

# 地中熱ヒートポンプシステム



環境省 水・大気環境局 土壌環境課 地下水・地盤環境室

平成 25 年 3 月

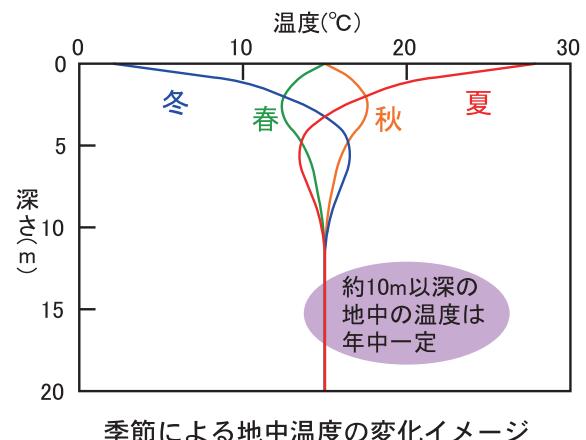
# 地中熱とその利用方法

## どこにでもある地中熱の活用

**地中熱**とは、地表からおよそ地下200mの深さまでの地中にある熱のことをいいます。このうち深さ10m以深の地中温度は季節に関わらずほぼ安定していて、その地域の平均気温かそれよりも少し高い程度であることが多いです。

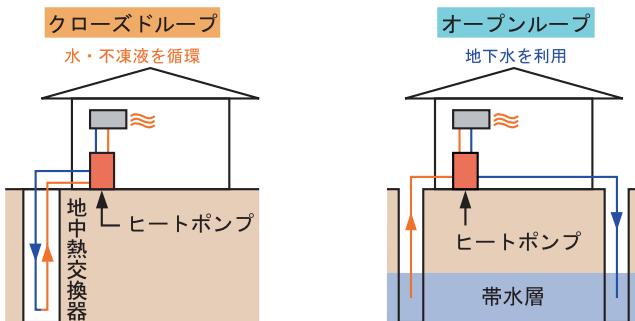
そして、この安定した熱エネルギーを地中から取り出し、冷暖房や給湯、融雪などに利用することを「**地中熱利用**」と呼んでいます。

その**利用方法**は、ヒートポンプシステム、空気循環、熱伝導、水循環、ヒートパイプの5つに分類することができ、用途に合わせて選定することになります。



## 地中熱のさまざまな利用方法

### ヒートポンプシステム



ヒートポンプの熱源として空気熱の代わりに地中熱を利用する方法。

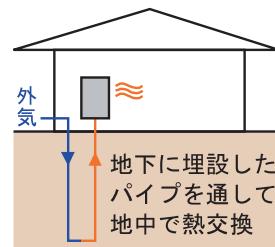
**クローズドループ方式**は、深度20~100m程度の地中熱交換器に不凍液等を循環させ、ヒートポンプで熱交換させるもので、設置場所を問わない。

