

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開発に関する研究(その1)

SCW システム概要及び実験装置の構築

地下水利用	空調システム	熱源システム
性能評価	実験装置	

正会員	南 有鎮 ^{*1}	同	大岡 龍三 ^{*2}
同	柴 芳郎 ^{*3}	同	奥村 建夫 ^{*4}

1. はじめに

近年、省エネや温室ガス排出削減に対する社会的ニーズが高まる中、温度差利用エネルギーとして大地の莫大な蓄熱効果を利用する地中熱利用が注目を浴びている。中でも恒温の地下水を直接利用し建物冷暖房を行う地下水利用空調システムは、地下水の豊富な地盤条件において巨大なポテンシャルを持っているとも言われている。地下水利用空調システムに関する研究は、1940年代商業ビルを対象に導入した the Commonwealth ビルの事例以来、欧米を中心に数多く利用されてきた。¹⁾しかし、これらのシステムは、地下水の恒温性(温度差エネルギー)を利用するものであり中間期の温度条件で外気熱源利用より不利な場合もある。また都心部での地下水利用は地盤沈下問題を理由に、地下水循環のみで地下水位変化が無くても、揚水可能量が制限されているため、地下水のみの熱源では大規模建物の空調負荷全てを賄うことは困難であるところもある。これらの背景から大規模建物では、地中熱源と空気熱源の併用のため独立した二つのシステムを導入することが多いものの、水冷と空冷、両方同時に対応できるシステムへの要望が少なくない。

一方、地下水利用空調システムは、かつてから一本の井戸から地下水を汲み上げ熱交換を行った後、他の井戸や周辺河川に還元(注水)する方式が多く利用されている。²⁾著者らは、この方式の最適利用のため、揚水、還元井戸それぞれ一本を利用する実験的検討を行ってきた。しかし、還元井戸を通じて定水量で注水を継続すると、井戸内で水位の上昇、または注水可能量の減少が、徐々に或いは急速に生じる。これは、注水水中の懸濁物や微生物の増加、帯水層に水が流入刷るときにおこる土粒子配列の変化などによる目詰まり(Clogging)現象であり、長期のシステム運転のためには、通常逆洗運転と呼ばれる、注水井戸にポンプを設置し逆に揚水を断続的または継続して行う運転が必要である。³⁾一方、井戸掘削等の初期コスト削減及びエネルギー効率の有効性から井戸一本で揚水と還元を同時に行うSCW(Standing Column Well)システムは、北米を初め近年には中国、韓国等の岩盤地形の地域において普及が進んでいる。⁴⁾これらのシステム性能は地盤及び地下水条件によって揚水動力や還元能力、採・放熱可能量等が左右されるため、最適なシステム設計のために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⁵⁾。また、日本のようなローム層、粘土層等、複雑な地層が重なっている地盤条件では、井戸内目詰まり等の問題から実用化及び普及は難しいとも言われる。しかし、井戸内上下の揚水と還元の位置を切替える運転ができれば、同時に逆洗効果が得られるため長期運転が可能とも考えられる。日本の豊富な地下水条件を考え

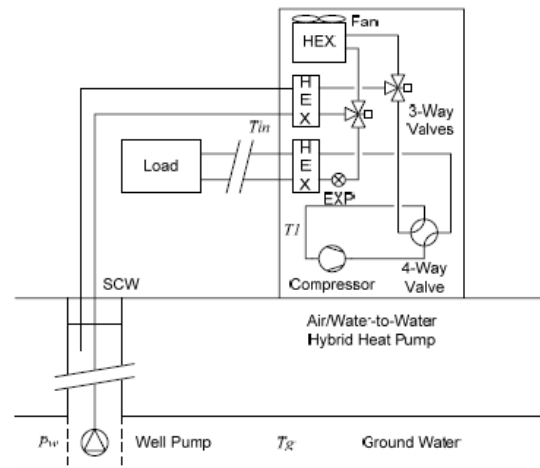


図1 開発システムの概念図

ると地盤や地下水条件、井戸条件によっては適した利用方法で高効率なシステム性能が得られる余地は充分ある。本研究では、日本の地盤条件に適した地下水循環型の空調システムの開発のため、水冷熱源として一本の井戸の地下水を利用するSCW方式を適用し、水冷と空冷の最適な熱源切替を行う空水冷ハイブリッドヒートポンプシステム(図1)の開発を行う。本報では、システムの概要と構築した実大実験装置について述べる。

