

# 【事業名】自然エネルギー利用マルチソース・マルチユースヒートポンプシステムの開発

平成22年3月1日

【代表者】東京大学 大岡 龍三

【実施年度】平成20～21年度

## (1)事業概要

建物周囲に賦存する多様な自然エネルギーを多目的に熱利用して、民生部門のCO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減する革新的なヒートポンプシステムを開発した。本システムは、屋外ユニット、地中熱交換器、分散型熱利用機器と水ループの熱ネットワークで構成され、地中熱交換器は、地中熱利用に加えて日サイクルの土壤蓄熱機能を持たせることにより、小型化と低コスト化を可能にする。本事業では、新システムの基盤技術構築を目指して設計法や制御法の開発を行い、実用化と製品化へ向けたシステム技術の実証を行った。

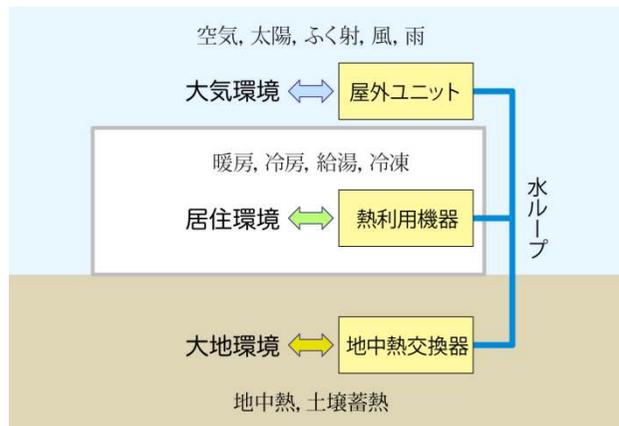
## (3)製品仕様

- ・冷暖房能力5kW, 給湯能力8kW(戸建て住宅規模)の試作と運転実験を実施
- ・屋外ユニットは、小型空冷ヒートポンプチラーを特注製作
- ・空調用水熱源HPは市販品をベースに利用
- ・給湯HPはプロトタイプを特注製作
- ・システム総合効率:4.5(夏季), 3.0(冬季)
- ・PVソルエアHPのプロトタイプを開発, 電力自給率は50%

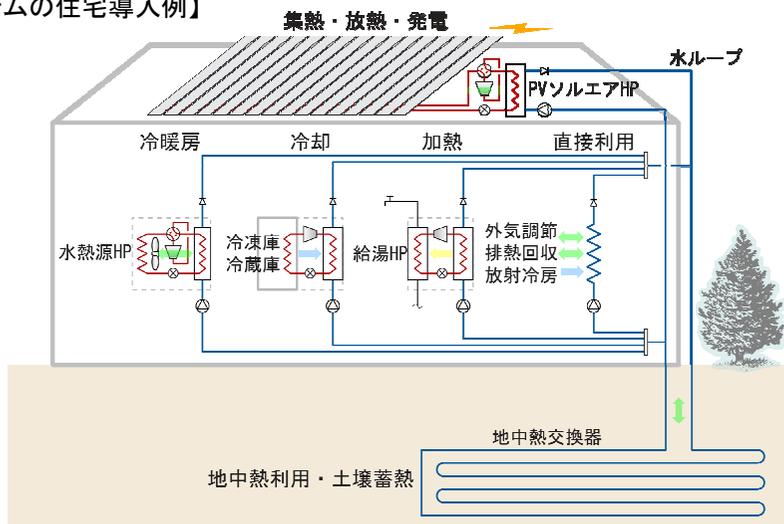
## (2)技術開発の成果/製品のイメージ

### 【システムコンセプト】

大気環境と大地環境を集放熱源とし(マルチソース)、居住環境の多目的熱需要に対応する(マルチユース)ヒートポンプ(略称MMHP)システム。  
熱源は、地中熱と空気熱。  
将来システムでは、太陽放射と夜間放射も利用可能。  
熱利用は、暖房、冷房、給湯、冷蔵など。冷房や冷凍の排熱は給湯に回収利用できる。



### 【システムの住宅導入例】



## (4)事業化による販売実績/目標

<事業展開における目標およびCO<sub>2</sub>削減見込み>

- ・地中熱交換器の実用化段階コスト目標: 15万円/台(掘削費込み)
- ・太陽電池のコストダウンが進む2020年以降は、ソーラーHPを屋外ユニットに用いる
- ・コイル台数⇒住宅:(4台/件), 業務ビル:(200台/件)

