

再生可能エネルギー熱利用技術開発/
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/
オープンループ型地中熱利用システムの高効率化と
ポテンシャル評価手法の研究開発

大谷 具幸(岐阜大学)

委託先:(国)岐阜大学・東邦地水(株)・(株)テイコク

再委託先:(国)信州大学・ゼネラルヒートポンプ工業(株)・
ヤマカトラストホームズ(株)

2019年10月17日

問い合わせ先
国立大学法人岐阜大学
E-mail: tmohtani@gifu-u.ac.jp
TEL: 058-293-3080

事業概要

1. 期間

開始 : 2016年1月 終了 : 2019年2月

2. 最終目標

1. 最適逆洗技術と地下水熱交換ユニットの開発(東邦地水株式会社・再委託:ゼネラルヒートポンプ工業株式会社)
還元井の逆洗技術と一体化した地下水熱交換ユニットの開発により、従来システムとの価格性能比で、設置コストと運用コストを20%削減する。
- 2a. 打ち込み井戸・タンク式熱交換器・浸透ますの利用に関する研究開発(株式会社テイコク・再委託:ヤマカトラストホームズ株式会社)
打ち込み井戸、タンク式熱交換器、浸透ますを併用したオープンループ型地中熱システムの開発により、従来システムとの価格性能比で、設置コストを20%削減する。
- 2b. オープンループ型システム適地選定のためのポテンシャルマップ作成技術の開発(岐阜大学・再委託:信州大学)
オープンループ型地中熱利用システムに対するポテンシャル評価技術を開発し、運用コストの削減率に基づくポテンシャルマップを作成する。逆解析法のサーマルレスポンス試験を行い、地下水熱流動のモデル化によるシミュレーション技術を開発する。

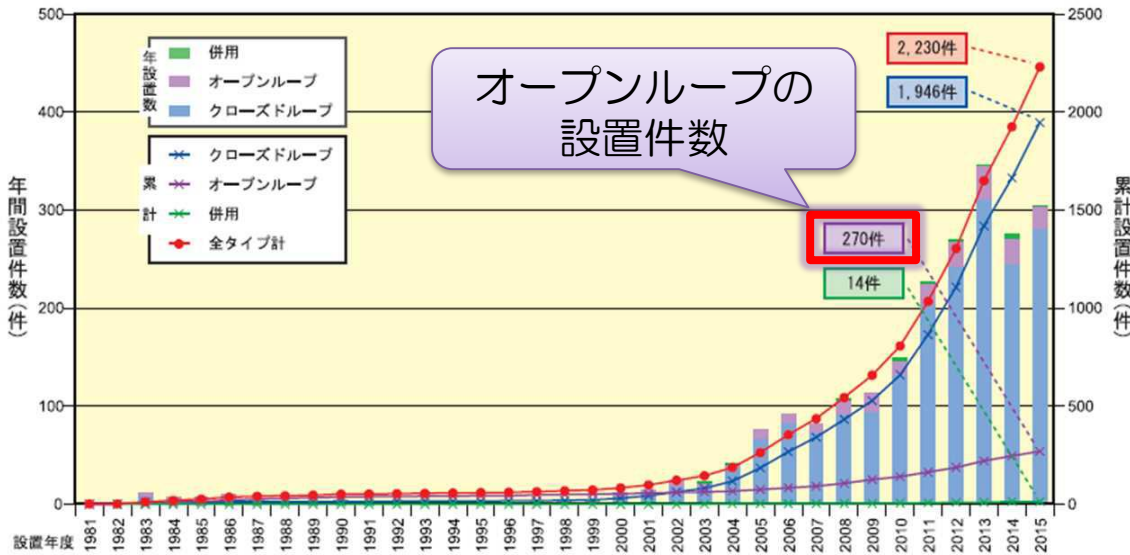
3. 成果・進捗概要

1. ライフサイクルコスト20.1%削減を確認したシステムの長期安定性の検証、設計手法の確立・仕様の決定を行った。
- 2a. タンク式熱交換器・浸透ます併用システム(設置コスト32%削減)の負荷一定運転により、運用コスト削減率33%を確認した。また、2地域の調査結果より設置可能地域の抽出条件を決定した。
- 2b. 地下水温等からヒートポンプのCOP等を推定するポテンシャル評価技術を開発し、年間消費電力量の削減率に基づくポテンシャルマップを作成した。また、揚水により地下水流向を制御した上で逆解析法サーマルレスポンス試験を行い、技術を高度化した。

オープンループ型の現状と問題点

現状

- オープンループ型は1本の孔井で広範囲から熱を回収できるため、システム設置コストを低く抑えることが可能であり、帯水層が浅い地域においては設置コストをさらに抑制できる。
- しかし件数ベースで見ると、オープンループ型はまだまだ少ない。



