

高温ATESシステムの安定的利用に資する適地評価とモニタリング手法 および低価格システム設計の技術開発

団体名：公立大学法人大阪、国立大学法人信州大学

1 研究の概要

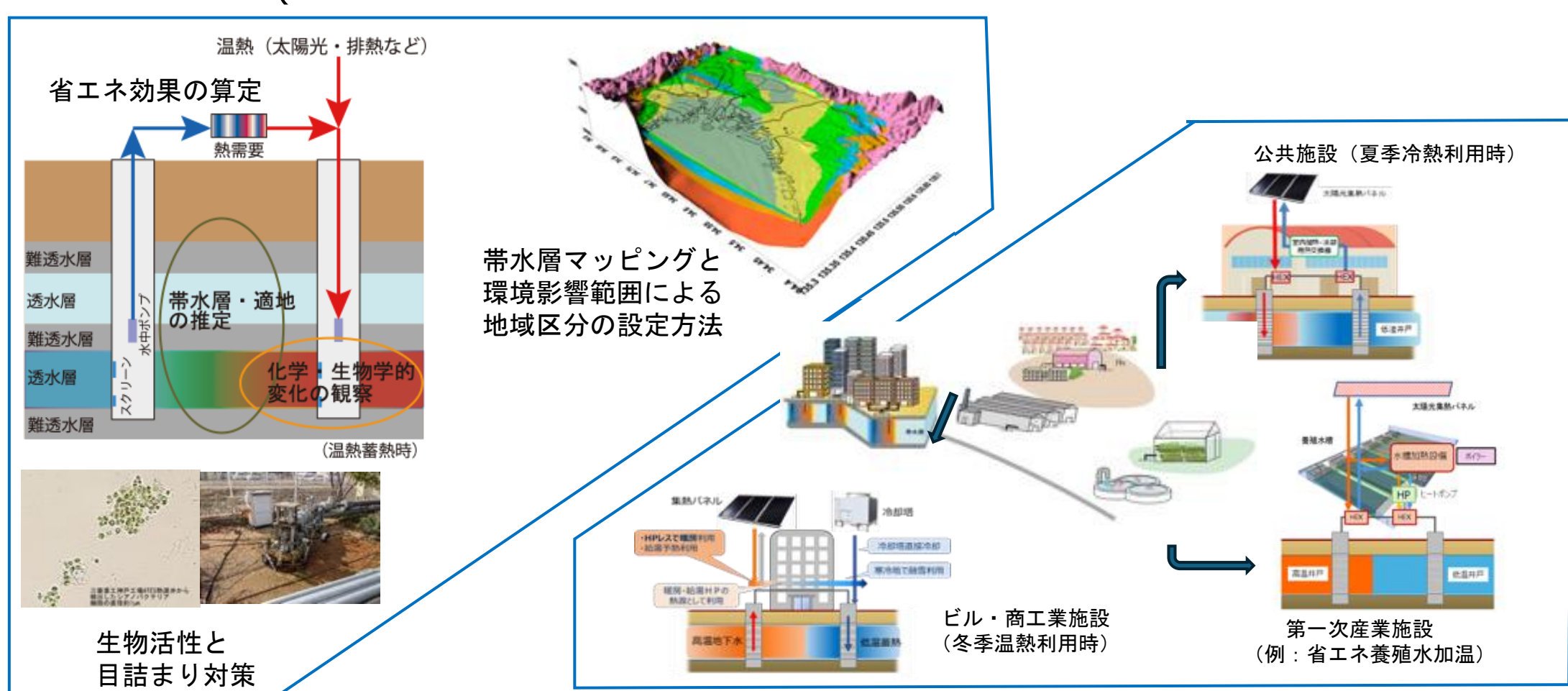
FY2024～2026：高温ATES導入のためのガイドライン作成

- 1 試験井戸・地下水加熱設備を用いた加温実験と水質・生物叢分析
- 2 適地選定のための大阪平野地質情報データベース・帯水層分布の3次元マッピング作成
- 3 低価格・運用の容易な高温ATESの設計
- 4 高温ATESの面的利用による導入効果算定
- 5 高温ATES導入ガイドライン作成

FY2027～2028：高温ATESの展開と面的利用の検討

- 1 本学体育館での高温ATES実証実験（避難所施設）
- 2 社会実装のために普及活動
- 3 陸上養殖・野菜工場などの一次産業施設への導入検討
- 4 都市域における面的利用時のアドバンテージ評価

(FY2024～2026)



(FY2027～2028)

