

## 床暖房における窓面コールドドラフト抑止に関する研究（第2報）

—窓面コールドドラフトの室内温熱環境に及ぼす影響—

富田 和彦、白土 博康、保科 秀夫  
三上 正樹\*、青木 徹\*、中村 充\*  
寺田 浩一\*、真賀 幸八\*\*、鈴木 弘之\*\*  
田代 勉\*\*\*

## Study on the Suppression of Cold Draft by Floor Heating (PartII)

— Effects of Cold Draft on Indoor Thermal Environment —

Kazuhiko TOMITA, Hiroyasu SHIRATO, Hideo HOSHINA  
Masaki MIKAMI\*, Toru AOKI\*, Mituru NAKAMURA\*  
Hirokazu TERADA\*, Kohachi MAGA\*\*, Hiroyuki SUZUKI\*  
Tsutomu TASHIRO\*\*\*

### 抄 録

窓面コールドドラフトが床暖房時の室内温熱環境にどのような影響を及ぼすかを定量的に把握するため、環境試験室を使用して窓面コールドドラフトの発生要因である窓ガラスの断熱性能および外気温度を変化させた場合の室内温度分布、床面気流分布、コールドドラフトの可視化、PMV、非対称放射温度について詳細に測定した。窓には透明ペアガラスとLow-Eペアガラスの2種類、外気温度は-5、-10、-15℃の3種類、室温20℃とする床暖房運転下での実測値である。

### 1. はじめに

高齢化社会の到来を迎え、安全・衛生面に優れる床暖房がバリアフリー型暖房方式として注目されているが、北海道のような寒冷地では窓面からのコールドドラフトを始めとする諸問題のため、主暖房としては普及が進んでいない状況にある。そこで前報<sup>1)</sup>に引き続き、床暖房におけるコールドドラフトの室内温熱環境に及ぼす影響を定量的に把握するために、環境試験室を用いてコールドドラフトの発生要因である窓ガラスの断熱性能および、外気温度を変化させた場合の室内温熱環境を測定したので報告する。

### 2. 実験施設の概要

#### 2.1 環境試験室

図1、図2に測定に用いた実験施設の平面図と立面図を示す。環境試験室（以下、試験室）は大型冷蔵庫内に設けられており、寸法は床面積12m<sup>2</sup>×高さ2.4m、壁面4面のうち1面が横1.2m×高さ1.7mの掃き出し窓を有する外壁に、他の3面は隣室に接した間仕切り壁になっている。外壁部、天井および床部にはグラスウール(24K)100mmが充填されている。隣室部は電気式パネルヒータとサーキュレータが設置され、一定の温度に保たれる。また、床下、天井裏には冷凍室の空気を導引する換気扇が設けられている。本施設は冷凍室を外界とすることで、-25℃までの外気温度が設定可能である<sup>2)</sup>。

\* 北海道ガス株式会社

\*\* サンポット株式会社

\*\*\* サンポットエンジニアリング株式会社

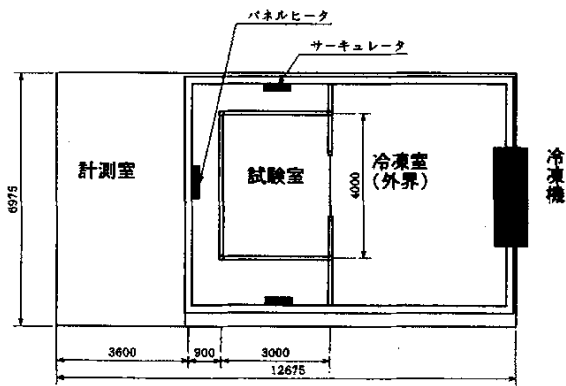


図1 実験施設の平面図

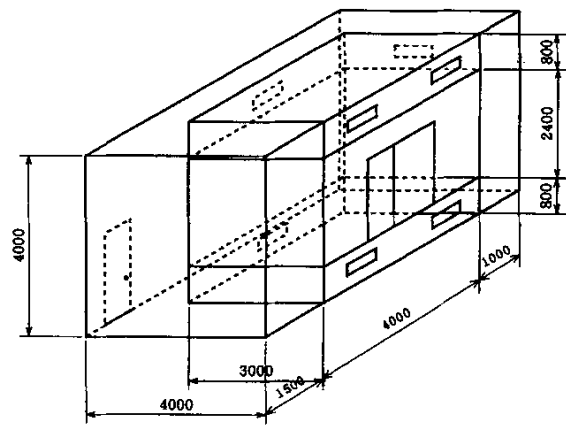


図2 実験施設の立面図

## 2.2 床暖房

試験室床は、前報の試験住宅で使用したものと同一温水式ゴムチップパネル<sup>1)</sup>を窓付近(経路I)とそれ以外(経路II)の2系統に分けて敷設し、厚さ13mmの木質フローリング仕上げとした。敷設面積は、経路Iが2.67m<sup>2</sup>、経路IIが5.78m<sup>2</sup>、合計8.45m<sup>2</sup>であり、敷設率は75%である。床暖房の配管を図3に、断面構造を図4に、熱源システムを図5に示す。温水は所定の温度に制御された後、恒温槽から2系統に分かれて床暖房パネルに循環供給される。なお、熱源システムは計測室に配備した。

