
地中熱利用

ヒートポンプは熱を温度の低い所から高いところに汲み上げ、その熱を利用するための装置である。使った電気エネルギーよりも多くの熱エネルギーを取り出すことができる。

一般に普及しているエアコンは、空気を熱源としたヒートポンプである。夏の冷房では、家の中の熱を奪い取り、外の空気に逃がす。逆に冬の暖房では、外の空気から熱を奪い取り、家の中に放出する。

これに対して、地中熱利用ヒートポンプ(GeoHP)は、地中や地下水、河川水等を熱源としたヒートポンプシステムである。空気と違って、地中の温度は年間を通して大きな変化がない。そこで、夏の冷房では外の空気より低い温度の地中に熱を放出し、冬の暖房では外の空気より暖かい地中から熱を取り出すことができる。

空気熱源ヒートポンプの場合と異なり、深さ 3 m 程度以深の地中の温度は、地上の気温変化に関わりなく、一年を通してその地域の平均気温(東京では 17 °C 前後)と同じである。また、空気熱源ヒートポンプでは外気温変化の影響を受けて COP (Coefficient Of Performance) が変化するが、地中熱利用ヒートポンプは年間を通して安定した COP (3.5 以上) が得られる。

地中熱利用ヒートポンプシステムには、

- ・ 地盤からの熱伝導により住宅・建物にエネルギーを取り入れる直接的な方法
 - ・ 地盤中に空気や水などの流体を通過・循環させて熱交換により取り出したエネルギーをそのまま利用する方法
 - ・ 地盤中での熱交換で得たエネルギーあるいは汲み上げた地下水の熱エネルギーをヒートポンプを用いて効率的に生活に必要な温度のエネルギーにして利用する方法
- などがある。

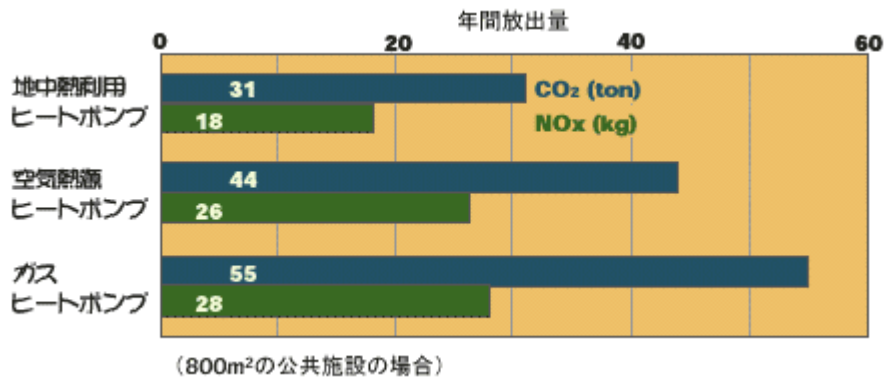
地中熱利用システムの長所としては、

- ・ 日本中いたる所で利用可能
- ・ 最終熱量は使用した電力の 3.5 倍以上 → 省エネと CO₂ 排出量抑制可能
- ・ 空気熱源ヒートポンプ (エアコン) が利用できない外気温・15 °C 以下の環境でも利用可能
- ・ 放熱用室外機がなく、稼働時騒音が非常に小さい
- ・ 地中熱交換器は密閉式なので、環境汚染の心配がない
- ・ 冷暖房に熱を屋外に放出しないため、ヒートアイランド現象の元になりにくいが、あげられる。

また、地中熱利用ヒートポンプシステムは、動力に電気のみを用いているため、動作時に地球温暖化の元となる CO₂ や有害な NOX を排出しない。使用する電気は、その発電の際に CO₂ や NOX を排出してしまうが、地中熱利用ヒートポンプシステムは高効率なシステムであるため、電気の使用

