

# 専用放熱器による窓面コールドドラフト防止に関する研究 (第2報)

## —室内暖房環境の実測—

富田 和彦, 保科 秀夫,  
岩井 信行\*, 武舎 憲功\*, 阪場 行男\*

Studies on Prevention of Cold — Draft from Cooling Windows  
by using Low — Height — Convactor (Part II)  
— Measurement of Indoor Climate —

Kazuhiko TOMITA, Hideo HOSHINA  
Nobuyuki IWAI\*, Kenko MUSHA\*, Yukio SAKABA\*

### 抄 録

コールドドラフト防止専用放熱器の実用面での有効性を調べるため、実際の窓が取り付けられている試験室および実験住宅を使用し暖房環境測定を行った。併せて、パネルラジエーターの適正配置とされる窓下設置の妥当性を確認するため、窓下設置と対面壁設置の室内温度分布比較を行った。

その結果、パネルラジエーターの窓下設置が窓からのコールドドラフトを防止し温度むらの少ない快適な暖房環境を形成すること、またパネルラジエーターを対面壁に設置する場合には本専用放熱器が暖房環境を改善する有効な手段であること、特にカーテンを吊り下げた場合にコールドドラフトが促進され暖房環境の悪化を招くが、本専用放熱器を窓面とカーテン間に設置することで、この悪化を抑止できることなどが確認された。

### 1. はじめに

快適な室内暖房環境を実現するためには、窓面からのコールドドラフトを抑えて室内の温度むらを少なくし、同時に窓面結露を防止することが重要である。著者らは、これまでに窓枠に設置できる小型で軽量のコールドドラフト防止専用放熱器を開発し、模擬窓を使用した白煙とサーモグラフィによる可視化実験により、本専用放熱器の性能把握とコールドドラフトを防止するための最小放熱量を明らかにした<sup>1)</sup>。本研究では、実際の窓が取り付けられている試験室および実験住宅を使用して、本専用放熱器の室内暖房改善効果について試験したので、以下に報告する。

### 2. 環境試験室における暖房環境測定

#### 2.1 目 的

室外温度を任意に制御できる環境試験室を使用し、パネル

ラジエーターを窓下に設置する場合と対面壁に設置する場合の室内温度分布の相違、およびパネルラジエーターを対面壁に設置した状態でコールドドラフト防止専用放熱器を運転した場合の暖房環境の改善効果を明らかにする。

#### 2.2 試験装置

##### 1) 環境試験室

試験室の大きさは、床面積 2,700mm×3,600mm、高さ 2,400mm である。構造はパネル工法で、ガラスウール(16K)が天井と床に 200mm、壁に 150mm 充填されている。開口部として、縦 1,205mm×横 1,695mm のプラスチックサッシのペアガラス引違い窓(熱貫流率: 2.5kcal/m<sup>2</sup>・h・°C; 立山アルミ)が1箇所、縦 2,000mm×横 785mm のテラスドアが2箇所設けられている(図1参照)。測定期間中、テラスドアを厚さ 50mm の発砲ポリスチレンで断熱した。試験室は-30°C~+40°Cの範囲で制御可能な恒温室(床面積 3,600mm×6,430mm、有効高さ 4,500mm)内に設置されている。

\*森永エンジニアリング(株)

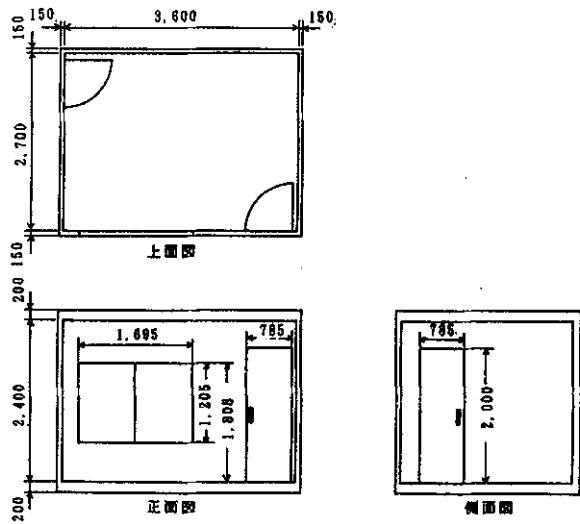


図1 環境試験室の概要

2) 暖房システム

温水暖房システムのフローを図2に示す。パネルラジエーター（略称：PH；森永エンジニアリング(株)TP11）は、高さ300mm×幅1,600mm、標準放熱量1025kcal/h( $\Delta T = 60K$ )であり、窓下および対面壁に、床面から130mmの位置に取り

