

2011.12.13

ヒートポンプ・蓄熱センター 未利用エネルギー活用研究会 様

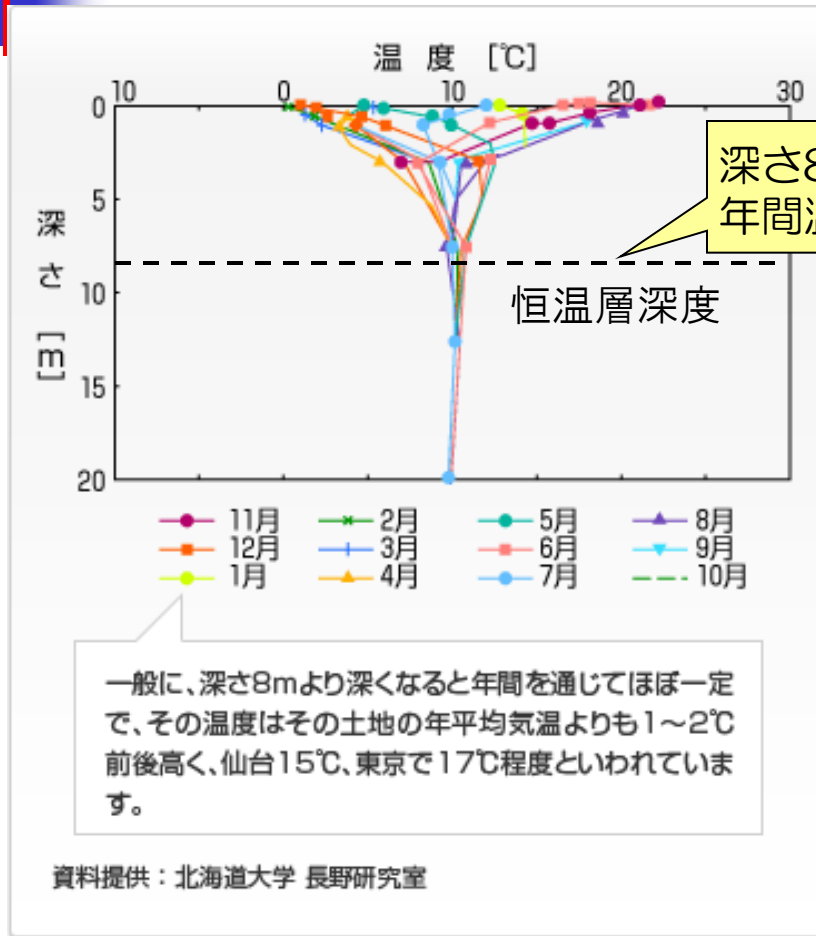
大林組技研本館の地中熱利用システム紹介

- 1 地中熱利用システムとは？
- 2 大林組技研本館の地中熱利用システム概要
- 3 地中熱ヒートポンプシステムの実績評価

(株)大林組技術研究所

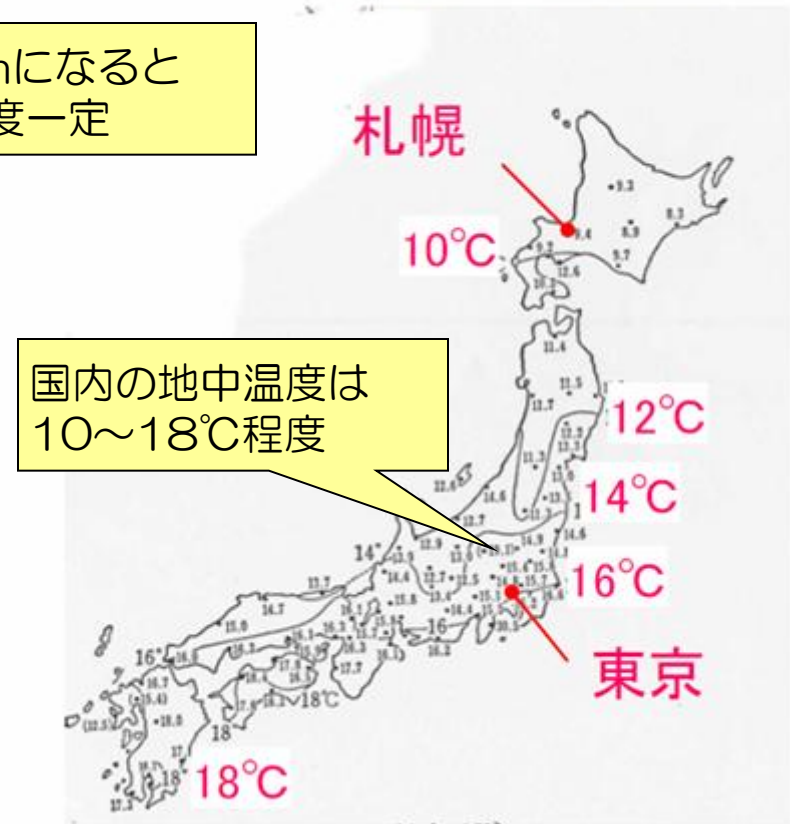
1 地中熱利用システムとは？

地中熱のポテンシャル



地中垂直温度分布の測定例

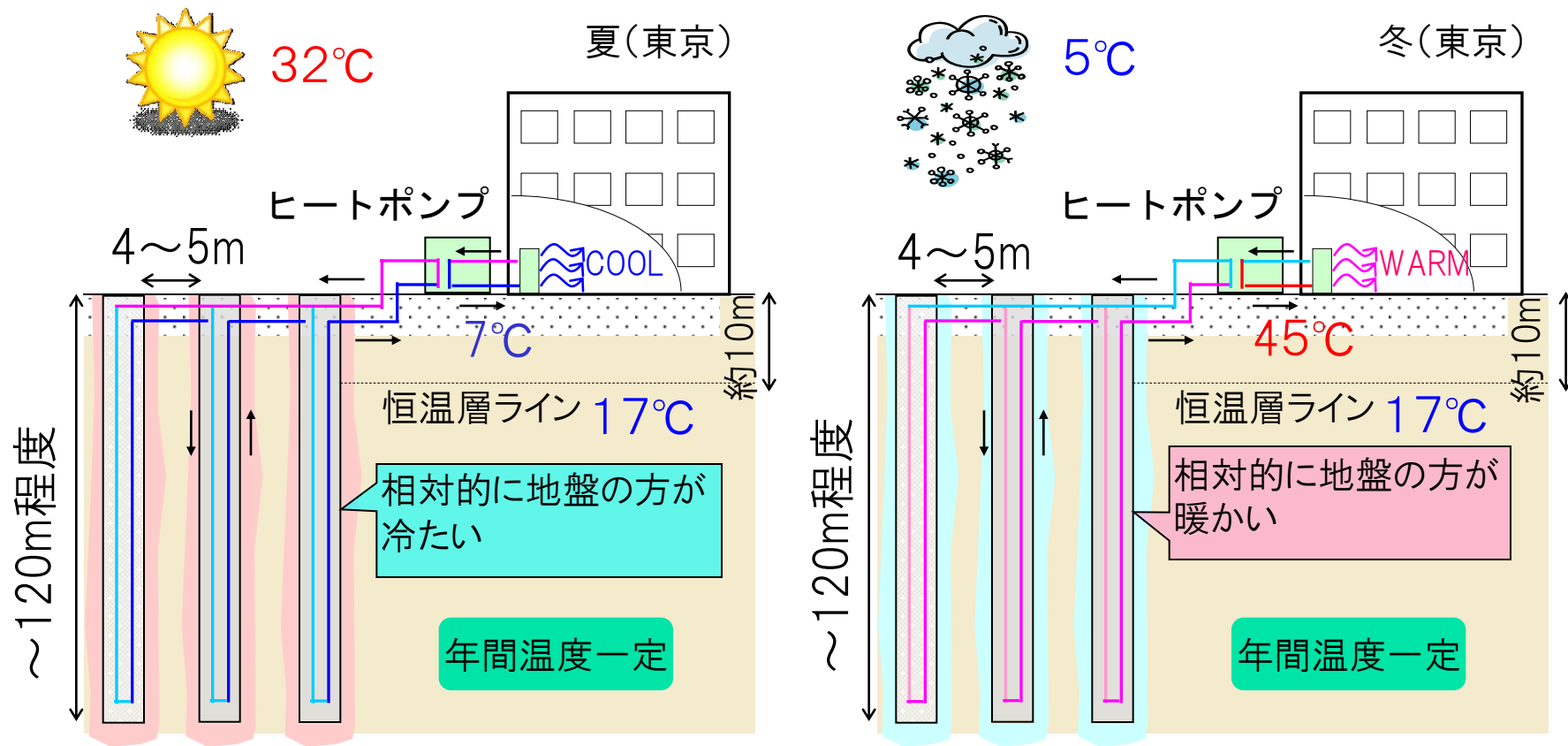
(出典)山本:水文学講座6、地下水水文学



国内地中温度（深度約10m）

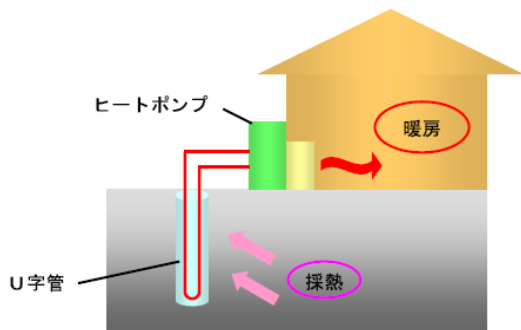
地中温度は年間を通して安定し、外気と比べると夏冷たく冬暖かいので、冷暖房熱エネルギー源として有利です。
 規制による制約がないので、日本中至るところで利用可能です。

ヒートポンプを利用した地中熱冷暖房

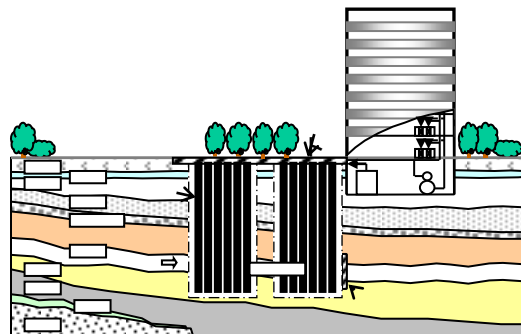


地中に配管を埋設して、夏冷たく冬暖かい地熱エネルギーを、ヒートポンプを介して建物の冷暖房などに効率的に利用します。水対水の熱交換なので、空冷式（水対空気）よりも効率的です。

地中熱の利用用途



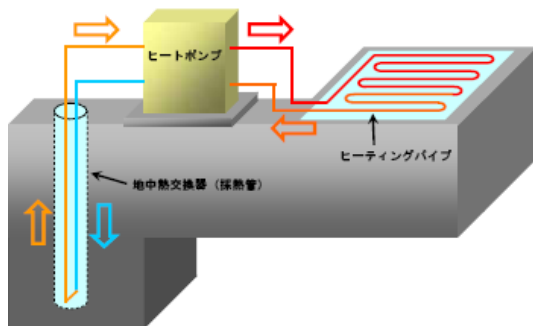
住宅冷暖房



業務用施設の冷暖房



プール・温浴施設の給湯



道路融雪



ハウス栽培の空調



住宅の換気

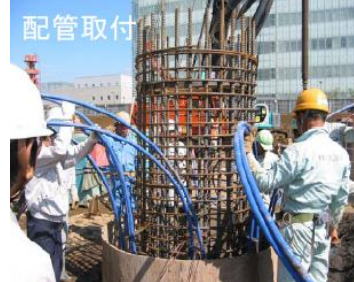
地中熱交換器の構造



①ボアホール



②井戸

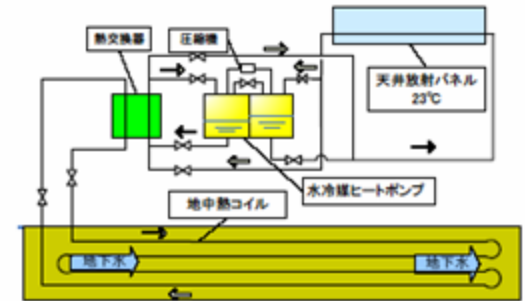


③基礎杭

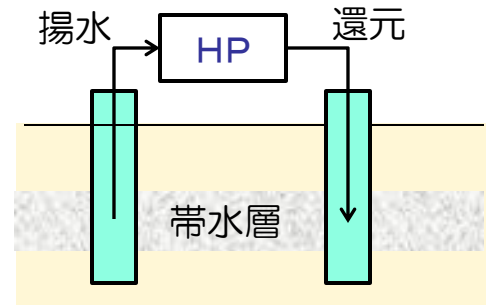


名称	シングル Uチューブ	ダブル Uチューブ	同軸管	杭二重管	杭 Uチューブ	場所打杭
掘削型式	ボアホール	ボアホール	杭	杭	杭	杭
熱利用法	間接	間接	直接	直接	間接	間接
管断面						
鉛直断面						
外管(杭)材	-	-	コンクリート, 鋼管	コンクリート, 鋼管	コンクリート, 鋼管	鉄筋コンクリート
送水材	ポリエチレン, 銅	ポリエチレン, 銅	ポリエチレン, 塩ビ	ポリエチレン, 塩ビ	ポリエチレン, 銅	ポリエチレン
孔充填材	珪砂, 珪砂	珪砂, 珪砂	水, 不凍液	水, 不凍液	水, 珪砂, 珪砂	コンクリート

垂直管方式



水平管方式



還元井戸方式

地中熱利用システムの概略設計

20~32Aを使用、耐用年数60年以上

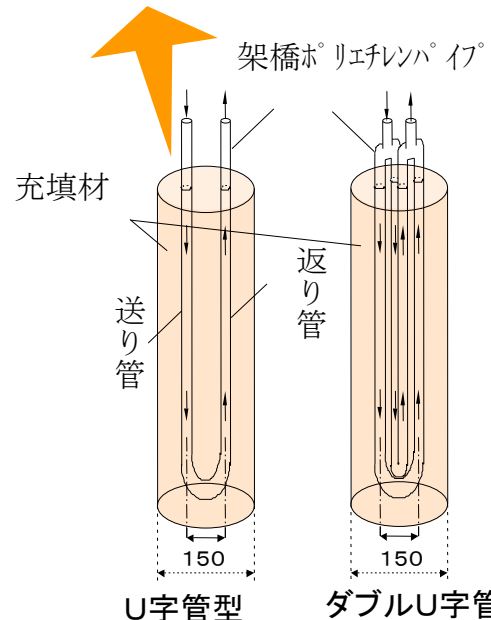
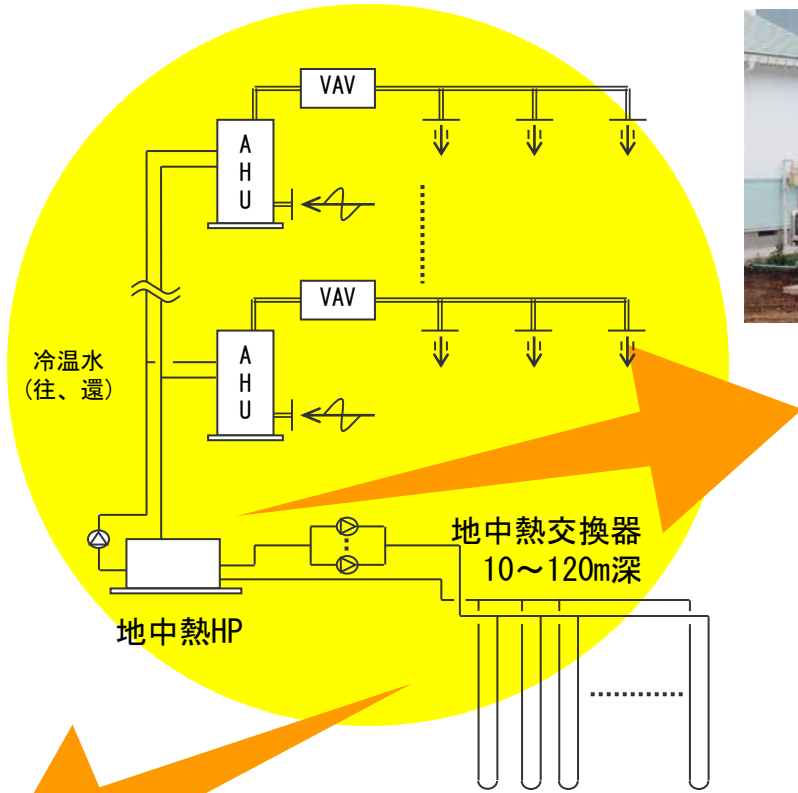
COPは4~7程度



