

2016年11月22日
未来を創る「再生可能
エネルギーの新時代」
東京都環境局

都市部における 地中熱活用の可能性

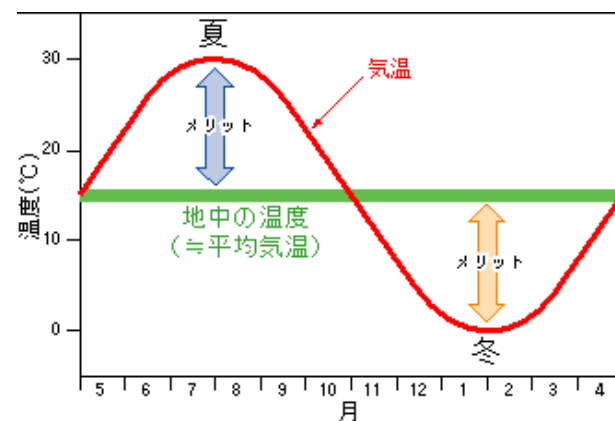
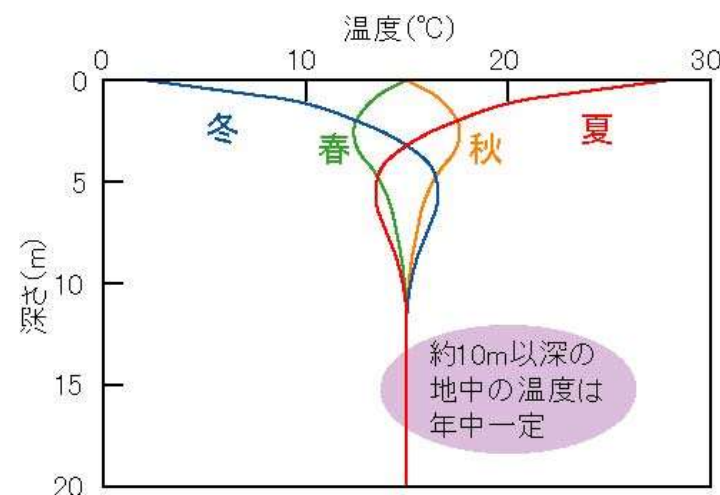
NPO法人 地中熱利用促進協会
笹田 政克

プレゼンの内容

- 地中熱は再生可能エネルギー
- 地中熱利用の環境性と省エネ性
- 地中熱を導入するには
- 地中熱ヒートポンプの設置状況
- 東京都内の利用事例
- 地盤環境と有効熱伝導率
- 省エネ基準と地中熱利用
- 再エネ・省エネ東京仕様
- オリンピック・パラリンピックでの地中熱利用

地中熱は再生可能エネルギー

- 地中熱は、太陽及び地球内部からの熱に由来する再生可能エネルギーである。
- 地表近辺では気温の影響により地温は変化するが、地下10～15mの深さになると、年間通して地温の変化が見られなくなる。
- その温度はその地域の平均気温とほぼ等しい。それより深い場所の温度は、一般に100mにつき2～3℃程度の割合で上昇するが、地温は安定した状況にある。
- 地中熱は、日本中どこでも利用でき、しかも天候等に左右されず安定的に利用できる。



地中熱利用の形態

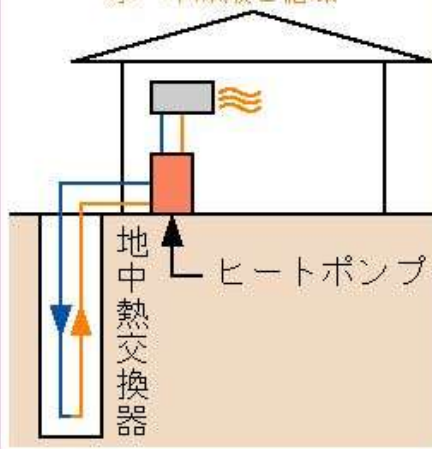
ヒートポンプの熱源として利用
温度調節が可能で汎用性が高い

ヒートポンプシステム

住宅・ビル等の冷暖房・給湯、プール・温浴施設の給湯
道路等の融雪、農業ハウスの冷暖房など

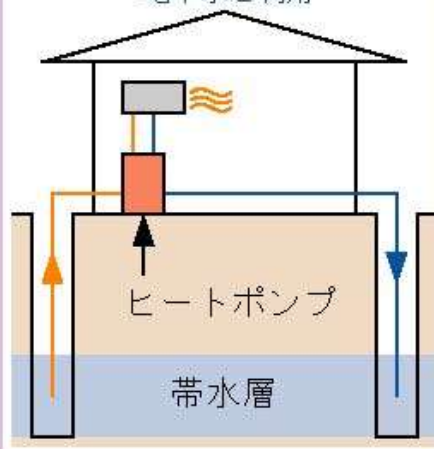
クローズドループ

水・不凍液を循環



オープンループ

地下水を利用



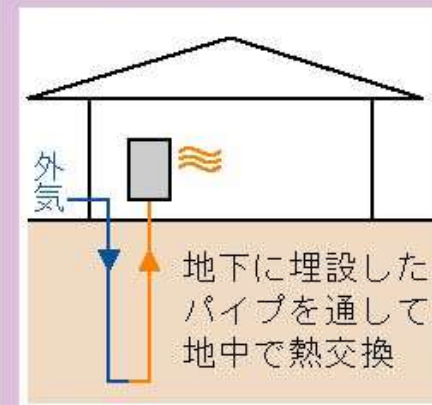
熱伝導

住宅の保温



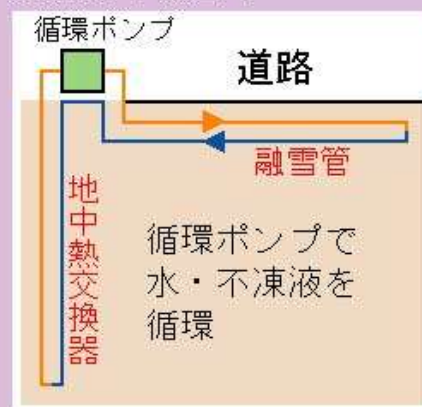
空気循環

住宅等の保温・換気



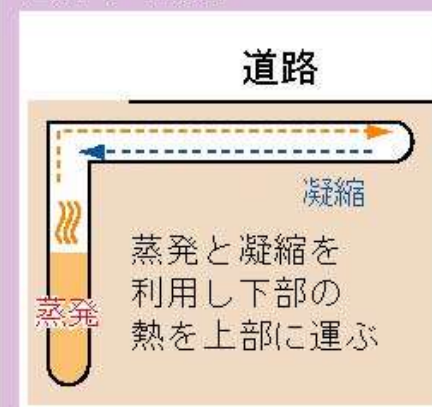
水循環

道路等の融雪等



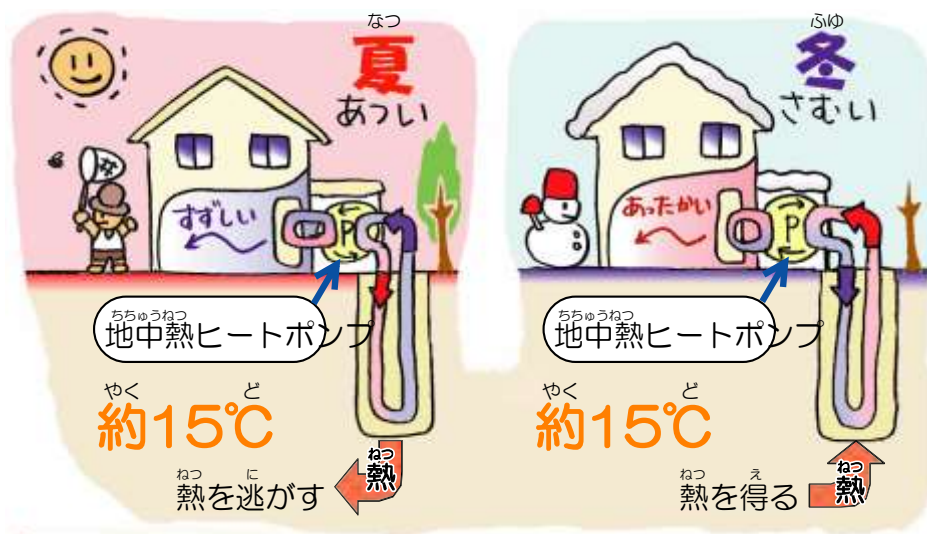
ヒートパイプ

道路等の融雪



(地中熱利用促進協会)

