環境省
Ministry of the Environment

庁舎への地中熱導入モデル（案）の検討

2026年２月18日
作成：特定非営利活動法人地中熱利用促進協会

目次

1. はじめに
2. 政策的背景
3. 庁舎への地中熱導入の概要
4. 地中熱の利用方法
5. 地中熱の導入プロセス
6. 庁舎のコンセプトと地中熱との関連付け
7. 地中熱導入モデル
8. 導入判断のための参考情報
9. 参考図書・参考資料

1．はじめに

□ 本資料の目的

- ✓ 本資料は、自治体の庁舎に地中熱を導入した際、庁舎のどのような機能の強化に役立つかについて説明したものである。
- ✓ 本資料の利用者として、庁舎建築に関係する自治体職員、庁舎建築を提案する設計会社、ゼネコン、提案に関係する地中熱事業者を想定している。

□ 資料の概要

- ✓ 政策的背景として、地球温暖化対策計画、国土強靭化計画等について述べ、庁舎への地中熱の導入状況、地中熱の利用方法について説明する。
- ✓ 地中熱の庁舎への導入が、環境配慮、防災、維持経費の削減等の観点でどのように検討されるか説明する。
- ✓ より具体的な検討として、ZEBと防災拠点への地中熱導入について説明する。
- ✓ 地中熱導入の判断の参考になる、地中熱導入のベネフィットとリスクについて整理し、リスクの対処方法について説明する。

2．政策的背景　（1）地球温暖化対策と国土強靭化

■　庁舎の建築計画を策定するにあたり、参考となる国の政策を記載。
■　地球温暖化対策計画と国土強靭化計画で地域脱炭素と地域のレジリエンスを同時実現する。

地球温暖化対策計画

地球温暖化に伴う気候変動は、地球規模で対応する課題であり、日本はパリ協定に参加し、温室効果ガスの排出削減に努めている。温室効果ガスのうち、エネルギー起源のCO_2の占める割合が高く、部門別でみると業務部門における削減が遅れている。

国土強靭化計画

日本列島は風水害、地震災害に見舞われるリスクが大きく、防災は全国的な課題であるため、国土強靭化計画が作られている。
国土強靭化は、大規模自然災害から国民の生命・財産・暮らしを守り、サプライチェーンの確保等経済活動を含む社会の重要な機能を維持するための政策。
特に推進が必要とされる施策の中に地域防災力の強化があり、避難所等における自立分散型の電源・エネルギーシステムの構築が挙げられている。

地域脱炭素と地域レジリエンスの同時実現

国は第１次国土強靭化実施中期計画（2025年６月６日閣議決定）における「避難施設・防災拠点への再生可能エネルギー・蓄エネルギー・コージェネレーション等の災害・停電時にも活用可能な自立分散型エネルギー設備の導入推進対策」として、また地球温暖化対策計画（2025年２月18日閣議決定）に基づく取組として、地方公共団体における公共施設等への再生可能エネルギーの率先導入を実施することにより、地域のレジリエンス（災害等に対する強靭性の向上）と地域脱炭素化を同時実現する。

2．政策的背景　（2）環境基本計画

■　地中熱は、国の第六次環境基本計画、自治体の環境基本計画の中で利用推進が謳われている。

国の環境基本計画

第六次環境基本計画

自立分散・地域共生型の再生可能エネルギーの導入

地域の自然資本である再生可能エネルギーについては、太陽光発電、風力発電、 バイオマス資源を始めとして、同じく地域性の高い地熱発電、更には地域共生型の 浮体式洋上風力及び潮流発電、**再生可能エネルギー熱（太陽熱、地中熱、雪氷熱、 温泉熱、海水熱、河川熱、下水熱等）**や未利用廃熱等について、地域の自然や社会 と調和した形での最大限の活用を図ることで、エネルギーの地産地消モデル構築に よる自立・分散型の社会形成、レジリエンス強化に加え、地域外への移出を含めた 再生可能エネルギー関連事業による雇用創出や地域活性化、地域経済循環の拡大を 達成する。

自治体の環境基本計画

長野県環境基本計画

再生可能エネルギーの普及拡大

建築物の新築時に再生可能エネルギーの導入を検討するよう義務付ける「建築物再生可能エネルギー導入検討制度」などを活用し、地域の資源や特性を活かした熱利用**（太陽熱、バイオマス熱、地中熱、温泉熱、雪氷熱等）**の推進を図ります。

岐阜市環境基本計画

再生可能エネルギーの利用推進

本市の自然特性として、長い日照時間を活用した太陽光発電や、**豊かな地下水を活用した地中熱システム**を普及することが可能です。また、新エネルギーや先進事例の情報収集を行い、活用の可能性を検討していきます。 再生可能エネルギーの導入に際しては、エネルギーの地産地消を推進し、地域の社会経済への貢献や災害時の対応力の向上に資する方策を検討していきます。

2．政策的背景　（3）公共建築物の脱炭素化

■　国や地方自治体は、公共建築物のZEB化と地中熱等の再生可能エネルギーの導入を積極的に推進している。

国及び自治体の公共建築物脱炭素化の指針

政府がその事務及び事業に関し温室効果ガスの排出の削減等のため実行すべき措置について定める計画（政府実行計画）

再生可能エネルギーの最大限の導入に向けた取組

太陽光発電の更なる有効利用及び災害時のレジリエンス強化のため、蓄電池を積極的に導入する。 また、**地域や用地を問わず利用可能な地中熱や太陽熱**、循環型社会の形成に貢献するバイオマス熱、積雪地域に無尽蔵に存在する雪氷熱等の**再生可能エネルギー熱を使用する冷暖房設備や給湯設備等を可能な限り幅広く導入**する。

地球温暖化対策計画

建築物の省エネルギー化

規制強化のみならず、公共建築物における率先した取組を図るほか、**ZEBの実証や更なる普及拡大に向けた支援**等を講じていく。これらの取組を進める際には、地域防災計画、立地適正化計画等との整合性について配慮する。さらに、既存建築物の改修・建替の支援や省エネルギー性能表示などの省エネルギー対策を総合的に促進する。

省エネ再エネ建築物についての自治体の指針

省エネ再エネ東京仕様

本仕様は、「2030年までに2000年比で温室効果ガス排出量を30%、エネルギー消費量を38%削減」という目標達成に向けた率先的取組として、都有建築物の改築等において、**建築物の熱負荷の低減、最新の省エネ設備、多様な再エネ設備の導入等により、エネルギーの使用の合理化を図る**ことを目的とするものである。

福島県再エネ・省エネ推進建築物整備指針
福島県再エネ・省エネ推進建築物設計ガイドライン

本ガイドラインは、指針で定めた数値目標を達成するために、省エネルギー建材や設備システム、再生可能エネルギー設備の特長を整理すると共に、エネルギー消費性能計算の構成を紐解いた内容を加えています。また、県内15ヶ所の気象観測データや、**地中熱利用技術などの資料**を巻末にまとめています。

2．政策的背景　（4）グリーン購入法

■ グリーン購入法の基本方針の中に「地中熱利用システム」が新規追加された（2026年２月）。

グリーン購入法

- ✓ 正式名称は「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」。**国等の公的機関が率先して環境物品等の調達を推進する**とともに、環境物品等に関する適切な情報提供を促進することにより、需要の転換を図り、**持続的発展が可能な社会の構築を推進する**ことを目指している。
- ✓ グリーン購入法に基づく「環境物品等の調達の推進に関する基本方針」の変更についての閣議決定が2026年２月３日に行われ、**「地中熱利用システム」が新規追加**された。

【報道発表】
https://www.env.go.jp/press/press_02550.html

【グリーン購入法基本方針】
https://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-law/net/kihonhoushin.html

新たに追加された内容（地中熱利用システム）

地中熱利用システム

【判断の基準】
○地中熱（地下水熱を含む。）を利用する設備であり、暖気・冷気、温水・冷水、冷媒、不凍液等によって空気調和・給湯及び融雪を行うものであること。地中熱設備整備に際し、地下水熱利用を行う場合は、導入場所の地下水採取規制等を遵守の上、適切な設計及び運用を行うこと。

【配慮事項】
①地下水・地盤環境を継続的にモニタリング可能であること。
②地中熱利用ヒートポンプシステムの効率（成績係数）が高いこと。
③ライフサイクル全体における環境負荷の低減を考慮していること。
備考）　「地中熱（地下水熱を含む。）」とは、地中浅部の一年を通して温度が安定している地中（地下水を含む。）の熱を利用するものをいう。

3．庁舎への地中熱導入の概要　（1）庁舎の定義と分類

■　本資料では、公共施設の中で国および地方自治体の「庁舎」を対象に地中熱導入について述べる。

庁舎の定義

建築基準法上、「庁舎」は **行政機関の事務を処理するための建物** と定義される。

庁舎の分類と件数

【国関係の庁舎】

種別	件数
各省庁の庁舎（中央省庁・合同庁舎含む）	数十件
出先機関庁舎 （地方整備局・労働局・法務局等）	合同庁舎等を併せて全国で8,260
裁判所庁舎（最高裁・高裁・地裁・家裁等）	数百件
検察庁庁舎 （最高検察庁・高等・地方・区検察庁）	数百件
会計検査院庁舎	

【自治体関係の庁舎】

種別	件数
都道府県庁舎（都庁・県庁）	47
市区町村役所庁舎 （市役所・区役所・町村役場）	約1,700
消防庁舎（消防本部・消防署）	約1,700
警察庁舎（警察本部・警察署）	約1,000
税務庁舎（地方税務署・自治体税務課）	524
教育委員会庁舎（独立した建物を持つ場合）	約1,700
保健所庁舎（地域保健行政の拠点）	450
上下水道局庁舎（インフラ系の自治体施設）	

