

天井放射パネルによる空調の有効性

Effectiveness of Air-conditioning with Ceiling Radiation Panel

佐藤 力* 福田 成孝*
Tsutomu Satou Shigetaka Fukuta

要 約

天井放射冷暖房システムは10年以上前からドイツなどのヨーロッパ諸国で普及し、今日では多く採用されるようになった空調方式である。日本においても件数は少ないものの採用され始めている。立正大学総合学術情報センターで採用したシステムは、空調機と放射冷暖房の併用システムとなっている。実際の稼動状況のもとで冬季、夏季の2回測定を実施し、省エネルギー・快適性についての検証をおこなった。放射併用冷暖房システムは、在来空調時よりも設定温度を冷房時は高く、暖房時は低く設定しても快適であり、室内の垂直温度分布もほぼ均一な測定結果が得られた。また、快適性は予測平均申告（以下、PMVと称す）においても良好な結果を得ることができた。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 測定概要
- § 3. 冬季測定結果
- § 4. 夏季測定結果
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

輻射とは、空気を媒体として熱が伝わるのではなく、直接物体に熱が移動して冷暖房を感じる現象である。この現象を利用したものが、放射冷暖房システムであり、立正大学総合学術情報センターのメイン空調に採用したシステムである。放射パネルは、特殊ポリプロピレン製細管チューブマットと鋼板押し成形板および断熱用のグラスウールを組み合わせたパッケージとなっている（図-1）。このパッケージは、細管に冷温水を通過することでパネルに熱を伝達し、パネル表面からの輻射熱により冷暖房を行っている。放射用冷温水は閉回路となっており、各機械室に設置した熱交換器で1次側冷温水を2次側設定温度に調節している。冷水は16℃、温水は32℃の水温となっており、パネルからの放熱量は、冷房時は約80W、暖房時は約50Wとなる。冷房時はパネル表面温度が18℃になり、通常の条件では結露が発生する為、空調機を併用し除湿を行っているが、万が一に備え、パネル表面の相対湿度が100%近くになると結露センサーが感知し、冷水の循環を止めることで結露対策を行っている。また、メンテナンスにおいて一般の空調

機と比べた場合、フィルターの清掃・交換にかかる維持管理費が無いことや、樹脂管を使用している為配管の更新にかかる費用も無く、ランニングコストの削減にも有効な空調システムである。

