

# 地下の新しい活用法：地中熱による冷暖房

安川 香澄<sup>1)</sup>・天満 則夫<sup>1)</sup>・内田 洋平<sup>1)</sup>・大谷 具幸<sup>2)</sup>

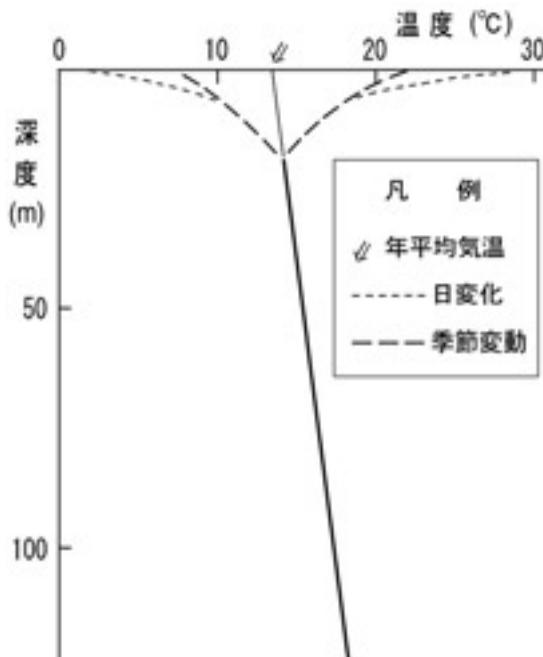
## 1. はじめに

地中熱という言葉をご存知でしょうか？ 地下数十m深での温度は一年中安定しているので、夏は地表より涼しく、冬は地表より暖かくなります。これを利用して効率よく冷暖房や給湯、融雪などを行うのが、地中熱利用システムです。地熱と区別して地中熱と呼ぶのは、いわゆる地熱地帯や温泉地ではない、ごく普通の地下温度条件の場所での地下の熱利用を考えているからです。冷房も行う場合は、むしろ地下温度が高すぎないほうが好都合で、地中熱ヒートポンプ(Heat pump, 以下、HP)との組合せにより、更に広い温度範囲での利用が可能になります。

この地中熱利用システムは、欧米では家庭や公共施設の冷暖房に、既に広く利用されています。日本では国内のほぼどこでも利用できると考えられ、1) 化石燃料消費を減らしてCO<sub>2</sub>発生量を削減、2) 高い成績係数(Coefficient of performance, 以下、COP)によって電力消費を抑制、3) 夏季の熱を地下に押し込むことでヒートアイランド現象を緩和、などの効果が期待されます。本格的な導入が進めば、それだけ環境面へ大きく貢献する地中熱利用技術ですが、日本での普及はまだ始まったばかりです。

## 2. 地下の温度メリット

第1図は、地下水流動などによる温度の乱れがない場合(地下深部からの熱伝導だけ考えた場合)の地下温度プロファイルの概念図(温帯を想定)を示しています。地下数十cmまでは気温の日変化の影響、また十数mまでは気温の年変化(季節変動)の影響がありますが、それより深部は年間を通して安定して



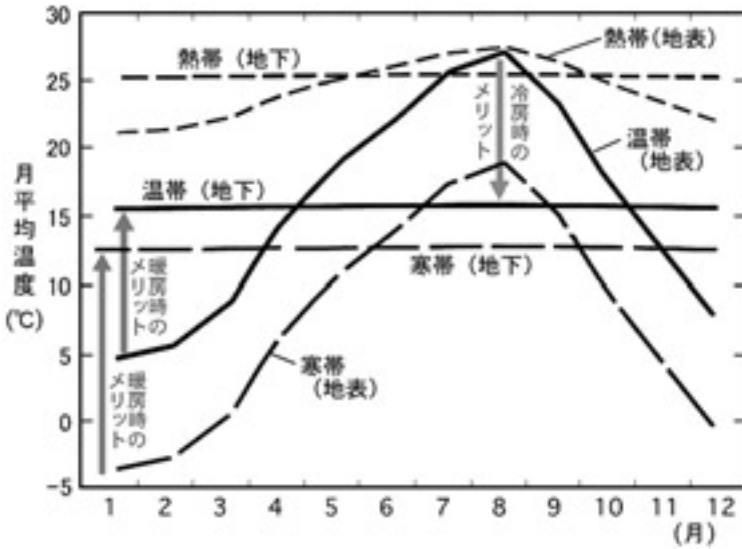
第1図 地下水流動などによる温度の乱れがない場合の地下温度プロファイル(概念図)。  
日変化および季節変動はそれぞれ、気温の日変化および季節変動に伴う温度変化の範囲。

おり、地下深部からの熱伝導による地温勾配(日本の平均は約3°C/100m)のため、地表での年平均気温より高い温度に保たれています。

第2図は、各気候区における地表と地下(30～50m深を想定)の月平均温度の概念図です。地下数十m深の温度は年平均気温より1～3°C高く、相対的に夏季は地表より低く、冬季は地表より高くなります。つまり、夏季の冷房時も、冬季の暖房時も、外気より地下を熱源として利用した方が、温度的メリット

1) 産総研 地圏資源環境研究部門  
2) 岐阜大学 工学部  
〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

キーワード：地中熱、冷暖房、ヒートポンプ、ヒートアイランド現象、CO<sub>2</sub>排出量削減

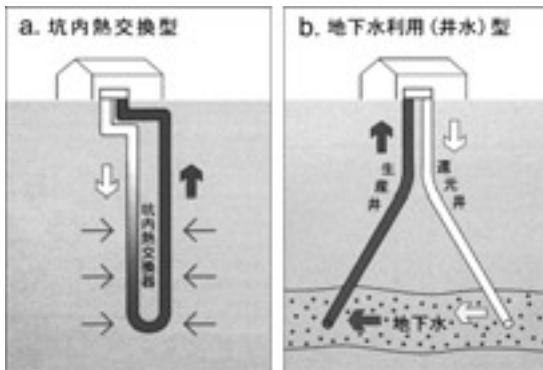


第2図  
地表と地下の月平均温度(概念図).

