

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo. B1-2-04

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/

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

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

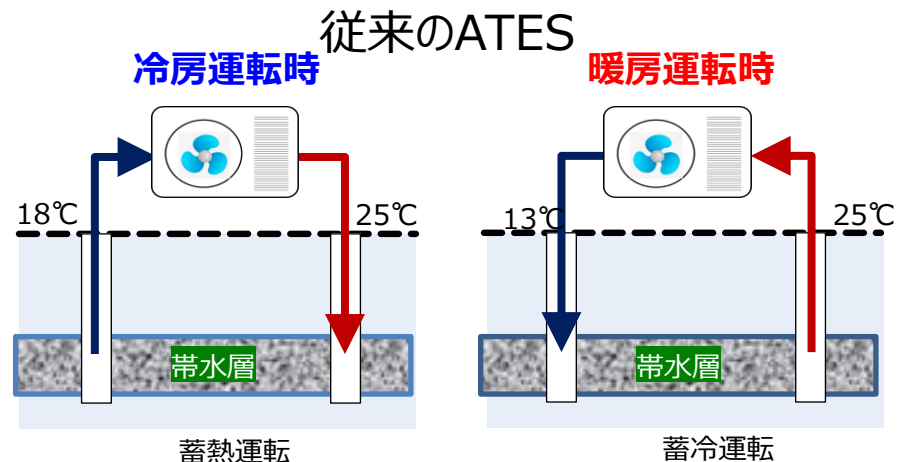
発表者名 益田晴恵

団体名 (大) 大阪 大阪公立大学、(国) 信州大学

問い合わせ先 大阪公立大学 E-mail: harue@omu.ac.jp TEL: 06-6605-3673

背景: ATEs* から高温ATEsへ

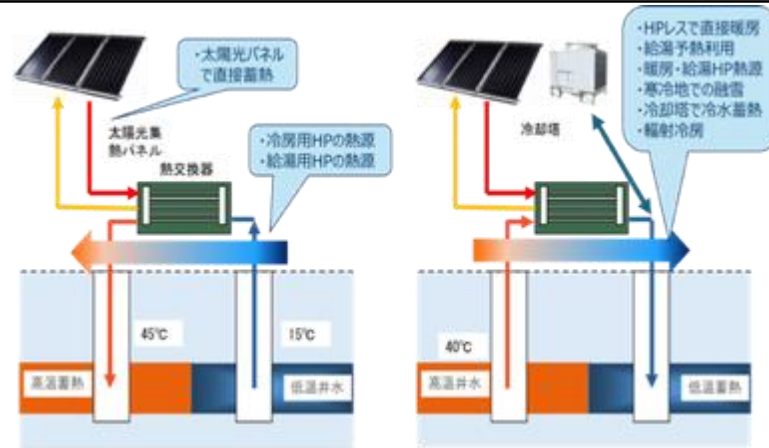
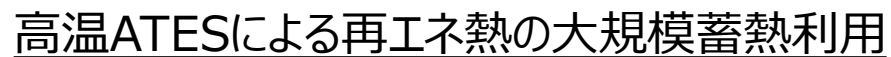
(* :Aquifer Thermal Storage System
帶水層蓄熱)



- 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）

課題

- ・ 地下環境影響評価法の確立
- ・ 適地選定の手法確立
- ・ 設置・運用の低コスト化



- ・ 太陽熱パネル・冷却塔・高温ATESで構成
- ・ 再エネ熱利用で一次エネルギー使用量の大幅削減
- ・ 暖房で熱源機レスの空調システムが実現
- ・ 低温再生デシカントで潜熱・顕熱分離空調
- ・ カスケード熱利用で帯水層の揚・還水温度差が拡大
- ・ 蓄熱量増大で面的利用時の高効率運用