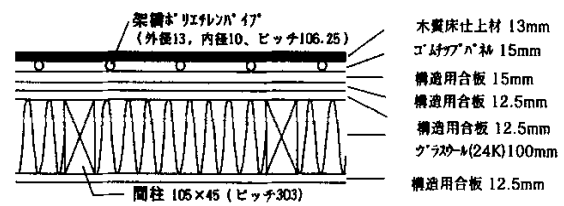


図4 試験床の断面構造

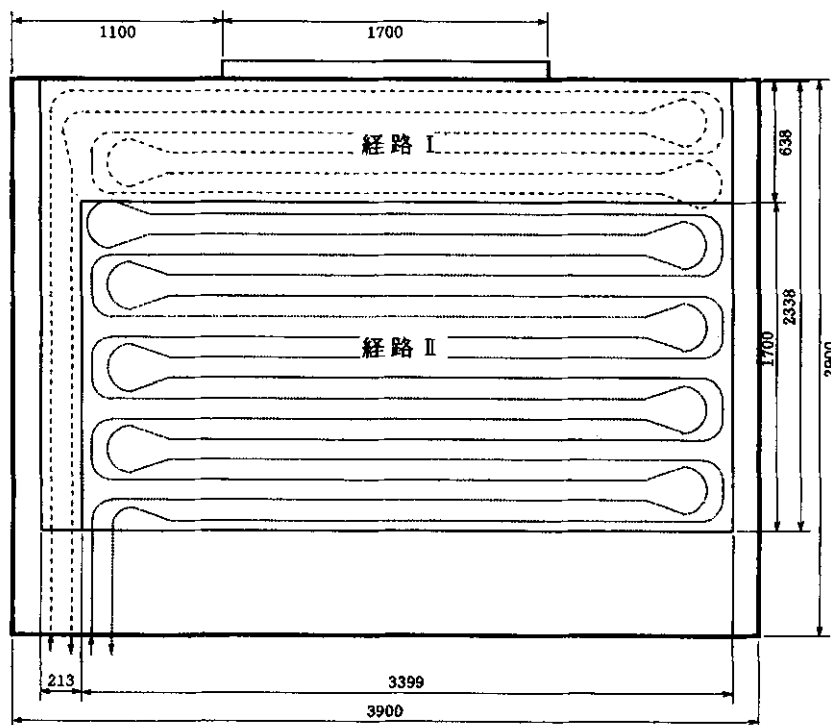


図3 床暖房の配管図

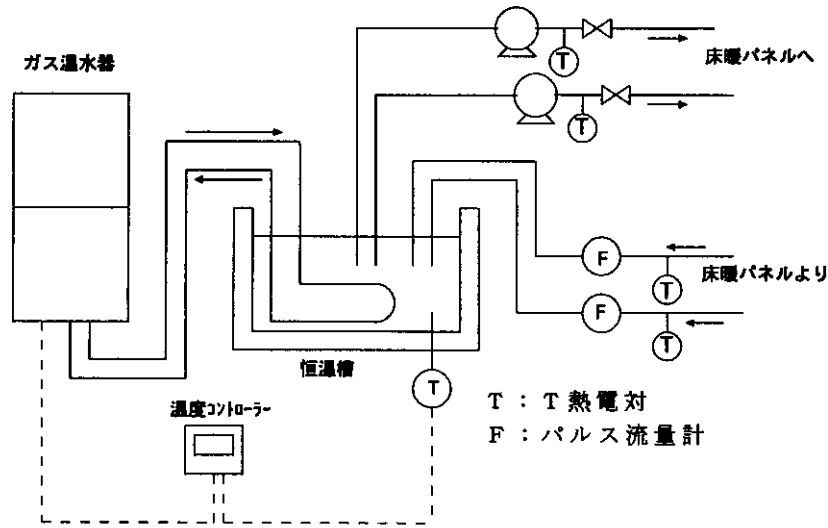


図5 床暖房熱源システム

3. 室内温熱環境の測定

3.1 測定条件

窓には標準的な高断熱住宅を想定した板厚 3mm、空気層 12 mm の透明ペアガラスと新省エネルギー基準住宅を想定した Low-E ペアガラスの 2 種類を使用した。これらの熱貫流値 (メーカ値) はそれぞれ 3.1W/m<sup>2</sup>・K、2.0W/m<sup>2</sup>・K である。設定外気温度は - 5℃、- 10℃ および - 15℃ の 3 種類とし、窓の 2 種類とこれらの組み合わせ、さらにカーテンを吊り下げた場合 (- 15℃ のみ) の合計 8 条件について測定した。室温その他の条件を表 1 に示す。室温は 20℃ になるように、それぞれの熱負荷に見合った温水温度を床暖房パネルへ通水した。隣室、天井および床下は 15℃ に制御した。

表1 測定条件

実験No.	窓の種類	カーテン	設定温度		
			外気温	室温	隣室温
1	透明 ペアガラス	無	-5℃	20℃	15℃
2			-10℃		
3		有	-15℃		
4					
5	Low-E ペアガラス	無	-5℃		
6			-10℃		
7		有	-15℃		
8					

3.2 測定項目および方法

測定は、表 2 に示すように、室内温度分布、床面気流分布およびコールドドラフトの可視化を主体とし、このほか温熱環境指標として PMV と非対称放射温度、および外気温などの暖房負荷に関わる項目について測定した。室内温度分布の測定対象は、図 6 に示すように、掃き出し窓を横切る室内中央垂直断面 (A 断面) と試験室奥 (図の手前) の外壁を横切る垂直断面 (B 断面) とした。このうち、気温センサー取り付け場所は、垂直方向が床面から 100、300、600、1100、1700mm の 5 点、水平方向が外壁内面から 250、500、1450、2400mm の 4 点とした。

表2 温熱環境の測定内容

測定項目	測定点	測定機器	備考	
室内温度分布	室内気温	63	T熱電対	
	床表面温度	16		
	膈間壁面温度	15		
	天井面温度	8		
	窓面温度	2		
床面気流分布	気流速度	4	熱線風速計	床上50mm; 写真1参照
コールドドラフトの可視化				
			白線によるビデオ、写真撮影	
温熱指標	グローブ温度	1	15cmグローブ球	室内中央; 床上1100mm
	気流速度	1	熱式ホールセンサ	
	湿度	1	静電容量式	
	非対称放射温度	4		
暖房負荷	外気温	1	T熱電対	
	外側壁面温度	1		
	外壁面温度	2		
	隣室温	4		
	温水温度	4		
	温水流量	2	パルス流量計	図5参照

A断面ではさらに、水平方向 250、500、1450mm および 0 mm で、垂直方向に 5点 (50、200、450、850、1400mm) 追加した。A断面の0mmにある気温センサーは、カーテンで室内側と窓側に仕切った際、窓側空間に位置する。