があるわけです。これを利用して地下と熱交換を行い、夏季には冷熱を、冬季には温熱を取り出すことができます。第2図が示す通り、日本のような温帯では、冷暖房双方の温度的メリットがありますし、寒帯では、より温度の高い地下深部を利用すれば暖房時のメリットが大きくなります。一方、熱帯では気温の年変化が小さく、地下温度のほうが年平均気温より高いため、残念ながら冷房時の温度メリットは期待できません。

### 3. 地下からの採熱システム

地中熱利用システムは、地下部分に関して大きく2つに分類することができます(第3図)。a. 坑内熱交換型と、b. 地下水利用(井水)型です。井水型は、1) 帯

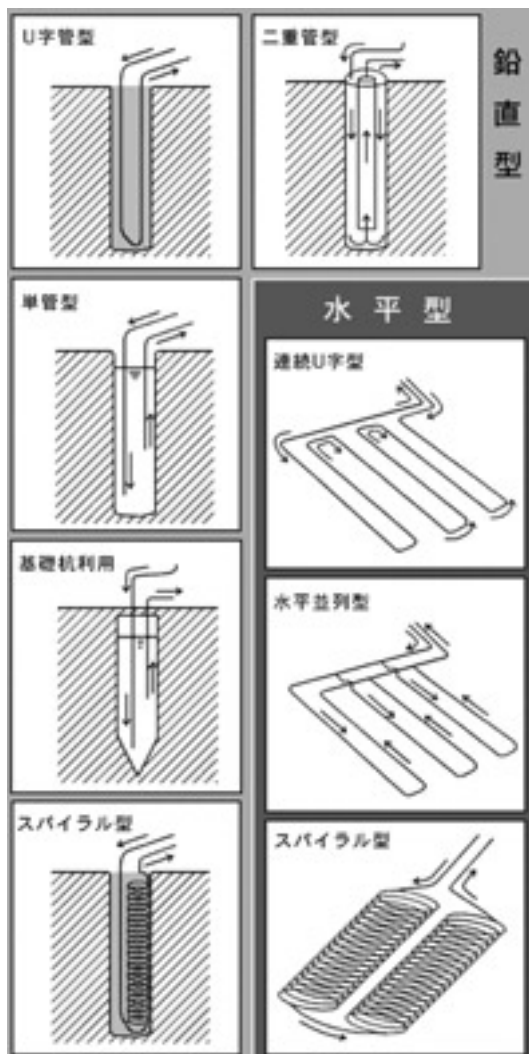


第3図 地中熱利用システムのタイプ。

水層の存在が必須、2) 最低二坑井が必要なため小型だと掘削費が割高、3) 揚水規制されている地域では不可、などの難点がありますが、地下水の熱をそのまま利用するため、坑内熱交換型に比べ高効率で運転コストが低く、条件さえクリアすれば大規模な開発には向いています。

坑内熱交換型は、場所によって熱交換効率の良し悪しはあれ、基本的にどこでも利用できます。このタイプは形状によってさらに細分されます(第4図)。最も普及しているのは鉛直U字管型で、同じ坑に管を二重に通すダブルU字管型もあります。通常は管を挿入した後、坑にベントナイト等を充填して固めます(写真2)。掘削費の高い日本では、新たな坑井を掘らずにすむ方法として、建物の基礎鋼管杭の中に熱交換パイプを挿入する基礎杭利用タイプが注目されています。一方、水平型は、掘削機を使わずに設置できるので、住宅の敷地面積が広い米国では気軽に導入されていますが、1~2m深の地下浅部は気温変化の影響を大きく受けるため、鉛直型に比べると温度メリットが小さく、水平型で採熱し過ぎたため地下浅部の温度が下がって庭の植物が枯れてしまったという失敗談もあります。

坑内熱交換型の熱媒体としては通常、不凍液(エチルグリコール等)を用いますが、万一破損した場合の環境への配慮から有害物質を避け、食用オイルや、凍結の恐れのない地域では水を用いる方法もあります。期待される採熱率は、乾燥した未固結堆積物で



第4図 地中熱交換器の形状。

20W/mですが、水飽和され速い地下水流動を伴う場合には80W/m程度まで上がります。また熱伝導率の高い固結岩石では、乾燥していても70W/m程度あります (VDI, 2001)。このように岩石の種類や地下水流動の有無によって採熱率が大きく異なるので、システム設置の際は数日に渡るサーマルレスポンス試験 (坑内熱交換器に温水を循環させ、出口温度の変化を測定し、熱交換能力を調べる) を行って、採熱量を事前に確認する必要があります。

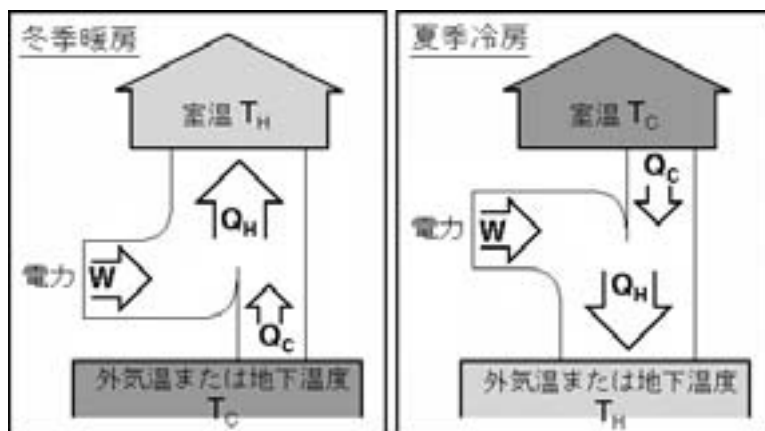
#### 4. 地中熱利用と地中熱HP

地中熱利用システムでは、第2図の温度メリットにより、地下との熱交換だけである程度の冷暖房を行うことが可能ですし、実際にわが国では、HPを用いないタイプのほうが多く利用されています。しかしHPを用いれば、さらに多くの採熱ができ、夏期には地下温度より低温の冷風、冬期には地下温度より高温の温風を室内に送ることができます。

