

地域資源としての地熱直接利用について

秋田 涼子

一般財団法人日本経済研究所 国際局 主任研究員

我が国が豊富に有する資源である地熱をどう利用すべきなのか、財団法人日本経済研究所では推進でも反対でもない中立の立場から6回に分けて考察している。

第5回である今回は、これまでご紹介してきた地球内部の深いところにある高温の熱エネルギーである地熱ではなく、私たちのすぐ足下にある特に高温ではない熱エネルギーである地中熱に注目し、特に実用化され、今後の普及拡大が期待される地中熱ヒートポンプシステムについて、その特徴、現状と課題、今後の可能性について考察する。

1. 地熱と地中熱の違い

はじめに、地熱と地中熱について説明したい。地球が持っている熱エネルギー全般が地熱である、と考えると地中熱は地熱の一部であると言えるが、利用の仕方からみると火山に近い場所等にある高温のエネルギー等を発電等に利用する地熱と、足下にある恒温のエネルギーを温熱または冷熱として利用す

る地中熱は区別した方が混乱しないと考えられる。ここでは、地中熱利用促進協会¹の定義にしたがって、地中熱は地熱の一部であるが、深度10m~20m程度のところで得られる昼夜間及び季節間の温度変化の小さい地中の熱として捉え、その特性を活用したエネルギーの利用という視点で、地中熱利用を見ることとしたい。

2. 地中熱の特徴

地中熱は、火山や温泉の近くで活用される地熱にくらべて、場所を選ばず、日本中どこでも利用可能な点が特徴である。また、太陽光や風力のように天候に左右されたり、利用できる時間帯が限られることもなく、安定的にいつでも利用できるエネルギーであると言える。我が国で、地中熱として利用している熱エネルギーは、現在のところ地下150m程度の深さまでである。温度は四季に関係なく、その土地の年平均気温とほぼ同じで、例えば東京の場合だと、地中熱は1年間を通して15~18℃を維持してい

図1 自然エネルギーの特徴比較

	地中熱	地熱	太陽熱	太陽光	風力	小水力	バイオマス	雪氷
場所の制約	なし	火山・温泉の近傍	なし	なし	風況調査が必要	落差のある河川	(要搬送)	積雪地近傍(要搬送)
時間の制約	なし	なし	昼間	昼間	風の吹く時間帯	渇水期以外	(要搬送)	(要搬送)
エネルギー利用形態	電気	—	主に事業用発電	主に事業用発電	自家用発電 事業用発電	事業用発電 自家用発電	主に事業用発電	主に事業用発電
	熱	冷暖房 給湯 融雪	暖房 給湯 融雪	給湯 (冷)暖房	—	—	—	暖房 給湯 冷蔵 冷房

出所：地中熱利用促進協会 HP より²

¹ <http://www.geohpaj.org/>

² <http://www.geohpaj.org/introduction/types.htm>

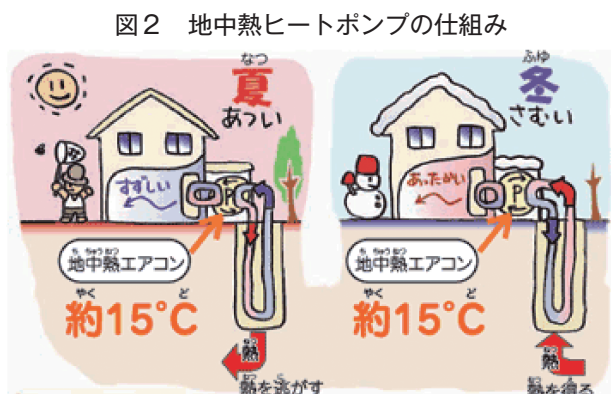
る。地中熱は夏冷たく、冬は暖かい熱エネルギーということになる。

一方、大規模な熱として発電に利用することはできず、主に冷暖房や給湯、融雪などに熱として利用できるエネルギーである。人間が生活しやすい温度帯の利用が可能で効率的である一方、非常に高い温度や低い温度への利用には適さないという特徴がある。