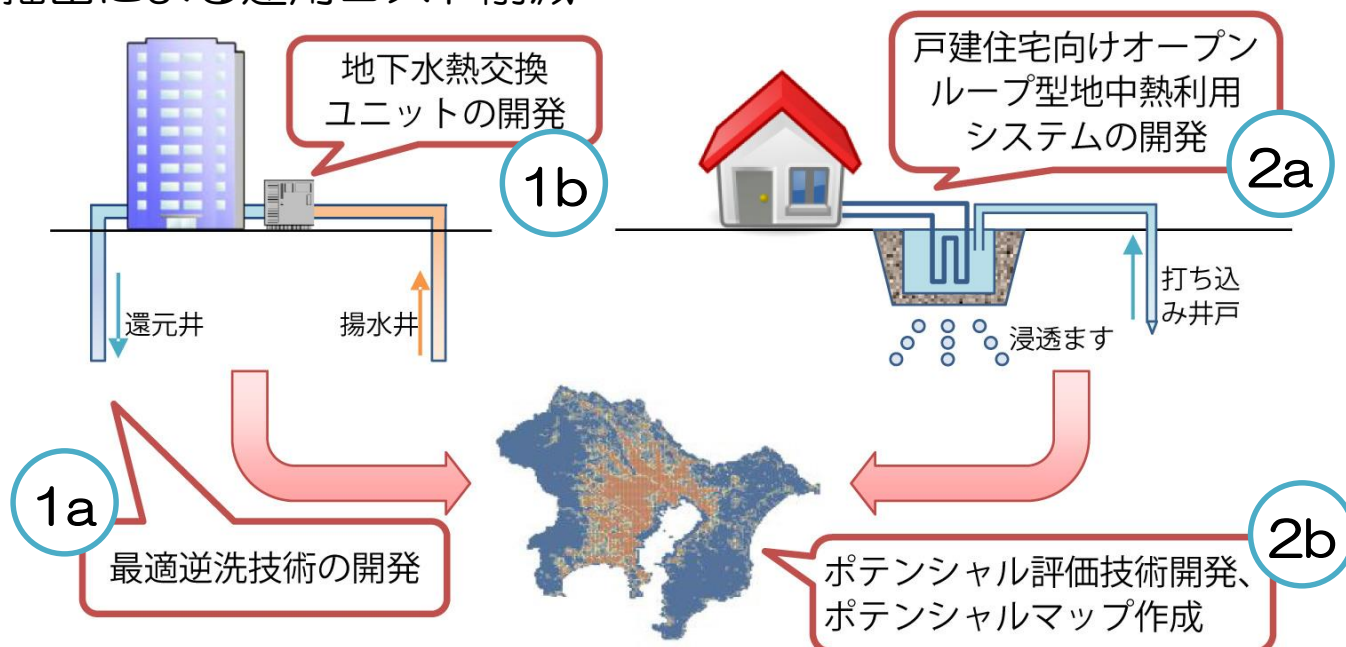
環境省(2015)地中熱利用ヒートポンプシステムの設置状況調査結果

研究開発対象とする技術的課題

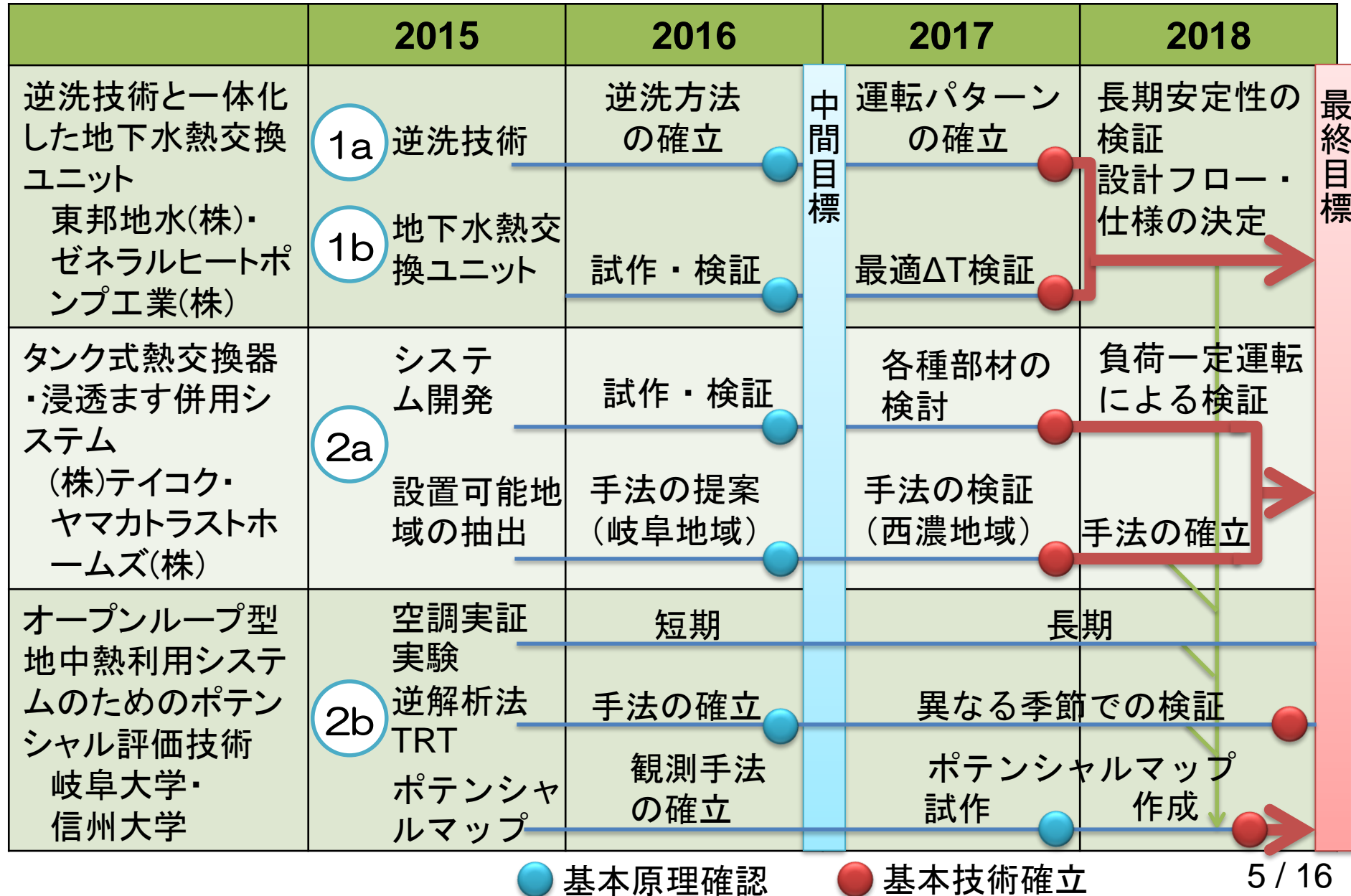
- 1a. 地下水還元の課題：還元能力の低下の原因である還元井内の目詰まりを除去する最適な逆洗技術が確立されていない。
- 1b. ヒートポンプユニットの高効率化の課題：井戸ーヒートポンプ間の各パーツを有機的に組み合わせた高効率で最適なシステムが確立されていない。
- 2a. 小規模施設への対応の課題：戸建住宅等の小規模施設で利用可能な安価なシステムが開発されていない。
- 2b. 適地選定の課題：ポテンシャルマップ作成技術が確立されていない。