熱交換パイプ



地中熱ヒートポンプ



地中熱交換器

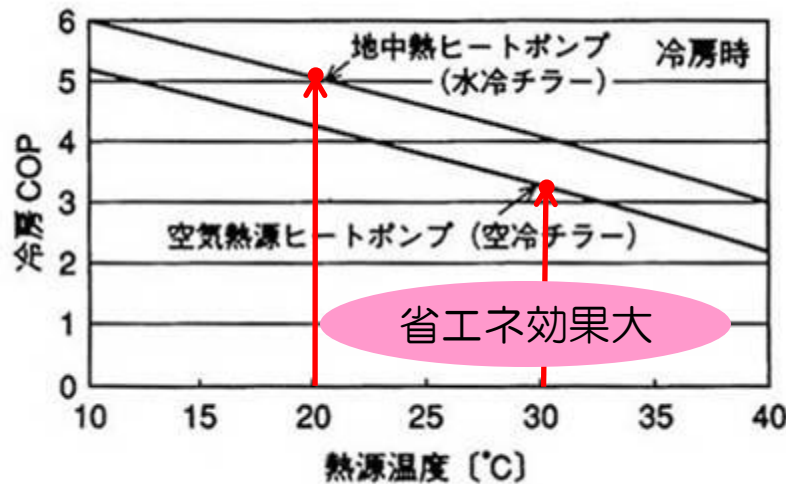
地中熱交換器の必要間隔は4m程度
(熱干渉防止、掘削機所要スペース)

採熱能力は一般に30~50W/m
循環流量は一般に15~30L/min
(ボアホール式、U字管2組の場合)

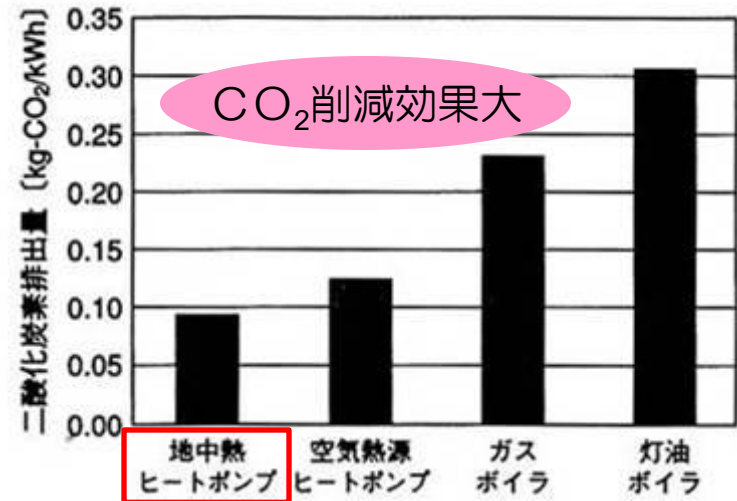
掘削口径120~200mm、深さ10~120m

導入効果(1) ー省エネとCO₂削減ー

出典：北大・地中熱ヒートポンプシステム（オーム社、2007）



冷房時のヒートポンプ性能比較



暖房時のCO₂排出量比較

省エネ効果

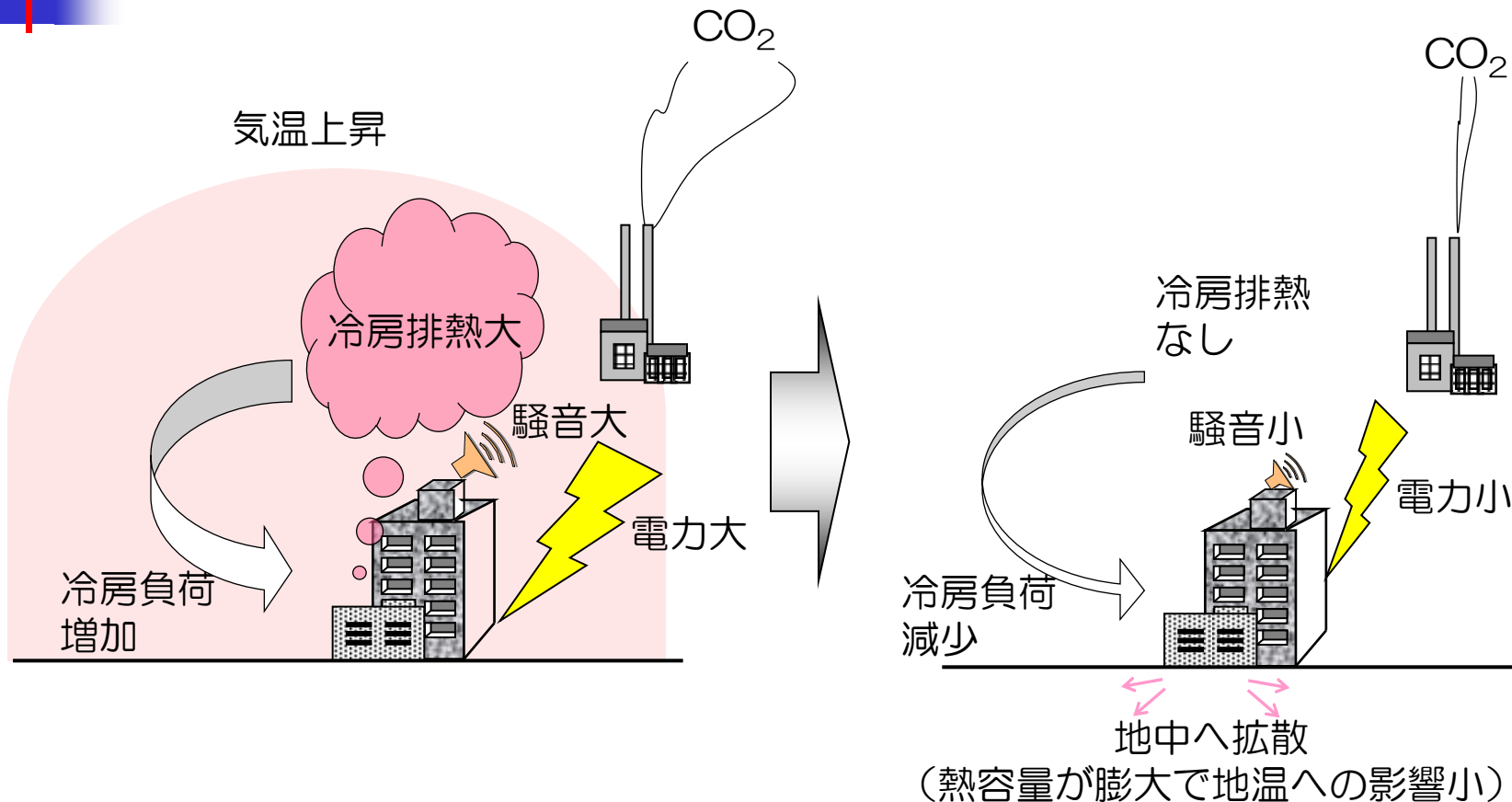
冷暖房消費電力が20～50%削減します（在来システムにもよる）。

CO₂削減効果

空気熱源方式との比較で、25～35%の排出量削減が見込まれます。ガスや灯油との比較では、50%以上の排出量削減が見込まれます。



導入効果(2) ー排熱・騒音対策ー



従来方式(空冷ヒートポンプ)

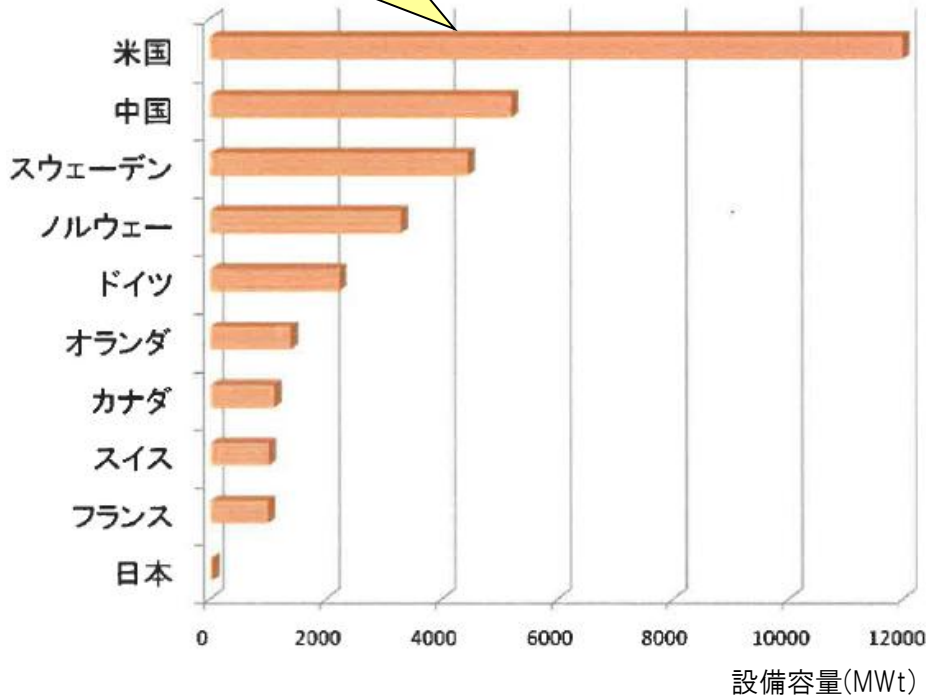
地中熱ヒートポンプ

- 地中熱ヒートポンプは、冷房排熱を外気に放出しないので、ヒートアイランド対策の抑制効果が見込まれます。
- 放熱用の室外機がないので、稼働時騒音が非常に小さくなります。

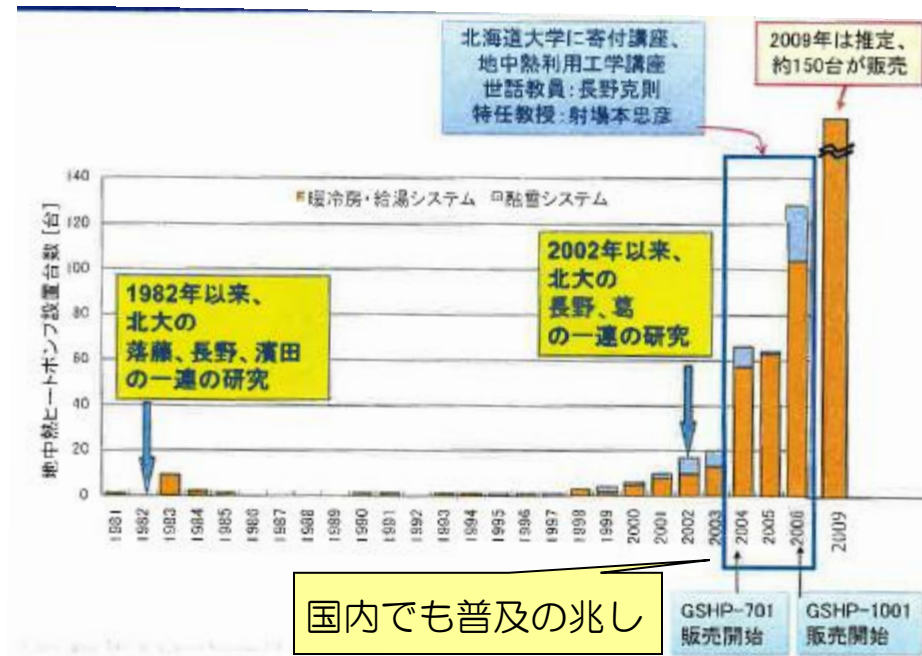
地中熱利用の普及状況

米国では100万台普及(家庭用換算)

出典：Lund(2010)

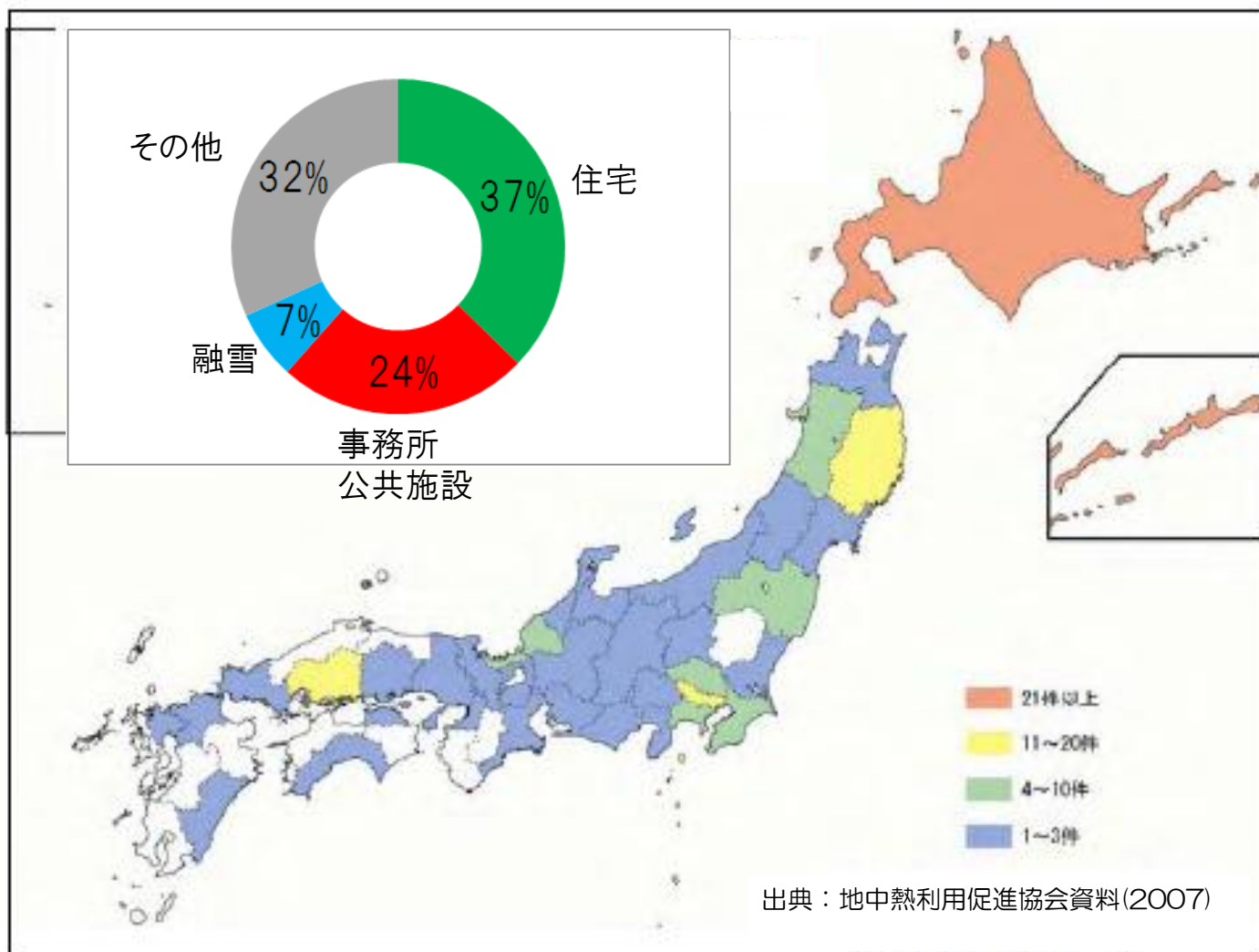


出典：北大・長野教授セミナー資料(2011)