3. 地中熱利用ヒートポンプシステム

① 地中熱ヒートポンプとは

ヒートポンプとは言葉の通り「熱のポンプ」のことで、水のポンプが低位にある水を高位にまで送ると同様に、低温の熱溜から高温の熱溜まで熱を送り出す装置である。ヒートポンプが作動している時は、低温の熱溜は熱を奪われる（冷却される）と同時に高温の熱溜は熱を吸収（加熱される）される。冷房ならびに暖房としての技術として広く使われている技術である。地中熱利用ヒートポンプとは、大地の熱とヒートポンプを組み合わせた技術で、冬（暖房時）は大地の熱を利用し、夏（冷房時）は室内の熱を大地に蓄える仕組みである。家庭にある冷蔵庫の裏面は、暖かくなっているのが知られているが、この熱は、冷蔵庫を冷やすために庫内から運び出された熱で、冷たい庫内から暖かい室内への熱の

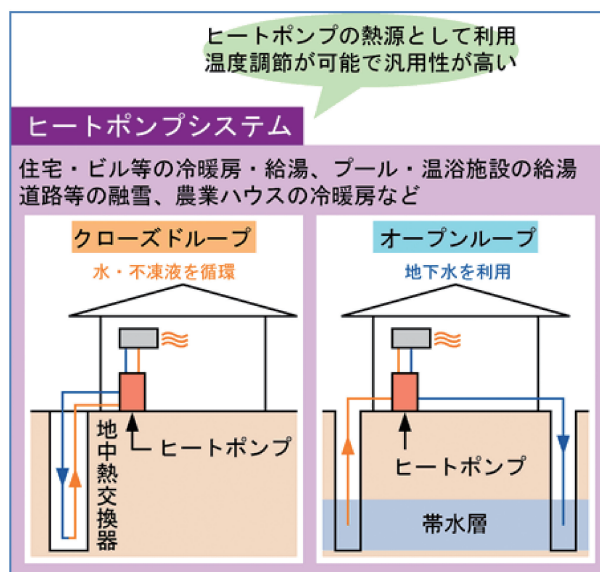


出所：地中熱利用促進協会 HP より

移動をヒートポンプで行っているものである。地中熱利用ヒートポンプも同じ原理で動作するものである。冷蔵庫が熱の移動を室内の空気との間で行っているのに対し、地中熱利用ヒートポンプは地中との間で熱の移動を行っているのである。

日本のような中緯度地域では、一般に気温の年変化の影響は地下10m～20mを越える深度には影響を与えず、20mより深い地中の温度は年間を通じてほぼ一定であることが知られている。これは、昔から井戸水の温度は年間を通じて変わらないため、夏は冷たく冬は暖かく感じると言われてきたことから明らかである。

図3 ヒートポンプシステムの種類



出所：地中熱利用促進協会 HP より

このほぼ一定な地中の温度と気温との差を利用して、冷房や暖房、あるいは温水造成、道路融雪、さらには農業用のビニールハウス等の暖房に利用するのが地中熱利用である。利用する温度が地中の温度とあまり変わらなければ地下から取り出した熱をそのまま利用することで可能であるが、それが不十分な場合は、ヒートポンプという熱交換装置を用いる。これが地中熱ヒートポンプの活用である。

② 地中熱ヒートポンプの特徴
(メリット)

地中熱利用冷暖房システムは、外気の影響を受けないため熱効率が1年を通じてよいというメリットがある。媒体として地下水を利用するため、空気より採熱効率が高く、空気式の冷暖房システムに比べて電力消費が1/2～1/3になると言われている。また、放熱用室外機がなく稼働時騒音が少ない点、夏季の冷房排熱を大気中に放出せず地中に吸収させることによるヒートアイランド現象につながらない、という点が挙げられる。

図4は建物の冷暖房のほか歩道の融雪に地中熱を利用している青森県弘前市の施設で、地中熱と従来型のエネルギー利用を比較したときの、一次エネルギー消費量とCO₂発生量を示したものである。ここではエネルギー消費量は在来システムとの比較で、46%減となっており、またCO₂発生量は50%減となっている。

