



放射温度計について

(株) エー・アンド・デイ

放射温度計について

1. 温度と熱エネルギー	3
2. 放射温度計とは	5
3. 電磁波における赤外線領域	7
4. 赤外線放射エネルギーと温度との関係	8
5. 大気の窓について	10
6. 放射率 ε について	11
7. 測定距離と測定範囲との関係（測定視野）	14
8. 放射温度計の使用方法による選び方	16
9. 幅広い分野における放射温度計の使用例	19
10. 放射温度計の原理を応用した製品	20
11. 接触式温度計と放射温度計との比較	22
12. よくあるご質問	23
13. 附図	25
14. 参考文献	26

1. 温度と熱エネルギー

すべての物質は、分子や原子から構成されています。
その分子や原子の平均的な運動エネルギーを
熱エネルギーとよび、このエネルギーに比例した量を
温度とよびます。



(物質例) 水分子

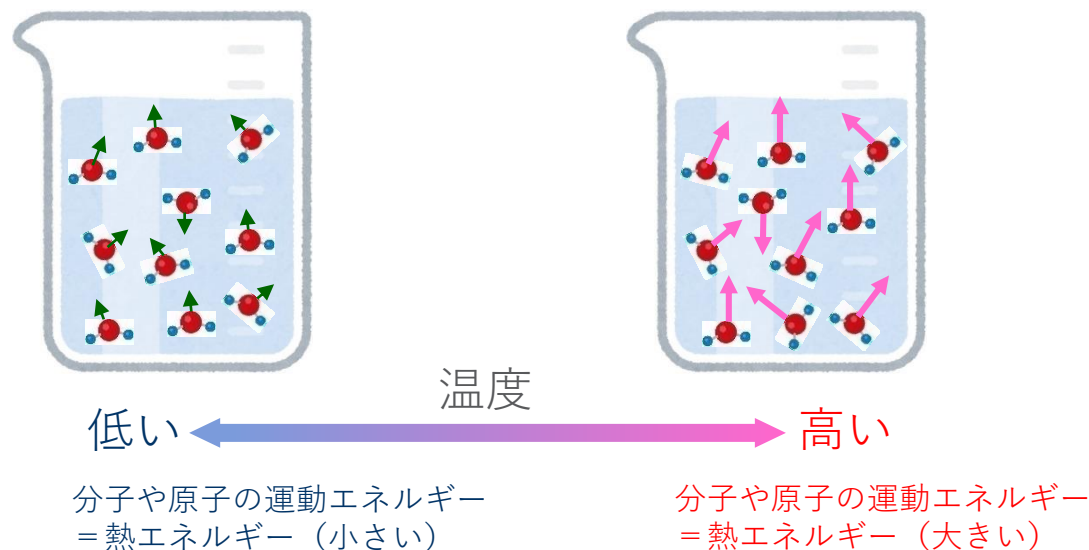


図1. 温度と熱エネルギーとの関係

1. 温度と熱エネルギー

表1. 代表的な温度の単位と相互関係

	ケルビン度 (K)	セルシウス度 (°C)	ファーレンハイト度 (°F)
絶対零度	0 K	−273.15 °C	−459.67 °F
ファーレンハイトの寒剤 氷と塩 (塩化アンモニウム)、水の 混合寒剤	255.37 K	−17.78 °C	0 °F
水の融点	273.15 K	0 °C	32 °F
水の沸点	373.15 K	100 °C	212 °F

$$\text{ケルビン温度 } K = \text{セルシウス温度 } (^\circ\text{C}) + 273.15 \quad (1)$$

$$\text{ファーレンハイト温度 } ^\circ\text{F} = \frac{9}{5} \times \text{セルシウス温度 } (^\circ\text{C}) + 32 \quad (2)$$

- 絶対零度を超える温度では、あらゆる物質中の分子や原子は運動(振動)をします。熱(赤外線)エネルギーを外部に放射します。

2. 放射温度計とは

放射温度計は物に触れることなく、非接触で短時間に物の表面温度を測定することができる温度計です。

(熱)放射とは、物体が持つ熱エネルギーを赤外線などの電磁波として周囲に放射(放出)することです。

右の図のようにホットプレートに手を近づけるだけで、触れずに熱さを感じますが、これはホットプレートの表面から放射された赤外線エネルギーを手という感覚器(センサー)が感じ取った結果です。



図2. 赤外線エネルギーによる熱放射

2. 放射温度計とは



前の例のように、ホットプレート表面から放射される赤外線エネルギーをヒトの手が離れたところから感じ取ったように、

放射温度計においても、
物体(物質)の表面から放射される
赤外線エネルギー量を赤外線セン
サーで検出し、そのエネルギー量
から物体の温度を測定する計測器
が放射温度計です。

3. 電磁波における赤外線領域

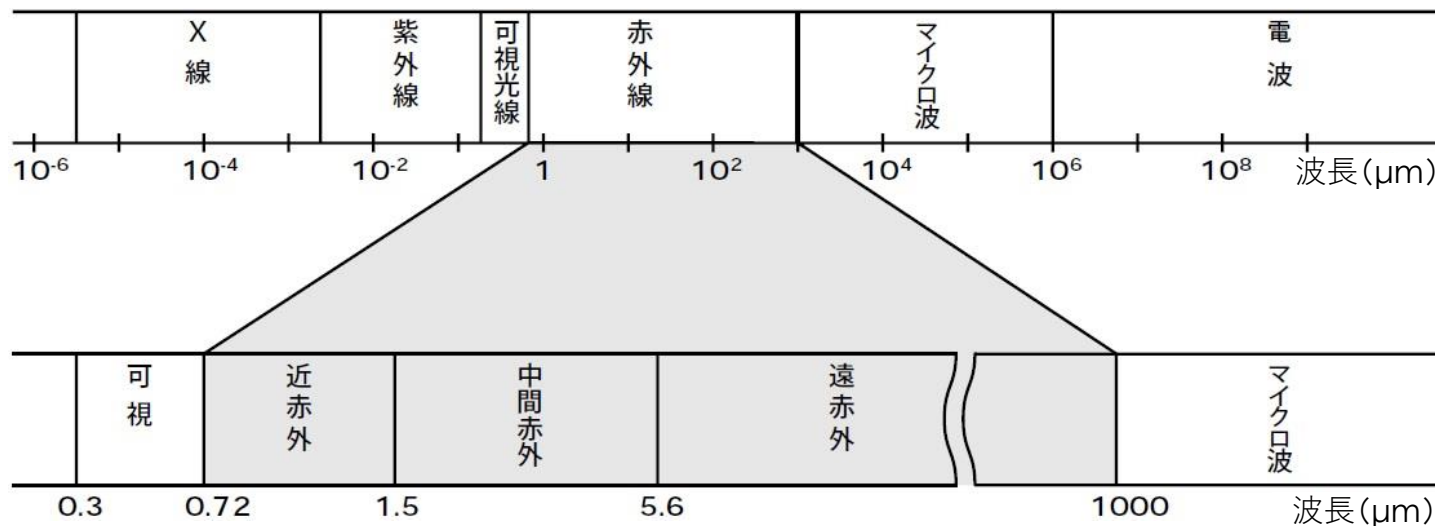
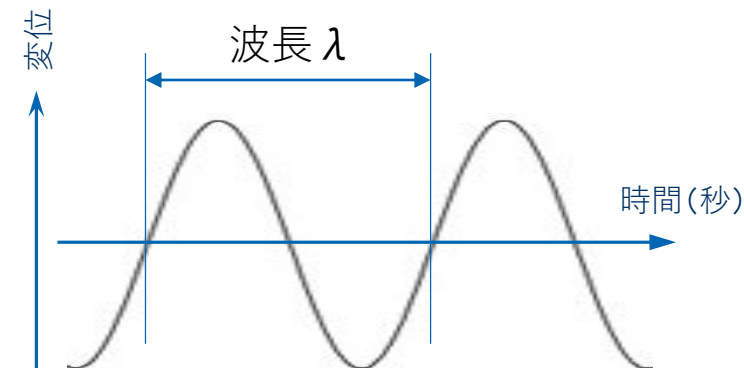
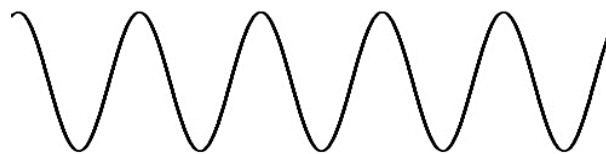