3．庁舎への地中熱導入の概要　（2）地中熱導入の概要

■ 環境省の「地中熱利用状況調査」で、庁舎等（公共施設を含む）への地中熱の導入状況が把握されている。

地中熱導入の概要

□ 導入件数の推移

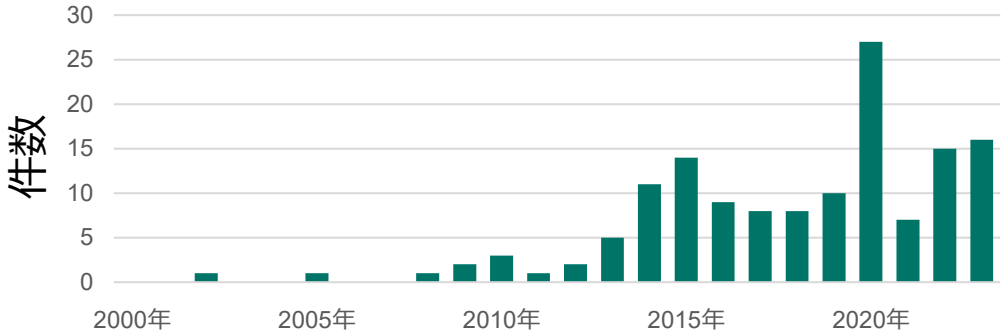
- ✓ 庁舎にはじめて地中熱ヒートポンプが導入されたのは、2002年の新地町役場。2010年以降、全国的に地中熱の導入が進む。
- ✓ 2023年現在、環境省の調査によると庁舎への導入は141か所。
- ✓ 国の庁舎では２件。（石巻合同庁舎、大阪第6合同庁舎）
- ✓ 県の庁舎では２件。（青森県庁、岐阜県庁）
- ✓ 市区町村の庁舎にきわめて多くの箇所で導入されており、脱炭素先行地域では、北海道上士幌町庁舎への地中熱導入計画が記載されている。

□ 設備容量

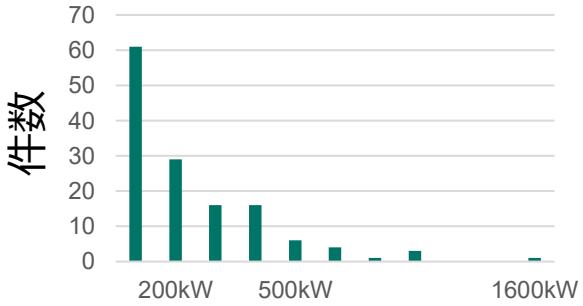
- ✓ 設備容量でみると200kW以下のものが多い。
- ✓ 設備容量が500kWを超える規模の地中熱ヒートポンプは７件。

（岩手県八幡平市庁舎、山形県酒田市庁舎、北海道浜中街庁舎、岩手県葛巻町庁舎、岐阜県庁舎、北海道砂川市庁舎、愛媛県西条市役所庁舎新館）

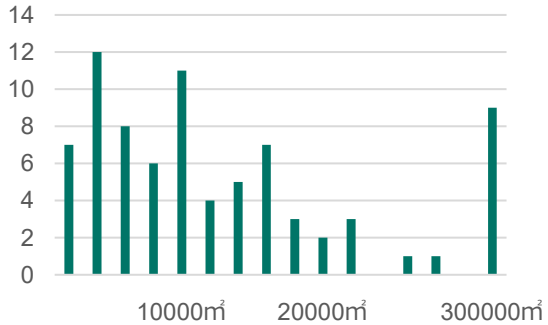
庁舎への地中熱導入状況



導入件数の推移（N=141）



ヒートポンプ設備容量（N=137）



延床面積（N=79）

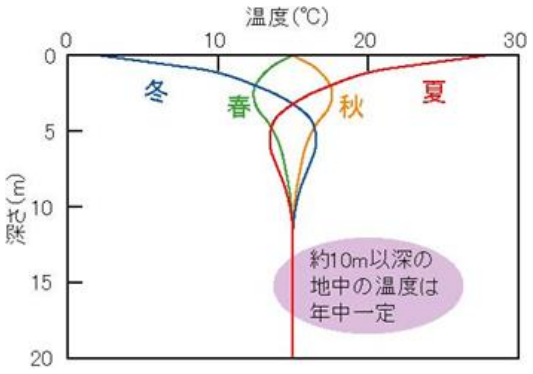
地中熱が導入されている庁舎の延床面積と地中熱ヒートポンプの設備容量のデータからみて、地中熱は庁舎の一部の空調負荷をカバーしている。

4．地中熱の利用方法　（1）地中熱とは

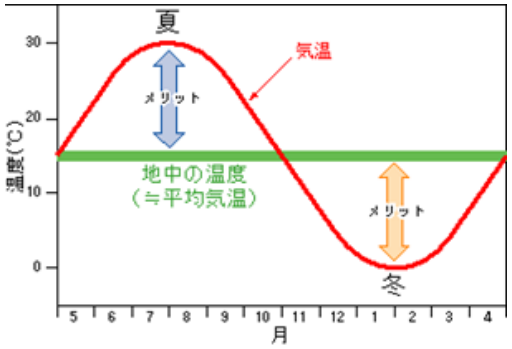
■　地中熱とは、安定的に利用できる再生可能エネルギーであり、様々な施設で冷暖房等に利用されている。

地中熱とは

- ✓ 地中熱は地殻の表層に蓄えられているエネルギーで、太陽熱に由来する再生可能エネルギーである。
- ✓ 地表から10mの深さの温度は年平均気温にほぼ等しく、その温度は年間通して一定であるので、気温と比較すると夏は冷たく冬は暖かい。
- ✓ この温度差を利用するのが地中熱利用であり、ヒートポンプの熱源として用いることで冷暖房を高効率に行うことができる。
- ✓ 地中熱はいつでもどこでも安定的に利用できる再生可能エネルギーであり、その利用によりヒートポンプの消費電力を削減できる省エネ効果が大きい。



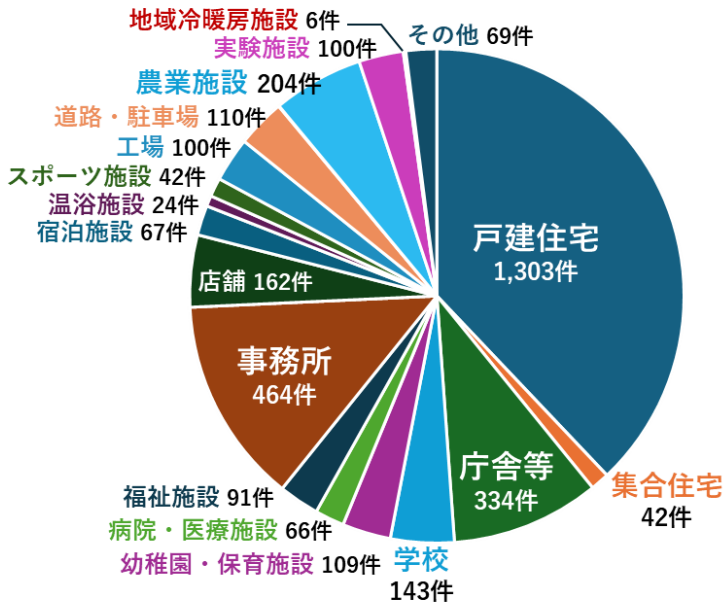
地中温度のイメージ



季節間の温度メリット

地中熱の導入施設

- ✓ 環境省で隔年で実施している**「地中熱利用状況調査」**によると、2023年度末時点で、地中熱ヒートポンプの導入件数全3,436件のうち**戸建住宅が1,303件（37.9%）**と最も多く、**事務所464件(13.5%)、庁舎等334件（9.7%）**と続く。



総数: 3,436件

施設別の地中熱ヒートポンプ導入件数（2023年度末）

4．地中熱の利用方法　（2）熱源の利用システム

■　地中熱の利用方法のうち、庁舎では、ヒートポンプシステム（冷暖房）と空気循環（換気）がよく利用されている。

庁舎での地中熱利用実績

【地中熱ヒートポンプ】

全141件中、131件が空調（３件は融雪を併用、１件は融雪と給湯を併用）、８件は融雪のみ。

【水循環】全17件中、融雪10件、空調７件。

【空気循環】全26件あり、換気での熱負荷低減に貢献。

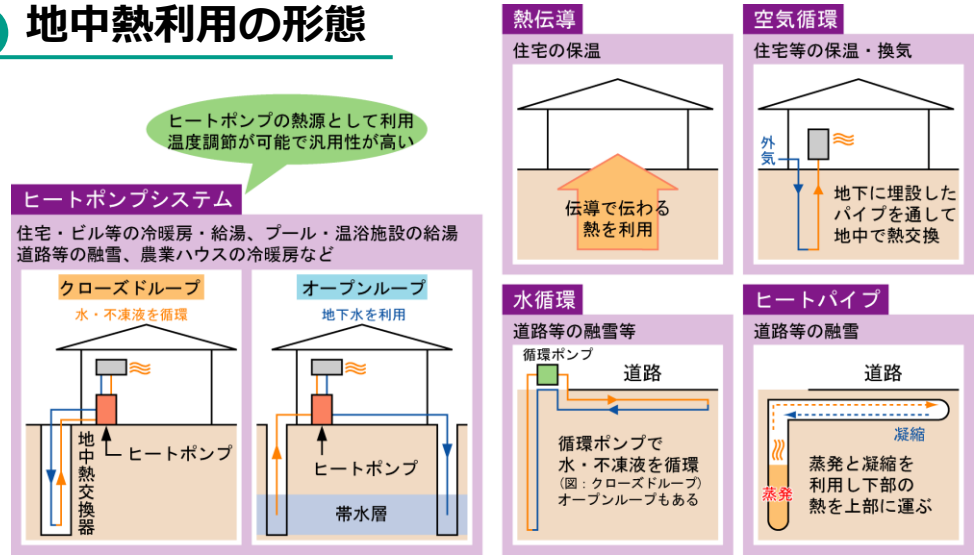
【ヒートパイプ】融雪用で１件実績あり。

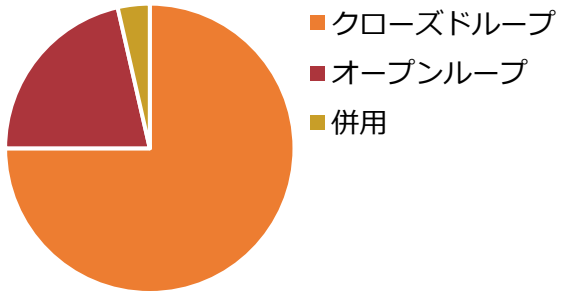
【熱伝導】庁舎での実績なし。

併用熱源等

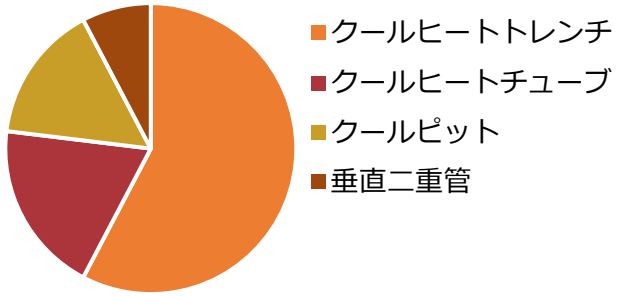
- ✓ 併用熱源は空気熱ヒートポンプ、吸収式冷温水機が一般的であるが、木質バイオマスや、太陽熱とのハイブリッドもある。
- ✓ 地下水を直接利用して冷房に用いた後、ヒートポンプの熱源として再度用いるカスケード利用の例がある。

