

(1)事業概要

①【事業概要】

帯水層蓄熱(ATES)を利用した冷暖房システムや消融雪システムは、CO2排出量削減効果や省エネルギー効果が高いほか、空調排熱を激減させることから高いヒートアイランド抑制効果があることが認められている優れた技術である。しかし、本技術は欧米各国では広く普及しているものの、日本では厳しい地下水揚水規制や、地下水注入の問題などを踏まえ、汎用性を高めるための技術開発に取り組みATES利用システムを日本全国に広く普及させることによって、日本のCO2排出量を大幅に削減することを最終目的とする。

②【期待されるCO2削減効果】

(試算方法パターン A-a, II - ii)

全国の法人が所有する建物に弊社本社屋と同規模の帯水層蓄熱冷暖房システムを導入したとすれば以下の試算ができる。

法人所有建物の床面積 $1,715 \text{ km}^2 \times 18.5\text{t}/800\text{m}^2/\text{年} = \text{約}3,950\text{万t}/\text{年}$
 [法人所有建物の床面積 $1,715 \text{ km}^2$: "平成20年 法人建物調査"国土交通省 土地・水資源局 編]
 また全国の官公庁施設に導入した場合は以下の通りである。前記の資料には官公庁の床面積については記述がないため、総務省統計局の"平成18年国勢調査"から引用したデータから以下のように導いた。

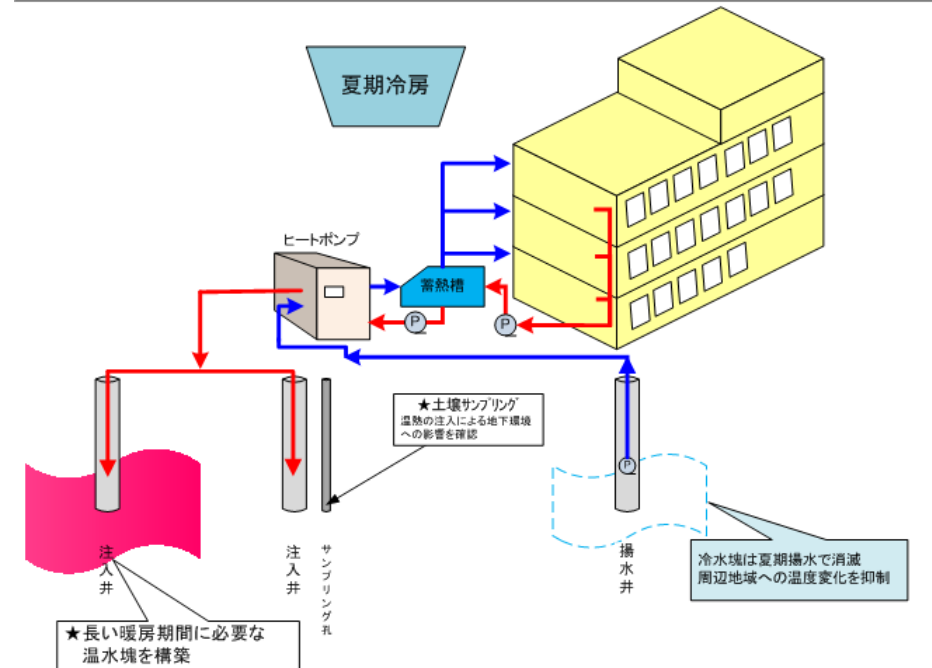
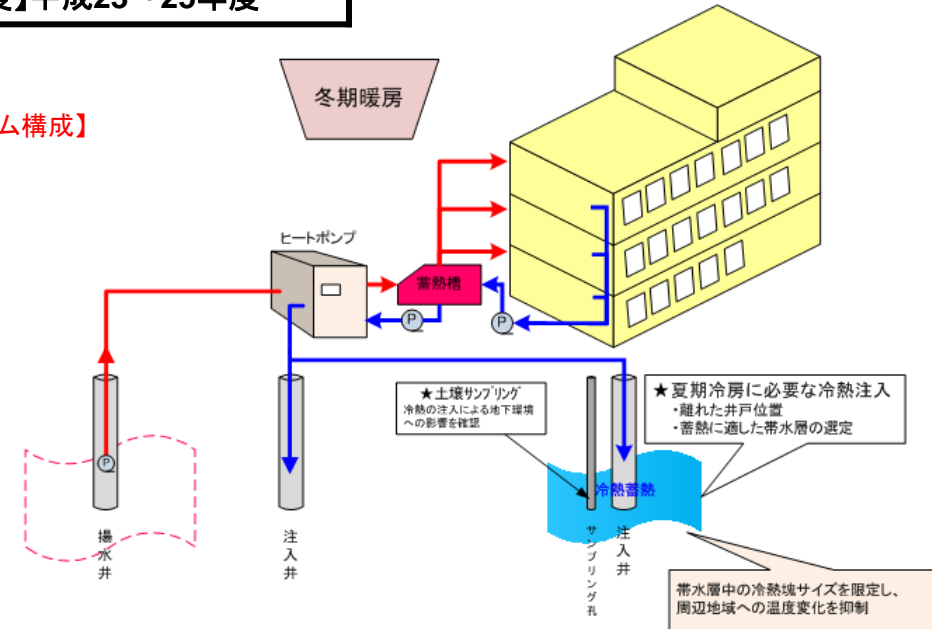
官公庁職員数 $5,556,333\text{人} \times 24\text{m}^2/\text{人} \times 18.5\text{t}/800\text{m}^2 = \text{約}310\text{万t}/\text{年}$
 [24m²/人: 岡山市を除く政令指定都市17市の市役所(本庁舎・分庁舎)の職員一人当たりの延べ床面積平均値]

