赤 外 放 射 の 標 準[†]

専門会員 伊 藤 和 喜*

1. は じ め に

赤外放射の測定は分光分析，温度計測，リモートセンシング等の分野で広く利用されている。これらの測定で赤外放射量を規定するには，波長と強度の値の正確な決定が基本であり，赤外（分光）放射量の標準が必要となる。赤外放射量測定の正確さは条件により異なるが，特定の良好条件下では1%程度の精度が得られている。赤外放射は長波長域で強力な放射源が少ないことと，検出器分光応答度の正確な決定が困難なために，測定の高精度化が難しく，放射量の標準設定も同様な状況にある。

温度測定やリモートセンシングでは，異なる条件で得た測定データの比較の際，結果の相違がしばしば問題になり，測定器の適正な校正あるいは標準の確立が要望されている。これに対して測定器の校正は，多くの場合，黒体からの放射を基に行なわれているが，実際の測定と校正の測定での条件が異なることが多く，これが誤差原因の一つになっている。

これまで赤外放射量の標準は，特定の放射量と波長域について設定されているが，長波長域での標準は未設定であり，今後さらに広い範囲にわたり拡張する必要がある。本稿では赤外放射量の標準について，筆者の関係している20 μ m程度までの波長域における赤外放射束の測定に関して記述する。なお本稿では「放射」と「光」は同義語として扱うが，「放射」を優先的に使用する。しかし記述に応じて慣用的にしばしば「光」を使用していることをお断わりしておきたい。

2. 放射量とその標準

電磁波の中で Optical Radiation と呼ばれている波長域では，放射量を基本的にはエネルギーあるいはパワーで表わし，空間内の位置と分布に応じて幾つかの放射量を定義¹⁾している。表1に基本的な放射量を示す。放射量の標準を決めるには，(1)黒体に関する Planck の放射則，(2)放射の電力による置換測定²⁾，(3)シリコンフォトダイオード

表1 基本的な放射量

用語	定義	記号 ¹⁾	単位記号	関係式 ²⁾
放射束	放射の形態で放出され，移動し，あるいは受け取られるパワー	Φ_e, Φ, P	W	dQ_e/dt
放射強度	点放射源からある方向の微小立体角内にある放射束をその立体角で割った量	I_e, I	$W \cdot sr^{-1}$	$d\Phi_e/d\Omega_1$
放射輝度	放射源の微小面からある方向への放射強度をその方向への正射影面積で割った量	L_e, L	$W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$	$d^2\Phi_e/d\Omega_1 \cdot dA_1 \cdot \cos\theta$
放射照度	微小面に入射する放射束をその面の面積で割った量	E_e, E	$W \cdot m^{-2}$	$d\Phi_e/dA_2$
放射発散度	微小面から出る放射束をその面の面積で割った量	M_e, M	$W \cdot m^{-2}$	$d\Phi_e/dA_1$
放射エネルギー	放射束の時間積分量	Q_e, Q	J	
分光密度 ³⁾	ある波長 λ についてそれを含む微小な波長域でそれに関する放射量 X_e を割った量	X_e, λ		
分光分布	分光密度を波長の関数で示したもの			

(1) 他の記号と混同の恐れがなければ添え字 e の付かない記号でもよい。
(2) A：面積， Ω ：関係する立体角， θ ：関係する面の法線と放射の方向のなす角，添え字 1：光源側 2：受光側 (3) この場合記号に添え字 λ を加える，たとえば $\Phi_{e,\lambda}$ は放射束の分光密度で分光放射束を示す。

に関する自己校正法³⁾，(4)シンクロトロン放射⁴⁾⁵⁾等が利用されている。これらの放射は波長と強度の関係で，広い波長域に適用するのは困難である。赤外波長域で利用する標準の設定には(1)と(2)の方法が主に採られている。(3)は赤外波長域では適当な素子が得られていないこと，(4)は赤外波長域では強度が小さいこと等の理由により，紫外，可視あるいは近赤外の波長域での利用にとどまっている。

3. 黒体に基づく放射標準

黒体に近似した放射体を作り，その分光放射輝度 $L_{e,\lambda}$ を Planck の放射則から計算して求める。すなわち，

$$L_{e,\lambda} = 2\epsilon c_1 \lambda^{-5} / (\exp(c_2/\lambda T) - 1) \quad (W \cdot m^{-3} \cdot sr^{-1})$$

