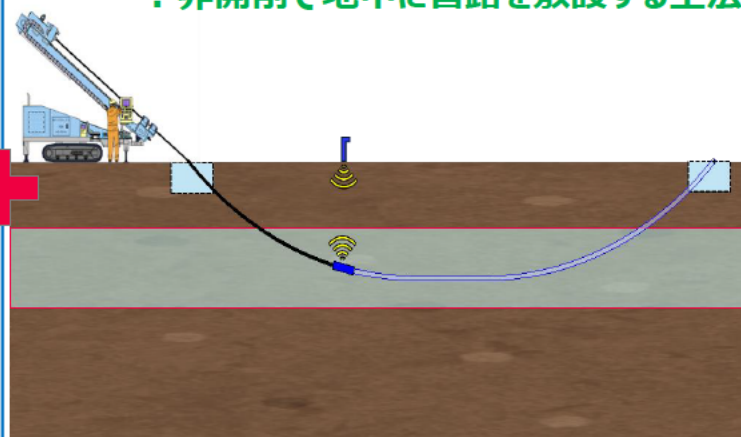
背景および目的

✓地中熱発展のためには、新たな地中熱交換方式の確立が必要

「HDD*工法による地中熱交換器の設置」



*HDD=Horizontal Directional Drilling
: 非開削で地中に管路を敷設する工法



- ・土木建築工事の工程に依存
- ・開削工事を伴う
- ・高コスト

- ・建築工程に左右されない
- ・“非開削”による施工が可能
- ・初期コスト低減が期待できる

✓国内の地域特性を活かす

「潮汐変化と地下水が連動する現象に着目」

- ・先行研究では、潮汐変化に伴う温度変化を確認
- ・地下水流動による地中熱交換量の大幅な増加
- ・国内沿岸部には多くのコミュニティ＝熱需要が存在



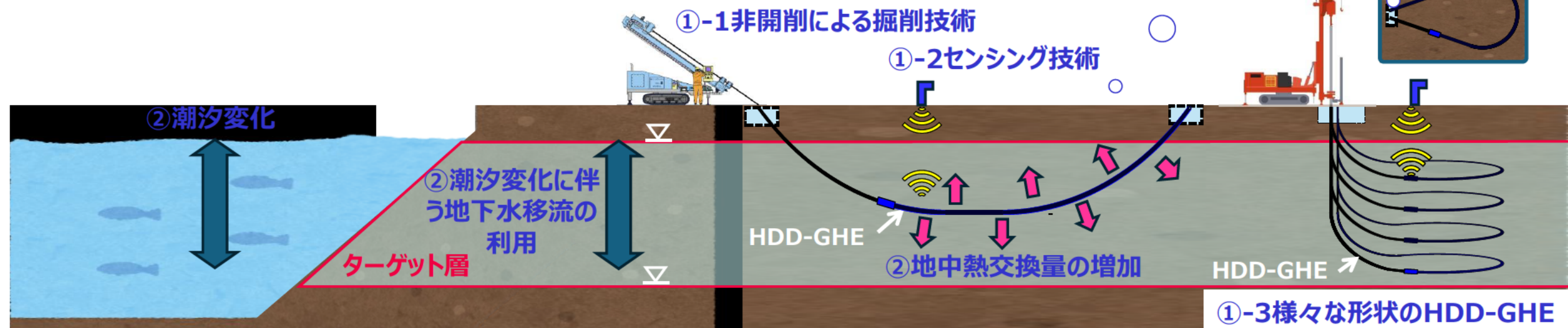
※イメージ図 (AI生成)

将来的な面的熱利用を視野に、国内では未だ実用化されていない
新たな地中熱利用システム確立のための要素技術開発を行う。

開発項目・実施内容

開発項目	内容
①HDD工法による新たな地中熱交換器設置方式の開発	・非開削による水平型地中熱交換器（HDD-GHE）の設置深度に最短距離で到達するための <u>センシング技術の開発</u> ・ <u>垂直型掘削機を利用した新たな非開削によるHDD-GHEの設置・掘削技術の開発</u>
②潮汐変化活用型地中熱利用システムの性能評価	<u>潮汐変化に伴い発生する地下水移流を利用して地中熱交換量を増加</u> させるための、フィールド試験での実証による技術開発
③潮汐変化活用型地中熱数値シミュレーションモデルの開発	潮汐変化を活用したHDD-GHEの数値シミュレーションモデルを構築・検証し、感度計算を通して設計パラメータを最適化することによる <u>システム設計技術の確立</u>

