

## 和室用温水パネルヒータの開発

富田 和彦，及川 雅稔，保科 秀夫  
柴田 耕平\*，小野 昭則\*，坂東 友和\*\*

### Development of Domestic Panel Heater with a sence of Japanese Style

Kazuhiko TOMITA，Masanori OIKAWA，Hideo HOSHINA  
Kohei SHIBATA\*，Akinori ONO\*，Tomokazu BANDO\*\*

#### 抄 録

現在のパネルヒータ市場に欠けている商品ゾーンに新商品の投入を図るという視点から、和室空間に適したデザインに優れたパネルヒータの開発を行い、さらに日本暖房機器工業会規格による放射熱量測定並びに優良住宅部品認定基準による放熱能力試験、各部の温度上昇試験、通水抵抗試験などの性能評価を行った。その結果、JISが規定するパネルラジエータとしての放射熱量割合を満足し、住居セントラル暖房用放熱器としてBL判定基準をクリアする、従来なかった軽量で高性能な和室用温水パネルヒータが誕生した。

#### 1. はじめに

近年、北方型住宅に代表されるように居住環境に優れた高品質の住宅が普及し、これに伴い暖房方式についても快適な室内温熱環境を確保するセントラル温水暖房が急速な伸びをみせている。パネルヒータは、このセントラル暖房を構成する放熱器の中でもデザイン性や放射を有効に利用する快適性に優れた暖房器として人気が高く、住宅を始め、病院、学校、ホテル、事務所ビルなど様々な建物で広く使用されている。しかし、現在国内で販売されているパネルヒータには日本家屋に適したデザインのものは数少なく、特に和室に調和する機種はほとんど見受けられない。

本研究では、これら温水パネルヒータ市場の現状を踏まえ、開発すべき商品を和室用に絞り、デザインを重視した軽量で高性能な温水パネルヒータの開発を行った<sup>1),2),3)</sup>。また、開発した製品2種類について日本暖房機器工業会規格による放射熱量測定並びに優良住宅部品認定基準に基づく放熱能力試験、各部の温度上昇試験、通水抵抗試験などの性能評価試験を実施した。

#### 2. 商品コンセプト

北海道内に所在するパネルヒータメーカーおよび販売店を対象に市場調査、並びに住宅展示場の視察を行い、パネルヒータ

の市場性、使用実態、問題点などを把握し、その結果に基づいて次の4項目を商品コンセプトに設定し、基本的な開発の方向づけとした。

- ①和室空間に適したデザイン性の高い製品開発を行う。
- ②開放暖房回路にも使用可能な製品とする。
- ③暖房能力の高性能化を図りながら薄型、軽量化を実現する。
- ④多様な暖房負荷需要に対応した品ぞろえを展開する。

このコンセプトをもとに構造および材料面から具体的に次のような特色を持たせた。

- a) 正面の放射パネルと後面の放熱フィンユニットの2部構成とする。これにより、放射パネルだけの使用からパネルとフィンユニットの合成使用のものまで多様な負荷需要に柔軟に対応する。
- b) 放射パネルに加工性に富むアルミ押し出し成形材を用いてデザイン開発を容易にし、併せて軽量化を図る。
- c) 配管材料に銅材を用いることで開放暖房回路にも使用できるようにする。

#### 3. デザイン展開

商品コンセプトの一つである和室空間との調和を迫及したアイデア展開の中から、『和の柔らかさを待った透ける造形感と和素材の質感』をメインテーマに設定し、その具体案として以下のような造形表現をポイントにおいてデザイン展開を図った。

- ① アーク（弧）断面を持つシンプルサーフェスによって柔

\*サンボット(株) \*\* (株)北海道サンボット技術研究所

らかさとシャープさを表現する。

- ② ソリッド感を強調しない薄さを際立たせたシートフォルムによって繊細さを表現する。
- ③ スリットまたは格子といったデザイン要素により透ける造形感（希薄感，膜感）を表現する。
- ④ 植物繊維的素材感を漂わすテクスチャを表面に施すことで素材感の同化をもたらす。

