

# 蓄熱式電気暖房器

## Electric Storage Heater

杉本 立央<sup>\*</sup>  
Ritsuo Sugimoto  
新美 正明<sup>\*</sup>  
Masaaki Niimi

Electric power companies are currently promoting the utilization of electric power at night in order to improve the night/day unbalance of electric power supply and demand. In cooperation with Chubu Electric Power Co., we have developed an electric storage heater capable of accumulating and storing inexpensive nighttime power which can then be released as required for heating purposes. This heater is able to store heat for eight hours at night at the rated capacity of 3kW. This is enough to heat a 7.5~13m<sup>2</sup> room for up to 16 hours. By improving the performance of the heat storing bricks and insulating materials, and by rationalizing the internal structure, a reduction in size and weight has been achieved. Performance-wise, by setting the heat storage efficiency at 93% and the exterior surface temperature to under 55°C, and by restricting the spontaneous heat release, the calorific value that can be used to heat a room has been increased by 25% in comparison with our conventional products. Also, because the heater is very slim, less installation space is achieved (less than 1/2 the required space of our conventional product).

As housing structures in Japan today are leaning toward the use of a higher percentage of thermal insulation and thus becoming more airtight, this safe and sanitary electric storage heater is expected to be widely used as a room heating unit in the future.

## 1 まえがき

最近、電力需給の平準化のため深夜電力の利用促進計画が各電力会社によって積極的に進められている。わが国における深夜の電力消費量は昼間ピーク時の $\frac{1}{2}$ 以下となっており、深夜電力利用の身近な機器として、給湯(温水器)だけでなく、冷房と暖房についても開発が進められているが、蓄熱式電気暖房器はその一つである。

蓄熱式電気暖房器はペチカや暖炉に源を発する暖房器であり、西欧諸国では早くからその快適性が認められ普及している。特にイギリス、ドイツでは、1960年頃より深夜電力を利用した蓄熱式電気暖房器が発売され、20数年間に数百万台の製造販売実績をあげている。

わが国においては1965年頃より蓄熱式電気暖房器の研究が開始され、電力会社の特別深夜電力料金あるいは低圧電力料金の設定とあいまって、1966年頃から販売された。

しかし、度重なるオイルショックと住宅の断熱構造が現在ほど進んでいなかったことなどが原因で、その後これらの製品は市場からほとんど姿を消してしまった。

最近、わが国の住宅事情が変わり、生活レベルの向上とともに住宅の断熱化・高气密化が進み、蓄熱式電気暖房器の特長が発揮できる状況となったことと、電力会社における電力負荷平準化のため深夜電力利用機器の開発が急がれることから、中部電力(株)と共同で蓄熱式電気暖房器を開発することとなった。今回、その開発を完了

し、フィールドテストも良好な結果を得たので、ここに紹介する。

## 2 蓄熱式電気暖房器の概要

### 2.1 原理と種類

蓄熱式電気暖房器は深夜電力を有効利用する目的で開発された器具であり、夜間に電気エネルギーを熱として蓄え、これを昼間に放出して室内を暖房するもので、高温用の発熱体で発生させた熱を、発熱体を取囲む蓄熱体に蓄える方式を採用している。蓄熱体としては、一般的に耐火レンガ(特に熱容量の大きいもの)を使用し、周囲を保温材で断熱して、長時間にわたり徐々に放熱させる。

放熱の方法としては、自然放熱を主とするものと強制放熱によるものがある。

自然放熱を行うものは、器具の表面からのみ熱を放出するタイプ(自然放熱形)と、蓄熱体周囲の加熱された空気が取出せるように空気の通路を設け、その途中にダンパを配置し、これの開閉を行い放熱量を調節するタイプ(ダンパ調節形)の2種類がある。

強制放熱を行うものは蓄熱体に通風路を設け、送風機で送りこまれた室内の空気を加熱し、これを吹き出し口より放出するタイプである。このタイプはルームサーモスタットを使って送風機を制御することにより放熱量の調節が容易にでき、好みの室温にすることができる利点がある。

