

## 再生可能エネルギー利用のための水循環・分散型ヒートポンプシステムの開発 (第2報) 非住宅分野における実現可能性の検討

### Development of distributed water source heat-pump system for renewable energy (Part 2) Feasibility study on applicability of non-residential buildings

技術フェロー ○塩谷正樹 (鹿島建設) 技術フェロー 三浦克弘 (鹿島建設) 正会員 小野 永吉 (鹿島建設)  
技術フェロー 大岡龍三 (東京大学) 正会員 日野俊之 (東京大学) 正会員 柴芳郎 (ゼネラルヒートポンプ工業)  
Masaki SHIOYA\*<sup>1</sup> Katsuhiko MIURA\*<sup>1</sup> Eikichi ONO\*<sup>1</sup> Ryuzo OOOKA\*<sup>2</sup> Toshiyuki HINO\*<sup>2</sup> Yoshiro SHIBA\*<sup>3</sup>  
\*<sup>1</sup> Kajima Technical Research Institute \*<sup>2</sup> The University of Tokyo \*<sup>3</sup> Zeneral-Heatpump Industry Co., Ltd.

We are developing a new water-circulation heat pump system which uses renewable energy sources such as solar heat, ground heat and ambient air as energy sources. In this paper we conducted a feasibility study of the new system on applicability of non-residential buildings, especially a hospital. As a result of comparing the system with conventional water source heat-pump systems in terms of life cycle cost, we can regard the new system as a viable prospect.

#### はじめに

地中熱などの再生可能熱エネルギー利用は、イニシャルコストが高く未だ普及が進んでいないのが現状である。本研究は、従来にない再生可能性エネルギー熱利用システムの実用化をめざし、その実現可能性に関する調査を実施したものである。本システムの実現性は、従来採用されている一般的な方式と投資回収年数を指標とした比較検討により評価した。前報<sup>1)</sup>では、空調および給湯需要のある一般的な戸建て住宅を対象にした実現可能性を検討した結果を示した。本報では、非住宅分野を対象に、比較的短・中期で市場に投入できる実用型システムを提案するとともに、非住宅分野のうち病院を対象にしてライフサイクルコストを算出し、経済性の観点から実現可能性を検討した結果について述べる。

#### 1. 検討条件

##### 1.1 モデル建物

本システムは年間を通じて熱源水温度を 15~25°C 程度の中温に保ち、水熱源 HP の高効率化を可能とすることを特長としている。従来の空気熱源 HP に比べると、冬期の方が熱源の温度の優位性が高いため、温熱供給においてより省エネ効果を発揮する。そこで、モデル建物として温熱負荷の大きい病院を想定して検討を行った。同様の負荷特性を持つ用途としてはホテル、老健施設等があり、これらも同条件の適用先として挙げられる。図 1 にモデル建物の概要を、図 2 に想定した負荷条件を示す。延床面積は 15,000m<sup>2</sup> とするが、地中熱交換器の能力等の制約から熱供給の対象床面積は 5,000m<sup>2</sup> とする。これは病室等の 24 時間空調系統に相当 (約 1/3) する。

