

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開
発」

中間評価報告書

2022年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

2022年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 石塚 博昭 殿

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 木野 邦器

NEDO技術委員・技術委員会等規程第34条の規定に基づき、別添のとおり評価結果について報告します。

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開
発」

中間評価報告書

2022年1月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

研究評価委員会

目 次

はじめに	1
審議経過	2
分科会委員名簿	3
評価概要	4
研究評価委員会委員名簿	7
研究評価委員会コメント	8
第1章 評価	
1. 総合評価	1-1
2. 各論	1-5
2. 1 事業の位置付け・必要性について	
2. 2 研究開発マネジメントについて	
2. 3 研究開発成果について	
2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	
3. 評点結果	1-18
第2章 評価対象事業に係る資料	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会公開資料	2-2
参考資料1 分科会議事録及び書面による質疑応答	参考資料 1-1
参考資料2 評価の実施方法	参考資料 2-1
参考資料3 評価結果の反映について	参考資料 3-1

はじめに

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」の中間評価報告書であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき、研究評価委員会において設置された「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」（中間評価）分科会において評価報告書案を策定し、第67回研究評価委員会（2022年1月26日）に諮り、確定されたものである。

2022年1月
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

審議経過

● 分科会（2021年9月3日）

公開セッション

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

6. プロジェクトの詳細説明
7. 全体を通しての質疑

公開セッション

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

● 第67回研究評価委員会（2022年1月26日）

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」

中間評価分科会委員名簿

(2021年9月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	さいとう きよし 齋藤 潔	早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科 教授
分科 会長 代理	かがわ のぼる 香川 澄	防衛大学校 システム工学群機械システム工学科 教授
委員	たなか いずみ 田中 いずみ	デンマーク王国大使館 エネルギー・環境分野担当 上席商務官
	ぼんどう かずろう 坂東 和郎	株式会社興和 水工部 執行役員 水工部長
	やすだ けんいち 安田 健一	株式会社三菱地所設計 R&D 推進部 執行役員 R&D 推進部長

敬称略、五十音順

評価概要

1. 総合評価

再生可能エネルギー熱は低質な熱源であるため、有効利用にはイニシャルコストが高く、民間企業にとってはリスクを伴う事業である。また、本開発は、国策にそった内容であることから NEDO が積極的に支援していることは妥当と考える。

国内外の実態を十分に調査・検討した上で事業目標と計画を立案し、国内を代表する地中熱の研究者、事業者を集め事業を実施しているほか、ほぼ全ての開発テーマが、達成すべき開発目標年度を明確にしながらか適切なマネジメントにより、目標値を達成している。再生可能エネルギー熱の普及促進のための講演活動、セミナー等を積極的に進めている点も評価できる。各テーマとも低コスト化、高性能化に向けて新しい切口をもって事業を進めており、実用化の期待が持てる。

一方、今回のプロジェクトでは再生可能エネルギー熱活用技術のコストダウンが主眼となっているが、メリットが出る活用方法の明確化が要求される。また、地中熱は地域エネルギーであるため、普及促進のための地方自治体や関連省庁と連携した政策や新規参入をしやすくするための技術のプラットフォーム化も必要と思われる。再生可能エネルギーの有効活用は世界レベルで求められ、性能だけでなく低コスト化も含め、世界トップクラスの技術開発を目指し、事業の推進に努めて頂きたい。

さらに熱分野のみならず、熱と電力など他の分野との統合・融通を実現する技術・システムの構築に向けた事業展開を目指し、地方の特性やニーズにマッチした技術開発、各種再エネ熱の効率的な組合せによるコスト低減策などを推進すると共に、地域に精通したシステムインテグレータの育成に努めていくことが重要と考える。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

地熱や太陽熱をはじめ、再生可能エネルギー熱について欧米諸国では、安価な技術を使用しつつ、その導入が積極的に進められている。国際再生可能エネルギー機関によれば、導入のためのキーテクノロジーとなるヒートポンプ技術については、2050年までに市場投入量を10倍とすることが必要とされている。本事業は、コストダウンを図りつつ、再生可能エネルギー熱の収集から、変換技術、最終端での活用技術までを一括したシステム化技術として研究開発、普及促進を図るものであり、2050年カーボンニュートラルの実現策の一つとして、事業内容・規模の観点からも妥当と思われる。

再生可能エネルギー熱利用は、経済的インセンティブがないこと、共通基盤技術の開発が求められることから、民間企業単独では事業性を見出すことが困難であることが多いため、NEDOの事業として遂行することは十分な妥当性があり、NEDOが中心となり、削減の明確な数値目標を設定して、その普及促進を図ることは、再生可能エネルギーの導入を一気に

進めている国策にも合致する。

エネルギー利用を取り巻く境界条件が大きく変わった現在においては、これまで実施済みのプロジェクトまで含めて、再生可能エネルギー熱利用における課題と必要な熱利用技術を改めて明確化し、その利用促進を図ることが重要と考える。

2. 2 研究開発マネジメントについて

コストについて実現に向けた数値目標を明確に設定している点、実施期間を設計、実証・改良、実用化技術開発と整理して技術開発を進めている点、8テーマを3グループに分類し、実績豊富な事業者／研究者を擁しつつ、効果的に開発企業、ユーザーサイド、大学の連携を行い事業化まで見据えた体制が取れている点、適時に外部有識者の意見を反映する技術委員会を実施し、適切に事業が展開されている点から NEDO のマネジメントは、適切であると考える。また、テーマ別に見ても事業ごとの開発計画、数値目標は妥当性がある。

今後は、トータルシステムとしてランニングコストやイニシャルコスト削減の真の成果と課題、コストダウンの比較対象を整理し、2030年までのトータルコスト削減、投資回数年数の目標達成により再エネ熱利用拡大がどの程度進むのか、その道筋を明確にすることを期待する。また、欧米とも競合しうる技術開発を目指すのであれば、外国特許の出願を実施すべきであり、出願の支援を NEDO が行うことを検討頂きたい。

2. 3 研究開発成果について

中間目標はすべてのプロジェクトで達成見込みであり、最終目標達成に向けた個別テーマの設定や数値目標が示され、道筋も明確なことから、妥当であると判断する。成果の普及についても学会やセミナー等を通じて積極的にプロジェクトの内容紹介等を進めている点は評価できる。

また、個々の研究テーマに対しても単体運転評価やシミュレーションによる評価にとどまらず、ZEB (Net Zero Energy Building) 実証棟や、新築、既築建築に実装して性能を検証している点、太陽熱利用について実運用している施設での信頼性の高いデータを取得している点、共通基盤技術について地中熱利用システムの設計に役立つ見かけの伝導率の推定手法を開発し全国三次元推定を行っている点など興味深い結果が得られている。さらに、クローズドループ方式のみならず、オープンループ方式でも使用できる統合型設計ツールの開発や深度 100m の注水実験など実用的に必要な技術開発を実施している点も評価できる。

今後は、普及に向け、それぞれのプロジェクト間での連携が図れるように工夫し、最大の成果が得られるように協力していくことや、個別機器だけでなく、システム全体としての効果発揮のために、個別機器の効果の影響度を比率で表す等、見せ方を工夫することを期待する。

また、研究成果のオリジナリティは基本的に特許であり、最終的には、テーマ数以上の特許出願が望まれる。

2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

コストや導入効果の観点から導入を躊躇する事業者に対して、導入前に、導入効果を検討できるツールがそろいつつあるなど、実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確に示されている点は評価できる。また、地中熱利用関連の事業に関し、二次側空調システムと地中熱の組み合わせなど、再生可能エネルギーを活用しやすいシステムとして検証する計画や、熱源水をループにしたシステムは再生可能エネルギーの不安定な側面をカバーしたシステムとして実用性が高く、評価できる。さらに、井戸情報のデータベース化、地中熱利用の設計に使用可能なツールの開発、建物システムと連成できる LCEM ツールの開発などは実用化に向け期待ができる。

一方、実用化・事業化計画の具体的内容を示せる様に、今まで再生可能エネルギー熱の普及を遅らせてきたコスト以外の要因を明確化し、それらを乗り越えられる方向性を示して頂いた上で、空気を熱源とする従来のヒートポンプと比較して対抗できる性能やコストを明確にして頂きたい。シミュレーション技術に関しては、個別事業の中で開発が進められているが、事業を横断できトータルとしての活用が進むような体制を作ることが肝要であり、シミュレーションを活用したデータベース等の構築を加速し、再生可能エネルギー熱が有効利用できる地域等を明確化することを期待する。

また、太陽熱や雪氷冷熱、下水熱などその他の未利用エネルギーとの組合せによる効率化が要求されると考えられるため、再エネ熱全体に精通した人材の養成も検討して頂きたい。

研究評価委員会委員名簿

(2022年1月現在)

	氏名	所属、役職
委員長	木の くにき 木野 邦器	早稲田大学 理工学術院 教授
委員	あさの ひろし 浅野 浩志	一般財団法人電力中央研究所 エネルギーイノベーション創発センター 研究アドバイザー 東海国立大学機構 岐阜大学 特任教授
	あたか たつあき 安宅 龍明	先端素材高速開発技術研究組合 (ADMAT) 専務理事
	かわた たかお 河田 孝雄	技術ジャーナリスト
	ごないかわ ひろし 五内川 拓史	株式会社ユニファイ・リサーチ 代表取締役社長
	さくま いちろう 佐久間 一郎	東京大学大学院 工学系研究科 教授
	しみず ただあき 清水 忠明	新潟大学 工学部工学科 化学システム工学プログラム 教授
	ところ ちはる 所 千晴	早稲田大学 理工学術院 教授 東京大学大学院 工学系研究科 教授
	ひらお まさひこ 平尾 雅彦	東京大学大学院 工学系研究科 化学システム工学専攻 教授
	まつい としひろ 松井 俊浩	情報セキュリティ大学院大学 情報セキュリティ研究科 教授 国立研究開発法人産業技術総合研究所 名誉リサーチャー
	やまぐち しゅう 山口 周	独立行政法人大学改革支援・学位授与機構 研究開発部 特任教授
よしもと ようこ 吉本 陽子	三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 政策研究事業本部 経済政策部 主席研究員	

敬称略、五十音順

研究評価委員会コメント

第67回研究評価委員会（2022年1月26日開催）に諮り、本評価報告書は確定された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の箇条書きは、評価委員の主な指摘事項を、参考として掲載したものである。

1. 総合評価

再生可能エネルギー熱は低質な熱源であるため、有効利用にはイニシャルコストが高く、民間企業にとってはリスクを伴う事業である。また、本開発は、国策にそった内容であることから NEDO が積極的に支援していることは妥当と考える。

国内外の実態を十分に調査・検討した上で事業目標と計画を立案し、国内を代表する地中熱の研究者、事業者を集め事業を実施しているほか、ほぼ全ての開発テーマが、達成すべき開発目標年度を明確にしながら適切なマネジメントにより、目標値を達成している。再生可能エネルギー熱の普及促進のための講演活動、セミナー等を積極的に進めている点も評価できる。各テーマとも低コスト化、高性能化に向けて新しい切口をもって事業を進めており、実用化の期待が持てる。

一方、今回のプロジェクトでは再生可能エネルギー熱活用技術のコストダウンが主眼となっているが、メリットが出る活用方法の明確化が要求される。また、地中熱は地域エネルギーであるため、普及促進のための地方自治体や関連省庁と連携した政策や新規参入をしやすくするための技術のプラットフォーム化も必要と思われる。再生可能エネルギーの有効活用は世界レベルで求められ、性能だけでなく低コスト化も含め、世界トップクラスの技術開発を目指し、事業の推進に努めて頂きたい。

さらに熱分野のみならず、熱と電力など他の分野との統合・融通を実現する技術・システムの構築に向けた事業展開を目指し、地方の特性やニーズにマッチした技術開発、各種再エネ熱の効率的な組合せによるコスト低減策などを推進すると共に、地域に精通したシステムインテグレータの育成に努めていくことが重要と考える。

<肯定的意見>

- ・ 本研究開発の“事業の位置付けや必要性”は国策にそった内容であり評価できる。
- ・ 再生可能エネルギー熱の活用には、低質なエネルギーであるにもかかわらずコストアップが伴う。このため、民間企業にとってはリスクを伴う事業となる。しかし、カーボンニュートラル実現のためにはその有効活用が不可欠である。このようなリスクを伴う事業に対して NEDO が積極的に支援していることは評価できる。
- ・ 再生可能エネルギー熱は低質な熱源であり、有効利用にはイニシャルコストが高く、コストの低減が必須である。“コストダウンを目標とする”技術開発は普及に大きく貢献できるといふ観点から評価できる。
- ・ 研究開発の運営は助成事業と委託事業に分類し、普及促進に必要不可欠な共通基盤技術開発まで進めている。また、達成すべき開発目標年度も明確にしながら、適切にマネジメントされており、評価できる。
- ・ ほとんど全ての開発テーマが目標値を達成しており、十分に評価できる。
- ・ 再生可能エネルギー熱の普及促進のための講演活動、セミナー等積極的に進めている点が評価できる。認知度をどれだけ上げられるかがポイントの一つである。
- ・ 各テーマは低コスト化、高性能化に向けて新しい切り口をもって事業を進めている。

- ・ 地中熱利用関連の事業については、地中熱（地下水）と相性の良いフリークーリングや輻射空調といった二次側空調システムと組み合わせるなど、再生可能エネルギーを活用しやすいシステムでの検証を進める計画であることなど大いに評価できる。
- ・ 熱源水をループにして再生可能エネルギー熱のいいところ取りを試みるシステムは、再生可能エネルギーの不安定な側面をカバーする実用性の高いシステムであると評価できる。
- ・ 共通基盤技術の開発においては、既存の井戸情報のデータベース化、今後地中熱利用の設計に使用できるツールの開発、それも建物システムと練成できる LCEM ツールの開発など、実用化に向けて期待感が膨らむ。

注) LCEM(Life Cycle Energy Management)

- ・ 地熱においては掘削コストなどを含めてイニシャルコストが高いというイメージが強い点を考慮し、低コスト化技術を、また、再生可能エネルギー熱源を組み合わせるの利便性に向けたシステムの開発は、1つの熱源で需要をカバーできない場合、また太陽熱のように変動があるシステムへの対応としてその意義は妥当だと考える。
- ・ 再エネ熱の利用拡大に向け、国内外の実態を十分に調査・検討の上で事業目標と計画を立案し、そこに国内を代表する地中熱の研究者、事業者を集め事業を実施している。
- ・ 中間評価段階における各研究の進捗は十分妥当なものであり、今後更に研究が進み、計画通りに実用化・事業化すると期待される。

<改善すべき点>

- ・ 再生可能エネルギーの活用という難しい問題の取り組みであり、今後の課題も見つけうる評価の方法が必要である。再生可能エネルギーの活用に対しては、引き続き継続的な技術開発が必要と考えているが、どこに課題が残されているのかもきちんと見えるように評価にもう少しメリハリが必要である。研究成果の評価は“目標値の達成度”だけでなく、“達成度の色分けや事業化見通しなど”も加えられることを望む。
- ・ また、本事業の成果の総合的まとめが実施されるべきと考える。評価のポイントを明確にし、技術開発の分類（個別技術、システム技術）、再生可能エネルギー（地熱）の熱源温度や利用温度、熱源採取の種類（浅層、中間層、熱交型式等）、利用熱の種類（冷房、暖房、給湯）などである。
- ・ 再生可能エネルギー熱活用技術のコストダウンが今回主眼となっている。しかし、最終的には、例えば空調であれば、通常製品に対してメリットが出る必要がある。地域差も大きなこともあり、一体どのような活用方法(システムや運用条件等)によって本当にメリットが出るのか明確化することが必要である。
- ・ 再生可能熱エネルギー利用システムに関する市場・ユーザーニーズがどこにあるかを再調査して、事業を進めることが望ましい（特にコスト、性能とコストのバランス点）。
- ・ コストダウンの比較対象が厳格でない点については少し改善の余地があると思われる。普及を目指すためには、何と比較してコストが見合うものであるべきか検討の余地がある。

- これまでのコメントと重複するが、もっと幅広い再生可能エネルギー熱をカバーできるような NEDO 事業に進化できたら更に良いかと思う。また、面的利用に向け、「送熱」に関する技術、システムの検討も有効かと思う。(以前事業としてあったと資料にあるが) 熱ではない再生可能エネルギー（電力）による蓄熱など、生産と消費を切り離せる技術開発も合わせて検討できればいいのではないかと思った。
- 将来の市場規模、コスト削減成果と再エネ熱利用拡大の道筋、地中熱ポテンシャルマップの効果等については、本事業実施の背景に関わるものであり、適宜検証して頂きたい。
- 再エネ熱利用拡大に必要となるシステムインテグレータについては、必要とされる具体的スキルや育成方法についても検討を進めて頂きたい。

<今後に対する提言>

- また、再生可能エネルギーの有効利用の取り組みは、国家的規模で行うべきあり、技術開発の背景や目標値は時代とともに変化するので、“エネルギー基本計画”などの政策を見据えて、単発の事業ではなく、継続性が重要と考える。
- 地中熱などの再生可能エネルギーは、低質で有効利用にはイニシャルコストが高いことは当然である。本事業が実施され、コストダウンの成果が得られてもシステムの事業化に当たっては、太陽光発電のような補助金などの大胆な公的な施策が必要と考えられる。
- 地中熱は地域に存在する地域エネルギーであり、このエネルギーの有効利用は、“地産・地消のエネルギー版”であり、地域の経済的振興にもつながることと思われるので、NEDO 事業実施の際には各方面（地方自治体庁舎、経産省、総務省、環境省など）に働きかけ、地域エネルギーの活用の面からも、実用化の促進に努めることを希望する。
- 現段階ではまずは再生可能エネルギー熱のコストダウンを主眼として事業が進められているが、ある段階からは、この活用によって従来技術よりも確実に温室効果ガス削減を実現できるシステムを選定し、その普及促進に弾みをつけさせるような政策が必要と考える。
- 現状では、個別の事業体が業務を遂行することが必要であるが、多様な事業体の参入を容易とするために、プラットフォーム化等が必要である。IoT 等を共通化することによって異分野、異システムの導入が可能となる。このようなことを可能とすることによって参画企業も増加し、コストダウンを可能としていくと考えている。
- 今後再生可能エネルギーの有効活用は世界レベルで求められる。特にアジア地域では、まだまだ再生可能エネルギーの活用にまで目が向けられていない地域も多数存在する。このような地域への普及促進も視野に入れ、NEDO のプロジェクト運営にあたっては、高性能だけでなく低コストも含め、世界トップクラスの技術開発を目指し、我が国が生き残れる研究成果（外国特許が多く取得できるレベル）が得られる事業の推進に努めるべきと考える。

注) IoT (Internet of Things)

- ・ 助成事業においてシステムの高性能化、インテグレーション、低コスト化を試みているが、地域や建物の用途、災害時対応や自然環境変化等によって要求が異なるので、統合設計ツールなどの設計手法にこれらの違い・個別に扱うべき要素をより正確に、そして柔軟に組み込むことができるようにすることが望ましい。
- ・ 各システムの性能の良さが汎用的なシミュレーション等の活用により、設計時点で定量化できると導入及び普及に弾みがつくと思われるため、一部の事業で既に取り組んでいるように **LCEM** をはじめとした汎用シミュレーションツールに反映させるなどするとよいと思う。

注) LCEM(Life Cycle Energy Management)

- ・ 更に再生可能エネルギー熱の導入に向けては政策誘導が必要となると考えているが、**NEDO** としては技術面からはセクターカップリングを念頭に、熱分野のみならず、熱と電力など他の分野との統合・融通を実現する技術・システムの構築に向けた事業を展開することによって、更なる再生可能エネルギー熱の社会での使い勝手が良くなり普及が進むきっかけになるのではないかと考えている。
- ・ 我が国は地方ごとに気候も地質も異なる為、再エネ熱の利用形態にも地域性がある。そこで、本事業における成果を基に、各地方の特性やニーズにマッチした技術開発、各種再エネ熱の効率的な組合せによるコスト低減策などを推進するとともに、各地方に精通したシステムインテグレータの育成に努めていくことが重要である。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

地熱や太陽熱をはじめ、再生可能エネルギー熱について欧米諸国では、安価な技術を使用しつつ、その導入が積極的に進められている。国際再生可能エネルギー機関によれば、導入のためのキーテクノロジーとなるヒートポンプ技術については、2050年までに市場投入量を10倍とすることが必要とされている。本事業は、コストダウンを図りつつ、再生可能エネルギー熱の収集から、変換技術、最終端での活用技術までを一括したシステム化技術として研究開発、普及促進を図るものであり、2050年カーボンニュートラルの実現策の一つとして、事業内容・規模の観点からも妥当と思われる。

再生可能エネルギー熱利用は、経済的インセンティブがないこと、共通基盤技術の開発が求められることから、民間企業単独では事業性を見出すことが困難であることが多いため、NEDOの事業として遂行することは十分な妥当性があり、NEDOが中心となり、削減の明確な数値目標を設定して、その普及促進を図ることは、再生可能エネルギーの導入を一気に進めている国策にも合致する。

エネルギー利用を取り巻く境界条件が大きく変わった現在においては、これまで実施済みのプロジェクトまで含めて、再生可能エネルギー熱利用における課題と必要な熱利用技術を改めて明確化し、その利用促進を図ることが重要と考える。

<肯定的意見>

- ・カーボンニュートラル実現に向けて、再生可能エネルギーの導入は世界的要請になる中で、再生可能エネルギー熱について地熱や太陽熱をはじめ、欧米諸国では、安価な技術をうまく使いながら、その導入が積極的に進められている。我が国でもエネルギー基本計画において再生可能エネルギー熱の積極的な導入が期待されている。再生可能エネルギー熱利用におけるキーテクノロジーとなるヒートポンプ技術については、国際再生可能エネルギー機関によれば、2050年までに市場投入量を10倍とすることが必要とされている。このような中で、コストダウンを図りながら、再生可能エネルギー熱を収集技術から、ヒートポンプをはじめとする変換技術、さらには、最終端での活用技術までを一括したシステム化技術として研究開発を実施するとともに普及促進を図ることは、事業として価値あるものである。また、ニッチな製品として開発を進めざるを得ない再生可能エネルギー熱利用システムは、コスト面が大きな壁となり、その活用が進んでいない。特にわが国では、完成度が高い技術を求めすぎてしまうふしがあり、コスト高によって普及が進まない状況であった。地中熱の利用となれば、掘削等も必要となり、一企業でその普及促進を目指すことすら厳しい。このような状況の中、NEDOが中心となり、コストを2023年までに20%削減、2030年までに30%以上削減する明確な数値目標を設定して、その普及促進を図ることは、再生可能エネルギー熱の普及を支援する事業は、再生可能エネルギーの導入を一気に進めている国策にも合致する。さらに、普及促進のために必要となる設計や評価に必要なツールまで開発し、広く公開していくことによって、コスト高等のために導入を躊躇するユーザーにも容易に活用できる技術を構築して

いくことは、公共性が高いものであるだけでなく、今後の再生可能エネルギーの普及への効果は絶大であり、高く評価できる。時間はかかってもオールジャパン体制で技術を進歩させ、コストダウンを実現し確実に国際的な競争力を高め、海外展開をも可能となるような技術に育て上げていくことは、NEDOの事業として価値あるものである。

- ・ 事業目的は再生可能エネルギー熱利用の普及に直接つながり、カーボンニュートラル2050の実現策の一つであって、事業内容・規模の観点からも妥当と思われる。
- ・ 再生可能エネルギーを電力に変換して利用するのではなく、再生可能エネルギー熱を熱のまま利用することは大変意義があるが、エネルギーの輸送において熱は電力に比べて劣後するため、より地産地消的な側面が重要になる。本事業は、オンサイトにおける地中熱及び太陽熱の利用に焦点をあてており、再生可能エネルギーの効果的な活用を目指したもので妥当といえる。
- ・ 年々厳しくなっている日本の気象条件を考えると、空冷ヒートポンプの更なる効率向上には困難が伴うと思われ、太陽熱や地熱(地下水)を利用したヒートポンプは、それに代わるものとして大変期待される。
- ・ 普及させることを念頭に、コストダウンにつながる機器開発及び施工方法についての研究も本事業に包含されており評価できる。
- ・ 再生可能エネルギーの熱利用は、地域に合わせた設計が不可欠であるが、設計に役立つ共通基盤技術の開発を、案件ごとに収支の向上を迫られる民間プロジェクトに求めることは無理があり、その部分をNEDOの事業として遂行することは十分な妥当性がある。
- ・ 再生可能エネルギー熱利用は、電力においてのFITのような全般的な経済的インセンティブがないことから民間企業など単独ではなかなか事業性を見出すことができない場合が多い為、導入、及び技術開発のインセンティブが少ないと考えられる。そのため、事業の目的、及びNEDOが主導で事業を展開する、妥当性は認められると考えられる。

注) FIT (Feed in tariff)

- ・ 地中熱等の再エネ熱の直接利用は、優れた省エネ性を有することから、その利用拡大を事業目的とすることは妥当である。
- ・ 地中熱利用には、認知度、設備導入コスト、事業者・人材、地下地質情報、設計手法など未だに課題が多くある為、本事業で「熱が賦存する地域の特性を活かした利用の取組を推進していくこと」は重要である。
- ・ 再エネ熱の親和性については、ZEB・ZEH、地域レジリエンス等の施策に限らず、脱炭素に向けた国及び地方自治体の各施策ともマッチングし、本事業で確立された技術が活用されることが期待される。
- ・ 事業計画においては、諸外国の先進事例、国内技術の開発動向と優位性、国内基準等の整備状況を踏まえ、解決課題をよく整理されていて妥当である。

注) ZEB (Net Zero Energy Building)、ZEH (Net Zero Energy House)

<改善すべき点>

- 今後、再生可能エネルギー熱の利用を促進するためには、もう少し多様な熱利用技術が必要ではないであろうか？例えば、河川水利用も一時期は技術開発が進められたが、現在はその利用はなかなか進んでいない。エネルギー利用を取り巻く境界条件が大きく変わった現在においては、これまで実施済みのプロジェクトまで含めて、再生可能エネルギー熱利用における課題を改めて明確化し、その利用促進を図ることが重要と考える。
- コストダウンを 2023 年までに 20%削減、2030 年までに 30%以上削減する明確な数値目標を設定していることは、評価できるが、絶対的なコストについても吟味が必要であろう。本プロジェクトでもその用途の大半は大手メーカーが参入し、コスト的にも限界に近いところまで技術革新が進んでいる空調、給湯が用いられるため、ユーザーがそれらにかけられるコストは限定的なのが通例だからである。たとえコストダウンが進んでも、絶対的なコストに対して乖離が大きければ、その普及は進まないであろう。
- 再生可能エネルギー熱は、その用途や利用地域による利用条件によって性能改善効果等も大きく異なる。画一的な数値ではなく、もう少しきめ細かく範囲を設定し、目標を変えてもよいと考える。
- 共通基盤技術を有効活用して、再生可能エネルギー熱の利用効果がどこにあるのかさらに明確にする必要があると思われる。共通基盤技術をより使いやすく、しかもアクセスしやすい体制を構築することが必要となろう。
- 助成事業の要素が強くないよう最終目標をより明確にし、再生可能エネルギー熱利用システムの普及のための目標達成をプロジェクトとして目指すことが望ましい。
- コストダウンの比較対象が厳格でない点については少し改善の余地があると思われる。普及を目指すためには、何と比較してコストが見合うものであるべきか検討の余地があるろう。
- 委員長の話に「海外では簡単な（熱利用の）技術を導入している」とあったが、正にそれが熱利用の真意であって、難しい技術がなくても実現できるということも事実である。技術開発等を支援する NEDO の事業に対して「熱利用には新技術が必ずしも必要ない」とコメントするのはどうかと思うが、最終的な再生可能エネルギー熱の在り方を描き、システム志向のもと、新技術の開発のみならず、既存の技術の組み合わせ、デジタル化、デマンドレスポンスなど検討する事業に進化して頂ければと思う。
- 2030 年の市場規模は地中熱で 2,453 億円としているが、その見込みの確からしさについて説明が必要に感じる。

2. 2 研究開発マネジメントについて

コストについて実現に向けた数値目標を明確に設定している点、実施期間を設計、実証・改良、実用化技術開発と整理して技術開発を進めている点、8 テーマを 3 グループに分類し、実績豊富な事業者／研究者を擁しつつ、効果的に開発企業、ユーザーサイド、大学の連携を行い事業化まで見据えた体制が取れている点、適時に外部有識者の意見を反映する技術委員会を実施し、適切に事業が展開されている点から NEDO のマネジメントは、適切であると考える。また、テーマ別に見ても事業ごとの開発計画、数値目標は妥当性がある。

今後は、トータルシステムとしてランニングコストやイニシャルコスト削減の真の成果と課題、コストダウンの比較対象を整理し、2030 年までのトータルコスト削減、投資回数年数の目標達成により再エネ熱利用拡大がどの程度進むのか、その道筋を明確にすることを期待する。また、欧米とも競合しうる技術開発を目指すのであれば、外国特許の出願を実施すべきであり、出願の支援を NEDO が行うことを検討頂きたい。

<肯定的意見>

- 研究開発の NEDO のマネジメントは、全般的に適切に運営されたと判断する。以下に個別にこのように判断した理由を述べる。
 - 目標：再生可能エネルギー普及を妨げている最大の障壁はコストである。そこで、投資回収年をもとに 2023 年までに 20%コスト削減、2030 年までにコスト 30%以上削減と明確な目標を定め、この実現に向けた数値目標を明確に設定している。
 - 計画：実施期間を設計、実証・改良、実用化技術開発とよく整理して技術開発を進めている点を評価できる。また、NEDO 側で予算規模に関しても助成事業、委託事業を区分して、助成事業では、トータルシステム化を実施しうる予算、委託事業においては、大学を中心に共通基盤技術の開発が可能となる予算が適切に配分されている。
 - 実施体制：8 テーマを 3 グループに分類し、助成事業においては、再エネ取得側の開発企業、ヒートポンプ等の開発企業、さらには、エネルギー利用の最終端の建築ユーザーサイド、基礎的な研究を実施する大学の連携が効果的になされている。委託事業については、大学が中心となりそれぞれの大学が得意とする分野をうまく生かしながら、効果的に公共性の高いツール開発がなされている。コンソーシアムも有意義に機能し、事業が展開できていることがうかがえる。
 - 進捗管理：適時に外部有識者の意見を運営管理に反映する技術委員会を実施している。特段遅れ等もなく適切に事業が展開されているようである。
 - 知的財産戦略：中間評価までに得られた技術内容およびコスト低減寄与率などの成果を考慮するとマネジメントは適切であると考える。
- 研究開発目標の妥当性に関し、地中熱ヒートポンプ給湯機、地中熱直膨式ヒートポンプ機の開発については、機器開発のみではなく、普及対象を小規模建築物にしていることもあり、簡易な施工技術につながる開発計画は評価できるし、目標についても、それぞれの事業ごとに判定が可能な数値的な目標を設定しており妥当性がある。

- ・ ZEB や ZEH のような省エネルギー建築物と再生可能エネルギーを組み合わせることは理にかなっており、実証施設において、その効果を確認するとともに、施工も含めたトータルコスト低減に踏み込んだ開発計画は評価に値する。目標設定も最終目標として高い目標レベルを設定していることも評価できる。
- ・ 熱源水ループを用いた太陽熱のトータル利活用システムについては、試作機製作が終了しており、今後実証システムにおける性能評価が期待される。産学一体の実施体制も客観的な評価ができる体制として大いに評価できる。
- ・ 地中熱利用システムの普及を目指して、共通基盤技術を研究開発している事業において、見かけの熱伝導率の推定手法や簡易 TRT の開発や統合型設計ツールの開発については大変意義があり、また実用化後のインパクトも大きいと思われ、事業計画や目標設定について大いに評価できる。

注) ZEB (Net Zero Energy Building)、ZEH(Net Zero Energy House)、TRT(Thermal Response Test)

- ・ 研究開発の実施体制に関して、事業化まで見据えた体制が取れていると感じた。建物に適応する技術の開発が含まれていたが、日本では施工者の規模によって導入・対応ができる技術・システムが異なるので実際施工できる企業が関わっている点、出口戦略が明確になっている点は評価に値する。
- ・ 研究開発目標については、施工コストの低減化に向けたシステム開発、機器開発が進められている他、広く地中熱導入に資する熱応答試験法、設計ツールの開発等も進められているなど、地中熱利用拡大に向けての課題を縦断的横断的に網羅した目標設定がなされていて妥当である。
- ・ 研究開発計画については、各事業の研究開発、試験内容から見てその期間は十分かつ妥当である。
- ・ 研究開発の実施体制については、地中熱の導入・設計・施工の各段階、住宅から事業所・工場に至る広い導入対象、オープン・クローズドの利用形態など地中熱利用を網羅し、かつ実績の豊富な事業者、研究者を擁していて概ね妥当である。
- ・ 研究開発の進捗管理については、学会発表の他、プレスリリースも活用するなど NEDO 事業の取組を広く発信し、関心のある建設や空調等関係者の目に触れる工夫もなされ、認知度向上の面からも妥当である。

<改善すべき点>

- ・ 研究開発項目の達成度がほぼ○(△も想定した期間内には○となる予定)であったことから、マネジメントもうまく機能していたものと推測される。一方で、得られた定量的成果がまだ断片的であるため、どこまで本当に達成されたかについては、少々疑念も残る。中間評価の時点で判断はできないが、残りの期間で、きちんと成果を整理し、トータルシステムとしてランニングコストやイニシャルコスト削減の真の成果と課題を明確化いただきたい。達成度の見せ方も工夫が必要である。

- 研究開発が始まったばかりであるが、特許出願が 2 件と少ないことが気がりである。もう少し特許出願に向けた努力がなされるべきであろう。また、欧米とも競合しうる技術開発を目指すのであれば、それなりの外国特許の出願を実施すべきであるので、何らかの外国特許の出願の支援を NEDO が行うと効果的ではないか。
- 再生可能エネルギー熱を導入する側に力点が置かれているが、再生可能エネルギー熱利用トータルシステムの性能を決める機器が適切に使われているか、適切に制御等の情報提示がすくなかった。ヒートポンプ等は問題なく動作していることが前提とされているのかもしれない。
- コスト削減のための技術開発事業であるから、その目標の設定、実現の基準をより明確にすると事業の進捗状況を把握しやすくなると思われる。
- 一部の事業において、熱交換器などの要素技術を粛々と開発する一方で、最終目標を達成するためにシステム検討や制御システムの検討が急がれる案件については、今後早めに具体的な設計案を作成して検証段階に進めることを期待する。
- 開発目標に関して、広く社会で使える技術・システムを提供できるようにするには、投資回収年数が 14 年というのは民間企業としてなかなか導入に踏み切れないのでは。(導入に対しての補助金が提供され、投資回収年数が改善する可能性はあると思われるが。)
- 研究開発目標については、2030 年までにトータルコストを 30%以上削減、投資回収年数を 8 年以下と設定しているが、この目標達成で再エネ熱利用拡大がどの程度進むのか、その道筋が不明瞭に感じる。

<今後に対する提言>

- 目標が従来技術に対してとされているが、ヒートポンプ等は通常のエアコンやヒートポンプに対する比較すなわちある程度の絶対的な評価もせざるを得ないであろう。エアコン等はすでにかんりの技術革新が進み、大幅なコストダウンも進んでいる。一方で、再生可能エネルギー熱に使われるヒートポンプは、特注品に近いものとなり、なかなかコストダウンが進まないのが現状である。今回のプロジェクトを通じてヒートポンプ技術のプラットフォーム化等も進めることも必要であろう。
- 今回は、まずは、再生可能エネルギーの取得段階から、ヒートポンプ等の変換、二次側利用サイドまで一貫できる体制で技術開発を進めており、現段階では最善の方法と考える。次の段階では、IoT 等を使ってデジタル化を実現し、ある特定の企業や企業グループで一貫しなければ再生可能エネルギー熱利用が実現できないようにするのではなく、異企業間、異システム間でも容易に接続を可能とし、多様な企業の参画を可能とすることが必要であろう。
- 単に中小企業だけでなく、大手企業の参画も必要であろう。再生可能エネルギー熱の利用にはヒートポンプ技術が多くの場合活用されるが、中小企業と大手企業とヒートポンプ技術の開発力の差が大きいと感じるからである。これらの競争もあって初めて技術の進展があると考えている。

- コストに関しては、まだ、欧米と比べて差があると考えている。そもそも普及件数や製品品質が大きく異なることもあるが、これらとの違いをもう一度精査し、改めて必要な課題を明確化して欲しい。

注) IoT (Internet of Things)

- 実用化、そして普及に向けて **NEDO** から政策提言することを検討されることが望ましい。普及、特に戸建て用としてはより一層のコスト低減（あるいはユーザに対する助成事業）が必要と思われるが、今後は他の再生可能エネルギー利用システムとのより確度をもったコスト、性能比較が必要。
- 今回は中間評価であるため、一部の事業で、最終目標に上げた数値目標に対して中間目標は多少定性的な要素になっている。今後も進捗を管理して、最終目標を達成するべく柔軟な工夫を凝らして欲しい。
- 再生可能エネルギー熱という着眼点は、これから日本がカーボンニュートラルを目指すにあたって必ず必要である。幅広い再生可能エネルギー熱源も積極的に検討して欲しい。また、面的利用にもあまり検討が至っていない為、是非検討して貰いたい。
- 「システム導入に関わる上流や下流までのプレイヤー間や業界団体、地域との連携を図ることが効果的」はその通りである。本事業のいくつかは、北海道・東北地方の寒冷地を中心に進められているが、今後は全国の各地方単位の固有課題、固有ニーズを地域地中熱団体と連携して掘り起こし、そこに焦点を当てた技術開発が推進されることに期待したい。

2. 3 研究開発成果について

中間目標はすべてのプロジェクトで達成見込みであり、最終目標達成に向けた個別テーマの設定や数値目標が示され、道筋も明確なことから、妥当であると判断する。成果の普及についても学会やセミナー等を通じて積極的にプロジェクトの内容紹介等を進めている点は評価できる。

また、個々の研究テーマに対しても単体運転評価やシミュレーションによる評価にとどまらず、ZEB (Net Zero Energy Building) 実証棟や、新築、既築建築に実装して性能を検証している点、太陽熱利用について実運用している施設での信頼性の高いデータを取得している点、共通基盤技術について地中熱利用システムの設計に役立つ見かけの伝導率の推定手法を開発し全国三次元推定を行っている点など興味深い結果が得られている。さらに、クローズドループ方式のみならず、オープンループ方式でも使用できる統合型設計ツールの開発や深度 100m の注水実験など実用的に必要な技術開発を実施している点も評価できる。

今後は、普及に向け、それぞれのプロジェクト間での連携が図れるように工夫し、最大の成果が得られるように協力していくことや、個別機器だけでなく、システム全体としての効果発揮のために、個別機器の効果の影響度を比率で表す等、見せ方を工夫することを期待する。

また、研究成果のオリジナリティは基本的に特許であり、最終的には、テーマ数以上の特許出願が望まれる。

<肯定的意見>

(1) 研究目標の達成度

- ・ ほとんど全ての開発テーマが目標値を達成しているか、達成可能とされており、評価できる。

(2) 最終目標の達成可能性

- ・ 中間目標もすべてのプロジェクトで達成見込みであり、最終目標達成に向けた個別テーマの設定や数値目標が示され道筋も明確なことから、妥当であると判断する。

(3) 成果の普及

- ・ 学会やセミナー等を通じて積極的にプロジェクトの内容紹介等を進めていることは評価できる。また、展示会等を通じてビジネスマッチング等実施していることも評価できる。再生可能エネルギー熱については、非常にコスト高のイメージを持たれてしまっていることもあるので、普及のための地道で継続的な取り組みが必要不可欠である。

(4) 知財の取組

- ・ 実用化に向けての開発は十分なレベルで行われていて、多くの中間目標を達成している。
- ・ 研究開発したシステムを、単体運転評価やシミュレーションによる評価にとどまらず、ZEB 実証棟や、新築、既築建築に実装して性能を検証している点については評価できる。
- ・ 太陽熱利用については、実運用している施設での実証となり、今後得られるデータは信頼性が高く、ゆえに普及に向けたインパクトも大きい。

- ・ 共通基盤技術については、見かけの伝導率の推定手法を開発し、全国三次元推定を行うなど、地中熱利用システムの設計に大いに役立つ。また、大口径水井戸や大深度 BHE に適用可能な TRT 装置を開発し、4 カ所で実際に大深度に設置することになっており、試験方法の検討が期待される。
- ・ クローズドループ方式のみならず、オープンループ方式でも使用できる統合型設計ツールを開発するとともに、深度 100m の注水実験を行うなどして還元可能性の判断指標の検討など実用的に必要な技術開発を鋭意すすめていて評価できる。
- ・ 成果については、論文やメディアにリリースして告知広報をしている点も大いに評価できる。

注) ZEB (Net Zero Energy Building)、BHE(Borehole Heat Exchanger)、TRT(Thermal Response Test)

- ・ 実用化に向けては事業全体を通して見通しがあると感じた。
- ・ 研究開発目標の達成度及び研究開発成果については、各研究開発テーマとも、中間段階における課題を見出し、解決に向けて取り組んでいて、現時点では十分妥当である。

<改善すべき点>

- ・ 現在まだ、中間評価の段階であることを考慮しても、特許については 2 件の出願であり、8 件のプロジェクトを実施しているわりには少ないと思われる。研究成果のオリジナリティは基本的に特許であり、最終的にはテーマ数以上の特許出願 (8 件) を望む。
- ・ 共通基盤技術がかなり進展したように見受けたが、その普及に向けた取り組みはもう一つよくわからなかった。また、複数のプロジェクトで似たような取り組みがなされているようにも見受けられる。それぞれのプロジェクト間での連携が図れるように工夫し、最大の成果が得られるように協力すべきであろう。
- ・ 本プロジェクトにおいては、システム全体としてエネルギー取得のところから、活用段階まで総合的観点から事業が進められたことは評価できる。しかし、個別機器の効果や結果的にシステム全体としてどのような効果があったのかよくわからないこともしばしばあった。真に効果的技術がどれに当たるのか等、評しにくい点があったので個別機器の効果の影響度を比率で表す等見せ方を工夫することも必要である。
- ・ 中間評価の段階であることを配慮しても論文の発表が全くないプロジェクトがあることはやはり問題である。再生可能エネルギー熱については、普及に向けて、効果的な宣伝も必要である。論文発表も普及を支援する重要な方法の一つであるので、積極的な発表を期待するところである。
- ・ 普及に必要な市場ニーズを十分にヒアリングできているか、やや疑問に思われる。
- ・ 一部の事業において、コストダウンの比較対象が厳格でない点があり、改善の余地があると思われる。普及させることを念頭にした場合、何と比較することが必要か、検討の余地はあると思う。
- ・ 研究の進捗に関して、社会で使える技術を開発するという観点から、新聞や雑誌で取り上げてもらうのは重要だと思うが、国費を使った研究開発であり知的財産を重要視すべ

きだと思ふことから、特許出願がもう少しあった方がいいかと思ふ。

- ・ 共通基盤技術開発にある大深度掘削及び簡易 TRT の試みについては、コスト、施工性、適用性、効果等について従来技術との比較検証を十分に行い、技術の確立と普及を目指して頂きたい。

注) TRT(Thermal Response Test)

<今後に対する提言>

- ・ 今回地中熱の利用が中心となっているが、太陽熱(1件)、温泉熱(1件)、河川、下水熱利用のあたりについても複数の事業を実施し、コストダウン方法について積極的な関与があってもよかったと思ふ。これらについては、事業提案がない、あるいは、事業にはならないのが実情なのか。特に太陽熱利用は中国では、国策として急速に発展したが、国策としての支援がほぼなくなってしまった日本においては、急速に市場が収縮し最近では地方でもあまり見かけなくなってしまった。NEDOによる研究開発支援や助成金等の効果的な国の支援が必要であろう。
- ・ 評価、設計ツールも熱伝導推定、温泉水循環等も含めて、再生可能エネルギー熱全般について統合評価が可能なツールの検討もされていることは評価できる。これらをプロジェクト終了後も引き続き維持管理していく体制についてまで早めに検討を進めることを期待する。今後作成されたツールがばらばらと異なる団体で管理されるようなことになると結局ほとんどその効果が発揮されなくなってしまうと危惧する。
- ・ 特許出願（外国特許も含む）を支援する何らかのマネジメントを実施することを望む。
- ・ 再生可能エネルギー熱は地域等によって効果が異なる。これらが、シミュレーション技術によって前もって明確となれば、その普及に大いに効果があるので、これをもっと積極的に活用できるようにも支援し、データベース、マップ化等がより速く進む方策を検討いただくとよい。
- ・ 市場・ユーザーからのコメントを参考にして実用化、事業化のための最終目標を明確にすることが望しい。
- ・ 各事業で得られた成果については、論文や技術報告などの方法の他にも、できるだけ平易な広報をしていただきたい。設計者や施工者のみでなく、技術者ではない施主に、技術的な理解を求めるには、わかりやすい説明が必要で、開発者のリリース等があると設計者も説明に用いることができるし普及につながると思う。
- ・ 成果の普及に関しては、開発段階の技術等でまだ社会に技術に関して評価としては難しいと思うが、社会における認知度もしくは業界における認知度など考慮できるような指標があったらよいのではないかと思った。
- ・ 技術開発が進むにつれ、システムが高度化・複雑化することにより、点検等を含む維持管理コストが従来技術に比べ上昇することの無いよう留意する。
- ・ 共通基盤技術開発の成果は、全国の地中熱利用拡大とコスト縮減への貢献が期待されるものであり、より早期の目標達成が望まれる。

2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

コストや導入効果の観点から導入を躊躇する事業者に対して、導入前に、導入効果を検討できるツールがそろいつつあるなど、実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確に示されている点は評価できる。また、地中熱利用関連の事業に関し、二次側空調システムと地中熱の組み合わせなど、再生可能エネルギーを活用しやすいシステムとして検証する計画や、熱源水をループにしたシステムは再生可能エネルギーの不安定な側面をカバーしたシステムとして実用性が高く、評価できる。さらに、井戸情報のデータベース化、地中熱利用の設計に使用可能なツールの開発、建物システムと連成できる LCEM ツールの開発などは実用化に向け期待ができる。

一方、実用化・事業化計画の具体的内容を示せる様に、今まで再生可能エネルギー熱の普及を遅らせてきたコスト以外の要因を明確化し、それらを乗り越えられる方向性を示して頂いた上で、空気を熱源とする従来のヒートポンプと比較して対抗できる性能やコストを明確にして頂きたい。シミュレーション技術に関しては、個別事業の中で開発が進められているが、事業を横断できトータルとしての活用が進むような体制を作ることが肝要であり、シミュレーションを活用したデータベース等の構築を加速し、再生可能エネルギー熱が有効利用できる地域等を明確化することを期待する。

また、太陽熱や雪氷冷熱、下水熱などその他の未利用エネルギーとの組合せによる効率化が要求されると考えられるため、再エネ熱全体に精通した人材の養成も検討して頂きたい。

<肯定的意見>

- ・ カーボンニュートラル実現に向けて、再生可能エネルギーの導入は、世界的にも最重要であり、エネルギーの最終利用の 50%が熱であることを考慮すれば、再生可能エネルギー熱の市場規模は十分大きなものとする。一方で、コストに見合う効果が得られにくいことから、市場拡大ができなかった中で、このコストダウンを図ろうとするこの事業の方向性は明確であり、大いに成果が期待される。
- ・ 全体として、プロジェクト実現に必要な細目がきちんと提示されるとともに、それぞれに対して具体的な中間目標、最終目標が数字的に明示され、その根拠まで提示されていることが評価できる。
- ・ 助成事業では、ほとんどのプロジェクトで、再生可能エネルギー熱の取得段階から、エネルギー変換、二次側利用サイドに至るまで再生可能エネルギー熱利用のプロセス全体を構築しうるように複数の企業体で事業が実施しており、事業化を明確に目指した事業であることがうかがえる。
- ・ 地中熱の利用については、対象によって地中の状況が全く異なるため、熱の掘削、熱交換器の設置等にもコストがかかるなかで、そのコストダウンを可能とする様々な方式が提案されている。これによってより多くの対象に対応できるようになり、市場ニーズに合致するとともに、成長も期待できる。
- ・ 委託事業としての共通基盤事業は、コストや導入効果の観点から導入を躊躇する事業者に対して、導入前に導入効果を検討できるツールが揃いつつある。これらは、市場ニ-

ズに合致するとともに、波及効果を期待できる。

- 目標項目は達していると思われるが、実用化、事業化に対する達成度を評価する際に数値的にやや把握しにくい。
- 各事業の殆どが、最終目標の達成に向けて設定された中間目標をクリアしている。全体として十分評価できる。
- 地中熱利用関連の事業については、地中熱（地下水）と相性の良いフリークーリングや輻射空調といった二次側空調システムと組み合わせるなど、再生可能エネルギーを活用しやすいシステムでの検証を進める計画であることなど大いに評価できる。
- 熱源水をループにして再生可能エネルギー熱のいいところ取りを試みるシステムは、再生可能エネルギーの不安定な側面をカバーする実用性の高いシステムであると評価できる。
- 共通基盤技術の開発においては、既存の井戸情報のデータベース化、今後地中熱利用の設計に使用できるツールの開発、それも建物システムと練成できる LCEM ツールの開発など、実用化に向けて期待感が膨らむ。

注) LCEM(Life Cycle Energy Management)

- 実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確に示されていると感じた。
- 再エネ熱の低コスト化技術開発の各テーマは、何れも検証が進みほぼ実用化段階に達しているものと判断できるほか、事業化計画も明示されているなど妥当である。
- 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発については、実用化には至っていないものの、中期目標及び最終目標とも達成見込みであり問題はない。
- 全体を通じて、事業後半において再エネ熱普及拡大のための行動計画策定も予定されていて妥当である。

<改善すべき点>

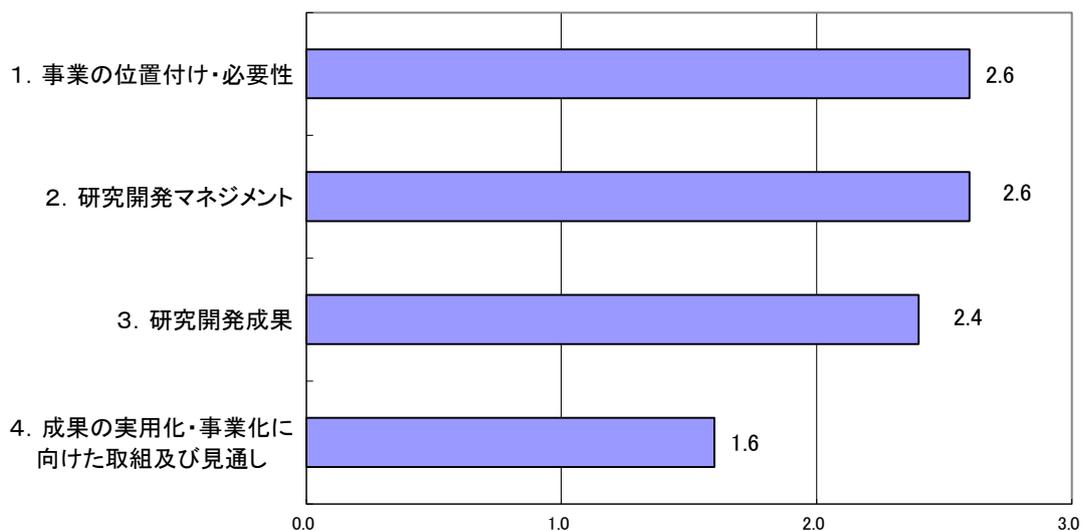
- もう少し、実用化や事業化計画の具体的内容を示していただきたい。コスト以外で今まで再生可能エネルギー熱の普及を遅らせてきた要因を明確化し、それらを乗り越えられる方向性も示していただくとよい。
- 最終的には、ヒートポンプを中核技術として熱利用の性能改善がなされるので、空気を熱源とする通常のヒートポンプと比較して本当に性能が良いのか、それらに対抗できるコストはどの程度なのかがやはり不明確な点がある。一般的なヒートポンプとの比較も必要である。これによって、どうしても従来技術を超えられないのであれば、何らかの国策的支援も必要であろう。
- シミュレーション技術が進展してきているが、個別にばらばらと開発がなされている。これでは、その活用があまり進まないのではないか？ユーザーがより使いやすくなるようにきちんと整理され、これらがトータルとして再生可能エネルギー熱の有効活用に活用されるような方策を検討するとよい。この整理こそが大きな波及効果を生み出すものとする。

- ・コスト低減が最終目標なので、目標の基準を付け加えて達成度を明確に評価できるようにすることが望ましい。
- ・一部事業原簿のマイルストーンと乖離している点があったため、修正願いたい。
- ・建物における技術開発の場合、ストックの増・改築及び新築の両方にどのように対応できるのか、どちらかを想定しているのかを明確にすることにより、事業化においてイメージしやすいかと感じた。
- ・事業化に向けてはシステムインテグレータが必要としているが、その役割、誰をどのように育成していくなど、今後、より具体的に検討して頂きたい。

<今後に対する提言>

- ・事業終了の最終年度から終了後の数年間に、委託先企業と共同で事業化ワーキングなど実施し、事業化を支援いただきたい。また、ワーキングの運営に当たっては、資金的支援も必要と考える。
- ・シミュレーション技術に関しては、個別事業の中でも開発が進められているが、事業を横断できトータルとしての活用が進むような体制を作るべきである。
- ・シミュレーション技術の活用に対する支援も行い、データベース等の構築を加速し、再生可能エネルギー熱が有効利用できる地域等を明確にしていくべきである。
- ・コスト的にまだ厳しいデバイスやシステムが多々あると考えている。これらに対しては、今回のような単発の事業だけで対応できるわけではない。再生可能エネルギー熱のさらなる普及促進に対しては、広く補助金等の普及支援も必要である。
- ・採用したシステムの長所をより明らかにすることが実用化につながると思われる（インテグレーションされているために各要素の実用化・事業化における長所がややわかりにくい）。
- ・一部の事業において、中間時の目標設定が数値化されていない事業もあるが、中間での設定であるため止むを得ない部分もあり、今後事業の進捗とともに目標達成に近づくことを期待したい。
- ・事業全体の評価の繰り返しにはなるが、熱利用を例えば建物や工場単体で行うのか、もう少し面的に行うのがいいのか、の評価が今後必要かと感じた。例えばいきなり面的利用でなくても、建物を（少ない数）複数を含めた実証を行うなど、建物単位では見えなかった課題が見えてくるのではと思う。
- ・これからの再エネ熱の利用拡大には、地中熱単独ではなく、太陽熱や雪氷冷熱、下水熱などその他の未利用エネルギーと組合せによる効率化も必要となる。従って、事業化に必要なシステムインテグレータの育成に際しては、再エネ熱全体に精通した人材の養成も視野に入れておく必要があるのではないか。

3. 評点結果



評価項目	平均値	素点 (注)				
		B	A	A	B	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.6	B	A	A	B	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.6	B	A	A	B	A
3. 研究開発成果について	2.4	B	A	A	B	B
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	1.6	C	B	B	C	B

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

第2章 評価対象事業に係る資料

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」

事業原簿【公開】

担当部	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー部
-----	--------------------------------------

目次

概要.....	概要-1
プロジェクト用語集.....	用語集-1
I. 事業の位置付け・必要性について.....	I-1
I.1 事業の背景・目的・位置付け.....	I-1
I.1.1 事業の背景.....	I-1
I.1.2 事業の目的、意義.....	I-1
I.1.3 事業の位置付け.....	I-1
I.2 NEDO の関与の必要性・制度への適合性.....	I-1
I.2.1 NEDO が関与することの意義.....	I-1
I.2.2 実施の効果.....	I-2
II. 研究開発マネジメントについて.....	II-1
II.1 事業の目標.....	II-1
II.2 事業の計画内容.....	II-2
II.2.1 研究開発の内容.....	II-2
II.2.1.1 事業全体の研究開発の内容.....	II-2
II.2.1.2 研究開発テーマ毎の研究開発の内容.....	II-3
(1.1) 給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの 研究開発.....	II-3
(1.2) 直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減 技術の開発.....	II-6
(1.3) ZEB 化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究 開発.....	II-11
(1.4) 寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプ システムの技術開発.....	II-14
(2.1) 天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・ 性能向上技術の開発.....	II-17
(2.2) 温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムの トータルコスト低減技術開発.....	II-19
(3.1) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの 開発・規格化.....	II-23
(3.2) オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究.....	II-28
II.2.2 研究開発の実施体制.....	II-31
II.2.3 研究開発の運営管理.....	II-36
II.2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性.....	II-44
II.3 情勢変化への対応.....	II-44
II.4 評価に関する事項.....	II-44

Ⅲ. 研究開発成果について	Ⅲ-1
Ⅲ. 1 事業全体の成果.....	Ⅲ-1
Ⅲ. 1. 1 研究開発項目毎の成果 (2021. 7 現在)	Ⅲ-1
Ⅲ. 1. 2 知的財産等の取得、成果の普及	Ⅲ-3
Ⅲ. 1. 3 個別テーマ毎の成果(まとめ)	Ⅲ-4
Ⅲ. 2 個別テーマの成果の概要	Ⅲ-8
(1. 1) 給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究 開発.....	Ⅲ-8
(1. 2) 直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の 開発.....	Ⅲ-12
(1. 3) ZEB 化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発.	Ⅲ-15
(1. 4) 寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステム の技術開発.....	Ⅲ-18
(2. 1) 天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・ 性能向上技術の開発.....	Ⅲ-20
(2. 2) 温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムの トータルコスト低減技術開発.....	Ⅲ-22
(3. 1) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・ 規格化.....	Ⅲ-25
(3. 2) オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究.....	Ⅲ-29
Ⅳ. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	Ⅳ-1
Ⅳ. 1 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	Ⅳ-1
Ⅳ. 1. 1 事業全体の実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	Ⅳ-1
Ⅳ. 1. 2 研究開発テーマ毎の実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて.....	Ⅳ-2
(1. 1) 給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究 開発.....	Ⅳ-2
(1. 2) 直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減 技術の開発.....	Ⅳ-4
(1. 3) ZEB 化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発	Ⅳ-5
(1. 4) 寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプ システムの技術開発.....	Ⅳ-6
(2. 1) 天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・ 性能向上技術の開発.....	Ⅳ-9
(2. 2) 温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムの トータルコスト低減技術開発.....	Ⅳ-10
(3. 1) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・ 規格化.....	Ⅳ-12
(3. 2) オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究.....	Ⅳ-14

(添付資料)

