

## 地下水利用型地中熱ヒートポンプシステムの開発 Development of geo-thermal heat pump systems using groundwater

米山 一幸<sup>1\*</sup>, 森野仁夫<sup>1</sup>, 鈴木道哉<sup>1</sup>, 岡村和夫<sup>1</sup>, 浅田素之<sup>1</sup>  
YONEYAMA, Kazuyuki<sup>1\*</sup>, MORINO Kimio<sup>1</sup>, SUZUKI Michiya<sup>1</sup>, OKAMURA Kazuo<sup>1</sup>, ASADA Motoyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 清水建設

<sup>1</sup>SHIMIZU Corporation

### 1. はじめに

地中熱を利用したヒートポンプシステムは、高効率で環境負荷の少ない空調システムとして、普及に向けた取り組みが進められている。地中熱の利用方法には、地中に設置した熱交換器を介して地盤から間接的に採熱する密閉型と、地下水を揚水してヒートポンプの熱源に直接利用する開放型があり、現在では立地上の制約が少ない密閉型が主流となっている。一方、地下水が豊富で十分な揚水量が確保できる地域では、井戸設備等を簡素化できる開放型がコスト面で有利と考えられており、経済的なシステムとして今後の普及が期待される。筆者らは、地下水を循環利用してヒートポンプ・2次側空調システムと有機的に結合した開放型ヒートポンプ空調システム(図-1)の開発を進めており、本報告では同システムの成立性について検討を行った結果を報告する。

### 2. ヒートポンプおよび2次側空調システム

2次側空調システムには潜熱・顕熱分離型方式を採用した。同方式では、顕熱処理に比較的温度の高い冷水を利用することにより、熱源機の成績係数(COP)が向上し省エネ効果が期待できる。さらに地下水を利用する場合、夏期の取水温度によっては熱源機を用いずに地下水を直接空調に利用するフリークーリングも可能となり、潜熱・顕熱分離型方式は地下水利用に特に適合した空調システムといえる。検討においては、ヒートポンプとフリークーリングのハイブリッド運転が可能な水冷式ヒートポンプを新たに提案して概念設計を行い、地下水を利用することにより効率の良い運転が可能となることを示した。

### 3. 地下水水質制御システム

地下水の循環利用に際しては、直接通水に対するヒートポンプへの悪影響を防止すると共に、注水時の目詰まり発生による水圧低下や地盤沈下を防止するための水質制御技術の検討が必要となる。従来対策としては、日光・空気との遮断や目詰まり発生後の逆流洗浄などが行われているが、システムの長期の連続運転を保証する上では十分でないと考えられる。地下水中に存在する物質の中で、目詰まりに関与するのは、シルトや砂などの他に、鉄やマンガンなどが考えられる。特に、二価鉄は地下に存在する時は地下水に溶解しており、空気に触れると酸化して析出し濁質になることが知られている。また、水中のカルシウム分は熱交換器などのスケールの発生要因となる。本検討ではこれらの成分の除去方法として、Na型イオン交換樹脂を用いた軟水機による地下水質処理装置を採用した。室内実験により除去性能を測定した結果、原水の鉄分濃度が比較的低い場合(二価鉄濃度 1.0mg/L、Ca濃度 20mg/L)は、1Lのイオン交換樹脂で約 1m<sup>3</sup>の水処理が可能であり、一般的な凝集ろ過に比べて装置を大幅にコンパクト化できることが示された。

### 4. 取水井/注水井配置計画に関する解析検討

検討システムでは注水/取水用の井戸を複数配置し、取水井から揚水した地下水を熱源として利用した後、注水井から地盤に戻す。井戸の配置計画では、注水井から地中に還元された水が取水井から再度取水される「ショートサーキット」を防止するため、注水井と取水井の間に十分な離間距離を確保する必要がある。また、夏期の冷房運転と冬期の暖房運転で注水井と取水井を入れ替えることにより、地下の保温性による季節蓄熱効果が期待できる。これらの点を考慮した効果的な井戸配置の検討を、熱-地下水連成解析(TOUGH2)によるシミュレーションを行った。解析結果より、想定した地質条件のもとでは、注水井と取水井の間に最低 30m以上の距離を確保すればショートサーキットは生じないことが示された。また、地盤の蓄熱効果により、自然状態の地下水温度より 2~4 程度有利な条件での取水が可能となり、より効率的な運転が可能となることが明らかとなった。

### 5. システム性能の総合評価

開発システムの性能を従来技術と比較・検討するため、国内3都市(札幌、長野、福岡)を対象にシミュレーションモデルによる総合性能評価を行った。対象建物として空調面積 1,000m<sup>2</sup>の事務所ビルを想定し、各地域の気候特性を考慮した上で年間熱負荷を計算し、さらに、空調システムシミュレーションにより年間の電力使用量を試算して、従来型空調との比較を行った。計算の結果、開発システムの年間電力使用量は各地域とも従来型の 55~60%となり、1.7~1.8倍程度の省エネ効果が見込めることが示された。

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



AHW27-04

会場:202

時間:5月24日 16:23-16:38

本成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の平成22年度委託業務「次世代型ヒートポンプシステム研究開発／地下水制御型高効率ヒートポンプシステムの研究開発」として実施したものです。

キーワード: 地下水, ヒートポンプ, 地中熱, 水質制御, 浸透解析

Keywords: groundwater, heat pump, geo-thermal, water quality control, flow analysis