**オープンループ方式**では、井戸から揚水した地下水をヒートポンプで熱交換させるもので、水質が良く、地下水障害の恐れがない場合に適用できる。

◇住宅・ビル等の冷暖房・給湯 ◇プール・温浴施設の加温

◇農業施設の空調 ◇路面の融雪・凍結防止

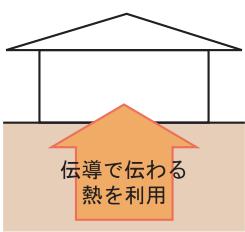
### 空気循環



地中に埋設した熱交換パイプ、あるいはダクトに外気を導入・通気し、熱交換された空気を室内に取り込む。

◇住宅・ビル等の保温・換気

### 熱伝導

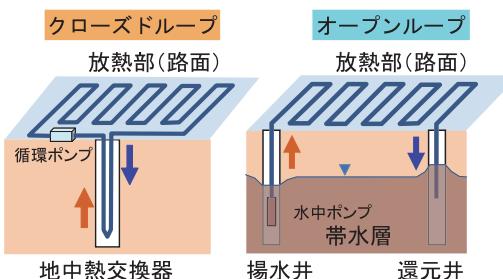


土間床を介した利用方法で、地中から伝わる熱によって、住宅内の保温を行う。

一般に、暖房や除湿についてもエアコンを併用して行われる。

◇住宅の保温

### 水循環

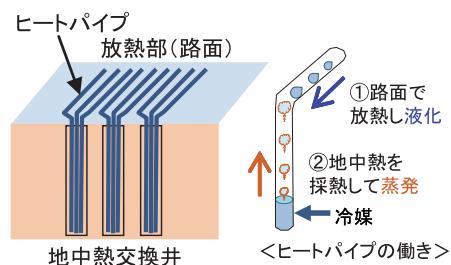


**クローズドループ(地中熱交換)方式**は、地中熱交換井に熱交換器を挿入し、これと路面に埋設した放熱管との間に不凍液等を循環させ、路面の融雪・凍結防止を行う。

**オープンループ(地下水循環)方式**は、地下水を揚げ、それを路面に埋設した放熱管に通水させ、その地下水の持つ熱により路面の融雪・凍結防止を行う。

◇路面の融雪・凍結防止

### ヒートパイプ



冷媒の蒸発と凝縮で熱を移流させるシステムで、深さ15~20mの熱交換井に冷媒が封入されたヒートパイプを数本挿入し、その上部を路面下に放熱管として埋設する。

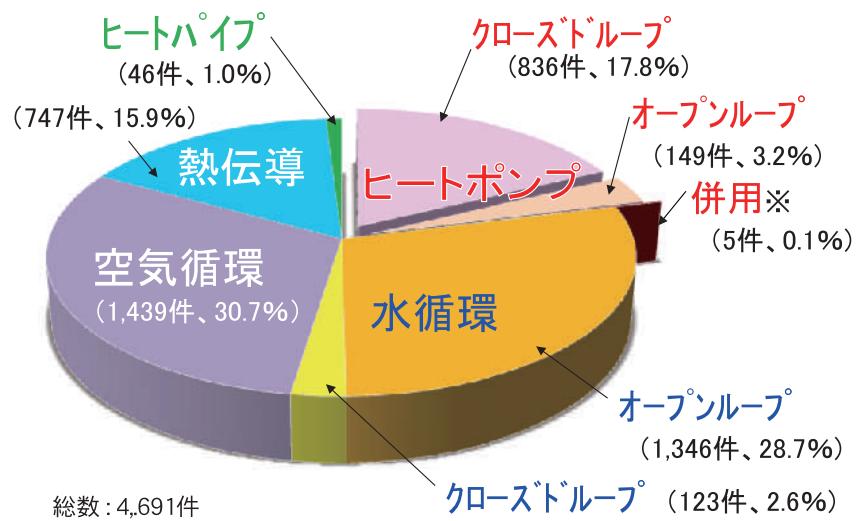
降雪時など路温が低下すると冷媒が自然に液化と蒸発を繰り返し、地中熱が路面へ運ばれ融雪・凍結防止が行われる。

◇路面の融雪・凍結防止

## 地中熱利用全体の普及状況

全国で約4,700件の地中熱利用施設

環境省が2012年に実施した調査<sup>注)</sup>によると、2011年末までの地中熱利用システムの設置件数は合計4,691件であり、利用方法別では水循環が最も多く1,469件(31.3%)、次いで、空気循環の1,439件(30.7%)、地中熱ヒートポンプシステムの990件(21.1%)となっています。