図5は東京都心のオフィスビルで、空調システムを空気熱ヒートポンプ(通常のアエアコン)から地中熱ヒートポンプに更新したケースを示している。空気熱と地中熱の電力消費量の実績を比較すると、年

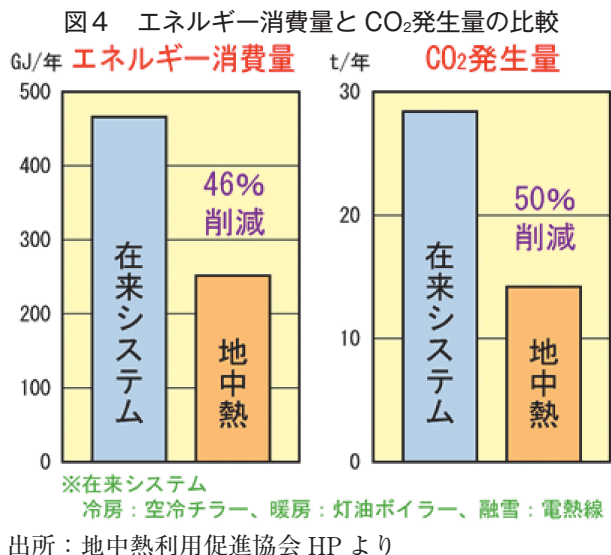
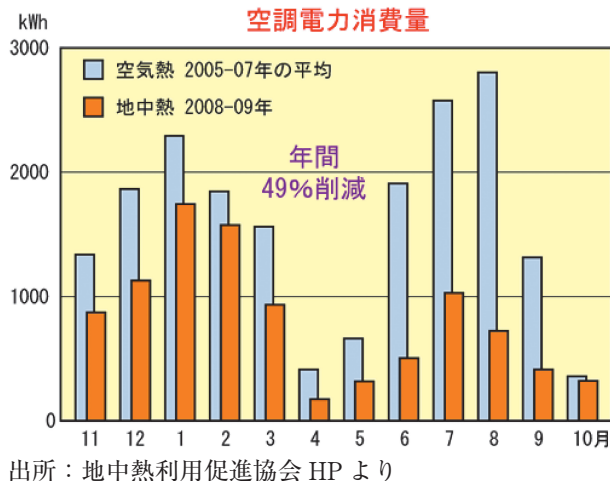


図5 空気熱ヒートポンプと地中熱ヒートポンプの電力消費量の比較



間で49%の節電・省エネとなっており、とくに夏季の節電・省エネ効果が大きいことがわかる。

なお、地中熱の利用では、夏季には地中に放熱されるが、温熱を利用する冬季にはその地中から採熱するので、適切な設計と運転により、年間通してみると地中での熱収支バランスがとれるようになる。

