

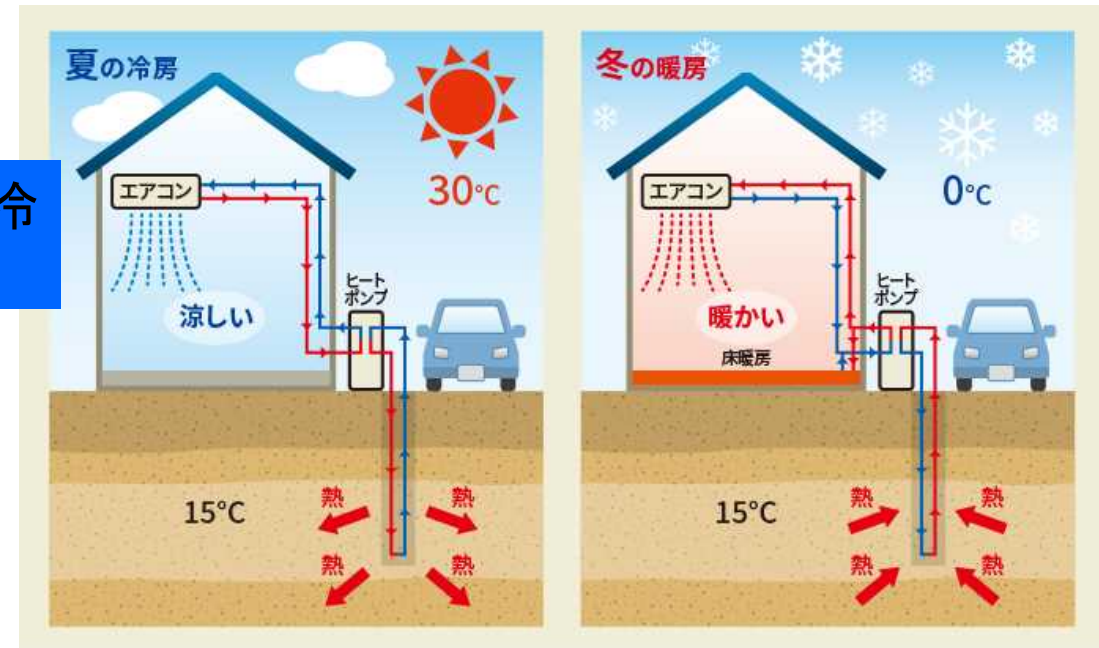
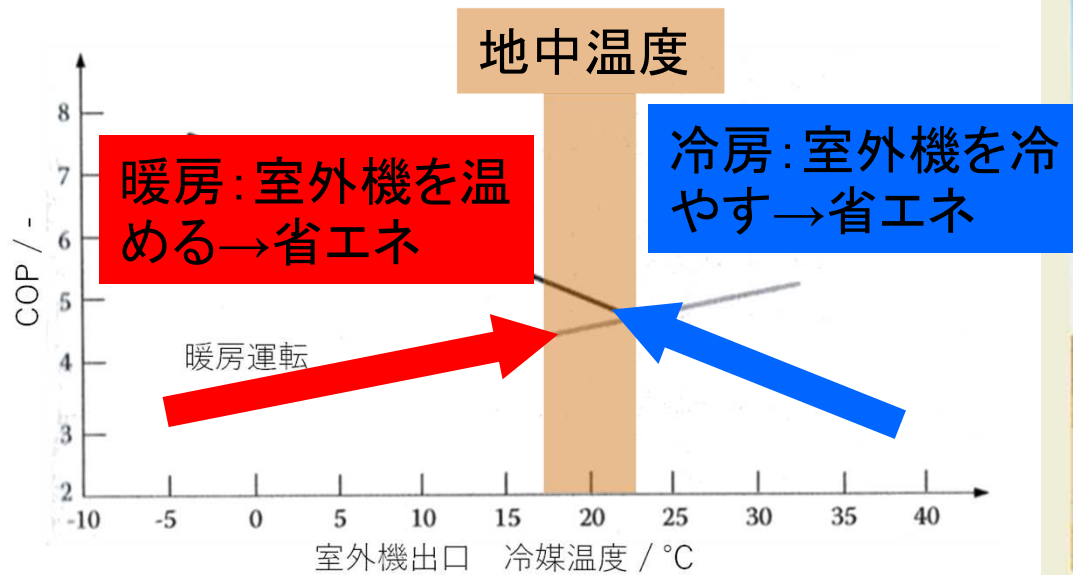
家庭用エアコンの制御システムをそのまま使える 超省エネ地中熱エアコン