量が少なくて済み、排出量を大幅に削減することができる。

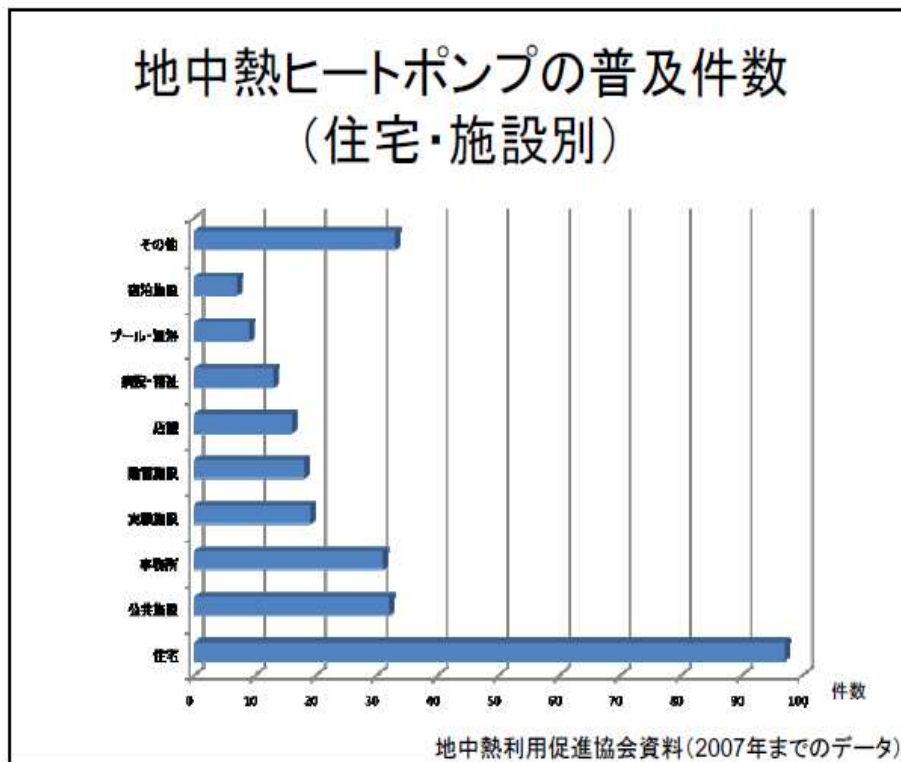
図1 熱源別ヒートポンプの比較

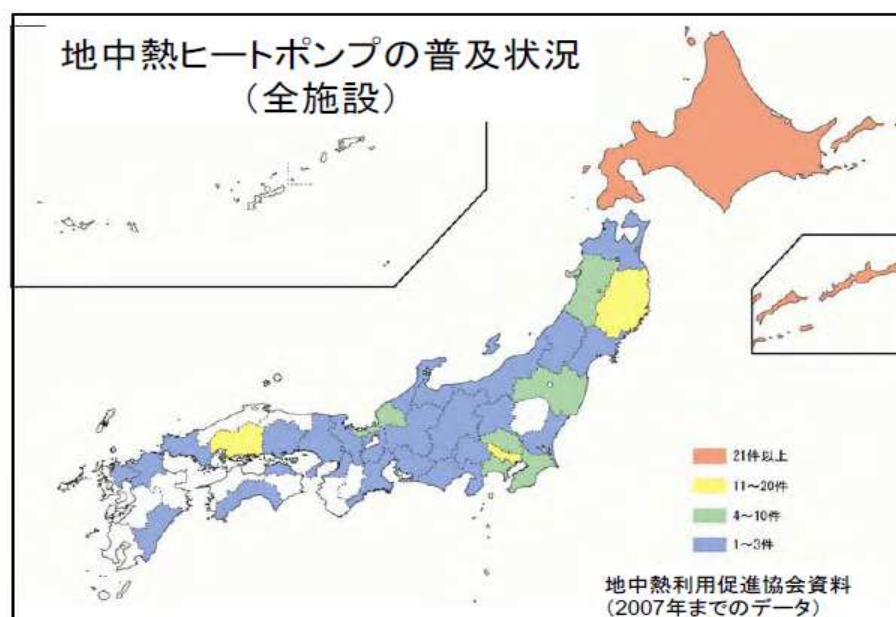


(1) 日本における地中熱ヒートポンプシステムの導入

2009年度末で全国580か所の住宅・建物・施設に導入されている。(都内は53件)