○ 北米・西欧と比べると導入件数は少ないのが実情ですが、近年増加傾向にあります。

地中熱利用の国内利用内訳



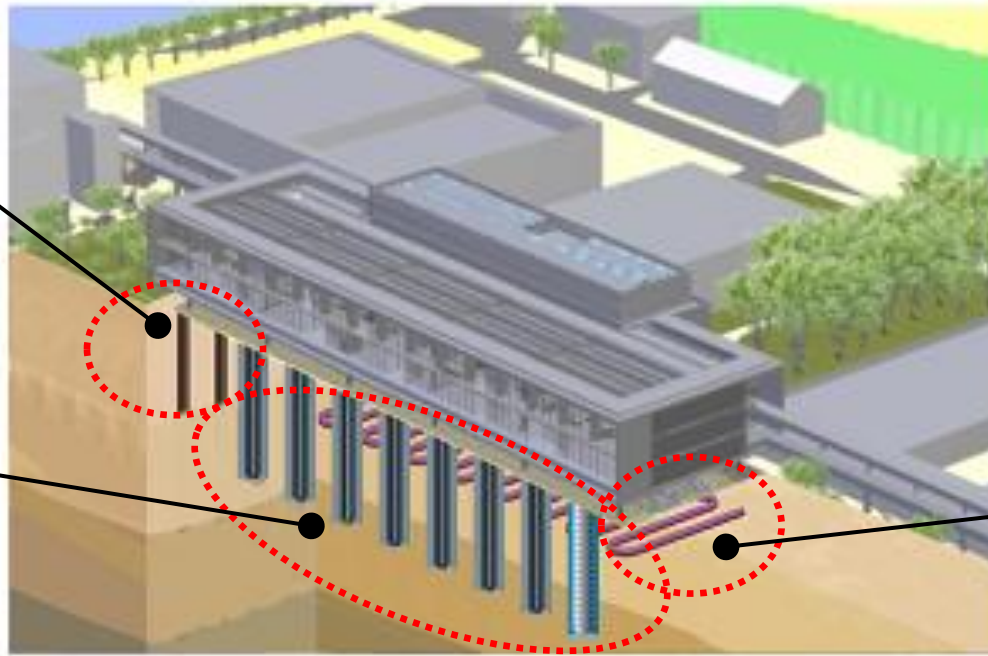
○ 地中熱の推進に力を入れている大学や自治体、関連メーカーの所在地での設置件数が多い状況です。

2 大林組技研本館の 地中熱利用システム概要

大林組技研本館の地中熱利用法

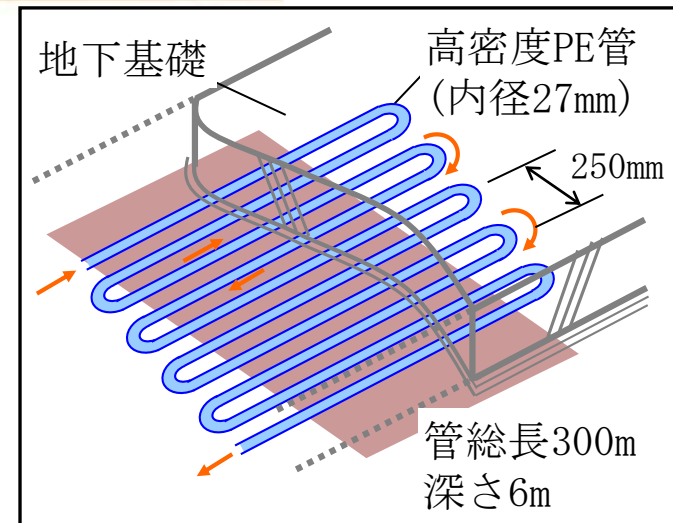
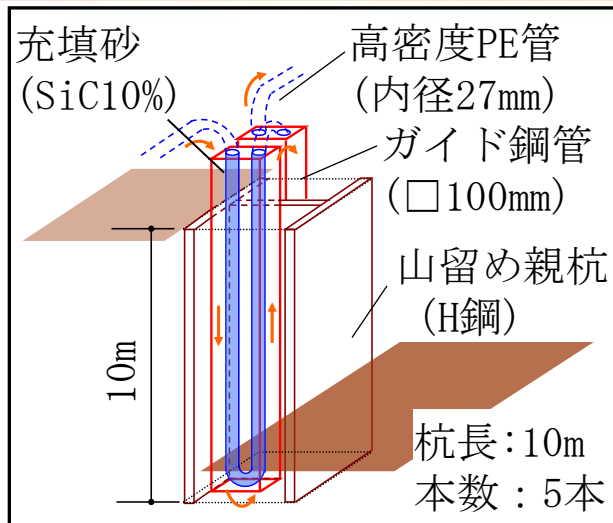
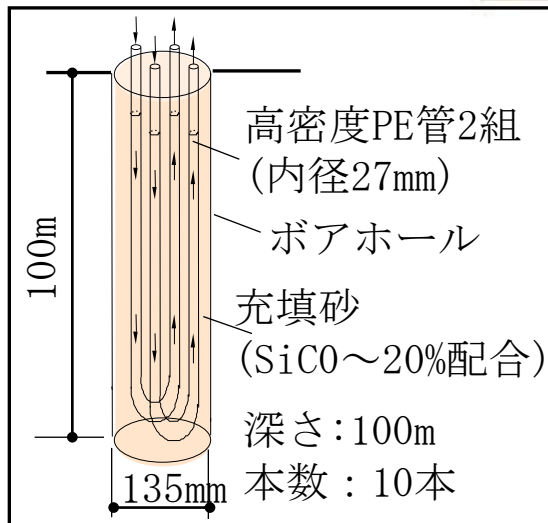
②山留杭
併設方式
10m×5本
(配管200m)

東京都清瀬市
S造(免震)
地上3階建
面積5,632m²



①ボアホール方式
(高熱伝導充填材)
100m×10本
(配管4000m)

③基礎下
水平方式
(配管300m)

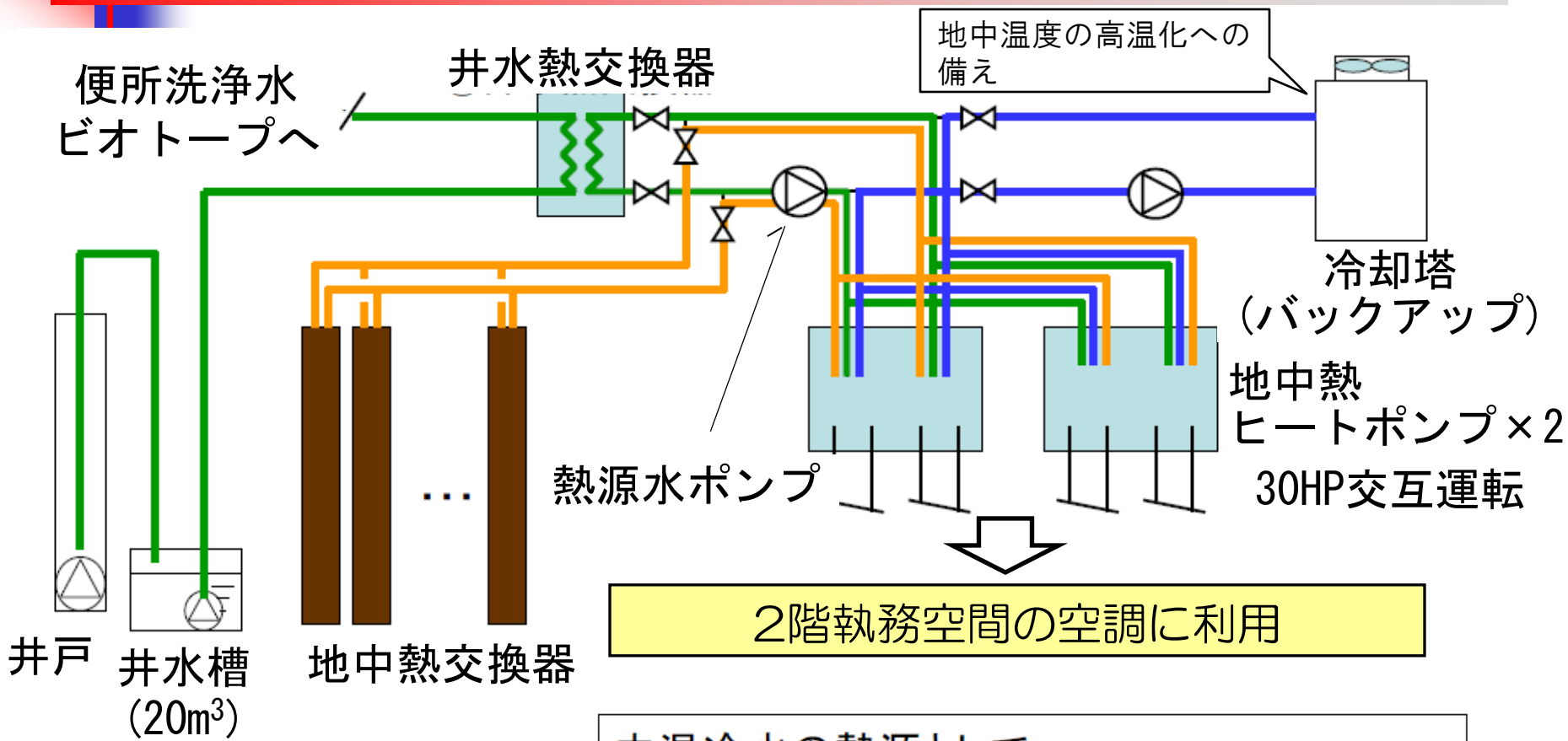


①ボアホール方式

②山留杭併設方式

③基礎下水平方式

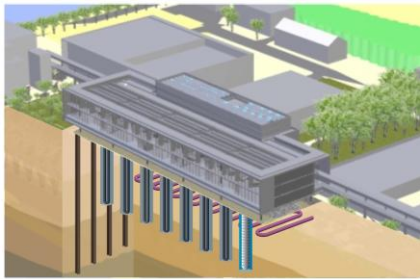
技研本館の地中熱HPシステム(1次側)



中温冷水の熱源として、
 ①井水 ②地中熱 (③冷却塔:バックアップ)
 上記の優先順位により、熱源の運転を行う

○ ピーク時冷房負荷の17%、暖房負荷の10%に対応

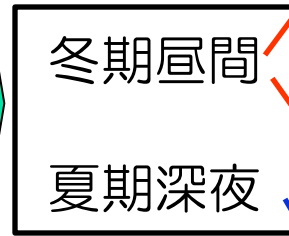
技研本館の地中熱HPシステム(2次側)



地中熱交換器



地中熱HP



温水
45°C

温水
44°C



一般暖房



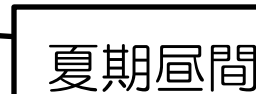
放射パネル

機

パーソナル空調

安価な
深夜電力利用

冷水 (7°C) 製造より
高効率運転可

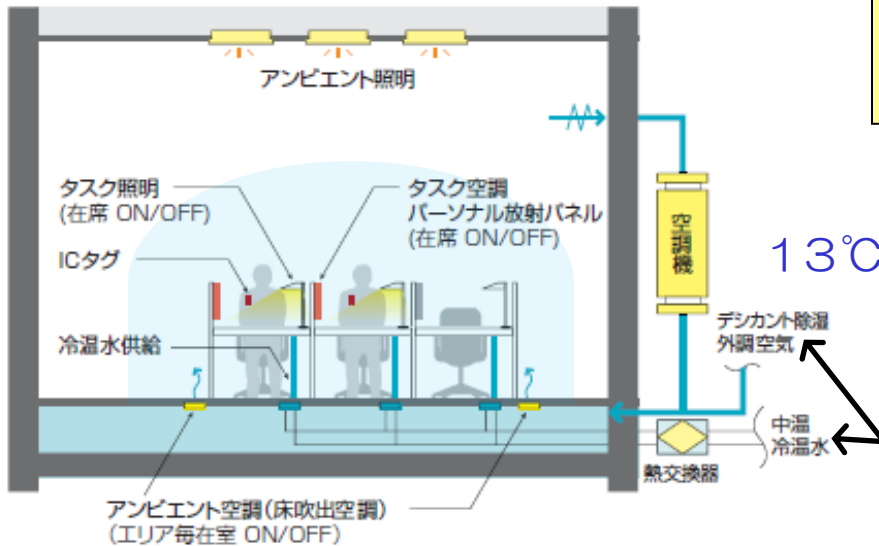


中温冷水
13°C



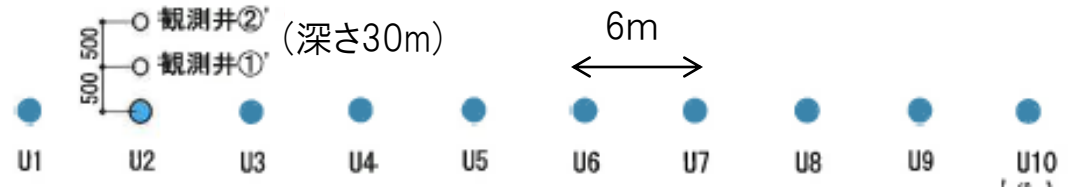
潜熱蓄熱材

潜熱蓄熱槽(中温冷水)

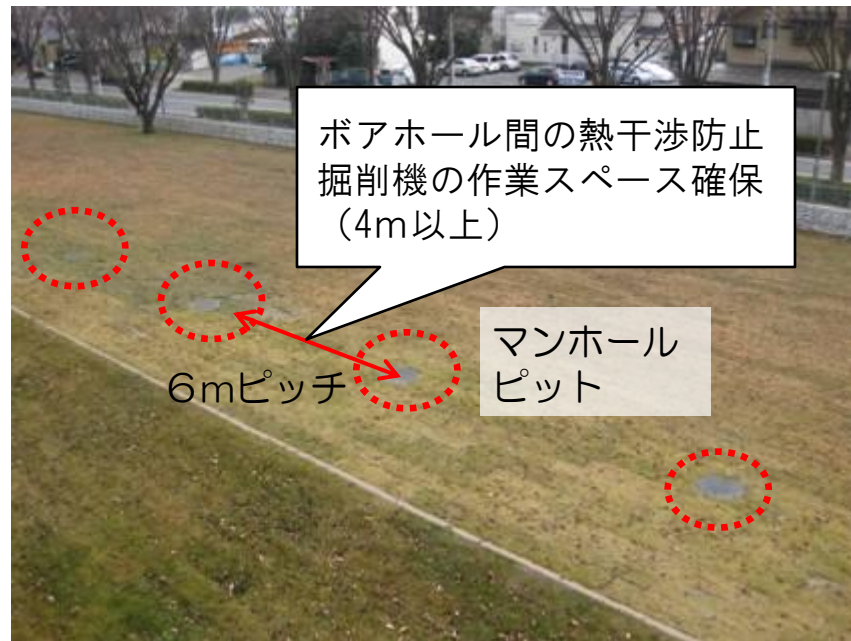
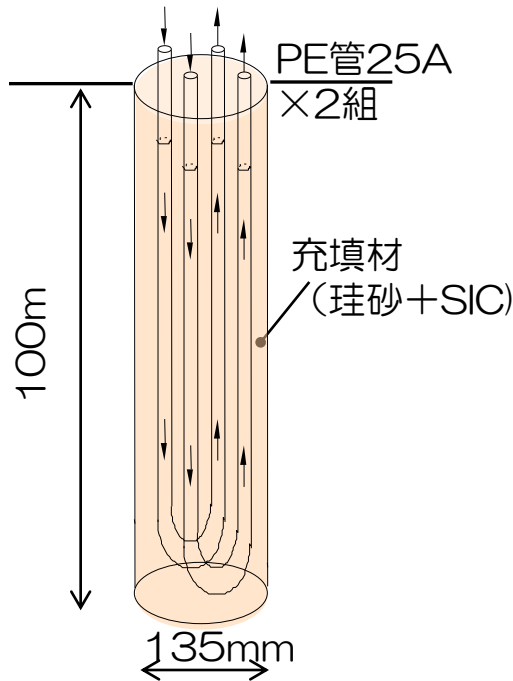