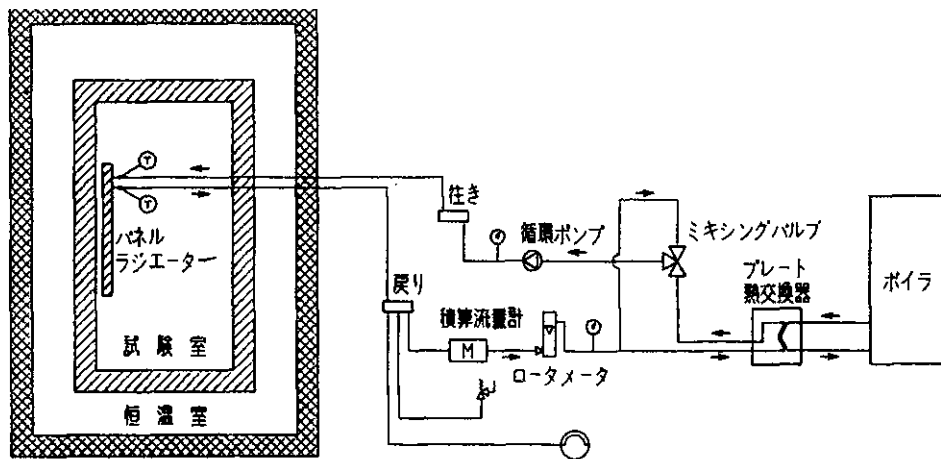


図2 実験装置フローシート

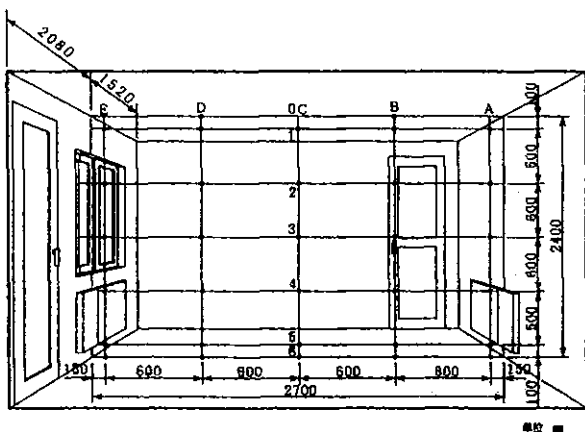


図3 室内温度分布センサー配置図

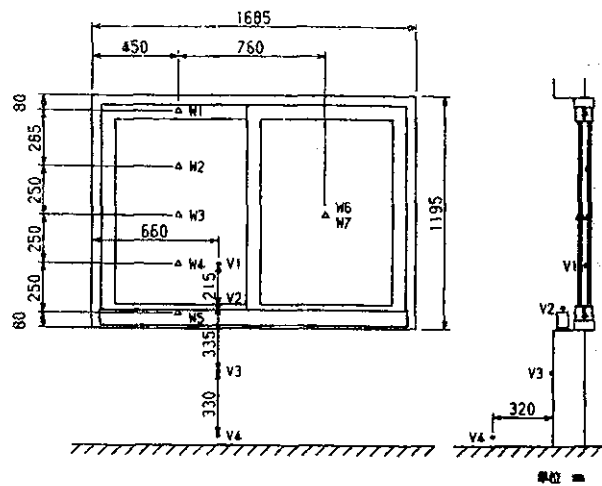


図4 窓面付近のセンサー配置図

付けられる。PHに供給される温水は、熱交換器でボイラから熱を受け、ミキシングバルブにより設定温度に制御される。

3) コールドドラフト防止専用放熱器

試験に供したコールドドラフト防止専用放熱器（略称：WH）は、電気式（定格放熱量：100W、放熱管長さ：555mm）で、ケーシングは高さ80mm×幅800mm×奥行60mm、放熱管は前報<sup>1)</sup>と同じアルミプレートフィン管である。実験では、WH 2台を並列に接続し、スライダックを用いて放熱量を任意に調節した。

4) センサーの配置

試験室内の空気温度分布測定として、図3に示すように、T熱電対を垂直断面に計25点、格子状に配置した。床面温度（6A～6E）5点、窓面温度（W1～W7）はガラス面5点と窓枠面2点（図4参照）、外気（恒温室）温度1点、さらに窓下の壁面および床面などの気流（V1～V4）を測定した。PHの放熱量測定用として、PHの出入口にT熱電対を、温水循環途中に容積型積算流量計とフロート式面積流量計を取り付けた（図2参照）。

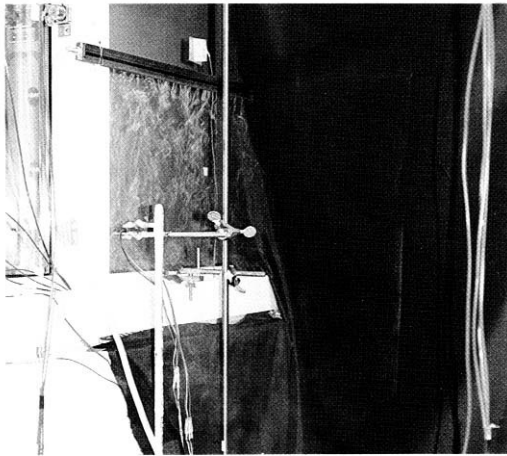


写真1 窓面コールドドラフトの可視化

2.3 試験方法

1) PHの窓下設置と対面壁設置の室内温度分布測定

外気温度条件を $-5^{\circ}\text{C}$ 、 $-10^{\circ}\text{C}$ 、 $-15^{\circ}\text{C}$ の3種類とし、PHを窓下に設置した場合と対面壁に設置した場合について、各々試験室の気温がほぼ $20^{\circ}\text{C}$ になるようにPHの入口温水温度と温水流量を設定した。温水温度は $56^{\circ}\text{C}$ ~ $68^{\circ}\text{C}$ 、流量は $90\text{l/h}$ ~ $120\text{l/h}$ である。上記条件で、カーテンを吊り下げた場合についても同様に測定した。

2) WH運転時の室内暖房環境測定

本実験の前段として、前報<sup>1)</sup>と同様に白煙を用いた可視化実験から、外気温 $-15^{\circ}\text{C}$ でのWHのコールドドラフトを防止する最小放熱量を求めた。写真1からわかるように、最小放熱量は約 $100\text{W}$ (放熱管長さ当たり約 $90\text{W/m}$ )である。このため、以後の実験ではWHの放熱量を $0\text{W}$ (運転停止)、 $100\text{W}$ 、 $200\text{W}$ の3条件とし、外気温 $-15^{\circ}\text{C}$ における、カーテンを吊り下げた場合と吊り下げない場合の暖房環境を測定した。なお、主暖房のPHは対面壁に設置された状態にあり、PH入口温水温度 $68^{\circ}\text{C}$ 、流量 $120\text{l/h}$ の同一条件で行った。

3) 計測

温度測定は、データロガー(DEL1000; 日本電気三栄(株))とパソコン(PC9801; NEC)を用いて瞬時値を10分間隔で48時間自動収録し、実験状態が安定した後の4時間を測定期間とし、その平均値を測定値とした。

2.4 試験結果および考察

1) PHの窓下設置と対面壁設置の室内温度分布比較

PHを窓下に設置した場合と対面壁に設置した場合の暖房時における室内垂直断面温度分布の測定結果を、外気温 $-5^{\circ}\text{C}$ 、 $-10^{\circ}\text{C}$ 、 $-15^{\circ}\text{C}$ について、図5(1)~(8)に各々比較して示す。これらの温度分布図は、日本電子データム(株)の数値可視化プログラムを用いてカラーマッピング表示したものである。

