

石膏ボード天井面を利用した放射冷暖房システムの開発 その2 RC造の医療施設への導入事例

滝澤 勇輝^{*1} 小野 幹治^{*1}

概 要

近年、医療福祉施設等の居住者が長時間仰臥状態にある施設では、QOL (Quality of Life; 生活の質) 向上の手段として「鉛直温度分布」や「不快な気流感」の少ない天井放射冷暖房システムが注目されている。しかし、現在の一般的な放射冷暖房システムは、冷温水循環装置や金属製システム天井等の特殊部材を必要とするため、普及には導入コスト面の課題解決が必須である。そこで筆者らは、特殊部材を使用せずに、一般建材で構成された天井を放射面とする放射冷暖房システムを開発した。

本稿では、医療施設に導入した天井放射冷暖房システムの概要と天井表面温度特性、運用時の各種温湿度について報告するものである。

Radiant Cooling/Heating System using a Plasterboard Ceiling Part.02 Installation Example in Reinforced Concrete Structure Medical Facilities

Abstract

Recently, medical facilities, etc., where residents lie on their back for many hours, ceiling-affixed radiant cooling/heating systems have been gaining attention as a means of improving QOL (Quality of Life). Because there is no uncomfortable airflow and the upper/lower air temperature difference is small.

But present general ceiling-affixed radiant cooling/heating systems need special building materials and equipments such as hot and cold water circulation system or metal ceiling panel. In order to widespread this system, cost reduction is required. Therefore, the authors have developed ceiling-affixed radiant cooling/heating system made of common building material and equipment, without special ones.

This paper is on the profile of the system which we installed in a hospital and the result of measuring the ceiling surface's and the room's temperature and humidity.

キーワード：放射冷暖房、天井面、医療施設、病室、石膏ボード

*1 建設本部 環境エンジニアリング センター

§1. はじめに

近年、医療福祉施設等の居住者が長時間仰臥状態にある施設では、QOL(Quality of Life;生活の質)向上の手段として「鉛直温度分布」や「不快な気流感」の少ない天井放射冷暖房システムが注目されている。しかし、現在の一般的な放射冷暖房システムは、冷温水循環装置や金属製システム天井等の特殊部材を必要とするため、今後の普及には導入コスト面の課題解決が必須である。そこで筆者らは、特殊部材の排除を優先し、一般建材で構成された天井を放射面とする放射空調システムの開発を進めている。

本稿では、医療施設に導入した天井放射冷暖房システムの概要と天井表面温度特性、運用時の各種温湿度について報告する。

§2. システム概要

本システムは、密閉された天井裏空間(以下「ロフト」)内を空調することにより天井面(放射面)を調温するため、「空調空気循環式放射空調」に該当する。4床病室適用時の冷房運転イメージを図1に示し、システムの特徴を以下に示す。

- 熱源は、ロフト内に設置されたビルトイン形エアコンを使用する。
- ロフト上面より、下面の対流熱伝達率を大きくして効率良く、天井面、及び、居住者に熱を伝えるため、空調空気はフレキシダクトを通じ、居住者直上の天井面にロフト側から下向きに吹き付ける。
- 屋外や上階、隣室への熱の損失を防ぐため、ロフトの上面と側面は吹付ウレタンにより断熱を施す。
- 天井材は石膏ボード+透湿クロス仕上げとし、冷房運転時は低湿状態のロフト側から室内空気を除湿する。