地中熱利用の形態





地中熱ヒートポンプの熱交換方式（N=141）



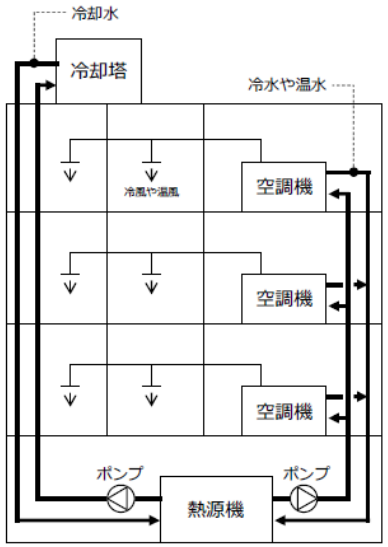
空気循環の熱交換方式（N=26）

4．地中熱の利用方法　（3）庁舎内の利用システム

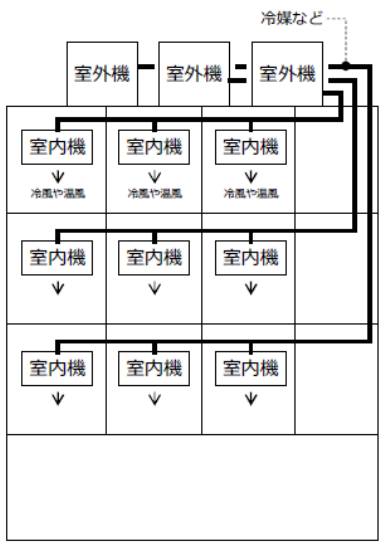
■　地中熱は庁舎内の空調システム、換気システムに組み込まれて利用されているほか、融雪での利用も多い。

庁舎の空調システム

- ✓ 冷温水配管による中央熱源方式が多く、地中熱ヒートポンプはその熱源機のひとつとして機能。
- ✓ 小規模な庁舎の場合は、個別分散方式。地中熱ビルマルチを利用。
- ✓ 庁舎内での空調ゾーニングでは、執務室等年間通して熱需要の大きなところに地中熱を利用しているケースがある。また、会議室等使用機会の少ないスペースには個別分散方式でのパッケージエアコン等が使われるケースがある。



中央熱源方式



個別分散方式

空調の室内機

- ✓ 天井カセット、床吹き出し、吹き出しタイプ等が一般的。
- ✓ 放射空調（輻射空調）のパネル、床暖房/床冷房は地中熱と組合せると効率的。
- ✓ デシカント空調では、地中熱は予冷と予熱に利用。

庁舎の換気システム

- ✓ 基本的には空調機に外気を取り入れたり、全熱交換器等、省エネ性の高いシステムを導入。
- ✓ クールヒートトレンチ等を用いた空気循環での地中熱利用は、庁舎内の換気システムに組み込まれている。
- ✓ 外調機（地中熱は熱源に利用）やデシカント空調の予冷にも利用。

融雪利用

- ✓ 積雪寒冷地においては、庁舎の入口付近、駐車場等の融雪に地中熱が利用されている。
- ✓ 利用方式は、ヒートポンプシステム、水循環、ヒートパイプがある。

4．地中熱の利用方法　（4）庁舎での導入事例

■　地中熱が最近導入された新庁舎の事例を紹介する。

導入事例

1．　三次市新庁舎（広島県）：
地中熱ヒートポンプから床吹き出し方式で執務室を空調。
温度ムラなく室内温度の一定に保つ。

2．　上杉分庁舎（仙台市）：
授乳室とバリアフリートイレの床暖房に地中熱ヒートポンプを利用。

3．　川上村新庁舎（長野県）：
空調に地中熱ヒートポンプによる放射式（輻射式）冷暖房を採用し、室内温度を均質化。主要居室の換気は全熱交換器。

4．　朝日村新庁舎（長野県）：
暖房を石油ファンヒーターから地中熱を熱源とする放射パネル（輻射パネル）に切り替え、執務環境を改善。

5．　五所川原市庁舎（青森県）：
駐車場（6,400㎡）の路面内に放熱管と敷設して、水循環方式の地中熱利用により融雪。

長野県朝日村新庁舎

5．地中熱の導入プロセス

■ 庁舎の計画から維持管理までのプロセスに関連付けて、地中熱の導入を検討する必要がある。

計画

自治体の基本政策

【環境基本計画】

・再エネの記述

（例）岐阜県環境基本計画

【建築物の指針】

・再エネ, 省エネの基準

（例）省エネ・再エネ東京仕様

庁舎の基本計画

【庁舎のコンセプト】

・市民サービス
・防災拠点
・環境性
・業務効率
・経済性
・耐久性
・地域性

庁舎の建築計画

- 建築計画では庁舎のコンセプトを実現する視点から地中熱導入の有効性について検討。特にZEB、防災の視点は地中熱に大きく関係する。
- 地中熱を導入するか年間の熱負荷から、導入規模を想定する。
- 地域性の検討：地質、地下水の状況、土地の制約から、オープン、クローズドの選択をし、設備規模を想定する。
- 地中熱の経済性について検討：補助金の活用を含め検討。
- 地中熱のベネフィット/リスクの整理。

設計

基本設計

庁舎に地中熱を導入するゾーンの熱負荷を求めるとともに、地中熱の採熱方法、その規模を求め、熱源システムの中に組込む。

実施設計

地中熱ヒートポンプシステムに関する設計図書の精度を上げる。

施工

施工

- 地中熱交換器の設置（クローズドループ）
- 揚水井、還元井の設置（オープンループ）
- 熱源機器設置と配管接続
- 試運転

維持管理

クローズドループの場合

- 地中熱交換器はほぼメンテナンスフリー。
- ヒートポンプのメンテナンスは空気熱源等と同様。

オープンループの場合

- 井戸の水質によるが井戸等のメンテナンスが必要な場合がある。

その他

- 地中熱利用設備の省エネ診断等を行い、運転の改善を図る。

関連会社：	設計会社・ゼネコン（地中熱関連会社の関与）	施工会社・ゼネコン（地中熱関連会社の関与）

6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（1）庁舎のコンセプト

■　庁舎建設の基本計画の中にある庁舎のコンセプトは、地域性はあるものの、その内容は多くの自治体でほぼ共通している。

自治体が庁舎の基本計画の中で策定したコンセプト

1．市民サービス
市民に親しまれる/市民に開かれた/人にやさしい

2．防災拠点
安全・安心/市民を守る/自然災害に対応できる/BCP

3．環境性（環境配慮、環境先進性）
脱炭素/環境共生/省エネ性/再エネ

4．業務効率
効率的な行政経営/業務効率

5．経済性
管理維持費が安価/ライフサイクルコスト

6．耐久性
長く使い続けられる/耐久性を考慮

7．地域性
地域性を生かす

8．セキュリティ

※庁舎のコンセプト（左欄）を整理する際に、庁舎基本計画等を参照した自治体

北海道大樹町、青森県平川市、
秋田県秋田市、秋田県仙北市、
宮城県南三陸町、千葉県千葉市、
神奈川県横浜市、神奈川県開成町、
山梨県富士川町、長野県朝日村、
福井県敦賀市、滋賀県高島市、
和歌山県新宮市、愛媛県松野町

ここでは地中熱を導入した自治体の庁舎基本計画を参照しているが、これらの自治体の基本計画に書かれている庁舎のコンセプトは、その他の多くの自治体のものと共通する内容が多い。

6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（2）室内環境　空調

■　外気温に左右されない地中熱利用は、猛暑日でも真冬日でも安定した省エネ空調で、快適な庁舎空間の実現に寄与する。

1．市民サービス
市民に親しまれる/市民に開かれた/人にやさしい

地中熱との関連付け

- ✓ **床吹き出し空調**等、**快適な庁舎空間をつくる空調**を効率的に実現する。
- ✓ 外気温に左右されない地中熱利用では、**猛暑日でも真冬日でも、安定した省エネ空調を実現**する。
- ✓ **放射空調（輻射空調）**ではより快適な庁舎空間が実現できる。放射空調と地中熱ヒートポンプの組合せでは、**放射空調の温度帯と地中熱源の温度帯が近い**ことから、通常の空調よりも**さらに省エネ効果が大きい**。

長野県朝日村新庁舎
放射空調パネルを設置し、快適な庁舎空間を実現している。

6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（3）防災拠点

■　地中熱利用システムは災害で壊れにくい設備であり、非常時にも省電力で稼働できる。

2．防災拠点
安全・安心/市民を守る/自然災害に対応できる/BCP

地中熱との関連付け

災害に強い設備：

- ✓ 地中熱ヒートポンプの熱源部分は地中に埋設されており、地震、風水害に強いので災害時も熱源として確保できる。
- ✓ 東日本大震災の時も事後に行われた調査で、PE100（ポリエチレン管）の熱交換器は無傷であった。一方、冷却塔は地震で破損する場合が多い。