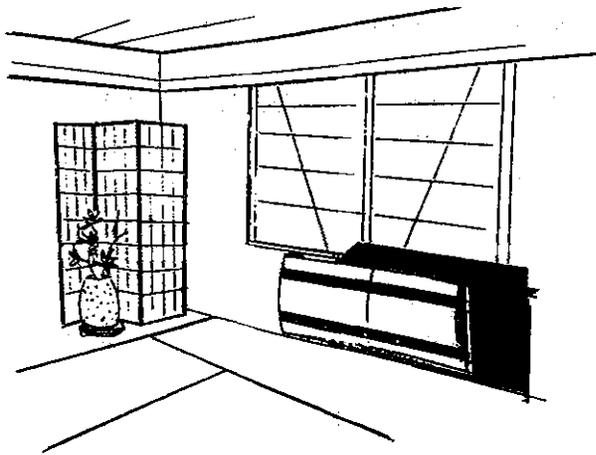


図1 アイデアスケッチ

次に上記案を踏襲しながらスケッチによるアイデア展開を図り（図1）、この中から採用したデザイン案についてクレー並びに樹脂性モデルを用いた立体上でのデザイン検討を行った。そして、その最終デザイン案をベースに前述の残る基本コンセプト3項目を盛り込んだ外観設計，機構，構造設計に移り，二度にわたりプロトタイプを試作し，これらについてデザインと熱的性能の両面から検証を繰り返し，さらに色彩計画を加えた各種の改善，改良を図りながら最終的に写真1に示す製品を完成させた。



写真1 和室用温水パネルヒーター（S）の概観

#### 4. 製品仕様

製品は，放射パネルユニット，放熱フィンユニット，サイドカバーおよびアッパーカバーから構成され，高さ382mm，奥行85mmが同じで，長さは和室の窓下サイズを考慮して880mmと1720mmの2種類（S，L）を用意した。以下に各構成部材の仕様について記す。

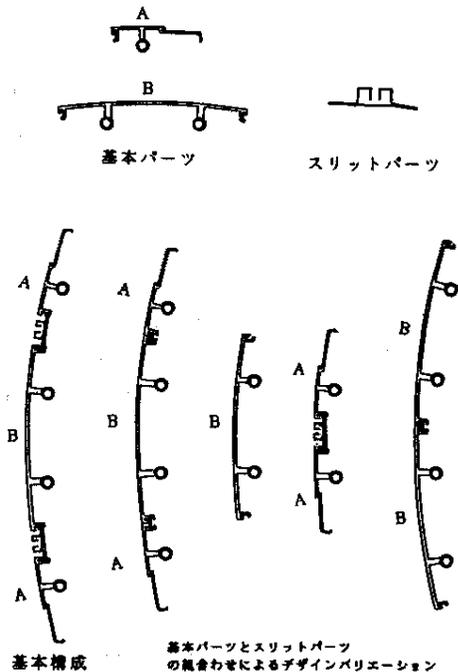


図2 放射パネルの構成パーツとデザインバリエーション

##### 4.1 放射パネルユニット

放射パネルは，2種類の基本パーツ（A，B）とスリットパーツから構成される（図2の基本構成）。基本パーツの素材には，アルミ押出材（パネル部板厚1.8～2.2mm）と銅管（外径12.7mm，肉厚0.6mm）を使用し，これらを水圧拡張管により密着接合させた。スリットパーツは鉄製のプレス材を使用し，基本パーツの接続金具としての機能，強度を持ち合せている。図3に放射パネルユニットの背面図を示す。

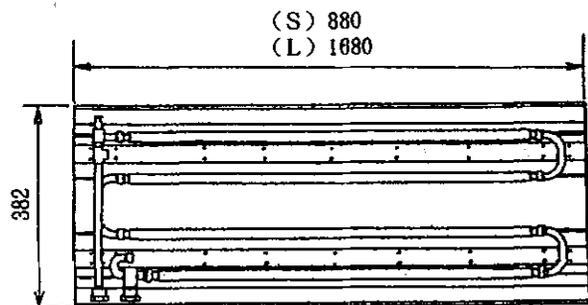


図3 放射パネルの背面図

デザイン上の特徴としては、パネル表面に繊細さを漂わすラインテクスチャを施し、同時に柔らかさやシャープさを表わすアーク断面を実現し、さらにスリットパーツによって透けるような和の造形感を表現した。また、放射パネルを構成する3パーツの組み合わせによっては、図3のような種々のサイズを用意できることから部屋の大きさや異なる暖房負荷に柔軟に対応することができ、さらに商品化バリエーションも容易で、例えば基本パーツBのみを使った洗面脱衣所用あるいはトイレ用としての製品展開が可能である。

