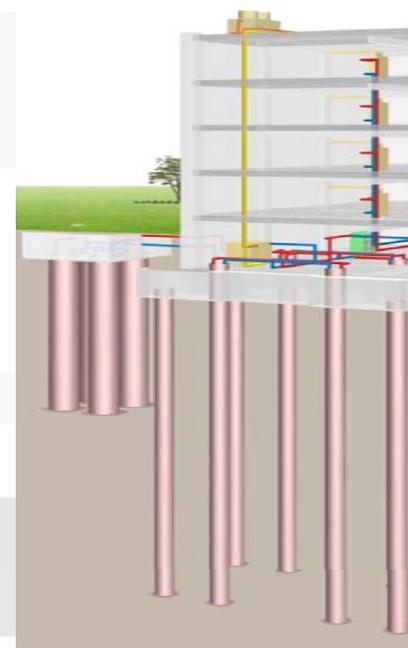


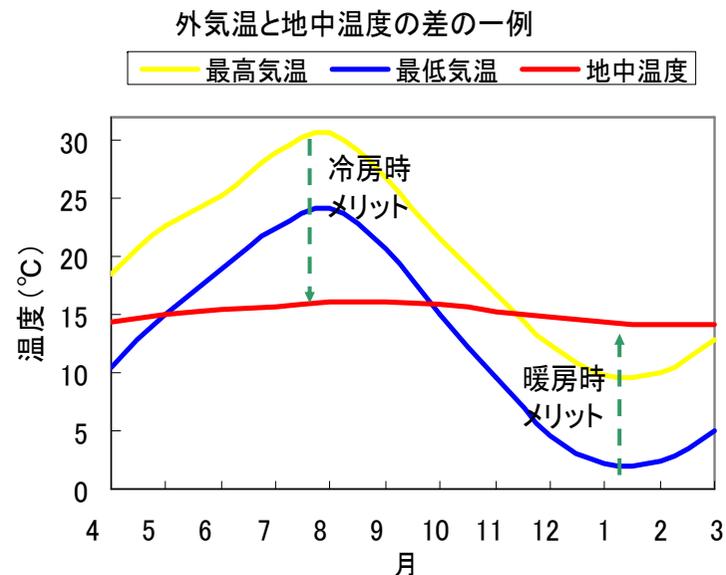
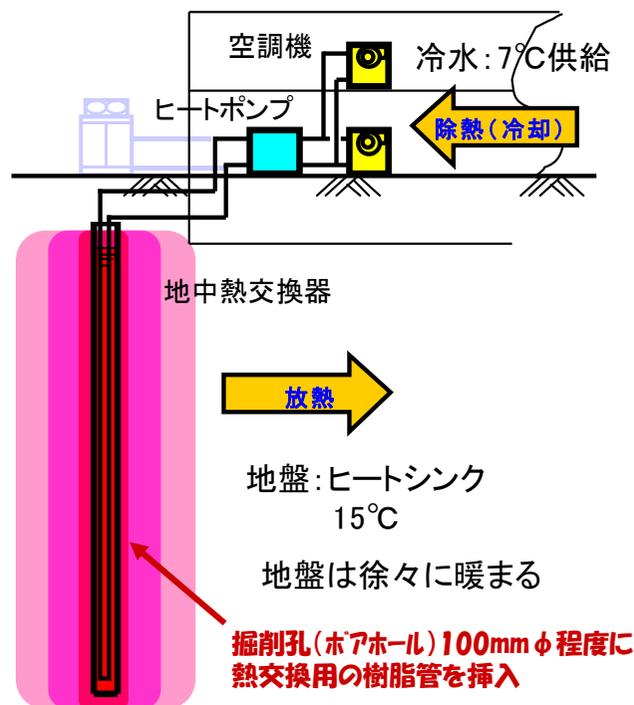
鋼管杭方式地中熱利用システムの実施例

－ 施工事例と運転実績の紹介 －

新日鉄エンジニアリング(株)
建築・鋼構造事業部
総合・システム建築ユニット
プロジェクト部建築設備室
中村 靖



地中熱利用ヒートポンプ（略称：GSHP）とは

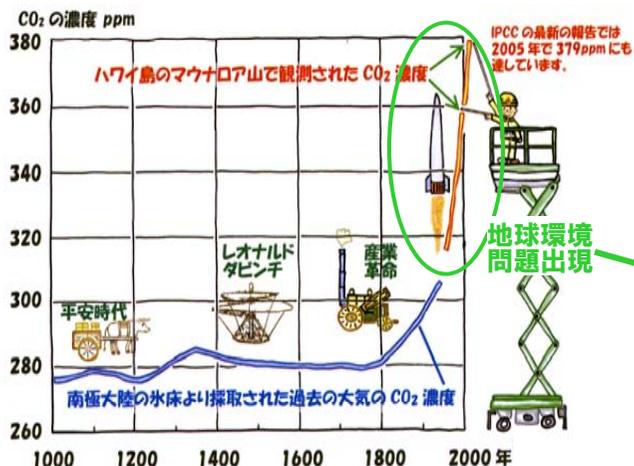


- ・ 地盤や地下水を熱源としたヒートポンプシステム（地中熱交換器で間接的に熱利用）
- ・ 空気と違い地中温度は年間を通して大きな変化がなく安定しているため、一般的な空気熱源方式に比べ、冷房・暖房とも高い運転効率が確保できる。

- ⇒
- 省エネルギー性に優れる
 - ランニングコストが安価である
 - CO2排出量削減効果がある
 - ヒートアイランド現象が抑制できる

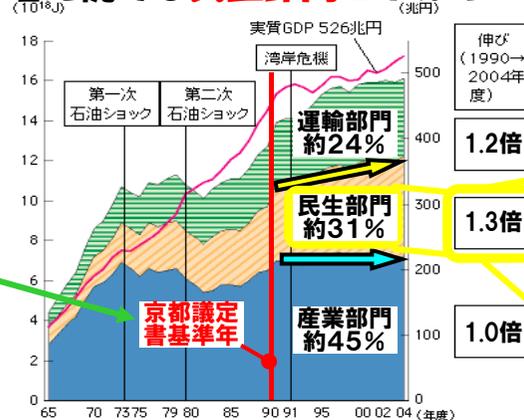
地中熱利用ヒートポンプ：開発の背景と必要性

地球上におけるCO2排出量の急増



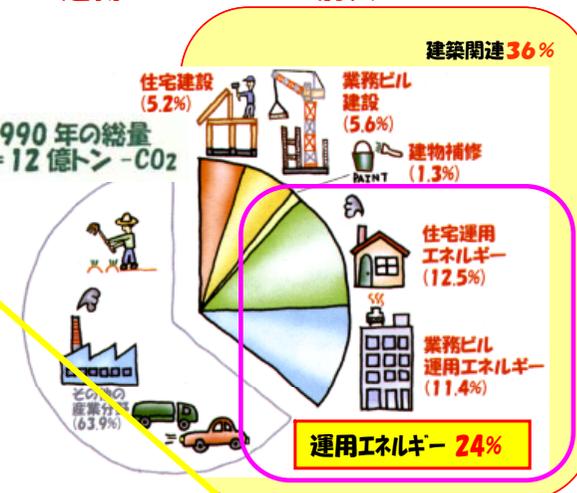
空気調和・衛生工学会「環境と空気・水・熱」より

増え続ける民生部門エネルギー



資料：資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算年報」
 (注) 1. J(ジュール)=エネルギーの大きさを示す指標の一つで、1MJ=0.0258×10⁻³原油換算kl
 2. 「総合エネルギー統計」は、1990年度以降の数値について算出方法が変更されている。
 3. 実質GDPは1965～1979年度は1990年基準、1980～1993年度は1995年基準、1994～2004年度は2000年基準。

国内CO2排出総量の1/4を占める建物のエネルギー消費



空気調和・衛生工学会「環境と空気・水・熱」より

地球温暖化問題

- ・ 京都議定書約束期間開始が来年に迫る
- ・ 民生部門エネルギーは依然増加傾向にあり建築物における省エネルギー対策は急務



地中熱利用ヒートポンプ

- ・ 大地を熱源とするだけで従来型熱源機に対し、30～50%程度の省エネが可能



普及しない理由(=開発課題)

- ① 土壌掘削をともなう
イニシャルコストが高い!
- ② 定量評価が難しい
どのくらい使えるか? (能力)
経済的か?? (効率)
... 正確に分からない!