以上、日本国内の官民併せた全事業所のうち年間300箇所を導入したとすると2020年には5,550tのCO2排出量を削減することができることになる。

③【技術開発の詳細】

- (1)日本国内の複雑な地層構成でもスピーディーな掘削ができるよう、弊社が2基保有している特殊振動工法掘削機ソニックドリルを活用し、高速掘削技術を確認して井戸設置費を抑制し、帯水層蓄熱冷暖房システム導入時のICの低減を図る。
- (2)確実に地下水を帯水層に注入するための技術開発を目的として、新たに揚水井・注入井を掘削し、最適な注入方法確立に向けた実証試験を行う。
- (3)ATESを利用することによる地下環境への影響が未解明であることから、帯水層の水質分析と微生物分析を行って帯水層蓄熱冷暖房システムによる地下環境への影響を検証する。また冬期暖房期間が長い東北地方では、冬期に蓄熱される冷水塊が夏期の温水塊よりも卓越することから、冬期の冷水塊と夏期の温水塊の蓄熱規模を、実際の冷暖房に利用できる規模に抑制することができるシステム・制御技術を開発する。
- (4)帯水層蓄熱冷暖房システム導入にあたっては、井戸を設置するとともにヒートポンプを導入することでICが高くなることから、事前に帯水層蓄熱冷暖房システムの適応可能地域を判定する評価手法を確立するとともに、東北を代表する山形盆地、秋田平野、仙台平野の適応可能地域マップを作成する。

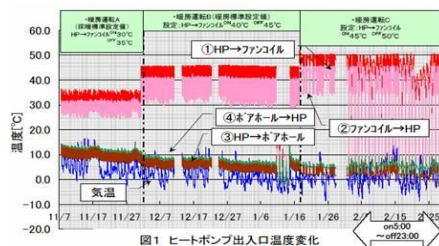
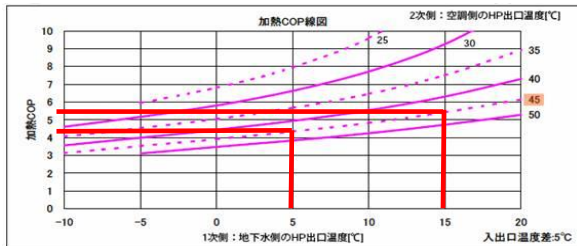
④【システム構成】



(2)事業の必要性

①【技術的意義】

〇ATESの類似システムである地中熱(BHES)ヒートポンプ冷暖房システムは大規模施設に導入する場合、ポアホール孔数が多く必要となり、コスト面が課題とされている。帯水層蓄熱冷暖房システムの実用化が図られれば、この欠点を解決可能であり、しかも高効率のシステム構築が可能となり、CO2削減効果も大きくなる。暖房でのメーカーカタログ(下図)の性能をみれば、地中熱利用でのヒートポンプ入口温度は5℃前後であり、地下水熱利用では15℃前後であることから空調への送り温度45℃でのヒートポンプ単体COPは4.3から5.3に向上できることになる。単純に空調面積800m²の建物に冷暖房負荷150W/m²で計画すると地中熱では採熱量50W/m²で100mのポアホールが18孔必要となるが、地下水利用では300L/minを確保すれば良く、通常井戸1孔で賄えることになり、1孔からの熱出力の違いが判る。



(ゼネラルヒートポンプ工業(株)資料に一部加筆)

(弊社BHESシステム実用実験データ)