本研究開発におけるコスト削減の考え方

1. システムの高効率化によるコスト削減
 - a. 地下水還元の高効率化による必要な孔井数とメンテナンス費用の削減
 - b. 井戸ーヒートポンプ間の各パーツのユニット化によるヒートポンプ設置費用の削減と高効率化による運用コストの削減
2. 条件有利地域の抽出によるコスト削減
 - a. 安価に施工できる打ち込み井戸や浸透ますの利用可能地域の抽出による導入コスト削減
 - b. 地下水流動が活発で地下温度が夏季に低下し、冬季に上昇する地域の抽出による運用コスト削減



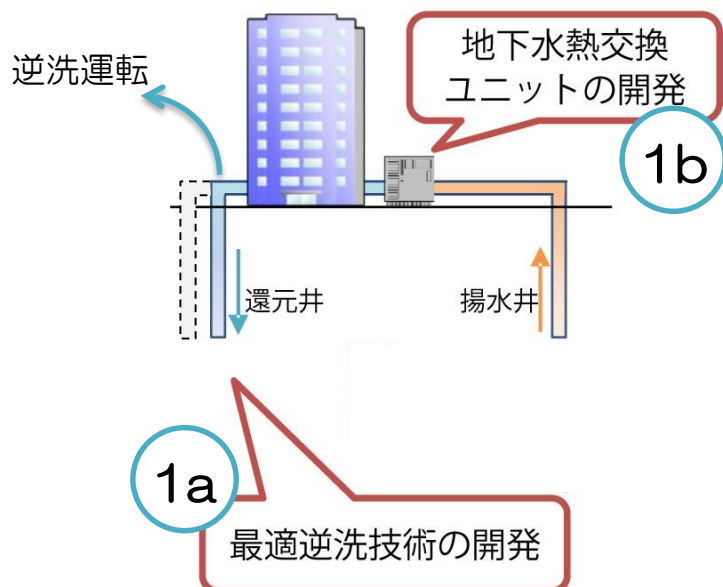
研究開発スケジュール



1.逆洗技術と一体化した地下水熱交換ユニット

2017年までの成果：還元井1本、断続逆洗、一定時間運転後の逆洗、地下水熱交換ユニットの組合せでライフサイクルコスト20.1%削減を確認。

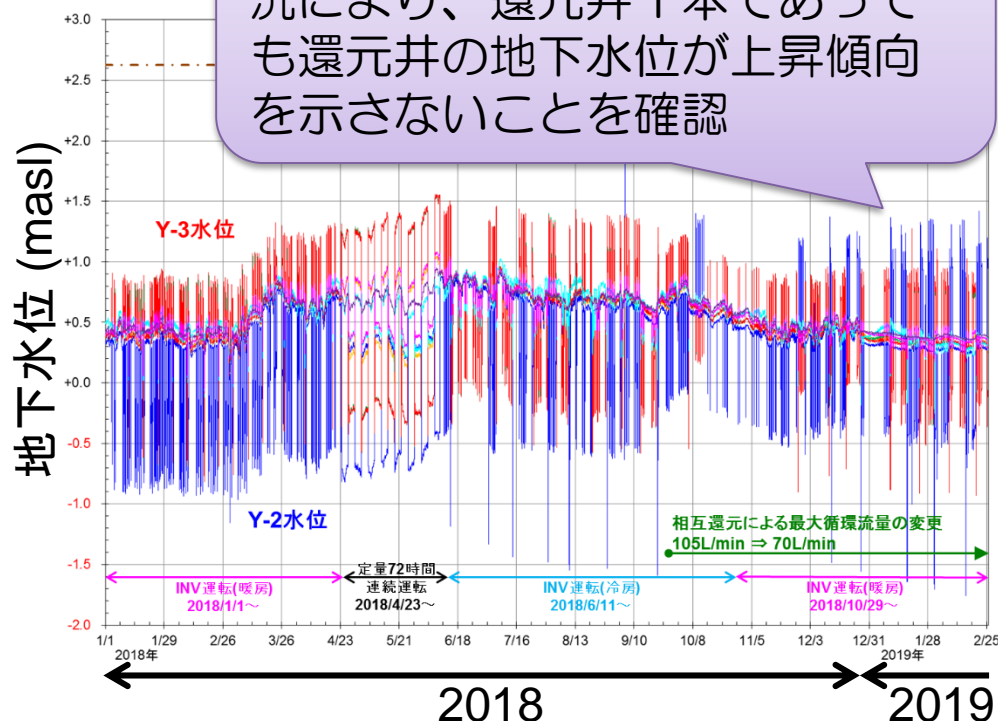
2018年の成果：長期安定性の検証、設計フロー・仕様の決定を行った
→ 事業化に向けたシステム検証と必要な準備を実施



