

【事業名】太陽熱利用と冷房効率向上を同時に実現する居住系施設向け空調システムの開発研究

【代表者】東北大学 吉野 博

【実施年度】平成20～22年度

No. 20-4

(1)事業概要

太陽熱利用の給湯・暖房・デシカント空調設備と、顕熱除去を主体とする放射冷房設備とを連携させた、太陽熱を全年で有効利用しながら冷房装置の成績係数を15%以上向上させる、環境配慮型で快適性に優れた設備システムを実現する。

(2)システム構成

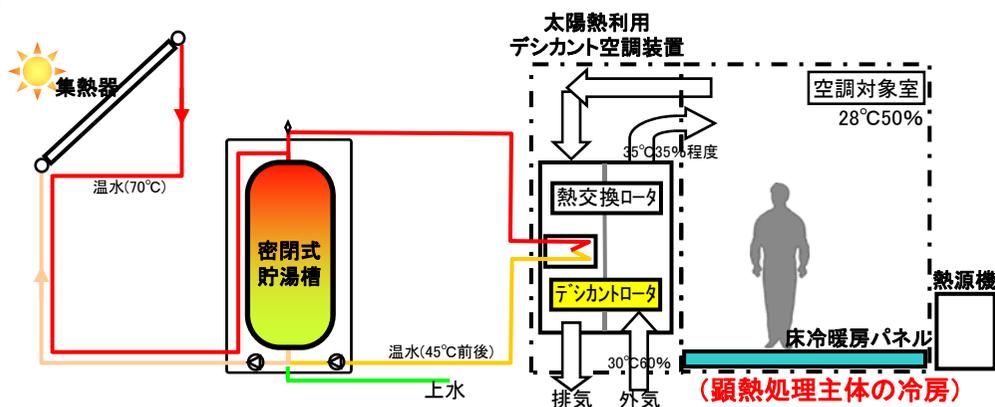


図1 実験用装置の概要図(夏モード)

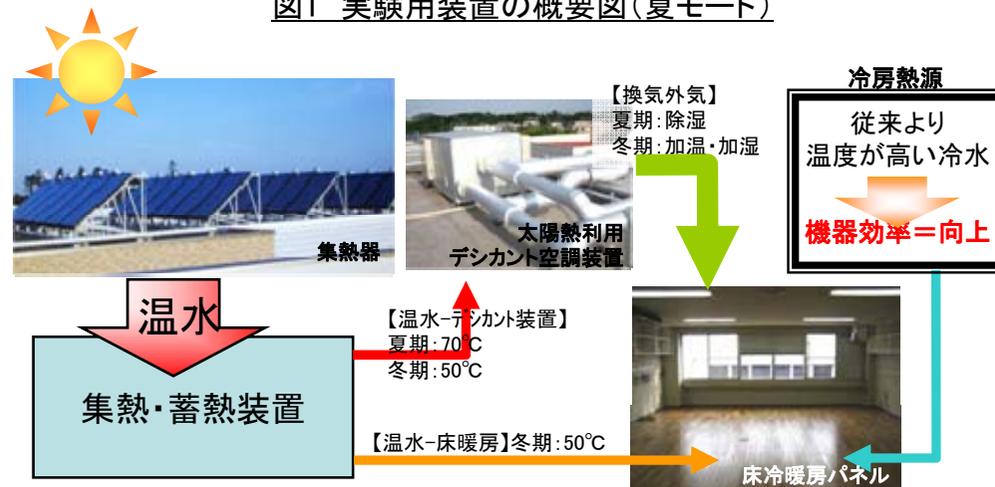


図2 全体システムの概要

(3)目標

平成20年度は、開発全体システムを構成する個別機器(①低温再生型デシカント空調装置、②顕熱除去を主体とする放射冷房装置、③全体システムに適した太陽集熱装置)の技術開発を実施し、冷房装置の成績係数が15%以上向上するための個別機器の仕様を明らかにする。また、全体システムの年間数値解析モデルを構築し、平成21年度に構築を予定するフィールド実証用システムを対象に数値解析によるケーススタディーを行い、全体システムを設計する。