2. システム概要

本研究では地盤・地下水条件が異なる千葉と名古屋の2ヶ所の実験サイトを対象にして実大実験装置を用いた検討を行う。

2.1 千葉サイト 千葉サイトのシステム構築は、千葉市稲毛所在の東京大学生産技術研究所千葉実験所で行った。実験サイト

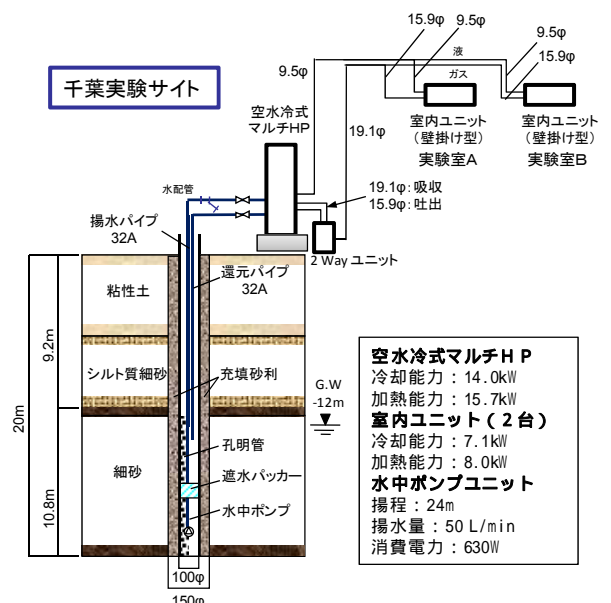


図2 千葉実験サイトのシステム図

は表層からローム - 粘土質細砂 - 微細砂の土質区分になっており、地下水位は約 -12m、地下水温度は約 17 で年間を通して安定している。図2は千葉サイトに構築した実験装置を示す。試験用井戸は直径 100mm、深さ -20m のものであり、地上から 9.2m までは塩ビ管、9.2m ~ 20m までは丸孔網巻きのスクリーンで構成した。地下水は深さ -19m の水中ポンプから汲み上げられ熱交換後、深さ -12.5m の場所に注水される。また上下遮水パッカーを設置し、井戸内揚水部分で還元した地下水が即、汲み上げられるショートサーキット (Short circuit) を防止する。一方、空水冷ヒートポンプ (冷媒 R410A) は、プレート式水熱交換器及びプロペラファンが設置され地下水と空気、両方の熱源使用が可能なものであり、インバータ制御が可能な 5 馬力相当の機器を使用した。また、室内ユニット (壁掛け型、冷却能力 7.1kW、加熱能力 8.0kW) は冷暖房負荷の対象になる実験室に 1 台ずつ設置した。図3は実験装置の配置図を示す。実験室周辺の試験井、観測井を含む井戸 7 本位置関係を示す。観測井戸では地下水位及び地下水温度測定のための継続測定を行う。本実験装置を用い、開発システムの冷暖房性能及び地下環境への影響等の検討を行う。

2.2 名古屋サイト 図4は(株)ゼネラルヒートポンプ工業の敷地内(名古屋市緑区所在)に設置した実験システムを示す。名古屋の実験サイトは地下水位が比較的浅い(深さ -4m)ため、陸上ポンプによる揚水・還元が可能であり地上で揚水・還元位置を切替える装置にした。深さ 20m ~ 30m のスクリーンから揚水し熱交換した後、深さ -10m に還元を行うようにした。運転前の地下水温度は約 17.5 であった。空水冷ヒートポンプは実験棟の冷暖房負荷がより千葉実験サイトより大きいため、より大きい容量(冷却 28.0kW、加熱 31.5kW)のものを選定した。また室内ユニットは床置きタイプを使用した。図4は実験サイトの配置図を示す。千葉サイトと同様、試験井及び観測井では地中温度及び水位変化の測定を行う。

3. まとめ
本研究では、日本の地盤条件に適した高効率な空調システムの開発のため、地下水循環型井戸を利用し、また地下水と空気、両方を熱源とする空水冷ハイブリッドヒートポンプシステムの開発を行った。異なる地盤・地下水条件におけるシステム性能の検討のため、千葉と名古屋に実大実験装置を構築した。今後、冷暖房性能実験による本システムの性能検討及び地下環境への影響評価、並びにシステム性能予測のための数値解析手法等を行う。