ここで、HPのしくみを説明します (第5図)。熱力学の第2法則より、低温の熱源 (温度  $T_C$ ) から高温の熱源 (温度  $T_H$ ) へ熱  $Q_C$  を移動させる場合には、力学的仕事 ( $W > 0$ ) が必要で、これを数式で表すと、

$$Q_H = Q_C + W \quad (1)$$

となります。ただし、 $Q_H$  は高温熱源が得る熱量、 $Q_C$  は低温熱源が失う熱量です。理想的なカルノーサイクル (機械損失ゼロ) のHPでは、 $COP = \text{“得られる熱量 / 仕事量”}$  は以下のように表されます。



第5図 ヒートポンプのしくみ (熱力学の第2法則)。

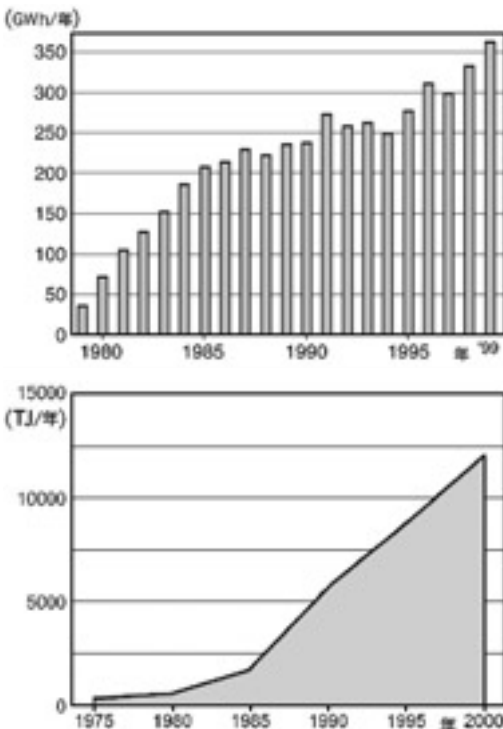
$$\begin{aligned} \text{COP} &= Q_H / W = Q_H / (Q_H - Q_C) \\ &= T_H / (T_H - T_C) \end{aligned} \quad (2)$$

冬季の暖房の場合は、暖かい室内に更に熱を送ることになるので、室温が $T_H$ 、地下または外気の温度が $T_C$ で、 $W$ は消費電力です。地下のほうが外気より温度が高い( $T_C$ が大きい)ので、(2)式右項の分母 $T_H - T_C$ が小さくなり、COPは大きくなります。従って、地中熱HPのほうが従来型エアコンよりCOPが高く、消費電力量は減ります。

夏季の冷房では、涼しい室内から更に熱を取り去るので、室温が $T_C$ 、地下または外気の温度が $T_H$ です。外気より地下のほうが温度が低い( $T_H$ が小さい)ので、(2)式右項が大きくなり、冷房時もやはり地中熱HPのほうがCOPは高くなります。

### 5. 海外での状況

地中熱HPを用いた冷暖房施設は、欧米では第一



第6図 海外における地中熱HP利用量の伸び。  
(a) スイスの例 (Rybach et al., 2000).  
(b) 米国の例 (Lund and Boyd, 2000).

次石油危機の影響を受けて1970年代後半から導入が始まり、1980年代に急増しました(第6図)。現在の導入数は、米国で40万台、スイスで2万台を超え、近年の増加率は世界全体で約10%にも達します(Lund, 2001)。普及の背景にはそれぞれの社会事情があり、掘削費の安い米国では、最も経済的な暖房システムとして、とくに天然ガスなど他エネルギー源と競合しない地域で人気を集めたのに対し、ヨーロッパ諸国では環境対策の面から政策的に促進され、導入数増加に従って導入コストが下がって行きました。

地中熱利用は、冬期の暖房費のかさむ比較的寒冷地から普及していきましたが、現在では温暖地でも利用されています。夏季の冷房の割合が高く、廃熱により地下温度が上昇して運転効率が下がる恐れのある場合は、給湯も同時に行うことで、年間の熱収支をバランスさせる方法があります。

概して米国では最大負荷に合わせて設計するため利用率は7.9%と低めですが、欧州ではコストを抑えるためにベースロード(経常的に利用される量)に合わせる傾向が強く、利用率が高めです。第1表中で最も利用率が高いスウェーデンでは、ATES (Aquifer Thermal Energy Storage: 帯水層方式)、BTES (Borehole Thermal Energy Storage: 帯水層蓄熱方式)と呼ばれる地下への蓄熱が積極的に行われています。これらはそれぞれ、井水型、坑内熱交換型に対応した方式で、夏季の地表の熱を地下に蓄熱し、冬に取り出して暖房に用います。

システムの規模は、家庭用の5.5kWから産業用の150kWを越えるものまでさまざまで、件数的には坑内熱交換型が大多数ですが、地域冷暖房など大規模な

第1表 世界の地中熱HP利用状況.

