

地中熱源対応高効率水冷式ヒートポンプ

1. はじめに

冷凍・空調用途に使用されるヒートポンプには冷蔵庫やエアコンのように熱源として外気を用いる空冷式のものが多いが、冷却塔や井水などの水を用いる水冷式のものもある。

近年、地中熱源と呼ばれる新しい熱源が少数であるが利用されつつある。地中熱源ヒートポンプは、地面より下の土壌を熱源とする方式であり、文字通り土壌に熱を放熱したり、土壌から熱を吸熱したりする。ただし、土壌における吸熱／放熱はヒートポンプの蒸発器／凝縮器で直接行われるのではなく、水又は不凍液と地中熱交換器を介して熱のやりとりが行われる場合が多い。そういう意味では、地中熱源ヒートポンプの多くは水冷式ヒートポンプである。

冷却塔や井水を用いる水冷式ヒートポンプと地中熱源対応の水冷式ヒートポンプの違いの一つは、熱源の熱搬送流体として不凍液を使うことがある。水を熱源とする場合は7℃程度が熱源温度の下限値であるのに対して、不凍液の場合はその凍結温度まで使用することができる。ただし効率面を考えると通常は熱源温度が-2℃~10℃程度で使用される場合が多い。

2. 利点・問題点・改善方法

空冷式ヒートポンプに対する地中熱源ヒートポンプを利用するメリットは以下の通りである。

- 1) 外気温度よりも土壌温度は冬高く、夏低いため、空調用ヒートポンプの熱源／冷却源としては有利であり、効率がよく、電力量や二酸化炭素排出量が少ない。
- 2) 空気熱交換器がないために、冬季暖房時における空気熱交換器への着霜による能力低下とデフロスト時の室内冷却がない。

- 3) 空気熱交換器がないために、夏季冷房時に外気への排熱がないため、ヒートアイランド現象に影響を及ぼさない。

このように、地中熱源ヒートポンプシステムは環境や性能に優れたシステムであるが、今までほとんど認知されていなかったのは何故であろうか？ その理由は以下の通りである。

- 1) 土壌からの吸熱、土壌への放熱を行う地中熱交換器は熱量1kW当たり15~30m程度必要であり、地中熱交換器を挿入するための掘削費と材料費が高価となる。通常1m当たりの掘削費と材料費の合計は1~2万円程度かかる。空冷式の場合は地中熱交換器が不要であるため、地中熱ヒートポンプは地中熱交換器分のコストが高くなってしまう。
- 2) 空冷式ヒートポンプは市場が大きいため競争により技術開発が進んでおり機器の性能が良くなっているのに対して、地中熱源対応水冷式ヒートポンプの市場は小さいため技術開発が遅れているとともに機器のコストが比較的高い。

このような問題点は数年前から指摘されており、大学、掘削業者、建設業者、メーカー等で以下のような改善の努力がされてきている。

- 1) 掘削延長の過不足がないように地中熱交換シミュレーションが研究されている。
- 2) 掘削コストとしては人件費や掘削機器損料等が大きいため、掘削速度が大きく影響し、その高速化について改善する努力がされてきている。
- 3) 地中熱交換器を新たに掘削して埋設するのではなく、建物の基礎杭を地中熱交換器として利用することにより、掘削コストを低減するという方法も検討され、一部実用化されている。

4) 地中熱源対応水冷式ヒートポンプの高効率化と省コスト化を図る。

3. 地中熱源ヒートポンプの開発状況

ゼネラルヒートポンプ工業株式会社は1984年11月に創業して以来、排熱回収型的水冷式・空冷式ヒートポンプを製造・販売してきたが、その技術を生かして地中熱源対応水冷式ヒートポンプを開発し2000年11月より販売を開始した。地中熱源水冷式ヒートポンプは国内では今まで、海外製のものや国産の水冷式チラーを改造したものが使用されていたことがあるが、これは改造のない国産のヒートポンプである。

また、NEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の地中熱利用ヒートポンプシステム導入促進事業の一つであるエネルギー使用合理化技術戦略的開発事業を3社(東京大学生産技術研究所・大成建設・ゼネラルヒートポンプ工業)の共同研究開発として2003年度より受託した。(事業名は「大都市における基礎杭を利用した地中熱空調システムの普及・実用化に関する研究開発」)この研究の中でゼネラルヒートポンプ工業は地中熱源対応水冷式ヒートポンプの高効率化開発を行っており、すでに新製品発表の目処がついている。ここではその開発結果を紹介する。

4. 高効率地中熱源水冷式ヒートポンプの開発

共同研究開発においては次のような開発を行った。

1) プレート式熱交換器の採用検討

従来の凝縮器、蒸発器は銅多重管を用いていたが、伝熱面積増加とコンパクト化のためにプレート式熱交換器の採用を検討した。

2) 液ガス熱交換器の採用検討

液ガス熱交換器を用いることにより、蒸発器のドライアウト面積がなくなることによる有効熱伝達率の向上と、新冷媒R407Cの温度勾配利用することにより、蒸発温度・圧力の向上を見込んだ。

3) 新型圧縮機の採用検討

従来の圧縮機はスクロール式圧縮機を用いて

いたが、高効率化開発されたスクロール圧縮機を用いることを検討した。また、プレート式熱交換器と液ガス熱交換器の採用による能力向上が見込まれることから圧縮機を1ランク下げることにより消費電力とコストを低減。

4) 性能計算プログラムの開発

プレート式熱交換器、液ガス熱交換器、新型圧縮機等の効果を計算するために性能計算プログラムを開発した。このプログラムにより種々のパラメーター(熱交換器伝熱面積、液ガス熱交換器の有無、圧縮器効率等)を変更することにより能力、消費電力、COPを算出でき、それぞれの開発の効果を試算できる。なお、プレート式熱交換器の採用によるCOP改善効果は32%、新型圧縮機は12%、液ガス熱交換器は7%と試算された。

5) 試作機製作・性能試験

以上の高効率化開発の検討により試作機仕様を決定し、製作を行い、性能試験を行った。その結果、性能計算プログラムと性能試験の結果はほぼ一致し、従来機の57%増のCOPを実現した。(表1)

表1 開発機の仕様概略

	モジュール方式
能力	45~450kW (1~10モジュール)
COP	5.5(12-7℃/25-30℃)
大きさ	幅650奥行1000高さ1800(mm) (1モジュール)

6) 今後の予定

製品化に向けてコストダウン、コンパクト化、利便性等を検討・開発を行い、近日中に発売する予定である。

ゼネラルヒートポンプ工業株式会社
開発部 柴 芳郎
〒459-8001
名古屋市長区大高町巳新田121
TEL:052-624-6368
FAX:052-624-6095
URL:<http://www.zeneral.co.jp/>