#### 4.2 放熱フィンユニット

放熱フィンユニットには、温水暖房システムの開放回路にも使用できるように、銅管-アルミプレートフィンエレメントを用いた。図4に概略図を示す。なお、この放熱フィンユニットは図3の放射パネルユニットの背面に接続し組み付けられる。

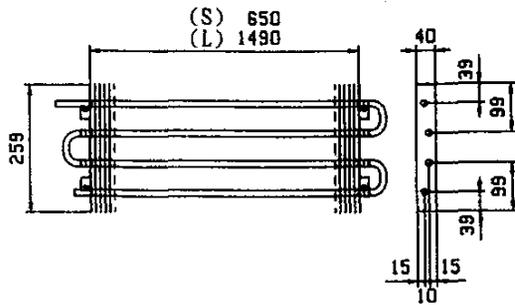


図4 放熱フィンユニット

#### 4.3 その他のパーツ

サイドの配管の見える部分の処理として樹脂製のカバーを用意し、繊細さを表現する造形処理を実現した。また、上面についても調和と保護を考慮し鉄製スリット状カバーを用意した(写真2)。

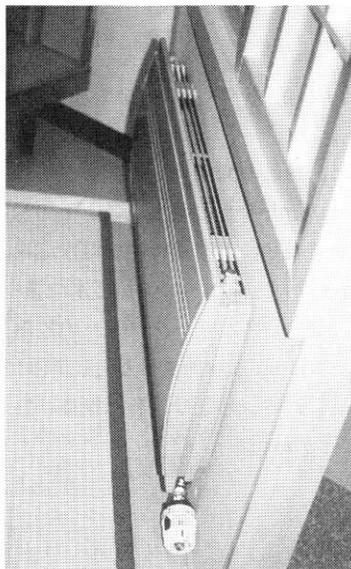


写真2 サイドカバー・アッパーカバー

### 5. 性能試験

製品2種類(S, L)について、優良住宅部品(BL部品)認定基準の暖房システム住戸セントラル暖房型(Bタイプ)放熱器性能試験方法<sup>4)</sup>(以下、BL基準と呼ぶ。)に基づき、放熱能力試験、各部の温度上昇試験、通水抵抗試験を行った。また、放射熱量を日本暖房機器工業会HA-017『パネルラジエータのふく射放射熱量測定方法』<sup>5)</sup>に準じて測定した。

#### 5.1 放熱能力試験

##### 5.1.1 試験装置および方法

供試パネルヒータ(S, L)を図5のように放射暖房試験室内に配置した。試験室の大きさは床面積2.7m×3.6m、天井高さ2.2mである。空調は周囲壁面に設置したパネル内に冷却水を連続通水し、放熱器の負荷に応じて冷却水温度が自動的に変動して室内温度を制御する放射・自然対流方式<sup>6)</sup>で、室温20℃の条件で行った。

図6に温水暖房システムを示す。設定温度55℃、65℃、75℃、85℃の温水を定格通水量2l/minの条件で供試パネルヒータに通水し、定常状態下の放熱量Qを(1)式から算出した。標準状態の放熱量Q<sub>0</sub><sup>7)</sup>は、温度差と放熱量の関係から(2)式により算出した。

$$Q = C_p \cdot W \cdot \Delta T_w \quad (1)$$

$$Q_0 = \left( \frac{56.5}{\frac{t_{w1} + t_{w2}}{2} - t_a} \right)^n \cdot Q \quad (2)$$

$$W_0 = 60 \cdot W \quad (3)$$

ここで、

Q : 試験状態における放熱量 (kW)

Q<sub>0</sub> : 標準状態に換算した放熱量 (kW)

W : 平均温水温度における温水流量 (kg/s)

W<sub>0</sub> : 定格通水量 (l/min)

C<sub>p</sub> : 平均温水温度における温水の比熱 (kJ/kg・K)