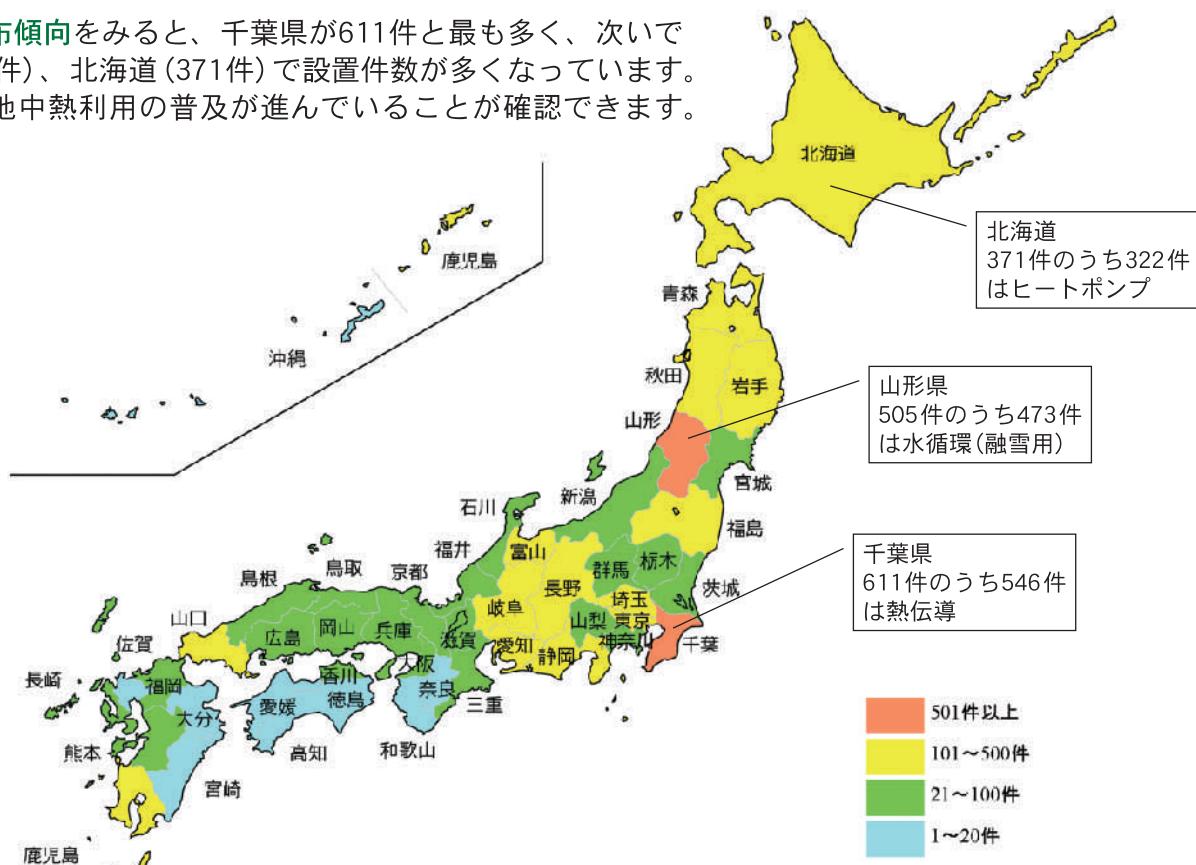


すべての地中熱利用システムの利用方法別設置件数<sup>(注)</sup>

※併用：一つの設備においてオープンループとクローズドループの両方が利用されているもの。

全国で広く普及している地中熱利用システム

**地域的分布傾向**をみると、千葉県が611件と最も多い、次いで山形県(505件)、北海道(371件)で設置件数が多くなっています。全国的に地中熱利用の普及が進んでいることが確認できます。



すべての地中熱利用システムの都道府県別設置件数(2011年まで)<sup>注)</sup>

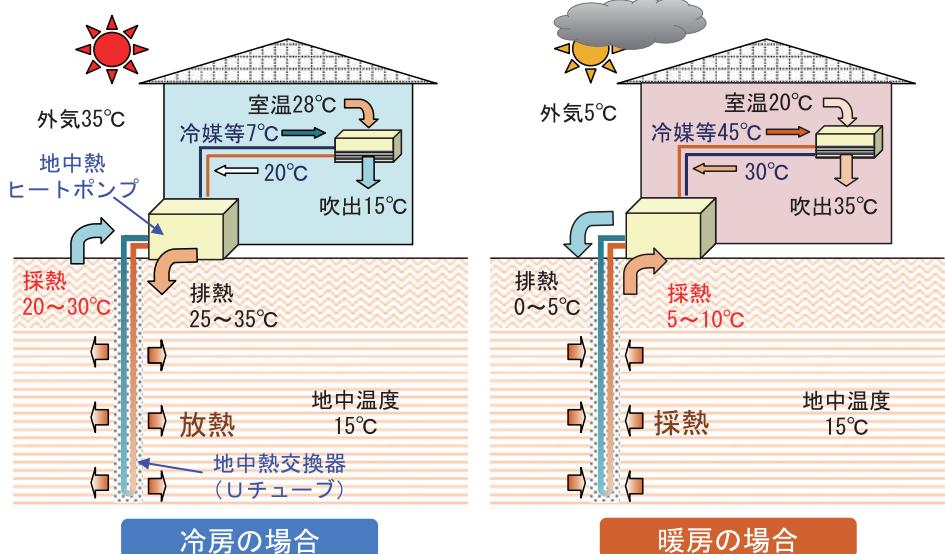
注) 地中熱等活用施設の設置状況調査 ◇目的:今後の円滑な普及促進を図るための基礎資料とする ◇調査対象:特定非営利活動法人地中熱利用促進協会(以下「協会」という。)の会員、協会が地中熱利用に関する実績を把握している事業者(施主、設計者、工事会社等)・大学・地方公共団体及びインターネットでの検索結果により地中熱利用に関する実績を有する事業者・大学 ◇調査期間:平成24年8月～10月 ◇調査方法:調査票を電子メールで送付・回収 ◇調査回収結果:依頼数:234、回答数:169 ◇集計方法:1月～12月を1年とし、2011年12月までの設置件数を集計

