

第21回 人間-生活環境系シンポジウム（横浜 1997年12月）

放射空調方式

第5報： 環境試験室におけるプロトタイプ機の性能評価

○土井隆司、 斎藤俊彦、 北川晃一、 鳴坂和宏

(株) 東芝 住空間システム技術研究所

Development of a Radiant Air-conditioning System

(5th Report: Performance Analysis of a prototype system in the artificial Environmental Chamber)

Takashi DOI, Toshihiko SAITO, Koichi KITAGAWA and Kazuhiro NARUSAKA

TOSHIBA Corp. Air-Conditioners & Appliances Engineering Laboratory, Japan

In recent years, housing performance concerning insulation and ventilation has been improved. A development of a air-conditioning systems, which could create more comfortable thermal environment with a few energy consumption in the small amount of air-conditioning load, became more important. We reported that a combined system, which is composed of a radiant ceiling panel and a larger area of convective air flow outlet, was superior to a ceiling type of convective air-conditioning system and a ceiling radiant panel system by using a numerical simulation in the previous report.

In this paper, we carried out experimental comparison of a prototype of combined system and a ceiling type of convective air-conditioning system in the artificial environmental chamber (floor area of test room: 30m²). We operated each air-conditioning system to keep the same level of SET* (Standard new Effective Temperature) inside the occupied zone in 6 outside air temperature conditions (summer period 27, 30, 33°C, winter period 2, 7, 12°C). The electric power input was evaluated by total amount of 4 hours operation. The following results were obtained. The combined system was confirmed to create more comfortable thermal environment in the occupied zone than the convective air-conditioning system. The uncomfortable zone caused by mainly draft was seldom found in the combined system. Consumption electric power input of the combined system consumed less 16.4% in summer period, 27.8% in winter period, 25.3% in a year, respectively.

1. 序 論

近年、住宅の高断熱・高気密化が進み空調負荷が小さくなり、空調機器は部分負荷で運転されることが多くなっている。小型エアコンではより実使用状態に近い条件で快適性・省エネ性を評価するために、従来のカロリーメータ法による機器単体評価と共に環境試験室法が使用されている。環境試験室法は、温度・気流・放射などの温冷感への影響を快適性評価指標PMV¹⁾によって評価することを主体としたものである。しかし温熱環境の快適性としては、ドラフトによる不快感、放射の不均一による不快感など局所的な不快感も考慮して快適性を評価することが重要である。

このような背景のもと、冷暖房可能な放射式空調方式のシステム開発を行った。放射式空調方式の1形態である併用システム（天井に設置したふく射パネルからの放射と幅広い吹出口を有する対流の併用空調）が、天井カセット型の対流式エアコンおよび天井に設けたふく射パネルのみの放射空調よりも優れていることを前報にて数値解析を適用した結果を報告した²⁾。

本報では併用システムのプロトタイプ機を試作し、環境試験室にて快適性と省エネ性について、天井カセット型対流式エアコン（以後、対流式エアコン）に対して比較試験を行った結果を報告する。

2. 試験システムの概要

併用システムの概要をFig.1に示す。熱源機にはヒートポンプを用い、室内機にて温調された空気は天井に設置されたふく射ダクト（アルミによって形成された長方ダクトで、天井裏側の3面を断熱材で覆い、室内側の面には一般天井クロスを貼った）に吹出され、ふく射ダクト表面を冷却・加熱して放射冷暖房を行う。さらにふく射ダクト通過後の空気は、ダクト吹出口より室内空間に吹出され対流冷暖房を行う。この併用運転の室内機からの吹出し温度と風量を制御することによって、放射と対流の能力割合を替え、様々な断熱性能の家屋に対して快適な温熱環境にて空調することが出来る。

Fig.2は、併用システムを試験室天井（6.7×4.5m）に取り付けた図である。室内機からの温調された空気を8

経路のふく射ダクトに流すため分岐チャンバーを用いて分流させた。また室内中央は、照明などを設けることよりふく射ダクトを設けず、一般天井を取り付けた。よってふく射ダクトの天井設置率は64%となった。