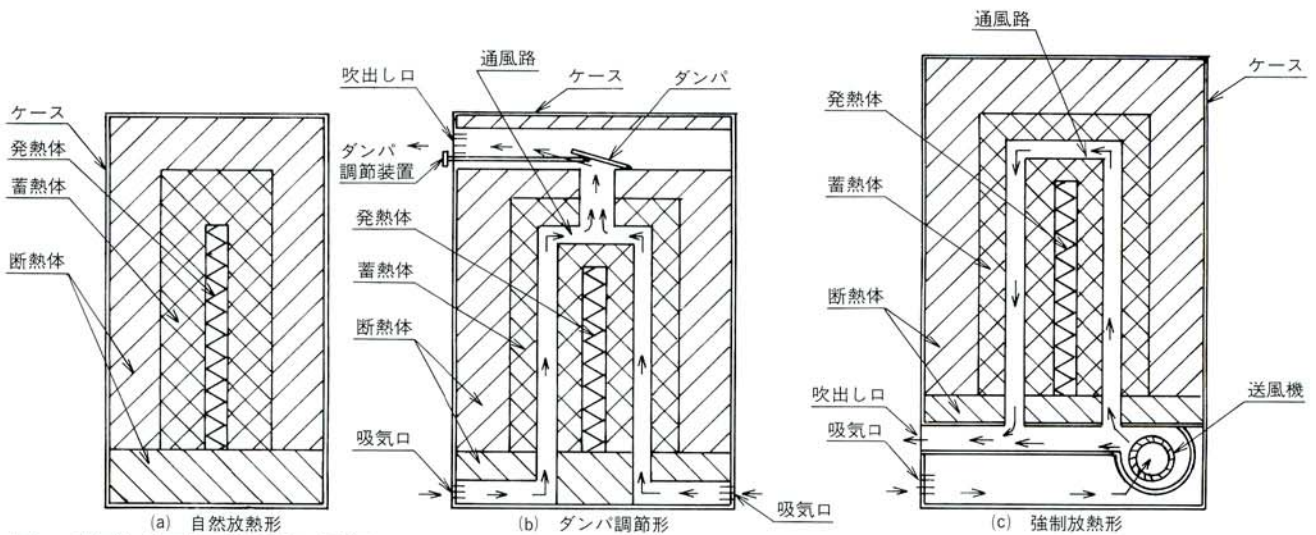


図1/蓄熱式電気暖房器の種類

Fig. 1/ Typical structures of electric storage heaters

ある。また、器具の断熱性を良くし、輻射をおさえて大部分の熱を対流熱として放出するように作られており、ケース表面温度が低く、自由に制御できる熱量が多いのが特長である。以上3種類の蓄熱式電気暖房器のモデルを図1に示す。

蓄熱式電気暖房器が最も早く普及したイギリスでは自然放熱形が多い。これは、最も安価にできることと、深夜だけでなく契約により昼間にも通電が可能であること、家屋の壁が厚く熱容量が大きいいため壁自体が蓄熱体として働き、一日中あるレベル以上に室温が保たれるなどの理由によるものと考えられる。

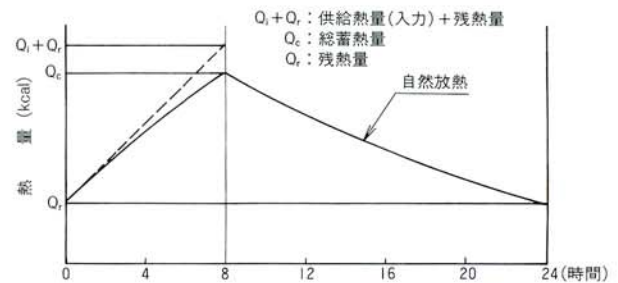
しかし、わが国のように木造が主体の家屋構造では、建物自体の熱容量が小さく部屋の隙間も多いため、暖房を必要とする時間帯にのみ放熱できるタイプでないと、蓄熱量に限度があるので一日中暖房することが不可能となる。したがって、日本家屋の暖房としては、特殊な場合を除き、放熱量を調節できる強制放熱形が主体となっている。