# 地中熱ヒートポンプシステムの特徴

## 地中熱交換器を設置して採熱・放熱

地中熱ヒートポンプシステムの中で普及率8割以上を占めるクローズドループ方式は、地中熱交換器、地中熱ヒートポンプ、室内機などから構成されます。

この**地中熱交換器**には垂直型と水平型がありますが、設置スペースが小さくて済む垂直型が広く普及しています。垂直型は、深さ数10~100m程度のボアホールにUチューブ(U字管ともいう)を挿入するもので、熱負荷に応じて必要総延長(深さ×本数)が決められます。



安定した地中温度を利用するメリット

注) 図中の温度はイメージです。

### 垂直型地中熱交換器の設置状況



ボアホール掘削作業



Uチューブ(下端)

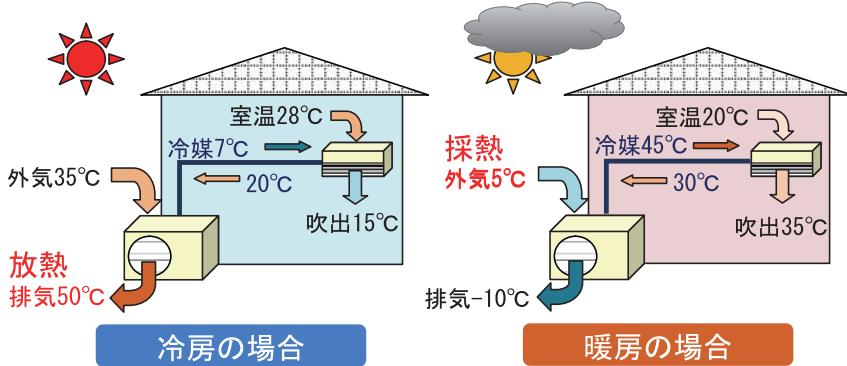


Uチューブ挿入作業(ダブルUチューブ)



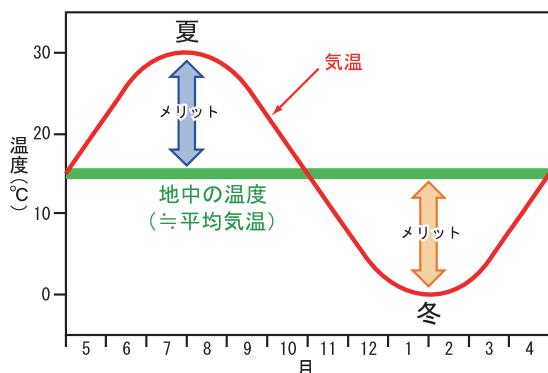
地中熱ヒートポンプ(室外機)

## 冷暖房時に大きな節電効果



注) 図中の温度はイメージです。

### 空気熱源ヒートポンプのイメージ



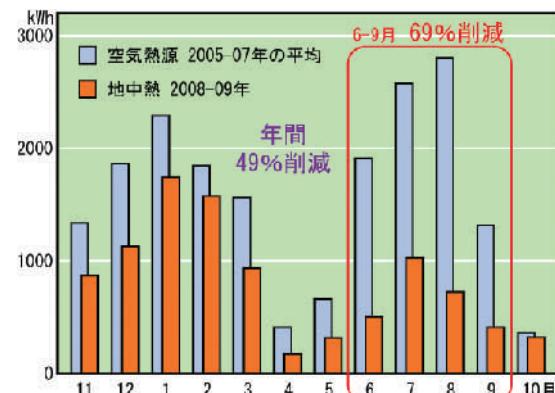
### 安定した地中温度を利用するメリット

空気熱源ヒートポンプは、屋外の空気を熱源にしているために、夏は35°Cを超えるような暑い外気から温度を下げ、冬は5°Cくらいの冷たい外気から温度を上げなければなりません。