対流式エアコンの試験設置状況を Fig.3 示す。対流式エアコンは一方向吹き出しのため、試験室天井の端部分に取り付けた。

なお試験室の天井高さは、各空調機共に 2.1m で試験を行った。

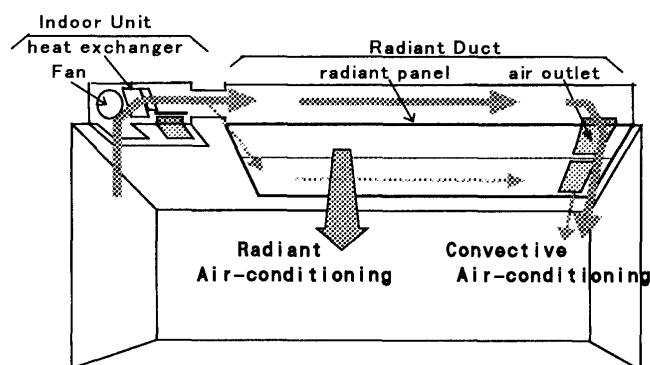


Fig.1 Combined System

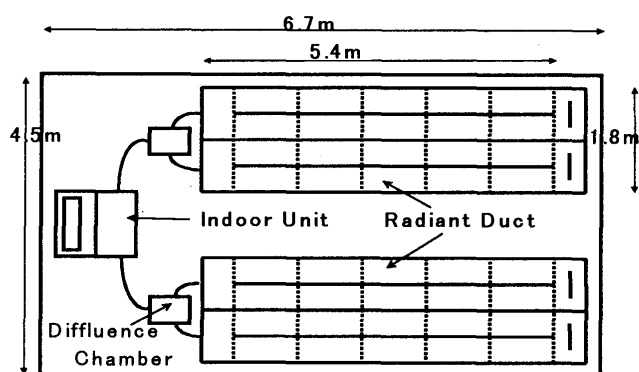


Fig.2 Figure of Combined System

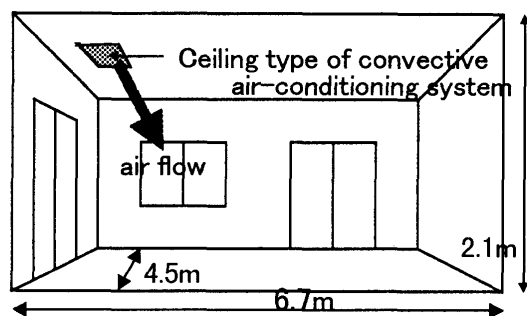


Fig.3 Ceiling type of convective air-conditioning system

3. 試験方法

3.1 快適性を考慮した評価方法

空調機器の省エネ性比較のために、戸建住宅をモデルとしての評価基準を、室内の快適性が同一な環境として設定した。その定義方法、およびその環境時の消費電力量を算出する方法を以下に示す。

3.1.1 評価項目・測定点

居住域³⁾にて、Table 1 に示す項目の快適性評価を行う。全ての評価項目に対して快適となった測定点の割合を快適域率とし、居住域内での快適域率が 90%以上ある室内空間を快適空間と定義した。この快適空間を満たすように空調機を制御させ、試験を行った。

Table. 1 Evaluation item and Measurement point

評価	評価場所 (測定点)
SET* ⁴⁾ (温冷感評価指標)	SET*は体中心温冷感の評価である、このため床面からの高さを以下に示す場所にて評価する。 0.6m: 座位の体中心高さ 1.1m: 立位の体中心高さ 快適域 22.6~25.6℃
P D ⁵⁾ (ドラフト感)	床面からの高さを以下に示す場所にて評価する。 0.1m: 足首の位置 0.6m: 座位の体中心高さ 1.1m: 立位の体中心高さ 1.7m: 立位の頭の高さ 快適域 PD ≤ 15%
R T A ⁶⁾ (ふく射環境の不均一)	0.6mにおける上下ふく射温度の計測 快適域: 垂直方向 5℃以内 水平方向 10℃以内
上下温度差	0.1mと1.7mの空気温度差 快適域 温度差が3℃以内