図3. 電磁波における赤外線領域

赤外線は波長が約 $0.7 \sim 1000 \mu\text{m}$ の領域の電磁波(光)です。
波長帯域によって、大きく次の3種類に分類されます。

- 近赤外線
- 中赤外線
- 遠赤外線



$$\text{周波数 } f = \frac{\text{光速 } c [3 \times 10^8 (\text{m/s})]}{\text{波長 } \lambda (\text{m})} \quad (\text{Hz}) \quad (3)$$

(振動数)

波長 $\lambda = 10 \mu\text{m}$ の赤外線の周波数は
 $30 \times 10^{12} (\text{Hz})$
 $= 30 (\text{THz})$

→ 1秒間に30兆個の波が存在する波動

4. 赤外線放射エネルギーと温度との関係

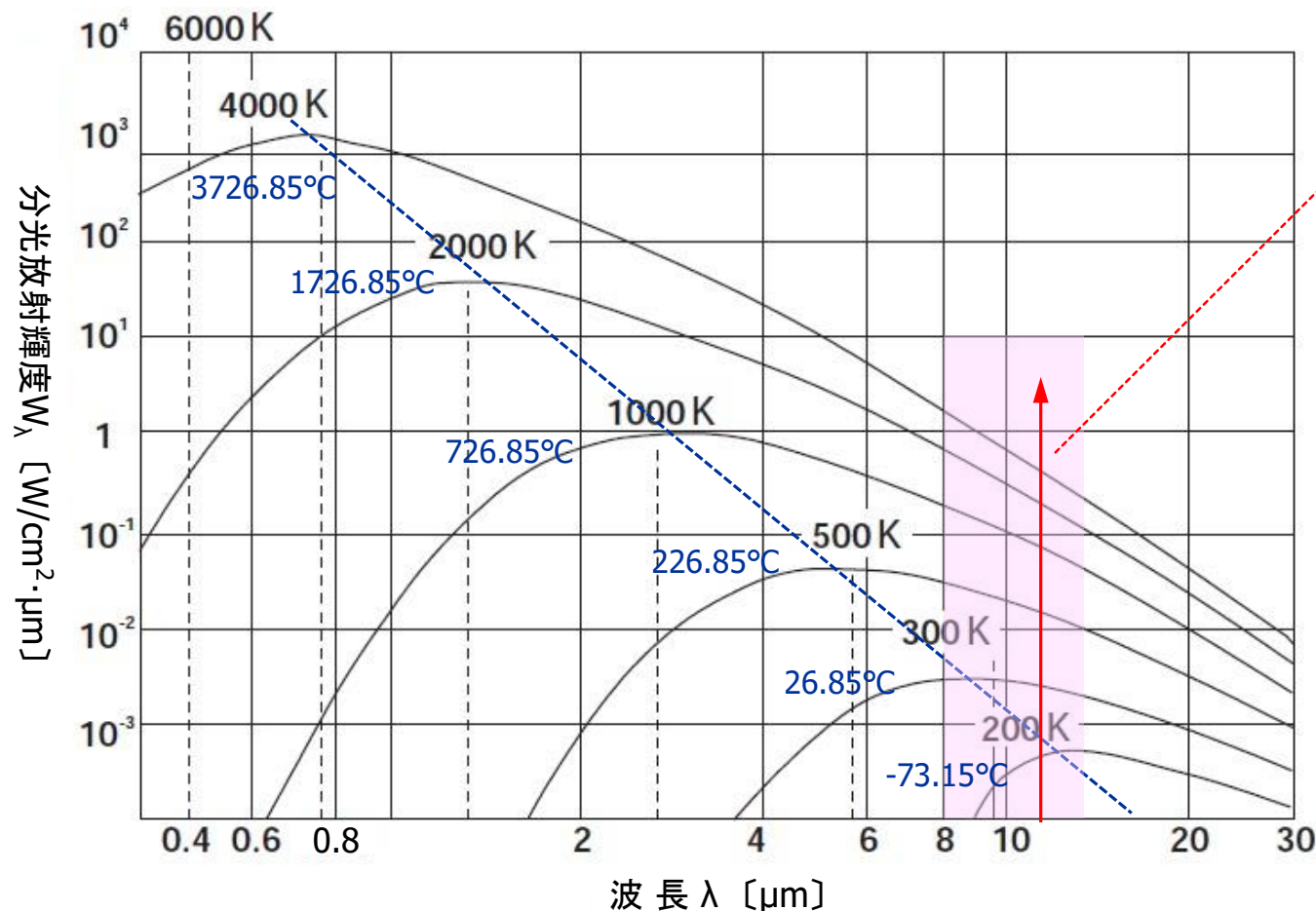


図4. 物体（黒体）の放射エネルギーと波長、温度との関係

ある波長帯（放射温度計の測定波長帯8～14 μm）において、
物体の温度が大きければ、
そこから放出される放射エネルギーは多くなる。
＝放射温度計が受ける放射エネルギーは大きくなる。

- プランク(Planck)の放射の公式（1900年）

$$W_\lambda = E(\lambda) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{[\exp(hc/\lambda kT)] - 1} \quad (4)$$

- ウィーン(Wien)の変位則

$$\lambda_m T = K_w \text{ (一定)}, K_w = 2897.8 \text{ } [\mu\text{m} \cdot \text{K}] \quad (5)$$

- ステファン-ボルツマン(Stefan-Boltzmann)の法則

$$E = W = \sigma T^4, \sigma = \frac{2}{15} \pi^5 \frac{k^4}{c^2 h^3} \quad (6)$$

h : プランク定数	W_λ : 分光放射輝度
c : 真空中の光速	E : 単位面積あたりの
λ : 電磁波の波長	黒体の全放射エネルギー
λ_m : 図4におけるWの曲線が	k : ボルツマン定数
極大を示す波長	σ : ステファン-ボルツマン定数
T : 絶対温度	

図4は NEC三栄株式会社：医用サーモグラフィーの原理と応用。SAN-EI REPORT No.127,2,2003.より転記

(5. 大気の窓について の前に)