国名	設備容量 (MWt)	利用熱量 (TJ/yr)	導入数 (千台)	利用率 %
米国	4,800	12,000	350	7.9
スイス	500	1,980	21	12.5
スウェーデン	377	4,128	55	34.7
カナダ	360	891	30	7.8
ドイツ	344	1,149	18	10.6
オーストリア	228	1,094	19	15.2
その他	266	2,045	20	24.3
世界計	6,875	23,287	513	10.7



写真1 スウェーデンのルンド大学での導入例。  
中型トラック1台に収まるコンパクトな掘削機。  
右手の巻物はU字管用チューブ。



写真2 ルンド大学で埋設されたU字管。  
これを地上のシステムに繋げる。

ものは殆どが井水型なので、設備容量や利用熱量については、井水型の貢献度も高くなります。暖房利用のみの井水型は、いわゆる“地熱の直接利用”と区別しにくいのですが、地熱地帯ではない普通の温度条件という観点から“地中熱”と分類されます。なお、第1表が示すのは地中熱HPの導入数なので、HPを用いないシステムも含めれば、さらに多くの地中熱が利用されています。

地中熱を利用した最大級の施設は、クライペダ市（リトアニア）に2000年に導入された地域熱供給施設で、熱供給量は598TJ/年、人口20万の同市の熱需要量の25%にも達します。但し総容量41MWのうち24MW分はボイラーなので、その割合でいけば地中熱HP（井水型）による熱供給量は、248TJ/年です。地温勾配はむしろ低い地域ですが、深度1,128mの2本の生産井から供給される38℃の地下水をHPで加熱後、暖房に利用しています。

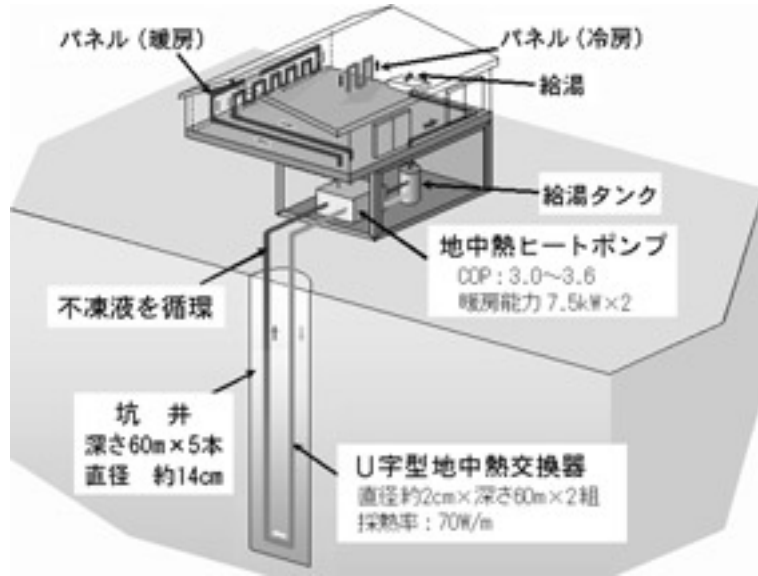
坑内熱交換型で最大級のものは、フランクフルト（ドイツ）航空管制本部の冷暖房設備で、容積230,000m<sup>3</sup>、総床面積57,800m<sup>2</sup>、従業員数1,200人の建物に導入されました。熱交換井70m×154本が掘削され、冷房能力340kW、暖房能力330kWです。耐用年数を考えた総コストは従来システムの6割強、運転コストは

わずか25%となりました（Sanner, *et al.*, 2003）。

極寒地への適用例としては、中国の長春市での例があります（高杉ほか, 2001）。同市の12月～2月の平均気温は-10℃を下回り、従来の空気熱源エアコンでは除霜（デフロスト）が頻繁に必要となって運転が不可能ですが、地中熱HPではその問題がありません。試験運転で得られたCOP=3.1は、外気温が-30℃を下回る極寒の環境を考慮すれば十分に高く、極寒地への適用可能性が実証されました。

## 6. 日本の現状

日本では、一部の先駆者による研究等が行われていたものの（落藤, 2002によるレビューを参照）、多くの関係者が関心を持つようになったのは、2000年ごろからです。日本で行われた世界地熱会議WGC2000において、当時の国際地熱協会（International Geothermal Association, IGA）の会長は、『もし日本でスイス並みに地中熱利用が進めば、年間28,800TJ（8,000GWh）ものエネルギーを地中熱HPで生産できる』と指摘しました（Fridleifsson, 2000）。これは人口比から単純に割り出した数値ですが、コスト面さえクリアすれば、国民一人あたりの地中熱利用量をスイス



第7図 岩手県に設置された家庭用システムの例(資料提供：地中熱利用促進協会)。

並みにすることは可能と考えられます(第7図)。

第2表に、2003年における日本の地中熱利用状況を示します(NEF, 2003)。同資料によると、総数276のうち、システムとしてはHPなしの坑内熱交換型が233で最も多く、次いでHP付き坑内熱交換型が41で、井水型は少数です。利用法としては、加温と冷却の両方が229で圧倒的に多く、加温のみは36、冷却のみはわずか2です。また利用分野別では(第2表)、設備容量は道路等融雪が55%を占め、次いで公共施設、住宅なのに対し、利用熱量は住宅41%、道路等融雪32%と、順位が逆転します。これは、年間利用率が住宅50%に対し、公共施設16%、道路等融雪10%と低いからです。いずれにしても、日本での現在の利用量は、WGC2000での指摘より3桁も低く、今後の伸びが期待されています。

道路融雪に関しては、夏期に地下に太陽熱を蓄熱

し、冬期には地中熱HPを使用して融雪する『ガイア融雪システム』という独自の技術が開発されています(盛田ほか, 2001)。熱交換には、産総研(旧 資源環境技術総合研究所)で開発された、熱交換効率の高い坑井内同軸熱交換器を採用しています。二戸市と青森市での運転実績では、地中熱交換器の熱抽出率とHPのCOPのシーズン平均はそれぞれ、85~90W/mと4.2~4.8と高い一方、年間電力消費量及びCO<sub>2</sub>排出量は、付近の遠赤外線電熱線利用設備のわずか13~14%です(盛田ほか, 2003)。