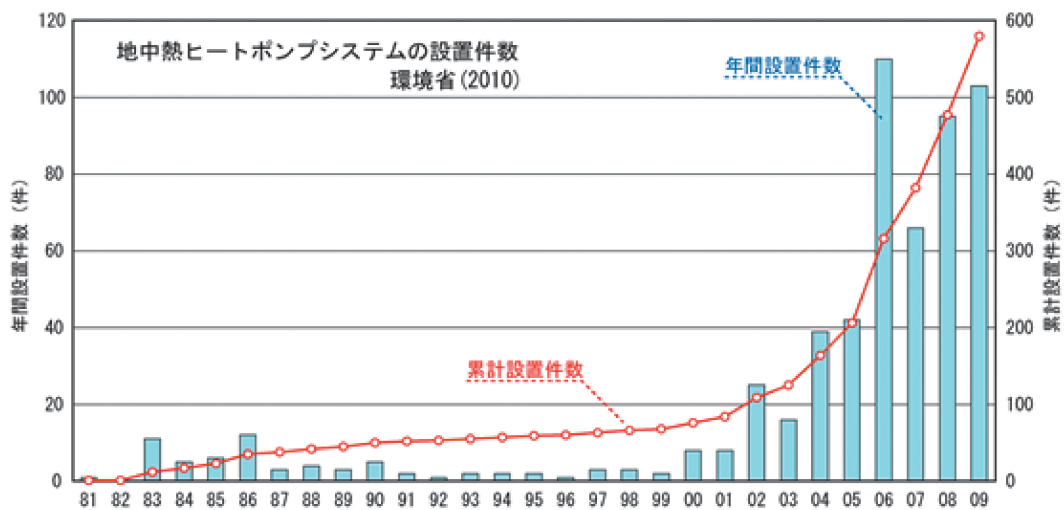
〈デメリット〉

一方、消費電力が少なくなるため運転費用は安くなるものの、設置コストが従来からの空気熱源エアコンより高い点が指摘される。地中熱利用冷暖房システムを設置するためには、熱交換用のボーリング抗を掘削する必要がある。坑の設置の仕方はボアホール方式、基礎抗方式、水平ループ方式の3つがあり、日本及び北欧で最も一般的なボアホール方式だと、普通の住宅1戸の冷暖房を賄うためには数十mの深さの熱交換井が必要で、海外に比べて複雑で崩壊しやすい地質の多い我が国の地層においては、ボーリング費用が高いことが、装置の高さと相まって設置コストを押し上げ、地中熱利用冷暖房の普及の足かせとなっている。

③ 我が国の現状

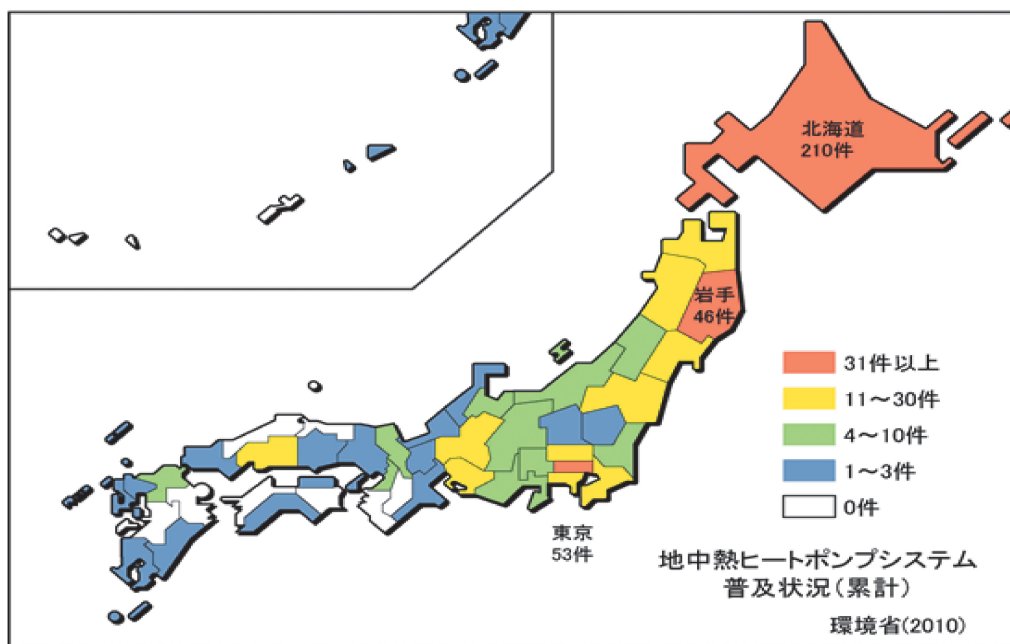
地中熱利用ヒートポンプシステムは、欧米では

図6 地中熱ヒートポンプシステムの設置件数（環境省2010）



出所：地中熱利用促進協会 HP より

図7 地中熱ヒートポンプシステムの都道府県別普及状況



出所：地中熱利用促進協会 HP より

1980年代から普及し始め、米国ではすでに100万台以上が利用されている。欧米諸国や中国では、国のエネルギー政策で地中熱が取り上げられ、助成制度があるが、日本では2010年にエネルギー基本計画に書き込まれるまでは、エネルギー政策で認知されておらず、補助制度等の整備が遅れていた。

