

遠赤外線放射ヒータの対流熱損失防止

本田 重司, 富田 和彦, 上出 光志, 三上 正樹
尾谷 賢, 山崎 邦雄, 赤沼 正信

Prevention of Convective Heat loss in Far-infrared Radiation Heaters

Shigeshi HONDA, Kazuhiko TOMITA, Mitsushi KAMIDE
Masaki MIKAMI, Masaru OTANI, Kunio YAMAZAKI
Masanobu AKANUMA

要 旨

遠赤外線放射体に道産カンラン岩の粉末を熔射被膜処理した電熱式放射加熱器を試作し、放射面にアルミニウム製ハニカム構造のルーバを装着した場合の対流熱損失防止効果について試験し、その有効性を確認した。

1. はじめに

遠赤外線放射による食品の乾燥、木質、金属珪の塗装乾燥、また開放空間、半開放空間のスポット暖房等に放射加熱器が多く使われている¹⁾。また、一部ゾーン融雪²⁾等も検討されている。

放射表面温度を $T^{\circ}K$ とすると、そこから放射される全放射エネルギーは Stefan - Boltzmann の法則より $E = 4.38 (T/100)^4 [kcal/m^2h]$

によって表され、放射エネルギーは表面温度の依存性が大きい、特に強制対流下で放射加熱器を使用する場合、高温放射表面と低温空気の間に対流伝熱が生じ放射表面温度を冷却する作用が働き、その結果、一定供給エネルギーに対して放射エネルギー効率が低下するという現象がおこる。従って、このような場合のヒータの容量設計、温度設定には対流熱損失を考慮しておく必要がある。

本研究では、強制対流下で遠赤外線放射器を使う場合を想定し、放射器の放射面にアルミ製のハニカム構造ルーバを取り付け、その時の対流熱損失防止について検討した³⁾。その結果、ルーバの形状と省エネ効果について、2, 3の知見を得たので報告する。

2. 試験方法

表1に仕様を示す、シーズヒータを用いて、遠赤外線放射器を試作した。その詳細を図1に示した。ヒータの

表1 電熱ヒータの仕様

有効電力	長径	500mm
電材入力	密度	$\phi = 15mm$ $3.0W/cm^2$
容量	材質	SUS304
	電圧	200V
	電量	800W

表2 ルーバの種類

No.	形状	孔径	高さ	板厚
1	ハニカム	3.2mm	10mm	25 μm
2	ハニカム	6.2mm	10mm	46 μm
3	格子	15 mm	10mm	100 μm
4	格子	30 mm	10mm	100 μm
5	格子	50 mm	10mm	100 μm
6	ハニカム	12 mm	5mm	46 μm
7	ハニカム	12 mm	10mm	46 μm
8	ハニカム	12 mm	20mm	46 μm