## 2.2 熱量変化特性

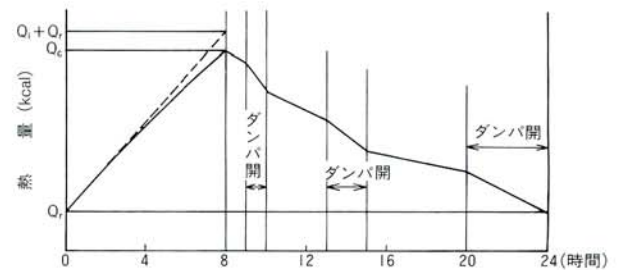
図2は一日の熱量変化の代表例を示したものである。深夜電力により供給された熱は一部が通電中に自然放熱されるのでその分を減算した熱量が蓄熱量となり、それに前日に残存していた熱量を上積みした熱量が総蓄熱量となる。

放熱パターンは放熱の仕方によって色々な変化を示すが、ダンパ調節形の場合は朝・昼・夕方にダンパを開いた時の例を、強制放熱形の場合は連続強制放熱・ルームサーモ断続放熱・自然放熱を行った場合の例を示した。

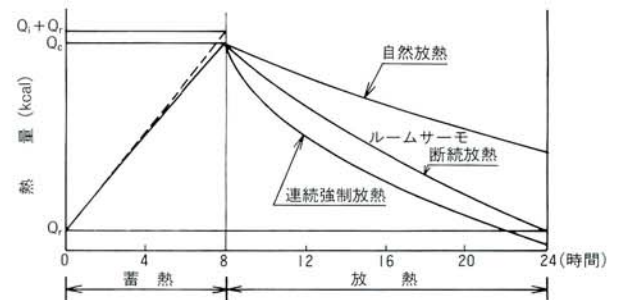
いずれのタイプでも利用できる熱量は放熱とともに減少するので、暖房しようとする時間の終わりまで希望の室



(a) 自然放熱形



(b) ダンパ調節形



(c) 強制放熱形

図2/熱量曲線

Fig. 2/ Heat capacity curve

温に保つには、ある程度の熱量が残っていることが必要である。

一般的に、蓄熱式電気暖房器の総蓄熱量は、

$$Q_c = Q_s + Q_r \dots\dots\dots(1)$$

$$= Q_i \cdot \eta_q + Q_r \dots\dots\dots(2)$$

$$= 860 \cdot P \cdot t \cdot \eta_q + Q_r \dots\dots\dots(3)$$

となる。

ただし、

$Q_c$  : 総蓄熱量 (kcal)

$Q_s$  : 一日の蓄熱量 (kcal)

$Q_r$  : 前日からの残熱量 (kcal)

$Q_i$  : 供給熱量 (入力) (kcal)

$\eta_q$  : 蓄熱効率 ( $Q_s/Q_i$  で表わす)

$P$  : 供給電力 (kW)

$t$  : 通電時間 (h)

である。

## 2.3 特長

蓄熱式電気暖房器は、他の燃料使用の暖房器より製品重量が重い、放熱するにしたがい夕刻には蓄熱量が減少するなどの欠点もあるが、次のような特長がある。

### (1) 朝の目覚めが快適である

就寝中に自然放熱で室内を暖房しており、室温の変化が少なく、起床時の寒さがいないので快適である。

### (2) 室内空気がきれいである

電気暖房であるから、スス・有害ガス・悪臭などの発生がなく、室内空気や器具が汚れない。

### (3) 火災の心配がなく安全である

炎を出さないで火災の心配がなく、暖房器の温度が上がり過ぎた時の安全装置として温度調節器と温度過昇防止器とを備え、二重安全構造となっている。

### (4) 経済的な暖房である

深夜電力料金が適用され、普通の電気料金の約 $\frac{1}{2}$ で利用できるので経済的である。

### (5) 取扱いが簡単である

深夜電力によって自動的に熱が蓄えられ、強制放熱形の場合には、送風機を回せば急速に室内温度を上げることができる。また、ルームサーモスタットを使用すれば、設定温度で送風機が自動的に“入、切”され快適状態を保つことができる。

## 3 構造

### 3.1 構成及び動作

本器の構造は図3に示すとおりで、(a)は斜視断面図で部品の構成を示し、(b)は側面断面図で主に通風路構造を示す。また、外観を図4に、仕様は表1に示し、比較のため、当社従来形の仕様を並べて示す。

深夜電力により、3kW (500W×6本) 蓄熱シーズヒータがマグネシア質蓄熱レンガを熱し蓄熱する。蓄熱された熱は、セラミック系断熱保温材とパネル形超微粒子シリカ断熱保温材により器体外部へ逃げないように保温される。