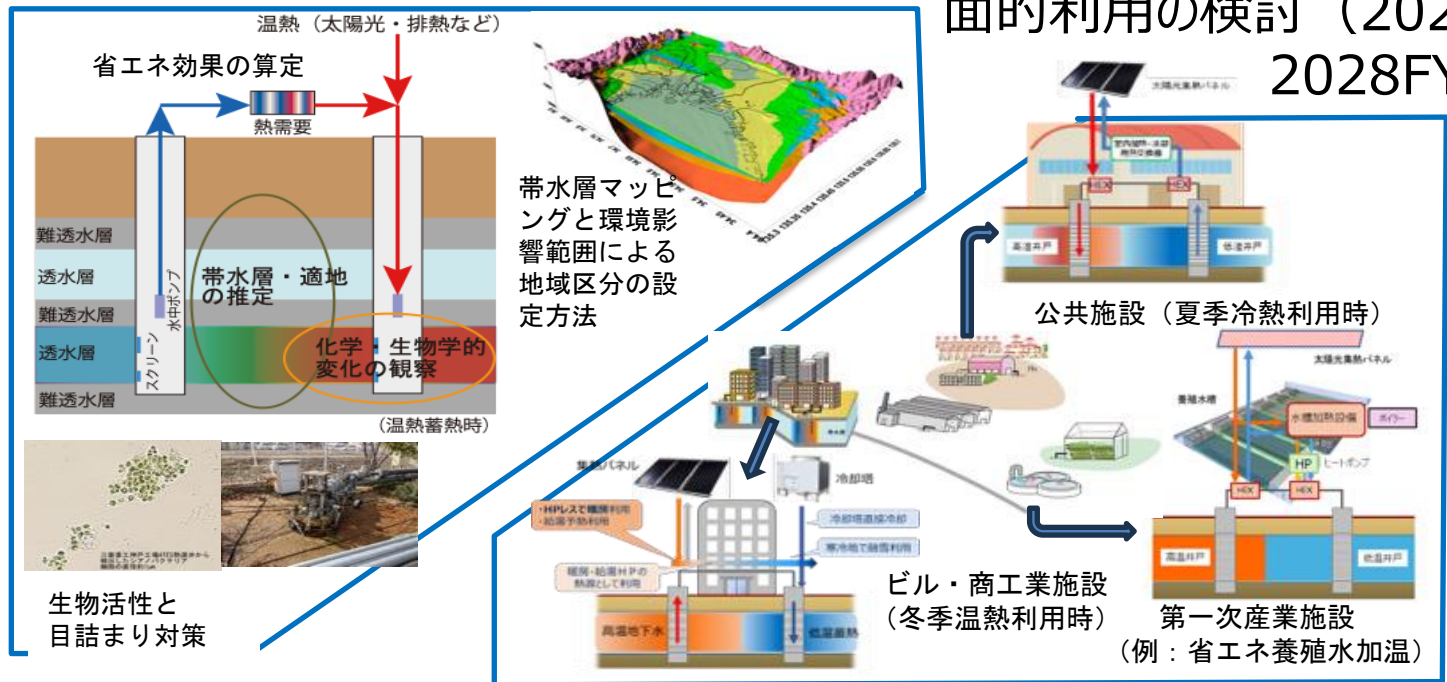
本事業の概要と研究内容

実施項目

- (1) 高温ATESのガイドライン作成
- (2) 高温ATESと太陽光蓄熱による省エネルギー効果の算定
- (3) 低コスト・小容量の井戸を用いた高温ATESの設計
- (4) 高温ATESの面的利用に関する検討

研究開発の全体構成

高温ATES導入のためのガイドライン作成
(2024-2026FY)



