

〔研究論文〕

## 薄型温水パネル床暖房システムの実測調査

許 雷<sup>1)</sup>・渡辺 浩文<sup>2)</sup>・鈴木 博司<sup>3)</sup>  
氏家 清一<sup>4)</sup>・涌澤 博<sup>5)</sup>・小山 一芳<sup>5)</sup>

(2011年8月11日受理)

### Investigation on the Floor Heating System with Thick Hot Water Panels

Lei Xu<sup>1)</sup>, Hironori Watanabe<sup>2)</sup>, Hiroshi Suzuki<sup>3)</sup>, Seiichi Ujii<sup>4)</sup>,  
Haku Yuzawa<sup>5)</sup> and Kasuyoshi Koyama<sup>6)</sup>

#### Abstract

Floor heating system heats the whole room through floor surface, which can control not only the indoor air temperature but also mean radiant temperature. It also will not kick up dust without directly air supply. The occupant has good satisfaction because of thermal comfort and healthy indoor air quality. But the installation of the conventional panels cost time and money, this system has not become widespread so far. In this study, a floor heating system with thick hot water panels is investigated. The panel performance for heating, energy consumption of the whole system and the distribution of indoor air temperature is analyzed. Both the temperature of air and panel surface is within the thermal comfort range recommended. And the human thermal comfort is maintained although the value of predicted mean vote is sometimes lower than -0.5. The temperature difference on this panel surface is only 3°C, while the conventional has more than 7.2°C. The coefficient of performance for the whole system is about 1.3 to 1.4 during the cold winter. Therefore the effectiveness of this floor heating system with thick hot water panel is proved.

#### 1. はじめに

床暖房は床面を加熱して室内を暖めているので、室内の温度を制御すると同時に、体感温度（即ち平均放射温度）も制御できる<sup>1)</sup>。また室内では風の吹き出しがないのでほこりを巻き上げないとのメリットもある。快適かつ健康的な室内温熱環境を実現できるため、居住者の満足度が高いと言われている。しかし施工時の手間・コストの点で課題があり、普及しているとは言い難いのが現状である。

本研究ではかねてより床暖房システムの実用化、普及を目標としている。東北ユカダン有限会社が開発された施工性に優れた薄型温水 TYD パネル・継手パネル<sup>注1)</sup>を用いて、新築住宅を対象として、冬期の最も寒い時期における床暖房システムの放熱特性、パネル

---

1) 東北工業大学建築学科 准教授  
2) 東北工業大学建築学科 教授  
3) 東北工業大学建築学科 助教  
4) 東北工業大学建築学科 非常勤講師  
5) 有限会社東北ユカダン

表面温度の均一性及び室内の温度分布を計測する。また、熱源機器のエネルギー消費及び室内側の放熱量を計算し、システムのエネルギー効率を分析する。さらに、居住者へのヒアリングと共にPMV等を利用して室内の快適性を調査する。本システムの快適性、省エネルギー性及び有効性評価する。

## 2. 実測概要

### 2.1 薄型温水パネルの紹介

本研究で使用する温水パネル（ストレート、コーナー型）を写真1に示し、パネル表面材は耐久性と放熱性に優れるガルバリウム鋼板0.27mm、内部断熱材はポリスチレンフォーム12mm、温水管は架橋ポリエチレンパイプ7Aを利用する。パイプは床下ジョイントレスで施工できる。床暖房パネルの施工断面図を図1に示し、パネルの中央に巾45mmの小根太を内蔵しているため、小根太を打ち付ける作業を簡素化できる。