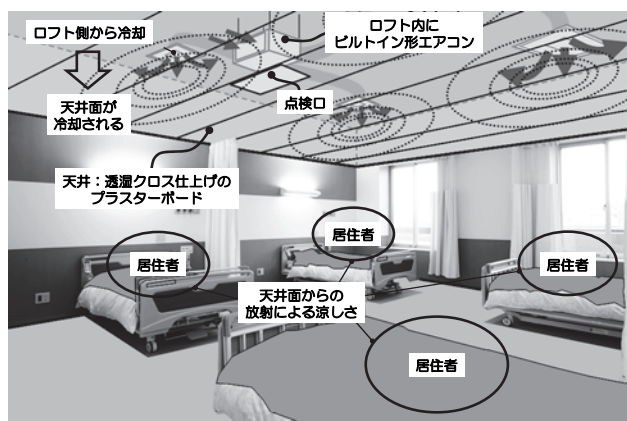


図1 冷房時の4床病室導入イメージ

§3. 導入室概要

愛知県西尾市の医療施設(RC造地上3階建)の2階4床病室(面積:約34㎡)に本システムを試験的に導入した。図2に導入室の平面図、表1に導入室の概要を示す。導入室の空調設備は、本システムの他、対流式の天井カセット形エアコンが導入されており、高負荷時や放射面で結露の発生が懸念される場合に稼働させることとした。

写真1、2に本システム施工中のロフト内の状況を示す。本システムは、ロフト内を空調空間とするため、換気のダクトやスプリンクラーの配管等、熱の損失や結露の危険性のある箇所には、断熱を施している。

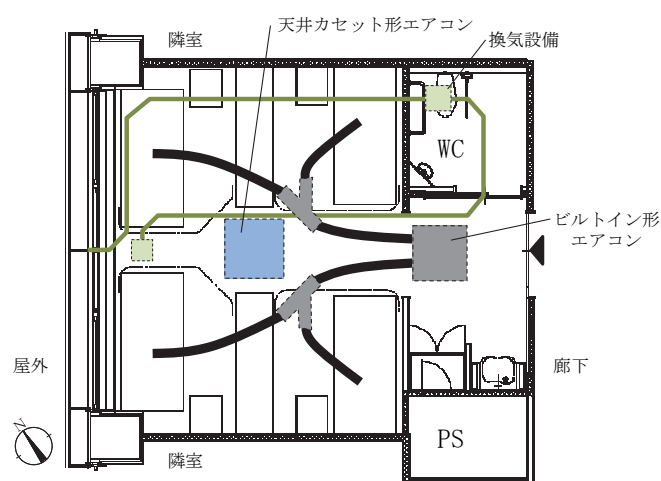


図2 導入室平面図

表1 導入室概要

施設構造	
天井	:PB(石膏ボード)9.5mm、透湿クロス仕上げ
壁	:PB9.5mm+12.5mm(GW入り)、ビニルクロス仕上げ
床	:スラブ180mm、ビニル床シート仕上げ
空調設備	
エアコン	:空冷HPエアコン(天井カセット形4方向) 空冷HPエアコン(ビルトイン形)
ダクト	:φ200フレキシブルダクト
換気設備	
給気	:外調機により廊下に新鮮空気を供給
排気	:居室、居室内WCの排気扇により排気



写真1 ロフト内状況

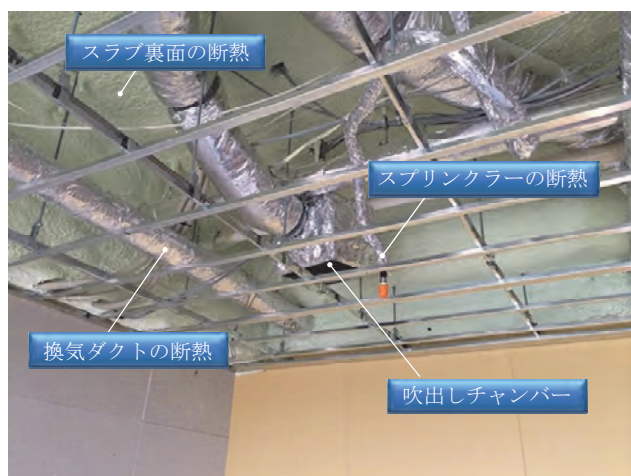


写真2 ロフト内状況



図3 熱画像撮影位置

表2 計測概要

撮影日時	2013年12月26日
撮影点数	暖房、冷房各51点 ○:熱画像撮影 ●:熱画像撮影+表面温度測定(T型熱電対) ▲:室温(FL+250、750、1750、2250) (T型熱電対)
撮影機器	アビオニクス社 TVS-500