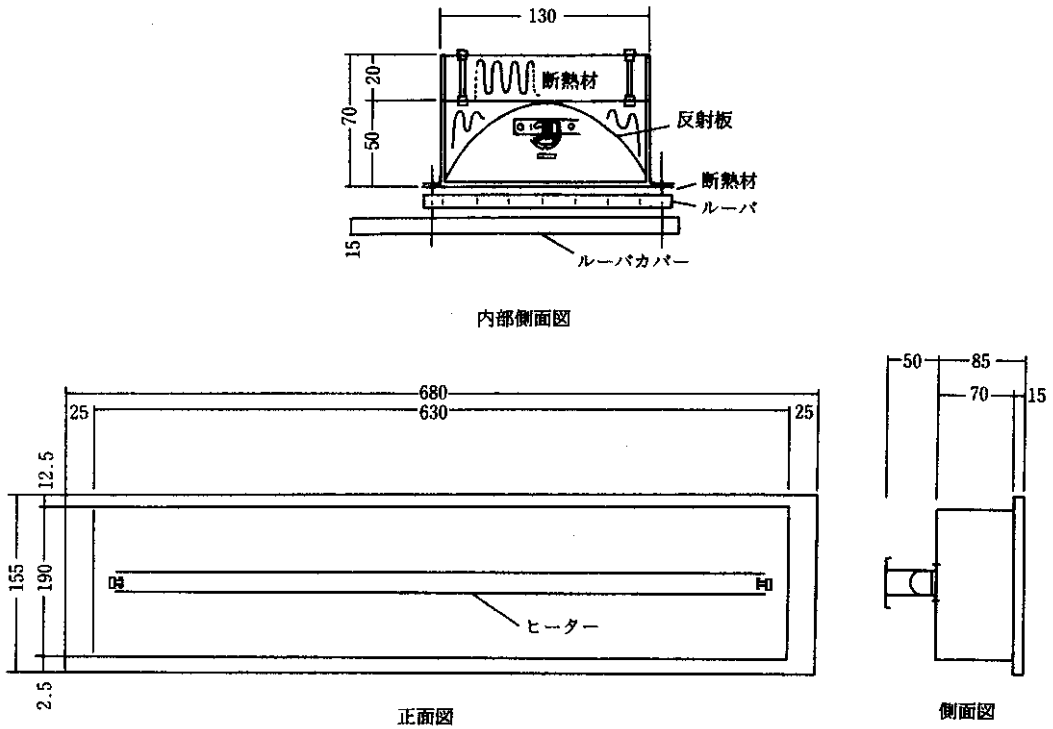


図1 試作放射器の詳細図

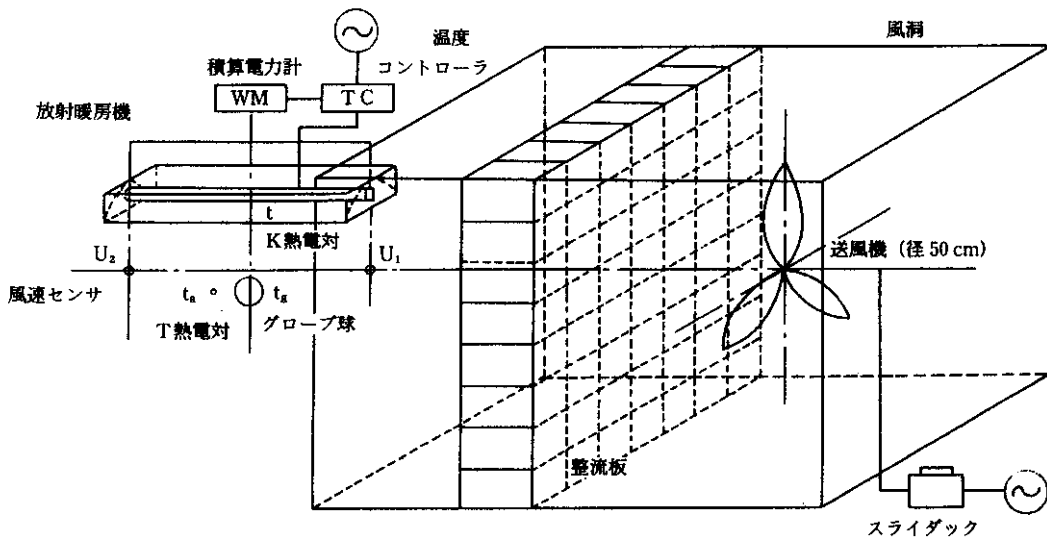


図2 試験装置

表面には遠赤外線放射率を高めるため、北海道産カンラン岩（オリビンサンド）を熔射処理にてコーティングした。

ルーバは表2に示すように、アルミニウム薄板による孔径3.2, 6.4, 12mmのハニカム状のものと、孔径15, 30, 50mmの格子状の試作ルーバ、高さは5mm, 10mm,

20mmの、計8種類のルーバを用いた。

試験装置を図2に示した。試作放射器を架台にとりつけ、側面に送風機を設置し、スライダックで回転数を制御することにより放射器に一定風速の気流があたるようにした。

ヒータ表面には、K熱電対を貼りつけてヒータ表面温度を所定温度に制御できるようにした。

計測は、放射器の中心の真下 200mm の位置に直径 75 mm のグローブ温度計と感熱部をアルミ薄で被覆した T 熱電対を設置して 1 時間の平均値として受熱温度と空気温度を計測した。

また、放射器に当る風速は、放射器中央端の下 150mm の位置に風速計（熱線風速計）を設置して、10 分毎の 1 時間平均値として測定した。

放射器からの全出熱量は積算電力計により 1 時間の消費電力として計測した。

試験はルーバをつけた場合と、ルーバなしの場合について、対流熱損失に大きな影響を与える風速を変化させ、放射表面温度(t_r)、ルーバ孔径、高さ、等と消費電力(W)、実効放射温度(グローブ温度(t_g)-空気温度(t_a))等の関係を求めた。