PHを窓下に設置した場合の温度分布は、図5(1),(3),(5)からわかるように、垂直方向については緩やかな温度勾配が見られるが、水平方向に対してはほぼ均一な温度分布を形成していることがわかる。これはPHから発生する上昇気流が窓面からのコールドドラフトを防止することによるものであり、放熱器を窓下に設置することの妥当性が確認される。これに対し、PHを対面壁に設置した場合は、図5(2),(4),(6)からわかるように、窓下の床付近が最も低く、PH上部の天井付近が最も高く、PHの窓下設置に比べて大きな温度勾配になっている。これは、PHの上昇気流が窓面からのコールドドラフトと同じ向きをとるため、余計にコールドドラフトを助長するためと考えられる。

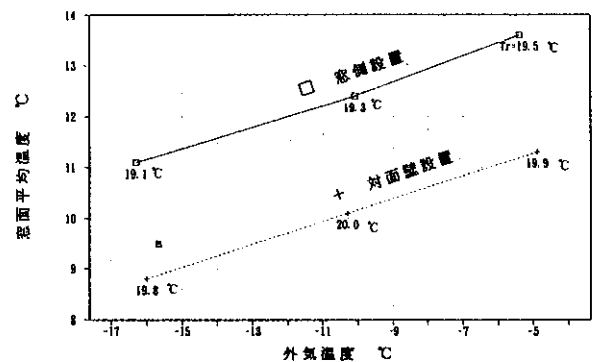


図6 パネルラジエーター取付位置と窓平面平均温度(カーテン無し)

平均室温( $T_r$ )について比較すると、PHの放熱量が同程度にもかかわらず窓下設置の方が対面壁設置よりも低い値を示している。これは、窓面温度の測定結果(図6)からわかるように、窓下設置では窓面温度が対面壁設置よりも $2^{\circ}\text{C}$ 程度高くなるため、その分窓面負荷が増加したためと考えられる。