ΔT<sub>w</sub>: 二入口温水温度-出口温水温度 (K)

t<sub>w1</sub> : 試験時の入口温水温度 (℃)

t<sub>w2</sub> : 試験時の出口温水温度 (℃)

t<sub>a</sub> : 試験時の平均入口空気温度 (℃)

n : 定数

である。

次に、標準状態の試験条件を満足する温度の温水を、定格流量値の±50%の条件(1, 2, 3 l/minの3条件)で通水し放熱量を測定した。

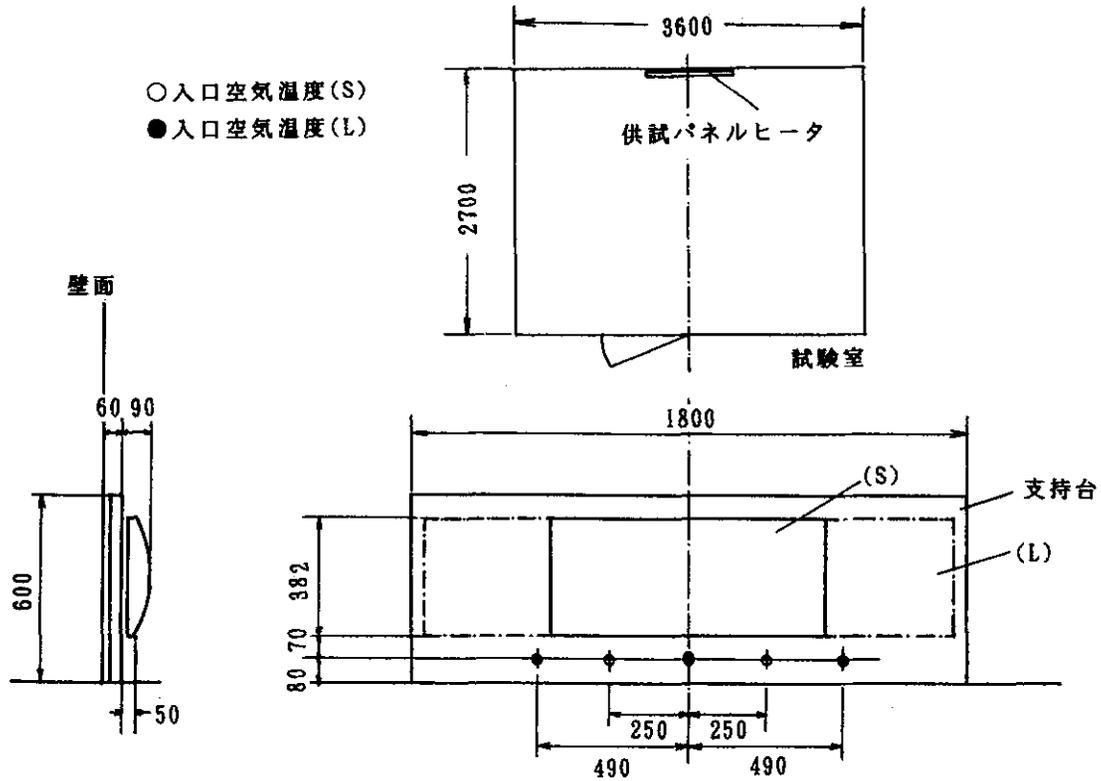


図5 供試パネルヒータの配置図・空気温度測定位置

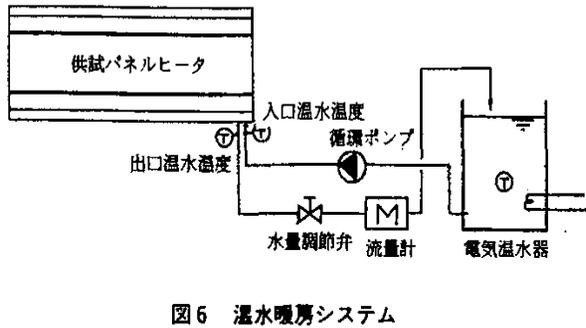


図6 温水暖房システム

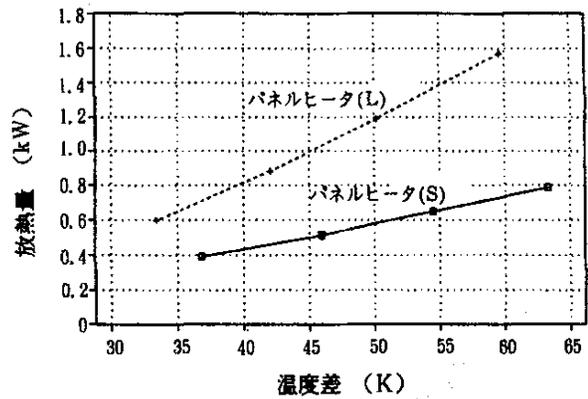


図7 供試パネルヒータの放熱能力

### 5.1.2 試験結果

#### (1) 温度差と放熱量の関係

放熱量測定の試験状態を表1に、温度差（平均温水温度－平均入口空気温度）と放熱量の関係を図7に示す。これらの結果から、温度差56.5Kの標準状態における放熱量は、供試パネルヒータ(S)が0.680kW (2.02kW/m<sup>2</sup>), (L)が1.440kW (2.24kW/m<sup>2</sup>)である。

表1 放熱能力の試験状態 (温水流量: 2 l/min)

供試パネルヒータ	S (382×880)				L (382×1720)			
	55	65	75	85	55	65	75	85
設定温水温度	55	65	75	85	55	65	75	85
平均入口空気温度(°C)	19.4	19.0	18.6	18.4	19.2	18.6	17.8	17.6
入口温水温度(°C)	57.5	66.7	75.4	84.4	54.7	63.8	72.3	82.8
出口温水温度(°C)	54.7	63.0	70.8	78.8	50.4	57.5	63.8	71.7
