



# 定点黒体炉の利用による放射温度計の校正法とその精度評価

A New Method for Calibrating Radiation Pyrometers and Estimation of the Accuracy

Kunio Kurita

Tadaaki Iwamura

田 村 清\*\*\*  
Kiyoshi Tamura

## Synopsis:

This study aims at making a new practical standard for the calibration of radiation pyrometers. For this purpose a

high-precision automatic optical pyrometer, whose temperature scale has been determined beforehand in reference to silver and copper points can be used as a standard thermometer instead of the conventional PR thermocouple. The former is more accurate than the latter in terms of effective emissivity of cavity, errors in the measuring system, and others.

- (2) 黒体炉が完全黒体でないために生ずる誤差  
 (3) その他、計測にともなう誤差

従来は、標準温度計として熱電対を用いるのが普通であった、しかしこの方法は、計測原理上、前記(2)の誤差が大きく、 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内の精度を得ようとする場合には問題が多い。

高精度の温度標準を得る他の方法は温度定点の利用である。特定の純金属の固・液平衡相の温度が温度定点として定義されている。もしこの金属の中に適当な空どうを設けることができれば定点黒体放射が得られる。そこでこのような定点黒体炉を製作し、この定点黒体炉に自動光高温計を組み合わせて標準体系を構成し(この場合、前記(2)、(3)の誤差は小さくなることが期待できる)、その精度について検討した。校正は次のように行われる(**Fig.1**参照)。

A: 定点黒体炉の温度を自動光高温計に移しか

B: この自動光高温計の読みを黒体炉(トランスファ用黒体炉)を用いて被校正放射温度計に移しかねる(一般温度計の校正)

定点黒体炉はその性格上、空どうを小さく作る必要があり、一般の放射温度計による計測は不可能のため、上記の手順による。

ここで A における精度を  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  B における

## 2. 定点黒体炉

### 2.1 定点黒体炉の構造

定点黒体炉の心臓部は、定点金属内に設けられた空どうの大きさや形状である。その構造を**Fig.2**に示す。すなわち、円筒形つぼの内部に金属を入れ、その内部に円筒状の空どう(サイトチップ)を一体として組込んでいる。

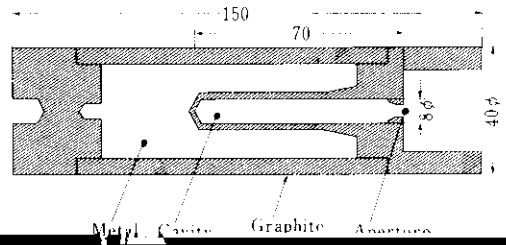


Fig.2 Structure of the blackbody radiator

金属およびつぼは下記の材料を用いた。

銅 (Cu): 純度 99.99%

銀 (Ag): 純度 99.9%

つぼ: 黒鉛(灰分 0.02%以下)

銅点 ( $t_{Cu}$ ) 084.88°C, 2次定点, 銀点 ( $t_{Ag}$ )

$$E(x) = \varepsilon_0 E_b \{T(x)\} + \rho \int_S K(x, x') E(x') dS(x') \dots (1)$$

$E(x)$  :  $x$ 点における相互反射の結果定まる放射量

$E_b \{T(x)\}$  :  $x$ 点における温度  $T(x)$ によって

が一様でない場合にも、(2)式の  $f(x)$  を用いて解くことができる。

関数  $K$  がすべて積分可能なことから、積分方程式の第2項以下は次のように部分積分によって簡単になる。

el.