③数値シミュレーション



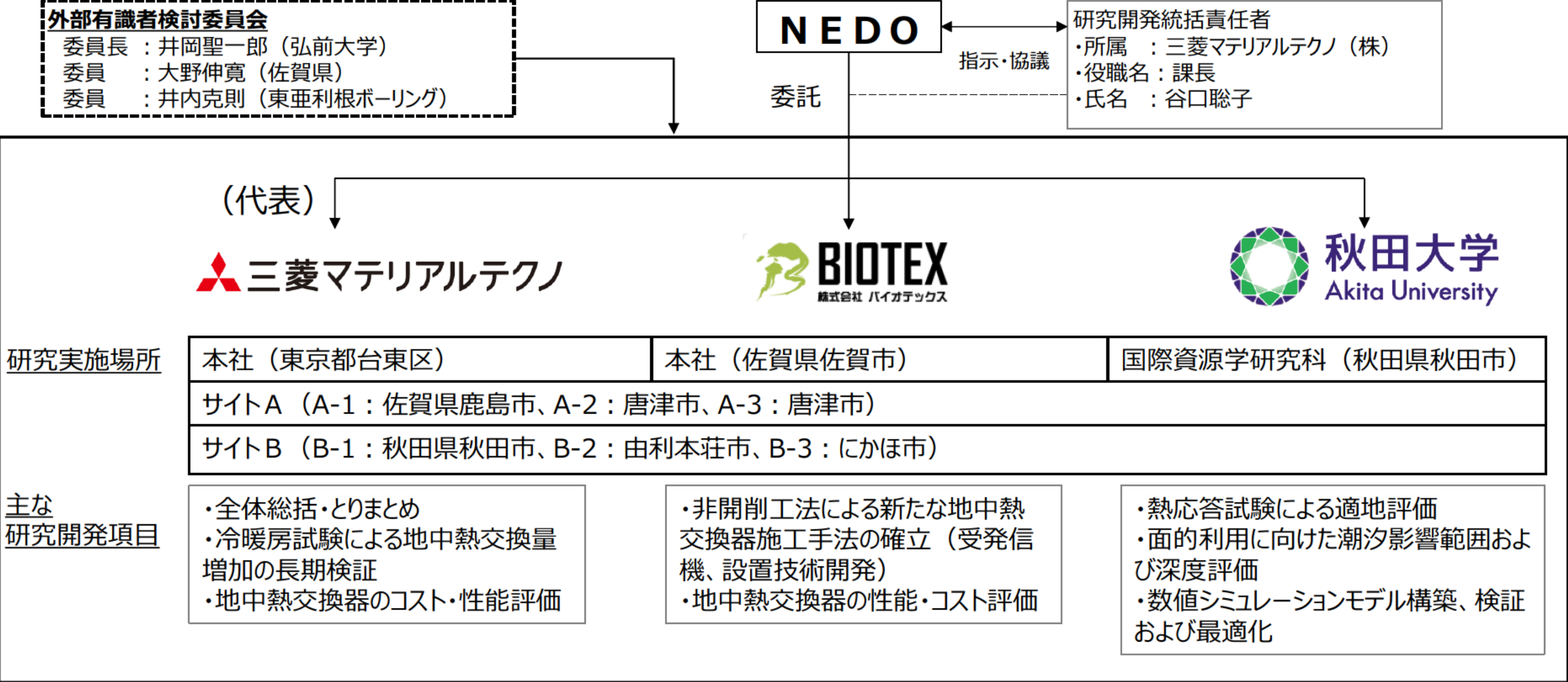
開発目標および今年度の取組状況

開発項目	2026年度 (中間)	2028年度 (最終)	2025年度の取り組み
①HDD工法による新たな地中熱交換器設置方式の開発	HDD-GHEの設置深度に最短距離で到達する <u>受発信器の設計、試作品を完成</u> する。	・HDD-GHEの導入コストを従来方式(ボアホール方式)に比べ、 <u>50%以上削減</u> する。 ・受発信機の開発を含む非開削による新たなHDD-GHEの設置技術は <u>実用化レベルで完成</u> する。	・受発信機の試作に向け、要件定義、仕様書を整理。現受発信機の性能限界試験を実施。
②潮汐変化活用型地中熱利用システムの性能評価	1つのサイトで熱応答試験データから従来方式に比して <u>地中熱交換量の増加を示す</u> 。	1つのサイトで熱応答試験データおよび冷暖房運転データによる実証により潮汐変化活用型が従来方式に比して <u>2倍以上の熱交換量</u> となることを示す	サイトAにて ・4パターンのHDD-GHEを設置。 ・地下水位等を把握。 ・熱応答試験により、性能評価。
③潮汐変化活用型地中熱数値シミュレーションモデルの開発	1つのサイトの試験データを基に、 <u>数値シミュレーションモデルの構築及び検証</u> を行う。	1つのサイトで試験データによる <u>モデルの精緻化</u> および構築・検証した数値モデルを実際に設置し、 <u>冷暖房運転の最適化を実現</u> する	・サイトAの簡易熱応答試験、地下水位データを用いてヒストリーマッチングを実施。 ・沿岸部特有の水位変動や温度変化を良好に再現。