山梨大学 大学院総合研究部
工学域機械工学系

准教授 船谷 俊平

2024年10月8日

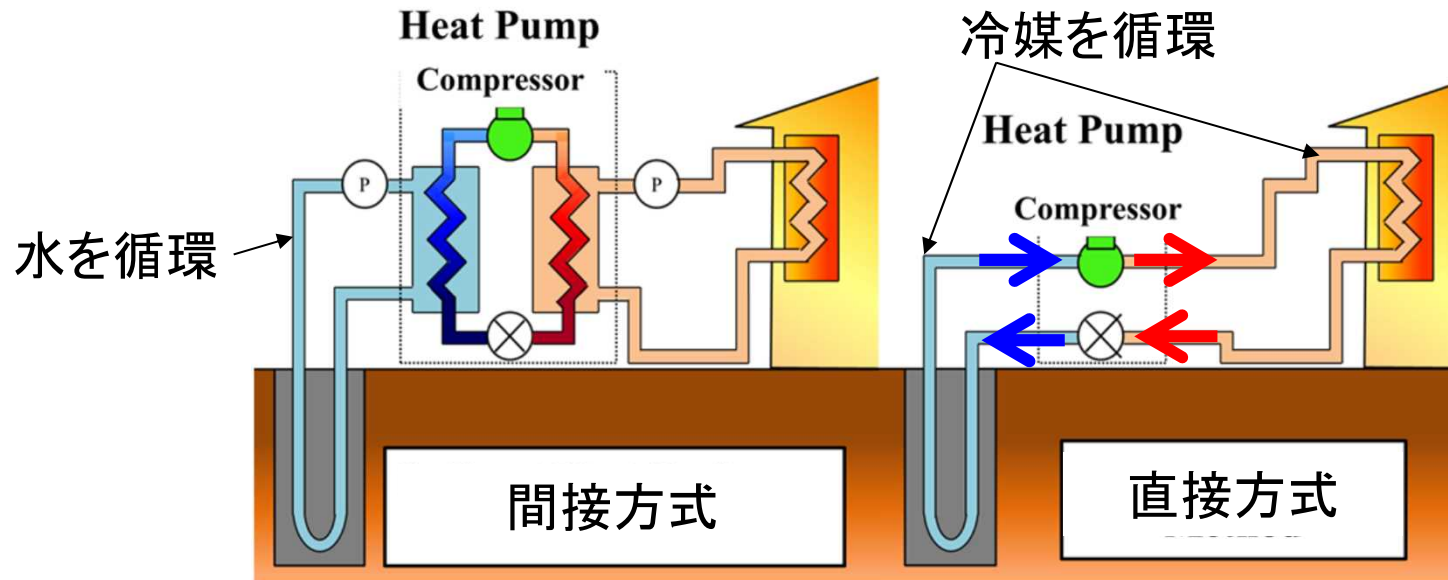
従来技術との比較(間接方式)



出典: 環境省 https://www.env.go.jp/water/jiban/post_117.html

- 地中熱を利用したエアコンは国内外で商品化済
- 室外機を冷やす・温めることでエアコンのCOP（冷暖房出力/消費電力）を上げる
- 地中と地上の間で水を循環させることから間接方式と呼ばれる
- ボーリング（地中掘削）が高コストであることが課題

従来技術との比較（直接膨張方式）

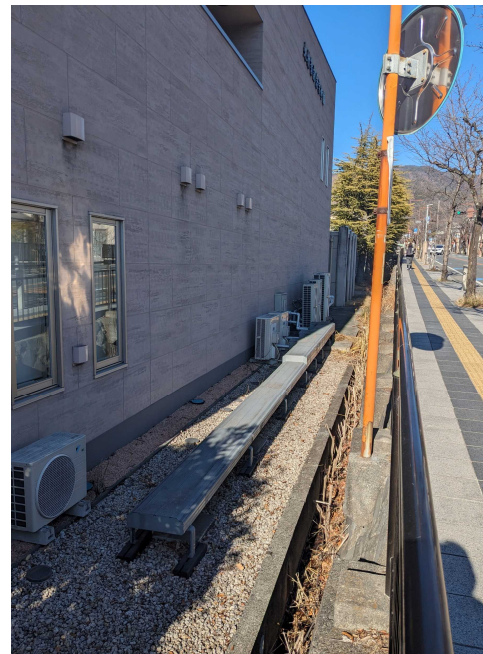


出典：三瓶大地, 武田哲明, 守屋大. "直接膨張方式地中熱ヒートポンプの性能評価-3 分岐型地中熱交換器を用いた場合." 日本冷凍空調学会論文集 37.3 (2020): 293.