大規模な施設としては、地中熱HP(井水型)を利用した地域熱供給システムが1993年末から高崎市に導入され、現在、高崎市役所を含む18.1haの地域の冷暖房、給湯を行っています。地中熱HP 2台と空気熱源HP 1台から成り、合計の冷却能力は26,188(うち地中熱HPは9,751)MJ/時、加熱能力は19,210(同9,482)MJ/時です。120mの3坑井のうち1本を生産井、2本を還元井とし、季節毎にローテーションしています。

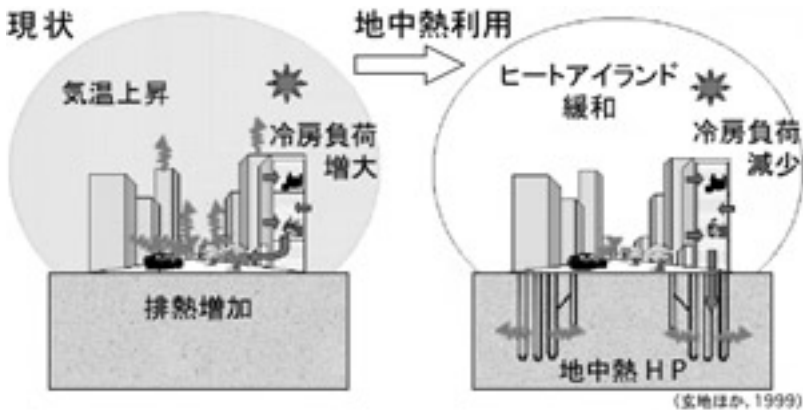
第2表 日本の地中熱利用状況。

利用分野	設備容量 <sup>1)</sup> (kWt)	利用熱量 <sup>1)</sup> (GJ/yr)	導入数 (台)	利用率 (%)
道路等融雪 <sup>2)</sup>	2,163 (55%)	7,110 (32%)	29	10.4
公共施設	657 (16%)	3,360 (15%)	14	16.2
住宅	607 (15%)	9,124 (41%)	216	47.6
その他	557 (14%)	2,772 (12%)	17	15.7
合計 <sup>3)</sup>	3,985	22,366	276	17.8

## 7. 環境へのメリット

### 1) ヒートアイランド現象の緩和

都市地域で地中熱利用システムの導入が進んだ場合には、ヒートアイランド現象の緩和に対し、高い効果



第8図  
地中熱利用によるヒートアイランド現象の緩和(玄地ほか, 1999)。

が期待できます。地中への熱排出によって気温上昇が抑制されることに加え、気温上昇抑制によって冷房使用量を削減(省エネルギー)できるからです(第8図)。玄地ほか(1999)によれば、西新宿の高層ビル街(東京都新宿区)の冷房を全て地中熱HPで賄うと、省エネルギー分も含め、日中の熱放射量は $100\text{W}/\text{m}^2$ 削減されます。また、都内で最も建物が近接して立ち並ぶオフィス街(中央区日本橋)での冷房を全て地中熱HPで行うと、ヒートアイランド現象は最高気温で $1.2^\circ\text{C}$ 程度緩和され、冷房電力消費は約10%削減されます(玄地, 2001)。

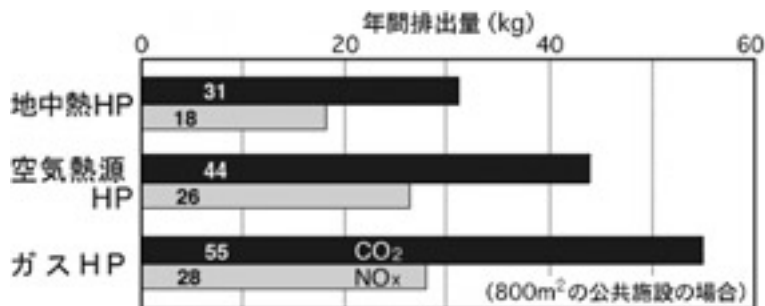
## 2) CO<sub>2</sub>その他ガス排出量の削減

上記の西新宿の例で、初期工事や設備更新時期を考慮してCO<sub>2</sub>排出量を詳細に検討した結果、設備更新までに排出されるCO<sub>2</sub>は、従来システムのわずかに51%(総合エネルギー効率1.78の場合)と見積られました。また、わが国の1次エネルギー需要をすべて地中熱HPで賄った場合、全国でのCO<sub>2</sub>排出量は約4%

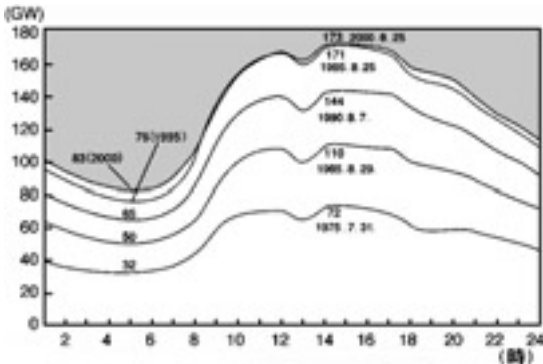
減という概算もあります(NEDO, 1999)。

中国長春の例でも、地中熱HPが環境的見地からも非常に優位であることが確認されています。長春市での暖房は石炭ボイラーが主流で、冬季の空は煤塵にけむり、積雪には煤塵が層状に堆積していますが、これを全て地中熱HPに置き換えれば、CO<sub>x</sub>の削減率62%(年間30t)、SO<sub>x</sub>の削減率99%(年間1.5t)と見積られています。