図2 地中熱ヒートポンプの普及件数





出典: 地中熱利用システム普及促進セミナー資料より

地中熱利用ヒートポンプシステムは、欧米では 1980 年代から普及し始め、米国ではすでに 60 万台以上が利用されている。日本ではまだ普及していないが、今後、欧米並の普及が期待されている。

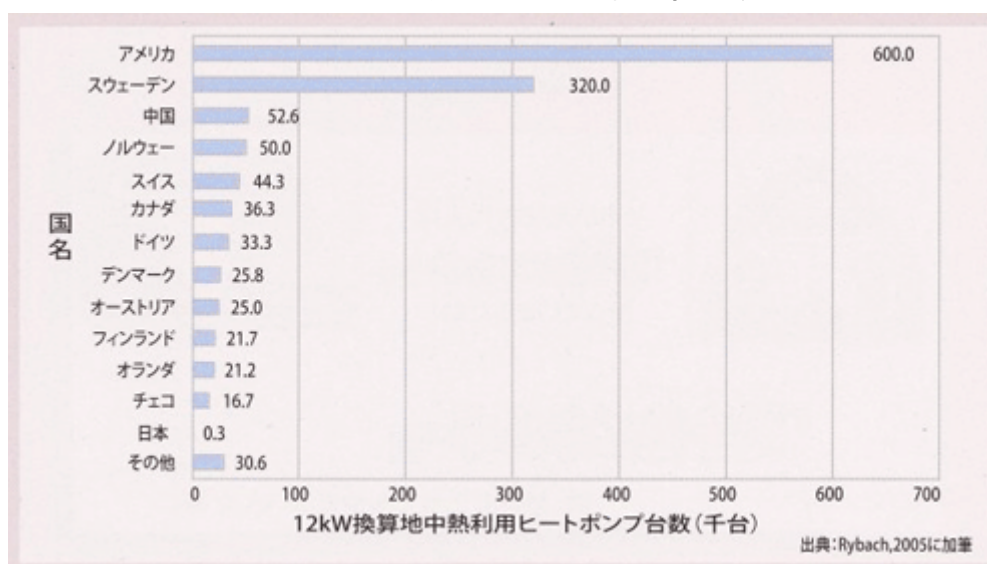
地中熱の普及がわが国で遅れている理由としては、欧米では 1970 年代の第1次オイルショック以降に研究が始まり 1980 年代には徐々に普及がおこなわれてきたのに対し、日本では第1次オイルショック後には代替発電のみに力が注がれ、結果的に地中熱が日本の関係者に注目されるようになったのは 2000 年以降であり、そこから普及の努力が開始されたので、スタート地点で 20 年分の遅れが出ているといえる。

しかし、2000 年以降もわが国での地中熱利用の普及がなかなか進んでいない理由は、幾つか考えられる。大きな原因のひとつに知名度の低さがあり、地下埋設設備であるため、太陽光発電パネルや風力発電用風車などと違って外から見えず、利用されていても知られにくいことがあげられる。

また、初期費用の問題もある。地中熱利用ヒートポンプを用いるためには熱交換井(熱を地下に採排熱するための井戸)が必要になるが、この掘削費が諸外国に比べて割高といわれている。その理由は、わが国の地質が複雑で、かつ、崩壊性の地層が多いために掘削にかかる手間が多くなり、その分の費用が掘削費を高くしてしまうからだ。そのため、競合する空気熱源のシステムに比べて掘削費等を含めた初期費用が高くなり、普及を困難にしている。ただし、導入数が増えれば、掘削機器の利用頻度が増えて、それだけで掘削費が下がるという試算もあり、普及するにつれて初期費用は下がると考えられる。

また、わが国では、地下水流動の影響が大きいために熱伝導率等の熱物性が場所によって異なり、同深度であっても地下温度の正確な予測が困難になっている。そのため、システムを導入する地域における長期的な採排熱量の設定が容易ではなく、わが国の風土に適した経済的なシステム設計が困難になっていること等も普及が進まない一因かと考えられる。