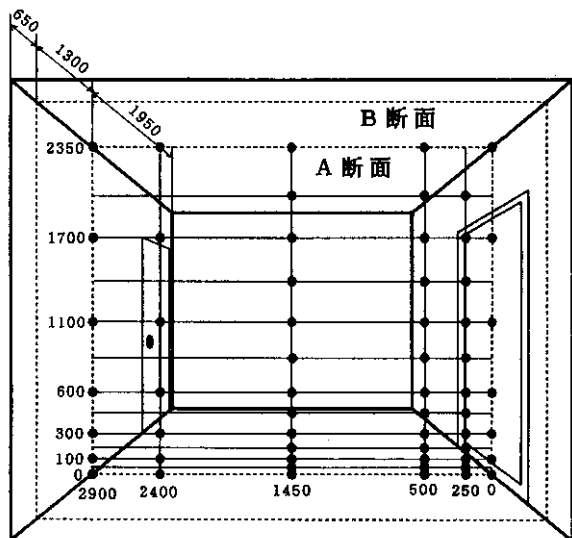


図6 室内温度分布測定箇所

床面気流分布は、写真1 および図7に示すように、A断面およびB断面それぞれ、外壁内面から 250、500、975、1450mmの位置(高さ50mm)に熱線風速センサーを配置して測定した。

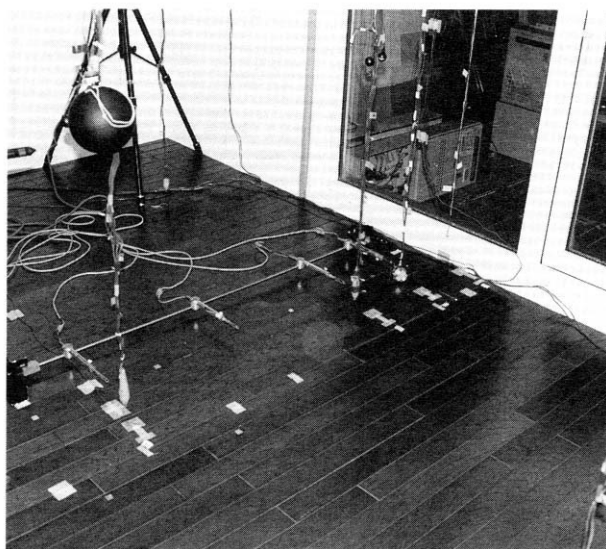


写真1 風速センサー配置状況

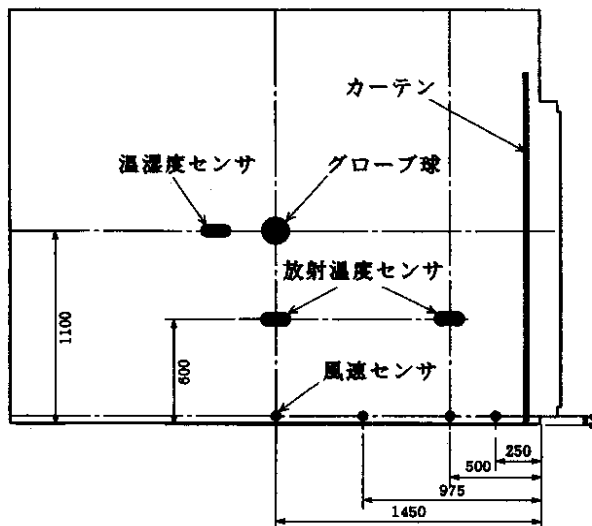


図7 各種センサーの配置図

コールドドラフトの可視化は、四塩化チタンが吸着された発煙管(北川式)を用いて白煙を発生させ、これを床から500mmの高さに取り付けられたノズルから窓面に垂直に吐き出させ、その流れる様子をビデオおよび写真撮影した。非対称放射温度の測定は、図8に示すよう、床上600mmのA、B断面各2カ所とした。

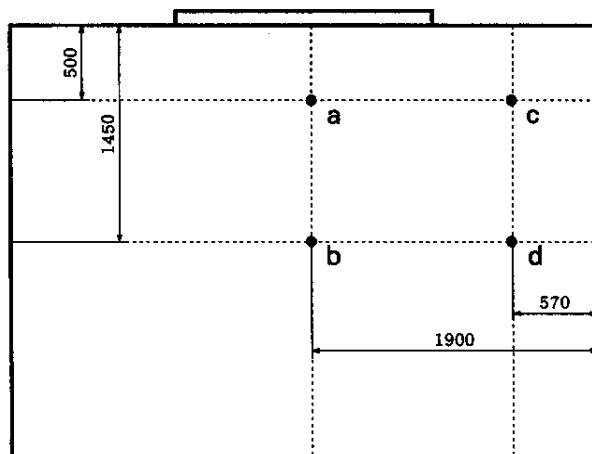


図8 非対称放射温度の測定箇所

試験室の熱的状態は、床暖房の運転開始から約12時間でほぼ定常に達することが予備試験から確認されているため、測定はこの準安定状態下で行った。測定手順は、始めに室内温度分布およびA断面の床面気流分布を30分間測定し、次に風速センサーを移動してB断面の気流分布を10分間測定する。その後、非対称放射温度を測定し、最後に白煙によるコールドドラフトの可視化測定を行った。温度はデータロガーを介して1分間隔、風速は5秒間隔でパソコンに収録した。

4. 結果および考察

4.1 床暖房の運転状況

室温は20℃になるように温水温度を調節して床暖房パネルへ通水した。その結果を表3に示す。床暖房パネルへの送水は、Low-Eペアガラスの方が透明ペアガラスよりも1℃程度低い温度に設定した。床暖房配管は2系統に分かれているが、窓側配管経路Iの放熱量（単位面積当たり）が室内側配管経路IIよりも大きいことから、窓側の熱負荷の方が室内側より大きいことがわかる。

$Nu_m = 0.214(Gr \cdot Pr)^{2/5}$   $Gr \cdot Pr \geq 10^9$ （乱流領域）  
 ここで、 $Nu_m$ は平均ヌセルト数、 $Gr$ はグラスホフ数、 $Pr$ はプラントル数である。

図9からわかるように、Low-Eガラスの窓面温度の方が透明ガラスよりも1～3℃程度高くなっており透明ガラスより断熱性能に優れること、また図10から、Low-Eガラスの窓面負荷は透明ガラスより3割程度小さいことがわかる。