なお、計測はヒータに通電後、放射器外部表面温度が一定になり、受熱温度が平衡に達してから行った。

試験条件はヒータ表面温度 200℃~500℃の一定値、風速は 1~5m/s の範囲で一定とした。

3. 試験結果と考察

① ヒータの分光放射特性

Minarad System 社 (USA) の Spectral Analyzer SA-200 で測定した分光放射率⁴⁾の結果を、図 3 に示した。

遠赤外線領域の放射率がが高く、全放射率 (2.5~14.5 μm) は 0.85 で、高効率の遠赤外線放射体である。

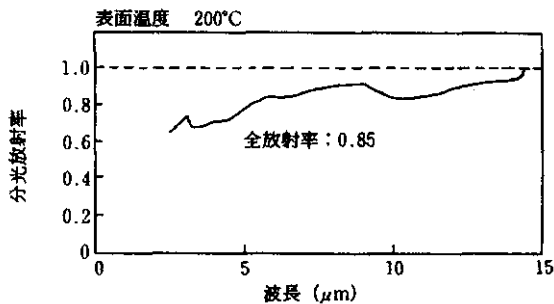


図 3 ヒータの分光放射率

② 消費電力のルーバ装着による影響

放射器の放射面に孔径 6.4mm、高さ 10mm のルーバを設置した場合と、しない場合について、ヒータ表面温

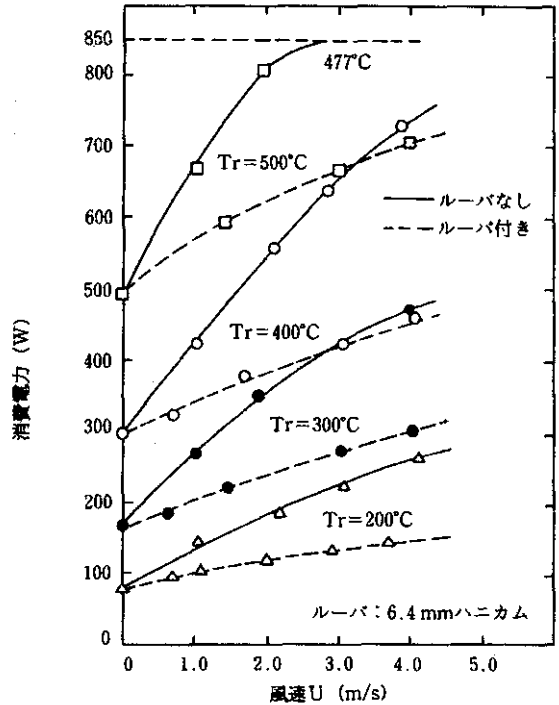


図 4 消費電力と風速におけるルーバの影響

度を変えて消費電力を測定した。その結果を図 4 に示した。

ルーバによる電力低減効果は、風速が大きいほど大きく、例えば表面温度が 400℃では、風速 1m/s で 23%、3m/s で 34%である。

また、ヒータ表面温度が低いほど効果は大きくなる。これらの結果は図 5、図 6 のように整理でき、本試作棒状ヒータの自然対流下における、消費電力とヒータ表面温度の相関を求めると、ルーバあり、なしに関係なく