図3 地中熱利用システムの国別導入台数



初期費用を安くすることや地下からの長期的な採排熱量の把握等の問題が解決されれば、地中熱利用の普及促進につながると考えられる。そのため色々な研究・開発が現在も行われている。例えば、初期費用を安くする試みの一つとして、建築物に必要な杭を用いることが考えられている。建築物にもよるが、基礎杭(鋼管杭、PC杭等の様々な種類がある)を利用することで熱交換井のための掘削を抑えて、初期費用を安くすることが出来るようになる。

出典：地中熱利用促進協会 HP より引用 (http://www.geohpaj.org/outline/outline_idx.htm)

産業技術総合研究所 HP より引用

<http://unit.aist.go.jp/georesenv/geotherm/QandAJ.html>)

(2) 都心での地中熱利用システム

地中熱利用については、上に述べたようにいまだ大量に普及する状態になっていない。しかし、以下に紹介するように、都心においても実現可能な技術であり、適切な支援があればかなり普及する可能性を持っている。

都心の小規模オフィスビル（一番町笹田ビル：東京・千代田区）に、2008年に導入した地中熱ヒートポンプシステムは、地中を循環する流体により熱交換するクローズドループによるもので、基本システムは、ボアホール型の地中熱交換機、ヒートポンプおよび室内機から構成されている。