- 〇帯水層蓄熱冷暖房システムの適応可能地域マップはシステム設計の規格化・省力化に非常に有効であり、設計・施工のマニュアル化や汎用設計ツールの開発が期待され、今後の普及の推進となる。
- 〇掘削コストの低減や地下環境への悪影響を及ぼさない注入方法の確立は、システムの普及を加速させることになる。

②【社会的意義】

〇わが国のCO2総排出量の18.4%(2005年)を占める業務その他分野は、その内36%が冷暖房からの排出であり、冷暖房は大規模施設が対象となっており、高効率の帯水層蓄熱冷暖房システムによるCO2削減の余地が大きく残されている分野であると考えられる。本事業により検証、確立される技術は、業務その他分野において大きな削減効果を生むと試算することができ、大きな社会的必要性を有していると考えられる。また、近年注目を集めてきているBHES地中熱利用ヒートポンプ冷暖房システムが家庭部門での実績が増えてくれば、家庭用の水熱源ヒートポンプの開発も加速され、性能の向上が期待される。この家庭用の水熱源ヒートポンプは地下水熱利用でも利用可能であり、帯水層蓄熱冷暖房システムの家庭分野への進出も十分に考えられる。家庭分野はCO2総排出量の13.5%(2005年)を占め、その内冷暖房からの排出は33%あり、更なる削減効果が期待される。

〇帯水層蓄熱冷暖房システムが省エネでCO2削減効果が極めて高いことが本事業で実証されれば、省エネ建築物のための環境対策ガイドライン等に採択されることが期待される。さらには、本業務の地下環境アセスメントにおいてシステム稼働による地下環境への影響がないことを明確にできれば、都市部中心の地下水揚水規制地域で活用できる省エネ対策技術として認定・普及させることも可能と考える。

(3)事業の効率性

①【実施体制】

技術開発代表者

日本地下水開発(株)

(研究総括)
帯水層蓄熱システムの開発実績あり。
地下水利用還元方式無散水消費分野について25年間の業務実績。

共同実施者

九州大学大学院
工学研究院
准教授 藤井 光

(帯水層蓄熱冷暖房システムの地下環境への影響評価とその低減のための技術開発)

共同実施者

独立行政法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
地下水研究グループ
主任研究員 内田 洋平
研究員 吉岡 真弓

(数値シミュレーション・地中熱ポテンシャル解析)

再委託

ヒートポンプメーカー

(連携関係の構築、メンテナンス技術や体制も考慮)

②【実施計画】

	H23年度	H24年度	H25年度
帯水層蓄熱冷暖房システムの地下環境への影響低減のための技術開発	54,052,328円	15,610千円	8,732千円
環境影響評価	7,140,000円	4,160千円	1,200千円
システム設置適地マップ作成	9,280,091円	7,624千円	6,065千円
その他経費	27,800,920円	13,709千円	11,452千円
合計	98,273,339円	41,103千円	27,449千円

(4)事業の有効性

①【目標設定・達成可能性】

○過去の実績

- ・1983年から本社社屋(800m²)にて帯水層蓄熱冷暖房システムが稼働
- ・2009年度(平成21年度)環境省「クールシティ推進事業[地下水等活用型・地中熱利用型] 帯水層蓄熱による地下水利用ヒートポンプ冷暖房実証事業」に採択される実証事業における性能検証
ヒートポンプ単体COP 3.1
熱源(ヒートポンプ+水中モーターポンプ)システムCOP 2.8
空調(ヒートポンプ+水中モーターポンプ+循環ポンプ+ファンコイル)システムCOP 2.1

○最終的な目標:

- ・設備更新による熱源システムの性能検証

【性能目標】

- ヒートポンプ単体COP 5
- 熱源システムCOP 4
- 空調(ヒートポンプ+水中モーターポンプ+循環ポンプ+ファンコイル)システムCOP 3
- 800m²当たりのCO₂削減量: 18.5t/年(従来型の同様システム: 47.6t/年)
- ・井戸掘削技術の向上による低コスト化
掘削コスト低減: 24,000円/m(従来型ロータリー方式: 50,000円/m)

②【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

- ・2013年までに、特殊振動工法掘削機活用により井戸設置費の低コスト化を実現し帯水層蓄熱冷暖房システム導入時のICの低減を図る。
- ・2013年までに、地下環境への影響をなくす最適な注入方法を確立。
- ・2013年までに、ランニングコスト低減のため、帯水層蓄熱冷暖房システムの適切な制御を確立。
- ・2015年を目処として、設計・施工マニュアルを作成し、公共施設へのモデル事業等を中心に帯水層蓄熱冷暖房システムの導入を図る。