§4. 天井表面温度分布特性

本システムは、4床病室の居住者が最も長い時間滞在するベッド直上の天井面に空調空気をロフト側から集中的に下向きに吹き付けている。そのため、他の水循環式や空気循環式の天井放射冷暖房システムと比べ、放射面の表面温度に分布が付きやすい特徴がある。

システム稼働時の導入室の天井表面温度分布特性を把握するため、什器が入っていない状態で放射カメラにより天井表面の熱画像撮影を行った。

図3、表2に計測の概要を示す。暖房運転時・冷房運転時共、同日に撮影を行い、4床病室内の天井面51点で放射カメラを真上に向けて移動撮影している。移動撮影に要した時間は、暖房、冷房共40分程度で、撮影した熱画像は、別途、T型熱電対により測定した天井表面温度を用いて補正を行っている。なお、冷房運転時は、室内の対流式の天井カセット形エアコンを暖房運転して負荷を与えて撮影を行った。

図4に暖房時、図5に冷房時の天井表面温度分布を示す。4床病室内の撮影した天井表面の平均温度は、暖房時30.4℃、冷房時17.3℃であった。撮影時の平均室内温度(FL+1250)は、暖房時25.6℃、冷房時19.5℃であった。

4床病室の場合、多くは仕切のカーテンが設けられており、各患者の体感温度に大きな影響を与える天井部分の放射面は、図6の斜線部①～④に示すような仕切のカーテンの内側が主となる。図7に暖房時、図8に冷房時の4床病室の仕切のカーテンの内側の斜線部①～④のそれぞれの天井表面温度の最高値、最低値、平均値を示す。天井表面温度の最高値、最低値の差は、暖房時18℃程度、冷房時10℃程度となり、冷房時より暖房時のほうが大きく、温度分布が付きやすいことを確認した。斜線部①～④の天井表面温度の平均値は、暖房時、冷房時共、同程度であることが確認できた。