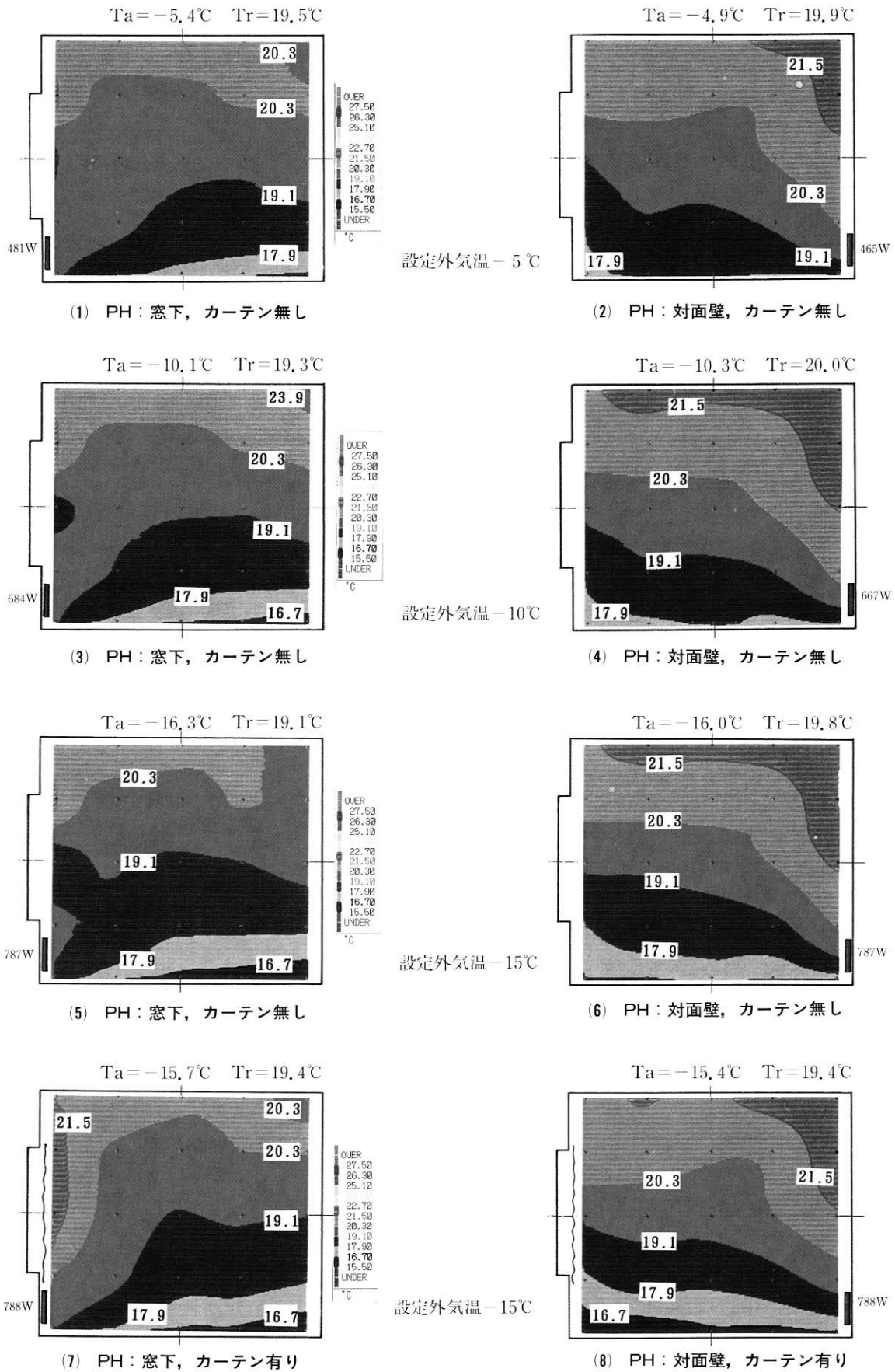


図5 パネルラジエーターの窓下設置と対面壁設置における室内温度分布の比較

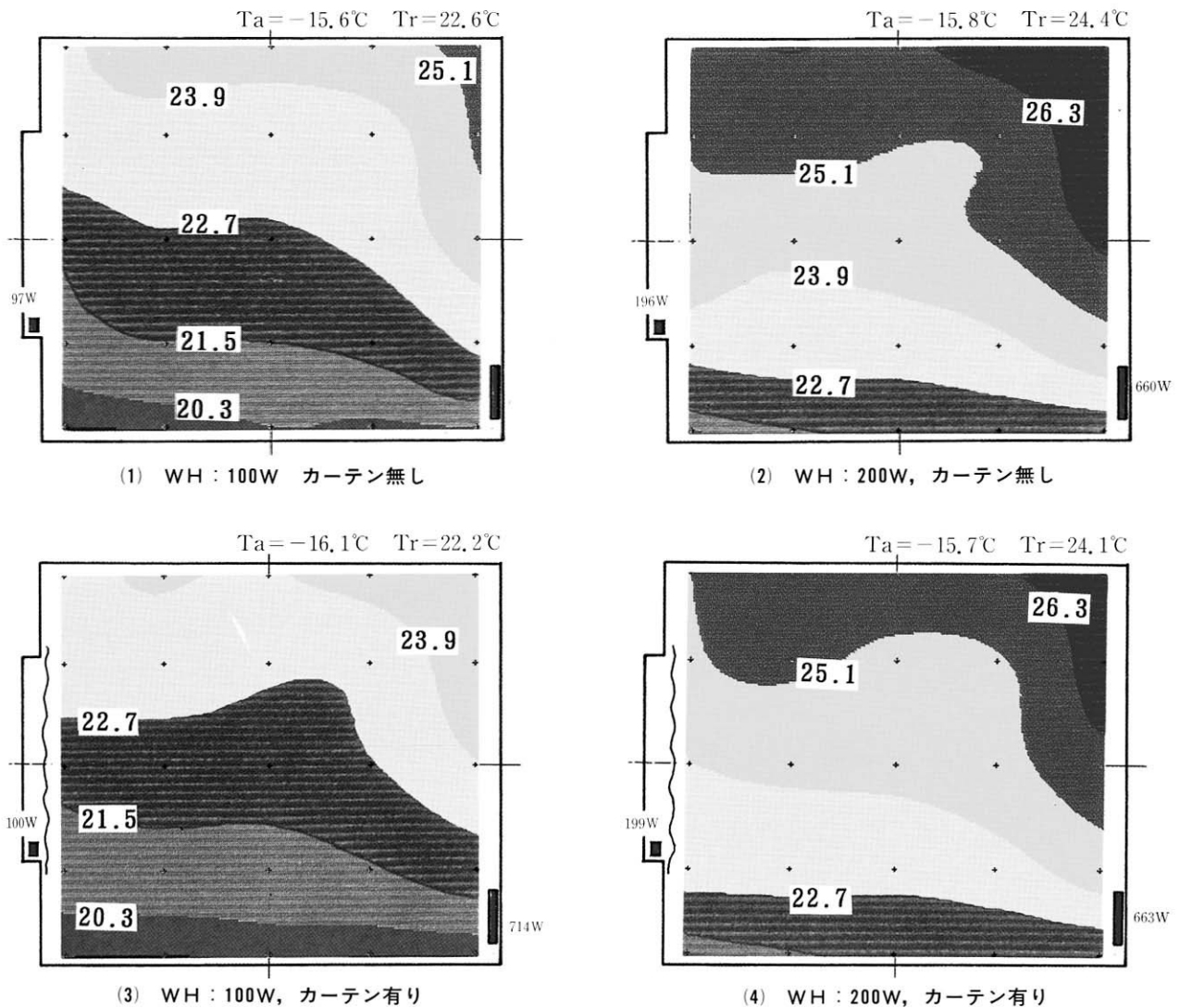


図7 WH運転時の室内温度分布 設定外気温 $-15^\circ\text{C}$

カーテンを吊り下げた時の室内温度環境は、図5(5)と(7)から窓下設置ではカーテンにより改善が見られるのに対し、図5(6)と(8)から対面壁設置では逆に悪化しているのがわかる。これは、カーテンを吊り下げることにより窓面が冷やされ、コールドドラフトの発生を促進させるためと考えられる。

2) 専用放熱器による室内暖房環境の改善効果

PHを対面壁に設置した状態でWHを100Wおよび200Wで放熱させた際の室内温度分布の測定結果を、カーテンを吊り下げない場合と吊り下げた場合について図7(1)~(4)に示す。これらの結果を、WHを使用しない図5(6), (8)と比較すると、カーテンを吊り下げた場合においても窓下の低温度域が解消され、温度勾配の小さな暖房環境を形成していることがわかる。

上記測定時の窓面温度の測定結果を図8に、床面温度を図9に示す。図8からわかるように、WHを使用しない時の窓

面温度は、カーテンを吊り下げると吊り下げない場合よりも $3^\circ\text{C}$ 程度低く、下部の窓枠(W5)はガラス面に比べ、カーテン無しでは約 $3^\circ\text{C}$ 、カーテン有りでは約 $4^\circ\text{C}$ も低くなっていることがわかる。これは、前述のようにカーテンを吊り下げることにより窓面が冷やされ、コールドドラフトの発生を促進させることの裏付けとなるものであり、さらに図9の床面温度測定結果からわかるように、窓下付近(6E)の温度が他の測定値より低いことから予想される。これに対し、WHを使用すると放熱量の増加に伴い窓面温度は上昇し、窓枠(W5)についてはガラス面温度と同程度の温度になっているのがわかる。このことから、WHが窓面からのコールドドラフトを防止しているものと判断できる。また同時に、壁(V3)と床(V4)に配置した気流センサーによってもその防止の様子が確認された。