2階執務空間の空調

①ボアホール方式—概要—

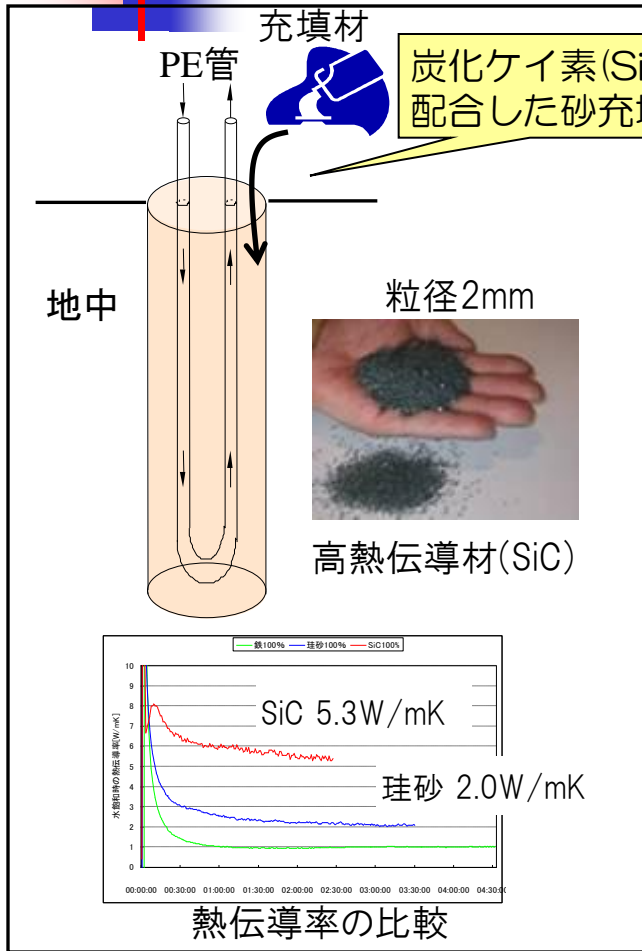


深さ100mのダブルU字管10本
充填材は、珪砂を基材としてSICを0~20%配合

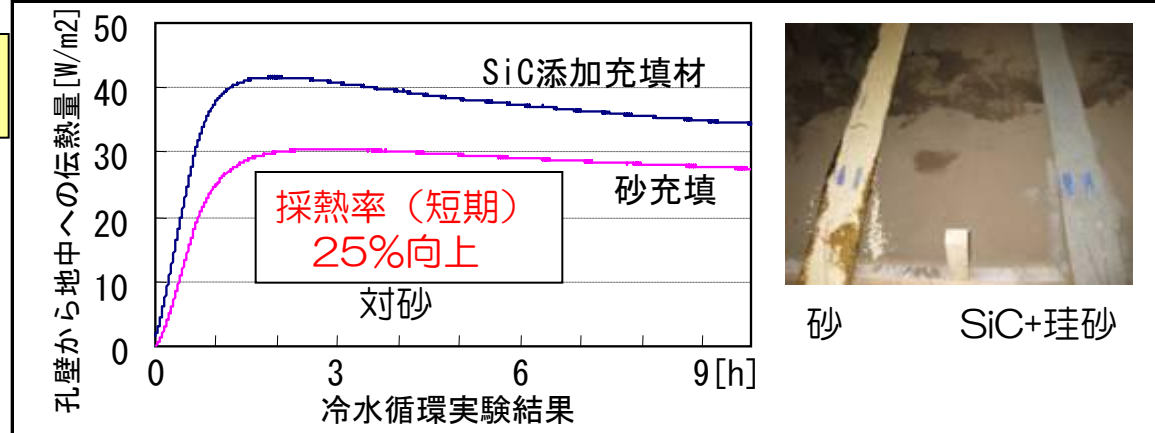


- 熱伝導性の高い充填材を掘削孔に埋め戻すことで、採熱効率向上
- 土壌接触面積が大きく、パイプの熱伝導性を上げるより効果的

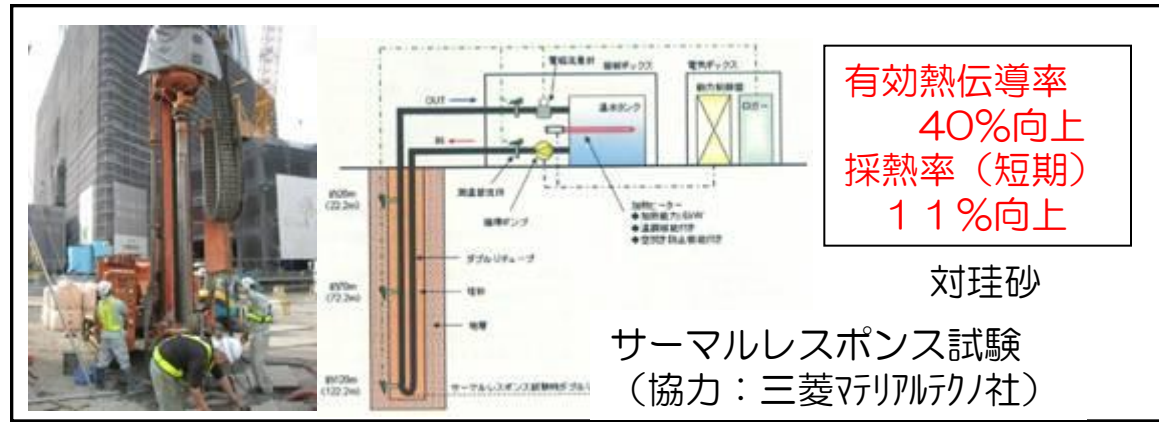
①ボアホール方式—高性能充填材—



高熱伝導性の充填材



室内模型実験による検証 (技研)



実施物件による検証 (東京スカイツリー東街区)

- パイプの熱伝導性を上げるよりも効果的
- 短期的な採熱能力の向上効果確認済み

＜施工実績＞
東武I初ギ-マヅ M外様
大林組技研本館

①ボアホール方式－施工手順－



口元塩ビ管建込み



削孔



孔内洗浄



U字管2組建込(25A)



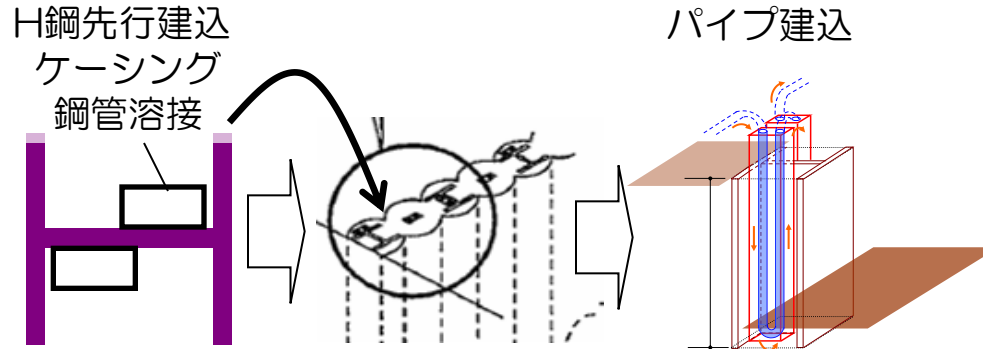
ケーシング引抜き



充填材注入(SIC配合)

地中連壁や永久アンカーで培った掘削技術の応用、施工作業の高効率化（特許10数件出願済）により、従来より安価に施工します。

②山留杭併設方式



山留め壁を利用



さや管溶接



- 山留めを転用して、掘削コスト削減
- 損傷パイプのリスクの少ない後入れ工法
- 建築と設備業者の作業効率向上で工期短縮

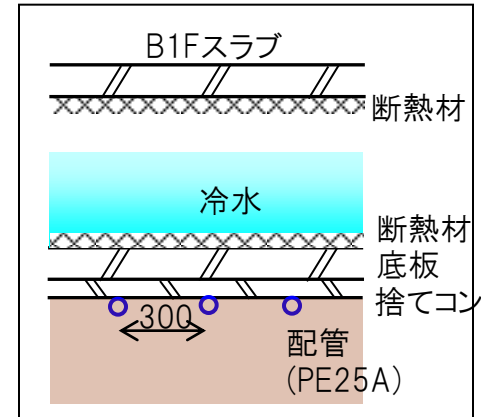
＜施工実績＞
 大林組技研本館
 大阪市某病院様

③基礎下水平方式

ロングスパン構造で、
水平配管の設置スペースが確保できた



水蓄熱槽直下に埋設



断面図



300mmピッチ
(熱干渉が少ない)

25m × 12列 = 300m

<施工実績>

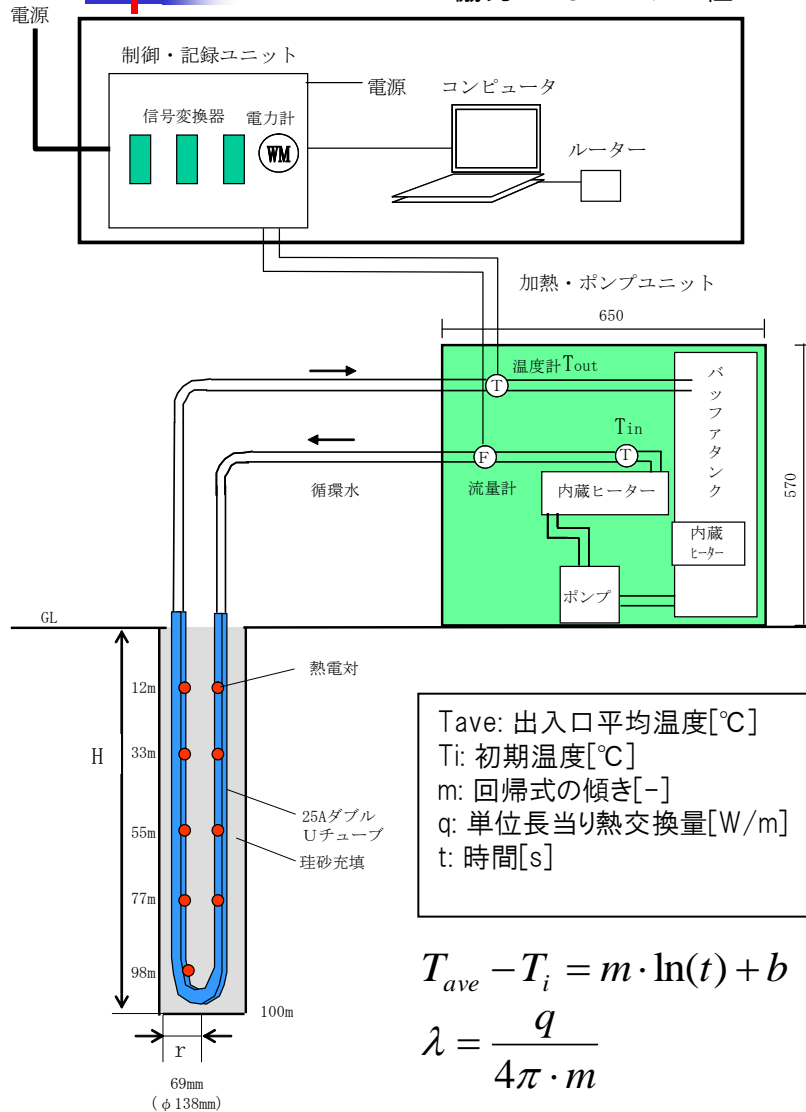
大林組技研旧本館
大林組技研本館

- 地中熱導入による追加掘削コストが発生しない。
- 単位長さ当りの効率が高いと予想される。

3 地中熱ヒートポンプシステムの 実績評価

サーマルレスポンス試験 (TRT)

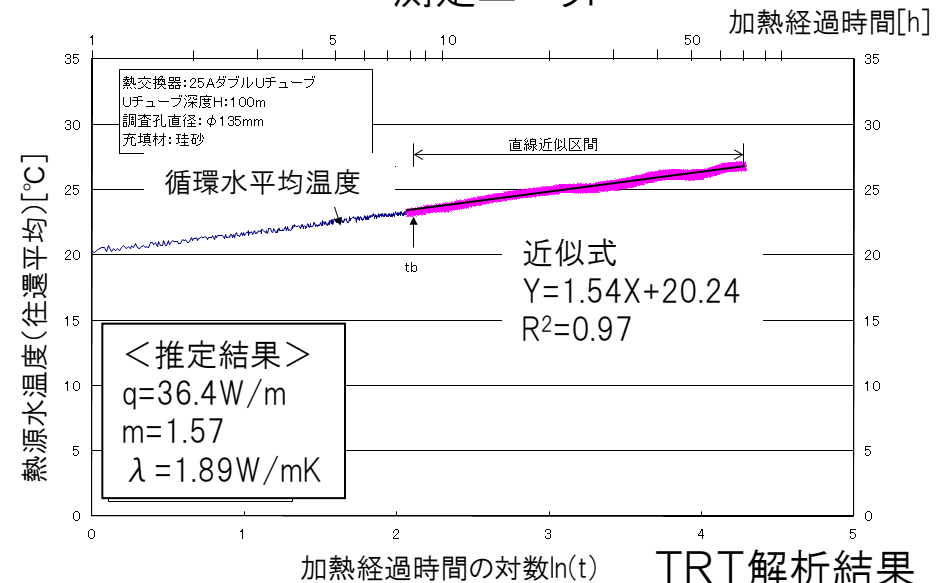
協力: ジオシステム社



試験方法



測定ユニット

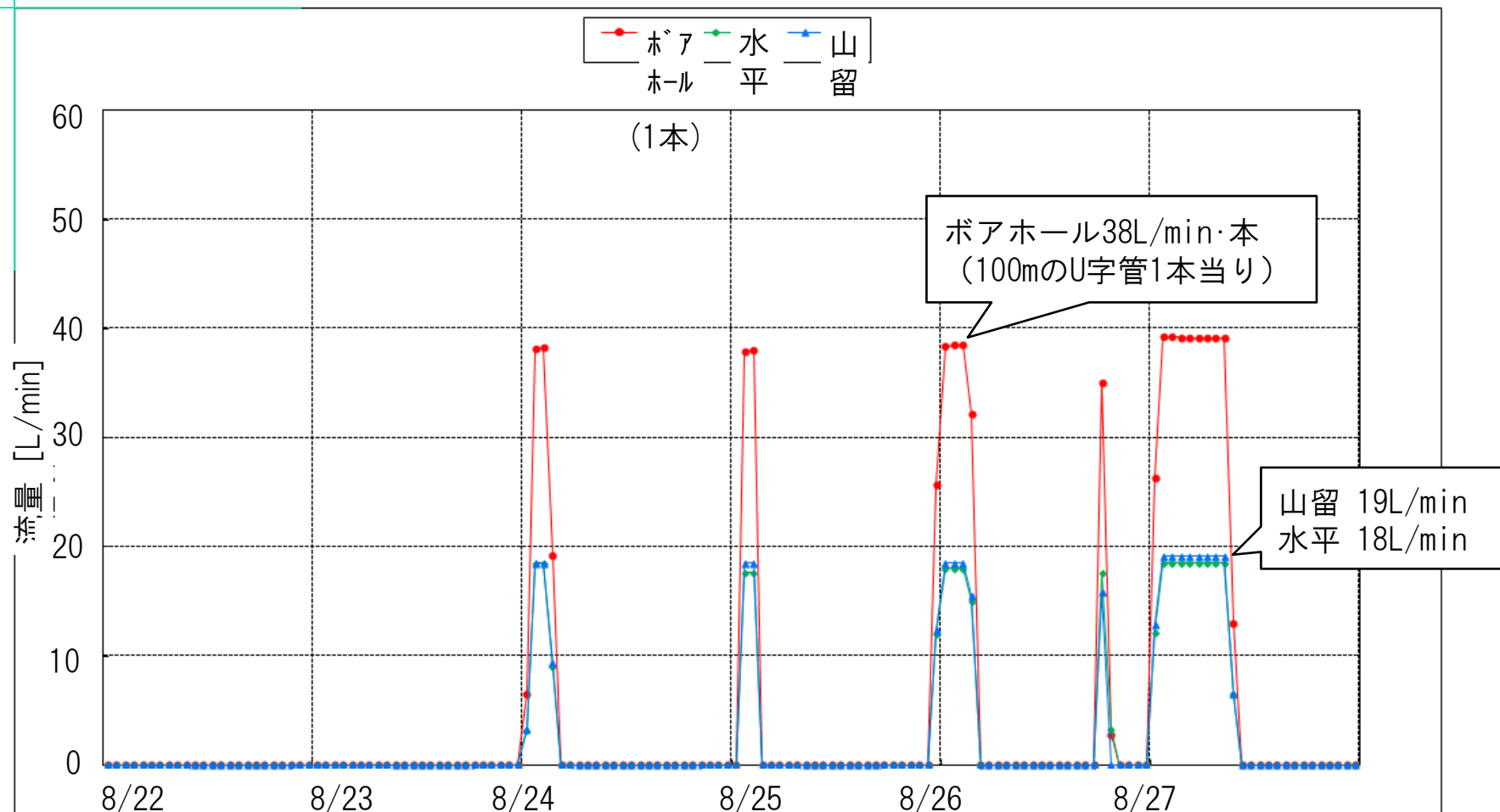


TRT解析結果

各地中熱交換器の流量(8月代表週)