温度差(K)	36.6	45.9	54.5	63.3	33.4	42.0	50.2	59.6
放熱量(kW)	0.393	0.514	0.651	0.789	0.599	0.883	1.19	1.57

#### (2) 温水流量と放熱量の関係

定格流量値(2l/min)から温水流量を±50%に変化させた場合の試験状態を表2に、流量特性を温水流量と放熱量の関係をj用いて図8に示す。これらから、温水流量を1l/minに減少させた場合、供試パネルヒータ(S)の放熱量は標準状態の83%になり、3l/minに増加させると105%になることがわかる。同様に(L)の放熱量は、各々標準状態の87%および110%になることがわかる。

表2 流量特性の試験状態

供試パネルヒータ	S (382×880)			L (382×1720)		
	温水流量 (l/min)	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0
平均入口空気温度(℃)	17.3	16.9	17.8	18.9	18.1	18.6
入口温水温度(℃)	77.4	79.3	80.1	75.8	77.2	78.0
出口温水温度(℃)	59.9	68.9	72.7	67.2	72.3	74.4
温度差(K)	51.4	57.2	58.6	52.6	56.7	57.7
放熱量(kW)	1.240	1.464	1.531	0.602	0.689	0.759

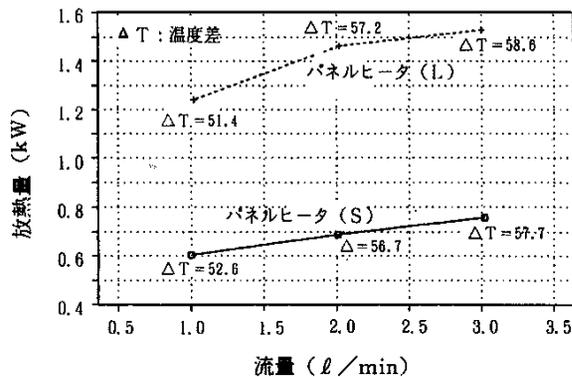


図8 放射熱の流量特性

5.2 放射熱量の測定

5.2.1 試験方法

HA-017規格に準じ、前述の放熱能力試験と同様な方法で、遮蔽板がある場合とない場合の全放熱量と放射熱量を測定した。図9に遮蔽板設置状態における測定点を示す。また、放射熱量は試験体中央の前面600mmの位置に設置した放射計(B & K社製: Indoor Climate Analyzer, Type 1213)を用いて測定した。