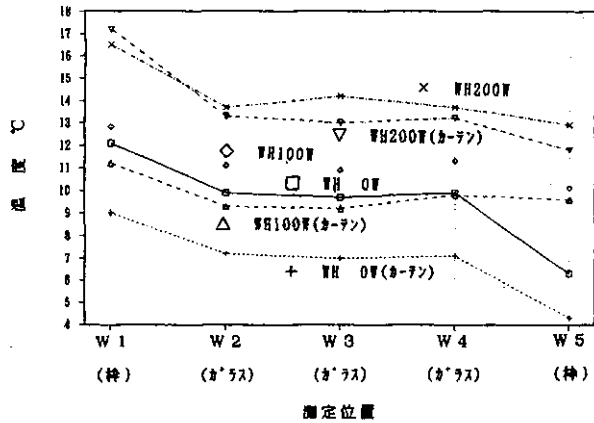


図8 WH運転有無の窓面温度比較

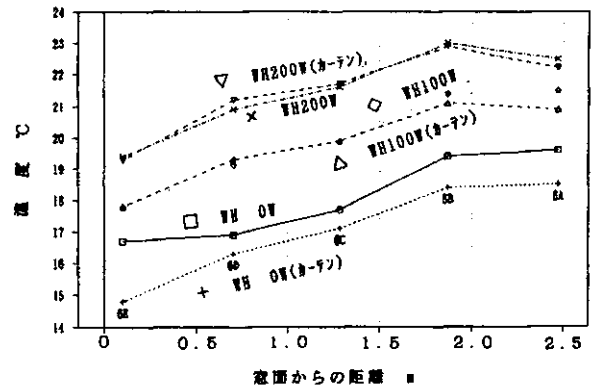


図9 WH運転有無の床面温度比較

### 3. 実験住宅における暖房環境測定

#### 3.1 目的

実際の住宅を使用し、コールドドラフト防止用専用放熱器による室内暖房環境の改善効果についての実証化と性能確認を行う。

#### 3.2 実験住宅

実験住宅は、札幌市南区真駒内の芸術の森近辺に位置し、延床面積 108.42m<sup>2</sup> の総二階建てユニット型鉄骨系プレハブ（セキスイハイム；シェモア）造りで、北方型住宅の性能を有しており、外窓にはプラスチックサッシ Low-E 複層ガラ

ス（熱貫流率：1.5kcal/m<sup>2</sup>・h・℃）が使われている。暖房システムは温水式セントラルヒーティングである。

測定対象の部屋は、図 10 の平面図に示す、一階のリビングおよびダイニング（台所を挟んでキッチンがつながっているが、キッチンは対象外とする）であり、床面積 3,550mm×4,620mm、高さ 2,380mm である。放熱器として、リビングの窓下に高さ70mm×横幅1600mm×奥行80mm、標準放熱量710kcal/h（ΔT = 60K）のコンベクター（森永エンジニアリング㈱：ローボーイ、略称 LB）が、またダイニングの窓下に高さ 300mm×横幅 1,600mm×奥行 48mm、標準放熱量 1,025kcal/h（ΔT = 60K）のパネルラジエーター（森永エンジニアリング㈱：T P11）が取り付けられている。

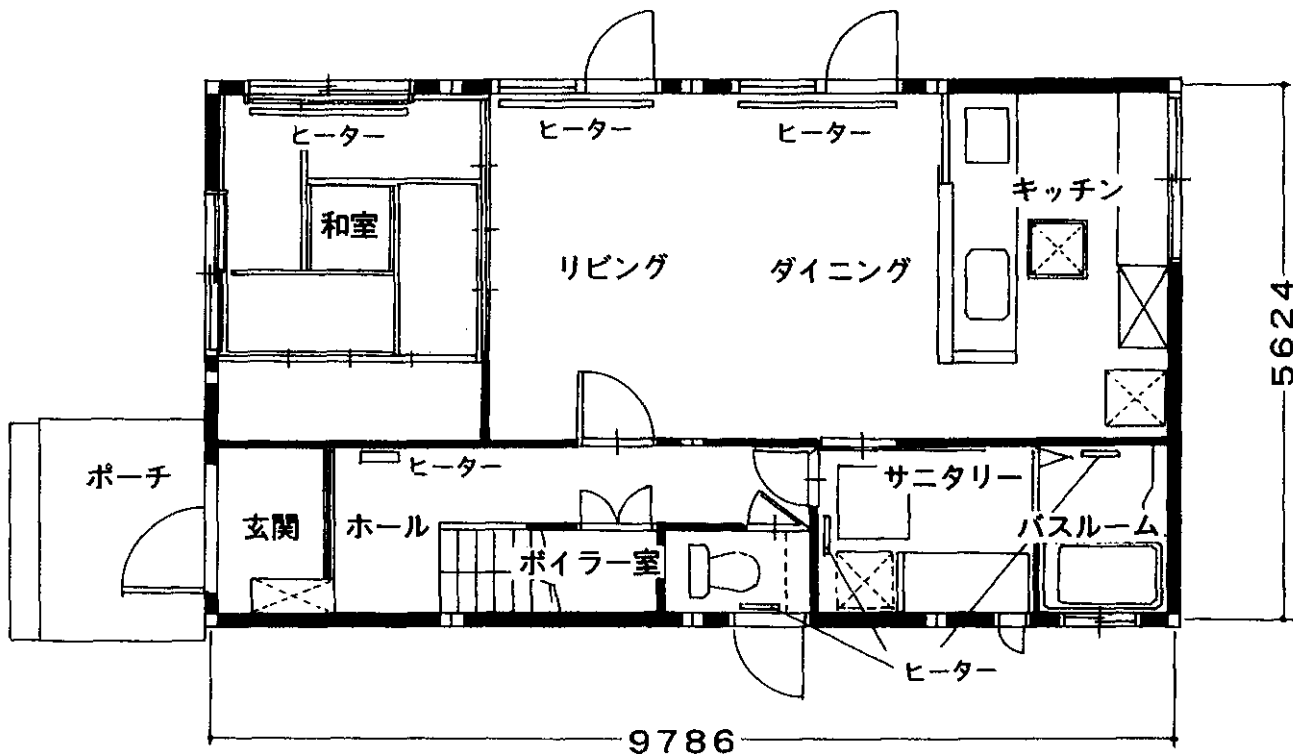


図10 実験住宅の平面図

3.3 試験方法

1) コールドドラフト防止専用放熱器

コールドドラフト防止専用放熱器（略称 WH）は、前述の試験室で用いた放熱器と同じ電気式で、ケーシングの高さ 80 mm と奥行 60 mm は等しく、長さは 1,400 mm である。定格放熱量は 100W, 200W であり、実験ではスライダックを用いて放熱量を 100W, 200W, 300W の 3 段階に調節した。この WH は、リビングの窓枠部分に設置される。