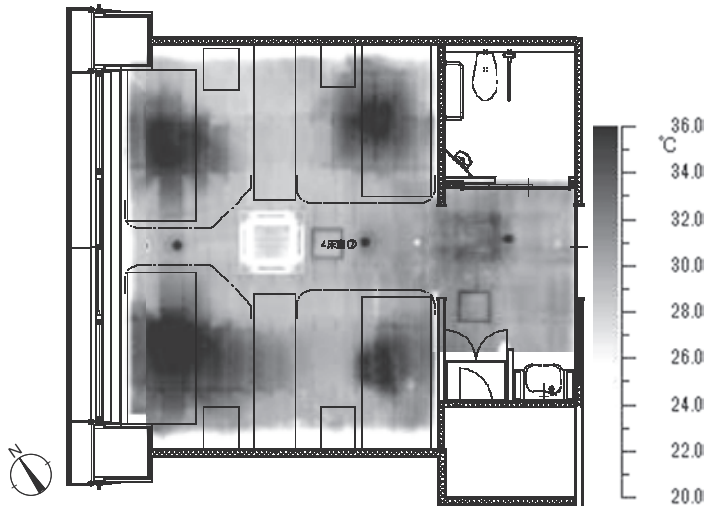


図 4 暖房時の天井表面温度分布

【撮影時の平均室内温度 (FL+1250) : 19.5°C】

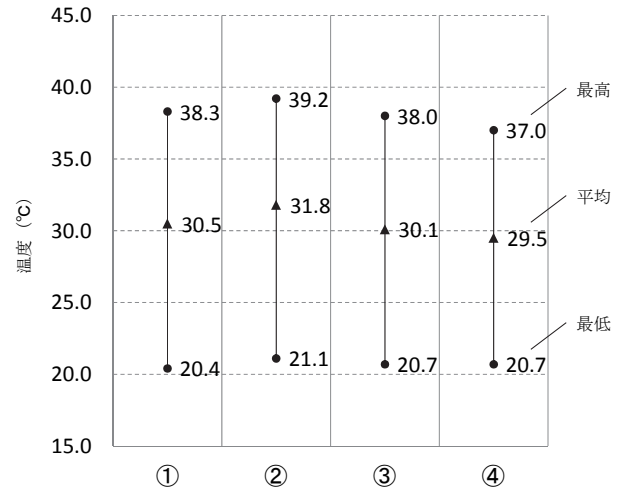


図 7 暖房時の各エリアの天井表面温度 (最高値、最低値、平均値)



図 5 冷房時の天井表面温度分布

【撮影時の平均室内温度 (FL+1250) : 25.6°C】

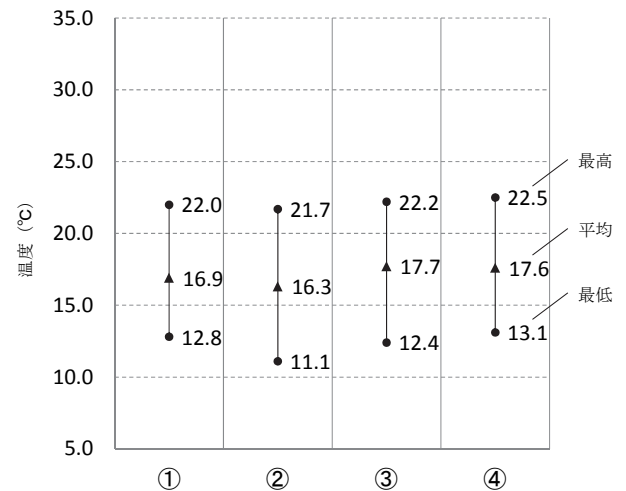


図 8 冷房時の各エリアの天井表面温度 (最高値、最低値、平均値)

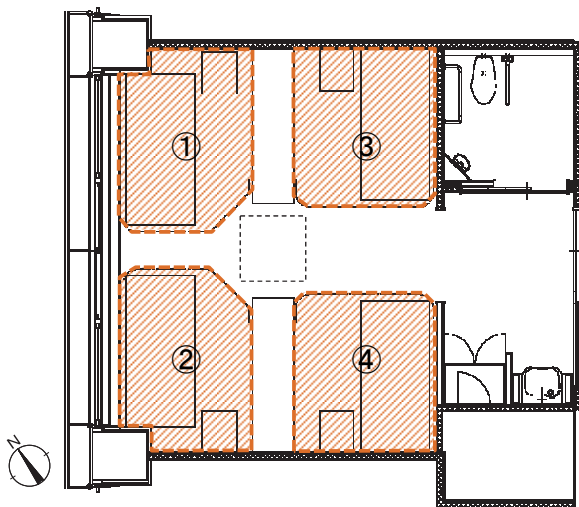


図 6 各居住者の仕切りカーテン内側エリア

§5. 運用後の計測概要

表 3 に運用後の計測概要を示す。室内温度を前記斜線部①～④の4ヶ所のベッド高さ(FL+500程度)で、天井表面温度を前記の放射カメラによる熱画像撮影時の天井表面温度の平均と概ね一致している位置で計測を行っている。

表 3 計測概要

室内	(使用計測器)
室内温湿度 FL+500	(ハイグロクロン)
天井表面温度	(T型熱電対)
ロフト内	(使用計測器)
吸込温湿度	(TR-77Ui)
吹出温湿度	(TR-77Ui)
屋外	(使用計測器)
外気温湿度	(TR-77Ui)

§6. 運用時の各種温度

図 9 に暖房、図 10 に冷房の代表日 5 日間(暖房: 2014/2/15~2/19、冷房:2014/8/21~8/25)の日平均室内温度、日平均天井表面温度を示す。なお、日平均室内温度は、前記斜線部①~④の 4 ヶ所のベッド高さ(FL+500 程度)の温度の平均値とした。