2 研究背景

ATES (Aquifer Thermal Storage：帯水層蓄熱)
特にオランダで先行普及（3000例以上）



【国内】

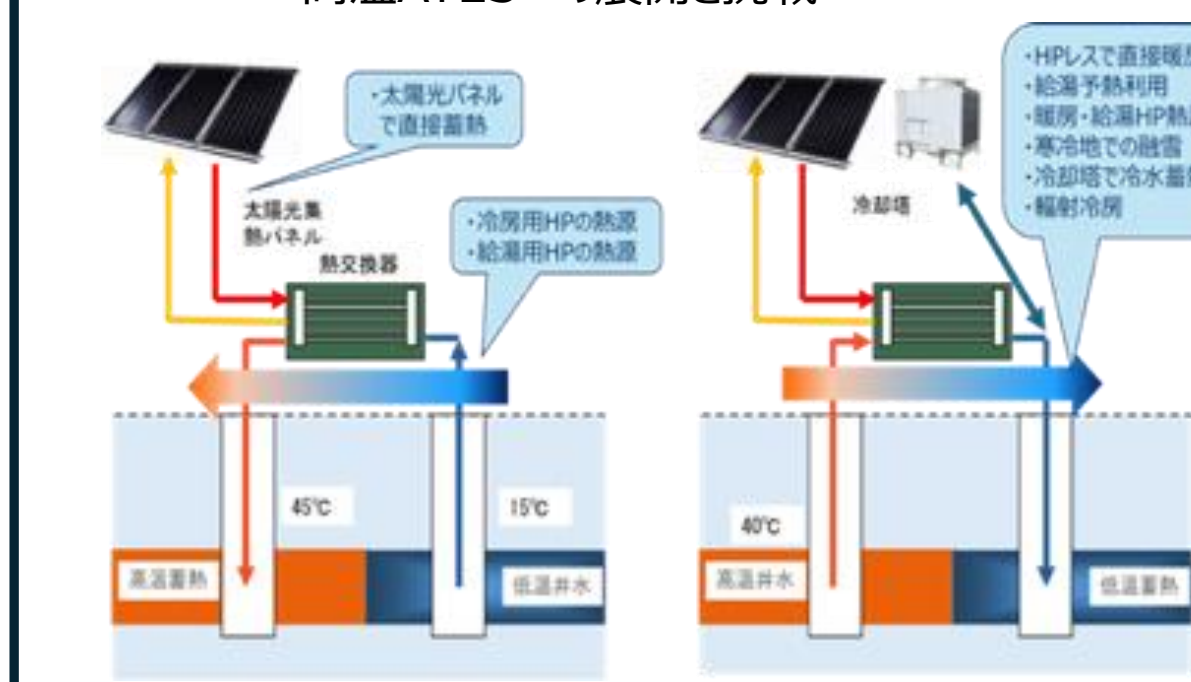
井戸性能・地盤沈下影響を評価

→実用性を検証済

→採用例は増加中

- ・大阪うめきたⅡ期再開発地区（2カ所）
- ・大阪万博会場・アミティ舞洲（障害者スポーツセンター）
- ・三菱重工 神戸造船所（2カ所）
- ・三菱重工 高砂工場（実証実験場所）

