

## 韓国における地中熱・地下水利用空調システムの普及状況及び技術に関する調査 Investigation of the Current Application of Ground Source Heat Pump Systems in Korea

学生会員 南 有鎮（東京大学大学院、学術振興会特別研究員） 正会員 大岡 龍三（東京大学生研）  
正会員 柴 芳郎（ゼネラルヒートポンプ工業） 正会員 奥村 建夫（東邦地水）  
非会員 谷藤 浩二（ゼネラルヒートポンプ工業）  
Yujin NAM<sup>\*1</sup> Ryozo OOKA<sup>\*2</sup> Yoshiro SHIBA<sup>\*3</sup> Tateo OKUMURA<sup>\*4</sup> Koji TANIFUJI<sup>\*3</sup>  
<sup>\*1</sup> Graduate Student, The Univ. of Tokyo(JSPS Research Fellow) <sup>\*2</sup> IIS, The Univ. of Tokyo  
<sup>\*3</sup> Zeneral Heatpump Industry Co.,Ltd. <sup>\*4</sup> Toho Chisui Industry Co.,Ltd.

This paper describes investigation results for current application of Ground Source Heat Pump (GSHP) Systems in Korea. Recently, GSHP system market in Korea has been spread rapidly due to a law amendment for renewable energy uses. An inspection abroad in Korea was conducted to investigate the current status and actual application. The good cases which have been adopted in suitable conditions such as rich groundwater and rocky foundation were introduced. However, it is difficult for Japan to introduce the technology without modifications due to different underground conditions.

### はじめに

近年、世界各国で地球温暖化問題が深刻化を増している中、2005年2月京都議定書の発効に伴い温室効果ガス削減が急務とされている。また、石油価額の高騰や不安定な供給状況から省エネ技術及び再生可能エネルギー利用に対する社会的ニーズが高まっている。中でも温度差利用エネルギーとして大地や地下水が持つ蓄熱効果を建物冷暖房に利用する地中熱・地下水利用空調システムが注目を浴びている。このシステムは寒冷地である北欧米を中心に広く利用され、その優れた性能が評価されている。しかし、日本では掘削コスト削減のための基礎杭利用や冷暖房・給湯用ヒートポンプの開発など、普及や実用化の地道な努力の結果、導入物件数が年々増えているものの、普及までは至っていない。

一方、隣国韓国では2002年から国の政策や指導の下、再生利用可能エネルギーが建築分野で急激に利用され、特に地中熱利用空調システムの普及が進んでいる。筆者らは、韓国における地中熱・地下水利用空調システムの利用技術及び普及状況の現地調査を行った。本報では、その調査結果及び日本の市場状況を踏まえた上での今後の普及課題について述べる。

### 1. 韓国の地中熱空調システムの普及状況

韓国は、エネルギー輸入依存度(Dependence of Energy on Overseas、1次エネルギー供給量に対する輸入エネルギーの割合)が約97%(2002年基準)に至る国であり<sup>文1)</sup>、その依存度の削減とエネルギー安定供給のため再生エネルギーの利用は推奨しているものの、なかなか導入物件数

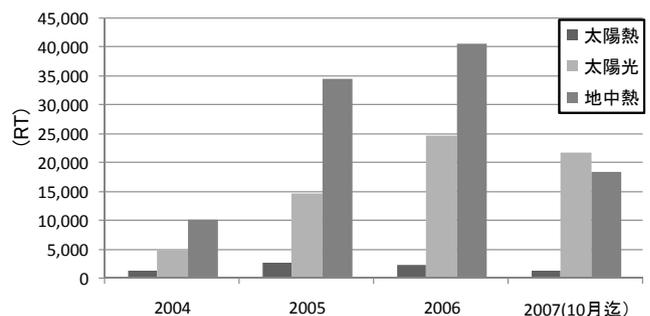


図1 年度別再生エネルギー設備投資費

は増えない現状であった。一方、2004年3月「新エネルギー及び再生エネルギー開発・利用・普及促進法」の施行により、延べ床面積3000m<sup>2</sup>以上の新築公共建物に対し総建築工事費の5%以上の新・再生エネルギー設備設置が