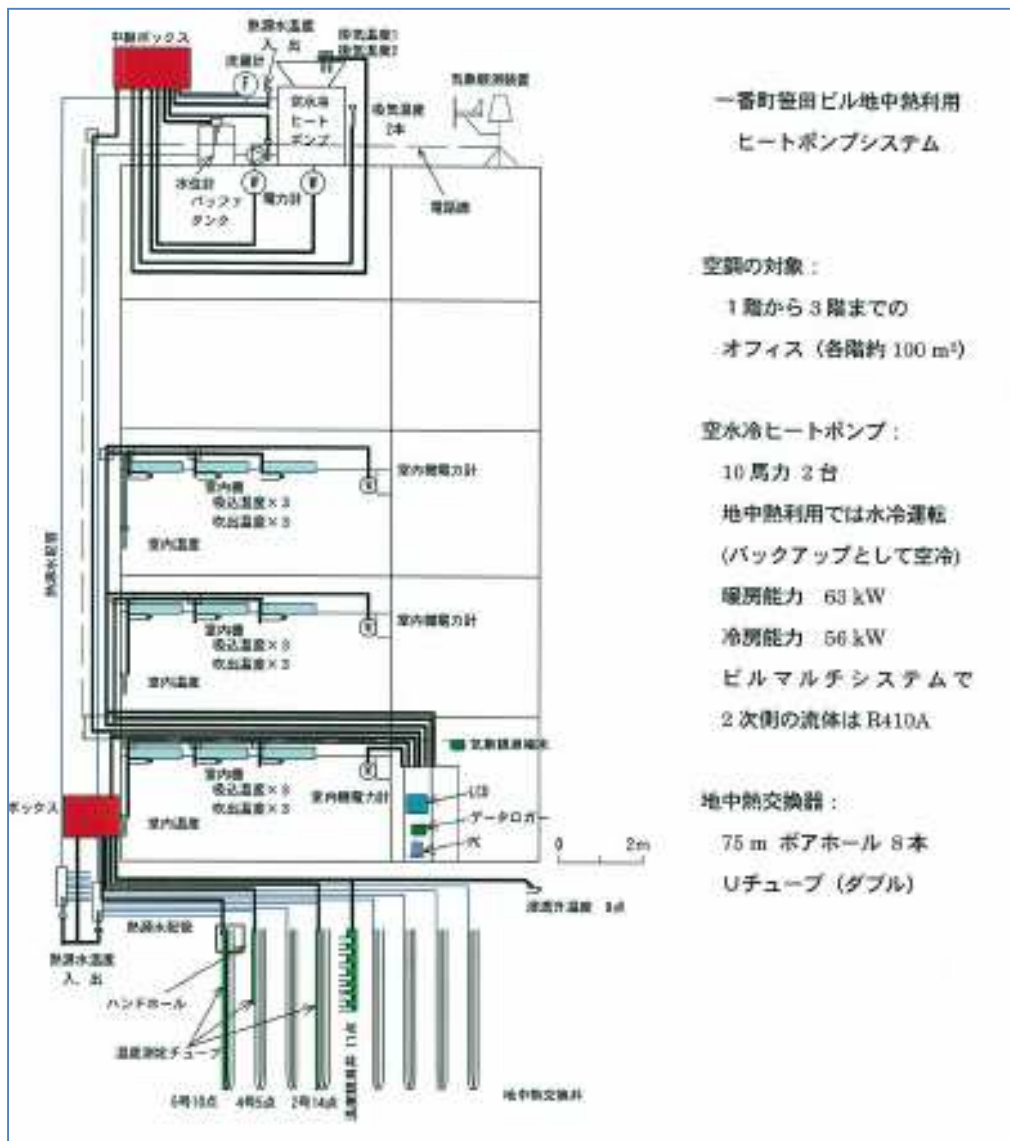


図4 地中熱利用ヒートポンプシステムと関連する計測システム

出典：第4回新エネルギー技術シンポジウムポスターより

写真 1
屋上に設置された
空水冷ヒートポンプ

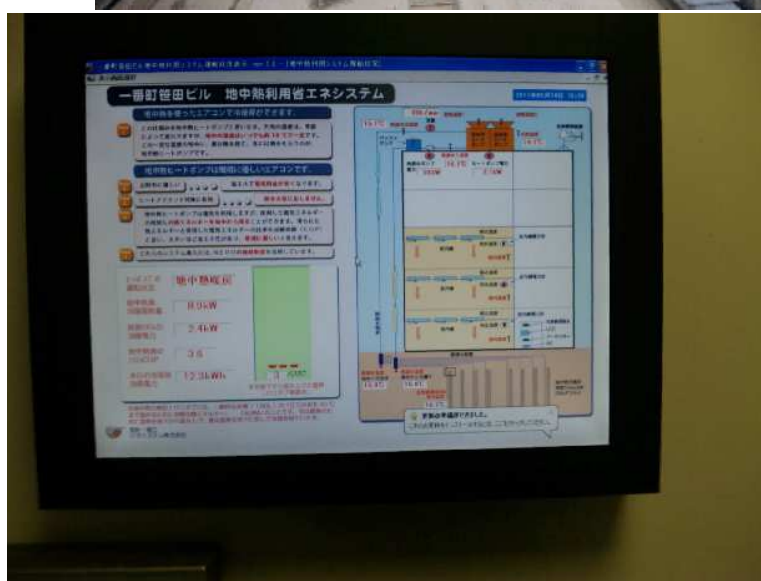


写真 2 地中熱ヒートポンプシステムの運転状況モニター画面



写真 3 駐車場脇に設置された熱源水管ボックスの内部

通常、地中熱利用ヒートポンプは新築の際に導入されることが多いが、既築のビルでも地中熱システムを従来型の空気熱源システムに置換する形で導入することは可能である。新築であれば、地中熱交換器を建物の下に設置することができるが、既築の場合は周辺スペースを活用する。

笹田ビルでは駐車場（6m×5m）の地下にボアホール8本を用いた地中熱交換器を設置している。

ヒートポンプは11月17日から2月6日までは水冷運転、2月7日から2月20日までは空水冷運転、循環ポンプは1月28日よりヒートポンプコンプレッサの停止時には停止する制御に変更している。