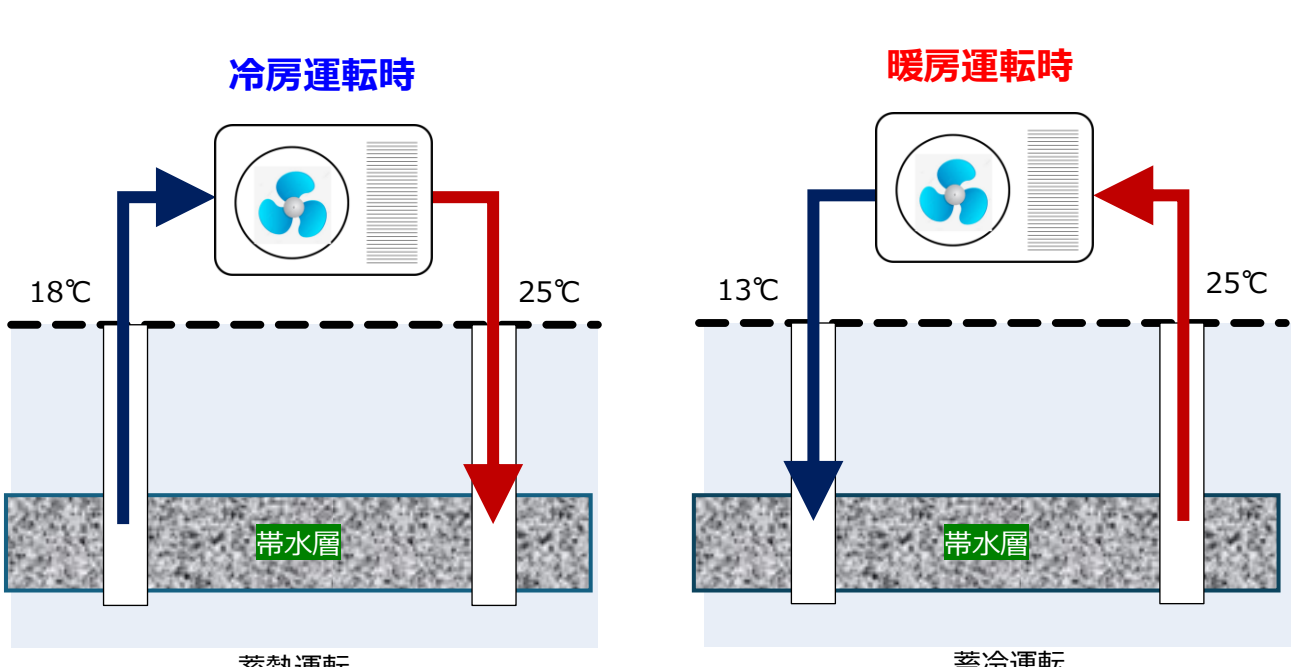
高温ATESへの展開と挑戦



- 蓄熱ポテンシャルが非常に大
- 蓄熱・蓄冷により、エネルギー循環が可能
- 冷暖房の切り替えが可能
- 再生余剰電力の熱転換が可能（蓄電池と同効果）

- 帯水層での移流速度に依存
- 地下環境への影響が不確定
- 設置費用が（他設備と比べると）高額
- 井戸管理・運営に専門的な知識が必要

水質を知る：水が原因の問題に対する予防と対策措置が講じることが可能



高温ATESの特徴

- ・太陽熱パネル、冷却塔、高温ATESによる構成
- ・再エネ熱利用による一次エネルギー使用量の大幅削減
- ・暖房に直接利用可能な**熱源機レスの空調システム**
- ・低温再生デシカントによる潜熱・顕熱分離空調
- ・カスケード熱利用による帯水層の場・還水温度差の拡大
- ・蓄熱量増大による面的利用時の高効率運用

- 高温ATES実現のための課題
- ・地下環境影響評価法と水質管理手法の確立
- ・適地選定手法の確立
- ・設置・運用の低コスト化

3 2024年度の実施内容

3-1 試験井戸の構築

- 井戸掘削工事の概要

- ・大阪公立大学構内でのソニック掘削手法*（-58m）
- ・内径（150mm）の井戸内管設置
- ・内管外筒部に20組の熱電対設置
→ 加温実験中の孔内温度の変化を詳細観察