ここで ϵ は放射体の放射率， $c_1 = c_2 h = 5.9548 \cdot 10^{-17} \quad (W \cdot m^2)$ ， $c_2 = ch/k = 1.4388 \cdot 10^{-2} \quad (m \cdot K)$ ， λ は放射される波長(m)， T は放射体の温度(K)，である。

このような放射体は，放射率を1に近づけるため一般に

[†] Standard of Infrared Radiometric Quantities

* 電子技術総合研究所 (Electrotechnical Laboratory) Kazuki Ito
〒305 茨城県つくば市梅園 1-1-4

1-4, Umezono 1 Chome, Tsukuba, Ibaraki 305 Japan

空洞形とし、いわゆる空洞放射体を形成する。空洞の形状は円筒あるいは円錐が多く用いられる。全体構造は、この空洞放射体を周囲から電力で加熱する電気炉の形式が一般的であり、黒体炉とも呼ばれる。

図 1 黒体の構造図

図 1 は黒体の構造の例⁶⁾⁷⁾を示す。黒体の条件を満たすには、空洞内部の温度分布が一樣でかつ実効放射率が 1 であることを要する。また安定な出力を得るために温度を一定値に保持することが必要である。温度変化 dT による分光放射輝度の変化 $dL_e\lambda$ は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} & (dL_e\lambda/L_e\lambda)/(dT/T) \\ &= (c_2/\lambda T) \cdot \exp(c_2/\lambda T)/\{\exp(c_2/\lambda T)-1\} \end{aligned}$$

空洞放射体の実効放射率は、円筒形あるいは円錐形について材料の放射率と形状に基づく計算方法が用いられている。

黒体放射量の評価に際して起こりうる誤差要因は、(1)温度測定、(2)放射率の評価、(3)放射面積の評価が主である。黒体放射量の利用方法は目的により異なるが、普通は図 2 のような光学系により他の光源、あるいは検出器の校正に使われる。この際基本的に重要なことは、黒体の正確とともに、標準となる黒体放射体と校正される光源あるいは

図 2 基本的な放射測定法 (電熱 No. 22 1935 p. 40 より)
(a) 黒体放射源を用いた放射測定系
(b) 絶対放射計を用いた放射測定系

検出器の間の幾何学的関係を正確に規定することである。そして、校正の光学系と光源や検出器を実際に使用する場合の光学系が等価なことが正確な測定には必要である。

放射輝度 L_e の放射源から検出器に入る放射束 Φ_e は途中の光路に吸収のない場合は次式で表わされる。

$$d^2\Phi_e = L_e \cdot dA_1 \cdot \cos \theta_1 \cdot dA_2 \cdot \cos \theta_2 \cdot \Omega_0 / r^2$$

ただし、 A_1 、 A_2 ：放射源および検出器の面積、 θ_1 、 θ_2 ：放射の射出角および入射角、 r ：光源と検出器間の距離、 Ω_0 ：単位立体角である。この関係は、光源の放射量あるいは検出器応答度の相互間で、いずれか一方と幾何学的条件が既知であれば、検出器出力の測定で他方を確定できることを示している。

黒体を利用した校正は、全放射に対する熱型検出器の応答度を求める場合にしばしば適用されてきた。図 2 (a) の測定系で標準光源の位置に温度既知の黒体を、被検検出器の位置に校正する熱型検出器をそれぞれ光軸に垂直に置けば、黒体と検出器の両方の開口面積、および相互間の距離から検出器に入る放射束が計算され、さらに検出器出力の測定値を用いて計算により応答度が得られる。この方法は最近では量子型の検出器の応答度校正にも用いられている。この場合には放射を一定の周波数でチョッピングし、黒体の温度は 500 K に設定するのが一般的である。こうして求めた応答度の値は、黒体温度、チョッピング周波数、検出器出力測定系の周波数帯域幅等に影響されるため、これらの値を併記する。

図 3 分光放射比較測定系

黒体を標準とする分光放射量に関する校正では、使用する分光器の透過率が一般には不明なため、図 3 のような光学系を使用した比較測定が行なわれる。すなわち被検光源の分光放射量の校正には、標準光源となる黒体の被検光源からの放射を交互に切り換えて、分光器の光学系を經由し 1 個の検出器で両方の放射の強度を比較測定する。

4. 絶対放射計による放射標準

検出器として放射測定の標準に利用される絶対放射計 (ESR) は熱型検出器の一種である。図 4 ^{8)~10)} のような構造で、放射を電力で置換して測定できるようにしており、一般の熱型検出器の特性とともに、放射による加熱と