$$W = (9.08 \times 10^{-5}) \cdot t_r^{2.0}$$

$$W: \text{消費電力 [W/cm}^2\text{]}$$

$$t_r: \text{表面温度 [}^\circ\text{C]}$$

の有次元相関式で示される。

また、強制対流下における消費電力とヒータ表面温度、風速との関係は次の有次元相関式で示される。

$$\text{ルーバ無し } W = (5.73 \times 10^{-4}) \cdot t_r^{1.35} \cdot U^{0.41}$$

$$\text{ルーバ付き } W = (6.15 \times 10^{-5}) \cdot t_r^{1.45} \cdot U^{0.31}$$

$$W: \text{消費電力 [W/cm}^2\text{]}$$

$$t_r: \text{ヒータ表面温度 [}^\circ\text{C]}$$

$$U: \text{風速 [m/s] (常温 } 20^\circ\text{C)}$$

③ ルーバ孔径と消費電力の関係

ヒータ表面温度を 400℃の一定とし、ルーバ孔径を 3

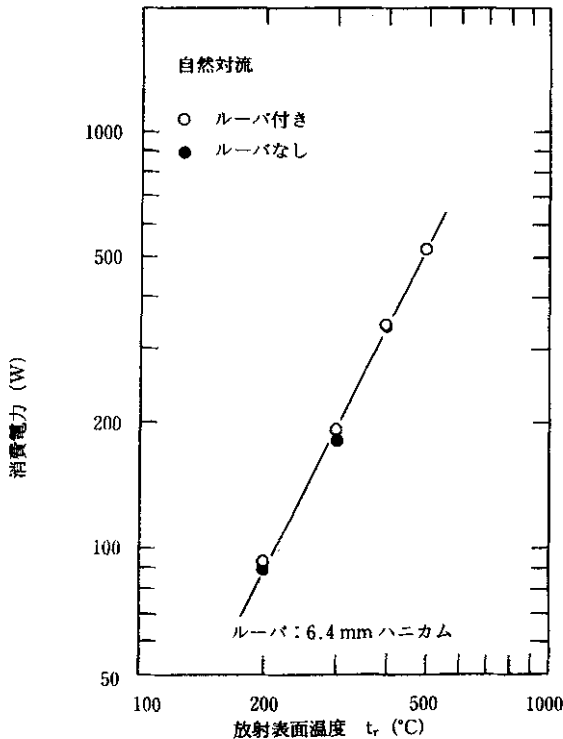


図5 自然対流下における放射表面温度と消費電力の関係

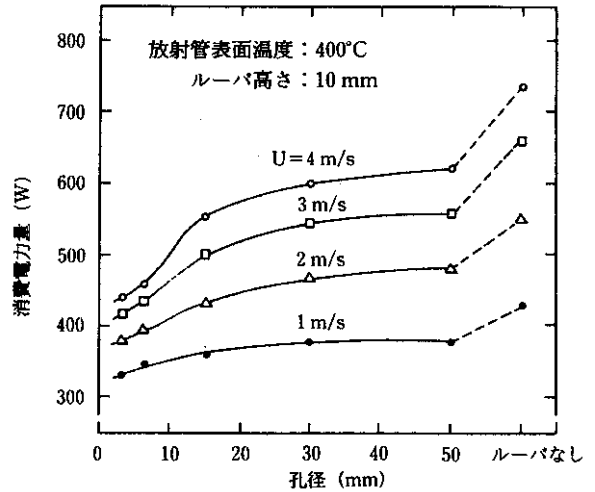


図7 ルーバ孔径と消費電力の関係

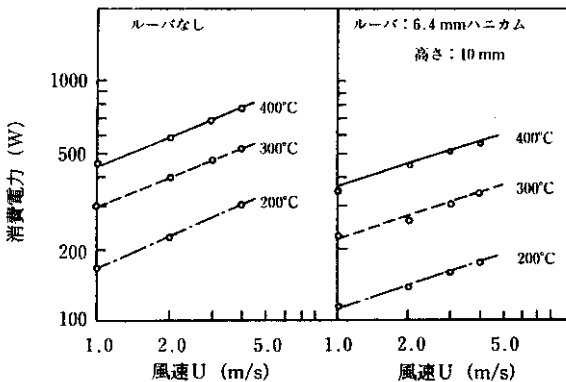


図6 強制対流下における風速と消費電力の関係

～50mm に変えて測定した結果を図7に示した。また、この時の実効放射温度（放射面から2cm 下方のグローブ温度－空気温度）を図8に示した。

図からわかるように、消費電力はルーバ孔径が小さい程少なくなる。この傾向は孔径が10mm 以下になり、風速が大きくなる程顕著になる。例えば、風速が1m/s では孔径20mm の場合ルーバなしに比べてWが85%、5mm の場合には80%に低下する。一方、風速4m/s になると孔径20mm で80%、5mm の場合は62%にまで低

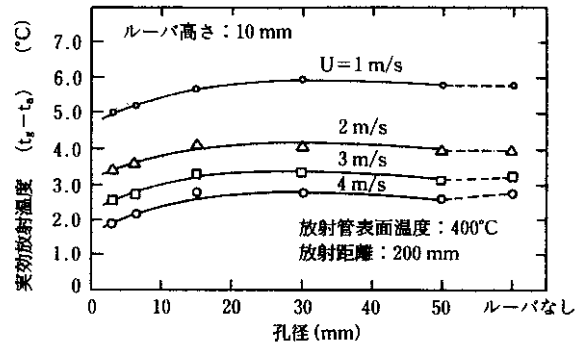


図8 ルーバ孔径と実効放射温度の関係

下する。

また、図8に示すように、実効放射温度もルーバ孔径が10mm 以下になると低下する傾向が見られる。これは孔径が小さくなるとルーバによる遮蔽面積が増大しグローブ温度計に到達する放射エネルギーが減少するためと考えられる。