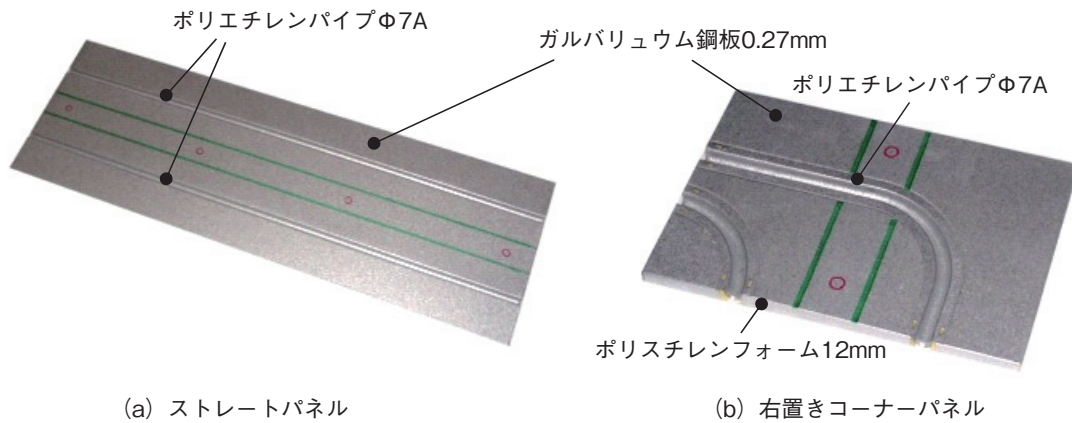


写真1 温水パネルの外観

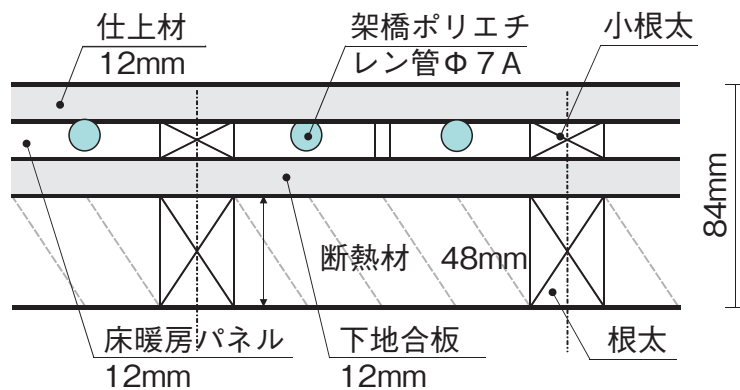


図1 床暖房パネルの断面図

### 2.2 床暖房システムの設置

仙台市宮城野区にある新築木造2階建て住宅の一階に温水パネルを全面設置し、各部屋の暖房パネル面積は、居間34.5㎡、洋室17.3㎡、廊下19㎡であり、それぞれ約延べ床面

積の9割を占めている（図2）。床暖房の熱源システムはヒートポンプを2台利用し、一台は居間、一台は洋室及び廊下となっている。居間では給湯管が二つ系統に別れ、洋室及び廊下は別々一つ系統になっている。温水回路密閉式を採用し、熱交換ユニットの保有水量は3ℓである。ヒートポンプの暖房能力は11.5kW、定格COPは3.9である<sup>注2)</sup>。

### 2.3 計測機器及び計測ポイントの分布

居間、廊下、洋室にポールを2本ずつ設置する。各ポールでは垂直方向に0 m, 0.1m, 0.6m, 1.1m, 1.7m, 2.7m（洋室2.5m）の高さにおんどとりを1個ずつ設置して空気温度を計測する（写真3）。床暖房パネルの床下に熱電対を用いて各床構成材料の表面温度を計測し、計測ポイントの場所などを図3に示す。架橋ポリエチレンパイプの表面温度も測る。

居間において床表面の温度をサーモカメラで測定し、PMV計を設置し室内の熱快適性を計測する。その他に屋外ヒートポンプの電力消費量、暖房用給湯の流量（一部）も計測する。計測機器の一覧を表に示す。