2025年度の成果

(1) 高温ATESのガイドライン作成

- 試験井戸における昇温実験と化学・生物分析
- 地中熱利用施設の適地評価手法の構築

(2) 高温ATESと太陽光蓄熱による省エネルギー効果の算定

- 蓄熱効率とその支配要因の明確化
- 太陽熱－高温ATES評価モデルの構築

実証実験の準備

(3) 低コスト・小容量の井戸を用いた高温ATESの設計

- 小容量・低コスト高温ATESの基本使用を整理

(4) 高温ATESの面的利用に関する検討

- 街区・レベル面的利用の評価手法を構築

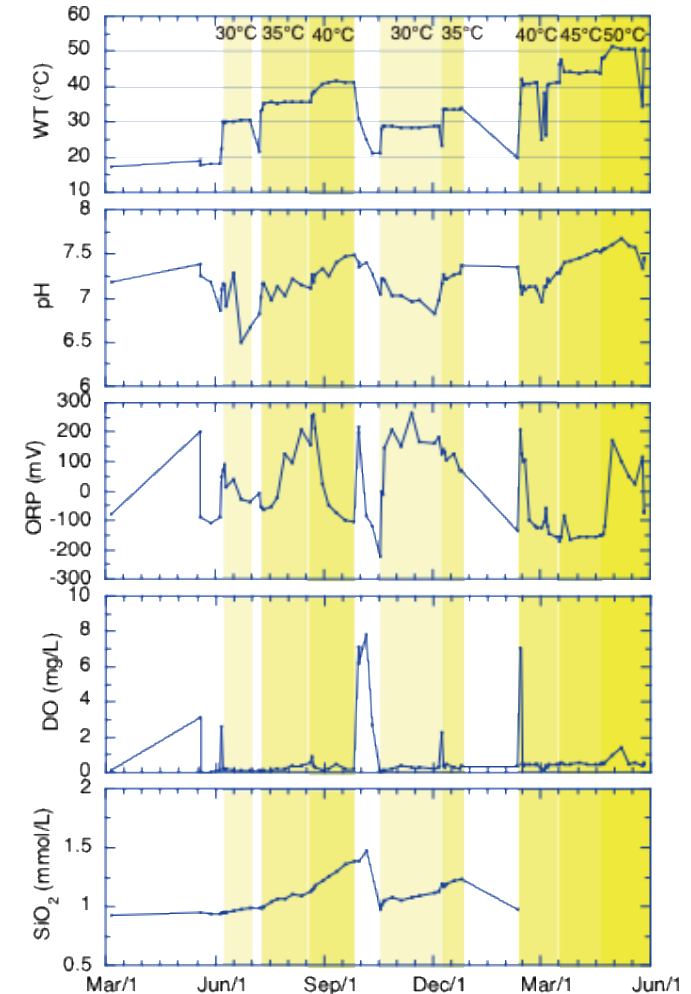
2026年度予定の作業
を前倒しで実施

試験井戸における昇温実験と化学・生物分析

(1) 地下水の昇温・循環時の水質変化

結果：

- ・ 自然状態の井戸水温は17℃、現在50℃まで段階加熱中。
- ・ DOはシステム内への空気混入のトレーサー。システムへの酸素流入が水質変化の主要因であることを確認。
- ・ ORPはDOの変動だけでは説明できない挙動を示し、高温運転時には地下水中の酸化還元環境が変化する可能性が示唆された。
- ・ 水温上昇・下降に伴う溶存ケイ酸挙動が目詰まりリスクに関与する可能性を確認。

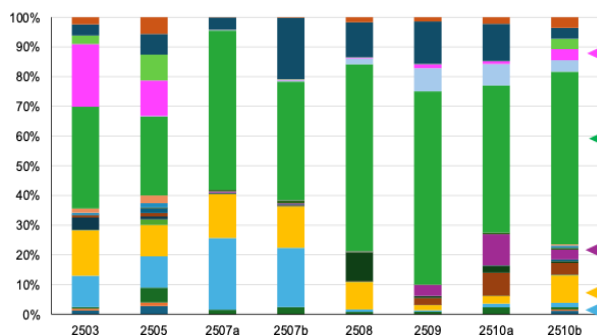


試験井戸における昇温実験と化学・生物分析

(2) 地下水の昇温・循環時の生物活動変化

結果：

- 30~40℃の温度域において、アルカリ度（炭酸水素イオン）・硝酸・リン酸・硫酸イオン濃度の変化と、それに伴う硫酸還元菌等の生物活性の顕著な増加。
- 酸素流入時に生物活性と鉄沈殿が促進
- レジオネラ属は検出するも危険濃度には至らず。



