住宅用地中熱利用冷暖房システム —期待されるヒートアイランド抑制効果—

江 原 克 実*

1. はじめに

猛暑を迎えると「ヒートアイランド現象」が毎年の様に新聞紙上で話題となる。日本の大都市では平均気温が100年で2~3℃上昇し、地球温暖化と比べ約5倍のスピードで上昇していると報告されている。外国では例のない深刻な状況下にある。図1に示されるようにヒートアイランド現象の発生要因の中でも「空調の人工排熱」が自動車の排熱を抜き2番目に多く、しかも増加傾向にある。これは、冷房装置としての「(空冷式) エアコン」が低インシヤル、低ランニングコストを理由にオフィスから各家庭まで急激に普及し、本来多様であるべき涼を得る手段(空調方式)が極端に偏重してしまったことが大きいと思われる。

著者が所属する旭化成ホームズ(株)は、都市部を中心に都市型住宅を手がけるハウスメーカーであり、ヒートアイランド問題は今後避けて通れない重要な問題と捉えている。本稿では、ヒートアイランド抑制効果を持つ点に着目して住宅用途に開発・導入を図った「住宅用地中熱利用冷暖房システム」(図2)を紹介する。

2. 「地中熱利用冷暖房システム」とは

冷暖房装置として最もポピュラーな「(空冷式) エアコン」は、大気熱を熱源としたヒートポンプサイクルを利用している。図3に示すように冷房運転時は部屋内の空気中より熱を奪い室外機を通じて大気中に放出する。また、暖房運転時は逆に大気中から室外機を通じて熱を集熱し部屋内へ熱を放出する。これに対して「地中熱利用冷暖房システム」は、地中熱を熱源としたヒートポンプシステムであり、熱の放出及び集熱は地中との間で行う。従って、夏期において大気中への熱放出が無くヒートアイランド抑制に効果を発揮する。

3. 省エネ性について

地中熱利用冷暖房システムの原理はエアコンと同じ「ヒートポンプ原理」を採用している。エネルギー効率(COP:冷暖房熱量/消費電力量)は約3以上を確保しているため電力使用量を1/3に低減することが出来る。さら

※グラフ中の数値は、「環境省ヒートアイランド対策手法検討委員会報告書」より大気中へ放出される顕熱部分のみ抜粋(自然状態との差分にて表示)

図1 ヒートアイランド発生要因

図2 住宅用地中熱利用冷暖房システム

図3 エアコンと地中熱利用システム原理比較

* Ehara, Katsumi
旭化成ホームズ(株) 商品企画部
東京都新宿区新宿 1-24-1 エステック情報ビル 12F
2006.9.14 受理

夏の冷房：夏は地中15℃，外気温30℃から冷却。
この差分が省エネになる

冬の暖房：冬は地中15℃，外気温5℃から加熱。
この差分が省エネになる

図4 地中熱利用システムの優位性

にエアコンと比較しシステムの優位性を持っている。それは、地表から3m以上深い地中の温度は季節や天候の影響を受け難く年間を通じてほぼ一定であり、大気熱を熱源とする「(空冷式) エアコン」に比べ安定した熱の供給源を確保している点にある。例えば図4に示すように、東京の場合、地中温度は年間を通じて約15度前後で安定している。夏期の冷房運転は外気温30度より温度の低い15度との熱交換であり、冬期の暖房運転は外気温5℃より高い15℃との熱交換となるためこのギャップ分が省エネ効果として得られる。

4. 普及実態

地中熱利用の先進国は米国である。2002年度で累計約55万台が導入されている。政府が省エネ設備として認定し普及促進が図られている。また、スウェーデンでもここ数年の伸びは大きく、累計約23万台が実績として報告されている^{*}。一方、我国では、累計約300台と各国から遅れを取っているのが現状である。

また、省エネシステムとして導入されてきた経緯から、諸外国および我国でもエネルギー消費量の大きい寒冷地への導入が殆どで、これまで低燃費な暖房システムとして採用されて来た。ここ最近になってヒートアイランド抑制効果の点から注目され、冷暖房システムとして温暖地への導入が始まったばかりである。

5. 住宅用途開発における課題

「ヒートアイランド抑制」、「地球温暖化防止」への貢献とメリットの多いシステムでありながら、住宅への普及を妨げているのは何と言ってもイニシャルコストの高さである。

^{*}第10回旭化成ロングライフ住宅セミナー（旭化成ホームズ・ロングライフ住宅研究所主催）講演会配布資料：「地中熱利用の現状と展望」北海道大学 長野克則教授（H16.7実施）

図5 オリジナル小口径鋼管杭

図6 システム概要図

コストを押し上げる要因として以下の2点が挙げられる。

1. 地中熱交換を行うための掘削工事費用が高い。
2. 住宅用途で使用できる小型・低価格なヒートポンプ熱交換ユニット（チラー）が市場に無い。

「住宅用地中熱利用冷暖房システム」の開発導入にあたっては、この2点をどのように解決していくかがポイントとなった。これまで地中熱との熱交換を行うための掘削は、経済性の面から深度50～100mの穴を1箇所掘削する方式が一般的であった。今回の開発では、深度10m前後の穴を多箇所（約10箇所：10m×10=100m）掘削する方式へ発想の転換を行った。また、筆者が所属する会社にて建物基礎用支持杭として量産化運用している「オリジナル小口径鋼管杭システム」(図5)を地中熱用熱交換器の材料及び工法に転用することにより大幅なコスト低減（約1/10）が図れた。2つ目の課題に対しては小型・低価格な住宅用ヒートポンプ熱交換ユニットを空調メーカーと共同開発することにより解決し、これまでの商品と比べ約1/2のまで下げることが出来た。