- ・ビット先端に回転と振動を与えて掘削する工法



ソニック掘削機

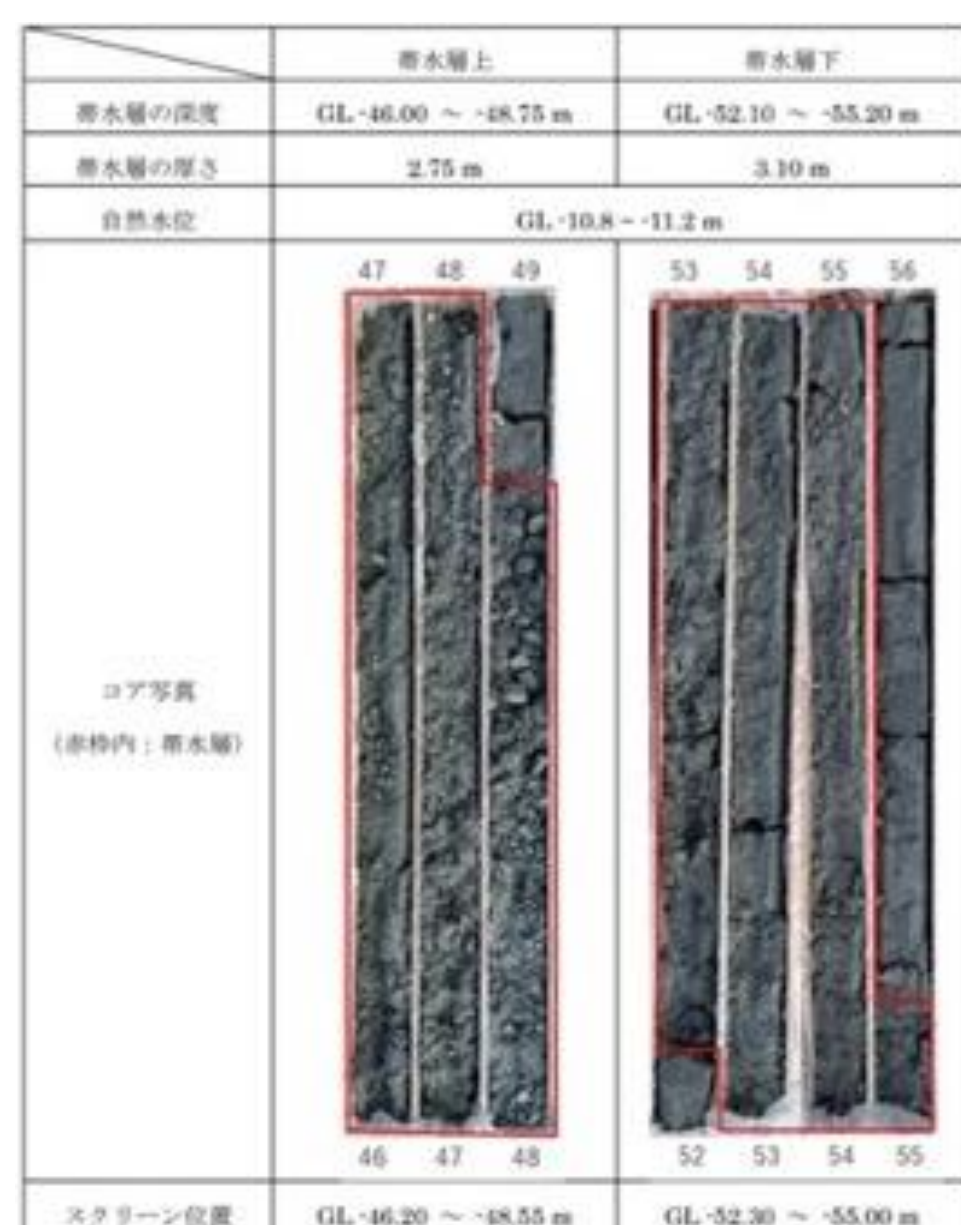


内管挿入時の熱電対設置作業

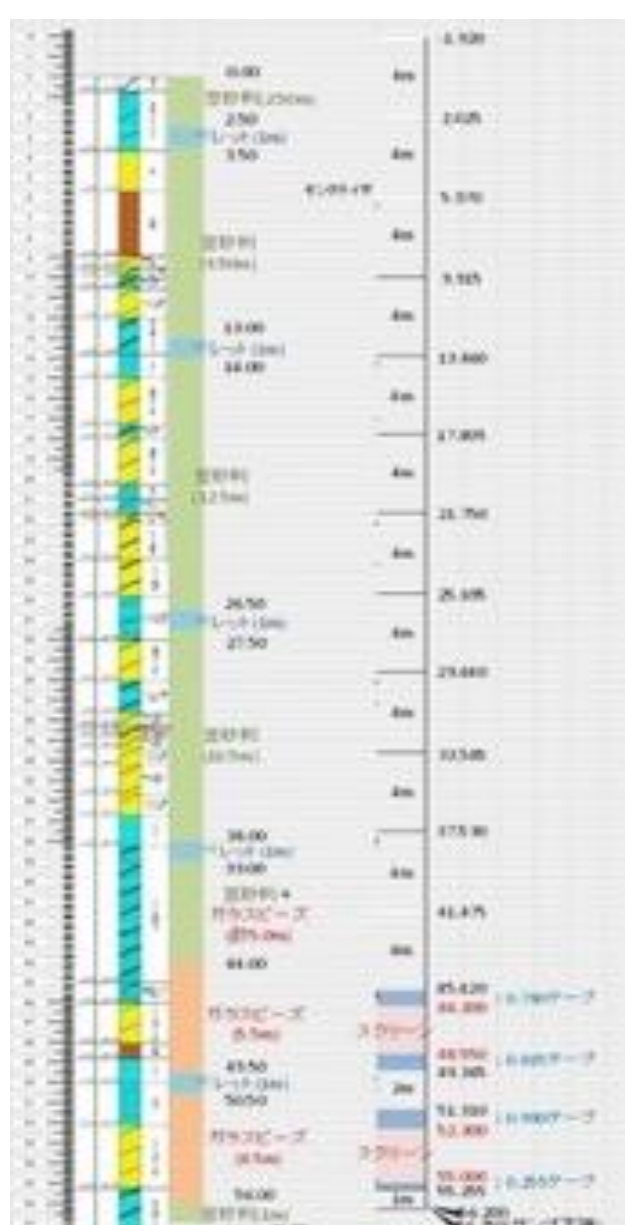
- コアサンプルの採取と柱状図作成

掘削コアの観察によるスレーナー位置の決定

- ①-46.2～-48.5m ②-52.3～-55.0mの2層にスクリーン設置



赤枠部分：帯水層となる砂礫層・砂層



地質柱状図

3-2 加温装置の構築

- 設置工事の概要



加温装置全景



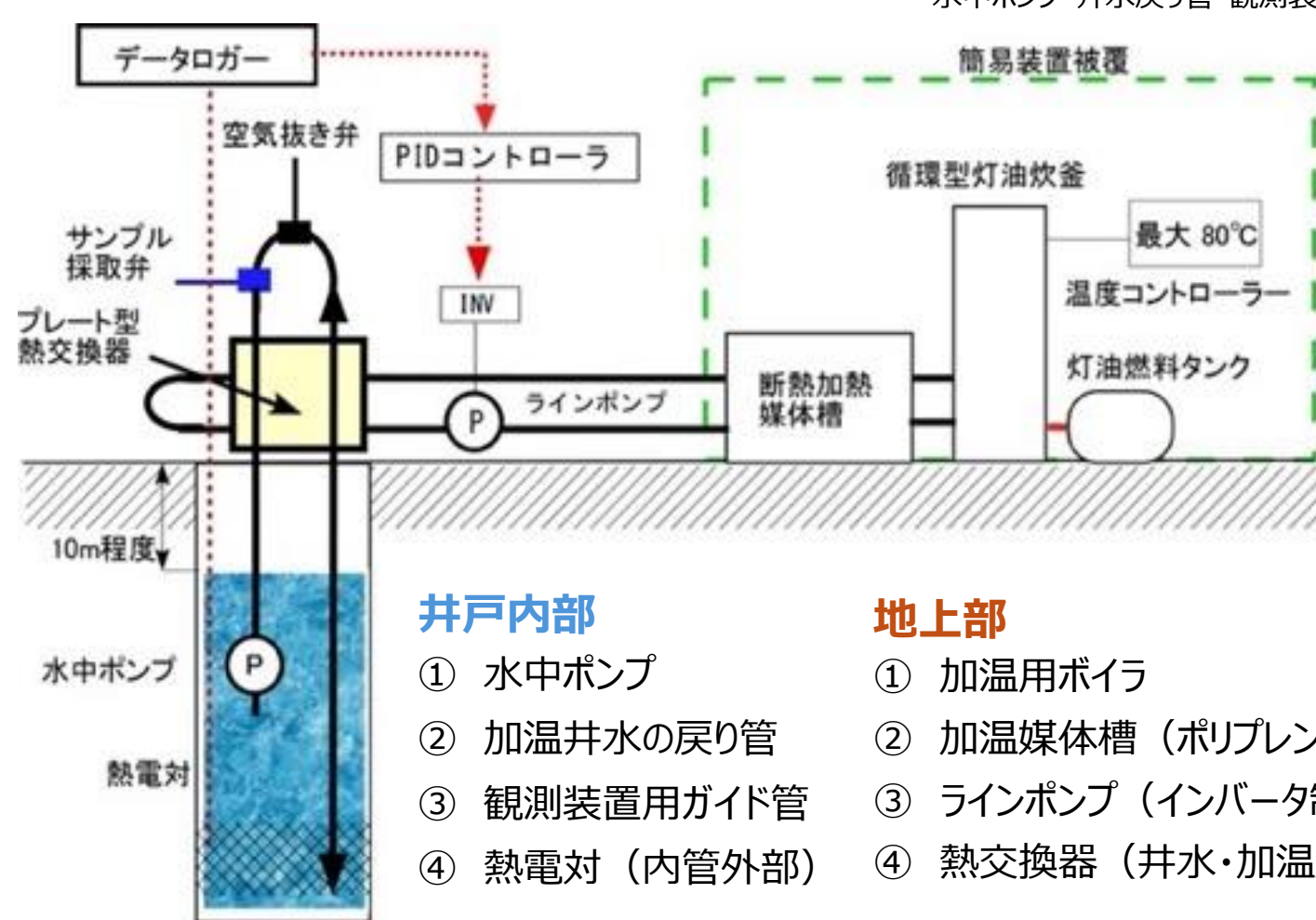
井戸管・加温装置接続部

計測・制御部

- ① 温度調節用PID制御装置
- ② 熱電対・各種計測器用データロガー
- ③ 水位計・流速計・pH/ORP計・粒子カウンター
などの設置



井戸管内の配管類
水中ポンプ・井水戻り管・観測装置用ガイド管



- 井戸内部
- ① 水中ポンプ
- ② 加温井水の戻り管
- ③ 観測装置用ガイド管
- ④ 熱電対（内管外部）
- 地上部
- ① 加温用ボイラ
- ② 加温媒体槽（ポリプレングリコール）