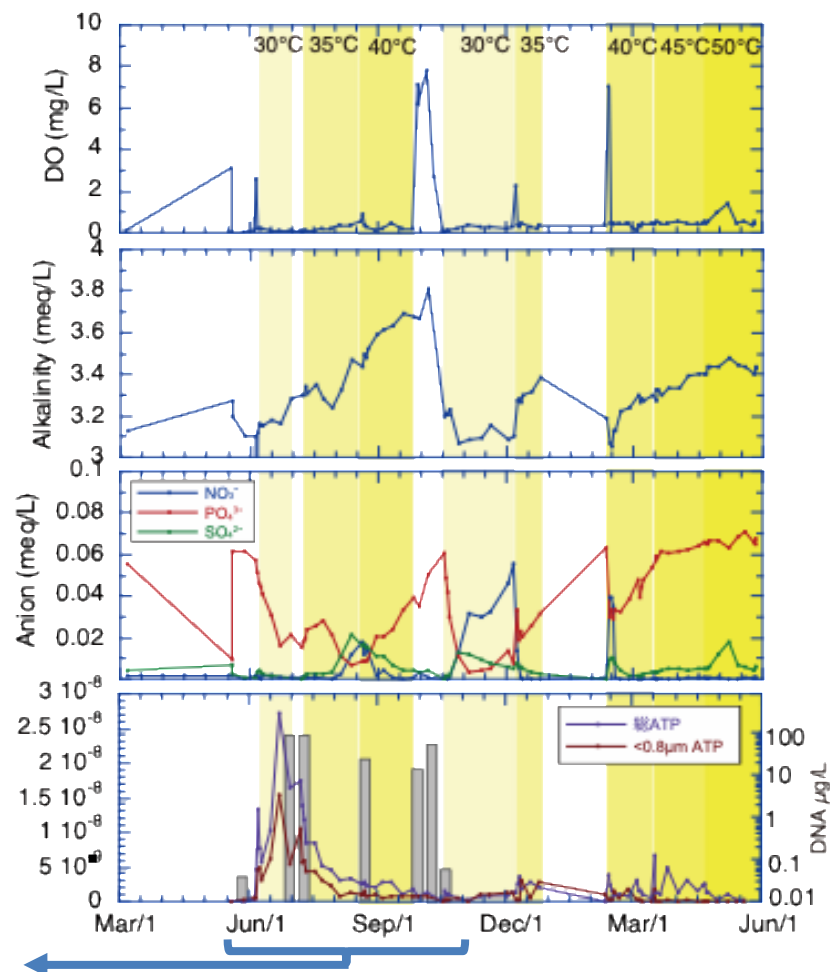
Thermodesulfobacteriota (サーモデスルフォバクテリウム門)
高熱性の硫黄還元細菌を多く含む

Pseudomonadota (シュドモナス門)
全体を通して優占

Ignavibacteriota (イグナウィバクテリウム門)
偏性従属栄養性。炭水化物を発酵、または多様な物質(酸素、亜硝酸、鉄、ヒ素化合物)を最終電子受容体として代謝

Bacteroidota (バクテロイデス門)
初期(15%)から後期(5%未満)に減少

Bacillota (バシロータ門)
2507bまでは20%前後まで出現するが、その後1%未満に激減



地中熱利用施設の適地評価

大阪平野をモデル地区として、地質データベースを構築、3次元帯水層マップを作成

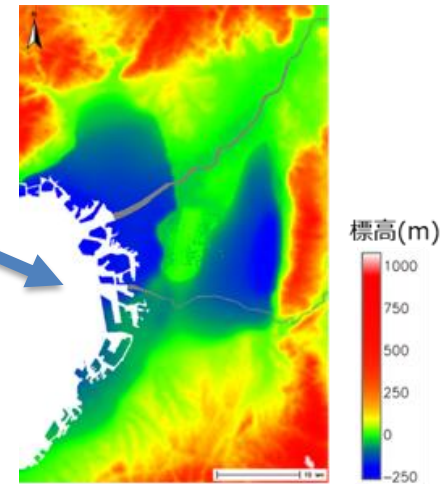
成果：

- ・ 地質情報の体系的なデータベースを構築した。
- ・ 任意の観測地点間における地層対比を可能とした。
- ・ 鍵層*¹の空間分布を図化し、地層構造の把握を可能とした。
- ・ 深度50mまでの地層構造を三次元的に可視化する手法を構築した。