図4 絶対放射計の構造例
(電熱 No. 22 1985 p. 81 より)

電力による加熱が等価になるように特に注意が払われている。ヒータを持つために熱容量が増大し高感度を得るのが難しく、全放射量の測定が主となる。構造および動作の形式にボロメータ型とサーモパイル型がある。

ボロメータ型は抵抗温度計の一種である。放射の入力がない場合に一定のバイアス電流 I_0 を流しておき、その場合のボロメータ抵抗値 R_0 を測定する。放射が入るとボロメータは加熱されて電気抵抗が増加し、バイアス電流は減少するので、印加電圧を増加してバイアス電流は常に一定値 I_0 になるようにして、そのときの電気抵抗 R を測定して抵抗増加分 ΔR を求める。次に放射が入ってない場合に、放射の入力で生じたと同じ抵抗値の増加 ΔR が生じるようにバイアス電流を増加する。このときの電流値を I_c とすると、この二つの場合の供給電力の差 $(I_c^2 - I_0^2)R$ が入力放射量に相当するという原理による。

サーモパイル型は、受光面の放射入力側に電気ヒータを取り付け、受光面の裏側あるいは周辺にサーモパイルを取り付けた構造である。ヒータ電流をゼロとして、放射入力の有無の場合に対応したサーモパイルの熱起電力を初めに測定してこれらの熱起電力の差 ΔE を求める。次に放射の入力をゼロに保ち、ヒータ電流がゼロの場合の熱起電力を測定した後、熱起電力の増加が ΔE になるようにヒータ電流を増加すると、この際ヒータに加えた電力が入力放射量に相当するという原理に基づいている。

絶対放射計の構造は、受光部を加熱する場合に放射および電力による加熱が等価であることが必要で、このため受光面内部の熱抵抗を極力小さくする方法が採られている。受光面は、放射の吸収をよくするため表面に黒色のコーティングを施すが、この材料としては熱容量と熱抵抗が小さくて吸収の大きなものがよく、これまでの研究から金黒が最良とされている。

絶対放射計による測定は放射の受光面における量が得られるため、大気の影響が多い赤外波長域では、光源による標準に比べると放射の利用面での値がわかる利点は大きい。これにより光源から一定の距離における放射照度、あ

るいは検出器に入る放射束を求めることができる。

図2(b)のような測定系では、光源側に一定の光源を用い、ここから一定距離に絶対放射計を置いて放射照度を測定できる。検出器の応答度測定の場合には、1個の光源に対し、被検検出器と絶対放射計を置き換えて交互に受光するようにして比較測定ができる。

絶対放射計による測定の誤差要因には、(1)放射による加熱と電力による加熱の相違、(2)放射吸収率の評価、(3)受光面積の測定、(4)ヒータ供給電力の測定等があり、これらの低減に努力が払われている。

5. 赤外放射の二次(常用)標準

赤外波長域での二次標準としては、光源ではタングステン電球またはヒータ形式の白熱放射体が、検出器ではサーモパイルのような熱型検出器が、一次標準に基づく校正の上使用されている。

5.1 標準光源

5.1.1 タングステン電球

タングステン電球では、フィラメントからの放射を利用する場合は、ガラスバルブが $3\mu\text{m}$ 付近から長いほうの波長域で透過率が急激に低下して不透明になるため、近赤外波長域での標準に限られる。分光放射輝度標準用には、リボン状のフィラメントを用いた電球が使われている。放射輝度の値は黒体の値と比較して校正される。

(分光)放射照度標準用には、直線またはコイル状のフィラメントを単一平面内に配置して、発光面の位置を一定の鉛直面内に保持できる形式の電球が主に用いられる。フィラメント温度を高くして、放射強度を大きくしたい場合

図5 放射標準用タングステン電球
(a) 全放射照度標準電球(直線フィラメント単平面)
(b) 分光放射照度標準電球(タングステンハロゲン)
(c) 分光放射輝度標準電球(リボンフィラメント)

には、ハロゲン電球も利用される。(分光)放射照度の値は黒体あるいは絶対放射計で校正する。

図5はこれらの電球を示す。標準電球の点灯は直流で電圧あるいは電流を一定に行なう場合が多いが、供給電力を一定に行なうこともある。比較的高い電圧で使用する電球は電圧一定で、低電圧大電流の電球は電流一定で使用するが多い。直流点灯の場合には、使用ごとに極性を変更するとフィラメントの消耗を低減する効果がある。供給電圧あるいは電流の安定性は少なくとも0.1%よりよいことが要求される。点灯時間の経過に伴う出力放射量の変化は、随時検査して必要に応じて再校正を行なうことも大切である。有効な寿命は電球の色温度あるいは使用目的により異なるのは当然である。