(2011年8月22~27日実績)

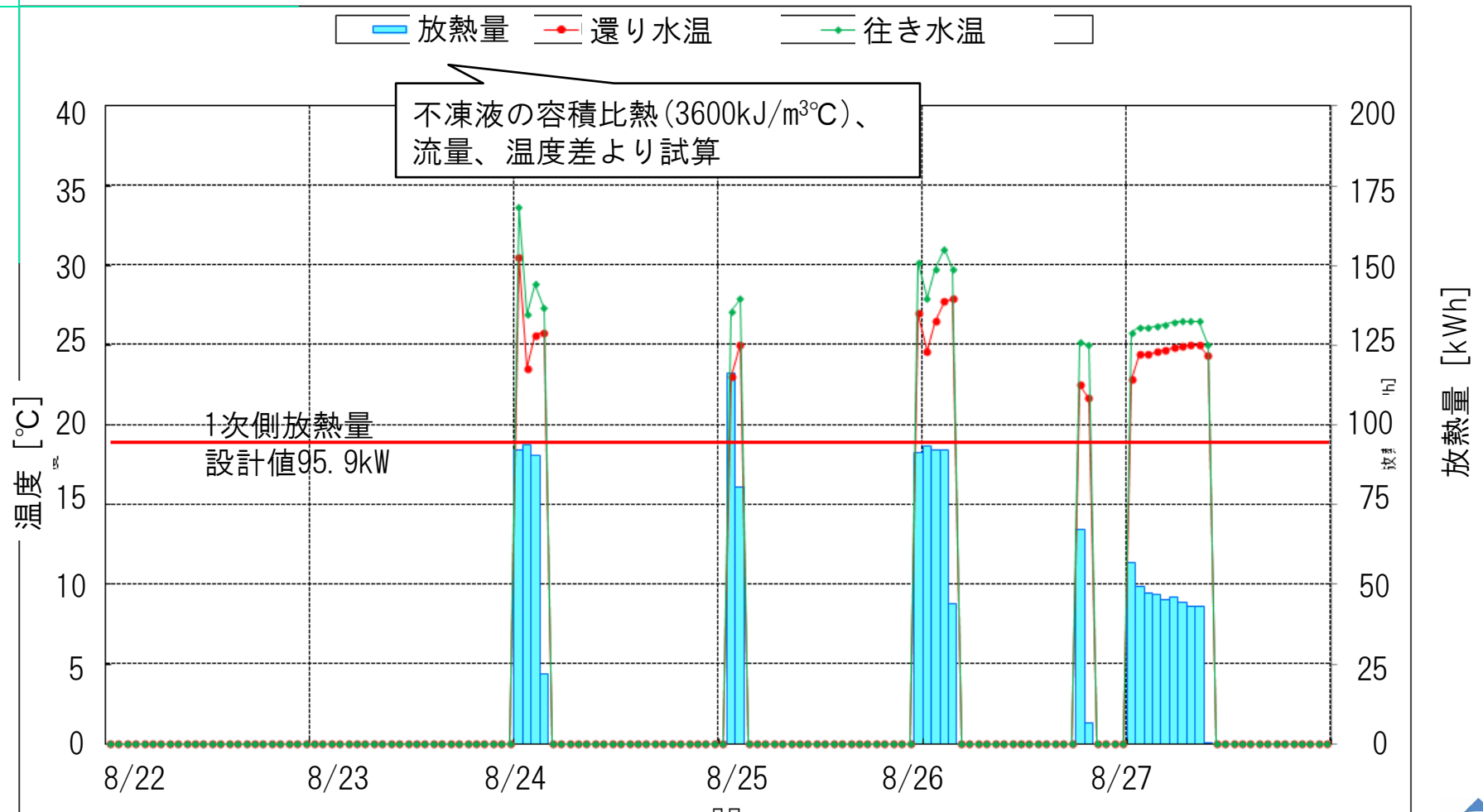
ボアホールは1本(各100m)当たりの平均値



○ 定流量方式で運転

熱源水温度と放熱量(8月代表週)

全地中熱交換器対象
(2011年8月22~27日実績)

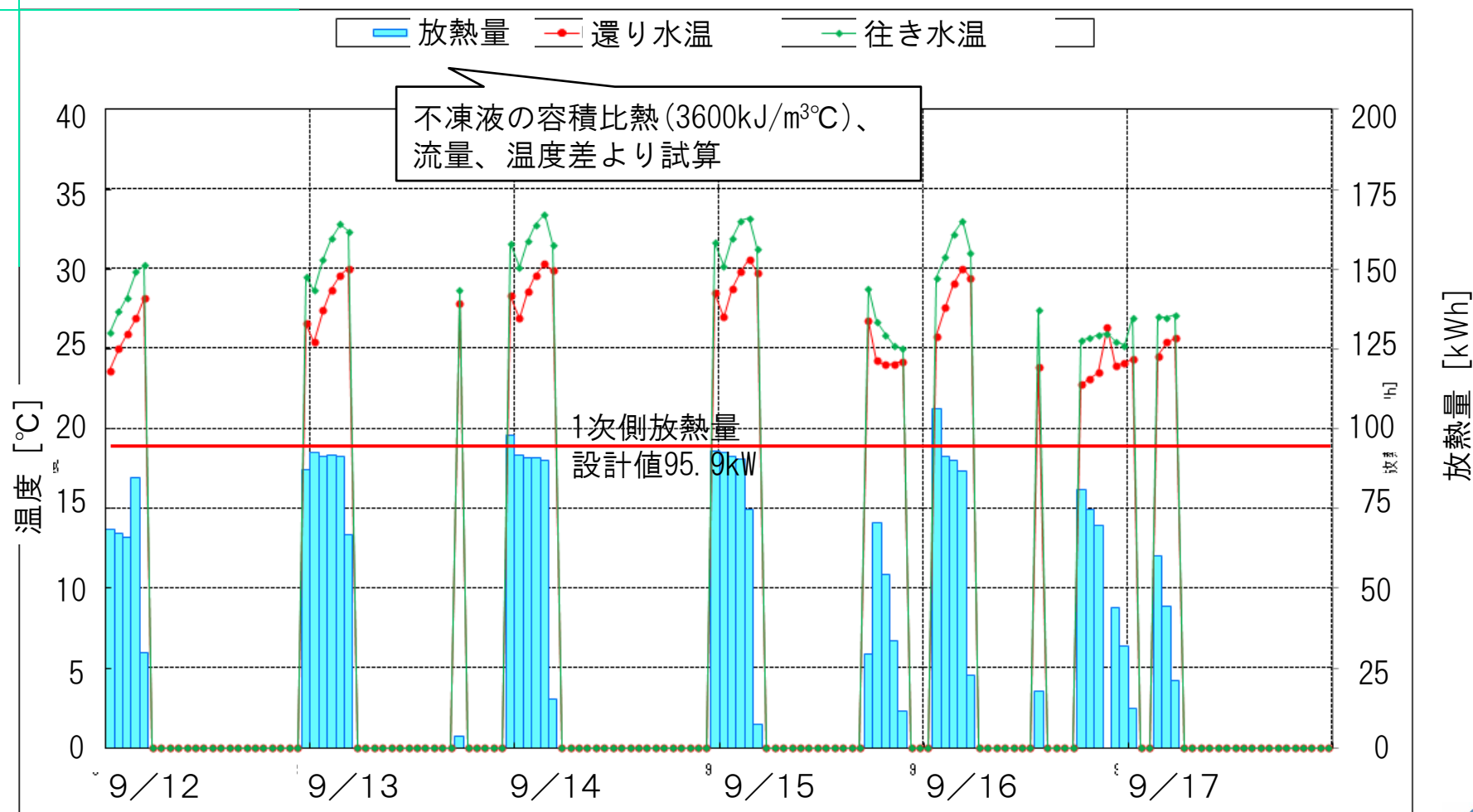


○ 還り水温は30°C以下をキープ、当初設計通りの放熱量取得

放熱量 [kWh]

熱源水温度と放熱量(9月代表週)

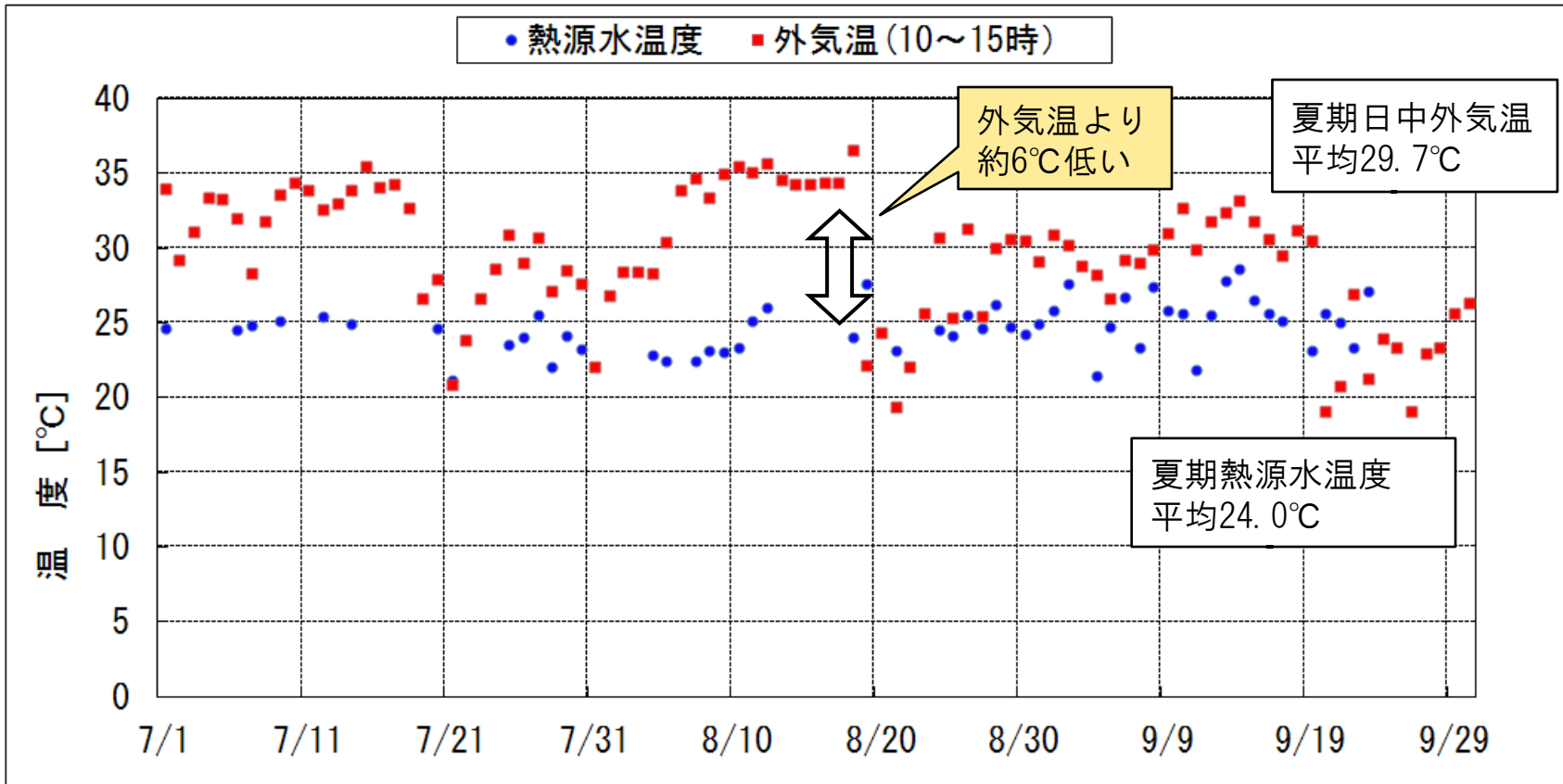
全地中熱交換器対象
(2011年9月12~16日実績)



○ 還り水温は30°C以下をキープ

熱源水温度と外気温度の比較

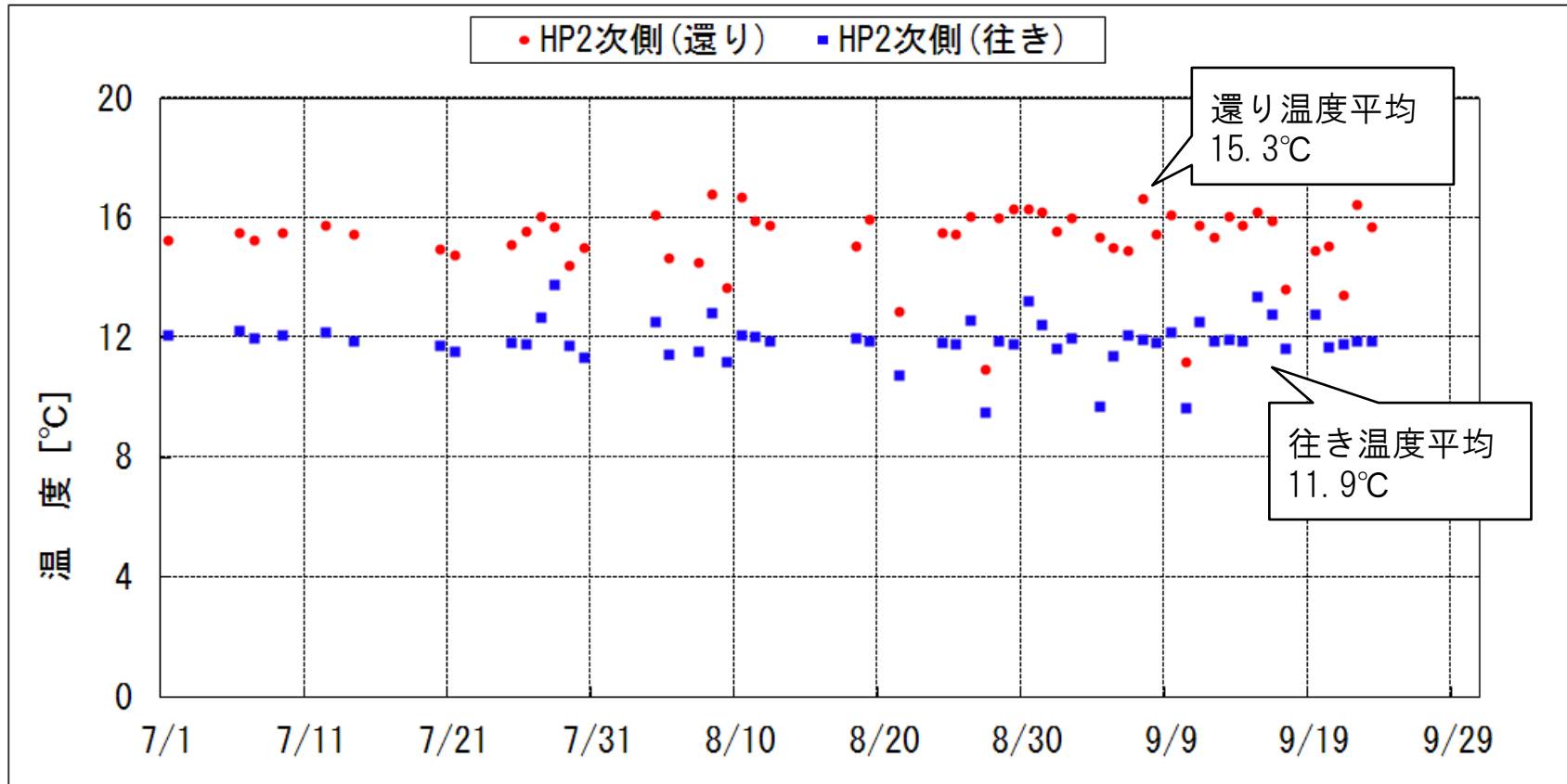
地中熱ヒートポンプ熱源水温度と日中外気温度の比較
(2011年7月～9月実績)



- 外気温度よりも低い安定した温度で地中熱利用できました。
- 30°Cを超えることなく、バックアップ運転も不要でした。

地中熱ヒートポンプの2次側温度

地中熱ヒートポンプの2次側行き・還り水温
(2011年7月~9月実績)