○事業展開における普及の見込み(～2020年)

実用化段階単純償却年: 4年程度(従来型システムとのコスト差額+200万円)

- ・800m²の空調を基本検討

従来型の空調システムとのランニングコスト差額 50万円/年

従来型ロータリー方式による井戸掘削時の差額 860万円/年(単純償却年17年)を特殊振動工法掘削機活用により従来システムとの差額 200万円/年(単純償却年4年)となる。

年度	2016	2017	2018	2019	2020
目標導入箇所 (800m ² /ユニット)	10	50	100	200	300
CO ₂ 削減量 (t-CO ₂ /年)	185	925	1,850	3,700	5,550

(5)事業終了後の展開

○地下環境アセスメント

3ヶ年度にわたる本技術開発事業では、帯水層蓄熱冷暖房システムの実証施設における稼働データから、稼働に伴う地下水水温の変化が±5℃程度の範囲内であれば地下環境への影響はないことを確認した。今回の実証施設は山形盆地と仙台平野という東北地域に設置したが、冷房期間よりも暖房期間が2倍以上長期となる地域特性があるため、地下帯水層には冷熱が卓越する結果となった。地下に注入する冷温熱の熱量バランスをとって温度変化の収支を合わせるには、夏期の注入温熱を何らかの方法で更に高温にして注入することが考えられるが、地下環境への影響がどの程度の高温まで許容できるかについては、今後追加検討したいと考えている。

○イニシャルコスト低減

帯水層蓄熱冷暖房システムの普及阻害要因となっているイニシャルコストの低減に関する取組結果からは、従来型のロータリー方式から特殊振動方式に切り替えることによって井戸設置経費をほぼ半減させることができた。本システムの主要機器であるヒートポンプに関しては、組み込まれる熱交換器の構造や仕様冷媒、制御方式などについてプロトタイプ機器による稼働結果から妥当性の確認を行い仕様の提案を行った。本技術開発事業では普及型ヒートポンプ完成までには至っていないことから、今回提案した仕様に基づき、より高性能な本システム専用ヒートポンプの開発に取り組みでいく予定である。ヒートポンプの価格については、年間100台程度の需要が見込めれば、高性能型機器でも単位出力当たり80,000円/kW程度(現状は90,000円/kW程度)の提供は可能と結論付けられた。以上のように井戸設置経費とヒートポンプ価格を合わせてイニシャルコストの一定の低減は実現できたが、本システム導入に係るイニシャルコスト低減は今後も継続的に取り組むべき課題として捉えており、本事業での取組内容以外の部分に関しても本システム全体として更に一段のコスト低減が実現できるよう取り組んでいく予定である。

○適地判定マップ

帯水層蓄熱冷暖房システムの適地判定マップについては、本技術開発事業では山形盆地、仙台平野、秋田平野の3地域について完成させることができた。今後は完成した適地判定マップを生かして、3地域内での導入・普及のための営業活動を強化していく予定である。適地判定マップについては、日本全国の地下水賦存地域について作成を進めたいと考えており、全国各地の各種地下情報を保有し、シミュレーション解析技術を有する産総研と連携しながら進めていくこととしている。

○地下水規制から評価される帯水層蓄熱冷暖房システムの適応性評価マップ全国版

本技術開発事業では、日本全国で制定されている地下水揚水規制に関して詳しく調査・分析し、規制内容から帯水層蓄熱冷暖房システムの適応性を評価して評価マップ全国版を完成させた。日本全国には352の地下水揚水規制が存在しており、関東平野、濃尾平野、大阪平野など本システム導入が事実上困難なほど厳しい地下水規制地域が存在することが明らかとなったほか、地下水規制から評価すると面積比で全国の85%超の地域に本システムは導入可能と判断された。今後は、このマップを本システム全国普及に向けて提案・営業の強力なツールとして利用していく予定である。さらに、今後日本各地での導入例が増加し、本システム稼働による地下環境への影響が無いことを明示できれば、これら地下水規制の緩和に結び付けることが可能ではないかと考えており、全国各地への普及と共に科学的な実証データの蓄積も進めたいと考えている。

CO₂排出削減対策技術開発評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 6.2点（10点満点中）

- 評価コメント

- 技術開発としては一定の成果が得られたと考える。
- 地下水温の変動による環境影響、地中熱ヒートポンプシステムの耐久性、及びメンテナンス手法について更なる精査を行うこと。
- 実用化に向けては、既存施設への適応は困難を伴うと思われるため、官庁施設等の新築着工動向を的確に押さえながら普及促進を図る等、普及拡大への積極的な努力を行うこと。