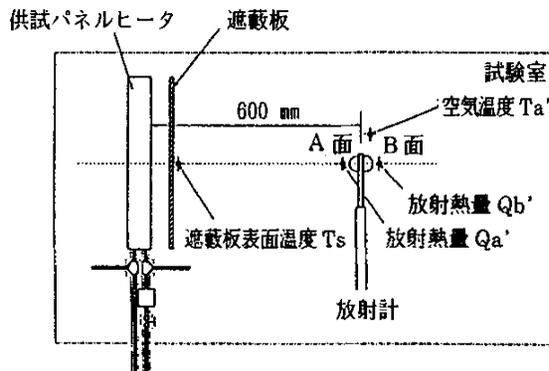


図9 遮蔽板設置状態での測定点

5.2.2 結果

放射熱量の測定結果を表3にまとめて示す。表に示す放射熱量および放射熱量割合はHA-017規格の算出式<sup>5)</sup>から求め、標準試験状態での放射熱量は(S)が0.24kW/m<sup>2</sup>、(L)

が0.30kW/m<sup>2</sup>であり、放射面積をパネル前面のみとした場合の放射熱量割合は、(S)が11.5%、(L)が13.2%となることからわかる。これらの値については、JIS A 4004ではパネルラジエータとして10%以上が必要とされているが、両タイプともこの条件を満足していることがわかる。なお、HA-017規格では放射面積をパネルの前面と後面の両面を用いており、これによると放射割合は上記の2倍の値で表示されることになる。

表3 放射熱量の測定結果

測定項目	記号	単位	供試パネルヒータ	
			S	L
出口温水温度	T <sub>w2</sub>	[K]	350.4	352.5
入口温水温度	T <sub>w1</sub>	[K]	345.5	342.1
入口空気温度	T <sub>a</sub>	[K]	291.3	290.1
通水量	W <sub>0</sub>	[l/min]	2.0	2.0
周囲面温度*	T <sub>w</sub>	[K]	10.1	10.3
遮蔽板なしの放射熱量 A面	Q <sub>a</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	454.0	482.3
遮蔽板なしの放射熱量 B面	Q <sub>b</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	397.0	394.2
遮蔽板ありの放射熱量 A面	Q <sub>a</sub> '	[W/m <sup>2</sup> ]	405.0	398.3
遮蔽板ありの放射熱量 B面	Q <sub>b</sub> '	[W/m <sup>2</sup> ]	400.0	394.5
空気温度	T <sub>a</sub> '	[K]	290.1	289.0
遮蔽板表面温度	T <sub>s</sub>	[K]	291.4	288.0
全放熱量	Q	[W]	703.5	1464.4
放熱面積	A <sub>1</sub>	[m <sup>2</sup> ]	0.336	0.642
単位面積あたりの全放熱量	Q <sub>1</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	2090	2280
形態係数	F <sub>p</sub>	[-]	0.211	0.274
放射熱量	Q <sub>p</sub>	[W/m <sup>2</sup> ]	239.4	301.3
放射熱量割合	R	[%]	11.5	13.2

注\*) 表中の周囲面温度は、試験室を構成する壁面冷却パネルの表面温度を加えた周囲壁の面積荷重平均として算出した。

5.3 各部の温度上昇試験

5.3.1 試験方法

図10に示すように、パネル表面12箇所、サイドカバー2箇所、アッパカバー1箇所、空気抜き弁1箇所、温水開閉弁(サーモバルブ)3箇所の計19箇所に熱電対を貼り付け、標準状態の試験条件下における接触温度を測定した。同時に、赤外線カメラ(日本電子(株):サーモビューア)を用いてパネル表面の温度分布を測定した。

5.3.2 結果

接触温度の測定結果を、表4に(S)、(L)まとめて示す。また赤外線カメラ撮影から得られる表面温度分布のヒストグラムを図11(1)、(2)に示す。これらから、標準試験状態でのパネル表面温度は(S)が平均61℃、48℃~65.5℃(差17.5K)

の範囲に、(L) が平均 63℃、53℃～68℃（差 15K）の範囲にあることがわかる。但し、(S)、(L) とともにサーモバルブを接続する部分にこれらの温度範囲より低い箇所がみられる。これはパネルと温水が流れる銅管が密着していない部分であり、今後この部分の構造改善が必要と思われる。

表 4 接触温度の測定結果 (°C)