一方、地中熱ヒートポンプは、外気温に比べ夏は15~20°C低温の、冬は10~15°C高温の安定した地中熱を利用することで、空気熱源ヒートポンプで同じ温度の熱を作り出すのに少ない電力で済み、その結果節電が可能になります。

## 【実際の導入設備における節電効果】

東京都内のオフィスビルに設置された地中熱ヒートポンプの電力消費量の実績によると、図のとおり、空調機器更新前の3年間と、更新後の月別消費電力量を比較したところ、年間49%の削減が確認されています。また、月別の削減量をみると暖房に比べ冷房での節電効果が高く、とくに6～9月の節電率は69%となっています。



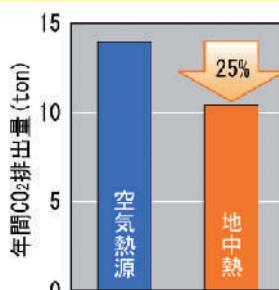
空気熱源ヒートポンプと地中熱ヒートポンプの消費電力の比較

出典： 笹田政克(2010) 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、2010.4

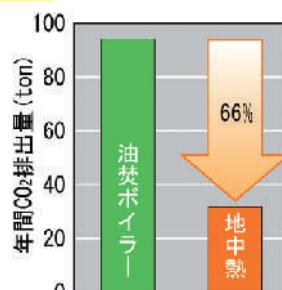
## 節電・省エネによるCO<sub>2</sub>排出削減

消費電力の削減は電力使用によるCO<sub>2</sub>排出削減につながります。オフィスビルにおける年間のCO<sub>2</sub>排出量を試算すると、地中熱ヒートポンプは、空気熱源ヒートポンプに比べ25%の削減が見込まれます(図左)。

また、積雪寒冷地などで暖房や融雪に使う油焚ボイラーと地中熱ヒートポンプを比較すると、油焚ボイラーに比べ66%の削減が見込まれます(図右)。



試算条件：冷房能力40kW、暖房能力45kW、平日のみ1日10時間運転、消費電力はメーカー各社平均値、CO<sub>2</sub>排出係数は東京電力調整後係数(H23)



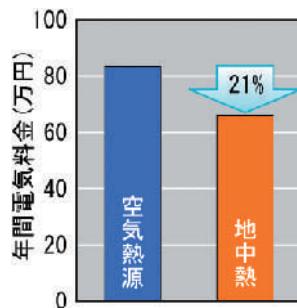
試算条件：A重油ボイラー出力93kW、地中熱ヒートポンプ暖房能力95kW、150日×22時間運転、消費電力・燃料消費量はメーカーカタログ値、電力のCO<sub>2</sub>排出係数は北海道電力調整後係数(H23)

CO<sub>2</sub>排出削減量の試算例

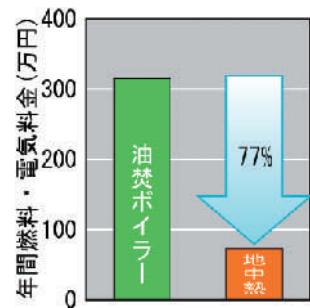
## 節電・省エネによる電気代・燃料代の削減

空気熱源ヒートポンプを地中熱ヒートポンプシステムに切り替えた場合のランニングコストを、オフィスビルについて試算すると、年間の電気料金は21%の削減が見込まれます(図左)。