鋼管基礎杭(回転圧入鋼管杭)の有効利用

◆回転圧入鋼管杭の構造

- ・鋼管の先端にらせん状等の掘削羽根を溶接した鋼管杭
- ・全旋回機等で鋼管を回転させることにより、先端羽根の推進力により、ほとんど上載荷重なしに貫入

◆回転圧入鋼管杭の基礎杭としてメリット

- ・無排土
- ・大支持力
- ・高耐震性
- ・短工期
- ・リサイクル
- ・低騒音・低振動
- ・高品質
- ・大引抜支持力

◆貫入後の内部状況

- ・杭内に中空空間ができる

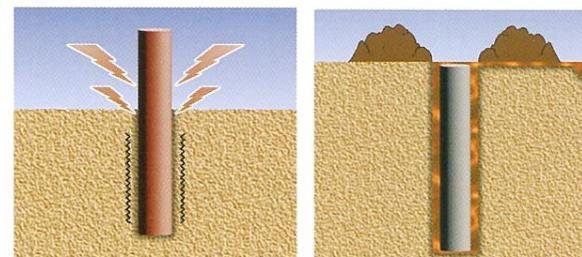


- この地下中空空間を利用し、採放熱管を挿入することにより、安価に地中と熱交換することができる。



施工における従来の杭工法との比較

従来の杭

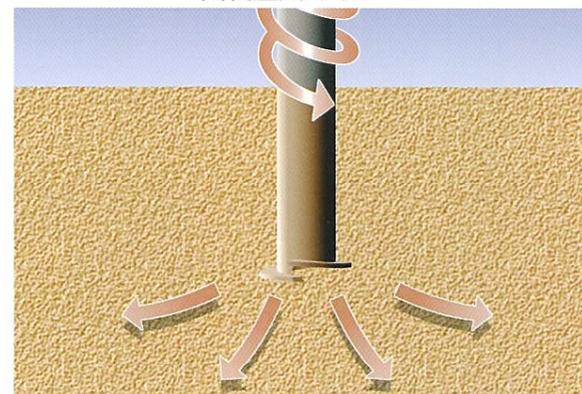


打撃杭：振動・騒音

場所打ち杭：泥水・残土、スライムや側壁崩壊の可能性

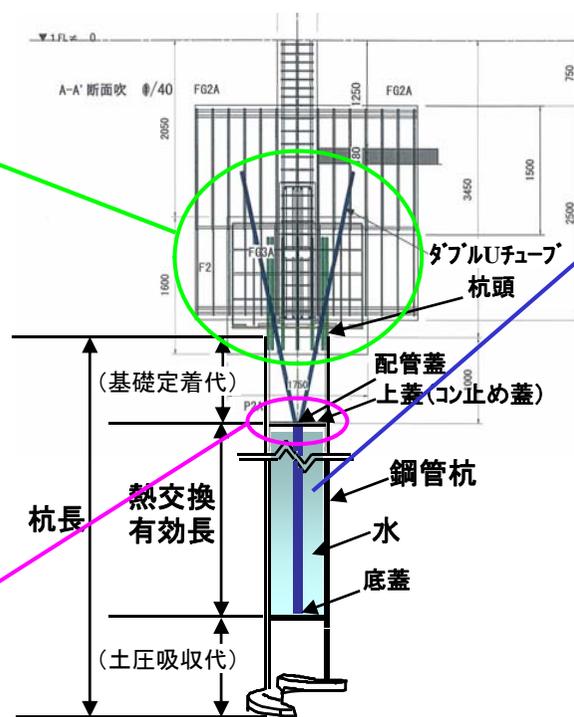
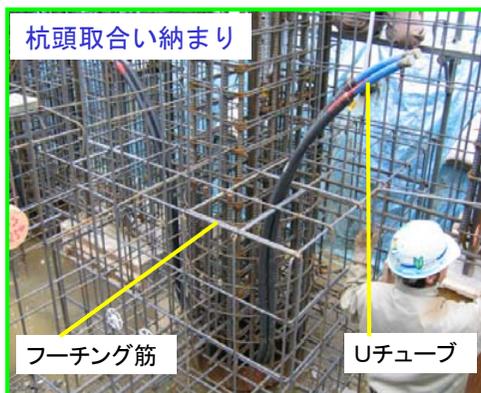
埋め込み杭：泥水・残土、地盤の弛みによる先端支持力の減少

回転圧入のイメージ



基礎杭を利用した地中熱交換器を確立

⇒ 土壌掘削をとまなわない安価な地中熱交換器構築



中空杭利用のメリット
 (杭径の比較的大きな杭に水を充填した場合)
 ・杭内部の保有水が
バッファとして機能
 ・杭内部の保有水による
自然対流効果



地中からの**採放熱量が増大**



定量評価が必要！！

札幌市立大学桑園キャンパスにおいて鋼管杭方式GSHP導入

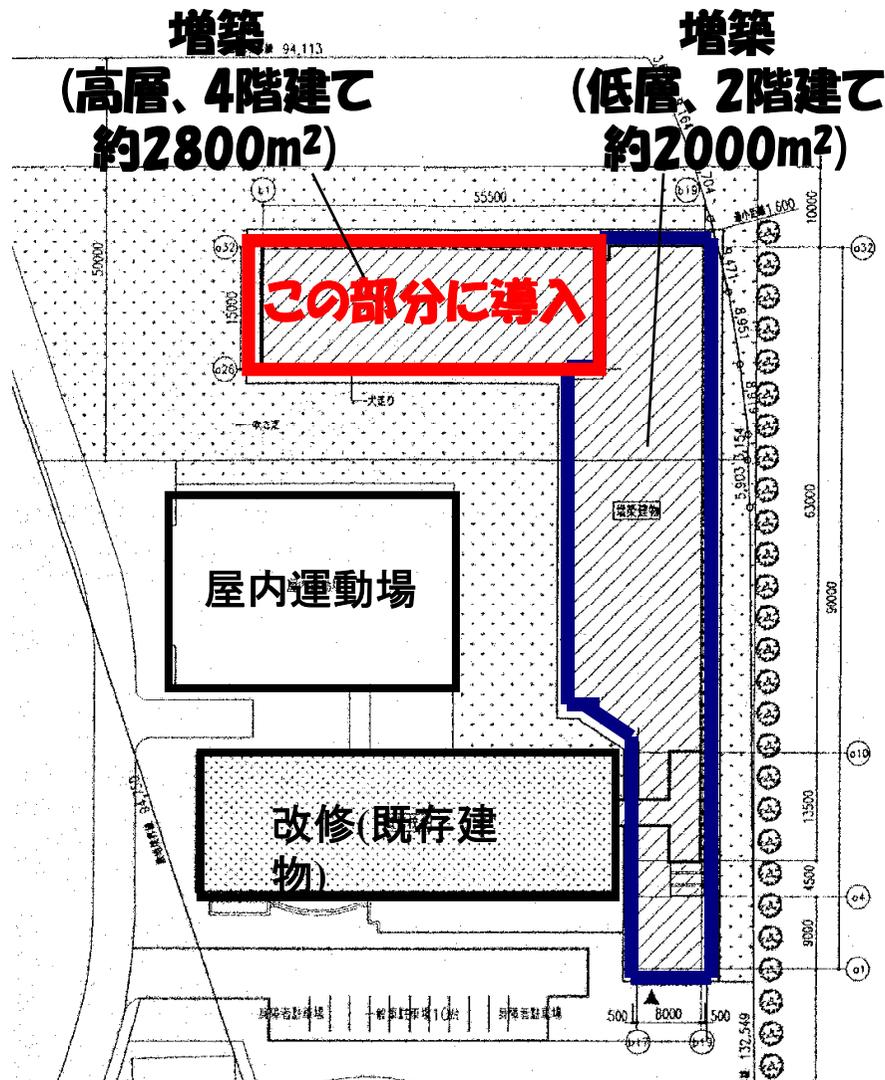


建設地:
 札幌市立大学桑園キャンパス
 (平成18年度開学)
 現 札幌市立高等看護学校
住所:
 札幌市中央区北11条西13丁目
 (市立札幌病院横)