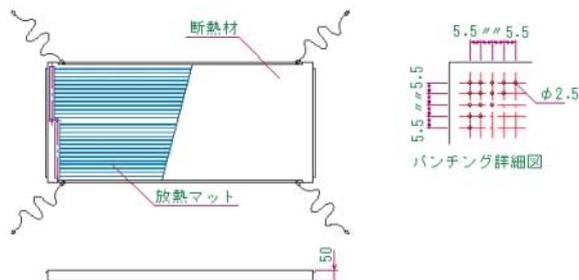


図-1 輻射パネル構成図

§ 2. 測定概要

本施設で採用したシステムの、設計段階での省エネルギーに対する有効性を検証するため測定を行った。

2-1 測定期間及び測定条件

冬季、夏季についての測定期間は、冬季：2004年2月16日～26日、夏季：2004年8月3日～13日である。また、測定条件を表-1に示す。

2-2 測定場所

2階メディアセンターの測定場所を図-2に示す。

2-3 測定機器及び測定項目

測定のポイントは、室内上下温度7点、窓および壁温度を各1点、風速3点、PMV1点の合計で13箇所とし

*東関東（支）立正大学大崎（出）

表-1 冬季・夏季測定条件

2月 (冬季)	AC-2 設定		放射冷暖房設定		8月 (夏季)	AC-2 設定		放射冷暖房設定	
	室内温度	室内湿度	室内温度	送水温度		室内温度	室内湿度	室内温度	室内湿度
16日(月)	18℃	40%	20℃	34℃	3日(火)	23.5℃	30%	22℃	16℃
17日(火)	18℃	40%	20℃	34℃	4日(水)	23.5℃	30%	22℃	16℃
18日(水)	20℃	40%	20℃	34℃	5日(木)	23.5℃	30%	停止	停止
19日(木)	20℃	40%	20℃	34℃	6日(金)	25.5℃	30%	22℃	16℃
20日(金)	22℃	40%	停止	停止	7日(土)	停止	停止	停止	停止
21日(土)	停止	停止	停止	停止	8日(日)	25.5℃	30%	22℃	16℃
22日(日)	停止	停止	停止	停止	9日(月)	25.5℃	30%	22℃	16℃
23日(月)	22℃	40%	20℃	34℃	10日(火)	23.5℃	30%	22℃	16℃
24日(火)	22℃	40%	20℃	34℃	11日(水)	23.5℃	30%	停止	停止
25日(水)	22℃	40%	20℃	34℃	12日(木)	25.5℃	30%	停止	停止
26日(木)	20℃	40%	20℃	34℃	13日(金)	25.5℃	30%	停止	停止

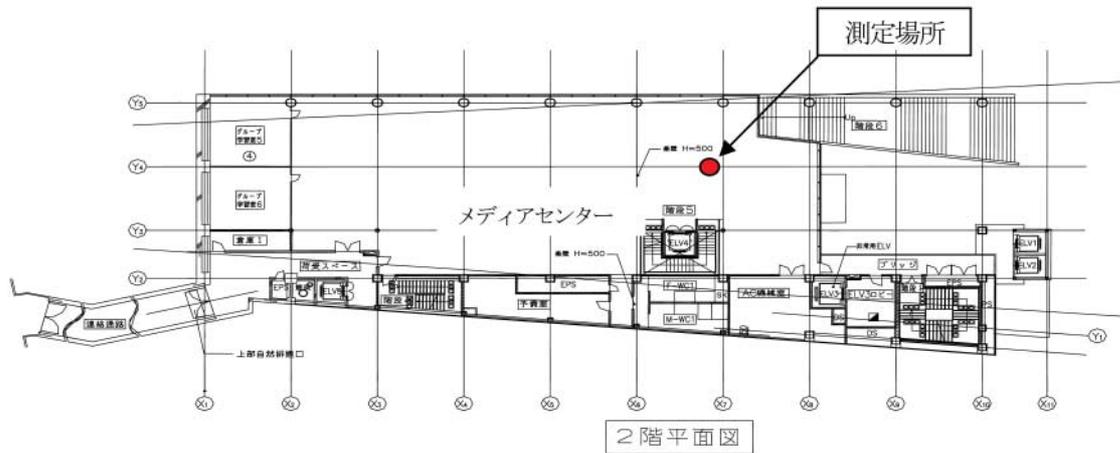


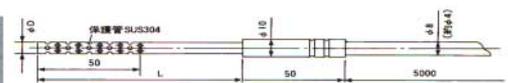
図-2 測定場所

表-2 測定機器

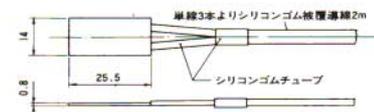
機器名	用途	数量
熱電対	室内温度測定	7本
測温抵抗体	窓、壁表面温度測定	2本
風速計	風速測定	3台
コンフィメーター	PMV測定	1式
Easy Recorder	データ収集	1台
パソコン	データ収集	1台
パソコン	データ収集	1台
安定化電源器(UPS)	安定電源確保	1台



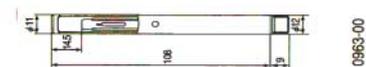
PMV計 (コンフィメーター)



測温抵抗体 (室温計測用)



測温抵抗体 (ガラス・壁面計測用)