2) 放熱器回りの温度測定

リビング窓の温度センサー取り付け箇所、放熱器付近の温度測定箇所およびサーモカメラによる空気温度可視化用スクリーン位置を図 11 に示す。窓面温度はサッシ面 2 箇所 (W1, W3) とガラス面 1 箇所 (W2) であり、放熱器回りは WH と LB について、表面温度 (H1)、吹き出し空気温度 (H2)、入り口空気温度 (H3) の各々 3 箇所、他に外気温度 (To) を測定した。

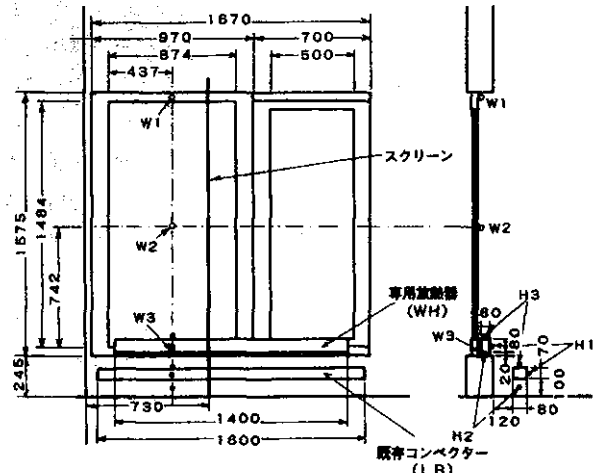


図11 放熱器およびセンサー配置

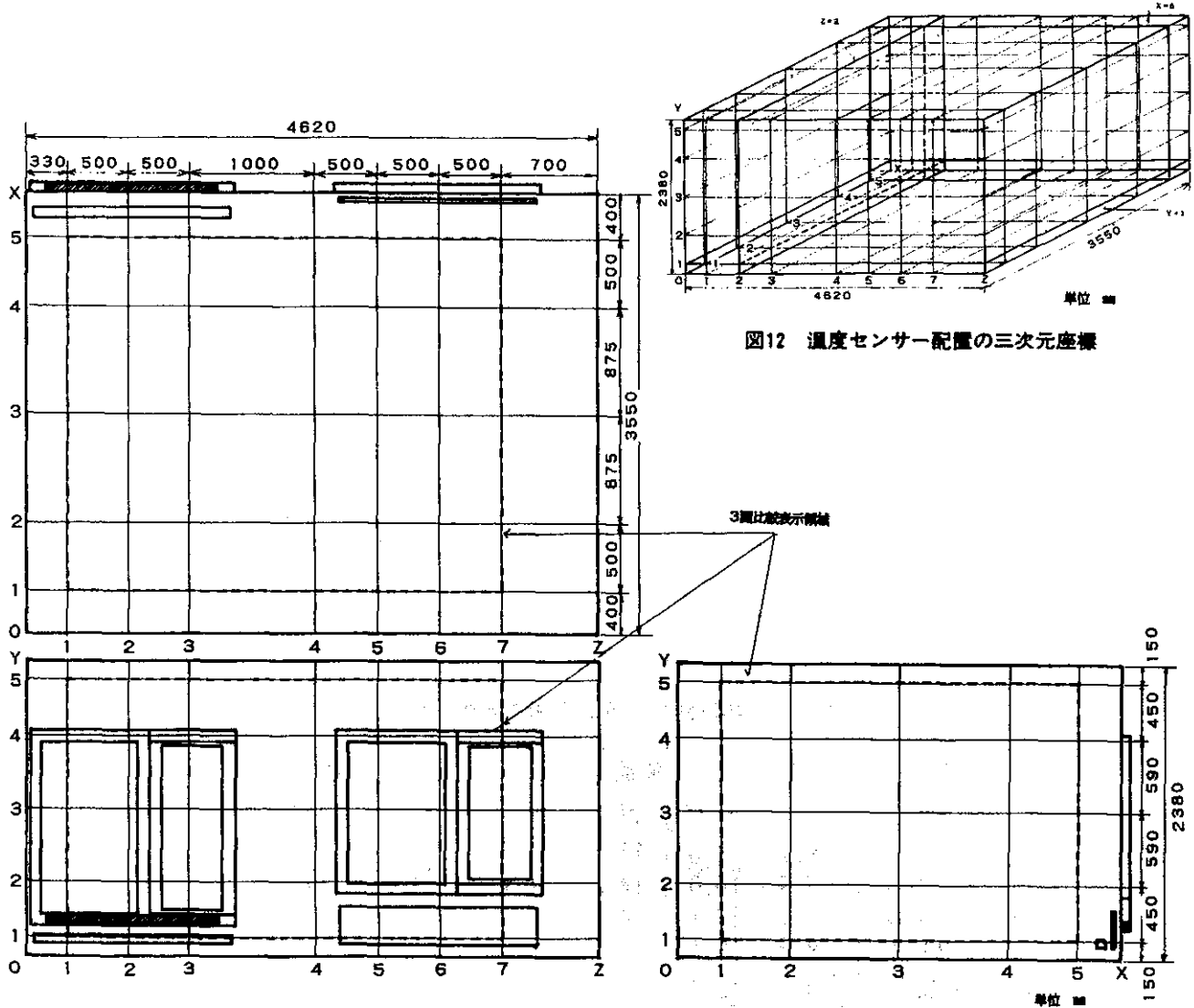


図12 温度センサー配置の三次元座標

図13 三次元断面の温度分布表示領域

3) 室内温度分布の測定

室内温度分布は3次元のポイントデータを数値可視化プログラムを用いてカラーマッピング表示することとした。このため、図12および図13に示すように、和室およびホール側の床面角を原点にとり、窓側方向をX軸、天井方向をY軸、キッチン方向をZ軸として、各々5点、5点、7点の計175点を測定点とした。実測に際しては、T熱電対を(X, Y)座標に25点格子状に配置し、これをZ軸に移動させることにより行った。このうち、リビングの窓面付近、床面付近および垂直分布の様子を調べる目的から、図12の太い実線で示した切断面(X, Y, Z) = (5, 1, 2)を解析領域とした。従って、図13の破線で囲んだ部分が後述の試験結果における3面比較表示領域となる。