地中熱ヒートポンプの優れた点



温度差の活用

- 省エネルギー
- 電気需要の平準化
(電力ピーク削減)
- CO₂排出量の削減

地中の再生可能エネルギー

- いつでもどこでも利用可能
- 安定的利用

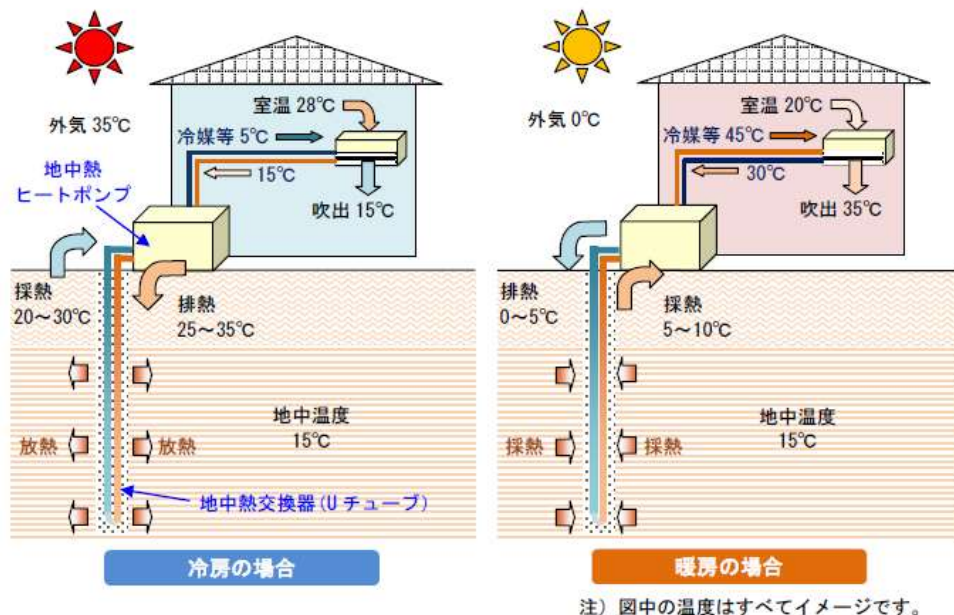
→ 快適な冷暖房

地中での熱交換

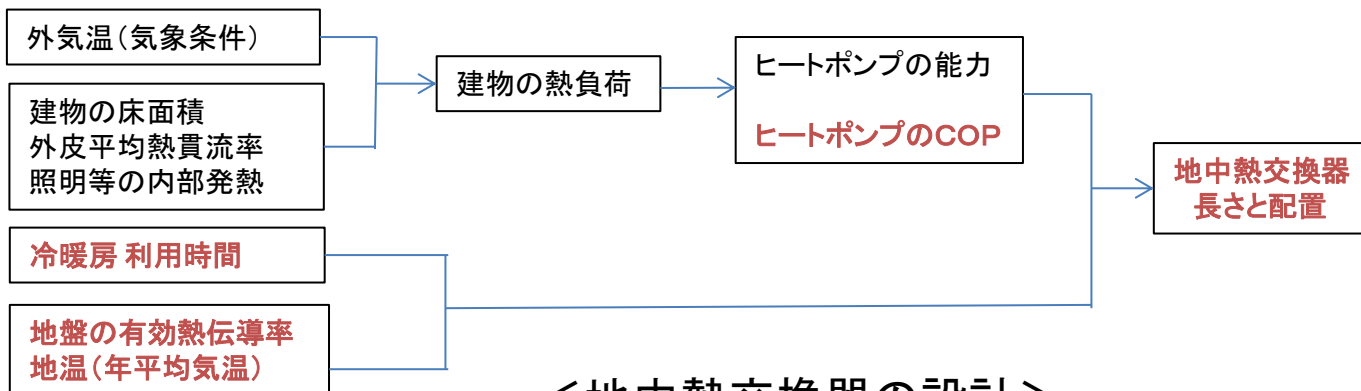
- ヒートアイランド現象抑制

地中熱ヒートポンプを導入するには

- ・ **計画:** 導入計画、事前調査
- ・ **設計:** 地中熱ヒートポンプシステムの設計、熱応答試験*
- ・ **施工:** 地中熱交換器の設置、横引き配管、ヒートポンプ、室内機の設置



<地中熱交換器の設計>



*: 熱応答試験は地盤の有効熱伝導率を求めるために行う試験で、ボアホールが必要。

小規模なシステムの場合は、熱応答試験を行わずに、文献値から有効熱伝導率を求めることが多い。

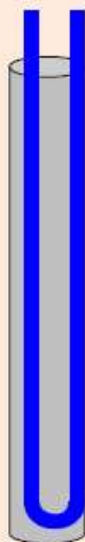
地中での熱交換方式

埋設される地中熱交換器

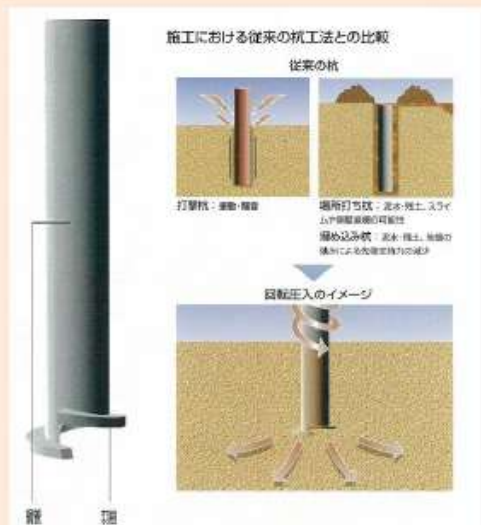
ボアホール方式



Uチューブ
(積水化学資料)



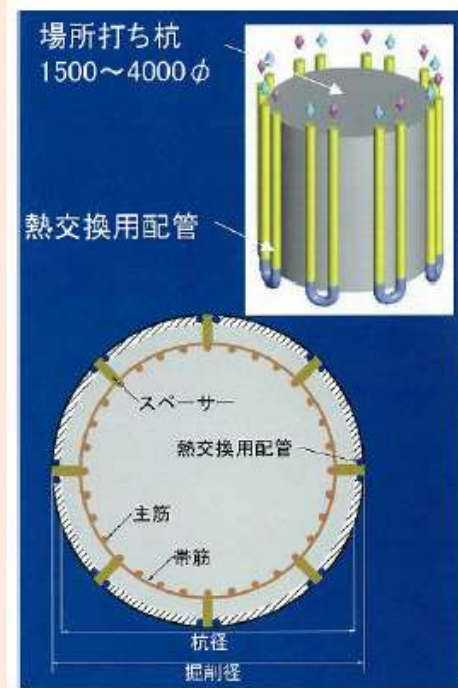
杭方式



鋼管杭(新日鉄エンジニアリング資料)

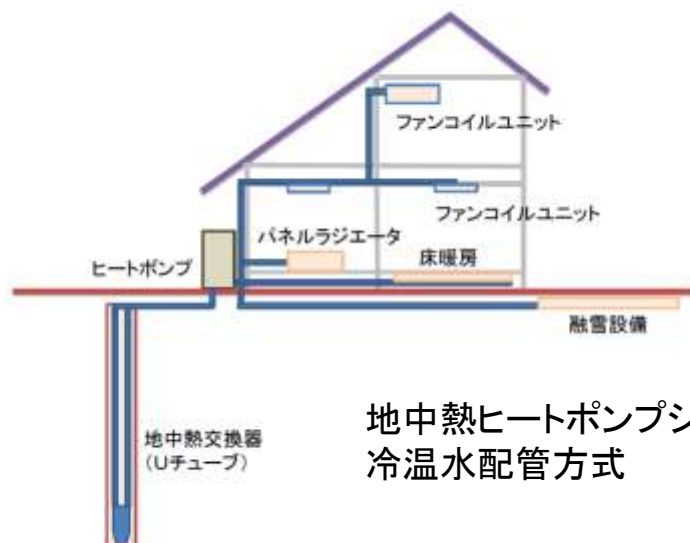


PHC杭
(日本設計資料)

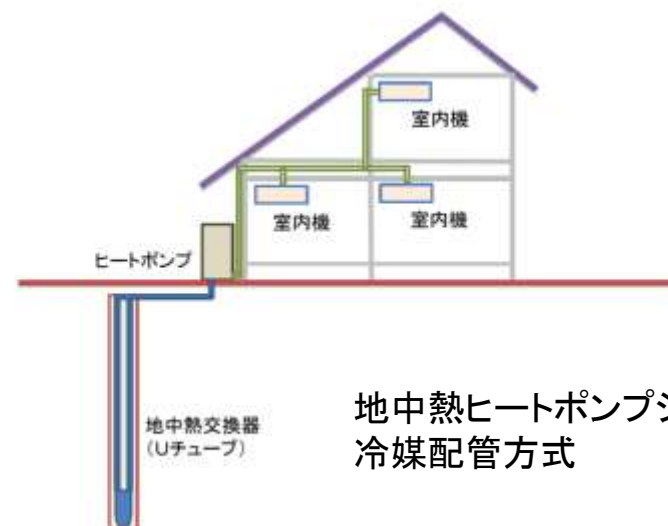


場所打ち杭
大成建設資料)