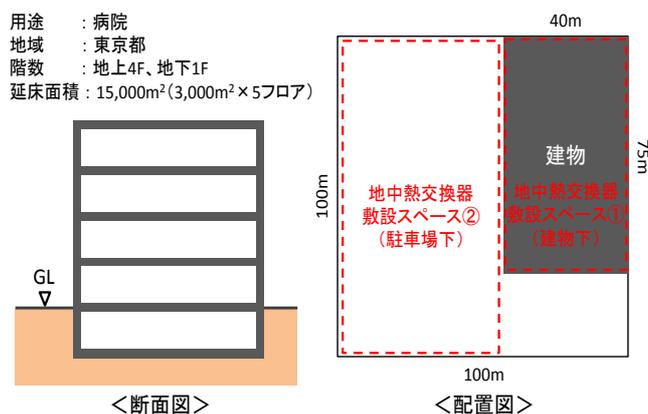


図1 モデル建物の概要

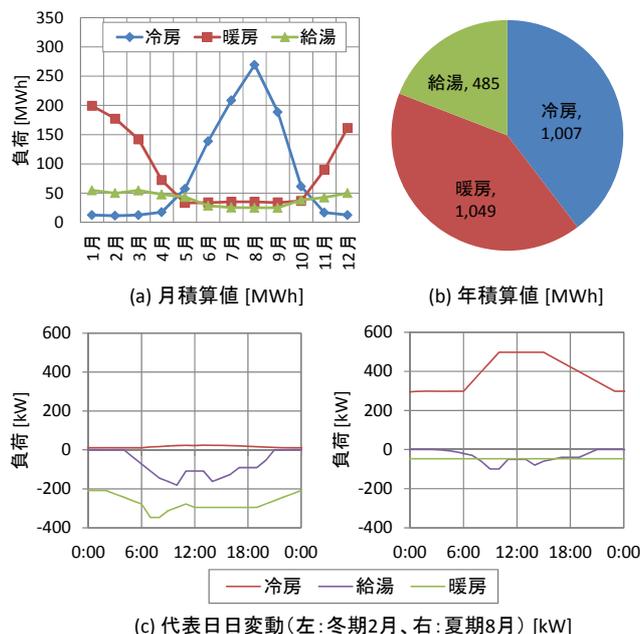


図2 想定負荷条件 (左: 月積算、右: 年積算)

## 1.2 検討対象システム

### (1) 全体システム

検討対象システムを図3に示す。Case01は既に汎用機器として商品化されている水熱源システムであり、開発システムにおける投資回収年数の基準とする。Case02は現状普及しつつある一般的なボアホールを用いた地中熱利用システムであり、参考として結果を示す。Case11は当社が開発・商品化した再生可能エネルギーヒートポンプシステム「ReHP（リヒーブ）システム」で、本検討における導入コスト、運用コスト削減の基準とする。

Case21は本研究における開発システムであり、Case11から①天空熱源HP（以下、SSHP）を新開発の集熱専用機に変更、②地中熱交換器を新開発の蓄熱タイプ（大口径水平管）に変更、③空調・給湯HPを新開発の機器（熱回収タイプ含む）に変更したケースである。次節に構成機器の概要を示す。Case21は開発終了時点（3年程度先）における性能、コストをベースに検討する。各ケースの主要機器リストを表1に示す。

### (2) 開発システムの構成機器

#### ①集熱専用SSHP

コスト低減を図るため、市販の空気・水熱交換器や太陽熱集熱器と組み合わせた集熱専用ヒートポンプである。ブラインなどの不凍液を介して太陽熱、空気熱を集熱源とし、二次側負荷に比べ集熱量が大きい場合は、冷媒回

路をバイパスして直接不凍液で二次側水ループに供給可能である。

#### ②蓄熱型地中熱交換器

建物下または外構（駐車場下）に大口径の熱交換配管（波付硬質ポリエチレン管、写真1）を水平に設置するものである。大容量の管内水を水蓄熱槽のように利用でき、かつ掘削費の低減が期待できる。

#### ③水熱源給湯・空調HP

熱源水ループに対応した小型業務用ビルマルを開発する。高効率熱交換器、DCインバータ圧縮機、DCインバータポンプを内蔵した機器を開発するとともに、システム効率を最大化する制御システムを構築する。さらに、高機能化、コンパクト化等によるコスト削減も図ることができる。