- 添付資料 1 プロジェクト基本計画
- 添付資料 2 事前評価結果
- 添付資料 3 特許論文リスト

概要

		最終更新日	2021年8月3日
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	再生可能エネルギー熱にかかるコスト低減技術開発	プロジェクト番号	P19006
担当推進部/ 担当者	新エネルギー部/ 統括主幹 (PM) 権藤 浩 (2019年4月～2019年6月) 統括主幹 阿部 一也 (2019年7月～2021年6月) 統括主幹 月舘 実 (2021年7月～2021年8月現在) 主査 (PM) 谷口 聡子 (2019年4月～2021年8月現在) 主査 永石 孝司 (2019年4月～2020年4月) 主査 藤田 敬一 (2019年4月～2020年3月) 主査 津留崎 一洋 (2020年5月～2021年8月現在) 主任 上本 雄也 (2019年4月～2021年3月) 主任 嵯峨山 巧 (2021年4月～2021年8月現在)		
0. 事業の概要	(1) 地域偏在性がなく安定した再生可能エネルギー熱源(地中熱、太陽熱等)について、コストダウンに資する高効率機器の開発や、蓄熱や複数熱源を組み合わせたシステムの実用化技術の確立、共通基盤技術(見かけ熱伝導率の推定・評価技術、設計ツール等)の開発、並びに、評価及び定量化技術の高機能化をZEB等への適用も視野において実現する。また、業界団体やユーザーとの連携による成果の普及方策に取り組むことで、低炭素社会、更には脱炭素社会の実現に資する再生可能エネルギー熱利用の普及拡大を目指す。(1/2 助成及び委託事業) (2) 事業期間：2019年度～2023年度(5年間)		
I. 事業の位置付け・必要性について	再生可能エネルギー熱利用技術は、熱を直接利用するためエネルギー供給の多様化を実現し、エネルギーセキュリティ確保に大きく寄与することが可能である。2018年7月に閣議決定した「第5次エネルギー基本計画」においては、“多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の実現を目指し、再生可能エネルギー熱については、より効果的に活用していくことでエネルギー需給構造をより効率化する上で効果的な取組と期待されている。 しかし、設備導入コストが高いこと、認知度が低いこと、熱エネルギーの供給を担う人材が十分に育っていないこと等の要因により、再生可能エネルギーの熱としての活用はそのポテンシャルに比べて十分に進んでいない状況である。 本事業では、コストダウンに資する高効率機器の開発や、蓄熱や複数熱源を組み合わせたシステムの実用化技術の確立、共通基盤技術(見かけ熱伝導率の推定・評価技術、設計ツール等)の開発、並びにZEB等への適用を視野に評価及び定量化技術の高機能化の研究開発に取り組む。さらなる再生可能エネルギー導入を実現するためには、本事業において提案する“再生可能エネルギー熱利用技術”にNEDOとして投資を行うことは極めて重要である。		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	中間目標(2021年度) 各テーマについては個別に中間目標を定めている。 (1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発 (2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発 2023年度までの可能な限り早期にトータルコストを20%以上低減(投資回収年数14年以下)させる可能性を実験等で示す。 (3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発 共通基盤技術開発における推定・評価技術、設計ツールについて事業者が設定する開発目標の妥当性を外部有識者にて審議し、妥当であるとの評価を得る。 最終目標(2023年度) 各テーマについては個別に最終目標を定めている。 (1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発 (2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発 本事業では、2030年までに地中熱、太陽熱等の再生可能エネルギー熱のシステム全体のトータルコストを30%以上低減すること(投資回収年数8年以下)を最終的なアウトカム目標とし、再エネ熱の導入に関わる上流から下流までの事業者等を集めたコンソーシアム体制により事業者間の役割分担を最適化しつつ、適切な進捗管理指標の下に各要素(設計、機器、施工等)の技術開発を進める。さらに、トータルコスト低減を達成するために必要な取組みを要素別に具体的に特定し、行動計画としてまとめる。本事業の直接的な成果として2023年度までに再生可能エネルギー熱システムのトータルコストを20%以上低減(投資回収年数14年以下)させるとともに、2030年までにトータルコストを30%以上低減(投資回収年数8年以下)するための道筋及び具体的取り組み(普及方策)を行動計画としてまとめる。 (3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発 地中熱利用システムの設計時に利用する見かけ熱伝導率(λ)を $0.5W/(m \cdot K)$ 以下の間隔で推定可能な評価技術を開発し、その有効性を地質水文環境の異なる3か所以上で検証する。		

	また、簡易 TRT 技術については、試験方法を簡易化し実用レベルに達していることを実証する。さらに、多様な熱負荷条件やオープンループ方式を含む熱源方式に対応した設計ツールを開発する。						
事業の計画内容	主な実施事項	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	
	地中熱利用システムの低コスト化技術開発	技術開発 試作機製作			実証試験 事業化検討		
	太陽熱等利用システムの高度化技術開発	技術開発 試作機製作			実証試験 事業化検討		
	高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発	技術開発 ツール設計・試作			検証試験 実用化検討		
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	2019fy	2020fy	2021fy	2022fy	2023fy	総額
	特別会計(需給)	112	471				1,077
	総予算額	112	471				1,077
	(助成) ：負担率 1/2	71	258				602
	(委託)	41	213				475
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課					
	プロジェクトリーダー	—					
	助成・委託先	<p>(1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 「給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発」 株式会社ワイビーエム 昭和鉄工株式会社 「直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発」 株式会社藤島建設 株式会社ハギ・ポー 中外テクノス株式会社 伊田テクノス株式会社 「ZEB 化に最適な高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システムの研究開発」 日本地下水開発株式会社 ゼネラルヒートポンプ工業株式会社 「寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発」 国立大学法人北海道大学 エムズ・インダストリー株式会社 棟晶株式会社 北海道電力株式会社 株式会社イノアック住環境 サンポット株式会社 <p>(2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 「天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発」 鹿島建設株式会社 ゼネラルヒートポンプ工業株式会社 「温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発」 株式会社総合設備コンサルタント 広沢電機工業株式会社 					

		(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発 <ul style="list-style-type: none"> 「見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化」 国立大学法人北海道大学 国立大学法人秋田大学 国立研究開発法人産業技術総合研究所 「オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究」 国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学
情勢変化への対応	2019年度に実施した調査委託業務「海外における再生可能エネルギー熱利用のロードマップおよび共通基盤技術に係る調査」により情報収集した結果、再生可能エネルギー熱の普及拡大に資する共通基盤技術の重要性を認識し、2020年度に(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発を追加し、公募を実施した。	
中間評価結果への対応	—	
評価に関する事項	事前評価	2018年度実施 担当部 新エネルギー部 2018年度、2019年度 NEDO POST 実施
	中間評価	—
	事後評価	—
Ⅲ. 研究開発成果について	再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発 1. 全体の成果(2021年度末) ①地中熱利用システムの低コスト化技術開発 トータルコスト20%以上低減(投資回収年数14年以下)になりうる可能性を実験等で達成見込みである。 ②太陽熱等利用システムの高度化技術開発 トータルコスト20%以上低減(投資回収年数14年以下)になりうる可能性を実験等で達成見込みである。 ③高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発 共通基盤技術開発における推定・評価技術、設計ツールについて事業者が設定する開発目標の妥当性を外部有識者にて審議し、妥当であるとの評価を得ることに達成見込みである。 2. 個別テーマの成果 (1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発 (1.1)給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発 掘削機の開発に関して、地中熱交換井を一人で施工することを目標に、掘削に係る操作およびデータをオペレータの基に集約するための開発を行った。具体的には、液面レベルセンサー、温度センサー、流量計を取りつけて掘削を行い、各種データのモニタリングが可能かを検証した。 ロッドチェンジャーに関して、セントライザの検討により掘削機械に新規クランプを配置し、作業者が手掛けレンチを使わずに作業できるようにした。 (1.2)直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発 小口径ボアホールに関して、硬質地盤には自立孔を前提とした全断面のビットの改良、それ以外の地盤では従来のリング状ビットの改良を行うことで掘削径を従来のものより1サイズ小さくすることが可能となった。 本設鋼管利用工法の開発として、本設鋼管を地中熱交換器として有効利用するため接合金物(キャップ)の試作・試験を行い、評価として一般財団法人日本建築総合試験所の建築技術性能証明を取得した。 (1.3)ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発 ZEB実証施設に関して、562.5㎡の鉄骨2階建てで『ZEB』を達成し、ファイブスターのBELS認証が得られており、ZEBリーディングオーナー登録とZEBプランナー登録を完了した。 ZEB実証施設における冷暖房・給湯・無散水融雪の3つの熱源に対応する高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムを構築した。専用ヒートポンプのコンプレッサー、地下水を揚水する水中モーターポンプ、および実証施設へ不凍液を介して冷温水を供給するラインポンプは、すべてインバータ制御させることでシステムの高効率化と省電力を実現した。 (1.4)寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発 H型PC杭利用地中熱交換器、水平ユニット方式の導入試験を行い、導入技術を確立するとともにコスト削減効果を試算し、地中熱交換器設置コスト削減効果20%以上の見通しを付けた。 CO2冷媒を用いた地中熱ヒートポンプ給湯機と、地中熱ヒートポンプ暖房機を試作し性能評価試験を行い、それぞれについて出力6.0kW、COP4.3以上の目標値を達成した。	

	<p>(2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発</p> <p>(2.1) 天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発</p> <p>再エネ熱利用システムの最適運転制御技術に関して、外乱、SSHP 運転パラメータを入力値とする AI モデル構築し、これを組み込んだモデル予測制御によりシステム COP 最大となるような SSHP 最適制御手法の概念構築を行った。</p> <p>鹿島西調布実験場で、SSHP 小型実証機の暖房時加熱試験を実施した結果、目標 COP7.0 を達成し、太陽熱における熱編水直接加熱により、システム COP が 20%程度向上することを確認した。</p> <p>SSHP 大府実証機を製作し工場検査を実施した結果、所定の性能目標値 (COP6.0) を達成していることを確認した。</p> <p>(2.2) 温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発</p> <p>温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査、国内外事例の動向調査を開始した。また、分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発、低コスト熱売買制御システムの開発に着手し、本提案システムの熱売買までを含めた導入評価のためのモデル構築を進めている。</p> <p>(3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発</p> <p>(3.1) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化</p> <p>水文地質学的・統計学的見かけ熱伝導率の推定手法に関する要素技術として、地質構造解析用地質試料採取 (京都市、オールコアサンプリング深度 100m)、数値 TRT (CFD による数値 TRT を 200 ケース以上)、地盤物性データベースの再構築 (新規ボアホールデータ入手、バリオグラム等再検討)、地形 AI 解析 (10 地域で地下水等高線の簡易予測実施) を実施した。</p> <p>(3.2) オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究</p> <p>LCEM 空調熱源トータルシステムのプロトタイプを作成するとともに、既設システムの井水配管に配管圧力計測装置を設置して、井水配管内における圧力分布を把握した。また、大阪平野を対象として、井戸情報を用いて広域的な透水係数推定手法の検討を行うとともに、地下水還元可能量予測手法の検討を行った。</p> <table border="1" data-bbox="384 1093 1436 1218"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>「査読付き」4 件、「その他」1 件</td> </tr> <tr> <td>特 許</td> <td>「出願済」2 件、「登録」0 件、「実施」0 件</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 (プレス発表等)</td> <td>「研究発表・講演」49 件、「新聞・雑誌等への掲載」24 件、「展示会への出展等」5 件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」4 件、「その他」1 件	特 許	「出願済」2 件、「登録」0 件、「実施」0 件	その他の外部発表 (プレス発表等)	「研究発表・講演」49 件、「新聞・雑誌等への掲載」24 件、「展示会への出展等」5 件
投稿論文	「査読付き」4 件、「その他」1 件						
特 許	「出願済」2 件、「登録」0 件、「実施」0 件						
その他の外部発表 (プレス発表等)	「研究発表・講演」49 件、「新聞・雑誌等への掲載」24 件、「展示会への出展等」5 件						
IV. 実用化・事業化の見通しについて	<p>(1) 実用化と事業化の定義</p> <p>当該事業に係る「実用化」とは、当該事業で開発した再生可能エネルギー熱利用に係る技術 (製品、ポテンシャルマップ、設計ツール、工法、システム全体等) が市場に出る状態までに至った段階 (試作品が完成) を指す。</p> <p>「事業化」とは、再生可能エネルギー熱利用に係る商品、製品、工法、およびそれらを含むシステム等の販売や導入により、企業活動 (売り上げ等) に貢献することを指す。</p> <p>(2) 実用化・事業化の見通し及び取り組み</p> <p>① 地中熱利用システムの低コスト化技術開発</p> <p>② 太陽熱等利用システムの高度化技術開発</p> <p>要素技術を統合したシステムの研究開発やその実証試験によりトータルコスト低減を見込んだ上で、給湯負荷の高い施設や再生可能エネルギー熱が有効な ZEB 建物等を優先的なターゲットとして事業化を計画する予定。</p> <p>また、普及方策として自治体や業界団体が参加する会議を定期的に開催しており、自治体の実行計画等と関連付けた明確な事業化の道筋を議論することで再生可能エネルギー熱利用に関する普及拡大が期待される。</p> <p>③ 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発</p> <p>共通基盤技術の開発により地中熱利用システムの最適設計が可能となり、これに伴う低コスト化、市場拡大が期待される。</p>						
V. 基本計画に関する事項	<table border="1" data-bbox="384 1809 1436 1930"> <tr> <td>作成時期</td> <td>2019 年 2 月 作成</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">変更履歴</td> <td>2019 年 4 月 変更 プロジェクトマネージャーの変更</td> </tr> <tr> <td>2020 年 3 月 変更 研究開発項目の追加</td> </tr> </table>	作成時期	2019 年 2 月 作成	変更履歴	2019 年 4 月 変更 プロジェクトマネージャーの変更	2020 年 3 月 変更 研究開発項目の追加	
作成時期	2019 年 2 月 作成						
変更履歴	2019 年 4 月 変更 プロジェクトマネージャーの変更						
	2020 年 3 月 変更 研究開発項目の追加						

プロジェクト用語集

用語	説明
アキュムレータ	油圧系や空圧系の流体機器に使われる装置の一つで、流体の圧力を利用して仕事に供給する高圧流体を蓄えておく装置。
インバータ	直流電力から交流電力を電氣的に生成する(逆変換する)電源回路、またはその回路を持つ電力変換装置のこと。
エフレックス	「波付硬質ポリエチレン管 (FEP)」。 ケーブルを地中埋設する際の保護管として使用。
オイルセパレータ	オイルを補足するフィルターのようなもので、補足されたオイルはタンクに戻り、再度圧縮に使用される。
オープンループ型地中熱利用システム	揚水した地下水の熱を地表にあるヒートポンプで必要な温度領域の熱に変換するシステム。
オールコアボーリング	地表面から打ち止めに至るまでのコア(地質サンプル)を全て採取する方法
還元井	熱利用した地下水を地中に還元するための井戸
凝縮器	蒸気を冷却して液体にする装置
クローズドループ型地中熱利用システム	地中から熱を取り出すために地中熱交換器内に流体を循環させ、汲み上げた熱をヒートポンプで必要な温度領域の熱に変換するシステム。
コンクリートトラフ	電線ケーブルの敷設に当たり、これを防護するもの。
蒸発器	液体を加熱して蒸気を発生させる装置
スクロール型	一対のうず巻き形をした固定スクロールと可動スクロールとで構成されているもの。
帯水層	礫や砂からなる透水層で、地下水を含んでいる地層。
熱応答試験	地中熱交換井に地中熱交換器を挿入し、実際に熱媒を循環させ、熱媒の温度や地中温度の推移によって地盤の熱特性や熱交換能力を予測する試験。
熱交換器	温度差のある2つの流体間の熱を効率よく移動させる機器
見かけ熱伝導率	地層や岩石の空隙中の水が流動している状態における熱伝導率
セントラライザ	ケーシング外周と坑壁の接触を防止し、オフセット(芯の偏り)を減少する機器。
ヒートポンプ	熱(Heat)を汲み上げる(Pump)の通り、温度の低いところから温度の高いところへ熱を移動させる仕組み。
ビット	削岩機やボーリング機械の先端に取り付ける刃。
標準貫入試験	地盤の硬軟、締まり具合または土層の構成を判別するためのN値を得る試験
ブライン	熱を運搬する役割の冷媒を指す。
フリークーリング	夏期は冷凍機用冷却水の放熱に利用している冷却塔を用いて、中間期・冬期に直接冷水を製造しようとするシステムのことである
ベントナイト	モンモリロナイトという鉱物を主成分とする粘土の名称。清水とベントナイト等を混合しボーリング時の孔壁保護に用いられる。
ボアホール	地下数十～百m掘削された垂直孔の中に何らかの熱交換機構を持たせ採熱する地中熱利用システムの一つ。
ポテンシャルマップ	地中における熱交換の効率を地中熱ポテンシャルと呼び、地域ごとの地中熱ポテンシャルの違いを地図上に図示したものが地中熱ポテンシャルマップ。
水循環	地中と地表とをパイプで結ぶ単純な水循環システム、あるいは地下水をパイプに通し循環させるシステム。
揚水井	地下水などをくみ上げるための井戸
ロッド	ボアホール用等に地中に孔を掘削するための鋼管製の棒状パイプ。ロッドに回転、打撃あるいは振動を与えて掘削する。
APF	通年エネルギー消費効率(Annual Performance Factor)。実際の使用時に近い状態での評価を行うため、あるモデルケースを定め、年間を通じた総合負荷と総消費電力量を算出し、効率を求めた値。
BELS 認証	BELS (ベルス) とは、建築物省エネルギー性能表示制度「Building-Housing Energy-efficiency Labeling System」の略称で、建物における省エネ性能を第三者機関が評価し、認定する制度のこと。

CFD	数値流体力学(Computational Fluid Dynamics)。流体の運動に関する方程式をコンピュータで数値解析し流れを観察する。
COP	成績係数(Coefficient Of Performance)。冷房機器などのエネルギー消費効率の目安として使われる係数。消費電力 1kW あたりの冷却・加熱能力を表した値。
EHP	Electric Heat Pump の略。室外ユニット内の圧縮機を、電気モータで動かすヒートポンプシステムのこと。
GSHP	Ground Source Heat Pump の略。地中熱を熱源とするヒートポンプシステムのこと。
GHP	Gas Heat Pump の略。室外ユニット内の圧縮機を、ガスエンジンで動かすヒートポンプシステムのこと。
GUI	Graphical User Interface の略。コンピュータへ出す命令や指示等を、ユーザが画面上で視覚的に捉えて行動を指定できるもの。
HFC	ハイドロフルオロカーボン。フロン代替物質としてエアコンなどの冷却材などに用いられる。(hydrofluorocarbon)
LCEM	Life Cycle Energy Management の略。ライフサイクルを通して一貫した管理指標、管理目標を定め、共通したツールでその達成度を評価・検証する枠組
N 値	標準貫入試験(JIS A1219)によって求められる地盤の強度等を求める試験結果の数値。標準貫入試験値とも称する。
PC 杭	遠心力プレストレストコンクリート杭の略称。既製杭の一種。
PLC	プログラマブルロジックコントローラ(Programmable Logic Controller)機械装置を制御するもの。
TRT	Thermal Response Test の略。地盤の熱伝導率を求める熱応答試験。
U チューブ	先端を U 字状に接合した主に樹脂製の管。
ZEB	ネット・ゼロ・エネルギー・ビル (Net Zero Energy Building) の略。快適な室内環境を実現しながら、建物で消費する年間の一次エネルギーの収支をゼロにすることを目指した建物のこと。
ZEH	ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス (Net Zero Energy House) の略。住まいの断熱性能や省エネ性能を向上し、さらに太陽光発電などで生活に必要なエネルギーをつくり出すことにより、年間の一次消費エネルギー量(空調・給湯・照明・換気)をおおむねゼロ以下にする住宅のこと。

I.事業の位置付け・必要性について

I.1 事業の背景・目的・位置付け

I.1.1 事業の背景

2018年7月3日に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」においては、“多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の実現を目指し、再生可能エネルギー熱をより効果的に活用していくことも、エネルギー需給構造をより効率化する上で効果的な取組とされている。

I.1.2 事業の目的、意義

再生可能エネルギー熱の課題として設備導入コストが高いこと、認知度が低いこと、熱エネルギーの供給を担う人材が十分に育っていないこと等があり、これらの要因により、再生可能エネルギーの熱としての活用は、そのポテンシャルに比べて十分に進んでいない状況である。

本事業では、コストダウンに資する高効率機器の開発や、蓄熱や複数熱源を組み合わせたシステムの実用化技術の確立、共通基盤技術（見かけ熱伝導率の推定・評価技術、設計ツール等）の開発、並びに、ZEB 等への適用を視野に評価及び定量化技術の高機能化の研究開発に取り組み、低炭素社会、更には脱炭素社会の実現に資する再生可能エネルギー熱利用の普及拡大を目指す。

I.1.3 事業の位置付け

「エネルギー基本計画」の中で、我が国のエネルギー消費の現状においては、熱利用を中心とした非電力での用途が過半数を占めており、エネルギー利用効率を高めるためには、熱をより効果的に利用することが重要であり、そのための取組を強化することが必要であると位置付けられている。再生可能エネルギー熱については、コスト低減に資する取組を進めることで、コスト面でもバランスのとれた分散型エネルギーとして重要な役割を果たす可能性があるとして位置付けられている。

I.2 NEDO の関与の必要性・制度への適合性

I.2.1 NEDO が関与することの意義

再生可能エネルギー熱利用技術は、熱を直接利用するため、エネルギー供給の多様化を実現し、エネルギーセキュリティ確保に大きく寄与することが可能である。2018年7月に閣議決定した「第5次エネルギー基本計画」においては、“多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の実現を目指し、再生可能エネルギー熱については、より効果的に活用していくことで、エネルギー需給構造をより効率化する上で効果的な取組と期待されている。

しかしながら、再生可能エネルギーの熱利用を考えた場合、課題も多く、一般に、熱利用技術は、既存技術より導入コストが依然として高いこと、認知度が低く、熱エネルギーの供給を担う事業者が十分に育っていないこと等がある。そこで、NEDO では、「再生可能エネルギー熱利用技術開発」（2014～2018 年度）において、地中熱利用技術および各種再生可能エネルギー熱の利用について、蓄熱利用等を含むシステムの高効率化・規格化、評価技術の高精度化等に取り組み、再生可能エネルギー熱利用の普及拡大に向けトータルコストの低減を進めてきた。

再生可能エネルギー熱利用システムの導入には多種多様なプレーヤーが関わることから、本事業では、上流から下流までのプレーヤーが一体となったコンソーシアム体制で推進し、ニーズ・実用化に重点を置いた研究開発を推進するとともに、業界団体やユーザーとも連携し開発成果の普及方策に取り組む。また、高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発については、高度な知識を要するため大学・研究機関を中心とした体制で実施し、規格化に資することを想定し業界団体等と連携する。

再生可能エネルギー熱の自立的な市場の形成には、更なるコストダウンが求められており、本事業において提案する“再生可能エネルギー熱利用技術”に NEDO として投資を行うことは極めて重要である。

(1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発について

大規模建築物、小規模建築物等、それぞれの建築物に導入することを想定した、我が国の利用に適合した高効率機器の開発、施工期間短縮に資する施工技術の開発、地中熱利用システムの最適化技術の開発、評価・定量化技術の高機能化開発等に取り組み、地中熱利用システムのトータルコスト低減に資する技術を開発する必要がある、NEDOプロジェクトとしての実施は妥当である。

(2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発について

高効率機器の開発や、年間を通じた太陽エネルギーの最大限の活用に資する太陽熱利用機器の開発、評価・定量化技術の高機能化開発、再生可能エネルギー熱を含む多様な熱源を組み合わせたシステムの最適化技術開発等に取り組み、太陽熱等利用システムのトータルコスト低減に資する技術を開発する必要がある、NEDOプロジェクトとしての実施は妥当である。

(3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発について

地中熱利用システムの導入拡大に資するシステム設計の最適化に必要な見かけ熱伝導率の推定・評価技術、簡易TRT（熱応答試験）技術、設計ツールを共通基盤技術として開発し規格化を行う必要がある、NEDOプロジェクトとしての実施は妥当である。

1.2.2 実施の効果

- ・省人化による掘削コストの低減、設計の最適化、ヒートポンプシステムの技術開発等によるトータルコスト低減により市場拡大や認知度向上が見込まれる。
- ・システム全体としてZEB等の実建物への導入および実証により着実な成果が期待できる。
- ・コンソーシアム体制による技術開発により事業終了後の早急な社会実装が期待される。
- ・共通基盤技術の研究開発により地中熱利用システムの最適設計が可能となり、システム全体のトータルコスト低下に繋がり普及拡大が期待される。
- ・統合型設計ツールの活用により地中熱利用システムの適用範囲が広がり、地中熱利用の拡大が期待される。また、ツールの普及により人材育成が見込まれる。

II. 研究開発マネジメントについて

II.1 事業の目標

NEDO では、「再生可能エネルギー熱利用技術開発」事業（2014～2018年度）において、地中熱利用技術及び各種再生可能エネルギー熱の利用について、蓄熱利用等を含むシステムの高効率化、評価技術の高精度化等に取り組み、再生可能エネルギー熱利用の普及拡大に向けトータルコストの低減を進めてきた。

そこで、本事業では、低炭素社会、更には脱炭素社会の実現に資する再生可能エネルギー熱利用の普及拡大を目指す。具体的には、地域偏在性がなく安定した再生可能エネルギー熱源として地中熱、太陽熱等について、コストダウンに資する高効率機器の開発や、蓄熱や複数熱源を組み合わせたシステムの実用化技術の確立、共通基盤技術（見かけ熱伝導率の推定・評価技術、設計ツール等）の開発、並びに、評価及び定量化技術の高機能化をZEB 等への適用も視野において実現する。またNEDO、業界団体、研究開発実施者等で連携し、テーマ横断的に技術基準や評価技術の整備等の成果の普及方策に取り組む。下記目標を達成するため、プロジェクト毎に適正な目標を設定し、技術開発を推進している。

[助成事業（助成率：1/2）]

2030 年までに地中熱、太陽熱等の再生可能エネルギー熱のシステム全体のトータルコストを30%以上低減すること（投資回収年数8 年以下）を最終的なアウトカム目標とし、再エネ熱の導入に関わる上流から下流までの事業者等を集めたコンソーシアム体制により事業者間の役割分担を最適化しつつ、適切な進捗管理指標の下に各要素（設計、機器、施工等）の技術開発を進める。さらに、トータルコスト低減を達成するために必要な取組みを要素別に具体的に特定し、行動計画としてまとめる。本事業の直接的な成果として2023 年度までに再生可能エネルギー熱システムのトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14 年以下）させるとともに、2030 年までにトータルコストを30%以上低減（投資回収年数8 年以下）するための道筋及び具体的取組み（普及方策）を行動計画としてまとめる。

(1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発

大規模建築物、小規模建築物等、それぞれの建築物に導入することを想定した、我が国の利用に適合した高効率機器の開発、施工期間短縮に資する施工技術の開発、地中熱利用システムの最適化技術の開発、評価・定量化技術の高機能化開発等に取り組み、地中熱利用システムのトータルシステム低減に資する技術を開発する。

(2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発

高効率機器の開発や、年間を通じた太陽エネルギーの最大限の活用に資する太陽熱利用機器の開発、評価・定量化技術の高機能化開発、再生可能エネルギー熱を含む多様な熱源を組み合わせたシステムの最適化技術開発等に取り組み、太陽熱等利用システムのトータルシステム低減に資する技術を開発する。

[委託事業]

地中熱利用システムの設計時に利用する見かけ熱伝導率(λ)を0.5 W/(m・K)以下の間隔で推定可能な評価技術を開発し、その有効性を地質水文環境の異なる3か所以上で検証する。また、簡易TRT 技術については、試験方法を簡易化し実用レベルに達していることを実証する。さらに、多様な熱負荷条件やオープンループ方式を含む熱源方式に対応した設計ツールを開発する。

(3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

地中熱利用システムの導入拡大に資するシステム設計の最適化に必要な見かけ熱伝導率の推定・評価技術、簡易TRT（熱応答試験）技術、設計ツールを共通基盤技術として開発し規格化を目指す。

II.2 事業の計画内容

II.2.1 研究開発の内容

II.2.1.1 事業全体の研究開発の内容

本事業は、2019年度から2023年度まで5年間を期間とし、自立的な再生可能エネルギー熱利用の普及に重点を置き、テーマ毎に上流から下流までのプレーヤーからなるコンソーシアムを基本とした体制で、企業の積極的な関与により要素技術開発から実用化開発及びその成果の普及方策の策定まで一貫した事業であり、助成事業（NEDO負担率：1/2）として実施する。また、高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発については、高度な知識を要するため大学・研究機関を中心とした体制で実施し、規格化に資することを想定し業界団体等と連携する事業であり、委託事業として実施する。

(1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発

[助成（NEDO負担率：1/2）]

- (i) 給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発
- (ii) 直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発
- (iii) ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システムの研究開発
- (iv) 寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発

(2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発

[助成（NEDO負担率：1/2）]

- (i) 天空熱源ヒートポンプ（SSHP）システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発
- (ii) 温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発

(3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

[委託（NEDO負担率：1/1）]

- (i) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化
- (ii) オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究

II.2.1.2 研究開発テーマ毎の研究開発の内容

(1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発

(1.1)給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発

(1.1.1)背景と目的

再生可能エネルギー熱の一つである地中熱利用ヒートポンプシステムは、エネルギー削減、CO₂削減に寄与するシステムであるが、導入コストが高い、認知度が低い、事業者が十分に育っていないことから、依然として導入が進んでいないシステムである。しかしながら、2018年に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」に「多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造」の実現を目指す意向が示されており、エネルギー需給構造を効率化する上で期待される取り組みである。また、昨今のエネルギー消費の推移をみると産業用部門は減少しているものの民生用(家庭用+業務用)部門は増加傾向にある。業務用部門におけるエネルギー消費量のうち空調用負荷が30%以上を占めており給湯負荷も19%を占めている。家庭用給湯ではZEHの普及拡大もあって家庭用自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯器の普及が目覚ましいが業務用自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機の普及は東日本震災以降、縮小傾向にある。

一方、2010年に閣議決定された「エネルギー基本計画」では2020年までに新築公共建築物等で2030年までに新築建築物等でZEB化の実現を計るとしている。また、2016年のモントリオール議定書第28回締約国会議においての本議定書の改正でHFCの生産・消費量削減スケジュールも提出され地球温暖化防止に向けた一層の取り組みが必要となる中、自然冷媒CO₂を使用したヒートポンプの普及も急がれる。

しかしながら現状は、水熱源業務用CO₂ヒートポンプ給湯機はメーカーが1社しかなく業務用給湯機としては水熱交換器の設計であるため地中熱の温度域での最適設計がなされていない。そのため、地中熱利用システムに組み込んだ場合、熱吸収が十分でなく、定格出力規模も大きく、高価なため普及が進んでいない。他方、空気熱源の業務用自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機の普及阻害要因としては、冷媒にCO₂を使用しているため、使用冷媒圧力が高圧で使用部品が高価となり、深夜蓄熱を利用するため蓄熱タンク容量も大きくなり製品価格が高価となっている。また、空気熱源自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機の弱点として給湯給水温度が低くなり給湯負荷が増える冬季は、外気温度が低下すると給湯定格出力が低下することに加え、空気条件次第では蒸発熱交換器への霜付きによる除霜の影響もあって定格出力低下と年間加熱COPが低下する。そのため、給湯負荷に対して定格出力が大きめの機器選定となり、蓄熱タンク容量も過大となるため、益々ニシヤルコストが掛かる悪循環となっている。

一方、地中熱(水熱源)業務用自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機は霜付きによる除霜運転がないため、蓄熱タンクを小さくすることが可能で、開発を進めることで、地中熱利用システムの普及が進むと考えられる。また、従来、地中熱利用は空調用途が大部分を占めていたが、再生可能エネルギー熱利用普及拡大と給湯負荷への熱利用拡大に向け、地中熱業務用自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機の技術開発を行う必要があると考えられる。

ただし、給湯のみを地中熱で賄うと、地下の熱バランスが崩れ、永続的に使うことが出来ないと考える。そこで、給湯、冷暖房負荷のバランスを取ることを目的に、従来の空気熱源ヒートポンプなどで補うシステムを組む必要がある。このシステムを組むことにより、給湯需要を含む施設への地中熱利用ヒートポンプシステムの普及が進むと考えられる。

また、トータルコスト削減のために、掘削システムの開発、TRTの開発、地中熱交換器の開発を行うことで、エンドユーザーに対するコストも削減できると考えられる。それにより、地中熱のマーケット拡大への一助になると期待できる。

(1.1.2)研究開発の概要

研究開発目標を達成するために、以下①～⑥の開発項目を上げて研究開発を行う。

①掘削機の開発

本開発では、地中熱交換井を1人で施工することを目標に開発を行う。掘削を一人で行うためには、掘削に関わる操作およびデータをオペレータの基に集約する必要がある。そのため、無線リモコン・モニタリング装置が付いた掘削機を開発する。

②掘削機周辺機器の開発

本開発では、地中熱交換井を1人で施工することを目標に二重管ロッドのロッドチェンジャー

と地中熱交換器の挿入機の開発を行う。

③地中熱自然冷媒 (CO₂) ヒートポンプ給湯機の開発

空気熱源CO₂ヒートポンプ給湯機をベースに地中熱 CO₂ヒートポンプ給湯機を開発する。地中熱利用に適したガスクーラーや蒸発熱交換器、電子膨張弁の設計及び制御設計プログラムの開発などを行う。

④地中熱交換器の開発

掘削径φ165mmの坑井に設置可能な同軸型地中熱交換器の開発を行う。シミュレーションで最適なサイズ、流量を検討し、フィールドに設置して試験を行う。

⑤新規TRTの開発

全自動動的コーン貫入試験機(CRS)にて動的コーン貫入調査を実施した後の直径40mm程度の穴を用いて、TRTを行う方法を開発する。「鉄管や銅管などで製作した地中熱交換器を用いるTRT」、「電気ヒーター付ケーブルを挿入したTRT」の2種類を検討し、実証試験を行う。

⑥最適な地中熱システムの開発

本開発では、「地中熱交換井離隔距離の検討」と「最適な地中熱システムの導入検討」2項目の研究開発を行う。

⑥-A地中熱交換井離隔距離の検討

「地中熱交換井離隔距離の検討」では、従来常識とされていた地中熱交換井の4～5mの離隔距離を地層、地下との熱交換量に応じた離隔距離を検討する。具体的には、地下の温度変化の許容範囲を文献などで調査し、その後、既設の地中熱交換井の近くに調査井を掘削し、地下温度を計測する。その結果を基に、シミュレーションで再現した後に、熱負荷、地質に応じた地中熱交換井の離隔距離を検討する。

⑥-B最適な地中熱システムの導入検討

「最適な地中熱システムの導入検討」では、開発した地中熱自然冷媒 (CO₂) ヒートポンプ給湯機を用いた地中熱システムを検討する。本システムは地中熱自然冷媒 (CO₂) ヒートポンプ給湯機、太陽熱温水パネル、同軸型地中熱交換器、地中熱ヒートポンプ、制御ユニットなどで構成される。

表 II (1.1)-1 研究開発目標と根拠

研究開発項目	中間目標(2021年度末)	最終目標(2023年度末)	目標レベル設定の根拠
①掘削機の開発	一人で地中熱交換井を施工する用途を付ける。	一人で地中熱交換井を施工する。	2023年度に掘削にて従来比、46%の削減をするため。
②掘削機周辺機器の開発	一人で地中熱交換井を施工する用途を付ける。	一人で地中熱交換井を施工する。	2023年度に掘削にて従来比、46%の削減をするため。
③地中熱自然冷媒(CO ₂)ヒートポンプ給湯機の開発	空気熱源CO ₂ ヒートポンプ給湯機に比べてインシヤルコストが15%削減する用途を付ける。	空気熱源CO ₂ ヒートポンプ給湯機に比べてインシヤルコストが15%削減する。	2023年度に地中熱自然冷媒(CO ₂)ヒートポンプ給湯機にて従来比、46%の削減をするため。
④地中熱交換器の開発	従来の地中熱交換器(Uチューブ)に比べて、設置費用が33%削減する用途を付ける。	従来の地中熱交換器(Uチューブ)に比べて、設置費用が33%削減する。	2023年度に従来比で、掘削にて46%、地中熱交換器33%の削減をするため。
⑤新規TRTの開発	従来のTRTの解析結果と同様に、地中熱施設的设计で使えるようにする用途を付ける。	従来のTRTの解析結果と同様に、地中熱施設的设计で使える用途をつける。	従来の基準と比較して、使用できるレベルにするためには、多数の試験結果が必要であるため。
⑥最適な地中熱システムの開発	従来の地中熱ヒートポンプシステムを給湯需要がある福祉施設(2,000m ²)へ導入する場合に比べて、インシヤルコストを23%削減する用途を付ける。	従来の地中熱ヒートポンプシステムを給湯需要がある福祉施設(2,000m ²)へ導入する場合に比べて、インシヤルコストを23%削減する。	①～⑥の開発を進めることで、削減されると考えらえるため。

(1.1.3)事業スケジュール

本事業の研究期間は、2019年7月30日より2022年3月20日までで、主な事業スケジュールの概要を図Ⅱ(1.1)-1に示す。

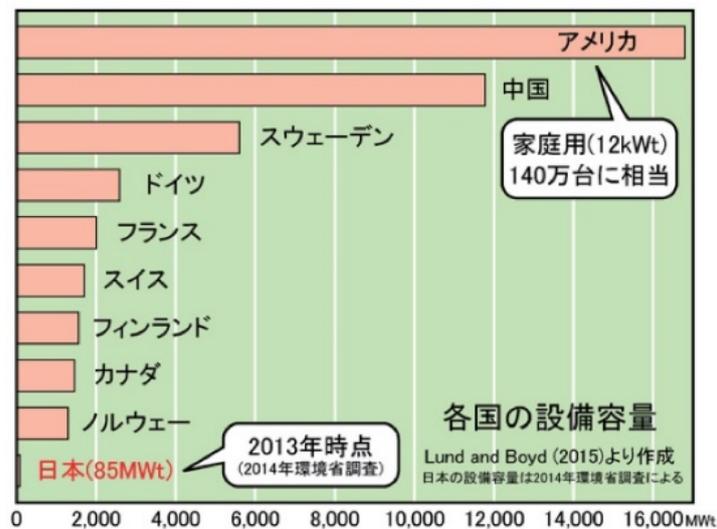
事業項目	2019年度				2020年度				2021年度				2022年度(予定)				2023年度(予定)			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①掘削機の開発																				
	2021年度開発完了予定																			
②掘削機周辺機器の開発																				
												検討				製作・試験				
③地中熱自然冷媒(CO2)ヒートポンプ給湯機の開発																				
	2021年度量産プロトモデル試作開発完了																実用化に向けた量産機の試作試験			
④地中熱交換器の研究開発																				
												実証試験				実証試験・試験解析				
⑤新規TRTの開発																				
												実証試験				実証試験・試験解析				
⑥最適な地中熱システムの開発																				
					シミュレーション・検討								シミュレーション・システム検討							

図Ⅱ(1.1)-1 研究開発スケジュール

(1.2)直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発

(1.2.1)背景と目的

地中熱ヒートポンプシステムは、再生可能エネルギー熱を活用することで、エネルギーの地産地消を進めることや、地中熱を熱源とすることで省エネルギー性能が高く、地球温暖化抑制の効果が高いことで注目され、海外では高い導入実績（下図）があり、アメリカでは16,000MWt以上、中国でも12,000MWt近くまでの導入実績がある。しかし、日本における導入実績は85MWtにとどまっている。また、この導入実績は地中熱先進国と言われる欧米各国の設備容量の1/20にも及ばず、人口当たりの普及率では、1/70程度にとどまっている。



図Ⅱ (1.2)-1 各国設備容量 (2016年 Lund AND Boyd)



図Ⅱ (1.2)-2 国内設置件数 (2018年環境省)

本事業の目的は地中熱を活用することで、国内でのCO₂の排出量を削減することやエネルギーの地産地消を促進することにある。しかし、最近の技術開発にもかかわらず、国内での設置件数は2014年以降減少の傾向にあり、伸び悩んでいるのが現状である。既存の地中熱ヒートポンプシステム（間接式）での技術開発の可能性が減少してきているのではないかとも思われる。

我々は既存のシステムに比較し機構が単純なことで、高効率な運転が可能な上、安価なコストで設置が可能な直接膨張式地中熱ヒートポンプシステム（直膨式）を開発し、これまでにその所期の性能を確認することで直膨式地中熱ヒートポンプシステムの有効性を確認した。

本事業においては、直膨式システムのインシヤルコストおよびランニングコストのこれまで以上の削減技術を開発することで、直膨式地中熱ヒートポンプシステムの普及を推し進め、もって地中熱利用の普及拡大によりCO₂排出量削減を目指す。

(1.2.2)研究開発の概要

本事業では、地中熱交換器に冷媒を直接循環することで、冷媒と地中熱を直接交換できるよう開発した直接膨張式（直膨式）地中熱ヒートポンプシステムを用いて、このシステムの施工・設置及び運転に係るコストの削減技術を開発する。

この直接膨張方式による地中熱ヒートポンプシステムはこれまでの一般的な地中熱ヒートポンプシステム（間接式）と比較し、多くの優位性を有している。以下に直膨式地中熱ヒートポンプシステムの長所を列挙する。

- ・「ブラインー冷媒熱交換器」、「ブライン循環ポンプ等」が不要で製造コストが削減できる。
- ・「ブラインー冷媒熱交換器等」が不要で熱交換のロスが少なくなる。
- ・「ブライン循環ポンプ」が不要で消費電力が削減できる。
- ・冷媒の「凝縮・蒸発過程」が地中の熱交換器内で行われるため、地中での熱交換効率が高く地中熱交換器の埋設深を浅くすることが可能になることで、「熱交換器埋設」のための掘削コストを圧縮することができる。
- ・地中熱交換器を構成する銅管は細径であるため、地中熱交換器としての仕上がりも細く、この熱交換器を挿入するボアホールや銅管は小口径でも済むため、挿入孔設置コストが少なく済む。

以上のような特長を有する直膨式地中熱ヒートポンプシステムではあるが、未だ多くの課題も有している。

ヒートポンプユニット本体では既製品の改造から、部品供給による製造へ向けての開発を行う。直接膨張式地中熱交換器本体では、空調用地中熱交換器の見直しや給湯専用地中熱交換器の開発を行う。

地中熱交換器とこれを挿入する孔で構成される採熱部では、地中熱交換器挿入用ボアホール掘削機・工法の開発や本設鋼管杭利用工法の開発およびそれぞれの施工法に最適な施工技術の開発や地上部施工法の開発を行う。

設計・評価ツールの開発では、直接膨張型地中熱交換器の解析をもとに設計法の確立を目指す。また、これまでに蓄積された地中熱情報を元に地中熱交換器の仕様を決められる地中熱ポテンシャルマップの作製を目指す。

事業終了時点（2023年）では現状のイニシャルコストの20%減（投資回収年数14年以下）、その後の2030年には現状のイニシャルコストの30%減（投資回収年数8年以下）を目指し、エアコン市場に地中熱エアコンの市場を開拓することを目指す。

以上、これらの課題を解決することで直膨式地中熱ヒートポンプシステムの更なるコストダウンについては地中熱（再生可能エネルギー熱）の普及拡大に繋がると考えられる。以下、課題ごとに実施内容について記す。

<低コスト機器の開発>

①地中熱ヒートポンプの開発（担当：株式会社ハギ・ポー、株式会社トーレイ）

これまでの直膨式地中熱ヒートポンプシステムのユニット本体の製造は、既存の空冷式ヒートポンプユニットの改造で進めてきた。今後、量産によるコストダウンを目指し、改造による生産体制から部品供給による生産体制へ移行すべく、プロトタイプを製造し、性能の検証と品質確保について検討を進める。

給湯用ヒートポンプユニットでは空調に比較し制御も単純な（1サイクルでの給湯動作の中で給水温度に大幅な変動が少ない。）ことから、これまでの直膨式と比較し、より高効率な専用ユニットの開発、および中規模施設など産業利用型ヒートポンプ給湯機の市場投入を意識した連台運転が可能な制御法も開発し検証する。

今後の部品供給体制の構築や販売体制の確立、維持メンテナンス体制の整備・展開については試作品の評価完了（2021年頃）を目途にコンソーシアムとして協議を進め、方針を決定する。

②地中熱交換器の開発（担当：株式会社ハギ・ポー、株式会社トーレイ）

直接膨張式の地中熱交換器は凝縮時と蒸発時では冷媒の流れが逆になる。従って、直膨式地中熱ヒートポンプエアコンの地中熱交換器では冷房時と暖房時で冷媒の流れ方向が逆転する。そのため、熱交換器内での気相/液相変換点がどのように変化するかを考慮する必要があり、3次元

数値解析による冷媒情報も検討した上で最適な空調用地中熱交換器の仕様を検討し開発に繋げる。一方、給湯用の熱交換器は蒸発器に特化した構造とすることでこれまで実験してきた熱交換器（空調用と兼用）に比較し更なる効率の向上が望める。地中熱交換器に施工する断熱材の材質や施工箇所などの最適化を進める。

<低コスト施工法の開発>

③掘削先端工具・工法の開発（担当：株式会社ハギ・ボー）

直接膨張式地中熱交換器は浅層で小口径（80A以下）のボアホールで設置が可能となる。そのような小口径ボアホール掘削に適合する切削ビット・工具の開発と工期を短縮する施工法等の開発を行う。

④ボアホール型施工方法の改良・開発（担当：株式会社ハギ・ボー）

小口径のビットを使用した掘削工法に適する地上配管方の標準化を進める。

⑤本設鋼管杭利用工法の開発（担当：伊田テクノス株式会社、富士商事株式会社、株式会社藤島建設）

直接膨張式地中熱交換器を地中に埋設した鋼管に挿入する鋼管埋設型の採熱管に使用する鋼管は、建築物を支持する杭（構造用鋼管）とは別途に施工する必要があり、採熱管設置コストを押し上げる要因の一つとなっていた。

構造用の杭を熱交換器挿入用鋼管として流用できることはコスト削減に大きな効果をもたらす。構造用の杭の特性を妨げずに地中熱交換器を挿入できるキャップ等の開発を目指す。

⑥鋼管埋設型施工方法の改良・開発（株式会社藤島建設、国立大学法人山梨大学）

鋼管埋設型の地中熱交換器は地上部の配管が比較的長くなるため、最適化が必要である。さらに硬質地盤でのコストを抑制する施工法の検討を進める。

<低コスト設計法の開発>

⑦設計コードの開発（中外テクノス株式会社、国立大学法人山梨大学、株式会社藤島建設）

直膨式地中熱ヒートポンプシステムの最適設計法の確立について、設計開発コードの作成を目指す。ヒートポンプ出力や冷媒の特性および地中情報を入力値として、地中熱交換器の形状や本数などの設計値を出力できる解析手法を構築する。

⑧直膨式専用地中熱ポテンシャルマップの構築（株式会社ハギ・ボー、国立大学法人山梨大学）

地中熱ポテンシャルマップの作成ではこれまでに蓄積された地盤情報を地中熱情報として整理し直膨式地中熱ヒートポンプの出力から基準となる直膨式地中熱交換器の仕様を決められる設計手法を構築する。

表Ⅱ(1.2)-1 研究開発目標と根拠

研究開発項目	最終目標(2021年度末)	目標レベル設定の根拠
<低コスト機器の開発>		
① 地中熱ヒートポンプの開発	空冷型 HPU (ヒートポンプユニット) の改造(解体と廃棄)から地中熱 HPU を新規に製造する体制へ移行することで、無駄のない製造体制を確立し、大きなコスト低減(15%程度)が可能になると考えている。	直膨式地中熱 HPU は通常の空冷式エアコンと構造がほとんど変わらず、通常のエアコン部品の活用や製造ラインの活用が可能であり、比較的大きなコストダウンが望める。 今後メーカーとのタイアップを模索する。
② 地中熱交換器の開発	実証により性能の確認を行うと共に施工技術の習熟と改良を進め、20%程度のコスト低減を目指す。	小口径化型は直膨式地中熱交換器の本体が細い銅管を使用しているため、掘削技術の改良により可能と考える。 総長さについては、設計モードの開発などの技術開発を活用する。
<低コスト施工法の開発>		
③ 掘削先端工具・工法の開発	小口径ボアホールを見越した刃先の開発と従来型刃先の改良によりボアホール構築の全体のコストの引き下げを図る。	システム全体で掘削の占めるコストは大きく、掘削口径を小さくできることは施工ボリュームと施工速度の両方からコスト低減を可能とする。
④ ボアホール型施工方法の改良・開発	主に横引き配管工事の規格化を図り施工品質の向上と低コストを達成する。	冷媒配管の物理的強度を補いながら、標準施工方法の必要性を重視した。
⑤ 本設鋼管杭利用工法の開発	本設鋼管利用工法を開発し本設鋼管を熱交換器として有効利用する構工法の技術証明を取得し、掘削・設置費の25%を低減する。	構造用の杭を熱交換器挿入用鋼管として流用できることは地中熱交換器の設置コストを大幅に削減する可能性が大きく、掘削・設置費の25%以上の低減を実現する。
⑥ 鋼管埋設型施工方法の改良・開発	施工法の標準化により地中熱交換器の組立てが誰でも施工できることを目指し、直膨式地中熱システムの展開を促進しコストダウンにつなげる。	地中熱交換器の組立ては一般的なエアコン施工業者であれば難しい技術ではないため、マニュアル化による展開が可能。
<低コスト設計法の開発>		
⑦ 設計コードの開発	試験データ、実証データを用いて計算精度を検証し改善することで設計コードの実用化を図る。	直膨式地中熱交換器の設計ツールは既存せず設計手法の確立が必要である。
⑧ 直膨式専用地中熱ポテンシャルマップの構築	直膨式専用の地中熱データベースの活用により、精度の高い設計が短時間で可能となり設計コストの低減に効果が望める。	ボーリングデータは浅層の地層状況が詳細に記録されているため、地質ごとの熱データを活用することで、直膨用 HPU 用の地中熱データベースとして十分に活用できる。

(1.2.3)事業スケジュール

本事業の研究期間は、2019年7月30日より2022年3月20日までで、主な事業スケジュールの概要を図Ⅱ(1.2)-3に示す。

事業項目	2019年度				2020年度				2021年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①地中熱HPUの開発			考案・設計・試作・試験・評価				設計・試作・試験				まとめ	
②地中熱交換器の開発			情報収集				考案・設計・試作・試験				まとめ	
③掘削ビット・工法の開発			考案・設計・試作・試験・評価・検討				実地対応				まとめ	
④ボアホール型施工法開発			仕様検討・評価・設計				実地対応				まとめ	
⑤本設杭利用工法の開発			考案・設計・試作・試験				まとめ				実地対応	
⑥鋼管埋設型施工法の開発			情報収集				仕様検討				まとめ	
⑦設計コードの開発			既存データのシミュレーション				設計コードの開発				まとめ	
⑧直膨式ポテンシャルマップ			情報収集・データ化				評価				まとめ	

図Ⅱ(1.2)-3 研究開発スケジュール

(1.3)ZEB 化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発

(1.3.1)背景と目的

日本国内における業務他部門で、エネルギー消費量に占める熱需要割合は冷暖房空調と給湯が43%を占めている。一方、エネルギー源は、電気が約半分を占めるほか、石油やガス・石炭といった化石エネルギーが40%以上を占めており、再生可能エネルギーの割合は極めて少ないのが現状である。

2016年発効のパリ協定以降、日本では、その目標達成に向けて地球温暖化対策を加速する必要性が生じており、その方策としてZEBが注目されている。ZEBは建物のエネルギー消費量を見直した上で、化石エネルギーに代えて再生可能エネルギーを使用することで正味一年間を通じてゼロエネルギーを実現させるものである。経済産業省が作成したロードマップでは2030年度までに新築建築物の施工数の平均値でZEBを実現することを目標としている。

本研究開発では、2014年度～2018年度のNEDO事業「再生可能エネルギー熱利用技術開発」で実用化に至った高効率帯水層蓄熱システムを利活用して、建物の冷暖房と給湯の熱需要に無散水融雪施設を加えた3つの熱需要に対し、1つのシステムで対応できるトータル熱供給システムを開発して建物のエネルギー消費量を大幅削減し、建物のZEB化に有効であることを実証する。これまで建物の熱需要を賄ってきた化石エネルギーを含めた複数以上のエネルギー源を、高効率帯水層蓄熱を活かした地下水熱エネルギーに統一することによって、建物の熱需要に対するエネルギー消費量を大幅削減させてトータルコストの低減を実現するものである。

本研究開発で、高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムが建物のZEB化に極めて効果的であることを実証することにより、今後、経済産業省の示したロードマップに従って普及が加速される見込みのZEBに本システムを広く普及させることが目的である。

(1.3.2)研究開発の概要

日本地下水開発株式会社は、2014年度～2018年度のNEDO事業「再生可能エネルギー熱利用技術開発」において、国立大学法人秋田大学及び国立研究開発法人産業技術総合研究所の3事業者でチーム東北を構成し、再委託先であるゼネラルヒートポンプ工業株式会社と中外テクノス株式会社を加えて「高効率帯水層蓄熱システム」の開発に取り組んだ。その結果、従来型オープンループ冷暖房システムと比較して、イニシャルコストで21%のコストダウン、ランニングコストで31%のコストダウンを実現することができた。ただし、このコストダウンの達成値は、この事業で開発した井戸設置技術を駆使し、地下水と冷媒が直接熱交換する専用ヒートポンプを開発するなど、現時点ではまだ一般的な工法や市場価格となっているとは言えない状態である。このため、設定する目標コストは、現時点の一般的な井戸設置工法やヒートポンプを使用した場合の市場価格を使用して算定した。

本研究開発における比較対象は、一般的な仕様で同規模（562.5 m²）の事務所建物を想定し、冷暖房には従来型オープンループ冷暖房システム（揚水井1本と注入井1本を使用）、事務所内計4箇所で業務用ガス湯沸かし器による給湯を行うほか、面積約70 m²の駐車場には冷暖房システムとは別に設置した井戸1本を使用した無散水融雪システムが導入されているものとした。

本研究開発では、ZEB建物を対象とし、従来型建物では用途によって異なる3つの熱源を1つに統一することにより、イニシャルコストの大幅低減を実現することを目標としている。熱源を統一することにより、2023年のイニシャルコストの低減目標は21%を想定し、2030年の目標としては30%までの低減を目標とする。ランニングコストに関しては、開発する冷暖房給湯対応型専用ヒートポンプとインバーター制御を中心とした高効率稼働により2023年度の目標値で20%低減を見込み、2030年度までには30%低減を目標とする。

ZEBは、建物の断熱性能等により従来型建物と比較して冷暖房負荷を半減させることが可能である。また、高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムを導入して高効率稼働することによりイニシャルコストとランニングコストを低減するほか、本研究開発で取り組む井戸メンテナンス方法の低コスト実用化を加えることによりトータルコストの30%以上低減を達成する見込みである。

ゼネラルヒートポンプ工業株式会社は、高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システム専用ヒートポンプの研究開発に取り組み、給湯と冷暖房両方に対応可能で部分負荷特性が高いという特長を有する高効率ヒートポンプを完成させる。本研究開発では、ZEBにおいて冷暖房稼

働時には稼働時間の大部分を占めると考えられる部分負荷時でも高効率を維持できる制御方法を確立すると共に、本方式専用ヒートポンプの商品化を進め、日本地下水開発株式会社と連携して積雪寒冷地域を中心に ZEB の普及に合わせて展開・普及を図る。高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システムを組み込んだ ZEB の普及促進により、本方式専用ヒートポンプの量産化を進め、2030 年までに専用ヒートポンプの低コスト化を実現するものとする。

表 II (1.3)-1 研究開発目標と根拠

研究開発項目	中間目標 (2021 年度末)	最終目標 (2023 年度末)	目標レベル設定の根拠
ZEB 実証建物	ZEB 実証建物の完成	ZEB 適応性の検証	
(1)高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システムの開発 1)ZEB 実証建物と本システムの適応性評価 2)システム構築とモニタリング 3)フリークーリングによる冷房高効率化 4)給湯システムの高効率化 5)井戸洗浄方法の開発 6)システムの技術評価手法確立	1)ZEB 建物と本システム構築完了させて適応性評価を開始 2)モニタリングと観測データ集積 3)フリークーリングの実施と効果検証開始 4)給湯システム稼働・チェック・改良 5)システム稼働時に井戸洗浄実施 6)ZEB 適応性検証着手	1)データに基づく適応性評価の完了 2)トータル熱供給システム稼働データから最適稼働設定確立 3)フリークーリングの最適稼働設定確立 4)太陽熱利用による最適稼働設定の確立 5)密閉構造を生かした低コスト井戸洗浄方法の確立 6)ZEB 適応性評価手法の概略確立	高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システムの ZEB 適応性を実証し、イニシャルコスト・ランニングコストともに 30%低減を実現させて、普及に向けた技術評価手法を確立
(2)高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システム専用ヒートポンプの開発 1)設計 2)製作・性能試験 3)山形フィールドへ設置・調整 4)モニタリング 5)スケール防止機構有効性検証	1)設計の完了 2)製作・性能試験の完了 3)山形フィールドへ設置・調整の完了 4)ヒートポンプ稼働とモニタリング・データ集積 5)スケール防止機構有効性検証開始	1)～4) 給湯 COP : 4.3 冷房+給湯の総合 COP : 7.1 専用ヒートポンプの性能評価と最適稼働設定の確立 5)有効性検証結果に基づきスケール防止機構の確立	高効率な専用ヒートポンプを完成させて、最適稼働設定を確立し、イニシャルコスト・ランニングコストともに 30%低減に資する

(1.3.3)事業スケジュール

本事業の研究期間は、2020年1月9日より2022年3月20日までで、主な事業スケジュールの概要を図Ⅱ(1.3)-1に示す。

事業項目	2019年度				2020年度				2021年度				2022年度(予定)				2023年度(予定)			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
ZEB実証施設 設計・準備 建築工事																				
(1)高効率帯水層蓄熱を 利活用したトータル熱供 給システムの開発 1)実証建物とシステムの適 応性評価 2)システム構築とモニタリ ング 3)フリークーリングによる 冷房高効率化 4)給湯システム高効率化 5)井戸洗浄方法の開発 6)システムの技術評価手 法確立																				
(2)高効率帯水層蓄熱を 利活用したトータル熱供 給システム専用ヒートポン プの開発 1)設計 2)製作・性能試験 3)山形フィルトへ設置・ 調整 4)モニタリ ング 5)スケール防止機構有効 性検証																				

図Ⅱ(1.3)-1 研究開発のスケジュール

(1.4)寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開

(1.4.1)背景と目的

地中熱ヒートポンプ(GSHP)システムは省エネルギー性能に優れた再生可能エネルギー熱利用技術の一つであるが、冷房と比較して特に暖房・給湯での省エネルギー性能が高いことから、北米や欧州の寒冷地では既に200万台を超える導入実績がある。我が国においてもGSHPシステムの導入件数のうち約半数が北海道・東北地方となっており、今後も最もGSHPシステムの導入拡大が期待できる地域であるといえる。しかしながら、北海道・東北地方のGSHPシステムの導入については、ヒートポンプの容量で換算して数十kWを超える中～大規模の事例が多くなっており、特に住宅等の小規模建物については業務用と同等のマーケットを有しているにも関わらず、導入件数がやや伸び悩んでいる傾向にある。

一方で、近年では政府目標が掲げられているように建築物におけるネット・ゼロ・エネルギー・ビル(ZEB)化やネット・ゼロ・エネルギー・ハウス(ZEH)化が進められており、特に暖房のエネルギー消費量の大きい寒冷地において、ZEB化やZEH化を進めるためには、GSHPシステムの導入が最も効果的な手段であると考えられている。また、ZEB化・ZEH化を行う建物については、高断熱化技術・遮熱技術の適用が必要不可欠であり、熱負荷が小さくなることで、GSHPシステムの設置規模を小さくすることも可能である。従って、寒冷地においてZEB やZEHを目標とする建築物に低コストで導入でき、かつ高効率なGSHPシステムを開発することが今後のGSHPシステムの導入拡大に最も寄与できると考えられる。

以上のことから、本研究開発では、寒冷地においてZEB やZEHを目標とする建築物に採用できる低コスト・高効率な間接型GSHPシステムの技術開発を行うことを目的とする。

(1.4.2)研究開発の概要

上述のように地中熱ヒートポンプシステムの導入効果が大きく、導入が最も必要である寒冷地の ZEB 化・ZEH 化建物に導入可能な低コスト・高効率な地中熱ヒートポンプシステムを開発し、市場を拡大することが、トータルコスト低減達成のための有効な手段であると考えられる。

これらの要求を実現するために、以下に示す研究開発を実施することを計画する。

(1) ZEB・ZEH 建物に導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムの設計・評価手法の確立