(4)導入シナリオ

<事業展開におけるコストおよびCO₂削減見込み>

実用化段階コスト目標:1000万円(集熱器50㎡システム)

実用化段階単純償却年:50年程度*1(従来システムとのコスト差額+900万円*2)

*1(参考)太陽光発電の単純償却年:70年程度以下になると見込む

*2:通常のエアコン+熱交換型換気設備に比べて

年度	2011	2012	2013	2014	2030 (最終目標)
目標販売台数(台)	-	1	2	4	3000
目標販売価格(円/台)		1500万	1400万	1300万	1000万
CO ₂ 削減量(t-CO ₂ /年)	5	10	20	40	15000

<事業スケジュール>

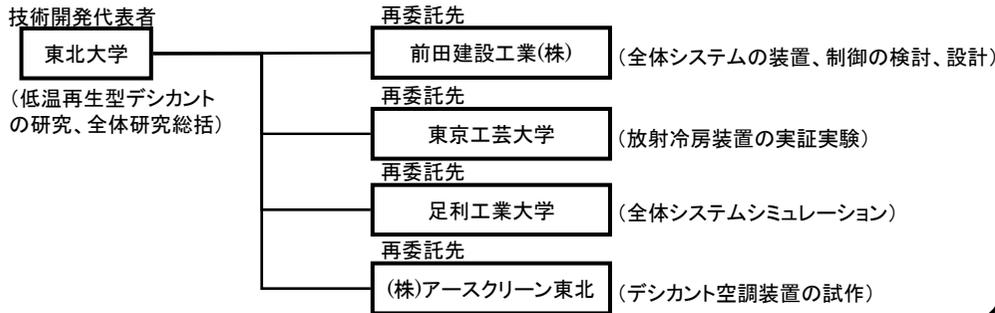
本事業によって開発システムの効果明確化と設計技術確立を図り、技術方向性を示す。成果は論文・講演等で国内外に広く周知し、また空調機メーカー、ゼネコン、住宅ビルダーによる開発を促進することで、2014年には実用化が期待される。普及初期には共同事業者の前田建設工業(株)の事業を核として、2012年より公共施設モデル事業等を中心に普及推進が図られ、2014年より民間施設への拡大が期待される。

年度	2011	2012	2013	2014	2030 (最終目標)
実用化開発・テスト		→			
公共施設への導入				→	
民間施設への適用拡大					→
一般技術化					→

(5)技術開発スケジュール及び事業費

実施項目	実施期間	平成20年度	平成21年度	平成22年度
1)低温再生型デシカント空調機に関する研究		空調機試作・実験、数値解析	夏期実測、改良開発	
2)顕熱除去を主体とした冷房設備に関わる研究		実験装置構築・実測	改良開発、実測	
3)全体システムに適した太陽集熱装置に関する研究		フィールド実証用集熱装置設計	改良開発、実測	
4)実際の居住施設への適用の検討		フィールド実証用施設の基本設計	実施設計、構築	実証試験
		35,100千円	35,100(要望50,000)千円	35,100千円

(6)実施体制



(7)技術・システムの技術開発の詳細

- (1)太陽熱利用の低温再生型デシカント空調装置に関する研究(東北大・工芸大・EC東北)
- スポンジ酸化チタンを使った低温再生型デシカント装置を試作し、除湿試験を行う。
 - 低温再生型デシカント装置の最適化検討(数値解析)用に吸放湿物性試験を行う。
 - フィールド実証用の低温再生型デシカント装置の構造・制御を最適化する。
 - 以上の研究により、再生温度60°Cで駆動する低温再生型デシカント装置を開発する。
- (2)顕熱除去を主体とした放射冷房装置に関する研究(工芸大・前田建設)
- 太陽熱利用デシカント装置と放射冷房装置の組み合わせシステムを構築し実測を行う。
 - データ分析、課題抽出を行い、装置最適化・改造と、改造後装置の実測を行う。
 - 以上の研究により、冷房装置の成績係数を15%向上できる全体システムを開発する。
- (3)全体システムに適した太陽集熱装置に関する研究(前田建設・足利工大・工芸大)
- 集熱器、空調設備、補助熱源の連携を最適化した太陽集熱装置の構造・制御の仕様を検討し、年間数値解析によるケーススタディーを行う。
 - 以上の研究により、フィールド実証用システムの集熱装置仕様を決定する。
- (4)実際の居住施設への適用の検討(東北大・前田建設・EC東北・足利工大)
- 研究成果を統合し、フィールド実証用システムの設計・構築と、実測評価を行う。
 - 冷房装置の成績係数を15%以上向上させ、かつ冷房エネルギーが30%以上削減できることを実証する。