※実証フィールド・・・各サイトの候補地3ヶ所から1か所を選定

2024～2026年度：サイトA 佐賀県（温暖地）、2026～2028年度：サイトB 秋田県（寒冷地）

実施体制



研究スケジュール

現在

→ : 実績・変更計画

事業項目		2024年度		2025年度				2026年度				2027年度				2028年度			
		3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①	HDD工法による新たな地中熱交換器設置方式の開発																		
1.1	海外先行技術および国内での確立に向けた課題調査		→					→											
1.2	新たな地中熱交換器設置方式の施工手法の設計・検討			施工手法検討／受発信機の設計・試作 → フィールド検証B															
1.3	従来方式との比較による性能・コスト評価							コスト評価								性能・コスト評価			
②	潮汐変化活用型地中熱利用システムの性能評価																		
2.1	熱応答試験による適性地層の評価		適正地層評価 (A-1~3)						適正地層評価 (B-1~3)										
2.2	適性地層での潮汐変化の影響範囲および深度評価			潮汐変化および熱影響評価A					性能評価B										
2.3	適性地層に設置した地中熱源による冷暖房試験およびデータ解析・性能評価			HDD-GHE・TRT実施 設置					冷暖房試験・データ解析・評価A 冷暖房試験 サイトA				冷暖房試験・データ解析・評価B						
③	潮汐変化活用型地中熱数値シミュレーションモデルの開発																		
3.1	数値シミュレーションモデルの構築および検証			→															
3.2	ケーススタディによる最適化																		
3.3	数値モデルによる最適化運転のフィールド検証																		
④	外部有識者検討委員会の実施		●		△	●	△		△		△		△						△
⑤	学会等での研究開発成果の発信、情報収集および知的財産取得のための検討			適宜実施 →															

関連

実施内容（開発項目①）

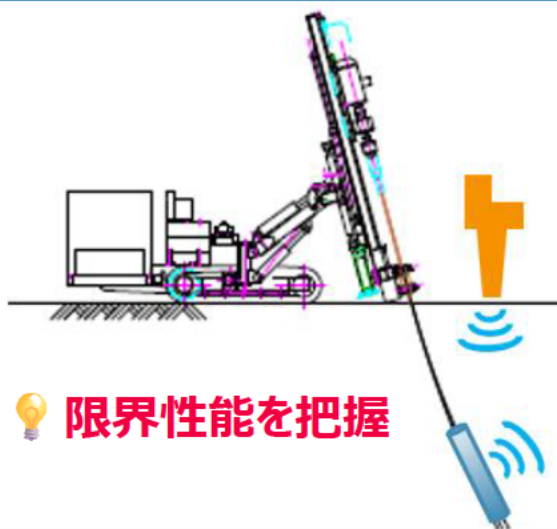
・高角度入射実現のためには、まずは限界入射角および対応深度（＝現機の通信可能範囲）の把握、および掘削機変更時の適合ツール選定が必要。

➡要件定義、仕様検討、および限界性能試験を実施。受発信機の試作は2026年度に完成。

FY 2025

現況受発信機の性能試験

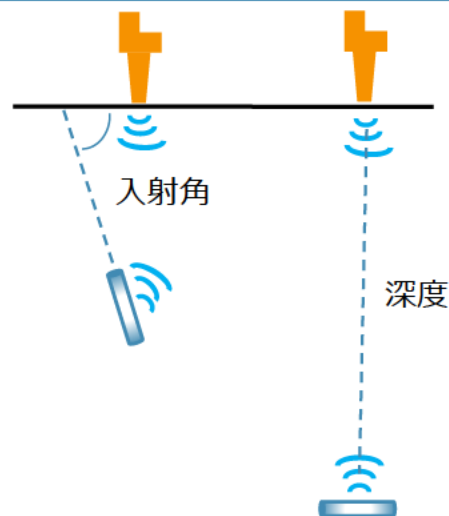
- ・受発信機の通信可能範囲の把握
- ・垂直型掘削機による誘導掘削技術の課題抽出



