

# 天井放射冷房の性能評価に関する実験的研究

## 第2報 覚醒時の生理・心理反応における天井放射冷房と対流式冷房の比較

正会員 ○糸井川高穂 \*1  
 正会員 羽山 広文 \*2  
 正会員 絵内 正道 \*3  
 正会員 瀬沼 央 \*4  
 正会員 山岸 浩 \*4

天井放射冷房      各部皮膚温      平均皮膚温  
 SET\*              快適感              温冷感

### 1. 目的

天井放射冷暖房は、病院等で導入が進められているものの、その制御を看護師が行なうことで、冷房時の末梢の血行不良や暖房時の寒さによる不快感などの負担を、仰臥姿勢で安静状態の患者に与える危険性がある。このため、看護師と患者が同時に快適と感じられる温熱環境での制御方法の確立が求められている。

天井放射冷暖房に関しては、過去に種々の研究<sup>1) 2)</sup> がなされてきた。しかし、仰臥姿勢を対象とした研究や、性差、睡眠を考慮した研究はほとんど見られない。

そこで本研究は、冷房のみを対象とし、性差、及び睡眠を考慮した仰臥姿勢の人体の快適な温熱環境を提案することを目的とする。第1報<sup>3)</sup> では、天井放射冷房を使用した場合の、覚醒時の生理・心理反応における性差の影響を検討した。第2報では、同一の気温・湿度条件において、天井放射冷房と対流式冷房の違いが、覚醒時の生理・心理反応に及ぼす影響について検討する。

### 2. 実験計画

実験は、2005年10月6日～2005年10月29日に、株式会社TOYOX 富山本社事務所棟内に試作した人口気候室（以下、実験室と呼ぶ）で行なわれた。図1に実験室の概要を示す。天井放射パネルの設置面積は、全体で約9.3m<sup>2</sup>で、天井面積全体のおよそ77%を占める。今回の研究では、病室における仰臥姿勢を想定して実験を行なった。従って、被験者は、医療施設で一般に用いられている寝間着を着た状態で、仰臥姿勢で曝露された。被験者の着衣量は、衣服重量測定<sup>4)</sup> により、0.5 clo と推定され、体表面積は蔵澄らの算出式<sup>5)</sup> により求めた。表1に被験者の概要を示す。

表2に、実験条件を示す。主条件は、安静状態で長時間滞在時に快適とされる室温28℃、湿度50%<sup>6)</sup> を基準にした室温26℃、28℃、30℃の3条件とした。表3に、実験の時間割を示す。室温約26℃、湿度約50%の前条件への30分間の曝露中に、各種測定機器の人体への取り付けを行なった。

表4に、測定項目を示す。環境条件として、実験室内の室温、湿度、グローブ温度等を測定した。人体の生理反応として、人体各部位の皮膚温、心拍等を測定した。皮膚温の測定は、Hardy-DuBoisの7点法<sup>7)</sup> に従った。人体の心理反応の測定には、志村らの評定尺度<sup>8)</sup> を用い、入室直後、及び曝露実験中の5分間隔に、温冷感、快適感等を申告させた。

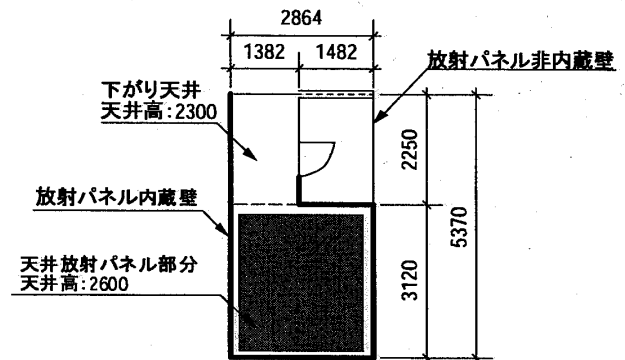


図1 実験室平面図

表1 被験者概要

被験者	性別	身長[cm]	体重[kg]	体表面積[m <sup>2</sup> ]	着衣量[clo]	出生地
1	男性	184.0	64.0	1.8	0.5	富山県
2	男性	169.0	58.6	1.7	0.5	富山県
3	男性	167.0	67.0	1.7	0.5	富山県
4	女性	152.0	44.8	1.4	0.5	富山県
5	女性	152.0	52.0	1.5	0.5	富山県
6	女性	162.0	56.6	1.6	0.5	富山県

表2 実験条件

前条件			主条件		
室温(℃)	湿度(%)	設備	室温(℃)	湿度(%)	設備
26	50	対流式空調	26	50	天井放射冷房
			28		対流式冷房
			30		天井放射冷房
					対流式冷房