風速計



UPS

図-3 測定機器類

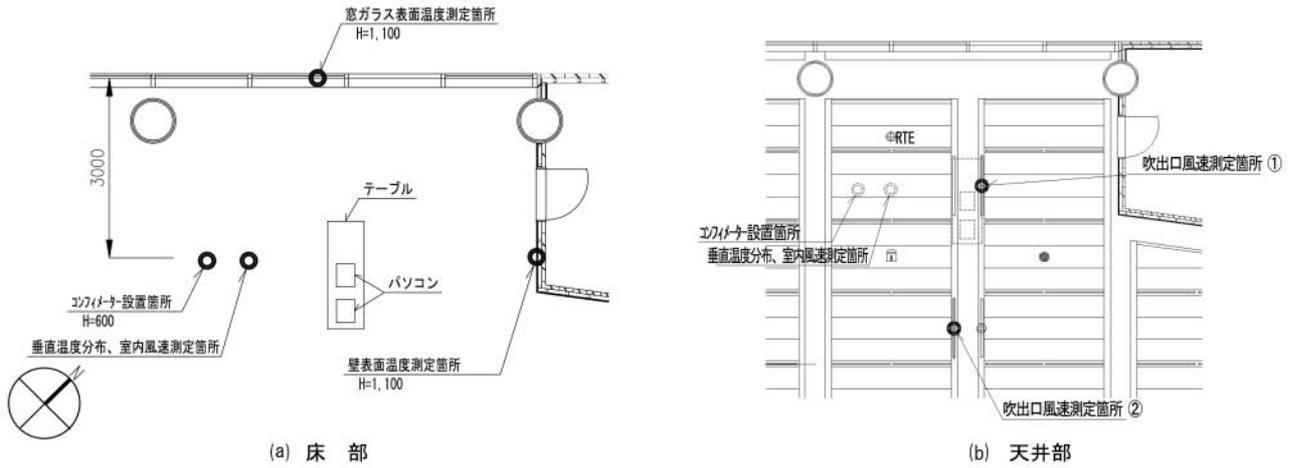


図-4 測定機器配置詳細

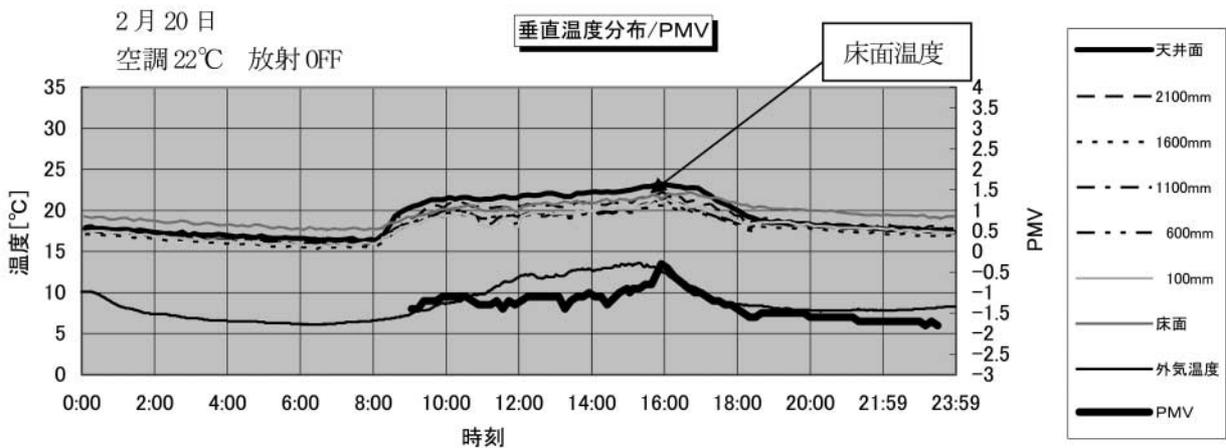


図-5 垂直温度分布/PMV

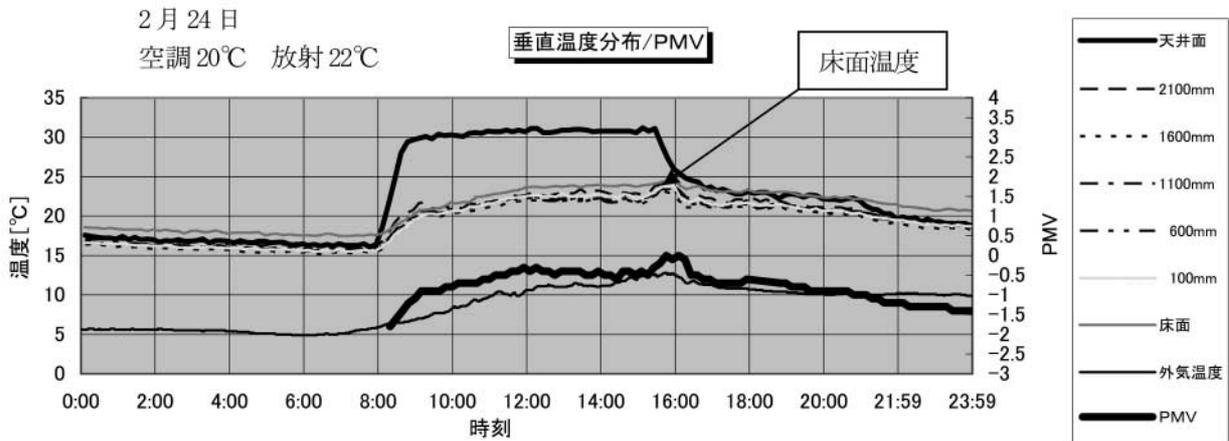


図-6 垂直温度分布/PMV

た。測定機器および測定箇所は、表-2、図-3、4による。また、前述のポイント測定の外に中央監視データにおいて、外気温度・室内温湿度データも合わせて記録を行い、測定結果の検証を行った。

§ 3. 冬季測定結果

冬季計測の結果、建物を利用する時間帯の9:00~18:00までの外気温の推移が比較的に行っている、2月20