また、暖房や融雪利用における油焚ボイラーの場合は、燃料代と電気料金の合計で77%の削減が見込まれます(図右)。



試算条件：冷房能力40kW、暖房能力45kW、平日のみ1日10時間運転、消費電力はメーカー各社平均値、電力は東京電力低圧電力



試算条件：A重油ボイラー出力93kW、地中熱ヒートポンプ暖房能力95kW、150日×22時間運転、消費電力はメーカーカタログ値、電力は北海道電力融雪用電力B

ランニングコストの試算例

## 排熱を大気中に放出しないヒートアイランド現象の緩和

空気熱源ヒートポンプでは、冷房時に発生する熱を大気中へ放熱するため、都市部で問題となっているヒートアイランド現象の一因となっています。

一方、地中熱ヒートポンプは地中で熱交換を行い、温排気を大気中へ放出しないので、その普及はヒートアイランド現象の緩和に寄与します。



空気熱源ヒートポンプ



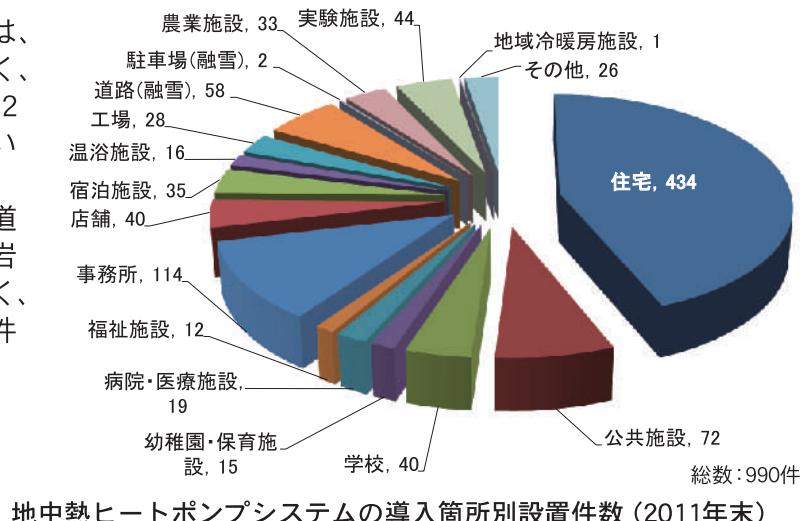
地中熱ヒートポンプ

ヒートポンプ室外機の比較

## 地中熱ヒートポンプシステムの設置件数は990件

2011年までの地中熱ヒートポンプの導入箇所は、全990件のうち住宅が434件(43.8%)と最も多い、次いで事務所の114件(11.5%)、公共施設の72件(7.3%)、道路融雪の58件(6.0%)となっています。