世界初の鋼管基礎杭利用による非住宅用GSHPシステム導入

札幌市立大学桑園キャンパス／建物概要



増築棟延床面積

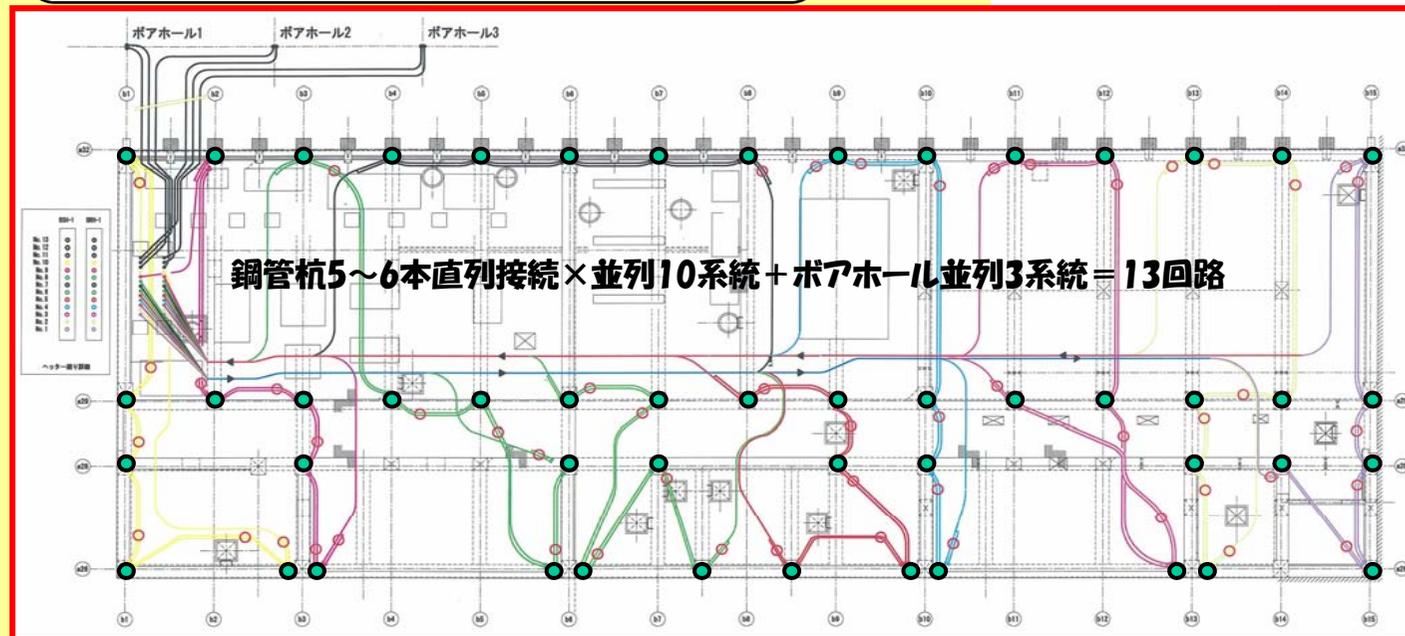
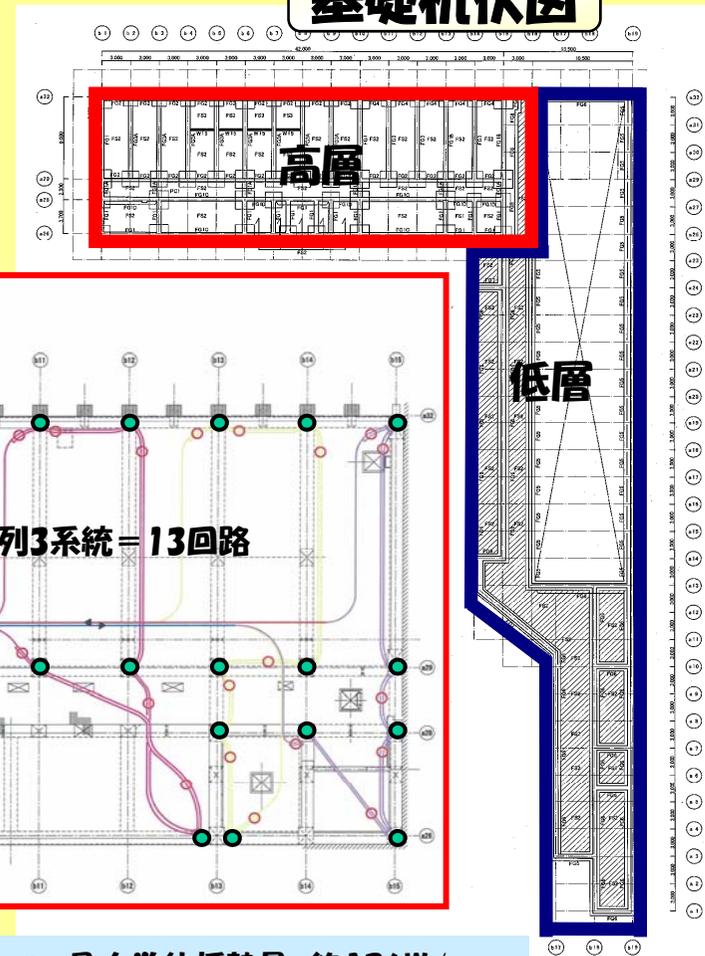
	面積[m ²]
1階	1805
2階	1652
3階	698
4階	707
合計	4862

基礎杭本数・配置

使用する鋼管杭の有効長
(有効長 = 杭底 + 杭径 ~ 杭頭 - 1.0m)

4.5m × 19本、5.5m × 1本、4.6m × 18本、
4.7m × 9本、5.7m × 4本
合計: **239.8m** (51本: 平均杭長4.7m)