省エネ性能：

- ✓ 非常時には限られた電源での設備機器の稼働となるので、省エネ性能の高い機器が有効であり、この点で地中熱ヒートポンプは適している。
- ✓ 空気熱源ヒートポンプに比べてピークカット効果があるので、より小さな自家発電設備容量で対応できる。

秋田県仙北市角館庁舎
防災機能を持ち、地中熱ヒートポンプで空調・融雪を実施。

6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（3）防災拠点

■　防災拠点の庁舎に地中熱が導入されている事例を紹介する。

地中熱を導入した災害拠点の庁舎

1．　南三陸町庁舎（広島県）：
災害時には非常用発電機を稼働させ、消費電力を抑えられる地中熱ヒートポンプで冷暖房を行い避難施設として機能。

2．　仙北市市役所角館庁舎（秋田県）：
事業継続型（BCP）庁舎として建設し、消費電力の少ない地中熱ヒートポンプで冷暖房と歩車道融雪を行う。

3．　飯綱町庁舎（長野県）：
地中熱ヒートポンプで庁舎の空調と駐車場の融雪を行う。防災機能としては受水槽、免震床、発電機を整備。

4．　江津市庁舎（島根県）：
非常用発電機で72時間の電力供給を確保し、省エネとなる地中熱ヒートポンプを用いた床吹き出し空調、床放射空調を行い、地域住民の一時避難所となる交流広場を確保。

愛媛県松野町新庁舎及び防災拠点施設
クールヒートピットで空調負荷を低減している。

6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（4）環境性

■　地中熱ヒートポンプの省エネ効果とCO_2排出量削減効果は高く、ヒートアイランド現象の緩和にも貢献する。

3．環境性（環境配慮、環境先進性）
脱炭素/環境共生/省エネ性/再エネ

地中熱との関連付け

省エネ効果：

✓　再生可能エネルギーを熱として使う地中熱利用は従来システムに比べて40%程度の省エネ効果があり、また、電力のピークカットに寄与できる。

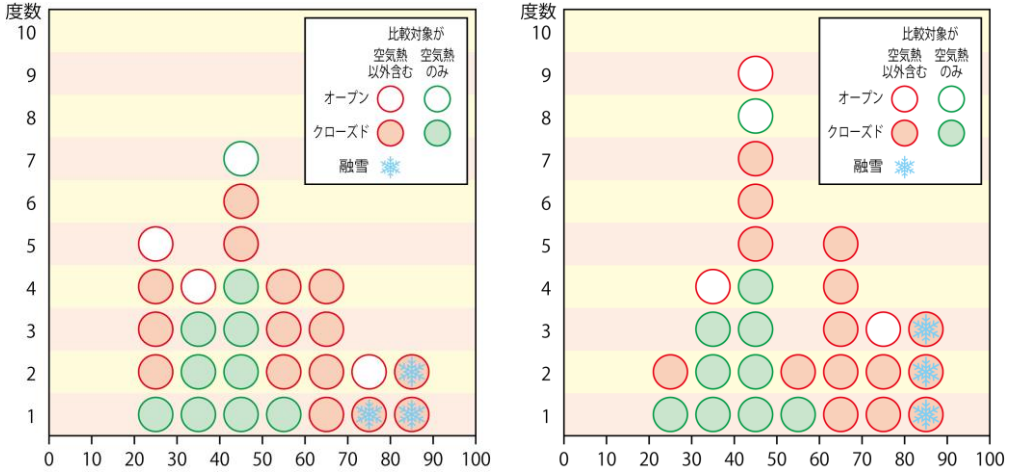
CO_2排出量削減効果：

✓　CO2排出量の削減効果も40%程度見込める。

ヒートアイランド現象の抑制効果：

✓　地中熱ヒートポンプでは、冷房排熱を外気に放出せず地中に蓄熱するので、周囲に熱を排出しない。

✓　冷房排熱は季節間蓄熱し、冬の暖房に使うことも可能。



省エネ効果　　**CO_2排出量削減効果**

実績データ（25事例）に基づく地中熱ヒートポンプの省エネ効果、CO_2排出量削減効果　（地中熱利用促進協会）

6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（4）環境性

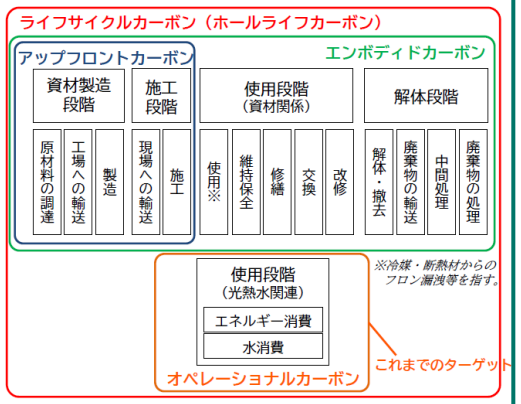
■　地中熱ヒートポンプはライフサイクルCO_2の削減効果も大きい。

3．環境性（環境配慮、環境先進性）
脱炭素/環境共生/省エネ性/再エネ

地中熱との関連付け

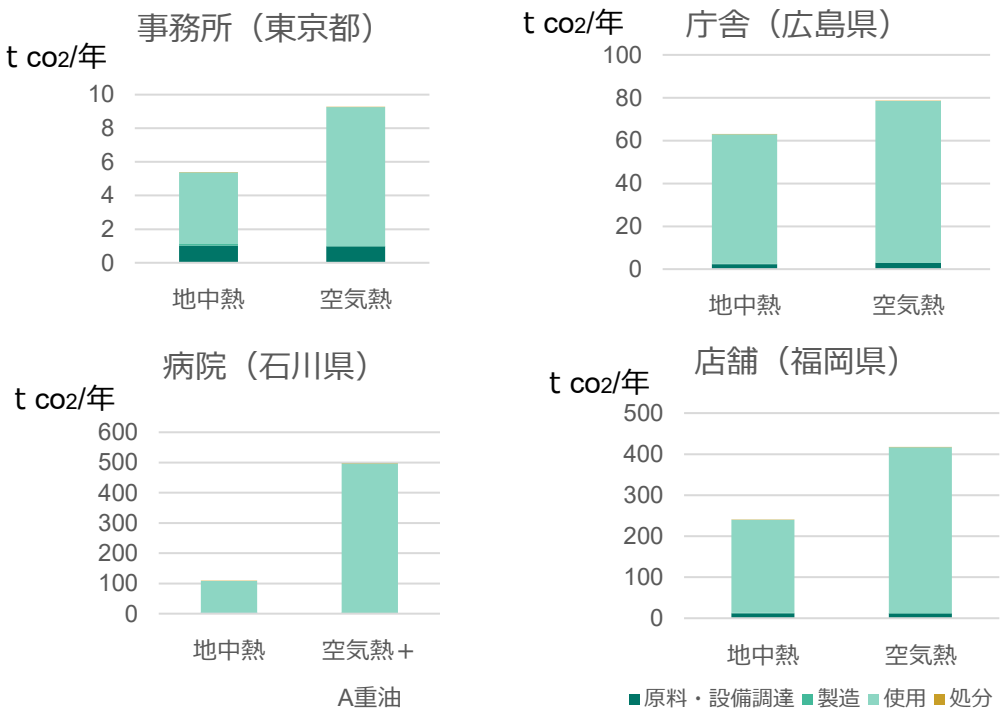
ライフサイクルCO_2の削減効果：

- ✓ 2028年から、**建築物のライフサイクルCO_2の届出**が義務付けられる。
- ✓ ライフサイクルCO_2排出量の評価は、使用時だけでなく、**製造から処分までのCO_2排出量**が算定される。
- ✓ 一方、空調の場合は**圧倒的に使用時での排出量が多い**ため、空気熱との比較では、これまでと大きく変わることはなく、**地中熱に優位性がある。**



グリーン購入法

✓地中熱利用システムは2026年2月から設備分野の品目に追加。



地中熱ヒートポンプのライフサイクルCO_2
（環境省のLCAガイドライン熱利用編に基づく評価）

地中熱を建物に導入し、空調として使用し、廃棄するプロセスでは、導入時と廃棄時に発生するCO_2は使用時に発生するCO_2に比べて少ない。特に規模の大きなシステムにおいては、使用段階におけるCO_2排出量の占める比率が高い。

6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（5）経済性

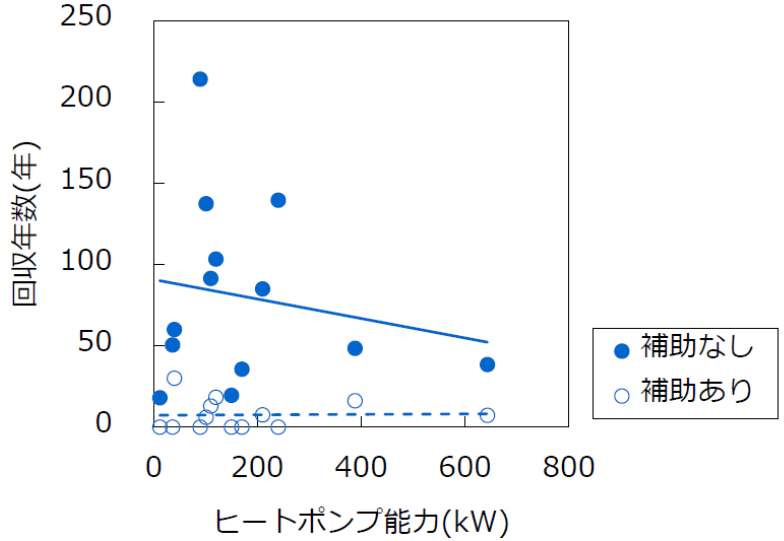
■　地中熱ヒートポンプは、省エネ性の高さからランニングコストの低減に効果がある。