FY 2026

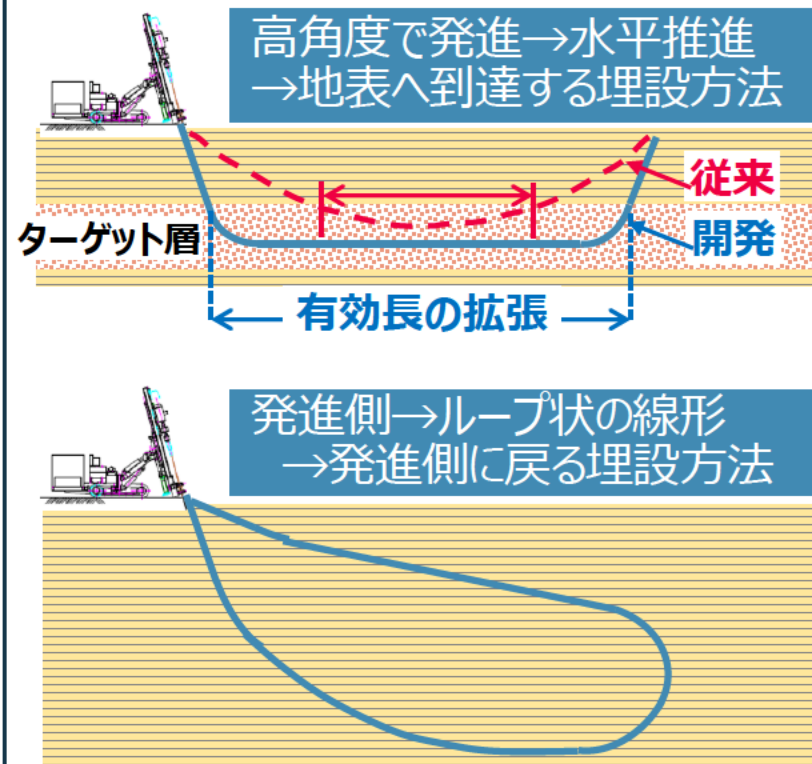
新たな受発信機の 設計・試作・テスト

目標入射角、目標深度まで受発信機が到達可能な受発信機の開発



FY 2027～2028

新たな設置方式のフィールド実証



実施概要（開発項目②）

サイトA（佐賀県）

FY 2024

2.1 ボーリング・簡易熱応答試験

・適地評価の選定
A-1～3の3か所で実施

→潮汐変化の影響が見られるA-3を選定。

FY 2025

2.2 HDD工法によるHDD-GHE設置工事

・4パターン（深度【10m・15m】
×場所【海側S・山側M】）を設置。
・ダブルUチューブ方式 25A×100m

→最大深度15mまで掘削およびGHEの設置を実現。

2.3 熱応答試験

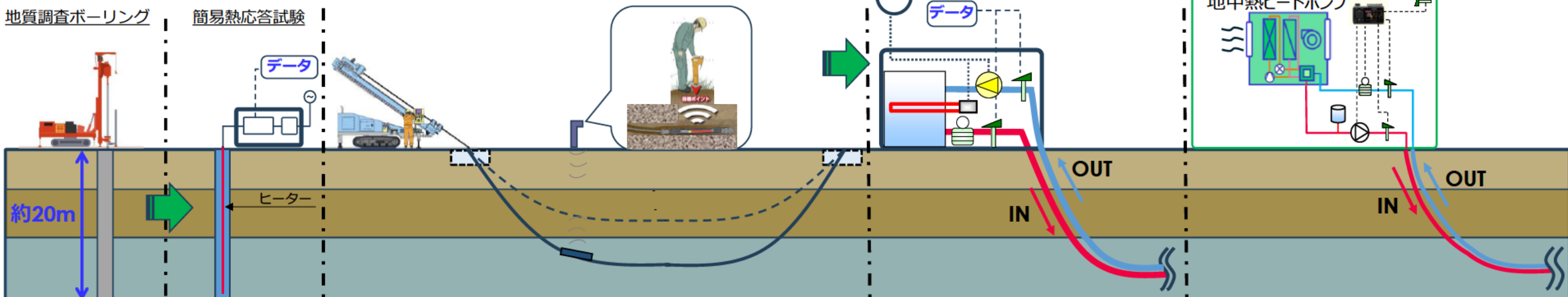
・短期連続加熱試験
・長期連続加熱試験
により各パターン評価

→長期試験で高い見かけ熱伝導率取得。

FY 2026

2.4 冷暖房運転の評価

・パターンを選定し、1年間の冷暖房運転を実施