5.1.2 グローバー

炭化けい素を棒状に焼結したもので、電流加熱で使用するものが分光用に利用されている。放射率は $15\mu\text{m}$ ぐらいまでの波長域で0.8程度¹¹⁾であり、 $40\mu\text{m}$ まで波長依存性は小さいことが報告¹²⁾されている。発光部を空洞形にしたものが分光放射輝度標準光源として使われている。

図6¹³⁾はこの形を示すもので、空洞部の開口は分光器のスリット形にしてある。素材のままでは放射率が小さくかつその波長依存性が無視できないため、発光部を空洞形黒体に近似させたものである。供給電力450Wの場合に温度約1290Kで、波長域 $2\sim 20\mu\text{m}$ にわたり放射率は約0.99を得ている。

図6 空洞形グローバー

5.2 標準検出器

熱型検出器は、受光面の黒色コーティングにより感度の波長依存性を小さくしてあるため、さまざまな分光分布の光に対する強度測定の実誤差を低減できるので、標準検出器として利用されている。サーモパイル、ボロメータ、焦電素子等があり、この中ではサーモパイル(熱電堆)が、構造および出力電圧の測定が比較的簡単で高感度が得られるため、放射測定の初期からよく使われている。基本構造はサーモカップル(熱電対)と同様で、光吸収をよくするため温接点部分に受光用の黒色コーティングを施した、薄い金属箔を取り付けてある。高感度とするには、光吸収の大きいことと共に、受光部の熱容量と外部への熱伝導の小さいことが必要のため微小構造としている。温度測定用サーモカップル(熱電対)と混同しないために、ラジエーションサーモカップル(Radiation Thermocouple)と呼ばれ

る。光照射により生じる熱起電力も小さいため、高感度の電圧測定器が得られなかったころは、熱電対を多数直列に接続して出力電圧の増加を図ったのがサーモパイルである。電圧測定が雑音レベル近くまで進歩している現在では、サーモパイルよりもサーモカップルのほうが雑音の点で有利である。

図7 サーモパイル構造

図7はサーモパイルの構造例を示す。受光部は薄い金属箔で表面にカーボンブラック、白金黒、金黒等のような光吸収がよいものをコーティングするのが普通である。中でも金箔の上に金黒をコーティングしたものは、熱伝導がよいので温度が均一になりかつ光吸収が大きく、最良といわれている。入射した放射量を規定するためには受光面積を確定する絞りをもち構造が必要である。熱電対にはBi-Sb, Bi-Agのような熱電能の大きい材料がよく使われる。全体構成は素子の温度変化を補償するため、同一構造の素子をケース内の入射光が当たらない所に置き、電気的には逆極性で直列に接続する方式を採用している。

サーモパイル(一般的には放射検出器)の感度は入射した放射束に対する出力電圧の比で表わし、応答度(単位はV/W)と呼んでいる。応答度の校正は時間的に変化しない定常放射に対して行なう、いわゆる直流動作の使い方をするのが普通である。入力放射を一定周波数でチョッピングして測定する交流動作では、検出器の時定数に対してチョッピングの周期を十分長くすること、および放射ビームのチョッピングによる検出器出力信号の波形による変化の補正が必要となる。

ボロメータもサーモパイルと同様に標準検出器として使用できるが、バイアス電流や負荷抵抗等の動作条件と測定装置が、サーモパイルに比べて複雑で利用度は少ない。

焦電素子は原理的に直流動作はできないので、応答度の校正用標準に使われることは少ないが、分光応答度比較測定用の簡易な参照標準検出器としては利用されている。

量子型の検出器では、可視波長域付近に感度をもつシリコンフォトダイオードが自己校正法で応答度を求めて標準として利用できるようになってきたが、赤外波長域で利用できる素子は現われていない。