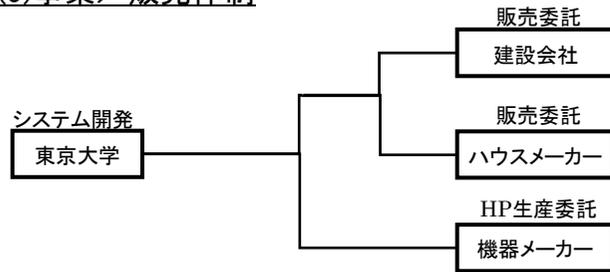
年度		2010	2012	2015	2020	2050(最終目標)
目標累積物件数	住宅	1	20	100	1,000	750,000
	業務ビル	0	10	30	300	151,500
目標累計コイル数	合計	6	2,000	6,000	64,000	33,300,000
目標販売価格(円/台)		40万(円/台)	30万(円/台)	20万(円/台)	15万(円/台)	10万(円/台)
CO <sub>2</sub> 削減量(t-CO <sub>2</sub> /年)		0.7(t-CO <sub>2</sub> /年)	350(t-CO <sub>2</sub> /年)	1,000(t-CO <sub>2</sub> /年)	11,500(t-CO <sub>2</sub> /年)	6,000,000(t-CO <sub>2</sub> /年)

<事業拡大の見通し/波及効果>

本事業の技術開発成果を公開し、機器メーカーの広い参加を得て製品化へ移行する。業務ビルへの適用は、建設会社が主導する。そして、2015年以降は、設備の更新や建替え需要も加えて本格的な導入拡大を目指し、改良とコストダウン、応用展開を進める。

年度	2010	2012	2015	2020	2050(最終目標)
機器メーカーの参加による開発		→			
ハウスメーカーや建設会社と共同で導入促進			→		
販売拡大・応用展開				→	

## (5)事業／販売体制



## (6)成果発表状況

- ・日野俊之, 大岡龍三 他, 「自然エネルギー利用マルチソース・マルチユースヒートポンプシステムの開発(その1)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集
- ・宮内啓輔, 大岡龍三 他, 「自然エネルギー利用マルチソース・マルチユースヒートポンプシステムの開発(その2)」, 日本建築学会大会学術講演梗概集
- ・宮内啓輔, 大岡龍三 他, 「自然エネルギー利用マルチソース・マルチユースヒートポンプシステムの開発(その3)」, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集
- ・ENEX2010へ出展, (2010)
- ・特開2009-198102, 「地中熱利用装置及びその制御方法」(2009).

## (7)期待される効果

### ○2009年時点の削減効果

- ・本事業により6台導入
- ・年間CO<sub>2</sub>削減量: 0.4t-CO<sub>2</sub> / 年

従来システム 3t-CO<sub>2</sub> / 年  
本システム 2.6t-CO<sub>2</sub> / 台 / 年 (2009時点)

### ○2013年時点の削減効果 (試算方法パターン C, I)

- ・従来システムをビルマルチとする。なお, ビルマルチは冷房能力で年間300kW程度が販売されている。
- ・モデル事業等により2,000kW(冷暖房能力)導入
- ・年間CO<sub>2</sub>削減量: 120t-CO<sub>2</sub>

ビルマルチ: 32t-CO<sub>2</sub> / (冷暖房能力200kW) / 年  
本システム: 20t-CO<sub>2</sub> / (冷暖房能力200kW) / 年: (2013年時点の性能)  
以上より, (2,000) × (32-20)t-CO<sub>2</sub> / (冷暖房能力200kW) / 年 = 120t-CO<sub>2</sub>

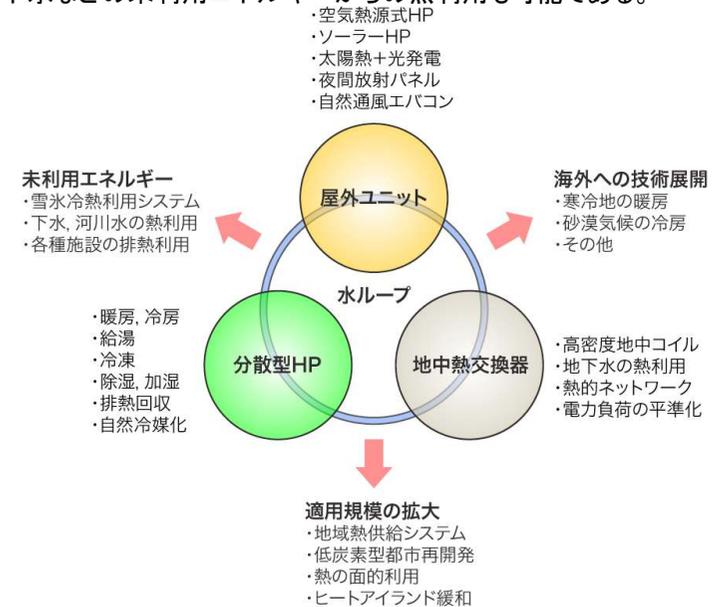
### ○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン C, I)

- ・2020年度に期待される普及量: 100万kW(新技術の供給可能量と普及速度から推計)
- ・年間CO<sub>2</sub>削減量: 8万t-CO<sub>2</sub>

本システム: 16t-CO<sub>2</sub> / (冷暖房能力200kW) / 年: (2020年時点の性能)  
以上より, (100万) × (32-16)t-CO<sub>2</sub> / (冷暖房能力200kW) / 年 = 8万t-CO<sub>2</sub>