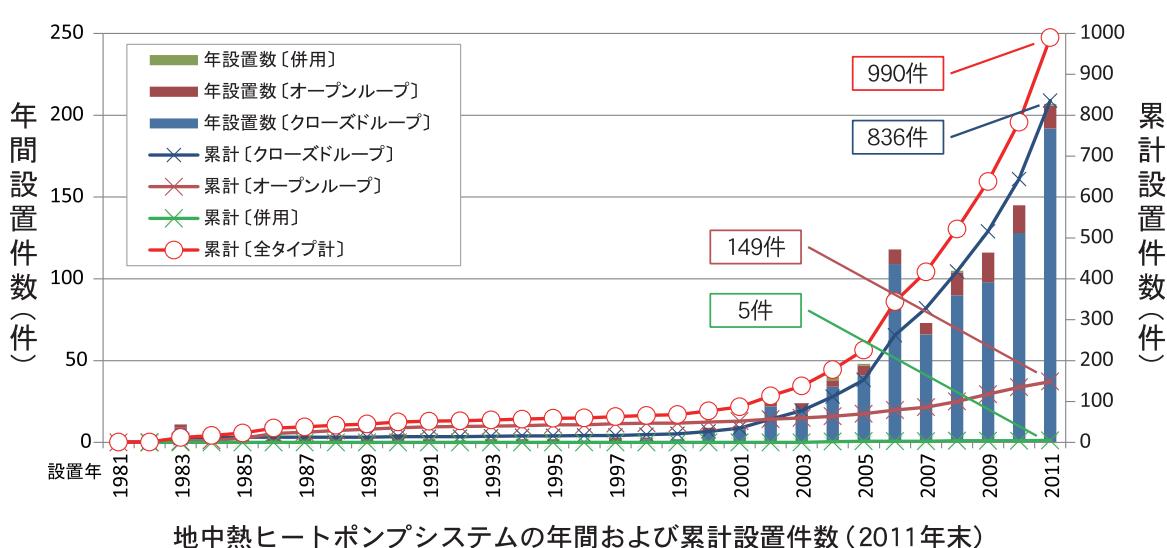
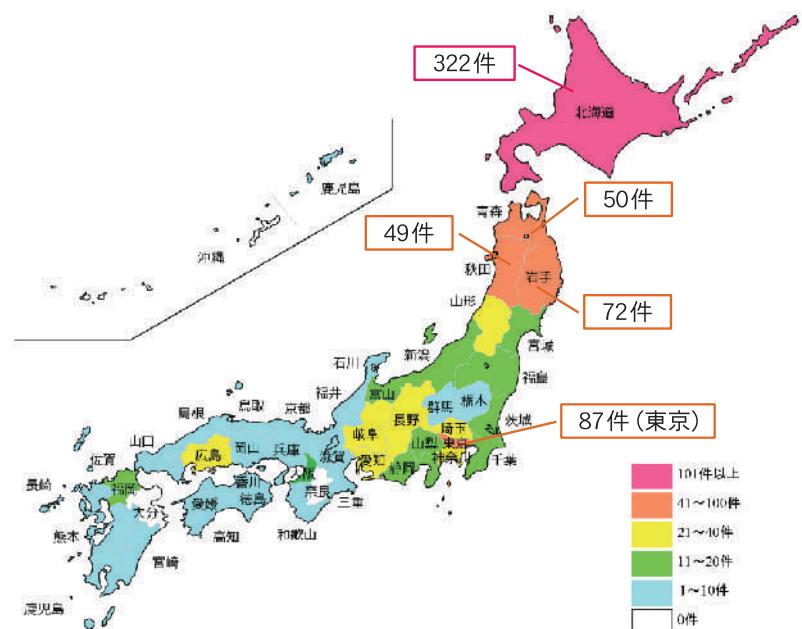
また、都道府県別の設置状況をみると、北海道が最も多く(322件)、そのほか東京都(87件)、岩手県(72件)、青森県(50件)、秋田県(49件)で多く、全体的に見ると、北海道と東北地方北部で設置件数が多くなっています。



## 設置件数が急増し始めた地中熱ヒートポンプシステム

年間の設置件数は、2011年は207件であり、前年の145件に比べ43%増加しました。また、2010年も前年より25%増加しており、近年急速に普及が進んでいることが分かります。その内訳をみてみると、クローズドループ方式が836件で全体の84%を占めています。

このように、近年急速に普及が進んでいる背景には、確実に省エネが達成でき、環境に配慮した技術であること、国の補助金制度も整いつつあり、設置費用が下がっていること、東日本大震災以降、国内における再生可能エネルギーへの関心が高まったことなどが考えられます。



## 地中熱ヒートポンプシステムの導入事例

### オフィスビル



ビル正面の駐車場に8本(深度75m)の地中熱交換器を設置

### 大型店舗



駐車場に70本(深度100m)の熱交換器を設置

### オフィスビル地中熱導入の先駆け

東京都心のオフィスビルで、地中熱利用の先駆的事例となっています。地中熱利用に関するモニタリング機器も充実していて、空調電力消費量は地中熱導入前と比較して**年間49%の節減**が確認されています。

### 教育施設



校舎に沿って40本(深度100m)の地中熱交換器を設置

### 消防署



車庫の前に6本(深度80m)の地中熱交換器を設置

### 公立学校の地中熱利用設備

東京都渋谷区にある区立小中一貫教育校「渋谷本町(ほんまち)学園」では、地中熱利用による冷暖房、プール加温、床暖房のほか、置換換気システム、外気冷房システム、太陽光発電システムなど、さまざまな省エネルギー設備があります。

### 市民を守る地中熱

寒冷地では、車庫に停めている消防自動車をすぐに始動できるように、冬季には車庫内を適当な温度に温めておく必要があります。これには、多くの暖房費が使われていますが、地中熱を利用すれば、厳冬でも車庫を適切な温度に保つことができます。

## 地中熱利用にあたってのガイドライン

環境省では、地下水・地盤環境の保全に配慮しつつ地中熱利用の普及促進を図ることを目的として、「地中熱利用にあたってのガイドライン(平成24年3月)」を取りまとめ、ホームページで公開しています。