4) 試験条件

日射の影響を避けるため、平成7年1月26日の日没から1月27日未明にかけて測定を行った。

リビング窓下の放熱器の運転方法として、室内の3次元温度分布測定では、①WH, LBともに停止、②WH - 200W, LB停止、③WH停止, LB運転の3種類とし、各々カーテンを吊り下げない場合と吊り下げた場合について行った。ここで、②と③の大きな相違は、WHとLBの放熱量の違いのほかに、②ではWHがカーテンと外窓の間に位置するのに対し、③ではLBがカーテンより室内側に位置する点である。また、サーモグラフィを用いる放熱器回りの温度測定では、カーテンを吊り下げない状態で、上記3種の運転のほかにはWH - 100WとWH - 300Wについても行った。

各試験とも温度が十分安定したことを確認後、データロガーを用いて収録を開始した。ただし、ダイニング窓下の放熱器はサーモバルブ(22℃に自動制御)による連続運転とし、ボイラーの出口水温は約72℃に設定した。

3.4 試験結果および考察

1) 放熱器回りの空気温度分布

サーモカメラによる温度分布測定時の試験状態を表1に、スクリーンの設置状況とサーモカメラの撮影ゾーンを図14(1)

に、および温度分布サーモグラムを図14(2)~図14(6)に示す。WH, LBともに停止の場合(図14(2))、窓下付近から床方向に沿って温度の低い部分がみられる。これに対し、WHを運転した場合、WH回りの気温が高く(図14(3))、200WあたりからWHの上昇気流が発生し、窓面付近の気温並びに外窓のガラス面温度の上昇しているのがわかる(図14(4), (5))。LB運転(図14(6))では、WH運転の場合と同様に上昇気流の発生がみられ、その上昇度合いやLB回りの温度上昇はWH運転より大きく、またLB下の床面や窓下壁の温度も上昇している。これらの相違は、WHとLBの暖房出力や設置場所の違いによるものであり、表1に示す吹出し空気温度や窓面温度などからも確認することができる。

2) 室内温度分布の3面比較表示

放熱器無し、WH(200W)運転、LB運転における室内温度分布の3面比較表示を、カーテンの有無について、図15(1)~(6)に示す。ここで、Y面は図13の(Z, X)座標の破線内部領域、床面上150mmの高さにおける水平断面に相当する。同様に、X面は(Z, Y)座標の破線内部、窓面壁から室内に向かって400mmでの垂直断面、Z面は(X, Y)座標の破線内部、和室に隣接する壁面から330mmでの垂直断面に相当する。

放熱器を使用しない場合(図15(1))についてみると、リビングとダイニングとの間に気温差がみられ、温度勾配も大きくなっている。これにカーテンを吊り下げる(図15(2))と、これらが助長されるため暖房環境がさらに悪化しているのがわかる。これに対し、WHを運転した場合(図15(3), (4))は、カーテンの有無に関係なく、リビングとダイニング間の気温差および温度勾配は小さく、暖房環境の改善が図られていることがわかる。

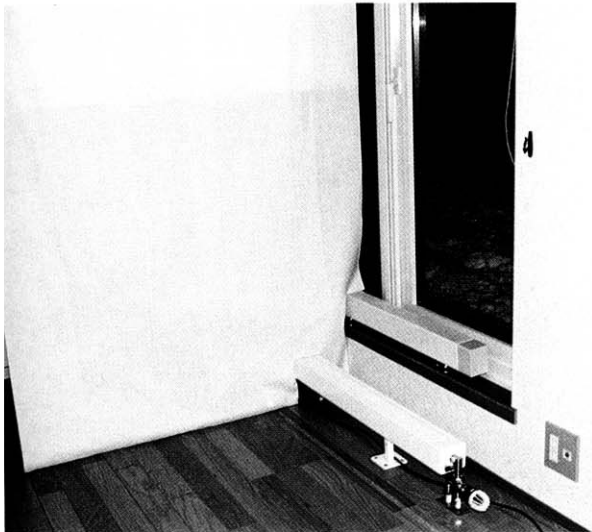
LBを運転した場合(図15(5), (6))についてみると、WHの時よりもさらに温度勾配が小さく、平均室温も上昇していることなどから、より優れた暖房環境にあることがわかる。このようにWHの環境がLBよりも劣る原因として、ダイニングの窓下に置かれる放熱器に比較してWHの暖房出力が小さいことが考えられる。WHの設置はコールドドラフトを防止するのが目的であり、LBと同様な暖房環境レベル

表1 放熱器回り温度分布測定時の試験状況

(単位:℃)

暖房条件		外気	窓面			ヒーター表面	吹出空気	入口空気
L側ヒーター	出力		W1	W2	W3			
無し	—	-8.7	15.6	13.1	11.9	—	—	—
WH	100W	-7.3	16.0	14.2	16.4	33.4	23.6	19.6
WH	200W	-8.1	17.1	14.7	16.2	34.3	38.7	19.6
WH	300W	-8.2	18.1	15.7	17.4	38.0	52.6	20.1
LB	約520W	-4.7	19.4	16.9	15.9	53.0	56.0	22.6