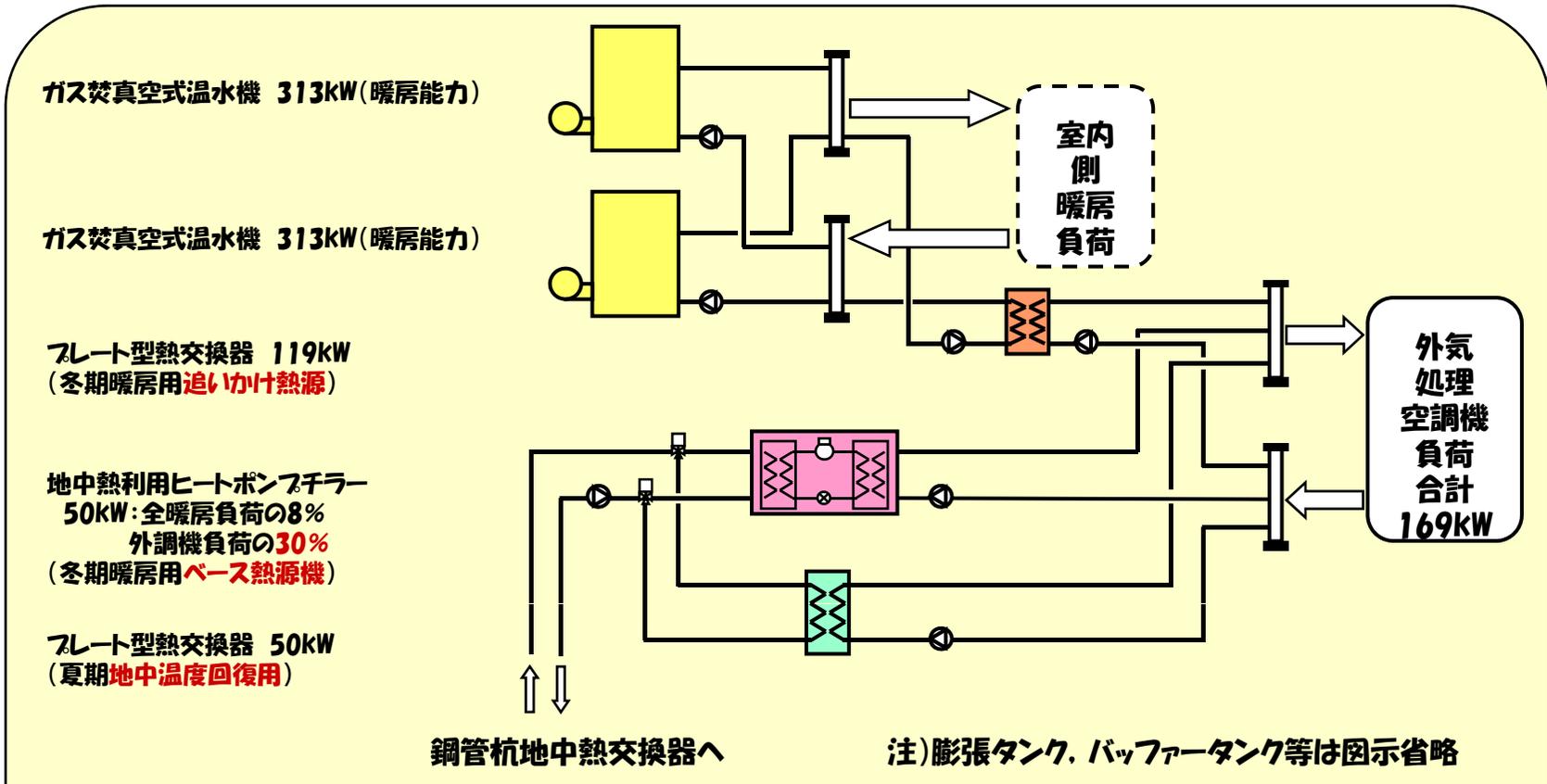
基礎杭伏図



地中熱交換器 : 鋼管杭(ダブルU) : 平均4.7m × 51本 = 240m ⇒ 最大単位採熱量 約126W/m

ボアホール(シングルU) : 75m × 3本 = 225m ⇒ 最大単位採熱量 約33W/m

導入システムの概要



計測箇所:外気処理空調機系統温水行き温度, 還り温度, 流量
熱源水行き温度, 還り温度, 流量
地中熱利用ヒートポンプチラー2次側温水行き温度, 還り温度, 流量
鋼管杭地中熱交換器内温度2箇所(端部および中心部の鋼管杭)
外気温度

施工上の留意点：杭内Uチューブ設置工事

- ・ 杭頭部の処理については物件毎に構造技術者との協議が必要である。
- ・ 杭、基礎躯体、Uチューブ取出しが物理的に取合うので杭頭部基礎工事との調整が複雑である。
- ・ 設置完了後、基礎躯体工事期間中、配管の養生や検査が必要である。



施工状況：杭内Uチューブ挿入工事-1(3月中旬～末)



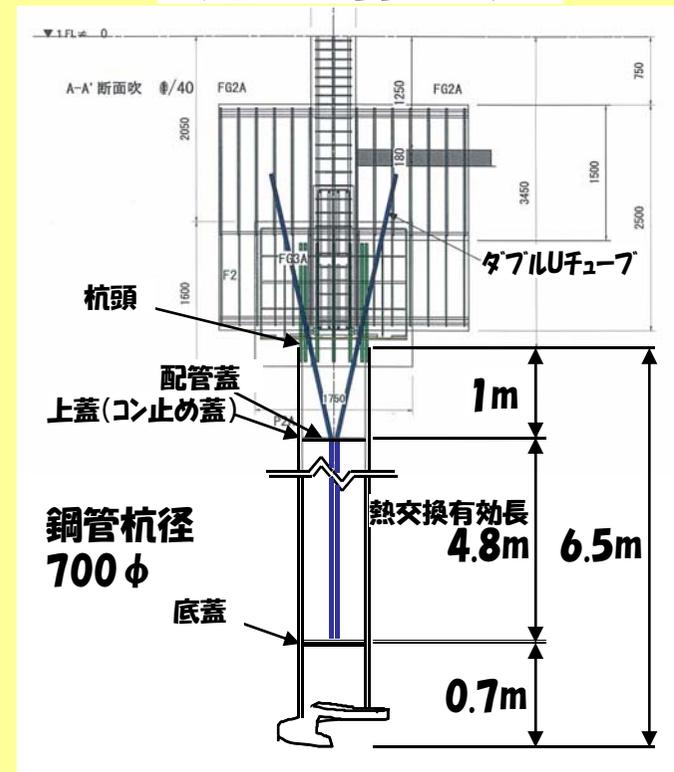
杭頭部(Uチューブ挿入前)



Uチューブ:25A×9m



Uチューブ挿入および水張り



施工状況：杭内Uチューブ挿入工事-2(3月中旬～末)



配管蓋設置



配管蓋設置完了



配管蓋設置



鉄筋との接触,
コン打時の衝撃
等から保護

Uチューブに保護管装着

施工状況：Uチューブ・基礎工事相番管理(3月末～4月末)



杭頭部定着鉄筋溶接



フーチング上部に導き配管取出し



基礎鉄筋と取合いながら配管取出し



コン打前に全チューブを圧力テスト

施工状況：機会室内設置状況(竣工前)



地中熱利用ヒートポンプ



地中熱制御盤



地中温度回復用熱交換器



熱源水ヘッダー



二次温水ヘッダー(手前)

定量評価手法の開発（北海道大学との共同開発）

H14年度～ 北海道大学長野研究室と共同開発
(H16.10～H19.9北海道大学地中熱利用システム工学講座)