地中熱HPは、他のHPに比べても、環境的に優れています。第9図に各種HPによるCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>ガス排出量を示します。HPの運転自体によるガスの排出はありませんが、電力消費量に対する発電時のCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>ガス排出量が換算されています(第10図の通り、わが国での電力消費は昼間に多く夜間は少なく、特に冷房需要の増える真夏には、その差が大きくなります。現在の電力供給割合は、およそ原子力30%、火力60%、水力その他10%ですが、基本的に原子力は24時間連続運転させ、昼間の不足分を火力で補っています。従って、日中の冷房負荷を減らせば、その分そ



第9図 各種HPでのCO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>ガス排出量の比較。  
地中熱HPの運転自体ではガスの発生はゼロ、電力消費分を換算。  
(資料提供：地中熱利用促進協会)。



第10図 真夏の一日の電力消費量の推移（電気事業連合会調べ）。

つくり火力発電量を減らすことになり、CO<sub>2</sub>削減への効果が高くなります）。

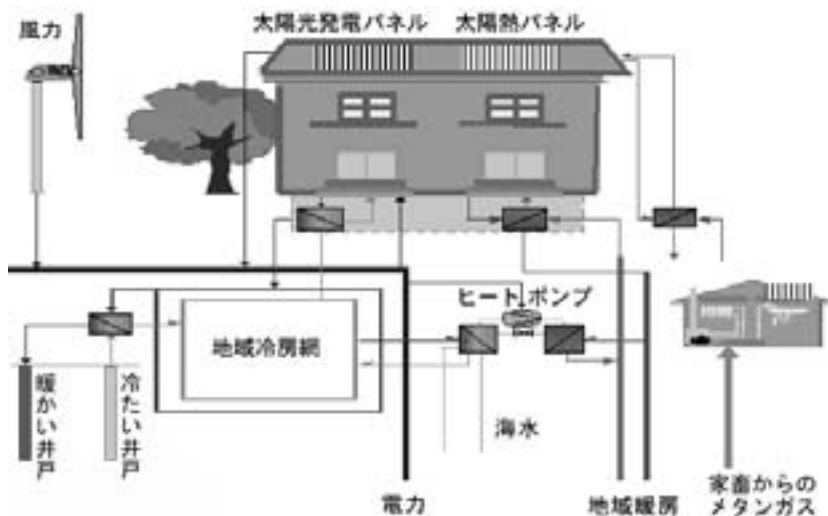
### 8. システム統合化の重要性-とくに大規模施設

大規模な地域熱供給に地中熱を利用する場合は、コスト的に井水型が現実的です。たとえば前述の西新宿の例では、坑内熱交換型では掘削長が非常に長くなり、巨額の掘削費のためペイバックタイムが数十年～百年近くかかりますが、比較的浅部に地下水層

があり、井水型が利用できる場合（西新宿の例を含め、揚水規制のため地下水があっても利用できない場合がある）は8年程度に抑えられます（玄地, 2001）。帯水層への季節間蓄熱（ATES）等によって、システム全体の効率を上げることも重要です。

ただし条件が満たされても、海や湖などを熱源として利用できる場合は、それを使った方が効率的かもしれません。例えば、福岡市のシーサイド百道地区では、海水熱源HPを用いた地域冷暖房／給湯が行われています。また、温泉を温熱源に利用できる場合も同じです。暖房のみの井水型は、システム的には地熱直接利用と全く同じですが、そもそも地熱と地中熱を区別する必要は無く、その地域で得られる熱源を上手に活用し、最適なシステムを構築することが重要です。地熱地域暖房に関しては、俣野（2003）にコスト・環境面から詳細に記されています。

従って、耐用年数や採熱量あたりコスト、CO<sub>2</sub>排出量等から、最適なシステムを検討することが必要で、他熱源との組合せも考えた柔軟な対応が望まれます。つまり、何が何でも地中熱を使えば良いわけではなく、熱供給システムの中に取り入れる重要な選択肢の一つとして、地中熱を位置づけるべきです。第11図は、スウェーデンのマルメ市に導入された統合化シ



第11図 スウェーデンのマルメ市の熱-電力供給システム（資料提供：sydkraft社）。

このシステムでは、井戸（左下部）は冷房だけに用いられているが、スウェーデンの蓄熱システムでは一般に、「暖かい井戸」は温熱の廃熱および温熱抽出だけに用いられてひたすら暖まっていき、「冷たい井戸」は冷熱の廃熱および冷熱抽出だけに用いられてひたすら冷えていくことから、「生産-還元」ではなく、「暖かい-冷たい」という表現になっている。



テムの例で、海水、地中熱(地下水)、太陽、風力を利用し、電力と熱の双方を総合的に供給しています。

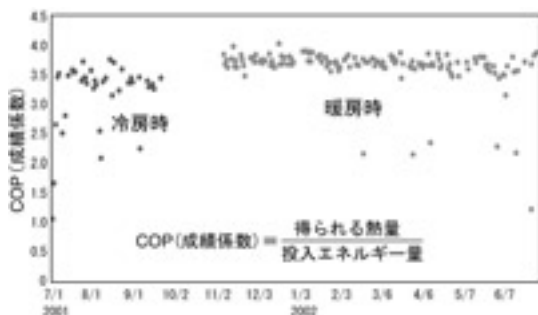
### 9. 日本での普及に向けた技術課題

日本での地中熱利用が欧米のように進まないのは、現状での高い導入コスト、安価で高効率のエアコンが既に普及していることなどが原因と考えられます。また、蒸し暑い夏に対処するため、気密性の低い木造家屋が主流であった日本と異なり、欧州の家屋は旧来より断熱性が高く、暖房用の熱水パイプが各部屋に通っているため、ボイラーを地中熱HPに置き換えるだけで導入が簡単だったという側面もあります。

さらに、大規模な熱供給システムを設計する際は、最適な要素の組合せを選ぶ上で、個々の要素のコストや性能などの揃ったメニューが必要です。地中熱をメニューに組み込むためには、地域毎の地下情報を含めたデータが不可欠ですが、わが国では整備されていないのが現状です。