表1 建物用途別導入状況

建築用途	設計件数	投資費 (百万ウォン)	導入容量 (RT)
公共用施設	13	5,973	1,316
共同住宅	1	319	50
観光休憩施設	3	4,593	1,048
教育研究・福祉施設	78	31,793	6,986
墓地関連施設	1	648	160
文化・集会施設	21	11,800	2,483
業務施設	76	32,888	6,993
運動施設	16	5,785	1,341
医療施設	9	4,727	1,053
販売・営業施設	9	3,702	790

義務化された。また地中熱利用システムの場合、導入及び設置に対する補助金、金利優待、運転資金支援など対策も設けられた。これらの制度を施行・管理するエネルギー管理公団の調査によると<sup>文2)</sup>、義務化以前には数少なかった再生エネルギー設備の導入物件数が、2004年30件、2005年113件、2006年129件と急増し年々市場を拡大している。図1は、再生エネルギーの年度別設備投資費を示す。地中熱利用設備は2004年から227件が導入され、2007年10月まで1,002億円の設備投資があった。この値は、太陽熱や太陽光設備より大きい投資であり、韓国国内での人気度を反映する。表1は、地中熱利用空調システムの建物用途別導入状況を示す。全体227件の建物に22,220RT(ヒートポンプ1,136台)が導入され、そのうち教育・研究施設、業務施設での導入が顕著であった。一方、表2は地中熱の利用方式及び掘削孔の深さを示す。韓国は、花崗岩及び片麻岩主流の岩盤地域が広く分布し、日本に比べ掘削が非常に容易であるため、1日100mの掘削が一般である。そのため、地中熱交換器は100~200mでの設置が多く見られた。また地下水直接利用の開放式は単一井戸で地下水を循環するSCW(Standing Column Well)方式が利用されるなど、300m以上の掘削孔が多く利用されていた。

表2 地中熱利用方式及び掘削孔深さ

利用方式	100m以上~200m未満	200m以上~300m未満	300m以上~400m未満
密閉式	128	29	2
開放式	1	6	27

これらの結果は、2004年の義務化制度施行以来、義務対象建物及び補助金申請物件のみのデータであるものの、普及が進んでいることがわかる。次節では、現地で調査した導入物件の事例について述べる。

## 2. 地中熱利用空調システムの適用例

現地調査のため、韓国北東部江原道源州市所在の原洲国民体育センター(写真1)を訪問した。この地域は年間を通し約12の地中温度を維持しており(図2)暖房用の地中熱利用が多く導入されていた。調査建物(2006年7月開館)は、延べ床面積9904m<sup>2</sup>、地下2階、地上3階の建物であり、プール、体育館、宿舍、事務室等が入っていた。図3はシステムの系統図を示す。空気と地中熱源及び廃水の熱を利用するハイブリッドシステムを採用している。ヒートポンプは水-空気を169RT(米国Trane社、FHP社)水-水を250RT(FHP社)使用していた。(写真2)また地中熱交換器は直径40mm(HDPE)のパイプが利用され、直径150mm、深さ200m×78本(全長15,600m)のボアホールに設置されていた。充填材はベントナイトとシリカサンドを使用

Unit:



図2 深井戸データから調査した地中温度分布 (Lee. et al.の調査による)<sup>文3)</sup>



写真1 原洲国民体育センター

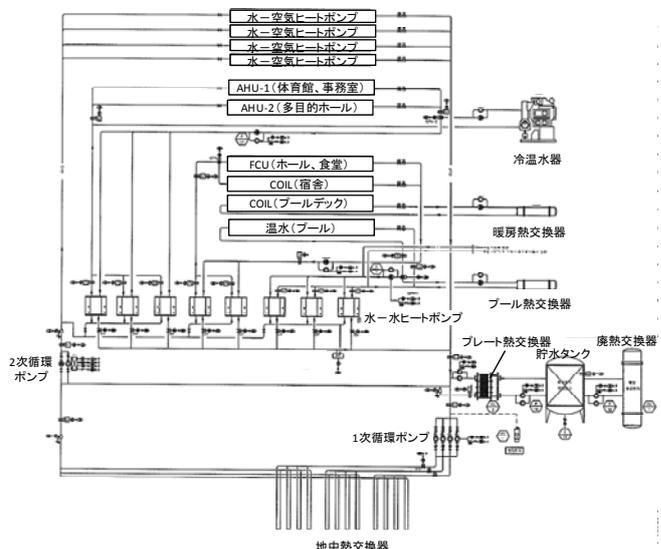


図3 システム系統図

し、1次側の循環水はメタノール10%の不凍液が使用されていた。

### 3. 地下水利用空調システムの適用例

地下水利用空調システムは、豊富な地下水条件を利用し直接井戸内地下水を汲み上げ熱交換を行う空調方式であり、揚水・還元井戸をそれぞれ持つ多孔式と井戸1本で揚水・還元を行う単孔式がある。韓国におけるこれらのシステムは殆どが単孔式であり、本調査でもSCW方式を採用した物件を対象とした。一般に、SCW方式は掘削条件が良く揚水・還元が容易な岩盤地形での導入が最も効率的であると言われている。<sup>文4)</sup>

#### 3.1 江原道春川市の事例

韓国江原道は面積の大部分が山岳地形になっており、岩盤が多くSCW方式に適している。写真3は、江原道春川市にある調査建物（Samyang Eco-energy 社屋）の外見を示す。この建物は延べ床面積1500m<sup>2</sup>の事務所ビルであり、直径150mm、深さ500mの井戸内の地下水を熱源として建物全体冷暖房を行う。図4はシステム系統図を示す。太陽光発電及び夜間電力を用いヒートポンプ（30RT）を稼動するシステムであり、冷暖房負荷変動に対応するため、100m<sup>3</sup>の蓄熱槽が設置されている。井戸周辺の地盤は地表面～深さ50mまでは砂質、深さ50～500mまでは岩盤層となっており、地下水は約350mから汲み上げられ、熱交換の後、井戸に還元される。ビルの管理者によると、冷暖房負荷に対し井戸が充分深く設置されているため、長期運転による井戸内上下熱干渉は見られなく、ほぼ安定した揚水温度が確保できている。

#### 3.2 忠清北道清州市の事例

再生エネルギー利用に対する韓国政府の支援により、官公署や学校施設での地中熱導入が進んでいた。忠清北道清州市所在の清洲大学は、新築及び改築建物に対し地中熱及び地下水利用空調システムの導入を進め、今年度まで教養館に300RT、芸術大本館に600RT、音楽館に80RTの地中熱システムを施工した。さらに、現在計画段階の寮の新築、人門大本館の改築などを含むと1,730RTの地中熱システムが設置される予定である。これらの建物は豊富な地下水と岩盤条件を充分活用したSCW方式で地中との熱交換を行っていた。地下300～500mの井戸から地下水を直接汲み上げ利用している。写真4は清洲大学の教養館の外見を示す。また、写真5は井戸上部の仕上げ状況であり、地上部には配管が出ないように施工されている。

### 4. 考察

#### 4.1 韓国の普及状況について

韓国における地中熱利用の人気は、2003年以前に比べ10倍以上急増した施工会社や設備会社の数からも実感で



写真2 ヒートポンプの設置状況



写真3 Samyang Eco-Energy 社屋

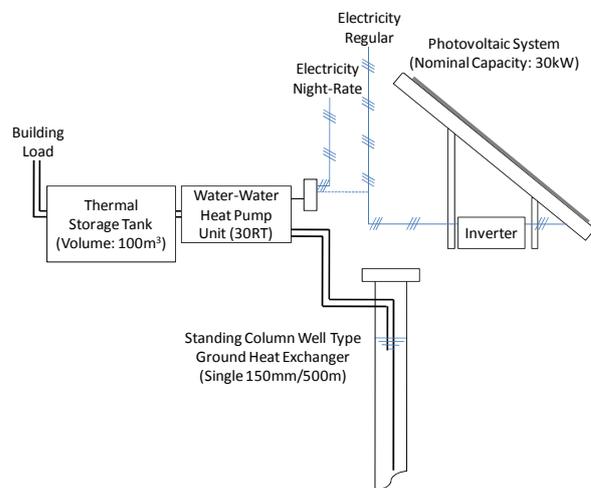


図4 システム系統図

きる。韓国におけるこの様な「地中熱利用ブーム」は国の政策や補助金などの支援が一番大きい影響を与えたと評価されている。しかし、市場の拡大に伴い中小専門企業が非常に多くなった現状では、受注競争が激しく経営難を訴える企業も少なくない。また加熱競争を繰り返す中で、実際計画の失敗や手抜き工事等に対する不安の声も高い。さらに、導入実績を重視する風潮が漫然されているため、システム性能評価及び環境影響評価が充分にされているとは言い難い。今後の更なる市場拡大のため