日（空調機のみ稼動）と2月24日（空調機および放射の双方稼動）の両日を図-5および図-6の垂直温度分布/PMVにて比較する。

輻射パネル稼動時のほうが床面温度が高くなっているのが分かる。これは、輻射熱により床が暖められていることを示す。PMVは空調機だけの運転よりも輻射パネル稼動時のほうが値が良く、空調機の場合の空調機温度は22℃となっており、輻射パネル稼動時の設定温度を2℃下げられることが分かる。更に図-7および

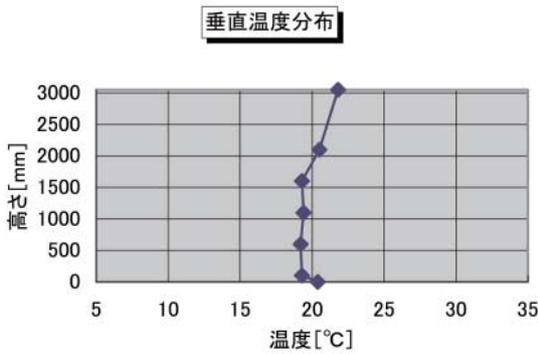


図-7 垂直温度分布 (2月20日)

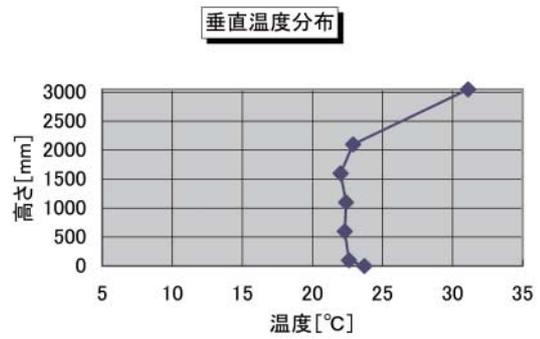


図-8 垂直温度分布 (2月24日)