④ ルーバ高さ と消費電力の関係

ルーバ孔径を12mm にし、高さを5～20mm に変えたときの消費電力を図9に、実効放射温度を図10に示した。

図からわかるように電力と高さの関係は、高さは5～10mm 程度で十分でそれ以上にしても電力の低減は顕著でない。

また、実効放射温度と高さの関係では、各風速で高さを大きくすると高くなる傾向を示す、これはルーバとグローブ温度計の距離の影響と考えられる。しかし高さが20mm 程度では顕著な差はない。

4. まとめ

開放、半開放空間、或いは強制対流下での遠赤放射器の高効率化を図るため、放射面にアルミニウム製ルーバをつけ、その孔径、高さを変えた場合の消費電力について試験を行った。その結果を要約すると

- ① ルーバを装着することによって風による対流熱損失が低減し、エネルギー利用効率が向上する。
- ② また、ルーバの形状は高さは10mm以下で十分である。孔径については小さいほど効果は大きい、放射エネルギーが低下するので最適値が存在する。
- ③ 風速が大きい(3m/sを越えるような)場合は孔径が10mm程度、また、風速が小さい場合は孔径の大きい(20mm程度以上)ルーバがよい、こと等がわかった。

参考文献

- 1) 例えば
大森豊明, 赤外線のはなし, 日刊工業新聞社 (1986)
高島広夫, やさしい遠赤外線工学, 工業調査会 (1988)
清水 賢, 遠赤外線利用の最新技術, 工業調査会 (1988)
中村康徳, 遠赤外線熱応用技術ノート, (株)技術供給 (1988) 等
- 2) 藤井俊茂, 遠赤外線利用の最新技術 [消雪効果], P.172 (1988)
- 3) 本田重司他, 寒地技シンポジウム, 講演論文集, P.284 (1990年12月札幌)
- 4) 尾谷賢他, 遠赤放射エネルギーの評価法, 北海道立工業試験場報告, No.287, p.115 (1988)

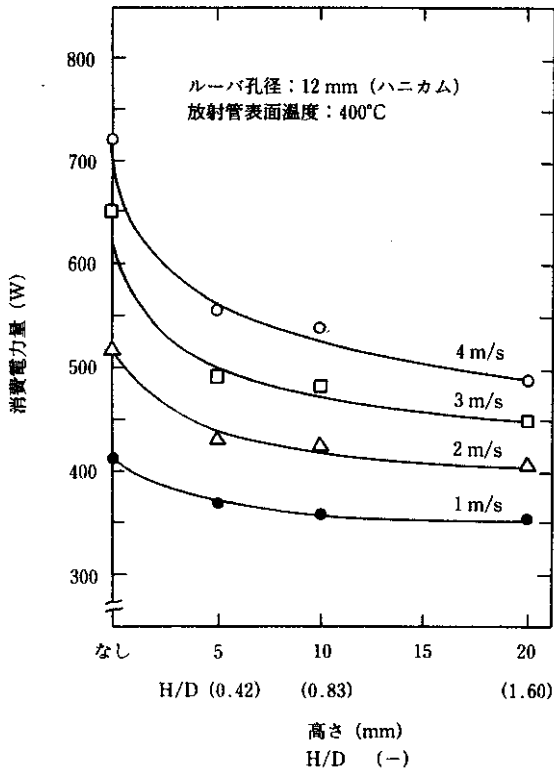


図9 ルーバ高さで消費電力の関係

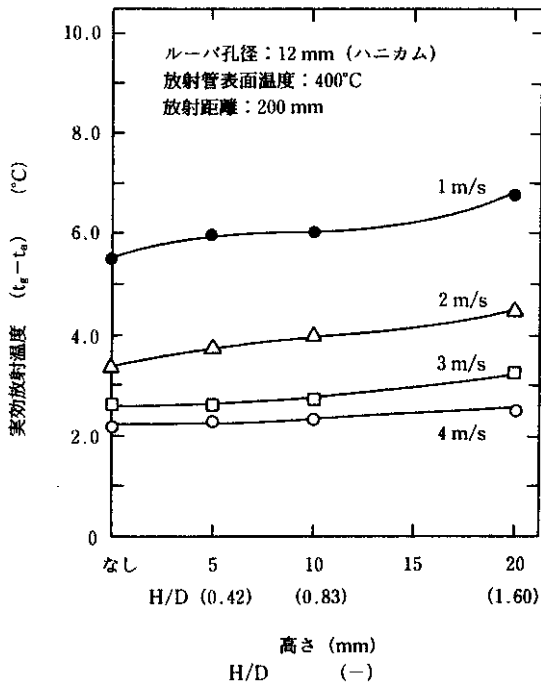


図10 ルーバ高さで実効放射温度の関係