暖房の代表日 5 日間の日平均室内温度は、22℃程度、日平均天井表面温度は、約 27℃程度であり、日平均天井表面温度は、日平均室内温度より 5℃程度高くなっていることを確認した。また、冷房の代表日 5 日間の日平均室内温度は、25℃程度、日平均天井表面温度は、約 22℃程度であり、日平均天井表面温度は、日平均室内温度より 3℃程度低くなっていることを確認した。

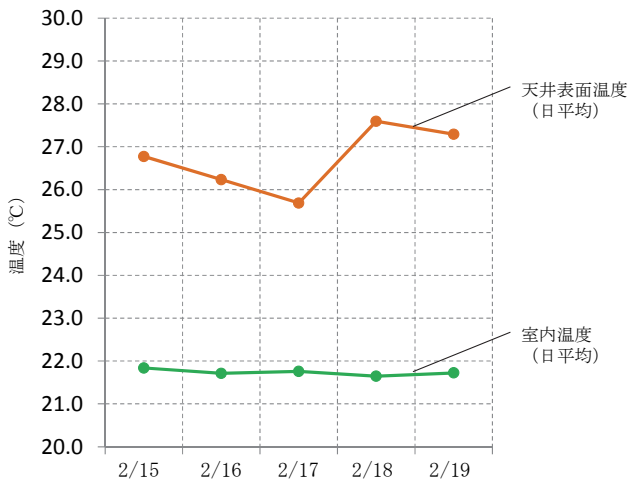


図 9 暖房時の代表日の
日平均室内温度・天井表面温度

§7. 運用時の各種絶対湿度

図 11 に冷房の代表日(2014/8/22)の室内温度、ビルトイン形エアコンの吸込温度、吹出温度、外気温度を示す。室内温度は、終日 24~26℃程度であった。また、本システムが運転している時間帯において、吸込温度と吹出温度の差は、10℃程度であった。

図 12 に冷房の代表日の室内絶対湿度、ビルトイン形エアコンの吸込絶対湿度、吹出絶対湿度、外気絶対湿度を示す。室内絶対湿度は、終日 0.013~0.015kg/kg(DA)程度であった。また、吸込絶対湿度の上昇・下降から少し遅れて室内絶対湿度が上昇・下降していることを確認した。これは、ビルトイン形エアコンが潜熱負荷を処理することにより、ロボット側から室内空気を除湿したからであると考えられる。