システム設計の最適化と経済性・環境性の定量的評価

設計シミュレーションツールの
実用化

- ① 設計実務者向けツール
- ② 地下水影響の定量化

・土壌熱物性
・地下水状況 等

・鋼管杭口径
・深さ、本数 等

建物の冷暖房
負荷シミュレーション
プログラム

地中熱交換杭

② 地盤条件

③ 杭仕様

地中熱交換解析
シミュレーション

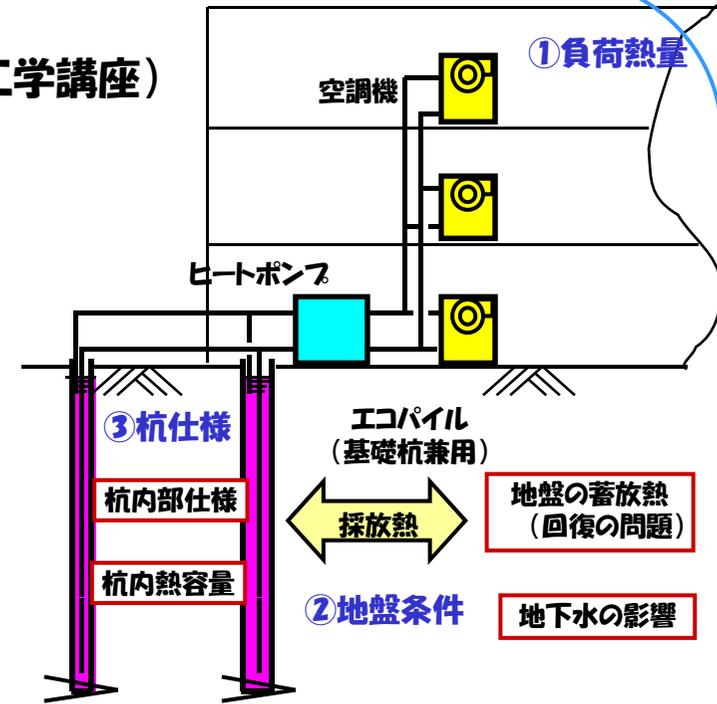
温度
採放熱量
温度

ヒートポンプ
熱源システム運転
シミュレーション

① 負荷熱量

・地中温度
・地中蓄熱量

・採放熱量
・エネルギー消費量
・CO2排出量
・LCC



評価ツール開発検討依頼を行った際の開発コンセプト図

北海道大学性能評価ツール(現在のGround Club)開発構想と一致

地中熱定量評価のために不可欠なこと

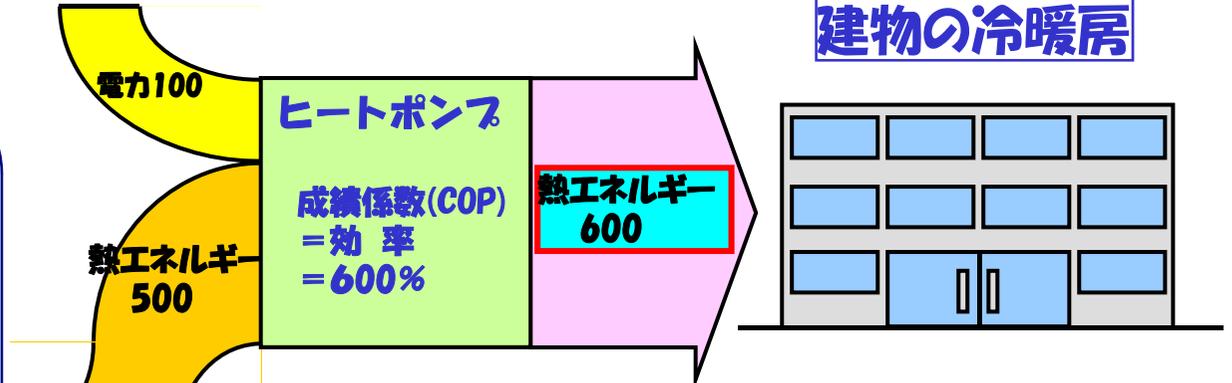
設備エンジニアリング
正確な地中温度の判断

**熱源である地中の温度により
 能力と効率は変化する。**
 ある機器の暖房時の例
 ・能力: 5℃ / 56kW → 0℃ / 49kW
 ⇒ 13%ダウン
 ・効率: 5℃ / 471% → 0℃ / 427%
 ⇒ 10%ダウン

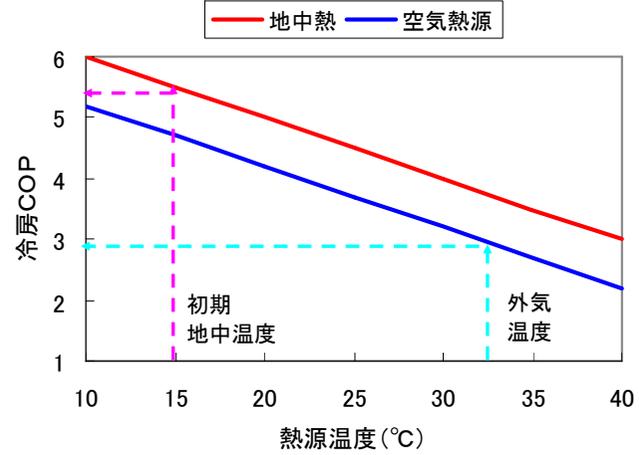
地中温度変化の判断材料
 ・基礎杭の熱交換特性
 ・地盤の温度応答特性
 ・上記への地下水流動影響
 等