写真1 大口径水平管

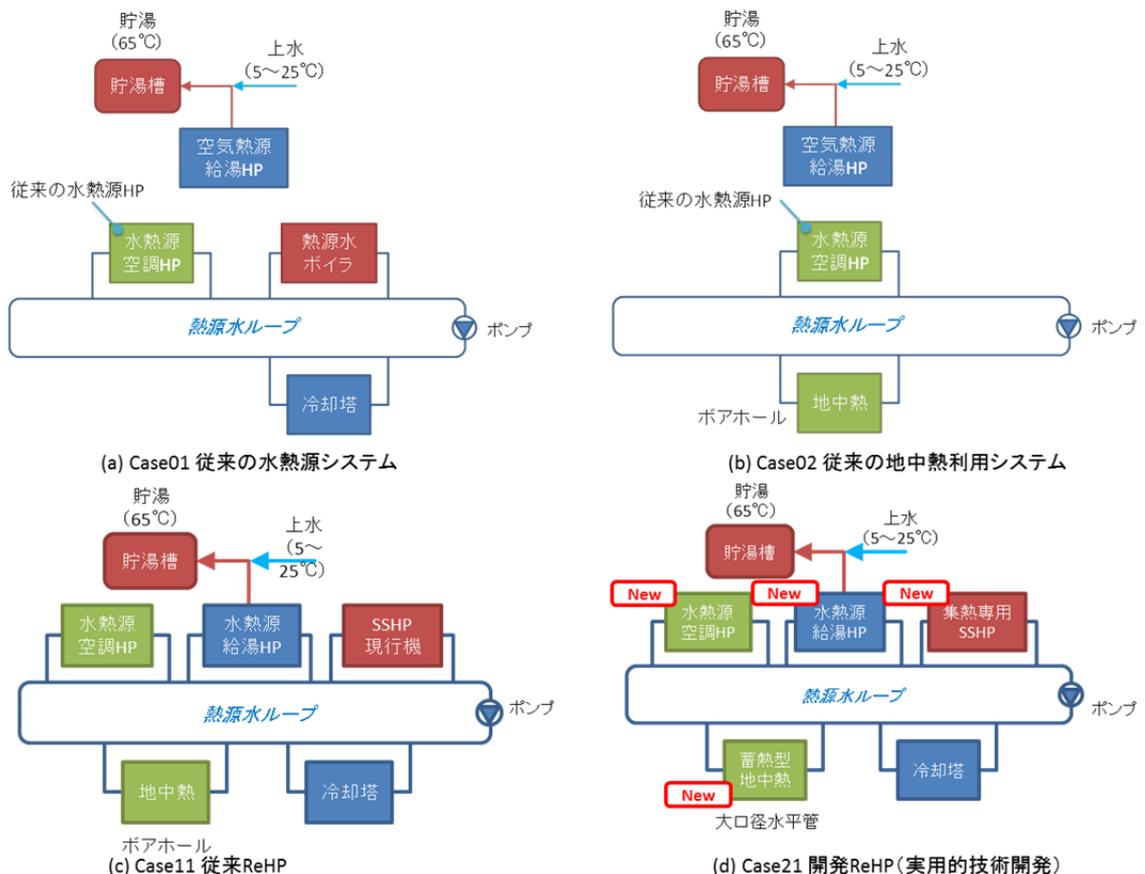


図3 検討対象システム

## 2. 検討結果

開発機器の性能、コストについて検討し、それらを加味したエネルギー消費量、導入コスト、ライフサイクルコスト (LCC) を算出した。導入コストについては建設物価およびメーカー見積りを参考に、建設会社の調達ベースの金額を算出している。図4に各ケースの計算結果を示す。図4(a)は年間エネルギー計算に使用した各HP単体の年間COPである。Case21における空調HP、給湯HPとも現行のもの (Case11) より20%の性能アップを図り年間COPでそれぞれ冷房6、暖房5.4、給湯4.2程度 (運用条件による) を目標としているが、冷房と給湯の熱回収運転を行うため、図に表示している見かけ上のCOPは更に高い値となっている。SSHPは集熱専用とし集熱時のCOPを8とすることを目標とする。

図4(b)は年間の1次エネルギー消費量を示している。Case01では温熱源としてのボイラのエネルギー消費量が多いのに対し、Case11、Case21では天空熱源HP (SSHP) に代わるため、大きな省エネ効果が得られている。また、空調・給湯HPの高効率化、熱回収HP (冷温熱の同時取り出し) の採用による効果も併せ、システム全体でCase21はCase01に対して43.0%、Case11に対して27.8%の省エネとなった。

図4(c)は導入コストを示している。ここで、Case21はスクロール式 (既製品) の場合、Case22はSSHPの圧縮機がターボ式 (新規開発) の場合の結果である。

ターボ式は今回開発するHFO冷媒、オイルレス磁気軸受を採用した圧縮機であり、スクロール式は従来のフロン冷媒用の既製圧縮機である。ターボ式の場合にはスクロール式よりもより高効率化を図れる見込みであるが、その性能は検討途中のためここではスクロール式と同じCOPとして扱う。Case11、Case21では給湯負荷は熱回収HPにより賄うため、給湯HPのコストは空調HPに含めて表示している。Case11ではSSHP、地中熱交換器のコストが大きく増え、Case01の約3倍となっている。これに対し、SSHP、地中熱交換器、空調・給湯HPの低コスト化を行うことで、Case21はCase01の約1.6倍となる。それぞれ機器単体では大幅なコストダウンが図れているものの、システム全体ではまだ60%以上の割高となる。