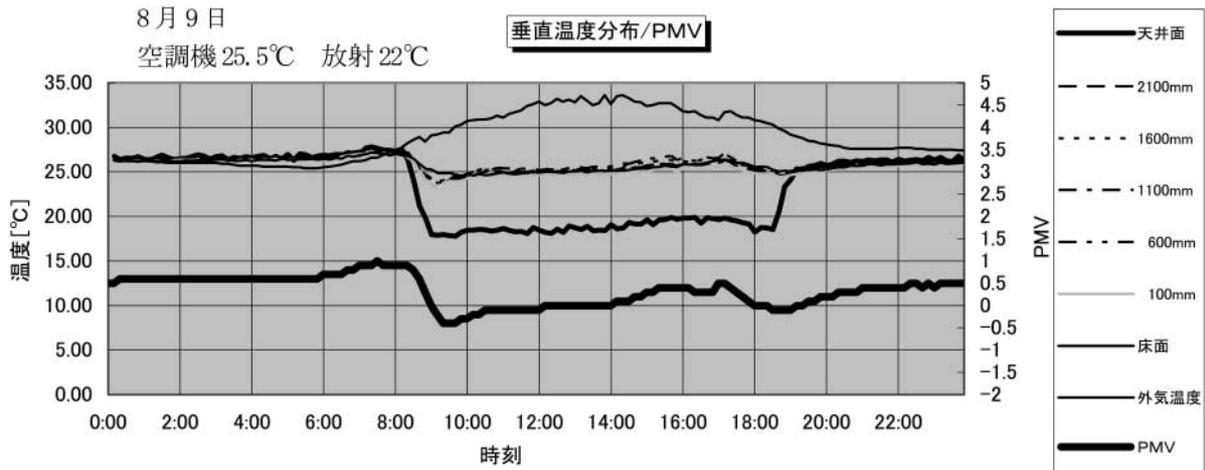


図-9 垂直温度分布/PMV

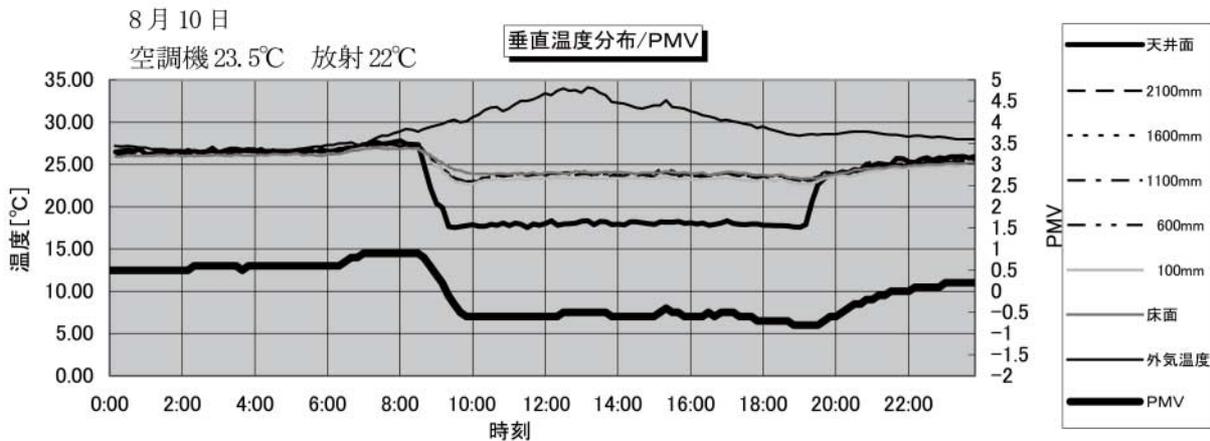


図-10 垂直温度分布/PMV

図-8の垂直温度分布を比較すると、空調機の場合に比べ、放射パネル稼動時は設定温度付近で均一になっていることが分かる。

§ 4. 夏季測定結果

夏季計測の結果、建物を利用する時間帯の9:00～18:00までの外気温の推移が比較的に定まっている、8月9日(空調機25.5℃および放射22℃稼動)と8月10日(空調機23.5℃および放射22℃稼動)の両日を図-9および