6. 光源および検出器の校正方法

6.1 標準による直接測定

黒体と絶対放射計を標準にして他の光源や検出器を校正するには、図2のような測定系が使われる。光源の発光面と検出器の受光面は、いずれも光軸に対して垂直に配置する。

黒体を用いてサーモパイルを校正する場合は、図(a)の測定系が使われる。このような光学系により検出器応答度を測定すると、この検出器の応答度 r は次式⁶⁾で求められる。

$$r = (V_b - V_s) / \sigma F \epsilon (T_b^4 - T_0^4)$$

ただし、 V_b ：黒体放射によるサーモパイル出力電圧、 V_s ：シャッタからの放射によるサーモパイル出力電圧、 σ ：Stefan-Boltzmann 定数、 F ：光学系の幾何学的関係で決まる係数、 ϵ ：黒体の放射率、 T_b ：黒体の温度、 T_0 ：サーモパイル冷接点の温度である。黒体の開口およびサーモパイル受光面が円形で、それぞれの半径を a_b 、 a_s 、黒体開口とサーモパイル開口の間の距離を l とすると、 F は次式のようになる。

$$F = [(a_b^2 + a_s^2 + l^2) - \{(a_b^2 + a_s^2 + l^2)^2 - 4a_b^2 a_s^2\}^{1/2}] / 2a_s^2$$

絶対放射計による校正では図2(b)の測定系で、二次標準とする光源について動作条件、および絶対放射計との距離を規定して、光源から絶対放射計に入射する放射束を測定する。この値と絶対放射計の受光面積から、受光面における放射照度が得られる。すなわち、規定条件下でその光源による放射照度の値が求められる。

このような測定における誤差の要因はいろいろあり、黒体あるいは絶対放射計については、3および4節に記したとおりであるが、それらの他にも十分注意を要する誤差がある。

まず大気中での全放射測定では、水蒸気や炭酸ガスによる吸収を考慮しなければならない。このため光路の吸収量を評価して補正する方法、光路の雰囲気気を乾燥空気または不活性ガスで置換して吸収の少ない状態にする方法、あるいは同一光学系を用いた比較測定方法等が採られる。その他の場合には、測定条件として大気中に含まれる水蒸気量や光路の長さを規定しておき、校正値の適用に際しては同じ条件を前提とすることが必要である。光学系の幾何学的条件設定の不正確、光源や検出器の特性の経時変化および温度依存性等に基づく誤差も無視できない。

6.2 標準との比較測定

一般的には、校正された標準器を用いる比較測定がよく

行なわれる。この場合は図3のような比較測定系（全放射測定では分光器は不要）で、光学的に同一の位置に標準と被検の光源、あるいは検出器を置き換えて測定するものである。たとえば光源の比較測定では、標準と被検の放射量を Q_s と Q_t としてこれらを一つの検出器で測定し、対応する検出器出力を P_s と P_t 、検出器応答度を r 、 k を比例定数とすると、次の関係から被検放射量 Q_t を得る。

$$P_s = krQ_s$$
$$P_t = krQ_t$$
$$Q_t = Q_s(P_t/P_s)$$

この際、標準と被検の光源のパワーレベルが異なる場合には、そのパワーレベルの間で検出器応答度の直線性の成立が前提であり、これが成立しない場合は非直線性による測定値への影響検討が不可欠である。比較測定では光学系の幾何学的条件は同じとなり、これに基づく誤差が軽減できる。しかし光源の放射の分光分布や配光、ならびに検出器応答度の入射角依存性や受光面内の感度の不均一が同時に存在するような場合にはやはり誤差が生じる。したがって比較する標準と被検の光源、あるいは検出器の特性が同様なことが望ましく、特性が異なる場合はそれに基づく誤差の評価が必要である。比較測定で長い時間を要する場合には、測定系中の光源や検出器等の要素の特性に関する経時変化を補償するために往復測定等の手段が使われる。

7. 放射測定の確度

これまで赤外放射の標準と測定について記してきたが、測定の正確さはどの程度に達しているのだろうか。黒体からの放射量、絶対放射計の測定値、黒体あるいは絶対放射計に基づく標準電球の放射量や検出器応答度の校正値等について与えられている評価の総合的な誤差を、幾つかの文献についてみた例を表2に示した。

表 2 放射標準を用いた測定の誤差

校正の量または値				備 考	
検出器応答度	波長域	40~150℃ 黒体の全放射			黒体によるサーモパイルの校正 ⁸⁾
	測定誤差(%)	±0.3			
分光放射輝度	波長 (nm)	250	500	2000	黒体によるタンクステン電球の校正 ¹⁰⁾
	測定誤差(%)	±2.2	±1.1	±1.4	
分光放射照度	測定誤差(%)	±3.1	±1.4	±2.0	
分光放射輝度	波長 (nm)	225	655	2400	黒体によるタンクステン電球の校正 ¹⁾
	測定誤差(%)	±2.09	±0.62	±0.34	
分光放射照度	波長 (nm)		400~1000		SOR によるタンクステンハロゲン電球の校正 ¹⁾
	測定誤差(%)		±0.8		
検出器応答度	波長 (nm)	676	799		文献 5)
	同一検出器をESRとSORで校正した場合の比	1.0013	0.9990		