以上により従来技術の組み合わせで実施したとすると約600万～800万円/システムかかるところを半分以下の300

表1 地中熱交換杭内配管比較

		ステンレスフレキ管		アルミ樹脂複合管		単層樹脂管 (架橋ポリエチレン管)	
基本物性 ※カタログ及び公表値	熱伝導度 λ [W/m・K]	16.5		0.47		0.38	
	比熱 c [J/K・kg]	502		(公表値無)		2,300	
	密度 ρ [kg/m ³]	7,930		1,220		950	
熱交換性能 ※試験場での実測値	採熱量 [W/本] (10m 杭 1 本当たり)	○	750	◎	800	○	730
耐久 (耐蝕) 性		△	(環境条件により腐食の可能性有)	○		○	
施工性	形状保持	○	可能	○	可能	△	不可 (巻き癖が残扱い難い)
	最小曲げ径 [mm]		—		R 70 (13 ϕ)		R 150 (13 ϕ)
コスト		△	高い	○	やや高い	◎	安価

図7 アルミ樹脂複合配管

図8 坑内への配管挿入状況

万円弱まで下げることが出来た。これにより対顧客上現実的な価格帯に近づいたと考えられる。

6. システム概要と施工事例

開発システムは、図6に示すように地中と熱交換を行う「地中熱交換器 (A 部)」と冷暖房に必要な温度不足分を補う「ヒートポンプ熱交換ユニット (B 部)」,そして各部屋の冷暖房を担う「室内機 (C 部)」の3つより構成される。

「地中熱交換器 (A 部)」は、性能と経済性のバランスより小口径鋼管杭システムの中から口径サイズ 165.2 mm のものを採択した。また、杭内へは水を充填し、その中に閉ループの循環用配管を投入した間接熱交換方式を採用している。また、表1に示すように配管は樹脂製配管でありながら熱交換特性に優れ、耐久性の点でも安心できるアルミ樹脂複合管を用いている。表1, 図7に詳細を示す。

「ヒートポンプ熱交換ユニット (B 部)」は、最大暖房能力 10 kW のインバーター搭載ロータリーコンプレッサーを用い、熱交換器は1次側及び2次側ともプレート式熱交換器(液-ガス)を採用した。また、都市部への展開を意識しバッファータンクを無くした省スペース設計としている。

「室内機 (C 部)」は冷暖房用にファンコイルユニット (壁掛型, 天井埋込型), 暖房専用温床式床暖房が選択出来る。また、床暖房については最大 40 帖まで可能としている。次に、写真により施工事例を紹介する (図8~11)。

図9 ヒートポンプ熱交換ユニット

7. 今後の課題

ヒートアイランド問題へ実効を伴うには、一企業や個人住宅にとどまらず地中熱利用の環が点から面へと広がって

図10 室内機写真（天井カセット型ファンコイルユニットの例）

図11 地中熱交換部完成写真（駐車場スペースへの埋設事例）

いく必要がある。ユーザーに魅力あるシステムとするためにも、更なるシステム効率のUPとコスト低減が必要である。特に「ヒートポンプ熱交換ユニット」については、大手エアコンメーカーの参画が望まれる。また、「（空冷式）エアコン」については地球温暖化防止対策の一環として

トップランナー方式を採用し、エネルギー効率（COP）UPに官民一体となって大きな成果を上げている。是非とも「地中熱ヒートポンプ冷暖房システム」においても官民一体となった普及促進策を期待する。

会員の皆様へ

会員の意見交換のひろば

「ファウンテン・フロー」へ投稿下さい

『成形加工』誌では、会員の皆様が自由に意見を述べていただく「ファウンテン・フロー」というコーナーを設けております。

投稿を希望される方は、以下までご連絡お願いいたします。

〒105-0004 東京都港区新橋 5-20-4

ニッセイエブロ㈱ デジタル編集課『成形加工』誌事務局代行 泉澤真人宛

TEL. (03)5733-5157 FAX. (03)5733-5168 E-mail: eblo_h1（数字の1です）@eblo.co.jp

皆様からの原稿お待ちしております。

<募集原稿>

1. 原稿内容；成形加工に関する苦労話、失敗談及び新しい成形のアイデア、理想の成形機など加工に関する内容や学会の運営・行事に関する意見、学会誌に関する感想など。
2. 文章の長さ；A-4 半ページ～1 ページ程度。
3. 著者名；所属・氏名を名乗らなくても、ペンネームも可とします。
4. 査読；編集委員による査読は通させていただき、適当でない表現は訂正をお願いすることもあります。学会誌の性格上ご容赦下さい。

「成形加工」編集委員長 大嶋正裕