

# 技術開発成果報告書

<b>事業名</b> ・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発	<b>課題名</b> ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発
<b>1. 技術開発のあらまし</b> (1) 概要 床暖房は高い快適性を有する方式であるが、消費エネルギー・ランニングコストが増大する傾向が指摘されている。本開発では省エネ性と快適性の両立をはかるため、日中に入射する太陽熱および深夜電力による温水 HP を熱源とし、床下に設置された一定温度範囲で集中的に蓄放熱する潜熱蓄熱体による蓄熱を活用した、新しい床暖房の研究開発を行った。主な成果は以下の通りである。 <ul style="list-style-type: none"><li>● 温水 HP および太陽熱集熱による効率的な蓄熱床部材の開発</li><li>● 自然エネルギー利用の最大化する温水 HP 制御方式の開発</li><li>● 最適設計を支援するシミュレーションプログラムの開発</li></ul> (2) 実施期間 (平成 20 年度～平成 22 年度) (3) 技術開発に係った経費 (平成 20 年度 技術開発に係った経費 71,878 千円 補助金の額 34,450 千円) (平成 21 年度 技術開発に係った経費 44,370 千円 補助金の額 21,318 千円) (平成 22 年度 技術開発に係った経費 36,666 千円 補助金の額 17,500 千円) ( 合 計 技術開発に係った経費 152,914 千円 補助金の額 73,268 千円) (4) 技術開発の構成員 (応募した技術開発の構成員について記載してください。) 国立大学法人 東京大学 (大学院工学系研究科建築学専攻准教授 前 真之) 東京電力株式会社 (技術開発研究所省エネルギー技術 GM 井田 浩文) 株式会社建築環境ソリューションズ (代表取締役 宮島 賢一) (5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 1. 【出願中】 特開 2011-036255 蓄熱式床暖房の構造 発表した論文 1. 平成 22 年 9 月 日本建築学会 (東京大学大学院工学系研究科 教授 坂本雄三) タイトル: ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発 その 1. 蓄熱式床暖房システムと実験棟の概要 2. 平成 22 年 9 月 日本建築学会 (東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 金秀耿) タイトル: ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発 その 3. 蓄熱式床暖房パネルが冷房負荷に及ぼす影響と日射遮蔽による効果の検討 3. 平成 22 年 9 月 日本建築学会 (東京電力株式会社 技術開発研究所 梶井浩史) タイトル: ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発 その 4. 潜熱蓄熱式床暖房パネルの最適設計を目的とした特性把握実験の概要 4. 平成 22 年 9 月 日本建築学会 (東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 川島宏起)	

タイトル：ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発 その5. 潜熱蓄熱式床暖房パネルの最適設計を目的とした特性把握実験の結果

5. 平成22年9月 日本建築学会（東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 洪田周平）  
タイトル：ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発 その6. 潜熱蓄熱式床暖房システムを用いた住宅における測定概要
6. 平成22年9月 日本建築学会（東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 高瀬幸造）  
タイトル：ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発 第7報 潜熱蓄熱式床暖房システムを用いた住宅における実測結果
7. 平成21年9月 空気調和衛生工学会（東京大学大学院工学系研究科 金秀耿）  
タイトル：ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発（第1報） 床取得熱量算定のための実験研究
8. 平成22年9月 空気調和衛生工学会（東京大学大学院工学系研究科 金秀耿）  
タイトル：ヒートポンプと日射利用による快適性の高い省エネ型蓄熱式床暖房の研究開発（その8） 冬期における温水HP運転方法による日射熱利用に関する検討
9. 平成21年3月 日本建築学会環境系論文集（東京大学大学院工学系研究科 金秀耿）  
タイトル：温水ヒートポンプを用いた省エネルギー型暖房システムに関する研究 -第1報 床暖房パネルの放熱特性評価

## 2. 評価結果の概要

### (1) 技術開発成果の先導性

開発品の実証実験・実測により、温暖地において等級4程度の断熱性があれば、太陽熱と深夜電力のみで終日にわたり室温を快適なレベルに維持できることを確認した。熱伝導の高い構造体や床仕上げ材、および融点・蓄熱量を最適化した潜熱蓄熱体を組み合わせた実用に供することができるレベルで完成させた点、潜熱蓄熱の省エネ性を最大限発揮できる温水ヒートポンプの運転制御を開発したことは、十分な先導性があったものとする。また、シミュレーションプログラムに関しても現状市販されている製品で潜熱蓄熱式床暖房や日射入射の精細な解析と簡易な操作性を両立しているものは無く、先導性が高いと考える。