3.1.2 戸建住宅における消費電力量評価

評価は、SET*=24℃となるように空調機を駆動した状態での消費電力量で評価する。しかし同一の SET*値の環境を作ることとは不可能であるため、各設定外気温度に対して空調機器を快適範囲内で運転し、SET*=24℃となる消費電力量を直線補間して求める。また運転時間は、戸建住宅の場合は連続して空調機器を駆動することが少なく間欠的に空調機器を用いる場合が多いため、運転開始から4時間の積算電力量で評価することとした。

3.1.3 年間消費電力量の算出方法

年間消費電力量は、上記積算電力量に発生時間を掛けたものの積算値とする。積算を行うにあたり、以下の仮定を設定した。

- ①冷房運転時間を 500h、暖房運転を 1500h とする。
- ②JIS で定める冷房期間の発生時間⁷⁾に対する上記運転時間の割合は、各外気温度に対して均等に発生する。
- ③外気温度 24℃、25℃においては、冷房を行わない。
- ④今回の算出においては、東京の発生時間を用いた。

3. 2 試験室の試験環境

試験室(6壁面)の温調は、室外壁面(2壁面)と室内壁面(2壁面)および天井裏においてそれぞれ個別に設定できる。床裏は、試験開始まで室内温度と同温度にて温調し、試験開始後は成り行きとした。

夏期・冬期の外気温度・内気温度を Table2 に示す。夏期の場合、本評価では室外温度と同等温度とした。冬期においては外気同等温度まで冷え込むことはないと考え、内気温度は12℃一定温度とした。

4. 試験結果

4. 1 夏期冷房運転の室内環境

冷房運転開始から4時間までの室内中央温度及び快適性の時間変移を、対流式エアコンの場合を Fig.4. に、併用システムの場合を Fig.5 に示す。

対流式エアコンの室内中央における上下温度差は約2deg となった。SET*の平均値は24.4℃となり、快適域率は運転開始から1.5時間で90%に達した。

併用システムの室内中央における上下温度差は約

Table.2 Experimental Condition

期 間	設 定 条 件	設 定 内 容
夏期 冷房 運転	設定外気温度	代表温度を用いる (27・30・33℃)
	設定内気温度	室外温度と同等温度
	設定天井裏温度	室外温度と同等温度
	室内の 運転開始条件	内気温度と同温度にて10時間以上暴露する。試験開始時には窓・ドアを閉め、照明は点灯していない。
冬期 暖房 運転	設定外気温度	代表温度を用いる (12・7・2℃)
	設定内気温度	どの外気温度状態においても12℃一定
	設定天井裏温度	どの外気温度状態においても12℃一定
	室内の 運転開始条件	内気温度と同温度にて10時間以上暴露する。試験開始時には窓・ドアを閉め、照明は点灯していない。

0.3deg となった。SET*の平均値は24.5℃となり、快適域率は運転開始から1時間で90%に達した。

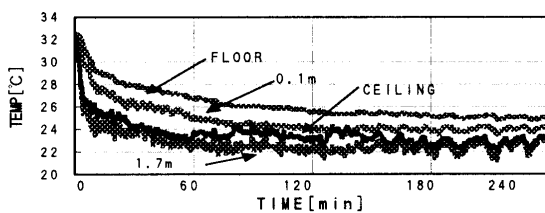


Fig.4.A Air temperature of cooling
(Convective air-conditioning)

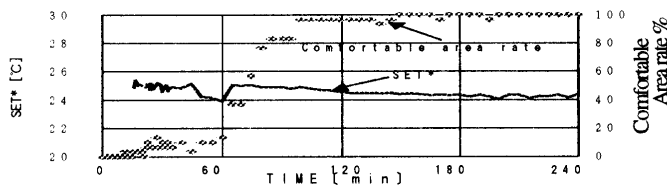


Fig.4.B Comfortable area rate of cooling
(Convective air-conditioning)