従って、日本での地中熱利用システム普及のためには、環境面から地中熱の長所を強調していくとともに、導入コストを下げ、システム向上(=運転コストの低減)を図る必要があります(第12図)。また、地下情報に関する基礎データ整備も必須です。

導入コスト低減のためには、高速掘削機の開発や掘削の不要な基礎杭利用方式の導入、運転コスト削減のためには、高効率のHPの開発や安価な深夜電力活用システムの考案等が行われています(高杉, 2004)。また、家電技術の進んだ日本では、従来型エアコン(空気熱源HP)でCOPが4を越えるものも登場



第12図 地中熱システムの性能確認のためのデータ計測結果の一例：個人住宅の地中熱HPで測定されたCOP(高杉, 2002)。

しており、地中熱利用の温度メリットを強調するためには、更に機械効率の高い地中熱HP(水熱源HP)の開発も重要な課題です。

地下部分に関しては、坑内熱交換器からの採熱量を少しでも上げるための熱交換井の最適配置や坑内充填物の研究(藤井, 2002)が行われています。また伝統的な水井戸掘削の手法を利用した超低価格の浅坑井掘削方式の提案(高島ほか, 2004)や、地下と地上部分を統合した住宅用の効率的なシステム設計についての研究(盛田ほか, 2004)も始められています。

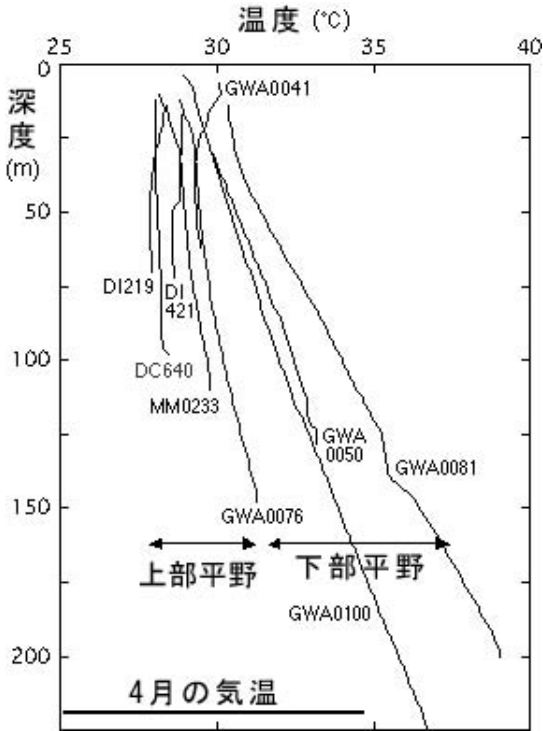
### 10. 地圏資源環境研究部門での研究

産総研の地圏資源環境研究部門で行われている地中熱関連研究は、地下部分に関するものです。時間(=人件費)のかかるサーマルレスポンス試験よりも簡便な原位置地盤熱伝導率探査法の開発(神宮司ほか, 2002)のほか、広域における地下水流動の研究(内田ほか, 2001, 第13図)などが行われています。地下温度や有効熱伝導率の三次元的な分布は、地下水流に大きく影響されるので、熱移流を考慮した地下水研究が必要なのです。

地中熱HPシステム設計の際は、地下温度のほか、坑内熱交換型なら地下の有効熱伝導率、井水型なら



第13図 地下水(井戸)の温度データベースが作成されている地域(内田ほか, 2001)。



第14図 タイの観測井での温度プロファイル (内田ほか, 2004).  
 上部チャオプラヤ平野の地下水温度は低めで、  
 冷熱源として使える可能性がある。

帯水層深度等の情報が必要です。地下水流動の有効熱伝導率への影響については、新堀ほか(2002)に指摘されていますが、原位置での有効熱伝導率を推定するには、岩石種の特定と地下水流速の把握が必要です。当部門では平成13～15年度にNEDO研究助成金による「地中熱利用の最適化のための地下水理予測手法に関する研究」を行いました。多数の観測井での温度測定やサンプリングを元に、対象地域の広域流動系三次元数値モデルを作成することで、原位置での地下水流速や深度方向の温度分布を推定できます(内田ほか, 2005)。加えて、地質データベースの活用により、地下の岩石種を推定(Ohtani, 2003)すれば、サーマルレスポンス試験を行わなくても、有効熱伝導率をある程度推定できると考えられます。また、地中熱利用が進んだ際の地下温度場への影響についても、シミュレーション研究を行いました(Tenma et al., 2003)。

また、近年の研究では、熱帯地方であっても、地下

水の涵養域では、山地からの冷たい水が地下を流れ、地下を低熱源として冷房に利用できる場所の存在可能性が出てきました(第14図)。そこで平成16年度から交付金調査「アジアにおける地中熱利用可能性マッピング」を行い、アジア地域に地中熱利用を広めるために、地域毎の可能な地下熱利用形態の把握を試みています。

地中熱利用のヒートアイランド現象緩和への効果は関係者の共通認識となっている一方、掘削費を低減するための基礎杭利用法や浅井戸活用法が今後の地中熱利用のトレンドとなりつつあります。気温影響があるような地下浅部で熱交換を行った場合に地表への温度干渉は無いか、またどの程度深ければヒートアイランド現象緩和への効果が高いかを調べるため、平成16年度交付金調査の中で「地中熱の利用深度別ヒートアイランド現象緩和への効果に関する研究」も行っていきます。