エネルギーの流れ



冷房運転性能線図の一例



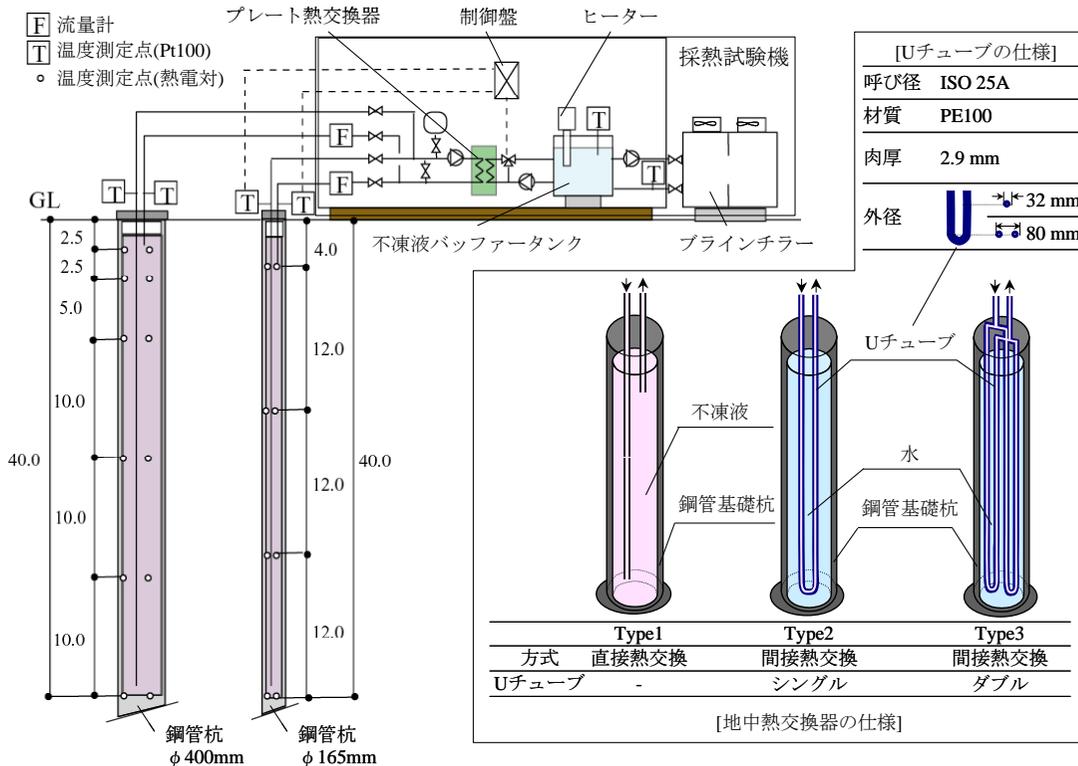
実杭を使った採放熱試験

目的

- 解析に適用する理論モデルの実験による検証
- 実測値と解析による温度変化予測値の比較による、計算モデルの検証

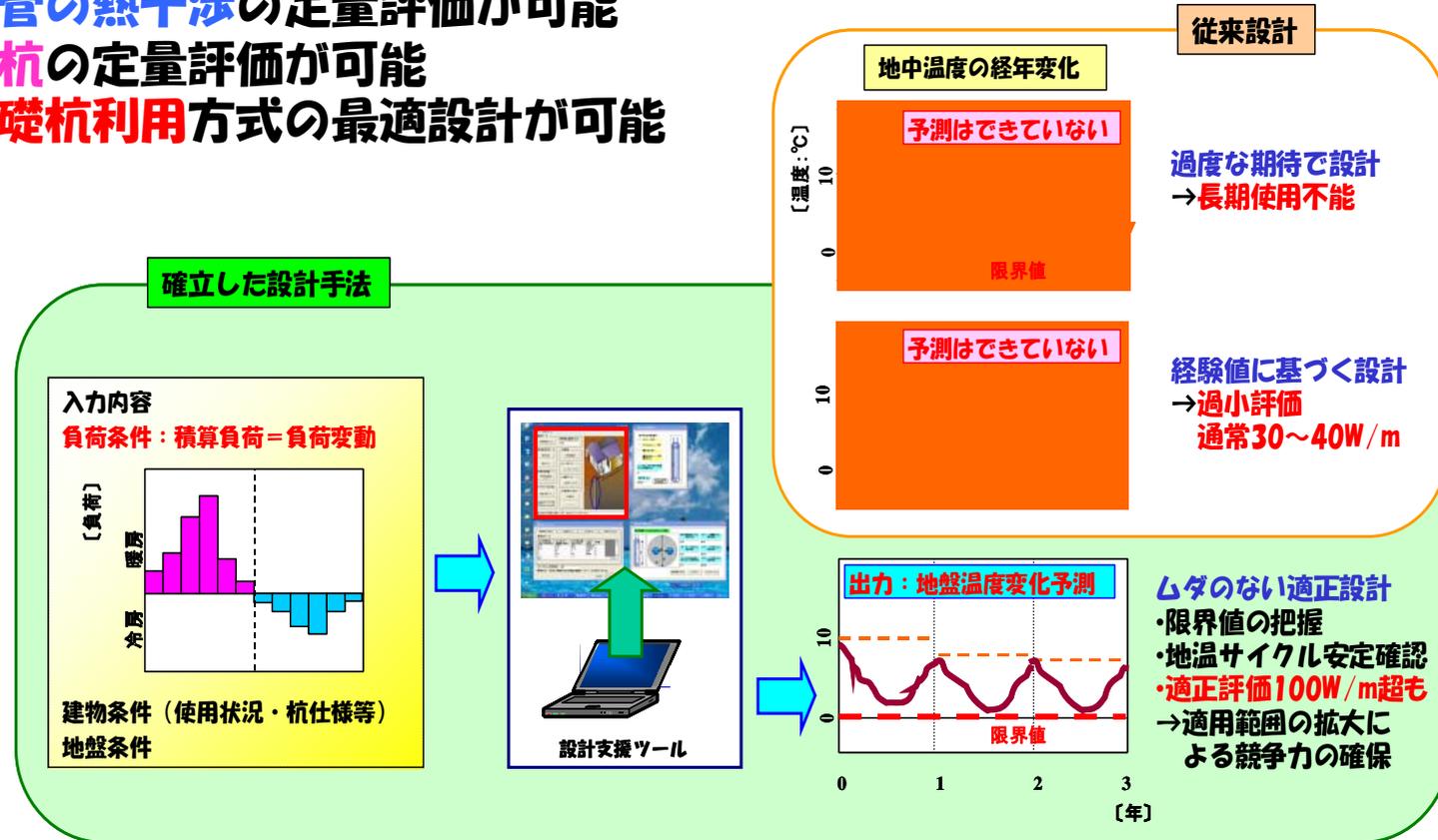


設計ツールに適用できる理論・近似解法を確立



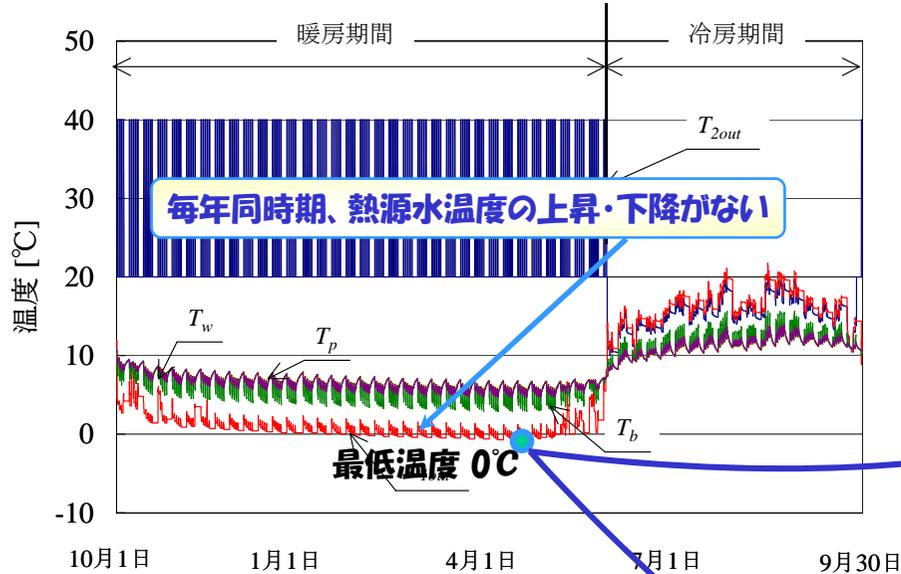
設計支援ツール ~設計実務者用高速解析ツール

- ① 時刻毎の地中温度変化を高速計算可能
→ 運転効率予測が可能
- ② 複数管の熱干渉の定量評価が可能
- ③ 中空杭の定量評価が可能
→ 基礎杭利用方式の最適設計が可能

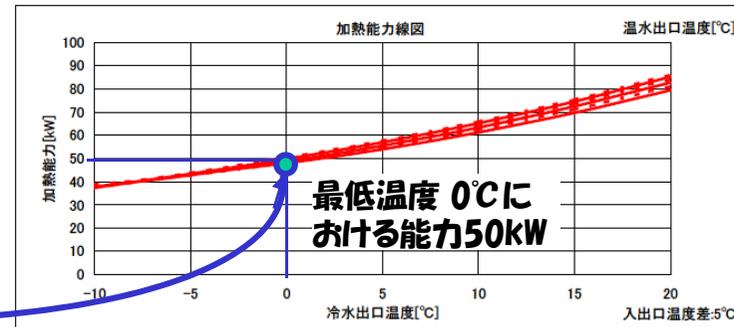


設計支援ツールによるGSHPシステム定量評価の一例

熱源水温度の変化により地中熱ヒートポンプの能力・効率を定量評価



熱源水温度による能力評価

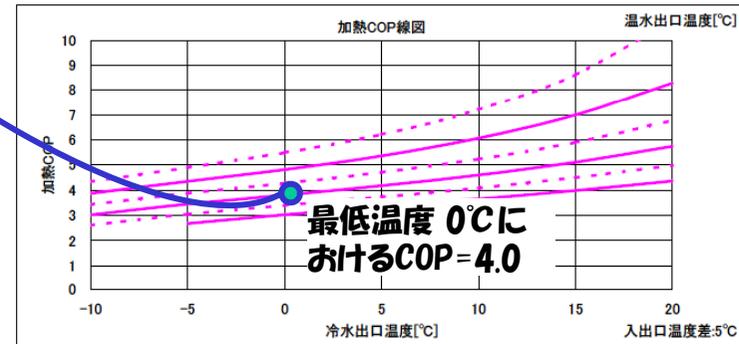


ヒートポンプ能力線図

熱源水温度等の時刻変化(5年目)