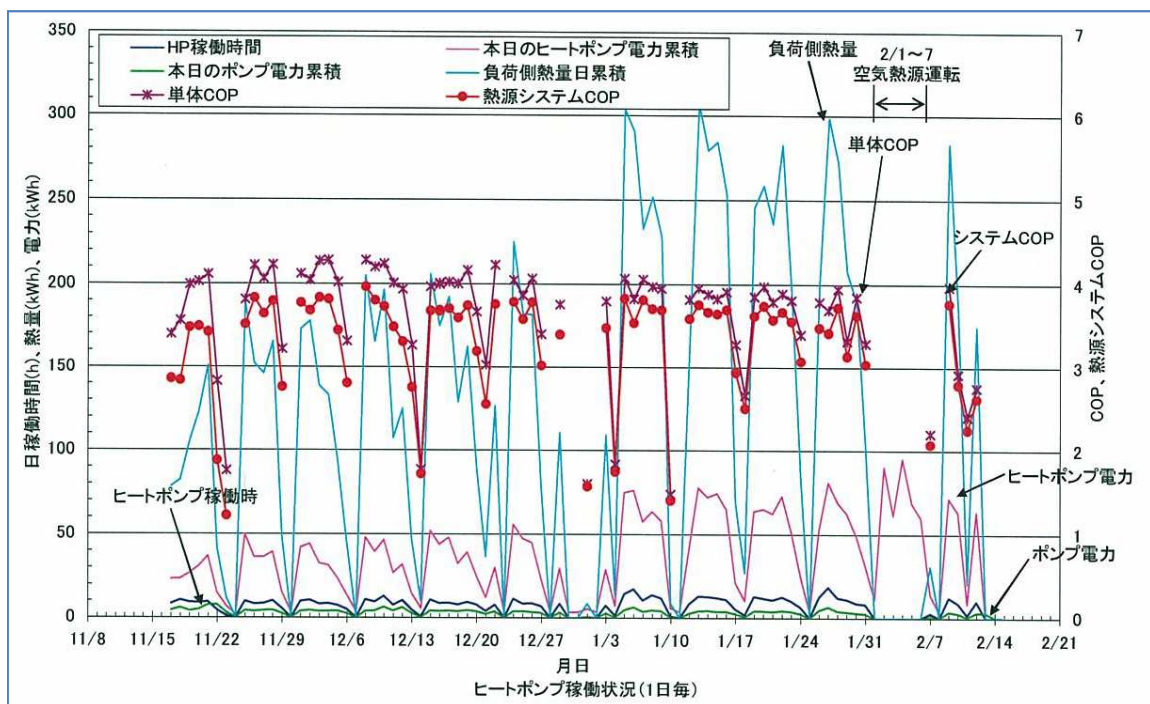


図5 地中熱利用ヒートポンプの運転状況

出典：第4回新エネルギー技術シンポジウムポスターより

11月17日に運転を開始して以来、地中熱利用ヒートポンプは安定した出力を保っている。

図に示すようにCOPの値は単体で4前後、システムで3の後半の値となっている。地下温度は、運転開始当初において16℃-17℃であったものが、2ヶ月間の運転に伴う地下からの採熱により13度-14℃に低下している。また、消費電力量については、昨年度の実績と比べて半分程度の値で推移してきており、地中熱利用の省エネ性が理解できる。

地中熱交換井内を循環させる熱源水（不凍液）の温度変化をみると、システム運転開始時点では、熱交換井の熱源水循環時の初期温度は18℃であった。運転に伴う変化をみると熱源素温度は暖房時に低下し冷房時に上昇している。

暖房時には、ヒートポンプ出口/入口温度は2月下旬に10℃/13℃（日平均）まで低下

し、一方、冷房時には7月下旬に31°C/26°C(日平均)まで上昇している。

秋の冷暖房の切り替え時期のヒートポンプの入り口温度は19°C、運転開始1年後の11月13日の温度は18°Cであり、1年間の運転を終えて熱源水の初期温度に回帰している。

1番町笹田ビルでは見学者に地中熱利用ヒートポンプの運転状況を理解してもらう目的でモニターを用意している。モニターにはその日に利用した地中熱をバスタブ換算(*1)で表示するシステムがある。

(*1) 地中熱の単位1バスタブとは、一般的な浴槽180Lのお湯を沸かすために必要な熱エネルギー18.9MJのこと。冬は暖房のために温熱を地下から汲み上げ、夏は温度を地下に戻して冷熱を得ている。