図5のように、

物質に入射した赤外線エネルギーは、物質に吸収される場合、表面で反射される場合、そして物質を透過する場合の、3つの場合に分かれます。

吸収された赤外線エネルギーは、物質表面から同じ量の赤外線エネルギーを放射します。

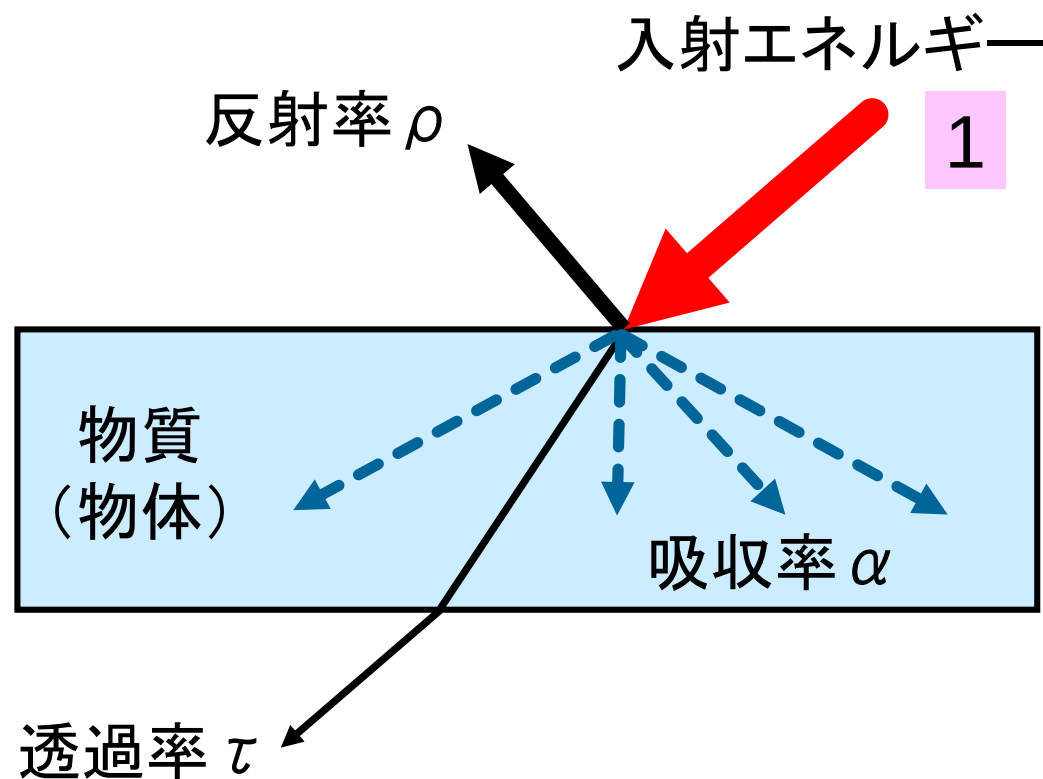


図5. 物質に入射した赤外線エネルギーの挙動

5. 大気の窓について

大気に含まれる水蒸気(H_2O)や二酸化炭素(CO_2)、酸素(O_2)、オゾン(O_3)は、大気中を通過する特定の波長の赤外線強く吸収します。このような波長領域では測定対象物から放射される赤外線エネルギーが放射温度計に伝わらず、正確な温度測定ができません。

図5に示すように、波長が $8\sim 14\mu\text{m}$ の領域では大気中の透過率が高く、大気による赤外線の吸収が低くなります。一般的な放射温度計では、この $8\sim 14\mu\text{m}$ に感度のある赤外線センサーを用いて温度測定をしています。

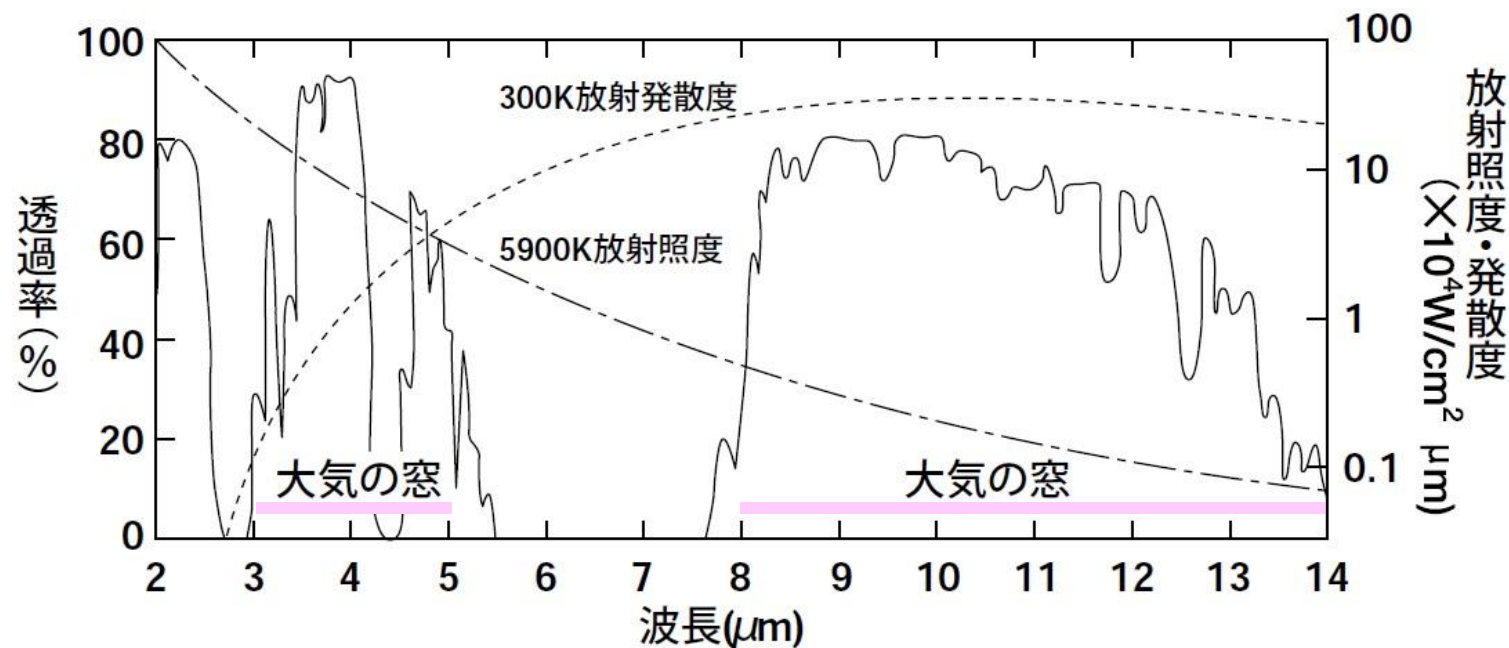


図6. 大気による赤外線の吸収

図6は NEC三栄株式会社：サーモグラフィーの原理と応用, SAN-EI REPORT No.106,9,2003.より転記

6. 放射率 ε について

物質(物体)から放射される赤外線エネルギー量は、同じ温度であっても、材質や表面の状態によって影響を受けます。

図5のように、物質に入射した赤外線エネルギーは、物質に**吸収**される場合、表面で**反射**される場合、そして**透過**する場合の、3つの場合に分かれます。

それぞれの比率を α 、 ρ 、 τ と表し、入射した赤外線エネルギー量を1とすると、エネルギーは保存されるので(7)式のように表すことができます。

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (7)$$

また、キルヒホッフの法則(Kirchhoff's law)では、物質が吸収したエネルギーと放射するエネルギーは等しいことから、放射率 ε は(8)式のように吸収率と等しくなります。

$$\varepsilon = \alpha \quad (8)$$

入射したエネルギーを反射も透過もしないですべて吸収する $\alpha = \varepsilon = 1$ ($\rho = \tau = 0$) の理想的な物質を「**黒体**」とよびます。

しかし、実際の物質では多かれ少なかれ透過や反射が起こります。

理想的な黒体から出る全放射エネルギーを W 、実際の物質から出る放射エネルギーを W_r とすると、放射率 ε は(9)式のように両者の比で表すことができます。

$$\text{放射率 } \varepsilon = \frac{W_r}{W} = \frac{\text{実際の物質から出る放射エネルギー}}{\text{理想的な黒体から出る全放射エネルギー}} \quad (9)$$