なお、カーテンを吊り下げると、無い場合に比較し窓面温度で約2℃、窓近傍温度で1.5℃低下し、このため窓面負荷が10%程度増加することがわかる。

表3 床暖房の運転状況

実験No.	経路	流量 l/min	温水入 ℃	温水出 ℃	平均 ℃	放熱量		全放熱量		
						W	W/m <sup>2</sup>	W	W/m <sup>2</sup>	
1	透明ペアガラス	I	1.54	36.4	34.7	35.5	185	69.2	490	58.1
		II	1.65	36.3	33.7	35.0	306	52.9		
2	透明ペアガラス	I	1.52	37.7	35.8	36.7	205	76.8	551	65.2
		II	1.63	37.7	34.7	36.2	346	59.9		
3	透明ペアガラス	I	1.55	40.8	38.5	39.6	249	93.3	663	78.5
		II	1.64	40.8	37.2	39.0	414	71.6		
4	カーテン	I	1.55	40.9	38.6	39.8	248	92.8	658	77.9
		II	1.65	41.0	37.4	39.2	410	70.9		
5	Low-Eペアガラス	I	1.80	35.5	33.8	34.6	208	77.4	529	62.6
		II	1.41	35.5	32.2	33.9	322	55.7		
6	Low-Eペアガラス	I	1.65	37.5	35.5	36.5	230	86.3	592	70.0
		II	1.40	37.5	33.8	35.7	361	82.5		
7	Low-Eペアガラス	I	1.61	39.7	37.4	38.5	259	97.0	656	77.8
		II	1.45	39.6	35.6	37.6	397	68.7		
8	カーテン	I	1.60	39.4	37.2	38.3	249	93.4	644	76.2
		II	1.45	39.4	35.5	37.4	395	68.3		

※床面積:11.3m<sup>2</sup>、床暖房面積:8.45m<sup>2</sup>(経路I:2.67m<sup>2</sup>、経路II:5.78m<sup>2</sup>)

表4 窓面温度および窓面負荷

実験No.	1	2	3	4	5	6	7	8
窓の種類	透明ペアガラス				Low-Eペアガラス			
カーテンの有無	無				有			
外気温度 ℃	-5.0	-10.2	-15.3	-15.3	-5.3	-9.8	-15.1	-15.1
窓面温度 ℃	11.8	9.8	8.1	6.3	13.0	12.2	10.9	8.9
室温 ℃	20.3	19.5	19.7	20.7	19.1	20.4	19.3	19.9
窓近傍気温 ℃	19.4	18.6	18.6	17.3	18.7	19.0	18.8	17.3
窓面負荷 W/m <sup>2</sup>	29.0	35.7	46.2	49.8	19.3	24.8	30.7	33.7

4.2 窓面温度および窓面負荷

コールドドラフトの発生要因である窓面温度および境界層理論<sup>3)</sup>を用い窓面を垂直平板として算出した1m当たりの窓面負荷の結果を表4、図9、図10に示す。表4に示す室温は、室内中央(A断面)の床上1100mmの値、また窓近傍温度は、3.2項で述べた外壁から0mmに位置する気温5点の平均値とした。なお、境界層理論による自然対流熱伝達は次式で表される。

$Nu_m = 0.56(Gr \cdot Pr)^{1/4}$   $Gr \cdot Pr < 10^9$ （層流領域）

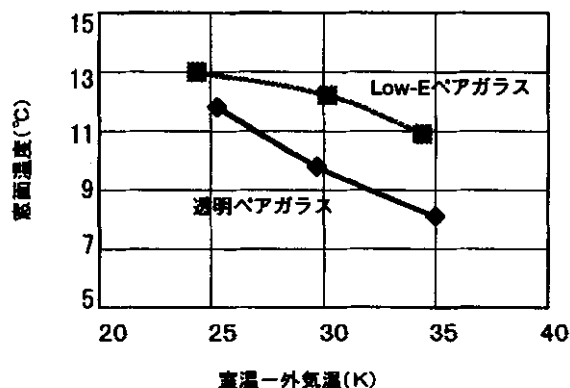


図9 窓面温度の比較



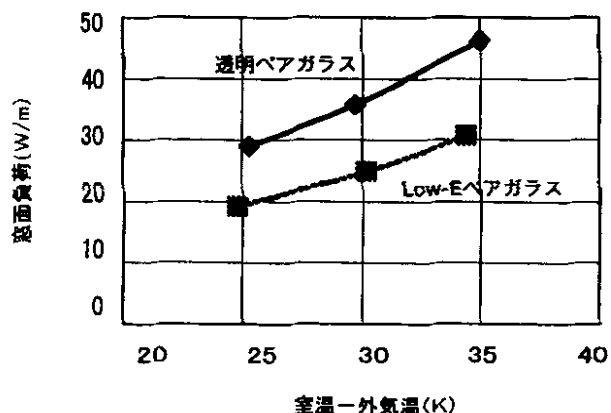


図10 窓面負荷の比較

4.3 室内温度分布

透明ガラスを用いてA断面で測定した-5、-10、-15℃および-15℃でカーテンを吊り下げた場合の室内温度分布の等温線図を図11(a)に、B断面で測定した室内温度分布を図11(b)に示す。同様にLow-Eガラスを用いた場合のA断面およびB断面の結果を図12(a)および図12(b)に示す。

透明ガラス(図11)についてみると、-5、-10、-15℃におけるA断面とB断面には、温度レベルに多少の差がみられるが、異なった特徴ある温度分布を形成している。A断面では窓面付近の温度が最も低く、対面壁に向かって徐々に高くなっていること、またコールドドラフトと考えられる低温度域が窓面から床面に沿って分布し、外気温度が低くなるほど室内中央へと広がっていることがわかる。一方B断面では、A断面とは反対に、対面壁から外壁に向かって温度が低下しており、またコールドドラフトが床面を這うような低温度域はみられない。対面壁に向かって温度が低下するのは、図3に示すように、対面壁側の床に配管が敷設されていないためである。外気温度-15℃のA断面におけるカーテン有無につい