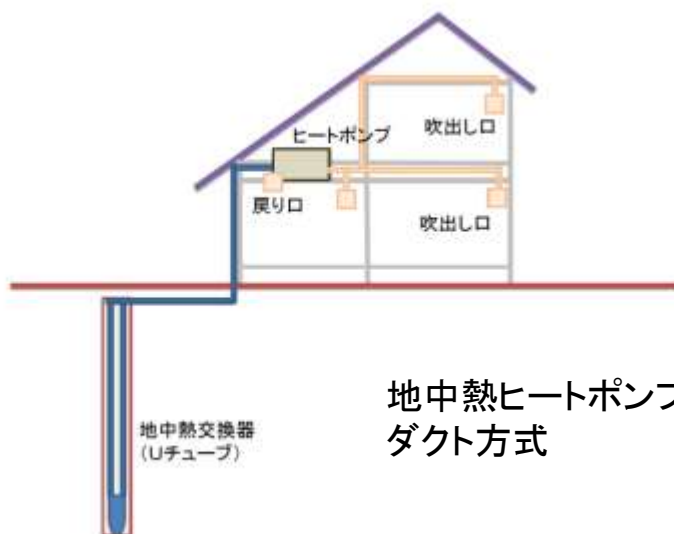
室内側の利用方式



地中熱ヒートポンプシステム
冷温水配管方式



地中熱ヒートポンプシステム
冷媒配管方式



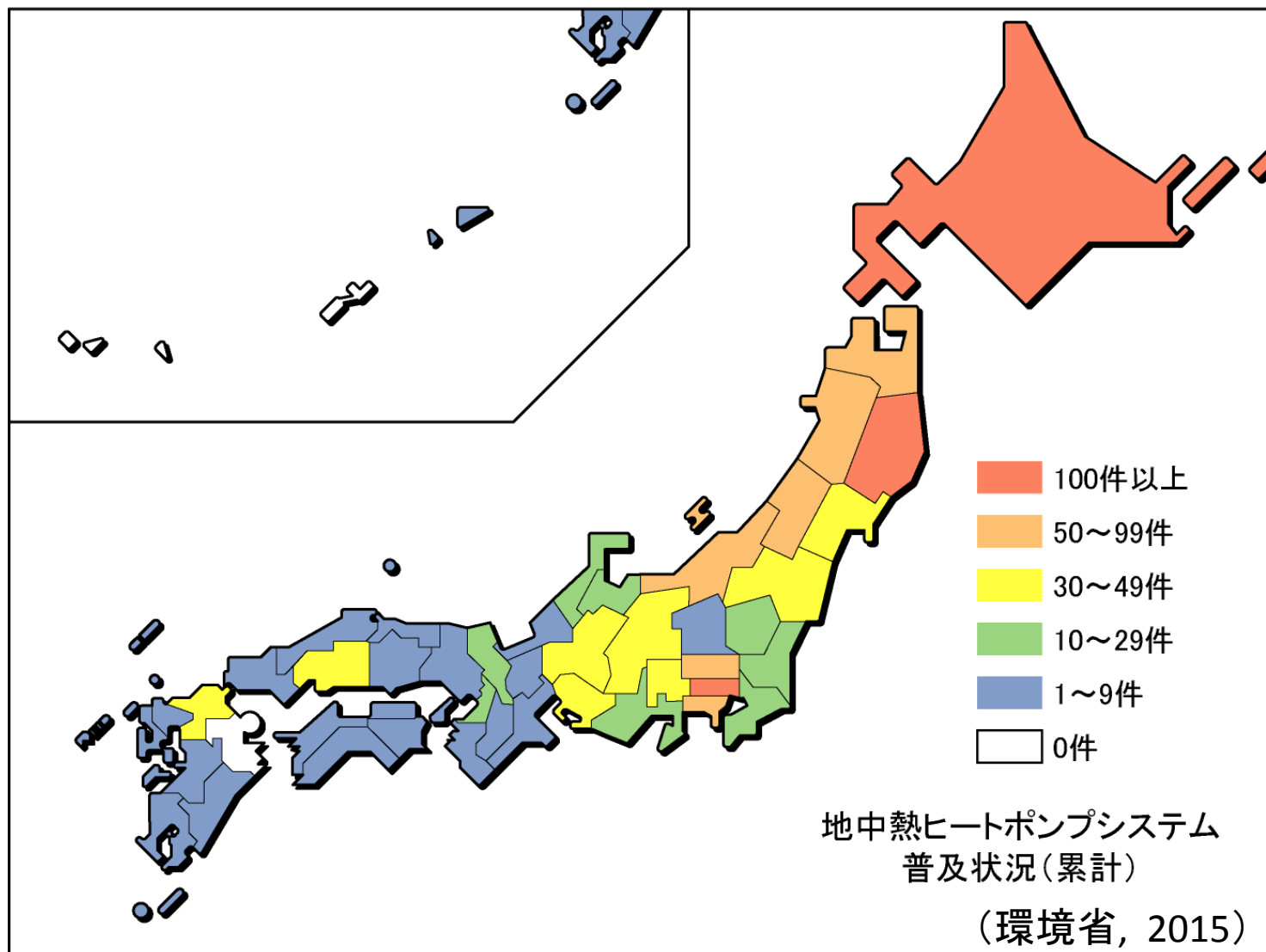
地中熱ヒートポンプシステム
ダクト方式



地中熱利用システム
空気循環方式

地中熱ヒートポンプの設置件数

(1981年～2013年)



東京駅前の地中熱利用商業施設

KITTE(旧東京中央郵便局) 2013年



JPタワーのアトリウム
床の冷暖房に地中熱が利用されている



モニター画面
(環境省パンフ)

前川製作所新本社ビル

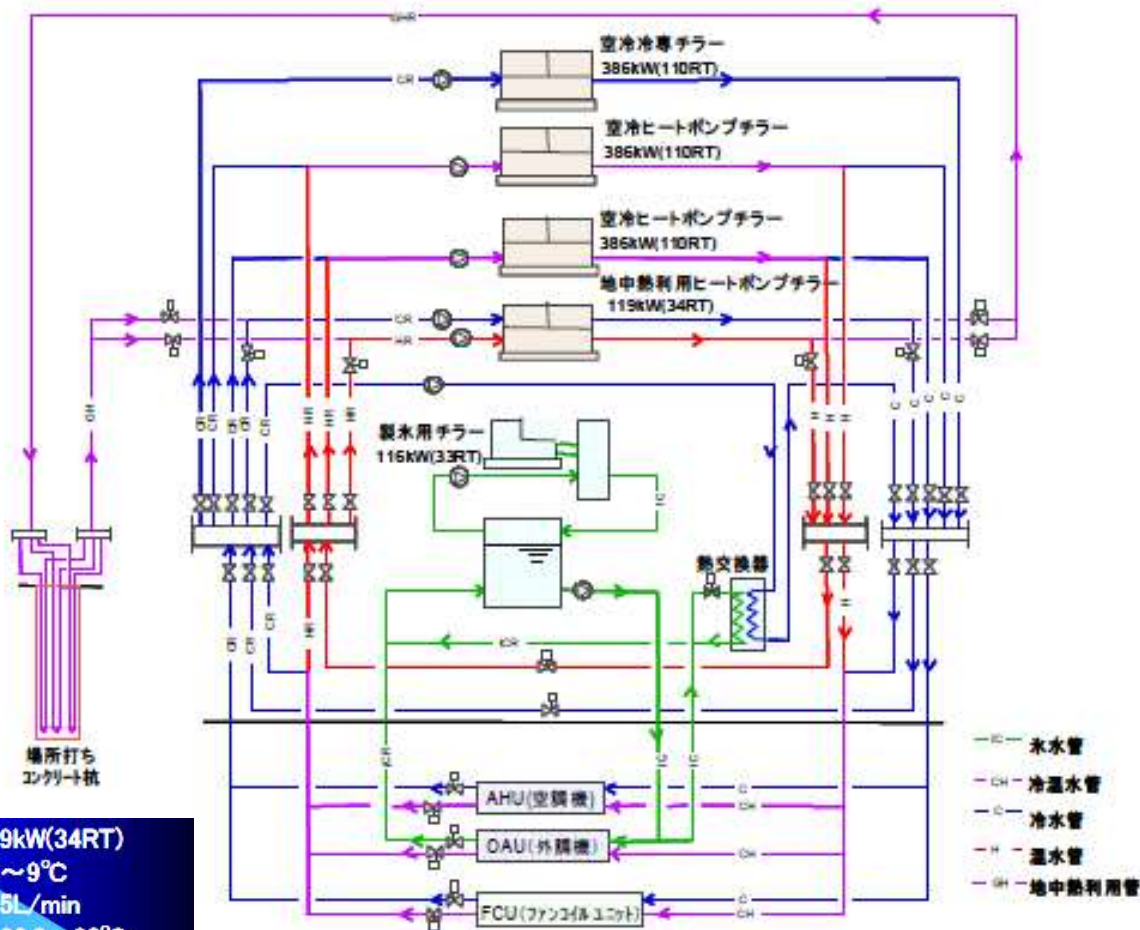
東京都江東区 2008年



- 東京都江東区牡丹3丁目
- 敷地面積: 2,493.0m²
- 建築面積: 1,255.9m²
- 延床面積: 9,304.0m²
- 階数: 地下なし, 地上8階
- 構造種別: 鉄骨造
- 基礎: 場所打ちコンクリート杭
- 工期: 2006年 11月 1日 ~ 2008年 2月 27日(15.9ヶ月)

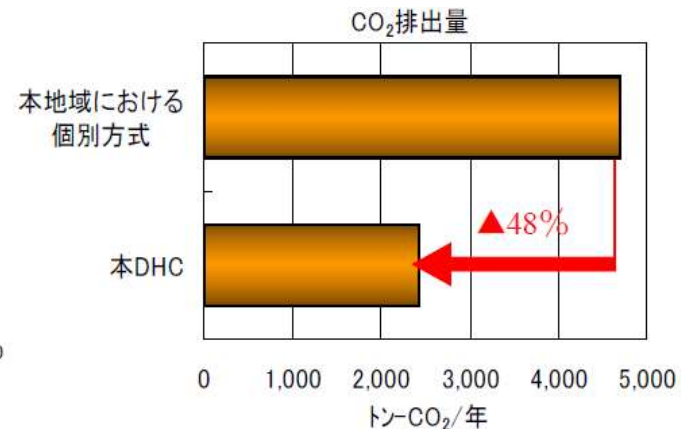
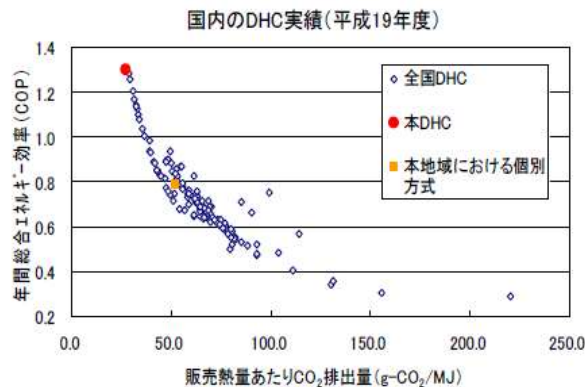
冷房能力: 119kW(34RT)
 冷水温度: 16~9°C
 流量: 245L/min
 冷却水温度: 28.3~30°C
 流量: 600L/min