- ③ ラインポンプ（インバータ制御）
- ④ 熱交換器（井水・加温媒体）

- ・井戸設置完了後に加熱装置を設置
- ・最大80℃程度まで加温可能
- ・PID制御による井戸内最深部の温度制御（加熱媒体の流量調整）

3-3 水質・生物活性分析

- 溶存化学成分の測定

帯水層・地下環境影響評価のために実施

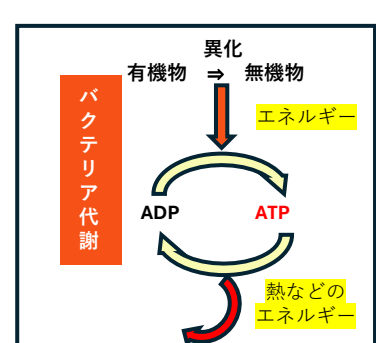


イオンクロマトグラフィーの新規導入



現場での採水作業

- 生物活性・微生物叢解析の準備



- ・ATP（アデニン3リン酸）分析手法の確認
- ・環境DNAを用いた微生物叢解析準備
- ・目詰りの要因となる種と病原性種の検出

- 地下水水質・生物活性の予察的分析結果

- 井戸洗浄直後に地下水を採取、水質分析とATP分析を実施
- ・アルカリ度が約3meq/Lを占める淡水
- ・陽イオン組成はNa-Ca-Mg優勢
- ・イオンクロマトグラフィーと既存の設備（ICP-OES）との分析結果比較
→ 相対誤差2%以内
- ・総ATP濃度は 6×10^{-11} 程度
→ 大阪層群中の地下水としては一般的な値と判断
- ・環境DNAのための採水法の確認