- 山梨大学（武田哲明教授）が開発した直接膨張方式地中熱ヒートポンプは、冷媒を直接地中に循環させることで、間接方式を高効率化させた。
- COPは間接方式の2倍以上

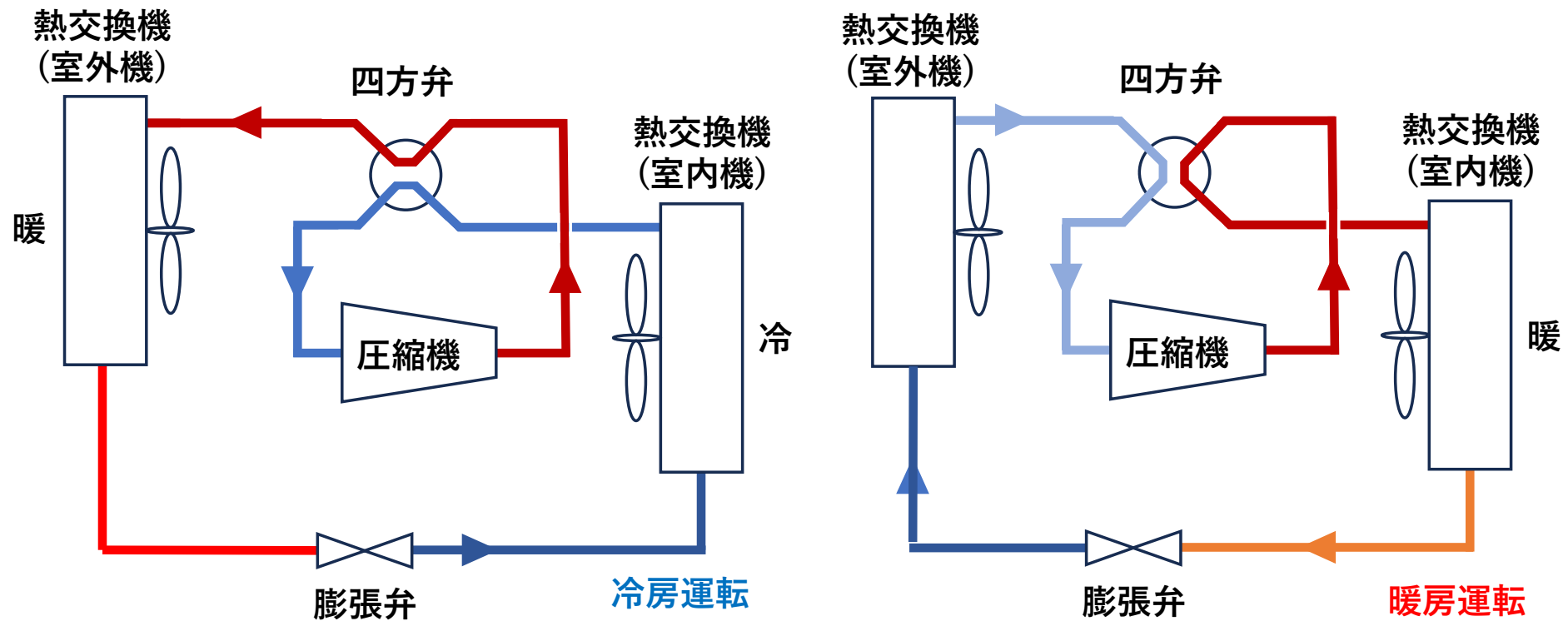
従来技術との比較(直接膨張方式)

大村智記念学術館(山梨大)