暖房能力: 139kW(120Mcal/h)
 温水温度: 37~45°C
 熱源水温度: 13~10.3°C

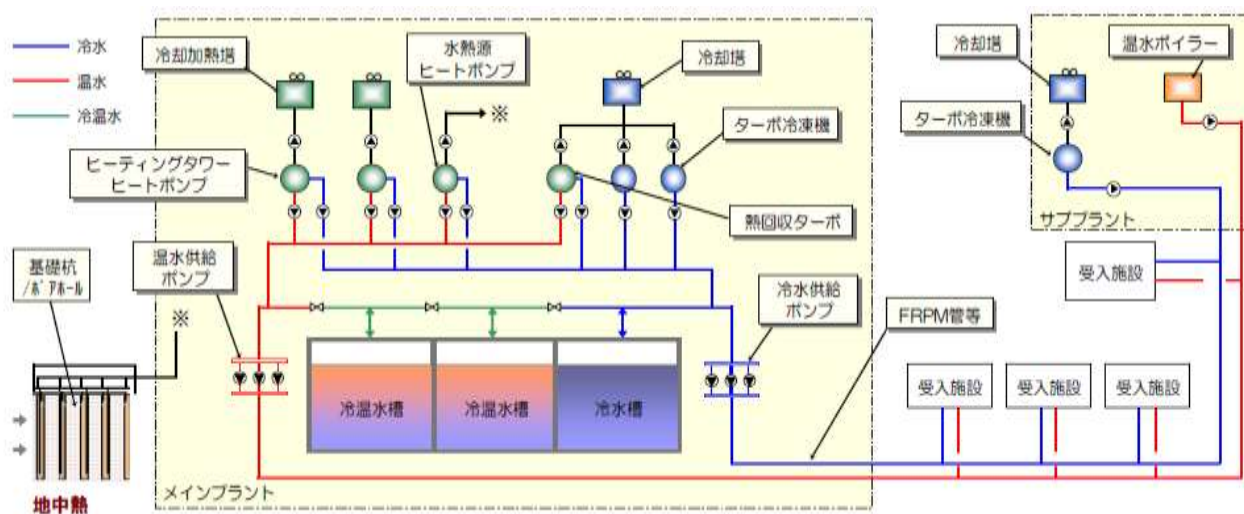


東京スカイツリーでの地中熱利用

地域熱供給での導入事例 2012年



「熱供給事業便覧平成20年度版」(19年度実績データ)より作成



地中熱議連による視察

渋谷区立渋谷本町学園

プール・体育館に地中熱を利用 2012年



プールの加温(年間水温30℃) プールサイド床暖房、シャワーなどの給湯。 体育館の冷暖房



深さ100mのボーリング 40本掘削



地中熱ヒートポンプは、冷暖房・プール加温用(冷房能力195kW、暖房能力199kW、プール加熱能力204kW)が2台、給湯用(給湯能力120kW)が1台の計3台あり、地中熱利用をベースとし、他に冷房能力264kW、暖房能力300kWの空冷ヒートポンプチャラーも1台ある。冷暖房用の熱媒は夜間電力を用いて、250トンの蓄熱槽に蓄えられている。

(東京都環境局のホームページから)

小田急線東北沢駅での地中熱利用

水平方式の地中熱交換器で採放熱 2013年



東北沢駅のプラットフォームの待合室の空調に地中熱を活用



小田急電鉄東北沢駅のトンネル本体の下に設置した水平型地中熱交換器
(地表下約15m)



環境省 H22・23 年度地球温暖化対策技術開発事業で設置した水平型地中熱交換器

小田急電鉄(株)は、小田原線(代々木上原駅～梅ヶ丘駅間)の連続立体交差事業および複々線化事業で、地下15m 付近に新たに“東北沢新駅”のトンネルを掘削しています。トンネル本体の下に水平型地中熱交換器を設置し、これにより新駅施設の空調設備に地中熱利用ヒートポンプシステムを導入しました。

このシステムは、トンネル本体下のコンクリート盤の中にポリエチレンパイプ製の水平型地中熱交換器を設置し、この中に水を循環することでトンネル本体下の地中と熱交換を行い、地中熱利用ヒートポンプの熱源に利用するものです。

地中熱利用ヒートポンプシステムは、省エネでCO2 排出量削減に寄与し、環境負荷の少ない空調システムとして、採用されました。地下鉄道トンネルにおける適用は本邦初の事例になります。

(地中熱利用促進協会ニュースレター143号より)



開業時にホームに貼られた地中熱のポスター

中規模事務所ビルの地中熱導入事例

千代田区一番町(空調更新) 2008年

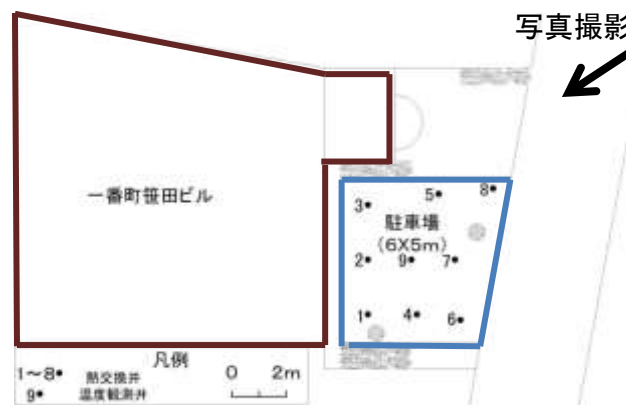


回転振動式掘削機での地中熱交換井の施工
 施工期間：2008年9月1日～11月16日



地中熱交換器を埋設した駐車場

写真撮影方位



地中熱交換井(1～8)と温度観測井(9)の配置

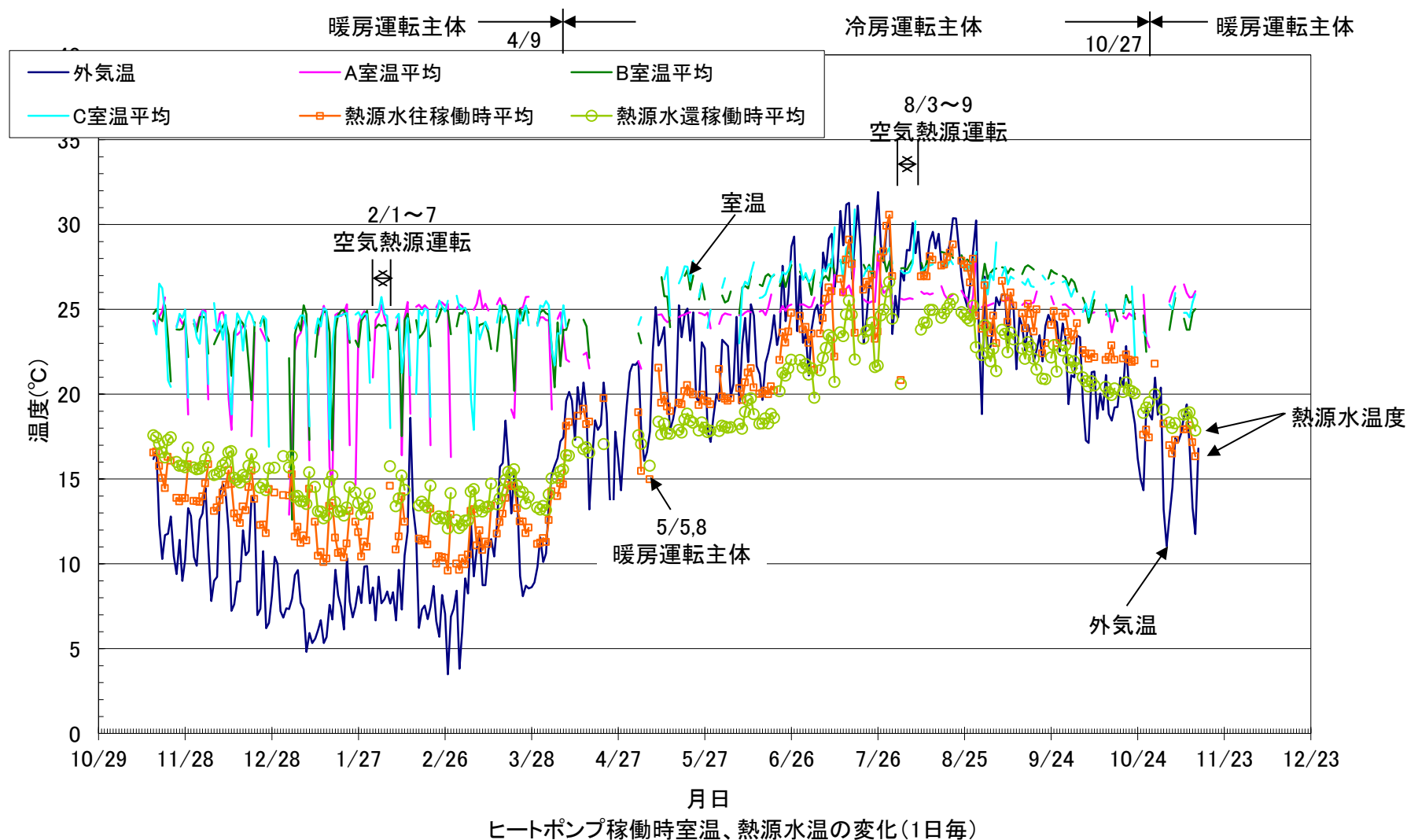


屋上に設置した
 空水冷ヒートポンプ

- 1階から3階までの
 オフィス階の空調
 各階の床面積：約100 m²
- 空水冷ヒートポンプ
 暖房63.0kW
 冷房56.0kW
 地中熱には水冷を利用
- 地中熱交換器
 ボーリング孔
 75 m x 8本
 U字管(ダブル)