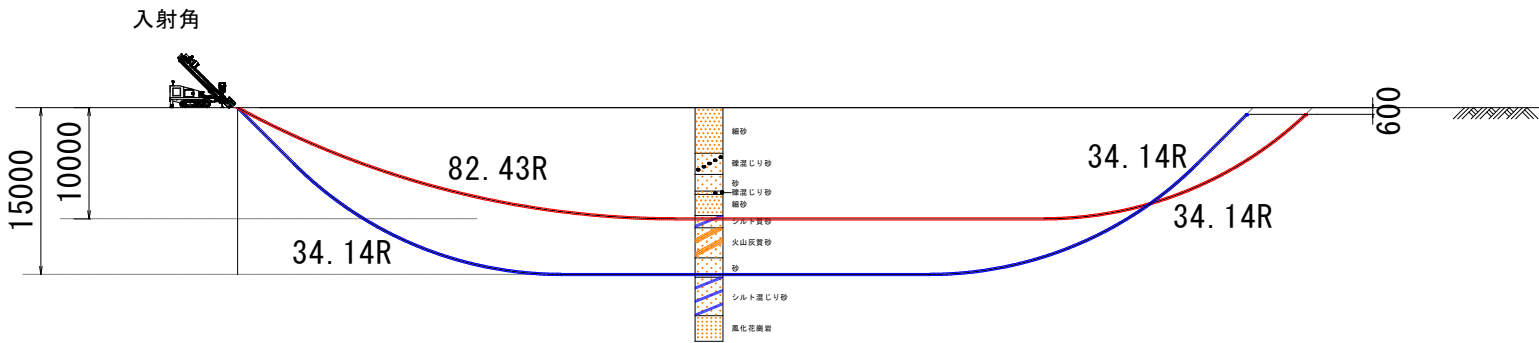
実施内容（開発項目②）

潮汐変化を活用可能な深度15mを対象にHDD-GHEを設置。比較対象深度10mと併せて計4パターンを設置

- 掘削長（総延長）=100m, 水平部延長を統一
- GHEはダブルUチューブ方式（25A）

➡HDD工法の掘削適用深度を超える、最大深度15mまでの掘削およびGHEの設置を着実に実施。

HDD-GHE設置断面図



	入 射 角	曲げ半径	水平部延長	総 延 長
GL-10m	28°	82.43R	33,020	100,000
GL-15m	45°	34.14R	33,020	100,000

①機械据付



②掘削状況



③ロケーティング



④GHE引込み



⑤GHE引込み完了



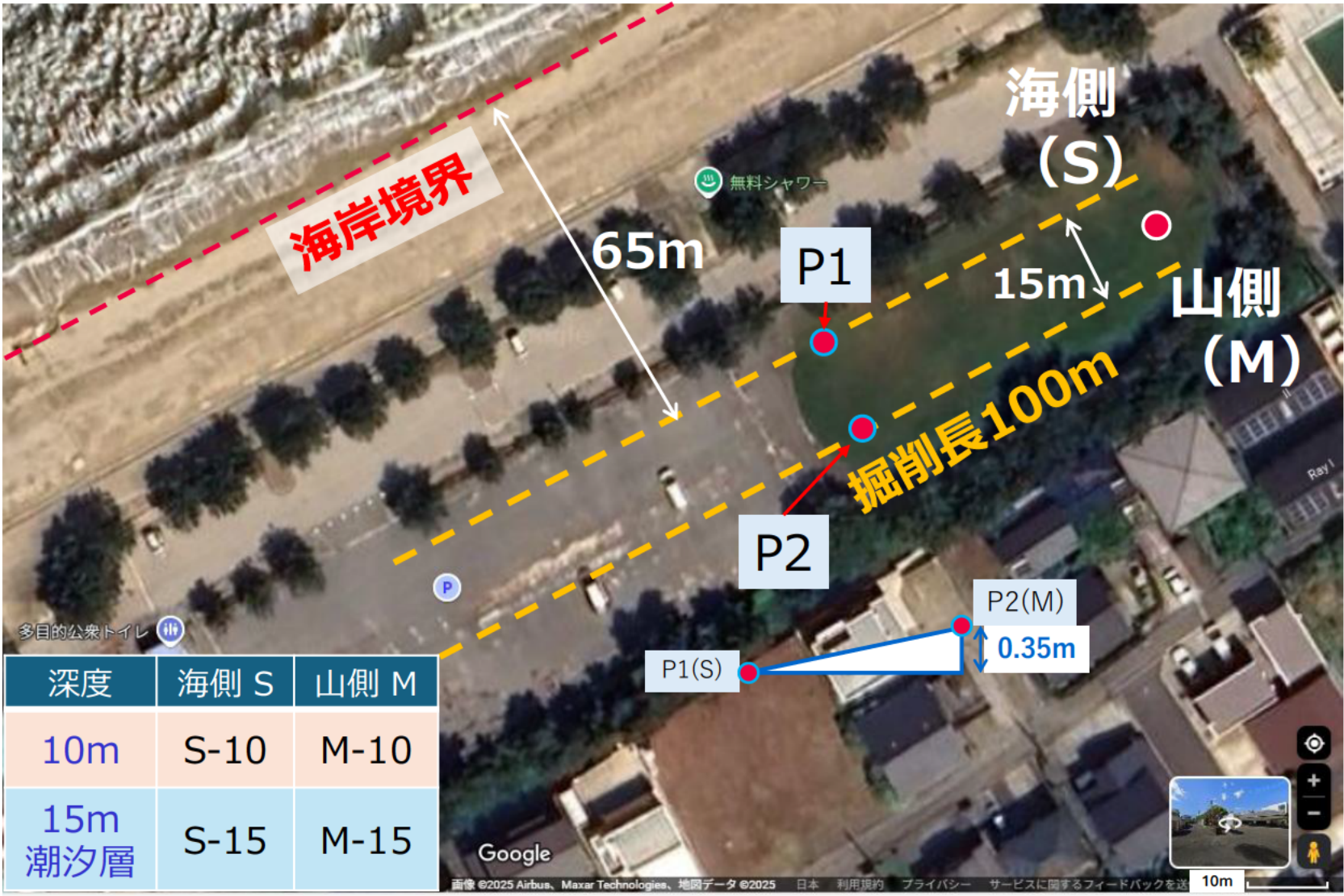
⑥水圧試験



実施内容（開発項目②）

サイトA実証フィールド設定

- ✓ 海岸境界から65m・80m離れた位置にHDD-GHEを設置
- ✓ 掘削全長 = 100m
- ✓ GHE設置位置に観測井P1・P2を設置
- ✓ P1・P2の標高差 0.35m