1a 逆洗技術

長期安定性の検証

断続逆洗と一定時間運転後の逆洗により、還元井1本であっても還元井の地下水位が上昇傾向を示さないことを確認

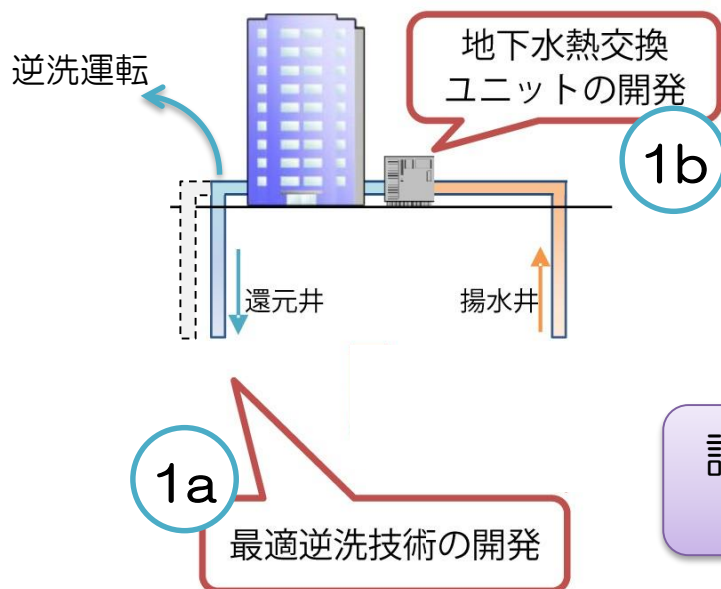


長期安定性を確認した

1. 逆洗技術と一体化した地下水熱交換ユニット

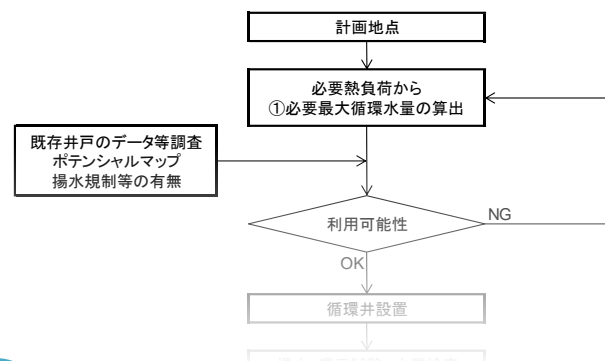
2017年までの成果：還元井1本、断続逆洗、一定時間運転後の逆洗、地下水熱交換ユニットの組合せでライフサイクルコスト20.1%削減を確認。

2018年の成果：長期安定性の検証、設計フロー・仕様の決定を行った
→ 事業化に向けたシステム検証と必要な準備を実施



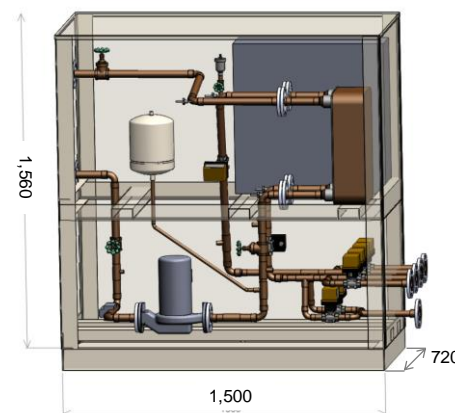
1a 逆洗技術

設計フロー



1b 地下水熱交換ユニット

仕様の決定

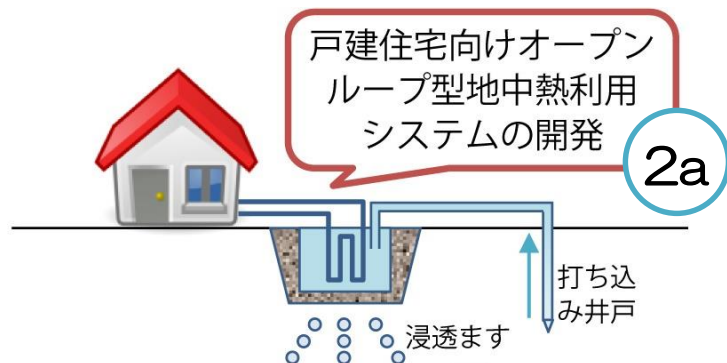


設計フロー・仕様の決定

2a.タンク式熱交換器・浸透ます併用システム

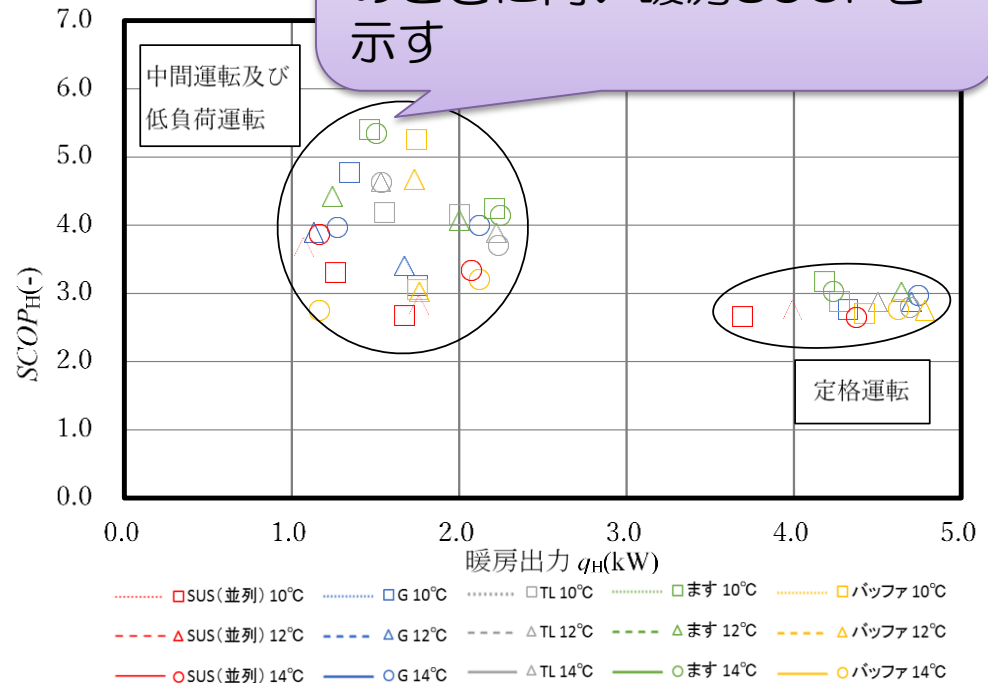
2017年までの成果：打ち込み井戸、タンク式熱交換器、浸透ますを併用したシステムの開発により、設置コスト32%削減を確認。また、打ち込み井戸・浸透ますの設置可能地域の抽出方法を提案し、2地域で検証。