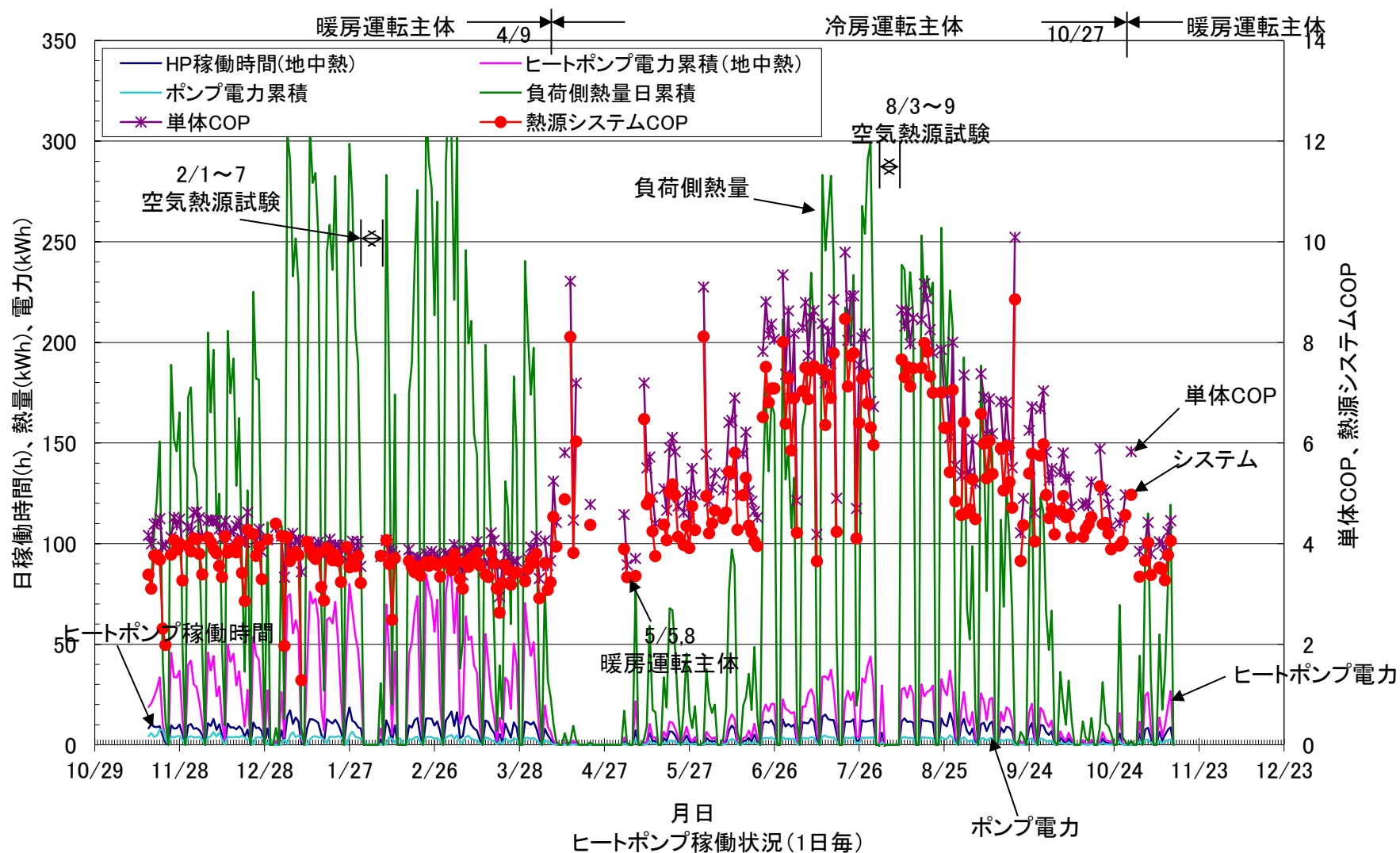
1年間の運転に伴う熱源水温度変化

千代田区の事務所ビル(2008年11月—2009年11月)



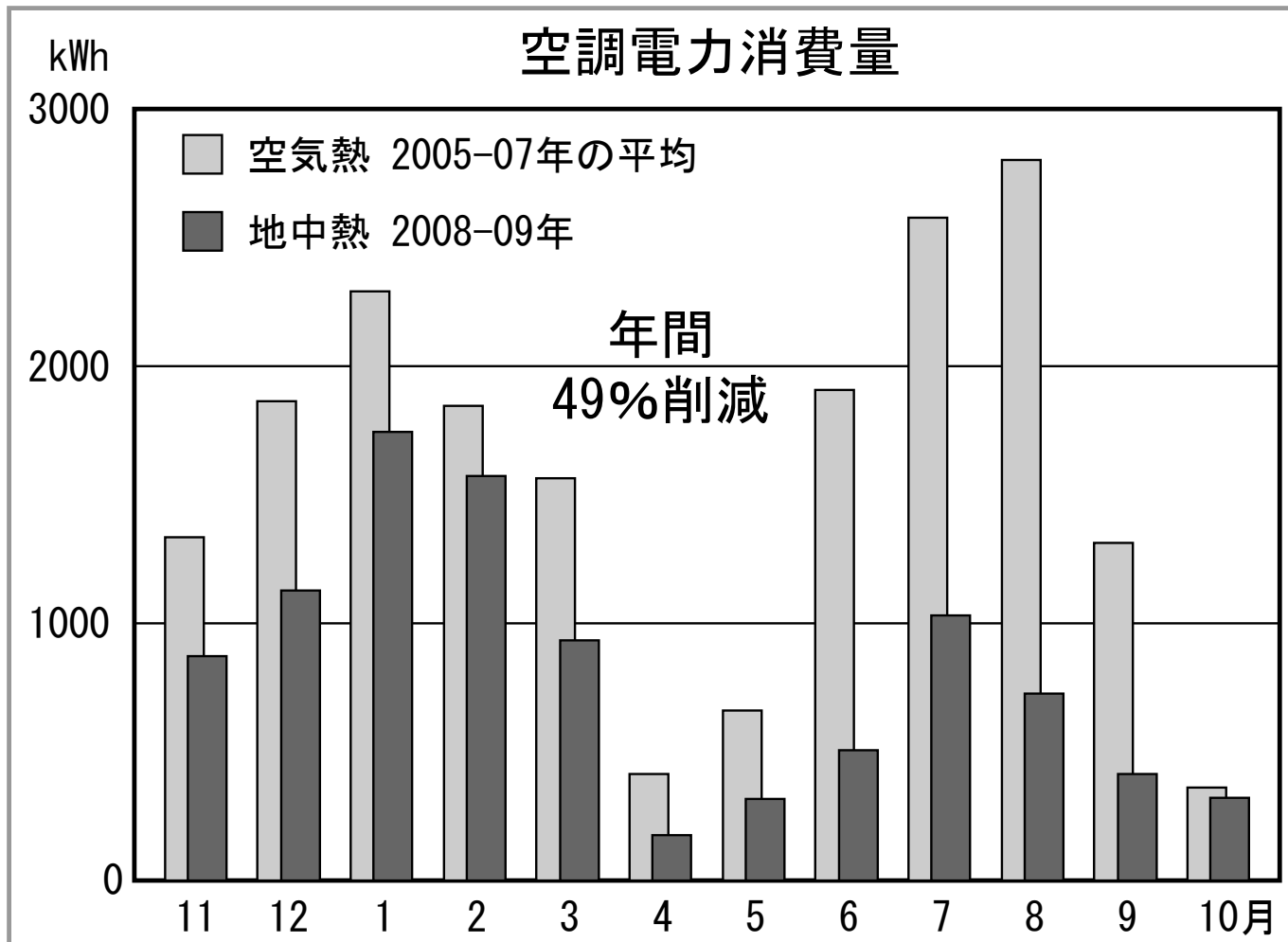
1年間の運転実績(負荷側熱量、COP)

千代田区の事務所ビル(2008年11月—2009年11月)



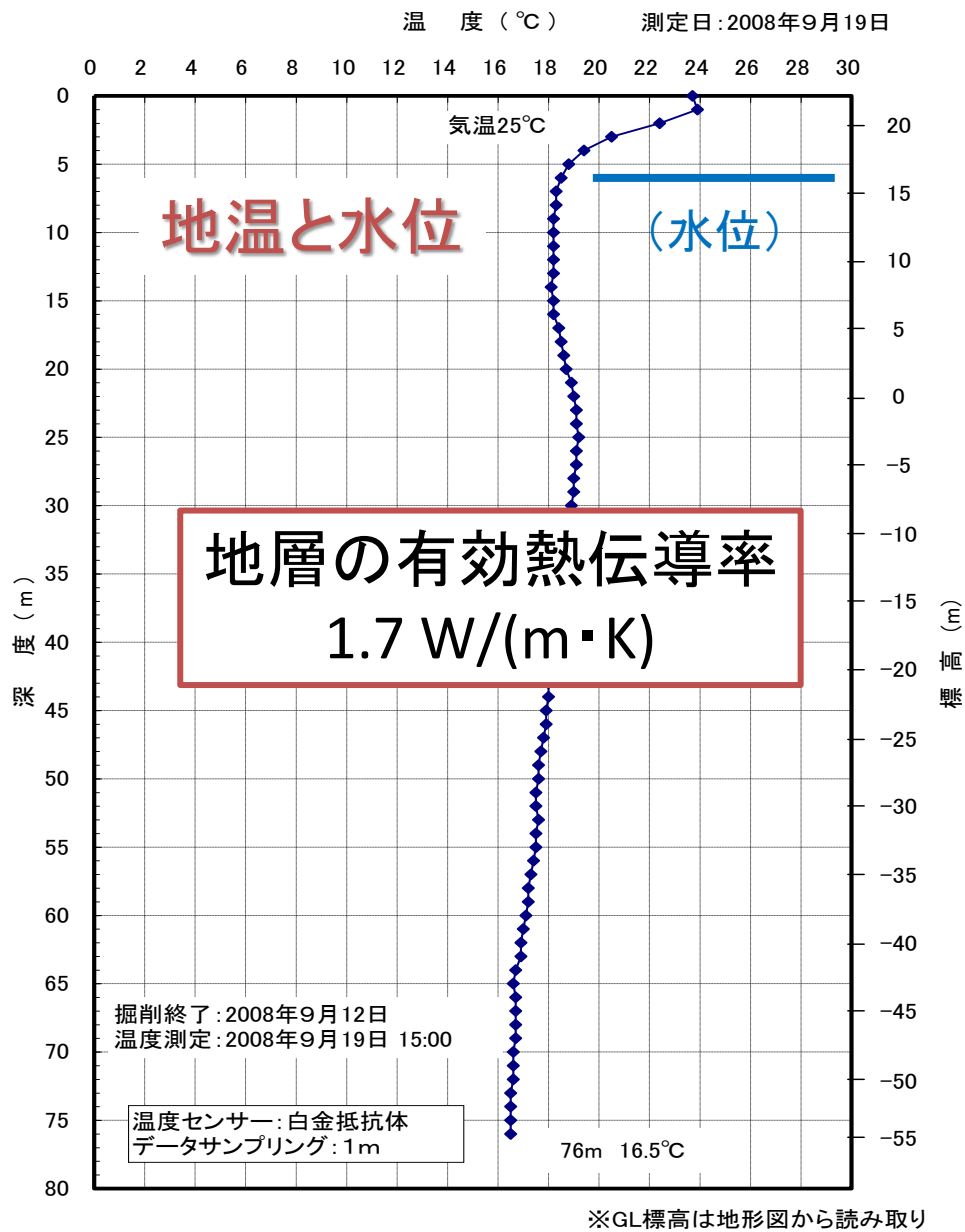
1年間の省エネ実績

千代田区の事務所ビル(2008年11月ー2009年10月)