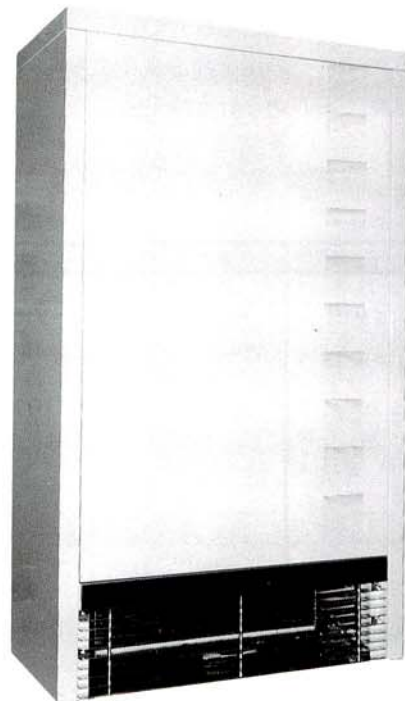


図4/外観

Fig.4 / External view

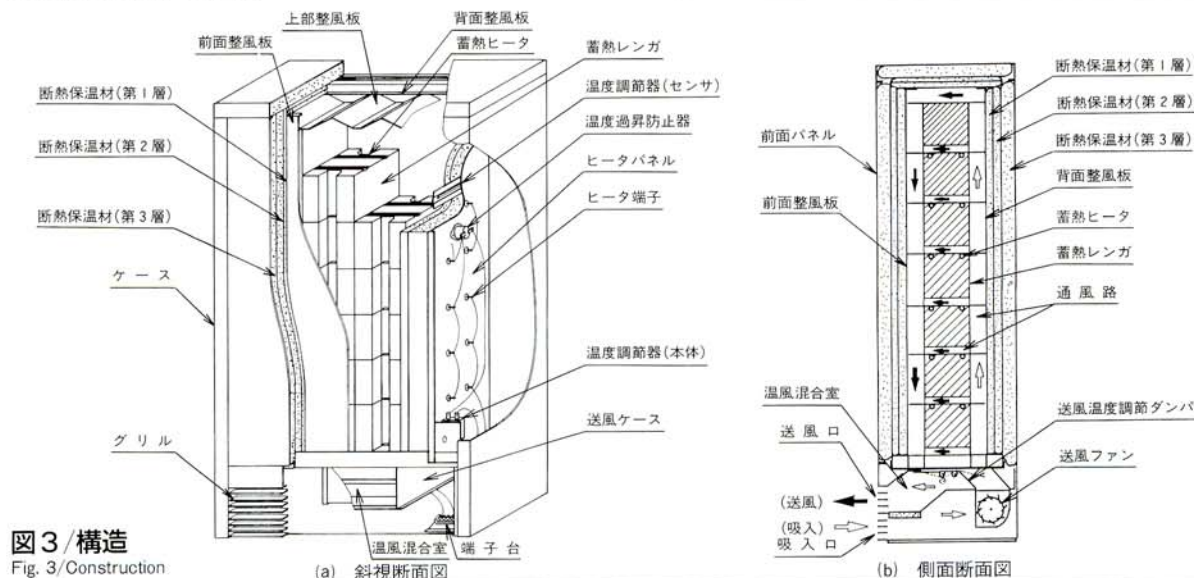


図3/構造

Fig. 3/Construction

(a) 斜視断面図

(b) 側面断面図

室内空気は、器体下部送風ケースに取付けられた送風ファンにより吸入口（グリル下部）から吸入され、蓄熱レンガと整風板で形成される通風路と、この通風路に連通させて各蓄熱レンガの底部に設けた溝により形成される通風路とを通り加熱される。熱せられた空気は、送風ケースに取付けられた送風温度調節ダンパの作動でバイパスした室内空気と混合され、適温となって送風口（グリル上部）より放熱される。

安全装置は、蓄熱レンガの蓄熱量を制限するための温度調節器と温度過昇防止器がヒータパネルに取付けられており、二重安全対策を施している。

本体のケース表面には電源スイッチや表示灯などの電気部品が一切なく、送風ファンの“ON、OFF”制御も別置のルームサーモスタットで行う構造とした。また、蓄熱体の総重量の関係で、それらの組付けは需要家の設置場所で行うので、その作業性を良くするため、本体設置後の作業は全て前面から行う構造とした。