【謝辞】本研究の一部は、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』による。

【参考文献】文1) Hatten M, Groundwater Heat Pumping Lessons Learned in 43 Years at One Building, ASHRAE Transactions, 1992, 98(1),1031-1037 文2) Kavanaugh S.P. and Rafferty K., Ground-source heat pumps, Design of geothermal

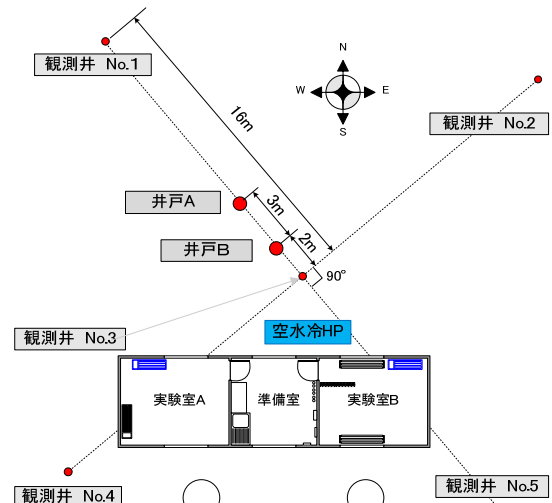


図3 千葉実験サイトの配置図

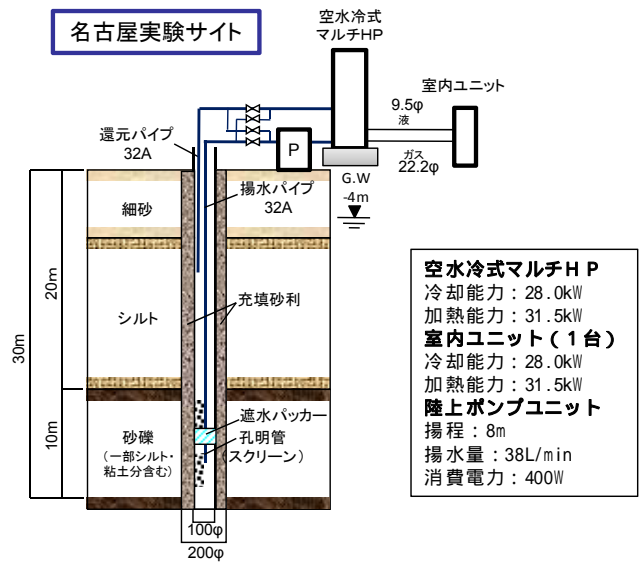


図4 名古屋実験サイトのシステム図

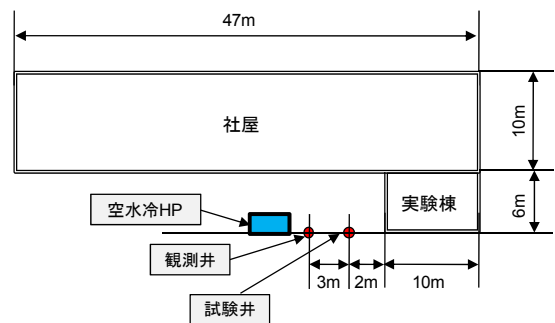


図5 名古屋実験サイトの配置図

systems for commercial and institutional buildings. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1997 文3) 松下 敏夫ら、人工地下水用井戸の目づまり、日本地下水学会誌第 14 (2) 1972, pp.11-14, 文4) Xu S et. al., Development and Application of an Innovative Shallow Groundwater Heat Pump System, IEA Heatpump 2006, 文5) Orio C.D ら, A Survey of Standing Column Well Installations in North America, ASHRAE Transactions, 111(2), 2005, pp. 109-121, 文6) Rees S.J ら, A study of geothermal heat pump and standing column well performance, ASHRAE Transactions, 2004, 109(1), 3-13

*1 東京大学大学院 日本学術振興会特別研究員 DC
*2 東京大学生産技術研究所 准教授 工博
*3 ゼネラルヒートポンプ工業(株) 工博
*4 東邦地水(株)

*1 JSPS Research Fellow, Graduate School of Eng., Univ. of Tokyo
*2 Asso.Prof., Dr. Eng., Institute of Industrial Science, University of Tokyo.
*3 Zeneral Heatpump Industry Co.,Ltd., Dr. Eng.
*4 Toho Chisui Industry Co.,Ltd.