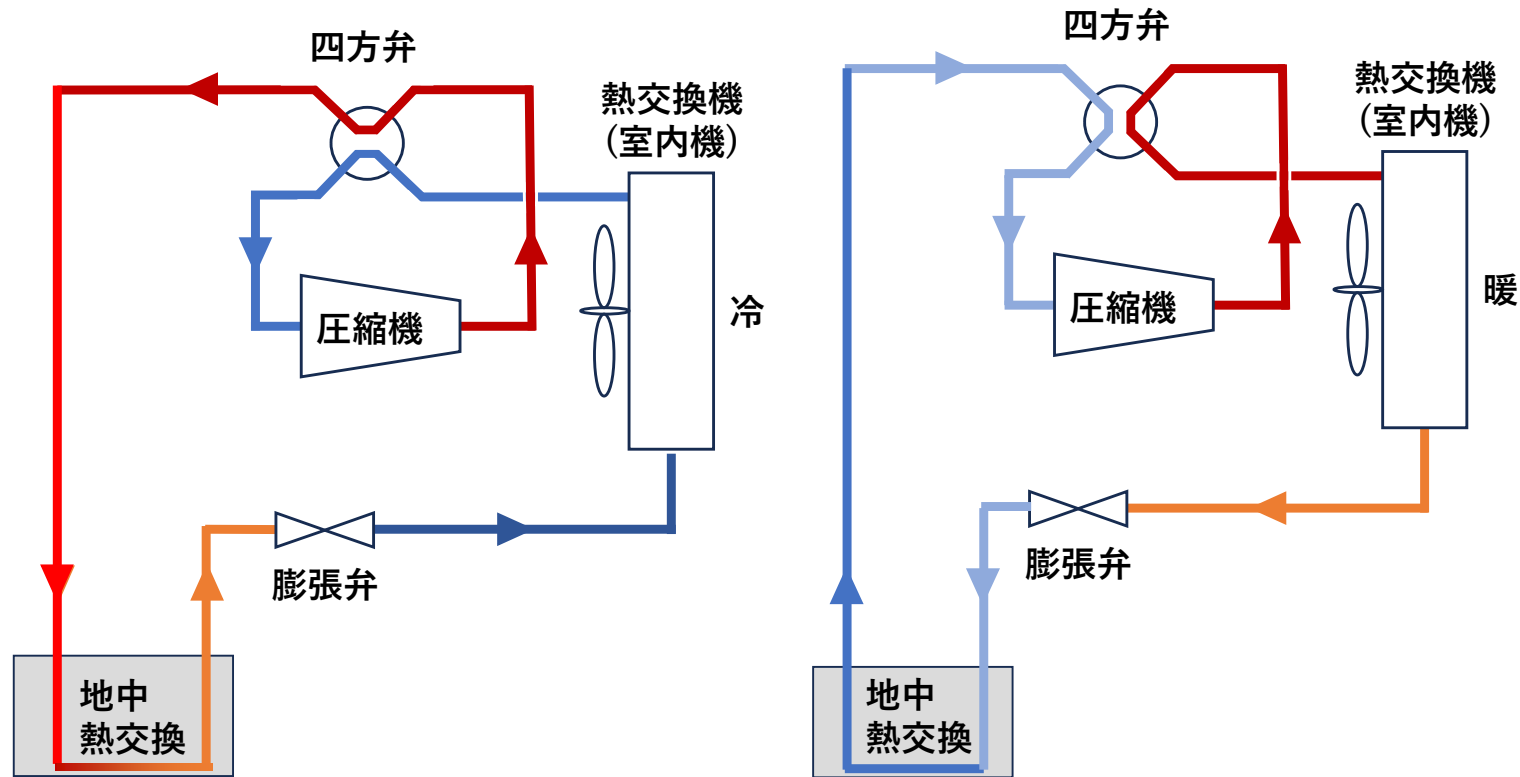
直接膨張方式地中熱ヒートポンプ
(冷房6.8kW、暖房8.8kW)

従来技術との比較(従来型エアコン)



- 猛暑日、酷寒日には熱交換が不十分となり性能低下

従来技術との比較(直接膨張方式)



- 室外機熱交換器を取り外し、熱交換を全て地中で行う
- 熱交換を全て地中で行うため、30m以上の地中掘削が必要

従来技術の課題

- 市販の間接方式では100m程度、開発中の直接膨張方式でも30m程度の掘削が必要で、この掘削費用を大幅に削減する必要がある。
- 近年、少子高齢化に伴う熟練技能者の不足が産業界全体の課題となっており、建築施工の現場も例外ではない。
- 掘削用のボーリング設備などの特殊建設機械と、それを扱える技能者が必要となり、業者手配が困難な工程を含むことは、工程管理上のボトルネックとなる。