表 1 /仕様

Tab. 1/Specification

項目	名称	本器	従来形
暖房方式		強制放熱形	強制放熱形
定格	蓄熱ヒータ	単相200V 3kW	単相200V 3kW
	送風ファン	単相100V 23/21W (50/60Hz)	単相100V 25/23W (50/60Hz)
補助ヒータ		なし	単相100V 1kW
蓄熱時間		8時間	8時間
有効蓄熱量 kcal		19200	17550
蓄熱効率 %		93	85
放熱効率 %	8h後	60	78
	16h後	100	100
安全装置		温度調節器	温度調節器
		温度過昇防止器	温度過昇防止器
外形寸法 mm	幅	600	945
	奥行	300	388
	高さ	1050	816
蓄熱レンガ重量 kg		116	140
総重量 kg		160	200
適室		4.5～8畳	4.5～8畳
主要部品	蓄熱レンガ	マグネシアレンガ	マグネシアレンガ
	断熱保温材	セラミック系新素材	ロックウール
	蓄熱ヒータ	シーズヒータ	スプリング状ニクロム線
	送風ファン	クロスフローファン	クロスフローファン

## 3.2 電気回路

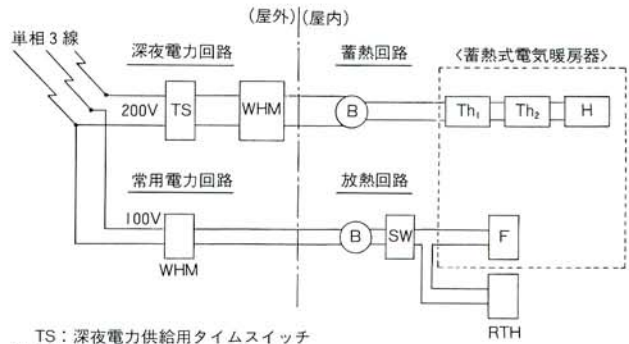
本器の電気回路は、蓄熱回路（ヒータ用）と放熱回路（モータ用）の二系統からなっている。

蓄熱回路は、深夜電力を利用し、単相 200V で供給される。深夜電力系統は、契約時間帯、たとえば23時から7時まで（電力会社によって異なる）のみ通電するタイムスイッチが回路に接続されており、電力量計、電流制限ブレーカを通して本器に接続される。

なお、本器の蓄熱回路には温度調節器と温度過昇防止

器が接続されており、蓄熱量のコントロールを行っている。

放熱回路は常用電力の単相 100V の室内コンセントを使用し、スイッチとルームサーモスタットが接続されており、必要に応じてスイッチを動作させれば、ルームサーモスタットの設定温度で送風ファンが、“ON、OFF”して所望の室温が保たれる。図 5 に電気系統図を示す。



TS: 深夜電力供給用タイムスイッチ  
WHM: 電力量計  
B: 電流制限ブレーカ  
Th<sub>1</sub>: 温度調節器  
Th<sub>2</sub>: 温度過昇防止器  
H: 蓄熱ヒータ  
SW: スイッチ  
F: 送風ファン  
RTH: ルームサーモスタット

図 5 /電気系統図

Fig. 5/Block diagram

## 3.3 主要部品

### (1) 蓄熱レンガ

蓄熱レンガは、そのかさ比重と比熱の相乗積ができるだけ大きいものを使用することにより小形・軽量化がはかれる。更に、耐熱性が高く、温度変化に強いことと、熱が有効に蓄熱レンガに伝わり、放熱時にすみやかに放出されるために、熱伝導率の高いことなどが必要である。また、融解潜熱<sup>(注)</sup>を利用すれば更に有利であることはいうまでもないが、融解潜熱をもつ低融物質には気密性容器が必要で、材料の酸化や爆発の危険性もあることと、価格が高くなる欠点を有している。