(出典：Google Maps（地図データ：© Google）を基に作成)

サイトA実証フィールド平面図

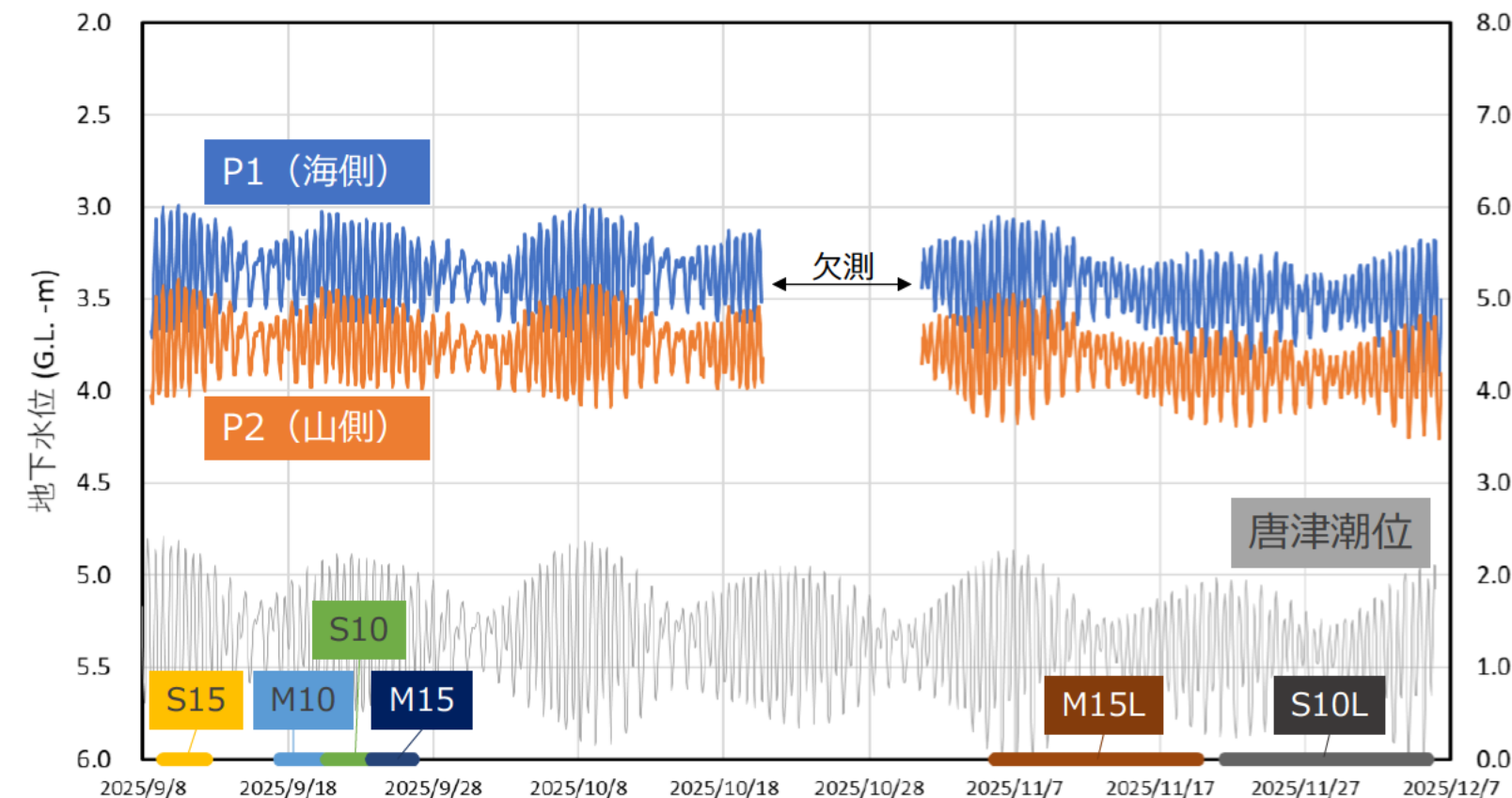
実施内容（開発項目②）

サイトA 地下水位（P1,P2）と潮汐変化の推移

→地下水位と潮汐変化が連動していることを確認。

観測井P1、P2内の海水濃度測定結果

→観測井内への海水の流入・浸透を確認



P1・P2 実測値

3.0% (= 0.3%)