(8)これまでの成果

- (1)太陽熱利用の低温再生型デシカント空調装置に関する研究
- 従来式デシカント装置の運転実験を行い、**除湿能力データ(比較用)**を取得。
 - 除湿能力向上が期待される**新型デシカントロータの吸放湿物性データ**を取得。
 - 新型デシカント実験装置の試作を完了し、除湿能力実験を実施。**
- (2)顕熱除去を主体とした放射冷房装置に関する研究
- 床冷房実験システムと計測システムを構築。
 - 実際の気象条件の下で床冷房実験を行い、冷房熱源のCOP特性データ**を取得。顕熱除去主体の冷房方式により**COPが向上するとの基礎データ**を得た。
 - 床面温度と室温をパラメータとした**被験者実験**を行い、室内快適性を評価した。その結果、室温が30°Cと高い場合でも、比較的快適であることが明らかとなった。
- (3)全体システムに適した太陽集熱装置に関する研究/(4)実際の居住施設への適用検討
- フィールド実証用システムの基本計画**を行った。

(9)成果発表状況

- 当事業については、現在のところ無し。
(当事業成果は、来年度建築学会等に順次発表する予定。)
- 既往の関連研究については、以下の通り。
建築学会発表(2008年9月)「通年利用型ソーラー給湯・空調換気システムに関わる研究」(発表者:東北大、前田建設、工芸大)、他計32件

(10)期待される効果

○2012年時点の削減効果

- モデル事業等により計2台導入(フィールド実証用システムと合わせて)
 - 年間CO₂削減量(概算): 10t-CO₂/年
- | | |
|--|---|
| 従来システムの排出量 | 17t-CO ₂ /台・年 |
| 本システムの排出量 | 12t-CO ₂ /台・年(集熱器50㎡システムを想定) |
| 以上より、2台×5t-CO ₂ /台・年=10t-CO ₂ /年 | |

○2030年時点の削減効果

- 国内潜在市場規模: 15,000台
(システム台数=[A]×[B]/[C]=15,000台)
 - [A]業務施設の床面積(1990年ストック)=100,000千㎡
 - [B]当システムの適用対象施設の割合: 15%
(中低層の居住系建物(高齢者福祉施設、病院、学校、事務所等)の想定割合)
 - [C]集熱器50㎡システムに対応する適切な建物規模(床面積)=1千㎡
 - 2030年度に期待される最大普及量: 3,000台(普及施策が進み潜在の20%と想定)
 - 年間CO₂削減量: 約15,000t-CO₂
- | | |
|--|---------------------------|
| 本システム | 5.0t-CO ₂ /台/年 |
| 以上より、3,000台×5.0t-CO ₂ /台/年=15,000t-CO ₂ /年 | |

