

**平成20～22年度  
住宅・建築関連先導技術開発助成事業**

**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**

**東京電力  
東京大学  
建築環境ソリューションズ**

# 背景・目的(1)

- 住宅において**暖房は多くの地域で最大のエネルギー消費用途**
- **暖房機器の効率の向上が必要。**
- **ヒートポンプ(以下、HP)技術は入力動力の数倍の熱エネルギーを得ることができる、機器効率の高い省エネ技術**
- **特にルームエアコンの効率は急速に向上している。**
- **ルームエアコンは機器効率の高い暖房方式**
- **ただし空気対流式であるため温度均質性や室温安定性に限界。**
- **放射と接触を主な熱伝達とする床暖房は、温度均質性と安定性に優れた快適性の高い暖房方式**
- **床暖房パネル周りを適切に設計しないと熱ロスが多くなる**
- **熱源の多くがガス・石油の燃焼式や電気ヒーターで効率に限界**
- **→ 省エネ性能の向上が課題**

# 背景・目的(2)

- 近年にない、HPにより温水を供給する**温水HP**が開発され、平成17年～19年度の先導技術開発助成事業\*において、適切に利用すれば**エアコンに近い省エネ性**を発揮できるポテンシャルがあることを明らかに
- 温水HPが高効率を発揮するには、**温水往・還温度を低くおさえ、負荷率を適正に維持することが不可欠**
- **熱源・床暖房パネル・建物のシステムをトータルに設計することが重要**
- 床に**潜熱蓄熱体**を封入し熱容量を増加
- →相変化による融点付近での室内安定
- **蓄熱により、深夜電力・窓から入射する日射熱の有効利用が可能に**
- HPの温水往・還温度を抑え**機器効率を改善**できる可能性も
- 「**冷温水HP**」・「**床暖房**」・「**潜熱蓄熱**」の**3要素を組み合わせ、快適性と省エネ性の両立**をはかる暖房システムの開発と設計手法の構築を目標に

※平成17～19年度 国土交通省 住宅・建築関連船頭技術開発助成事業「ヒートポンプを利用した住宅などの省エネルギー設備の評価・設計手法と応用性向上に関する技術開発」

# 技術開発の概要(1)

- 本開発の目的: 省エネ性と快適性の両立した暖房の開発
- 熱源: 温水HP + 日中に窓から入射する太陽熱
- 新型の床暖房パネル: 床下に設置された一定温度範囲で蓄放熱する潜熱蓄熱体による蓄熱を活用
- 温水HPの制御ロジック改良
- システムトータルの設計支援ツール

## 主な成果

- 温水HPおよび太陽熱集熱を効率的に蓄熱する床暖房部材の開発
- 日射利用・HP効率を最大化する温水HP制御方式の開発
- 最適設計を支援するシミュレーションプログラム開発

# 技術開発の概要(2)

## 想定する住宅

- ・ IV地域以南
- ・ 次世代断熱基準
- ・ 熱容量の小さい木造住宅
- ・ 日射を取り入れる大きな開口

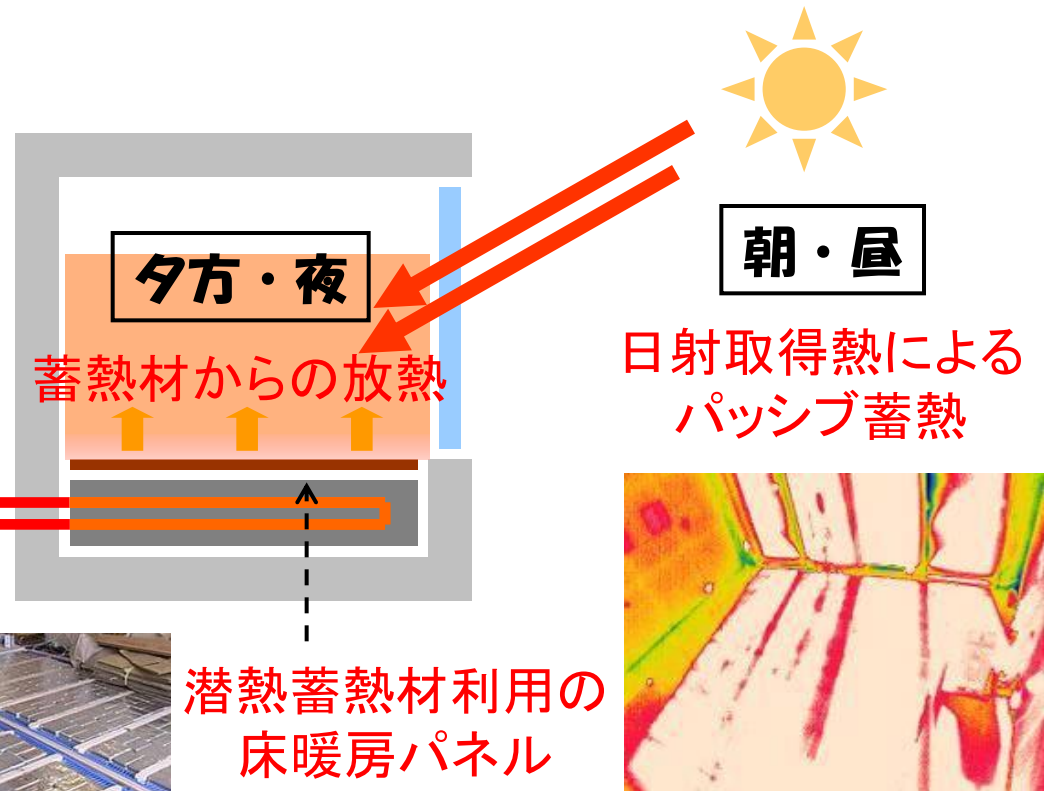


温水式HPによる  
アクティブ蓄熱

深夜



潜熱蓄熱材利用の  
床暖房パネル



## 構成要素

冷温水ヒート  
ポンプ(HP)