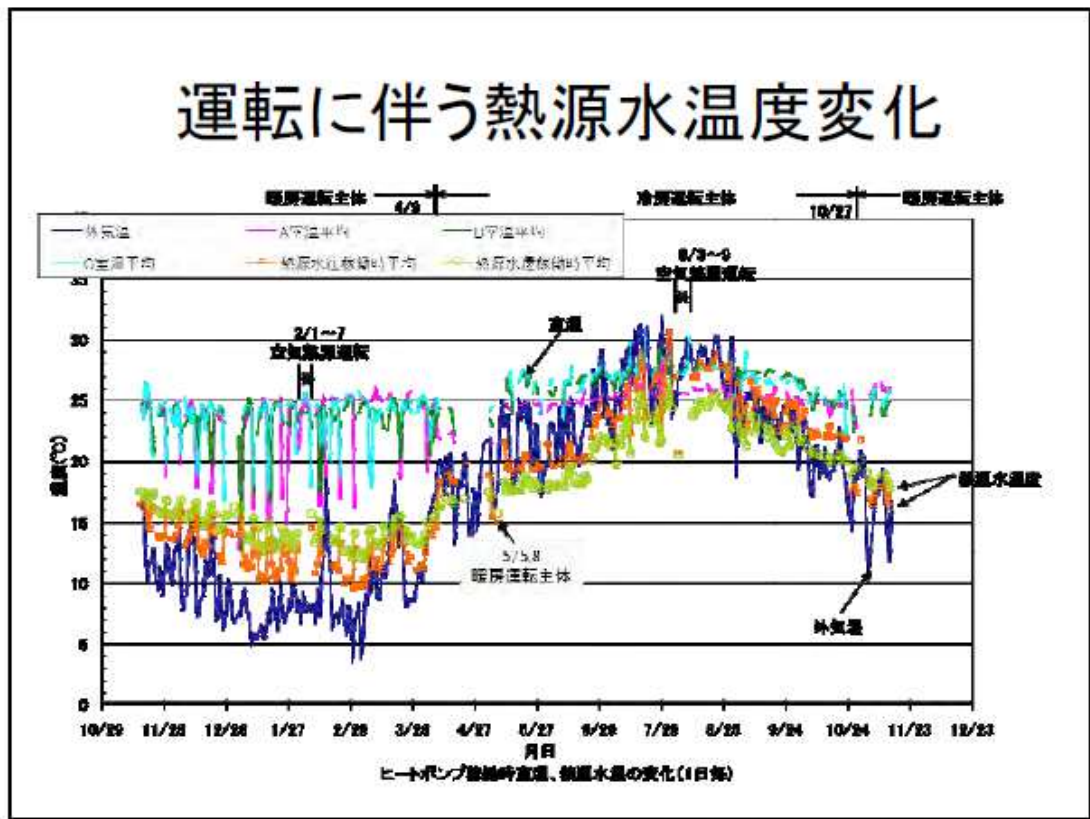


図6 運転に伴う熱源水温度変化

出典:地中熱利用システム普及促進セミナー資料より

一番町笹田ビルに導入した地中熱ヒートポンプシステムは、図に示すような電力消費となり、H17-H19年の空気集熱の場合に比較して、H20-H21年には地中熱利用により49%という高い省エネルギーを実現している。1年間の運転による地盤からの採熱量は51GJ、地盤への放熱量は53GJであり、バランスのとれた熱利用実績となっている。

地中熱利用技術は、現状では初期コストが大きいですが、各種普及制度を利用して量産化が進めば、経済性を獲得する可能性がある。東京都心で実現性があることが示されているのは心強いものがある。