従来技術の課題

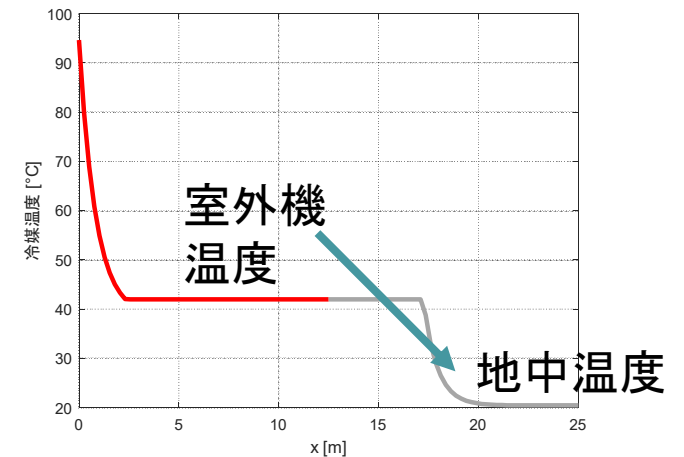
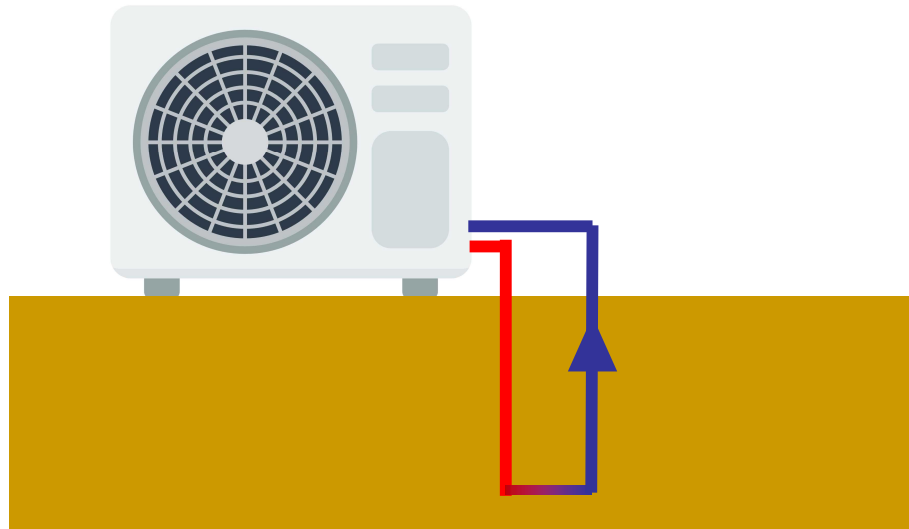
- 従来型エアコンとは室外機の制御方式が異なるため、従来型エアコンの制御基板をそのまま使うことが出来ない。
- 制御基板を共通化出来して開発コストを大幅に削減したい。
- 地中熱を利用した直接膨張方式のエアコンを量産する場合、従来型エアコンとは異なる故障が生じることを想定し、大規模実証試験を行う長期運転データを蓄積する必要がある。
- 実証試験段階での開発コストを抑えることが望ましい。