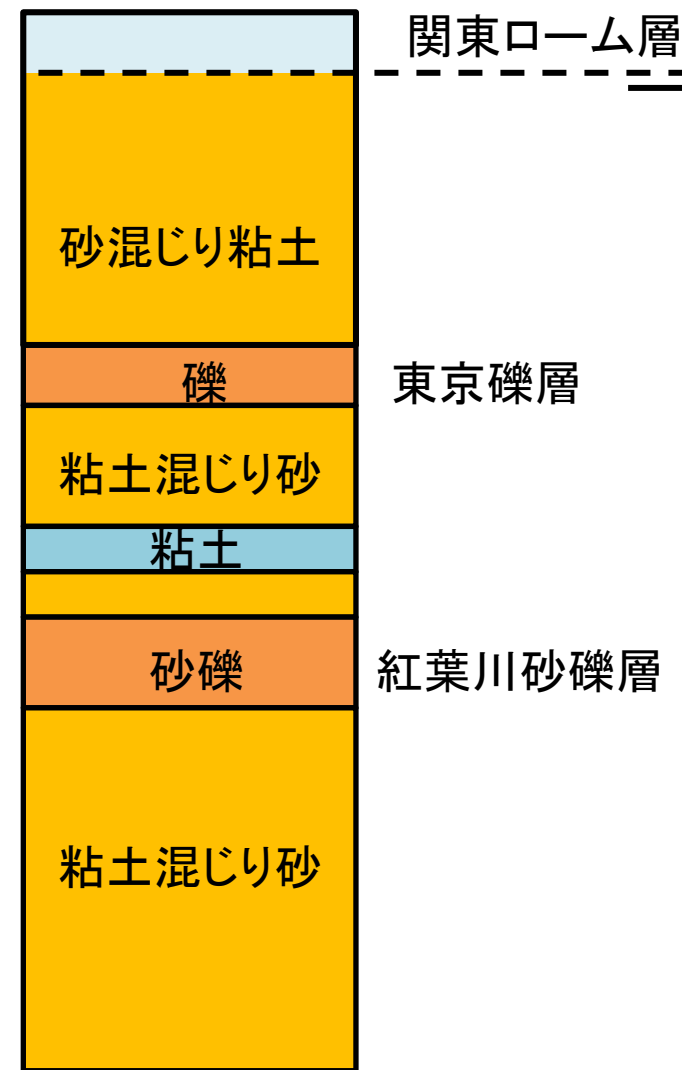




(遠藤ほか, 1996)



地質柱状図



20

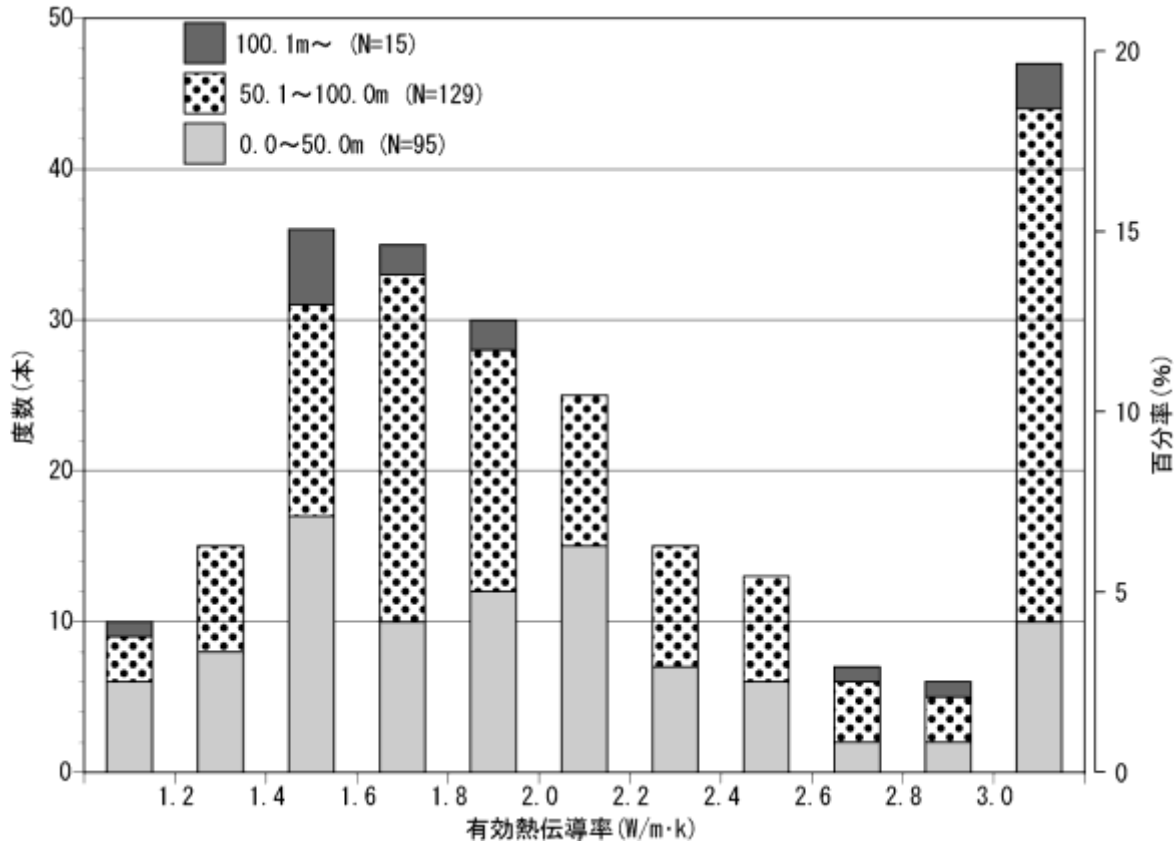
下総層群 (更新世中期)

千代田区一番町の地質と有効熱伝導率

地層の有効熱伝導率

	有効熱伝導率 $W/(m \cdot K)$	
	飽和	不飽和
砂	1.53	1.19
砂礫	2	
シルト	1.44	
粘土	1.27	0.92
火山灰	1.18	0.9
泥炭	1.22	0.88
ローム層	1	0.72
岩(重量)	3.1	
岩(軽量)	1.4	
花崗岩	3.5	

出典: 空気調和・衛生工学便覧Ⅱ
(1981)、建築設計資料集成2(1960)、
渡辺要編「建築計画原論Ⅱ」(1965)、
ASHRAE Handbook
Fundamentals(1985)など



国内で測定された地盤の有効熱伝導率
(地中熱利用促進協会)

建築物省エネ法(建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律)

22

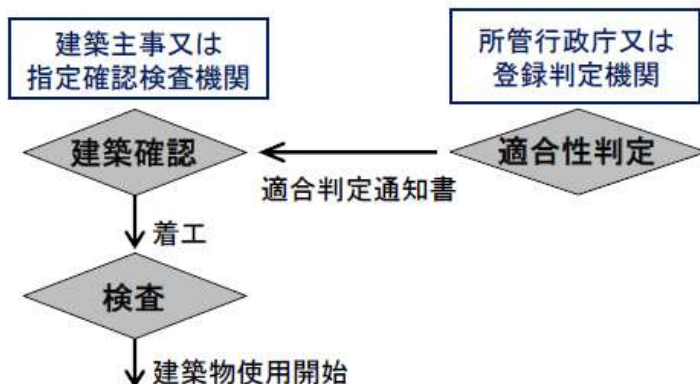
(2015年7月8日公布)

特定建築物

一定規模以上の非住宅建築物(政令: 2000m²)

省エネ基準適合義務・適合性判定

- ① 新築時等に、建築物のエネルギー消費性能基準(省エネ基準)への**適合義務**
- ② 基準適合について所管行政庁又は登録判定機関(創設)の**判定を受ける義務**
- ③ 建築基準法に基づく建築確認手続きに連動させることにより、実効性を確保。



その他の建築物

一定規模以上の建築物(政令: 300m²)

※特定建築物を除く

届出

一定規模以上の新築、増改築に係る計画の所管行政庁への**届出義務**

＜省エネ基準に適合しない場合＞
必要に応じて所管行政庁が**指示・命令**

住宅事業建築主*が新築する一戸建て住宅

*住宅の建築を業として行う建築主

住宅トップランナー制度

住宅事業建築主に対して、その供給する建売戸建住宅に関する省エネ性能の基準(住宅トップランナー基準)を定め、省エネ性能の向上を誘導

＜住宅トップランナー基準に適合しない場合＞
一定数(政令: 年間150戸)以上新築する事業者に対しては、必要に応じて大臣が**勧告・公表・命令**

2017年4月から施行予定

(国土交通省資料)