## (8)技術・システムの応用可能性

- ・地中熱交換器に関しては, 水平型に加え, 垂直型などの様々な形態の高密度地中コイルに応用可能である。
- ・屋外ユニットは, 実験では既存技術の延長である空気熱源式HPを用いたが, 将来的には, CO<sub>2</sub>削減効果の大きなソルエアHPに発展させることが可能である。
- ・分散型熱利用機器は, ビルマルチに代わる個別空調式HPが可能になり, 給湯HPはエコキュートを凌ぐCO<sub>2</sub>削減が可能になる。また, 冷媒封入量を少なくできるため, 温暖化係数の小さな炭化水素系自然冷媒を使うことも考えられる。
- ・地下水や下水などの未利用エネルギーからの熱利用も可能である。



## (9)今後の事業展開に向けての課題

### ○事業拡大の実現に向けた課題

- ・機器メーカーの複数参入による競争的な機器改良と低コスト化
- ・高効率地中熱交換器の開発と施工法の確立
- ・実用化と製品化に主眼を置いた技術開発
- ・大学が主催する新技術普及研究会等の定期的な実施
- ・システムコーディネーター的な職能の育成
- ・海外展開も含めた多様な応用技術の研究開発

### ○行政との連携に関する意向

- ・CO<sub>2</sub>削減を主題にした研究開発拠点を大学に設ける
- ・バックキャスト的な将来技術を提示し, 実証PRする技術開発事業
- ・学校教育施設へ導入して自然エネルギーやヒートポンプ技術を教材化する
- ・CO<sub>2</sub>削減をテーマにした海外との研究開発交流事業
- ・公的施設への積極的な導入と啓蒙

# 地球温暖化対策技術開発評価委員会による終了課題事後評価の結果

## ・ 評価点 12.4点 (20点満点中)

## ・ 評価コメント

- マルチソースを利用する点は評価できる。
- ヒートポンプの特性を様々な熱源を利用するという形で具現化したもので、組み合わせるといった視点は評価に値する。
- 1年半で、冷房と暖房需要期についてのフィールドテストを実施するという離れ業を実施された事については高く評価する。
- 地中熱利用の一つの問題点である、地温変化を抑止する新たな技術開発のコンセプトを、具体的な形に実現しつつある点も高く評価できる。
- 技術開発以外に、一般住宅への普及が問題と考える。その理由は、まず普及対象がほぼ新築戸建住宅のみに限られること、3階建て住宅が増え、敷地面積が限られる中で地中熱交換器の設置スペースの確保が可能か、が懸念される。次いで、マルチユース側の問題として、水ループを導入した住宅のセントラル空調・給湯システムのビルトイン化がどこまで普及するのか、その建築コスト増分をユーザーが負担できるのか、といった点が上げられる。さらに、実用化のためには災害によるシステムダウン、一部の部品・機能の停止によるシステム全体へのダメージなどへの対策についても検討すべきである。
- 全体的に、高級住宅に付する高級機能との位置づけとなる。実用化・事業化は可能であろうが、人口・世帯数が減少し、住宅品質の向上や耐用年数の長期化(新築戸建住宅の減少)が進むと考えられる中で、広範な普及のための課題を洗い出しておくべき。
- 2020年時点では限定的な普及見通しとなっているが、長期的な大量普及に向けた評価の際には、地域別の気候特性や住宅・業務用ビルの立地環境等を踏まえた適用可能性の調査・分析が必要。
- ヒートポンプの技術は確立されつつある中、形は違うがすでに導入されている技術もあり、技術開発の観点で考察すると、新しさに欠ける。
- 既存施設等に導入するには工事が大掛かりなものになるので、そのコスト削減と費用対効果のバランスを再考が必要。
- イニシャルコストの分析では、ボアホールとの比較で、安価と位置づけているが、最も一般的な空調システムとの比較も重要。
- コイルの埋設でこれほど大規模に土壌を掘削して、このコストは低すぎるのでは。
- マルチユースシステムの設計が年度末で80%となった点は、今後の課題として解決することが必要。
- 成果は得られているが、普及に向けたシナリオが読み取れない。
- 技術開発期間中に普及促進に向けたビジネスモデルの在り方を検討すべきでは。
- 1システムあたりのCO2排出削減率は高いものの、削減量としては0.2t-CO2/台程度であり、多数の導入がなされる事が実質的なCO2排出削減に不可欠である。この観点からは、家庭で負担できるコストが想定できるかが鍵だと思われる。個々のヒートポンプは、現行のものよりも小さな温度差で稼働させれば良いので、要求性能は高くなくても良いだろうが、地中熱交換器とソルエアヒートポンプについては、それなりのコストが必要だと思われる。
- 技術的なリファインとともに、導入コストをコンペイトできる制度的な仕組みについて、人を納得させられる理論的武装が必要。今提示されているシナリオ通り、価格が10万円/台となれば、現行エアコン機種と価格差が殆ど無くなる可能性もある。