事務所ビル、戸建住宅もしくはそれに準ずる小規模建物(以下戸建住宅)の 2 つの種類の建物を対象に ZEB 化・ZEH 化を実施した上で、高断熱化による暖房負荷削減を考慮した地中熱ヒートポンプシステムの設計を行うことで低コスト化を図り、導入後に建物の熱負荷(ヒートポンプの出力)や地中採熱量、熱源水温度の計測を行い、設計と低コスト化の検証を行う。また、建物全体のエネルギー消費量と地中熱ヒートポンプシステムのエネルギー消費量の計測を行い、普及型 ZEB に対する地中熱ヒートポンプシステムの導入効果(エネルギー消費量削減効果)を定量化し、ZEB 建物に対する地中熱ヒートポンプシステムの寄与を示すことで ZEB 建物の地中熱ヒートポンプシステムの導入を促進できるようにする。

(2) 新築業務用建物および小規模建物に導入可能な低コスト地中熱交換器の開発

新築事務所ビルに対して基礎杭兼用地中熱交換器を導入し、地中熱交換器の導入技術を確立してインシャルコストの削減効果を検証するとともに、建設後採熱量と熱源温度の計測を行い、地中熱交換器の性能評価を行う。また、小規模建物に導入可能な PC 杭利用地中熱交換器、水平ユニット方式の 2 種類の地中熱交換器を提案し、地中熱交換器パイプの試作を行うとともに、既存事務所ビル、戸建住宅の導入試験を実施して低コスト化への課題の抽出と改善を実施する。また、異なる複数の地盤条件で試験を実施することで、地盤条件に対する優位性と劣位性を明らかにしておく。最終的には小規模建物に対し、小規模建物に導入可能な低コスト地中熱交換器を実現させる。

(3) 高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発

事務所ビル(既存・新築)に対してヒートポンプの高効率化に寄与する低温水の送水が可能な天井空調システムの導入を行い、実際に暖房・冷房運転を行いつつ、省エネ性(ヒートポンプおよびシステム性能の向上)と快適性を両立させることが可能な最適運用技術を確立させる。さらに、既存事務所ビルの一部や戸建住宅では二次側が直接膨張方式で、ダクトで送風を行う空調システムを導入し、こちらについても省エネ性と快適性を両立させることを試みる。また、ヒートポンプの機器単体については、将来の冷媒の規制を見据えて、CO₂冷媒を用いた地中熱ヒートポンプ

給湯機の開発と暖房機の高効率化の研究開発を実施する。CO₂冷媒を用いた地中熱ヒートポンプ給湯機については実際の建物への導入を行い、地中熱ヒートポンプの消費電力、一次側・二次側出入口温度、流量などの計測を実施し、従来の空気熱源ヒートポンプ給湯機(エコキュート)と比較した省エネルギー効果についても検証する。

(4) 地中熱ヒートポンプシステムトータルコスト削減効果の評価

新型地中熱交換器の開発、二次側運用技術の確立、ヒートポンプ機器の高効率化などによる各要素技術によるインシヤルコスト、ランニングコスト削減効果の評価を行うとともに、これら要素技術と設計手法を組み合わせた地中熱ヒートポンプシステムのインシヤルコスト・ランニングコストを合わせたトータルコスト削減効果の評価を行う。

表Ⅱ(1.4)-1 研究開発目標と根拠

研究開発項目	中間目標(2021年度末)	最終目標(2023年度末)	目標レベル設定の根拠
(1)ZEB・ZEH 建物に導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムの設計・評価手法の確立	<ul style="list-style-type: none"> ・(2)、(3)との組み合わせによるトータルコスト20%以上の削減を可能とする設計手法の確立の道筋をつける ・GSHP システムの普及型 ZEB・ZEH への省エネ寄与率定量化のための実測データを収取する 	<ul style="list-style-type: none"> ・(2)、(3)との組み合わせによるトータルコスト 20%以上の削減を可能とする設計手法の確立 ・GSHP システムの普及型 ZEB・ZEH への省エネ寄与率定量化 	<ul style="list-style-type: none"> ・シミュレーション結果から ZEB・ZEH 化建物を考慮した設計により、従来と比較して地中熱交換器規模やヒートポンプの容量を20%以上削減可能となることが示されたため ・ZEB・ZEH 化建物に導入された GSHP システムの実測により省エネ寄与率の定量化が可能
(2)小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模建物導入時において従来地中熱交換器との比較で設置コスト20%以上の削減の見通しをつける 	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模建物導入時において従来地中熱交換器との比較で設置コスト20%以上の削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・一般的な戸建住宅の1件あたりの地中熱交換器設置コストの試算結果から、現状150万円程度に対して、H型PC杭方式は90万円以下となる見通しが示されたため
(3)高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・実測データをもとにエネルギー消費量を削減する二次側運用技術について見通しをつける ・ヒートポンプ給湯機:出力6.0kW、COP4.3 ・ヒートポンプ暖房機①:出力6.0kW、COP4.3 ・ヒートポンプ暖房機②:出力4.0kW、COP4.5 	<ul style="list-style-type: none"> ・従来のGSHPシステムからのランニングコスト20%以上の削減を実証(以下の内容は中間目標と同じ) ・ヒートポンプ給湯機:出力6.0kW、COP4.3 ・ヒートポンプ暖房機①:出力6.0kW、COP4.3 ・ヒートポンプ暖房機②:出力4.0kW、COP4.5 	<ul style="list-style-type: none"> ・従来の温水暖房方式に対して、低温温水送水が可能な放射空調方式などの適用とヒートポンプの高効率化で20%以上のランニングコスト削減できるという試算結果による
(4) 地中熱ヒートポンプシステムトータルコスト削減効果の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・設定なし(最終年度実施内容のため) 	<ul style="list-style-type: none"> ・地中熱ヒートポンプシステムのトータルコスト20%以上削減の達成 	<ul style="list-style-type: none"> ・本事業の最終目標として設定

(1.4.3)事業スケジュール

本事業の研究期間は、2020年1月24日より2022年3月20日までで、主な事業スケジュールの概要を図Ⅱ(1.4)-1に示す。

事業項目	2019年度				2020年度				2021年度				2022年度(予定)				2023年度(予定)			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
(1)GSHPシステムの設計・評価手法の確立	新築事務所																			
		設計				施工				実測による設計の検証										
	既設事務所																			
	住宅	設計				施工				実測による設計の検証										
	設計・施工・実測による設計の検証																			
(2)低コスト地中熱交換器の開発	新築事務所																			
		設計				施工				実測による設計の検証										
	既設事務所																			
	住宅	設計				施工				実測による設計の検証										
	設計・施工・実測による設計の検証																			
(3)高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発	HP給湯機																			
		試作・性能評価				実証機導入														
	HP暖房																			
	二次側運用技術	試作・性能評価				実証機導入														
	計測・最適運転方法の検討・評価																			

図Ⅱ(1.4)-1 研究開発のスケジュール

(2)太陽熱等利用システムの高度化技術開発(2.1)地下水循環型地中採熱システムの研究開発

(2.1.1)事業の目的と目標

第21回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）で採択されたパリ協定が発効されたのを機に、世界的に低炭素化社会実現に向けた動きが活発化している。日本は、2030年度までに、2013年度比で、温室効果ガス排出量を26%削減する（2005年度比では、25.4%削減）目標を掲げている。日本の全産業で排出するCO₂量のうち、建設活動に関連する部分は42.7%と最も割合が大きく、建築分野における低炭素化は喫緊の課題である。脱炭素技術の切札として期待される再生可能エネルギーは、現状、太陽光発電や風力発電など電気利用が主体である。一方、再生可能エネルギーのうち太陽熱や地中熱などの熱利用はその大きな賦存量にも拘わらず、その利用が進んでいないのが現状である。建築分野で必要とされる熱はとりたてて高温である必要はないため、現在未利用である再生可能エネルギー熱を十分に活用できれば、大幅な省エネルギー化が期待できる。設備導入に係る初期コストが大きい太陽熱・地中熱などの熱利用の普及促進を目的に、再生可能熱エネルギー利用システムの適切な設計手法を確立するとともに、ライフサイクルに亘りコスト低減・性能向上に資する要素技術・システム化技術開発を実施する。

(2.1.2)研究開発の概要

- 1) 再エネ熱利用システム設計手法の開発（鹿島建設、日建総研）
 - ・地中熱・太陽熱利用を組み込んだシステムシミュレーションツールを開発。
 - ・作成したツールを活用して、システム導入予定の建物モデルを対象に、適正な運転方法や省エネ性能、さらに実建物での年間運転実績データの分析に基づく開発システムの運転性能を検証。
- 2) 低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発（鹿島建設、ゼネラルヒートポンプ工業）
 - ・SSHP、空気-水熱交などをユニット化した統合型SSHPを実用化し、実建物で実証する。
 - ・給湯機能付きビル用マルチ空調システムの実用機を完成し、実建物で実証する。
- 3) 実建物における運転性能の実態検証（鹿島建設、名古屋大学、日建総研）
 - ・早期の市場投入を図るため、実建物運用での変動負荷時の性能検証を行う。
- 4) 再エネ熱利用システムの最適運転制御技術（鹿島、東京大学）
 - ・機械学習などのAI等を活用した、太陽熱+地中熱を活用する最適制御アルゴリズムを構築し、実用的な運転制御手法を開発する。

表Ⅱ(2.1)-1 研究開発目標と根拠

研究開発項目	中間目標(2021年度末)	最終目標(2023年度末)	目標レベル設定の根拠
①再エネ熱利用システム設計手法の開発	LCEM ベースの設計用シミュレーションツールのプロトタイプを完成。実建物及びモデル建物を対象にSSHP 導入効果を検討。	2021年度～2023年度に実建物（豊田自動織機大府工場）を対象にSSHP 導入効果を検討。	これまで順調に推移している開発の達成状況に基づく。
②低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発	構成機器をコンパクトに集約した「ユニット型SSHP」を開発する。夏期・冬期条件での目標単体COP6以上を達成する。	構成機器をコンパクトに集約した「ユニット型SSHP」を開発する。夏期・冬期条件での目標単体COP6以上を達成する。	2019年度～2020年度に達成。
③実建物における運転性能の実態検証	2021年度8月までにSSHP 実証システム完成。	2020年度～2023年度にかけて年間発生頻度の高い、低負荷運転下でのSSHP 運転性能を検証	SSHP 大府実証システムの設置工事計画に基づく。
④再エネ熱利用システムの最適運転制御技術	2019年度～2020年度に、最適制御制御アルゴリズムを完成。シミュレーションツール上でSSHP システム実験結果を高い精度で再現。	ランニングコスト圧縮のため、再生可能熱エネルギーを複合的に利用する最適制御手法を開発。	2019年度～2020年度に達成。

(2.1.3)事業スケジュール

本事業の研究期間は、2019年7月25日より2022年3月20日までで、主な事業スケジュールの概要を図Ⅱ(2.1)-1に示す。

事業項目	2019年度				2020年度				2021年度				2022年度(予定)				2023年度(予定)			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
再エネ熱利用システムの設計手法の開発			導入効果算定		モデル建物での効果検証				実運転データを用いた導入検討ツールの検証											
低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発			試作機製作		実証実験				工場試験											
実建物における運転性能の実態検証							実証装置設置工事				実運転データに基づく導入効果の検証									
再エネ熱利用システムの最適運転制御技術			最適制御アルゴリズムの構築																	

図Ⅱ(2.1)-1 研究開発のスケジュール

(2.2)温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発

(2.2.1)背景と目的

温泉大国である我が国の源泉数が27,000か所以上、温泉地数が2,900か所以上あり、温泉熱の賦存量が多く熱エネルギーとしてのポテンシャルは高い。温泉街では、源泉を保有し熱量が余っている温泉事業者と、購入した源泉を加温している温泉事業者が混在し、熱源と熱需要者が分散して存在していることがある。温泉街全体では大きなポテンシャルを有していても、化石燃料による個別システムが導入された状態が多い。温泉街への適用を想定した、温泉熱を面的に活用する熱利用システムとして、シングルループ方式の分散熱源による熱源水ネットワークシステムの研究開発を、先のNEDO委託事業（以降、「過年度プロジェクト」）にて実施した。

しかしながら、実際の施設に適用して運用する際は、設計段階で想定する特定の運転状況とは異なり、動作確認実験のような単に施設から熱源水ネットワークへ熱回収または、熱源水ネットワークから各施設へ熱供給を行うだけでは済まない。また、温泉熱等の分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入に際し、実現可能性検討等が必要であり、検討段階でもコストと時間が掛かる。そのため、普及に向けたトータルコスト低減には、イニシャルコストのみならず、導入検討、運用の各段階におけるコスト低減が必須である。

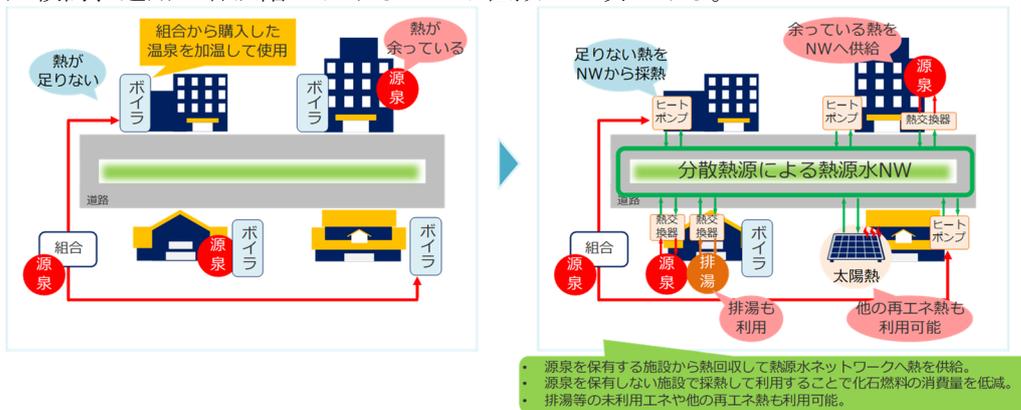


図 II (2.2)-1 一般的な温泉街への開発成果の適用概念図

(2.2.2)研究開発の概要

本事業では、熱源水ネットワーク全体の熱バランスを制御し、熱売買までを管理できる「熱売買制御システム」の開発と、分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討・判断の容易化を図るため、ソフト的な支援として「導入検討支援ツール」を開発することを目的とし、研究開発を行う。

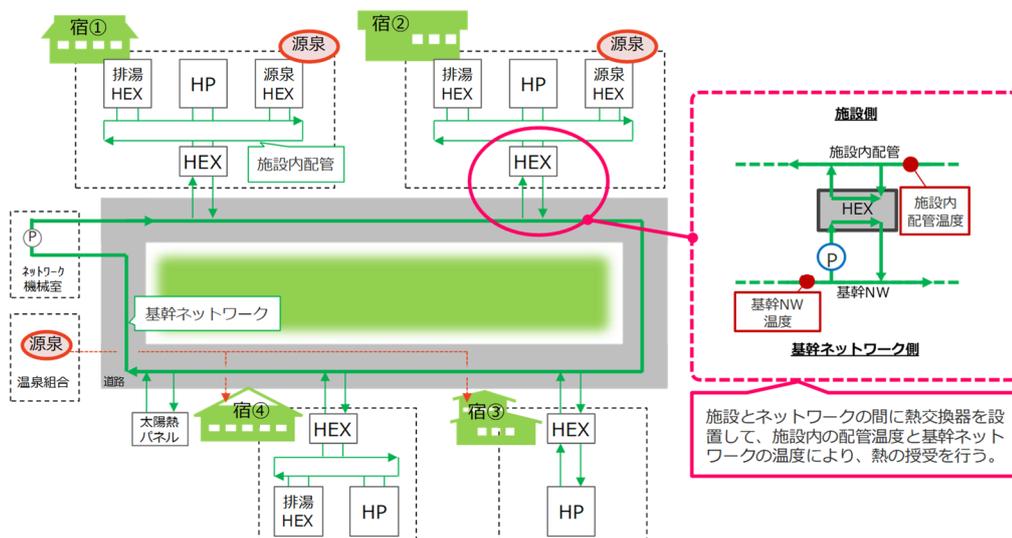


図 II (2.2)-2 温泉街における分散熱源による熱源水ネットワークシステムと熱授受の制御の概念図

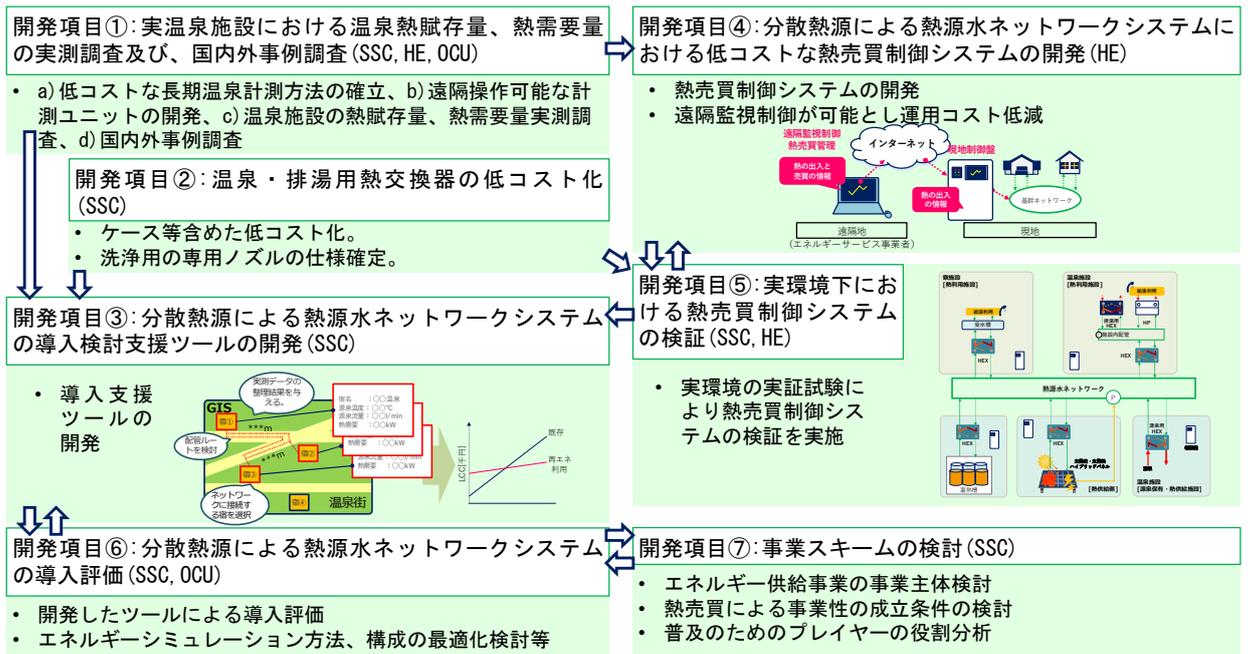


図 II (2.2)-3 研究開発概要

表 II (2.2)-1 研究開発目標と根拠

研究開発項目	中間目標(2021年度末)	最終目標(2023年度末)	目標レベル設定の根拠	
(1) 実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査及び、国内外事例調査	a) 低コストな長期温泉計測方法の確立	温泉計測、熱量計測に使用可能な計測器条件を調査、整理する。	5カ所以上の温泉施設での実測により、低コストかつ安定して温泉流量等の長期計測方法を確立する。	
	b) 遠隔操作可能な通信機能を持つ計測ユニットの開発	幅広い計測機器に対応した遠隔操作可能な通信機能を持つ計測ユニットを試作し、施設での実測に活用する。	幅広い計測機器に対応した遠隔操作可能な通信機能を持つ計測ユニットを開発し、5件以上の施設で実測に活用する。	
	c) 温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査	5カ所以上の温泉施設での実測を開始する。	5件以上の温泉事業者において温泉熱賦存量、熱需要量の実測を行い検討データとして整理する。	また、データ収集と回収等に多くの費用と時間を要する。そこで、温泉施設についてエネルギー消費量等の傾向を掴み、基礎データとして整備するため。
	d) 国内外事例調査	動向調査を実施し、事例調査先を決定する。	2件以上の事例を調査する。	熱源水NWの国内事例が殆どない。動向調査により情報アップデートするため。
(2) 温泉・排湯用熱交換器の低コスト化	液膜形成部、筐体を含む流下液膜式熱交換器の製品仕様を検討する。	流下液膜式熱交換器の製品仕様の決定。低コスト化により筐体等を含めて20%以上の低価格化を目指す。	過年度プロジェクトで開発した流下液膜式熱交換器から、ケーシング等も含め低コスト化し熱源水NWのトータルコスト低減に寄与するため。	

(3)分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発	熱源水ネットワークシステムの簡易な導入検討ができるツールの仕様検討、試作を行う。	実測調査結果の入力により、検討に利用する基礎データとして熱需要量、熱賦存量等を整備、コストまで含めた簡易な導入検討ができるツールを開発する。	導入に際し、対象地域での情報収集、実測調査、FS検討が必要となり時間、費用が掛かるため導入のハードルとなる。これらの構想企画段階、設計段階で掛かるコストを低減するため。
(4)分散熱源による熱源水ネットワークシステムにおける低コストな熱売買制御システムの開発	省エネのために最適な売買を自動で行う制御を行うための遠隔監視および操作が可能な制御システムの低コスト化検討を行う。	省エネのために最適な売買を自動で行う制御を行うための遠隔監視および操作が可能な制御システムを開発する。従来技術の一品生産システムに対し、20%以上の低コスト化を行う。	分散熱源による熱源水NWの熱融通確認は過年度プロジェクトにて確認できたが、実運用では、熱売買を含んだ制御システムが必要となる。現状では一品生産システムとなり非常に高価なためコスト低減によりトータルコスト低減に寄与するため。
(5)実環境下における熱売買制御システムの検証	なし。(2022年度以降に実証試験を実施)	実証試験により制御と熱売買システムが正常に動作する事を確認する。	
(6)分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入評価	熱売買も含めた熱源水ネットワークの導入可能性検討を行うためのモデル構築をする。	2条件以上の具体的事例について導入可能性を検討し、有用性を示す。	分散熱源による熱源水ネットワークシステムの実用化、普及に向けて先行検討事例、導入事例が少ない。具体的事例について導入可能性、導入条件、事業スキームを検討し分散熱源による熱源水ネットワークシステムの有効性を示すため。
(7)事業スキームの検討	関係団体へのヒアリングと事業スキームの検討、整理を行う。	熱源水ネットワークシステムの構成や、熱需給バランス等を変化させ、事業性が成り立つ条件を明確化し、導入可能条件を整理する。	

(2.2.3)事業スケジュール

本事業の研究期間は、2020年11月30日より2022年3月20日までで、主な事業スケジュールの概要を図Ⅱ(2.2)-4に示す。

研究開発項目		2020年度				2021年度				2022年度 (予定)				2023年度 (予定)			
		1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
(1)実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査及び、国内外事例調査	a)低コストな長期温泉計測方法の確立	長期温泉計測が可能な計測方法の把握				計測方法の見直し				計測方法の確立							
	b)遠隔操作可能な通信機能を持つ計測ユニットの開発	遠隔通信機能を持つ計測ユニットの設計・製造															
	c)温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査					実測調査											
	d)国内外事例調査	動向調査				事例調査				事例調査							
(2)温泉・排湯用熱交換器の低コスト化		低コスト化に向けた仕様の検討				試作・性能試験				(5)の試験設備に組込							
(3)分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発		導入可能性検討ツールの開発				実測地での導入可能性を検討				熱売買も考慮したツールに発展							
(4)分散熱源による熱源水ネットワークシステムにおける低コストな熱売買制御システムの開発		熱売買に係る検定付き計測機器の選定				熱売買制御システムの構想検討				熱売買制御システムの構築							
(5)実環境下における熱売買制御システムの検証						設計				構築				実環境下での実証試験			
(6)分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入評価		導入評価、その他の再エネ熱を含めた熱源水NWの検討など				熱源水NWでの熱売買の考え方の整理				熱売買が成立する条件における設備構成最適化検討							
(7)事業スキームの検討		スキームの検討 事業者ヒアリング				事業主体、事業形態等の検討				事業性成立条件の検討							

図Ⅱ(2.2)-4 研究開発のスケジュール

(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

(3.1)見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化

(3.1.1)背景と目的

これまで再生可能エネルギー熱（地中熱、太陽熱等）が十分に利用されてこなかった要因として、設備導入コストが高いこと、認知度が低いこと、熱エネルギーの供給を担う人材が十分育っていないこと等があり、2019年度より再生可能エネルギー熱利用システムのトータルコスト低減に資する研究開発の推進、及び普及拡大に取り組んでいる。特に、地中熱利用システム的设计フェーズにおいては、適正な導入・運用コストのための最適設計や多様性を考慮した精緻な設計ツールの開発等に課題がある。そこで、本事業では、地中熱利用システムの導入拡大に資するシステム設計の最適化に必要な見かけ熱伝導率の推定・評価技術、簡易熱応答試験（Thermal Response Test : TRT）技術、設計ツールを共通基盤技術として開発し規格化を目指す。

(3.1.2)研究開発の概要

地中熱システム設計の低コスト化に寄与する、見かけ熱伝導率の精度 $0.5 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ 以下での推定・評価技術、既設井戸、垂直型地中熱交換器に適用可能な簡易熱応答試験法およびクローズド・オープンループシステム双方に対応可能な世界初の統合型設計ツールの開発、規格化を目指す。

①見かけ熱伝導率の推定手法の開発・規格化

1)地質構造解析と地下水流動解析を用いる水文地質学的推定手法の開発

水文地質学の専門知見に基づいた地質構造解析と広域地下水流動解析を行い地質情報から見かけ熱伝導率を高精度に推定する手法を開発する。

2)地質情報に基づく統計学的推定手法の開発

見かけ熱伝導率を地質情報に基づき統計学的に推定する手法を開発する。

3)地下水情報の簡易評価技術の開発

簡便に地下水等高線やダルシー流速等を推定する手法として地形情報を用いたAI解析に基づく評価技術を確立する。

4)開発した手法の検証・評価

上記1)、2)にて開発した手法の検証を目的に複数のモデル地域でオールコアサンプリングおよびTRTを実施する。

5)見かけ熱伝導率の推定手法の規格化

上記1)、2)にて開発した手法について規格化を踏まえた技術書を作成する。

②簡易熱応答試験法(TRT)の開発・規格化（担当：国立大学法人秋田大学・国立大学法人北海道大学）

地中熱利用ヒートポンプシステム的设计における一般的なTRTは、従来の方法の場合、地中熱交換井として仕上げられた井戸でしか実施できず、高額であることが課題となっていることから、コストを縮減するための簡易TRTを開発し、数値解析および実証試験を通じた検証を踏まえ、基盤技術として確立することを目指す。

1)大口徑水井戸に適用可能なTRT装置の開発

あらゆる口径の既存井戸で計測可能な簡易TRT装置の開発を行う。装置は、ケーブルヒーターと光ファイバー温度計を組み合わせたものを、電磁石でケーシング内壁に密着させる構造とする。従来型TRTによるデータと比較して装置の優位性を検証した後、大口徑井戸への適用性を確認する。

2)垂直ボアホール型地中熱交換器（Borehole Heat Exchanger : BHE）に対応可能な簡易TRTの開発

a. 軽量・コンパクト・小作業による低コストで大深度BHEまで対応可能な簡易TRT技術の開発

深度数百メートルまで対応可能な発熱ワイヤーと光ファイバー温度計を組み合わせた試験装置を開発し、これを用いたTRT装置を作製する。従来のTRTと比較することで本装置の有効性を検証し、大深度でも有効であることを確認する。

b. 周期加熱法による迅速TRT技術の開発

従来のTRTよりも短時間で周囲地盤の熱物性を推定可能な周期加熱法による迅速TRT技術を開発し、装置を設計・製作する。従来のTRTによる推定物性値と比較することで本装置の有効性を検証し、大深度でも有効であることを確認する。

3) 簡易熱応答試験の規格化

上記1)、2)の試験方法について規格化を踏まえた技術書を作成する。

③ 統合型設計ツールの開発 (担当：国立大学法人北海道大学・国立研究開発法人産業技術総合研究所)

現在主流となっているクローズドループシステムの設計ツールに①で開発した地盤物性データベースを加え、多種の地中熱交換器に対応可能とし、さらには建物・空調設備との連成を図る等、より精緻化すると共に、オープンループシステムの設計機能を加えた統合型設計ツールを開発する。

1) 設計に必要な地盤・帯水層データベースの規格化

クローズドループシステムおよびオープンループシステムの設計に必要な地盤・帯水層情報等を規格化する。

2) オープンループシステムの実証実験に基づく最適な地中熱利用形態の判定技術開発

地下水流動シミュレーションと実証実験を踏まえて、水理水頭に着目したオープンループシステム導入判断のための判定技術を開発する。なお、本判定技術により試行的に作成・整備した適地マップ情報は、別途作成する地盤・帯水層データベースに統合する。

3) 地下水流れおよび多種の地中熱交換器に対応した設計ツールの開発

従来の設計ツールに対して地盤モデル、地中熱交換器モデルの拡充を行う。具体的には、地層ごとの地下水流速を考慮した地中温度計算機能および現存する多種の地中熱交換器に対応する設計ツールを開発する。

4) 建物・空調設備との連成シミュレーションの作成

建物内の温度、空調機、他の熱源システムと併用を含めた、建物・空調設備・ヒートポンプ・熱交換器の連成シミュレーションの作成を行う。

5) 設計ツールと他のツール、プログラムとの連携方法の確立

開発した設計ツールの計算手法や計算結果を他のツール（Webプログラム、LCEM等）に反映できる連携方法を確立する。

6) オープンループシステムの設計ツールの開発

オープンループの導入を阻害している課題（システム性能評価手法が未確立であること等）を解決可能な設備・設計技術者のためのオープンループシステム数値計算ツールを開発する。

7) 計算精度検証のためのGSHPシステム運転データの収集と分析

既存の地中熱利用システムに後付け可能なデータ収集・転送装置を作製し、運転データを取得、分析することで開発した設計ツールの精度検証を行う。

8) 統合型設計ツールの開発

上記1)～7)を踏まえ統合型設計ツールを開発する。

④ 共通基盤ワーキングへの参加 (担当：国立大学法人北海道大学・国立大学秋田大学・国立研究開発法人産業技術総合研究所)

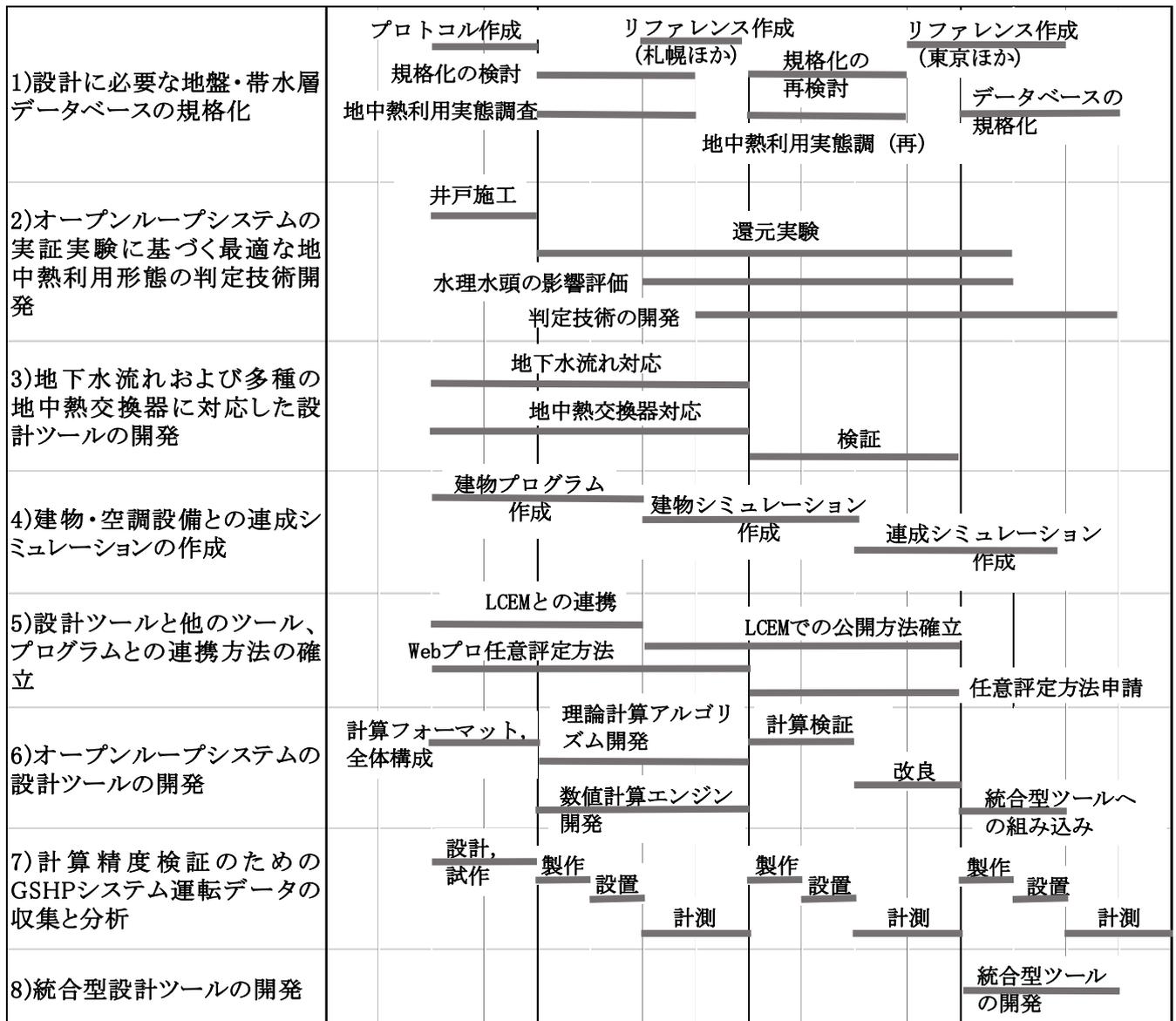
表Ⅱ(3.1)-1 研究開発目標と根拠

研究開発項目	中間目標(2021年度末)	最終目標(2023年度末)	目標レベル設定の根拠
①見かけ熱伝導率の推定手法の開発・規格化	<ul style="list-style-type: none"> ・水文地質学のおよび統計学的な見かけ熱伝導率推定手法のスキーム確立、数値 TRT 等による推定手法の検証 ・地下水情報の簡易推定手法を確立、モデル地域以外の地域への適用性確認 ・TRT 実施 (3 地点) ・オールコアサンプリング実施 (2 地点) 	<ul style="list-style-type: none"> ・水文地質学のおよび統計学的な見かけ熱伝導率推定手法の開発 ・全国見かけ熱伝導率データベース(テスト版)の構築 ・見かけ熱伝導率の水文地質学的推定手法の技術移転(マニュアル化含む) 	<ul style="list-style-type: none"> ・共通基盤技術開発の一環として、地中熱利用システムの最適設計ならびに低コスト化に資する見かけ熱伝導率の推定技術を開発 ・開発技術の普及・展開を推進するにはデータベース作成や技術移転が有効
②簡易熱応答試験法(TRT)の開発・規格化	<ul style="list-style-type: none"> ・大口径水井戸に適用可能な簡易試験装置を製作し、現地試験と数値シミュレーションにより精度を確認 ・発熱ワイヤー付き光ファイバー温度計、周期加熱法のための試験装置を製作し、全国 4 箇所の大深度(深度 300m) 地中熱交換機と数値シミュレーションにより精度を確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・井戸口径や水文環境の異なる複数の箇所における試験、数値シミュレーションを踏まえ、従来法と同程度の推定精度を得る試験法を開発 ・全国 5 箇所の大深度地中熱交換器を用いた実証試験と、数値シミュレーションにより試験法を確立し、工数の分析からコスト削減効果を評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・実用化には、従来法と同程度の推定精度を確保しながら TRT にかかるコストや時間を削減すべく、地質構造等が異なる複数現場にて試験データを取得するとともに、数値シミュレーションと併せて、試験法を検証
③統合型設計ツールの開発	<ul style="list-style-type: none"> ・統合型設計ツールに必要な地盤情報の規格化 ・地下水流れおよび多種地中熱交換器への対応 ・建物・空調設備との連成シミュレーションの基本アルゴリズムの開発 ・オープンループシステムの計算手法および数値シミュレータの開発 ・ツールの検証に必要なシステム運転データの収集と分析 (8 地点) ・統合型設計ツールの基本レイアウト・デザインを決定 	<ul style="list-style-type: none"> ・統合型設計ツールに必要な地盤情報をデータベース規格化し、全国を対象とするリファレンスを作成 ・複層地盤・地下水流れ・多種地中熱交換器の計算アルゴリズムの完成 ・建物・空調設備との連成シミュレーション計算のアルゴリズムの開発 ・LCEM 等他のツール、プログラムとの連携方法の確立 ・統合型設計ツールに実装するオープンループシステムの設計性能予測手法の開発 ・システム運転データの収集と分析に基づくツールの有効性の検証 ・クローズド・オープンループ方式双方に対応する設計ツールを実用化レベルで完成 	<ul style="list-style-type: none"> ・クローズドループ方式の更なる普及のため、わが国の複雑な地盤条件に対応すべく、複層地盤・地下水流れ・多種地中熱交換器への計算機能、建物・空調設備との連成シミュレーション、他ツール、プログラムとの連携などの、設計手法の高度化が必要 ・オープンループ方式は、これまで設計手法が確立しておらず、設計に必要な地盤情報の規格化、サイクルシミュレーションおよび蓄熱(ATES) 計算のシミュレータの開発が必要 ・上記を統合し、クローズド・オープンループ方式双方を同時に扱える設計ツールが必要

(3.1.3)事業スケジュール

本事業の研究期間は、2020年6月23日より2022年3月31日までで、主な事業スケジュールの概要を図II(3.1)-1に示す。

事業項目	2020年度				2021年度				2022年度(予定)				2023年度(予定)			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
1)地質構造解析と地下水流動解析を用いる水文地質学的推定手法の開発																
2)地質情報に基づく統計学的推定手法の開発																
3)地下水情報の簡易評価技術の開発																
4)開発した手法の検証・評価																
5)見かけ熱伝導率の推定手法の規格化																
1)大口径水井戸に適用可能なTRT装置の開発																
2)垂直ボアホール型地中熱交換器(Borehole Heat Exchanger:BHE)に対応可能な簡易TRTの開発																
a.軽量・コンパクト・小作業による低コストで大深度BHEまで対応可能な簡易TRT技術の開発																
b.周期加熱法による迅速TRT技術の開発																
3)簡易熱応答試験の規格化																



図Ⅱ(3.1)-1 研究開発のスケジュール

(3.2)オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究

(3.2.1)背景と目的

これまで地中熱利用に関するさまざまなポテンシャルマップが作成され、公開されている。しかしながら、オープンループ方式を対象とする現状のポテンシャルマップは、地下の地質・地下水情報から帯水層深度や地下水位、地下水温度、地下水水質等の分布を提示し、そこからシステム設計における注意点を提供することはできるものの、オープンループ方式における機種選定、他の熱源システムを含むトータル熱源システムとして検討することができる設計ツールがないのが現状である。また、オープンループ方式の場合には、設置する熱源システムの空調能力に応じて必要とされる量の地下水を揚水・還元するものの、現状では地下水揚水可能量は揚水井を掘削し揚水試験を行うことにより知ることができ、また地下水還元可能量は一般的に還元井の経年劣化により減少することから、いずれも設計段階では明確ではない。よってシステム設計は、現状では安全率を大きくすることによって不確定要素に対応せざるを得ず、揚水井・還元井に加えて揚水ポンプの仕様が過大となりやすい状況にある。

そこで本研究開発では、①「システムシミュレーションツールの研究開発」、②「地下水揚水可能量予測手法の研究開発」、③「地下水還元可能量予測手法の研究開発」を実施することにより、オープンループ方式のためのシステムシミュレーションツールの開発を行うとともに、地下水揚水可能量と地下水還元可能量の設計段階における予測を可能とする手法の開発を行うことが本研究の目的である。

(3.2.2)研究開発の概要

オープンループ方式の地中熱利用に必要な設計ツールの研究開発として、①システムシミュレーションツールの研究開発、②地下水揚水可能量予測手法の研究開発、③地下水還元可能量予測手法の研究開発を実施する。①システムシミュレーションツールの研究開発では、オープンループ方式のトータル熱源システムの適正な運転方法やエネルギー消費量を算出できるツールを開発する。②地下水揚水可能量予測手法の研究開発では、1)広域的な透水係数推定手法の研究開発と2)地盤調査ボーリング孔を利用した透水係数推定手法の研究開発を実施する。前者では、大阪平野・濃尾平野など既存のボーリング情報が数多く蓄積されている地域において、一般的なボーリングデータや物性値、ボーリング柱状図に記載されている記事等を利用して透水係数を推定する手法を開発する。後者では、小口径の地盤調査ボーリング孔を透水試験や揚水試験用の揚水井に転用して、原地盤の透水性（透水係数）を高精度に求める手法を開発する。③地下水還元可能量予測手法の研究開発では、海外で開発された予測式の精査、既存システムの還元井における還元能力の推移、それに影響を与える地質・地下水条件の把握、還元井と帯水層地盤を模した室内浸透実験を通して、わが国に適用可能な地下水還元量の予測手法を提案する。

表Ⅱ(3.2)-1 研究開発目標と根拠

研究開発項目	中間目標(2021年度末)	最終目標(2023年度末)	目標レベル設定の根拠
①システムシミュレーションツールの研究開発	オープンループ方式地中熱利用システムの年間エネルギー消費量を実測値に対して誤差25%以内で予測可能な技術を開発する。	設計者が簡易に地中熱ヒートポンプ導入時のエネルギー消費量の計算を行うことができ、設計建物に採用される地中熱ヒートポンプやその他の熱源を含む全ての空調熱源のトータルシステムシミュレーションを行うツールを開発する。	本研究開発項目の目標値は、先行プロジェクトで開発されたクローズドループ方式のシステムシミュレーションツールを参考にして設定する。先行プロジェクトでは熱源機器モジュールは誤差2.2%であったのに対して、地中熱交換器モジュールは誤差1.7~30.7%であった。後者の誤差が大きくなった要因は、1)地中熱交換器と熱源機器の間の横引き配管における熱損失と2)地盤の熱物性値の入力値と真の値とのずれである。オープンループ方式でも、横引き配管が長ければそこで熱損失が生じるとともに、揚水井における地下水温度がシステムの稼働に伴って想定外の変化を生じ

			ると設計ツールの入力値からずれを生じる可能性がある。よって、単にオープンループ方式の熱源機器モジュールのみを作成するだけであれば、クローズドループ方式と同様の誤差が生じる恐れがある。本技術開発では、横引き配管における井水の熱損失や揚水井近傍の地下水温度の変化を考慮することにより、誤差の低減を試みる予定であり、システム全体としての目標値を誤差25%と設定する。
②地下水揚水可能量予測手法の研究開発	<p>1) 広域的な透水係数推定手法の研究開発 広域的な透水係数推定手法を開発する。また、推定した透水係数より求めた地下水揚水可能量が実測値に対して誤差 25%以内となる目途をつける。</p> <p>2) 地盤調査ボーリング孔を利用した透水係数推定手法の研究開発 小口径の調査井構築手法および小口径調査井を用いた透水係数推定手法を開発する。また、推定した透水係数より求めた地下水揚水可能量が実測値に対して誤差 25%以内となる目途をつける。</p>	設計時点で地下水揚水可能量の予測を行うことができる手法を開発する。	オープンループ方式の井水出入口温度差の最大値は、オーストリアでは±6℃に規制され、ドイツでも±6℃が推奨されている (Haehnlein et al., 2010)。そこで、井水出入口温度差の最大値を若干の余裕をみて±5℃が最大値となるようにして、その上で予測値の誤差により井水出入口温度差が小さくなりすぎることがないように最小値は±3℃となるように設定した。これにより、基準値は±4℃となり、温度差を±3℃から±5℃の間に抑えるために誤差25%以内の目標を設定する。
③地下水還元可能量予測手法の研究開発	複数の既存システムモニタリングデータを収集し、地下水還元能力の推移、その要因を明らかにする。また、帯水層地盤を模した室内透水実験装置を構築し透水性の変化を明らかにする。以上の結果を整理し、推定する地下水還元可能量が実測値に対して誤差 25%以内となる目途をつける。	設計時点で地下水還元可能量の予測を行うことができる手法を開発する。	②地下水揚水可能量予測手法の研究開発と同様の根拠に基づいて、誤差 25% 以内を目標として設定する。

(3.2.3)事業スケジュール

本事業の研究期間は、平成 2020 年 6 月 23 日より 2022 年 3 月 31 日までで、主な事業スケジュールの概要を図 II (3.2)-1 に示す。

事業項目	2020年度				2021年度				2022年度(参考)				2023年度(参考)			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
①システムシミュレーションツールの研究開発					ツール開発								UI作成・精度検証			
②地下水揚水可能量予測手法の研究開発 1)広域的な透水係数推定手法の研究開発 2)地盤調査ボーリング孔を利用した透水係数推定手法の研究開発					大阪平野で開発								濃尾平野で検証			
					フィールドAで開発								フィールドBで検証			
③地下水還元可能量予測手法の研究開発					大阪平野で開発								濃尾平野で検証			
									室内浸透実験							

図 II (3.2)-1 研究開発のスケジュール

II.2.2. 研究開発の実施体制

本研究開発において、(1) および (2) については 2 者以上の企業、大学等の研究機関で構成されたコンソーシアムにて実施することを条件に、NEDO が公募によって研究開発実施者を選定し、助成事業として実施する。また、(3) は高度な知識を要するため、大学または研究機関を中心とした研究開発実施者を NEDO が公募によって選定し、委託事業として実施する。本事業の実施体制を図 II.2.2-1 に示す。

※原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等(大学、研究機関を含む)の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。

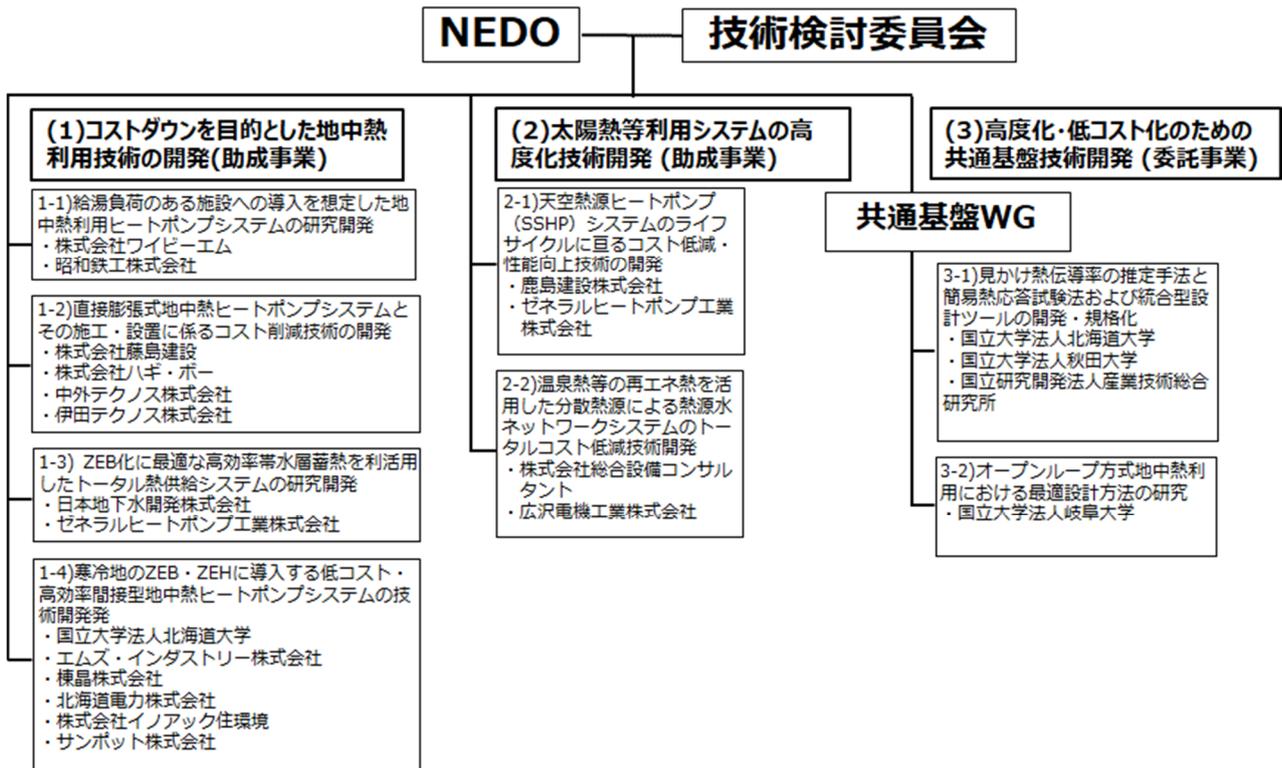


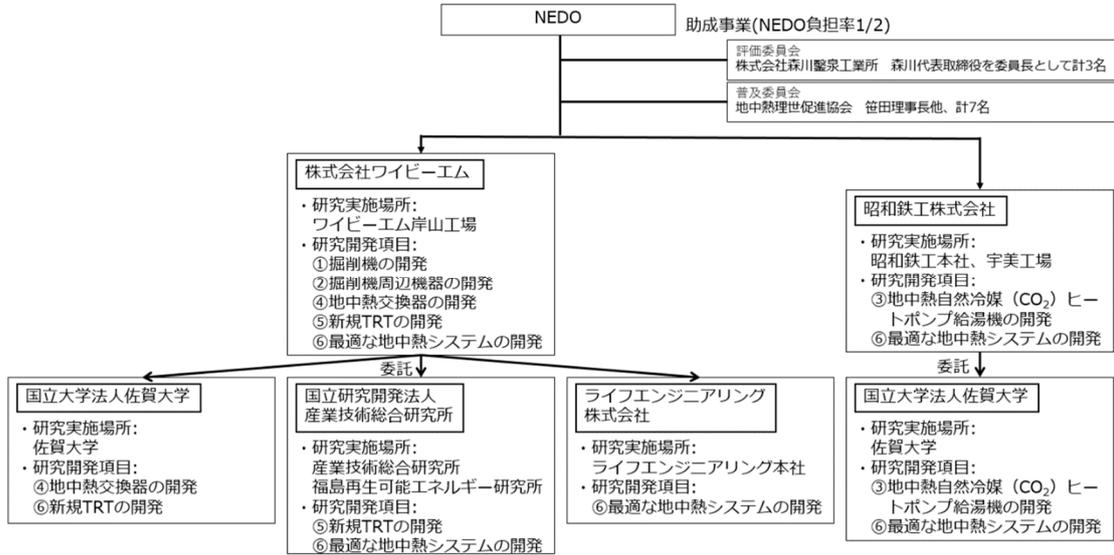
図 II.2.2-1 事業全体の実施体制

各研究開発項目における実施テーマ名と実施機関及び具体的な研究項目について本ページ以降に実施体制図として纏める。

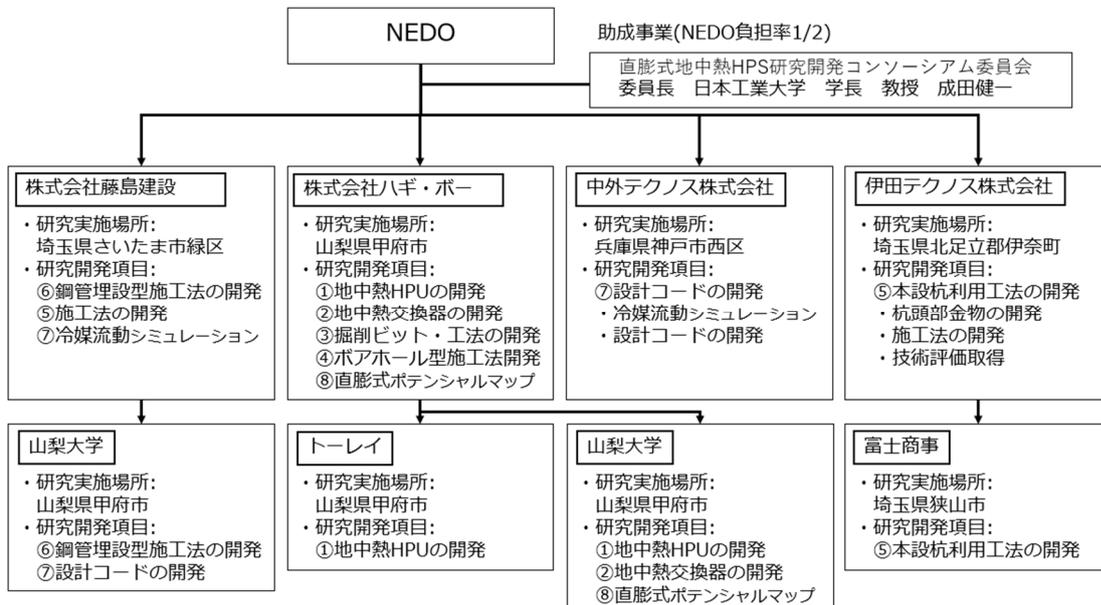
事業実施体制図

(1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発

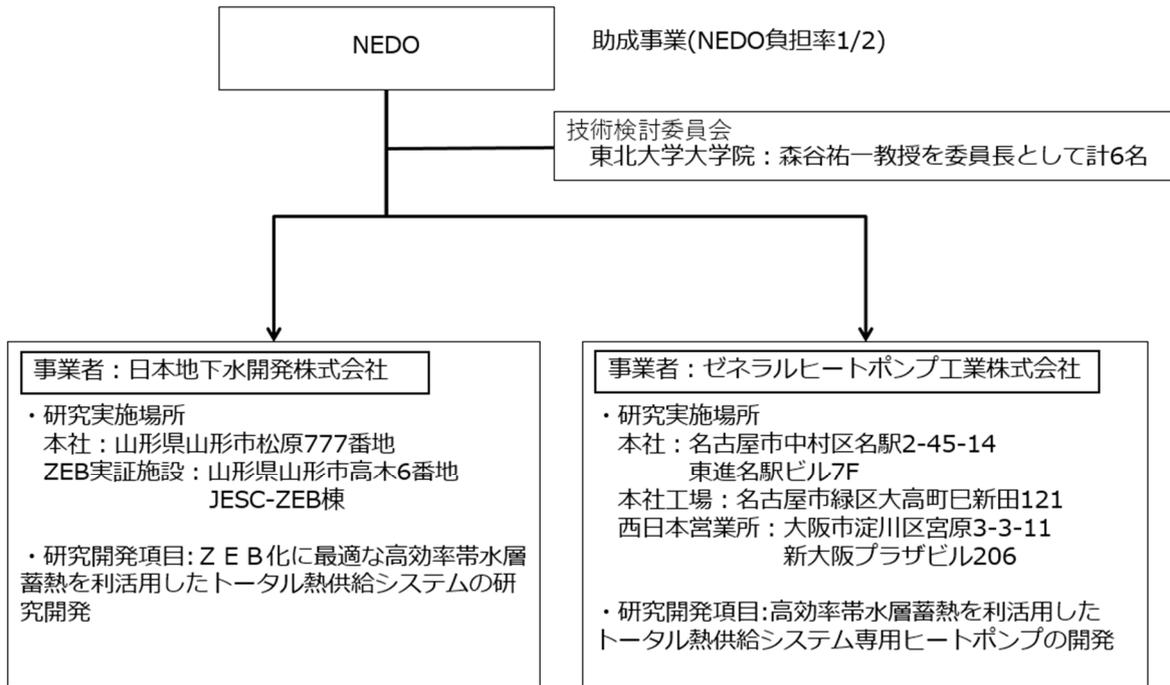
(1.1) 給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発



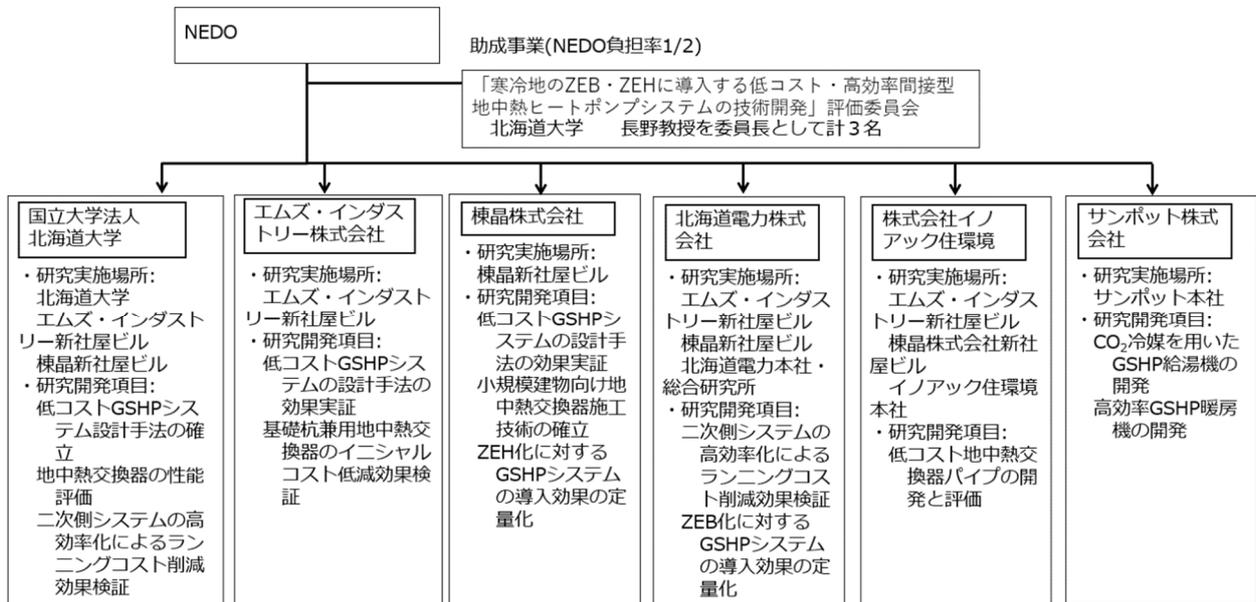
(1.2) 直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発