現在、定温加熱を行い定期採水を実施

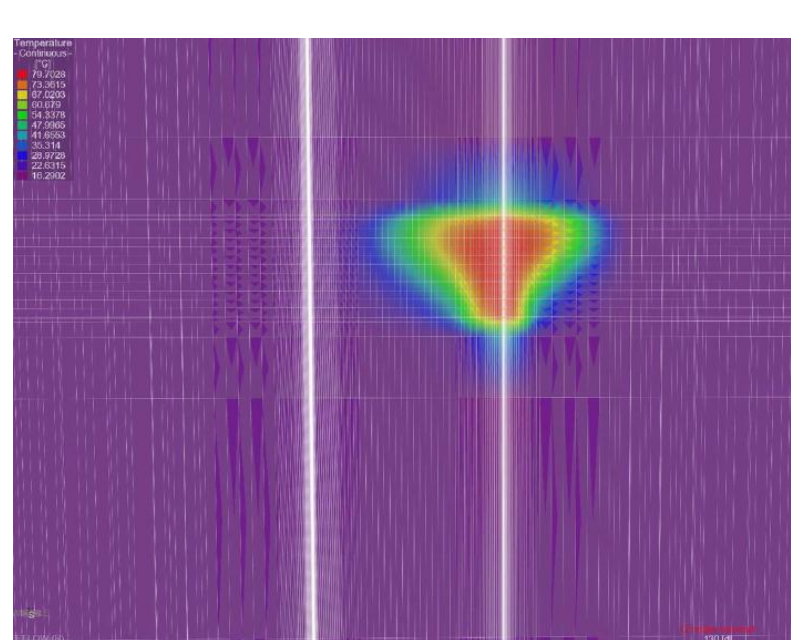
3-5 高温ATESの蓄放熱特性モデル化および面的利用システムシミュレーション

目的

- ・高温帯水層での温度分布の不均質性・蓄熱効率の明確化
- ・太陽熱エネルギーを活用した面的利用時のエネルギー・経済・環境側面からの評価

- 高温蓄熱の蓄放熱特性シミュレーション

流体解析アプリケーション（FEFLOW）の導入



高温化に伴う浮力の影響評価

井戸間距離：100m 帯水層厚さ：10m
初期地下水温度：18℃ 環水温度：80℃
透水係数： 1.73×10^{-3} (m/s) 注入後120日

- ・高温ATESのモデル同定
→ 揚水温度応答による各種パラメータの同定
- ・高温ATESの揚水温度推定法
→ 無次元化平均揚水温度と無次元化井戸間距離の回帰モデルの改良
- ・地下水流速の影響解析
→ 地下水流速を考慮したケーススタディ