温素子を用いたものが望ましい。しかし現在の工業用放射温度計は、精度・安定度・視野の点で適していない。そこで使用波長域に問題はあるが、自動光高温計を標準放射温度計として選定した。

この自動光高温計<sup>7)</sup>は 775°~5 800°Cの測定範囲をもち、これを4段階に目盛分けしている。このうち、今回のテストに使用した範囲とその仕様は以下のとおりである。

測定範囲 : 775°~1 225°C  
 精度 : ±2°C  
 使用波長 : 0.655μm

銀点の測定結果をまとめた。また Fig.6 に銅点における偏差のヒストグラムを示す。

なお、MP、FPの値は、それぞれのプラトーンのも平たんと認められる部分の値をとった。またPR熱電対は公的検定機関（日本電気計器検定所）の検定を受けたもの（精度±0.01mV、約0.8°C）を用い、先端を閉じた石英ガラス管に入れ、サイドチ...

しない場合も指示に変化はなかった。

Table 1 Results of copper-point blackbody.

(1) 標準偏差は  $0.07^{\circ}\text{C}$  以内であり、測定系の誤差も含めて再現性は  $+0.2^{\circ}\text{C}$  と判断できる。異なる黒体をつば間の MP, FP は銅点・銀点黒体とも測定

との差は  $0.02^{\circ}\text{C}$  であり、きわめて小さい。実測の結果でも、しぼりの有無による指示変化は認められなかった)。銀点においても同様の結果を得ている。このことから、温度の不均一性によつて誤

(2) MP と FP の差は  $0.02^{\circ}\text{C}$  以内であり、標準偏差より小さい。

差は  $0.1^{\circ}\text{C}$  をこえないと考えられる。

(2) 凡用放射温度計は銅、銀点において黒体材と

(2) サイトチューブ内外の温度差による誤差

300℃×1.5 サイトチューブ内腔の温度は、外腔

$f=0.999$   $f=0.9$  とし (7) (8) 式から  $T$  の値を比較計算すると、図 10 の結果を得ることができた。

を計算すると  $0.07^{\circ}\text{C}$  である。なお、表 1 に示すように、比較計算による結果の差は、 $0.07^{\circ}\text{C}$  である。

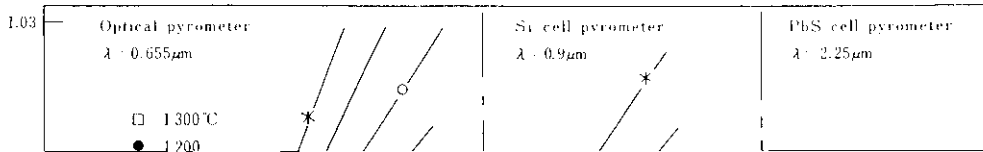
$$e_c = T_c - T_r = (1 - \epsilon_r^{1/n}) T_c \quad \dots\dots(12)$$

これは誤差のない熱電対で  $T_c$  を求めて校正する場合に相当する。

その黒度(実効放射率)をいかに 1 に近づけるかが重要である。ここでは普通に市販されている 3 分割加熱式の円筒形黒体炉(500℃~1300℃常用)を

おける  $\epsilon = \epsilon_s$ ) で測定する場合、(11)式に準じて (1) 黒体炉の温度分布





常に満足する  $\Delta T_w$  の値を求めると

幅値に対して  $5.0^\circ\text{C}$  の  $\lambda = 2.25\mu\text{m}$  とした測定範囲での誤

$\Delta T_w$  3.0~6.0°C :  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  ( $\lambda = 0.9\mu\text{m}$ )  
 $\pm 1.5^\circ\text{C}$  ( $\lambda = 2.25\mu\text{m}$ )

定値を求めて作業の標準とした。黒体炉特性の経時変化を考慮する必要はあるが、現状ではこの設

定値は、 $\Delta T_w$  の範囲で満足するものはある。

定値は、 $\Delta T_w = 5.0^\circ\text{C}$  の範囲で、 $\Delta T_w = 5.0^\circ\text{C}$  の範囲に

る。

いて校正精度は前記範囲に入る。

### 3.4 実験と結果

### 3.6 2次標準

定値黒体炉の利用による  $0.00^\circ\text{C}$  ~  $1.000^\circ\text{C}$  の範囲での

定値黒体炉の利用による  $0.00^\circ\text{C}$  ~  $1.000^\circ\text{C}$  の範囲での