したがって、放射率 ε は0から1の間の数値となります。

$$0 < \varepsilon < 1 \quad (10)$$

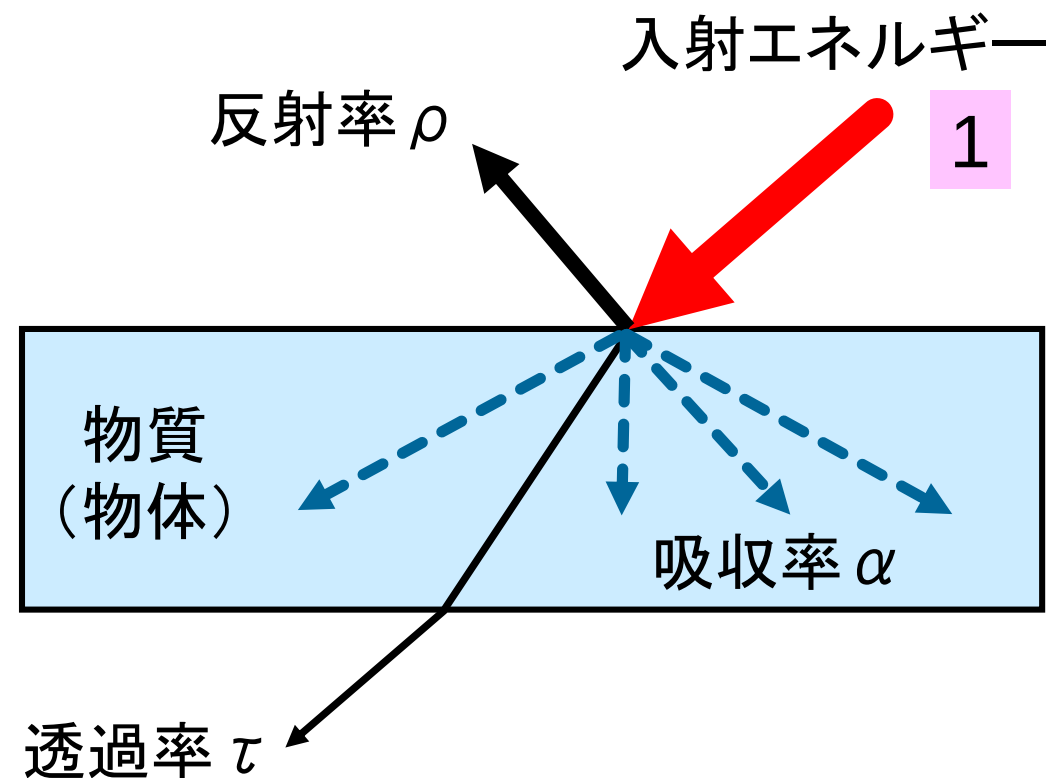


図5. 物質に入射した赤外線エネルギーの挙動

6. 放射率 ε について



表2. 放射率の例

物質	温度 t (°C)	放射率 ε
アルミニウム (みがいた面)	50 ~ 100	0.04 ~ 0.06
みがいたクロム	50	0.1
工業用のみがいた銅	20	0.07
酸化した鉄	100	0.74
鋼 / 合金鋼 (8%Ni, 18%Cr)	500	0.35
鋼 / ざらざらした平面の鋼	50	0.95 ~ 0.98
鋳鉄 / 鋳物	50	0.81
ガラス	20 ~ 100	0.91 ~ 0.94
ゴム / かたいゴム	20	0.95
ゴム / 表面がざらざらしてやわらかい灰色のゴム	20	0.86
粘土 / 焼いた粘土	70	0.91
紙 / つやのない黒色	常温	0.94
紙 / 白	20	0.7 ~ 0.9
水 / 0.1mm以上の厚さの層	0 ~ 100	0.95 ~ 0.98
氷 / なめらかな氷	0	0.97
雪		0.80
人体の皮膚	常温	0.98

日本アビオニクス株式会社のウェブページより抜粋して転記。
<https://www.avio.co.jp/products/infrared/support/thermo/technical/emissivity.html>
測定物の放射率は、各測定体の組成、表面処理、表面状態、色などや、測定時の温度などに依存します。
本表は、代表的な測定物の波長8~14 μ mにおける放射率を参考値として掲載しています。

6. 放射率 ε について

放射温度計で正しく物質表面の温度を測定するには、物質の放射率で放射温度計を設定する必要があります。そのためには物質の放射率を求めることが必要です。

接触式の温度計と比較する

実際に測定する温度まで加熱 または 冷却した測定対象物を、校正された熱電対やサーミスタなどの接触式温度計と、使用する放射温度計で同時に測定します。放射温度計の測定値が接触式温度計の測定値と等しくなるように（放射温度計の）放射率の設定値を調整します。両温度計の測定値が等しくなる放射温度計の放射率（設定値）が測定対象物の放射率となります。

黒体塗料（スプレー）や黒体テープを使用する

測定対象物に黒体塗料を塗る、または黒体テープが貼ることができる場合の方法です。
黒体塗料または黒体テープの放射率（0.95前後）で設定された放射温度計を使って、対象物に黒体塗料を塗るか、黒体テープを貼り、実際に測定する温度まで加熱 または 冷却して測定された温度を t_1 とします。次に、黒体塗料や黒体テープがない部分を測定し、温度表示値が t_1 になるように放射温度計の放射率（設定値）を調整します。
このようにして得られた放射温度計の放射率（設定値）が測定対象物の放射率となります。

文献で調査する

文献にやウェブに記載されている放射率を調べます。
留意点として、放射温度計の応答波長（8～14 μm の場合が多い）に対応した波長帯の放射率が記載されている文献を調べます。また、測定時の温度や表面の状態などに注意します。

7. 測定距離と測定範囲との関係（測定視野）

放射温度計の測定範囲は、測定対象物までの距離(D:Distance)と測定範囲の直径(S:Spot size)との関係、**D:S比**として表現されます。図7のように、 $D:S = 60:1$ の放射温度計の測定範囲は、距離が1.5m離れると直径2.5cmの円の範囲、距離が3m離れると直径5cmの円の範囲、距離が3m離れると直径5cmの円の範囲となります。この測定範囲よりも測定対象物が小さい場合を「**視野欠け**」といい、測定対象物以外の周囲も含めて測定してしまい、正確な温度測定ができません。