これらのことから、蓄熱レンガにはその物性値のうちかさ比重・比熱・耐熱性・熱伝導率などが高い、MgO 90%のマグネシア質レンガを使用した。

蓄熱レンガの特性を表 2 に、レンガ充填状態を図 6 に示す。

表 2 /蓄熱レンガ特性

Tab. 2/Characteristics of heat storage brick

項目	名称	本器	従来形
かさ比重		2.90	2.60
比熱	kcal/kg・℃	0.28	0.27
熱伝導率	kcal/m・h・℃	5.0	2.0
熱容量	kcal/℃	0.81	0.70
耐熱温度	℃	1850以上	1850以上

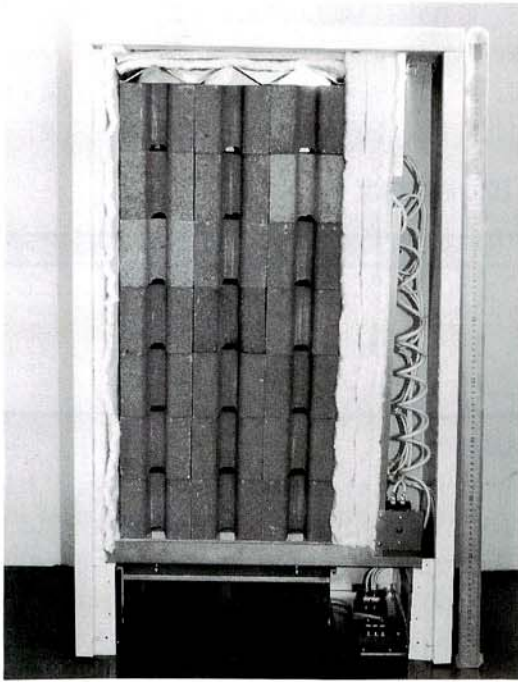


図6/レンガ充填  
Fig. 6/Brick arrangement

## (2) 断熱保温材

断熱保温材は、耐熱性が高く、熱伝導率の低い材料が必要で、蓄熱式電気暖房器の性能と信頼性に非常に大きな影響を及ぼすものである。

本器の断熱保温材にはセラミック系新素材を使用し、保温性を高め本体ケース表面温度を低く抑えることができたため、蓄熱効率が大幅に改善されると共に安全面での信頼度が高くなった。

断熱保温材の構成は、器体右側面を除き、各面とも3層構造とし、内部から順に耐熱温度900℃、700℃、650℃のものを使用した。また、これらは、すべて成形されたもので組立作業を簡単にした。

## (3) 蓄熱ヒータ

当社従来形では、スプリング状ニクロム電熱線を使用しており、蓄熱レンガへの均一な配置が難しいのが欠点であった。

本器の蓄熱ヒータにはシーズヒータを使用している。ヒータのシーズ材には超耐熱合金のインコイロイを採用し、発熱線の周囲は熱伝導と高温絶縁抵抗特性の優れた高純度のMgO(マグネシア)で絶縁されている。

## (4) 送風ファン

本器は強制放熱形蓄熱式電気暖房器であるから、内部に送風ファンが設置してある。

送風ファンには、くま取りコイル誘導電動機のクロスフローファンを使用した。

なお、送風ファンは送風ケースに取付けられており、前面より一体で引出せる構造にしてメンテナンスが簡単に行えるようにした。

## (5) ダンパ

本器の放熱部には送風温度調節用ダンパ装置が取付けである。これは、送風温度を直接感知する短冊状バイメタルが作動することにより通風路への送風量を制御する装置である。通風路を通った温風の温度で自動的にダンパ角度が変わり、吸入された空気のうち通風路へ入る量とバイパスされて混合室へ入る量とが調節される。このように分離された空気が吹出し口手前の混合室で混合され、一定温度の温風となり放出される。

なお、ダンパは蓄熱量が増えるにしたがい通風路をしゃ断する構造となっており、送風口からの熱もれ防止の役割りもはたしている。

## (6) ルームサーモスタット

蓄熱式電気暖房器は、通電時間(h)と電気容量(kW)で入力が決まったものであり、燃料を補給すれば、いくらでもというものではない。したがって特殊な用途に用いる場合は別として、少なくとも16時間の暖房を完全に行うためには合理的に熱配分する必要がある。そのため常にその部屋の暖房に必要な最少限の熱量を放出させ、必要以上に室温を上昇させないことが肝要である。