図-10で比較する。

放射パネル稼動時のほうが床面温度が安定しているのが分かる。これは、放射熱により床が冷やされていることを示す。PMVは空調機の運転温度により左右されており、空調機温度を23.5℃としたほうが良い値となり、放射パネル温度が同じ場合は、空調機の設定温度を2℃上げられることが分かる。更に図-11および図-12の垂直温度分布を比較すると、どちらも設定温度付近で均一になっており、空調機単独の運転よりも快適性が向上していると言える。

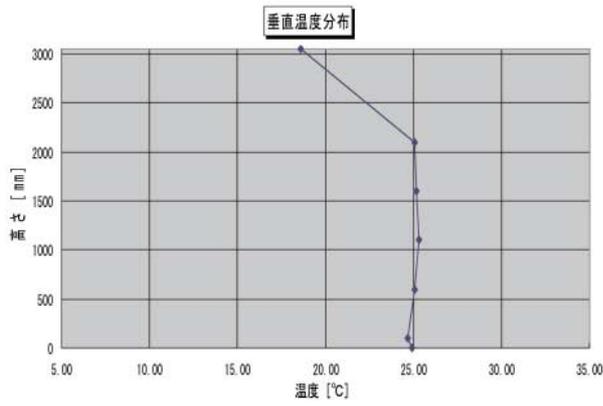


図-11 垂直温度分布 (8月9日)

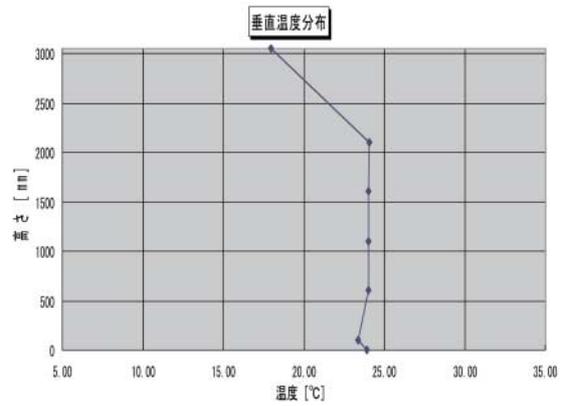


図-12 垂直温度分布 (8月10日)