このガイドラインでは、現在得られている知見・研究に基づいて、地中熱利用ヒートポンプのメリットとともに、熱利用効率の維持や地下水・地盤環境の保全のためのモニタリング方法等についての基本的な考え方を整理しており、事業者の自主的な判断の基に実施を求めています。



## 普及の課題

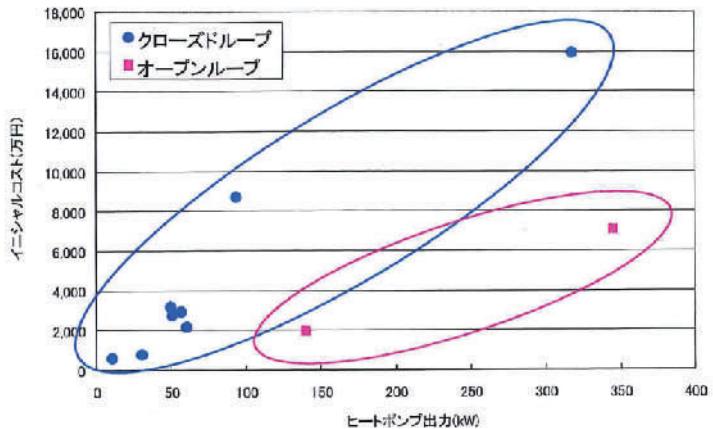
地中熱ヒートポンプシステムは、節電、CO<sub>2</sub>排出削減、ヒートアイランド現象の緩和などのメリットを有し、条件によってはランニングコストの大幅削減も可能です。しかしながら、イニシャルコストはまだ高く、設備導入には国等の補助金に期待するところが大きいのが現状となっています。

今後、地中熱利用をさらに普及させていくためには、**認知度向上、コスト低減、国及び地方の助成策の拡充、技術開発の推進、地質情報の整備**など多くの課題があります。とくにコスト低減については、普及による地中熱ヒートポンプの量産効果、掘削技術の進歩が期待されます。また、地質情報の整備により、導入地の地質や熱伝導率などを事前に知ることができるようになれば、調査コストの削減、適正な地中熱交換井本数の把握によるイニシャルコスト削減につながります。

### 【地中熱ヒートポンプシステムの設置コスト】

地中熱ヒートポンプシステムの設置コストは、事例によって幅はあるものの、クローズドループ方式で出力1kWあたり25~60万円程度、オープンループ方式で10~30万円程度となっています(事業者へのヒアリングによる)。

ただし、この初期コストは普及状況や新たな技術開発によって年々低下しており、また地域の地下水地盤条件や発注形態等によっても大きく変わります。



ヒートポンプ出力あたりのイニシャルコストの事例

出典:地中熱利用にあたってのガイドライン(環境省水・大気環境局)

## 地中熱ヒートポンプシステムに関する技術資料等

### ● 地中熱ヒートポンプに詳しい図書



#### 「地中熱利用ヒートポンプの基本がわかる本」

内藤春雄著、地中熱利用促進協会監修、オーム社、平成24年10月

地中熱入門書として、設計・施工、施工事例、導入コストまでをイラストや写真を入れて、わかりやすく解説されています。

#### 「地中熱ヒートポンプシステム」

北海道大学地中熱利用システム工学講座著、オーム社、平成19年9月

地中熱ヒートポンプシステムの教科書です。地中熱ヒートポンプシステムに関する基礎知識、設計手順、および導入事例などについて、建築設備技術者の実務に直接役立つように解説されています。

### ● 地中熱利用促進協会の講習会・見学会

地中熱ヒートポンプシステムは、適切な設計、施工、維持管理が行われてこそ、優れた省エネ性能を発揮します。

特定非営利活動法人地中熱利用促進協会では、これらの技術の普及のため、基礎講座、設計講座、施工講座を開催しているほか、シンポジウム、見学会なども行っています。詳しくは同協会ホームページで。



地中熱利用促進協会主催の講習会・見学会

環境省 水・大気環境局 土壌環境課 地下水・地盤環境室

〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2

Tel:03-3581-3351(内線6608)

環境省ホームページ:<http://www.env.go.jp/>

協力:特定非営利活動法人 地中熱利用促進協会 (<http://www.geohpaj.org/>) Tel:03-3391-7836)