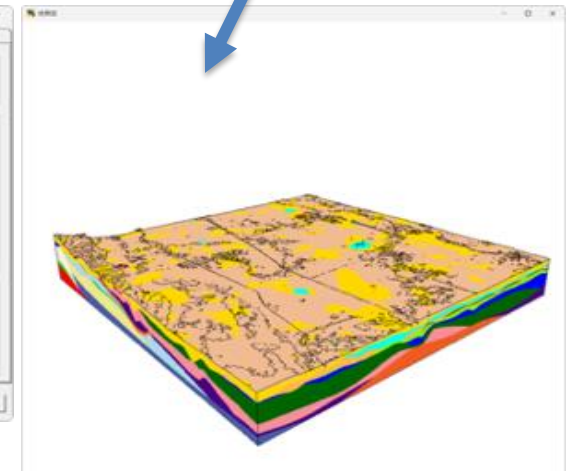
*1: 地層対比（異なる地点の地層を対応づける際の基準）に用いられる、広域に連続し識別しやすい特徴的な地層。



地層情報から2次元・3次元地図への展開



Ma9層下面の例



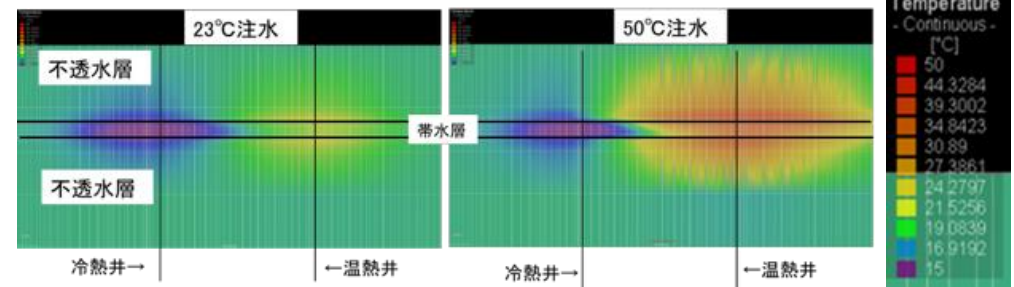
帯水層の蓄熱効率とその支配要因

(1) FEFLOWを用いたパラメータスタディ

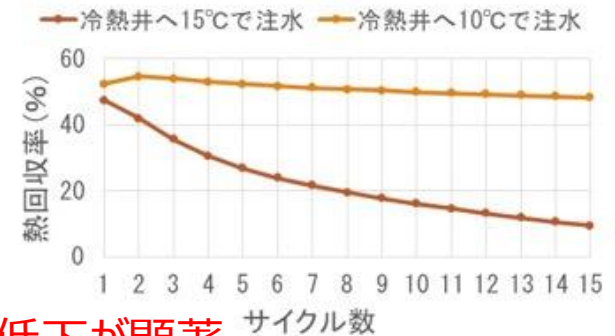
高温ATESでの特徴の特徴を検討。

確認事実：

- 浮力項・粘性項が、地下水流動および熱輸送に対して支配的である。
- 温度依存性を有する物性値を考慮した解析が、熱挙動の適切な評価に不可欠である。
- 帯水層厚さが不十分な場合には、十分な蓄熱量が確保できず、熱回収性能が制約される。
- 高透水係数帯水層においては、対流および熱拡散の影響により熱回収率が低下する。

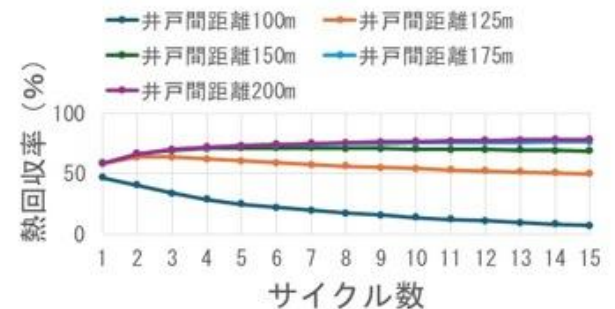


冷熱井の熱回収率
(温熱井50℃注水
冷熱井10・15℃注水)



冷熱井の熱回収率低下が顕著

冷熱井の熱回収率
(50℃・井戸間距離)



帯水層の蓄熱効率とその支配要因

(1) パラメータスタディの結果のまとめ

高温ATES設計・設置で注意すべき、帯水層と井戸の性質を以下のようにまとめた。

高温ATESの設計指針の整理

1. 高温ATESでは浮力が支配的。
2. 温度依存性を考慮した解析が必要。
3. 冷熱井の回収率がシステム性能を決定。
4. 井戸管距離は重要設計因子。
5. 帯水層厚さが不足すると成立困難。
6. 高透水係数の帯水層で回収率低下。