海水濃度計：
アタゴ, PR-100SA

参考：実測値

海水 **30.0% (= 3.0%)**

水道水 **0.0% (= 0.0%)**

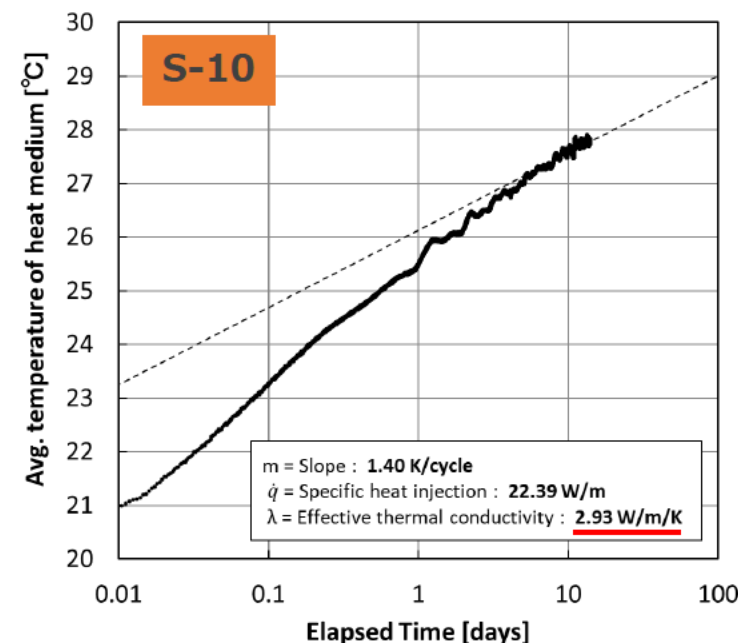
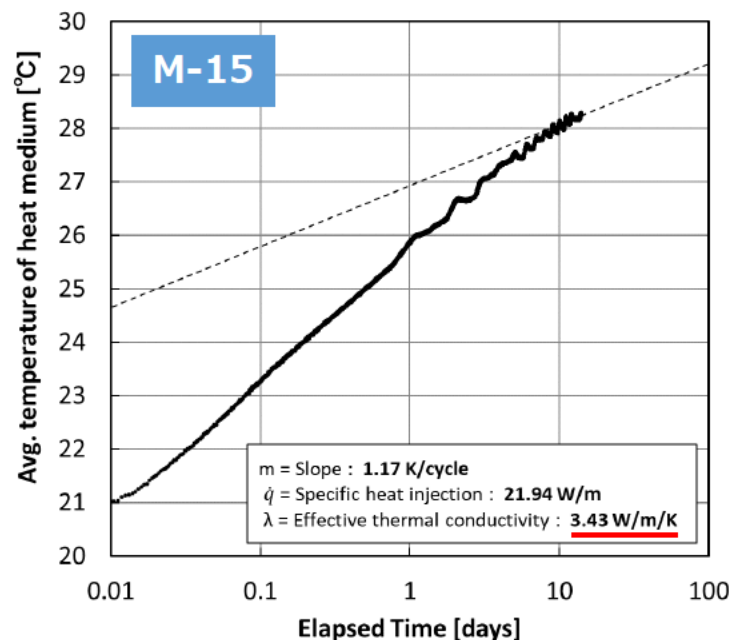
実施内容（開発項目②）