2018年の成果：負荷一定運転の結果に基づいて運用コストの削減率を算出した。また、2地域の調査結果より設置可能地域の抽出条件を決定した。



負荷一定運転での暖房SCOP

浸透ます併用タンク型、G-カーペット、制御温度10℃のときに高い暖房SCOPを示す

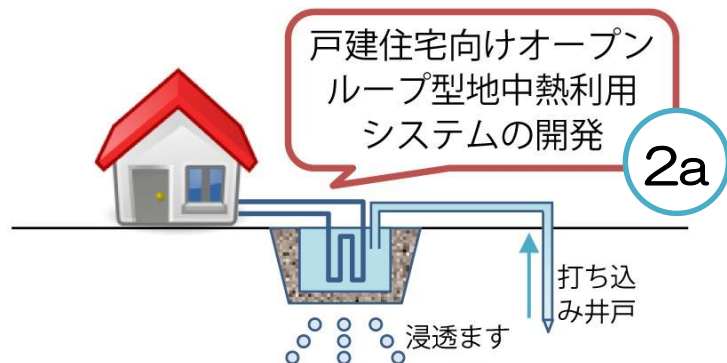


温暖地を対象とする試算で、
運用コスト33%削減を確認

2a.タンク式熱交換器・浸透ます併用システム

2017年までの成果：打ち込み井戸、タンク式熱交換器、浸透ますを併用したシステムの開発により、設置コスト32%削減を確認。また、打ち込み井戸・浸透ますの設置可能地域の抽出方法を提案し、2地域で検証。

2018年の成果：負荷一定運転の結果に基づいて運用コストの削減率を算出した。また、2地域の調査結果より設置可能地域の抽出条件を決定した。



打ち込み井戸適地抽出条件

抽出条件1		
$A < 10\text{m}$	◎	最適
$10\text{m} \leq A < 25\text{m}$	○	適
$25\text{m} \leq A$	△	要検討

抽出条件2		
$B \geq A + 5\text{m}$	◎	最適
$A + 5\text{m} > B \geq A$	○	適
$A > B$	△	要検討

抽出条件3		
$0\text{m} > C \geq 4\text{m}$	◎	最適
$4\text{m} > C \geq 7\text{m}$	○	適
$C > 7\text{m}$	△	不適

A: 帯水層上面深度
B: N値50以上上面深度
C: 地下水面深度

2地域の調査結果より抽出条件を決定した

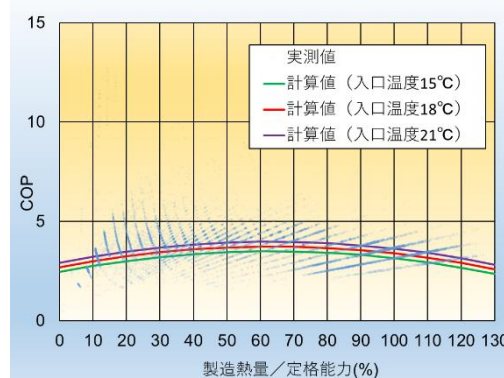
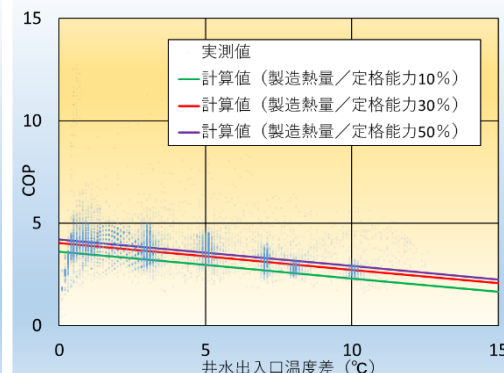
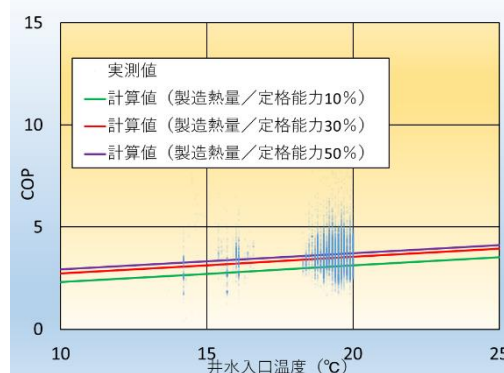
複数の地域で検討することにより、地域によらない普遍的な抽出条件とすることができた

2b.ポテンシャル評価技術

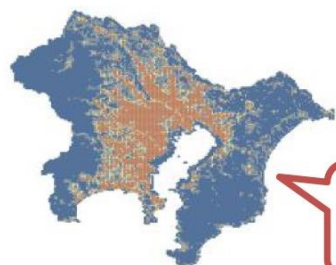
2017年までの成果：条件有利地域における地下水温観測手法の検討、空調実証実験、逆解析法TRTの結果に基づいてポテンシャルマップの試作を行った。

2018年の成果：地下水位、地下水温に基づいて揚水ポンプの消費電力、ヒートポンプのCOPを推定する手法を作成し、逆解析法TRTを高度化した。また、建物の用途別に推定年間消費電力量を求め、ポテンシャルマップを作成し、web上で公開した。