てみると、カーテンを吊すことで窓面付近の低温度域が解消されていること、しかしカーテンと窓面の隙間およびカーテン下の床面から室内中央にかけてコールドドラフトとみられる低温度域が存在することがわかる。

Low-Eガラス(図12)についてみると、透明ガラスの場合と類似の温度分布を示しているが大きな相違は認められないことから、Low-Eガラスの場合も同様にコールドドラフトが発生しているものと考えられる。

4.4 コールドドラフトの可視化

白煙を用いて可視化したコールドドラフトの様子を写真2に示す。これはLow-Eペアガラスの場合で外気温度-10℃の時のものである。この写真から、窓面で発生したコールドドラフトが床面へと流下し、さらに床面を伝わって室内中央部へと流れていく様子がわかる。他の場合についてもこれと同様な結果を示したが、白煙の速度は外気温度が低くなるほど、またLow-Eガラスより透明ガラスの方が大きいことが目視により観測された。

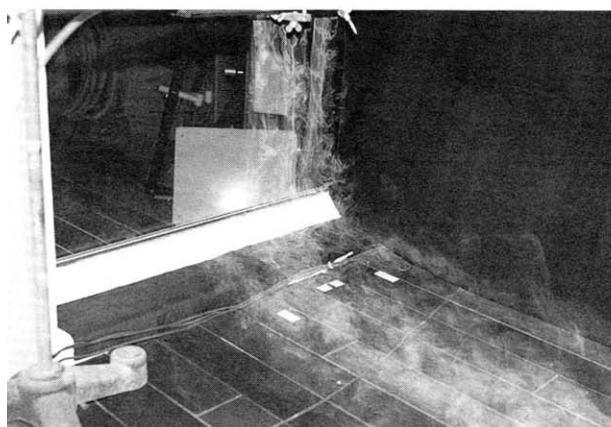


写真2 白煙によるコールドドラフトの可視化 (Low-Eペアガラス：外気温度-10℃)

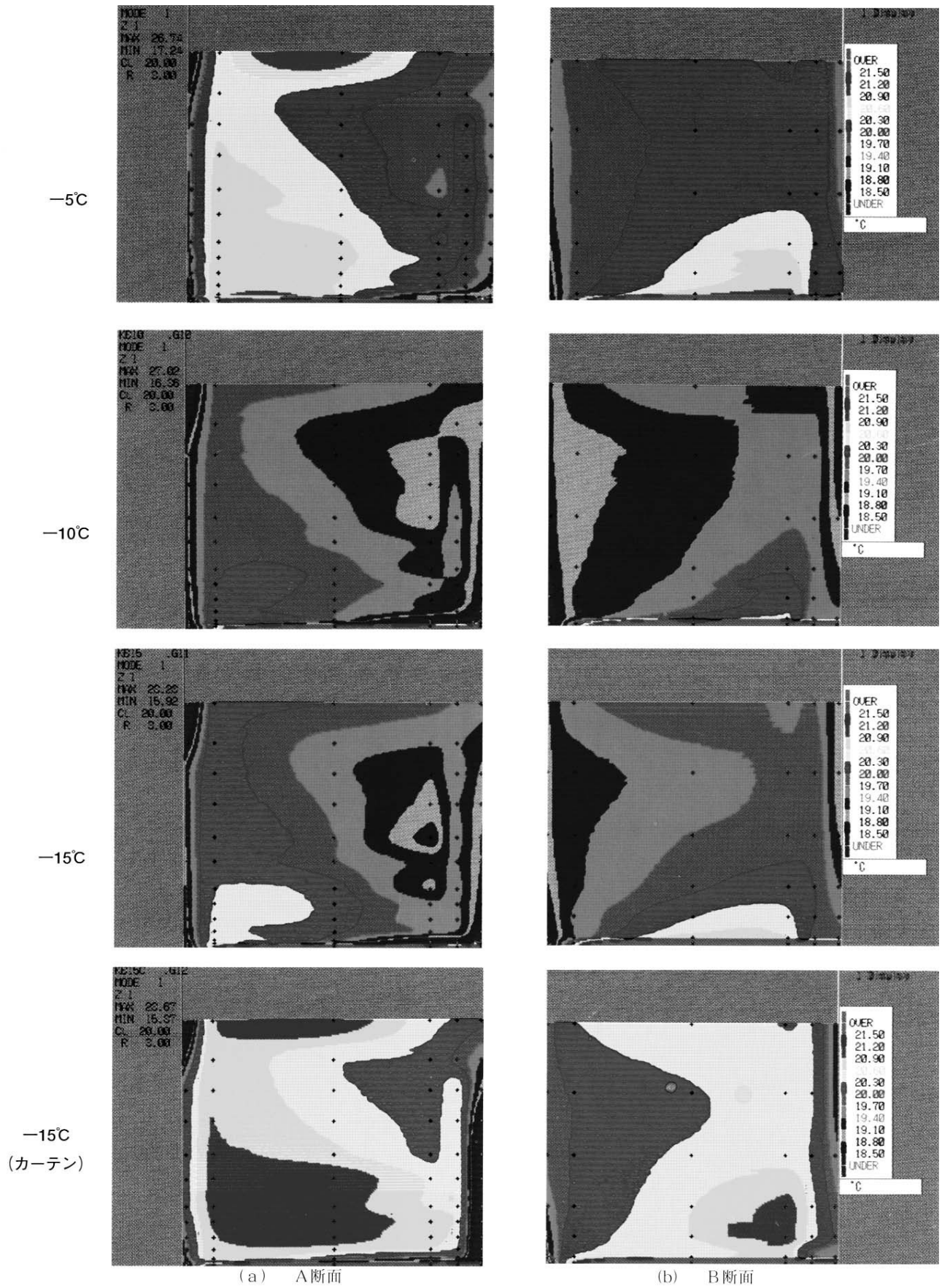


図11 室内温度分布 (透明ペアガラス)