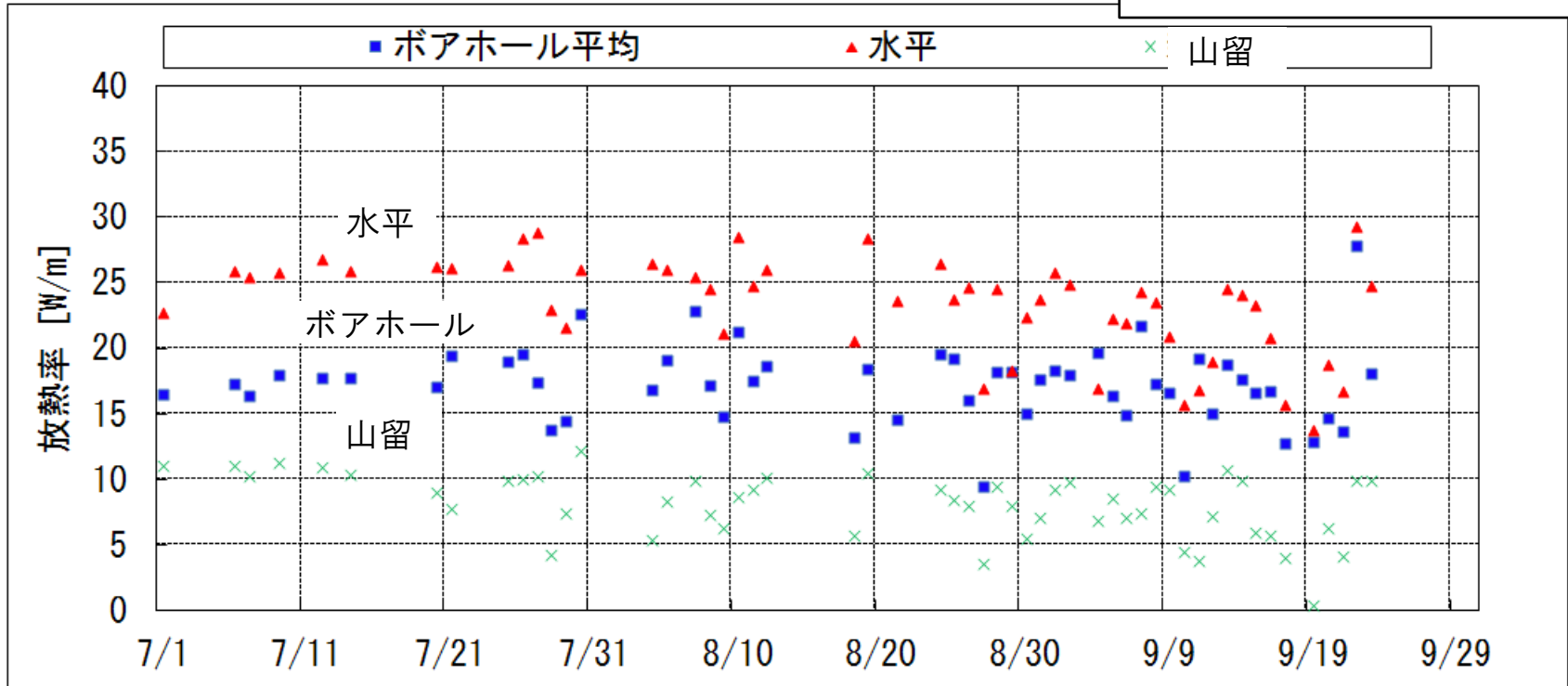


○ 中温冷水 (12°C) を潜熱蓄熱槽に送ります。

配管1m当たりの放熱率比較

配管長さ1m当たりの放熱率の比較
(2011年7月~9月実績)

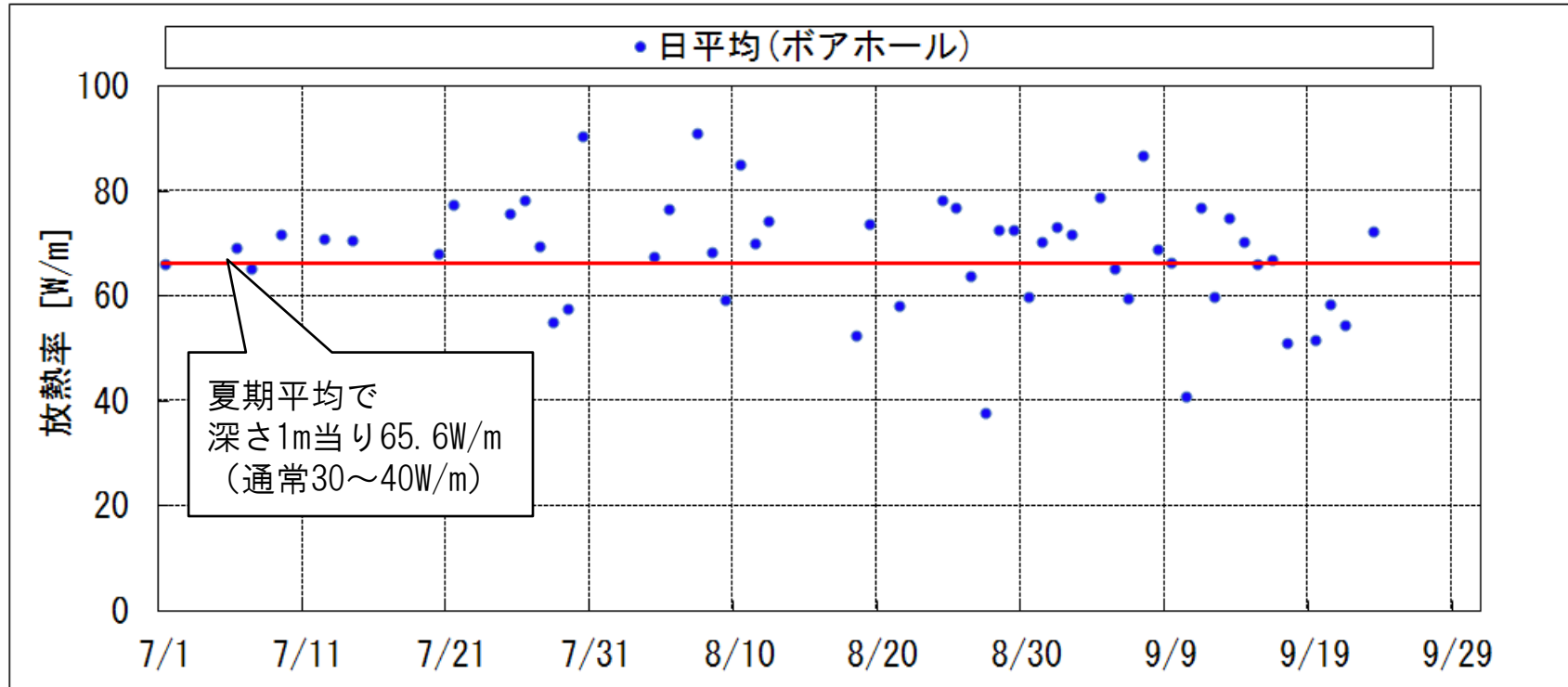
配管1m当り放熱率
水平式 22.8W/m
ボアホール 16.5W/m
山留 11.0W/m



○配管長さ当たりの放熱率は、水平式>ボアホール>山留の順に高い

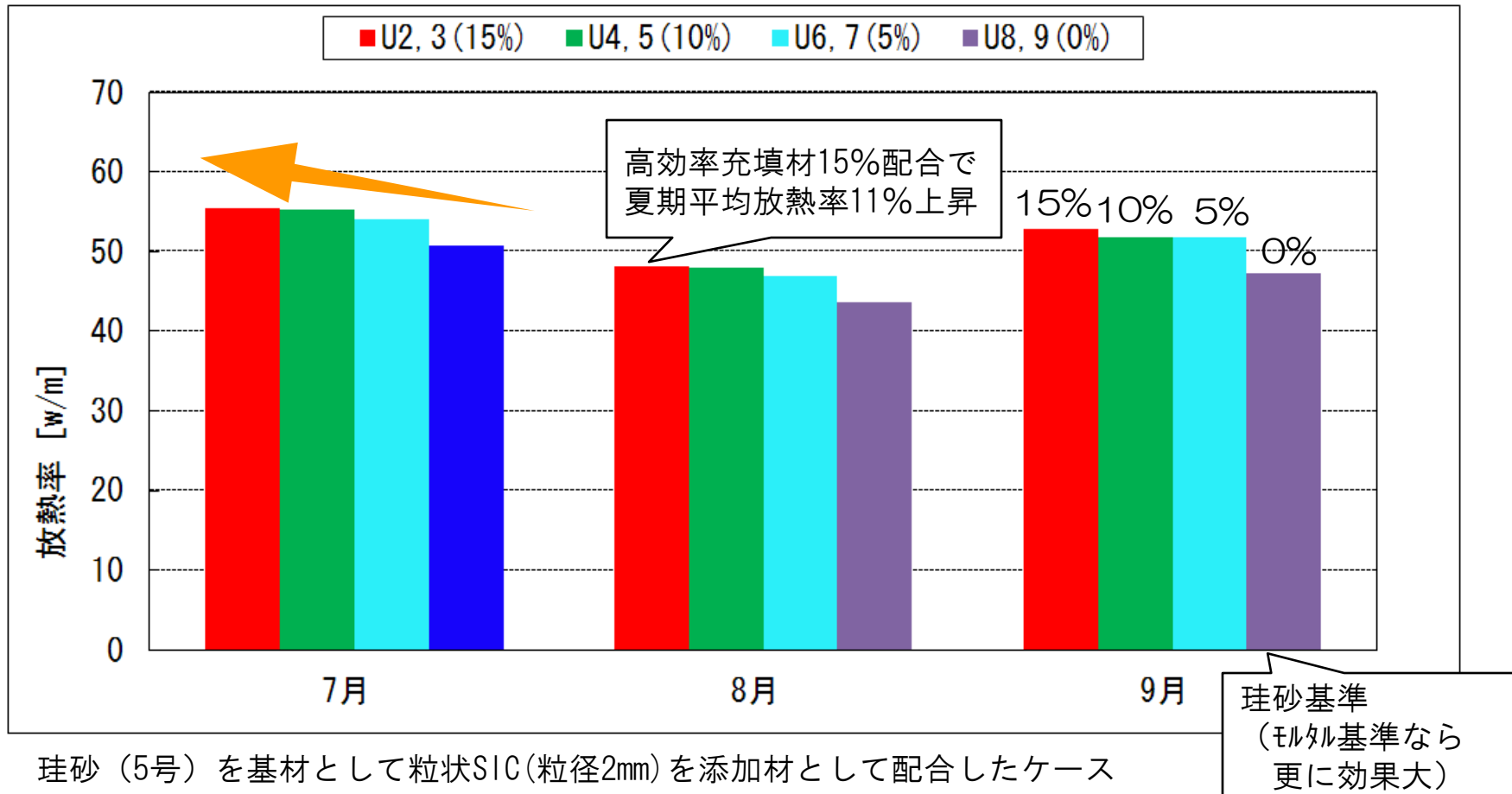
地中熱交換器1m当たりの放熱率

地中熱交換器の深さ1m当たりの放熱率
(2011年7月~9月実績)



- 深さ1m当たりの放熱率は66W/mと高い効率が得られました。
- 従来30~40W/mと言われており、高効率な結果となりました。

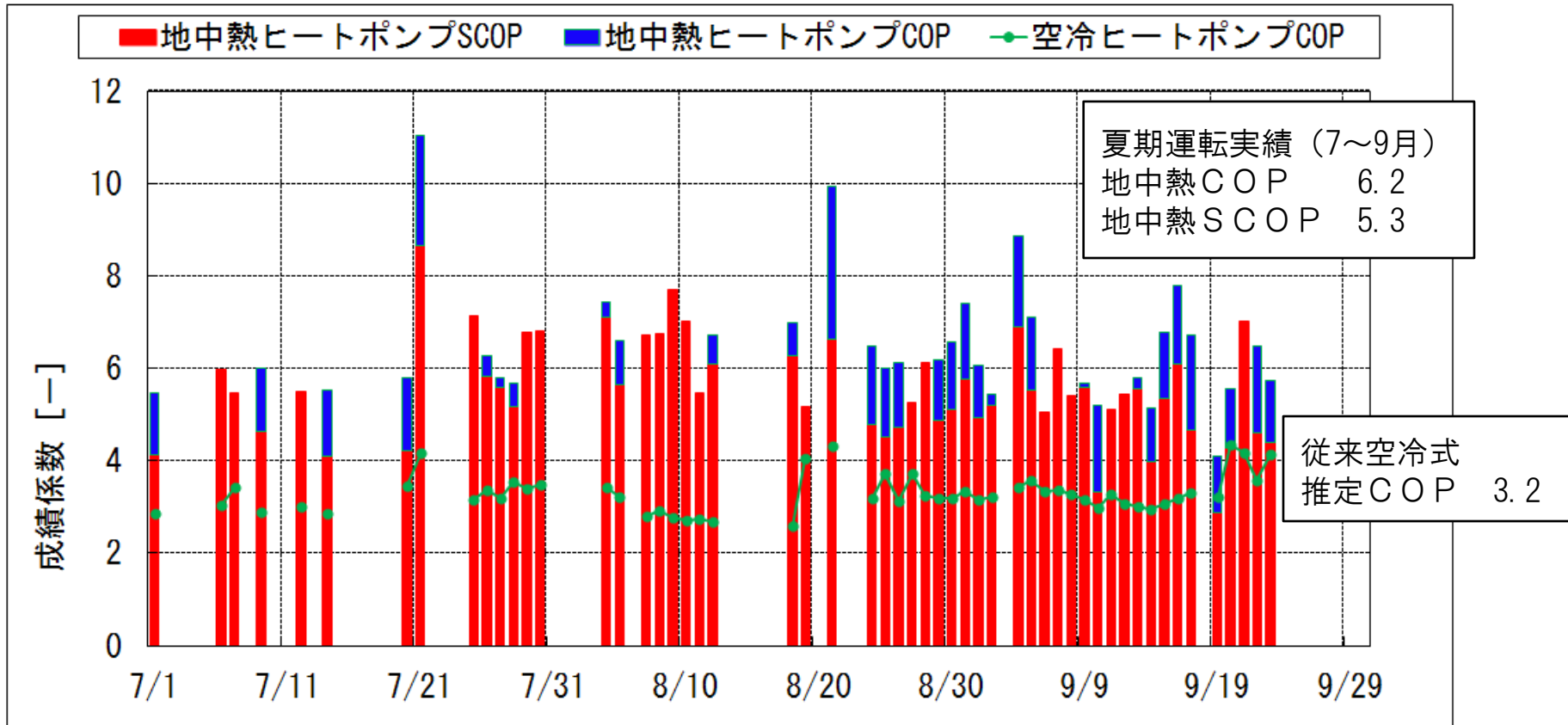
高熱伝導充填材の充填比率と放熱率の関係 (2011年7月~9月実績)



○高熱伝導充填材の採用により、11%放熱率が向上しました。

地中熱ヒートポンプの成績係数

地中熱ヒートポンプ成績係数 (2011年7月～9月実績)

