



# 高効率地中熱利用ヒートポンプシステムの普及を目指す

## 新日鉄エンジニアリングが第8回産学官連携功労者表彰（※1）環境大臣賞を受賞

新日鉄エンジニアリング(株)はゼネコンとしての空調設備の設計・施工実績と優れた杭工法「NSエネコパイ」を融合して、地中熱ヒートポンプ冷暖房システムのエネルギー効率を大幅に改善し、長期的な安定運転を可能にした。今後の普及が期待されている本技術の概要と高付加価値化への取り組みを紹介する。

### 効率よく熱を採り入れる 地中熱ヒートポンプ

気体や液体は圧力を上げる(圧縮する)と温度が上がり、下げる(膨張する)と温度が下がる。ヒートポンプはこの原理を応用して加熱や冷却を行うシステム。家庭のエアコンのように大気を熱源とするヒートポンプでは、冬には液体化した冷媒を膨張・蒸発させて低温の外気より熱を奪い、ガス化した冷媒を圧縮・凝縮させて外気から奪った熱を室内に放出し加

熱することで暖房を行う。夏には室内外を逆転させる(図1)。

地中熱ヒートポンプは1年を通して温度がほぼ一定の地中熱(15℃程度)を熱源とするため、零下から30数度まで温度が大きく変化する大気を熱源として、温暖地で多用される空冷ヒートポンプより効率よく運転できる(図2)。また、寒冷地に多いボイラーなどの燃焼機器に比べると非常に効率が高い。しかし、日本で普及させるためにはいくつかの課題があると、新日鉄エンジニアリングの村靖は指摘する。

「単一地層が多く掘削が容易で、寒冷地が多い欧州では、燃焼機器に対して明らかに効率の高い地中熱ヒートポンプが比較的普及していますが、温暖な日本では空冷ヒートポンプに対する優位性が明確ではなく、地層が複雑・多様で掘削コストも高いため、普及には至っていません。普及のためには、掘削コストの低減を図るとともに、空気熱源方式に対する優位性を定量的に把握する必要があります」

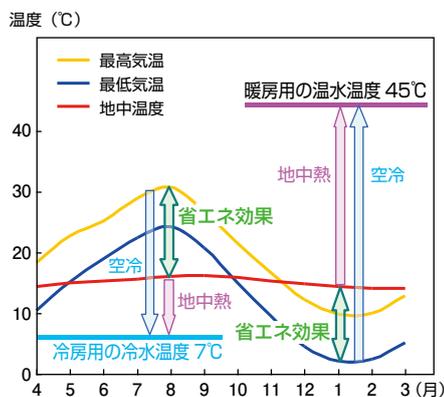
### 土壌掘削コストを低減する NSエネコパイ

地中熱ヒートポンプでは熱交換器埋設のため、地中に直径100mm、深さ50~100m程度の孔(ボアホール)を垂直に掘削する必要があります。新日鉄エンジニアリングではコスト高のボアホール方式ではなく、建築物の基礎杭を地中熱交換器として利用する「NSエネコパイ」で、インシャルコストの大幅な削減を可能にした(図3)。「杭を地中熱に利用する場合は、中空部分にパイプを納め、水を充填し、地中熱交換器にします。保有水の自然対流効果により、優れた熱交換性能を発揮します」(中村)。

### 性能の定量評価手法確立と 熱搬送エネルギーの大幅削減

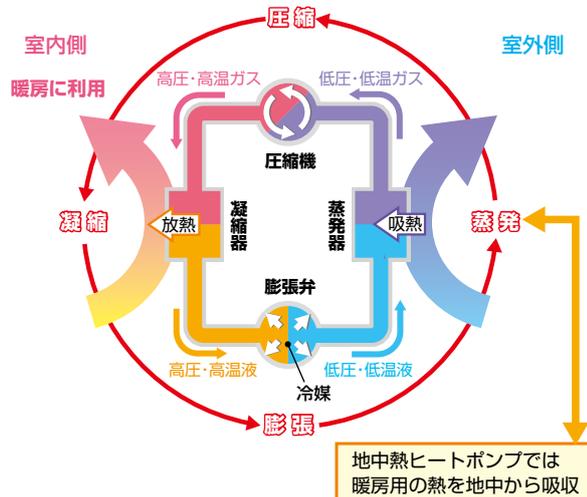
大気は熱交換し続けても基本的に温度は変わらないが、蓄熱体である

図2 外気温と地中温度差の一例



例えば外気温30°Cで、冷房に7°Cの冷水が必要な時、空気熱源は23°C差があるが、地中熱は15°Cで8°C差のため効率よく運転できる。

図1 ヒートポンプの仕組み (暖房時)



地中熱ヒートポンプでは暖房用の熱を地中から吸収

※1 産学官連携功労者表彰：地球環境保全などの観点から、大学や公的研究機関、企業などの産学官連携活動において大きな成果を収め、連携推進に貢献した成功事例を表彰する制度。本技術は2006~2008年度に環境省の地球温暖化対策技術開発事業として採択されている。



新日鉄エンジニアリング(株)  
建築・鋼構造事業部 総合建築部 建築設備室  
シニアマネジャー 中村 靖

冷房能力低下を招きやすい温暖地域

(図4)。

さらに、地中温度の上昇によって  
また、地中熱ヒートポンプは熱をつくる効率は優れるが、熱を運ぶために水を循環させる必要がある。循環流量を減らしていくと熱交換性能が低下する傾向があるため、通常、冷暖房負荷が小さいときでも流量は下げずに一定流量で運転している。そのため、循環ポンプが不要な空冷ビルマルチ方式(※2)に比べ熱をつくって運ぶトータル効率での優位性は下がる。日本では新築建物の総床面積の約3分の2を中小規模建物が占め、空冷ビルマルチ方式が普及しているため、これが地中熱普及の障害になっている。