帯水層厚さ・井戸間隔・揚水体積・地下水温度
地中温度・加熱温度・透水係数などのパラメータ
→ シミュレーション解析

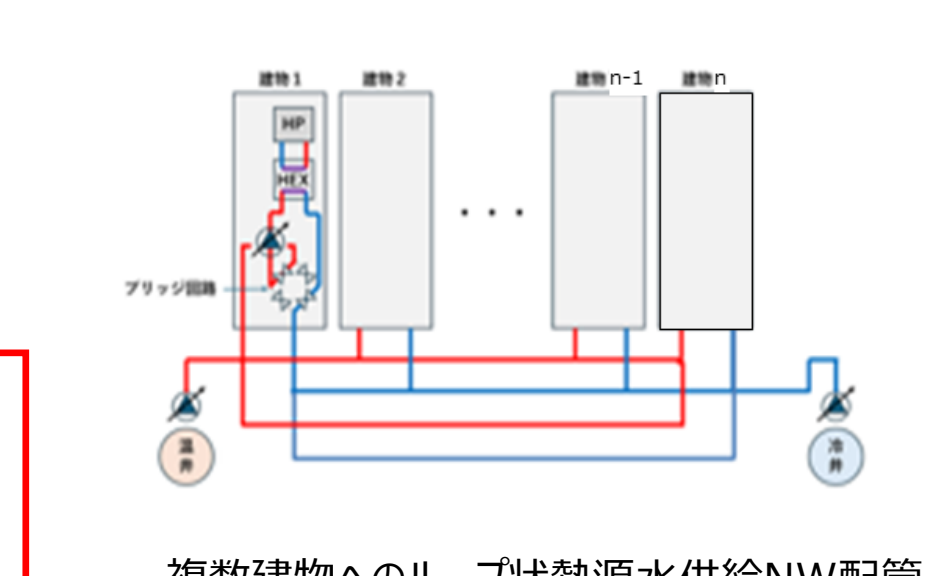
- 高温ATES空調設備連係システムシミュレーション

太陽熱パネルを組み込んだ高温ATESのシミュレーションを次の3条件で実施

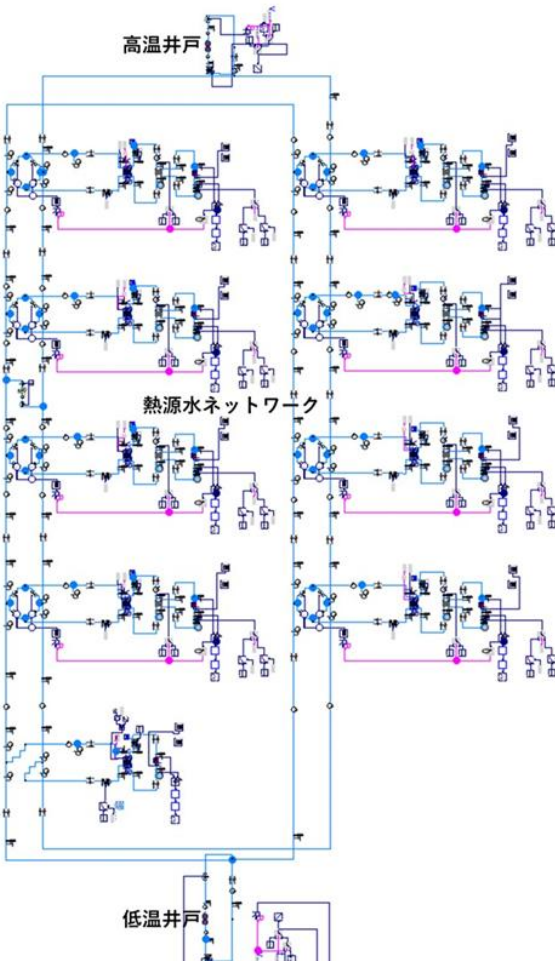
- 1) 太陽熱パネル組み込み高温ATESモデルのシミュレーション
- 2) 実証試験設備（体育館）を想定したシステムシミュレーション
- 3) 陸上養殖施設のシステムシミュレーション

- 面的利用システムシミュレーション

- ・複数建物に高温ATESからの熱源水を供給するネットワークシステムを想定
- ・Dymolaによるモデル化およびシミュレーション
- ・導入時の環境性および経済性を評価