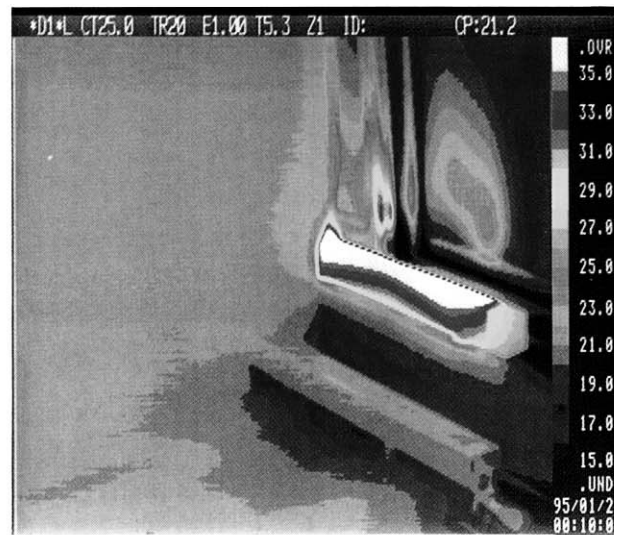
(1) スクリーン設置状況



(2) ヒーター無し



(3) WH-100W



(4) WH-200W



(5) WH-300



(6) LB

図14 放熱器回り温度サーモグラム

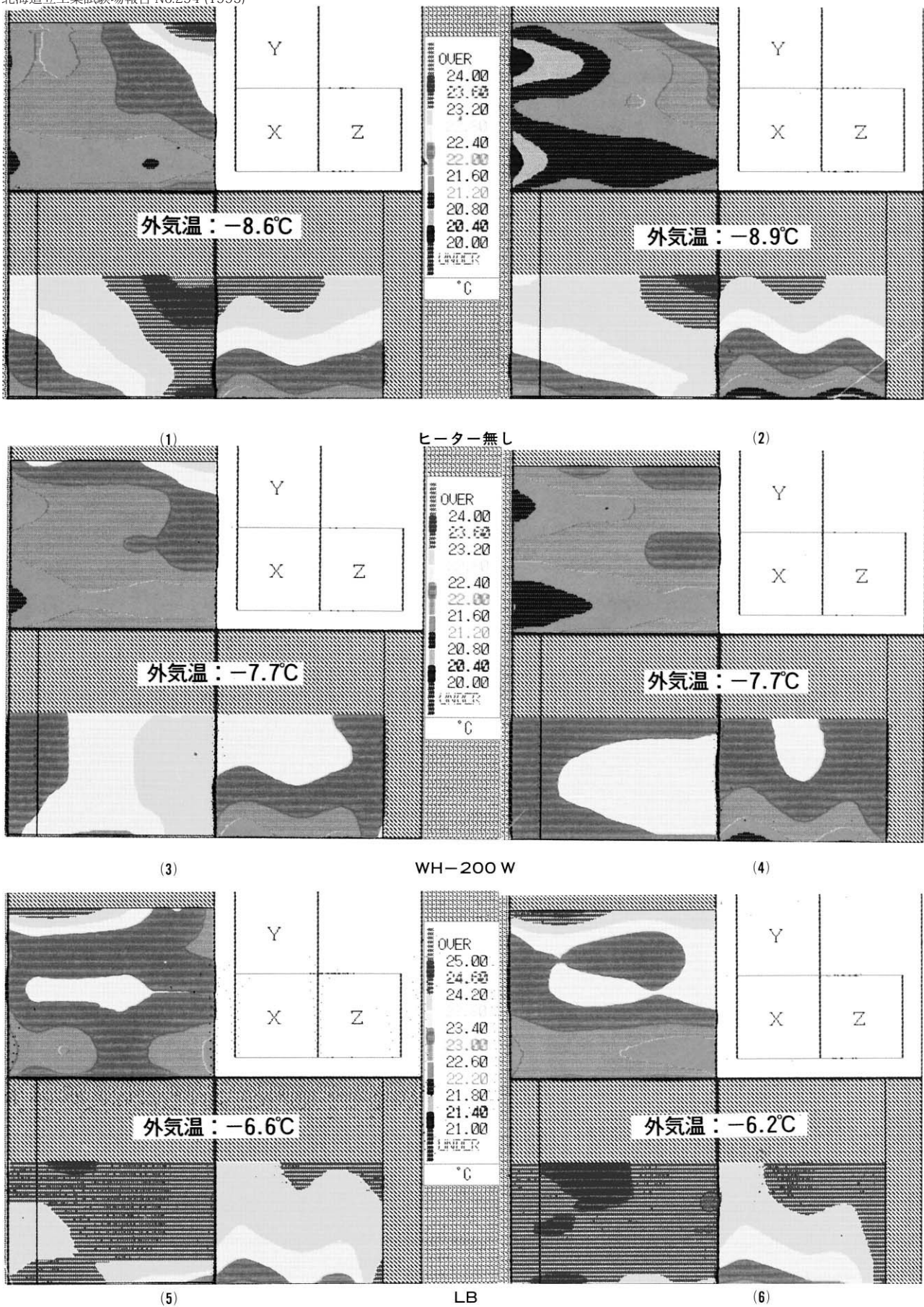


図15 室内温度分布の3面比較表示

を得るためには、それに見合った出力の放熱器をリビング内に設置する必要がある。なお、LBは床面に自立して設置されるため移動が困難で、その分スペースを必要とし、歩行の妨げになるなどの欠点が考えられる。

#### 4. まとめ

コールドドラフト防止専用放熱器の実用面での有効性を調べるため、実際の窓が取り付けられている試験室および実験住宅を使用して暖房環境測定を行った。また、パネルラジエーターの適正配置とされる窓下設置の妥当性を確認するため、窓下設置と対面壁設置の室内温度分布比較を行ったので、以下にまとめて記す。

環境試験室を用いた暖房実験により、

- 1) パネルラジエーターの窓下設置と対面壁設置の暖房室内温度分布の相違から、窓下設置の方が優れている。
- 2) パネルラジエーターを対面壁に設置してカーテンを吊り下げた場合、窓面が冷やされてコールドドラフトが促進され、室内暖房環境が悪化する。
- 3) 上記の状態では、コールドドラフト防止専用放熱器を窓面とカーテン間に設置することで、この悪化を抑止できる。
- 4) 放熱器回りの空気温度分布をサーモカメラを用いて可視化することにより、放熱器の上昇気流が窓面からのコールドドラフトを防止する様子を確認できる。
- 5) 本専用放熱器を窓枠に設置することで、温度むらの少ない室内暖房環境を実現できる。
- 6) 同時に窓面温度が上昇するため、結露防止につながる。
- 7) 既存の自立式コンベクターに比較して室内環境がやや劣るが、その分居住スペースが確保できる。
- 8) 上記問題については、他のパネルラジエーターとの併用で容易に解決できる。  
などが明らかになった。

#### 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、大同ほくさん(株)の実験施設を利用させていただきました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 富田和彦ほか：専用放熱器による窓面コールドドラフト防止に関する研究(第1報), 北海道立工業試験場No.293, P79(1994)
- 2) 富田和彦ほか：専用放熱器による窓面コールドドラフト防止に関する研究(その2), 平成6年度空気調和・衛生