(1.3) ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発

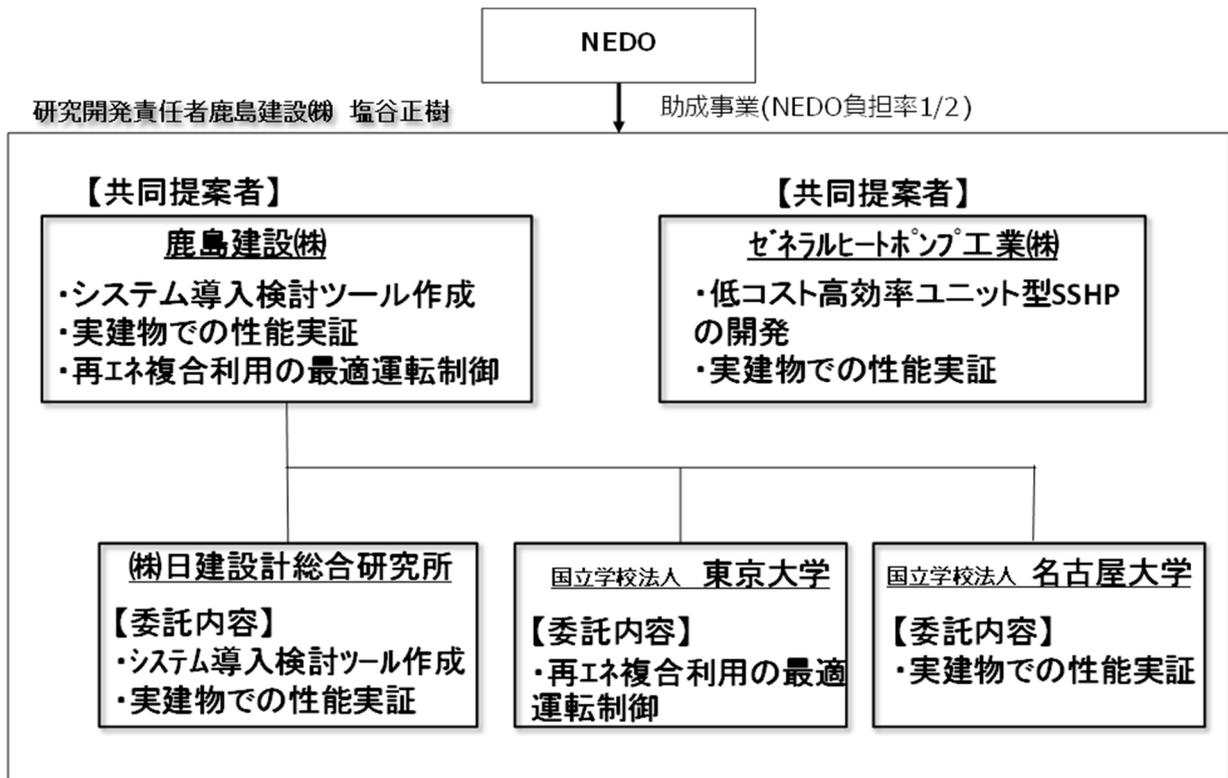


(1.4) 寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発

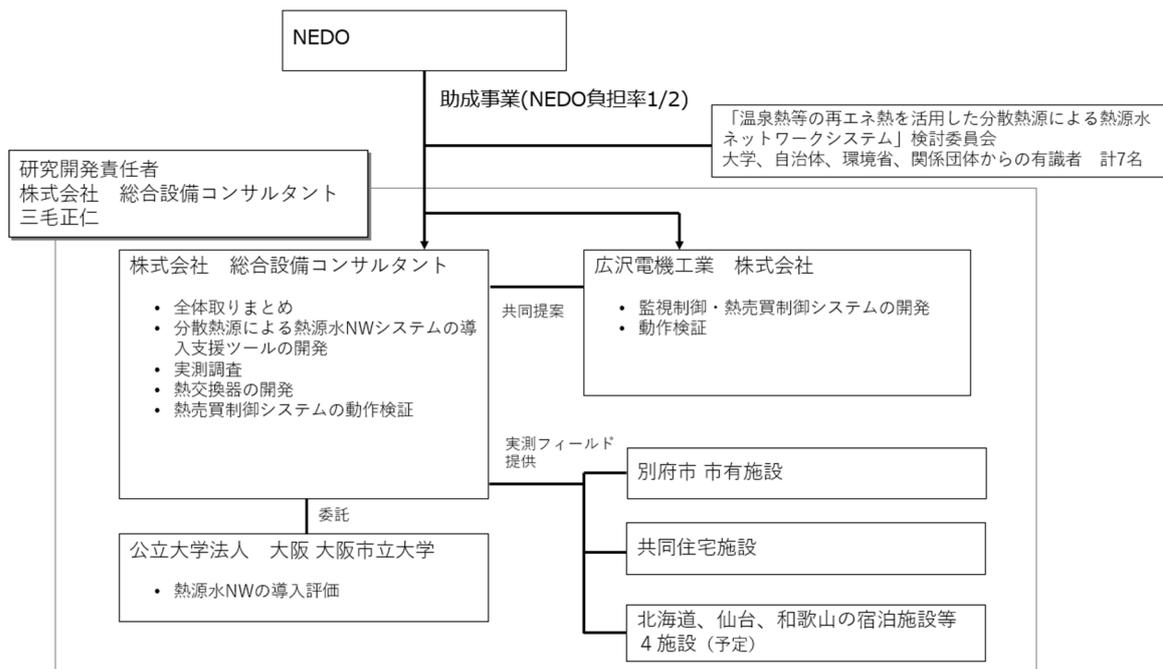


(2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発

(2.1) 天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発

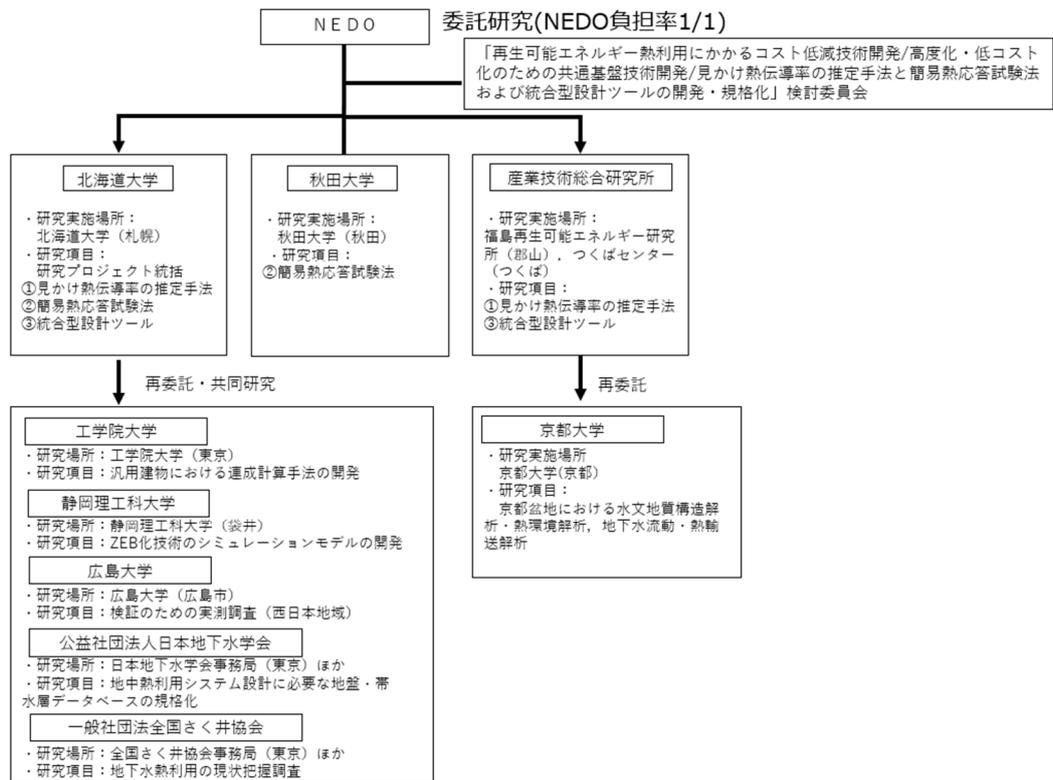


(2.2) 温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発

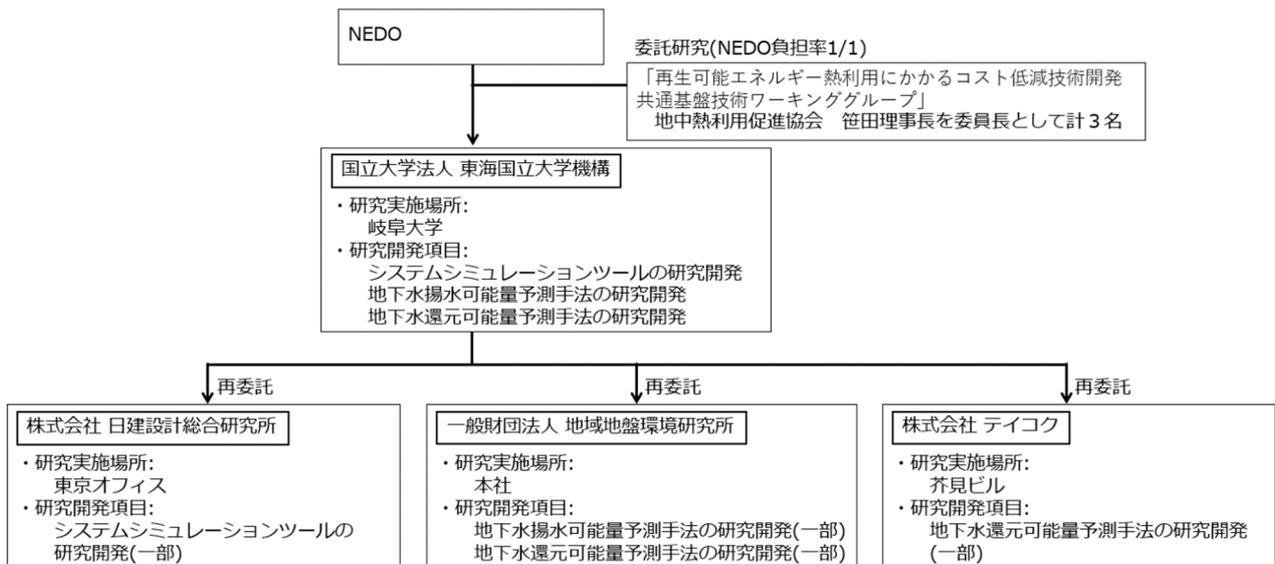


(3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

(3.1) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化



(3.2) オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究



II.2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる。NEDOは、研究開発全体の管理・執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な対策を講じるものとする。運営管理にあたっては、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

① 研究開発の進捗把握・管理

プロジェクトマネージャー（PM）は、経済産業省及び研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努めている。

② 技術分野における動向の把握・分析（調査委託）

PMは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等は効率的に実施する観点から委託事業として実施している。

外部有識者で構成する技術検討委員会は年に1回実施することとし、全テーマの進捗報告のもと技術評価、助言を行い、目標達成の見通しを常に把握することに努めている。

表II.2.3-1 技術検討委員会

担当	氏名 (敬称略)	所属
委員長	長野克則	国立大学法人北海道大学大学院 工学研究院 空間性能システム部門 環境システム工学研究室 教授/工学研究院国際交流室長
委員	秋元孝之	学校法人芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授
委員	大谷具幸	国立大学法人岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 教授
委員	福田 桂	株式会社三菱総合研究所 未来構想センター 兼 環境・エネルギー事業本部 脱炭素ソリューショングループ
委員	横山計三	学校法人工学院大学 建築学部 まちづくり学科 教授

所属は、委員会組織時点のもの

開発項目の着実な実施と確実な達成に向けては、事業者が主体的に構成する委員会を設け、内・外有識者からの指導、助言により実施内容や目標設定を修正しつつ進めている。また、普及方策・行動計画策定のための委員会は、併用または新規に構成し、自治体や業界団体との意見交換や課題抽出を実施している。なお、NEDOはオブザーバーとして参加し、進捗の管理を行っている(表II.2.3-1.1~3.1)。

(1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発

表Ⅱ.2.3-1.1 給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発「給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発」検討委員会
株式会社ワイビーエム
昭和鉄工株式会社

評価委員会

担当	氏名 (敬称略)	所属
委員長	森川 俊英	株式会社森川鑿泉工業所 代表取締役
外部検討委員	藤井 光	国立大学法人秋田大学 大学院国際資源学研究科 国際資源学部長、国際資源学研究科長、教授
外部検討委員	宮崎 隆彦	国立大学法人九州大学 大学院総合理工学研究院 教授
内部検討委員	平田 清	昭和鉄工株式会社 事業統括部 新規事業・新商品開発本部 本部長
内部検討委員	鬼木 和則	昭和鉄工株式会社 事業統括部 新規事業・新商品開発本部 次長
内部検討委員	松本 翔馬	昭和鉄工株式会社 事業統括部 新規事業・新商品開発本部 主任
内部検討委員	宮良 明男	国立大学法人佐賀大学 大学院工学系研究科 教授
内部検討委員	仮屋 圭史	国立大学法人佐賀大学 大学院工学系研究科 准教授
内部検討委員	内田 洋平	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 地中熱チーム チーム長
内部検討委員	富樫 聡	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 地中熱チーム 主任研究員
内部検討委員	持留 雄一郎	ライフエンジニアリング株式会社 代表取締役
内部検討委員	永野 詳二	ライフエンジニアリング株式会社 技術顧問
内部検討委員	吉田 力雄	株式会社ワイビーエム 代表取締役社長
内部検討委員	川崎 賢一郎	株式会社ワイビーエム 技術開発部 部長
内部検討委員	松尾 秀幸	株式会社ワイビーエム 技術開発部 副部長
内部検討委員	大久保 博晃	株式会社ワイビーエム 技術開発部 G長
内部検討委員	石丸 秀和	株式会社ワイビーエム 総務部 課長代理
内部検討委員	藤竹 雅	株式会社ワイビーエム 技術開発部

所属は、委員会組織時点のもの

普及委員会

担当	氏名 (敬称略)	所属
普及委員	大野 伸寛	佐賀県 新エネルギー産業課 参事
普及委員	本多 公明	鹿児島県 エネルギー政策課 課長
普及委員	笹田 政克	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 理事長
普及委員	原田 烈	一般社団法人 有明未利用熱利用促進研究会
普及委員	永野 詳二	鹿児島県地中熱利用促進協議会
普及委員	三島 伸雄	公益社団法人日本建築家協会
普及委員	承山 孝吉	佐賀県設備設計事務所協会
内部委員	平田 清	昭和鉄工株式会社 事業統括部 新規事業・新商品開発本部 本部長
内部委員	鬼木 和則	昭和鉄工株式会社 事業統括部 新規事業・新商品開発本部 次長
内部委員	松本 翔馬	昭和鉄工株式会社 事業統括部 新規事業・新商品開発本部 主任
内部委員	宮良 明男	国立大学法人佐賀大学 大学院工学系研究科 教授
内部委員	仮屋 圭史	国立大学法人佐賀大学 大学院工学系研究科 准教授
内部委員	持留 雄一郎	ライフエンジニアリング株式会社 代表取締役
内部委員	吉田 力雄	株式会社ワイビーエム 代表取締役社長
内部委員	川崎 賢一郎	株式会社ワイビーエム 技術開発部 部長
内部委員	松尾 秀幸	株式会社ワイビーエム 技術開発部 副部長
内部委員	大久保 博晃	株式会社ワイビーエム 技術開発部 G長
内部委員	石丸 秀和	株式会社ワイビーエム 総務部 課長代理
内部委員	藤竹 雅	株式会社ワイビーエム 技術開発部

所属は、委員会組織時点のもの

表 II 2.3-1.2 直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発 「直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発」検討委員会

株式会社藤島建設
株式会社ハギ・ポー
中外テクノス株式会社
伊田テクノス株式会社

担当	氏名 (敬称略)	所属
委員長 (外部委員)	成田 健一	日本工業大学 学長 教授
内部委員 (事業者担当)	萩原 利男	株式会社ハギ・ポー 代表取締役
内部委員 (事業者担当)	小野 俊夫	株式会社ハギ・ポー 環境事業部 取締役
内部委員 (事業者担当)	中澤 俊也	株式会社ハギ・ポー 環境事業部 部長
内部委員 (事業者担当)	森廣 琢之	中外テクノス株式会社 工業技術事業本部 本部長
内部委員 (事業者担当)	柳生 達哉	中外テクノス株式会社 工業技術事業本部 次長
内部委員 (事業者担当)	及川 直哉	伊田テクノス株式会社 基礎技術本部 本部長
内部委員 (事業者担当)	宮下 隆志	伊田テクノス株式会社 基礎技術本部 課長
内部委員 (事業者担当)	武田 哲明	国立大学法人山梨大学 大学院 総合研究部 教授
内部委員 (事業者担当)	横谷 哲郎	株式会社トーレイ 技術部 部長
内部委員 (事業者担当)	板垣 淳	富士商事株式会社 代表取締役
内部委員 (事業者担当)	渡邊 弘美	株式会社藤島建設 取締役会長
内部委員 (事業者担当)	依田 修	株式会社藤島建設 技術開発部 部長

所属は、委員会組織時点のもの

表Ⅱ2.3-1.3 ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発「ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発」検討委員会

日本地下水開発株式会社
ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

担当	氏名 (敬称略)	所属
委員長	森谷祐一	国立大学法人東北大学大学院工学研究科
委員	内田洋平	国立研究開発法人産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 地中熱チーム
委員	高橋 徹	山形県環境エネルギー部エネルギー政策推進課
委員	笹田政克	NPO 法人地中熱利用促進協会
外部有識者	藤井 光	国立大学法人秋田大学大学院国際資源学研究科
外部有識者	吉岡真弓	国立研究開発法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター研究戦略部研究企画室

所属は、委員会組織時点のもの

表Ⅱ2.3-1.4 寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発「寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発」検討委員会

国立大学法人北海道大学
エムズ・インダストリー株式会社
棟晶株式会社
北海道電力株式会社
株式会社イノアック住環境
サンポット株式会社

担当	氏名 (敬称略)	所属
委員長	長野 克則	北海道大学
委員	笹田 政克	地中熱利用促進協会
委員	山崎 量平	北海道経済産業局

所属は、委員会組織時点のもの

(2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発

表 II 2.3-2.1 天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発「天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発」検討委員会

鹿島建設株式会社
ゼネラルヒートポンプ工業株式会社

担当	氏名 (敬称略)	所属
委員長	大岡 龍三	国立大学法人 東京大学 生産技術研究所 教授
委員	笹田 政克	地中熱利用促進協会 理事長
委員	田中 英紀	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 施設・環境計画推進室 教授

所属は、開発会議組織時点のもの

表 II 2.3-2.2 温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発「温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発」検討委員会

株式会社総合設備コンサルタント
広沢電機工業株式会社

担当	氏名 (敬称略)	所属
委員	中村 賢一郎	別府市 観光戦略部 温泉課 温泉政策係
委員	河瀬 貴広	環境省 自然環境局自然環境整備課 温泉地保護利用推進室
委員	井上 聡	一般財団法人ヒートポンプ蓄熱センター
委員	水野 稔	大阪大学
委員	鎌田 元康	東京大学
委員	赤井 仁志	福島大学 理工学群 共生システム理工学類
委員	長井 達夫	東京理科大学 工学部 建築学科

所属は、委員会組織時点のもの

(3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

「高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発」に関しては、NEDO マネジメントのもと共通基盤技術ワーキンググループを実施し、共通基盤技術開発者からの報告、専門家からの技術的アドバイス、調査結果の報告を踏まえて、2つのコンソーシアム体制の研究開発成果の統一を目的としている。

表 II 2.3-3.1 共通基盤技術ワーキンググループ

担当	氏名 (敬称略)	所属
委員長	笹田 政克	特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 理事長
委員	濱元 栄起	埼玉県環境科学国際センター 土壌・地下水・地盤担当 専門 研究員
委員	星野 聡基	株式会社日本設計 環境・設備設計群 グループ長

所属は、ワーキンググループ組織時点のもの

(知的財産権等の取り扱い)

開発成果に対する取り扱いとして、助成事業の成果に関わる知的財産権等はすべて実施機関に帰属させることとし、委託事業においても原則として、すべて実施機関に帰属させることとする。

実施機関においては、我が国産業の国際競争力の強化を図るべく、開発した技術や成果の特徴を踏まえた知的財産マネジメントを実施する。

知的財産マネジメントとして、例えば、技術成果の公開や権利化を通して、再生可能エネルギー熱利用技術を普及させるためのマネジメントや、開発技術や研究成果をオープンソースとして公開し技術の普及や浸透を目指すマネジメントなど、各実施機関のマネジメント戦略に基づく取り扱いを行う。

II.2.4 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び各研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施している。

特に「高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発」に関しては、再生可能エネルギー熱利用の共通基盤を確立する観点から、事業開始より該当する2つのテーマを対象に共通基盤技術ワーキンググループを実施し、実施者からの定期的な報告を受け、実施者間の共有認識や有識者からの技術的助言等により共通基盤技術の統一な方向性を整理している。なお、初年度となる2020年度は調査結果の報告を踏まえて、共通基盤技術をユーザーが活用しやすくするために必要な事項の整理を実施し、規格化に向けたマネジメントを行った。なお、本研究開発はフィールド試験による検証を行うことから、現地確認も含め今後も定期的開催を予定している。

2021年度からは、より効率的な研究開発を実施する観点から、事業者間検討会を実施している。各テーマが所有するフィールドデータの共有や、さらなる協議の活性化を目的として研究開発成果の統一に向けた具体的な取り組みの整理等により、両者の進捗状況を共有しつつ着実に実用化に向けたマネジメントを行っている。今後も事業者の進捗に応じて開催予定としている。

表 II.2.4-1 共通基盤技術ワーキンググループと事業者間検討会

開催日	会議	場所	内容
2020年7月27日	共通基盤技術WG	Web会議	<ul style="list-style-type: none"> 共通基盤技術ワーキングについて 共通基盤技術の開発計画について 今年度実施予定の実態調査について
2020年10月21日	共通基盤技術WG	Web会議	<ul style="list-style-type: none"> 共通基盤技術開発の進捗について 共通基盤技術の目指すべき方向性について
2021年2月17日	共通基盤技術WG	Web会議	<ul style="list-style-type: none"> 共通基盤技術開発の進捗について 実態調査結果について
2021年6月15日	事業者間検討会	Web会議	<ul style="list-style-type: none"> 成果の報告について 研究開発成果の統一に向けた具体的な取り組みについて
2021年9月1日（予定）	共通基盤技術WG	現地確認 (北海道)	<ul style="list-style-type: none"> 共通基盤技術の成果統一について 研究開発成果の現地確認

II.3 情勢変化への対応

2019年度に実施した調査委託業務「海外における再生可能エネルギー熱利用のロードマップおよび共通基盤技術に係る調査」により情報収集を行った結果、再生可能エネルギー熱の普及拡大に資する共通基盤技術の重要性を認識し、2020年度に(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発を追加し、公募を実施した。

II.4 評価に関する事項

技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の事後評価を2024年度に実施する。

III. 研究開発成果について

III.1 事業全体の成果

III.1.1 研究開発項目毎の成果(2021.7 現在)

(1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発

研究開発項目①地中熱利用システムの低コスト化技術開発の中間目標に対する成果と達成度を表 III. 1. 1-1 に示す。

表 III.1.1-1 中間目標の達成度

FY2021 末目標	成果	達成見込
2023 年度までの可能な限り早期にトータルコストを 20%以上低減(投資回収年数 14 年以下)させる可能性を実験等で示す。	<ul style="list-style-type: none"> •ZEB・ZEH 設計手法の確立 •実証施設への設備導入完了、試験開始 •実証試験によりトータルコスト 20%以上の削減の見通しを付けた。 	○

最終目標達成の見通しを表 III. 1. 1-2 に示す。

表 III. 1. 1-2 最終目標の達成度

最終目標	今後の課題	課題解決の見通し
<ul style="list-style-type: none"> •2023 年度までにシステムのトータルコストを 20%以上低減(投資回収年数 14 年以下) •2030 年までにトータルコストを 30%以上低減(投資回収年数 8 年以下)するための道筋及び具体的取り組み(普及方策)を行動計画としてまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> •想定値と実測結果との比較検証が必要。導入済の実証設備での運転データを解析する。 •地盤条件や地域条件の異なる地点での設置コスト削減効果の検証が必要。更なる施工試験を実施。 •ヒートポンプ等、要素技術実用化のための課題抽出が必要。実証試験により課題抽出。 	導入設備での実測を行い、運転データの検証が完了すれば目的は達成できる見通し。

(2)太陽熱等利用システムの高度化技術開発

研究開発項目②太陽熱等利用システムの高度化技術開発の中間目標に対する成果と達成度を表 III. 1. 1-3 に示す。

表 III.1.1-3 中間目標の達成度

FY2021 末目標	成果	達成見込
2023 年度までの可能な限り早期にトータルコストを 20%以上低減(投資回収年数 14 年以下)させる可能性を実験等で示す。	<ul style="list-style-type: none"> •熱応答試験により設計完了し実証施設への導入完了。 •最適運転制御はシミュレーションにて高精度で再現済。 •複数地点にて開発する計測ユニットを用い計測を実施。低コスト温泉排湯用熱交換器の設計完了。 	○

最終目標達成の見通しを表Ⅲ.1.1-4に示す。

表Ⅲ.1.1-4 最終目標の達成度

最終目標	今後の課題	課題解決の見通し
<ul style="list-style-type: none"> ・2023年度までにシステムのトータルコストを20%以上低減(投資回収年数14年以下) ・2030年までにトータルコストを30%以上低減(投資回収年数8年以下)するための道筋及び具体的な取り組み(普及方策)を行動計画としてまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・開発したシミュレーションツールを活用してシステム導入の建物を対象に、適正な運転方法や省エネ性能を算出。 ・実建物での年間運転実績データの分析に基づく開発システムの運転性能を検証。 ・熱売買制御システムのシミュレーションモデル構築後、検証を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヒートポンプを中心とした構成機器の低コスト化に目途がついており、今後実建物の運転データの収集・検証により達成可能。 ・実測対象施設の現場調査の検証を行い、計測ユニットの改良により達成見込み。

(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

研究開発項目③高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発の中間目標に対する成果と達成度を表Ⅲ.1.1-5に示す。

表Ⅲ.1.1-5 中間目標の達成度

FY2021 末目標	成果	達成見込
<p>共通基盤技術開発における推定・評価技術、設計ツールについては、事業者が設定する開発目標の妥当性を外部有識者にて審議し、妥当であるとの評価を得る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・見かけ熱伝導率の推定値の検証 ・簡易 TRT 手法の数値シミュレーションによる検証 ・設計ツールにかかるオープンループ方式の計算手法完成 ・オープンループ方式に対応した LCEM モジュールのプロトタイプを作成完了。 	△

最終目標達成の見通しを表Ⅲ.1.1-6に示す。

表Ⅲ.1.1-6 最終目標の達成度

最終目標	今後の課題	課題解決の見通し
<ul style="list-style-type: none"> ・設計時に利用する見かけ熱伝導率(λ)を$0.5W/(m \cdot K)$以下の間隔で推定可能な評価技術を開発し、有効性を地質水文環境の異なる3か所以上で検証する。 ・簡易 TRT 技術は、試験方法を簡易化し実用レベルに達していることを実証する。 ・多様な熱負荷条件やオープンループ方式を含む熱源方式に対応した設計ツールを開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各推定手法の適用条件の整理、実用化可能性(長期の導入効果予測等)の検討。 ・数値 TRT とフィールド試験の比較により、試験の有効性及びコスト削減効果について分析。 ・更なる地中熱交換器の計算方法、LCEM 等他ツールの連携方法、蓄熱を計算するシミュレータを順次開発。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各推定手法の要素技術開発(数値 TRT、地形 AI 解析等)や検証データ取得が計画通り進捗しており、目標達成見込み。実証データとの検証を踏まえ、ツールとして完成見込み。 ・抽出した課題に対し、今後実測データを用いた検証を行う。

Ⅲ.1.2 知的財産等の取得、成果の普及

成果の普及については、NEDOは、技術情報流出に配慮しつつ、実用化・事業化を推進するため、情報発信を行うように指導している。事業全体の特許、論文、外部発表等の件数を表Ⅲ.1.2-1に示す。

NEDO自身も、学会・シンポジウムでの講演、専門誌への寄稿等を行っており表Ⅲ.1.2-2に示す。

表Ⅲ.1.2-1 事業全体の特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	6件	4件	1件
2020FY	2件	0件	0件	3件	1件	22件	14件	3件
2021FY	0件	0件	0件	1件	0件	21件	6件	1件
計	2件	0件	0件	4件	1件	49件	24件	5件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021年7月31日現在。

表Ⅲ.1.2-2 NEDO 自身による本事業に関する特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	7件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	7件	4件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	3件	0件
計	0件	0件	0件	0件	0件	14件	7件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021年7月31日現在。

Ⅲ.1.3 個別テーマ毎の成果(まとめ)

(1)中間目標(2021年度)に対する成果

本事業は、多岐にわたる技術領域を要していることから、個別テーマごとに中間目標を設け、各開発項目の成果を組み合わせることにより最終目標のコスト低減目標の可能性を示すこととする。個々のテーマについて、2021年度末中間目標に対して順調に成果を得ている(表Ⅲ.1.3-1)。

表Ⅲ.1.3-1 個別テーマの目標と成果(中間目標)

研究開発テーマ	2021年度末目標	現状成果	課題と解決方針
(1.1) 給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 一人で地中熱交換井を施工する目途を付ける。 空気熱源 CO₂ヒートポンプ給湯器に比べてイニシャルコストを15%削減する目途を付ける。 従来の地中熱交換器(Uチューブ)に比べて、設置費用を33%削減する目途を付ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 一人で施工するための掘削機に関しては、掘削データをオペレータのもとに集約するためのモニタリングシステムの開発を行った。 熱交換器の発揮能力実証と複数仕様で設計した各圧力容器の比較検討のために、基礎試験装置の設計・製作と一部試験を実施した。 数値シミュレーションで地中熱交換器の検討を行った。 	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験にて、種々な仕様の地中熱交換器を設置しシミュレーションモデルを検証する予定。 タンクユニットを含めたシステムを試験検証する必要がある。
(1.2) 直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置にかかるコスト低減技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> コスト低減のための技術的な課題の確立。 HPU等のプロトタイプ完成。構工法の確立。 設計に活用するための基礎データの収集と分析。 	<ul style="list-style-type: none"> HPUの部分では空調用のプロトタイプを完成し、地中熱交換器の開発では小口径ボアホールへの適用を確認。 施工法の削減では、口径掘削技術や本設鋼管の熱交換器利用技術の確立。 設計法では基礎的な技術情報の収集と分析が完了。 	<ul style="list-style-type: none"> HPUにつき、メーカー等との調整や販売体制の整備・確立を考慮する必要有り。 施工法では技術の改良と習熟度の向上が必要。設計法では、設計精度の向上と設計範囲の拡大を目指す。
(1.3) 高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システムと専用ヒートポンプの開発	<ul style="list-style-type: none"> 実証施設とトータル熱供給システム構築を完了、モニタリングデータ収集開始 フリークーリングの開始 太陽熱を併用して高効率システムを構築 ZEB実証施設に専用ヒートポンプを設置して稼働開始 効率等モニタリングデータ集積開始 スケール防止機構有効性検証 	<ul style="list-style-type: none"> ZEB実証施設とトータル熱供給システム構築完了 フリークーリング冷房を実施 太陽熱併用システム構築 冷暖房切り換え時に井戸洗浄実施 専用ヒートポンプ設置を完了し稼働開始 効率等モニタリングデータ集積開始 ストレーナを使用しての検証を開始 	<ul style="list-style-type: none"> 適応性評価を実行 フリークーリング向け冷温地下水の増強は次期暖房時の実現 給湯用途増加のため追加工事を実施予定 高効率を持続できる最適稼働設定を検討予定 スケール付着進行度推定にも取り組む予定
(1.4) 寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発	<ul style="list-style-type: none"> トータルコスト20%以上の削減を可能とする設計手法の確立 新型地中熱交換器の開発で設置コスト20%以上の削減 出力6.0kW、COP4.3を達成できるヒートポンプ給湯機、ヒートポンプ暖房機①を開発する。 出力4.0kW、COP4.5を達成できるヒートポンプ暖房機②を開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計手法を確立し、トータルコスト20%以上の削減の見通しを付けた 新型地中熱交換器の施工試験の結果から設置コスト20%以上の削減の見通しを付けた ヒートポンプ給湯機、ヒートポンプ暖房機①を試作し、評価試験により目標達成見込みを示した。 ヒートポンプ暖房機②を設計した。 	<ul style="list-style-type: none"> 実測データとの比較による検証が必要。施工試験を実施した現場にて実測を行う 地盤条件や地域条件の異なる地点での設置コスト削減効果の検証必要。更なる施工試験の実施で最終目標を達成できる見込み ヒートポンプの実用化のための課題抽出が

			必要。実証試験により課題抽出
(2.1) 天空熱源ヒートポンプシステム(SSHP)システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発	SSHP 大府実証システムⅡ期工事を2021年8月めどに完成させ、運転データに基づく年間性能評価を実施。SSHPシステムのCO ₂ 削減効果、省エネ効果の検証を行う。	実証建物における既存空調機のエネルギー消費量を計測。2021年8月めどに実証システムⅡ期工事(地中熱敷設、空調機更新、給湯ヒートポンプの追加設置)を実施。	SSHP 実証システムⅡ期工事は順調に進捗し8月中に完成。今後の運転データ収集と性能評価を通じて中間目標を達成できる見込み。
(2.2) 実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査及び、国内外事例調査	低コストな長期温泉計測方法の確立	温泉計測、熱量計測に使用可能な計測器条件を調査、整理する。	計測ユニットモジュールの検証のため、宮城県内の宿泊施設、新潟県内の日帰り温浴施設、大分県内の温浴施設、集合住宅の4施設に設置し、現在計測中。 今後、北海道、仙台、和歌山等の異なる条件下でも実施、検証を行い、計測方法の確立を目指す。
(3.1) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化	<ul style="list-style-type: none"> ・水文地質学的小および統計学的な見かけ熱伝導率推定手法のスキーム確立 ・簡易 TRT 装置の開発と、現場試験、数値シミュレーションによる検証 ・統合型設計ツールの基本計算ロジックの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・考案した各推定手法による推定値の検証を実施(検証データ取得も含む) ・簡易 TRT 装置の製作に着手するとともに、数値シミュレーションによる検証を実施 ・建物・空調設備の連成シミュレーション、オープンループ方式のサイクル計算手法が完成 	<ul style="list-style-type: none"> ・各推定手法の適用条件の整理、実用化可能性(長期の導入効果予測等)の検討 ・数値 TRT と実試験を組み合わせ、試験の有効性及びコスト削減効果について分析 ・更なる地中熱交換器の計算法、LCEM 等其他ツールの連携方法、蓄熱を計算するシミュレータを順次開発
(3.2) システムシミュレーションツールの研究開発	オープンループ方式地中熱利用システムの年間エネルギー消費量を実測値に対して誤差 25 % 以内で予測可能な技術を開発する。	オープンループ方式に対応した LCEM モジュールのプロトタイプ作成完了	実測データを用いた検証を通して課題を抽出し、問題点の解決を図る

(2)最終目標の達成見通し

表Ⅲ.1.3-2 個別テーマの最終目標と達成見通し

研究開発テーマ	最終目標[目標年度]	達成見通し
(1.1) 給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発	従来の地中熱ヒートポンプシステムを給湯需要がある福祉施設(2,000m ²)へ導入する場合に比べて、イニシャルコストを23%削減する。	地中熱交換井を一人で施工する等の開発を行うことで、目標達成見込み。
(1.2) 直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置にかかるコスト低減技術の開発	【2021年度終了予定】 低コスト機器の開発、低コスト施工法の開発、低コスト設計法の開発などの総合的な見直しにより、地中熱HPシステムの設置コストを従来に比較し20%削減。	【2021年度終了予定】 ・低コスト機器と低コスト施工法のコスト試算と実証を進める。 低コスト設計法ではシミュレーション技術が確立。ポテンシャルマップの活用と設計モードの確立による設計コストの削減により目標達成見込み。
(1.3) 高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムと専用ヒートポンプの開発	<ul style="list-style-type: none"> ・本システムのZEB適応性実証 ・本システムのイニシャルコスト・ランニングコスト共に30%低減 ・普及に向けた技術評価手法を確立 ・専用ヒートポンプの性能評価と最適稼働設定の確立 ・スケール防止機構の概略確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・フリークーリングによる冷房が省電力に大きく貢献することを確認し、ランニングコストの30%低減見込み ・イニシャルコストの項目毎に検討を進め30%低減見込み ・技術評価手法について検討を進め、評価手法確立の見込み ・冷暖房、給湯時のCOPデータ収集を開始し、最適稼働設定の検討を進めており、目標COPを達成見込み ・ストレーナ使用によるスケール防止効果検証を開始し、モニタリングデータと併せてスケール防止機構を確立できる見込み
(1.4) 寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・新型地中熱交換器の導入により熱交換器設置コスト20%以上の削減 ・新型地中熱交換器、ヒートポンプ、二次側運用技術、設計手法を組み合わせトータルコスト20%以上の削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・新型地中熱交換器の施工方法確立の目途がつき、地盤条件や地域条件の異なる地点での施工試験を実施して、設置コスト削減目標を達成できる見込み ・ヒートポンプ、二次側運用技術、設計手法の各要素について実測データとの比較による検証を行い、それぞれの要素の目標の達成を示すことで、トータルコスト削減の目標達成見込み。
(2.1) 天空熱源ヒートポンプシステム(SSHP)システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・実建物での運転データ解析により、既存空調機(GHP)、一般的なEHPに対するCO₂、エネルギー消費量の削減効果を定量的に示す。 ・過年度(2014年度～2018年度)に開発したSSHPシステムに対し、トータルコスト20%以上減、投資回収年数14年以下にめどをつける。 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画通り進捗しており目標は達成見込み。 ・構成機器の低コスト化にめどが立っており、コスト目標も達成見込み。
(2.2) 実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査及び、国内外事例調査	<ul style="list-style-type: none"> ・低コストな長期温泉計測方法の確立 	5カ所以上の温泉施設での実測により、低コストかつ安定して温泉流量等の長期計測方法を確立する。

<p>(3.1) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・水文地質学のおよび統計学的な見かけ熱伝導率推定手法の開発・規格化 ・低コストに寄与する簡易 TRT 法を開発, 規格化 ・クローズドループ・オープンループ方式統合型設計性能予測ツールを開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・各推定手法の要素技術開発(数値 TRT、地形 AI 解析等)や検証データ取得が計画通り進捗しており、目標達成見込み ・推定式が得られることから、地盤データベースとの組み合わせることで目標達成可能。 ・開発する TRT により、今後整理する適切な条件に応じて低コスト化が実現可能 ・熱負荷連成や多種熱交換器, 複雑な地盤条件対応, オープンループ方式は理論計算, 数値シミュレータを開発し, それらを統合
<p>(3.2) システムシミュレーションツールの研究開発</p>	<p>設計者が簡易に地中熱ヒートポンプ導入時のエネルギー消費量の計算を行うことができ、設計建物に採用される地中熱ヒートポンプやその他の熱源を含む全ての空調熱源のトータルシステムシミュレーションを行うツールを開発する。</p>	<p>今後の実測データを用いた検証を待つ必要があるものの、前回プロジェクトでクローズドループ方式で大きな誤差を生じた要因が長い横引き配管と少ない一次側流量であることがつかめており、オープンループ方式では極端な少流量となりにくいために目標達成見込み。</p>

Ⅲ.2 個別テーマの成果の概要

(1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発

(1.1)給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発

【成果概要】

- ① 掘削機の開発に関しては、掘削に係る操作およびデータをオペレータに集約するために、無線リモコンの検討やモニタリングシステムの開発を行った。
- ② 掘削機周辺機器の開発に関しては、ロッドチェンジャーに関してセントライザの検討やロッドストッカーの検討を行った。
- ③ 地中熱自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機の開発に関しては、ガスクーラー・蒸発器・アキュムレータ等の主要構成部品の試験機設計を終了し、基礎試験機を製作し、量産プロトモデルの試作機の設計に着手した。
- ④ 地中熱交換器の開発に関しては、同軸型地中熱交換器の数値シミュレーションモデルを作成し、仕様の検討を行った。
- ⑤ 新規 TRT に関しては、2021 年度中に実証試験予定である。
- ⑥ 最適な地中熱システムの導入に関しては、地中熱交換井離隔距離の検討のためのシミュレーションで使用する地中熱交換井周りの地下温度の計測を行った。

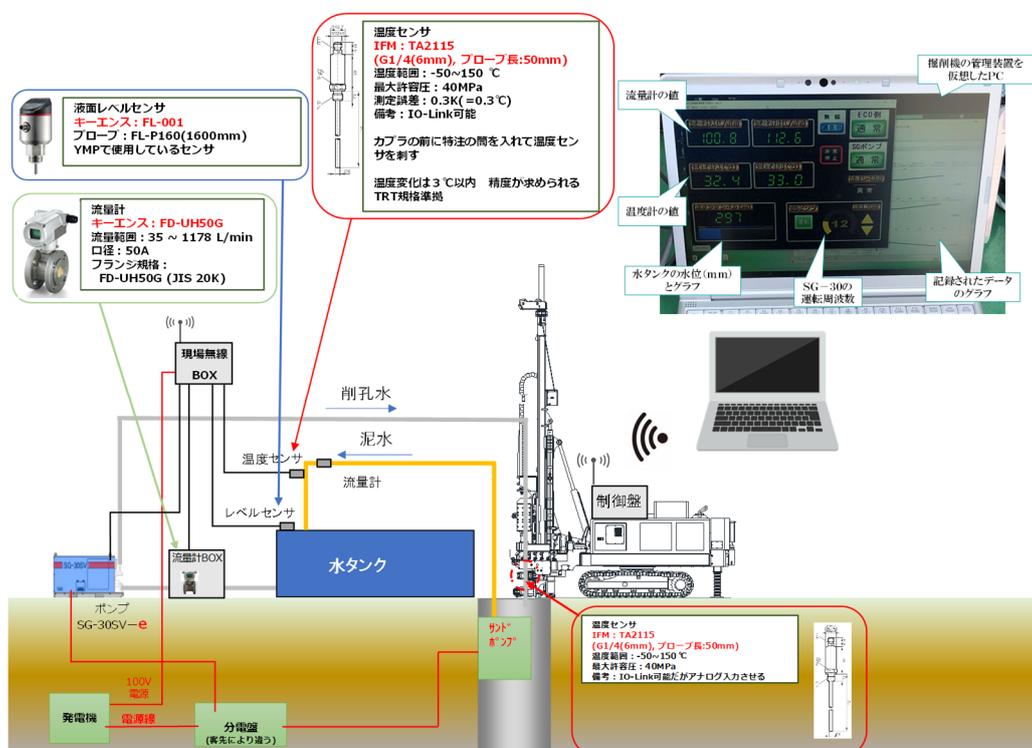
【項目別成果】

①掘削機の開発

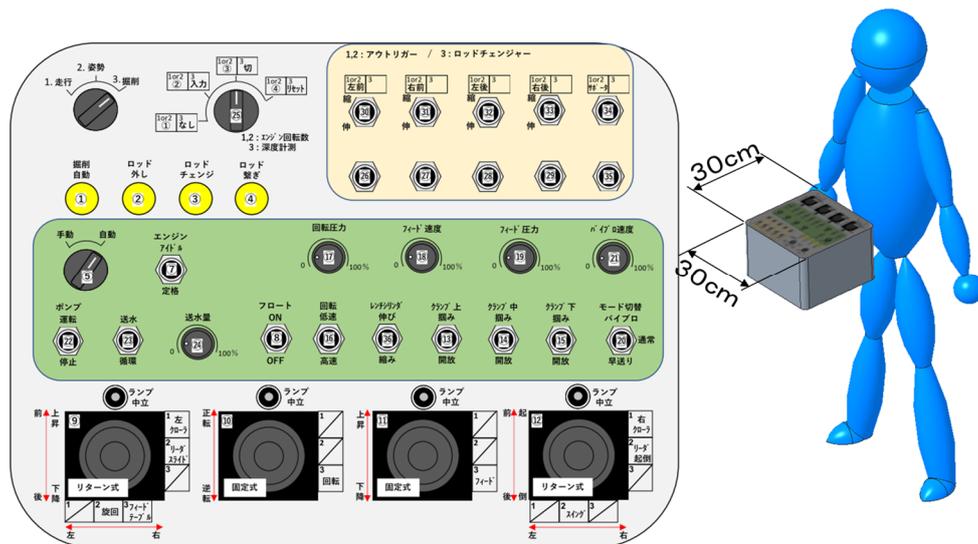
掘削機の開発に関しては、地中熱交換井を一人で施工することを目標に、掘削に係る操作およびデータをオペレータの基に集約するための開発を行った。具体的には、液面レベルセンサー、温度センサー、流量計を取りつけて掘削を行い、各種データのモニタリングが可能かを検証した。

また、無線リモコンで操作するため、電磁操作バルブの検討や無線操作盤の検討を行った。

2021 年度中には、掘削機の製作を完了予定である。



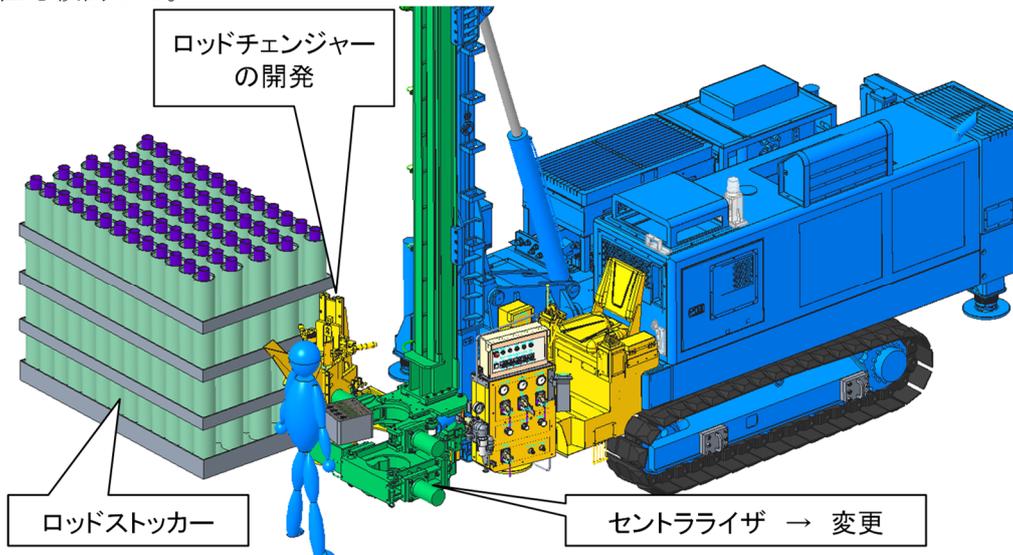
図Ⅲ(1.1)-1 モニタリング試験時の計測器の配置



図Ⅲ(1.1)-2 無線操作盤の検討図

②掘削機周辺機器の開発

ロッドチェンジャーについて検討を行った。セントライザの検討では、過年度の掘削機械に新規クランプを配置し、作業者が手掛けレンチを使わずに、作業できるようにした。また、ロッドストッカーの配置も検討した。



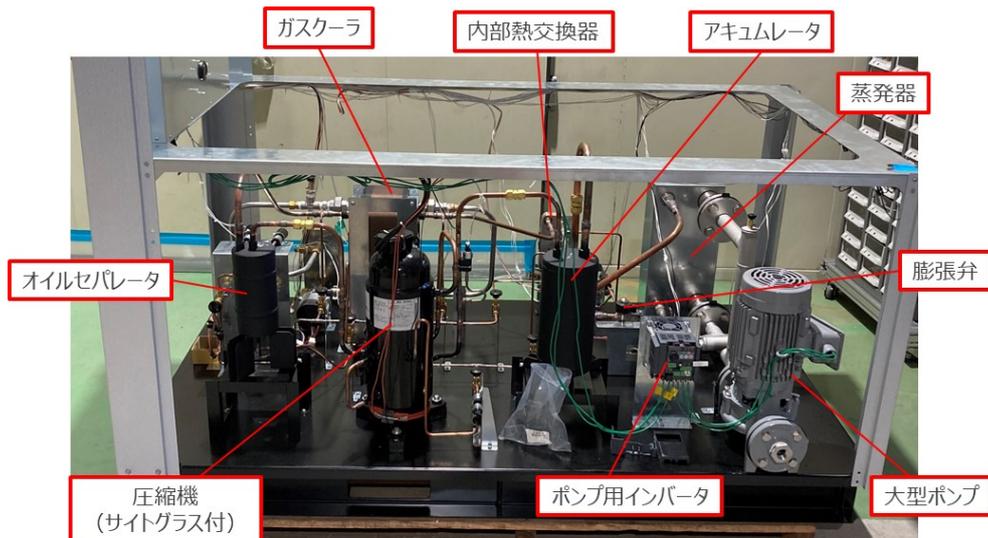
図Ⅲ(1.1)-3 掘削機周辺機器の概要図

③地中熱自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機の開発

最終仕様機を見据えて再設計した熱交換器の発揮能力実証と複数仕様で設計した各圧力容器の比較検討のために、基礎試験装置の設計・製作と一部試験を実施した。

蒸発器は 90℃出湯を条件とした給湯サイクルを加熱能力 30kW、目標年間 COP3.6 以上の想定でシミュレーションにより仮定して設計した。定格条件としては蒸発器入口ブライン温度 10℃⇒蒸発器出口ブライン温度 5℃で 20~23kW の熱交換量を確保するようにした。ブライン濃度はエチレングリコール 40%を想定している。

オイルセパレータおよびアキュムレータは構造の異なるものをそれぞれ 4 種と 2 種設計し、以下の写真のように基礎試験装置を製作した。試験ではオイルセパレータおよびアキュムレータを取り換えられるようにしている。



図Ⅲ(1.1)-4 基礎試験装置写真

試験においてはオイルセパレータ、アキュムレータにおける圧力脈動の減衰効果が確認され、その効果は容器内容積への依存度が大きいことが分かり、オイルセパレータのオイル捕縛効率はフィルター式の方がよいことが分かった。また圧力容器の種類による配管振動への影響はないことが分かった。

現在までの目標達成状況は概ね目標通りであり、今後、基礎試験装置による構成要素の評価を継続、最終仕様を定めて装置を設計製作予定である。今回の成果は最終仕様を定める指標として意義があり、2021年度中には装置性能評価を実施予定である。

④地中熱交換器の開発

掘削径 165mm へ設置可能な同軸型地中熱交換器の検討を行った。具体的には、ポリエチレンパイプを用いた同軸型地中熱交換器を 2 種類検討し、一つの地中熱交換井の中に複数設置出来るかを検討した。また、過去に佐賀大学内に設置した同タイプの同軸型地中熱交換器の実験結果を再現する数値シミュレーションモデルを作成した。また、複数設置の場合のシミュレーションを行った。

2021 年度は、検討した地中熱交換器を設置し、実証試験を行う予定である。

⑤新規 TRT の開発

使用する地中熱交換器の検討・製作を行い、地質調査後の穴に設置した。また、板状熱伝導測定セルを側壁に押し当てて測定する方法の検討・製作を行い、さまざまな条件で熱伝導率測定を行った。

⑥最適な地中熱システムの開発

地中熱交換井離隔距離の検討に関しては、佐賀大学内の実験場に温度計を設置した。温度計は、地中熱交換井から 1m 離れた 2 か所とそれぞれ 2m、3m 離れた位置の計 4 か所に、深度 10m、20m、30m の位置に設置した。設置後に地下温度計測を行い、得られたデータを纏めている。また、2021 年度に地中熱交換井離隔距離の検討のためのシミュレーションを行う予定である。

表Ⅲ(1.1)-1 特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
2020FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
2021FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件	0 件	0 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021 年 7 月 31 日現在。

[成果の最終目標の達成可能性]

表Ⅲ(1.1)-2 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標	達成見通し
①掘削機の開発	掘削機の開発中である。	一人で地中熱交換井を施工する。	現在までに所定の開発がなされ、掘削を一人で施工可能になると考えられるので、達成可能。
②掘削機周辺機器の開発	掘削機周辺機器(ロッドチェンジャー、地中熱交換器挿入機)の開発中である。	一人で地中熱交換井を施工する。	現在までに所定の開発がなされ、掘削を一人で施工可能になると考えられるので、達成可能。
③自然冷媒(CO ₂)ヒートポンプ給湯機の開発	CO ₂ ヒートポンプ基礎試験の設計製作試験が終了した。	空気熱源 CO ₂ ヒートポンプ給湯機に比べてイニシャルコストが15%削減する。	空気熱源 HP に比べ15%削減は達成可能。
④地中熱交換器の開発	地中熱交換機のシミュレーションを実施し、実証試験予定である。	従来の地中熱交換器(Uチューブ)に比べて、設置費用が33%削減する。	シミュレーションの結果、Uチューブに比べて地中熱性能が良いと考えられるので、達成可能。
⑤新規 TRT の開発	実証試験中である。	従来の TRT の解析結果と同様に、地中熱施設的设计で使える目途をつける。	TRT の実施方法、解析方法などが確立すれば達成可能。
⑥最適な地中熱システムの開発	地中熱交換井離隔距離の検討のために、シミュレーションを実施予定である。	従来の地中熱ヒートポンプシステムを給湯需要がある福祉施設(2,000m ²)へ導入する場合に比べて、イニシャルコストを23%削減する。	上記の開発状況などから達成可能。

(1.2)直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発

【成果概要】

機器のコスト低減技術開発では空調用 HPU のプロトタイプの開発を完了し、地中熱交換器の開発では小口径ボアホールへの適用を確認した。

施工法のコスト削減では、現場施工の工数削減を目指し分岐部ユニットを HPU 内に内装する改良を施した。また小口径掘削技術や本設鋼管の熱交換器利用技術の確立を見た。ボアホール工法の開発では工期短縮を図る施工ユニットの開発などの考案を行った。

設計法では基礎的な技術情報の収集と分析が完了した。冷媒のシミュレーションでは蒸発および凝縮過程のシミュレーションと熱量算出が可能となった (R410A)。今後は R32 のシミュレーションを追加することと、シミュレーション精度の向上を目指す。

ポテンシャルマップの構築では山梨県、埼玉県のデータベースの構築が完了した。地中熱データとしての活用が期待できる。今後、データベース収録範囲の拡大を模索する。

【項目別成果】

①低コスト機器の開発

1) 地中熱ヒートポンプの開発

プロトタイプ of HPU の開発が完了。

2) 地中熱交換器の開発

小口径掘削による 65A の鋼管を用いた地中熱交換器 (鋼管 + 銅管製地中熱交換器) の設置が完了。

②低コスト施工法の開発

1) 掘削ビット・工法の確立

小口径ボアホールとすることで掘削径を従来の径より 1 サイズ小さくすることが出来るため、これを前提とした刃先として硬質地盤には自立孔を前提とした全断面のビットを開発。それ以外では従来のリング状ビットの改良を行い、ボアホール構築全体でのコストの抑制を図る技術の開発を完了。

2) ボアホール型施工方法の改良・開発

従来のコンクリートトラフを設ける方式から、エフレックスと塩ビ製溜枿を用いる工法として、材料費及び施工時間の短縮に繋がった。また、分岐配管はその一部をヒートポンプの筐体内に納め、現場施工工程数を減じた。

3) 本設鋼管杭利用工法の開発

本設鋼管利用工法の開発として、本設鋼管を地中熱交換器として有効利用するため接合金物 (キャップ) の試作、試験を行い評価として一般財団法人日本建築総合試験所の建築技術性能証明を取得し開発を完了した。

③低コスト設計法の開発

1) 設計コードの確立

直膨式地中熱ヒートポンプシステムの最適設計法の確立について、設計コードの開発を目指す。ヒートポンプ出力や冷媒の特性および地中情報を入力値として、地中熱交換器の深さや本数などの設計値を計算できる解析手法の完成を見込む。

これまで直膨式地中熱ヒートポンプシステムの地中熱交換器の仕様は設計ツールが存在しないため、経験と実績を基に仕様を決定していた。そのため熱交換器の仕様は過剰となる傾向にありコスト増加の要因となっていた。

冷媒の流動シミュレーションを基に地中熱交換器の設計手法を確立し、設計コードを開発することで、適切な仕様設計が可能となり設備、施工コストの削減が可能な設計コードの完成を見込む。

2) 直膨式専用地中熱ポテンシャルマップの構築

山梨・埼玉のホーリングデータのデータベース化が完了、地層データを活用し地中熱データベースとして設計に活用できる状態までの構築を見込んでいる。

今後データベース範囲の拡大を目指す。

表Ⅲ(1.2)-1 特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	3件	0件	0件
2020FY	1件	0件	0件	2件	0件	4件	0件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	11件	5件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021年7月31日現在。

[成果の最終目標の達成可能性]

表Ⅲ(1.2)-2 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標	達成見通し
①地中熱ヒートポンプの開発	プロトタイプ of HPU の開発が完了した。	今後生産体制を改造から部品供給型やメーカーによる体制へと移行することで15%程度のコストダウン。	生産体制の移行のためにメーカー等との折衝が必要でそこが今後の焦点となる。 備品供給等 or OEM の目途をつけることで目標達成が見込める。
②地中熱交換器の開発	地中熱交換器の小口径化技術の開発が完了した。	地中熱交換器の総延長の縮減など設計法との関連もあるが、最終的に20%のコストダウン。	小口径化によりかなりのコストダウンが進んだ。 今後、設計コードの活用等により地中熱交換器の短縮化等による相乗効果により目標達成が可能。
③掘削ビット・工法の確立	小口径掘削ビットは従来の1サイズ小さなものの開発が完了した	掘削量の半減(6吋→4吋)等により掘削費用の40%削減。	小口径掘削ビットの開発は完了。大幅な費用削減が望める。今後削減率を確定する。
④ボアホール型施工方法の改良・開発	鋼管の小口径化により材料が削減された。	材料の削減と構工法の改善により10%程度のコスト低減。	掘削ビットの開発により材料費の削減は確定となった。今後構工法の見直し(現場プラントのユニット化)や施工の習熟度向上などにより目標のコスト低減が見込める。
⑤本設鋼管杭利用工法の開発	本設鋼管利用工法を開発を完了した。	本設鋼管利用工法を開発を完了し、掘削・設置費25%低減を達成する。	「地中熱キャップ工法」として建築技術性能証明を取得した。 何処でも誰でも、本設鋼管を地中熱交換器として有効利用することが可能となり、技術的にはほぼ達成し、費用削減の達成も見込む。
⑥鋼管埋設型施工方法の改良・開発	鋼管埋設型施工法に関する情報収集を行った。	施工法の標準仕様としてまとめることでどこでも使える施工マニュアルの作成。	これまでの施工法の手引きと併せ地中熱交換器施工のマニュアルとしてまとめることで、施工費用の低減が見込める。
⑦設計コードの開発	地中熱交換器内の冷媒熱流動シミュレーションコードを開発した。	地中熱交換器の設計手法を確立し、設計コードを開発する。	シミュレーションの精度の向上と範囲の拡大を進めることで、設計コードの開発を完了し、設計でのコスト低減を実現する。

<p>⑧直膨式専用 地中熱ポテン シャルマップ の構築</p>	<p>山梨・埼玉のボーリン グデータのデータベース 化が完了。</p>	<p>ボーリングデータ ベースを地中熱データ ベースとして設計に活 用し設計コストの低減 に寄与する。</p>	<p>ボーリングデータは浅層の地 層状況が詳細に記録されてい るため、直膨用地中熱活用データ ベースとして十分に活用でき、 設計コードの開発と合わせ設計 でのコスト低減を見込む。</p>
---	---	---	---

(1.3)ZEB 化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発

【成果概要】

ZEB 実証施設および高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムを構築して実際に冷暖房・給湯稼働させて、モニタリングデータの集積を開始した。密閉式井戸構造を生かした井戸洗浄方法は、試験結果から従来型洗浄方法と同等の効果が得られると判断されたほか、井戸メンテナンスコストは半減以下となる見込みとなった。本システム専用ヒートポンプは冷暖房と給湯両方に対応可能なタイプで製作し、ZEB 実証施設における冷暖房・給湯稼働を開始した。電磁処理装置によるスケール防止機構の有効性検証は、配管内にストレーナを複数設置して検証に向けたデータ集積を開始した。

【項目別成果】

①高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの開発

1)ZEB への高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの適応性評価

山形県山形市内に ZEB 実証施設および高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムを構築し、実際に冷暖房・給湯稼働をさせてモニタリングデータの集積を開始した。ZEB 実証施設は、562.5 m²の鉄骨 2 階建て『ZEB』を達成しており、ファイブスターの BELS 認証が得られているほか、ZEB リーディングオーナー登録と ZEB プランナー登録も完了している。

ZEB 実証施設には、NEDO の加速資金を活用して南西側壁面の全ての窓に外付ブラインドを設置した。2021 年度の夏期稼働ではフリークーリングで行っているが、外付ブラインドによる太陽輻射熱の遮断によって冷房効果の向上につながっていると評価される。