放射温度計の**測定範囲**が、**測定対象物よりも小さい放射温度計を選定**して温度測定する必要があります。



AD-5634
放射温度計

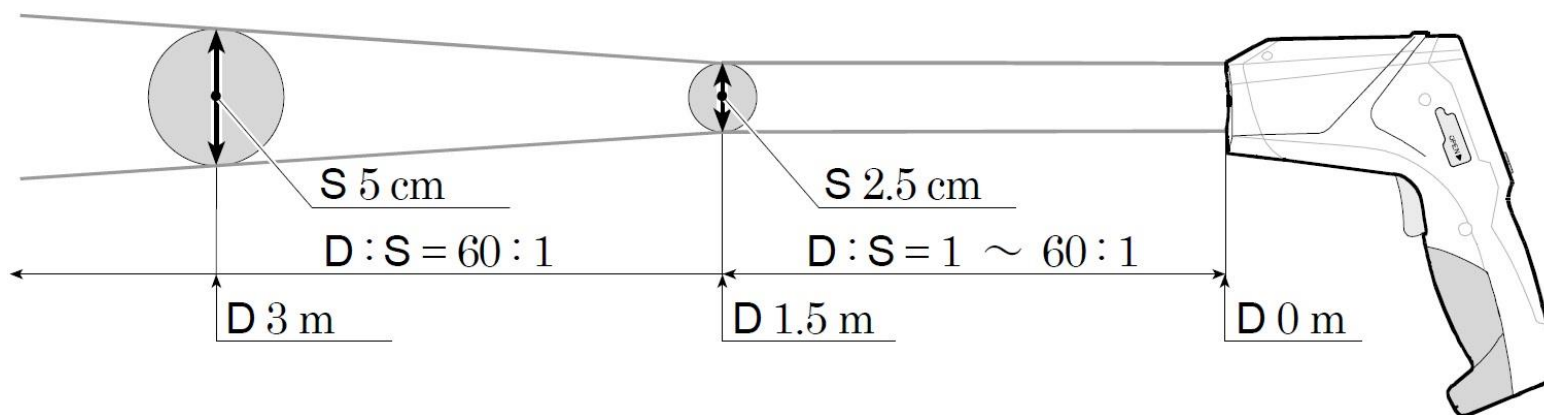


図7. 放射温度計の測定距離と測定範囲との関係（D:S比が60:1の例）

AD-5634 放射温度計

7. 測定距離と測定範囲との関係(測定視野)



8. 放射温度計の使用方法による選び方

放射温度計は使い方で選定すると大きく**携帯型**と**設置型**に分かれます。

携帯型 センサ部と電気回路および表示部が一体となった放射温度計. 小型で軽量、持ち運び用途.

ハンドグリップ形で、
センサーに対して手の熱放射の影響を低減できると考えられます。



8. 放射温度計の使用方法による選び方

携帯型

防水型



接触式温度計を内蔵した
放射温度計。
物質の放射率を知るのに便利。



小型の放射温度計
手軽に温度チェックする時に便利。



防水型



乳幼児のミルク温度の
チェック
非接触なので衛生的です。

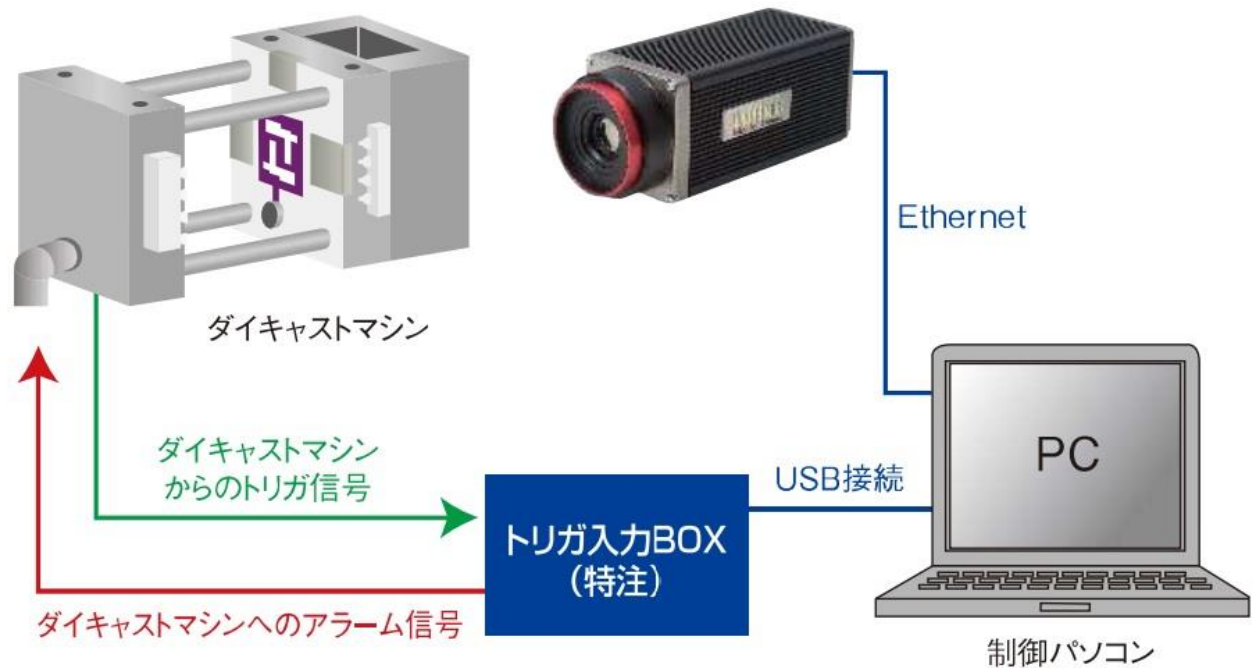
8. 放射温度計の使用方法による選び方

設置型

センサ部（電気回路部含む）と表示部はケーブルで接続。
現場に固定して設置、温度測定をして離れた場所で監視します。



InfReC TS600シリーズ
日本アビオニクス株式会社
(日本アビオニクス株式会社の
ウェブページより転載)



(日本アビオニクス株式会社のウェブページにアップロードされている
カタログInfRec TS600シリーズより抜粋して転載)

9. 幅広い分野における放射温度計の使用例

● 電気設備の点検・診断

- ・ 配電、分電装置の発熱箇所の点検
- ・ 太陽光発電設備、ソーラーパネルの点検や診断
- ・ 高電圧線設備や高電圧機器の設備点検
- ・ プリント基板やヒートシンク、電源装置の異常診断

● 空調設備の点検・診断

- ・ 熱交換器の点検や診断
- ・ 温水/冷水配管の確認や点検、診断

● 機械設備の点検・診断

- ・ 電動機(モーター)の異常発熱の点検や診断
- ・ 自動車やエンジンの状態の把握や異常点検
- ・ 加振装置、振動試験装置の点検

● 食品分野

- ・ お酒、味噌、パン、食肉の発酵温度や熟成温度の確認
- ・ 冷蔵・冷凍設備や加熱調理器具の点検

● 建築物の点検・診断

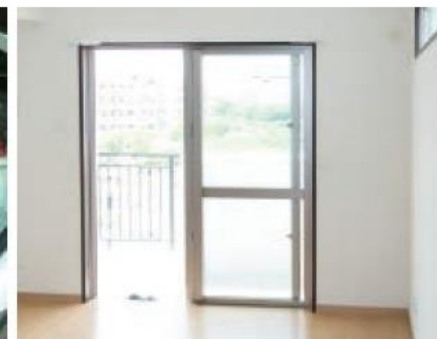
- ・ 断熱効果の確認や断熱不良の点検や診断
- ・ 天井や壁面からの浸水、雨漏りの点検
- ・ 空調設備や床暖房設備の点検



電気設備



機械設備



建築物・住宅



配管設備



食品分野(醸造・発酵)

10. 放射温度計の原理を応用した製品

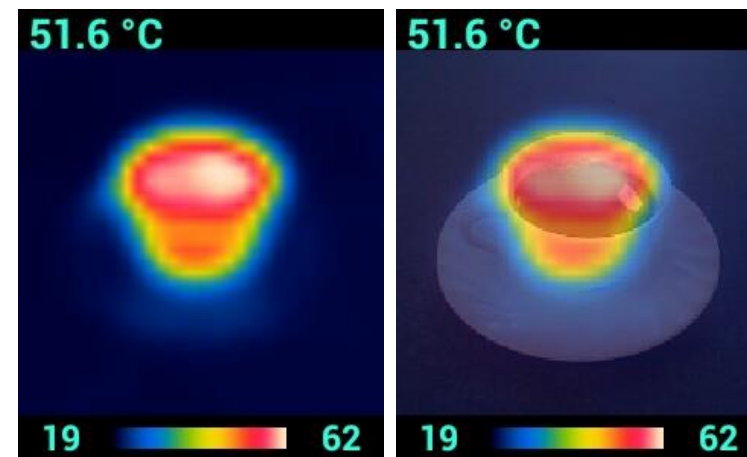
放射温度計の原理を用いた製品として、物体表面の温度分布を熱画像で表示するサーマルイメージカメラや、非接触で前額部や耳孔内の体温を測定する非接触体温計があり、わたしたちの日常生活において広く応用されています。