建築物の一次エネルギー消費量基準の考え方

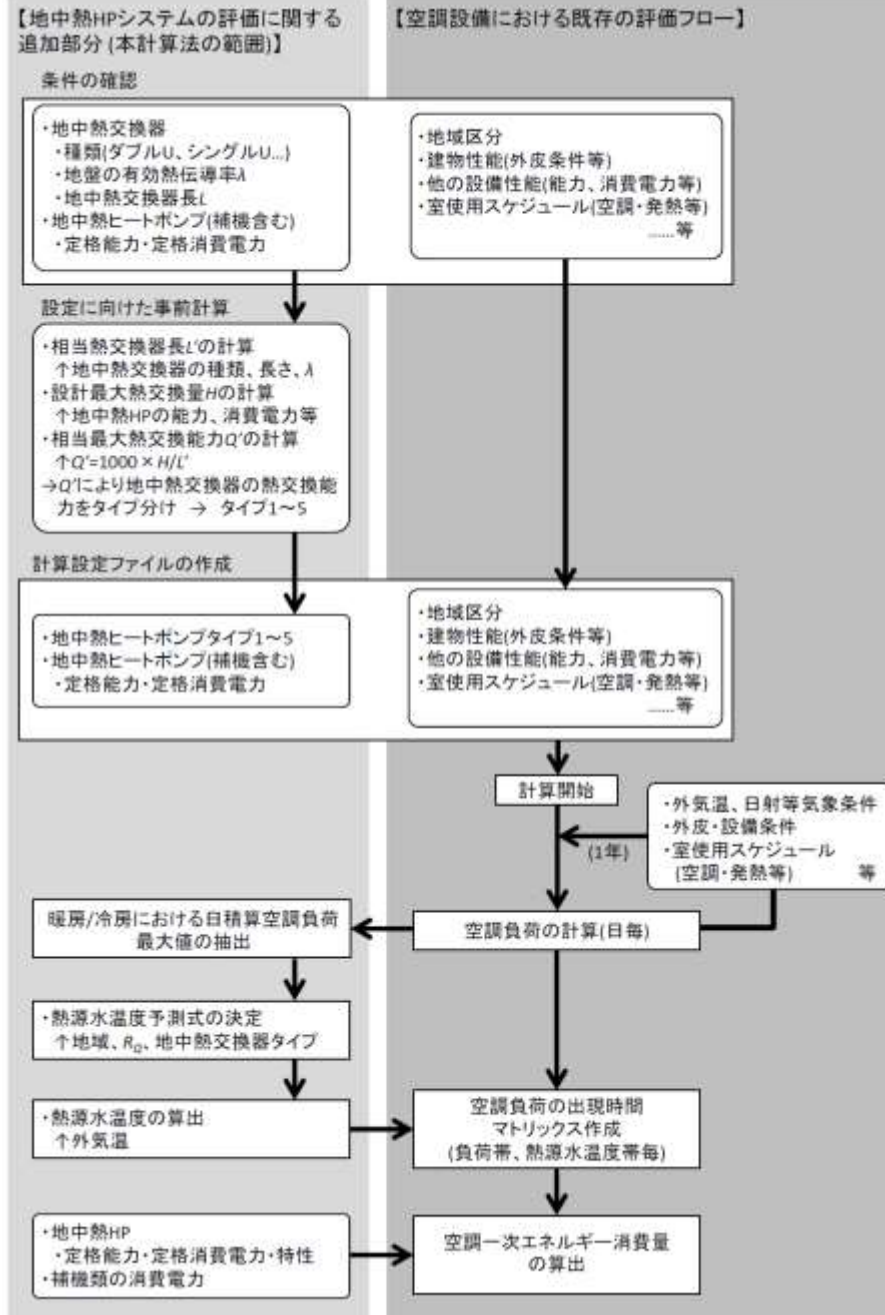
- 評価対象となる建物において、建物の条件(室の構成、各室の床面積、階高等)と採用する外皮・設備の仕様を入力することにより、設計一次エネルギー消費量を算出する。一定の計算条件(室用途ごとの使用時間、内部発熱、換気量等)のもと計算が行われるため、建物の運用状況(使い方)によらない一次エネルギー消費量の値が算出される。
- 建物全体の基準値については、上記と同様の建物条件、計算条件のもと、外皮・設備に標準仕様を採用した場合のエネルギー消費量を基準一次エネルギー消費量として算出する。



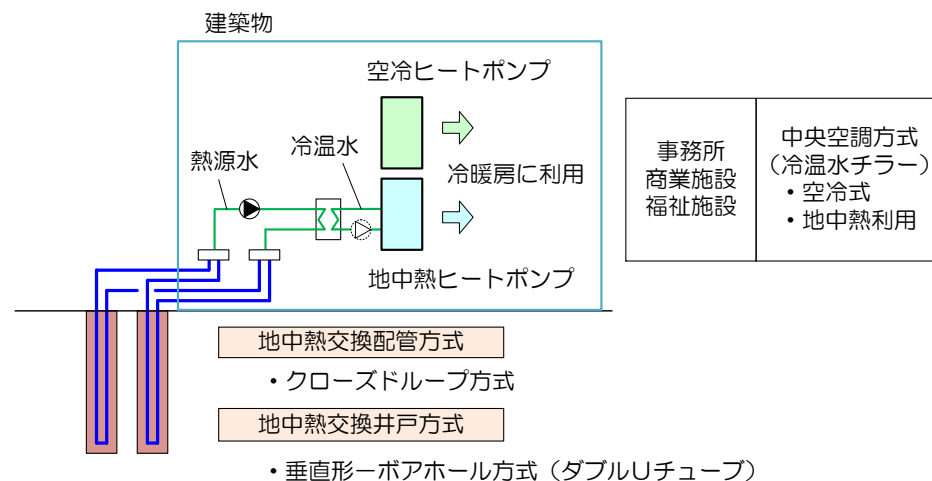
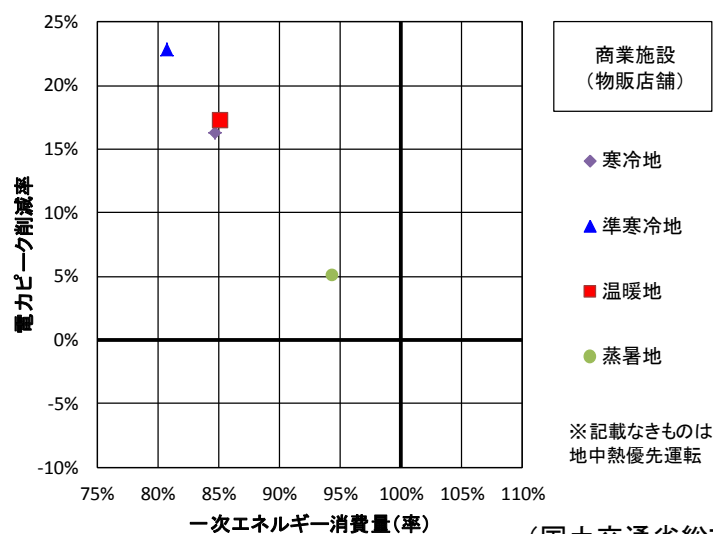
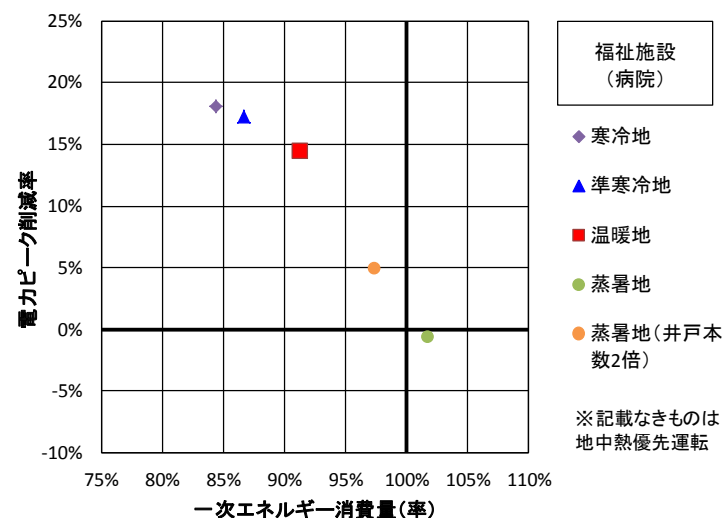
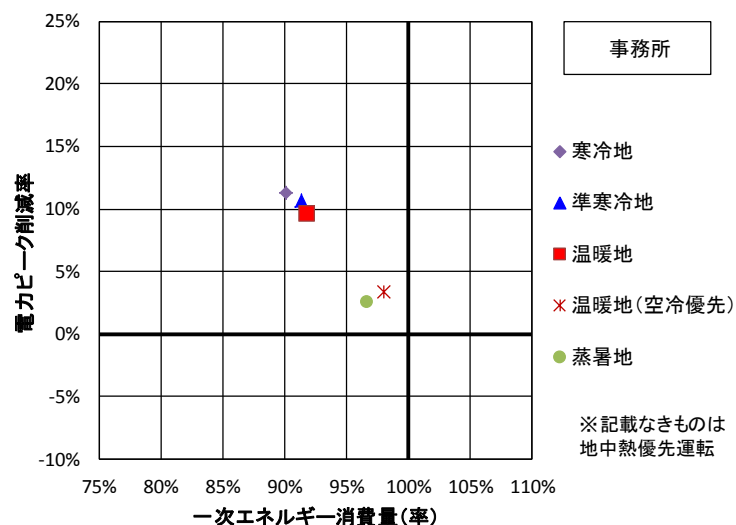
省エネ基準(非住宅)に地中熱追加