木構造は林業振興やイニシャルCO<sub>2</sub>の削減の意味でも好ましいが、熱容量が小さいために室温変動が大きくなる欠点がある。開発品は潜熱蓄熱を活用することで、木造住宅における効果的な室温安定および電力負荷のピークシフトに有効であり、現状においてさらに有意義となっている。

### (2) 技術開発の効率性

本研究のテーマに精通した大学研究者・エネルギー事業者・ソフト開発企業が連携したことで、3年間で所定の成果をあげることができ、非常に効率的で適切な開発が可能であった。潜熱蓄熱体やヒートポンプメーカーとも、良好な協力関係の下に進めることができた。

### (3) 実用化・市場化の状況

蓄熱式床暖房の開発品自体は完成しており、実住戸での利用に供することが可能な段階である。ただし、現状においては量産・市場化の目処はたっていない。多くの性能を満たすために特別作成された床構成部材などにより、イニシャルコストが高くなっている点が大きな障害となっている。

シミュレーションプログラムは当初単体としての動作および販売を目指して開発したが、既存の熱負荷計算ソフトウェア（自社製を含む）との競合となることや、蓄熱式床暖房の市場化がまだなされていないことを考慮し、既存熱負荷計算ソフトウェアへの機能追加（通常の床暖房も評価可能）版として市販するべく開発を継続している（ただし、現状はマンパワー不足のため中断）。

#### （４）技術開発の完成度、目標達成度

開発品は、快適性・省エネ性の確保に関しては所定の性能を達成しており、目標とした項目でのパフォーマンスは目標を満たしている。現状では、より簡便で初期コストの低い太陽熱暖房の開発を進めている（後述）。シミュレーションプログラムは、床暖房および日射に関する伝熱機構の解析に関して十分な精度が得られ、放熱量や室温などで実験をよく再現する結果が得られた。

#### （５）技術開発に関する結果

##### ・成功点

高効率な温水ヒートポンプと潜熱蓄熱体の組み合わせは非常に有効であった。深夜電力の有効利用・省エネ・ランニングコストの低減・室温の安定・上下温度差の解消のいずれにおいて顕著な改善が見られた。プログラムによる潜熱蓄熱式床暖房および日射入射による熱負荷・室温解析でも十分な精度が得られた。

##### ・残された課題

床構成部材の高コストは大きな課題として残された。また、床面に照射された日射熱が床下には十分に貫流しない場合が見られたが、床材の構造強度を確保した上で熱伝導を向上させることには限界があった。床集熱による太陽熱の適正さも検討する必要がある。シミュレーションプログラムの課題としては、温度の安定やムラのない質の高い温熱環境を簡潔に評価・表示するための指標・表現方法の開発も必要であろう。さらに、住宅の熱的性能の評価としては一次エネルギーで評価する方式が主流になりつつあり、本システムにおいても熱源であるヒートポンプのエネルギー消費量と負荷の関係を精度よく再現することが課題である。

### 3. 対応方針

#### （１）今後の見通し

開発された床暖房システムは、所定の目標性能を満たす効率的・効果的なものであるが、初期コストが高くなる課題が残された。特に床部位において蓄熱を行うこととしたことにより、日常生活に耐えられる強度と高い熱伝導率が求められたため、金属を多用した重厚な床構造となり高コストとなった。また社会情勢の変化により、省エネ・節電のさらなる徹底に対応する必要に迫られている。

シミュレーションプログラムは、住宅の熱的性能評価において暖冷房負荷計算の重要性が相対的に低下していくことが予想され、それに代わり設備を含めた一次エネルギーでの評価の重要性が増していくと考えられる。本事業で開発したプログラムにおいても放熱側の挙動はまずまずの精度で計算が可能となったが、今後は熱源側の挙動を取り込み一次エネルギーとしても評価する機能が必要になると考えられる。

本問題を解決するため、科学研究費助成事業（H24～26日本学術振興会）により、東京大学において継続して検討を行なっている。本システムのパフォーマンスを活かしつつさらなる低コスト化・省エネ化のため、壁・天井における潜熱蓄熱を活用した太陽熱暖房を開発中である。