5．経済性
管理維持費が安価/ライフサイクルコスト

地中熱との関連付け

- ✓ 地中熱利用システムは従来型のシステムに比べイニシャルコストが高いものの、**稼働時での電気代を低く抑えられる**。
- ✓ **電力のピークカット効果**があるので、デマンドを抑えられ、**電力の基本料金を下げる**効果がある。
- ✓ イニシャルコストが高額であるため、投資回収年数は補助金を用いても10年を超える場合もあるが、庁舎のように長く使用する建物の場合は長期的に見るとコスト回収できる場合もある。
- ✓ 地中熱の経済性評価は、比較対象となる従来型の空調システム（たとえば空気熱源ヒートポンプ）を代替して導入した時の**投資回収年数**で行うことができる（右図を参照）。

$$\text{投資回収年数} = \frac{\text{地中熱方式の工事費(円)} - \text{従来方式の工事費(円)}}{\text{従来方式の運転費(円/年)} - \text{地中熱方式の運転費(円/年)}}$$



クローズドループの経済性

2023年NEDO再エネ熱シンポジウムでの発表資料
（ミサワ環境技術株式会社のデータ）

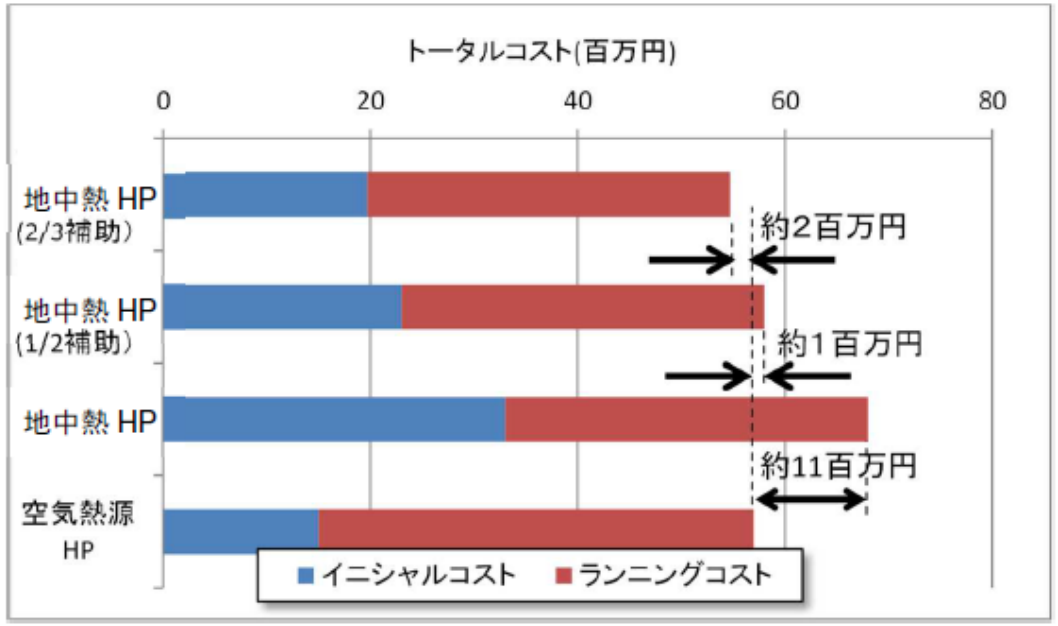
6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（5）経済性

■ 「地中熱利用にあたってのガイドライン（第４版）」では地中熱ヒートポンプのトータルコストを試算している。

トータルコストの試算

- ✓ 比較的温暖な地域で、稼働率の高い公共施設（病院等）や民間施設（店舗等）に導入した場合の試算例では、公的機関等の補助（補助割合1/2 または2/3）を受けると、15 年間の冷暖房のトータルコストが空気熱源ヒートポンプと概ね同程度となる。
- ✓ イニシャルコストと15 年間のランニングコストを合わせても、施工方法の工夫（例：基礎杭を利用した熱交換方式等）や助成制度の活用によってイニシャルコストを低減させることにより、空気熱源ヒートポンプよりも省コストとなる場合がある。

＜試算条件＞
地中熱利用ヒートポンプシステム
　暖房出力45 kW
　冷房出力40 kW
地中熱交換器
　ダブルU チューブ100 mX6 本
建物供用時間：24 時間/日（全日）



稼働率の高い公共施設の冷暖房における
トータルコストの試算例

注１：補助率1/2、2/3 でイニシャルコストが1/2、2/3 になっていないのは、補助の対象とならない室内機等の費用が含まれることと、本事例が既存建物の設備更新によるものであり、補助の対象とならない既設撤去費用が含まれるため。
注２：モニタリング機器費用は含まれていない。

出典：環境省「地中熱利用にあたってのガイドライン（第４版）」

6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（6）耐久性

■　長く使い続ける庁舎には、長寿命の地中熱交換器が適している。

6．耐久性
長く使い続けられる/耐久性を考慮

地中熱との関連付け

- ✓ 地中熱交換器は**高密度ポリエチレン（PE100）**でできており、**耐久性（長寿命：50年以上）**のある製品である。
- ✓ 埋設された熱交換器は地震の際には**地盤とともに振動**し、また、地中部分の配管接続は**電気融着**で行われているため、**破壊したり外れたりすることがない**。
- ✓ **東日本大震災の後**で、被災地の調査を行った結果、**破壊された地中熱交換器**はなかった。
- ✓ 庁舎が海岸近くにある場合、地中熱ヒートポンプシステムでは、外置きの室外機がないため、**塩害によるシステムの劣化を回避**できる。

高密度ポリエチレン製の地中熱交換器
（水平方式）

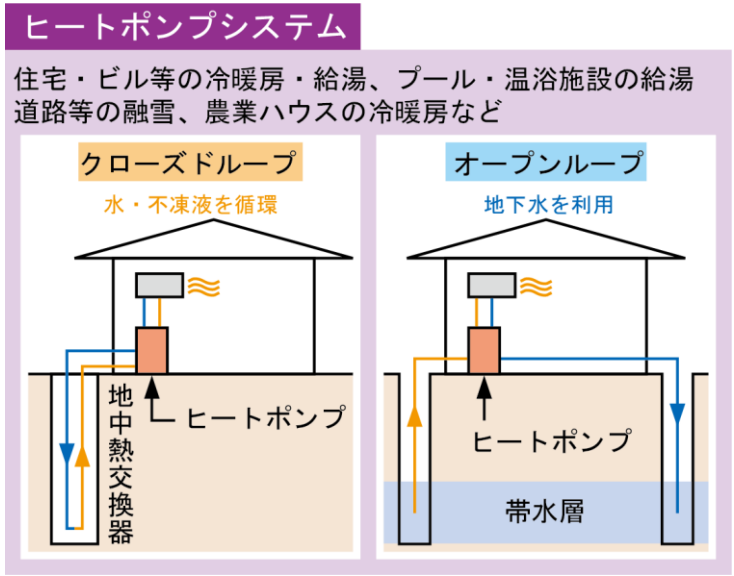
6．庁舎のコンセプトと地中熱の関連付け　（7）地域性

■ 地下水が豊かな地域では、地下水を直接利用する地中熱利用（オープンループ）ができる。

7．地域性
地域性を生かす

地中熱との関連付け

- ✓ 地中熱交換器を埋設するクローズドループは、全国どこでも利用可能であるが、地下水を利用する**オープンループ**は、導入できる地域が、自然的条件、社会的条件により制約を受ける。
- ✓ 庁舎が河川の扇状地等、**地下水が豊富な地域に位置する場合**や**地下に有望な帯水層がある場合**は、地下水を使うオープンループでの地中熱利用ができる。
- ✓ 一方、ビル用水法や条例等で**揚水規制**がある場合は利用が制限される。