条件有利地域での空調実証実験



モニタリングデータを用いて重回帰分析を行い、任意の地下水温等からヒートポンプのCOPを推定できるようにした。



ポテンシャル評価技術開発、
ポテンシャルマップ作成

2b

この推定方法等を、ポテンシャルマップの作成に活用

2b.ポテンシャル評価技術

条件有利地域の省エネ性の実証

News Release

2019.2.7

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
国立大学法人岐阜大学

2019年2月ニュースリリース：既設の空調システムと比較して運用コスト73%削減を確認

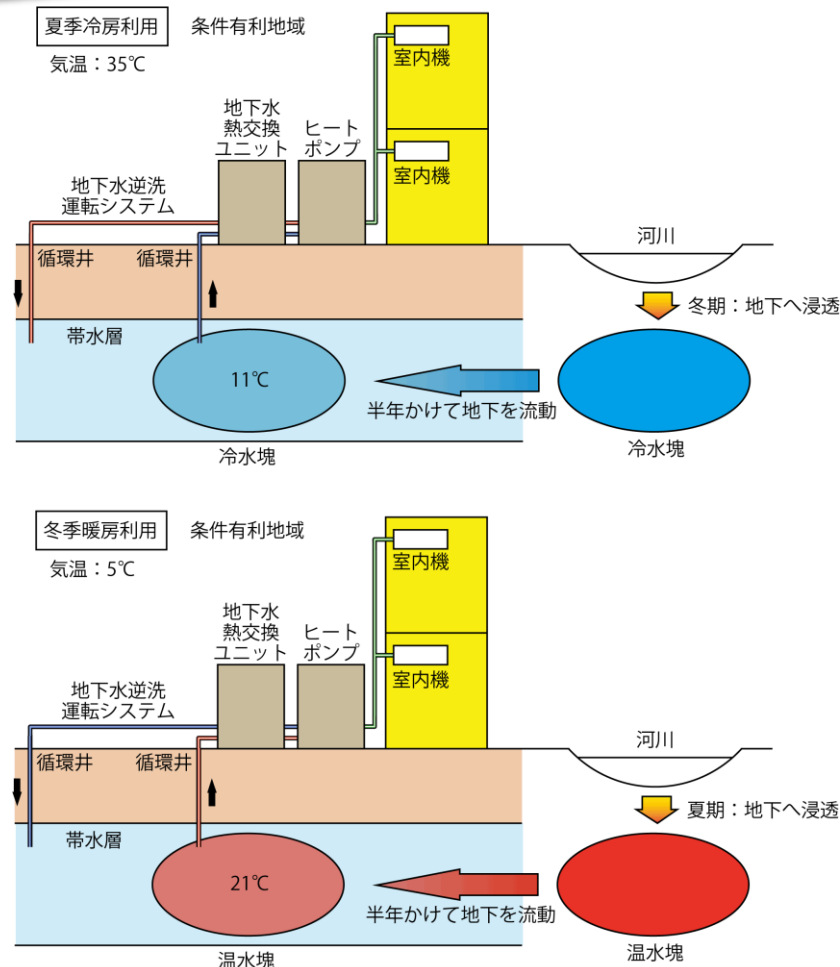
長良川扇状地で地下水を活用した地中熱利用空調システムの実証運転を実施 —既設の空調システムと比較して運用コスト73%削減を確認—

NEDO事業において、岐阜大学は、東邦地水(株)、ゼネラルヒートポンプ工業(株)、(株)テイクとともに、通常地域とは異なり、地下水温度が夏季に低下、冬季に上昇する特性を持つ岐阜県の長良川扇状地を実証エリアとして特定し、岐阜市内の公民館建屋に地下水を直接活用するオープンループ型地中熱利用空調システムを導入し、実証運転を行い、既設の吸収式冷暖水機空調システムと比べて運用コストを73%削減できることを確認しました。

今後、岐阜大学は稼働データモニタリングおよびシステム効率などの検証を行うとともに、本システム普及に向けて、地中熱の採熱可能量を可視化するためのポテンシャルマップの作成を進めます。



図1 岐阜市内の公民館建屋に導入したオープンループ型地中熱利用空調システム

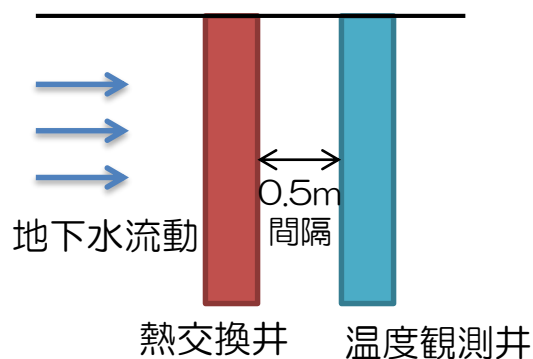


2b.ポテンシャル評価技術

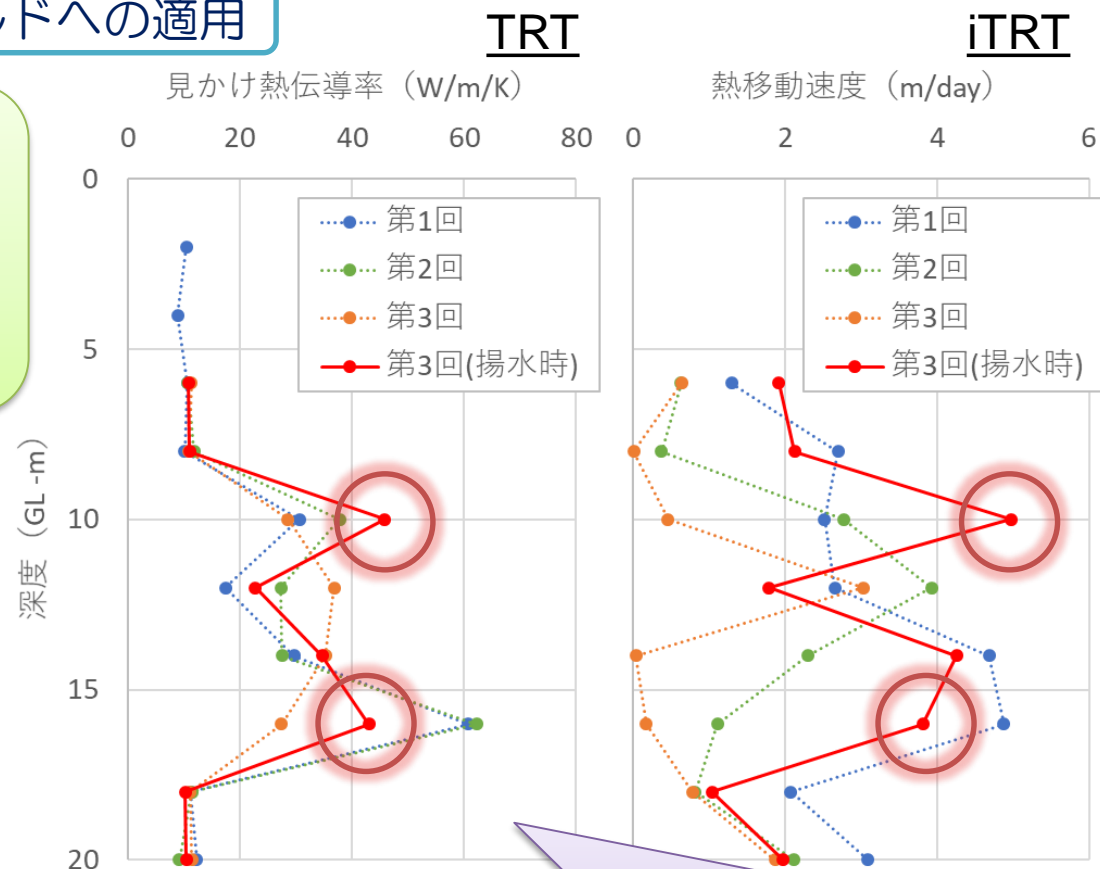
逆解析法TRT (iTRT) の実フィールドへの適用

2018年の成果：揚水により地下水流動を制御した実験を行い、地層の熱物性パラメータを精度よく求めることができた

逆解析法TRT技術 (iTRT)