2010年8月に施行された「エネルギー環境適合製

品の開発及び製造を行う事業の促進に関する法律」の支援対象として、太陽光発電設備や風力発電装置などと並んで地中熱利用設備が指定された。製品を開発・製造するメーカーにも必要な資金を低利・長期で供給できる仕組みであり、こうした制度を活用して、これからの普及が期待される分野である。

環境省資料によると、地中熱ヒートポンプシステ

ムの設置件数は、近年急増しており、特に、冬期に外気温が下がり、空気熱源ヒートポンプ（エアコン）の熱効率が落ちる寒冷地での導入が多い。

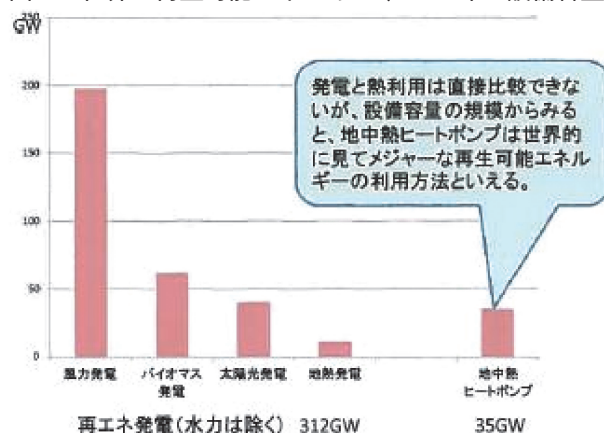
環境省と地中熱利用促進協会がH22年に調査した地中熱の利用状況では全国の設置数（ストックベース）が2340件、住宅での導入が8割近くを占めている。

④ 昨今の状況

世界の再生可能エネルギーの設備容量を見ると、地中熱ヒートポンプは地熱発電より多く、太陽光発電に次ぐ設備を持つエネルギー源である。我が国では、空気熱ヒートポンプを利用した空調機器（普通のエアコン）の技術革新や価格の低廉化等が進み、地中熱ヒートポンプの普及が諸外国に比べて遅れてきていた。

最近では、地中熱利用ヒートポンプに対する国の政策が明確になってきたことが指摘できる。日本の将来のエネルギービジョンをまとめた「エネルギー基本計画」（2010年6月）は地中熱の利用促進を明記している。また、2020年までに再生可能エネルギー

図8 世界の再生可能エネルギー（2010年の設備容量）

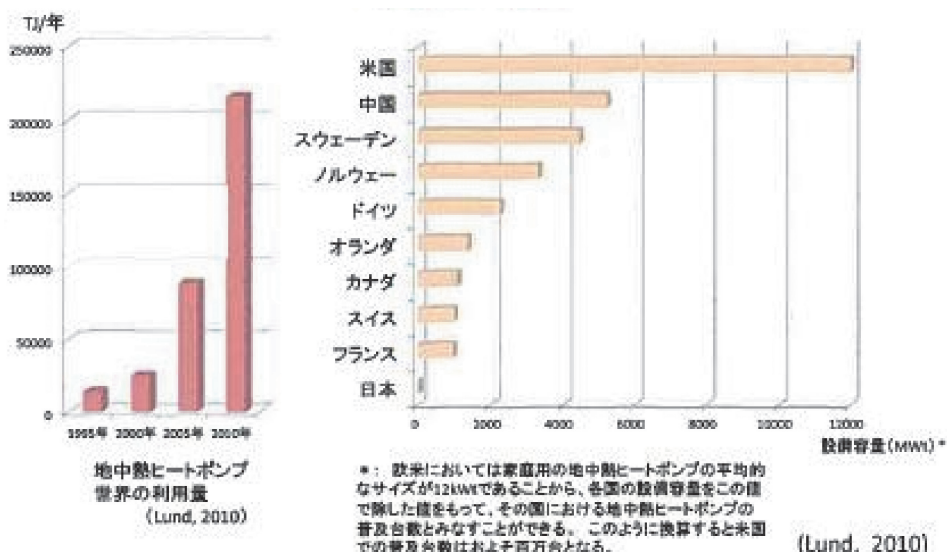


出所：地中熱利用促進協会 資料

ギー関連を10兆円市場にしようという政府の「新成長戦略」にも、地中熱の利用促進が盛り込まれている。2012年度における経済産業省の「再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策補助金」が実施され、2013年度予算要求には、「再生可能エネルギー熱利用計測技術実証事業」があがるなど、国の施策が地中熱利用に注目している。