2)高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの構築とモニタリング

ZEB 実証施設における冷暖房・給湯・無散水融雪の 3 つの熱源に対応する高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムを構築した。専用ヒートポンプのコンプレッサー、地下水を揚水する水中モーターポンプ、および実証施設へ不凍液を介して冷温水を供給するラインポンプは、すべてインバーター制御させてシステムの高効率化と省電力を実現できるようにした。モニタリング装置は機器室内に設置された専用ヒートポンプの機側操作盤内に組込む PLC で使用するデータをそのまま記録させる方式とした。インバーター設定や温度トリガーの変更を随時行って最も高効率稼働となる最適稼働設定を見出す予定である。実証施設の正面玄関内には見える化装置を設置し、施設来訪者へ ZEB 達成状況のほか本トータル熱供給システムの ZEB 適応性についてアピールする予定である。

3)フリークーリングによる夏期冷房の高効率化

ZEB 実証施設における高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの実稼働は 2021 年 2 月に開始しており、2 月 1 日～5 月 10 日の暖房期間中、帯水層へ冷熱を蓄熱させることができている。このため 2021 年度の冷房稼働は、帯水層蓄熱した冷たい地下水を直接ファンコイルユニットに送って室内を冷房するフリークーリングで行っている。6 月末時点で、通常の地下水温度 (16.0℃) よりも 2℃程度低い地下水を使用することで十分な冷房効果が得られていると評価しており、ヒートポンプレス冷房の実現により冷房稼働にかかる消費電力量を半分以下にできる見込みである。今後は、帯水層蓄熱された冷熱が冷房稼働期間のどこまで継続されるか、モニタリングデータに基づいて判断する予定である。

帯水層内における冷熱の形成・消費の状況については、随時、三次元地下水流動熱輸送解析モデルを用いたシミュレーションを行って推定できるようにしている。

4)太陽熱集熱器の併用による給湯システムの高効率化

ZEB 実証施設に導入した高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの給湯回路に 500L の貯湯タンクを組み込み、このタンク内に屋上に設置した真空管式太陽熱集熱器が集めた太陽熱を不凍液を介して熱交換できる回路を組み込んで構築した。

2021 年 2 月以降の冬期稼働時のモニタリングデータからは、冬期でも直射日光があたれば太陽熱だけで 500L の水道水を 50℃以上に昇温できる能力を有していることを確認している。夏期稼働期間は貯湯タンクの給湯需要が少なくなることもあり、太陽熱を必ずしも有効利用できていない状況も出てきているため、給湯先を増加させる追加工事の施工を予定している。

5) 密閉構造を有効利用した井戸洗浄方法の開発

井戸密閉構造を有効活用して、コンプレッサーの圧搾空気によって密閉構造井戸内の水位を上下に変動させてアニュラス部に圧力変動を与える方式による井戸洗浄法を開発し、試験施工を実施した。試験施工は、ZEB 実証施設に導入する高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムで観測孔として利用する 1 号井と 2 号井で実施した。密閉井戸内圧力を 3.0MPa まで急上昇させて 3 分程度保持、その後急減圧させた直後に井戸内の地下水揚水ポンプを稼働させて地下水を排水させた。この操作を 4 回繰り返して実施したところ、排水した地下水の濁りが 3 回目まで継続するが、4 回目では排出量が少なくなったことから、本方法による井戸洗浄は一度に 3 回繰り返せば効果を出すことができる見込みが得られた。2021 年度は、井戸洗浄時に排水した地下水について 4 回分水質分析を実施して、井戸洗浄中の水質の変化等のチェックも行っている。

6) 高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの技術評価手法の確立

ZEB 実証施設および冷暖房・給湯・無散水融雪の 3 つの熱源に対応する高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムを構築してモニタリングデータの集積を開始している。今後は、更なる高効率化を達成するためのシステム改良を加えながら最適稼働設定の確立に取り組み、最終的には ZEB への高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの適応性評価結果に基づき、本システムの技術的評価手法を確立する予定である。コストに関しても、2023 年度にはイニシャルコスト、ランニングコストともに 30%のコストダウンが実現できるよう、実証試験結果と合わせて評価検証する予定である。

② 高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システム専用ヒートポンプの開発

1) 高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システム専用ヒートポンプの開発

2014 年度～2018 年度の NEDO 事業で開発した地下水と冷媒が直接熱交換できる冷暖房ヒートポンプに、給湯機能を追加する形で、冷暖房機能と給湯機能を併せ持つ地下水と冷媒が直接熱交換できるモジュール型冷暖房給湯ヒートポンプを製作し、ZEB 実証施設に設置した。工場性能試験結果から、給湯 COP の目標値 4.3 に対して 4.04 (93%達成) が得られたほか、冷房+給湯運転時の総合 COP の目標値 7.1 に対して 6.86 (96%達成) が得られた。今後は、ZEB 実証施設におけるモニタリングデータに基づいて、より高効率となる調整を行うほか、システムの改良も随時行う予定にしている。

2) 熱交換器内へのスケール付着防止機構の有効性検証

電磁処理装置は、2014 年度～2018 年度の NEDO 事業でスケール付着防止効果が一定程度はあると評価された機器である。

ZEB 実証施設に構築した高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの専用ヒートポンプの地下水入口前の配管に電磁処理装置を組み込み、モニタリングデータに基づいて、その有効性検証を開始した。専用ヒートポンプの前後の地下水配管にストレーナを組み込み、一定期間経過後のストレーナ内部の状況によりスケール付着防止効果を検証することにした。各種モニタリングデータのスケール付着により変化する可能性のあるデータを解析し、時間経過とともに変化するスケール付着状況の予測指標としての使用する可能性についても検討を進める予定である。

表Ⅲ(1.3)-1 特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	4件	1件
2020FY	0件	0件	0件	0件	1件	4件	7件	2件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	1件	0件	1件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021年7月31日現在。

[成果の最終目標の達成可能性]

表Ⅲ(1.3)-2 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標	達成見通し
①高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの開発 1) ZEB 実証建物と本システムの適応性評価 2) システム構築とモニタリング 3) フリークーリングによる冷房高効率化 4) 給湯システムの高効率化 5) 井戸洗浄方法の開発 6) システムの技術評価手法確立	1) ZEB 建物と本システム構築完了させて適応性評価を開始 2) システム稼働モニタリングと観測データ集積を開始 3) フリークーリング実施して大幅省電力可能を確認 4) 給湯システムを稼働とチェックを進め太陽熱の有効利用に向けて改良工事を進める 5) システム稼働時の日詰まり発生時に井戸洗浄予定 6) モニタリングデータに基いた ZEB 適応性検証に着手	・高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの ZEB 適応性実証 ・高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムのインシヤルコスト・ランニングコスト共に 30%低減を実現 ・高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの普及に向けた技術評価手法を確立	・トータル熱供給システムでは給湯での太陽熱利用で追加工事を進め更なる高効率稼働となるよう改良 ・開発中の井戸洗浄方法により井戸メンテナンスコストは半減以下が可能を見込む ・本システムのモニタリングデータに基いて最適稼働設定を見出すことは可能 ・モニタリングデータに基いて技術的評価手法を確立する予定
②高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システム専用ヒートポンプの開発 1) 設計 2) 製作・性能試験 3) 山形フィールドへ設置・調整 4) モニタリング 5) スケール防止機構有効性検証	1) 設計の完了 2) 製作・性能試験の完了 3) 山形フィールドへ設置・調整の完了 4) 冷暖房・給湯においてヒートポンプ稼働開始しモニタリングデータを集積 5) スケール防止機構有効性検証開始	1)~4) ・給湯 COP : 4.3 ・冷房+給湯の総合 COP : 7.1 ・専用ヒートポンプの性能評価と最適稼働設定の確立 5)有効性検証結果に基づきスケール防止機構の確立	高効率な専用ヒートポンプを完成させて、最適稼働設定を確立し、インシヤルコスト・ランニングコストともに 30%低減に資する

(1.4) 寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発

【成果概要】

新築事務所、既存事務所、住宅に対し、ZEB・ZEH化を考慮した地中熱ヒートポンプシステム導入の設計を行い、その設計に基づいて地中熱ヒートポンプシステムの導入を行った。それら建物について地中熱ヒートポンプシステムの暖冷房出力、採放熱量、一次側温度変化の実測を行い、地中熱ヒートポンプシステム導入の設計の検証を行った。

また、新築事務所において基礎杭兼用地中熱交換器の導入試験を行い、導入技術を確立した。更には、既存事務所においてH型PC杭利用地中熱交換器、水平ユニット方式、住宅においてH型PC杭利用地中熱交換器の導入試験を行い、導入技術を確立するとともにコスト削減効果を試算し、地中熱交換器設置コスト削減効果20%以上の見通しを付けた。また、各地中熱交換器について採放熱量、一次側温度変化の実測を実施し、地中熱交換器の性能を定量化した。

新築事務所、既存事務所に地中熱ヒートポンプシステムの高効率化に寄与する放射空調システムを導入し、暖冷房出力やヒートポンプなどの消費電力を実測し、放射空調システムの基本性能を確認した。CO₂冷媒を用いた地中熱ヒートポンプ給湯機と、地中熱ヒートポンプ暖房機①を試作し性能評価試験を行い、それぞれについて出力6.0kW、COP4.3以上の目標値を達成した。

【項目別成果】

- ①ZEB・ZEH建物に導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムの設計・評価手法の確立
 - 1)新築事務所1件、既存事務所1件、住宅1件に対し、ZEB・ZEH化を考慮した地中熱ヒートポンプシステム導入の設計を行い、その設計に基づいて地中熱ヒートポンプシステムの導入を行った。
 - 2)上記建物について地中熱ヒートポンプシステムの暖冷房出力、採放熱量、一次側温度変化の実測を行い、地中熱ヒートポンプシステム導入の設計の検証を行った。そのうち住宅については実測が完了し、ZEH化を考慮し導入した地中熱ヒートポンプシステムが運転できることを確認した。
 - 3)ZEB・ZEH建物における地中熱ヒートポンプシステム導入効果(エネルギー消費量削減効果)を評価するため、上記建物について建物全体および地中熱ヒートポンプシステムの実測を実施している。
- ②小規模建物に導入可能な低コスト地中熱交換器の開発
 - 1)新築事務所において基礎杭兼用地中熱交換器の導入試験を行い、導入技術を確立するとともにコスト削減効果を試算している。また、地中熱交換器の性能評価を行うための採放熱量、一次側温度変化の実測を実施。
 - 2)既存事務所においてH型PC杭利用地中熱交換器、水平ユニット方式、住宅においてH型PC杭利用地中熱交換器の導入試験を行い、導入技術を確立するとともにコスト削減効果を試算し、地中熱交換器設置コスト削減効果20%以上の見通しを付けた。また、各地中熱交換器について採放熱量、一次側温度変化の実測を実施し、地中熱交換器の性能を定量化した。
- ③高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発
 - 1)新築事務所、既存事務所に地中熱ヒートポンプシステムの高効率化に寄与する放射空調システムを導入し、暖冷房出力やヒートポンプなどの消費電力を実測し、放射空調システムの基本性能を確認するとともに、システムが高効率となる運用方法について検討している。
 - 2)CO₂冷媒を用いた地中熱ヒートポンプ給湯機と、地中熱ヒートポンプ暖房機①を試作し性能評価試験を行い、それぞれについて出力6.0kW、COP4.3以上の目標値を達成し、ヒートポンプ暖房機②の設計を完了した。また、地中熱ヒートポンプ給湯機を試験住宅に導入し、実用化に必要な課題抽出を行っている。

表Ⅲ(1.4)-1 特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	1件	0件	9件	4件	1件
2021FY	0件	0件	0件	1件	0件	1件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021年7月31日現在。

[成果の最終目標の達成可能性]

表Ⅲ(1.4)-2 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標	達成見通し
①ZEB・ZEH建物に導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムの設計・評価手法の確立	1) ZEB・ZEH建物を考慮した地中熱ヒートポンプシステムの導入を行い、トータルコスト20%以上の削減の見通しを付けた 2) 省エネ寄与率の定量化のための実測を実施中	・②、③との組み合わせによるトータルコスト20%以上の削減を可能とする設計手法の確立 ・GSHPシステムの普及型ZEB・ZEHへの省エネ寄与率定量化	・導入物件の地中熱ヒートポンプシステムの実測を行い、運転の検証が完了すれば目的は達成できる ・最終年度までに実測データの分析を行うことで省エネ寄与率の定量化の目標は達成できる
②小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器の開発	新型地中熱交換器の施工試験をもとにコスト試算を行い、20%以上の削減の見通しを付けた	・小規模建物導入時において従来地中熱交換器との比較で設置コスト20%以上の削減	・計画通りに更なる施工試験を着実に実施することで目標は達成できる
③高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発	1) 実測データをもとにエネルギー消費量を削減する、放射空調や直膨方式を採用した二次側運用技術について見通しを付けた 2) ヒートポンプ給湯機、ヒートポンプ暖房機Ⅰを試作し、評価試験により目標達成見込みを示した	・従来のGSHPシステムからのランニングコスト20%以上の削減を実証 ・ヒートポンプ給湯機：出力6.0kW、COP4.3 ・ヒートポンプ暖房機Ⅰ：出力6.0kW、COP4.3 ・ヒートポンプ暖房機Ⅱ：出力4.0kW、COP4.5	・二次側運用技術を実際に導入し実証試験を行うことで目標は達成できる ・試作したヒートポンプの課題を実証試験により解消することで目標は達成できる
(4) 地中熱ヒートポンプシステムトータルコスト削減効果の評価	①で述べた通りトータルコスト20%以上の削減の見通しを付けた	・地中熱ヒートポンプシステムのトータルコスト20%以上削減の達成	・要素技術開発を着実に進めることで目標は達成できる。

(2)太陽熱等利用システムの高度化技術開発

(2.1)天空熱源ヒートポンプ(SSHP)システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発

【成果概要】

LCEM ベースの設計用シミュレーションツールのプロトタイプを完成。実建物及びモデル建物を対象に SSHP 導入効果を検討。また、2019 年度に小型実証機を完成、2020 年度にシステム実験により熱源水加熱・冷却性能を評価。2020 年度に大府実証機を製作、工場試験を実施。さらに、2020 年度に SSHP 実証システム I 期工事完成。現在、2021 年度 8 月の完成を目指して II 期工事を実施中。2019 年～2020 年に、最適制御制御アルゴリズムを完成。シミュレーションツール上で SSHP システム実験結果を高い精度で再現した。

【項目別成果】

① 再エネ熱利用システム設計手法の開発

実建物および一般的な事務所建物での SSHP システム導入時の省エネ性能確認のために、SSHP システムの運転性能、エネルギー消費量計算の年間シミュレーションを実施し、EHP システムとの比較を実施した結果、SSHP システムの省エネ性能を確認した。

② 低コスト・高効率ユニット型 SSHP システムの開発

1)鹿島西調布実験場で、SSHP 小型実証機の暖房時加熱試験を実施。目標 COP7.0 を達成し、太陽熱における熱編水直接加熱により、システム COP が 20%程度向上することを確認した。

2)SSHP 大府実証機を製作し、豊田自動織機と交えた工場検査を実施。所定の性能目標値 (COP6.0) を達成していることを確認した。

③ 実建物における運転性能の実態検証

1) II 期工事 (2021 年度) に実施する地中熱交換器敷設に向けて、設置場所の豊田自動織機大府工場 で熱応答試験 (TRT) を実施し地盤の有効熱伝導率を算出し、これを元に地中熱交換器仕様・設置本数を決定した。

2)2021 年度から開始する SSHP の導入効果算定のため、豊田自動織機大府工場食堂のペリメータ系 既存 GHP の空調性能、エネルギー消費量の実測を行った。

④ 再エネ熱利用システムの最適運転制御技術

1)鹿島西調布実証システムの運転データを対象にモデル化を行い、高い精度で再現できた。

2)外乱、SSHP 運転パラメータを入力値とする AI モデル (ニューラルネットワーク) を構築。これを組み込んだモデル予測制御によりシステム COP 最大となるような SSHP 最適制御手法の概念構築を行った。

III (2.1)-1 特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	3 件	0 件	0 件
2020FY	1 件	0 件	0 件	0 件	0 件	2 件	0 件	0 件
2021FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件	0 件	0 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021 年 7 月 31 日現在。

[成果の最終目標の達成可能性]

表Ⅲ(2.1)-2 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標	達成見通し
①再エネ熱利用システム設計手法の開発	2019年度にLCEMベースの設計用シミュレーションツールのプロトタイプを完成。実建物及びモデル建物を対象にSSHP導入効果を検討。	2021年度～2023年度に実建物（豊田自動織機大府工場）を対象にSSHP導入効果を検討。	設計用シミュレーションツールのプロトタイプは完成。実建物の運転データの収集により達成可能。
②低コスト・高効率ユニット型SSHPシステムの開発	2019年度に小型実証機を完成、2020年度にシステム実験により熱源水加熱・冷却性能を評価。2020年度に大府実証機を製作、工場試験を実施。	構成機器をコンパクトに集約した「ユニット型SSHP」を開発する。夏期・冬期条件での目標単体COP6以上を達成する。	夏期・冬期条件での目標単体COP6以上を達成。
③実建物における運転性能の実態検証	2020年度にSSHP実証システムⅠ期工事完成。現在、2021年度8月の完成を目指してⅡ期工事を実施中。	2020年度～2023年度にかけて年間発生頻度の高い、低負荷運転下でのSSHP運転性能を検証。	実証システムの運転データに基づいた性能評価結果によるが、達成可能と判断している。
④再エネ熱利用システムの最適運転制御技術	2019年～2020年に、最適制御アルゴリズム完成。シミュレーションでSSHPシステム実験結果を高い精度で再現。	ランニングコスト圧縮のため、再生可能熱エネルギーを複合的に利用する最適制御手法を開発。	目標を達成。

(2.2)温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発

【成果概要】

実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査、国内外事例の動向調査を開始した。また、分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発、低コストな熱売買制御システムの開発に着手し、本提案システムの熱売買までを含めた導入評価のためのモデル構築を進めている。

【項目別成果】

① 実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査及び、国内外事例調査

実測対象施設の現場調査、計測ユニットの試作を行い、計測ユニットモジュールの検証のため、宮城県内の宿泊施設、新潟県内の日帰り温浴施設、大分県内の温浴施設、集合住宅の4施設に設置し、現在計測中である。今後、北海道、仙台、和歌山等の異なる条件下でも実施、検証を行い、計測方法の確立を目指す。また海外の類似事例の動向調査を実施中である。動向調査結果から2事例程度選定し事例調査を実施する予定である。

② 温泉・排湯用熱交換器の低コスト化

伝熱パネルの最適なピッチを流体シミュレーションにより同定し、液膜形成部の設計が完了した。今後は筐体を含め試作を行い製品仕様の決定を目指す。

③ 分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発

ツールの仕様を検討し、試作を実施中である。試作完了後、具体事例条件を用いたツールでの検討を実施予定である。

④ 分散熱源による熱源水ネットワークシステムにおける低コストな熱売買制御システムの開発

計量法関係と検定付センサーの調査を実施。制御システムモデルを作成し、制御対象の洗出し、制御ポイントの設定のうへ低コスト化検討を進めている。

⑤ 分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入評価

過年度プロジェクトでのシミュレーションにおける実規模モデルをベースに熱売買も含めた評価のモデルを構築中である。モデル構築後、具体的事例について検討予定である。

表Ⅲ(2.2)-1 特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌 等への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	1件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021年7月31日現在。

[成果の最終目標の達成可能性]

表Ⅲ(2.2)-2 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状成果	最終目標[目標年度]	達成見通し	
①実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査及び、国内外事例調査	1) 低コストな長期温泉計測方法の確立	計測ユニットモジュールの検証のため、宮城県内の宿泊施設、新潟県内の日帰り温浴施設、大分県内の温浴施設、集合住宅の4施設に設置し、現在計測中。今後、北海道、仙台、和歌山等の異なる条件下でも実施、検証を行い、計測方法の確立を目指す。	5カ所以上の温泉施設での実測により、低コストかつ安定して温泉流量等の長期計測方法を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> ・実測対象施設の現場調査、計測ユニットの試作を行い、実測を開始しており、さらに3施設での実測を予定しており達成見込み。 ・計測ユニットの改良により達成見込み。
	2) 遠隔操作可能な通信機能を持つ計測ユニットの開発	幅広計測機器に対応した遠隔操作可能な通信機能を持つ計測ユニットを開発し、5件以上の施設で実測に活用する。	幅広い計測機器に対応した遠隔操作可能な通信機能を持つ計測ユニットを開発し、5件以上の施設で実測に活用する。	
	3) 温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査	5件以上の温泉事業者において温泉熱賦存量、熱需要量の実測を行い検討データとして整理する。	5件以上の温泉事業者において温泉熱賦存量、熱需要量の実測を行い検討データとして整理する。	
	4) 国内外事例調査	海外の類似事例を調査中。	2件以上の事例を調査する。	
② 温泉・排湯用熱交換器の低コスト化	伝熱パネルの最適なピッチを流体シミュレーションにより同定し、流下部の設計は終了。今後は筐体を含め試作を行い製品仕様の決定を目指す。	流下液膜式熱交換器の製品仕様の決定。低コスト化により筐体等含めて20%以上の低価格化。	<ul style="list-style-type: none"> ・液膜形成部の設計は完了しており、試作によるコスト検討を実施予定であり、液膜形成部と筐体のコンパクト化により達成見込み。 	
③ 分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発	ツールの仕様を検討し、試作を実施中。	実測調査結果の入力により、検討に利用する基礎データとして熱需要量、熱賦存量等を整備、コストまで含めた簡易な導入検討ができるツールを開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ツール仕様検討、試作に着手しており、試作完了後、具体事例条件を用いたツールでの検討を実施することにより達成することが可能。 	
④ 分散熱源による熱源水ネットワークシステムにおける低コストな熱売買制御システムの開発	計量法関係と検定付センサーの調査を実施。制御システムモデルを作成し、制御対象の洗出し、制御ポイントの設定のうえ低コスト化を検討中。	省エネのために最適な売買を自動で行う制御を行うための遠隔監視および操作が可能な制御システムを開発する。従来技術の一品生産システムに対し、20%以上の低コスト化。	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト化検討に着手しており、具体的モデルにより低コスト化した機器の仕様条件を決定後、コスト試算を行うことで達成する見込み。 	

⑤ 実環境下における熱売買制御システムの検証	-	実証試験により制御と熱売買システムが正常に動作する事を確認する。	・次年度以降実施予定。実証フィールドにて検証を行うことで達成することができる。
⑥ 分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入評価	過年度プロジェクトでのシミュレーションにおける実規模モデルをベースに熱売買も含めた評価のモデルを構築中。	2条件以上の具体的事例について導入可能性を検討し、有用性を示す。	・熱売買を含めたシミュレーションモデルを構築中。モデル構築後、具体的事例について検討を実施し達成する見込み。
⑦ 事業スキームの検討	アンケートヒアリングを実施。	熱源水ネットワークシステムの構成や、熱需給バランス等を変化させ、事業性が成り立つ条件を明確化し、導入可能条件を整理する。	・次年度以降実施予定。導入可能条件の洗出し、整理を行うことで達成することができる。

(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

(3.1)見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格

【成果概要】

① 見かけ熱伝導率の推定手法の開発・規格化

水文地質学的・統計学的見かけ熱伝導率の推定手法に関する要素技術として、地質構造解析用地質試料採取（京都市、オールコアサンプリング深度 100m）、数値 TRT（CFD による数値 TRT を 200 ケース以上）、地盤物性データベースの再構築（新規ボアホールデータ入手、バリオグラム等再検討）、地形 AI 解析（10 地域で地下水等高線の簡易予測実施）等を実施した。2021 年度中に唐津地域の地質試料採取、数値 TRT の検証、地形 AI 解析の高度化等を実施する。

② 簡易熱応答試験法の開発・規格化

大口径井戸に対応する簡易 TRT 装置の設計を完了し、製作を進めている。また、同装置を模擬した室内実験を実施し、CFD ソフトを用いた解析手法の検討を行った。発熱ワイヤー付き光ファイバー温度計および、周期加熱法のための試験装置（20kW）を製作した。また、全国3箇所（北海道札幌市、山梨県甲斐市、広島県三次市）に、試験検証を目的とした深度 300m の大深度地中熱交換器を設置した。併せて、CFD ソフトを用いた数値シミュレーションにより試験法の検討を行った。

③ 統合型設計ツールの開発

熱負荷連成や多種熱交換器、複雑な地盤条件対応、理論計算によるオープンループ方式設計性能手法について、それぞれ開発を行った。

【項目別成果】

① 見かけ熱伝導率の推定手法の開発・規格化

1)地質構造解析の基準試料として京都大学宇治キャンパスでオールコアサンプリング（深度 100m）実施した。

・見かけ熱伝導率推定手法の検証に用いるため、京都盆地コア試料の有効熱伝導率・体積熱容量を測定した。

2)モデル地域（京都盆地、佐賀地域、沖縄本島）の地質調査情報、ボーリングデータ等を収集・整理した。

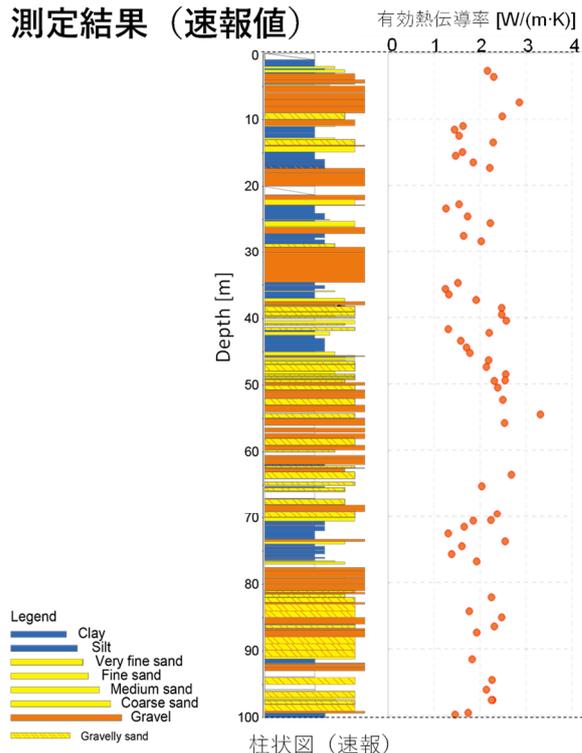
3)国土交通省から 2018 年度・2019 年度の 2 か年分における新規ボアホールデータを入手し、バリオグラムなど条件を再検討し、地盤物性データベースを再構築した。

4)CFD による数値 TRT を 200 ケース以上実施し、有効熱伝導率、地下水流速に対する見かけ熱伝導率の関係を応答局面としてモデル化した。

5)地下水情報の簡易評価技術開発として、全国 10 地域において地下水面等高線の一次推定を実施した。

- ・唐津地域でオールコアサンプリング（予定深度 50m）を実施する。
- ・唐津地域コア試料の熱物性測定を行う。
- ・2 地点（京都大学宇治キャンパス、唐津地域）で熱応答試験を実施する。
- ・継続して関連データの収集を進め、地質構造解析や広域地下水流動モデル構築に反映する。
- ・数値 TRT の結果を踏まえて、地下水流速範囲等を推定する際の適用限界を整理すると共に、推定した見かけ熱伝導率を用いた長期予測に基づくシステム導入効果を示す。
- ・地下水情報の簡易評価技術開発として、一次推定結果の高度化、3 次元情報への拡張を検討する。

測定結果（速報値）



有効熱伝導率の平均値：2.09W/(mK)
体積熱容量の平均値：2.74MJ/(m³K)

※層厚による加重平均

- コアの7割以上が「粗粒砂～礫層」（例：写真）であり、測定できた層に関しては、高い熱伝導率を有する傾向が見られた。
- 粘土・シルト層でも熱伝導率が1W/(mK)以上と、全体的にやや高い熱伝導率を示した。
- 厚い砂礫層が含まれていることから、本調査地は地下水の透水性が高いことが予想される。
⇒地下水流動が生じている可能性有



礫層コアの例（深度78～79m）

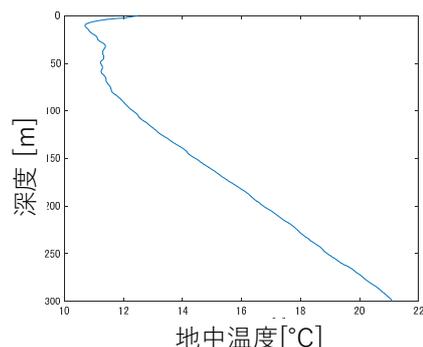
図Ⅲ(3.1)-1 京都盆地オールコアボーリングおよびコア試料の熱物性測定の結果（速報値）

② 簡易熱応答試験法の開発・規格化

- 1) 大口径水井戸に対応する簡易型試験装置の製作に着手した。装置はケーブルヒーター、光ファイバー温度計、電磁石等で構成される。将来的な装置の最大計測区間延長を100mとし、それに耐えるケーブル等の強度および防水性を有する。
- 2) 簡易型 TRT 装置および水井戸を模擬した室内実験を実施し、CFD ソフトを用いて同装置の数値モデルを構築した。室内実験の結果を用いたヒストリーマッチングを通じて、水井戸内に発生する自然対流の影響を再現した。
- 3) 発熱ワイヤー付き光ファイバー温度計は、融雪用ヒーターケーブル（延長233m、抵抗9.6Ω）に、光ファイバーセンサー（延長300m）を融着チューブで一体化し、Uチューブに挿入できるようΦ20mmの仕上げにて作成した。
- 4) 全国3箇所（北海道札幌市、山梨県甲斐市、広島県三次市）に、試験法検証のための深度300mの大深度地中熱交換器を設置した。Uチューブには、大深度用のHAKA社の高強度Uチューブを挿入するとともに、大深度用の挿入リールも新たに製作した。
- 5) 周期加熱法のための試験装置（20kW）を製作した。また、CFDソフトを用いた数値シミュレーションを実施し、24時間以内にて有効熱伝導率を効果的に分析する加熱方法（周期）について分析検討を行った。
- 6) 製作した簡易型 TRT 装置を用いて秋田大学構内の水井戸にて試験を行い、従来型 TRT の値と比較することで装置の妥当性を検証する。



図Ⅲ (3. 1)-2 大口径水井戸に対応する熱応答試験装置の孔壁吸着機構（試作機）



図Ⅲ (3. 1)-3 大深度地中熱交換器施工風景（三次市）・設置した大深度地中熱交換器（札幌市）により測定した自然地中温度分布



図Ⅲ (3. 1)-4 周期加熱法による熱応答試験・発熱ワイヤー付光ファイバー温度計

③ 統合型設計ツールの開発

- 1) 地盤情報の規格化として、特にオープンループ方式の設計に必要な設計情報のフォーマットを作成した。
- 2) クローズドループ方式は、従来の Ground Club に地下水流れ計算に対応させるとともに、多種地中熱交換器として、トルネード工法、スパイラル地中熱交換器の計算ロジックを追加した。
- 3) 建物・空調設備との連成シミュレーションの基本アルゴリズムを工学院大学、静岡理工大学と連携して作成した。
- 4) オープンループ方式の設計予測手法として、ヒートポンプ運転のサイクル計算を行う基本計算法を開発した。併せて、井戸の本数、深度や、揚水ポンプの最適化を行うツールの開発を行った。
- 5) 統合型設計ツールの基本デザイン、GUI を作成した。計算は、Fortran をクラウド上で実行することで、20 人以上の同時接続でもストレスなく、計算可能なウェブ環境を整備した。
- 6) 日本地下水学会、全国さく井協会との共同実施、再委託を通じて、有識者、実務者らの知見に基づき、設計ツールに必要なデータベースの充実を図る。
 - ・蓄熱を考慮したオープンループ方式の設計性能予測が可能な簡易シミュレータを製作する。

表Ⅲ(3.1)-1 特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	3件	3件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	5件	1件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021年7月31日現在。

[成果の最終目標の達成可能性]

表Ⅲ(3.1)-2 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標	達成見通し
①見かけ熱伝導率の推定手法の開発・規格化	・水文地質学のおよび統計学的な見かけ熱伝導率推定手法のスキーム確立	・水文地質学のおよび統計学的な見かけ熱伝導率推定手法の開発・規格化	・各推定手法の要素技術開発(数値 TRT、地形 AI 解析等)や検証データ取得が計画通り進捗しており、目標達成見込み
②簡易熱応答試験法の開発・規格化	簡易 TRT 装置の製作、現場試験準備および数値シミュレーションを遂行中	大口径水井戸および大深度 BHE における簡易熱応答試験法および解析方法の規格化	現場試験による計測データの収集や数値シミュレーションによる検討を通じて熱伝導率推定精度を向上させる。
③統合型設計ツールの開発	熱負荷連成や多種熱交換器、複雑な地盤条件対応、理論計算によるオープンループ方式設計性能手法について開発を完了	クローズドループ、オープンループ方式が全国の多様な建物・熱利用に対し設計性能予測可能とする。	開発項目は予定通り完成している。今後、オープンループの簡易シミュレータを導入し、開発要素を組み合わせ、更に実施データとの検証により完成させる。

(3.2)オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究

【成果概要】

LCEM 空調熱源トータルシステムのプロトタイプを作成するとともに、既設システムの井水配管に配管圧力計測装置を設置して、井水配管内における圧力分布を把握した。また、大阪平野を対象として、井戸情報を用いて広域的な透水係数推定手法の検討を行うとともに、地下水還元可能量予測手法の検討を行った。前者では透水係数の実測値、後者では現場透水試験の注水法の結果を回復法と比較したところ、概ね一致することを確認したものの、一致しない事例も見いだしている。

【項目別成果】

①システムシミュレーションツールの研究開発

地中熱ヒートポンプと揚水ポンプの製品ラインナップを調査し、研究開発に必要な基礎資料を入手した。また、LCEM 空調熱源トータルシステムのプロトタイプを作成し既往設計手法との比較を行った。

井水配管の横引き部が熱源水温度に与える影響を既存のモニタリングデータから評価した。その結果、熱源水温度の変化が認められるのは運転開始後最長 3 時間程度であり、影響が小さいことを確認した。また、既存のオープンループシステムの井水配管に配管圧力計測装置を設置し、井水流量の変化に応じた配管内の圧力変化のモニタリングを開始した。

②地下水揚水可能量予測手法の研究開発

1) 広域的な透水係数推定手法の研究開発

大阪平野を対象として、井戸情報を用いて広域的な透水係数推定手法の検討を行った。井戸情報である粒度分布データと揚水量、水位低下量から透水係数の推定値を求め、それを実測値と比較した。その結果、多くの事例では複数回実施の回復法により得られた透水係数は概ね一致する値を示すものの、一部には 1 桁程度のずれが生じる場合があることが見いだされている。

2) 地盤調査ボーリング孔を利用した透水係数推定手法の研究開発

地盤調査ボーリング孔を利用した小口径の調査井の構築手法について検討し、掘削孔径等の仕様を決定した。また、適切な井戸洗浄として、掘削泥水に含まれるベントナイトが井戸洗浄の際に排出されるので、ベントナイトが検出されなくなるまで井戸洗浄を行う方針とした。小口径対応ツールとして、水中ポンプを対象として小口径の調査井における揚水を試み、約 30 L/min の揚水が可能であることを確認した。

④ 地下水還元可能量予測手法の研究開発

大阪平野を対象として、井戸情報を用いて地下水還元可能量予測手法の検討を行った。現場透水試験の注水法と回復法を比較すると注水法では 1~2 桁小さい例が認められ、注水に伴う目詰まりの影響が示唆される。また、国内のオープンループ方式システムにおける目詰まりの事例収集を行い、地下水還元に伴う水位上昇を把握した。さらに、室内透水実験のための装置に関して、既存研究を精査した。その結果、既存研究ではカラム試験による 1 次元の流路における目詰まりを対象としていることを確認した。

表Ⅲ(3.2)-1 特許、論文、外部発表等

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
2020FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
2021FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2021年7月31日現在。

[成果の最終目標の達成可能性]

表Ⅲ(3.2)-2 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標	達成見通し
①システムシミュレーションツールの研究開発	オープンループ方式に対応した LCEM モジュールのプロトタイプを作成まで完了済	設計者が簡易に地中熱ヒートポンプ導入時のエネルギー消費量の計算を行うことができ、設計建物に採用される地中熱ヒートポンプやその他の熱源を含む全ての空調熱源のトータルシステムシミュレーションを行うツールを開発する。	今後の実測データを用いた検証を待つ必要があるものの、前回プロジェクトでクロズドループ方式で大きな誤差を生じた要因が長い横引き配管と少ない一次側流量であることがつかめており、オープンループ方式では極端な少流量となりにくいために達成の見通しは高いと考えている。
②地下水揚水可能量予測手法の研究開発	大阪平野をモデルフィールドとした井戸情報の整備と地盤調査ボーリング孔を利用する手法の実験計画の作成まで完了済	設計時点で地下水揚水可能量の予測を行うことができる手法を開発する。	今後の地盤調査ボーリング孔を利用する手法の実験を待つ必要があるものの、井戸情報のみに基づく予測で問題点の抽出が進んでおり、現時点では目標を達成することができると考えている。
③地下水還元可能量予測手法の研究開発	大阪平野をモデルフィールドとした井戸情報の整備と室内浸透実験の計画作成まで完了済	設計時点で地下水還元可能量の予測を行うことができる手法を開発する。	今後の室内浸透実験を待つ必要があるものの、井戸情報のみに基づく予測で問題点の抽出が進んでおり、現時点では目標を達成することができると考えている。

IV. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

IV.1 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

IV.1.1 事業全体の実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

(1) 実用化と事業化の定義

当該事業に係る「実用化」とは、当該事業で開発した再生可能エネルギー熱利用に係る技術（製品、ポテンシャルマップ、設計ツール、工法、システム全体等）が市場に出る状態までに至った段階（試作品が完成）を指す。

「事業化」とは、再生可能エネルギー熱利用に係る商品、製品、工法、およびそれらを含むシステム等の販売や導入により、企業活動（売り上げ等）に貢献することを指す。

事業全体の実用化・事業化の見通し及び取り組み・波及効果は、以下のとおり。

(2) 実用化・事業化の見通し及び取り組み

① 地中熱利用システムの低コスト化技術開発

- ・ 研究開発や実証試験によりトータルコスト低減を見込んだ上で、給湯負荷の高い高齢者住宅や再生可能エネルギー熱が有効なZEB建物等をターゲットとして事業化を計画する。ターゲットの業界団体や自治体を対象に提案やセミナーを開催することで協力体制を推進しており事業化の期待が高い。
- ・ 高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムについて、地下水熱の活用により複数以上の熱需要に対応でき、「地域熱供給」分野への参画が期待できる。また、ZEB実証施設の実績を基に登録されたZEBプランナーを活用することで、ZEBに関する事業展開が期待できる。
- ・ 本設鋼管杭利用工法の開発について、技術証明の取得により一般工法としての鋼管杭施工業者でも施工が可能であり併せて現在のコンソーシアムの協力体制を維持することで普及の可能性が高い。
- ・ 本研究で実証しているGSHPシステムを採用した建物をZEB建築としてモデル化することで、実証結果を基にパンフレット等のPR媒体によりアピールすることができ、設計・設備会社やオーナー等への普及が期待できる。

③ 太陽熱等利用システムの高度化技術開発

- ・ 研究開発や実証試験によりトータルコスト低減を見込んだ上で、ZEB建物、病院、研究所等の自社物件への導入を計画する。地中熱利用に太陽熱を組み合わせることで他社にはない利点を生かすことができ、事業化への期待が高い。
- ・ 温泉熱を利活用する熱源水ネットワークシステムについて、温泉施設等の業界団体へ提案することで業界団体とのタイアップを視野に入れつつ研究開発に取り組んでおり、事業化への期待が高い。
- ・ 普及方策として自治体や業界団体参加のもと行動計画策定会議を定期的に開催しており、自治体の実行計画等と関連付けた明確な事業化の道筋を議論することで再生可能エネルギー熱利用に関する普及拡大が期待される。

④ 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

- ・ 共通基盤技術の研究開発により地中熱利用システムの最適設計が可能となり、最適設計に伴う低コスト化が期待される。
- ・ 共通基盤技術ワーキンググループの定期的な開催により、共通基盤技術統一のための方向性の確認や共通基盤技術をどうすればユーザーが活用しやすくなるのか等の整理が行われており、市場にて活用されるようユーザー目線での実用化に向けた検討がなされている。

(3) 波及効果

- ・ 多様な再生可能エネルギー熱を多角的に用いた地中熱利用システムの構築により、エネルギー・CO2 排出量の削減や環境への社会貢献、ZEB・ZEH 達成への貢献が期待される。
- ・ 省人化による掘削コストの低減、設計の最適化、ヒートポンプシステムの技術開発等によるトータルコスト低減は市場拡大のみならず、認知度向上が見込まれる。
- ・ システム全体のパッケージ化促進やシステムインテグレーターの育成が進むことによりコスト競争力が強化される。
- ・ 地域特有の熱源である温泉熱熱利用は、エネルギーの地産地消による地域のエネルギー関連産業の発展を通じた地域活性化（雇用創出含む）が期待される。
- ・ 地中熱利用システムを構築し、データベース化することにより、地中熱分野の研究者、技術者など若手育成を図る。

IV.1.2 研究開発テーマ毎の実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

(1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発

(1.1)給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発

(1.1.1)事業化の見通し

本研究開発では、給湯需要がある施設へ導入する最適な地中熱システムの開発を行っている。ターゲットとしては、高齢者住宅などの給湯負荷のある施設を考えている。高齢者向け住宅は、24時間冷暖房が必要でありかつ給湯が必要な設備であり、社会的な状況から考えると長期的に維持していく必要がある施設で、地中熱利用ヒートポンプシステムのように、一回設置すると50年以上使える設備が必要と考える。

高齢者向け住宅に関しては、「社団法人全国有料老人ホーム協会」、「一般社団法人全国介護付きホーム協会」、「一般社団法人高齢者住宅協会」「高齢者住宅経営者連絡協議会」などの関連団体があり、その団体への提案やセミナー等を考えている。また、高齢者住宅運営会社の中には、複数の施設を運営している会社も多くあり、既存の施設のオーナーに対しての提案も有効と考える。

(1.1.2)開発項目毎の事業化に向けての見通し及び取り組みについて

(事業者：(株)ワイビーエム)

掘削機および掘削機周辺機器の開発により、地中熱ヒートポンプシステムのインシヤルコスト低減に寄与できると考えられる。販売先としては、井戸掘削業者、地盤改良業者、ハウスメーカーの専用工事業者、レンタル業者などが考えられる。ワイビーエムの他の製作品である地盤改良機やボーリングマシン等、従来の販売ルートを利用して拡販を行っていく。

(事業者：昭和鉄工(株))

地中熱自然冷媒(CO₂)ヒートポンプ給湯機の開発に関しては、ヒートポンプ機単体とタンクユニットのシステムとしてはインシヤルコストの低減は可能であるので、あとは地中熱ヒートポンプシステムの全体のコスト低減が可能で低CO₂・カーボンニュートラルの観点から地中熱ヒートポンプシステムの普及が進んでくれば、空調の廃熱を利用した夏場の給湯が可能となり、システム全体での設計折込も増加して拡販が可能である。

(事業者：(株)ワイビーエム)

新規TRTの開発に関しては、ワイビーエムの地質調査機の販売促進につながると考えられる。また、掘削機設置のままのTRTの開発は掘削機販売の付帯価値になるため、販売促進につながると考えられる。販売先としては、井戸掘削業者、地盤改良業者、ハウスメーカーの専用工事業者、レンタル業者などが考えられる。ワイビーエムの他の製作品である地盤改良機やボーリングマシン等、従来の販売ルートを利用して拡販を行っていく。

(事業者：(株)ワイビーエム、(株)昭和鉄工)

地中熱交換器の開発、最適な地中熱システムの開発は、開発を行うことで地中熱の普及につながると考えられる。また、最適な地中熱システムを導入する際に地中熱交換井の本数などの地中側の設計を提案者が行うことで、地中熱のコンサル事業に役に立つと考えられる。販売先は、給湯負荷のある施設であり、高齢者施設だけではなく年間冷房に近いフードコートを持つショッピングモールやゴルフ場へも提案が可能と考えられる。

(1.1.3)事業化に向けた課題と今後の方針

最適な地中熱システムの開発に関しては、高齢者住宅の運営会社への認知度が課題と考える、そのため関連団体への提案やセミナー等を検討している。

地中熱交換器の開発に関しては、開発した地中熱交換器を建物などに設置する際に提出する省エネ計画書に反映させるためには、「建築物等のエネルギー消費性能に関する任意評定」を取得する必要がある。その際には、所定の試験方法では測定できない熱損失防止建築材料や空気調和設備等（以下「設備等」という。）の性能については、登録建築物エネルギー消費性能評価機関の評価を受ける必要がある。

新規TRTの開発に関しては、通常のTRTで得られる熱伝導率とほぼ同じ結果になることを証明することが課題と考えられる。このためには、複数の場所にて新規TRTと通常のTRTを実施する必要がある。また、特定非営利活動法人地中熱利用促進協会が発行している「一定加熱・温水循環方式熱応答試験(TRT)技術書」へ開発したTRTの手法が掲載される必要もあるが、これは協会ヘデータを示すなどの働きかけを行っていく必要がある。

最適な地中熱システムの開発の内、地中熱交換井の離隔距離に関しては、通常4m以上とされている離隔距離を変更しても問題ないことを本開発で示す必要があり、データなどを地中熱利用促進協会へ提供し働きかけを行っていく。

(1.1.4)本技術開発を通して想定される波及効果

社会的効果としては、給湯付きの地中熱利用ヒートポンプシステムの導入コストが下がり夏場の廃熱を給湯に利用することにより、今までの地中熱利用より普及が進むと考えられる。

一人施工のための掘削機の開発や新規TRTの開発により技術者の技術レベルが向上すると考えられる。

(1.2)直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発

(1.2.1)事業化の見通し

各要素技術（機器、施工、設計）毎の技術開発が完了し、今後その技術の活用によるコスト削減の検証や現場での実証による改良・改善が行われることで、ほぼ目標通りのコストの削減（-20%）が期待できる。事業化の方向としては、機器販売を中心に進める方法、設計スペックへ入れ込む方法、住宅の機能向上としてのVE提案の方法などが考えられる。事業化へ向けてはそれぞれの技術が相互に関係しており現コンソーシアムの協力体制の維持が必要と考えている。

また、本設鋼管杭利用工法（工法名：地中熱キャップ工法）の開発は、全国の鋼管杭施工業者に杭の付加価値をアピールできる工法でありコンソーシアム全体のバックアップの下に『地中熱キャップ工法』として全国杭施工業者等への事業展開が期待できる。

(1.2.2)開発項目毎の事業化に向けての見通し及び取り組みについて

①本設鋼管杭利用工法の開発

（事業者：伊田テクノス株式会社、富士商事株式会社、株式会社藤島建設）

本研究開発では本設鋼管利用工法を開発した。本設鋼管利用工法により本設鋼管を地中熱交換器として有効利用することで掘削・設置費の低減に見通しが得られた。

②設計コードの開発

（事業者：中外テクノス株式会社、国立大学法人山梨大学、株式会社藤島建設）

直膨式地中熱ヒートポンプシステムの設計コードはコンソーシアム内における設計業務での活用を想定しているが、将来的には直膨式地中熱利用全般のコンサル、設計業務において設計コードを活用した事業展開を予定している。また、開発した地中伝熱管内部の冷媒熱流動シミュレーションプログラムを用いることで効率的な地中熱交換器の開発も可能であると考えられる。

(1.2.3)事業化に向けた課題と今後の方針

①本設鋼管杭利用工法の開発

戸建て住宅では小口径鋼管による地盤補強は一般的に行われている補強工法である。本設鋼管利用工法は、基礎と鋼管との接合工法であることから、一般的な接続工法として他事業者への展開が可能であり、他業者の小口径鋼管に対しても地中熱交換器を適用することが可能となり、拡販が期待できる。

②設計コードの開発

設計プログラムに対する十分な計算精度検証が不足しているため実証データを用いた改善が必要となる。コンソーシアムに参加する企業とのデータ共有化を図り実用性の高い設計プログラムへと改善に取り組む。

(1.2.4)本技術開発を通して想定される波及効果

本設鋼管利用工法は技術証明により一般工法としてどこの鋼管杭施工業者でも施工が可能であり、本設鋼管利用工法の事業化により、直膨式地中熱ヒートポンプシステムの施工が普く実施されることが期待できる。

その結果、施工地域の拡大が望めるだけでなく、イニシャルコストにかかる掘削・設置コストの低減と共に、直膨式地中熱ヒートポンプシステムの普及につながると期待できる。

また、設計コードを用いて、直膨式地中熱ヒートポンプシステムの地中熱交換器設計を最適化することで設備コストの削減効果が得られ、直膨式地中熱ヒートポンプシステムの普及につながり、CO2排出量削減に貢献できる。

(1.3)ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発

(1.3.1)事業化の見通し

ZEB実証施設に高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムを導入して、その組合せの適応性・有効性を実証する。本システムの開発については2014年度～2018年度のNEDO事業から継続的に取り組んでいるほか、更に機能を追加して冷暖房・給湯・融雪に対応可能な本システムの実用化は、十分に進めることができていると考えている。

経済産業省が作成したロードマップでは、2030年度までに新築建築物の施工数の平均値でZEBの達成を目指しており、今後ZEBの普及が加速度的に進むことが見込まれ、高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムを売り込むことで事業化を促進することは可能である。

ZEB普及に向けてはZEBプランナーとなることが必須と考えるが、日本地下水開発は今回のZEB実証施設の実績を基にしてZEBプランナーに登録されたほか、ゼネラルヒートポンプ工業は既に2019年度に登録されており、この両社がタッグを組むことで事業化は更に効率的に進めることが可能である。

(1.3.2)開発項目毎の事業化に向けての見通し及び取り組みについて

2014年度～2018年度のNEDO事業終了後の日本地下水開発における事業化に向けた取り組みでは、59期（2019年9月1日～2020年8月31日の1年間）の年間完成工事高に占める高効率帯水層蓄熱システム利活用関連事業を包含する「環境エネルギー事業」の割合を10%まで引き上げることを目標とした。結果としては、熱利用方式は異なるものの山形県河北町の新庁舎に地下水熱利用冷暖房システムが採用されたことなどから、59期末の環境エネルギー事業の割合は10%に達し、目標達成をできた。徐々にではあるが2014年度～2018年度のNEDO事業での成果を生かした事業活動により、完成工事高に占める環境エネルギー事業の割合を高めることができていることを受け、これからの事業活動の目標として、完成工事高に占める環境エネルギー事業の割合を15%まで高めることを目標とする。

現在研究開発を進めている高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムは、地下水熱を利活用して複数以上の熱需要に対応できることから、この特徴を生かして「地域熱供給」への拡張を考えていきたいと考えている。地域熱供給や地域熱電供給など、NEDO事業から得られた成果を生かすことが可能なシステムについて、様々な可能性を含めてトライを続けていきたいと考えている。

2014年度～2018年度のNEDO事業では、共同研究者である産業技術総合研究所が東北主要5地域（津軽平野、秋田平野、仙台平野、山形盆地、郡山盆地）における帯水層蓄熱システム適応マップを完成させている。今後は適応マップを最大限活用し、東北主要5地域を対象に事業展開を図る。高効率帯水層蓄熱システムは、帯水層内の地下水流速や、地下水の揚水・注入が可能かどうか等、重要な技術的判断要素がいくつかあることから、適応マップを生かして効率的に事業展開を図っていきたい。

(1.3.3)事業化に向けた課題と今後の方針

建築物の建主・施主の中には、インシヤルコストが多少高くなっても再生可能エネルギーを有効活用した環境に優しいシステムの導入を強く希望している場合がある。しかし、建主・施主に直接対応する設計担当者が、再生可能エネルギーを有効利用したシステムに関する知識を十分に持ち合わせていない場合や理解の程度が不十分な場合には、建主・施主の要望を的確に実現できない可能性が高くなると考えられる。日本地下水開発では、ZEBプランナーに登録されたことを生かして、設計担当者に対して高効率帯水層蓄熱システムの省エネルギー性能や環境性能に関する理解が進むような事業活動を進めていく予定である。今回完成させたZEB実証施設を有効活用して、設計担当者に現地見学と冷暖房を実感させることも、本システムに対する理解を進める一助になると考えている。

高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システム専用ヒートポンプの価格については、普及促進に向けてできるだけ低減を図る必要がある。現時点では、専用ヒートポンプは量産体制にはないが、今後ZEB普及に合わせて本システムの導入数が増大してくれば、徐々に価格を下げる事が可能になると考えている。

(1.3.4)本技術開発を通して想定される波及効果

本システムで採用している密閉型井戸構造は、地下水注入を確実にを行うことを可能にする構造であることから、この井戸構造を普及させることは地下水の熱利用だけでなく、地下水利用そのものの促進につながることを考えている。また、今回建設したZEB実証施設を広く見学施設として活用して、各種学校や地域の環境問題に取り組む団体を始めとした地域の人々への啓蒙活動を進めることにより、環境教育に資することができると思う。

(1.4)寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発

(1.4.1)事業化の見通し

①ZEB・ZEH建物に導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムの設計・評価手法の確立

ZEB建築へのGSHPシステムの導入について、本コンソーシアム全体の研究で、低コスト型GSHPの性能や二次側運用技術（天井放射空調システムなど）が検証されることによって、寒冷地におけるZEB建築への有効な技術の一つとして確立でき、GSHPを導入したZEBコンサルサービスが提供できる見通しである。コンサルツールの実用化には、本実証試験データの分析に加え、ランニングコストシミュレーションおよび本研究で開発した技術を導入した際のZEB化計算（WEBプログラム標準入力法）の数値も必要となる。データ分析以外の準備を2022年度～2023年度にかけて行い、データ分析の完了後の2023年度以降速やかに、ZEBコンサルに活用できるよう取り組む。

ZEHへのGSHPシステムの導入については、低コスト地中熱交換器の導入が可能な物件であれば、ZEH化の際に太陽光発電の容量、すなわち太陽光発電の設置コストを削減できる効果によって、GSHPシステムの導入コストを相殺できる見込みがあることから、ZEH化の有効な技術の一つとして提供できる見通しである。

②小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器の開発

基礎杭兼用地中熱交換器について、RC造建物の従来の杭工事と比較し、今回使用した中空PC杭はほぼ同額で施工可能であった。一方、中空杭内への熱交換パイプの施工費用は別にボアホールの掘削を行う場合に比べてコストを削減できた。建設地の地盤条件にもよるが、杭長が20mの場合には中空杭に熱交換パイプを設置する本方式はコスト削減に寄与することを示すことができ、同様な条件の建築計画において今回の方式にて地中熱利用を事業化できる見通しである。

H型PC杭利用方式、水平ユニット方式については、地盤条件、敷地条件の制約はあるものの、従来のボアホール方式と比べてコスト削減の可能性が示された。特にH型PC杭利用方式については、杭を埋設する条件であれば杭工事と同時に地中熱交換器の設置が可能となり、大幅なコスト削減の見込みがあることを確認できたため、杭を埋設できる新築住宅を対象として事業化を行える見通しである。

③高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発

CO2冷媒を用いた地中熱ヒートポンプ給湯機は高効率な寒冷地向けのエコキュートとして、ZEH化住宅への導入が期待できる。事業終了後の2022年度の製品化を目指す。地中熱ヒートポンプ暖房機（地中熱ダクトエアコン）については、寒冷地のZEH化住宅に対して高効率で冷房も可能な安価な全館空調機器として導入拡大が期待できる。事業終了後の2022年度に室内ユニットの小型化や空調負荷に対する制御プログラム最適化の課題を解消した機器の製品化を目指す。

(1.4.2)開発項目毎の事業化に向けての見通し及び取り組みについて

①ZEB・ZEH建物に導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムの設計・評価手法の確立

（北海道大学、エムズ・インダストリー、棟晶、北海道電力）

建物需要の多い中小規模建物向けに、本研究で実証している低コスト地中熱交換器や高効率な二次側運用技術（天井放射空調システムなど）を組み合わせたGSHPシステムを採用した普及型ZEB建築のモデルを『中小規模ZEB事務所モデル』として作成し、パンフレット等のPR媒体を活用して道内の設計・設備会社やZEBに興味のあるオーナーに広く周知しGSHP×ZEBの普及に貢献する。

②小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器の開発

（エムズ・インダストリー、棟晶、イノアック住環境、北海道大学）

a. 小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器(基礎杭兼用地中熱交換器)の開発

基礎杭を採用する新築建物に対して、今回の実証実験を通じて得られる基礎杭を兼用した地中熱交換器のコスト削減効果とGSHPシステムの省エネ効果を示すことで、新規建物で本方式が採用されるよう展開を行っていく。

b. 小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器(H型PC杭利用方式、水平ユニット方式)の開発

住宅を中心とした小規模建物に対して、開発を行っている低コスト地中熱交換器や地中熱ヒートポンプ暖房機(地中熱ダクトエアコン)、地中熱ヒートポンプ給湯機を組み合わせたGSHPシステムを棟晶のZEH技術のオプションとして選択できるようにし、注文住宅を新築するオーナーやリフォームを検討するオーナーに対して提案、採用してもらえる体制を確立し、住宅建物のGSHPシステムの普及に貢献する。

また、H型PC杭利用方式の地中熱交換器パイプについては、事業化に向けた製品製造を北海道にあるイノアック住環境の関係会社で9月頃に試作、量試を行い、価格を含めた量産化、製品化を進める。

③高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発

(北海道電力、サンポット、北海道大学)

実証結果等を用いて地中熱ヒートポンプ給湯機を高効率ヒートポンプ給湯機としてPRし、寒冷地のZEH化住宅を中心に導入展開を図る。また、地中熱ヒートポンプ冷暖房機の夏季の冷房排熱を利用し成績係数を向上させるシステムを実証し、夏季においても省エネ効果が得られる製品を開発していく。小型温水暖房機については、寒冷地向けの温水暖房機としてZEH化住宅へ導入していくという事業化に向け、課題を解消する開発を継続する。地中熱ヒートポンプ暖房機（地中熱ダクトエアコン）については、本事業で室内ユニットの小型化と制御プログラムの最適化を実施し、寒冷地向けの全館冷暖房ユニットとしてZEH化住宅への導入展開を図っていく。

(1.4.3)事業化に向けた課題と今後の方針

①ZEB・ZEH建物に導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムの設計・評価手法の確立

通常のZEBコンサルにおいても、インシヤルコストが目下の課題であり、本研究の軸であるGSHPの低コスト化が見込めるかが鍵となる。また、トータルコストによる検証や、GSHPの高効率性能が脱炭素社会の実現へ寄与することを、PR・普及方策へ反映するよう考慮するコンサル内容とすることで、オーナーのインシヤルコスト重視の意識改革を促す。

②小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器の開発

a. 小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器(基礎杭兼用地中熱交換器)の開発

基礎杭兼用地中熱交換器の最適本数や基礎杭内部に設置するパイプ長さ等の設計指針が必要と考える。本事業での実測の結果やシミュレーションの実施による最適化により課題解消可能と考える。

b. 小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器(H型PC杭利用方式、水平ユニット方式)の開発

H型PC杭利用方式はコスト削減の見込みが大きいですが、杭の埋設の可否を判定する方法の精度向上や杭が不要な場合に比較的安価となる代替案を提供可能とすること等が課題であると考え。杭の埋設の可否については、施工事例を増やすことで精度向上に努める。代替案については、コンソーシアム事業者だけでなく、地中熱導入を行っている他の事業者との連携を図ることなどで、検討を行う。

水平ユニット方式については、配管の自重や曲がり癖が施工性の向上を妨げることが課題となっている。ユニットの配管自体の長さを短くすることや配管途中で配管の自重や曲がり癖を無くす部材を設置する方法を検討していく。