測定期間は2010年2月9日～2月12日であり、2月11日午後から雪が降り始め、一年中最も寒い時期とも言える。

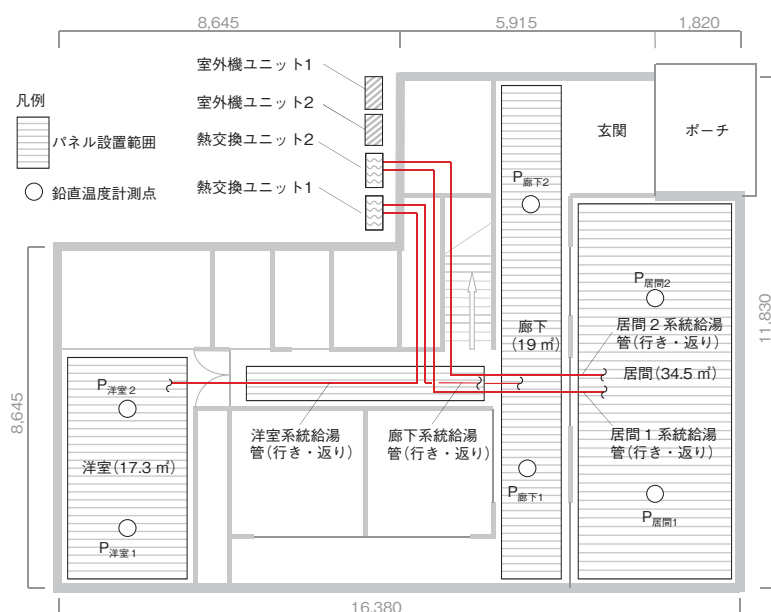


図2 実測対象の平面図

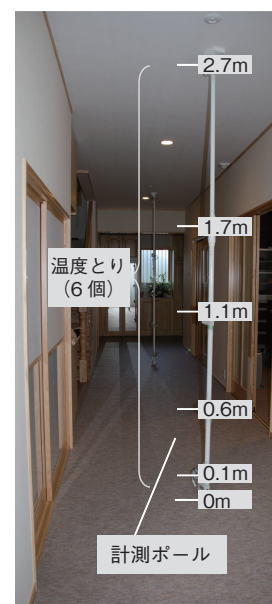


写真3 廊下計測ポールの設置

## 3. 実測結果

### 3.1 室内の温度と快適性評価分布

サーモカメラを設置した居間を中心として、室内の温度分布などを説明する。

図3に示すように、居間の室温は15℃～24℃に変動しているが、在室者がいる時間帯（9：00～24：00）において室温は18℃以上となっている。室内の温度高さごとの温度から室内の平均温度を求め、代謝量を1.0met、着衣量を1.0cloとして室内のPMVを計測

する。

一方、PMVの最も大きい値が約0であるが、他の値が推奨快適域の下限値（-0.5）より下回っている。しかし、ヒアリング調査を行った際には快適に過ごしていると分かり、床暖房を使用している居室ではPMVの結果が居住者の快適性に関して必ずしも一致しているとは言えないと考えられる。

次に室温と床表面温度（サーモカメラで計測）の分布を検討する。高気密・高断熱住宅では、床暖房の快適推奨範囲を図4に示し、床表面温度が25～31℃、室温が18～23℃となっている<sup>1)</sup>。