新技術による課題解決

- 従来型エアコンに最小限の改造を施し地中熱対応する
- 切替弁1つで地中熱運転・空気熱運転を切り替える

新技術の特徴

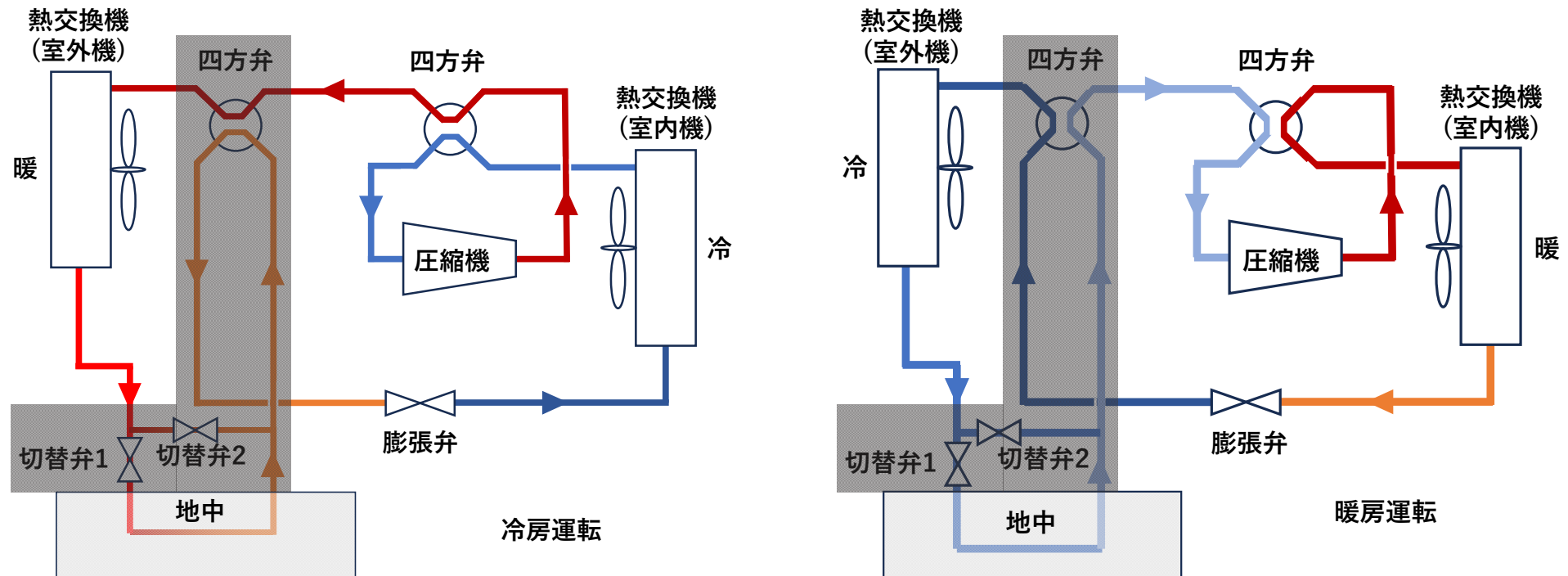
従来型エアコンの室外機熱交換器の下流に地中熱配管を追加して、熱交換不足を補えないか



最後に冷たい地中温で冷やすことでCOPが上がる

- 配管を足すだけでは、冷暖房で冷媒流の向きが逆になる
- 熱交換は、室外機→地中熱の順番でなければならない
- 冷媒流の方向を再逆転させる工夫が必要

新技術の特徴



特願2023-186926

- 網掛け部分の四方弁、配管類を室外機の中に追加
- 常に室外機熱交換→地中熱交換
- 最小限の改造で地中熱交換を実現
- エアコンの制御は完全に無改造 = 開発不要

新技術の特徴

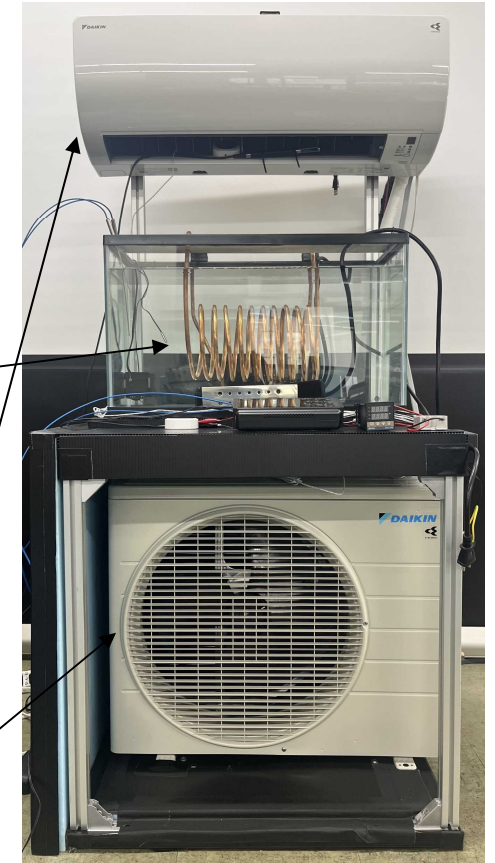
新型ハイブリッドエアコンの性能評価実験

- 地中温と同じ温度 (20°C) の水槽に銅管 (5m) を投入
- 室外機7°C、室内機20°C、暖房設定温度24°Cで連続暖房運転
- 暖房性能：空気エンタルピー法で計測
- 切替弁1, 2を開閉して、同一機で従来型とハイブリッド型の性能を比較

➤ わずか5mの熱交換でCOPが3割向上

熱交換用水槽
(地中温と同じ
20°Cに維持)

冷暖房エアコン
(冷房2.2kW、暖房2.8kW)