には、優れた省エネ性能並びに長期性能確保について詳細な検討が要求される。

#### 4.2 ヒートポンプ及び設備機器について

筆者らが視察を行った地中熱及び地下水利用空調システムにおいてはすべて水冷式ヒートポンプチラーが利用され、特に、地下水利用（開放式）の場合は地下水とヒートポンプの間にプレート式熱交換器が設置されており、地下水が直接ヒートポンプの熱源水として利用されているわけではなかった。これは地下水の水質の影響を考慮したものと考えられる。調査建物の機械室における機器配置や配管は整然と行われており、日本に比べて全く見劣りのしない韓国の施工技術の高さがみられた。ただ、ヒートポンプは韓国製と米国製が用いられており、使用されている冷媒が HCFC（Hydrochlorofluorocarbon）である R22 であった。2007 年 9 月 22 日、カナダのモントリオール（Montreal）で開かれていたモントリオール議定書の締約国会合で、先進国はオゾン層破壊物質である HCFC の生産を 2020 年までに全廃、途上国は従来の期限を 10 年前倒して 2030 年までに HCFC の生産を全廃するという合意がなされた。オゾン層破壊は地球温暖化と並ぶ地球規模の問題であるため、韓国においても R410A や R407C などの代替新冷媒 HFC（Hydrofluorocarbon）や自然冷媒へ移行していくことが推察される。

#### 4.3 掘削状況について

見地調査によると m 当たりの掘削単価は、韓国では 3,000～6,000 円と日本の約 1/3～1/5 程度となっていた。これは欧米並みの安価なものである。韓国では、岩盤地盤に対して最も効率的であるエア－ハンマー方式による掘削が主流である。一方、日本では未固結で複雑な地層状況から、エア－ハンマー方式では掘削速度が著しく低下するため地層状況に応じてロータリーやパーカッション方式も採用されている。また、現場状況に応じては搬入路の確保や周辺環境対策が掘削費に付加され、全体の工事費を押し上げている傾向にある。現在では、欧米のような大型掘削機械の利用により掘削速度を高めつつあるが、韓国や欧米並みの掘削費用には及んでいない。普及のためには、日本の地盤状況にあったシステムの開発が必要である。つまり、未固結で地下水を貯存する地盤を利用するシステムが有効であると考えられる。通常は地下水利用のための帯水層を選定するには、最低でもボーリング時の地質状況の確認が必要とされた。これは掘削速度を優先する掘削方法では比較的困難であり、結果掘削費の上昇につながっている。よって、事前に地下水状況を含めた地盤情報を把握し、適切な掘削方法の選定や取水位置を決定することが望まれる。現在、国土交通省を初め、千葉県や神奈川県などの各自治体、地盤工学会などの各面で地盤情報の整備や公開が進みつつあり、これらの情報の活用が期待される。



写真4 清洲大学教養館



写真5 井戸上部の仕上げ状況

#### 5.まとめ

本論文では、韓国における地中熱・地下水利用空調システムの普及状況の把握及び日本との比較検討のため行った見地調査について記述した。今後、日本の地盤条件並びに市場条件に適した技術開発を行う。

#### 謝辞

本調査は、平成 19、20 年度独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)『エネルギー使用合理化技術 戦略的開発/エネルギー使用合理化技術実用化開発/地下水循環型空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの研究開発』によった。記して関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。なお、本調査を行うに際し、多大なご助力を頂いた韓国地熱エネルギー学会の Kim Jinsang 様に厚く御礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) The Republic of Korea 2002 Review, Energy Policies of IEA Countries (<http://www.iea.org/Textbase/publications>)
- 2) Son B.H, 地熱熱ポンプシステムの建築応用技術現状, Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, Vol.2No.1, 2008 年 1 月, pp.39-47(韓国語)
- 3) Jin-Yong Lee and Jeong-Sang Hahn, Characterization of groundwater temperature obtained from the Korean national groundwater monitoring stations: Implications for heat pumps, Journal of Hydrology (2006)329, pp.514-526
- 4) Orio C.D et al., A Survey of Standing Column Well Installations in North America, ASHRAE Transactions, 111(2), 2005, pp. 109-121、