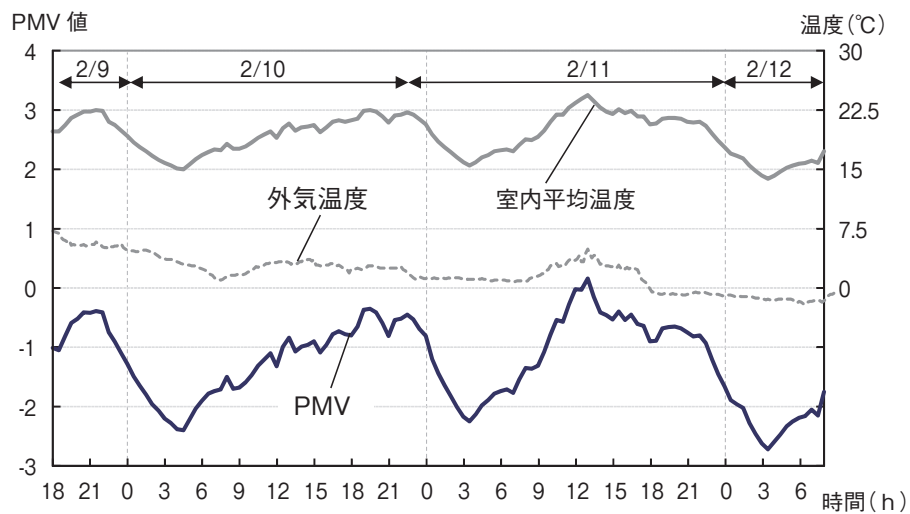


図3 居間における温度とPMVの計測結果

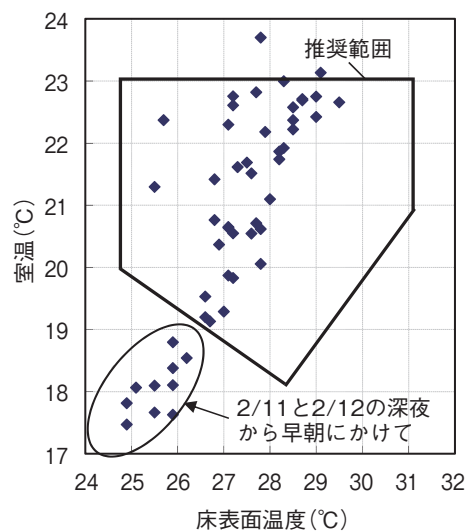


図4 室温と床表面温度の分布と床暖房の快適推奨範囲

本調査では、殆どの時間帯において、居間の室温、床表面温度はこの推奨範囲に入っている。推奨範囲外の発生時間は主に深夜から早朝で、居住者は殆どいないため、本床暖房システムの快適性が確認できたと考えられる。

### 3.2 温水パネルの温度

暖房時温水パネル表面の温度は35～38℃，ポリ管表面温度は42～45℃となっている（図5）。給湯温度が60℃以下の場合，本システムも使えると考えられる。

### 3.3 システム COP の計算

温水パネルの表面温度，平均室温から温水パネルの放熱量を求め，熱源システム（HP）の電力消費量により床暖房システムのCOPを算出する。居間の熱源システムの平均COPは1.4，廊下+洋室は1.3となる。一般的な床暖房システムCOPが1.0～1.8であり，本床暖房システムは同じに範囲であることを確認した（図6）。