クローズドループ
（地中の熱のみを利用）

- 地中熱交換器のメンテナンスはほぼ不要
- 地下水が無い・使えない場所でも利用可能
- 水平方式や基礎杭方式等、場所に応じた採熱方法を選択可能

オープンループ
（地下水を利用）

- 地下水を直接利用するため熱効率が高い
- 掘削数が少なくて済み初期コストが抑えられる
- 井戸の施工方法を工夫して目詰まりを防ぐ事例も増加

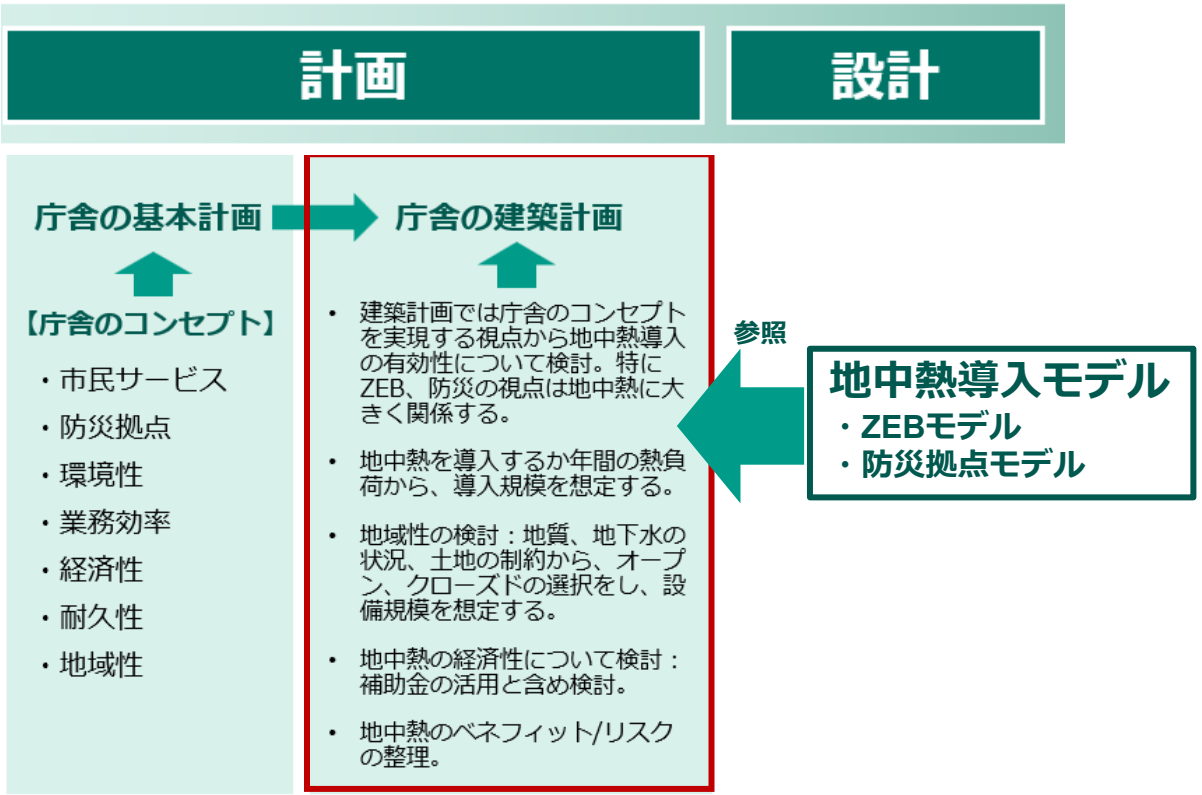
7．地中熱導入モデル （1）導入モデルの考え方

■ 庁舎のコンセプトの中で地中熱導入により実現できるものの具体的なイメージを導入モデルとして表現した。

導入モデルとは

- ✓ 地中熱を導入した際のメリットや留意事項等を一般化したものとして、庁舎に求められる機能として挙げられる**「ZEB」**と**「防災拠点」**をコンセプトとした地中熱導入の内容を**「導入モデル」**として提示する。
- ✓ ZEBのモデルにおいては、ZEBの性能を達成しつつ、庁舎の主要なコンセプトに地中熱が対応できるモデルを作成している。一方、防災拠点に関しては、防災機能に特化した内容を中心に地中熱の有効性を示した。
- ✓ 導入モデルと併せて、ZEBに地中熱を導入している庁舎と、防災拠点に地中熱を導入している庁舎の事例を示す。近年竣工した庁舎の中には、**ZEBと防災拠点の両方の性能・機能を併せ持つ庁舎**もある。
- ✓ 本導入モデルは、気候条件の違いに関わらず共通する内容のものを主に提示し、気候条件の違いにより考慮すべき内容（積雪地における地中熱による融雪機能等）については概要に触れるのみとしている。

導入プロセスの中での地中熱導入モデルの役割

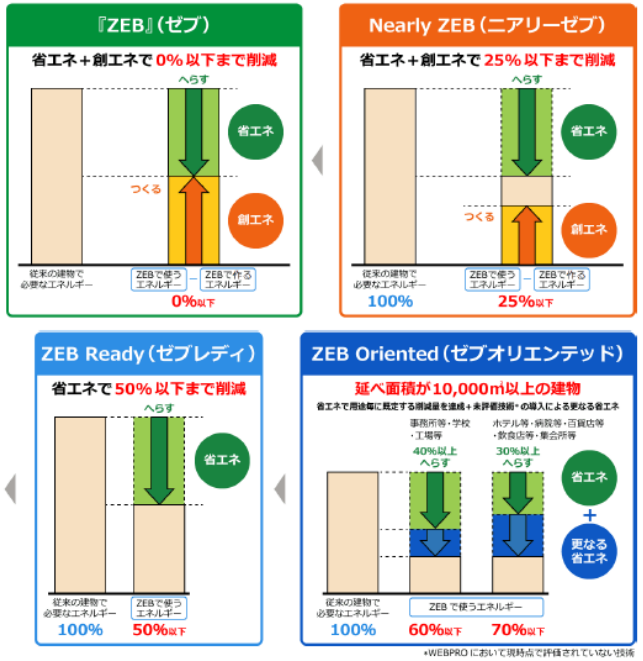


7．地中熱導入モデル （2）ZEBへの導入モデル

■ ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビルディング）は、環境性を考えるうえで必要不可欠な概念である。

ZEBとは

- ✓ **ネット・ゼロ・エネルギー・ビルディング**の略称で、建物における**年間の一次エネルギー消費量を正味ゼロ**にすることを目指した建築物。
- ✓ 削減比率により、100%の省エネが実現できているものを『**ZEB**』、75%のものを **Nearly ZEB**、50%のものを **ZEB Ready** とランク付け。
- ✓ 1万平米以上の建築物の場合、30%の省エネが実現できている場合、**ZEB Oriented**と呼ぶ。



ZEB の定義（環境省 HP より）

ZEBを庁舎の導入モデルにする重要性

- ✓ 国の地球温暖化対策計画では建築物の省エネルギー化について、公共建築物における率先した取組が求められている。ほとんどの自治体において、庁舎のコンセプトの中に書かれている省エネを含めた環境配慮の建物で目標となるのがZEBである。
- ✓ 庁舎のコンセプトとZEBとの関係を具体的にみると、
  - ・快適な職場環境は高い断熱性の庁舎、つまりZEBで実現可能
  - ・BCPの実現にあたってZEBが有利
  - ・庁舎の環境性として、省エネ・再エネを最大限導入することが求められている。
  - ・ZEBでの省エネ整備は、庁舎の維持経費を低減する。

7．地中熱導入モデル （2）ZEBへの導入モデル

■ ZEBを実現した庁舎の中で地中熱を導入している庁舎は約4割。

地中熱を導入したZEB庁舎の事例

【『ZEB』】
庁舎では該当無し。

【Nearly ZEB】
須賀川土木事務所庁舎、開成町新庁舎、
松野町新庁舎及び防災拠点施設

【ZEB Ready】
高島市役所庁舎、美幌町役場新庁舎、大樹町役場庁舎、
平川市新本庁舎、千葉市新庁舎、横浜市庁舎、敦賀市庁舎
富士川町新庁舎、京都市役所分庁舎、秋田市新庁舎
八潮市役所新庁舎

【ZEB Oriented】
大阪第6地方合同庁舎、北見市新庁舎、
京都市上下水道局総合庁舎

滋賀県高島市役所庁舎
地中熱等を導入し、ZEB Readyを達成。

7．地中熱導入モデル （2）ZEBへの導入モデル

■ 地中熱は、主に空調（地中熱ヒートポンプ）と換気（クールヒートトレンチ等）用途でZEBに寄与する。

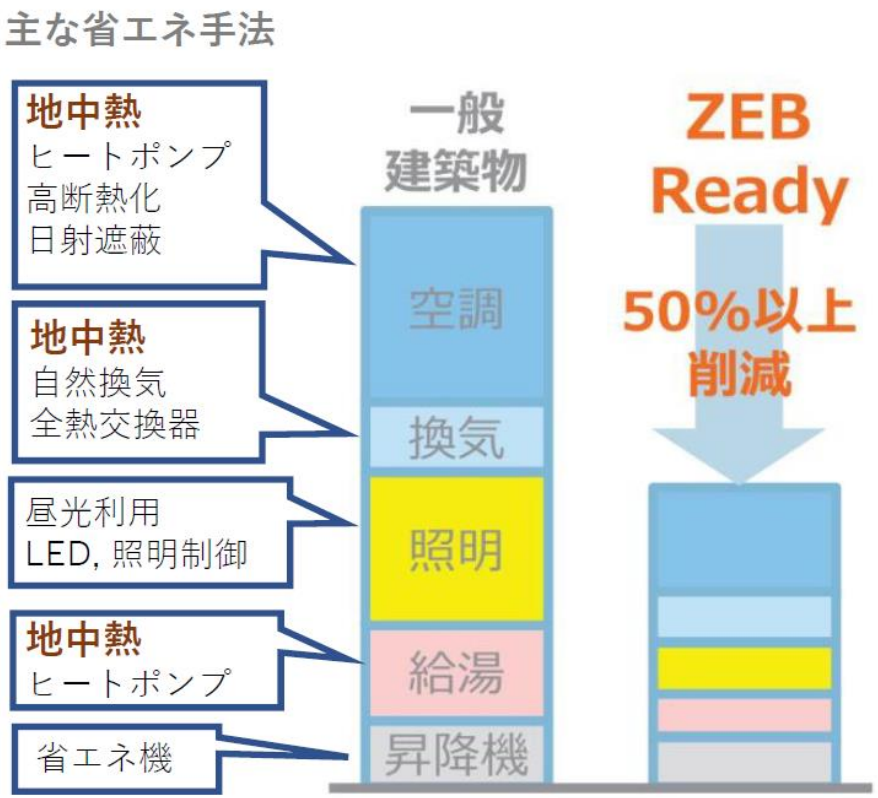
ZEBへの地中熱の寄与

✓ **省エネ性の高い地中熱ヒートポンプ**を導入することは、ZEBの実現に向けてきわめて効果的である。

庁舎のエネルギー構成：
庁舎の年間一次エネルギー消費量の中で比率の高いものは、**空調**、照明であり、次いで**換気**があり、給湯と昇降機は、比率が低い。

省エネ設備としての地中熱の寄与：
空調では**地中熱ヒートポンプ**で、換気では**空気循環（クールヒートトレンチ等）**での省エネが可能。

✓ 国土交通省の「公共建築物（庁舎）におけるZEB事例集」では、設備省エネルギー技術（アクティブ技術）として地中熱利用技術についての解説がある。



ZEBの達成における地中熱の役割

7．地中熱導入モデル （2）ZEBへの導入モデル

■ 高断熱の躯体に、省エネ性の高い地中熱を導入することにより、年間一次エネルギー消費量を大幅に削減可能。

導入モデル

① 高断熱の躯体に、省エネ性の高い地中熱ヒートポンプシステムを導入することにより、建物の中で年間一次エネルギー消費量が大きな割合を占める**空調の省エネ**ができるので、ZEBの実現に近づく。