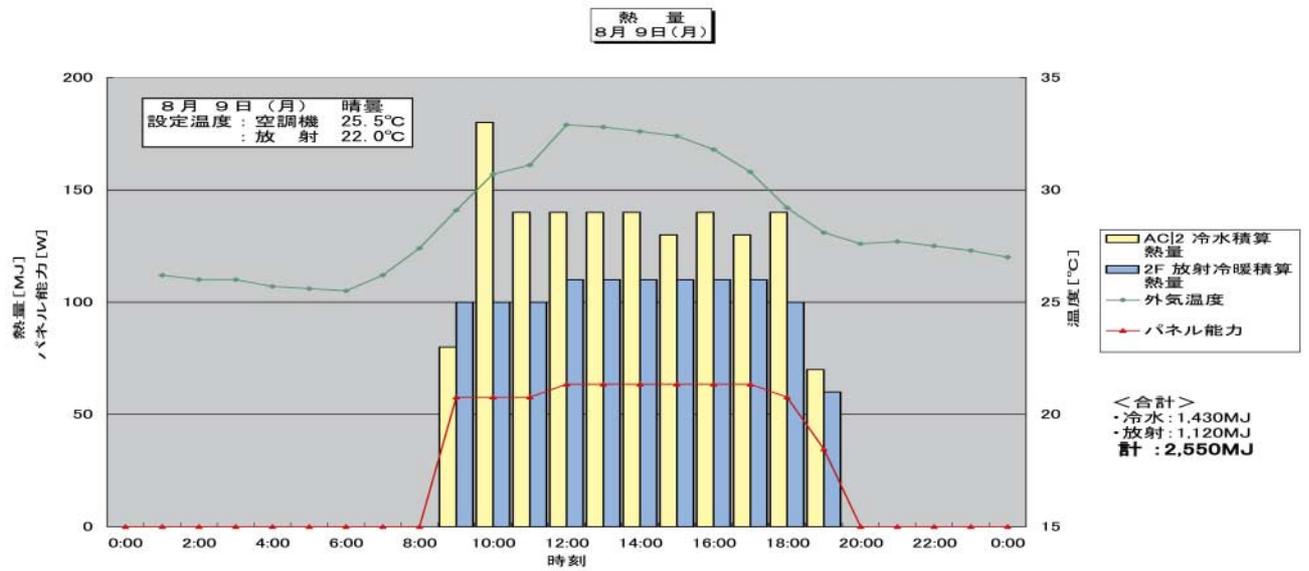


図-13 全体積算熱量 (8月9日)

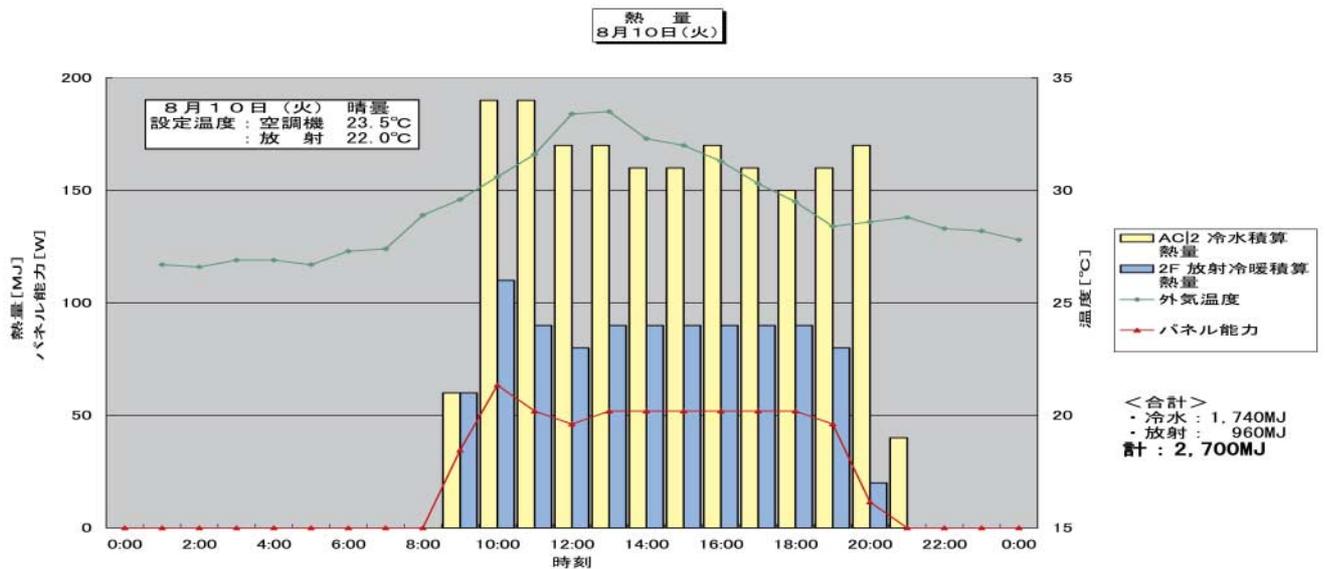


図-14 全体積算熱量 (8月10日)