iTRTは熱交換井に対して地下水流動の下流側0.5mに温度観測井を設けることにより、地層の各種物性値を求める手法である。



TRT/iTRT と同じ深度で高い値を示しており、これは iTRT により地層の熱物性パラメータを精度よく求められたことを意味する

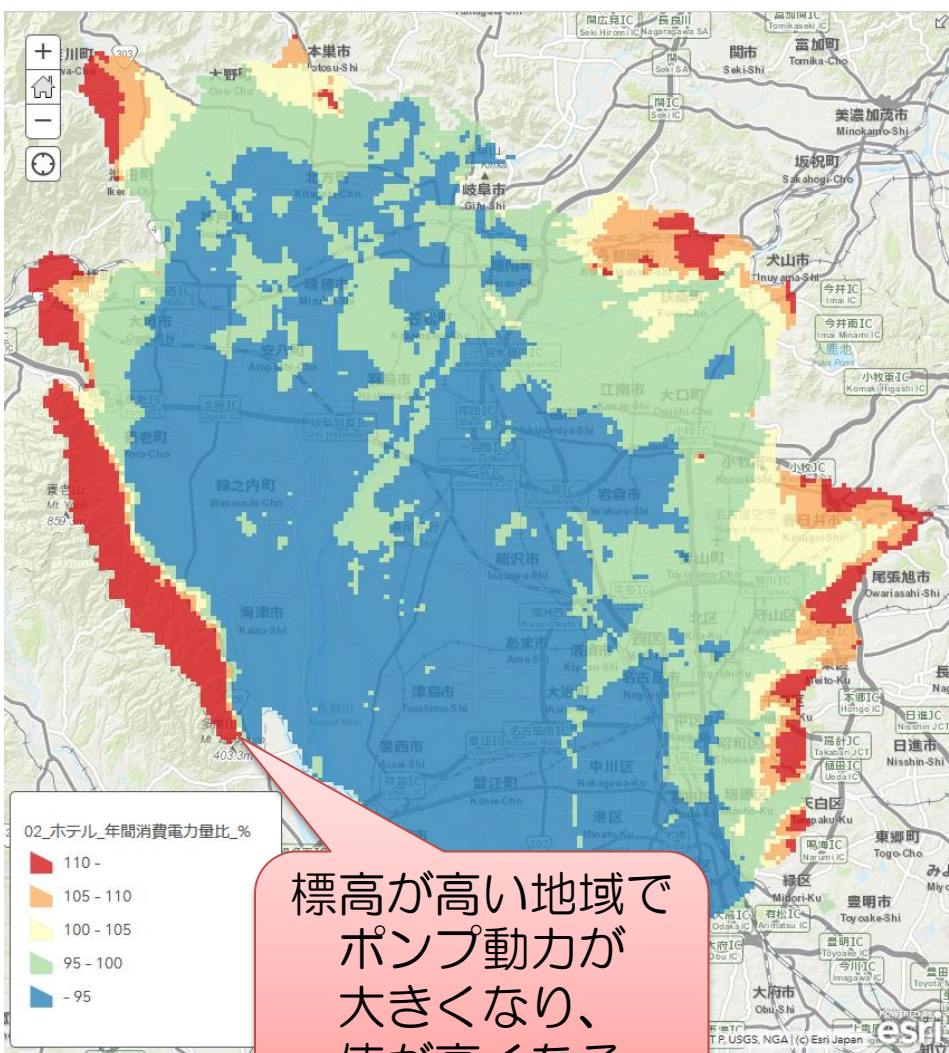
逆解析法TRT (iTRT) の技術を高度化した

2b.ポテンシャル評価技術

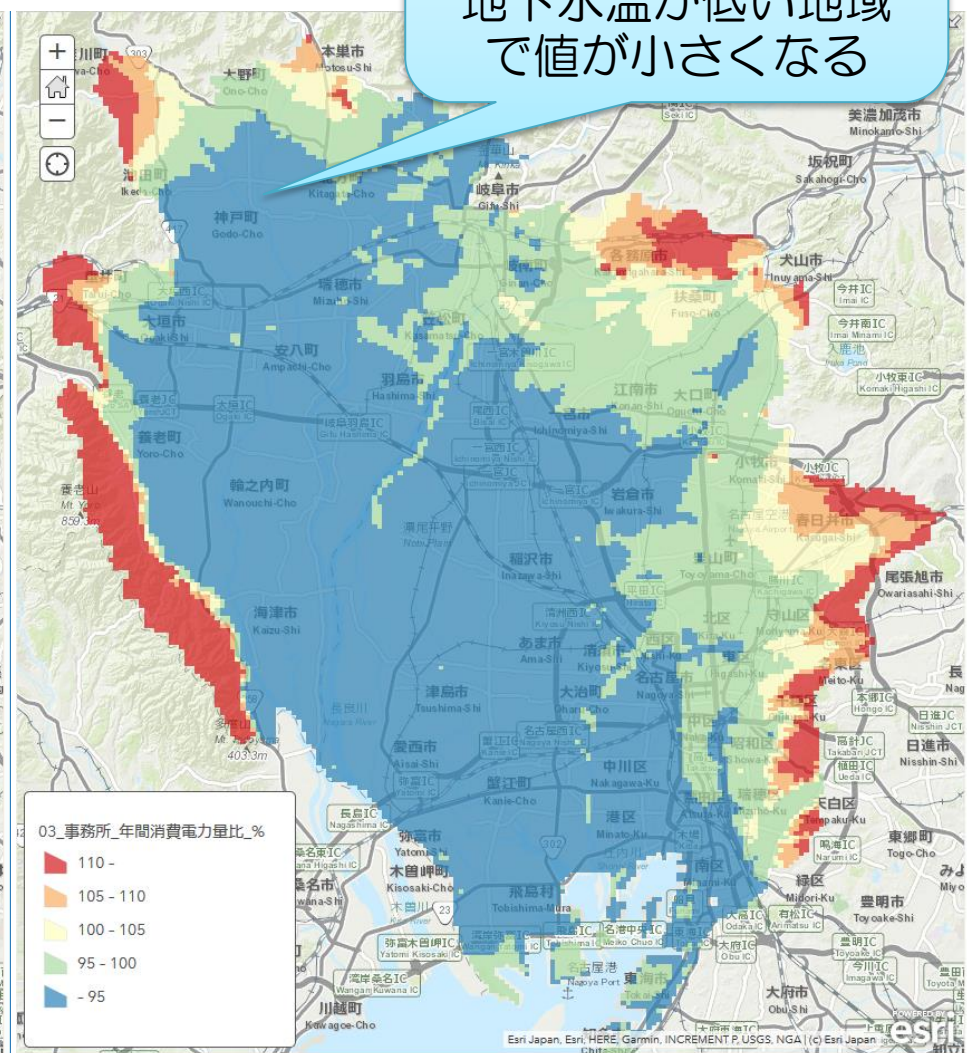
14

建物の用途別のポテンシャルマップ

ホテル



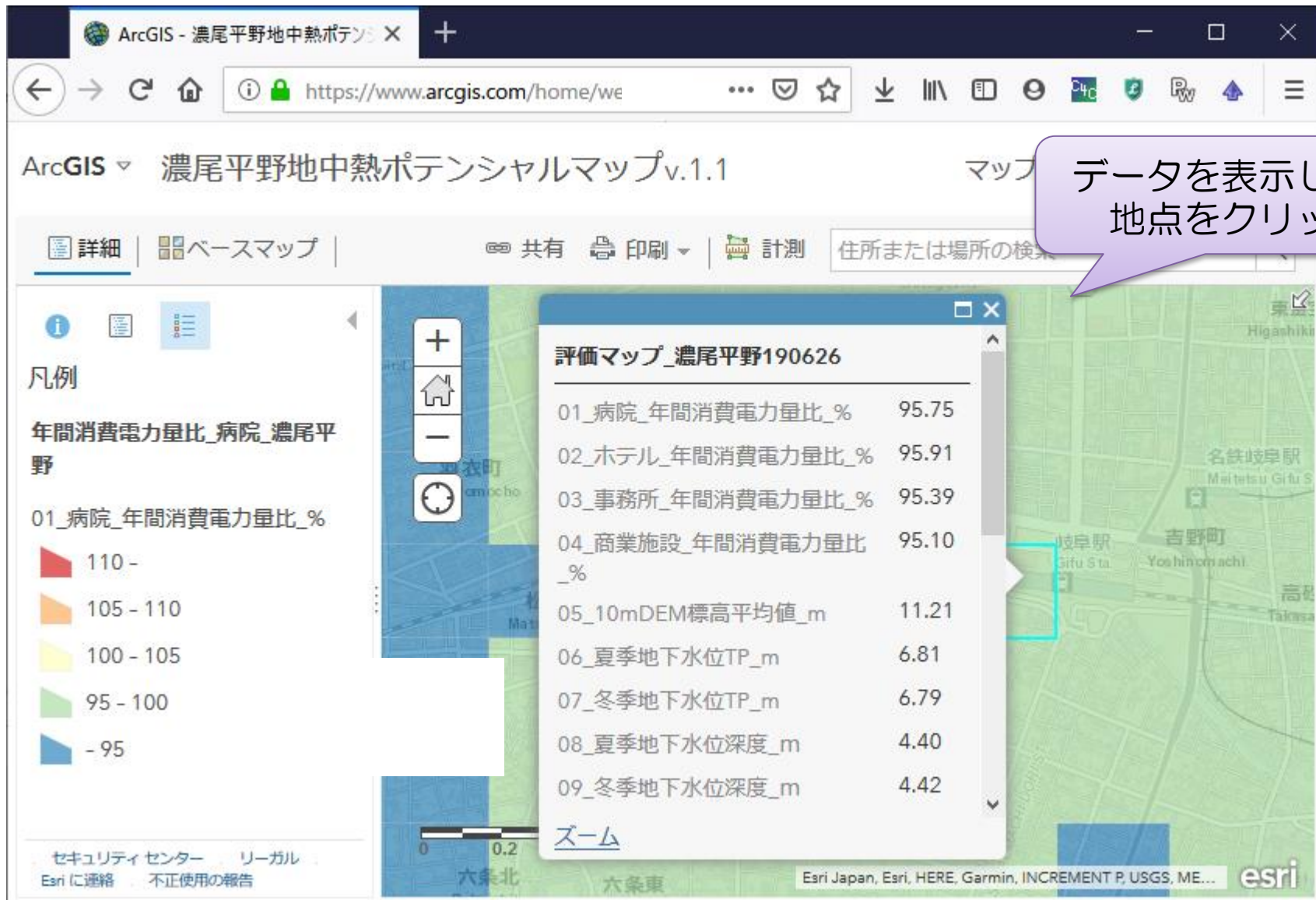
事務所



事務所では冷房の
割合が大きいため、
地下水温が低い地域
で値が小さくなる

2b.ポテンシャル評価技術

ポテンシャルマップの作成・公開



まとめ

1. 最適逆洗技術と地下水熱交換ユニットの開発

- ライフサイクルコスト20.1%削減を確認したシステムの長期安定性の検証、設計手法の確立・仕様の決定を行った。

2a. 戸建住宅向けオープンループ型地中熱利用システムの開発

- タンク式熱交換器・浸透ます併用システム（設置コスト32%削減）の負荷一定運転の結果に基づいて、運用コストの削減率が33%であることを確認した。
- 2地域の調査結果より設置可能地域の抽出条件を決定した。

2b. ポテンシャル評価手法の研究開発

- 地下水位、地下水温に基づいて揚水ポンプの消費電力、ヒートポンプのCOPを推定する手法を作成した。
- 揚水により地下水流向を制御した上で逆解析法サーマルレスポンス試験を行い、技術を高度化した。
- 建物の用途別に推定年間消費電力量を求め、ポテンシャルマップを作成し、web上で公開した。

最終目標を達成した