No.	測定箇所	供試パネルヒータ	
		S	L
①	パネル表面	62.9	67.5
②	パネル表面	62.2	65.6
③	パネル表面	61.6	65.6
④	パネル表面	53.2	60.6
⑤	パネル表面	65.2	66.6
⑥	パネル表面	61.0	64.1
⑦	パネル表面	63.5	65.1
⑧	パネル表面	58.4	59.7
⑨	パネル表面	61.5	68.3
⑩	パネル表面	62.7	66.0
⑪	パネル表面	59.2	63.2
⑫	パネル表面	52.2	58.2
⑬	サイドカバー	28.4	27.3
⑭	サイドカバー	28.1	27.7
⑮	アッパーカバー	59.7	59.1
⑯	空気抜き弁	59.5	57.2
⑰	サーモバルブ握り部	18.9	18.0
⑱	サーモバルブ感温部	17.3	16.5
⑲	サーモバルブ配管部	62.8	64.9

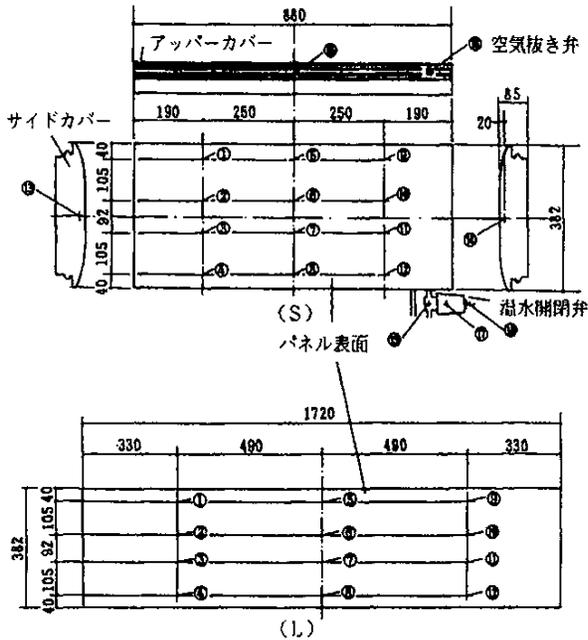
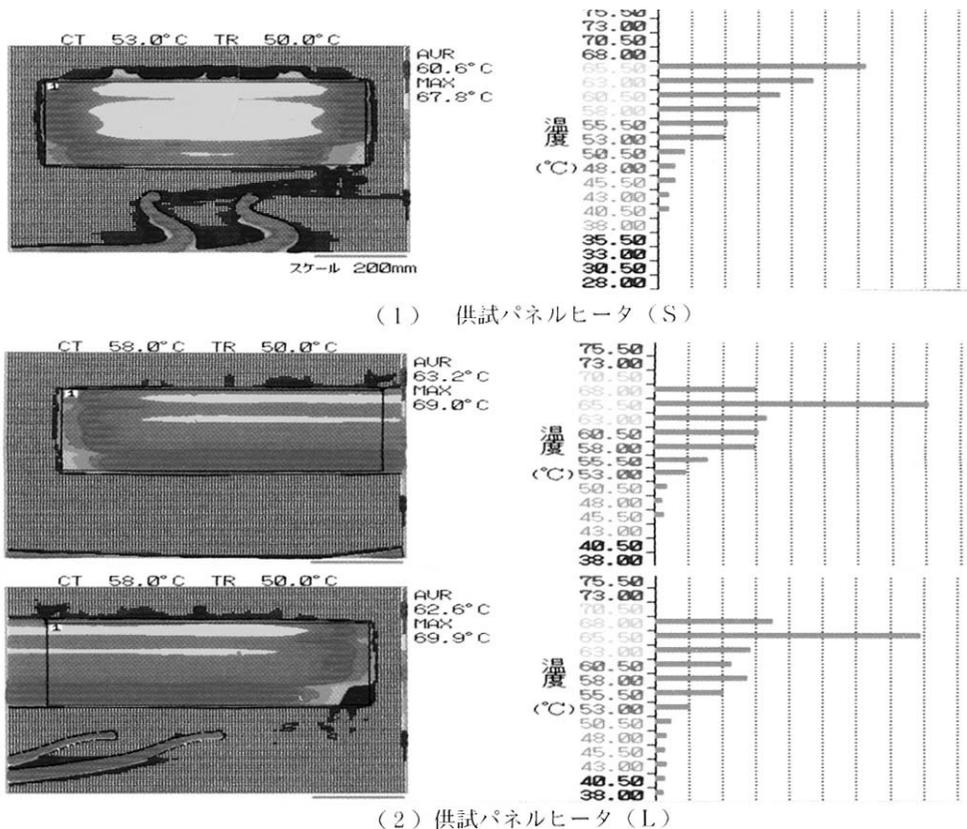