非接触温度計
(赤外線体温計)



サーマル
イメージカメラ
AD-5636



10. 放射温度計の原理を応用した製品



サーマルイメージカメラAD-5636による熱画像データの例。
一画像の温度分布データを、数値で保存することができます。
熱画像解像度 32×32ピクセル、1024ポイントの温度データをCSVファイルに保存。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1	20.9	21.4	19.6	21.0	21.3	20.5	20.9	19.6	20.4	20.7	22.1	20.2	21.4	22.4	19.9	20.5	22.7	20.9	22.8	21.0	22.1	21.1	24.2	20.8	23.7	22.3	23.3	23.3	22.6	21.8	21.6	22.7
2	19.0	21.6	17.5	20.2	20.9	19.6	19.4	19.1	21.7	22.6	20.9	21.1	22.4	20.1	22.0	22.1	22.2	23.0	15.1	21.7	23.0	22.8	19.2	22.7	23.4	22.8	17.9	22.0	21.9	22.8	20.1	24.4
3	21.1	21.1	18.7	21.2	20.7	20.7	20.6	19.7	21.3	21.0	19.5	21.1	22.1	22.9	21.2	22.7	22.5	23.5	22.6	21.7	22.1	23.1	22.7	23.4	22.7	24.0	22.3	23.2	23.3	21.1	24.2	21.9
4	21.9	20.9	21.4	20.1	19.6	22.7	20.0	19.9	21.3	22.6	19.9	19.9	20.3	23.7	21.1	22.0	23.6	24.1	22.3	24.6	22.2	23.3	23.3	24.0	22.5	22.5	22.3	25.1	22.8	21.5	22.7	27.1
5	19.6	22.2	21.4	17.5	19.2	21.1	20.4	19.8	20.0	22.5	22.9	20.2	22.0	23.4	23.3	22.2	22.0	22.2	23.5	22.8	22.2	23.3	22.3	22.1	21.6	22.8	21.0	22.8	22.4	22.4	22.5	23.9
6	20.4	22.0	19.4	20.2	20.0	20.1	19.8	19.6	20.6	20.4	22.4	20.6	22.4	22.9	23.9	25.0	23.7	24.3	24.1	24.8	21.8	22.0	22.5	24.4	22.4	22.0	21.8	22.4	23.6	24.1	23.9	22.7
7	18.8	20.3	20.5	19.0	17.6	20.5	19.1	19.9	22.3	23.6	23.9	26.4	32.7	36.0	39.6	40.8	38.2	33.8	27.5	26.6	24.7	24.4	24.0	24.3	21.9	22.7	21.3	23.0	21.8	24.5	22.3	24.3
8	19.8	20.4	18.4	18.2	19.0	21.2	19.6	21.8	23.1	27.4	38.7	49.2	51.3	52.9	52.4	53.1	53.3	52.3	51.3	46.7	32.3	26.0	25.4	23.5	23.8	22.7	21.7	22.6	23.4	24.1	25.2	23.0
9	19.4	19.7	19.0	19.0	19.6	19.6	19.9	22.3	24.7	48.3	54.3	55.6	56.1	57.2	58.0	59.7	60.7	60.3	58.0	55.3	51.6	41.3	27.1	24.0	24.3	22.4	22.3	22.4	22.8	22.8	22.2	21.6
10	19.1	21.7	20.2	19.1	19.6	21.0	21.0	24.7	45.0	55.5	57.5	60.8	61.2	61.7	61.2	62.3	62.6	63.4	63.4	60.7	57.7	55.1	38.1	25.4	22.9	23.2	23.1	24.4	23.7	22.6	23.6	22.6
11	18.8	20.9	20.0	20.6	21.4	21.8	22.8	30.7	51.3	59.5	62.6	62.2	60.6	60.0	60.0	61.9	62.7	62.8	62.9	61.2	60.7	58.1	48.9	27.4	22.8	21.4	22.6	22.9	24.4	23.0	23.1	23.1
12	21.4	20.8	20.1	20.1	22.1	23.5	28.5	38.1	54.1	61.3	62.0	60.6	61.1	59.7	60.4	60.7	61.5	61.8	61.4	61.3	61.4	59.7	48.9	29.6	23.9	23.0	23.7	23.7	22.2	21.5	23.1	22.4
13	21.6	21.0	19.0	21.3	23.4	31.6	37.7	45.0	50.9	60.3	60.4	60.4	60.8	61.1	60.2	61.6	61.3	61.7	61.1	61.4	61.8	57.6	43.2	26.8	25.5	24.6	23.0	24.5	24.3	22.2	23.9	23.7
14	20.6	21.6	20.2	21.0	24.8	33.0	32.4	35.0	43.3	53.5	59.0	60.7	60.0	61.4	61.3	61.8	61.4	61.4	60.7	60.8	57.8	50.1	32.6	25.4	25.1	25.2	23.7	24.1	22.9	22.9	25.0	23.5
15	20.9	20.3	20.9	23.5	27.8	29.7	25.5	25.4	33.2	46.5	51.9	55.5	56.6	58.1	59.3	59.6	59.3	60.0	58.0	55.7	52.0	42.2	29.9	28.3	25.4	25.2	23.9	23.7	23.1	23.9	23.4	23.4
16	19.8	20.5	22.0	23.8	25.9	28.8	27.4	26.0	27.9	43.2	50.1	50.8	51.9	52.4	54.0	53.4	54.2	53.0	50.9	50.6	49.5	36.2	27.2	26.2	27.2	25.0	23.9	24.5	24.6	23.4	22.7	24.0
17	20.2	22.1	21.4	24.8	25.4	25.8	27.9	27.9	24.8	38.0	52.7	54.3	53.9	52.7	52.6	53.1	52.2	52.2	54.4	53.5	48.5	30.8	27.4	27.2	26.2	26.8	26.0	24.8	24.3	24.1	23.2	24.0
18	22.3	22.0	21.8	24.7	24.0	25.9	25.2	24.9	25.2	31.3	47.9	57.3	57.2	58.4	57.9	57.5	57.0	57.6	58.0	55.4	39.7	28.2	27.2	26.9	27.9	26.6	26.9	20.4	24.3	25.1	23.9	21.8
19	21.7	21.9	20.4	24.3	28.1	24.3	23.6	25.1	24.9	27.1	37.4	50.2	56.5	59.5	58.6	58.9	59.0	59.0	55.4	48.0	31.1	26.5	26.1	26.4	25.7	27.3	24.3	22.6	22.9	24.2	23.6	24.1
20	20.7	20.8											25.1	52.7	55.2	55.9	56.4	52.0	46.1	37.4	28.6	26.4	27.6	27.5	27.0	25.9	24.7	24.4	23.9	21.4	23.3	23.6
21	22.2	22.6											25.1	40.4	43.1	43.8	41.9	40.8	36.0	31.1	29.2	28.6	28.1	27.0	26.7	27.2	23.8	22.0	22.6	24.1	24.8	23.0
22	23.2	20.7											27.1	33.2	33.1	33.9	34.6	32.7	31.6	30.1	30.9	28.0	26.2	26.4	24.7	25.0	22.8	22.2	24.4	23.2	21.8	24.0
23	22.5	22.2											28.1	31.3	31.1	30.4	30.3	30.5	31.4	29.4	30.5	29.1	30.3	27.9	22.8	24.5	22.9	22.7	23.1	23.5	23.5	23.1
24	21.1	22.5											24.1	30.7	32.0	30.7	30.4	33.0	32.3	30.1	31.8	31.5	26.2	25.2	24.8	26.3	23.2	23.7	22.5	26.4	23.0	23.8
25	23.0	23.1											21.1	31.8	32.9	29.9	32.6	31.5	31.6	31.4	29.3	25.5	24.8	24.6	23.7	24.4	23.3	23.8	23.7	24.8	23.5	22.6
26	22.1	22.4											21.1	26.5	28.4	27.2	28.1	27.9	25.9	24.6	22.4	23.5	23.4	23.6	22.3	23.2	23.0	22.4	22.9	24.1	22.8	22.7
27	22.4	23.5											22.1	25.3	23.3	23.2	24.3	24.0	23.0	23.7	23.7	23.6	23.4	24.0	23.5	22.8	23.1	24.1	22.4	23.3	23.6	22.7
28	22.9	22.1											23.1	23.8	23.7	23.2	22.9	23.5	23.1	23.4	22.0	21.9	24.3	22.3	23.7	24.2	23.1	21.6	21.3	23.4	24.7	23.2
29	22.0	22.2											22.1	24.1	22.4	23.2	22.6	24.4	24.0	23.5	23.2	23.3	23.0	22.8	22.8	22.6	23.5	22.2	23.3	23.2	23.6	22.7
30	23.2	22.9	21.5	23.2	23.3	22.1	22.2	24.2	24.5	23.0	22.7	23.2	23.4	22.9	22.5	24.5	22.7	23.3	23.6	21.8	22.8	23.5	24.0	22.0	22.8	23.3	23.4	23.3	24.3	23.2	23.6	24.3
31	21.7	22.8	21.1	21.7	23.7	23.6	21.0	22.3	22.3	22.3	22.1	22.2	21.2	22.3	22.7	23.2	22.2	23.5	22.2	21.4	22.5	24.3	22.4	22.7	23.7	24.1	22.7	22.4	22.8	22.6	23.0	21.5
32	22.3	22.2	21.3	22.1	24.3	21.4	20.0	23.5	20.3	22.7	22.8	21.1	21.9	22.3	22.4	22.1	22.1	22.7	22.6	22.4	23.1	21.8	22.9	22.9	22.9	24.5	22.6	23.5	21.6	24.9	21.0	23.6