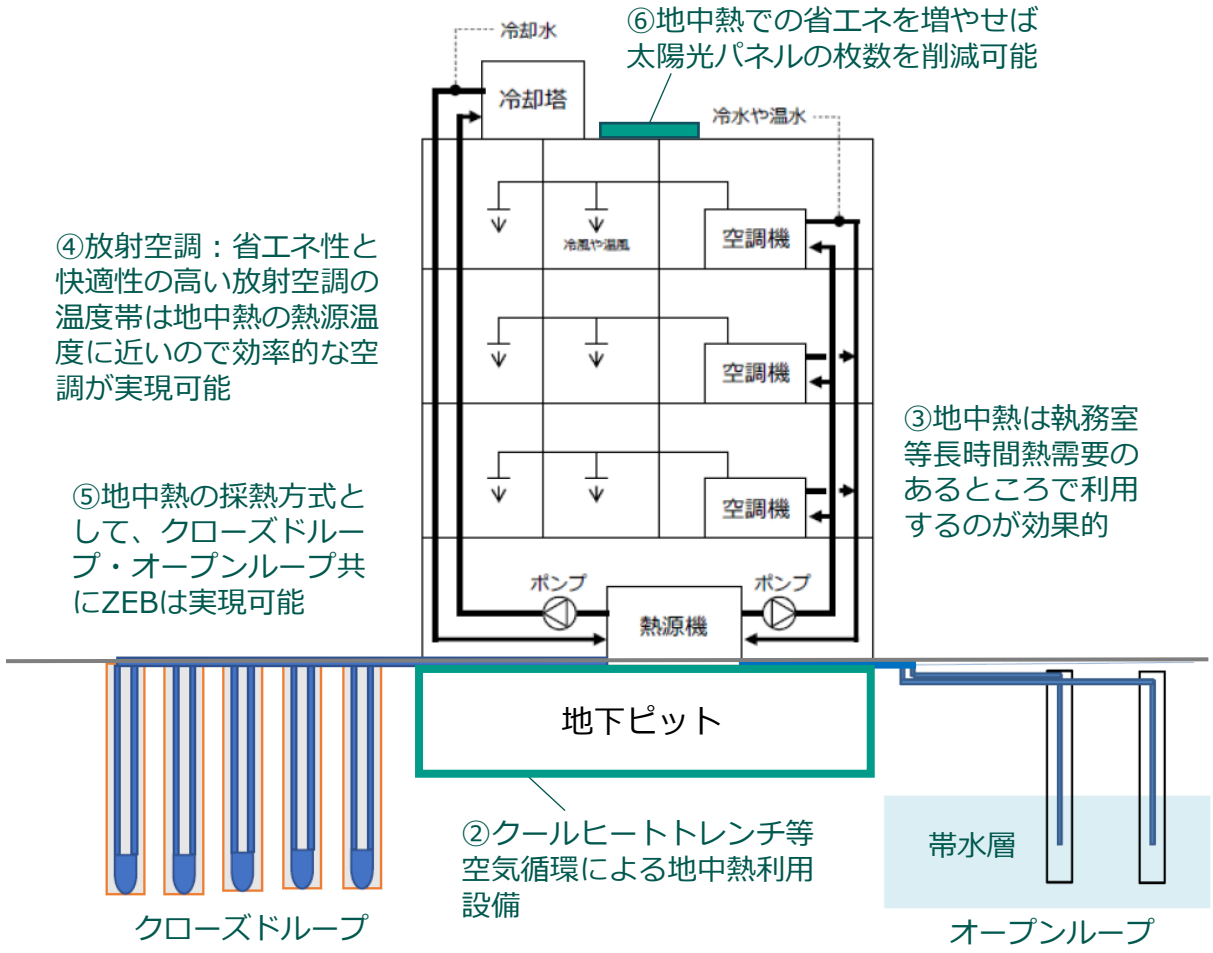
② クールヒートトレンチで、温度が安定している地中と外気との熱交換を行い、庁舎内の換気システムを繋いで**空調熱負荷の低減**ができる（空気循環による地中熱利用）。

③ 地中熱は長時間熱需要のある**執務室等で利用するのが効果的**である。

④ 省エネ性と快適性の高い放射空調では、利用する中温冷水の温度帯が地中熱の熱源温度に近いので**効率的な放射空調**が実現できる。さらに省エネ性の高いヒートポンプなしの直接利用も可能である。

⑤ 熱源としては地中熱交換器を用いるクローズドループも地下水を用いるオープンループもどちらも利用できるので、**地盤条件、地下水条件をみて相応しいものを選択する。**

⑥ 地中熱での省エネを増やせば、**太陽光パネルの枚数を減らす**ことができる。



7．地中熱導入モデル （3）防災拠点への導入モデル

■ 災害に強い設備である地中熱利用システムは省エネ性が高く、防災拠点の設備要件に適合する。

防災拠点に求められる機能

災害に強い設備：
地震や風水害で損なわれない設備が必要

エネルギーの確保：
避難所として、また継続した業務遂行にエネルギーを確保
限られたエネルギーの利用には省エネ設備が必要

地中熱利用設備の利点

耐久性、堅牢性：
地中熱ヒートポンプの熱源部分は地中に埋設されている。
地震、風水害に強い。（冷却塔は地震で損傷する場合が多い）

省エネ性：
地中熱ヒートポンプは省エネ性が高く、少ない電力で冷暖房が可能。

コラム：猛暑、極寒でも安心の地中熱

防災拠点としての庁舎は、避難所として、また継続した業務遂行のためにエネルギーの確保が必要であり、限られたエネルギーの利用には省エネ設備が必要である。地中熱ヒートポンプは省エネ性が高く、省電力で冷暖房ができる。

災害はいつ起こるかわからず、猛暑日や極寒日に発生する可能性もある。避難所の空調はそのような最悪の状況を想定して準備した方がよく、そのような過酷な条件でも正常に空調可能であるのが、地中熱ヒートポンプである。空気熱ヒートポンプは35℃以上やマイナス15℃以下の環境では性能が大きく低下し、消費電力が大きくなる。熱源が安定している地中熱ヒートポンプは、災害時にも安心を与えてくれる。

7．地中熱導入モデル （3）防災拠点への導入モデル

■ 地中熱ヒートポンプを、非常用の発電設備と組合わせることにより、非常時に避難用スペース等で長時間冷暖房に利用可能。

導入モデル

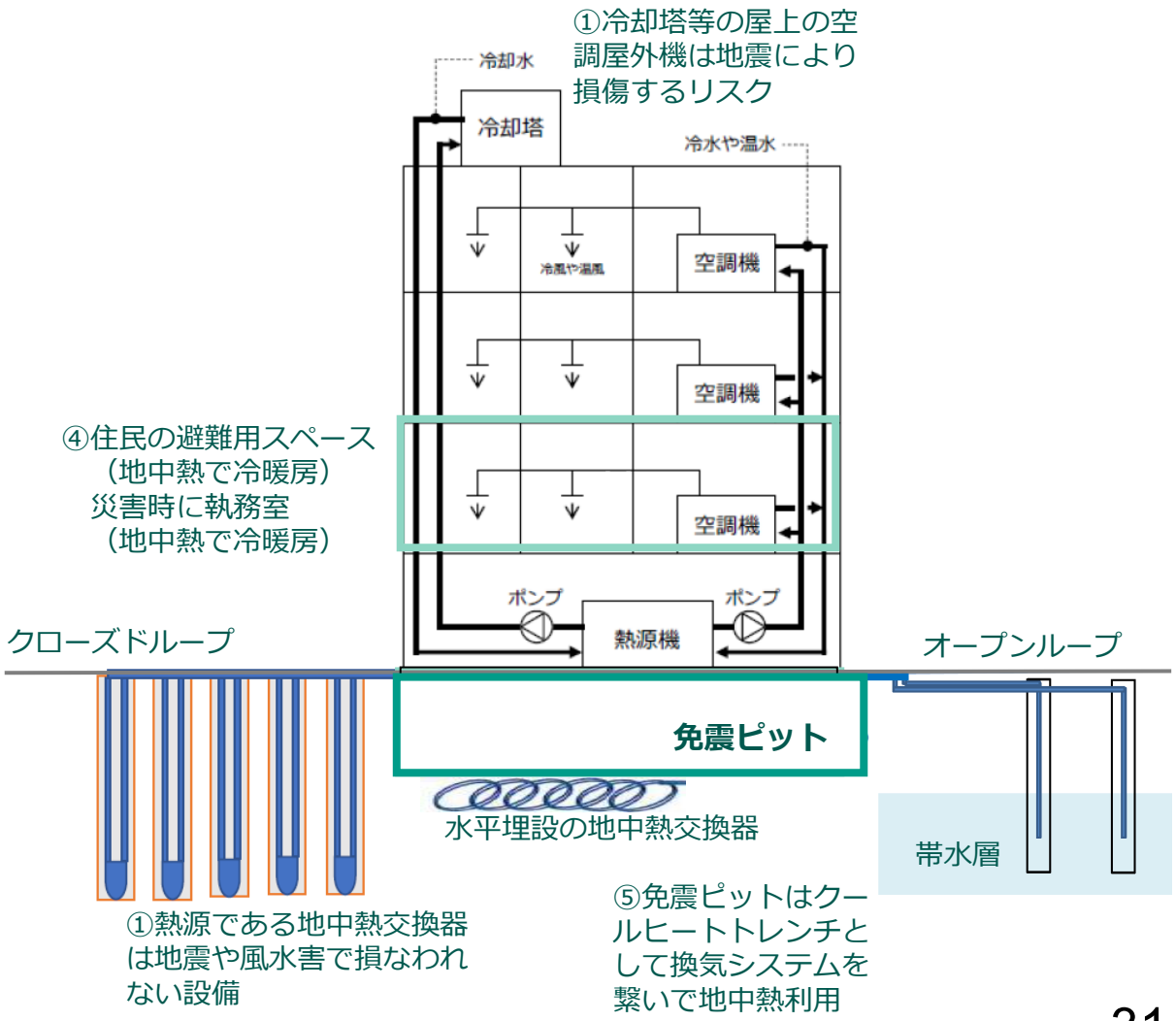
① 地中熱ヒートポンプシステムは、耐久性がありしなやかな高密度ポリエチレン製の地中熱交換器を用いて採熱するので、地震や風水害により破損することがなく、**安定した空調を実現**する。冷却塔のように地震で使えなくなることはない。