この理由により本器にはルームサーモスタットを付属しており、室温設定値で送風ファンが自動的に断続運転するようにした。

# 4 特性

## 4.1 蓄熱効率

電力による発熱であり、暖房器を室内に置くかぎり、一般的な意味での熱効率は100%といえることができる。しかし、ここでいう蓄熱効率とは、8時間の通電終了時に入力に対してどれだけの熱量を器体内に蓄えているかという意味であり、通電中のケース表面からの自然放熱は、人の意志で制御できない熱であるので損失とみなす。

しかしながら、蓄熱という面からは損失ではあるが、実用上では通電中に自然放熱される熱量により、室内は徐々に暖められ、朝には、気持ち良く起きられる程度に暖めている。

蓄熱効率は、

$$\eta_a = \frac{\text{蓄熱量}}{\text{入力}} \times 100 (\%) \dots\dots\dots(4)$$

で示される。

本器の蓄熱効率は93%である。したがって、蓄熱量は19200kcal(供給熱量20640kcal×93%)となる。図7は蓄熱放熱特性を示す。これは、蓄熱レンガの平均温度を測定し、時間に対する蓄熱量の変化をプロットしたものである。

なお、図7には、比較のため当社従来形の蓄熱放熱特性を合わせて示す。同図より本器の蓄熱効率は、従来形

に比べて8%高く、消費電力量も少なくなり制御できる熱量も多くなった。

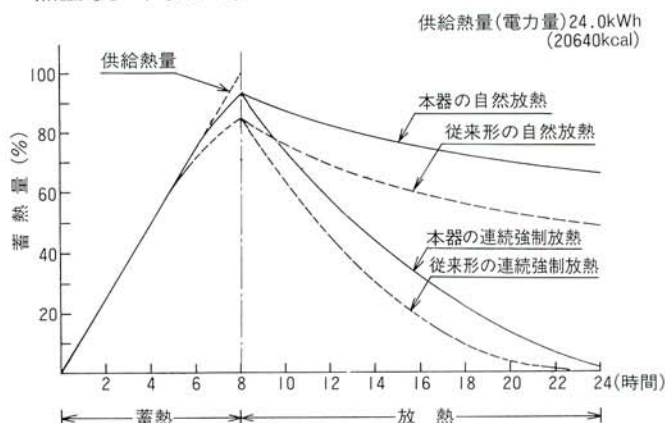


図7/蓄熱放熱特性

Fig. 7/Storage and radiation characteristics

## 4.2 放熱効率

放熱効率は、熱量が有効に取出される割合を示す。

通常、放熱効率は、

$$R_h = \frac{\text{放熱量}}{\text{蓄熱量}} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (5)$$

で示されるが、実際には次の方法で算出される。

8時間蓄熱後に強制放熱して蓄熱レンガの平均温度を測定し、次式によって算出する。

$$R_8 = \left(1 - \frac{T_{8h} - T_r}{T_{max} - T_r}\right) \times 100 (\%) \dots\dots\dots (6)$$

$$R_{16} = \left(1 - \frac{T_{16h} - T_r}{T_{max} - T_r}\right) \times 100 (\%) \dots\dots\dots (7)$$

ただし、

$R_8$  : 放熱8時間後の放熱効率 (%)

$R_{16}$  : 放熱16時間後の放熱効率 (%)

$T_{max}$  : 蓄熱完了時の蓄熱レンガ平均温度 (°C)

$T_{8h}$  : 8時間放熱後の蓄熱レンガ平均温度 (°C)

$T_{16h}$  : 16時間放熱後の蓄熱レンガ平均温度 (°C)

$T_r$  : 蓄熱開始時の蓄熱レンガ平均温度 (°C)

放熱効率  $R_8$  は60~65%、 $R_{16}$  は約100%が適切といわれ、本器の放熱効率  $R_8$  は60%、 $R_{16}$  は約100%である。ルームサーモスタットで制御する場合、 $R_{16}$  は85~90%である。

## 4.3 各部の温度

### (1) ケース表面温度

本器は、蓄熱レンガ平均温度が600°Cに達し、総熱量19200kcalという大きな熱量を蓄える蓄熱レンガを内蔵したものであり、装置の安全及び信頼性を高めるためケース表面の温度を抑える設計とした。