11. 接触式温度計と放射温度計との比較

	接触式温度計	放射温度計
正確な測定をするために、主に必要となる条件	1. センサー部と測定対象物との熱的な接触を良くする。 2. センサー部と測定対象物を接触させる時に、対象物の温度が変わらないようにすること。	1. 測定対象物の放射率を正確に求めて知る必要がある。 2. 対象物からの赤外線放射エネルギーがセンサーまで十分に到達すること。視野欠がないようにD:S比を考慮して、放射温度計を選定する。 3. 測定対象物以外の背景雑音（背光、乱反射）の影響を小さくする（壁や天井、テーブルに反射した赤外線放射を除外する）
特 徴 （優位性と劣位性）	〔 劣位性 〕 1. 測定対象物に接触させるため、対象物とセンサー部の温度が異なる場合は、熱移動により測定対象物の温度が変わり、影響がでる可能性がある。 2. 動いている動体の温度測定は難しい。 3. 食品や医学検体、医薬品 などの温度測定において、汚染や感染のおそれがある。 4. 対象物とセンサーの温度が熱平衡に達するまでには時間を要する（応答性が遅い） 5. 面積が広い測定対象物の場合、多点測定をおこなうため、多くのセンサーが必要になる。 6. 製造過程などで、数多くの測定対象物の温度を測定する場合、一つひとつセットしなければならない。温度応答性も遅いので実用的ではない。	〔 優位性 〕 1. 非接触による測定のため、測定対象物に対して、熱的なエネルギー（温度）の移動による影響を与えない 2. 非接触なので、動いている物体の温度測定も可能である。 3. 非接触なので、食品や医学検体、医薬品 などの温度測定において、汚染や感染の可能性が低く、衛生的で安全である。 4. 非接触なので、熱的応答性が早い。 一般的な放射温度計の応答時間は1秒未満。 5. 連続測定により、面積が広い対象物に対しても走査することで、面の温度分布を比較的容易に測定することができる。 6. 測定対象物にフォーカスを合わせる（最適なD:S比に調整する）ことで、同じ形状の対象物を繰り返し測定することが比較的容易であり、相対的な温度測定には実用的である。
	〔 優位性 〕 1. センサー部を測定対象物内に留置することで、内部の温度が容易に測定できる。 2. 確度よく測定することが必要とされる場合、比較的容易に測定することができる。	〔 劣位性 〕 1. 測定対象物の表面温度しか測定できない。 対象物の内部や深部の温度測定はできない。 2. 確度よく測定するためには、測定対象物の放射率を求めたり、適切なD:S比により視野欠けが起こらないこと、対象物以外の周囲を囲む壁面や天井、床、机などから放射される背景雑音（背光、乱反射）の影響を小さくする必要がある。 特に、放射率は低い対象物の場合はこの影響を受けやすい。

表3. 接触式温度計と放射温度計との比較

表3は NEC三栄株式会社：サーモグラフィーの原理と応用。SAN-EI REPORT No.106,2,2003.を参考文献として部分的に転記、一部追記。

12. よくあるご質問

a. 測定対象物からどこまで離れて測定できるのでしょうか？

放射温度計と測定対象物との間に、空気以外の赤外線を遮断する物質(物体)がない限り、どこまで離れても測定することができます。

ただし、7項(14,15ページ)で説明したように、測定距離と測定範囲との関係(測定視野)、つまり放射温度計のD:S比を考慮して視野欠けがないような距離で測定してください。

b. 測定対象物の放射率がわかりませんか？ 正しく測定するにはどうすれば良いのか？

まず、放射率の設定ができる放射温度計を使ってください。6項(11～13ページ)で説明したように、

- 1) 接触式温度計と比較して、同じ温度になるように放射温度計の放射率の設定値を調整します。
- 2) 黒体塗料(スプレー)や黒体テープを使い、それらの放射率(0.95前後)で放射温度計の放射率を設定します。測定対象物に黒体塗料を塗るか、黒体テ

ープを貼り温度測定し、その測定値を t_1 とします。次に黒体塗料や黒体テープのない部分を測定して温度が t_1 と等しくなりように放射温度計の放射率の設定値を調整します。

- 3) 文献にやウェブに記載されている物質の放射率を調べます。その放射率で放射温度計の放射率を設定します。

C. 空気の温度は測れるのでしょうか？

空気の温度は測定することができません。

逆に、多くの場合は測定対象物と放射温度計の間には空気が存在するので、空気からの熱放射による影響を受けると、測定対象物の正しい温度が測定できません。

5項(10ページ)で説明したように、空気は8～14 μm の波長帯域の赤外線エネルギーをほとんど吸収することなく透過します。つまりこの波長帯域では空気からの赤外線エネルギーの放射がほとんどありません。