今後、研究者や技術者に求められるのは、個々の技術要素の向上は勿論、それらを統合したシステム全体の効率向上、そしてそのための基礎データの集積でしょう。当部門では、地下温度分布や可能な再熱量、環境への影響といった情報を得るための研究を行い、地域毎の地下情報の提供を続けていきたいと考えています。なお、地中熱利用に関しては、日本地熱学会 地中熱専門部会 <http://wwwsoc.nii.ac.jp/grsj/ghts/>、NPO法人 地中熱利用促進協会 <http://www.geohpaj.org/>、(財)ヒートポンプ・蓄熱センター <http://www.hptcj.or.jp/>などで広報・普及のための活動が行われており、当部門でも協力しています。

引用文献

Fridleifsson, I. B. (2000) : Improving the Standard of Living, from Kazuno Geo-Friendship Forum "Coexisting with Geothermal Energy", *World Geothermal Congress 2000 Convention News*, 2.  
 藤井 光(2002) : 地下水流れの存在する大地結合型ヒートポンプシステムにおける熱交換井仕上げおよび坑井配置の検討, *日本地熱学会誌*, 24, 191-205.  
 玄地 裕・近藤裕昭・亀卦川幸浩・小宮山宏(1999) : 土壌熱源型ヒートポンプ式地域冷暖房システムの西新宿地区におけるフィージビリティと夏季廃熱削減効果, *エネルギー・資源*, 20, 6, 562-569.  
 玄地 裕(2001) : ヒートアイランドの緩和方策 - 地熱供給システム, 地盤蓄熱, 地下ヒートシンカー, *エネルギー・資源*, 22, 4, 306-310.  
 神宮司元治・竹原 孝・山口 勉・国松 直(2002) : 貫入試験装置

- を用いた原位置地盤熱伝導率探査法, 日本地熱学会誌, 24, 349-356.
- Lund, J. and Boyd, T. L. (2000) : Geothermal direct - use in the United State update : 1995 - 1999, Proceedings WGC2000, 0106.
- Lund, J. (2001) : Geothermal heat pumps - An overview, IGA News, 45, pp.4-7.
- 俣野恭寛 (2003) : 地球温暖化対策としての地熱地域暖房, 地熱エネルギー, 28, 170-185 (2003).
- 盛田耕二・田子 真・湯浅 肇・砂見真太郎・金子 豊・森本 常 (2001) : 大地の熱と太陽熱を利用するガイア融雪システム, 地熱エネルギー, 26, 80-86.
- 盛田耕二・田子 真・湯浅 肇・馬場慎吾 (2003) : 大地の熱的機能を利用する融雪設備設計のための数値シミュレーションによる検討, 日本地熱学会誌, 25, 95-106.
- 盛田耕二・江原幸雄・田子 真 (2004) : 住宅用大地熱源冷暖房システムの開発 - 主要都市におけるシステムの基本デザインと運転特性の検討, 日本地熱学会平成16年度学術講演会講演要旨集, A-15.
- NEDO (1999) : 都市型他目的地熱利用技術の開発, 導入, 促進に関する調査, 平成10年度調査報告書NEDO-P-9802.
- NEF (2003) : (続)日本の地熱直接利用の現状 (2003年1月)「地中熱 (土壌熱) 利用」について, 地熱エネルギー, 28, 160-169 (2003).
- 新堀雄一・岩田宜己・森不可止・深谷玄三郎 (2002) : 大地結合ヒートポンプシステムにおける熱交換井の評価 - 熱交換井 -, 日本地熱学会誌, 24, 191-205.
- 落藤 澄 (2002) : 地下熱利用と地下蓄熱の現状と課題, 日本地熱学会誌, 24, 315-327.
- Ohtani, T. (2003) : Study on suitable area selection technique for underground thermal utilization using geological data, EGC2003, P-1-05.
- Rybach, L., Brunner, M. and Gorhan, H. (2000) : Swiss geothermal update 1995-2000, *Proc. World Geothermal Congress 2000*, 413-426.
- Sanner, B., Mands, E. and Sauer, M, K. (2003) : Larger geothermal heat pump plants in the central region of Germany, *Geothermics*, 32, 589-602.
- 高島 勲・山口伸次・萩原 崇 (2004) : 伝統的井戸掘削手法等による超低価格システム (秋田方式) による地中熱利用住宅の商品化, 日本地熱学会平成16年度学術講演会講演要旨集, O-01.
- 高杉真司・池内 研・桑野 恭 (2001) : 中国長春市の地中熱利用ヒートポンプによる暖房試験 - 極寒地への適用・普及調査 -, 地熱エネルギー, 26, 427-438.
- 高杉真司 (2002) : 地中熱 (地熱直接) 利用の現状と将来展望, 地熱エネルギー, 27, 435-450.
- 高杉真司 (2004) : 地中熱利用システムの新しい展開に向けて, 地熱エネルギー, 29, 65-80.
- Tenma, N., Yasukawa, K. and Zylvolski, G. (2003) : Model study of the thermal storage system by FEHM code *Geothermics*, 32, 603-607.
- 内田洋平・佐倉保夫・谷口真人 (2001) : 日本の浅層地下温度場 - 新しい地下温度場の捉え方, 日本地熱学会誌, 23, 167-180.
- 内田洋平・田口雄作・安川香澄 (2004) : タイ・チャオプラヤ平野における浅層地下温度構造について, 日本地熱学会平成16年度学術講演会講演要旨集, A-05.
- 内田洋平・安川香澄・天満則夫・大谷具幸・森 康二 (2005) : 仙台平野における地中熱に関するシミュレーション その1. 3次元地下水流動・熱輸送広域モデルの構築, 日本地熱学会誌, 27, (受理).
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI) (2001) : Thermische Nutzung des Untergrundes-Erdgekoppelte War - mepumpenalagen. VDI 4640, 43 pp.

---

YASUKAWA Kasumi, TENMA Norio, UCHIDA Youhei and OHTANI Tomoyuki (2005) : New trend of subsurface utilization: geothermal space heating and cooling.

<受付: 2005年4月18日>