図4(d)はLCCを示している。LCCは導入コスト、エネルギーコスト (従量料金、電力基本料金の差額を考慮)、メンテナンスコストの合計である。メンテナンスコストは機器導入コストの2%を毎年見込んだ。ターボ式SSHPはオイルレス磁気軸受の採用によりメンテナンスフリーである。Case01に対する投資回収年数はCase21で11.3年となった。

ターボ式の場合には回収年数がやや長いですが、地球温暖化係数GWP=0の新冷媒に対応していること、オイルレス磁気軸受の採用によりメンテナンスフリーとなる点を加味すれば、開発の意義は十分にあると考える。

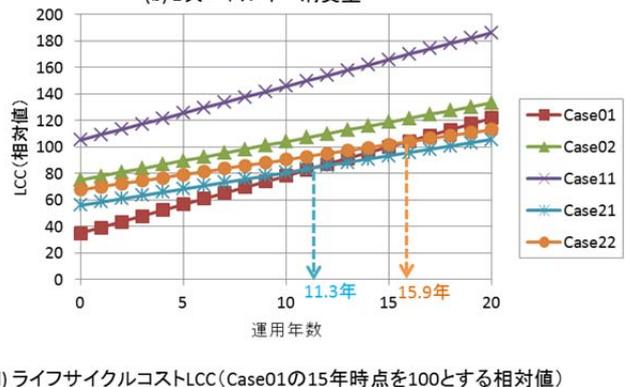
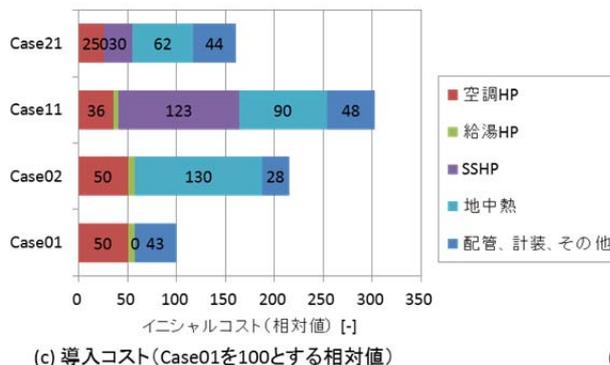
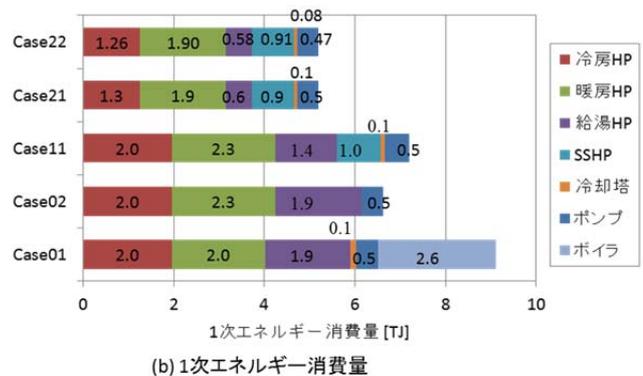
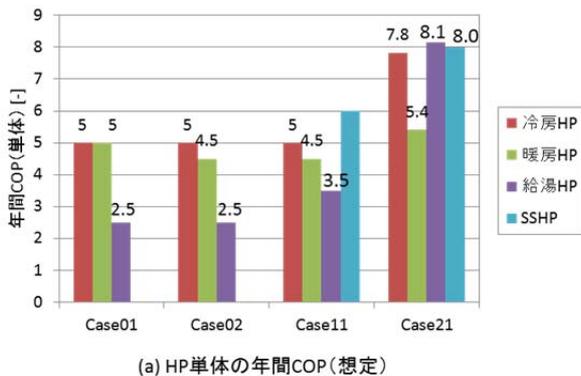