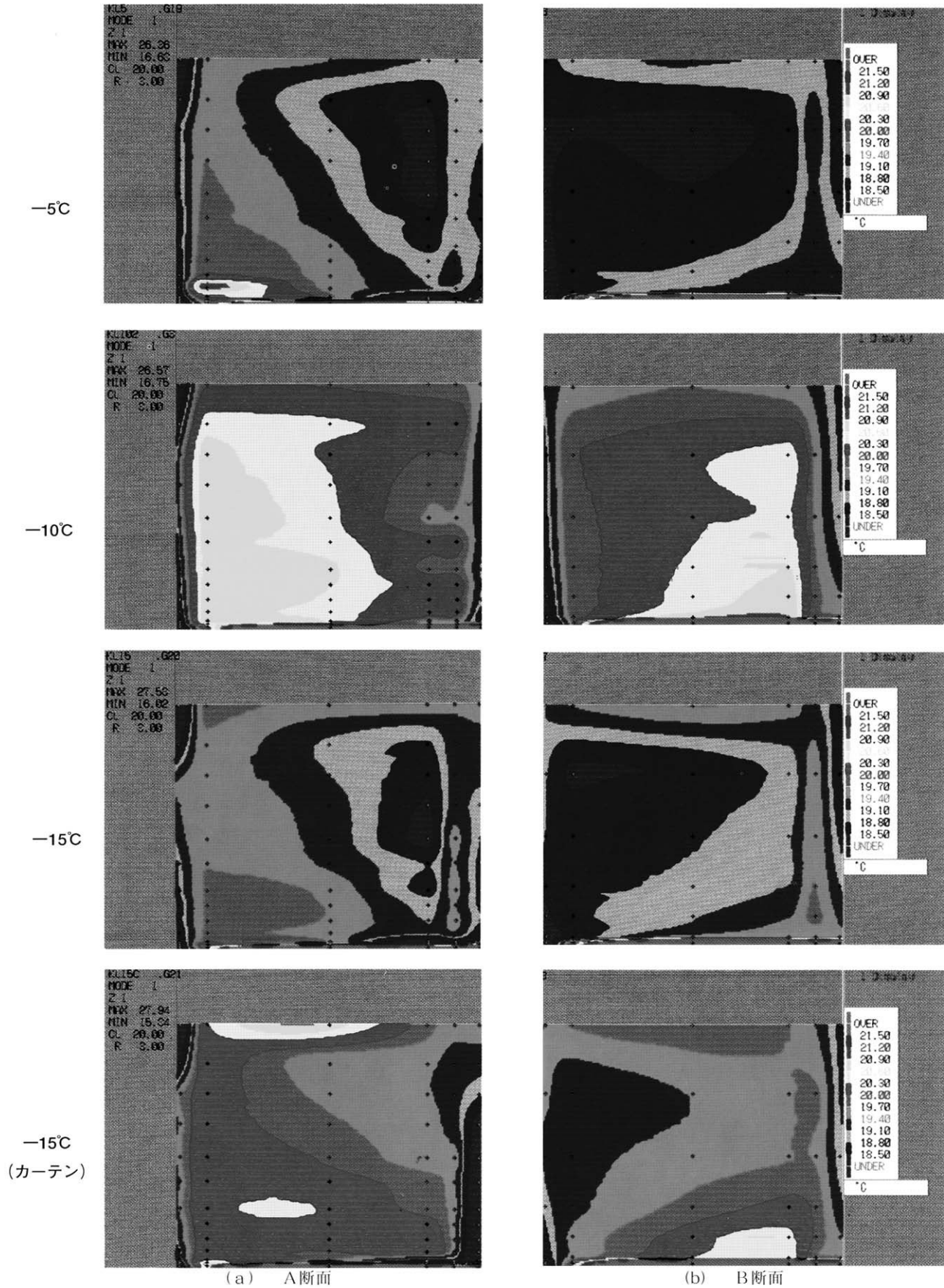


図12 室内温度分布 (Low-Eペアガラス)



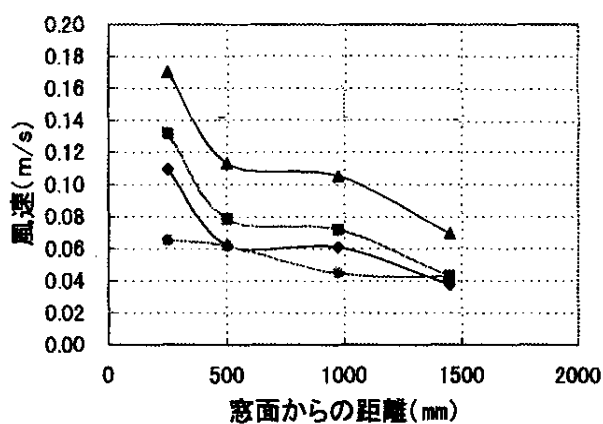
4.5 床面気流分布

透明ガラスにおける A 断面床面気流分布の測定結果を図 13(a)に、B 断面を図 13(b)に示す。同様に Low-E ガラスの A 断面の結果を図 14(a)に、B 断面を図 14(b)に示す。

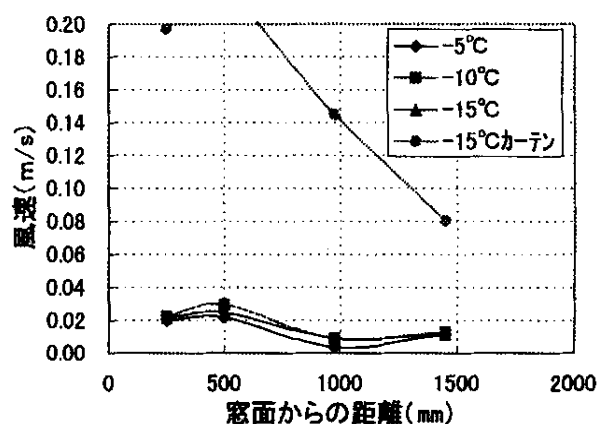
透明ペアガラスの A 断面についてみると、外気温度が低く、窓面に近いほど風速が大きくなっている。その最大値は床面から 250mm の位置で 0.17m/s である。これに対し B 断面では、カーテンのある場合をのぞき、0.03m/s 以下と極めて微風速であることがわかる。