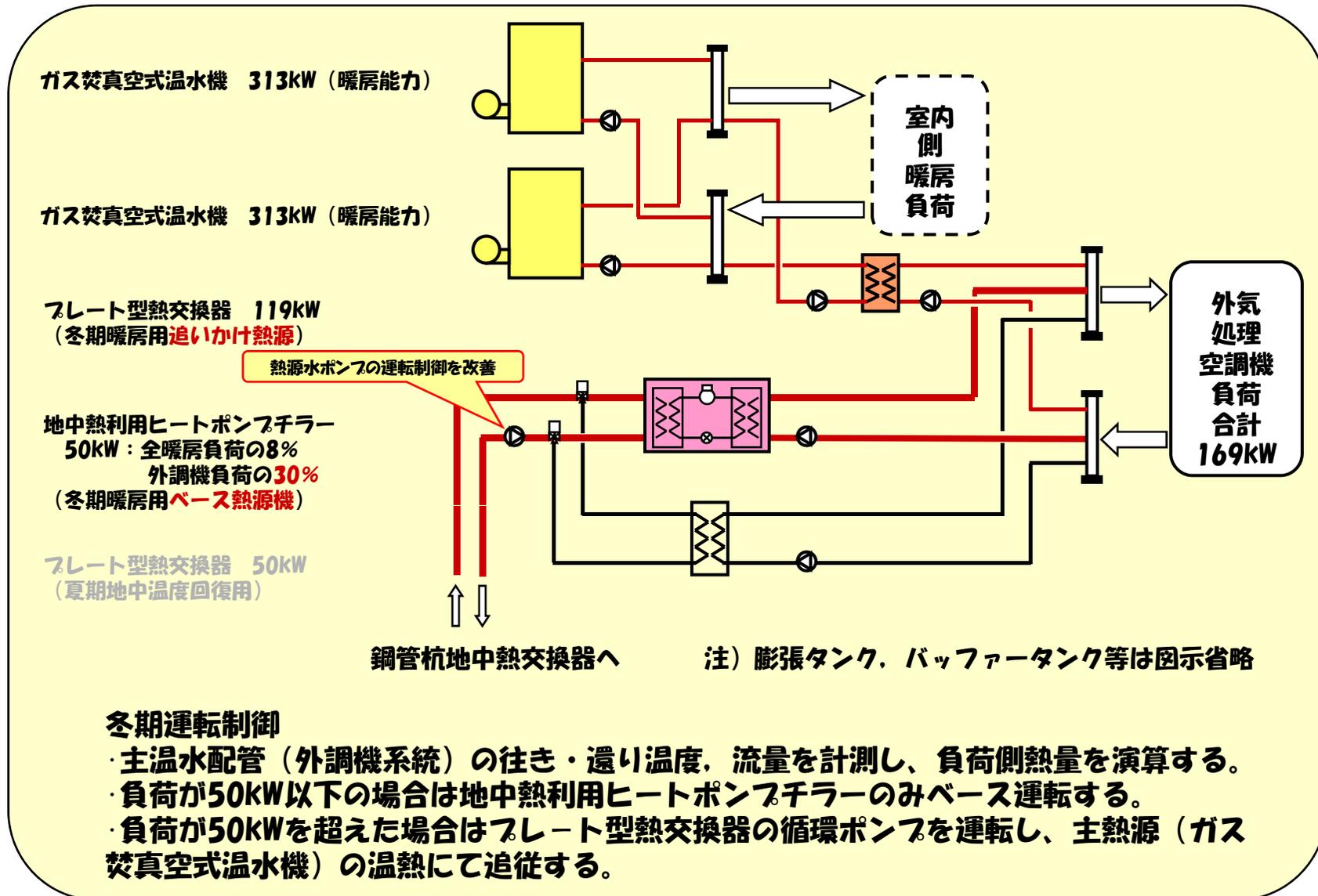
- ・熱源水温度の上昇・降下が見られないことにより長期安定運転可能を確認

熱源水温度による時々刻々の効率評価



ヒートポンプ効率線図

札幌市立大学 / 暖房運転時のシステム系統図

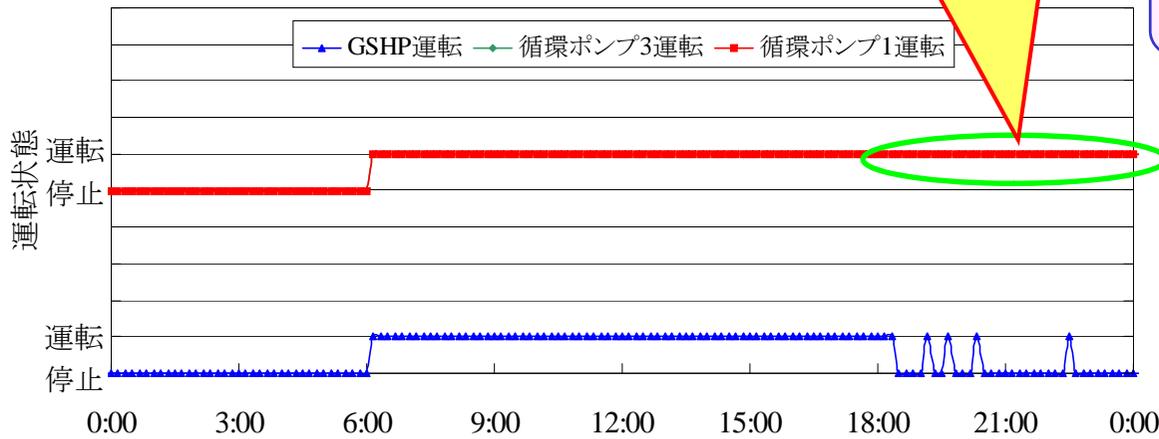


暖房期間の運転実績(1) / 熱源水ポンプ運転制御の改善前後

運転
改善前

12月27日の運転状況

熱源水ポンプ常時稼動



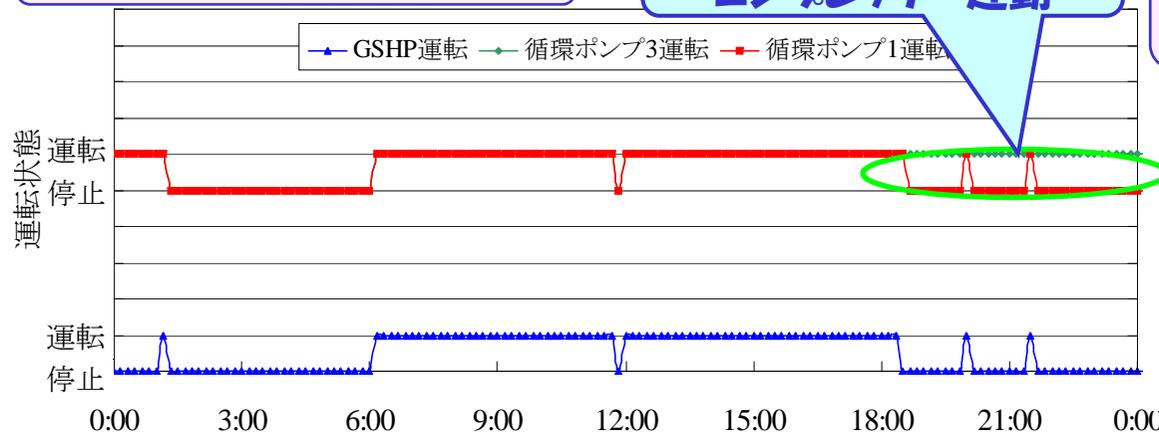
10月12日~12月27日の
運転時間とシステム性能

GSHPシステム 合計運転時間	循環ポンプ1 合計運転時間	循環ポンプ3 合計運転時間
568 h	1286 h	1286 h
ヒートポンプ COP		SCOP
4.75		2.20

運転
改善後

12月28日の運転状況

熱源水ポンプ・
コンプレッサー連動

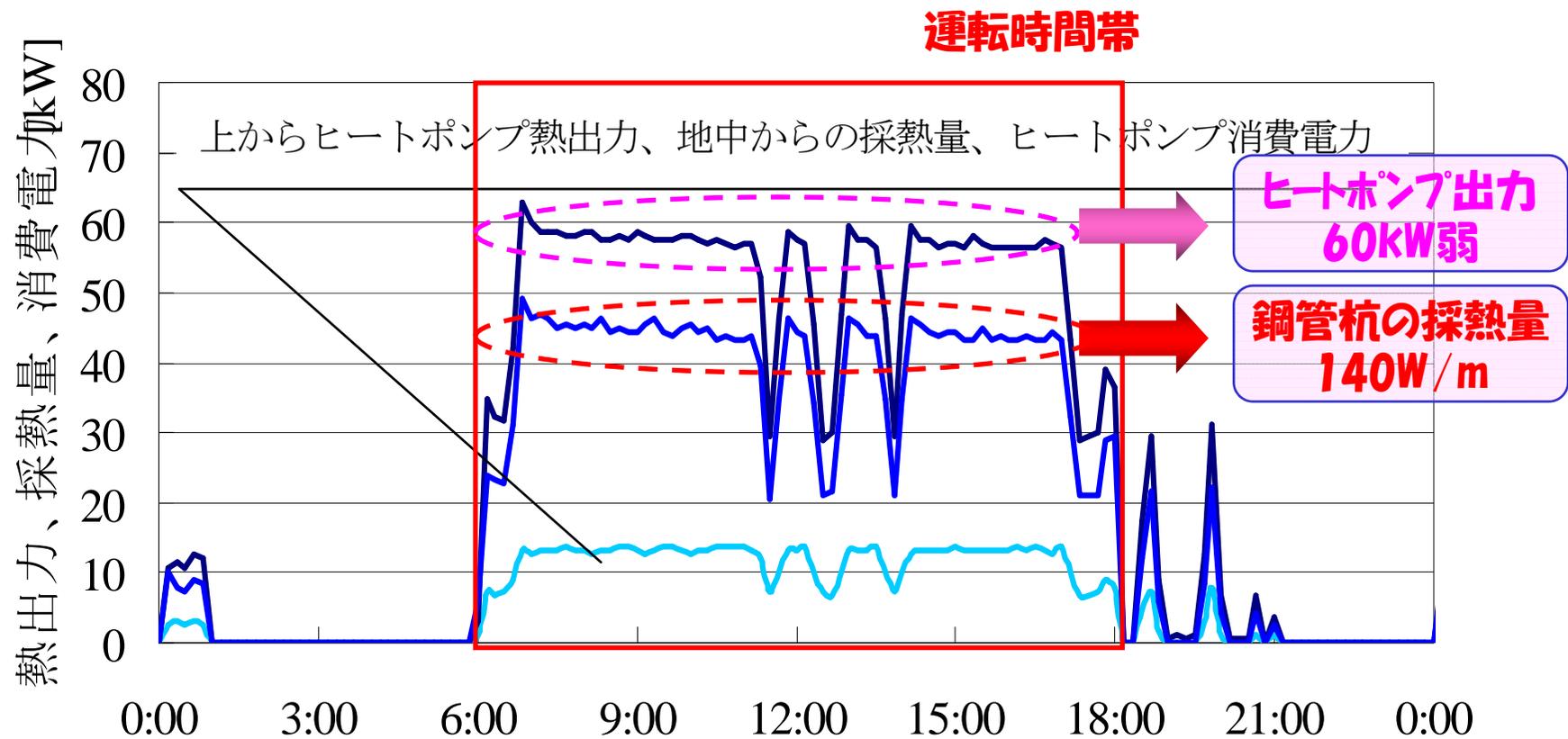


12月28日~4月18日の
運転時間とシステム性能

GSHPシステム 合計運転時間	循環ポンプ1 合計運転時間	循環ポンプ3 合計運転時間
1158 h	1203 h	1577 h
ヒートポンプ COP		SCOP
4.39		3.04