表3 実験の時間割

時刻	9:00	10:30	11:30	13:30	14:30	16:00	17:00
曝露状態	前条件	主条件	前条件	主条件	前条件	主条件	
場所	控え室	実験室	控え室	実験室	控え室	実験室	

表4 測定項目

	測定項目	測定機器
環境条件	グローブ温度	グローブ温度計
	気流速度	超音波風速計
	気温	熱電対
	湿度	
	天井、壁、床表面温度	熱電対
	対流式給気温度	熱電対
	擬似負荷装置用消費電力量	電力量測定センサ
生理反応	天井放射パネル往復流水温度	
	舌下温度	熱電対
	各部皮膚温	熱電対
	各部放射熱	熱流計
心理反応	心拍数	心拍計
	全身温冷感等	申告用紙

Experimental Study on Performance Evaluation of the Ceiling Radiant Cooling System

Part2 Comparison between Ceiling Radiant Cooling System and Convection Cooling System in Physiological and Psychological Reaction at the Time of Awakening

ITOIGAWA Takaho, HAYAMA Hirohumi, ENAI Masamichi, SENUMA Hiroshi, YAMAGISHI Hiroshi

### 3. 実験結果と考察

図2、及び図3に、曝露開始後20分以降の各部皮膚温、舌下温度、平均皮膚温の平均値を示す。男性では、設定室温26℃における足の皮膚温が、天井放射冷房時より対流式冷房時で低くなること示された。対流式では気流により、露出部分の皮膚温が低下したと考えられる。一方、女性では、設備条件の違いが、各部皮膚温、舌下温度、及び平均皮膚温に及ぼす影響は小さいと言える。

図4、及び図5に、SET\*と心理反応の関係を示す。熱的中立状態となるSET\*は、男性では天井放射冷房時に26.3℃、対流式冷房時に27.5℃、女性では天井放射冷房時に27.4℃、対流式冷房時に26.9℃であった。一方、快適感が最大となるSET\*は、男性では天井放射冷房時に26.2℃、対流式冷房時に27.4℃、女性では天井放射冷房時に27.1℃、対流式冷房時に26.9℃であった。設備条件、及び性別の違いの影響は見られるものの、熱的中立状態となるSET\*と最大の快適感を示すSET\*は、概ね同じ値であることが示された。また、女性では設備条件の違いの影響は見られなかったものの、男性では対流式冷房時より天井放射冷房時の方が、約1.2℃低いSET\*で熱的中立状態となり、また、快適感が最大となることが示された。全ての曝露条件における熱的中立状態は、空気調和・衛生工学会で示されている日本人の夏季の中立温度であるSET\*26.2℃<sup>9)</sup>より高いSET\*となった。又、全ての曝露条件で、快適感が最大となるSET\*は、ASHRAE Handbookで定義されている快適なSET\*の上限である25.6℃<sup>10)</sup>より高い値となった。

図6、及び図7に、生理反応と心理反応の関係を示す。熱的中立状態となる平均皮膚温は、男性では天井放射冷房時に33.8℃、対流式冷房時に34.3℃、女性では天井放射冷房時に34.1℃、対流式冷房時に34.1℃であった。一方、快適感が最大となる平均皮膚温は、男性では天井放射冷房時に33.7℃、対流式冷房時に34.3℃、女性では天井放射冷房時に33.8℃、対流式冷房時に33.9℃であった。従って、設備条件、及び性別の違いに関わらず、概ね平均皮膚温33.7～34.3℃で、熱的中立となり、最大の快適感を示すと言える事ができる。

### 4. まとめ

本研究により、以下の知見を得た。

- ・女性では、設備条件の違いが、各部皮膚温、舌下温度、及び平均皮膚温に及ぼす影響は小さい。
- ・男性では対流式冷房時より天井放射冷房時の方が、およそ1.2℃低いSET\*で熱的中立状態となり、また、快適感が最大となる
- ・設備条件、及び性別に関わらず、平均皮膚温33.7～34.3℃で熱的中立となり、同時に最大の快適感を示すことができる。

#### 【参考文献】

1) 田辺新一、泉水紀子、北川晃一、早野ひろ子：天井放射の熱的快適性に与える影響、空気調和・衛生工学会学術講演会論文集、pp993-996、1994

\*1北海道大学大学院 大学院生

\*2北海道大学大学院 助教授 博士(工学)

\*3北海道大学大学院 教授 博士(工学)