③高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発

課題は、地中採熱工事の低コスト化及び空気熱ヒートポンプと比較した場合のランニングコストの優位性を実証し周知していくことであると考えている。地中採熱工事の低コスト化はコンソーシアム全体で取り組んでおり事業を通して達成できると考えている。空気熱ヒートポンプと比較した場合のランニングコストの優位性に関しては、実証機を実際の建物に導入しデータを取集して優位性を実証し、優位性の周知に関してはコンソーシアム全体で宣伝活動を推進していく。

(1.4.4)本技術開発を通して想定される波及効果

①ZEB・ZEH建物に導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムの設計・評価手法の確立

寒冷地におけるZEH化の有効な技術の一つとしてPRを行うことで、近年機運の高まるカーボンニュートラル、SDGsに寄与するZEB普及の後押しとなり低コストGSHPの採用が伸びる可能性が高い。

②小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器の開発

a. 小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器(基礎杭兼用地中熱交換器)の開発

今回の基礎杭兼用方式の地中熱交換器を建物全体の空調利用に採用した事例は国内で最初であり、今後は今回の実験結果を元に波及を期待できる。

b. 小規模建築に導入可能な低コスト地中熱交換器(H型PC杭利用方式、水平ユニット方式)の開発

H型PC杭利用方式や水平ユニット方式の地中熱交換器の開発は、寒冷地のZEH建物においてGSHPシステムの導入拡大が期待できる。また、H型PC杭利用方式については、先述の通り杭を埋設する地盤条件であれば大幅なコスト低減が見込まれることから、冷房も可能な地中熱ダクトエアコンとの組み合わせにより温暖地での導入も期待できる。

③高効率化を実現するヒートポンプおよび二次側運用技術の開発

業界初のCO₂冷媒を用いた地中熱ヒートポンプ給湯機および地中熱ヒートポンプ全館冷暖房ユニットの小型室内ユニットを発売することにより、寒冷地の給湯・暖房市場に対して大きな波及効果あると思われる。また、一次エネルギー、CO₂削減効果を期待でき、環境面での社会貢献が可能である。

(2)太陽熱等利用システムの高度化技術開発

(2.1)天空熱源ヒートポンプ（SSHP）システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発

(2.1.1)事業化の見通し

2021年度～2023年度の3年間で実建物における実証装置の運転性能評価を行い、CO2削減効果、省エネルギー効果の検証を行い、カーボンニュートラルに資する空調システムであることを実証する。

また、本事業終了の2023年度段階で、従来の水熱源ヒートポンプシステムに対して、トータルコスト20%以上低減（投資回収年数14年以下）を達成するとともに、2030年度時点で目標とするトータルコスト30%（投資回収年数8年以下）にめどをつければ、天空熱源ヒートポンプシステムの事業化が視野に入ってくるが、政府は2030年に2013年比46%低減の目標を掲げており、顧客・市場ニーズの動向に応じて早期の市場投入を図る。

(2.1.2)開発項目毎の事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本成果のうち、主要要素技術である「ユニット型SSHP」、「水熱源給湯ヒートポンプ」を共同提案者でヒートポンプメーカーであるゼネラルヒートポンプ工業株式会社が組立、試験、販売委託を行う。当面は、ZEB建物、病院、研究所などを中心にした当社社内物件に適用するとともに、再生可能エネルギー利用に意識のある顧客や設計事務所への営業展開を行う。

(2.1.3)事業化に向けた課題と今後の方針

事業者である鹿島建設(株)は建設会社であり、ZEB建物、病院、研究所などを中心にした建物受注を通じて、本プロジェクトでの開発成果（新SSHPシステム）の収益を得るビジネスモデルである。多角的な再生可能エネルギー熱利用を行う新SSHPシステムを、他者に無い優位技術として、コンペ提案や再生可能エネルギー利用に意識のある顧客や設計事務所への営業展開を行い、一層の建物受注を図る。

(2.1.4)本技術開発を通して想定される波及効果

再生可能エネルギー（地中熱、太陽熱）を多角的に利用したヒートポンプシステムが普及拡大すれば、政府が掲げている2030年に2013年比46%低減の目標達成に貢献できる。

(2.2)温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発

(2.2.1)事業化の見通し

本研究開発により、分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発が行われれば、分散熱源による熱源水ネットワークシステムの「導入検討ツール」を活用したコンサルサービスとしての事業化が見込まれる。また、熱売買制御システムが構築されれば、将来的にエネルギーサービス事業において、導入先の熱融通仲介サービス提供（運営事業者）の事業化も考えられる。

(2.2.2)開発項目毎の事業化に向けての見通し及び取り組みについて

①分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発

（事業者：株式会社総合設備コンサルタント）

- ・再エネ熱導入の構想段階で必要となる導入検討・判断の容易化を図るソフト的支援ツール。
- ・顧客に低コストかつ検討時間を短縮したコンサルサービスの提供が可能となる。

②分散熱源による熱源水ネットワークシステムの「熱売買制御システム」

（事業者：広沢電機工業株式会社）

- ・単なる熱融通だけでなく、ユーザー間での熱融通による熱売買の制御を組み込んだ制御システム。
- ・上記コンサルサービスから設計へつなげると、設計段階でスペックインが行われ、ユーザー間での熱融通による熱売買の制御を組み込んだ制御システムとして実導入にいたる。
- ・本制御システムの製作販売、維持メンテナンスサービスを実施。

(2.2.3)事業化に向けた課題と今後の方針

- ・研究開発終了後、営業活動により分散熱源による熱源水ネットワークシステムの FS 検討業務を受注し開発成果である導入検討ツールを活用して、現状より低コストでサービス提供を行う。FS 後は、設計、実導入につなげる。
- ・総合設備コンサルタントは FS 業務を含むコンサル、システム設計にて収益をあげる。
- ・研究開発終了後、継続して制御システムの導入市場を調査するとともに、プロモーションを開始する。
- ・実証試験で得た知見をもとに事業化に向けた製品設計を行い、システム設計、実導入案件に対して製品の供給を行う。
- ・設計段階、導入段階で出た課題に対し、システム見直しと改良も実施。

(2.2.4)本技術開発を通して想定される波及効果

【環境効果】

- ・当該研究開発により分散熱源による熱源水ネットワークシステムの実用化・事業化が実現した際に CO₂削減効果が期待される。
- ・温泉の共有利用による温泉資源の保護なども期待できる。

【技術効果】

- ・温泉地以外でも他の再生可能エネルギー、未利用エネルギー熱源のネットワーク構築も可能である。
- ・分散熱源システムによるエネルギーの効率的な活用と、熱需要家のエネルギー供給への参画によってエネルギー需給構造の柔軟化が期待される。
- ・温泉に限らず他熱源への適用が可能な技術であるため、分散熱源による熱源水ネットワークシステムにおける熱売買の考え方が整理されれば、日本版熱版 FIT のベースに資する情報にもなり、太陽熱や地中熱等様々な熱源における再エネ熱・新エネ熱の売買・利用促進自体に貢献できると考える。

【経済効果】

- ・化石燃料の利用料削減による光熱費が低減される。
- ・温泉熱利用の PR（温泉熱利用を活かした現地見学ツアーや視察等）による集客数増加および知名度向上を図れる。

【社会効果】

- エネルギーの地産地消による地域のエネルギー関連産業の発展を通じた地域活性化が図れる。
- 温泉熱利用で得られた収益の活用による地域活性化が図れる。
- 再生可能熱エネルギー利用の有効活用による再エネ・資源等環境教育への活用ができる。

【その他】

- 分散熱源による熱源水ネットワークシステムについて、某娯楽施設でのエネルギーシステムに対する導入提案を行ったところ、好感触を得ており、具体化に向けた検討が進む可能性がある。
- 複数の温泉施設を有するホテル旅館業事業者にもシステム構想の提案をしたところ興味を持たれ、当該事業者の施設を対象に熱源水ネットワークシステムの検討提案を行う予定である。

(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

(3.1)見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化

(3.1.1)実用化の見通し

本研究開発にて、見かけ熱伝導率の推定手法を開発、規格化することにより、わが国の各地に豊富に賦存する地下水流れによる移流効果を反映した設計を行うことができるようになり、低コスト化に寄与することが期待される。また簡易熱応答試験(TRT)法を開発することで、新たに地中熱交換器を設置しない、あるいは、従来より短時間かつ少人数での試験が可能になることで低コストが期待できるほか、TRT技術は、地中熱利用システムの分野のみならず、土木建築などの構造物の耐久性評価にも応用できる可能性がある。更に、統合型設計ツールは、オープンループシステムの設計も含めた統合型ツールは世界的に見ても未だなく、本研究開発によって、クロズド、オープンループ方式の最適な選定が可能となり、検証用の簡易計測ユニットの開発も併せて、地中熱システムの市場拡大が期待される。

(3.1.2)開発項目毎の実用化に向けての見通し及び取り組みについて

①見かけ熱伝導率の推定手法

全国見かけ熱伝導率データベース(テスト版)は、地中熱利用システムの普及促進や認知度向上につながる知的基盤情報と位置付けるため、無償公開を予定する。将来的には、本データベースの主要ユーザーであるシステム設計会社に対して、一部情報の有料公開も視野に入れる。また、見かけ熱伝導率の水文地質学的推定については、大学や公設試験研究機関(公設試)への技術移転を行う。地形AI解析ソフトウェアは、地中熱関連業務において地下水情報の推定に取り組むであろう地質調査会社、コンサルタント会社等での利活用を目論む。

②簡易熱応答試験(TRT)法

本事業項目における各研究において、プロジェクト期間に一定の熱伝導率推定精度を確認した後、従来のTRT手法に代わるTRT技術として規格化する。また民間企業と連携して装置の製品化を行い、国内外における地中熱システムの施工会社等に販売するとともに、技術支援を行う。

③統合型設計ツール

統合型地中熱設計ツールに、プリポスト機能を実用化に適するデザインとともに整備し、わが国の地中熱設計の標準ツールとする。このために、開発・販売元となるソフトウェア会社を技術的に支援、育成するとともに、ツールを用いた設計法のガイドラインを作成する。また統合型設計ツールのために開発する地盤・帯水層データベースについても、統合型設計ツールと連動する形で、ユーザーが任意の地点・深度で情報が入手できるようクラウドサーバー上で公開(販売)するよう技術的、学術的な支援を行う。ビジネスパートナーとしては、地中熱ビジネスに携わっている企業、空調工事会社、計装システム会社、設備会社などの参入が見込まれる。

(3.1.3)実用化に向けた課題と今後の方針

①見かけ熱伝導率の推定手法

本事業完了時を目標に公開予定とする全国見かけ熱伝導率データベースは、NPO法人地中熱利用促進協会を通じて全国各地の公設試・民間企業に広く普及させる計画である。また本データベースは、将来的には建設事業等で随時実施・充足される地域ごとの地質調査データを活用して情報更新を図る予定である。このとき、各都道府県の公設試や民間企業が主体となったデータベース更新が可能ないように、本事業で開発する水文学的推定手法や地下水情報の簡易推定手法の技術移転を積極的にすすめる。具体的には、開発技術の展開・普及を見据えたデータベース作成やマニュアル化が必要となる。

②簡易熱応答試験(TRT)法

本事業期間においては、それぞれの研究項目において、大口径の水井戸や大深度の地中熱交換器における熱応答試験およびデータ解析手法の検討などを行い、簡易TRT技術の確立を目指す。事業期間終了後は、装置の改良や現場試験などにより測定精度および信頼性の向上を図り、装置の製品化を目指すとともに、簡易TRT技術における測定手順や解析手法などの規格化を行う。

③統合型設計ツール

実用化に向けて、プリポスト機能の実装、デバック、クラウドサーバー整備、セキュリティ機能の確保など、商用ソフトウェアとして必要な開発作業について、事業後2年をかけて実施し、事業後3年目からの提供(販売)を目指す。

(3.1.4)本技術開発を通して想定される波及効果

①見かけ熱伝導率の推定手法

見かけ熱伝導率の推定手法を開発・規格化することにより、地下水流れによる移流効果を反映した設計を行うことができるようになる。これにより、地中熱利用システムの最適設計が可能（技術的な効果）、最適設計に伴う低コスト化（経済的な効果）、国土を網羅したデータベース作成による普及促進（社会的な効果）等が期待される。また、公設試、民間企業、大学等を対象として見かけ熱伝導率の水文地質学的推定手法の技術移転を行うことで、地中熱分野の研究者・技術者の育成を図ると共に、地中熱利用システムの普及には欠かせない行政担当者・民間企業設計担当者の理解醸成を目指す。

②簡易熱応答試験(TRT)法

本プロジェクトにおいて提案する各簡易熱応答試験法が実用化され、安価にTRTを実施することができれば、地中熱利用システムにかかる初期コストを削減することが期待できる。

③統合型設計ツール

統合型設計ツールの活用により、設計設備の実務者が今までより簡便に、これまで主体であったクローズドループ方式のみならず、わが国に豊富にある地下水資源に着目したオープンループ方式も含めた地中熱システム設計を可能となることで、これまで導入が進んでいなかった地域を含め、地中熱利用の拡大が見込まれる。更に、クローズド・オープンループ方式を統合した設計ツールは世界初であり、わが国だけでなく世界のスタンダードツールとして事業化できれば、地中熱産業の国際的ビジネスの展開も期待できる。

(3.2)オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究

(3.2.1)実用化の見通し

本研究開発は共通基盤技術開発であるため、実用化・事業化を行う製品・サービスはオープンループ方式地中熱利用システムを設計する際に利用できる設計ツール・設計指針である。これらは研究開発期間終了後に無償公開する方向性で検討を進めている。

(3.2.2)開発項目毎の実用化に向けての見通し及び取り組みについて

本研究開発テーマでは、実用化・事業化を行う製品・サービスはオープンループ方式地中熱利用システムを設計する際に利用できる設計ツール・設計指針であり、各開発項目の成果が一体化されることになる。よって「(3.2.1)実用化の見通し」と同じである。

(3.2.3)実用化に向けた課題と今後の方針

実用化に向けた課題として、実用化後の設計ツール・設計指針の更新がある。これに関しては、管理者を定めた上で新規ヒートポンプデータの追加などの更新方法を検討する予定である。

(3.2.4)本技術開発を通して想定される波及効果

わが国における地中熱ヒートポンプシステムの累積設備容量は 2015 年末時点で 132.5 MW である（環境省、2018）。これを太陽光発電の設備容量の変遷と比較をすると、上の値は太陽光発電の 1990 年代の後半の値にほぼ一致している（大谷、2020）。太陽光発電は 2008 年までは費用回収年数が約 28 年であったものの、その間にも普及が進み 1998 年から 2008 年までに累積設備容量は 133 MW から 2,144 MW まで増加した。この増加は費用回収年数が一定のままで生じているため、コスト削減効果がない場合の普及拡大の状況とみなすことができる。一方で、2009 年以降は余剰電力買取制度および固定価格買取制度により太陽光発電の費用回収年数が 9 年に短縮され、2016 年には累積設備容量が 42,040 MW まで増加した。2008 年以前と 2009 年以降の累積設備容量の年間増加量はそれぞれ 201 MW/年と 4,987 MW/年である。これの後者から前者を差し引いた値 4,786 MW/年が費用回収年数の低減による年間増加量とみなすことができる。

今回提案する技術開発はシステムのコスト低減を担うものではないものの、提案する設計ツール・設計手法が開発されることにより設計段階でのコスト評価が明確になることから、費用回収年数が明確になり、オープンループ方式を選択しやすくなることが期待される。地中熱利用に関する各種のコスト低減および設計段階でのコストの明確化により、太陽光発電の費用回収年数の低減による年間増加量 4,786 MW/年の仮に 10%が地中熱利用の場合に増加すると考えると、地中熱利用の年間増加量は 479 MW/年となる。地中熱利用に占めるオープンループ方式の割合は設備容量ベースで約 40%（環境省、2018）であるので、この割合が今後も変わらないと仮定するとオープンループ方式の今後の年間増加量は 192 MW/年となる。

環境省（2018）では、オープンループ方式の出力 kW あたりの設置コストを 10-30 万円としている。これが、近年実施されている研究開発プロジェクトの成果により設置コストが 30%削減されるとすると、今後の設置コストは 7-21 万円（中間値は 14 万円）となる。この中間値と上で示した年間増加量を乗ずることにより、オープンループ方式の市場規模は年間 270 億円となると予想される。太陽光発電システムの市場規模が 2,365 億円（2019 年度見込み）、業務・産業施設向け空調システムの国内市場規模が 7,603 億円（2019 年見込み）であることから、上の予測は実現可能性がある値であるといえる。

添付資料 1

プロジェクト基本計画

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」基本計画

新エネルギー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

① 政策的な重要性

2018年7月3日に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」では、「我が国のエネルギー消費の現状においては、熱利用を中心とした非電力での用途が過半数を占めて」おり、「エネルギー利用効率を高めるためには、熱をより効率的に利用することが重要であり、そのための取組を強化することが必要になっている」とされている。このうち再生可能エネルギー熱については、コスト低減に資する取組を進めることで、コスト面でもバランスのとれた分散型エネルギーとして重要な役割を果たす可能性があるとの位置付けとなっている。

② 我が国の状況

「第5次エネルギー基本計画」においては、“多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の実現を目指し、再生可能エネルギー熱をより効果的に活用していくことも、エネルギー需給構造をより効率化する上で効果的な取組とされている。しかしながら、これまでこうした熱源が十分に活用されてこなかった要因として、設備導入コストが高いこと、認知度が低いこと、熱エネルギーの供給を担う人材が十分に育っていないこと等がある。NEDOでは、「再生可能エネルギー熱利用技術開発」（2014～2018年度）において、地中熱利用技術及び各種再生可能エネルギー熱の利用について、蓄熱利用等を含むシステムの高効率化、評価技術の高精度化等に取り組み、再生可能エネルギー熱利用の普及拡大に向けトータルコストの低減を進めてきた。

今後、企業間競争や、民間主導の技術開発投資、量産化の実現といった市場環境を整備し、自立的な再生可能エネルギー熱利用の普及に向けて、より一層のコストダウンや実用化技術の確立が求められる。

③ 世界の取組状況

EUでは、2009年の「再生可能エネルギー利用促進指令」に基づいて、加盟各国に対して2020年の再生可能エネルギー導入目標の設定並びに行動計画の策定が義務付けられた。この導入目標は、最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの比率で設定されており、EU全体で2020年に20%とすることを目指している。また、Horizon 2020のプログラムにおいて、各種

再生可能エネルギーに係る研究開発を推進している。米国では、Renewable Portfolio Standard (RPS) により再生可能エネルギーの導入を進めており、2018年時点で太陽熱は14州、地中熱は12州で再生可能エネルギーの対象として認められている。中国では、第13次5か年計画において、太陽熱については利用集熱面積を8億平方メートルに拡大し、地中熱利用については支援制度を打ち出す方針を示している。

④ 本事業のねらい

本事業では、低炭素社会、更には脱炭素社会の実現に資する再生可能エネルギー熱利用の普及拡大を目指す。

地域偏在性がなく安定した再生可能エネルギー熱源として、地中熱、太陽熱等について、コストダウンに資する高効率機器の開発や、蓄熱や複数熱源を組み合わせたシステムの実用化技術の確立、共通基盤技術（見かけ熱伝導率の推定・評価技術、設計ツール等）の開発、並びに、評価及び定量化技術の高機能化をZEB等への適用も視野において実現する。また、業界団体やユーザーとの連携による成果の普及方策に取り組む。

(2) 研究開発の目標

① アウトプット目標

本事業では、2030年までに地中熱、太陽熱等の再生可能エネルギー熱システムのトータルコストを30%以上低減すること（投資回収年数8年以下）を最終的なアウトカム目標とし、再生可能エネルギー熱の導入に関わる上流から下流までの事業者等を集めたコンソーシアム体制により事業者間の役割分担を最適化しつつ、適切な進捗管理指標の下に各要素（設計、機器、施工等）の技術開発を進める。さらに、トータルコスト低減を達成するために必要な取組みを要素別に具体的に特定し、行動計画としてまとめる。加えて、地中熱利用システムの導入拡大に資するシステム設計の最適化に必要な見かけ熱伝導率の推定・評価技術、簡易 TRT（熱応答試験）技術、設計ツールを共通基盤技術として開発し規格化を目指す。

最終目標（2023年度）

本事業の直接的な成果として2023年度までに再生可能エネルギー熱システムのトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14年以下）させるとともに、2030年までにトータルコストを30%以上低減（投資回収年数8年以下）するための道筋及び具体的取組み（普及方策）を行動計画としてまとめる。共通基盤技術開発においては、地中熱利用システムの設計時に利用する見かけ熱伝導率(λ)を $0.5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以下の間隔で推定可能な評価技術を開発し、その有効性を地質水文環境の異なる3か所以上で検証する。また、簡易 TRT

技術については、試験方法を簡易化し実用レベルに達していることを実証する。さらに、多様な熱負荷条件やオープンループ方式を含む熱源方式に対応した設計ツールを開発する。

中間目標（2021年度）

2023年度までの可能な限り早期にトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14年以下）させる可能性を実験等で示す。また、共通基盤技術開発における推定・評価技術、設計ツールについては、事業者が設定する開発目標の妥当性を外部有識者にて審議し、妥当であるとの評価を得る。

② アウトカム目標

本事業で開発した各機器、アプリケーション、施工技術、共通基盤技術等の普及により、市場拡大による量産化、企業間競争、更なる技術改善等を促進し、2030年までにトータルコスト30%以上低減（投資回収年数8年以下）を実現し、再生可能エネルギー熱利用の導入拡大を目指す。

③ アウトカム目標達成に向けての取組

研究開発後の市場導入及び導入拡大を円滑に進めるため、本事業期間内に普及方策を行動計画として策定し、NEDOでは、関係省庁、業界団体との情報交換を定期的実施し、研究開発課題やコスト目標を盛り込んだロードマップを作成する。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、別紙1の研究開発計画及び別紙2の研究開発スケジュール例に基づき研究開発を実施する。

なお、本事業は、自立的な再生可能エネルギー熱利用の普及に重点を置き、テーマ毎に上流から下流までのプレーヤーからなるコンソーシアムを基本とした体制で、企業の積極的な関与により要素技術開発から実用化開発及びその成果の普及方策の策定まで一貫した事業であり、助成事業（NEDO負担率：1/2）として実施する。高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発については、高度な知識を要するため大学・研究機関を中心とした体制で実施し、規格化に資することを想定し業界団体等と連携する事業であり、委託事業として実施する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャー（以下「PM」という。）にNEDO新エネルギー部 谷口 聡子 主査を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理し、そのプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

NEDOは公募により研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

（２）研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理・執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な対策を講じるものとする。運営管理にあたっては、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

①研究開発の進捗把握・管理

PMは、経済産業省及び研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

②技術分野における動向の把握・分析

PMは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

３．研究開発の実施期間

2019年度から2023年度までの5年間とする。

４．評価に関する事項

NEDOは、技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、プロジェクト評価を実施する。

評価の時期は、中間評価を2021年度、事後評価を2024年度とし、本研究開発に係る技術動向、政策動向や本研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直しするものとする。

また、適切な進捗管理指標を設定した上で、自立や横展開の見込みを勘案して、定期的なモニタリング（中間評価、事後評価等）を踏まえ、必要に応じて事業の加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①共通基盤技術の形成に資する成果の普及

本研究開発で得られた研究成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

②標準化施策等との連携

NEDO及び実施者は、プロジェクト終了後も得られた研究開発成果を標準化活動に役立てることとする。

③知的財産権の帰属、管理等取扱い

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。

④知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

⑤データマネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針（委託者指定データを指定しない場合）」を適用する。

(2) 「プロジェクト基本計画」の見直し

PMは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法」第15条第1号イ、第3号及び第9号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 2019年2月、制定。

(2) 2019年4月、改訂。プロジェクトマネージャー変更のため。

(3) 2020年3月、改訂。研究開発項目追加のため。

(別紙1) 研究開発計画

1. 研究開発の必要性

再生可能エネルギー熱利用技術は、熱を直接利用するため、エネルギー供給の多様化を実現し、エネルギーセキュリティ確保に大きく寄与することが可能である。

2018年7月に閣議決定した「第5次エネルギー基本計画」においては、“多層化・多様化した柔軟なエネルギー需給構造”の実現を目指し、再生可能エネルギー熱については、より効果的に活用していくことで、エネルギー需給構造をより効率化する上で効果的な取組と期待されている。しかしながら、再生可能エネルギーの熱利用を考えた場合、課題も多く、一般に、熱利用技術は、既存技術より導入コストが依然として高いこと、認知度が低く、熱エネルギーの供給を担う事業者が十分に育っていないこと等がある。そこで、NEDOでは、「再生可能エネルギー熱利用技術開発」(2014～2018年度)において、地中熱利用技術および各種再生可能エネルギー熱の利用について、蓄熱利用等を含むシステムの高効率化・規格化、評価技術の高精度化等に取り組み、再生可能エネルギー熱利用の普及拡大に向けトータルコストの低減を進めてきた。

再生可能エネルギー熱の自立的な市場の形成には、更なるコストダウンが求められる。再生可能エネルギー熱利用システムの導入には多種多様なプレイヤーが関わることから、本事業では、上流から下流までのプレイヤーが一体となったコンソーシアム体制で推進し、ニーズ・実用化に重点を置いた研究開発を推進するとともに、業界団体やユーザーとも連携し開発成果の普及方策に取り組む。ただし、高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発については、高度な知識を要するため大学・研究機関を中心とした体制で実施し、規格化に資することを想定し業界団体等と連携する。

2. 研究開発の具体的内容

テーマ毎に、各種再生可能エネルギー熱利用システムの導入に係る上流から下流までのプレイヤーが一体となったコンソーシアム体制で、以下の(1)、(2)の研究開発を推進するとともに、NEDO、業界団体、研究開発実施者等で連携し、テーマ横断的に技術基準や評価技術の整備等の普及方策に取り組む。(3)については、大学・研究開発機関を中心とした体制で取り組み、規格化に資することを想定し業界団体等と連携する。

(1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発

大規模建築物、小規模建築物等、それぞれの建築物に導入することを想定した、我が国の利用に適合した高効率機器の開発、施工期間短縮に資する施工技術の開発、地中熱利用システムの最適化技術の開発、評価・定量化技術の高機能化開発

等に取り組み、地中熱利用システムのトータルコスト低減に資する技術を開発する。

(2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発

高効率機器の開発や、年間を通じた太陽エネルギーの最大限の活用に資する太陽熱利用機器の開発、評価・定量化技術の高機能化開発、再生可能エネルギー熱を含む多様な熱源を組み合わせたシステムの最適化技術開発等に取り組み、太陽熱等利用システムのトータルコスト低減に資する技術を開発する。

(3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

地中熱利用システムの導入拡大に資するシステム設計の最適化に必要な見かけ熱伝導率の推定・評価技術、簡易 TRT（熱応答試験）技術、設計ツールを共通基盤技術として開発し規格化を目指す。

3. 達成目標

本事業では、2030年までに地中熱、太陽熱等の再生可能エネルギー熱のシステム全体のトータルコストを30%以上低減すること（投資回収年数8年以下）を最終的なアウトカム目標とし、再エネ熱の導入に関わる上流から下流までの事業者等を集めたコンソーシアム体制により事業者間の役割分担を最適化しつつ、適切な進捗管理指標の下に各要素（設計、機器、施工等）の技術開発を進める。さらに、トータルコスト低減を達成するために必要な取組みを要素別に具体的に特定し、行動計画としてまとめる。加えて、地中熱利用システムの導入拡大に資するシステム設計の最適化に必要な見かけ熱伝導率の推定・評価技術、簡易 TRT 技術、設計ツールを共通基盤技術として開発し規格化を目指す。

【中間目標】（2021年度）

2023年度までの可能な限り早期にトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14年以下）させる可能性を実験等で示す。また、共通基盤技術開発における推定・評価技術、設計ツールについて事業者が設定する開発目標の妥当性を外部有識者にて審議し、妥当であるとの評価を得る。

【最終目標】（2023年度）

本事業の直接的な成果として2023年度までに再生可能エネルギー熱システムのトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14年以下）させるとともに、2030年までにトータルコストを30%以上低減するための道筋及び具体的取り組み（普及方策）を行動計画としてまとめる。共通基盤技術開発においては、地中熱利用システムの設計時に利用する見かけ熱伝導率（ λ ）を0.5 W/(m・K)以下の間隔で推定可能な評価技術を開発し、その有効性を地質水文環境の異なる3か所以上で検証する。また、簡易 TRT 技術につい

ては、試験方法を簡易化し実用レベルに達していることを実証する。さらに、多様な熱負荷条件やオープンループ方式を含む熱源方式に対応した設計ツールを開発する。

(別紙2) 研究開発スケジュール例

	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
評価			☆中間評価			☆事後評価
研究開発項目① 地中熱利用システムの 低コスト化技術開発	設計、試作		実証、改良		実用化開発	事業終了
研究開発項目② 太陽熱等利用システム の高度化技術開発	要素技術開発、設計、試作		実証、改良		実用化開発	
研究開発項目③ 高度化・低コスト化の ための共通基盤技術開 発	設計、試作		検証、改良		技術確立、 検証	
		普及方策 (NEDO、業界団体、実施者等)				

※技術検討委員会は毎年度実施

添付資料 2

事前評価結果

平成 30 年度事前評価結果

平成 30 年 9 月に実施の研究評価委員会において、平成 31 年度 NEDO 新規案件の事前評価を実施した結果を以下に示す。

案件名	再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発
推進部署	新エネルギー部
総合コメント	再生可能エネルギー熱利用の研究開発については、最大の課題であるコスト低減の取組みを強化することが必要であり、本事業を推進することは重要である。実施に際して、これまでの NEDO 関連プロジェクトの研究開発成果等を精査し、コスト低減に向けた個々の技術およびシステム化の課題を明確化すべきである。また多様な熱エネルギーに関連する要素技術開発を進める研究開発マネジメント体制やユーザーを巻き込んだシステム作りが必要である。さらに、再生可能エネルギー熱利用のそれぞれの技術開発分野におけるアウトプットからアウトカムに向けた具体的なロードマップ作成を進めるべきである。

※事前評価書結果より「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」プロジェクト部分を抜粋

添付資料 3

特許論文リスト

1. 事業全体の論文・外部発表等の件数

(2021年7月31日現在)

【件数・内訳】 <事業者分(NEDO分は含まない)>

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	6件	4件	1件
2020FY	2件	0件	0件	3件	1件	22件	14件	3件
2021FY	0件	0件	0件	1件	0件	21件	6件	1件
計	2件	0件	0件	4件	1件	49件	24件	5件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【件数・内訳】 <NEDO分>

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	7件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	7件	4件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	3件	0件
計	0件	0件	0件	0件	0件	14件	7件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

2. 個別テーマ毎の論文・外部発表等の等の件数

(1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発

(1.1)給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	1件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1							

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1						

【外部発表】

(a)学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	大久保 博晃	株式会社 ワイビー エム	給湯負荷のある施設への導入を 想定した地中熱利用ヒートポン プシステムの研究開発	令和3年度第1回地下 熱利用とヒートポン プシステム研究会	2021年7月

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1					

(c)その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1					

(1.2)直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置に係るコスト削減技術の開発

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	3件	0件	0件
2020FY	1件	0件	0件	2件	0件	4件	0件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	11件	5件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	伊田テクノ ス	特願 2020- 207984	国内	2020年12月15日	出願中	構造体,基礎構造 物,基礎構造物の 製造方法,および 建物の製造方法	檜崎亘 及川直哉 富澤洋介 宮下隆志

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	武田哲明 依田修 渡邊弘美	山梨大学	住宅用鋼管杭を用いた地 中熱ヒートポンプの空調 性能	日本冷凍空調学会論文集, Vol.37, No.3 (2020), pp.285-291	有	2020年9 月30日
2	三瓶大地、 武田哲明、 守屋大	山梨大学	直接膨張方式地中熱ヒー トポンプの性能評価-3 分岐型地中熱交換器を用 いた場合-	日本冷凍空調学会論文集, Vol.37, No.3 (2020), pp.293-300	有	2020年9 月30日

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	青木友哉、 武田哲明、 依田修、 大久保宏司	山梨大学	住宅用鋼管杭を用いた地 中熱ヒートポンプの性能	2019年度日本冷凍空調学会年次 大会講演	2019年9月11- 13日
2	三瓶大地、 武田哲明	山梨大学	直接膨張方式地中熱ヒー トポンプの地中熱交換器 に関する研究	日本機械学会熱工学コンファ レンス2019講演	2019年10月 12-13日
3	武田哲明	山梨大学	直接膨張方式の地中熱 ヒートポンプに用いる地 中熱交換器について	日本冷凍空調学会調査研究プロ ジェクト「環境変化に対応する ための先進熱交換技術に関する 調査研究」講演	2019年12月2 日
4	守屋大、 武田哲明	山梨大学	直接膨張方式地中熱ヒー トポンプの空調性能	2020年度日本冷凍空調学会年次 大会講演	2020年9月9- 11日
5	金井裕紀、 武田哲明	山梨大学	直接膨張方式地中熱ヒー トポンプの給湯性能	2020年度日本冷凍空調学会年次 大会講演	2020年9月9- 11日
6	武田哲明、 三瓶大地、 依田修、 渡邊弘美	山梨大学	住宅用鋼管杭を用いた地 中熱ヒートポンプの研究	2020年度日本冷凍空調学会年次 大会講演	2020年9月9- 11日
7	三瓶大地、 武田哲明	山梨大学	地中熱ヒートポンプの地 中熱交換器による採熱特 性	日本機械学会2020年度年次大会 講演	2020年9月13- 16日

8	武田哲明	山梨大学	持続可能な社会を目指す省エネルギー技術ー地中熱エネルギーの利用法ー	山梨大学・読売新聞連続市民講座講演	2021年5月15日
9	武田哲明	山梨大学	直接膨張方式地中熱ヒートポンプに適用する地中熱交換器に関する研究	第58回日本伝熱シンポジウム講演	2021年5月27日
10	依田 修 中澤俊也 柳生達哉 宮下隆志	藤島建設	直膨式地中熱HPSの開発	ヒートポンプ・蓄熱センター/地下熱利用とヒートポンプシステム研究会	2021年7月2日
11	小林永並、 武田哲明	山梨大学	地中熱交換器内の冷媒状態と熱交換性能	第25回動力・エネルギー技術シンポジウム講演	2021年7月26-27日

(b) 新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1	武田哲明	山梨大学	地中熱ヒートポンプの動向	電気計算 2021年1月号、Vo.89, No.1, pp.31-36	2021年1月
2	武田哲明	山梨大学	直接膨張方式地中熱ヒートポンプの技術開発	日本伝熱学会誌、Vol.60, No.251, pp.54-60	2021年4月
3	武田哲明	山梨大学	再エネ熱を利用する直接膨張方式地中熱ヒートポンプ	クリーンエネルギー、Vol.30, No.5, pp.44-49	2021年5月
4	武田哲明	山梨大学	「地中熱省エネに貢献」	読売新聞5月16日、P.22 (山梨地域)	2021年5月
5	武田哲明	山梨大学	「地中熱利用でコスト減」	読売新聞5月22日、P.23 (山梨地域)	2021年5月

(c) その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1					

(1.3)ZEB化に最適な高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムの研究開発

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT* 出願	査読 付き	その他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	4件	1件
2020FY	0件	0件	0件	0件	1件	4件	7件	2件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	1件	0件	1件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1							

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	山谷睦	日本地下水開発	積雪寒冷地域に最適な帯水層蓄熱冷暖房システム	日本雪工学会誌 Vol.36 No.4(Ser.No.141),145-146	なし	2020年10月

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	黒沼覚	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱システムの開発	2020年度日本冷凍空調学会年次大会	2020年9月9日
2	黒沼覚	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱システムにおける冷温熱の蓄熱状況	日本地下水学会 2020年度秋季講演会	2020年11月4日
3	加藤渉	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱システムの冷温熱の利用状況について	日本地熱学会令和2年度学術講演会	2020年11月10日
4	山谷睦	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱システムの稼働・蓄熱状況—NEDO研究開発実施事例—	RE2020オンラインフォーラム分科会9	2020年12月7日
5	山谷睦 駒庭義人	日本地下水開発 ゼネラルヒートポンプ工業	効率帯水層蓄熱によるトータル熱供給システムのZEBへの適用	地下熱利用とヒートポンプシステム研究会第17回研究発表会	2021年7月2日

(b) 新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1	—	日本地下水開発	再生可能エネルギー利活用大賞 最優秀	建設新報	2020年1月20日
2	—	日本地下水開発	再生可能エネルギーの利活用特集 帯水層蓄熱冷暖房システム	環境新聞	2020年1月29日
3	—	日本地下水開発	NEDO事業で大幅進化 上昇流の制御で高効率化	空調タイムス	2020年1月29日
4	—	日本地下水開発	東北再エネ利活用大賞 最優秀	山形新聞	2020年3月7日
5	—	日本地下水開発	地中熱で省エネ冷暖房 太陽熱も組み合わせ	日本経済新聞	2020年10月21日
6	—	日本地下水開発	大臣賞 地球に優しいエネシステム研究 普及へ産学官連携評価	山形新聞	2020年11月7日
7	—	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱冷暖房システムに高まる評価 10年進化続けて認知進む ZEB化熱供給システム開発も着々	空調タイムス	2020年12月2日

8	—	日本地下水開発	「新エネ大賞」経産大臣賞 日本地下水開発受賞	山形新聞	2021年1月27日
9	—	日本地下水開発	地下水層利用し冷暖房 冬の冷熱夏の温熱交互利用 山形・日本地下水開発新エネ最高賞受賞	河北新報	2021年1月31日
10	—	日本地下水開発	新エネ・経済産業大臣賞受賞 日本地下水開発の地中熱システム	建設新報	2021年2月1日
11	—	日本地下水開発	新エネ大賞最高賞に帯水層蓄熱 経済産業大臣賞に日本地下水開発	空調タイムス	2021年2月3日

(c) その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1	—	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱冷暖房システムの紹介	ENEX2020	2020年1月29-31日
2	—	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱冷暖房システムの紹介	REIFふくしま2020	2020年10月28-29日
3	—	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱冷暖房システムの紹介	ENEX2021	2020年12月9-11日
4	—	日本地下水開発	高効率帯水層蓄熱冷暖房システムの紹介	EE東北'21	2021年6月2-3日

(1.4) 寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	1件	0件	9件	4件	1件
2021FY	0件	0件	0件	1件	0件	1件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1							

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1	Takao Katsura, Yoshitaka Sakata, Lan Ding, Katsunori Nagano	北海道大学	Development of Simulation Tool for Ground Source Heat Pump Systems Influenced by Ground Surface	Energies 2020, 13, 4491	有	2020年8月
2	Armed A. Serageldin, Ali Radwan, Takao Katsura, Yoshitaka Sakata, Shigeaki Nagasaka, Katsunori Nagano	北海道大学	Parametric analysis, response surface, sensitivity analysis, and optimization of a novel spiral-double ground heat exchanger	Energy Conversion and Management, Volume 240	有	2021年6月

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	今井智紀	サンポット株式会社	地中熱自然冷媒ヒートポンプ給湯機と冷暖房ヒートポンプによる地下水熱システム	地下熱利用とヒートポンプシステム研究会 第16回研究発表会	2020年9月10日
2	土谷一仁 岡本淳 佐藤翔平 葛隆生 長野克則 鎌田泰地	サンポット株式会社	ZEH/環境配慮型住宅の再エネ熱利用_地中熱ダクトエアコン 第1報	地下熱利用とヒートポンプシステム研究会 第16回研究発表会	2020年9月10日
3	葛隆生 長野克則 鎌田泰地 岡本淳 佐藤翔平 土谷一仁	北海道大学	ZEH/環境配慮型住宅の再エネ熱利用_地中熱ダクトエアコン 第2報	地下熱利用とヒートポンプシステム研究会 第16回研究発表会	2020年9月10日

4	鎌田泰地 葛隆生 長野克則 岡本淳 佐藤翔平 土谷一仁	北海道大学	ZEH/環境配慮型住宅の再エネ熱利用_地中熱ダクトエアコン 第3報	地下熱利用とヒートポンプシステム研究会 第16回研究発表会	2020年9月10日
5	Armed A. Serageldin, Takao Katsura, Yoshitaka Sakata, Shigeaki Nagasaka, Kazumasa Suga, Katsunori Nagano	北海道大学	Thermo-hydraulic comparison between 3U, spiral and double spiral Energy-pile heat exchanger	地下熱利用とヒートポンプシステム研究会 第16回研究発表会	2020年9月10日
6	葛隆生 長野克則 阪田義隆 荒谷紀之 田中大裕 齊藤克也 渡辺伸央 田中信也 大江基明 安江伸二 岡本淳 佐々木圭輔	北海道大学	寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの開発	地下熱利用とヒートポンプシステム研究会 第16回研究発表会	2020年9月10日
7	葛隆生 Armed A. Serageldin Ali Radwan 阪田義隆 長野克則	北海道大学	数値流体解析を用いた新型地中熱交換器の性能評価	日本冷凍空調学会 2020年度年次大会	2020年9月11日
8	鎌田泰地 葛隆生 大原知哉 長野克則	北海道大学	ZEHに導入する低コスト地中熱ヒートポンプシステムのシミュレーションによる検討	空気調和・衛生工学会北海道支部第55回学術講演会	2021年3月17日
9	前田基宏 葛隆生 小司優陸 長野克則	北海道大学	ZEH・ZEBに導入する低コスト地中熱交換器の採熱性能の実測による評価	空気調和・衛生工学会北海道支部第55回学術講演会	2021年3月17日
10	葛隆生 長野克則 阪田義隆 荒谷紀之 田中大裕 齊藤克也 渡辺伸央 田中信也 大江基明 安江伸二 岡本淳 佐々木圭輔	北海道大学	寒冷地のZEB・ZEHに導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの開発	地下熱利用とヒートポンプシステム研究会 第17回研究発表会	2021年7月2日

(b) 新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1	—	コンソーシアム6者	地中熱 HP、2割安く	電気新聞	2020年2月6日
2	—	コンソーシアム6者	地中熱で冷暖房 ゼロ・エネ・ビル研究	北海道新聞	2020年2月6日
3	—	コンソーシアム6者	寒冷地で ZEB 普及を	空調タイムズ	2020年6月4日
4	—	北海道電力	北電「ゼロエネビル」に注力	北海道新聞	2021年1月21日

(c) その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1	—	北海道電力	寒冷地での ZEB 普及に向けた実証研究	経団連 チャレンジ・ゼロ	2020年11月6日

(2)太陽熱等利用システムの高度化技術開発

(2.1)天空熱源ヒートポンプ(SSHP)システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT* 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	3件	0件	0件
2020FY	1件	0件	0件	0件	0件	2件	0件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	1件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	ゼネラルヒート ポンプ工業 鹿島建設	特願 2020- 137826	国内	2020年8月18日	出願中	ヒートポン プ	ゼネラル ヒートポン プ工業 鹿島建設

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1						

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	塩谷正樹	鹿島建設	地中熱利用システムの建築物への導入	全国地中熱フォーラム2019	2019年11月11日
2	塩谷正樹	鹿島建設	地中熱セミナー「地中熱利用技術の最新動向」地中熱利用システムの建築物への導入	ENEX2020セミナー	2020年1月29日
3	塩谷正樹	鹿島建設	多角的な再生可能エネルギーを活用した高効率ヒートポンプ	地中熱設計セミナー	2020年2月19日
4	塩谷正樹	鹿島建設	天空熱源ヒートポンプシステムのライフサイクルに亘るコスト低減性能向上技術の開発(第1報)開発概要と実験による暖房時性能評価	空気調和衛生工学会	2020年9月
5	鶴見隆太	日建設計総合研究所	同(第2報)シミュレーションによる年間エネルギー性能評価	空気調和衛生工学会	2020年9月
6	塩谷正樹	鹿島建設	天空熱源ヒートポンプシステムのライフサイクルに亘るコスト低減と性能向上技術の開発	HPTCJ・地下熱利用とヒートポンプシステム研究会	2021年7月2日

(b) 新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1					

(c) その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1					

(2.2)温泉熱等の再エネ熱を活用した分散熱源による熱源水ネットワークシステムのトータルコスト低減技術開発

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌 等への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	1件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1							

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1						

【外部発表】

(a)学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	三毛正仁	株式会社 総合設備 コンサル タント	温泉熱等の再エネ熱を活用した 分散熱源による熱源水ネット ワークシステムのトータルコスト 低減技術開発	令和3年度第1回地 下熱利用とヒートポ ンプシステム研究会	2021年7月

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1					

(c)その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1					

(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発

(3.1)見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	3件	3件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	5件	1件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1							

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1						

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	富樫聡 内田洋平 ほか	産総研 産総研	地形情報を用いた地下水 面推計の試み	日本地下水学会・ 2020年度秋季講演 会	2020年11月
2	長野克則 葛隆生 阪田義隆 Ahmed A. Se rageldin 藤井光 内田洋平	北大 北大 北大 北大 秋田大 産総研	再生可能エネルギー熱利 用にかかるコスト低減技 術開発における見かけ熱 伝導率の推定手法と簡易 熱応答試験法および統合 型設計ツールの開発・規 格化：その1研究開発の 全体概要	空気調和・衛生工 学会北海道支部第 55回学術講演会	2021年3月
3	阪田義隆 葛隆生 長野克則 Ahmed A. Se rageldin チェホビョン	北大 北大 北大 北大 北大	再生可能エネルギー熱利 用にかかるコスト低減技 術開発における見かけ熱 伝導率の推定手法と簡易 熱応答試験法および統合 型設計ツールの開発・規 格化：その2国土地盤物 性推定データベースの整 備	空気調和・衛生工 学会北海道支部第 55回学術講演会	2021年3月
4	金子翔平 富樫聡 シュレスタガ ウラブ ウィディアト モジョ・アリ フ 内田洋平	産総研 産総研 産総研 産総研	原位置実験にもとづく オープンループ方式地 中熱利用システムの適地 判定技術の開発（その 1）	日本地下水学会・ 2021年度春季講演 会	2021年5月
5	阪田義隆 葛隆生 長野克則 Ahmed A. Se rageldin チェホビョン	北大 北大 北大 北大 北大	地下水流れが地盤の有効 熱伝導率に与える影響 （見かけ熱伝導率）に関 する考察	日本地下水学会・ 2021年度春季講演 会	2021年5月

6	富樫英介 葛隆生 長野克則	工学院 大学 北大 北大	地中熱利用システム設計 のためのプログラム連携 法の検討	地下熱利用とヒー トポンプシステム 研究会第17回研究 発表会	2021年7月
7	阪田義隆 葛隆生 長野克則 Ahmed A. Se rageldin チェホビョン	北大 北大 北大 北大 北大	地下水流れが地盤の有効 熱伝導率に与える影響 (見かけ熱伝導率)に関 する数値TRT分析	地下熱利用とヒー トポンプシステム 研究会第17回研究 発表会	2021年7月
8	阪田義隆 葛隆生 長野克則	北大 北大 北大	確率論的アプローチに基 づく全国地盤物性推定 データベースの構築と次 の展開に向けて	第56回地盤工学研 究発表会	2021年7月

(b) 新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1	長野克則	北大	GSHP のコスト低減技 術規格化へ	空調タイムス (2021 年3月24日発行)	2021年3 月
2	長野克則	北大	深度 300m 地中熱利用 へ	北海道建設新聞 (2021年3月31日発 行)	2021年3 月
3	長野克則	北大	深さ 300m の地中熱冷 暖房利用に	北海道新聞 (2021年 3月31日発行)	2021年3 月
4	長野克則	北大	地中熱利用システムの コスト低減を	空調タイムス (2021 年4月21日発行)	2021年4 月

(c) その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1					

(3.2)オープンループ方式地中熱利用における最適設計方法の研究

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1							

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1						

【外部発表】

(a)学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1					

(b)新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1					

(c)その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1					

3. NEDOによる論文・外部発表等の等の件数

【件数・内訳】

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT※ 出願	査読 付き	その 他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
2019FY	0件	0件	0件	0件	0件	7件	0件	0件
2020FY	0件	0件	0件	0件	0件	7件	4件	0件
2021FY	0件	0件	0件	0件	0件	0件	3件	0件
計	0件	0件	0件	0件	0件	14件	7件	0件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1							

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年月
1						

【外部発表】

(a) 学会発表・講演

番号	発表者	所属	タイトル	会議名	発表年月
1	谷口聡子	新エネルギー部	再生可能エネルギー熱利用の現状とNEDOの取組み	第14回再生可能エネルギー世界展示会「NEDOプロジェクトセミナー」	2019年7月11日
2	阿部一也	新エネルギー部	NEDO事業説明	2019年度NEDO新エネルギー成果報告会	2019年10月17日
3	谷口聡子	新エネルギー部	NEDOの地中熱利用技術開発	全国地中熱フォーラム2019	2019年11月11日
4	谷口聡子	新エネルギー部	地熱・再生可能エネルギー熱関係の研究開発(再エネ熱)	2019年度 地熱発電・熱水活用研究会	2019年11月26日
5	谷口聡子	新エネルギー部	NEDOの地中熱利用技術開発	ENEX2020 地中熱セミナー	2020年1月29日
6	谷口聡子	新エネルギー部	NEDOの地中熱利用技術開発	第4回みやぎ地中熱利用研究会	2020年2月6日
7	上本雄也	新エネルギー部	再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発	バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業ワークショップ『ポストFIT時代に向けたエネルギー利用モデルの構築』	2020年2月25日
8	谷口聡子	新エネルギー部	再生可能エネルギー熱利用の技術開発	日本冷凍空調学会「再生可能エネルギー熱利用の最前線」	2020年9月9日
9	谷口聡子	新エネルギー部	NEDOの地中熱利用技術開発	令和元年度 第4回「地下熱利用とヒートポンプシステム研究会」	2020年9月10日
10	谷口聡子	新エネルギー部	再生可能エネルギー熱利用の技術開発動向	化学工学会第51回秋季大会	2020年9月24日
11	上本雄也 谷口聡子	新エネルギー部	NEDOにおける再生可能エネルギー熱のロードマップ作成に向けた取り組み	日本地熱学会令和3年學術講演会(仙台大会)	2020年10月26日

12	谷口聡子	新エネルギー部	NEDOの地中熱利用技術開発	RE2020「地熱・地中熱の持続的開発を目指して」	2020年12月7日
13	谷口聡子	新エネルギー部	NEDO事業説明	2020年度NEDO新エネルギー成果報告会	2021年2月1日
14	上本雄也	新エネルギー部	再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発事業について	NEDO3部合同事業説明会	2021年2月9日

(b) 新聞・雑誌等への掲載

番号	発表者	所属	タイトル	誌名、ページ番号	発表年月
1	谷口聡子	新エネルギー部	NEDO 再生可能エネルギー熱利用技術開発・成果紹介	「地中熱利用ガイドブック」, Vol.7, P.4-5 (NPO 地中熱利用促進協会)	2020年5月1日
2	谷口聡子	新エネルギー部	NEDO 再エネ熱技術開発のポイントと熱市場拡大に向けて	「地球温暖化」, No.69, P.20-21 (日報ビジネス (株))	2020年9月1日
3	谷口聡子	新エネルギー部	再生可能エネルギー技術「再エネ熱利用」	「NEDO40周年史」 P.111	2021年3月17日
4	谷口聡子	新エネルギー部	深度 300m 地中熱利用へ	「北海道建設新聞」 2021年3月31日付	2021年3月31日
5	谷口聡子	新エネルギー部	特集『地中熱の利活用最前線』再生可能エネルギー熱利用の技術開発	日本伝熱学会学会誌「伝熱」, Vol. 60, No. 251	2021年4月1日
6	谷口聡子	新エネルギー部	地中熱利用システムのコスト低減を	「空調タイムス」, 2021年4月21日 (第2866号)	2021年4月21日
7	谷口聡子	新エネルギー部	地中熱利用の省エネ性、再認識へ	「地球温暖化」, No.74, P.12-13 (日報ビジネス (株))	2021年7月1日

(c) その他(展示会への出展など)

番号	発表者	所属	タイトル	名称	発表年月
1					

2. 分科会公開資料

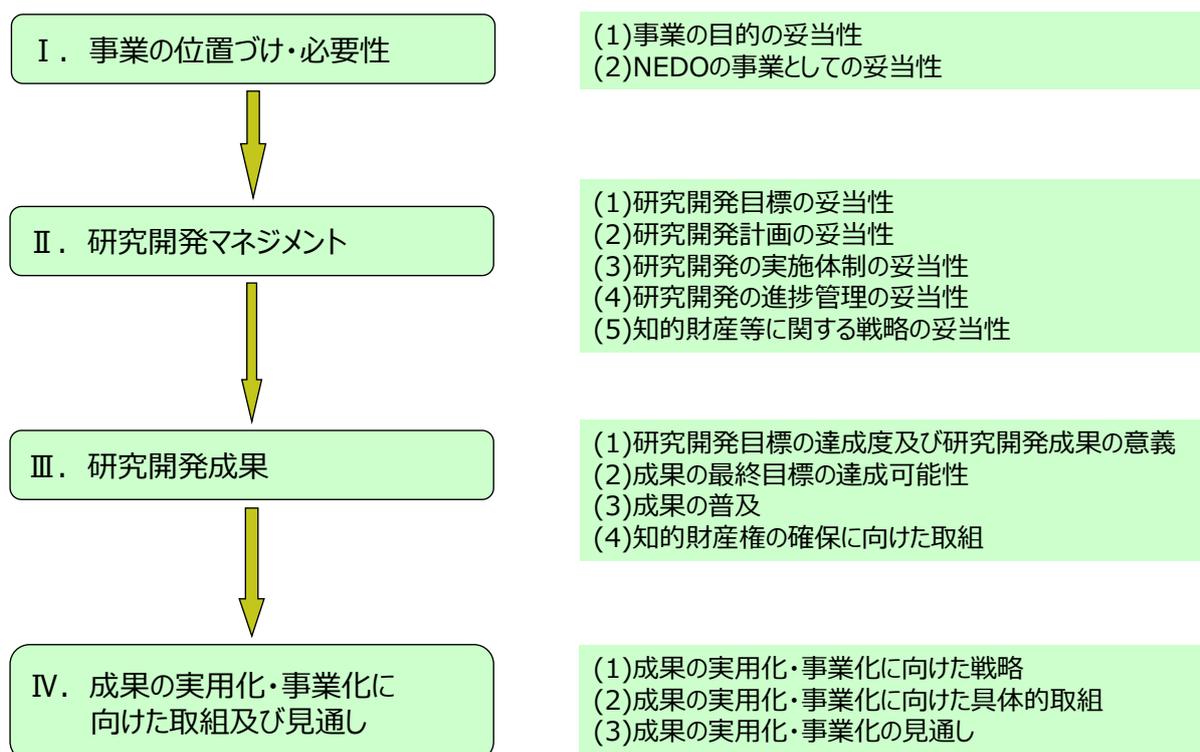
次ページより、プロジェクト推進部署・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

「再生可能エネルギー熱利用にかかる コスト低減技術開発」 (中間評価) (2019~2023年度 5年間) プロジェクトの概要 (公開)

NEDO
新エネルギー部
2021年9月3日

発表内容

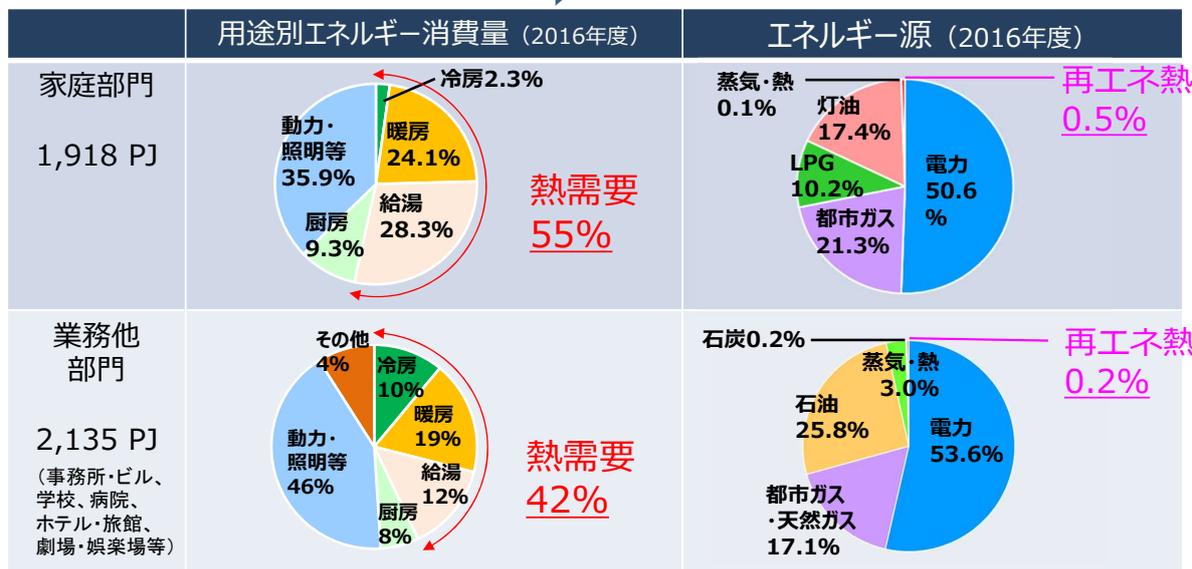
1



◆事業実施の背景と事業の目的

○熱の直接利用は変換ロスが小さく、エネルギーの有効活用に繋がる。

熱需要は大きい が、しかし 再エネ熱の利用割合は小さい



出典：エネルギー白書 (2018)

出典：エネルギー需給実績 (2016年度)

再エネの利用拡大には電力だけではなく熱の利用も重要

◆政策的位置付け

■長期エネルギー需給見通し(2015年7月)

- 多様なエネルギー源の活用 再生可能エネルギー熱を含む熱利用の面的な拡大など地産地消の取組を推進する。
- 2030年までの再生可能エネルギー熱利用の導入見通し・・・**1,341万kL**

■第5次エネルギー基本計画(2018年7月)

- 我が国のエネルギー消費の現状においては、熱利用を中心とした非電力での用途が過半数を占めており、エネルギー利用効率を高めるためには、熱をより効率的に利用することが重要であり、そのための取組を強化することが必要になっている。
- 再生可能エネルギー熱をより効果的に活用していくことも、エネルギー需給構造をより効率化する上で効果的な取組となると考えられる。
- こうした熱源がこれまで十分に活用されてこなかった背景には、利用するための設備導入コストが依然として高いという理由だけでなく、設備の供給力に比して地域における熱需要が少ないなど、需要と供給が必ずしも一致せず事業の採算が取れないことや、認知度が低く、こうした熱エネルギーの供給を担う事業者が十分に育っていないことも大きな要因であり、こうした熱が賦存する地域の特性を活かした利用の取組を進めていくことが重要である。

◆再エネ熱の親和性

■ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2020年12月)

・⑫住宅・建築物産業：【今後の取組】新たなZEH・ZEBの創出および規制活用

評価制度の確立を通じた省エネ住宅・建築物の長寿命化の推進

・⑭ライフスタイル関連産業：【今後の取組】普及のためのコスト低減、実証にとどまらないビジネスの確立

ZEH・ZEB、需要側機器、地域の再生可能エネルギー、EV/FCV等を組合せ、最適化するための多種多様な機器等を自律制御や遠隔制御する手法の確立や市場形成。需要近接型再エネ電気・熱の技術の実証・社会実装、普及を図る。

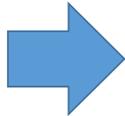
【出典】資源エネルギー庁

■ 地域レジリエンス・脱炭素化を同時実現する避難施設等への自立・分散型エネルギー設備等導入推進事業(2021年)

昨今の災害リスクの増大に伴い、災害・停電時の避難施設等へのエネルギー供給等が可能な再エネ設備等を整備し、併せて避難施設等への高機能換気設備の導入の推進や感染症対策を踏まえた地域の防災体制構築を推進することにより、地域のレジリエンス（災害や感染症に対する強靱性の向上）と脱炭素化を同時実現する地域づくりを推進。