Low-E ガラスの A 断面についてみると、透明ペアガラスの場合と比較し、同じ外気条件であっても低い値を示している。外気温 -15℃ の床面から 250mm の位置での風速は 0.10m/s で透明ガラスの 6 割程度である。このことは、4.2 項の窓面温度、窓面負荷から明らかなように、Low-E ガラスは透明ガラスよりも窓面負荷が小さく、その分コールドドラフトの発生が少ないため、床面を這う風速も小さくなったものと考えられる。

また、カーテンを吊り下げた場合、窓ガラスの種類や断面の位置に関係なくまちまちな風速値を示した。これは、前述のようにカーテンがあると窓面温度が低下してコールドドラフトが増大することと、カーテンの吊り下げ方によるが、床とカーテンの間口が一様になっていなかったためと考えられる。

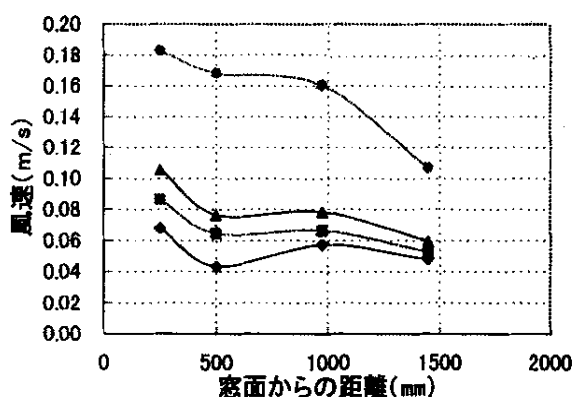


(a) A断面

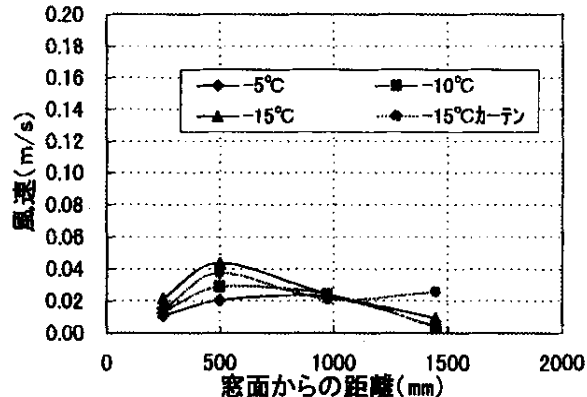


(b) B断面

図13 床面気流分布 (透明ペアガラス)



(a) A断面



(b) B断面

図14 床面気流分布 (Low-Eペアガラス)

4.6 温熱環境指標

4.6.1 PMV

室内中央、床上1100mmの位置で測定した温熱環境要素および効果温度、PMV、PPDの計算結果を表5に示す。表にはISOが熱的快適条件として推奨する値を併記した。なお床表面温度は、室内中央でのパイプ上とパイプ中間の平均温度とした。これから、今回行った床暖房による室内環境は、外気温度-5℃のLow-Eガラスの場合を除き、ISOが推奨する値を満足していることから、快適であると受け入れられる暖房環境下にあることがわかる。Low-Eガラス、外気温度-5℃については運転条件に起因するものであり、床暖房の送水温度を上げて適切な室温にすることで解決できる。

4.6.2 局所空間における温熱環境

室内4カ所で測定した非対称放射温度および床上100mmと1100mmの高さにおける値を、透明ガラスとLow-Eガラスについて表6(a)、(b)に示す。

窓面からの冷放射が最も懸念される測定カ所a(A断面、窓から500mm)におけるガラス面からの放射温度は、透明ガラス、Low-Eガラスとも外気温度の低下とともに低くなるが、透明ガラスの方がその低下は大きい。また、窓面と対面壁との放射温度差は、Low-Eガラスの方が透明ガラスよりも小さく、より優れた放射環境にあることがわかる。なお、ISO規格では放射温度差10℃以内を推奨しているが、aに限らず4カ所すべてにおいてこの値は満たされている。

床上100mmと1100mmの温度差は、aでマイナスを他の3カ所はプラスの値を示した。すなわち、他の3カ所では床上1100mmの室温の方が床上100mmより高いのに対し、aでは反対に床上100mmの方が高くなっている。これはaでは窓面から冷放射を強く受けているためと考えられる。ただし、ISOの推奨値は3K以内となっており快適と受け入れられる熱的条件は満たされている。この他、ISOでは前述の床面気流分布についても推奨値(0.15m/s)を定めており、今回測定した床暖房環境は何れも満足できる快適条件範囲内にあることがわかる。

5.まとめ

環境試験室を用いて、コールドドラフトの発生要因である窓ガラスの断熱性能および外気温度を変化させた場合の温熱環境を測定し、床暖房時におけるコールドドラフトの室内温熱環境に及ぼす影響について定量的な把握を行った。以下に結果をまとめて記す。

- ① 窓には標準的な高断熱住宅を想定した透明ペアガラスと新省エネルギー基準住宅を想定したLow-Eペアガラスの2種類を使用した。
- ② 設定外気温度は-5、-10および-15℃の3種類とし、室温20℃になるような床暖房運転を行った。
- ③ 室内温熱環境の測定項目は、室内温度分布、白煙を用いたコールドドラフトの可視化、床面気流分布、非対称放射温度であり、測定対象領域としては窓側の中央垂直断面(A断面)と外壁側の垂直断面(B断面)の2種類とした。
- ④ Low-Eガラスの方が透明ガラスよりも断熱性能に優れ、窓面負荷が3割程度小さいこと、またカーテンを吊り下げると窓面負荷が10%程度増加することが確認された。
- ⑤ 室内温度分布については、透明ガラスおよびLow-Eガラスともに同様な結果を示した。A断面で窓面近傍の温度が低く、コールドドラフトと考えられる低温度域が窓面から床面に沿って分布していること。また、外気温度が低くなるほど床面に沿って低温度域が増加する傾向のあること。B断面ではコールドドラフトによる影響はみられず、床暖房特有の温度分布を形成していることなどが確認された。
- ⑥ 白煙によるコールドドラフトの可視化測定から、透明ガラスおよびLow-Eガラスいずれの場合も、窓面で発生したコールドドラフトが床面へと降下し、さらに床面を伝わって室内中央部へと流れていく様子が観測された。その速度は外気温度が低くなるほど、またLow-Eガラスより透明ガラス