複数建物へのループ状熱源水供給NW配管

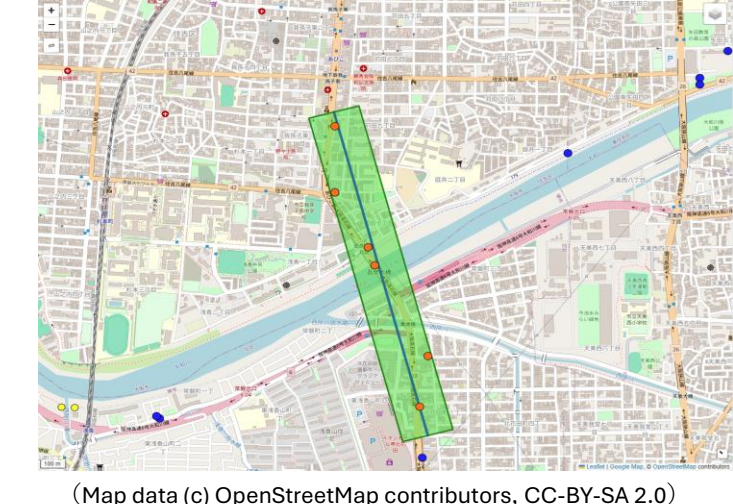


ループ構成例（Dymola）

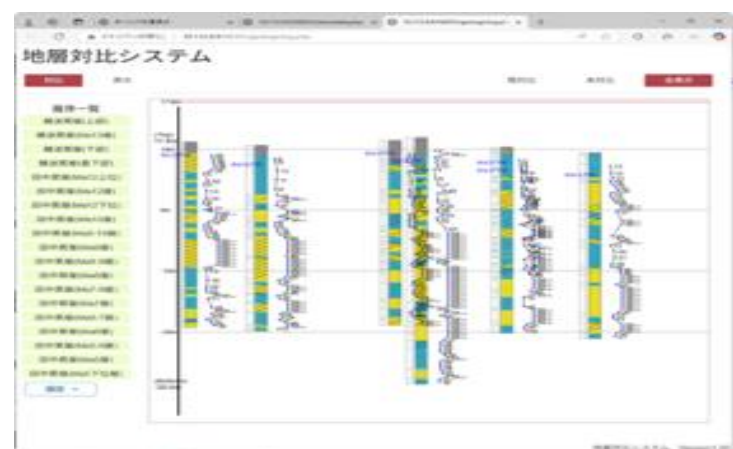
3-4 帯水層分布マップ作成

- 地質情報の取得と整理

測線の設定



断面表示

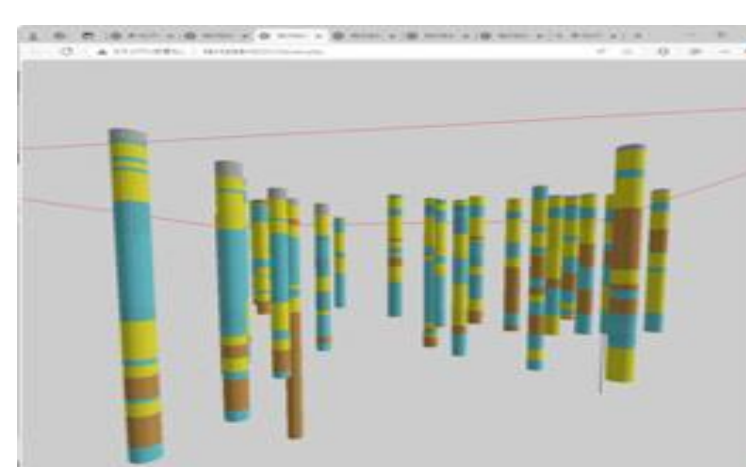


データベース活用例

表示するボーリングデータの選択



3次元表示

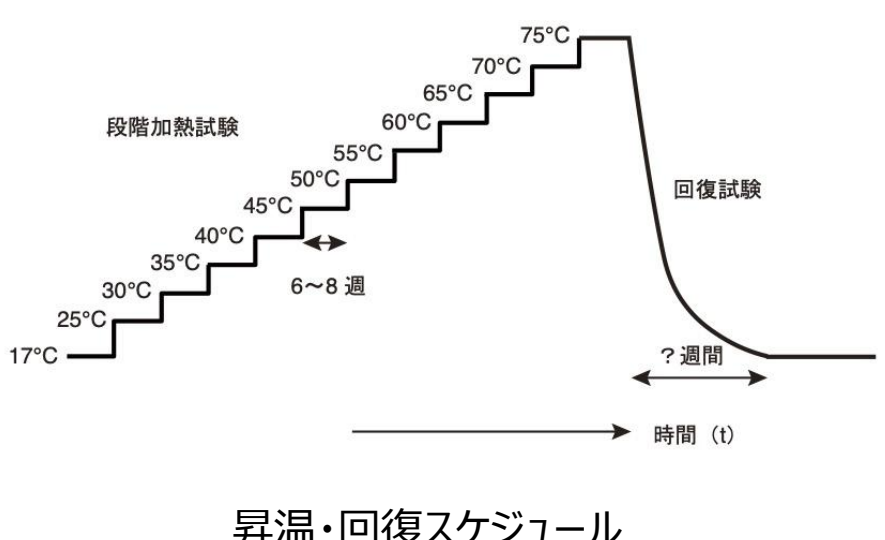


- ・国土地盤情報・関西圏地盤情報DB取得
- ・ボーリング交換用データ（XML形式）で整備
- ・PostgreSQLおよびPostGISを用いたボーリング交換用データの管理・処理
- PostgreSQL：フリーオープンソースのデータベース管理システム
- PostGIS：地理空間情報を扱うためのPostgreSQLの拡張モジュール

- 主な取得情報
- ・経度緯度情報
- ・ボーリング基本情報（孔口標高、総掘進長など）
- ・土質岩種区分（下端深度、土質岩種名・コード）
- ・標準貫入試験（開始深度、打撃回数）
- ・孔内水位

4 2025年度の実施計画と課題

- 1) 試験井戸を用いた昇温実験および分析
 - ・昇温スケジュールによる水質・微生物叢変化の観察・分析
 - ・井戸内部での温度分布の計測
- 2) 化学的・生物学的評価手法の開発
 - ・水質・微生物叢の温度への応答を解析
 - ・帯水層内での化学的・生物学的変化の予測評価
- 3) 帯水層の3次元マッピング作成
 - ・データソースの拡充
 - ・ボーリング交換用データの整備・管理・処理
 - ・マッピング手法の検討
- 4) シミュレーションによる高温ATESのアドバンテージ創出
 - ・パラメータスタディによる高温ATES内の熱流束算定
 - ・実証事業を対象とするシステムシミュレーションの実施



昇温・回復スケジュール

試験井戸加熱試験の実施概要

- ・5℃刻みで75℃まで昇温予定
- ・昇温に対する水質・微生物叢の応答
- ・井戸・帯水層内での熱分布変化

5 実用化・事業化の見通し

社会実装のために、高温ATESの普及活動を進めている。具体的には以下のような活動を行っている。

- 1) メディアなどへの情報発信
 - ・地中熱利用に関する積極的情報発信
 - ・万博会場でのATES展示（9月）
- 2) 地中熱利用の宣伝活動と研究提案
 - ・研究計画の後半に計画していた活動を前倒して開始
 - ・地中熱利用に関心を持つ団体（地方公共団体・企業など）との積極的交流および情報交換
 - ・井戸掘削時には見学会を実施、現場で意見交換を実施
- 3) 関連企業との協同打診
 - ・太陽光集熱/パネル業界
 - ・ゼネコン・サブコン・設計会社など
 - ・井戸掘削・地盤調査企業
- 4) ATES構成技術を活用したスタートアップ企業の設立検討
 - ・ゼネコン・サブコン・設計会社、井戸掘削・地質調査会社