【出典】環境省

再エネ熱の役割



- ・再エネ熱のZEB・ZEHへの導入（現在は省エネとして）
- ・再エネ熱利用の大規模化：地方創生、地域レジリエンス、地域熱供給

◆技術戦略上の位置付け(2014.12 エネルギー関係技術開発ロードマップ)

13. 再生可能エネルギー熱利用

当該技術を必要とする背景	当該技術の概要及び我が国の技術開発の動向	導入に当たっての制度的制約等の社会的課題
<ul style="list-style-type: none"> ○エネルギー消費に占める冷暖房、給湯等の熱需要の割合は、業務部門で43%、家庭部門で57%と大きい。 ○再生可能エネルギー熱は、再生可能エネルギー電気と並んで重要な地域性の高いエネルギーである。需要と結びつけることにより、経済性も踏まえ効果的に活用することが重要。 ○しかし、熱利用設備はイニシャルコストやランニングコストが高く、低コスト化、高効率化に向けた技術開発が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ○地中熱利用では、我が国の地盤に適合した掘削手法・技術、熱交換器等の開発により導入コスト削減を目指すと共に、構成要素を統合したシステムの最適設計技術開発により運用コスト削減を目指す。 ○雪氷熱利用では、断熱・採熱などの要素技術及び、都市除排雪利用技術等の開発によりコスト削減を目指す。 ○太陽熱利用では、太陽熱冷暖房システムについては技術的にはほぼ確立されているが、更なるコスト低減のための高効率化が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ○熱エネルギーは送電可能な電気と異なり、需要と供給が地理的に近接していることが必要。 ○熱利用システムの標準化やシステムインテグレータを担う人材の育成の推進。 ○熱の計量方法の確立と、環境価値を経済価値として取引可能なグリーン熱証書制度の普及推進。 ○普及のための認知度向上。

技術ロードマップ



備考(海外動向、他の機関における取組)

- 地中熱ヒートポンプは、熱需要が潤沢な北欧を中心に家庭用・業務用の暖房市場において一定のシェアを持つ。
- 欧米の地盤は日本より掘削しやすく、地中熱システム設置は日本より安価に導入可能である。

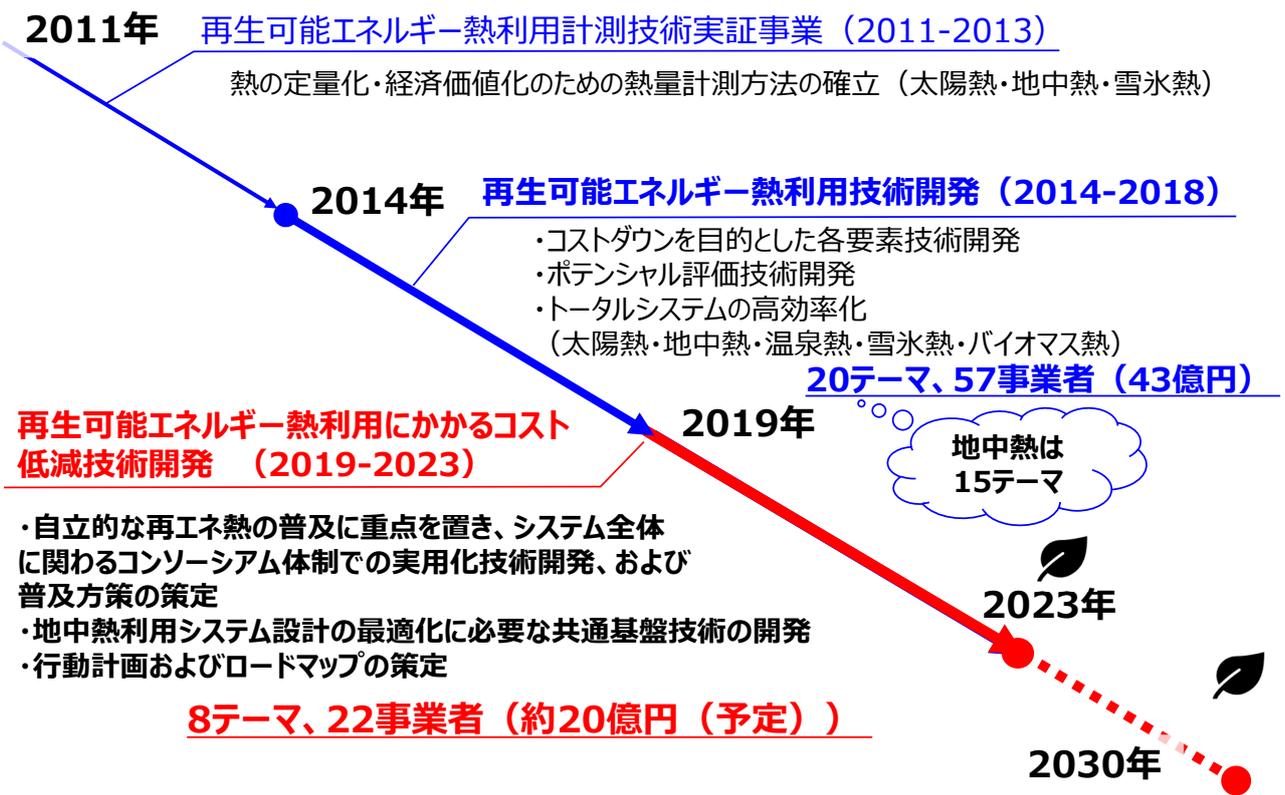
○海外における再エネ熱関連のロードマップ策定状況

海外では、再エネ熱の具体的な数値目標を提示。

国名	名称	公表時期	数値目標および策定概要
米国	Geo Vision Roadmap	2019	①地中熱ヒートポンプシステムの設計及び設置の標準化 ②地域冷暖房システムの市場導入拡大 ③地中熱の経済性を向上する条件の特定 ④ヒートポンプの熱交換メカニズム、システム設計の改善
ドイツ	Innovations for the energy transition, 7.Energy research program	2018	地中熱を利用した冷暖房設備の拡大が将来のエネルギー供給にとって不可欠な戦略的目標
オランダ	Master Plan Geothermal Energy in the Netherlands	2018	熱セクターにおいて2030年までに2千万tCO ₂ 、2050年までにさらに3.6千万tCO ₂ の削減が必要 イノベーションが必要な分野：地中熱と他熱源の連携や蓄熱利用（帯水層蓄熱；ATESなど）
オーストリア	Mission 2030 Austrian Climate and Energy Strategy	2018	冷暖房需要の削減および化石燃料による暖房の再エネへの転換が必要。 →高効率地域熱供給、建築規則の変更 2030年までに200万tCO ₂ 削減（2016年比） 2045年頃までにはさらに150万tCO ₂ 削減
フランス	Geothermal energy Strategic Roadmap	2011	2020年までに再エネ熱を1千万石油換算トン増加（2006年比）

(出典) 「海外における再生可能エネルギー熱利用のロードマップおよび共通基盤技術に係る調査」(NEDO, 2020年) を基に作成

◆技術戦略上の位置付け



◆ 国内外の研究開発の動向と比較

海外における技術開発動向一覧 (地中熱)

海外でもコスト削減の可能性やシステム効率の改善を研究

※赤字はNEDO事業でも実施した技術開発

分類	ターゲット要素	米国	欧州
要素技術	地中熱交換器	高効率地中熱交換器の実証	熱交換効率の高い形状検討・試作・実証 熱伝導率の高い材質の検討
	掘削	-	最適なドリルヘッド、制御技術、自動化技術の開発
	地中熱用ヒートポンプ	-	温暖地域で高COPが実現可能な機器 水・空気デュアル熱源ヒートポンプ
	グラウト材	-	熱伝導率特性向上のための新規添加剤 蓄熱効果のある相転移物質の検討
	循環ポンプ	運用方法の最適化による消費電力削減	-
システム全体	システム	地中熱ヒートポンプシステムの経済性を横断的に評価可能な評価手法の確立	プラグアンドプレイで動作可能なシステム 他の熱源との統合制御
	熱拡散解析	-	熱交換器に応じた熱拡散のシミュレーション
	季節間蓄熱	-	既存井を活用した季節間蓄熱 季節蓄熱の新規材料検討
	その他	周辺機器を含めた運用方法最適化	温暖地域での高効率システム

(出典) 「再生可能エネルギー熱利用システムの普及に向けた技術開発に関する調査」 (NEDO, 2018年1月) に加筆

◆ 国内技術の優位性

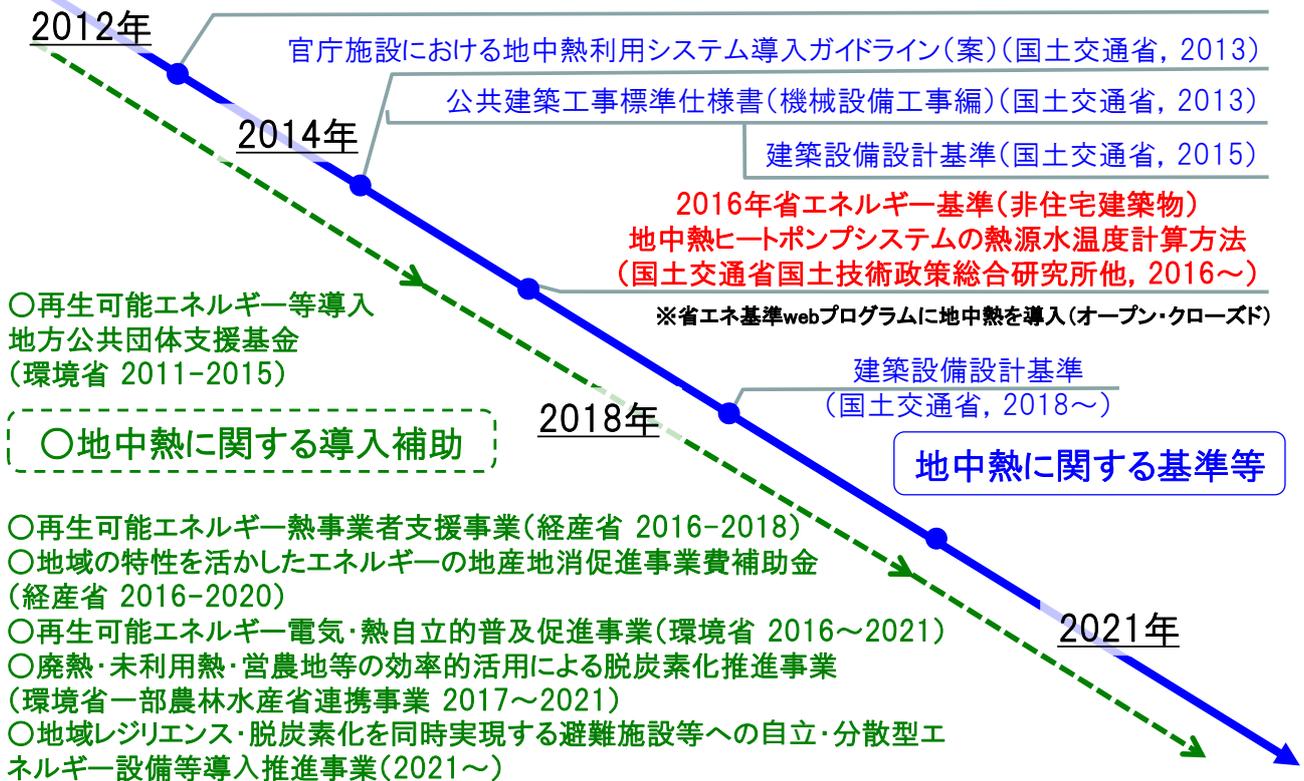
分類	要素	強み
要素技術	機器	少数であるが、地中熱交換器、ヒートポンプ機器共に国内で生産・販売。
	制御	海外に比べ、他機器との連動や細やかな制御が可能。
	掘削	NEDO事業で地中熱交換井専用の掘削機を開発 (自動化、コンパクト化など)。
	設計	地域や地質条件に応じて様々な熱交換方式*が採用可能。地域によっては適地マップも存在。
地域条件	地下条件	国内には様々な地下条件 (地質、地下水) が存在しており、地域・場所に適した効果的な地中熱が利用可能。
	気候条件	寒冷地: 暖房過多であり、有効。融雪にも適用可能。 温暖地: 冷暖房に加え、給湯利用に適用可能。

*クローズド方式: ボアホール、基礎杭、水平型、シート状、土留壁等
オープンループ方式: 揚水・還元型、帯水層蓄熱 (ATES)、タンク式等

- ・ 国産の機器設備で地中熱の導入が可能。
- ・ 国内の地域・地下条件を活かし、場所に応じた効果的な地中熱を導入可能。

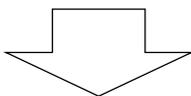
◆地中熱における国内の基準、導入補助等

「地中熱利用にあたってのガイドライン」(環境省 水・大気環境局, 2012, 2015, 2018)



◆NEDOが関与する意義

課題	内容
社会的課題	<p>・カーボンニュートラルの実現には再生可能エネルギー電力だけでなく、熱も必要。</p> <p>⇒一次エネルギー供給構造の改善に貢献。エネルギー安全保障の確保</p> <p>・ZEB/ZEHの実現には、熱需要に対する高効率な設備導入が不可欠。</p> <p>⇒地域や建物条件に応じたシステムの導入を考慮。</p>
研究開発課題	<p>・システムの低コスト化、高効率化のための各機器単体開発では限界</p> <p>⇒企業単独では開発リスクが高い。</p> <p>⇒上流から下流までが一体となったシステム全体の開発が必要。</p> <p>⇒高度化 = 低コスト化のためには大学や研究機関の関与が必要。</p>



N E D O が も つ こ れ ま で の 知 識 、 実 績 を 活 か し て 推 進 す べ き 事 業

◆実施の効果 (費用対効果)

2030年度までの再エネ熱導入量 = **1,341万kL** (原油換算) = **520PJ**
太陽熱 (55万kL) と地中熱 (134万kL : 全体の1/10と仮定) の導入量
= **189万kL**

プロジェクト費用の総額 **20億円**

市場規模予測(2030年) **2,680億円/年**

(太陽熱 : 227億円、地中熱 : 2,453億円)

※都道府県別の熱需要 (冷房・暖房・給湯別、住宅・業務用建物別) から将来人口推移、住宅断熱性能等を想定し、試算。

◆事業の目標

○低炭素社会、更には脱炭素社会の実現に資する再生可能エネルギー熱利用の普及拡大を目指すべく、地域偏在性がなく安定した再生可能エネルギー熱源として、地中熱、太陽熱等について、コストダウンに資する高効率機器の開発や、蓄熱や複数熱源を組み合わせたシステムの実用化技術の確立、共通基盤技術開発、評価及び定量化技術の高機能化をZEB等への適用も視野において実現する。

○トータルコスト低減を達成するために必要な取組みを要素別に具体的に特定し、業界団体やユーザーとの連携による成果の普及方策に取り組む。

- (1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発【助成】
- (2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発【助成】
- (3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発【委託】

- 再エネ熱は異業種にまたがる技術から構成されるため、コスト競争力のあるシステムの普及拡大には、**システム導入に関わる上流から下流までのプレーヤー間や業界団体、地域との連携を図ることが効果的。**
- ZEB等への適用も視野において、上流から下流までを集めたコンソーシアム体制を構築し、自立的な再エネ熱利用の普及に重点を置いた研究開発を推進、及び**普及方策を行動計画**として策定する。

※【エネルギー基本計画】・・・「建築物については、2030年までに新築建築物の平均でZEBを実現することを目指す。また、住宅については、2030年までに新築住宅の平均でZEHの実現を目指す。」



◇海外の共通基盤技術（再エネ熱）にかかる動向

(出典) 海外における再生可能エネルギー熱利用のロードマップおよび共通基盤技術に係る調査 (2019)

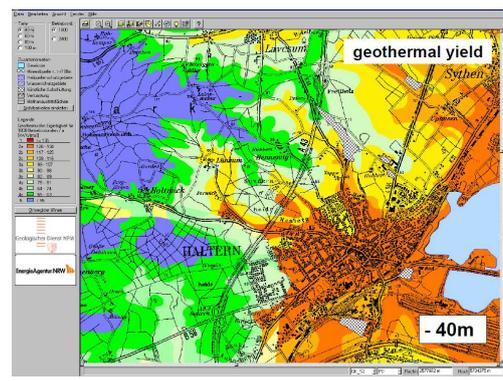
2019年度調査内容

- 再生可能エネルギー熱に関する技術**ロードマップの策定状況**および導入普及状況
- 技術ロードマップの一要素となる**共通基盤技術**に焦点を当て、整備状況や活用実態等に関する**情報収集**

対象国：ドイツ、スイス、フランス、EU地中熱利用団体
 方法：アンケート&ヒアリング
 内容：政策、ポテンシャルマップ、設計ツールの実態、効果等

結果

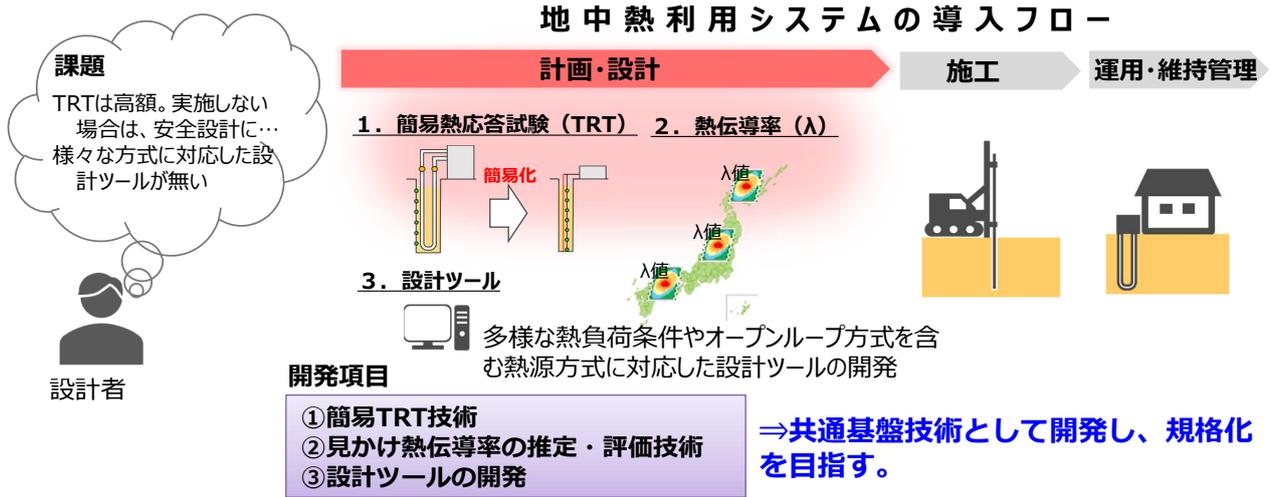
- 普及が進む各国にて導入の一助となるツールが整備、活用されていることを確認。
- 特にドイツではポテンシャルマップが充実（地中熱に関する地下データが豊富）しており、マップの整備により普及が促進された（ヒアリング結果）。
- ポテンシャルマップには**規制**（掘削可・不可）や**導入実績**、導入促進（**広報**）など、様々な目的の下で作成。
- 地質データや地中熱データの保有、アップデートは国や州（地質研究所等）で管理されているものが多い。



ドイツNRW州の熱交換効率を示すマップ

◆国内における共通基盤技術の必要性

- 地中熱交換器の設計（本数と長さ）を適切に行うためには、地中の熱交換効率に関わる見かけ熱伝導率を測定するための試験（TRT：熱応答試験）を行う必要があるが、TRTは高額な掘削調査を行う必要があるため、設備規模の小さい家庭用等では実施することが困難。
- 従来よりも簡易なTRT手法やTRTに代わる指標として、見かけ熱伝導率を推定する技術の開発を行うことにより、簡易で適正な導入・設計方法を確認し、地中熱利用システムの導入普及を促進する。併せて様々な条件に対応した設計ツールの開発を行う。



◆研究開発目標

- (1) 地中熱利用システムの低コスト化技術開発【助成】
- (2) 太陽熱等利用システムの高度化技術開発【助成】
- (3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発【委託】

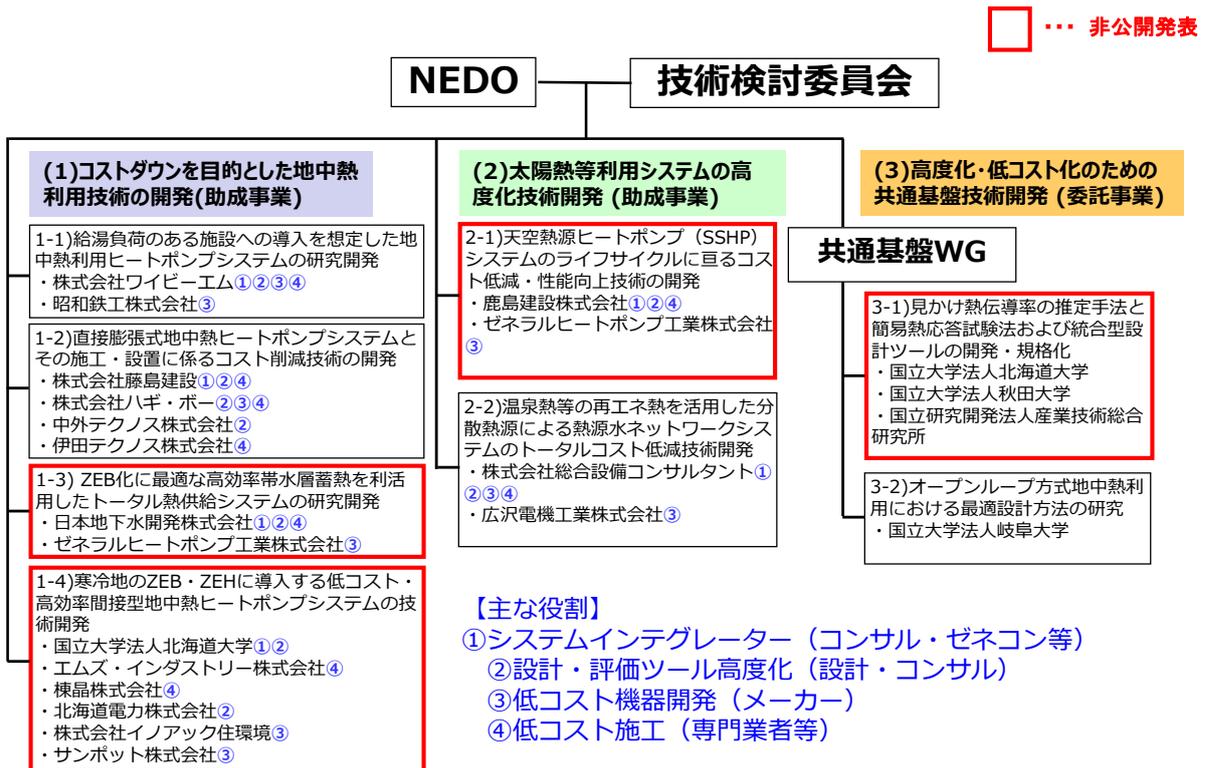
開発項目	研究開発目標	中間目標
(1)	・2023年度までにシステムのトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14年以下）	2023年度までの可能な限り早期にトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14年以下）させる可能性を実験等で示す。
(2)	・2030年までにトータルコストを30%以上低減（投資回収年数8年以下）するための道筋及び具体的取り組み（普及方策）を行動計画としてまとめる。	
(3)	・設計時に利用する見かけ熱伝導率(λ)を0.5W/(m・K)以下の間隔で推定可能な評価技術を開発し、有効性を地質水文環境の異なる3か所以上で検証する。 ・簡易TRT技術は、試験方法を簡易化し実用レベルに達していることを実証する。 ・多様な熱負荷条件やオープンループ方式を含む熱源方式に対応した設計ツールを開発する。	共通基盤技術開発における推定・評価技術、設計ツールについては、事業者が設定する開発目標の妥当性を外部有識者にて審議し、妥当であるとの評価を得る。

◆研究開発のスケジュール／プロジェクト費用

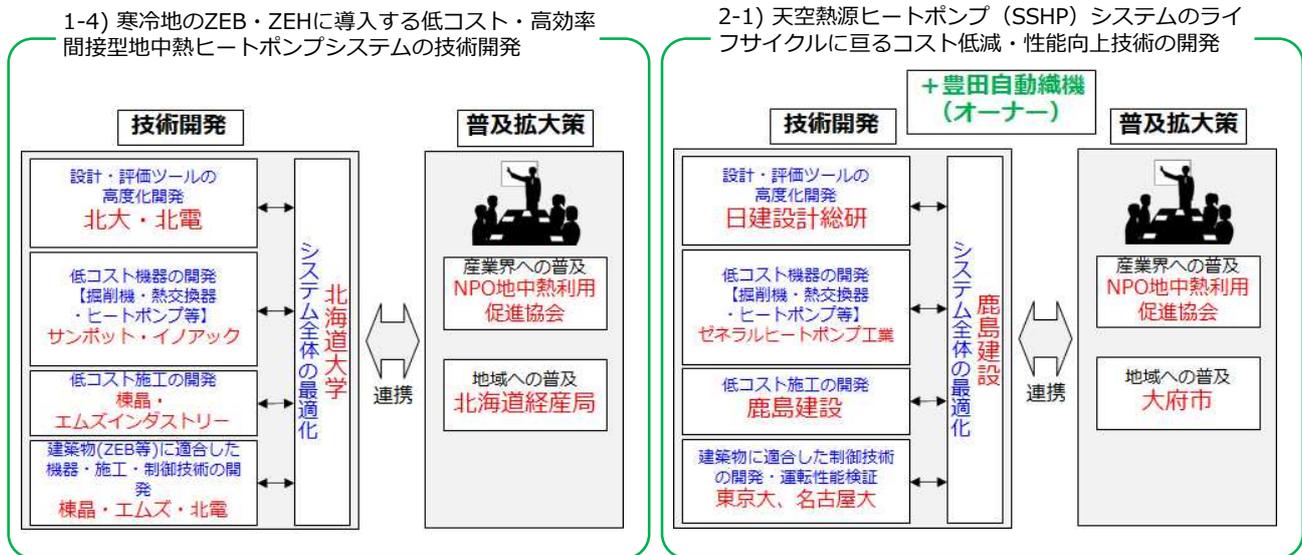
	2019	2020	2021	(2022)	(2023)	計
(1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発【助成】	設計・試作		実証・改良		実用化開発	
	普及方策 (NEDO, 業界団体, 実施者等)					
(2)太陽熱等利用システムの高度化技術開発【助成】	要素技術開発・設計・試作		実証・改良		実用化開発	
事業規模【助成】	1.4	7.0	5.4	(6.0)	(3.6)	(23.4)
(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発【委託】	設計・試作		検証・改良		技術確立・検証	
事業規模【委託】	—	1.8	1.8	(2.0)	(1.6)	(7.2)
調査委託	0.4	0.4	0.4	(0.4)	(0.4)	(2.0)
事業評価	★ 中間評価					
実績・予定 (億円)	1.1	4.7	4.9	(5.5)	(3.8)	(20.0)

※実績額は前年度からの繰越しを含む。
 ※【助成】事業は総額を提示。NEDO負担額は1/2

◆研究開発の実施体制



◆研究開発の実施体制（コンソーシアムの例）



- ・委託先（大学等）を含めたコンソーシアム体制で、それぞれの事業者が役割を担った上で実施。
- ・実証先の施主も積極的に参加。

◆研究開発の進捗管理

- ① 外部有識者で構成する**技術検討委員会**を組織し、定期的に技術評価、助言を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努めている。（1回／年）
- ② 共通基盤技術開発（委託）については成果の統一を目的としていることから、「**共通基盤技術ワーキンググループ**」を別途設置。事業者間の情報共有の機会を設け、効率的な研究開発を促すこととしている。また、本研究開発項目にかかる有識者による事業の進捗や方向性について把握し、助言している。（2～3回／年、現地確認含む）
- ③ 事業者間検討会の設置により、テーマ間でのフィールドデータ共有による、効率的な研究開発を実施。（委託事業：設計ツールの開発）
- ④ 学会、セミナー等でNEDO事業や取組みを紹介。情報交換により業界からの意見収集、ネットワークの拡大
- ⑤ロードマップ策定の一環として、他省の再エネ熱に関する成果や取組み等を把握し、相互理解を深めることを目的に、**環境省（水・大気環境局）**との意見交換会を実施。

◆知的財産管理

▶ 知的財産運営委員会の設置

・コンソーシアム内はもとより、委託先－再委託先（共同研究先）間で知財運営委員会を組織。

▶ データマネジメントプランの運用

・検証を行うためのデータは各事業者で作成したデータマネジメントプランにて管理【委託】

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

【中間評価時点】

○達成、△達成見込み、×未達

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発	2023年度までの可能な限り早期にトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14年以下）させる 可能性を実験等で示す 。	①地中熱交換器の実証試験、掘削機の開発を実施中。給湯用ヒートポンプは基礎試験機の製作完了。 ②直膨式HP試作機の完成。小口径ボアホールへの地中熱交換器適用確認。 ③ZEB実証施設へのトータル熱供給システムの導入設計・構築完了。 ④ZEB/ZEH設計手法の確立。実証試験によりトータルコスト20%以上の削減の見通しを付けた。	①⇒△ (22年3月達成予定) ②③④⇒○	①21年度中に各要素機器の開発が完了し、トータルコスト20%削減の目標値達成の目途を付ける予定。 (地中熱交換器の実証試験、ヒートポンプ試作機の試験等) ②③④目標達成
(2)太陽熱等利用システムの高度化技術開発		①熱応答試験により設計完了。実証機含めて実証施設への導入完了。最適運転制御はシミュレーションにて高精度で再現済。 ②複数地点にて開発する計測ユニットを用い計測を実施。低コスト温泉排湯用熱交換器の設計完了。	①⇒○ ②⇒△ (21年10月達成予定)	①目標達成 ②複数地点における計測ユニットモジュールの不具合解消・検証を経て、計測方法の確立を目指す。

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

【中間評価時点】

○達成、△達成見込み、×未達

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発	共通基盤技術開発における推定・評価技術、設計ツールについては、事業者が設定する開発目標の 妥当性を外部有識者にて審議し、妥当であるとの評価を得る。	① ・見かけ熱伝導率の推定値の検証 ・簡易TRT手法の数値シミュレーションによる検証 ・設計ツールにかかるオープンループ方式の計算手法完成 ②オープンループ方式に対応したLCEMモジュールのプロトタイプを作成完了。	①②⇒△ (21年9月達成予定)	① ・各推定手法の適用条件の整理、実用化可能性の検討 ・TRT装置製作後、実試験結果での検証 ・設計ツール拡張のための計算手法開発に着手、他ツールとの連携方法検討。 ②実測データを用いた検証を通して課題を抽出し、問題点の解決を図る。 ※①②9月1日実施のWGにて外部有識者にて審議の予定。

◆ 各個別テーマの成果と意義

○高効率帯水層蓄熱システムについて、NEDO「ニュースリリース」を公開（2021年7月）。【日本地下水開発（株）】

国内初、高効率帯水層蓄熱システムのZEB適応性を検証

—地下水熱エネルギーの有効活用により、建物のエネルギー収支ゼロを目指す—

→帯水層蓄熱システムがZEBにおいても有効であることを今後検証する。

○新規TRTの開発に伴い、大深度ボアホールを設置。国内の地質の異なる数カ所にて実施することで今後の実用化に期待。【北海道大学（委託）】

※国内では一般的にボアホールの掘削深度は100m。昨今、欧州では大深度化による大規模熱供給システムが注目されている。

○大学が有するAI等の活用により、ロバストでシステム全体のエネルギー消費量を最小化する再エネ熱利用システムの最適運転制御手法を開発。検証には大学のモックアップ実験設備の計測データを活用。【鹿島建設－東京大学】

○熱源水ネットワークシステムの導入評価は簡易＋短時間での検討が望まれるため、大学にて定常計算による簡易検討と非定常モデルでの詳細検討の精度比較を行い、定常計算における必要条件と計算手法を提示。導入検討支援ツールにフィードバック。【総合設備コンサルタント－大阪市立大学】

◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	達成見通し
(1)	<p>①各要素技術開発が順調であり、最適な地中熱システムの開発により目標達成可能。</p> <p>②低コスト機器の開発が完了し、今後コスト試算を進める。低コスト施工法は今後実証を進めることにより達成可能。</p> <p>③トータル熱供給システムでは、給湯での太陽熱利用により更なる高効率稼働が見込まれ、達成可能。</p> <p>④導入物件の地中熱ヒートポンプシステムの実測を行い、運転の検証が完了すれば目的は達成できる。</p>
(2)	<p>①ヒートポンプを中心とした構成機器の低コスト化に目途がついており、今後実建物の運転データの収集・検証により達成可能。</p> <p>②熱売買制御システムは低コスト化検討に着手しており、シミュレーションモデル構築後、データ検証を実施。また、実測対象施設の現場調査を行い、計測ユニットの改良により達成見込み。</p>
(3)	<p>①各推定手法の要素技術開発（数値TRT、地形AI解析等）や検証データ取得が計画通り進捗しており、目標達成見込み。実証データとの検証を踏まえ、ツールとして完成見込み。</p> <p>②設計者が簡易に、地中熱ヒートポンプやその他の熱源を含む全ての空調熱源のトータルシステムツールを開発する目標に対し、今後実測データを用いた検証が必要だが、課題を既に抽出しており、達成の見通しは高い。</p>

◆成果の普及

	2019年度	2020年度	2021年度	計
特許出願	0	2	0	2
論文	0	4	1	5
研究発表・講演	6	22	21	49
新聞・雑誌等への掲載	4	14	6	24
展示会への出展	1	3	1	5

※2021年7月31日現在

◆成果の普及 (NEDO)

○学会、セミナー等での講演、雑誌掲載や学会誌の寄稿において、プロジェクトの内容やNEDOの再エネ熱に関する取組みを紹介。

- 2019.11 全国地中熱フォーラム2019 (NPO地中熱利用促進協会)
- 2019.11 地熱発電・熱水活用研究会 (エンジニアリング協会)
- 2020.01 ENEX2020地中熱セミナー (NPO地中熱利用促進協会)
- 2020.02 みやぎ地中熱利用研究会 (宮城県)
- 2020.02 バイオマスワークショップ (NEDO)
- 2020.09 業界誌「地球温暖化」特集：再エネ熱利用のすすめ (日報ビジネス)
- 2020.09 再生可能エネルギー熱利用の最前線 (日本冷凍空調学会)
- 2020.09 化学工学会秋季大会招待講演 (化学工学会)
- 2020.11 日本地熱学会仙台大会 (日本地熱学会)
- 2021.01 学会誌「伝熱」寄稿 (日本伝熱学会)
- 2021.09 空気調和・衛生工学会公開講演会 (空衛学会)
- 2021.10 持続可能な社会を目指した建築設備 (日本冷凍空調学会)

○NEDO再エネ熱パンフレットの制作 (2021年3月)



◆成果の普及 (NEDO→事業者)

●2020年度成果報告会の開催 (2021年3月～6月)

成果・進捗内容をNEDOのWebサイトにて公開。

●(一財)ヒートポンプ・蓄熱センター研究発表会への参加 (2021年7月2日)

助成事業を対象に研究発表の機会を設け、大学や企業へ進捗状況や成果をアピール。

●再生可能エネルギー世界展示会&フォーラム (ENEX2021) に出展予定 (2022年1月26～28日)

本技術開発プロジェクトに関するセミナーを実施し、参加者とのビジネスマッチングを図るねらい。

●広報誌「Focus NEDO」(2021年12月予定)

事業者の研究開発状況取材。施主を交えたインタビューを実施。

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

「実用化」とは、当該事業で開発した再生可能エネルギー熱利用に係る技術（製品、ポテンシャルマップ、設計ツール、工法、システム全体等）が市場に出る状態までに至った段階（試作品が完成）をいう。

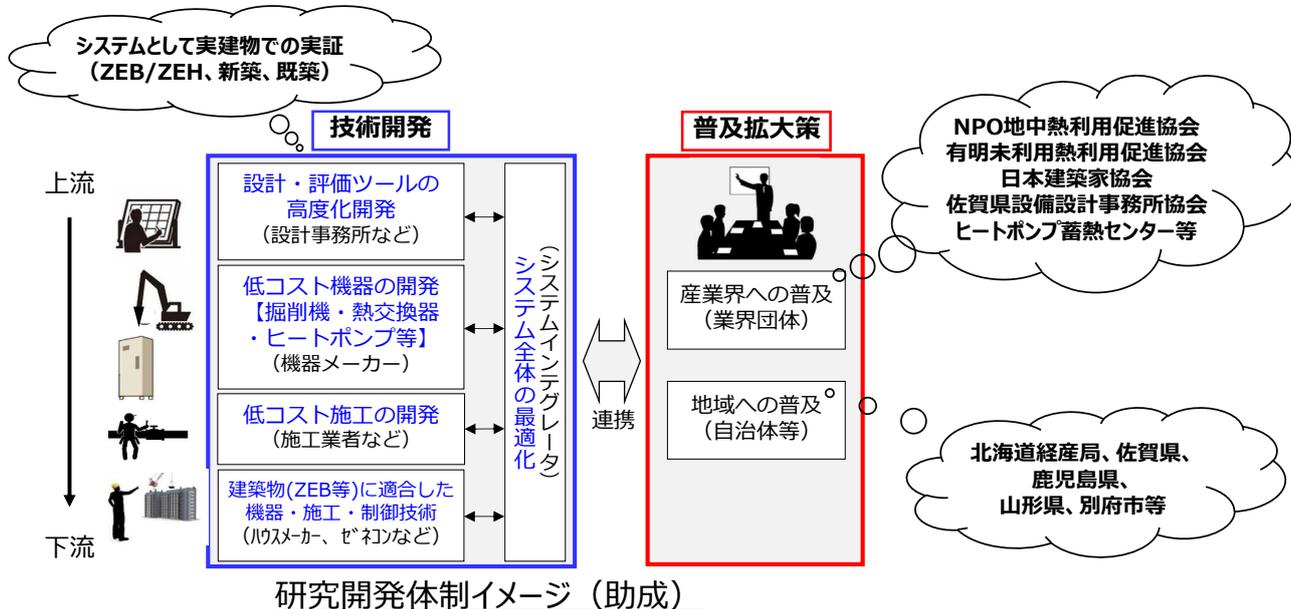
「事業化」とは、再生可能エネルギー熱利用に係る商品、製品、工法、およびそれらを含むシステム等の販売や導入により、企業活動（売り上げ等）に貢献することをいう。

※特に助成事業については、開発期間終了後すぐに「事業化」することを意識しながら開発を進めている。

※委託事業は大学・研究機関を対象としているため、「実用化」・規格化を目指す。

◆実用化・事業化に向けた戦略

- 技術開発終了後、事業化に向けた**普及方策を行動計画としてまとめる**ため、業界団体や自治体等が関与した体制で委員会を開催。各地域に応じた課題等を抽出。
- 各事業者は事業開始当初より**「企業化計画書」**を作成。事業化の見通し（販売予定先、スケジュール、売上等）をコミットした計画書として位置づけ。



◆成果の実用化・事業化に向けた具体的取組、見通し**(1) (2) 再エネ熱の低コスト化技術開発 (助成)**

- ・高効率機器の開発、施工期間短縮に資する施工技術の開発、再エネ熱システムの最適化技術の開発、評価・定量化技術の高機能化開発等により、トータルコストは大きく低減できる見込み。
- ・地中熱利用システムのZEB・ZEH導入実証により、双方の普及拡大への貢献を期待。

(3) 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発 (委託)

- ・省エネ基準のWebプログラムへの認定(規格化)を目指す、みかけ熱伝導率推定手法や簡易TRT手法の開発は、基準書作成や解析技術の提供を予定。
- ・統合型設計ツールの開発により、様々な熱源方式に対応する設計が可能。設計ツールは無償公開とし、設計者の人材育成に寄与。

◆普及拡大策

○自治体や業界団体と連携して委員会の場を設け、再生可能エネルギー熱の概要や成果の報告を通じて、地域への普及拡大や再エネ熱に関する認知度向上を図る。

- 事業前半：委員会内での情報交換・意識共有がメイン
- 事業後半：行動計画策定に向けた議論を開始予定

○事業化のターゲットを扱う特定の業界団体に向けての提案やセミナーの実施。

例) 給湯負荷の高い高齢者住宅、寒冷地建物、ZEB・ZEH建物

○研究開発を通じて“ZEBプランナー”の認定登録。今後のニーズに対応。

○本設鋼管杭利用工法(地中熱キャップ工法)は、(一財)日本建築総合試験所の建築技術性能証明を取得。杭の付加価値をアピールできる工法として全国の鋼管杭施工業者への事業を展開。

◆波及効果

○プロジェクト全体

再生可能エネルギー熱を用いたシステムを構築することにより、**エネルギー・CO2排出量の削減**（2030年・2050年目標への寄与）、環境への社会貢献（事業者のSDGs目標やCSRへの寄与）、**ZEB・ZEH達成**への貢献（グリーン成長戦略への寄与）が期待される。

・省人化による掘削コストの低減、設計の最適化、ヒートポンプシステムの技術開発等によるトータルコスト低減は市場拡大のみならず、**認知度向上**が見込まれる。

・システム全体のパッケージ化促進やシステムインテグレーターの育成が進むことにより**コスト競争力が強化**される。

・地域特有の熱源である温泉熱利用は、**エネルギーの地産地消による地域のエネルギー関連産業の発展を通じた地域活性化**（雇用創出含む）が期待される。

・地中熱利用システムに関する情報をデータベース化することにより、地中熱分野の研究者、技術者など**若手育成**を図る。

参考資料 1 分科会議事録及び書面による質疑応答

研究評価委員会
「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」(中間評価)分科会
議事録及び書面による質疑応答

日 時：2021年9月3日(金) 13:00～17:35

場 所：NEDO(川崎) 2301-2302 会議室(オンラインあり)

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員> (オンライン出席)

分科会長	齋藤 潔	早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科 教授
分科会長代理	香川 澄	防衛大学校 システム工学群機械システム工学科 教授
委員	田中 いずみ	デンマーク王国大使館 エネルギー・環境分野担当 上席商務官
委員	坂東 和郎	株式会社興和 水工部 執行役員 水工部長
委員	安田 健一	株式会社三菱地所設計 R&D推進部 執行役員 R&D推進部長

<推進部署>

小浦 克之	NEDO 新エネルギー部 部長
月舘 実	NEDO 新エネルギー部 統括主幹
谷口 聡子(PM)	NEDO 新エネルギー部 主査
津留崎 一洋	NEDO 新エネルギー部 主査
長谷川真美	NEDO 新エネルギー部 主査 (オンライン出席)
嵯峨山 巧	NEDO 新エネルギー部 主任

<実施者> (オンライン出席)

桂木 聖彦	日本地下水開発株式会社 専務取締役
山谷 睦	日本地下水開発株式会社 取締役営業本部企画開発部 部長
葛 隆生	北海道大学 准教授
塩谷 正樹	鹿島建設株式会社 専任部長
柴 芳郎	ゼネラルヒートポンプ工業株式会社 代表取締役
長野 克則	北海道大学 教授
内田 洋平	産業技術総合研究所 地中熱チーム長

<オブザーバー> (オンライン出席)

西永 慈郎	経済産業省資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー課 課長補佐
高谷 慎也	経済産業省産業技術環境局研究開発課 課長補佐
熊野 裕介	NEDO技術戦略研究センター 研究員

<評価事務局>

森嶋 誠治	NEDO 評価部 部長
佐倉 浩平	NEDO 評価部 専門調査員
塚越 郁夫	NEDO 評価部 専門調査員

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
2. 分科会の設置について
3. 分科会の公開について
4. 評価の実施方法について
5. プロジェクトの概要説明
 - 5.1 a) 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント
b) 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し
 - 5.2 質疑応答

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
 - 6.1 全体説明
 - 6.2 地中熱利用システムの低コスト化技術開発
 - a) ZEB 化に最適な高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システムの研究開発
 - b) 寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発
 - 6.3 太陽熱等利用システムの高度化技術開発
天空熱源ヒートポンプ (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発
 - 6.4 高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発
見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化
7. 全体を通しての質疑

(公開セッション)

8. まとめ・講評
9. 今後の予定
10. 閉会

議事内容

(公開セッション)

1. 開会、資料の確認
 - ・開会宣言 (評価事務局)
 - ・配布資料確認 (評価事務局)
2. 分科会の設置について
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1に基づき事務局より説明。
 - ・出席者の紹介 (評価事務局、推進部署)
3. 分科会の公開について
評価事務局より事前配布された資料説明及び質疑応答のとおりとし、議事録への公開・非公開部分についての確認を行った。

4. 評価の実施方法について

評価の手順を評価事務局より事前配布された資料のとおりとした。

5. プロジェクトの概要説明

5.1 a) 事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメント

推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

b) 研究開発成果、成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

引き続き推進部署より資料5に基づき説明が行われ、その内容に対し質疑応答が行われた。

5.2 質疑応答

【齋藤分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは、事前にやり取りをした質疑応答も踏まえ、ご意見・ご質問等をよろしく願います。

委員の皆様いかがでしょうか。

【田中委員】 質問よろしいでしょうか。

【齋藤分科会長】 よろしく願います。

【田中委員】 スライド4 ページの一番下にある「再エネ熱の役割」の部分、その2つ目に「再エネ熱利用の大規模化」と掲げられています。私の印象になりますが、どちらかという、まだ ZEB や ZEH というイメージのほうが多く、面的利用という観点がそう強くないように感じます。これは、現時点では、まずはもう少し小規模利用からというようなイメージなのでしょうか。

【NEDO 新エネ部_谷口 PM】 ありがとうございます。おっしゃるとおり、まだ国内で目に見えてきているのは ZEB・ZEH への導入というものかと思います。大規模化というのは少し大げさかもしれませんが、例えば、2つの建物を融通し合うような熱供給で再エネ熱が一部使われ始めるといったことが、都市部でも地方でも少しずつ増えてきている状況です。エネルギー基本計画の中にも、熱においては、そういった面的利用を推進するという記載があります。ですので、今までは排熱利用等が地域熱供給だったと思いますが、今ヨーロッパで進んでいるような再エネ熱を熱供給に適用するようなことも考えるべきものと思っています。

【齋藤分科会長】 ありがとうございます。そのほか、いかがでしょうか。

【安田委員】 三菱地所設計の安田です。よろしいでしょうか。

【齋藤分科会長】 よろしく願います。

【安田委員】 スライド16 ページで、行く行くは地中熱の効果をウェブプログラムに組み込んでいくという話がありました。ウェブプログラムで地中熱の効果がきちんと評価されるように組み込んでいただくと普及に本当に弾みがつくと思うのですが、大体の具体的なスケジュール、ベンチマーク、ロードマップというような目標はありますか。

【NEDO 新エネ部_谷口 PM】 ありがとうございます。なかなか簡単にはウェブプログラムに組み込むことにはいかないと思いますが、実は、昨年2020年度の段階で、どういった工程を踏めばウェブプログラムに組み入れられるのかという部分を国交省の建築研究所さんにご相談をし、いろいろと手はずを整えているところです。技術開発の面では、今参画していただいている事業者にそういった開発を進めてもらっているところですが、まずはこの研究期間内に技術資料のような形でまとめていただきます。恐らく事業化、つまりウェブプログラムに組み込むのはこの事業の終了後だと思いますが、少なくとも技術書の作成までは期間内に終わるようにと考えています。

【安田委員】 ありがとうございます。

【齋藤分科会長】 ありがとうございます。そのほか、いかがでしょうか。

【北大_長野】 すみません、オブザーバーからです。北大の長野ですが、一言よろしいでしょうか。

【齋藤分科会長】 どうぞ。

【北大_長野】 今、谷口さんから説明のあったウェブプログラムについてです。もう既にビル用に対しては地中熱利用システムの計算手法は組み込まれていますが、ミニマム・リクワイアメントといいますか、性能が非常に低い値で安全設計というような簡易計算手法で組み込まれています。このところを、今回の委託事業で開発する規格化した設計プログラムを組み入れていきたいという趣旨になります。以上です。

【齋藤分科会長】 ありがとうございます。よく分かりました。

そのほか、いかがでしょうか。

【坂東委員】 坂東です。よろしいでしょうか。

【齋藤分科会長】 どうぞ。よろしく願います。

【坂東委員】 同じくスライド16ページのところです。ドイツにおけるポテンシャルマップの成果が書かれています。例えば、日本においても、地域によってはもう随分とポテンシャルマップが整備されていますが、なかなか普及にっていないというのが現状だと思います。ドイツでうまくいっていることと日本における違いというのは、どういうところにあるのでしょうか。

【NEDO 新エネ部_谷口 PM】 ご質問ありがとうございます。おっしゃるとおり、徐々にですが国内でも場所によってはポテンシャルマップがあります。ただ、まだ精度が期待できるものではないといった現状も捉えています。ドイツに関しては、ポテンシャルマップが充実しているということで情報を得ているのですが、この特徴としては、ドイツの国研の地質研究所が全てデータを統括している。国内の情報全部を把握した上でポテンシャルマップをつくっているため、統一的な情報が整備されているといった結果を得ています。ですので、今回のNEDO事業においても、これまでのマップは幾つかあるのですが、しっかりとその辺りを洗い出して見直し、成果を統一したマップをつくっていききたい。そういった統一的なマップをつくる前の段階として、熱伝導率の推定技術を開発しようということで技術開発を進めている経緯になります。

【坂東委員】 分かりました。ありがとうございます。

【齋藤分科会長】 そのほか、いかがでしょうか。

【香川分科会長代理】 香川ですけれども、よろしいでしょうか。

【齋藤分科会長】 よろしく願います。

【香川分科会長代理】 相変わらず厳しいことを言ってしまうのですが、よろしいですか。

【NEDO 新エネ部_谷口 PM】 願います。

【香川分科会長代理】 このプロジェクトについて説明いただきましたが、目標は事業化だと思っています。もし間違えていたら、後で教えてください。NEDOとしては、今までの再エネを利用したシステムの性能向上を主に考えてきたと思います。それに付随して、コストという部分で聞きますが、今回はどちらを主に考えていますか。両方だと答えられてしまうとそれで終わってしまいますが、その辺について忌憚なきお話をいただきたいです。特に、冒頭で説明があったように、事業化を目指す上ではシステム化を今回注力していますというお話でした。ですので、どういうところに事業の鍵を、重みを置いているのか教えていただきたい。これが1つ目です。

2つ目は、事前質問でも上げましたが、最終目標値と中間評価における成果、この辺りの達成度を見させていただかないと、少し評価しにくいと感じたのが個人的な意見です。質問に対して追加資料をつくっていただきましたが、まだ分かりにくい。それというのは、中間評価で得られている大半が定量的ではなく定性的なもので、目標値を見ると定量的な値が書いてあります。2番目の質問として、中間評価の定性的な値をどうやって最終年度の目標に近づけるのかをお尋ねしたい。現状として、定性的に中間目標を達成ということで「○」印がつけられていますが、最終年度はどのようにまとめて

いくのか、もしよろしければ教えてください。

【NEDO 新エネ部_谷口 PM】 ありがとうございます。まず1つ目、このプロジェクトの性質の部分としてある性能の向上化、コストの低減化というところですが、再エネ熱というのはまだまだエネルギーとしては主流ではないところにありながら、コストが高いことにより普及していないというのが一番の課題だと考えています。再エネ熱というのは非常に幅広く、地中熱一つを取ってもいろいろな方式があり、場所によっても対象とするものが異なり、なかなか統一的な評価をするのが難しい。そういうところにありつつも、その場所での既存の技術からどれだけコスト低減をできるのかという部分で、定量的な目標値を定めています。もちろん、性能向上というものも研究開発としては大事な要素です。ただ、再エネ熱それぞれの個々の技術のコスト低減というのは限界が来ているかなというところもあります。システム全体として、何とかコスト低減のできる所を絞り出していこうということで、どちらも大事ではありますが、このプロジェクトとしては、タイトルのとおりコスト低減に重きを置き、目標に上げている次第です。

それから2つ目ですが、目標達成度の評価について大変厳しいコメントをいただきました。まさにおっしゃるとおりで、中間目標の時点では定性的なところにとどまっているような印象はあります。しかし、各テーマでトータルコスト20%を低減するために、それぞれの要素技術の低減率というものをしっかりと定め、それに向かって粛々と研究開発を事業者の皆様に行っていたいただいています。そのため、最終的には、この目標にあるとおり、トータルコスト20%低減、投資回収年数14年を目指し、NEDOとしては定量的に評価をしていくつもりです。

【香川分科会長代理】 ありがとうございます。最後におっしゃった定量的という部分をぜひよろしくお願いいたします。

【NEDO 新エネ部_谷口 PM】 ありがとうございます。

【齋藤分科会長】 ありがとうございます。そのほか、いかがでしょうか。大体皆さんからご意見を伺ったところですが、よろしいですか。

そうでしたら、どうもありがとうございました。おおよそ予定時間になりましたので、ここでセッション5.「プロジェクトの概要説明」を終了いたします。

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明

省略

7. 全体を通しての質疑

省略

(公開セッション)

8. まとめ・講評

【齋藤分科会長】 ここからは再び公開セッションになります。皆様の発言は、公開として議事録にも記録されるのでご注意ください。

それでは、議題8.「まとめ・講評」になります。順番は、スタート時にお伝えしたとおり、ご挨拶をいただいた際の逆からということで、安田委員、坂東委員、田中委員、香川分科会長代理、そして最後に私、という順で進めていきます。

それでは、安田委員よろしくお願ひします。

【安田委員】 安田から講評させていただきます。まず、地中熱利用の助成が4つありましたが、その中では、(4:26:32 水利用)と相性のよいフリークーリングや輻射空調、そういった組合せを検証するなど、再エネを活用しやすいシステムでの検証を進めているところが評価できると感じました。性能のよさなどが、シミュレーション等を活用することによって、設計時点で定量化できるようになれば、より普及につながると思います。太陽熱利用のところでは、熱源水を巡らせて、再エネ熱源のいいところ取りをするという着想は、再エネを熱として使うことに対して非常に的を射ていると思っており、今回の実証で目標とするようなデータがいろいろと得られれば、全国の工業団地などにもすぐにも適用できるのではないかという可能性を感じました。また、DHCについても、通常は冷水は冷熱は冷水、温熱は温水あるいは蒸気の供給をしているのですが、やはりカーボンニュートラルを目指し、効率のよさを追求する目的で、最近では冷熱としては高めの高温水を供給するといった事例が出始めています。そうしたところについては、熱源水を熱媒として供給するというのも実現する可能性を感じています。そして、基盤技術の部分ですが、最後のほうで、地盤については掘ってみないと分からないという話もありました。そうはいつでも、既にある何万本の井戸の情報から、それをデータベースにつくりまとめる試みや今後設計に使用できるツールの開発、それも建物と連成できるといったLCEMなどと組み合わせ使えるものを開発しているということで、今後の普及に大変期待できるものだと感じました。以上です。

【齋藤分科会長】 ありがとうございます。それでは、坂東委員よろしく申し上げます。

【坂東委員】 坂東です。一つずつコメントを述べていきます。まず、日本地下水開発さんですが、長年の蓄積データや実績に基づき、よく研究開発をされていると感じました。単なるATESではなく、実証建物のZEB化によって熱負荷を低く抑えた上で、高機能のヒートポンプの導入や熱出力をよく考えられた設計をされていることなど、いろいろと感心しています。一方で、香川先生から指摘のあったように、イニシャルコストの問題や点検コストの増加も気がかりですが、その点は、ぜひ産総研と共に取り組んだ適用マップを活用されて普及に努めていただければと思います。

そして、葛先生(北海道大学;助成)のご発表についてですが、北海道の建築の実情に合ったコンソーシアムを組み、各社の特徴を活かし、役割分担がよくできているものと感じました。ただ一つ、地中熱というのは10メートルより深いところの地中熱を使うというところが一つの売りでもあります。ですので、浅い地中熱利用で済むということの説明をしっかりとユーザー側にさせていただければ、より普及が進むように思います。

それから、塩谷さん(鹿島建設)のご発表についてですが、やはり地中熱だけでは熱収支が取れない場面がよくあります。そこで、天空のヒートポンプを使うということでニーズは多いように思います。また、それによって、地中熱交換器本数が半減ぐらいになったという部分もコストメリットが大きいと感じました。一方で、機器の高度化や複雑化によって、メーカー以外による点検整備ができなくなるという懸念もあります。点検費用の低減も含め、システムインテグレーターとして気に留めておいていただきながら、今後研究開発していただければと思います。

そして、長野先生(北海道大学;委託)のところですが、寒冷地における大深度化の狙いは非常に理にかなっていると私も感じます。ただ、施工業者サイドからすれば、施工性であるとかコスト削減において、まだまだ課題も多いと思うため、ぜひ引き続きご研究をされ、よい成果が出ることに期待します。それから簡易TRTですが、先生もお気づきのように、できれば簡易にできて普及するとよいと思いますので、その点についてもぜひ研究を進めていただけると助かります。どうぞよろしく申し上げます。以

上です。

【齋藤分科会長】 ありがとうございます。それでは、田中委員よろしく申し上げます。

【田中委員】 長い時間お疲れ様でした。安田さんのほうからも話に上がりましたが、システムでいろいろ考えていらっしゃるというのが本当によく理解できました。また、コストという感覚が、何をベースにするのかというのは確かに難しいことだと思いつつも、その意識を持ちながら取り組まれているということもすごく感じました。

私のほうからは、最初のほうでも申し上げた部分です。もちろん今システムとしても取り組まれていると思いますが、さらなる面的な利用ということにつながれば、さらにもっと再エネの熱利用が進むと思います。ですので、ぜひそれも視野に入れながら今後の技術開発に取り組んでいただきたいです。それが、再生可能熱というものがもっと市民権を得ることにもつながると思います。どうもありがとうございました。

【齋藤分科会長】 それでは、香川分科会長代理よろしく申し上げます。

【香川分科会長代理】 香川です。どうもお疲れ様でした。全般的にプロジェクトが進まれていることに感服いたしました。ただ、やはり最終的な目標は普及につなげていくことです。このプロジェクトのミッションは非常に大切に思いますので、ぜひ頑張って最終目標と最終評価までいっていただくことを願っております。

ここからは全般的なコメントになりますが、昨今、異常気象に伴い、各地で思いも寄らない気象条件になっています。北海道でも、今年の夏は非常に暑いと伺いました。設計値というのは建築上で非常に大切なのですが、コストに限定すると、やはりミニマムなロードを検討して設計される場合が多いと聞きます。なかなか ZEB・ZEH の設計は非常に難しいのですが、何とかその辺りを再生熱というのが、そういう異常気象にも強いものだ。このシステムは強いのだといった PR を付加させていただきながら、世の中に打ち出すことも一つの手ではないかと思えます。言葉で言うのは簡単で、本当にそういうものができるかどうかというのは私も分かりませんが、いかにして地中熱、再生熱を普及させるのが、このプロジェクトの成功の鍵だと思いますし、皆さんが願っているところだと思います。基盤技術も含め、とても魅力的なシステムを多く開発されています。NEDO や我々も含めて PR をし、世の中に普及させていくことは、地球環境のためにも大切なことではないでしょうか。今日はどうもありがとうございました。

【齋藤分科会長】 ありがとうございました。それでは、最後に私から少しお話をさせていただきます。

今日は長時間にわたり、活発な議論をどうもありがとうございました。皆さんが感じられていることだと思いますが、カーボンニュートラルの実現への道筋が明確化され、世の中が一気に動き出しています。ちょうど去年の 10 月ぐらいに NEDO から、エネルギーの最終利用というのは 50% が熱であり、これを有効利用しなければいけないといった報告書も出されたところです。もちろん最終利用だけではなく、今回のように熱をつくる供給側も含めて、効果的な熱の有効利用がカーボンニュートラルのキーだと思います。私自身も 30 年ぐらい熱に取り組んできていますが、これは熱利用技術の全般に言えることで、熱というのはエネルギー密度が低い、質は低い、とりわけ再エネ熱というのは極端に一番低いところのエネルギーを使うようなもので、その割には高価な金属を使うようなところがあり、なかなかコストに対して利用が見合っていないというのが現状と捉えています。一民間企業の皆様にやって