表5 PMVおよびPPD

窓の種類		普通ペアガラス			Low-Eペアガラス			ISO推奨値
		1	2	3	1	2	3	
室温	℃	20.3	19.5	19.7	19.1	20.4	19.3	
グローブ温度	℃	20.6	20.0	20.3	19.6	20.4	19.8	
湿度	%	42.3	40.9	37.6	36.0	32.0	30.8	
気流	m/s	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.15m/s以下
床面温度	℃	26.7	27.1	28.3	25.6	26.7	27.2	19~26℃
効果温度	℃	20.6	20.0	20.2	19.6	20.4	19.8	20~24℃
PMV	-	-0.2	-0.4	-0.3	-0.6	-0.3	-0.4	-0.5~+0.5
PPD	%	5.9	7.9	7.0	12.8	6.8	8.9	10%以下

※ M=70W/m<sup>2</sup>、W=0W/m<sup>2</sup>、Icl=0.160m<sup>2</sup>°C/W

表6(a) 局所空間における温熱環境 (透明ペアガラス)

測定位置		a			b			c			d			ISO推奨値
設定外気温		-5	-10	-15	-5	-10	-15	-5	-10	-15	-5	-10	-15	
放射温度 (床上600mm)	対面壁	21.9	21.1	21.7	21.0	20.6	21.2	21.4	20.8	21.3	20.8	20.3	21.0	10K以下
	外壁面	15.7	14.2	14.0	19.4	18.7	18.5	19.5	19.0	19.1	20.0	19.4	19.6	
	温度差	6.2	6.9	7.7	1.6	1.9	2.7	1.9	1.8	2.2	0.8	0.9	1.4	
	床面	22.2	21.6	22.1	23.5	23.3	24.1	22.6	22.5	23.0	23.1	23.0	23.6	
天井面	天井面	19.3	18.5	18.2	20.6	20.5	20.1	19.9	19.2	19.3	20.1	19.6	19.8	天井暖房時 5K以下
	温度差	2.9	3.1	3.9	2.9	2.8	4.0	2.7	3.3	3.7	3.0	3.4	3.8	
	床上100mm	18.9	18.1	18.3	20.5	19.7	19.8	21.0	20.4	20.6	20.8	20.2	20.8	
空気温度	床上1100mm	19.6	18.9	18.7	20.3	19.5	19.7	20.2	19.6	19.9	20.1	19.4	19.7	3K以下
	温度差	-0.7	-0.8	-0.4	0.2	0.2	0.1	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	1.1	
平均気流速度	床上50mm	0.06	0.08	0.11	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.07	0.01	0.01	0.01	0.15m/s以下

表6(b) 局所空間における温熱環境 (Low-Eペアガラス)

測定位置		a			b			c			d			ISO推奨値
設定外気温		-5	-10	-15	-5	-10	-15	-5	-10	-15	-5	-10	-15	
放射温度 (床上600mm)	対面壁	20.6	21.6	21.8	20.3	20.6	20.9	20.4	20.1	20.7	20.1	19.9	20.4	10K以下
	外壁面	15.8	15.5	14.9	19.4	19.1	19.2	19.3	19.1	18.9	20.2	19.8	19.6	
	温度差	4.8	6.1	6.9	0.9	1.5	1.7	1.1	1.0	1.8	-0.1	0.1	0.8	
	床面	21.5	21.7	22.3	22.8	23.3	23.8	22.0	22.2	22.6	22.5	22.6	23.1	
天井面	天井面	19.1	18.6	17.9	19.8	19.6	19.5	19.3	18.8	19.1	19.5	19.3	19.5	天井暖房時 5K以下
	温度差	2.4	3.1	4.4	3.0	3.7	4.3	2.7	3.4	3.5	3.0	3.3	3.6	
	床上100mm	17.7	19.6	17.7	19.8	20.5	19.7	19.4	20.9	19.6	19.2	20.9	19.6	
空気温度	床上1100mm	18.2	19.6	18.3	19.1	20.4	19.3	18.8	20.4	19.1	18.5	20.2	18.8	3K以下
	温度差	-0.5	0.0	-0.6	0.7	0.1	0.4	0.6	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8	
平均気流速度	床上50mm	0.04	0.08	0.06	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.00	0.00	0.01	0.15m/s以下

スの方が大きいことが観測された。

- ⑦ 床面気流分布については、A断面においてLow-Eガラスと透明ガラスに大きな違いがみられた。コールドドラフトの影響を最も強く受ける窓面から250mmの位置での風速は、Low-Eガラスでは外気温-15°Cの時に0.10m/s程度であるのに対し、透明ガラスでは0.17m/sになっていること。これに対し、B断面では窓の種類に関係なく、0.03m/s以下と極めて微風速であることが確認された。なお、ISOでは快適性の条件として気流速度0.15m/sを推奨しているが、透明ガラスで外気温-15°Cの場合を除き、この推奨値を満足していることが確認された。
- ⑧ 窓面と対面壁との非対称放射度差の測定から、Low-Eガラスの方が透明ガラスより優れた放射環境にあること、またISO規格の推奨値を満たすことを確認した。なお、室内中央で測定したPMVについてもISOの快適条件を満たしているを確認した。

参考文献

- 1) 富田和彦ほか：床暖房における窓面コールドドラフト抑止に関する研究(第1報)、北海道立工業試験場報告 No. 297、pp.43-49 (1998)
- 2) 落藤澄、横山真太郎ほか：低温水床暖房の省エネルギー性と適応限界の実験(第1報)、空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集、pp.117-120 (1996)
- 3) 甲藤好郎：伝熱概論、養賢堂、pp.76-139 (1984)
- 4) International Standard ISO 7730-1984
- 5) 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報告 No.293、pp.79-84 (1994)
- 6) 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2報)、北海道立工業試験場報告 No. 294、pp.91-101 (1995)
- 7) 古川太郎、平岡憲司：ペリメータレス空調方式の研究(その1)、空気調和・衛生工学会学術講演会論文集C、pp.1093-1096 (1996)