項目	通常ATES (温熱井)	高温ATES	設計上の留意点
温度レベル	～25℃ (温熱井)	50℃～ (温熱井)	温度レベルの相違による密度差増大
浮力の影響	小さい	非常に大きい	浮力による上昇流発生
熱拡散	小	大	熱伝導・移流・浮力などの複合効果による熱塊拡散
熱干渉	小	大	冷熱井の顕著な熱回収率低下
回収率安定性	高い	冷熱井戸の低下	時間の経過に伴い悪化
帯水層厚依存	小	大	高温ATESでは厚さが必要
井戸距離依存	中	非常に大	距離重要
透水係数依存	小	大	高透水係数で顕著な変化
温度依存物性	不要	必須	物性の浮力評価が必要

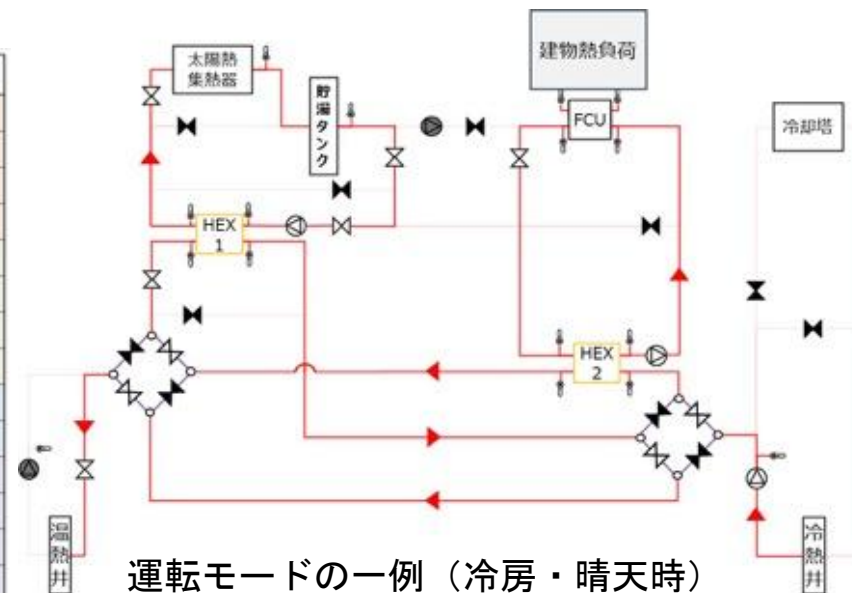
太陽熱－高温ATESシステムの構築

太陽熱を組み込んだ高温ATESの省エネルギー・経済効果評価に向けたモデルを構築

- ・高温ATES、太陽熱利用設備などを統合したシステムモデルを構築
- ・熱需要変動への対応を考慮し、14種類の運転モードを定義
- ・省エネルギー効果、CO₂削減効果および経済性評価の基盤となる解析環境を整備

2026年度以降の省エネルギー・CO₂削減効果評価に適用予定

	記号	モード切替条件
冷房運転	C	室温 $\geq 27^{\circ}\text{C}$ (任意)
暖房運転	H	室温 $\leq 16^{\circ}\text{C}$ (任意)
暖房運転(太陽熱単独利用時)	Hs	任意
空調運転 無し	X	$16^{\circ}\text{C} < \text{室温} < 27^{\circ}\text{C}$ (任意)
晴天時	S	【冷房】集熱器出口温度 $\geq \text{FCU熱交換器出口温度} + \alpha$ 【暖房】集熱器出口温度 $\leq \text{温熱井揚水温度} + \beta$
曇天時	O	【冷房】集熱器出口温度 $< \text{FCU熱交換器出口温度} + \alpha$ 【暖房】集熱器出口温度 $< \text{温熱井揚水温度} + \beta$
冷却塔運転 あり	TL	外気温 $\leq \text{FCU熱交換器出口温度} + \alpha$
冷却塔運転 無し	TH	外気温 $> \text{FCU熱交換器出口温度} + \alpha$
貯熱タンク 利用 あり	t1	【冷房・曇天】貯熱タンク出口温度 $\geq \text{FCU熱交換器出口温度} + \alpha$ 【暖房・曇天】貯熱タンク出口温度 $\geq \text{温熱井揚水温度} + \beta$
貯熱タンク 利用 無し	t0	【冷房・曇天】貯熱タンク出口温度 $< \text{FCU熱交換器出口温度} + \alpha$ 【暖房・曇天】貯熱タンク出口温度 $< \text{温熱井揚水温度} + \beta$