※当事業の応用開発が進めば、市場の大きな住宅分野での普及がさらに見込まれる。

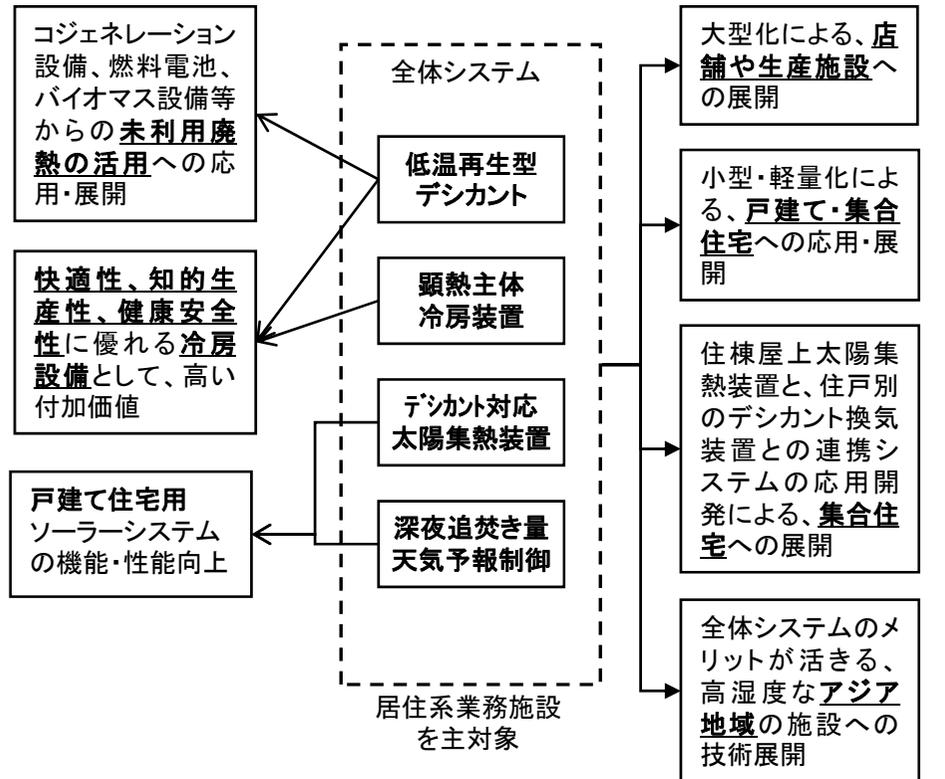
(11)技術・システムの応用可能性

本技術は、民生部門の居住系施設の空調設備分野を中心に適用が期待されるほか、業務系である店舗や工場等の空調設備分野にも展開が可能である。また、小型化・軽量化を進めることで、戸建て住宅、集合住宅への展開も見込まれ、広く導入が期待できる有望な技術であると考えられる。また、太陽熱利用の普及は全世界的な課題であるため、国内外に展開できる技術であると考えられる。

さらに当開発の成果は、今後普及するであろうコジェネレーション設備、燃料電池、バイオマス設備等からの未利用の低温廃熱の活用にも生かせる技術であり、応用可能性は多岐に渡る。

以上より、当技術開発によって、民生分野の建築空調部門におけるCO₂排出量の削減が期待されるとともに、低炭素型の自然エネルギー利用設備への転換を推進するにあたっての基礎データを提示することができ、また応用可能性も広いことから、重要な技術開発である。

<個別の技術・システムの応用>



(12)技術開発終了後の事業展開

○量産化・販売計画

本事業はデシカント空調装置メーカーである株式会社アースクリーン東北との共同事業であり、太陽熱との連携に適したデシカント空調装置において、早期の実用化が期待できる。また、太陽熱の集熱と貯湯および追焚き(補助熱源)を行うための装置に関わる技術開発については、申請者らはこれまでに業務用電気温水器の業界シェアトップメーカーの協力を得て技術開発を進めてきており、当装置についても同様に早期の実用化が期待できる。また、全体の技術開発成果は、共同事業者で総合建設会社である前田建設工業株式会社によって、業務用施設を中心にして普及推進されると期待できる。

本事業によって、提案システムの効果を明確にし、また最適な機器構成や制御方法の提示や設計方法の確立を図ることで、快適性を向上させながら環境負荷の低減を実現する新しい空調方式を社会に提示することができる。これによって空調機メーカー、設計事務所、ゼネコンなどによる実用化が推進され、2015年には一般化技術になることが見込まれる。また、これら成果を広くPRすることで同様なシステムの住宅用小型装置の開発がメーカーにより進み、住宅ビルダーによって普及が加速することが期待される。このロードマップを整理すると以下ようになる。

○事業シナリオ

年度	2010	2011	2012	2013	2014	2015
当技術開発 (効果・方向性の提示)	▶					
・市場テスト(初期導入) ・低コスト化技術開発		▶				
業務系施設向けに 実用化				▶		
住宅向けに 技術展開					▶	