図4 システムのエネルギー・コスト試算結果

表2に本研究で設定したコスト目標値とそれに対する試算結果をまとめて示す。機器開発によって各機器コストの削減、高効率化を行うことで、すべての目標値をほぼ達成できる見通しを得た。

### 3. 結論

今年度実施した実現可能性評価により以下の点を明らかにした。

- 1) 機器コストについて、天空熱源 HP は40%削減、地中熱交換器は20%削減、水熱源空調・給湯 HP は20%削減が目標であったが、試算した結果ではそれぞれ51~76%削減、31~45%削減、38.1%削減となり、すべて達成できる見通しを得た。
- 2) システムコストについて、本研究で設定した導入コスト18%削減、運用コスト20%削減目標に対し、導入コスト38~47%削減、運用コスト28~48%削減を達成できる見通しを得た。
- 3) 従来システムでは投資回収が困難な結果になったのに対し、3年程度先の開発終了時の投資回収年数は11~16年程度となる。
- 4) 将来的な改善（先導的技術開発）を踏まえると、開発終了から数年後（5年程度）には更にエネルギー消費量を30%程度削減し、投資回収年数は9年まで短縮できる。
- 5) 今回対象とした病院では温熱負荷が大きいいため、暖房・給湯の省エネルギー効果が大きい。一方、温熱源である SSHP および地中熱交換器の必要容量も大きくなるため、導入コストの点では不利な条件と言える。負荷条件に応じたシステム設計とコスト採算性についても今後検討していく必要がある。

### 【謝辞】

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構より委託を受けた「再生可能エネルギー熱利用技術開発／地中熱利用トータルシステムの高効率化技術開発及び規格化／再生可能エネルギー利用のための水循環・分散型ヒートポンプシステムの開発」の一環として実施したものである。ここに感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 大岡ら：再生可能エネルギー利用のための水循環・分散型ヒートポンプシステムの開発（第1報）住宅規模向けの技術開発の実現可能性調査、空気調和・衛生工学会学術講演論文集(2015)

表1 主要機器表

Case No.	名称	機種	仕様
Case01	空調HP	PMAC	冷却能力500kW
	給湯HP	空冷エコキュート	加熱能力113kW
	熱源水ボイラ	ガスボイラ	加熱能力260kW
	冷却塔	密閉式冷却塔	冷却能力600kW
Case02	空調HP	PMAC	冷却能力500kW
	給湯HP	空冷エコキュート	加熱能力113kW
	地中熱交換器	ボアホール(ダブルU)	100m×80本、25A
Case11	空調HP	従来機	冷却能力500kW
	給湯HP	従来機	加熱能力113kW
	SAHP	従来機	5kW×45台
	地中熱交換器	ボアホール(ダブルU)	800m、25A
	冷却塔	密閉式冷却塔	冷却能力600kW
Case21	空調HP	開発機	冷却能力290kW
	熱回収HP	開発機	加熱能力280kW
	集熱専用SSHP	開発機	46kW×10台、スクロール式
	地中熱交換器	大口径水平管	3760m、200A
	冷却塔	密閉式冷却塔	冷却能力600kW
Case22	空調HP	開発機	冷却能力290kW
	熱回収HP	開発機	加熱能力280kW
	集熱専用SSHP	開発機	46kW×10台、ターボ式
	地中熱交換器	大口径水平管	3760m、200A
	冷却塔		冷却能力600kW

表2 目標値に対する試算結果

項目	コスト目標値	試算値	比較基準	
機器単体目標	天空熱源HP	40%削減	75.9%削減(Case21) 53.7%削減(Case22)	従来の天空熱源HP
	地中熱交換器	20%削減	31.4%削減(Case21,22)	ボアホール(ダブル)
	水熱源空調HP	20%削減	38.1%削減(熱回収HP含む)	従来の水熱源空調HP
	水熱源給湯HP	20%削減		従来の水熱源給湯HP
システム目標	導入コスト	18%削減	46.8%削減(Case21) 37.8%削減(Case22)	Case11 従来ReHP
	運用コスト	20%削減	27.8%削減(Case21,22)	Case11 従来ReHP
	投資回収年数	15年程度	11.3年(Case21) 15.9年(Case22)	Case01 従来の水熱源システム