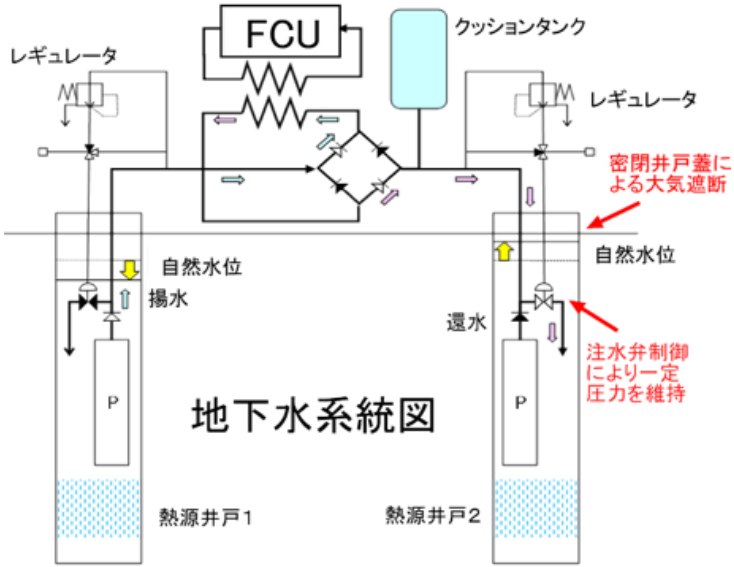
小容量・低コスト高温ATESの開発

実証実験の準備として装置性能などを整理。

作業内容：

- 延床面積約3,000m²規模の建物を対象とした小容量ATESに適用可能なシステム構成および導入方式を選定した。
- 井戸施工において、ベントナイトによる目詰まり抑制および施工コスト低減の観点からソニックドリル工法を採用し、その施工特性および適用条件を整理した。
- 小規模用途における実用化を見据えた技術的課題を抽出し、低コスト普及に向けた検討基盤を整備した。

	大口径ソニック法	備 考
大口径化	最大340mmΦ	孔壁面流速の抑制に有効
最大掘削深度	70m程度	
詳細な掘削サンプル	不可 →:先行コアボーリングで確認	スクリーン・シール部の特定がやや困難
孔壁保護・崩落防止	ケーシングで崩落防止	表層近傍の砂層部の崩落抑制に有効
資材調達	国産耐熱VP管、ガラスビーズ	スクリーンスリット幅に合わせた資材が必要
適応流量	～30m ³ /h	帯水層厚さ、透水係数に依存
コスト(2本):概算	～2,000万円	