本器のケース表面温度を表3に示す。このデータは、8時間蓄熱後の最大蓄熱量時に測定した値であり、最高値である。

なお、電気用品取締法技術規準を表3に参考として記載する。

本器のケース表面の最高温度は55°Cで、当社従来形の85°Cに比較すると30°C程度の大規模な低温化を実現した。

表3/器体最高温度

Tab. 3/Maximum body temperature

測定場所		本器	電気用品規格値
ケース	正面パネル	55 (°C)	125 (°C)
	背面パネル	55	125
	天井パネル	45	125
	左側面パネル	55	125
	右側面パネル	50	125

### (2) 送風温度

本器の送風口の送風温度曲線を図8に示す。これは、8時間蓄熱後に強制放熱した場合の送風温度を測定し、時間に対してプロットしたものである。また、同時に蓄熱レンガの平均温度の変化も示してある。図に示すように蓄熱8時間後の蓄熱量最大時でも強制放熱しないときの送風口の温度は30°Cと低く、ダンパの構造と保温性の良さを示している。また、送風温度は最大100°Cであり、16時間後でも60°C程度となっており、安全への配慮と生理的に熱くないこちよい暖房を実現した。

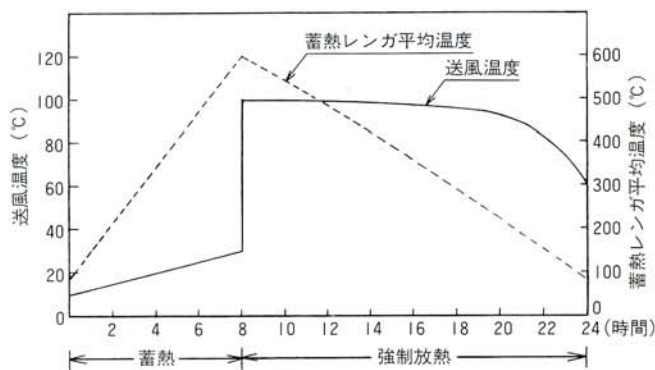


図8/送風温度曲線(送風口)

Fig. 8/Ventilation temperature characteristics

## 5 特長

本器はその一般的特長に加え、次の特長を持っている。

### (1) スリムなスタイル

最近、一般家庭向の家具として隙間をうめるスリムな家具が多く商品化されている。本器は、従来形にないスリムなスタイルを採用し室内家具との調和を考慮している。また、生活の洋式化に伴い、椅子での生活に合った高さとした。また、スリムなスタイルとした結果、設置面積が大幅に減少し、当社従来比1/2以下となった。

### (2) 制御可能熱量の増加

保温材性能の向上と内部機構の合理化により、蓄熱効率が93%と高効率を達成した。また、器体表面からの自然放熱が大幅に減少して、制御できる熱量が約25% (当社従来比) 増加した。

### (3) 前面吸込み、前面吹出し方式

前面グリルを2段に分離し、上部より送風、下部より室内空気を吸込む方式とした。背面及び側面には空気流入口がなく、ゴミ・ホコリなどの付着も少なくなり、わずらわしいメンテナンスの必要性が減少した。

### (4) 組立・メンテナンスが簡単

組立・メンテナンスについては、本体設置後すべて前面からできる構造とした。また、送風ケースは収納式で簡単に引出すことができる。

### (5) いたずらや誤操作による危険がない

本体表面には、電源スイッチや表示灯など電気部品が一切なく子供のいたずらや誤操作によるトラブルがない。

## 6 あとがき

新開発の蓄熱式電気暖房器について、その構成と特性について概要を紹介した。

最近の住宅は暖冷房に適するような断熱構造で、外気との流通が少ない気密構造が主流となっており、熱損失の少ない住宅に変わりつつある。この点が、蓄熱式電気暖房器には有利な条件と考えられる。また、電気の安全性・衛生性を高く評価する家庭もふえ、今後、蓄熱式電気暖房器は個別暖房機器の一端をになう製品として発展することが期待される。

おわりに、蓄熱式電気暖房器の開発計画から試験にいたるまで一貫して適切な御助言・御指導いただいた中部電力(株)営業開発部殿ならびに一般家庭における実証試験で多大な協力をいただいたモニタ各位に深く感謝いたします。また、設計・製作・試験に援助をいただいた機器事業部ならびにシステム開発本部関係各位にも厚くお礼申し上げる次第である。