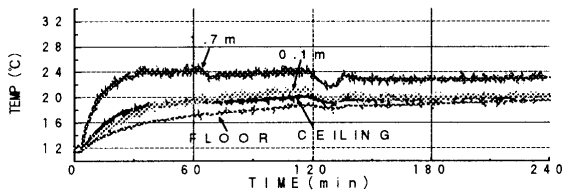


Fig.6.A Air temperature of heating
(Convective air-conditioning)

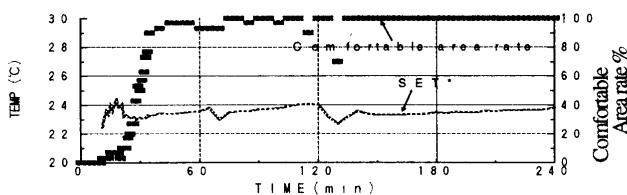


Fig.6.B Comfortable area rate of heating
(Convective air-conditioning)

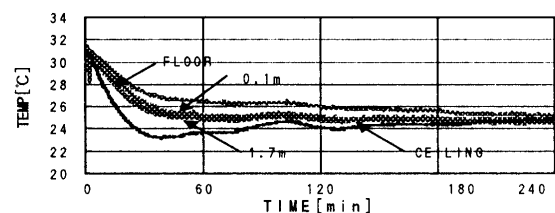


Fig.5.A Air temperature of cooling
(Combined system)

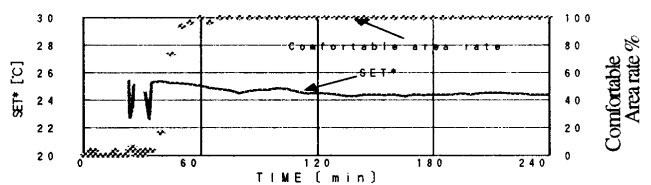


Fig.5.B Comfortable area rate of cooling
(Combined system)

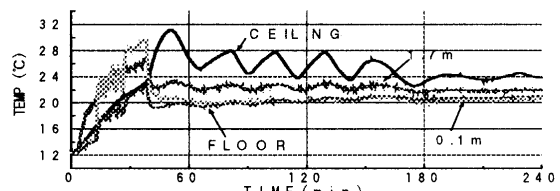


Fig.7.A Air temperature of heating
(Combined system)

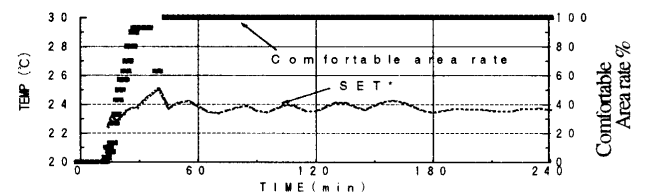


Fig.7.B Comfortable area rate of heating
(Combined system)

4. 2 冬期暖房運転の室内環境

暖房運転開始から4時間までの室内中央温度及び快適性の時間変移を、対流式エアコンの場合をFig.6に、併用システムの場合をFig.7に示す。

対流式エアコンの室内中央における上下温度差は2degとなった。しかしエアコン吹出口下と部屋の奥では約5degの温度差が生じた。またSET*の平均値は、23.5℃となり、快適域率は運転開始から40分で90%以上となった。併用システムの室内中央における上下温度差は2degとなった。また天井温度の変動は、上下温度差を付けないようにして床面を暖める制御のためである。SET*の平均値は23.5℃となり、快適域率は運転開始から30分で90%以上となった。

5. 2 年間消費電力量の試験結果

年間の消費電力量の検討結果を示す。

5. 2. 1 夏期の冷房運転

代表外気温度27・30・33℃において、対流式エアコン・併用システムの冷房運転を、運転開始から4時間自動運転を行ったときの、積算電力量(0～4時間)と温冷感評価指標(1～4時間までの快適域に入ったSET*平均値)の関係をFig.8に示す。同一環境の空調を行う場合、どの外気温度においても併用システムが対流式エアコンに比べて積算電力量が少なかった。