図10 温度測定箇所



(2) 供試パネルヒータ (L)

図11 赤外線カメラによるパネル表面温度分布

5.4 通水抵抗試験および耐水圧試験

温水開閉弁を接続しない供試パネルヒータの通水抵抗を調べるため、流量変動によるパネルヒータ出入口の静圧差を水銀マンノメータで測定した。(S), (L) の通水抵抗を図 12 にまとめて示す。これから定格流量値 2ℓ/min における通水抵抗は, (S) が約 1.8Pa, (L) が約 2.0Pa であることがわかる。

供試パネルヒータに 0.5MPa の水圧を 10 分間加えた結果, (S), (L) とともに水漏れ, 変形は認められなかった。

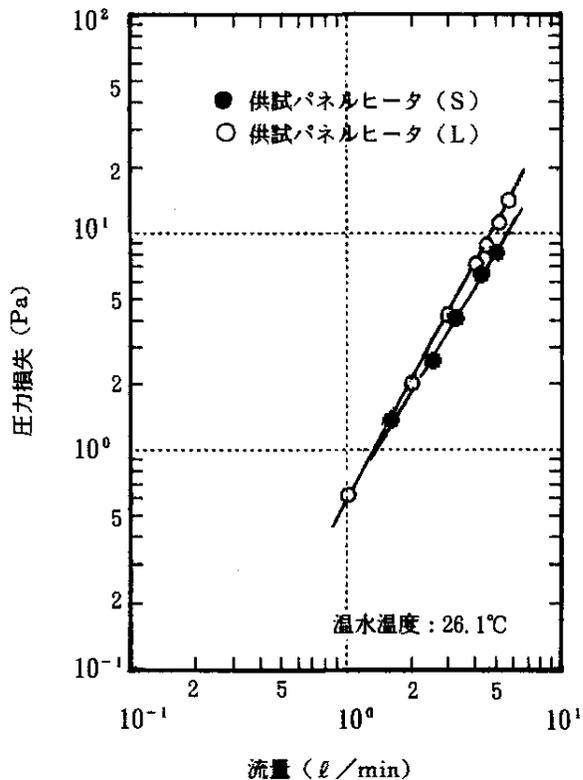


図12 通水抵抗

6. まとめ

現在のパネルヒータ市場に欠けている商品ゾーンに新商品の投入を図るという視点から、和室空間に適したデザイン性の高いパネルヒータの開発を行った。その結果、これまでになかったオリジナリティ性の高い軽量で高性能な温室用パネルヒータを誕生させることができた。また、開発した製品 2 種類について、日本暖房機器工業会規格による放射熱量測定並びに優良住宅部品認定 (BL) 基準による放熱能力試験, 各部の温度上昇試験, 通水抵抗試験などの性能評価試験を実施した。この結果, JIS が K 定するパネルラジエータとしての放射熱量割合を満足し, 住居セントラル暖房用放熱器として BL 判定基準をクリアできる品質性能を有していることが確認できた。

今後, このパネルヒータが和室用放熱器として温水セントラル暖房の一役をなし, 本道をはじめ東北, 北陸など多くの

地域で使われることを願うものであり, このことが快適な室内暖房環境を確保する低温放射暖房のより一層の普及, 発展につながることを期待する。

引用・参考文献

- 1) 富田, 及川ほか: 家庭用温水パネルヒータの開発, 平成 3 年度共同研究報告書 (1991)
- 2) 富田, 及川ほか: 家庭用温水パネルヒータの開発, 平成 4 年度共同研究報告書 (1992)
- 3) 富田, 及川ほか: 和室用温水パネルヒータの開発と性能試験, 空気調和・衛生工学会北海道支部第 28 同学術講演論文集, P57 (1994)
- 4) (財) ベターリビング: 優良住宅部品性能試験方法, P 51 (1989)
- 5) 日本暖房機器工業会: 暖房, No.343, P8 (1991)
- 6) 富田ほか: 簡易放射暖房試験室によるパネルラジエータの放熱量測定, 北海道立工業試験場報告, P85 (1994)
- 7) JIS A 4004 - 1987 暖房用自然対流・ふく射放熱器