高い  
省エネ性

床暖房

快適な  
温熱環境

潜熱蓄熱  
(主に床)

室温度:安定  
日射・深夜電力利用

日射熱利用 +

# 技術開発成果の先導性

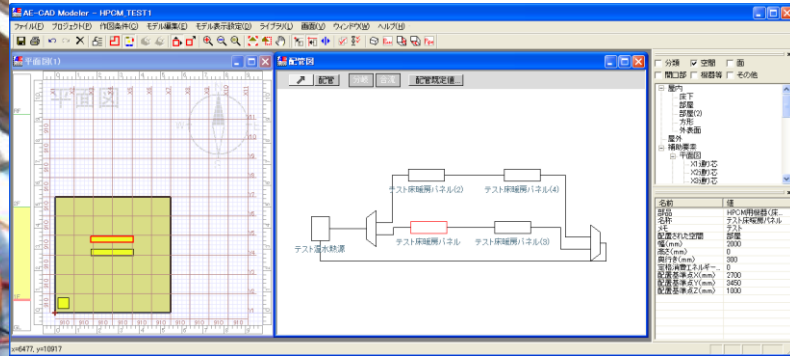
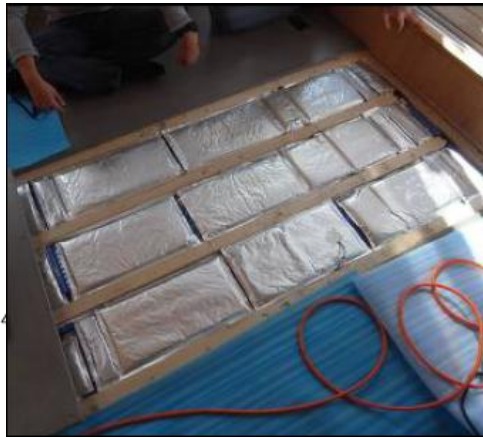
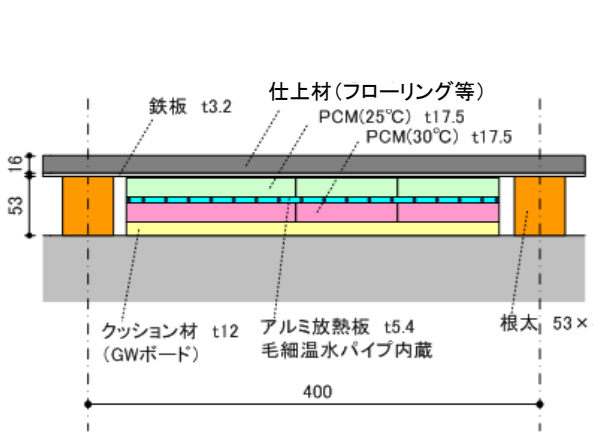
- 開発品の実証より、温暖地において等級4程度の断熱性があれば、太陽熱と深夜電力のみで終日にわたり室温を快適なレベルに維持できることを確認。
- 熱伝導の高い床構造・仕上げ材、および融点・蓄熱量を最適化した潜熱蓄熱体を組み合わせた実用に供することができるレベルで完成
- 熱容量の小さい木造住宅における効果的な室温安定に有効
- 潜熱蓄熱の省エネ性を最大限発揮できる温水HPの運転制御を開発
- 潜熱蓄熱式床暖房と入射日射の精細な解析を行い、かつ簡易な操作性を持つシミュレーションプログラムを開発。
- →いずれも十分な先導性

# 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により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遂行。

# 実用化・市場化の状況

- 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。
- 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、システム導入の**イニシャルコストが高くなっている**点が大きな障害。
- シミュレーションプログラムは既存熱負荷計算への機能追加とする方が需要が見込めると判断し、開発を継続中。



## 技術開発の完成度、目標達成度

- 開発床暖房は、**快適性・省エネ性の確保に関しては所定の性能を達成**
- (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推進中**)
- シミュレーションプログラムも実験結果(室温)の再現性で良好な結果

# 技術開発に関する結果

## 【成功点】

- 高効率温水HPと潜熱蓄熱体の組み合わせは非常に有効
- 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
- シミュレーションプログラムも熱負荷・室温解析で十分な精度

## 【残された課題】

- 床構成部材の高コストは大きな課題。
- 床面に照射された日射熱が床下に十分に貫流しないケースあり
- →床の構造強度を確保しつつ熱伝導を向上させることには限界
- 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
- シミュレーションプログラムでは、機能追加版の実装を進めるとともに、負荷と一次エネルギー消費量を精度よく再現することが課題



# 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、**金属を多様した重厚な床構造となり高コスト**となった。
- 住宅の熱性能評価において熱負荷計算に代わり一次エネルギー計算が主流になりつつあり、**シミュレーションプログラムも熱源を含めた一次エネルギーの評価を組み込む必要がある**。
- 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。