② 地中熱ヒートポンプシステムは省エネ性が高く、非常用の発電設備（再エネ発電設備を含む）と組み合わせることにより、非常時に避難用スペース等で**長時間利用できる冷暖房設備が実現**できる。積雪寒冷地においては、要所での地中熱による融雪が有効。

③ 災害は時と場所を選ばない。地中熱ヒートポンプシステムは**猛暑日でも真冬日でも地中の熱源を用いて安定した空調を実現**する。空気熱源のように性能が落ち、電力消費量が跳ね上がることはない。

④ このような利点から、災害時に使われる**住民の避難用スペース、執務室等の空調に適している**。

⑤ 免震建築の**免震ピットをクールヒートトレンチとして活用**でき、温度が安定している地中と外気との熱交換を行い、庁舎内の換気システムを繋いで空調熱負荷の低減ができる（空気循環による地中熱利用）。



8．導入判断のための参考情報 （1）ベネフィットとリスク

■ 地中熱の導入を判断する時は、ベネフィットだけでなくリスクについても十分に検討する必要がある。

地中熱導入のベネフィット

経済的価値
- ✓ 電気代が大幅に削減され、長期的な運用コストが低減
- ✓ 電力ピークカットに寄与し、契約電力の低減が可能

環境的価値
- ✓ 省エネ性能が高く、ZEB化に近づく
- ✓ 猛暑でも性能が落ちにくく、庁舎の空調が安定
- ✓ CO_2削減により、自治体の脱炭素政策の象徴的施策になる
- ✓ 外気への冷房排熱がなく、ヒートアイランド現象を緩和

防災的価値
- ✓ 災害時の避難所としての快適性・信頼性が向上
- ✓ 冷却塔や屋外機のような単一故障点がない

運営上の価値
- ✓ 空調の安定により、職員の業務効率や快適性が向上
- ✓ 長期的に設備更新の頻度が減り、維持管理の負担が軽減

社会的価値
- ✓ 住民への説明責任（アカウンタビリティ）を果たしやすい
- ✓ 地域の再エネ導入のモデルケースとして普及・啓発できる

地中熱導入のリスク

経済的リスク
- ✓ 初期投資が高く、予算確保が難しい
- ✓ 地中熱交換器の施工費が地域によって変動する可能性

技術的リスク
- ✓ 地盤条件が悪いと、採熱量が不足する
- ✓ クローズドループでは冷暖のバランスを考慮しないと地盤温度が上昇/下降する可能性
- ✓ オープンループでは揚水量/還元量が確保できなくなる可能性

プロジェクトリスク
- ✓ 設計・施工期間が長く、庁舎建設スケジュールに影響
- ✓ 高額な初期コストに対する批判
- ✓ オープンループでは揚水規制により利用できない場合がある

8．導入判断のための参考情報 （2）リスクへの対処

■ 導入リスクのうち、多くのものは事前に対処が可能。

経済的リスクへの対処

✓ 初期投資が高く、予算確保が難しい
⇒経済合理性のある最適設計
⇒地域・建物の特性を考慮した経済性のある採熱方法
⇒環境省等の補助金の活用

✓ 地中熱交換器の施工費が地域によって変動する可能性
⇒地盤地質を事前に確認し、掘削経費のリスクを低減

技術的リスクへの対処

✓ 地盤条件が悪いと、採熱量が不足する
⇒事前に自治体等が発行している地中熱ポテンシャルマップを活用して、採熱量を予測する
⇒設計/施工段階で熱応答試験を実施し、地盤の熱伝導率から採熱量を求める

✓ クローズドループでは、冷暖のバランスを考慮しないと地盤温度が上昇/下降する可能性
⇒複数の熱源機を有するシステムでは、地中熱がベース熱源を受けもつようにし、夏季の放熱量と冬季の採熱量のバランスが取れるように設計する

✓ オープンループでは揚水量/還元量が確保できなくなる可能性
⇒導入時に揚水試験を実施し、適切な揚水量/還元量を求める
⇒地下水の地表での酸化による目詰まりが起きないように閉回路にする
⇒逆洗等により井戸の目詰まりを防止する

プロジェクトリスクへの対処

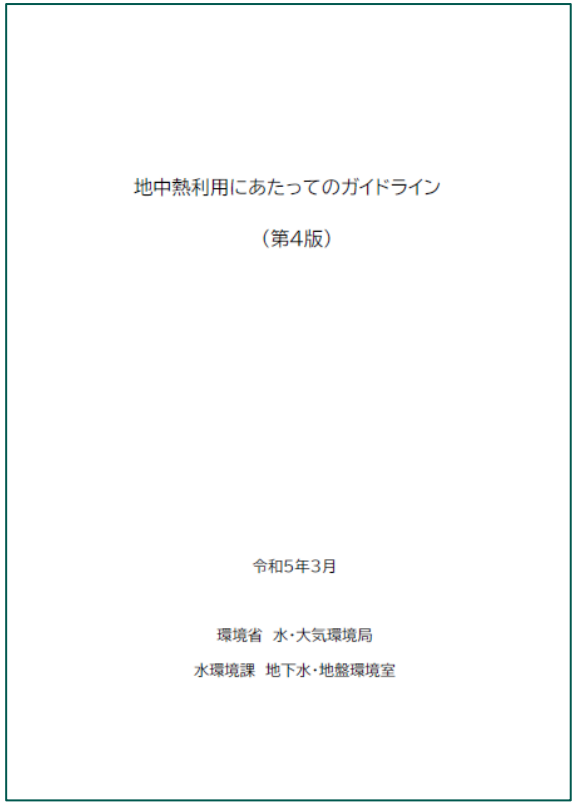
✓ 設計・施工期間が長く、庁舎建設スケジュールに影響
⇒計画段階の初期に設計・施工のスケジュールを作成し、関係方面との調整を行う

✓ 高額な初期コストに対する批判
⇒長期使用する庁舎はライフサイクルコストで考えてみる
⇒地中熱利用のベネフィットの理解を求める

✓ オープンループでは揚水規制により利用できない場合がある
⇒環境省の地中熱ガイドライン等で事前に確認する

9．地中熱の参考図書・参考資料

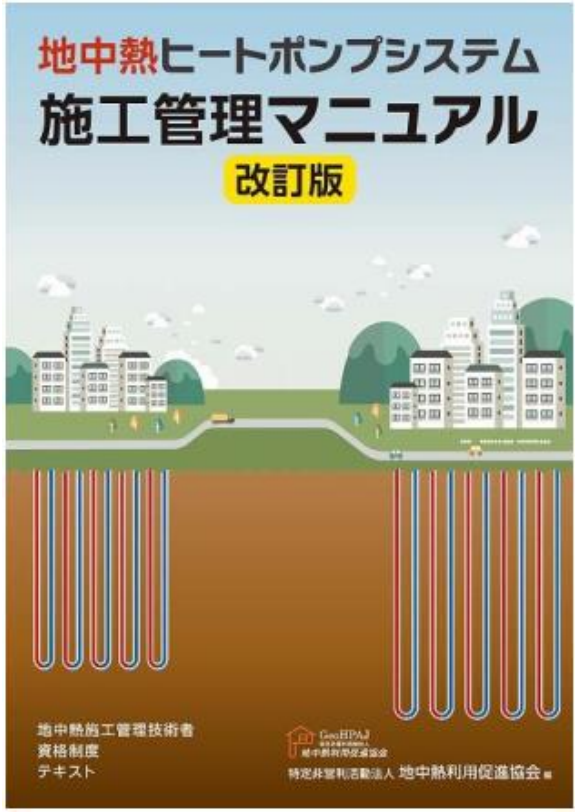
■ 環境省、大学、地中熱利用促進協会等で地中熱利用の参考図書を出版、公表している。



環境省

環境省

北海道大学環境システム工学研究室
（オーム社）



地中熱利用促進協会

9．地中熱の参考図書・参考資料

■ 地中熱を導入した庁舎で性能等が評価されている事例（Webで閲覧可能）

気候変動アクション環境大臣表彰（環境省）
・開成町新庁舎
https://www.env.go.jp/earth/ondanka/min_action_award/

公共施設（庁舎）におけるZEB事例集（国土交通省）
・福島県須賀川土木事務所庁舎　・高島市役所庁舎
・開成町新庁舎　・美幌町役場新庁舎　・大阪第6合同庁舎
https://www.mlit.go.jp/gobuild/content/001475048.pdf

公共建築物におけるZEB事例研究（国土交通省）
・北見市新庁舎　・大樹町役場庁舎　・平川市新本庁舎
・千葉市新庁舎　・横浜市庁舎　・敦賀市庁舎
・富士川町新庁舎　・京都市上下水道局総合庁舎
・松野町新庁舎及び防災拠点施設
https://www.mlit.go.jp/gobuild/content/001746964.pdf

省エネ大賞（省エネルギーセンター）
・京都市役所分庁舎　・雲南市役所新庁舎
https://www.eccj.or.jp/bigaward/item.html

新エネ大賞（新エネルギー財団）
・横浜市新庁舎
https://www.nef.or.jp/award/winner/r02/s_01.html

カーボンニュートラル賞（建築設備技術者協会）
・南三陸町役場庁舎　・新宮市庁舎　・五所川原市庁舎
・横浜市庁舎　・京都市役所分庁舎
・福島県須賀川土木事務所庁舎　・高島市役所庁舎
・酒田市新庁舎　・秋田市新庁舎　・雲南市役所新庁舎
https://www.jabmee.or.jp/carbon-neutral/

空気調和・衛生工学会賞技術賞（空気調和・衛生工学会）
・秋田市新庁舎　・横浜市庁舎　・雲南市役所新庁舎
https://www.shasej.org/base.html?award/award.html