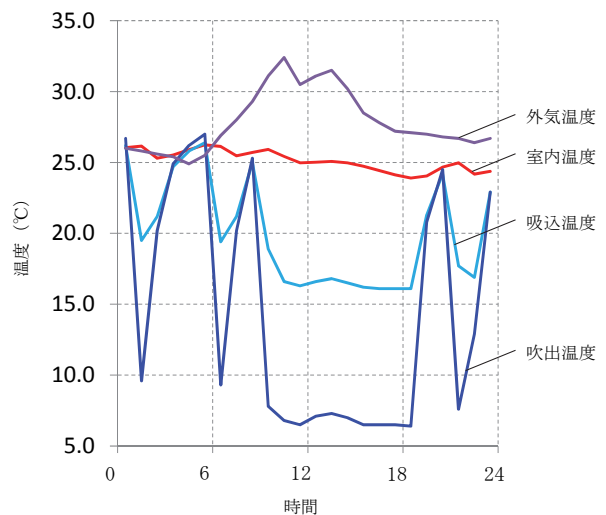


図 11 冷房時の代表日の各種温度

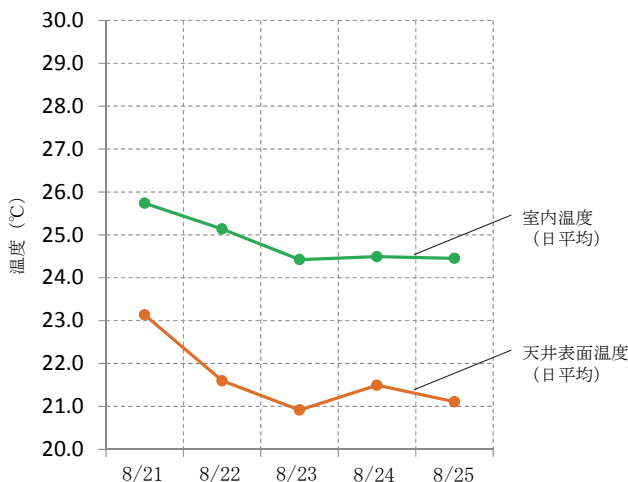


図 10 冷房時の代表日の
日平均室内温度・天井表面温度

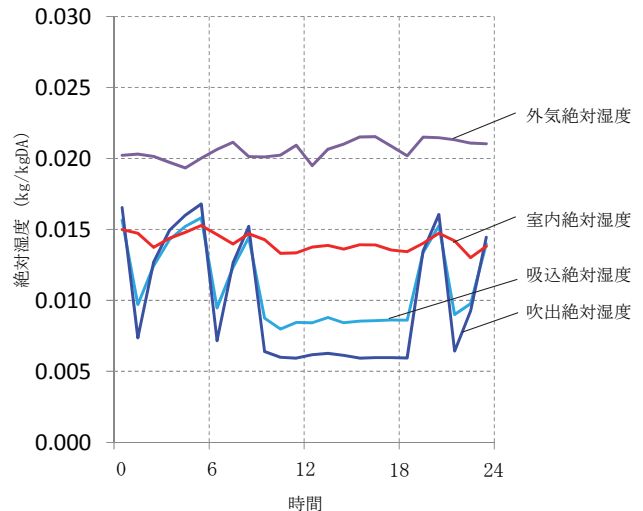


図 12 冷房時の代表日の各種絶対湿度

図 13 に冷房の代表日(2014/8/22)の顕熱負荷と潜熱負荷の積算値を示す。なお、顕熱負荷、潜熱負荷は、ビルトイン形エアコンの吸込、吹出の温度差、絶対湿度差、カタログ値の風量を用いて算出した。代表日の全熱負荷に対する顕熱負荷の割合は62.2%、潜熱負荷の割合は37.8%となり、ロフト内のビルトイン形エアコンが潜熱負荷の処理を行っていることを確認した。

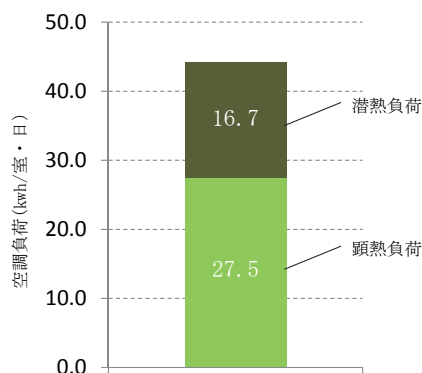


図 13 冷房時の代表日の空調負荷積算値

ひとこと

省エネルギー、低コスト、そしてシンプルなシステムの構築を目指し、ブラッシュアップを図ってまいります。



滝澤 勇輝

§8. おわりに

特殊部材を使用せず、一般建材で構成された天井を放射面とする放射冷暖房システムを医療施設に導入し、天井表面温度特性、各種温湿度データについて確認を行った。今後は、本システムの適切な計画、運用のために検証を継続して実施していく予定である。

参考文献

- 1) ANSI/ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (2004)
- 2) 空気調和・衛生工学会: 試して学ぶ熱負荷 HASPEE 新最大熱負荷計算法、丸善出版、2012.10
- 3) 滝澤勇輝、小野幹治: 石膏ボード天井面を利用した放射冷暖房システムの開発、フジタ技術研究報告、第 49 号、2013 年
- 4) 滝澤勇輝、小野幹治: 石膏ボード天井面を利用した放射空調システム、建築設備と配管工事、2015 年 11 月号、日本工業出版