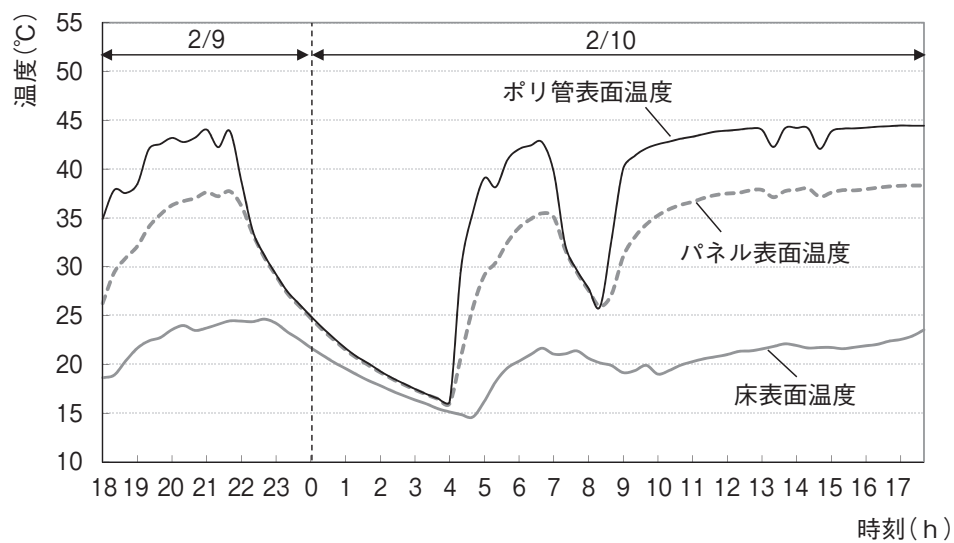


図5 温水パネルとポリ管の表面温度

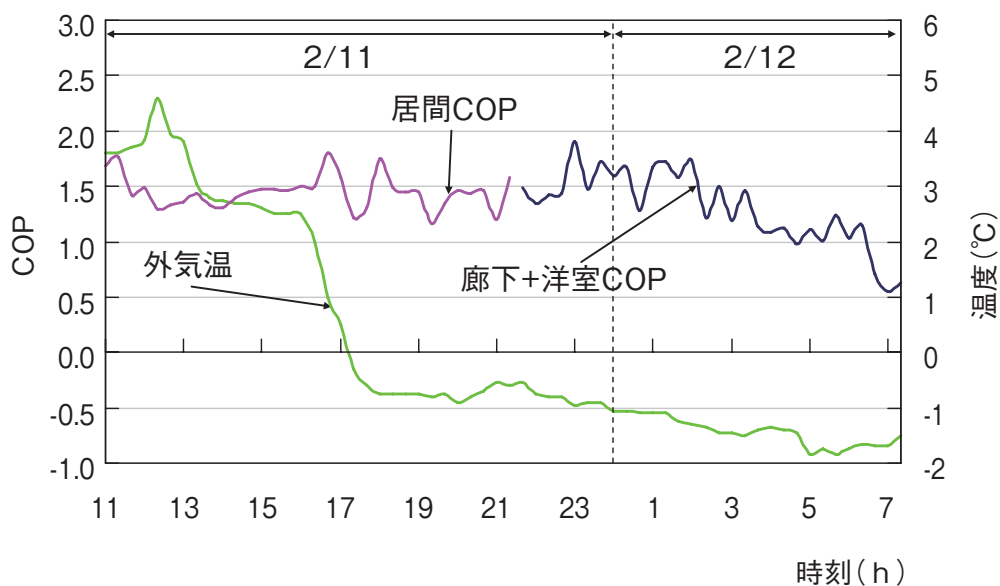


図6 床暖房システムのCOP

### 3.4 薄型温水パネルの温度分布

従来の温水マット型床暖房<sup>注3)</sup>では床表面サーモ画像を図7に示し、最大温度が30.8℃、最小が23.6℃、平均が27.6℃である。本床暖房パネルのサーモ画像を図8に示し、最大温度が30.6℃、最小が27.2℃、平均が28.7℃である。従来システムでは、パネル表面の温度差が7.2℃であるが、本床暖房システムでは、わずか3℃しかない(図9)。薄型温水パネルの温度均一性が優れると確認した。