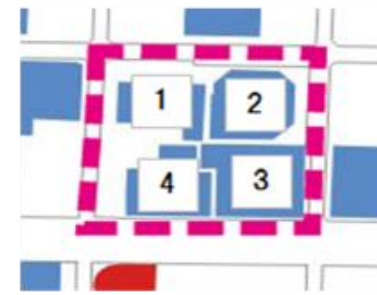


市街区・地域への高温ATESの導入効果

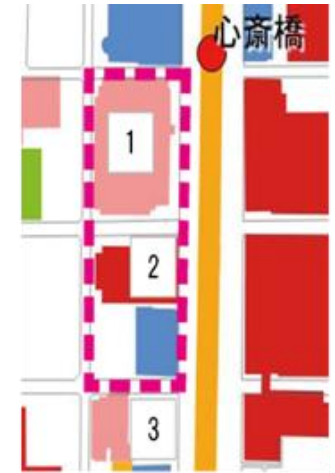
前倒しで実施中

都市部における街区レベルの面的利用の基礎的検討を開始した。

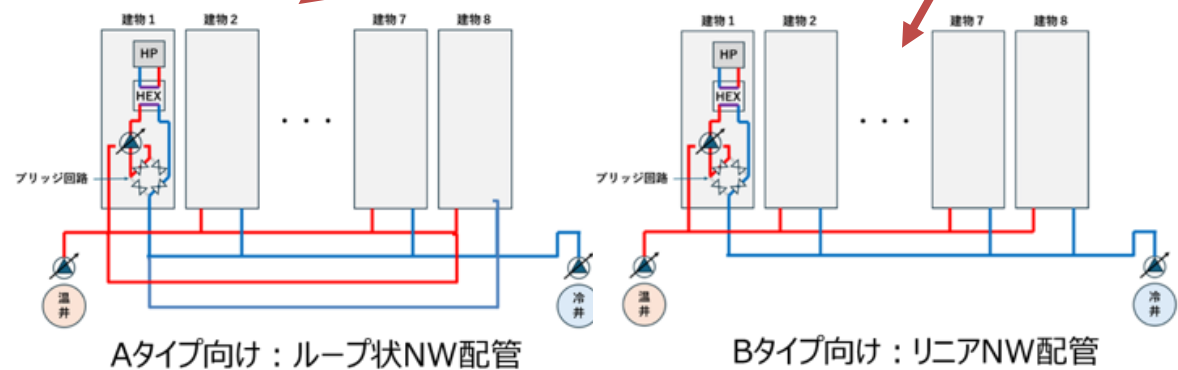
- ・ 既存市街区を対象に、熱源水および冷温水ネットワークを含むエネルギー供給システムの構成要素を整理し、システム全体のライフサイクル構成を検討
- ・ 大阪市内を想定した仮想街区モデルを構築し、高温ATESを導入した面的エネルギーネットワークシステムの基本構成を設計
- ・ 省エネルギー効果の最大化に向けて、熱源機器、蓄熱設備、熱搬送ネットワーク等の施設構成について検討を実施
- ・ 仮想街区対象としたシミュレーションによる省エネルギー効果評価と解析上の課題を抽出。



A: 公共道路を挟まず隣接する複数建物から構成される街区



B: 用途の異なるビルで構成される連続3街区



Aタイプ向け：ループ状NW配管

Bタイプ向け：リニアNW配管

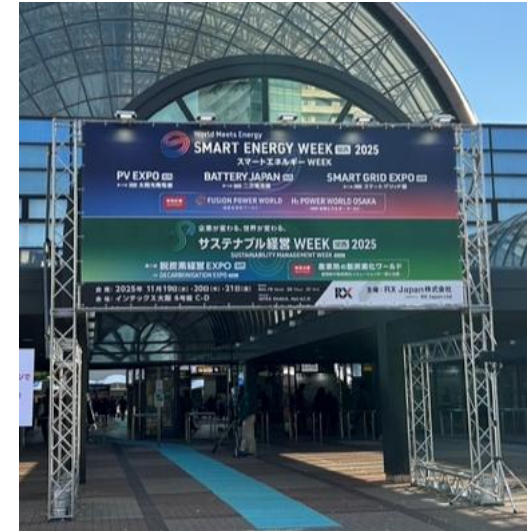
成果公開・情報発信

学会発表（11件）と同時に、一般社会へのATES・高温ATES技術の紹介活動を積極的に行った。



大阪万国博覧会での出展：
@大阪市の紹介コーナー
(2025.9.13-15)

展示会「第5回脱炭素経営
EXPO（関西）」への出展
@インテックス大阪
(2025.11.19~21)



大阪公立大学 ブース



開期中にも 250組が来訪

2025年度の成果：まとめと今後の予定

作業は概ね計画どおり順調に進行

2025年年度の成果：

- ・ 試験井戸を用いた昇温実験（55℃）により地下環境影響評価の基礎データを取得
- ・ 大阪平野の三次元帯水層モデルを構築し適地評価手法を整備
- ・ 高温ATESの蓄熱効率を支配する主要因を明確化
- ・ 太陽熱－高温ATESシステム評価モデルを構築
- ・ 小規模実証および面的利用検討の準備を前倒しで実施
- ・ 学会発表・展示会など普及活動の実施

2026年度の予定

- ・ ガイドライン作成の取りまとめ
- ・ 省エネルギー・経済性評価の実施
- ・ 実証実験設計の高度化
- ・ 論文・学会発表による成果公開