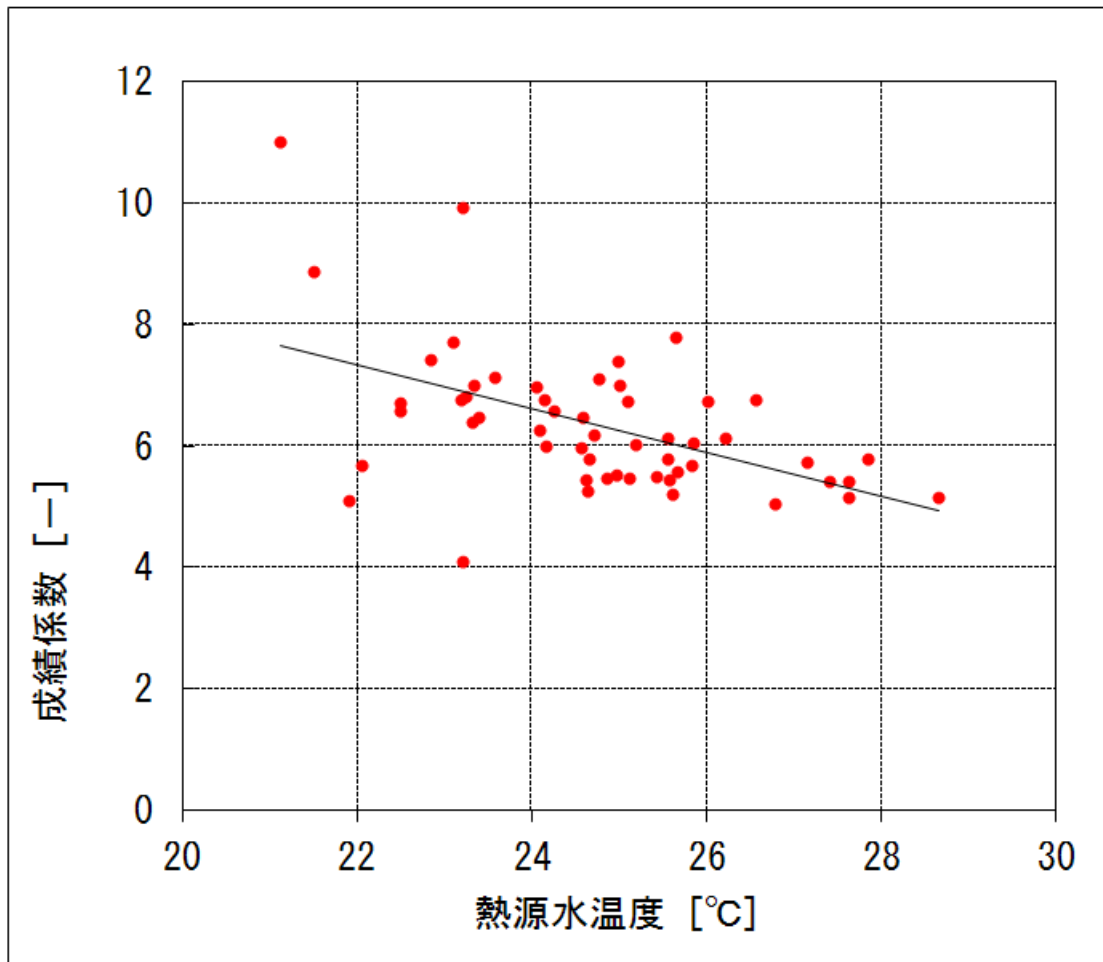


空冷式ヒートポンプの成績係数は、「地中熱ヒートポンプシステム（北海道大学、オーム社）」p24により算定

- 夏期平均のSCOPは5.3で、省エネ性に優れた性能を発揮
- 一般空冷方式より40%の省エネ効果が得られました（夏期実績）

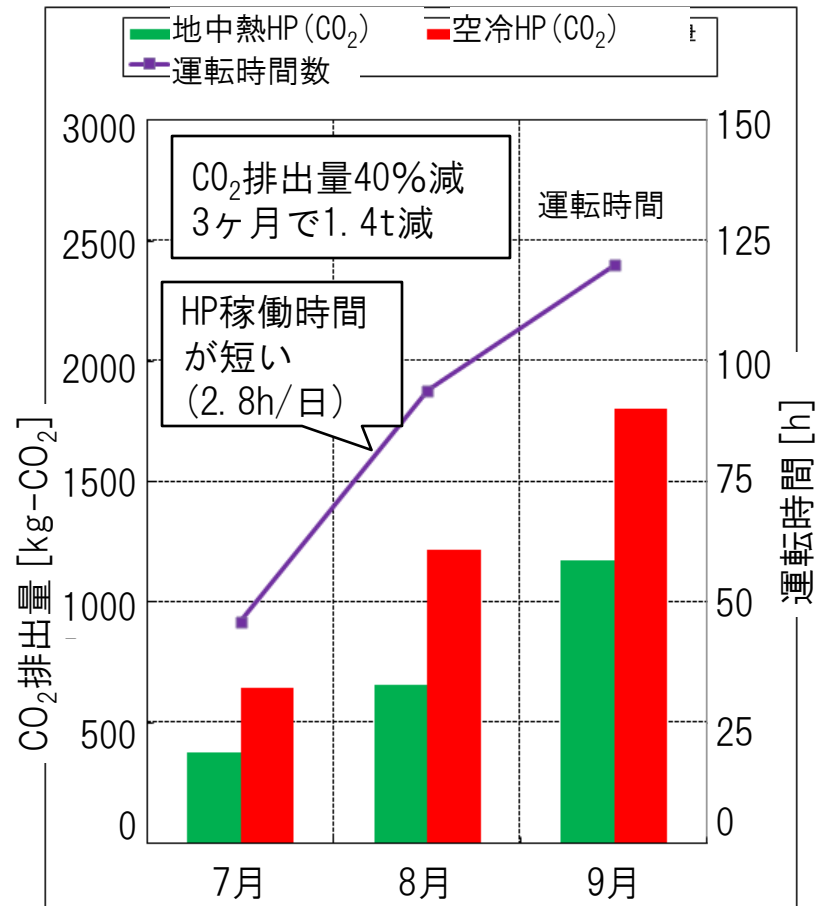
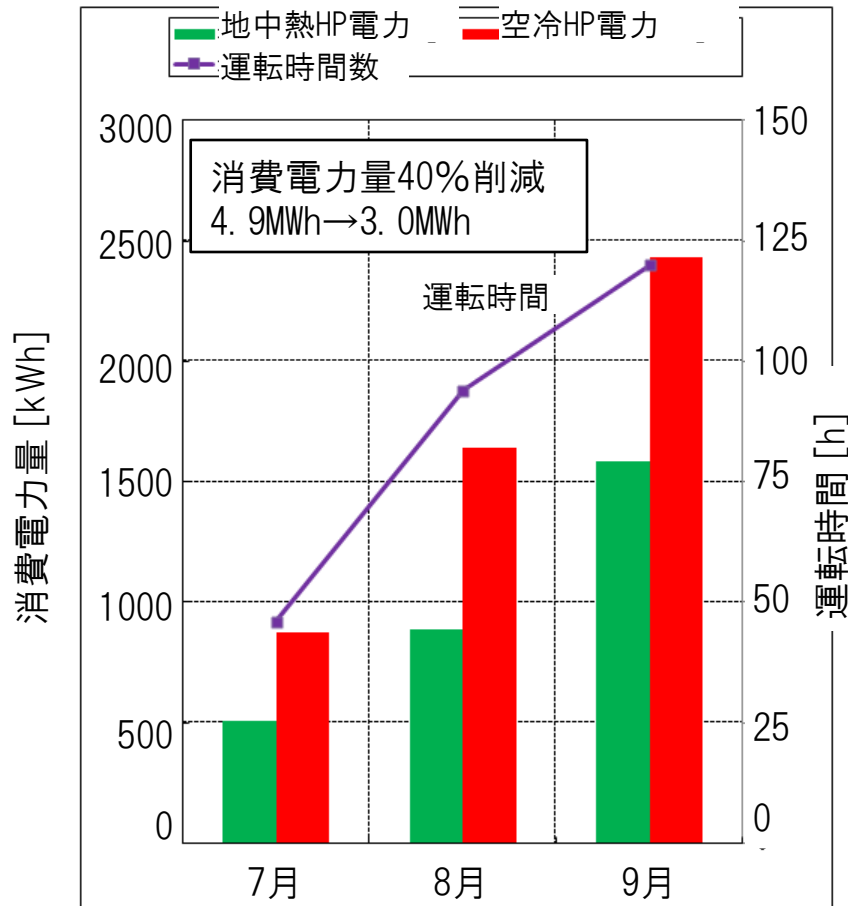
熱源水温度とCOPの関係

(2011年7月～9月実績)



省エネルギー効果とCO₂削減効果

消費電力量とCO₂排出量の比較（2011年7月～9月実績）



空冷式ヒートポンプの成績係数は、「地中熱ヒートポンプシステム（北海道大学、オーム社）」p24により算定

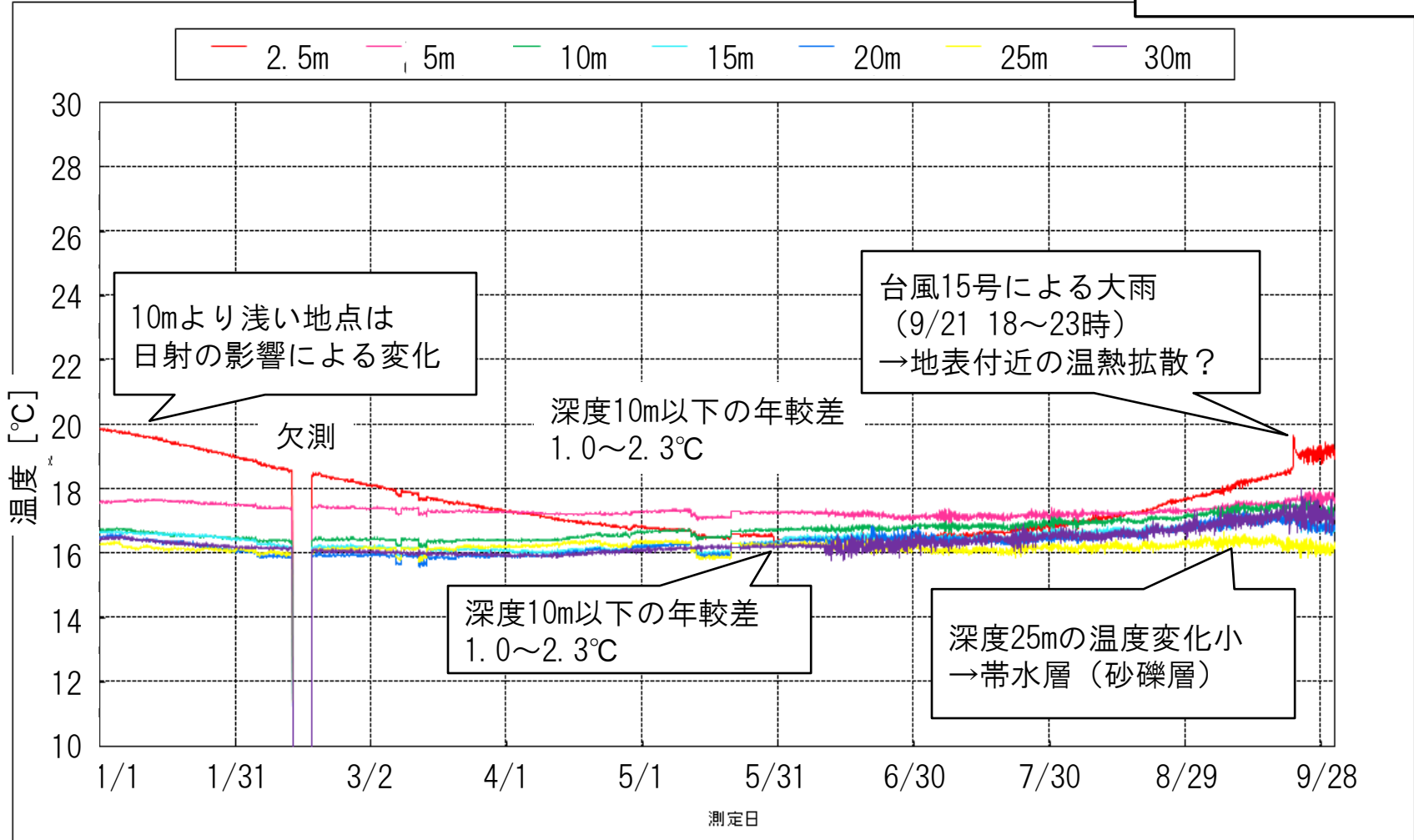
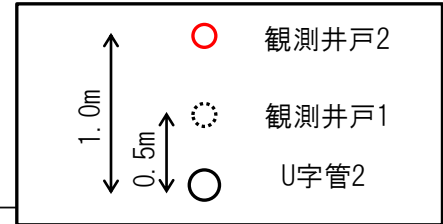
火力発電所のCO₂排出原単位：0.741kg-CO₂/kWh（環境省：特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に伴う省令）

○ CO₂排出量が従来空調方式より40%削減できました（夏期実績）



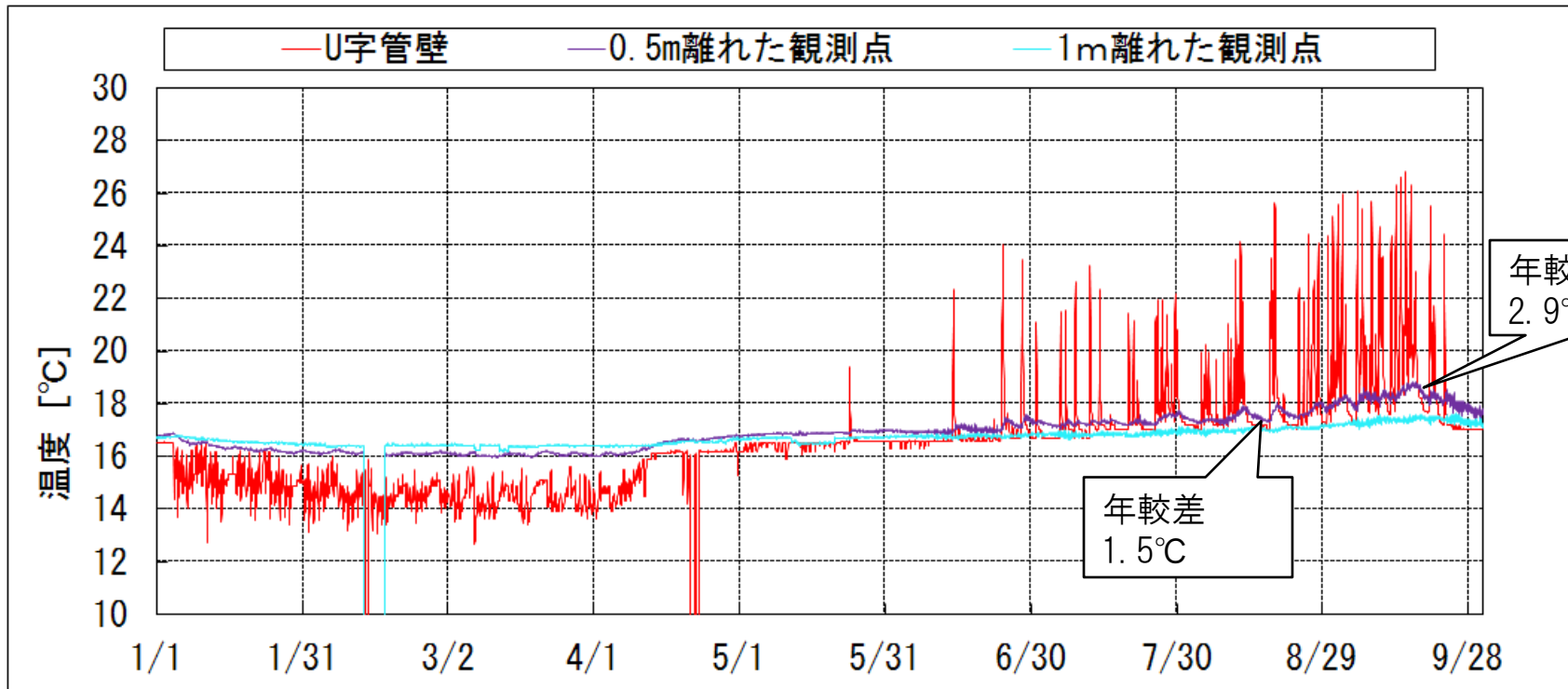
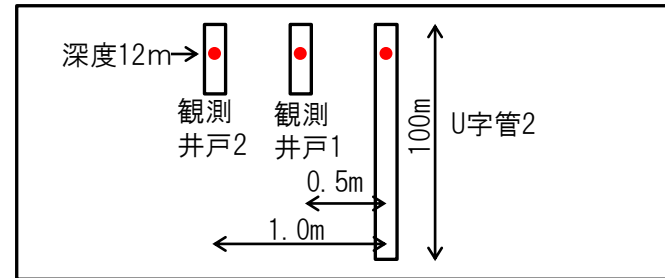
ボアホールから1m地点の地中温度

地中温度（ボアホールU2から1mの観測井戸2）
（2011年1月～9月）



ボアホール廻りの地中温度(水平方向)