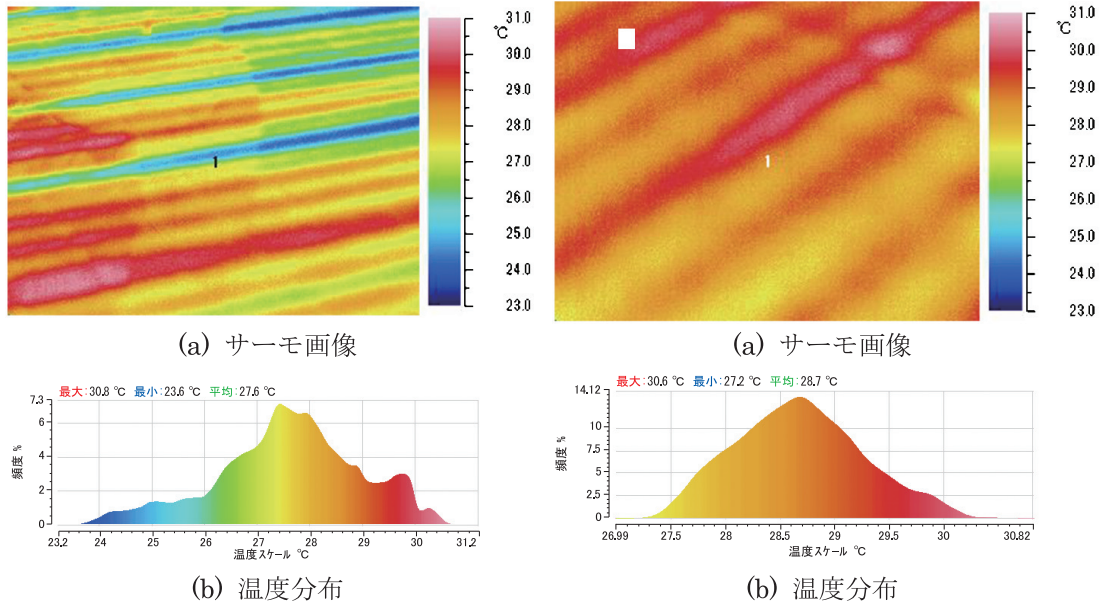


図7 従来型床暖房温水パネルの温度分布

図8 本床暖房温水パネルの温度分布

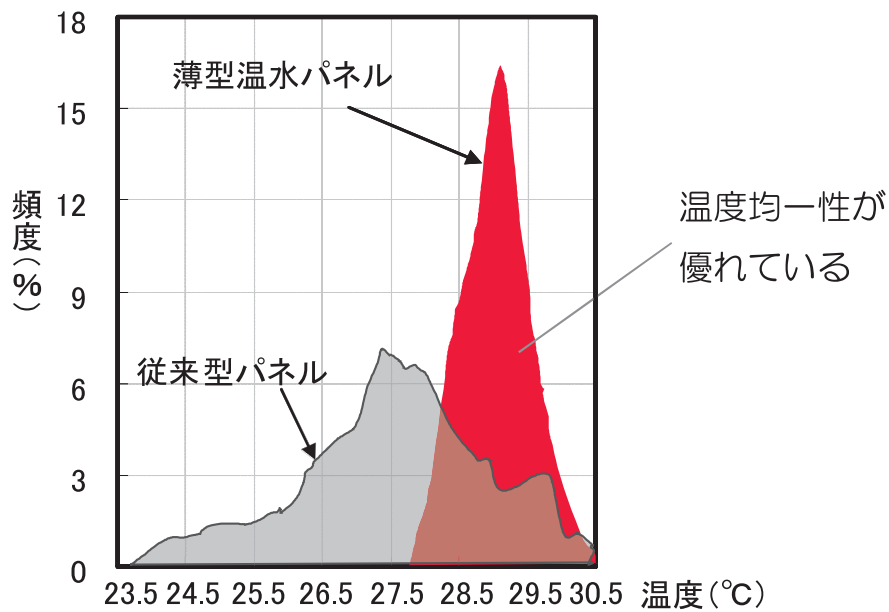


図9 パネル表面温度均一性の比較

#### 4. まとめ

本研究では薄型温水パネルを利用した床暖房システムを調査し、住宅において床暖房パネルの全面設置により、室内の快適性及び床暖房システムのCOPを実測した。室内のPMV値はやや低くなっているが、居室の温度及び床表面温度は床暖房の快適推奨範囲に入っているため、本システムの快適性を検証した。冬期の最も寒い時期において、本床暖房システムCOPは1～1.5となっている。

また、従来の温水マット型床暖房に比べ、本システムの温度均一性が優れていることを確認した。今後では、薄型温水パネルの応用技術開発、特に災害時の応用を期待している。

#### 謝 辞

実測・解析などは、仙石知見氏、石井学夢氏、三澤徹氏ら（当時東北工業大学）の卒業研修として行われ、ここに記して感謝の意を表す次第である。

#### 注

注1) 東北ユカダン有限会社はTYDパネルの製法特許を取得し、平成17年度みやぎものづくり大賞優秀賞を受賞した。

注2) メーカーのカタログにより、定格COPは外気温度7℃、温水出湯温度40℃、流量10L/min時の暖房性能値である。

注3) 著者自宅の床暖房システムで、実測時期は2010年4月である。

#### 参考文献

- 1) ASHRAE: 2008 ASHRAE Handbook-HVAC Systems and Equipment, pp6.1,
- 2) 「床暖房設計・施工マニュアル」編集委員会編：床暖房設計・施工マニュアル，オーム社，pp47-49, 2005