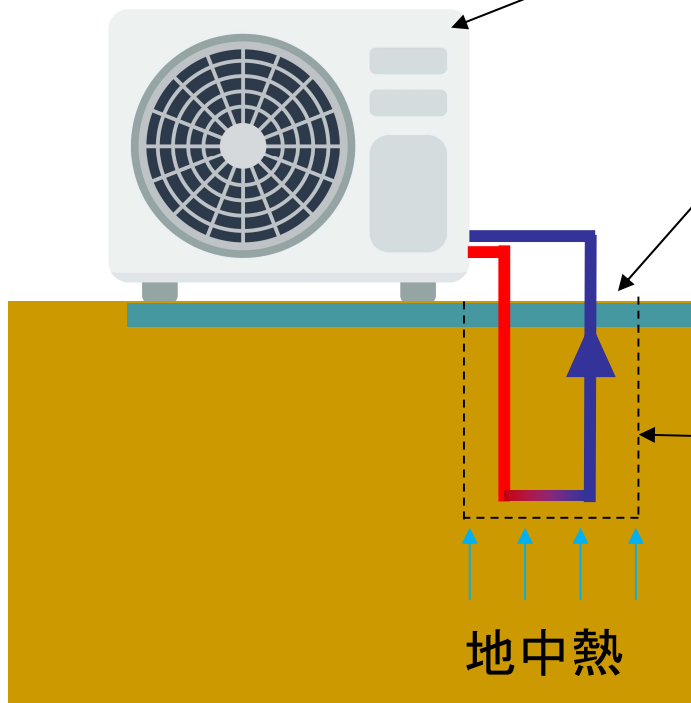


※土と水は伝熱特性が異なり、同条件ではありません

新技術の特徴

施工イメージ

室内機改造は事前作業
施工現場での作業は不要



地表を断熱し
日射の影響を
遮断

スタイロフォーム
断熱材(防水型)

掘削穴
(1m × 1m × 2m)

地中深部からの地中熱で
地温回復します

掘削
(小型ユンボ等)

配管埋設

室外機に
配管接続

計2時間程度

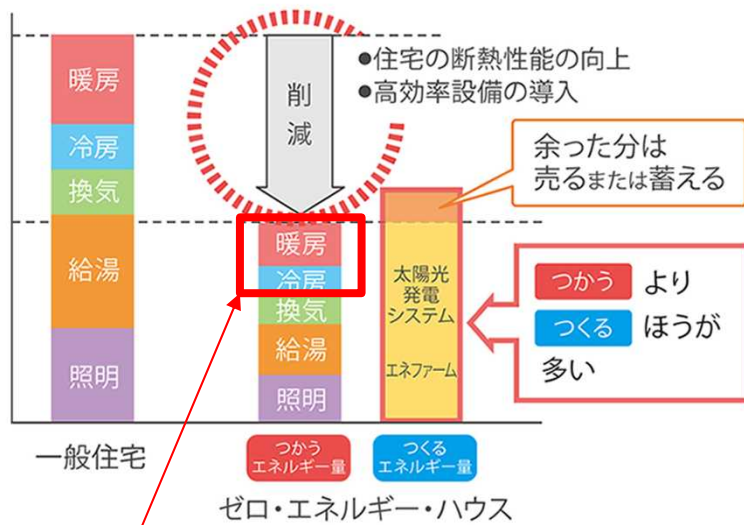
- エアコン側の施工手順は従来型と同じため、技能習得が不要。
- 地中配管無しでも試運転でき、別スケジュールで施工可能。
- 特殊建設機械が不要で、業者手配が容易。