○シナリオ実現上の課題

- ・全体システムの低コスト化(簡素化・小型化・施工合理化)と、自動制御装置の開発
- ・販売網拡大のためのメーカーとの連携強化
- ・設計事務所、住宅メーカーとの連携強化

○行政との連携に関する意向

- ・自然エネルギー利用設備と従来空調設備の連携によって、快適性と省CO₂との同時実現を図る、ハイブリッド型の空調設備に関わる技術開発支援の更なる推進
- ・自然エネルギー収集効率に優れた太陽熱利用設備の導入普及制度の更なる拡充
- ・地方公共団体による地域への導入支援事業の展開

【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

【代表者】 東京大学 大岡 龍三

【実施年度】 平成20～21年度

No. 20-5

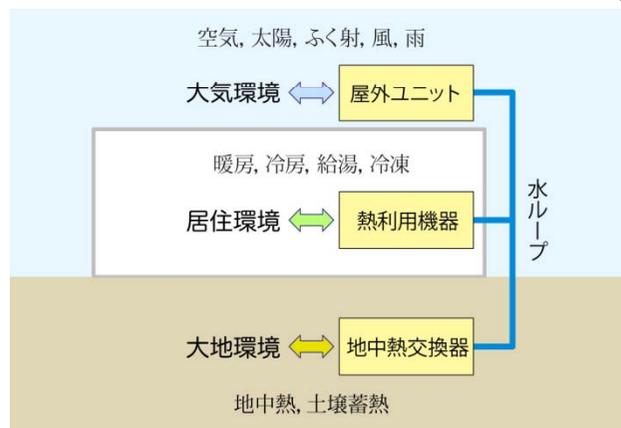
(1)事業概要

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CO₂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する。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う。

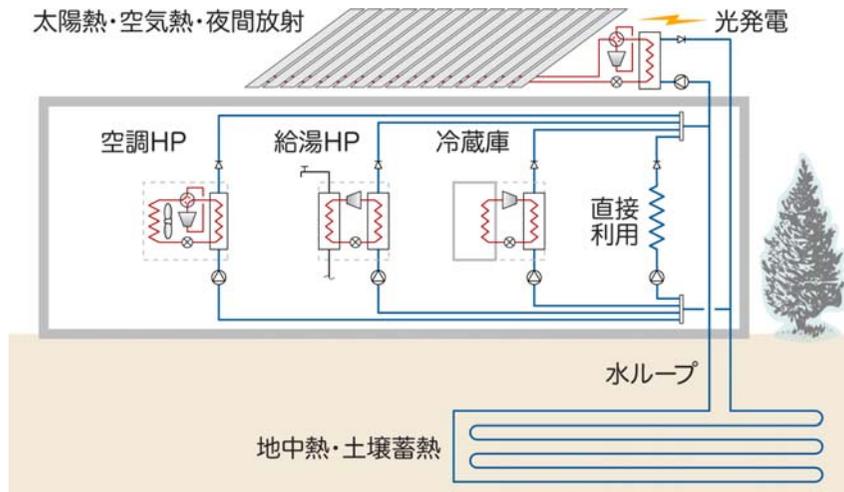
(2)システム構成

【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。



【将来システムのイメージ】



(3)目標

- ・地中熱交換器:熱交換能力約1.5kWの小型高密度コイルユニットを開発する
- ・システム試作実験規模は、冷暖房能力6kW, 給湯能力10kW程度
実用化段階では、フレキシブルな設備規模対応を可能にする
- ・省エネルギー率:
屋外ユニットに空気熱源式HPを用いる場合は、従来型システム比で30%程度
屋外ユニットにソーラーHPを用いる場合は、80%(本格的な普及は2020年以降)

(4)導入シナリオ

<事業展開におけるコストおよびCO2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		2008	2009	2012	2020	2050(最終目標)
目標累積物件数	住宅	—	1*	20	1,000	750,000
	業務ビル	—	0	10	300	151,500
目標累計コイル数	合計	—	4	2,000	64,000	33,300,000
目標販売価格(円/台)		—	40万(円/台)	30万(円/台)	15万(円/台)	10万(円/台)
CO2削減量(t-CO2/年)		—	0.7(t-CO2/年)	350(t-CO2/年)	11,500(t-CO2/年)	6,000,000(t-CO2/年)