一般的な放射温度計ではこの8～14 μm の波長帯域に感度のある赤外線センサーを用いて温度測定をしている

12. よくあるご質問

ため、空気の温度を測定することなく、測定対象物の温度を測定します。

d. 水の温度は測れるのでしょうか？

水の表面温度は測定できますが、内部の温度は測定することができません。

しかし、緩やかに攪拌している状態で内部と表面の温度差がないと仮定される条件では、内部の温度を測定することができます。

e. ガラス表面の温度は測定できますか？

一般の石英ガラスは、 $5\mu\text{m}$ 以上の波長帯域の赤外線はほとんど透過しません。つまりガラスは赤外線エネルギーをよく吸収して、放射するので一般的な放射温度計でガラス表面の温度を測定することができます。

f. ガラス越しの物体の温度は測定できるの？

一般の石英ガラスは、 $5\mu\text{m}$ 以上の波長帯域の赤外線はほとんど透過しないため、波長が $8\sim 14\mu\text{m}$ の赤外線に

感度がある一般的な放射温度計ではガラス越しにある物体の温度を測定することはできません。（図8 参照）
ヒトの目にはガラスは透明でガラス越しにある物体は見えますが、 $5\mu\text{m}$ 以上の波長に感度のある放射温度計の赤外線センサの“目”にはガラスは不透明でガラス越しにある物体は見えないということになります。

g. 炎の温度は測定できますか？

物が燃焼すると二酸化炭素 CO_2 が生成されるので、 CO_2 からの放射エネルギーを透過しないで吸収する波長帯域($4.25\mu\text{m}$)を使用すれば測定できます。しかし、炎と放射温度計の間にある、室温の CO_2 からの熱放射も含まれるために低めに測定されてしまいます。（図9 参照）

そこで、炎の分光放射強度曲線と室温の CO_2 の吸収曲線が重ならないように波長帯をわずかに補正して、 $4.5\mu\text{m}$ に検出感度がある赤外線センサーを用いた火炎用の放射温度計(応答波長 $4.25\sim 4.75\mu\text{m}$)を使用すれば測定することができます。しかし、一般的な放射温度計(応答波長 $8\sim 14\mu\text{m}$)では正確に測定することはできません。

13. 附図

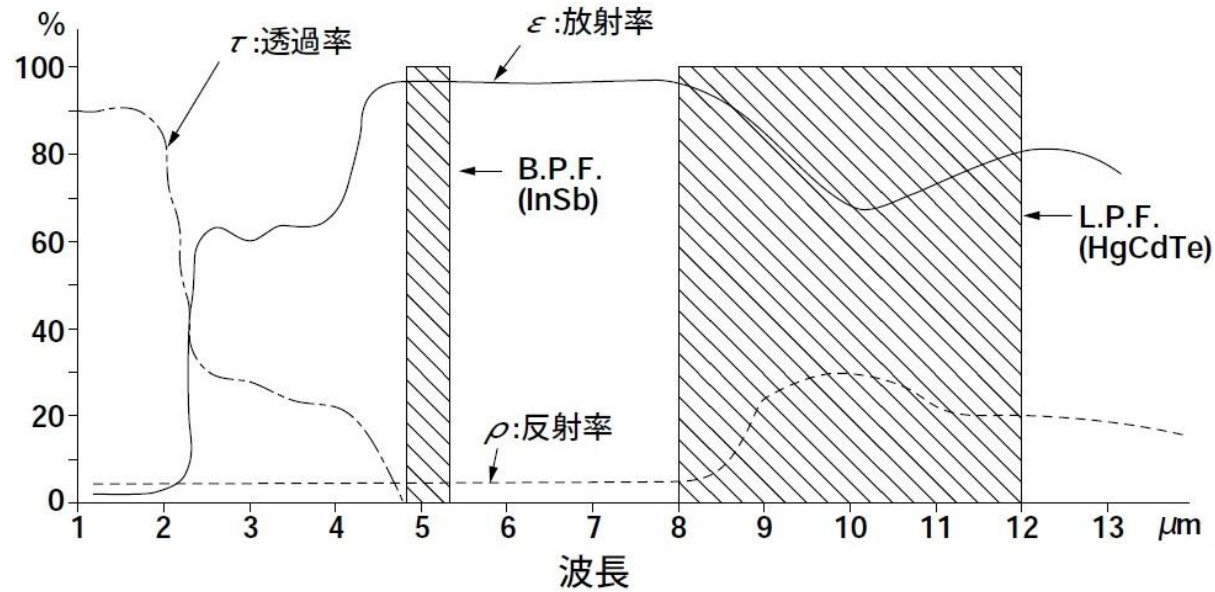


図8. ガラスの透過率、放射率、反射率

図8は NEC三栄株式会社：サーモグラフィーの原理と応用.
SAN-EI REPORT No.106,11,2003.より転記

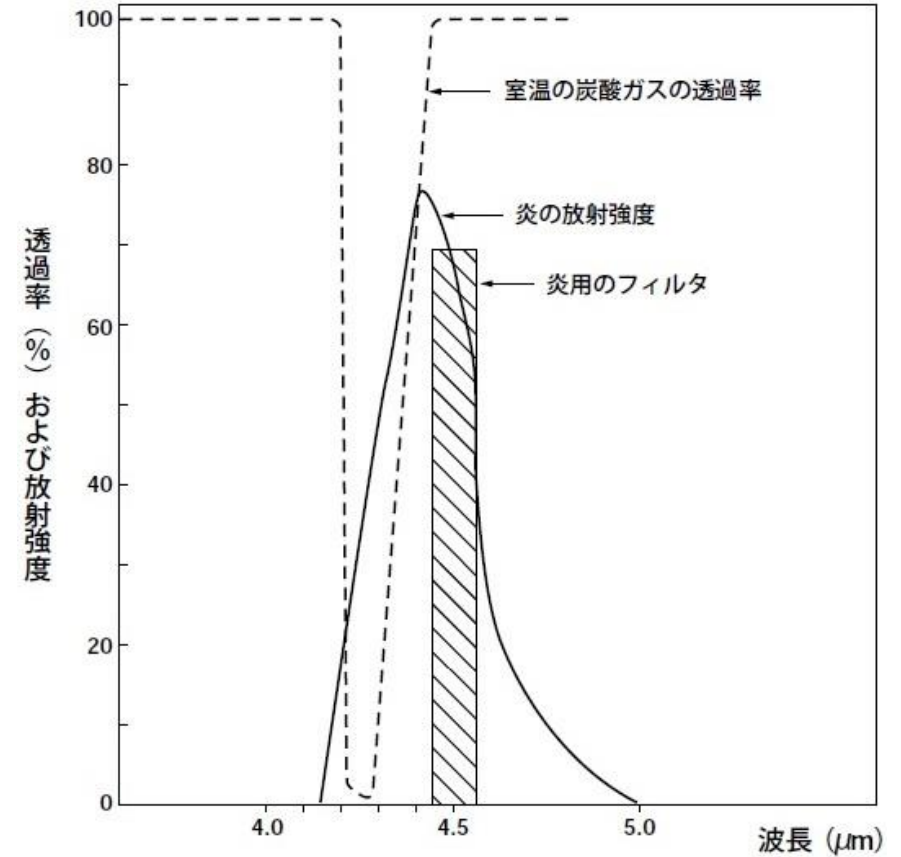


図9. 炎の放射強度と炭酸ガスの透過特性

図9は NEC三栄株式会社：サーモグラフィーの原理と応用.
SAN-EI REPORT No.106,13,2003.より転記

14. 参考文献

- 1) 押田勇雄, 藤城敏幸：熱力学. 裳華房, 1980.
- 2) 市村浩：統計力学. 裳華房, 1980.
- 3) NEC三栄株式会社：サーモグラフィーの原理と応用. SAN-EI REPORT No.106, 2003.
- 4) NEC三栄株式会社：医用サーモグラフィーの原理と応用. SAN-EI REPORT No.127, 2003.