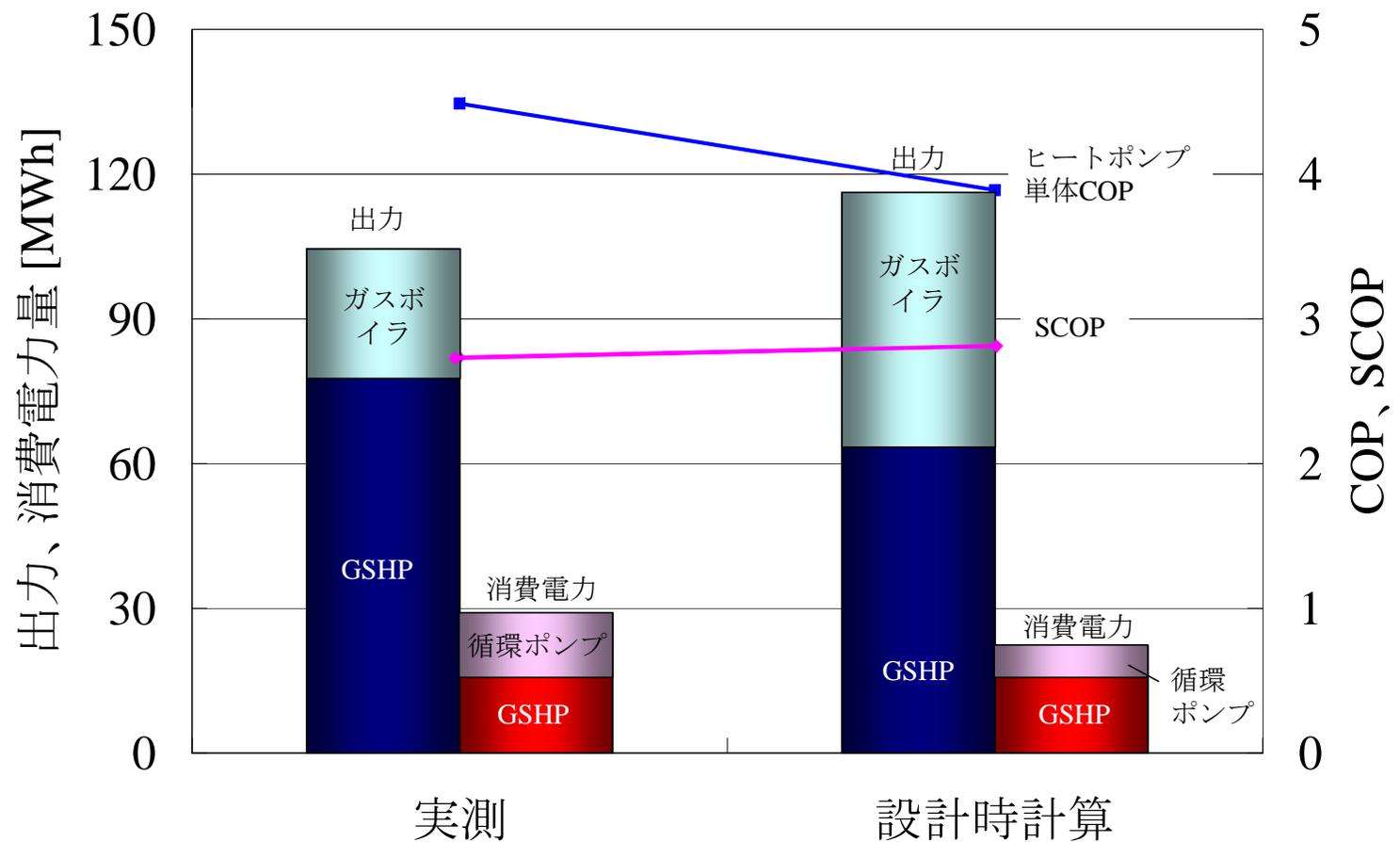
暖房期間の運転実績(2)

暖房期間代表日(2月8日)の採熱量と熱出力、消費電力の変化



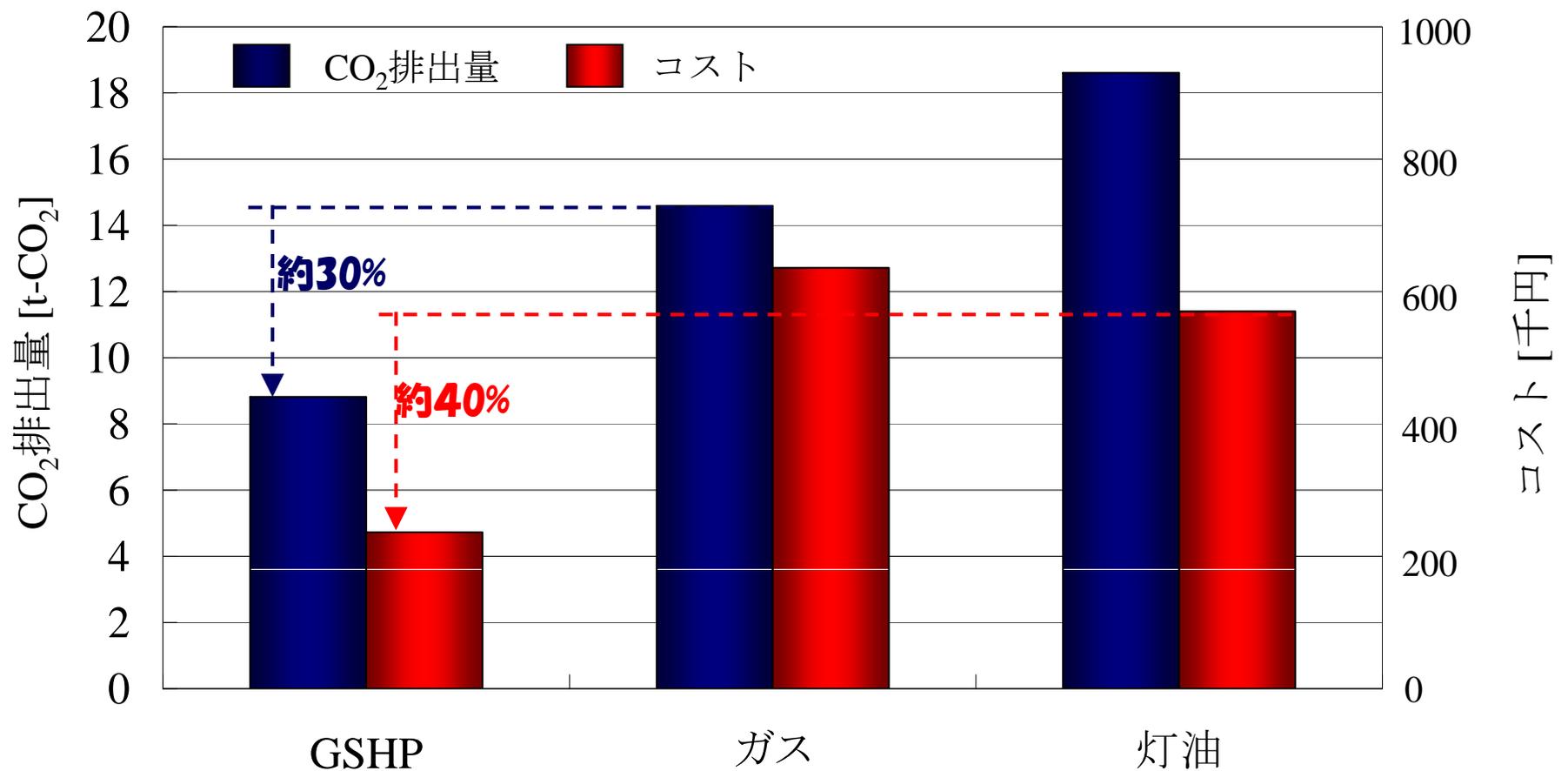
地中熱利用システムの総合評価(1)

実測と設計時計算の比較(冬期暖房時)



地中熱利用システムの総合評価(2)

環境性・経済性評価



*12月28日以降の運転結果を用いて評価

鋼管杭方式地中熱利用システム(非住宅建築物用)のまとめ

〔特徴&長所〕

- ・ 杭径は**300mm~1,600mm**程度
- ・ 深さは地盤状況によるが**70~80m**程度に達するものもある
- ・ 杭同士の**離隔**は一般的に**5~6m**以上
- ・ 比較的大径の杭ならば杭内に水を充填することで、ダブルUチューブでも大きな**採放熱能力**を得ることができる。
(札幌市立大学の実績で**約140W/m**)
- ・ **施工費の削減**が期待できる
- ・ 耐震性能に優れている

〔短所〕

- ・ 現在、鋼材の高騰によりPHC杭等の既成杭に対して**割高**で、かつ**納期**がかかる
- ・ 杭頭部基礎工事との取合い調整が複雑である。

おわり

ご清聴ありがとうございました