H25省エネ基準に基づくプログラムからH28省エネ基準に基づくプログラムへの主な変更点

非住宅	住宅
共通 ○建築物省エネ法で規定された基準値に変更 ○BEI(設計一次エネ消費量/基準一次エネ消費量)の定義の変更 ○ラベル生成機能の追加	エネルギー消費性能計算プログラム(住宅版) ○全体 ・建築物省エネ法で規定された基準値に変更 ○外皮関係 ・q, m_c, m_h値入力から、外皮面積の合計、および$U_A, \eta_{AH}, \eta_{AC}$値の入力へ変更 ○暖冷房関係 ・暖冷房エネルギー消費量の計算方法を変更 ・ダクト式セントラル空調機の入力項目を増やし、出力補正の有無、消費電力量補正、定格能力、定格消費電力が入力できるよう変更 ○給湯関係 ・給湯専用型ガス石油を従来型と潜熱回収型に分け、それぞれに効率を入力しない場合のデフォルト値を設定 ・給湯設備(水栓)がない場合の選択肢を追加。併せて、浴室等がない場合の選択肢を追加 ・石油・ガス給湯機の効率の入力方法を追加 ・太陽熱給湯の集熱面積の入力方法を追加 ○照明関係 ・LED照明の評価を追加 ○太陽光発電関係 ・パワーコンディショナーの効率の入力方法を変更 ○コージェネレーションシステム関係 ・コージェネレーション設備の性能の試験方法が作成されたことを受け、パラメータを直接指定できる方法を準備 ※ただし、試験結果から得られる仕様を直接入力するのではなく、住宅性能評価・表示協会において試験結果に関する情報を管理し、本プログラムからは型番を選択することで間接的に試験結果から得られる仕様が評価に反映するような仕組みを構築。
エネルギー消費性能計算プログラム(非住宅版) ○計算ロジックの調整 ・外皮:開口部の評価法変更(建具込の窓性能で評価) ・空調:全熱交換器の評価法調整 ・空調:地中熱ヒートポンプの評価法追加 ・空調:蓄熱槽効率を選択式に変更 ・換気:換気代替空調機の評価法調整 ・給湯:節湯器具の評価法調整 ・効率化設備:太陽光発電の評価法調整 ○データベース ・建材、窓の物性値データベースの更新 ・負荷計算パラメータの更新 ・給湯の室用途別湯使用量に関するデータベースを追加 ○入力シートの拡張 ・熱源機種等の名称を更新(JIS等へ合わせるもの) ・照明制御の選択肢変更	
モデル建物法入力支援ツール ○中央式熱源の評価ロジックを追加 ○モデル建物を追加(8用途から15用途へ) ○評価ロジックの調整 ・非空調コア比率が空調一次エネに与える影響を反映 ・空調面積あたりの熱源容量を入力	



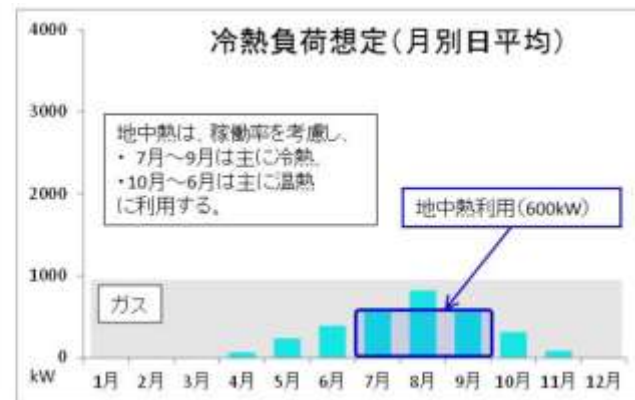
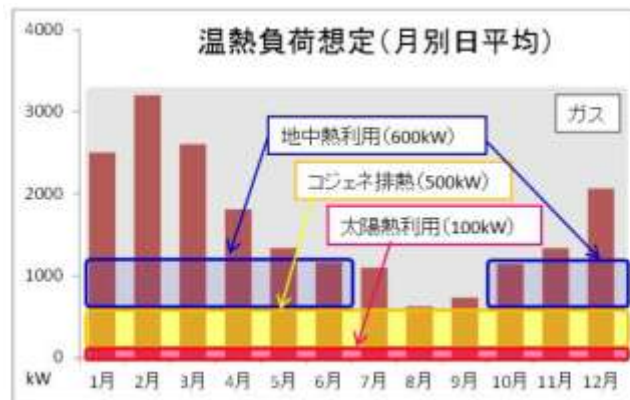
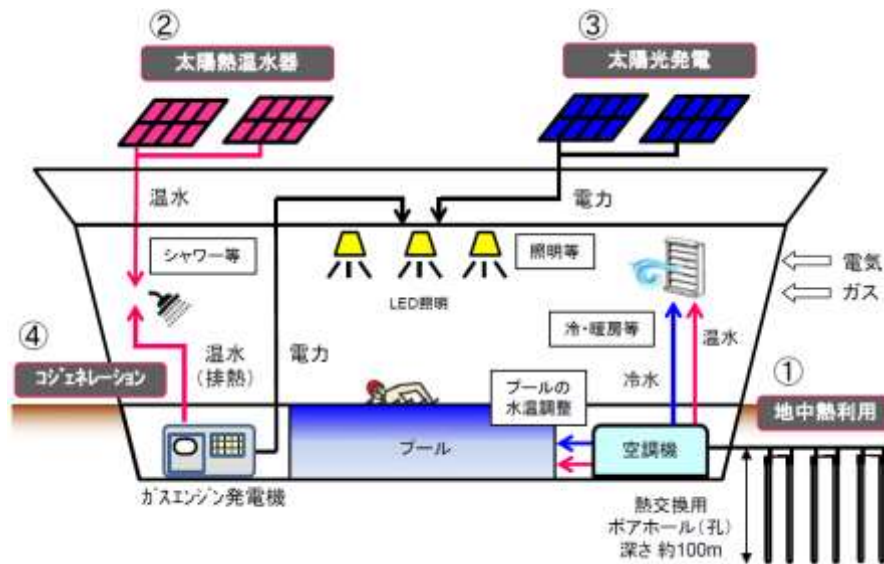
設計時に地中熱を空気熱と比較



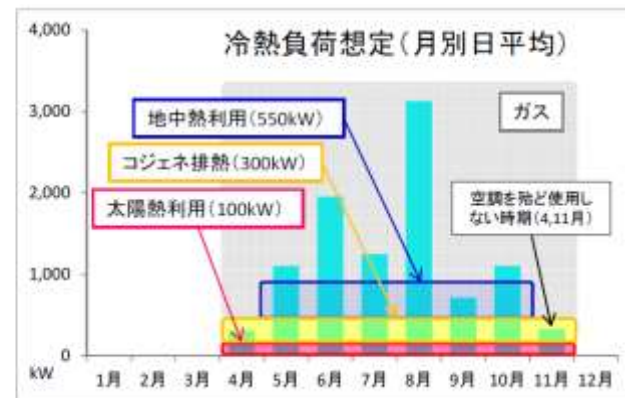
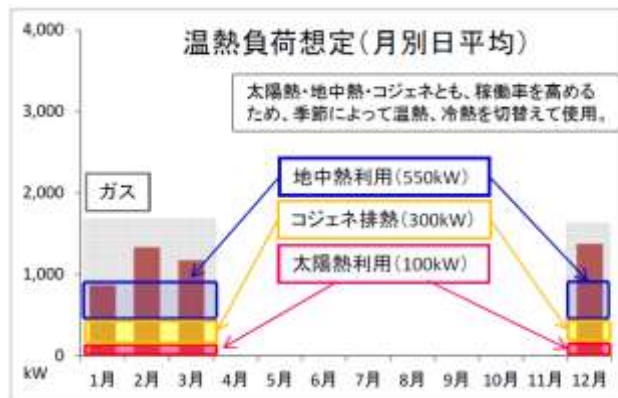
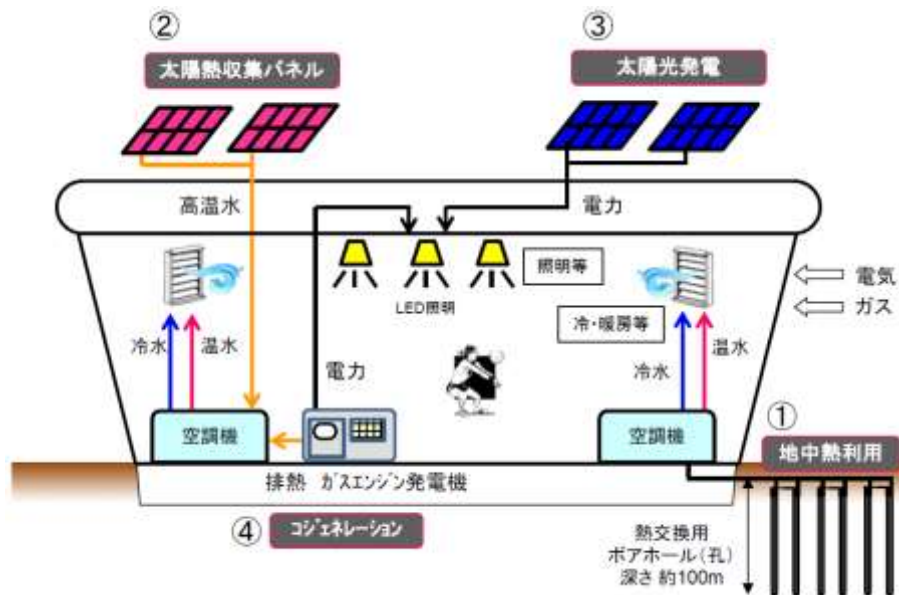
再エネ・省エネ東京仕様



東京五輪 アクアティクスセンター



東京五輪 有明アリーナ



まとめ

- 地中熱利用は省エネ性、環境性が高く、電力ピーク削減率も高い。
- 東京都内には、東京スカイツリーをはじめ100か所以上の地中熱利用施設がある。
- 東京都の地盤環境は、十分に地中熱利用できる有効伝導率をもっている。
- 省エネ基準の適合義務化が始まるが、地中熱の年間一次エネルギー消費量は、WEBプログラムで計算できる(2016年4月に建築研究所で公表)。省エネ、CO2削減のツールとしての地中熱の活用が期待される。
- 2020年東京オリンピック、パラリンピックでは、いくつかの施設に地中熱が導入され、認知度の向上が期待される。