我が国では、地中熱ヒートポンプ関連機器を取り扱っている企業が現状は数社に留まっているが、2009年には国内初の地中熱ヒートポンプ給湯・冷暖房システムと太陽光発電システムを搭載した住宅が

図9 地中熱ヒートポンプの普及状況（世界の状況）



出所：地中熱利用促進協会 資料

販売されている。さらに、個人住宅向けの地中熱ヒートポンプ温水暖房用システムが2011年に石油暖房機器大手メーカーから発売され、翌年2012には国内初の地中熱ヒートポンプエアコン（GeoSIS エアコン）も発売されるなど、業界も徐々に地中熱に注目してきている。

また、国内の大規模施設の導入事例としては、2005年日本国際博覧会（愛・地球博）瀬戸日本館の

空調設備として納入されたほか、東京大学柏地区キャンパスや2010年にオープンした羽田空港の新国際線ターミナル、東京スカイツリーや建設中の「JPタワー（仮称）」（東京中央郵便局旧所在地）など大型施設を中心に利用が進められている。

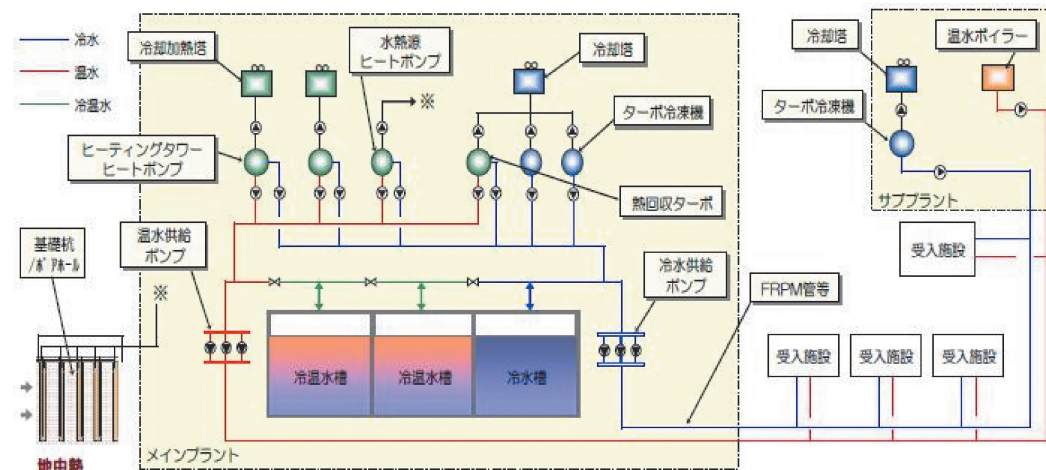
東京スカイツリーに地中熱ヒートポンプが導入されたことは、地中熱ヒートポンプの知名度アップに大きく貢献している。

◆スカイツリーは地中熱利用の地域冷暖房

「東京スカイツリー地区」（墨田区業平橋・押上地区及び周辺の10.2ha）は、東武鉄道（株）、東武タワースカイツリー（株）の2社が高さ610mの東京スカイツリーを核とする多機能複合型の開発プロジェクトを実施し、すでに開業している。

この地区では、省エネ、省CO₂、ヒートアイランド抑制、防災性向上、経済性の観点から、個別分散的な熱源システムより優れた熱供給システムとして、地域冷暖房（DHC）、国内初の地中熱利用の地域冷暖房を導入している。プラントでつくった冷水や温水を、地域導管により対象となる区域へ送り、冷暖房や給湯に活用する仕組みで、その熱源として地中熱利用システムを導入し、これに蓄熱槽と高効率熱源機を組み合わせることで、国内最高レベルの省エネを実現している。この計画では、個別分散的な熱源システムに比べて、年間一次エネルギー消費量を約43%、年間CO₂排出量を約48%、それぞれ減少させることとしている。