*本研究施設を指す

<事業スケジュール>

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。業務用ビルへの適用は、建設会社が主導する。そして、2012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	2008	2009	2010	2012	2050(最終目標)
技術開発と試作機実験		→			
製品化と出件適用				→	
本格的普及					→

(5)技術開発スケジュール及び事業費

	H20年度	H21年度
地中熱交換器の運転性能解析	→	→
ヒートポンプ設備の運転性能	→	→
高密度地中コイルユニットの開発	→	→
マルチユースシステム設計	→	→
小規模MMHPシステム試作実験	→	→
MMHPシステムの適用検討	→	→
	23,400千円	23,400千円

(6)実施体制



(7)技術・システムの技術開発の詳細

(1)地中熱交換器の運転性能解析

・熱負荷の変動と対応した、日サイクルにおける非定常解析手法の開発を行う。

(2)ヒートポンプ設備の運転性能

・屋外ユニットの大幅なCO2削減にはソーラーHPが有効である。本事業では、鹿島技研の新設HP設備を利用して運転データを収集し、今後の技術開発資料を得る。

(3)高密度地中コイルユニットの開発

・上記1の解析結果に基づいて、高密度地中コイルユニットを開発し試作する。
・地中熱利用の課題となっている低コスト化に目処を付ける。

(4)マルチユースシステムの設計と適用性検討

・MMHPシステムが有する高い省エネルギーの可能性を実現するための要素技術、設計法、運転制御アルゴリズム、システム構成を開発し、適用分野などを検討する。

(5)小規模MMHPシステムの試作実験

・本システムは適用規模を限定しないが、試作実験では住宅を想定し、機器と制御技術を開発して暖冷房と給湯性能を試験する。さらに、本試作設備を機器メーカーに提示して意見交換を実施して商品化の準備を進める。

(8)これまでの成果

- ・多様な自然エネルギー(マルチソース)を、水ループによる熱ネットワークを介して、多目的に利用(マルチユース)する革新的なヒートポンプシステムのコンセプトを構築し、要素技術の設計製作に関する検討を進めた。
- ・新しい地中熱交換器形状に対応し、地下水の影響を検討可能な性能解析手法を開発した。
- ・来年度に試作を予定している実験装置の概略仕様を作成した。

(9)成果発表状況

- ・太陽／風力エネルギー講演論文集、(2008年11月6日～7日)「グランドループヒートポンプシステムのコンセプト」(発表者:日野)

(10)期待される効果

○2020年時点の削減効果

- ・初期普及段階において高密度蓄熱コイルユニット(1.5kW/台)を累計1万台導入
- ・年間CO2削減量:1,800t-CO2

従来システム(ビルマルチ) (APF3.0) 600kg-CO2/台/年
MMHPシステム (APF4.3) 420kg-CO2/台/年
以上より、10,000台×180kg-CO2/台/年=1,800t-CO2

○2050年時点の削減効果

- ・国内潜在市場規模:累計3,330万台(環境省地球環境局温暖化対策資料とエネルギー白書に基づき、民生部門における熱需要の10%を置き換えることを仮定)
- ・蓄熱コイルユニットの耐用年数は数十年以上あるため、2050年度に期待される累積普及量3,330万台は、年間生産量では百万台程度であり、多数の企業が市場に参入すれば、十分に達成可能な数値である。
- ・年間CO2削減量:600万t-CO2
- ・上記の削減量は、屋外ユニットが空気熱源式HPの場合である。屋外ユニットをソーラーHPにすれば、太陽熱利用と光発電によって、CO2削減を加速できる。

MMHPシステムの削減効果 180kg-CO2/台/年
以上より、3,330万台×180kg-CO2/台/年=600万t-CO2

(11)技術・システムの応用可能性

MMHPシステムは、地中熱交換器、屋外ユニット、分散型ヒートポンプなどを水ループでつないで構成されており、各々の要素技術とシステムのコネクトは、次のような応用可能性を有している。