それぞれの測定において誤差の評価は示されているが、測定値の確度は不明な場合が多い。複数の独立した方法による測定を一つの放射量の校正に適用し、結果を比較して確度を推定する方法はかなり有効なものと考えられており、精密測定ではしばしば行なわれている。また国際的に

は世界 10 か国程の国立研究所の間で放射量に関する測定
の国際比較を行ない、相互間の一致を確かめる試みがあり
有益と考えられるが、これまでのところ赤外波長域では実
現していない。

8. お わ り に

赤外波長域の放射標準はこれまでのところ、 $2.5\mu\text{m}$ 程
度の近赤外波長域において数か国で設定されているに過ぎ
ない状況である。一部では $20\mu\text{m}$ に及ぶ領域の分光放射
輝度標準の設定が行なわれているが、分光放射照度はまだ
実現に至っていない。ここでは赤外放射量（パワー）の標
準についてだけ記述したが、物体の放射特性に関する標準
あるいは計測もたいせつな課題である。最近における赤外
放射の応用の進展、とりわけ遠赤外線利用製品と称する各
種商品の出現している状況に関して省みると、赤外放射
量ならびに物体の放射特性の計測技術の整備・進展と、そ
の基礎となる赤外放射標準の早急な確立が望まれる。この
実現のために関係者の努力が重要な局面にあり、関係機関
においても積極的な対応が必要であろう。

文 献

- (1) CIE Publ. No. 17.4 (1987): International Lighting
Vocabulary
- (2) CIE Publ. No. 65 (1985): Electrically calibrated thermal
detectors of optical radiation
- (3) Zalewski, E.F. and Geist, J.: Silicon photodiode
absolute spectral response self-calibration, Appl. Opt.

19-8 (1980) 1214~1216

- (4) Riehle, F. and Wende, B.: Establishment of a spectral
irradiance scale in the visible and near infrared using
the electron storage ring BESSY, Metrologia 22 (1986)
75~85
- (5) Fox, N.P., Key, P.J., Riehle, F. and Wende, B.: Int-
ercomparison between two independent primary
radiometric standards in the visible and near infrared:
a cryogenic radiometer and the electron storage ring
BESSY, Appl. Opt. 25-14 (1986) 2409~2420
- (6) Bedford, R.E.: A low temperature standard of total
radiation, Can. J. Phys. 38 (1960) 1256~1278
- (7) Walker, J.H., Saunders, R.D. and Hattenburg, A.T.:
The NBS scale of spectral radiance, Metrologia 24
(1987) 79~88
- (8) Gillham, E.J.: Recent investigations in absolute radiome-
try, Proc. Roy. Soc. A 269 (1962) 249~276
- (9) Eppley, M. and Karoli, A.R.: Absolute radiometry bas-
ed on change in electrical resistance, J. Opt. Soc. Am.
47-8 (1957) 748~755
- (10) 大場信英: 放射束の絶対測定, 電試研報 第 675 号 (昭
42)
- (11) Silverman, S.: The emissivity of Glover, J. Opt. Soc.
Am 38-11 (1948) 989
- (12) Ramsey, W.V. and Alishouse, J.C.: A comparison of
infrared sources, Infrared Phys. 8 (1968) 143~152
- (13) Nagasaki, T. and Suzuki, M.: Silicon carbide infrared
cavity radiator, Appl. Opt. 16-9 (1977) 2358~2359
- (14) 鈴木, 南条, 羽生, 長坂, 上田, 湊: 紫外・可視・近赤外
域における分光放射輝度・照度標準の確立, 電総研研報
第 742 号 (昭 48)

(受付 1988 年 7 月 29 日)

著 者 紹 介

ひら お よう すけ
平尾 洋佐君 (正会員)

昭和18年12月15日生まれ、昭和44年 3
月名古屋大学大学院研究科修士課程修了。
同年 4 月 (株式会社) 東芝に入社、現在
照明開発研究部主査。放電、光源、セン
サーの研究開発に従事、電気学会会員。

にし もろ なけ
西 師毅君 (専門会員)

昭和63年 7 月号参照

い と う かず き
伊藤 和喜君

昭和60年 9 月号参照

うら やま たかし
浦山 隆君

昭和61年11月号参照