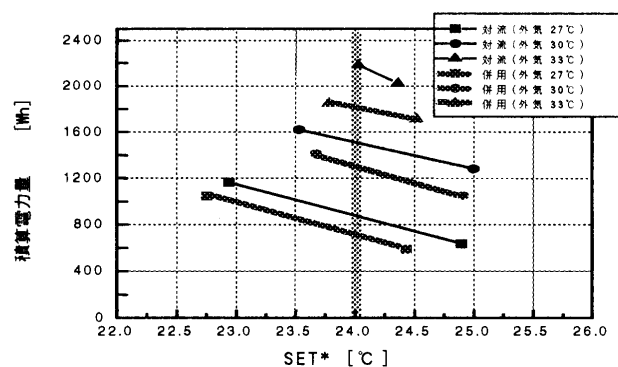


Fig.8 Electric Power versus SET* in Air cooling

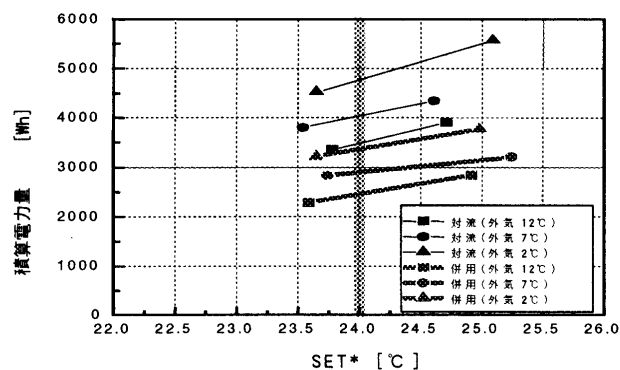


Fig.9 Electric Power versus SET* in Heating

5. 2. 2 冬期の暖房試験

代表外気温度12・7・2℃において、対流式エアコン・併用システムの暖房運転を、運転立ち上げから4時間自動運転を行った。このときの積算電力量(0～4時間)と温冷感評価指標(1～4時間までの快適域に入ったSET*平均値)の関係をFig.9に示す。同一環境の空調を行う場合、どの外気温度においても併用システムが対流式エアコンに比べて積算電力量が少なかった。

6. 結 論

放射空調方式の1形態である併用システムと天井カセット型対流式エアコンを、環境試験室(高断熱高気密の戸建住宅の部屋30m²における試験室)において、室内快適性と省エネ性の比較試験を行った。

年間の消費電力量を試算した結果をTable3に示す。対流式エアコンの年間消費電力量は1607.0kWh、併用システムの年間消費電力量は1158.3kWhとなり、電力量の低減率は27.9%となった。この試験によって、併用システムが対流式エアコンに比べて、快適であり省エネな空調が行えることを確認した。

なお、本研究は、通商産業省工業技術院のエネルギー使用合理化関係技術実用化開発費補助金を受けて行った研究の一部である。

Table.3 Electric Power in a year

	夏期冷房	冬期暖房	年間消費電力量
対流式エアコン	137.9kWh	1469.1kWh	1607.0kWh
放射空調方式(併用システム)	115.0kWh	1043.3kWh	1158.3kWh
電力量の低減率	16.6%	29.0%	27.9%

<参考文献>

- 1) Fanger: Thermal Comfort, Danish Press, 1970
- 2) 北川ら: 第20回人間-生活環境系シンポジウム講演論文集, 1993
- 3) ASHRAE: ANSI/ASHRAE Standard 55-92, 1992
- 4) Gagge et al: ASHRAE Trans., Vol. 77, p247/262, 1971
- 5) Fanger et al: ERGONOMICS Vol. 29, p215, 1986
- 6) ISO 7730: Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions of thermal comfort, 1984
- 7) JIS C 9612: ルームエアコン, p90/92, 1994