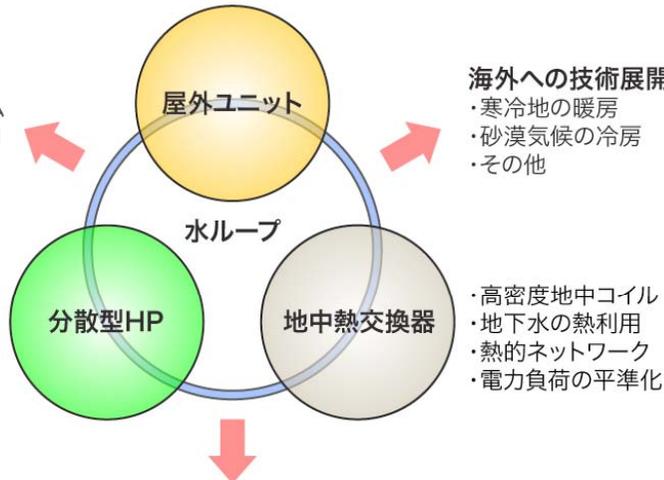
- ・地中熱交換器の熱解析技術は、適用システム条件、地質や深度、地下水流の有無など、広く応用することが可能になる。
- ・屋外ユニットは、実験には既存技術の延長である空気熱源式HPを用いるが、将来的には、CO2削減効果の大きなソーラーHPに発展させることが可能である。
- ・分散型熱利用機器は、ビルマルチに代わる個別空調式HPが可能になり、給湯HPはエコキュートを凌ぐCO2削減が可能になる。さらに、冷凍機の排熱回収や湿度調整など、多様な技術開発に発展できる。また、冷媒封入量を少なくできるため、温暖化係数の小さな炭化水素系自然冷媒を使うことも考えられる。
- ・システムの適用規模を拡大して、住宅やビルの規模を超えた地域熱供給や低炭素型を目指した都市再開発事業に応用でき、ヒートアイランド現象の緩和にも寄与する。
- ・未利用エネルギーでは、雪氷冷熱、下水、施設の排熱などの新しい利用システムに展開することができる。
- ・海外への展開では、寒冷地における高効率暖房や乾燥気候における夜間の放射冷却作用を土壌蓄冷する冷房などが考えられる他、現地とのコラボレーション等により、新たな技術展開の可能性もある。

- ・空気熱源式HP
- ・ソーラーHP
- ・太陽熱+光発電
- ・夜間放射パネル
- ・自然通風工バコン

- 未利用エネルギー
- ・雪氷冷熱利用システム
 - ・下水、河川水の熱利用
 - ・各種施設の排熱利用

- 海外への技術展開
- ・寒冷地の暖房
 - ・砂漠気候の冷房
 - ・その他

- ・暖房、冷房
- ・給湯
- ・冷凍
- ・除湿、加湿
- ・排熱回収
- ・自然冷媒化



- 適用規模の拡大
- ・地域熱供給システム
 - ・低炭素型都市再開発
 - ・熱の面的利用
 - ・ヒートアイランド緩和

(12)技術開発終了後の事業展開

○量産化・販売計画

- ・2009年までに、MMHPシステムの基盤技術を開発し、小型試作機で実証する。
- ・2012年までに、機器メーカーと協働して製品化開発を行い、量産化技術を確認する。
- ・2012年以降は、多くの参入企業を得て技術を普及させると共に、技術改良とコストダウンを進める。これに加えて、新しい応用分野を開拓し、海外への技術展開を実施する。
- ・2050年には、民生部門において約1割の普及を目指す。

○事業拡大シナリオ

年度	2008	2009	2010	2012	2050 (最終目標)
基本技術の開発と実証		→			
製品化技術開発			→		
技術の普及と適用拡大				→	
海外への技術展開				→	

○シナリオ実現上の課題

- ・MMHPシステムの要素技術開発と試作システムによる実証
- ・実用化と製品化に主眼を置いた技術開発(2年間程度の後工程)
- ・大学が主催する新技術普及研究会等の定期的な実施
- ・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
- ・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

- ・CO2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
- ・CO2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