システムフロー図



◆羽田空港国際線旅客ターミナルビルは、大深度杭を活用した地中熱ヒートポンプ導入
 東京大田区に2010年に開業した羽田空港国際旅客ターミナルビルは、建設地の地盤が軟弱なことから、大深度（約50m）まで杭を打つ必要があった。この羽田空港特有の大深度杭構造を利用し、未利用エネルギーである地中熱（年間15℃で安定している）をヒートポンプにより回収し、活用する仕組みとなっている。これにより、空気熱ヒートポンプの冷暖房方式では大気に放出していた排気をなくし、環境負荷の低減につながっている。



資料：各 HP、報道資料等より当所で整理³

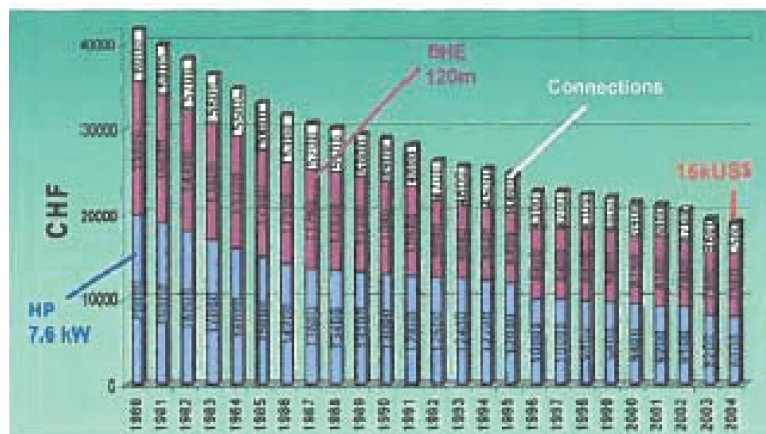
⑤ 普及への期待

エネルギーコスト削減、CO₂削減効果が指摘される地中熱ヒートポンプであるが、掘削コストを含めたイニシャルコストが高いことがネックになってい

る。普及度合いとコストは、コストが高いから普及しない、普及しないからコストが下がらないといういわば鶏と卵の関係にあり、一定程度普及することによって、初期コストが下がることがスイスの例で

図10 スイスにおける初期コスト低減実績

BHE/HP system price development in Switzerland 1980-2004 (corrected for inflation)



出所：地中熱利用促進協会 資料

(FWS の資料より)

³ <http://www.env.go.jp/council/06earth/y0613-16/ref06-21.pdf#search='%E7%BE%BD%E7%94%B0%E7%A9%BA%E6%B8%AF+%E5%9C%B0%E4%B8%AD%E7%86%B1+%E3%82%B7%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%A0%E5%9B%B3'>

明らかになっている。

図10に見るようにスイスでは、25年間に初期コストが半分以下に削減されている。この普及には補助金の導入効果が大きく1980年～97年まで補助金が適用されていた。しかし、普及に拍車がかかった後、97年以降は補助金制度が適用されなくなっても、さらにコストダウンが図られている。

我が国における、地中熱ヒートポンプはまさに、スイスの1980年代初頭の状況であろう。2011年から導入された経済産業省の民間事業者や地方公共団体などに対する補助金に加え、個人住宅等にも使いやすい補助金、あるいは既設住宅や既設ビルにも使いやすい機器の開発支援や導入支援策の実現を検討することにより、今後の地中熱ヒートポンプの普及に拍車がかかることが期待される。

4. 地中熱活用への期待

地中熱は、どこにでもある熱エネルギーであり、日本のような中緯度地域では、20mより深い地中の温度は年間を通じてほぼ一定となっている。ただし、その温度は20度前後と低く、発電や温泉に活用できる温度ではない。しかし、このエネルギーは見方を変えると、人間が生活するのにちょうど適した温度帯のエネルギーであると言える。

昨年度から導入された地中熱ヒートポンプに対する補助金に加え、今後、個人住宅や既設住宅や既設ビル等にも使いやすい機器の開発支援や導入支援によって、地中熱ヒートポンプの普及し、人間にやさしい温度帯のエネルギーである地中熱エネルギーが、より活用されるようになることを期待したい。