「2006年より環境省開発事業にて(株)藤原環境科学研究所を協力者として加え、循環流量を変更する試験条件を加えた実証試験を行い、地中温度変化予測モデルに循環流量特性を取り込みました。これにより少量時の熱交換性能を把握でき、冷暖房ピーク時以外には流量を適度に減らすことが可能となり、熱搬送エネルギーを大幅に削減しました。併せて、室内側はビルマルチ方式を採用することによって、冷房期間平均で高いエネルギー効率(SCOP4・5以上(※3))を達成しました(中村)。

さらに、地中温度の上昇によって

(図4)。

「少水量対応高効率地中熱利用ヒートポンプシステム」は、2009年6月に稼働した千葉県印西市の「コープネット印西冷凍センター」の事務所エリアに採用され、初年度で90%のポンプ消費電力削減、SCOP4・47を実現している。さらにNEDOの「次世代省エネルギー等建築システム実証事業」の助成を受けて新日鉄エンジニアリングの自社ビル(福岡県北九州市)への導入工事が進められている(図5、来年3月竣工予定)。両物件共にNSエコパイル(鋼管杭)ではなく既成コンクリート杭方式、ボアホール方式を採用しているが、さまざまな基礎、地盤条件に柔軟に対応できることも同システムの強みだ。

「現在は建築物の建設を受注する際の環境配慮差別化技術として提供していますが、今後は単体システムでのビジネス展開にも取り組んでいく予定です。自社ビルへの導入などで得られる運転実績、ノウハウをフィードバックしながら、運転性能や設計ツールの信頼性をさらに高めていきたいと考えています(中村)。

「出し入れする熱量が一定であれば温度変化の解析は容易ですが、冷暖房負荷が変化し、地中との採放熱量も時々刻々と変化する中で、連続的かつ迅速に解析しなければなりません。2003年から理論計算手法を持つ北海道大学大学院の長野克則教授と共同で、杭を実際に地中に打ち込み、延べ2万5千時間に及ぶ実証試験を行い、実測値との比較による理論式の検証・最適化により定量評価可能な計算モデルを構築。地中温度予測に基づく地

「少水量対応高効率地中熱利用ヒートポンプシステム」は、2009年6月に稼働した千葉県印西市の「コープネット印西冷凍センター」の事務所エリアに採用され、初年度で90%のポンプ消費電力削減、SCOP4・47を実現している。さらにNEDOの「次世代省エネルギー等建築システム実証事業」の助成を受けて新日鉄エンジニアリングの自社ビル(福岡県北九州市)への導入工事が進められている(図5、来年3月竣工予定)。両物件共にNSエコパイル(鋼管杭)ではなく既成コンクリート杭方式、ボアホール方式を採用しているが、さまざまな基礎、地盤条件に柔軟に対応できることも同システムの強みだ。

「現在建築物の建設を受注する際の環境配慮差別化技術として提供していますが、今後は単体システムでのビジネス展開にも取り組んでいく予定です。自社ビルへの導入などで得られる運転実績、ノウハウをフィードバックしながら、運転性能や設計ツールの信頼性をさらに高めていきたいと考えています(中村)。

図5 高効率地中熱利用ヒートポンプシステムを含むさまざまな環境配慮技術を導入する自社ビル



図4 少水量対応高効率地中熱利用ヒートポンプシステムの概要とエネルギー効率

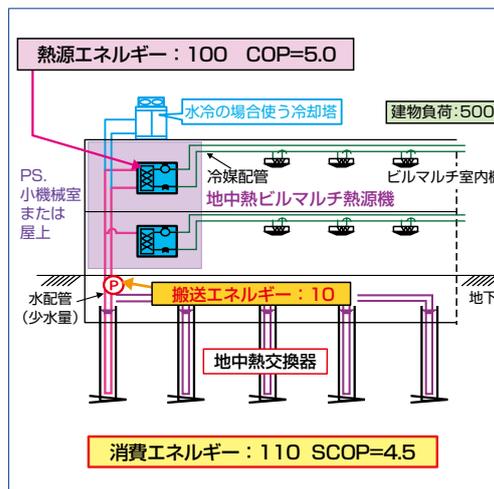
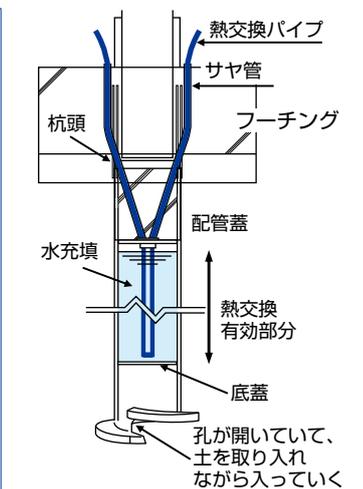


図3 NSエネパイル(回転圧入鋼管杭を利用した地中熱交換器)の概要



※2 ビルマルチ方式：一つの室外機に対して室内機が複数台接続されているヒートポンプ冷暖房設備。  
 ※3 SCOP：ヒートポンプ消費電力(COP)に循環ポンプ、冷却塔などの補機動力を加えたシステム全体の成績係数。数値が大きいほどエネルギー効率が高い。空気熱源ビルマルチ方式は3.6程度。