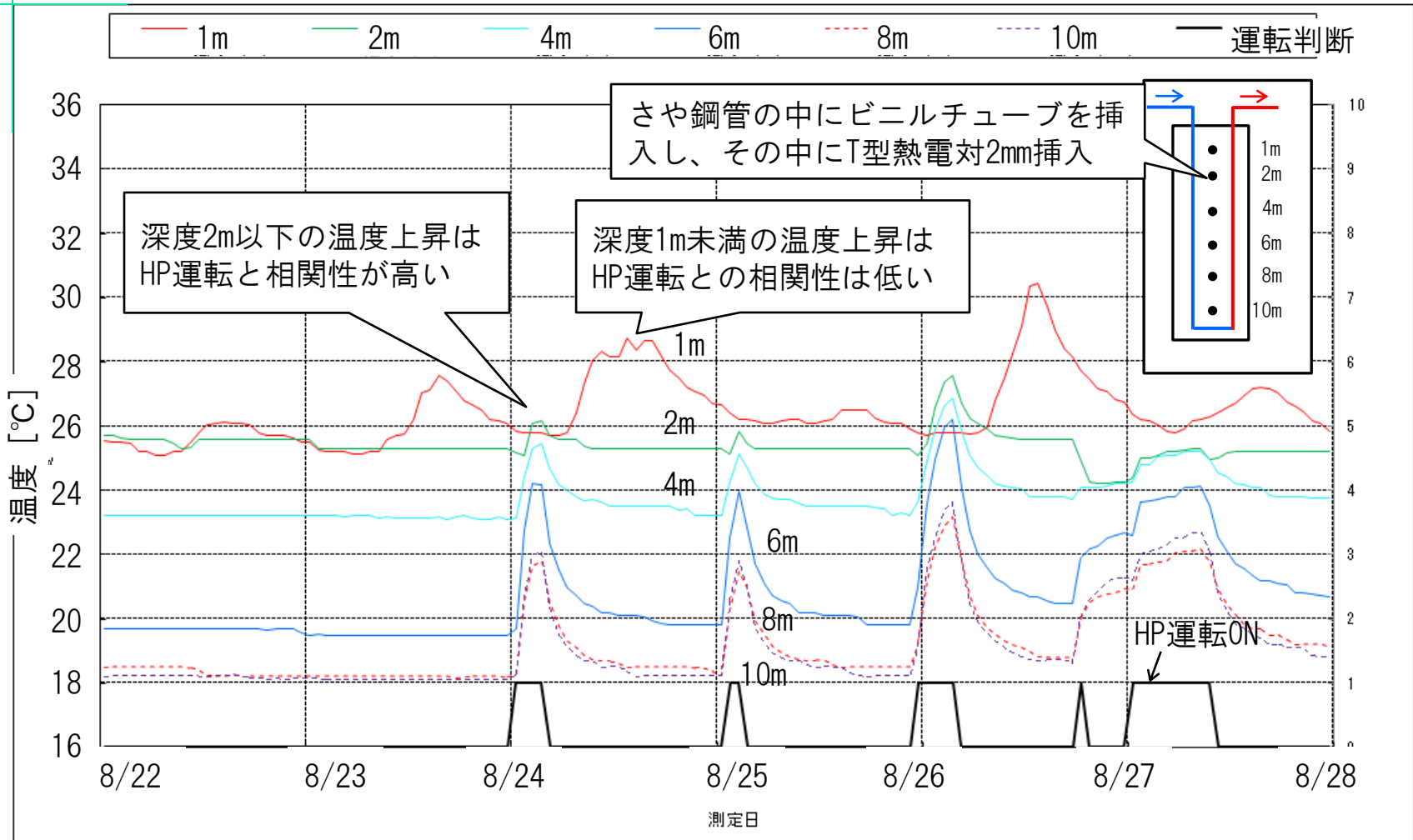
ボアホールU2周辺の水平温度分布
(2011年1月~9月、深さ12m)



○ 周辺地盤への熱的影響は小さいものでした

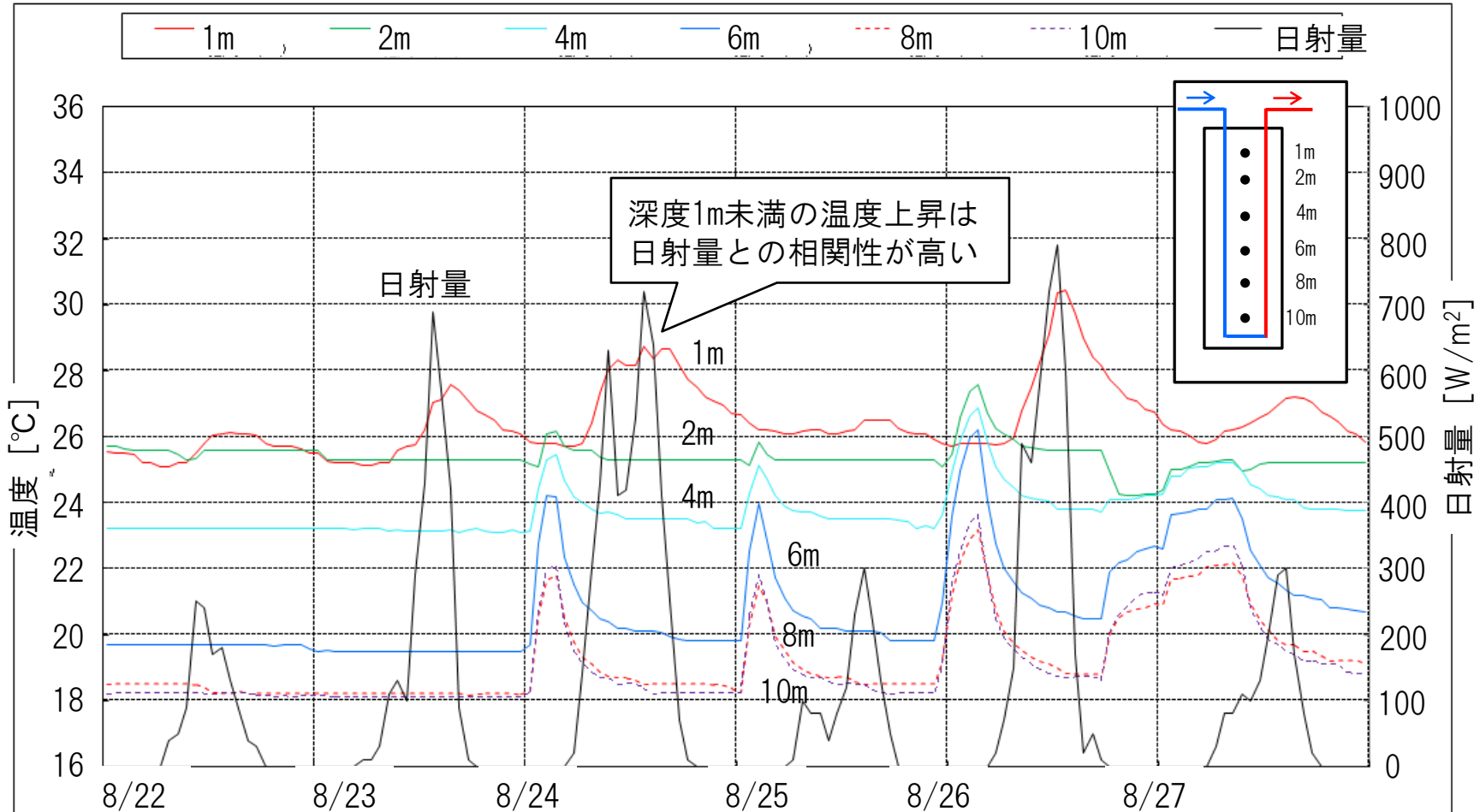
山留杭内部の温度とHP運転との関係

地中温度（山留杭内部、深さ0.5m~12m）
（2011年8月22日~27日）



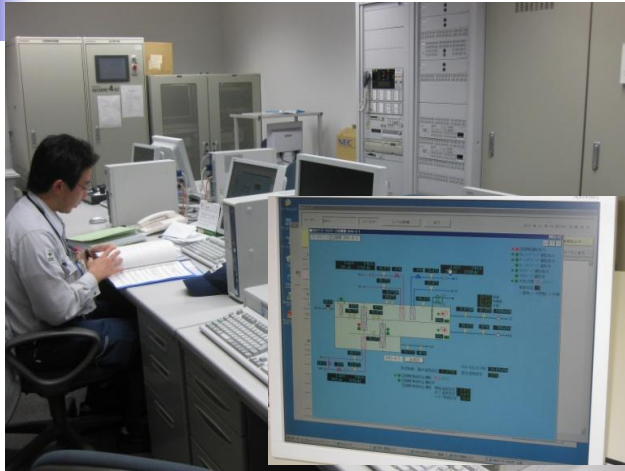
山留杭内部の温度と日射量との関係

地中温度（山留杭内部、深さ0.5m~12m）
（2011年8月22日~27日）



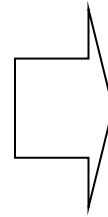
○ 空地では、深さ1mまでは日射の影響が大きい。

技研本館の「見える化」ハード技術



BEMS (中央監視室)

設備システムのチューニング
利用者の節電意識を徹底させる



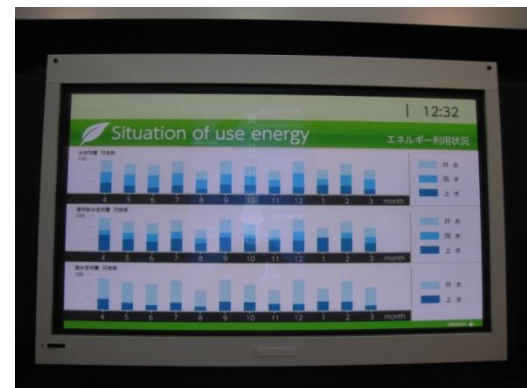
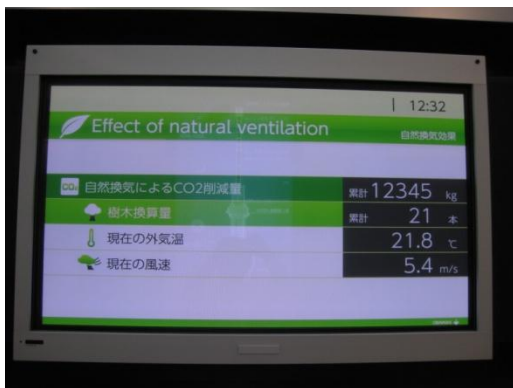
CO₂削減達成率
大幅アップ

省エネ推進会議 (コミットニング)

CO₂削減量

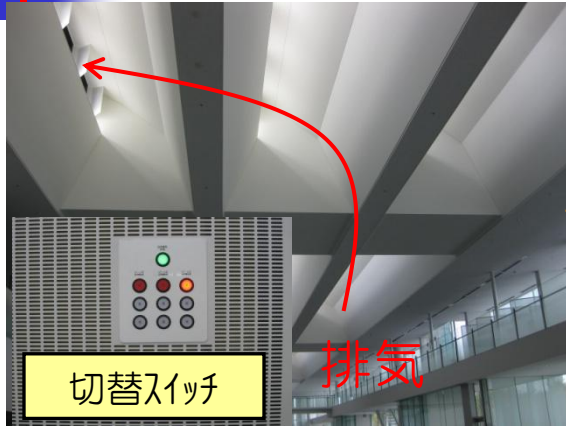
電気・ガス使用量

水使用量



リアルタイムエコモニター (ショールーム・執務室)

技研本館の「見える化」ソフト技術



利用者が自然換気選択



地域の小学生と前庭に植樹

削減費



カフェテリア (サービスデー)

利用者の参加



将来は、市内公園や街路に・・・

地域への波及

自席パソコンのモニター表示(消費電力)

技術研究所 - Windows Internet Explorer の提供元: OBAYASHI

1時間デマンド

目標値: 2,083kw

最大: 1,729kw (9/6)

19名様
議員 他 10名様
4名様

現在の電力消費量(3秒毎に更新します)

電力モニタ盤

東京電力 契約容量 2500 kw

現在の 負荷容量 0630 kw

13時21分51秒 現在

目標値: 2,083kw
(グリーンアクション25)

※多数のアクセスが集中している場合、表示が遅延する。又は、画像が表示されない事があります。(一度に接続できるのは20人まで)

業務システム

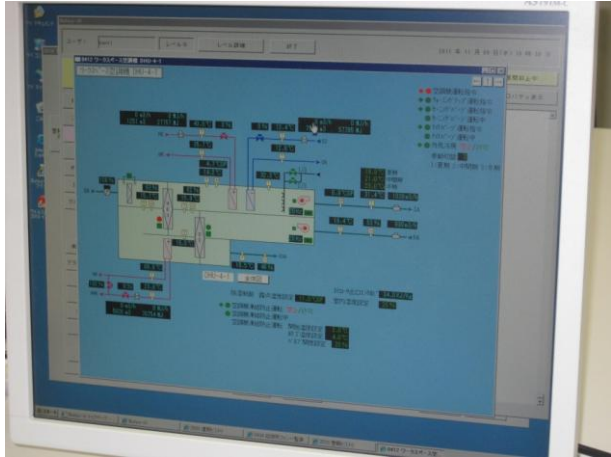
- 本社業務システム
 - 技術開発情報
 - ReportViewer II
 - 事務用品購買
 - 機器ソフト管理
 - 地図情報システム
 - 日経テレコン21
 - 汎用ワークフロー
 - 財務経理関連システム
 - 労務安全衛生関連システム
 - 総合関連システム
- 技研業務システム
 - 業務管理システム
 - 調査研究依頼書
 - 試験器具借用依頼書
 - 技研見学申込
 - 技研受託実績表示システム
 - 調査研究報告システム
 - 技研情報セキュリティ

夏期計画節電へのご協力ありがとうございました。
当該期間の最大電力(デマンド)は1,729kw(目標値:2,083kw)でした。
各日(平日)のデマンドの推移は[こちら](#)をご覧ください。

このページに関するお問い合わせは、技術研究所管理部まで

消費電力リアルモニタ

地中熱システムの計測監視状況



①中央監視 (BEMS)



②執務室モニター



③ローカル計測

<計測項目 (10分間隔)>

送り・還り温度

循環流量

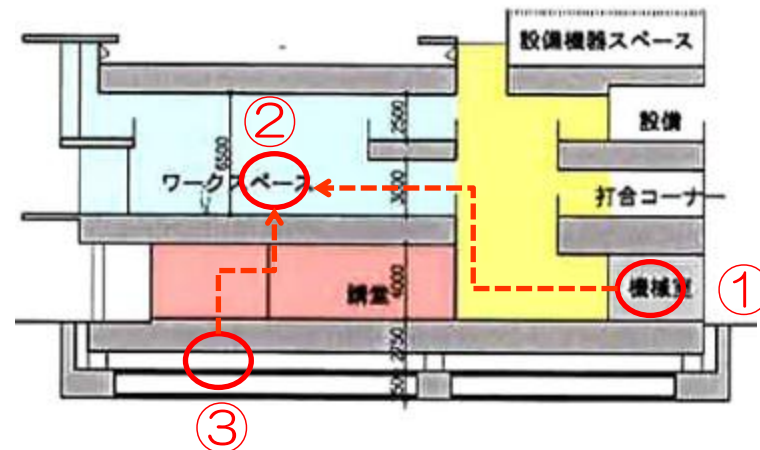
ヒートポンプ消費電力量

循環ポンプ消費電力量

地中熱交内の温度

観測井戸の温度

外気温度



計測データ監視の流れ



さいごに

当社では、地中熱開発Gを形成し、掘削方法および施工作業の効率化（特許多数）により、従来国内標準価格より、安価に地中熱交換器を施工できる技術を開発し、当社技研本館をモデルに実証しました。

ボアホール方式（高効率充填材）、親杭方式、基礎下水平方式の地中熱利用法を開発し、当社技研本館で実証した結果、従来地中熱方式（30～40W/m）よりも高効率の放熱性能（66W/m）を実現しました。省エネ効果およびCO₂削減効果は、ともに40%に達しています。

地中熱システムについて、技術コンサルタント、設計、施工のトータルエンジニアリングとして、対応致します。お客様には、建物や敷地条件に適した手法を提案します。