\*4株式会社トヨックス

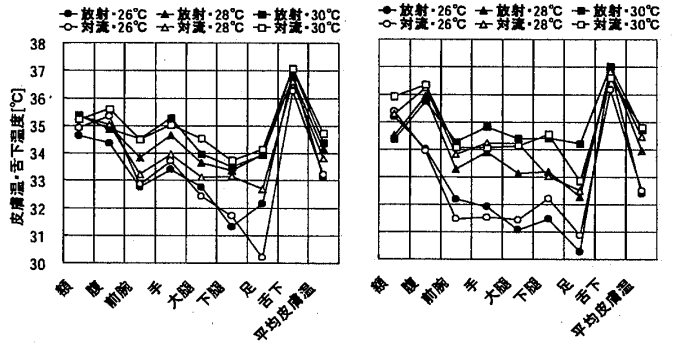


図2 各部皮膚温 (男性)

図3 各部皮膚温 (女性)

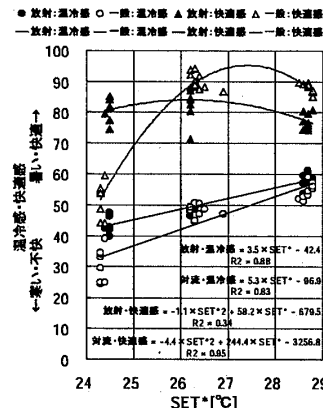


図4 SET\*と心理反応 (男性)

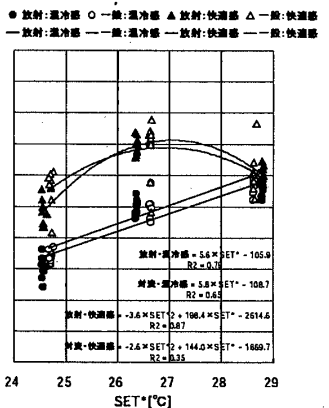


図5 SET\*と心理反応 (女性)

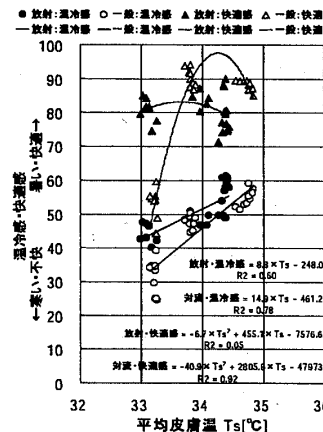


図6 平均皮膚温と心理反応 (男性)

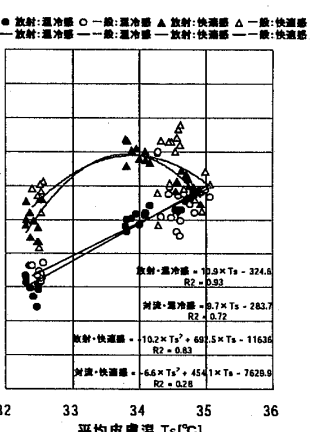


図7 平均皮膚温と心理反応 (女性)

- 2) 長野克則、持田徹、嶋倉一寛、吉野博：仰臥安静人体を対象とした天井放射冷房システムの温熱環境設計に関する実験的検討、空気調和・衛生工学会論文集、No. 81、pp59-69、2001
- 3) 糸井川高徳 他：天井放射冷房の性能評価に関する実験的研究 第1報 覚醒時の生理・心理反応における性差の比較、空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集、2006
- 4) 花田嘉代子：着衣量、温冷感シンポジウム「温熱環境測定法」、空気調和・衛生工学会 空気調和設備委員会、温冷感小委員会、空気調和・衛生工学会、1992
- 5) 蔵澄美仁 他：日本人の体表面積に関する研究、日本生気象学会雑誌、31(1)、pp5-29、1994
- 6) 空気調和・衛生工学会編：快適な温熱環境のメカニズム、空気調和・衛生工学会、1997
- 7) Hardy, J. D. & DuBlis, E. F.: The technique of measuring radiation and convection, J. Nutr., No. 15, pp461-475、1964
- 8) 志村欣一 他：日本人を対象とした室内温湿度条件の至適域に関する実験的研究、日本建築学会計画系論文集、第480号、pp15-24、1996
- 9) 空気調和・衛生工学会編：第13版 空気調和・衛生工学会便覧 1基礎編、pp446、2001
- 10) ASHRAE: 1985 FUNDAMENTALS, ASHRAE HANDBOOK, p8.20、1985

\*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Hokkaido Univ.

\*2 Assoc. Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng

\*3 Prof., Graduate School of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng

\*4 TOYOX CO., LTD