参考資料

PMV について

PMV 算出時の設定値として、met 値（活動量）=1.0、clo 値（着衣量）=1.0 とする。

※ met 値、clo 値は下記参照

●人が感じる温度環境の6要素（参考）

人間側の要素

・着衣量 (clo:クロ値)		着ている服の種類や量によっても体感温度は、当然、変わってきます。快適さを数値化するPMV値としては、夏服が0.6clo程度、冬服が0.9~1.0clo程度（それぞれ室内着）となります。
・代謝量 (met:メット値)		身体から発生する熱量のことです。激しい運動をしているときは気温が低いところでも寒さを感じにくく、作業の内容によって体感温度はかなり変わってきます。

室内環境側の要素

・空気温度		気温のことです。室内に置いた温度計の数値はこれを示します。
・放射温度		壁や天井、床、家具などから、直接、発せられる温度で、輻射温度とも呼ばれます。赤外線によって伝達するもので、空気温度とは異なります。空気温度と放射温度が違うことは、たとえば炎に手をかざすと温かい感じでトンネルに入ると涼しく感じるでもわかります。
・気流		空気の動きのことです。空気温度が同じであっても、強い気流があたると寒く感じます。
・湿度		空気中の水分量によっても体感温度は大きく変わります。高温多湿だと不快に思うように、快適さを決定づける重要な要素の一つです。

●さまざまな活動の代謝量 (met:メット値)

met (メット) 値 (快適さを数値化するPMV値を算出する数値)

活動	代謝量 (met値)
・休息時	
寝床時	0.7
椅座静位	1.0
起立時	1.2
・歩行時	
4.8km/h	2.6
6.4km/h	3.8
・事務作業時	
読書・椅座静位	1.0
タイプ・ワープロ	1.1
ファイル整理(椅座)	1.2
ファイル整理(立位)	1.4
歩き回る	1.7
物を運ぶ・持ち上げる	2.1
・その他の活動	
ダンス	2.4~4.4
テニス	3.6~4.0
バスケットボール	5.0~7.6

※[出典]ASHRAE (アメリカ暖房冷凍空調学会) : ASHRAE Handbook, Fundamentals, (1989), pp. 8.8
 ※単位はmet: 1met=58.2W/m²
 ※「室温動物の酸素消費量や基礎代謝量はその体重ではなく、体表面積に比例して増加する」という「体表面積の法則」に基づいて、エネルギー消費量とヒトの体表面積の比で、算出したもの。日常生活で最も程度の低い身体活動である椅子座作業におけるエネルギー消費量を基本単位として定義された」

§ 5. おわりに

放射冷暖房システムと空調機併用空調システムにおいて実測を行った結果、良好な結果を得ることができ、省エネルギー・快適性についての、設計段階での有効性が検証できた。通常の空調システムに比べ、温度の設定を冬季は2℃程度下げる（夏季は2℃上げる）ことが出来るのは、輻射による体感温度の影響が大きく、全体積算熱量については併用システムとすることで押えることが可能という結果となった（図-13、14参照）。また、試運転期間中や実際の運転状況のなかでは、フロア毎に空調機だけの運転や併用している箇所を作り、そこを行き来することで放射冷暖房稼働の有無が体感できるほどで

あった。輻射熱による冷温感をシステムとして作り出している建物は、現在のところ日本にはまだ少ないが、これからの需要拡大に期待したい。

謝辞：本実測を行うにあたり、多大なご協力を頂きました学校法人立正大学学園、設計監理を担当しました株式会社石本建築事務所の関根氏ならびに株式会社トヨックスの方々に深く感謝の意を表します。

参考文献

ASHRAE (アメリカ暖房冷凍空調学会) : ASHRAE Handbook, Fundamentals, (1989), pp. 8.8