一番町笹田ビルは、笹田政克氏の所有するビルであり、笹田氏は日本地熱学会副会長、NPO 法人地中熱利用促進協会理事長である。

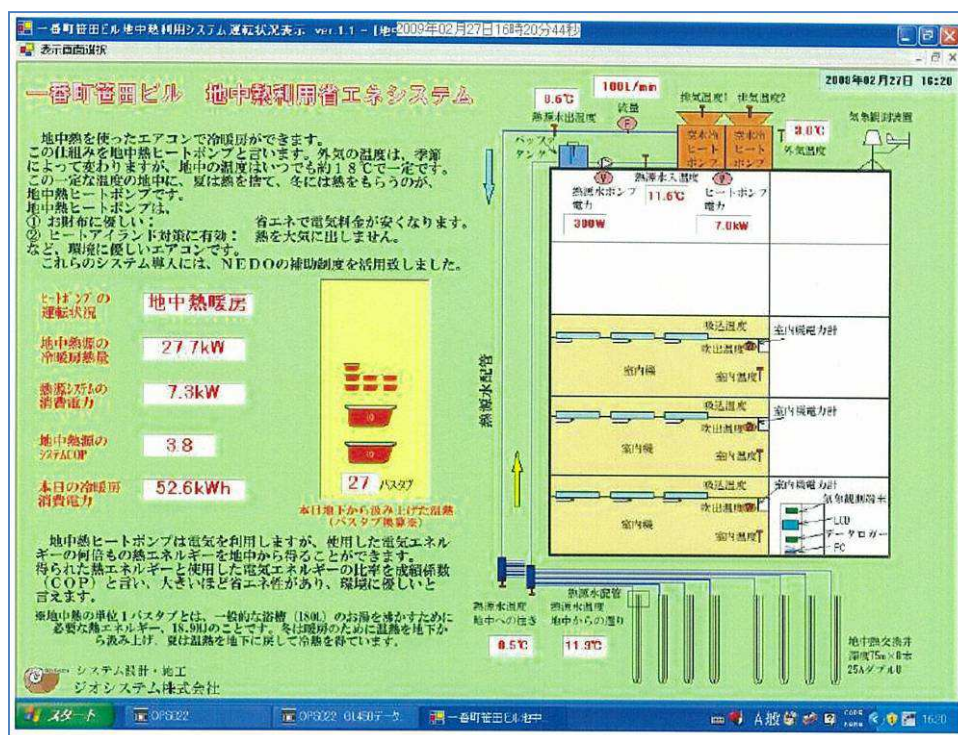


図7 運転状況を示すモニター画面

出典: 第4回新エネルギー技術シンポジウムポスター

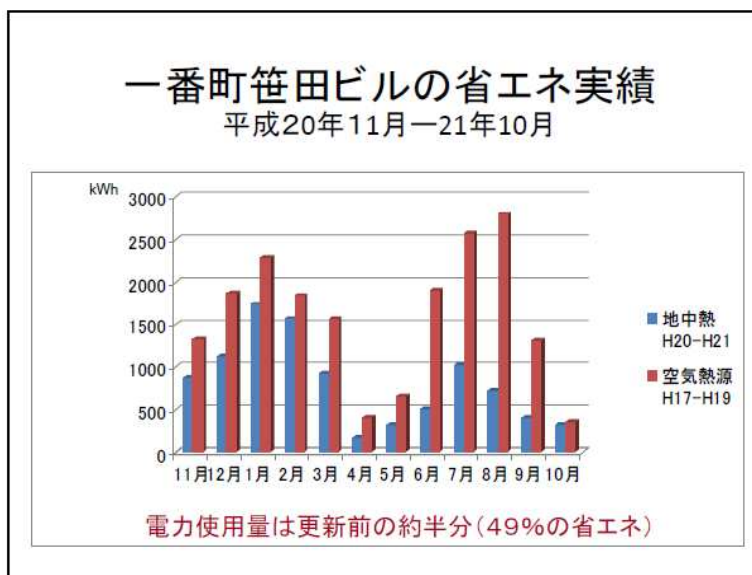


図8 一番町笹田ビルの省エネ実績

出典: 地中熱利用システム普及促進セミナー資料より

出典：

- 1) 笹田政克、地中熱利用による小規模オフィスビルの空調更新、建築設備と配管工事、日本工業出版、2010年4月
- 2) 笹田政克、都心での地中熱利用……小規模オフィスビルへのヒートポンプシステムの導入、応用地質、第51巻、第6号、2011年2月