想定される用途

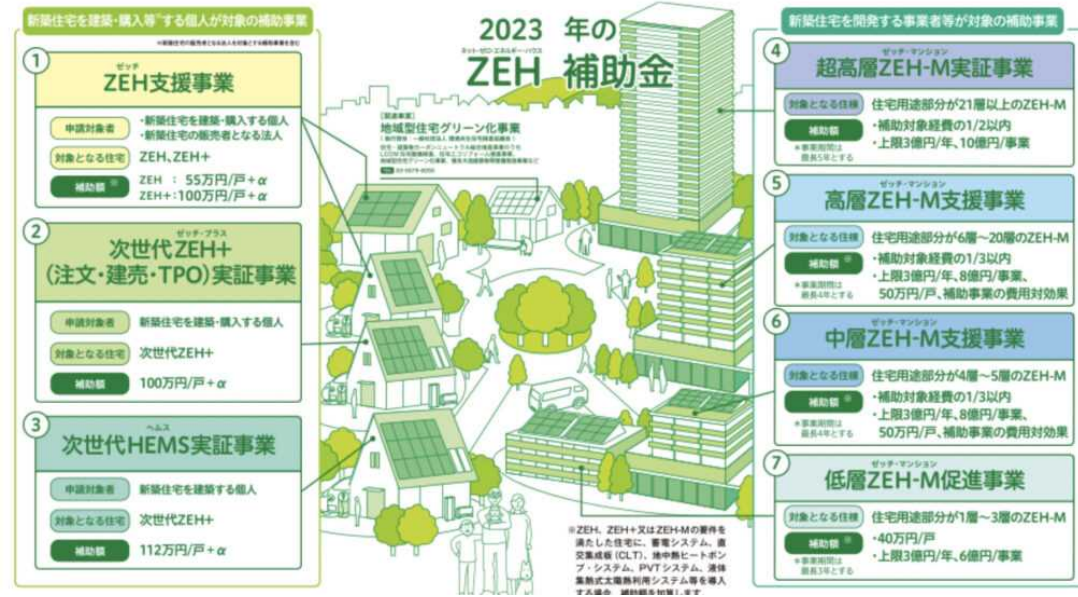
- 「予算は十分でないが何か目玉となる再エネ技術を」という要望に応え、地中熱という再エネ技術を用いた省エネエアコンを格安導入できます。
- ZEH補助の対象となれば、導入コストをほぼ0とすることが出来ると考えられます。
- 切替弁ひとつで従来型エアコンに戻せます。万が一、地中熱運転にトラブルがあった場合でも、従来型エアコンとして運転できる設計にしてあり、導入上のリスク低減を図っております。
- COPは本格的な直接膨張方式には敵いませんが、市販の間接方式に近い省エネ性能を、従来型エアコンの改造だけで実現できます。

想定される用途

〈住まいの消費エネルギー量のイメージ〉



ZEH達成の一助となる



引用:一般社団法人 環境共創イニシアチブ
「経済産業省及び環境省による戸建ZEH補助事業」

- ZEH住宅に対しては多額の補助金に加え、住宅ローン減税の優遇措置があります。
- 市販の間接方式地中熱ヒートポンプへの追加補助は90万円/戸なので、同等の追加補助の対象となれば、コスト0で導入可能。

想定される用途

山梨県内の介護施設に導入し運転評価を行う予定



和の里西条(山梨県昭和町)
居室面積 約20m²×18室

介護施設で運転評価を行う理由

- 入居者が24時間在室するためエアコンの冷暖房需要が高く、コストダウンの効果が大きい。
- 24時間運転のため、地中との熱交換量が最大となることから、地中熱運転の長期運転評価に適する。
- 病院の病室においても同様の効果が見込まれる

実用化に向けた課題

- ① 市販のエアコンの一部配管を改造すれば容易に製作できるため、実用化は出来ます。
- ② 地元介護施設や公共機関等に数十台導入する予定で、改造および施工が低コストであることから十分黒字化できます。
- ③ 冷媒を地中配管に流す直接膨張方式は実績の少ない新技術のため、数十台の運転データを蓄積し「地中熱運転に伴う問題点が枯れ尽くした」技術にする必要があります。
- ④ この長期運転データの蓄積は、②を用いて当方が行います。メーカーさんによるエアコンの自社開発よりも評価期間を長く取ることが出来ます。
- ⑤ 長期運転の実績を得たうえでエアコンメーカーさんに量産をお願いしたいと考えております。

企業への期待と貢献

- ハウスメーカーさんとのお付き合いが無いため、ZEHに積極的なハウスメーカーさんとの御縁があればと思います。
- ZEH認証のエネルギー量試算に用いるCOP・APF値の評価方法について、評価機関とのお打ち合わせをお願いすることを考えております。
- 業務用の大型空調機を特注で少量生産するメーカーさんと共同で、公共施設等への特注機導入にご協力させていただきたいです。地中熱利用で他社との差別化し、製品導入に有利となればと思います。
- 将来的には、量産品を製造するエアコンメーカーさんとの共同開発やライセンス供与のご相談をさせていただきたいです。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 地中熱ヒートポンプ装置及び地中熱採熱管の取り付け方法
- 出願番号 : 特願2023-186926
- 出願人 : 山梨大学
- 発明者 : 舩谷俊平

お問い合わせ先

山梨大学

研究推進・社会連携機構

社会連携・知財戦略室

T E L 055-220-8759

e-mail renkei-as@yamanashi.ac.jp