いただくところに対して限界がある中で、やはり国プロとして、国を挙げて支援してやっていただいているということは非常に有意義なものだと感じた次第です。

再エネ利用ということになれば、例えばヨーロッパなどでは、ヒートポンプ自体、空気を熱源にしているものですら再エネ利用機器と認定されているところもあるわけです。地熱利用などもヨーロッパで盛んに行われていますが、かなり簡単なシステムを導入して地中熱を使おうと、非常にうまくやっておられます。一方で、日本は非常に真面目なところがあって、きちんとしたものをつくり上げていくため、どうしてもコスト高になってしまうところがありますので、今回のようにコストダウンを積極的に図っていただくことは非常に重要なものだと思います。

地中熱の利用に関しては、様々な新しい方式を含め、コストダウンをできるような方式において、今後の方向性を示していただいたところが良い点だと思っています。太陽熱に関しても、国を挙げて Society 5.0 をはじめとしてデジタル化、デジタルトランスフォーメーションというものが求められている中で、AI を積極的な活用をするということは、今後の新しい方向性を見せていただいたものと感じています。それから、共通基盤のところですが、度々お話に出てきているように、コストの面等もあり、なかなか初期投資を躊躇されるといった企業が多い中で、こういったツールがきちんと出来てくるというのは非常に重要なことです。一方で、少し感じたのは、今回発表のなかった案件も含め、似たようなツールがプロジェクトの中で開発されているようですから、その辺を整理していただくことで、世の中に普及させる際に重要になると思います。また、出来上がったツールをどのように維持管理していくのか、この辺りがまさにこれから大変になっていくところでしょうか。後半戦では、その辺の議論も進めていただければと思います。

今回いろいろ導入効果等の検討結果も出していただきました。個別システムに関する性能はちらほらと出てきていましたが、まだまだ中間の段階だということで、最終的にはトータルシステムとして一体どのぐらい性能が向上するのか、改善効果がどの程度あるのかを示していただく必要があると思っています。その際には、絶対的な数値をきちんと見せていただきたいです。コストの話も度々出ていますとおりで、どれだけ削減されたかだけではなく、消費者は空調・給湯というのはこういう値段だという数値を知っているわけです。どうしてもその辺りと比較されてしまうと思いますから、その辺も含めて今後検討をいただきたいと思っています。また、このプロジェクトを通じ、再生可能エネルギー熱導入にはどうしても公的支援が必要であるということであれば一緒に検討していただきたいところです。いずれにしても、2023 年の 20%削減、2030 年の 30%削減というのは非常に厳しい目標ではありますが、何とか目標達成に向け、引き続き皆様のご活躍に期待します。以上です。

【塚越専門調査員】 ありがとうございます。分科会長並びに委員の皆様、貴重なご意見及び今後へ向けたサジェスションをいただき、大変ありがとうございました。

それでは、NEDO 推進部側として新エネルギー部、小浦克之部長から一言コメントをいただきます。よろしくお願いたします。

【NEDO 新エネ部_小浦部長】 NEDO 新エネルギー部の部長をしております小浦と申します。今日は、再エネ熱の技術開発の中間評価に関わる委員会にご参加いただきましたこと、また、長きにわたり対応いただきましたこと、本当にありがとうございました。特に、齋藤分科会長、香川分科会長代理をはじめ、委員の皆様には、事前の様々な確認等の段階から、今日の会議においても非常に的を射たと言えば失礼に当たるかもしれませんが、よく見ていただきながら評価をしていただいたものと感じています。その点につきましても感謝申し上げます。皆様からいただいた多くのご指摘を踏まえ、この後の最終的な目標に向けて、我々事業部としても、今後のマネジメント、あるいは事業の進捗、あるいは事業化

に向けた取組などをしっかりとチェックし、そしてサポートをしながら、何とか達成の形で終わられるように努力してまいります。今後とも先生方からの折に触れて、いろいろとご指導・ご指摘をいただけたらと思っていますので、よろしくお願いいたします。今日はどうもありがとうございました。

【齋藤分科会長】 小浦部長どうもありがとうございました。

それでは、以上で議題8.「まとめ・講評」を終了とさせていただきます。

9. 今後の予定

10. 閉会

配布資料

- 資料 1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 2 研究評価委員会分科会の公開について
- 資料 3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘と非公開資料の取り扱いについて
- 資料 4-1 NEDO における研究評価について
- 資料 4-2 評価項目・評価基準
- 資料 4-3 評点法の実施について
- 資料 4-4 評価コメント及び評点票
- 資料 4-5 評価報告書の構成について
- 資料 5 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料 7 事業原簿（公開）
- 資料 8 評価スケジュール
- 番号無し ご質問への回答（公開分）

以下、分科会前に実施した書面による公開情報に関する質疑応答について記載する。

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」
(中間評価) プロジェクト評価分科会

質問票

No.	資料番号 ・ご質問箇所	ご質問の内容	回答		委員氏名
			公開可/ 非公開	説明	
1	資料 7・II-3	目的に“給湯、冷暖房負荷のバランスを取ることを目的に、従来の空気熱源ヒートポンプなどで補うシステムを組む必要がある。このシステムを組むことにより、給湯需要を含む施設への地中熱利用ヒートポンプシステムの普及が進むことが考えられる“との記述がありますが、これは何らかの検討はされていますか？	公開可	ベースの給湯負荷は地中熱、ピークの給湯負荷は空気熱源としてハイブリッド化するシステムと、年間を通じた冷暖房負荷と給湯負荷バランスによる最適な地中熱システムを検討しています。また、ターゲットとしている高齢者住宅の関連団体などを調べており、普及方策の一環として団体のイベントに参加しアピールするなどの活動を行っています。	齋藤潔 分科会長
2	資料 7・II-6	今後、冷媒は可燃性を有する可能性が高く、冷媒の充填量の大幅な削減が求められていくと思われれます。このような中で直膨を選択されていますが、開発の戦略の中で冷媒問題をどのようにお考えでしょうか？	公開可	冷媒の可燃性は大きな問題のため、冷凍空調工業会でもガイドラインを策定し対応に当たっています。本システムは住宅等で利用実績の多い不燃性の冷媒（R410A）および微燃性を有する冷媒（R32）を利用しており、従前の直膨式よりも冷媒の充填量を半減したものとしています。今後工業会のガイドラインに基づいて安全性の確認を進めると共に、安全性を確保する機器の設置や利用法の周知を進めるよう検討いたします。	齋藤潔 分科会長

3	資料 7・II-11	部分負荷性能が高い特徴を有するヒートポンプを完成させるとのことですが、これはどのようなものでしょうか？	公開可	定格出力時の COP に対して、容量制御を行い出力を絞った場合の COP の方が高いという特徴を持ったヒートポンプのことです。	齋藤潔 分科会長
4	資料 7・II-20	熱交換器に流下液膜を選択されていますが、これはどのような理由からでしょうか？	公開可	温泉等の不純物を含む流体とした熱源を利用する場合、夾雑物やスケール、湯の花等による熱交換器流路の詰まりや伝熱性能の低下が問題となります。よく使われているプレート熱交換器等では安価なもの、源泉の泉質や排湯の不純物によってはメンテナンスを頻繁に行わなければいけないことが課題となっています。流下液膜式熱交換器は、開放型で清掃がしやすく熱交換効率も確保される点から本方式を選択しております。	齋藤潔 分科会長
5	資料 7・II-21	熱源水ネットワークシステムの簡易導入検討ツールとはどのようなものでしょうか？	公開可	分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入に至るまでには、調査→導入検討→基本設計→実施設計→構築→運用という段階を経ることになります。調査や導入検討段階でも実測調査を含む実現可能性検討が必要であり、対象施設が面的な複数施設になるため、情報収集などに時間と費用が掛かります。費用面では補助金等の活用が可能ですが、その活用には時間的制限などで難しい場合もあるといった背景があります。そこで導入検討を支援するツールを開発し、導入検討時間の短縮と検討費用の低減を目指しています。 ツールの概要としては、GIS 地図上で施設ポイントをおき、熱源水ネットワーク配管を図示することで、設置した施設の熱需要量や源泉の量を基に、配管距離も勘案して、熱源水ネットワークシステム導入の採算性を簡易に検討するツールを目指しています。採算性検討のために、設備機器等の価格データやエネルギー単価等の基礎コストデータベースを整備する予定です。	齋藤潔 分科会長

6	資料 7・Ⅲ-11	特許、論文、外部発表等が極端に少ないですが、何か理由がありますか？	公開可	これまでの期間は開発途上であるため外部発表は行っていないですが、本年の9月に発表予定です。	齋藤潔 分科会長
7	資料 7・Ⅲ-22	特許、論文、外部発表等が極端に少ないですが、何か理由がありますか？	公開可	本テーマを開始したのが、実質的に2020年12月であり始まって間もないため、本事業成果による論文発表等は未だできておりません。	齋藤潔 分科会長
8	資料 7・Ⅲ-29	ツールの積極的な周知が必要かと思われませんが、特許、論文、外部発表等が極端に少ないです。何か理由がありますか？	公開可	研究テーマが2020年度途中の開始であるため、成果公表を2021年度から進めることにしておりますが、学会の多くが秋に開催されることから、事業原簿を作成した2021年7月の時点では、まだ成果公表がない状態となっております。なお、2021年10月には4件の学会発表を予定しております。	齋藤潔 分科会長
9	資料 5 P.16 研究開発目標	・資料で各開発項目に対して研究開発目標が示されているが、「研究開発の実施体制」(P.19)にある各事業(個別テーマ)においてどのような成果が得られているか(できれば数値を添えて)、さらに達成度をどのような基準で判定しているかがわかるような資料が事業(個別テーマ)ごとに整理されている(資料6内に挿入しても可)と評価の際に参考になります。	公開可	資料 7・Ⅲ-4~5、資料 5・p26、27 を基に、個別テーマごとに「現状成果」「2021年度末目標」「2021年度末目標に対する達成度」をまとめましたのでご参考ください(参考資料 1)。達成度の判断基準としては、研究開発項目の2021年度末目標を達成すべく、事業者各々が設定した2021年度末目標の達成状況にて勘案しております。	香川 澄 分科会長 代理
10	資料 5 P.28 最終目標の達成可能性	・事業(個別テーマ)ごとに達成見通しの表があるとよいです。事業の多くが複合的な研究開発項目によって構成されていて事業の取り組み状況がやや判定・評価しにくいと思われます。達成見通しが、本プロジェクト(全体および各テーマ)の実用化、事業化にどう結び付けできるように整理一覧されている資料がある(資料6内に挿入しても可)と評価する際に参考になります。	公開可	資料 7・Ⅲ-6~7、Ⅳ-1~14 を基に、個別テーマごとに「最終目標」「達成見通し」「実用化・事業化への結び付け」をまとめましたのでご参考ください(参考資料 2)。	香川 澄 分科会長 代理
11	資料 7・Ⅲ-8 ページ	(1.1) 給湯負荷のある・・・【成果概要】	公開可	2021年度の秋を予定しています。	安田健一

		⑤において、新規 TRT について 2021 年度のいつ頃（季節）実証試験を予定しているか。			委員
12	資料 7・Ⅲ-9 ページ	(1.1) 給湯負荷のある・・・【項目別成果】③において、目標年間 COP3.6 以上の想定とあるが、年間の出力条件はどのようなものか。地中想定温度条件の他にも、負荷側の負荷率の想定等を含んでいるものなのかどうか。	公開可	年間 COP については地中熱採熱側温度 17℃、温度差 5℃、給湯側入水温度 5℃沸き上げ温度 90℃として出力 30kW を想定しています。給湯の負荷率は想定していませんが、入水温度の変化は加味して COP だけを見るとかなり低いように見えるものの、90℃沸き上げで業務用出力 30kW と大型のヒートポンプからするとかなりの高効率ヒートポンプの部類に入ると考えています。	安田健一 委員
13	資料 7・Ⅲ-13 ページ	(1.2) 直接膨張式地中熱・・・【成果の最終目標の達成可能性】表Ⅲ (1.2)-2 の①において、15%コストダウンとしているが、比較対象はなにか（プロトタイプの HPU に対してか）。また、①～⑦を通して従来型の方式に比べてトータルシステムとして、どの程度のコストダウンにつながる見込みであるか。	公開可	コストダウンの比較について、比較対象は研究開発開始前の 2018 年時点での直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとしており、成果はプロジェクト完了の 2021 年時点を想定しています。ヒートポンプ単体ではプロトタイプを量産型とした場合の成果を見込んで 15%コストダウンと示しました。①～⑦全体としてのコストダウンはプロジェクト完了時点で 20%を見込んでいます。	安田健一 委員
14	資料 7・Ⅲ-15 ページ	(1.3) ZEB 化に最適な・・・【項目別成果】①3)において、通常の地下水温度よりも 2℃程度低い地下水を使用することで・・・とあるが、ここでいう通常の地下水温度（16℃）とは、どういった温度か。別途測定したものか。	公開可	地下水温度 16.0 度とは、井戸設置後に実施した揚水試験で実測した値です。この温度は、帯水層へ蓄熱操作を行う前の初期地下水温度であり、冬期に冷熱蓄熱した効果により、次の夏期には 2 度程度低くなった地下水をフリークーリングで使用することができます。	安田健一 委員
15	資料 7・Ⅲ-18 ページ	(1.4) 寒冷地の ZEB・ZEH 化を考慮した・・・【項目別成果】③1)において、新築事務所の実証スケ	公開可	新築事務所が竣工する 2021 年度第 2Q から実測を開始し、2022 年度末まで実測および評価を実施する予定です。天井放射空調と FCU 方式の暖房送水温度の	安田健一 委員

		ジュールはどのように考えているか。実測及び評価は 2022 年度か。輻射空調との組み合わせ効果についても検討とのことであるが、具体的な検証方法等はどのようなものか。		違いによる GSHP システムの運転効率の違いや、スケジュール運転等による省エネ省コスト性の効果について評価を行います。	
16	資料 7・II-22 及び III-5 及び III-22~24 ページ	(2.2) 温泉熱等の再エネ熱を活用した・・・(2.2.3)事業スケジュールにおいて、2021 年度には、2)排湯用熱交換器の試作性能試験や 3)熱売買制御構想や 4)設計などについては今年度中の成果が見込まれている。III-5 中間目標に対する成果まとめでは 1)にしか触れていないが、その他について III-23~24 に現状成果が簡潔に示されているものの、進捗について補足説明を追加していただくと思われる。	公開可	温泉・排湯用熱交換器については、流下液膜式熱交換器の伝熱面に均一な液膜を形成できる液膜形成部を流体シミュレーションを行った上で設計を行いました。流路をある程度絞ることにより均一な流下液膜を形成する構造としています。流下状況の確認試験を行うため、試作に入った段階です。 熱売買制御システムについては、実際の温泉街を想定したモデルにおいて、熱源水ネットワークシステムを導入する場合を想定して、必要な機器類、制御盤サイズ、構成等を検討し、低コスト化の検討を起こっています。現在、ベースとなる制御システムの構成の検討案ができ、ここから低コスト化した場合の設計案を作成していくところです。	安田健一 委員
17	資料 7・II-28~29、及び III-29~30	(3.2) オープンループ方式地中熱利用における・・・表 II(3.2)-1 研究開発目標と根拠において、①シミュレーションツールによる予測、②地下水揚水可能量予測、③地下水還元可能量予測手法について、目標が掲げられておりどれも大変意義があると思われるが、IIIの【項目別成果】において、進捗及びここまでの成果に関する詳細が記載されていない。例えば、①については LCEM プロトタイプの概要、②では井戸情	公開可	研究テーマが 2020 年度途中の開始であり、かつ事業原簿を作成した 2021 年 7 月の時点でありますので、まだ 1 年間の成果しかございませんが、現時点での成果は以下のとおりです。 ①システムシミュレーションツールの研究開発 LCEMモジュールはプロトタイプとして、井水温度、井水流量、井水ポンプの消費電力を一定としており、この条件下でシステム全体の消費電力量を計算できることを確認しております。 ②地下水揚水可能量予測手法の研究開発 1) 広域的な透水係数推定手法の研究開発 透水係数の推定に地層の粒径分布を用いる既存手法による推定値を原位置透水試験結果による実測値	安田健一 委員

		<p>報からどのように透水係数を推定するのか、そして実測データ（の一部でも）、③については地下水還元可能量をどんなデータを用いて推測するのか、資料を可能な範囲で示していただけるとよいと思われる。</p>		<p>と比較し、一部のデータでは推定結果に 1 桁程度のずれを生じることを確認しました(参考資料 3 参照)。よって、間隙比等の他のパラメータを加えて推定精度の向上を今後図っていく予定です。</p> <p>2) 地盤調査ボーリング孔を利用した透水係数推定手法の研究開発</p> <p>各種の原位置透水試験や掘削工法を用いたフィールド実験を 2021 年秋に実施できるよう実施計画を策定し、まもなく実施の予定です。これにより最適な手法を選定する予定です。</p> <p>③地下水還元可能量予測手法の研究開発</p> <p>地下水還元では還元井周囲における地層内での目詰まりが影響を与えるため、室内透水実験をさまざまな地層の粒径分布、動水勾配、地下水水質のもとで行うことにしております。これにより、影響の大きいパラメータの抽出し、還元開始前の透水係数からの変化率を求めることにより、地下水還元可能量を予測する方針です。</p>	
18	資料 7・概要-2 ページ及び II-10 ページ	<p>プロジェクト概要（個別の事業期間）について</p> <p>概要-2 ページに全体のプロジェクトスケジュールが示されている。地中熱利用システムの低コスト化技術開発についても 2019 年から 2023 年となっているが、個別のスケジュールにおいて、(1.2)の事業は 2021 年度でまとめとなっている。全体事業の中でこの事業のみ短期間である位置づけを補足説明してほしいのと、(1.2)においては、今年度がまとめになっているため、中間評価とはいえ現時点における資料を用意していただくとよいと感じておりま</p>	公開可	<p>NEDO での研究開発期間は 3 年間とし、その後の 2 年間は自主研究として更なる改良・改善の期間と考えスケジュールを策定しております。</p> <p>2021 年 8 月に実施したコンソーシアム委員会の資料を添付します(参考資料 4)。低コスト化に関する進捗状況を示しており、2023 年度達成目標の 20%低減は現時点では見通しですが 2021 年度末で達成可能と考えています。</p>	安田健一 委員

		す。			
19	資料 7 II-20	遠隔操作可能な通信機能を持つ温泉計測、熱量計測の開発とあるが、地域熱供給が（地域冷暖房）の導入が進んでいる諸外国では既に使われているが、それらは把握されているか。	公開可	熱源水ネットワーク導入のための、現状把握や導入検討に使う実測値を取得するために、実測においても低コスト化することをまず第一目標に置いています。 海外事例自体の調査は行っていますが、計測機器自体の調査は調査不足ではありますので、もし知見があればご提供頂けると幸いです。	田中いずみ委員
20	資料 7 のⅢ-15 頁、3) の 2 行目	帯水層への蓄熱はどのように確認していますか？また、地下水流速はどの程度であり、地下水利用による季節変化の影響などは無いですか？それともすでに考慮されていますか？	公開可	帯水層内における蓄熱塊の挙動はシミュレーションで推定しています。解析モデルは前の NEDO 事業に構築しており、実測観測データとのマッチングは良好で解析精度は極めて高いと評価しています。帯水層内の地下水流速は 16m/年程度で、冬季に近傍の消雪用井戸が稼働すると水位低下が見られますが、冬季注入された冷熱は井戸周囲によく蓄熱されており、次のフリークーリング冷房に活用されています。	坂東和郎委員
21	資料 7 のⅢ-16 頁、5) の 1 行目	地下が還元的雰囲気にある場合、水酸化鉄の発生とそれによる目詰まりを発生させることも懸念されますが、今後の普及に向けてどのようにお考えですか？ また、水質分析はどのような項目に着目されていますか？	公開可	本システムで使用する地下水も還元状態ですが、現在まで目詰まりは発生していません。帯水層蓄熱は、密閉型井戸を使用、同一帯水層の地下水を揚水注入し、密閉配管で極力空気に触れさせずに、温度のみ変化させて使用する、を厳守しなければならないと考えています。 また水質分析に関して、腐食性やスケール性等に注目し計 27 項目分析しております。	坂東和郎委員
22	資料 7 のⅢ-16 頁、②1) の 1 行目	直接熱交換を行っていますが、地下水の水質による適用範囲（水質基準値）はどのように定めていく予定ですか？	公開可	スケール性の地下水に関しては、電磁処理装置の効果によりスケール発生の抑制が見込める場合には通水可能と判断できると考えています。一方、腐食性の地下水に関しては、局所的な腐食の予測は困難と考えられるため通水不可と考えています。	坂東和郎委員
23	資料 7 のⅢ-16 頁、②2) の 1 行目	電磁処理装置は、どのような水質に効果があり、どのような水質に効果が無	公開可	電磁処理装置は、水中粒子の界面電位を変化させることによりスケール発生を抑制しているため、界面	坂東和郎委員

		いのですか？また、原水と処理水でどのような水質変化を確認していますか？		電位を変化させることが可能な水に対しては強弱はあるものの効果があると考えています。また、原水と処理水では界面への水中粒子の寄り方が異なることは確認しています。(なお、前の NEDO 事業での比較試験では、処理水と未処理水との間で、pH、電気伝導度、全硬度、全鉄、溶解性鉄、溶性シリカに関しては、水質に顕著な違いが生じていませんでした。)	
24	資料 7 の II-14 頁 (1.4.1)の最下行	間接型 GSHP システムとありますが、直接型と間接型の違いを説明してください。	公開可	直接型はオープンループ方式を指し、地下水を直接利用する方式になります。間接型はクローズドループ方式で、本事業で開発している地中熱交換器を用いる他に、代表的なものとしてボアホール U チューブ方式があります。	坂東和郎 委員
25	資料 7 の II-14 頁 (1.4.2)(2)3 行目	小規模建築における PC 杭工法は、他の鋼管杭工法や地盤改良工法に比べ、実証地域において一般的な工法として普及しているものでしょうか？	公開可	杭の方式については、ハウスメーカーや工務店によって変わるため、一概には言えませんが、実証地域(北海道)では杭の工場もあるため、H 型 PC 杭工法は比較的広く普及している工法です。コンソーシアムの事業者(棟晶)でも杭が必要な場合、H 型 PC 杭を採用しています。	坂東和郎 委員
26	資料 7 の II-14 頁 (1.4.2)(2)6 行目	地盤条件による優位性と劣位性について明らかにしていくとありますが、どのような評価項目を検討する予定ですか？例えば、地質、熱伝導率、施工性など	公開可	地質によって熱伝導率や施工性が変わり、優位性と劣位性が変わることから、地質を中心に評価を行う予定です。	坂東和郎 委員
27	資料 7 の II-14 頁 (1.4.2)(3)3 行目	空間の快適性は、どのように評価する予定ですか？例えば温熱環境指標 (PMV)、あるいはヒアリングなど。	公開可	室内の代表点における PMV と温湿度計による上下温度差により評価する予定です。	坂東和郎 委員
28	資料 7 の III-18 頁【項目別成果】①2)3 行目	ZEH 化を考慮し導入とありますが、何をどのように考慮されたのか教えてください。例えば、将来的な断熱性能の向上とか。	公開可	質問にご記載の通り、ZEH 化を想定した断熱性能の向上を考慮しています。具体的には住宅の場合には建物の断熱性能である UA 値を現在の省エネ基準の半分程度になるまで断熱性能を向上させています。	坂東和郎

29	資料 7 のⅢ-18 頁【項目別成果】②2)4 行目	地中熱交換器の性能の定量化とは、具体的に何を持って定量化し、比較されているのか教えてください。例えば熱抵抗とか。	公開可	地中熱交換器の熱抵抗と周囲地盤の熱特性(有効熱伝導率等)を考慮した単位採放熱係数を用いて比較を行っています。	坂東和郎 委員
30	資料 7 のⅡ-17 頁(2.1.2)の5行目	SSHP をユニット化は現状に対しどのようなメリットがありますか？例えば、省エネ性の向上、システム化の容易性、施工性、維持管理性、設備の簡素化、コスト削減など。	公開可	ユニット化により、SSHP、熱交換器(空気熱交、直接加熱用熱交)、バルブ類、制御盤などが一体化されているため、過年度に開発した SSHP システムと比較して、①イニシャルコストが低減(30%程度減)、②保守メンテナンスが容易、③設置面積が低減(約50%)できます。	坂東和郎 委員
31	資料 7 のⅢ-20 頁【項目別成果】②1)2行目	熱源水直接加熱とはどのような方法か教えてください。	公開可	冬期加熱時に、太陽熱集熱、大気集熱量が大きい場合は、圧縮機に集熱を投入せず、ユニット型 SSHP に内蔵されている熱交換器で、熱源水とブラインを熱交換して直接熱源水を加熱する方法です。	坂東和郎 委員
32	資料 7 のⅢ-20 頁【項目別成果】③	実建物の設備規模はどのくらいですか？また、普及している GSHP に比べ、地中熱交換器本数はどの程度削減できましたか？イニシャルコストは低減できていますか？	公開可	対象建物である厚生棟食堂は、床面積約 452m ² です(SSHP はこのうちペリメータ負荷を処理)。SSHP と地中熱で、それぞれ二次側空調負荷の 50%程度の負担を見込んでおります。このため、全て地中熱で賄う GSHP に比べ地中熱交換器本数は半分程度となり、普及している GSHP と比較し 20~30%程度イニシャルコストは低減と見込んでいます。	坂東和郎 委員
33	資料 7 のⅢ-20 頁【項目別成果】③最終行	最適制御手法により、どの程度 COP 向上が図れると予想していますか？	公開可	COP の 10%程度向上を目標としております。	坂東和郎 委員
34	資料 7 のⅡ-23 頁の(3.1.2)①1)の2行目	広域地下水流動解析には地域の地下水利用実態はどのように考慮されていますか？	公開可	これまでに(NEDO H26~H30)開発した地中熱ポテンシャル評価手法において、広域 3 次元地下水流動・熱輸送モデルには地域の揚水効果は含めていません。 なぜならば、地下水利用実態の正確な調査データが存在しないことが第一に挙げられます。また、地中熱ポテンシャル評価において、地下水の揚水効果は見かけ熱伝導率に対してプラスの影響を及ぼすことが	坂東和郎 委員

				秋田大や産総研の現場調査によって報告されています。したがって、見かけ熱伝導率の推定において、広域地下水流動解析に揚水効果を含めないことは、安全側に働きます。	
35	資料 7 の II-23 頁の (3.1.2) ②1)	大口径水井戸とは、どの程度のケーシング径を指していますか？また、本調査手法は鋼管限定という事ですね。	公開可	500mm 程度までの水井戸を想定しております。なお本手法は電磁石を使用しますので、鋼管限定です。	坂東和郎 委員
36	資料 7 の II-23 頁の (3.1.2) ②下から 4 行目	大深度 BHE の場合、国内普及技術の 100m 掘削に対し、施工ヤードの拡大、掘削日数の増加などの課題も考えられますが、大深度化の最大のメリットはどこにありますか？例えば、高い地中温度、高見かけ熱伝導率、狭い敷地への適用など	公開可	大深度化のメリットはご指摘の通り、地温勾配に基づく高い地中温度、高圧による堆積物の圧縮による見かけ熱伝導率の増大、多数本数を削減できる狭い敷地への適用があります。例えば札幌市での施工例では、深度 80m 付近まで 11℃であるのが深度 300m では 21℃となり、10℃差が熱利用に大きなメリットとなります。また、数本必要な小規模オフィスビルで一本の地中熱交換器で済む効果もあります。最大のメリットは、地中熱利用の土地制約の大きい都心の非住宅への導入が期待され、狭い敷地への適用も可能になると考えます。	坂東和郎 委員
37	資料 7 の III-25 頁の【成果概要】の②	簡易 TRT 装置は出力 20kW と従来の TRT 装置に比べ 3~4 倍の出力です。試験電源が大型化する他、ケーブルヒーター、測定ユニットも多くあり、装置単価が増加するように思いますが試験費用は下げることが可能なのでしょうか？ また、TRT の実施時間は、従来と比較しどう変わりますか？	公開可	現在、市販の TRT 機は例えば群馬電気の 5kW 機にて 180 万円です。今回製作は特注で 450 万円でしたが、商品化できればコスト削減により 2~4 割減として 270~360 万円で、出力 4 倍にかかわらず、コストは 1.5~2 倍となります。本研究の目的は、大深度熱交換器のみならず、通常の熱交換器も含めた簡易 TRT の開発です。周期加熱により試験時間を約半分にすることを目指しており、同じ試験機でも人件費や損料の節約により、例えば通常 200 万ほどかかる TRT が 150 万ほど (25%)削減できると想定します。大深度地中熱交換器自体は、狭小地への導入のメリットや暖房用途での採熱効率向上が期待できますので、周期加熱試験と組み合わせれば、コスト削減の相乗効果が期待できます。	坂東和郎 委員

				また TRT の実施時間は、従来の 48 時間から 24 時間 への短縮を目指しております。	
--	--	--	--	---	--

参考資料 1

研究開発項目	研究開発項目の 2021 年度末目標	研究開発テーマ	テーマごとの 2021 年度末目標	現状成果	達成度(○達成、△達成見込み、×未達)
(1)地中熱利用システムの低コスト化技術開発	2023年度までの可能な限り早期にトータルコストを20%以上低減（投資回収年数14年以下）させる 可能性を実験等で示す。	(1.1)給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 一人で地中熱交換井を施工する目途を付ける。 空気熱源 CO₂ ヒートポンプ給湯器に比べてイニシャルコストを15%削減する目途を付ける。 従来の地中熱交換器(Uチューブ)に比べて、設置費用を33%削減する目途を付ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 一人で施工するための掘削機に関しては、掘削データをオペレータのもとに集約するためのモニタリングシステムの開発を行った。 熱交換器の発揮能力実証と複数仕様で設計した各圧力容器の比較検討のために、基礎試験装置の設計・製作と一部試験を実施した。 数値シミュレーションで地中熱交換器の検討を行った。 	△(22年3月達成予定) 21年度中に各要素機器の開発が完了し、トータルコスト20%削減の目標値達成の目途を付ける予定。 (地中熱交換器の実証試験、ヒートポンプ試作機の試験等)
		(1.2)直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置にかかるコスト低減技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> コスト低減のための技術的な課題の確立。 HPU等のプロトタイプ完成。構工法の確立。 設計に活用するための基礎データの収集と分析。 	<ul style="list-style-type: none"> HPUの部分では空調用のプロトタイプを完成し、地中熱交換器の開発では小口径ボアホールへの適用を確認。 施工法の削減では、口径掘削技術や本設鋼管の熱交換器利用技術の確立。 設計法では基礎的な技術情報の収集と分析が完了。 	○
		(1.3) 高効率帯水層蓄熱を活用したトータル熱供給システムと専用ヒートポンプの開発	<ul style="list-style-type: none"> 実証施設とトータル熱供給システム構築を完了、モニタリングデータ収集開始 フリークーリング^①の開始 太陽熱を併用して高効率システムを構築 ZEB 実証施設に専用ヒートポンプを設置して稼働開始 効率等モニタリングデータ集積開始 スケール防止機構有効性検証 	<ul style="list-style-type: none"> ZEB 実証施設とトータル熱供給システム構築完了 フリークーリング冷房を実施 太陽熱併用システム構築 冷暖房切り換え時に井戸洗浄実施 専用ヒートポンプ設置を完了し稼働開始 効率等モニタリングデータ集積開始 ストレナーナを使用しての検証を開始 	○
		(1.4) 寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発	<ul style="list-style-type: none"> トータルコスト20%以上の削減を可能とする設計手法の確立 新型地中熱交換器の開発で設置コスト20%以上の削減 出力6.0kW、COP4.3を達成できるヒートポンプ給湯機、ヒートポンプ暖房機①を開発する。 出力4.0kW、COP4.5を達成で 	<ul style="list-style-type: none"> 設計手法を確立し、トータルコスト20%以上の削減の見通しを付けた 新型地中熱交換器の施工試験の結果から設置コスト20%以上の削減の見通しを付けた ヒートポンプ給湯機、ヒートポンプ暖房機①を試作し、評価試験により目標達成見込みを示した。 	○

			きるヒートポンプ暖房機②を開発する。	・ヒートポンプ暖房機②を設計した。	
(2)太陽熱等利用システムの高度化技術開発		(2.1)天空熱源ヒートポンプシステム(SSHP)システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発	SSHP 大府実証システムⅡ期工事を2021年8月めどに完成させ、運転データに基づく年間性能評価を実施。SSHPシステムのCO ₂ 削減効果、省エネ効果の検証を行う。	実証建物における既存空調機のエネルギー消費量を計測。2021年8月をめどに実証システムⅡ期工事(地中熱敷設、空調機更新、給湯ヒートポンプの追加設置)を実施。	○
		(2.2)実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査及び、国内外事例調査	低コストな長期温泉計測方法の確立	温泉計測、熱量計測に使用可能な計測器条件を調査、整理する。	△(21年10月達成予定) 複数地点における計測ユニットモジュールの不具合解消・検証を経て、計測方法の確立を目指す。
(3)高度化・低コスト化のための共通基盤技術開発	共通基盤技術開発における推定・評価技術、設計ツールについては、事業者が設定する開発目標の 妥当性を外部有識者にて審議し、妥当であるとの評価を得る。	(3.1)見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化	・水文地質学および統計学的な見かけ熱伝導率推定手法のスキーム確立 ・簡易 TRT 装置の開発と、現場試験、数値シミュレーションによる検証 ・統合型設計ツールの基本計算ロジックの開発	・考案した各推定手法による推定値の検証を実施(検証データ取得も含む) ・簡易 TRT 装置の製作に着手するとともに、数値シミュレーションによる検証を実施 ・建物・空調設備の連成シミュレーション、オープンループ方式のサイクル計算手法が完成	△(21年9月達成予定) ・各推定手法の適用条件の整理、実用化可能性の検討 ・TRT 装置製作後、実試験結果での検証 ・設計ツール拡張のための計算手法開発に着手、他ツールとの連携方法検討。 9月1日実施のWGにて外部有識者にて審議の予定。
		(3.2)システムシミュレーションツールの研究開発	オープンループ方式地中熱利用システムの年間エネルギー消費量を実測値に対して誤差25%以内で予測可能な技術を開発する。	オープンループ方式に対応した LCEM モジュールのプロトタイプの作成完了	△(21年9月達成予定) 実測データを用いた検証を通して課題を抽出し、問題点の解決を図る。 9月1日実施のWGにて外部有識者にて審議の予定。

参考資料 2

研究開発テーマ	テーマごとの最終目標	達成見通し	実用化・事業化への結び付け
(1.1)給湯負荷のある施設への導入を想定した地中熱利用ヒートポンプシステムの研究開発	従来の地中熱ヒートポンプシステムを給湯需要がある福祉施設(2,000m ²)へ導入する場合に比べて、イニシャルコストを23%削減する。	地中熱交換井を一人で施工する等の開発を行うことで、目標達成見込み。	研究開発によるトータルコスト低減を見込んだ上で、給湯負荷の高い高齢者住宅をターゲットとして事業化を計画する。
(1.2)直接膨張式地中熱ヒートポンプシステムとその施工・設置にかかるコスト低減技術の開発	【2021 年度終了予定】 低コスト機器の開発、低コスト施工法の開発、低コスト設計法の開発などの総合的な見直しにより、地中熱 HP システムの設置コストを従来に比較し 20%削減。	【2021 年度終了予定】 ・低コスト機器と低コスト施工法のコスト試算と実証を進める。 低コスト設計法ではシミュレーション技術が確立。ポテンシャルマップの活用と設計モードの確立による設計コストの削減により目標達成見込み。	研究開発によるトータルコスト低減を見込んだ上で、機器販売を中心に進める方法等を検討する。 本設鋼管杭利用工法の開発については、全国の鋼管杭施工業者に杭の付加価値をアピールできる工法であり全国杭施工業者等への事業展開を行う。
(1.3) 高効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムと専用ヒートポンプの開発	<ul style="list-style-type: none"> ・本システムの ZEB 適応性実証 ・本システムのイニシャルコスト・ランニングコスト共に 30%低減 ・普及に向けた技術評価手法を確立 ・専用ヒートポンプの性能評価と最適稼働設定の確立 ・スケール防止機構の概略確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・フリークーリングによる冷房が省電力に大きく貢献することを確認し、ランニングコストの 30%低減見込み ・イニシャルコストの項目毎に検討を進め 30%低減見込み ・技術評価手法について検討を進め、評価手法確立の見込み ・冷暖房、給湯時の COP データ収集を開始し、最適稼働設定の検討を進めており、目標 COP を達成見込み ・ストレナ使用によるスケール防止効果検証を開始し、モニタリングデータと併せてスケール防止機構を確立できる見込み 	効率帯水層蓄熱を利活用したトータル熱供給システムは、地下水熱を利活用して複数以上の熱需要に対応できることから、この特徴を生かして「地域熱供給」への事業化を見据える。
(1.4) 寒冷地の ZEB・ZEH に導入する低コスト・高効率間接型地中熱ヒートポンプシステムの技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・新型地中熱交換器の導入により熱交換器設置コスト 20%以上の削減 ・新型地中熱交換器、ヒートポンプ、二次側運用技術、設計手法を組み合わせトータルコスト 20%以上の削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・新型地中熱交換器の施工方法確立の目途がつき、地盤条件や地域条件の異なる地点での施工試験を実施して、設置コスト削減目標を達成できる見込み ・ヒートポンプ、二次側運用技術、設計手法の各要素について実測データとの比較による検証を行い、それぞれの要素の目標の達成を示すことで、トータルコスト削減の目標達成見込み。 	低コスト型 GSHP の性能や二次側運用技術(天井放射空調システムなど)の研究開発により、寒冷地における ZEB 建築への有効な技術の一つとして確立でき、GSHP を導入した ZEB コンサルサービスが提供できる。

<p>(2.1) 天空熱源ヒートポンプシステム (SSHP) システムのライフサイクルに亘るコスト低減・性能向上技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実建物での運転データ解析により、既存空調機 (GHP)、一般的な EHP に対する CO₂、エネルギー消費量の削減効果を定量的に示す。 ・過年度 (2014 年度～2018 年度) に開発した SSHP システムに対し、トータルコスト 20%以上減、投資回収年数 14 年以下にめどをつける。 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画通り進捗しており目標は達成見込み。 ・構成機器の低コスト化にめどが立っており。コスト目標も達成見込み。 	<p>従来の水熱源ヒートポンプシステムに対して、トータルコスト 20%以上低減 (投資回収年数 14 年以下) を達成し、2030 年度時点で目標とするトータルコスト 30% (投資回収年数 8 年以下) にめどをつけることで、天空熱源ヒートポンプシステムの事業化を行う。</p> <p>多角的な再生可エネルギー熱利用を行う新 SSHP システムを、他者に無い優位技術として、コンペ提案や再生可能エネルギー利用に意識のある顧客や設計事務所への営業展開を行い、建物受注を図る。</p>
<p>(2.2) 実温泉施設における温泉熱賦存量、熱需要量の実測調査及び、国内外事例調査</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・低コストな長期温泉計測方法の確立 	<p>5カ所以上の温泉施設での実測により、低コストかつ安定して温泉流量等の長期計測方法を確立する。</p>	<p>研究開発によって分散熱源による熱源水ネットワークシステムの導入検討支援ツールの開発を行い、分散熱源による熱源水ネットワークシステムの「導入検討ツール」を活用したコンサルサービスとしての事業化が見込まれる。また、熱売買制御システムを構築することで、将来的にエネルギーサービス事業において、導入先の熱融通仲介サービス提供 (運営事業者) の事業化が見込まれる。</p>
<p>(3.1) 見かけ熱伝導率の推定手法と簡易熱応答試験法および統合型設計ツールの開発・規格化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・水文地質学的小および統計学的な見かけ熱伝導率推定手法の開発・規格化 ・低コストに寄与する簡易 TRT 法を開発、規格化 ・クローズドループ・オープンループ方式統合型設計性能予測ツールを開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・各推定手法の要素技術開発 (数値 TRT、地形 AI 解析等) や検証データ取得が計画通り進捗しており、目標達成見込み ・推定式が得られることから、地盤データベースとの組み合わせることで目標達成可能。 ・開発する TRT により、今後整理する適切な条件に応じて低コスト化が実現可能 ・熱負荷連成や多種熱交換器、複雑な地盤条件対応、オープンループ方式は理論計算、数値シミュレータを開発し、それらを統合 	<p>本研究開発にて、見かけ熱伝導率の推定手法を開発、規格化することにより、わが国の各地に豊富に賦存する地下水流れによる移流効果を反映した設計を行うことができるようになる。</p> <p>簡易熱応答試験 (TRT) 法を開発することで、新たに地中熱交換器を設置しない、あるいは、従来より短時間かつ少人数での試験が可能になることで低コストが期待できるほか、TRT 技術は、地中熱利用システムのみならず、土木建築などの構造物の耐久性評価にも応用できる可能性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・統合型設計ツールは、クローズド、オープンループ方式の最適な選定が可能となり、活用が見込まれる。
<p>(3.2) システムシミュレーションツールの研究開発</p>	<p>設計者が簡易に地中熱ヒートポンプ導入時のエネルギー消費量の計算を行うことができ、設計建物に採用される地中熱ヒートポンプやその他の熱源を含む全ての空調熱源のトータルシステムシミュレーション</p>	<p>今後の実測データを用いた検証を待つ必要があるものの、前回プロジェクトでクローズドループ方式で大きな誤差を生じた要因が長い横引き配管と少ない一次側流量であることがつかめており、オープンループ方式では極端な少流量となり</p>	<p>本研究開発は共通基盤技術開発であるため、実用化・事業化を行う製品・サービスはオープンループ方式地中熱利用システムを設計する際に利用できる設計ツール・設計指針である。これらは研究開発期間終了後に無償公開する方向性</p>

	ョンを行うツールを開発する。	にくいために目標達成見込み。	で検討を進めており、活用が見込まれる。
--	----------------	----------------	---------------------

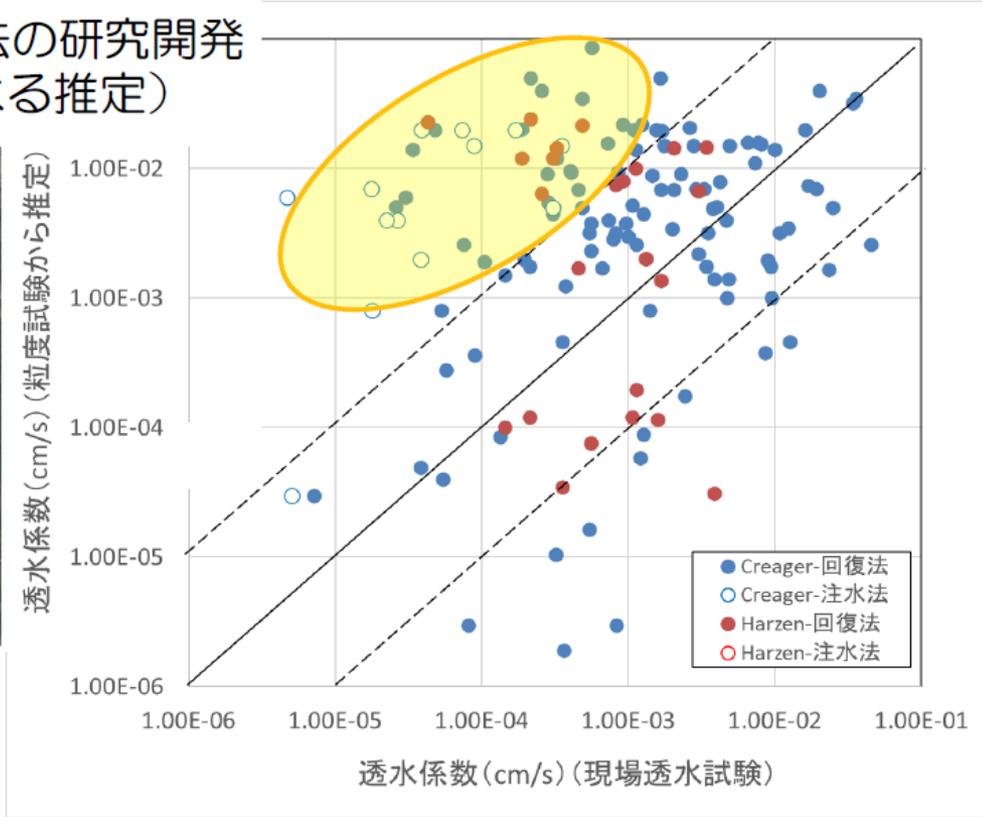
地下水揚水可能量予測手法の研究開発

1) 広域的な透水係数推定手法の研究開発 (既存ボーリングデータによる推定)



現場透水試験データがある
既存ボーリング調査地点

透水試験データ数 : 228
(ボーリング数 : 113地点)



※注※
それぞれの現場透水試験実施区間に含まれる (または近い深度の)
粒度試験の結果からの推定値

粒度試験の結果からの計算値の方が1桁以上大きい

直膨式地中熱HPSの開発

コスト削減へ向けた状況

①計画時

戸建住宅向け（出力 10kW 級）		現状	2023 年目標		2030 年目標	
			目標価格	低減率	目標価格	低減率
イニシャルコスト	千円	3,900	3,145	21%	2,700	30%
地中熱ヒートポンプユニット	千円	1,000	850	15%	750	25%
ヒートポンプ設置・配管	千円	250	225	10%	200	20%
地中熱交換器	千円	450	360	20%	330	28%
掘削・設置	千円	1,800	1,350	25%	1080	40%
二次側設備	千円	400	360	10%	340	15%
ランニングコスト	千円/年	100	80	20%	70	30%

②現状

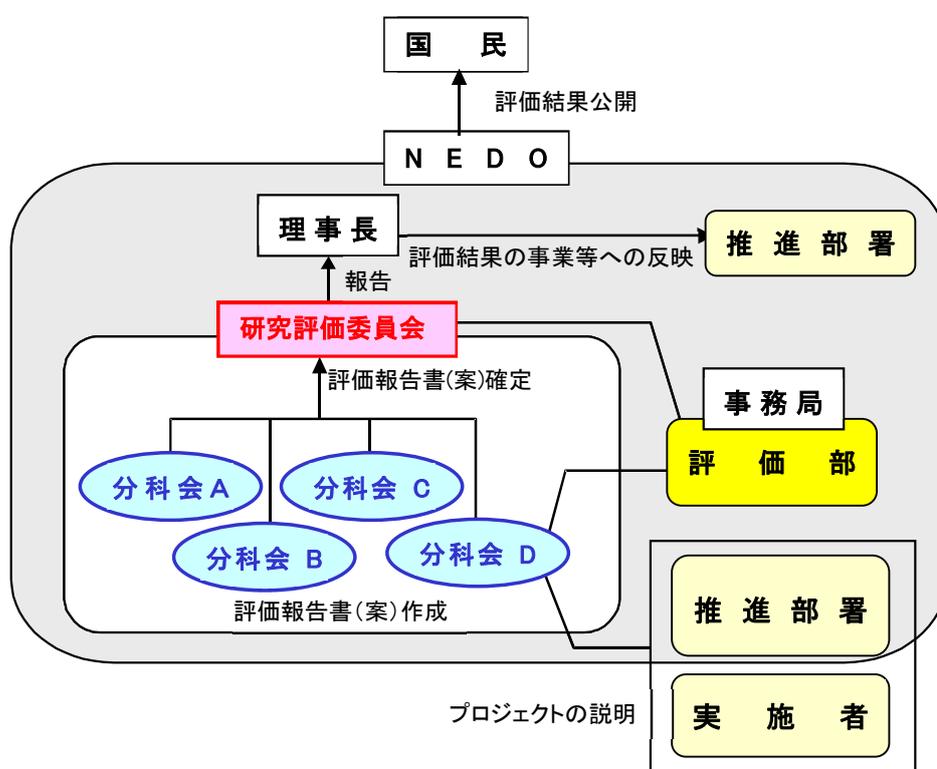
		現状価格	2021年現状		2030年目標	
			目標価格	低減率	目標価格	低減率
イニシャルコスト	千円	4,400	3,750	15%	3,070	30%
設計	千円	500	450	10%	350	30%
地中熱ヒートポンプユニット	千円	1,000	800	20%	750	25%
ヒートポンプ設置・配管	千円	250	200	20%	200	20%
地中熱交換器	千円	450	450	0%	330	27%
掘削・設置	千円	1,800	1,450	19%	1,100	39%
二次側設備	千円	400	400	0%	340	15%
ランニングコスト	千円	100	90	10%	80	20%

参考資料 2 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて実施する。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)における研究評価では、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

- 「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
- 研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において

- 業務の高度化等の自己改革を促進する
 - 社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む
 - 評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する
- としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員は、以下のような観点から選定する。

- 科学技術全般に知見のある専門家、有識者
- 当該研究開発の分野の知見を有する専門家
- 研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者
- 産業界の専門家、有識者

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、委員を分科会委員名簿の通り選任した。

なお、本分科会の事務局については、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

3. 評価対象

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」を評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び実施者からのヒアリング及び実施者側等との議論を行った。それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、NEDOが定める「標準的評価項目・評価基準」をもとに、当該事業の特性を踏まえ、評価事務局がカスタマイズしたものである。

評価対象プロジェクトについて、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義、実用化に向けての取組や見通し等を評価した。

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発」に係る 評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・ 上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

(2) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・ 達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費（研究開発項目の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・ 計画における要素技術間の関係、順序は適切か。

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・ 技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献しているか。

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 技術の取捨選択や技術の融合、必要な実施体制の見直し等を柔軟に図っているか。
- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産や研究開発データに関する取扱についてのルールを整備し、かつ適切に運用しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・ 成果は、中間目標を達成しているか。
- ・ 中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・ 最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外で適切に行っているか。

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

「実用化・事業化」の考え方を以下に示す。

「実用化」とは、当該事業で開発した再生可能エネルギー熱利用に係る技術（製品、ポテンシャルマップ、設計ツール、工法、システム全体等）が市場に出る状態までに至った段階（試作品が完成）をいう。

「事業化」とは、再生可能エネルギー熱利用に係る商品、製品、工法、およびそれらを含むシステム等の販売や導入により、企業活動（売り上げ等）に貢献することをいう。

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

- ・ 実用化・事業化に取り組む者について検討は進んでいるか。
- ・ 実用化・事業化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・ 想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しがあるか。
- ・ 競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果（技術的・経済的・社会的効果、人材育成等）を期待できる場合、積極的に評価する。

「プロジェクト」の中間評価に係る標準的評価項目・基準

※「プロジェクト」の特徴に応じて、評価基準を見直すことができる。

「実用化・事業化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

なお、「プロジェクト」が基礎的・基盤的研究開発に該当する場合は、以下のとおりとする。

- ・「実用化・事業化」を「実用化」に変更する。
- ・「4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて」は該当するものを選択する。
- ・「実用化」の定義を「プロジェクト」毎に定める。以下に例示する。

「実用化」の考え方

当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることをいう。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) 事業の目的の妥当性

- ・内外の技術動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献可能性等の観点から、事業の目的は妥当か。
- ・上位の施策・制度の目標達成のために寄与しているか。

(2) NEDO の事業としての妥当性

- ・民間活動のみでは改善できないものであること又は公共性が高いことにより、NEDO の関与が必要とされる事業か。
- ・当該事業を実施することによりもたらされると期待される効果は、投じた研究開発費との比較において十分であるか。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標を設定しているか。
- ・達成度を判定できる明確な目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・目標達成のために妥当なスケジュール及び研究開発費(研究開発項目の配分を含む)となっているか。
- ・目標達成に必要な要素技術の開発は網羅されているか。
- ・計画における要素技術間の関係、順序は適切か。

- ・ 継続または長期の「プロジェクト」の場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んで活用を図っているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

- ・ 技術力及び事業化能力を有する実施者を選定しているか。
- ・ 指揮命令系統及び責任体制は明確であり、かつ機能しているか。
- ・ 成果の実用化・事業化の戦略に基づき、実用化・事業化の担い手又はユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の連携が必要な場合、実施者間の連携関係は明確であり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・ 目標達成及び効率的実施のために実施者間の競争が必要な場合、競争の仕組みがあり、かつ機能しているか。【該当しない場合、この条項を削除】
- ・ 大学または公的研究機関が企業の開発を支援する体制となっている場合、その体制は企業の取組に貢献しているか。【該当しない場合、この条項を削除】

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性

- ・ 研究開発の進捗状況を常に把握し、遅れが生じた場合に適切に対応しているか。
- ・ 社会・経済の情勢変化、政策・技術の動向等を常に把握し、それらの影響を検討し、必要に応じて適切に対応しているか。

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

- ・ 知的財産に関する戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 知的財産に関する取扱(実施者間の情報管理、秘密保持及び出願・活用ルールを含む)を整備し、かつ適切に運用しているか。
- ・ 国際標準化に関する事項を計画している場合、その戦略及び計画は妥当か。【該当しない場合、この条項を削除】

3. 研究開発成果について

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

- ・ 成果は、中間目標を達成しているか。
- ・ 中間目標未達成の場合、達成できなかった原因を明らかにして、解決の方針を明確にしているか。
- ・ 成果は、競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、汎用性等の顕著な成果がある場合、積極的に評価する。
- ・ 設定された目標以外の技術成果がある場合、積極的に評価する。

(2) 成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見通しはあるか。
- ・ 最終目標に向けて、課題とその解決の道筋は明確かつ妥当か。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表を、実用化・事業化の戦略に沿って適切に行っているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザーに向けて、成果を普及させる取組を実用化・事業化の戦略に

沿って適切に行っているか。

- ・ 一般に向けて、情報を発信しているか。

(4) 知的財産権等の確保に向けた取組

- ・ 知的財産権の出願・審査請求・登録等を、実用化・事業化の戦略に沿って国内外に適切に行っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項を計画している場合、その計画は順調に進捗しているか。

【該当しない場合、この条項を削除】

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合を除く】

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化・事業化の戦略は、明確かつ妥当か。
- ・ 想定する市場の規模・成長性等から、経済効果等を期待できるか。

(2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

- ・ 実用化・事業化に取り組む者について検討は進んでいるか。
- ・ 実用化・事業化の計画及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 実用化・事業化に向けての課題とその解決方針は明確か。
- ・ 想定する製品・サービス等は、市場ニーズ・ユーザーニーズに合致する見通しがあるか。
- ・ 競合する製品・サービス等と比較して性能面・コスト面等で優位を確保する見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて 【基礎的・基盤的研究開発の場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 成果の実用化の戦略は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・ 実用化に向けて、課題及びマイルストーンの検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 想定する製品・サービス等に基づき、市場・技術動向等の把握は進んでいるか。
- ・ 顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

【基礎的・基盤的研究開発の場合のうち、知的基盤・標準整備等を目標としている場合】

(1) 成果の実用化に向けた戦略

- ・ 知的基盤・標準の整備及び活用の計画は、明確かつ妥当か。

(2) 成果の実用化に向けた具体的取組

- ・ 知的基盤・標準を供給・維持するための体制の検討は進んでいるか。

(3) 成果の実用化の見通し

- ・ 整備する知的基盤・標準について、利用の見通しはあるか。
- ・ 顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)を期待できる場合、積極的に評価する。

参考資料 3 評価結果の反映について

「再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発プロジェクト」（中間評価）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>① エネルギー利用を取り巻く境界条件が大きく変わった現在においては、これまで実施済みのプロジェクトまで含めて、再生可能エネルギー熱利用における課題と必要な熱利用技術を改めて明確化し、その利用促進を図ることが重要と考える。</p> <p>② トータルシステムとしてランニングコストやイニシャルコスト削減の真の成果と課題、コストダウンの比較対象を整理し、2030年までのトータルコスト削減、投資回数年数の目標達成により再エネ熱利用拡大がどの程度進むのか、その道筋を明確にすることを期待する。また、欧米とも競合しうる技術開発を目指すのであれば、外国特許の出願を実施すべきであり、出願の支援をNEDOが行うことを検討頂きたい。</p> <p>③ 普及に向け、それぞれのプロジェクト間での連携が図れるように工夫し、最大の成果が得られるように協力していくことや、個別機器だけでなく、システム全体としての効果発揮のために、個別機器の効果の影響度を比率で表す等、見せ方を工夫することを期待する。</p>	<p>① 特になし</p> <p>② 各テーマでコスト削減の成果やコストダウンの比較対象等は設定されているが、フォーマットを統一することでデータの見える化を図る。見える化されたデータを用いて全テーマ参加の技術検討委員会にて議論することで、プロジェクトの最終目標への道筋を明確化させる。 特許について、個々の委託先では既にNEDOが定める知財マネジメント基本方針に沿って知財運営委員会等開催しているが、NEDOとしてはこれらの議事内容を収集し、適切に各プロジェクトの知財戦略にフィードバックすることと、その実施方法を明確化することで出願の支援に努める。</p> <p>③ 既に委託先のテーマ間で実証データの共有を図っているが、テーマ間連携の活発化による成果の最大化が図れるようNEDOからの働きかけを行う。個別機器の効果の影響度等について、前述したデータの見える化を図ることで万人が理解しやすいように努める。</p>

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>④ 研究成果のオリジナリティは基本的に特許であり、最終的には、テーマ数以上の特許出願が望まれる。</p> <p>⑤ 実用化・事業化計画の具体的内容を示せる様に、今まで再生可能エネルギー熱の普及を遅らせてきたコスト以外の要因を明確化し、それらを乗り越えられる方向性を示して頂いた上で、空気を熱源とする従来のヒートポンプと比較して対抗できる性能やコストを明確にして頂きたい。</p> <p>⑥ シミュレーション技術に関しては、個別事業の中で開発が進められているが、事業を横断できトータルとしての活用が進むような体制を作ることが肝要であり、シミュレーションを活用したデータベース等の構築を加速し、再生可能エネルギー熱が有効利用できる地域等を明確化することを期待する。</p> <p>⑦ 太陽熱や雪氷冷熱、下水熱などその他の未利用エネルギーとの組合せによる効率化が要求されると考えられるため、再エネ熱全体に精通した人材の養成も検討して頂きたい。</p>	<p>④ 前述した知財運営委員会等の議事内容の収集により委託先及び NEDO 間で知財戦略の認識を共有しつつ、NEDO からの特許や実用新案等の出願申請を促す。</p> <p>⑤ 昨年度までの調査委託業務により、再エネ熱利用の普及拡大課題を明確化しているが、今年度の調査委託業務により普及拡大課題を更に精査し、課題解決の方向性を調査する予定である。性能比較について、前述したデータの見える化に盛り込んでいく。</p> <p>⑥ 前述の通り委託先(共通基盤技術開発)のテーマ間で実証データの共有を図っている。また、2テーマで扱う設計ツールは異なるが、それぞれのメリット・デメリットを明確化することにより、地域等の特性に合わせたツールの活用を促すことで活用の拡大を図る。これまでも共通基盤技術開発に関する全ての委託先と有識者によるワーキンググループを実施している。2022年2月開催予定のワーキンググループにて、指摘された技術の活用促進体制を議論する。</p> <p>⑦ 再生可能エネルギー世界展示会や地熱学会等を活用し積極的な広報に努めてきたが、今後も同取り組みを継続し、認知度向上に努め、ひいてはインテグレーター育成に繋げていく。</p>

本研究評価委員会報告は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

NEDO 評価部

部長 森嶋 誠治

担当 塚越 郁夫

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(https://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミューザ川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5160 FAX 044-520-5162