HDD-GHEの長期TRT解析結果

TRT条件

熱負荷：2kW，循環流量：20L/min
加熱期間：2週間

	S-10	M-15
見かけ熱伝導率 (W/m/K)	<u>2.93</u>	<u>3.43</u>
熱抵抗 ((mK)/W)	0.20	0.25



飽和状態の有効熱伝導率：砂 = 1.53W/m/K

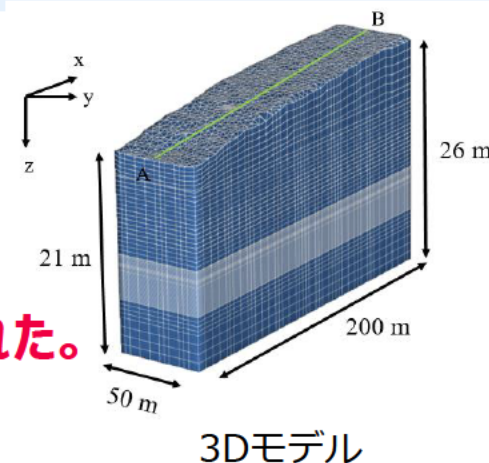
「地中熱ヒートポンプシステム、北大著、オーム社、2007」

➡見かけ熱伝導率は、深度10m < 深度15m（簡易TRTで潮汐の影響あり）であり、飽和状態の砂層の熱伝導率よりも高い傾向が見られた。

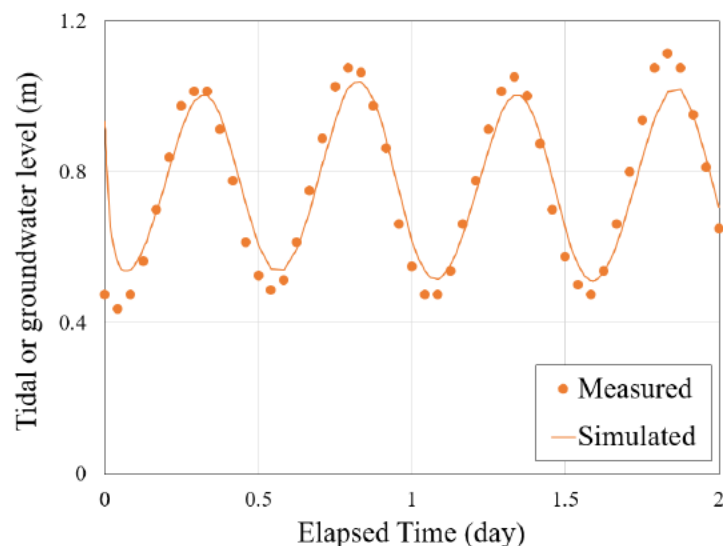
実施内容（開発項目③）

簡易TRT・地下水位観測データを用いて数値シミュレーションモデルを構築

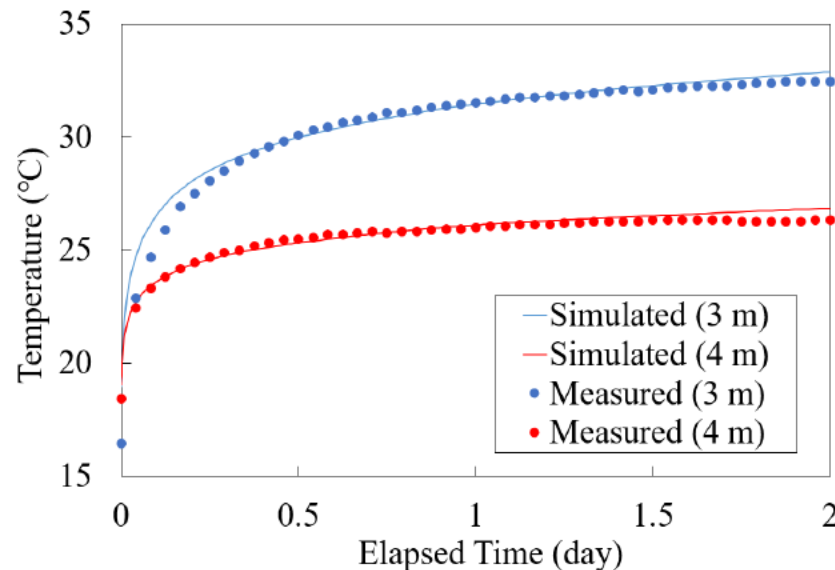
- 構築した数値モデルは水位変動および各深度での温度変化を良好に再現。
- 潮汐の影響は速やかに内陸側へ伝わることを確認，振幅は内陸に向かうにつれて減衰した。
- サイトAの浅部地盤では，潮汐の影響によりみかけ熱伝導率が高くなる区間の存在が示された。



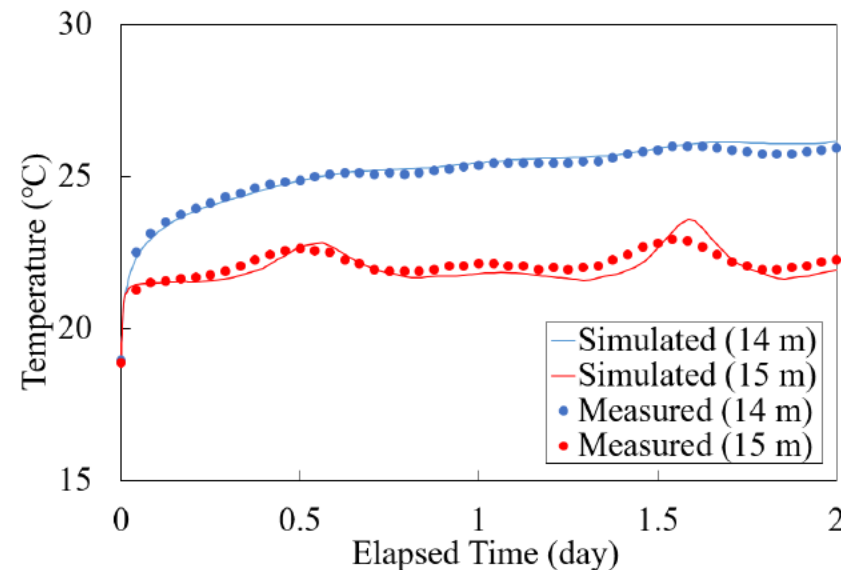
ヒストリーマッチング結果（一例）



地下水位（P2）



不飽和層（3m,4m）におけるTRT温度



潮汐層（14m,15m）
におけるTRT温度

今後は各パターンのTRT結果を基に、HDD-GHEの数値シミュレーションモデル最適化を目指す。

以上