

各種材料の放射率評価

齋藤研究室 0916235 森戸亮介

1 背景・目的

熱を運ぶ過程には、伝導、対流、放射に分けて考えられる。住宅建築する際、外壁や屋根に断熱材を用いるが、主に熱伝導と対流の影響が大きい断熱素材を選定し使用している。一方、近年、遮熱など放射に関わる伝熱の重要性が見直されてきている。遮熱特性の評価のためには、用いられる材料の放射率や反射率のデータが不可欠である。常温約 300 K の黒体放射スペクトルのピーク波長は約 10 μm であるので、この場合必要な値は、この赤外波長近辺のデータであるが、十分なデータがあるとは言えない。したがって、本研究では赤外線カメラを用いて、各種材料の波長 10 μm 付近の放射率等を実験的に評価することを目的とした。

2 測定原理

放射による伝熱においては、材料の評価には放射率を求める必要がある。[反射率+透過率+放射率(吸収率) = 1]である。吸収のある材料に十分な厚みがある場合、透過率は 0 と仮定でき、放射率を求めれば反射率も解る。黒体テープをペルチェ素子や材料に貼ると放射率がほぼ 100%になり、正確な表面温度を測定できる。

$$\varepsilon W(T_0) + (1 - \varepsilon) W(T_a) = W(X)$$

$$\varepsilon = (W(X) - W(T_a)) / (W(T_0) - W(T_a))$$

T_0 は黒体テープが貼ってある材料の温度、 T_a は室内の温度、 W は黒体の放射発散度、 X は見かけ上の温度、 ε は放射率である。

黒体放射とはあらゆる放射を完全に吸収・放射する仮想上の物体である。

$$W = \sigma T^4$$

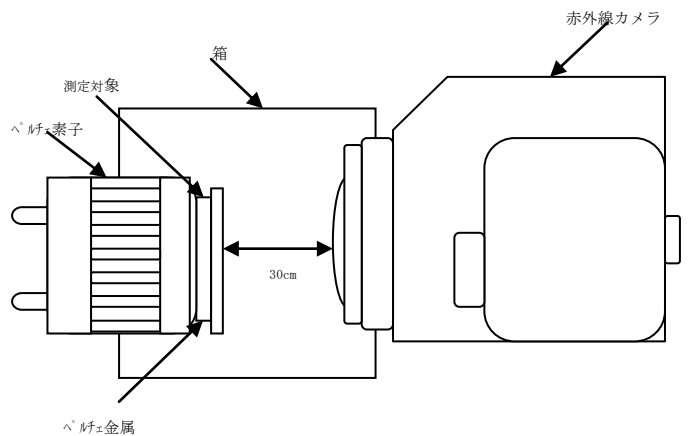
$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$$

3 実験方法

実験環境を 3 種類に分け放射率を測定する。

- (1) 場所は暗室
- (2) 全面黒体テープで覆われた箱の中とする

- (3) 室内温度は放射温度計で 22~25℃の中で行う
- (4) 測定対象から赤外線カメラの距離を 30 cm とする
- (5) ペルチェ素子の表面温度を 40℃、50℃に設定、冷凍庫 -20℃に対象を入れ熱伝導するまで 15 分待つ。
- (6) 赤外線カメラのレンズによる反射を避けるため測定対象を 5 度傾ける。
- (7) 測定対象の半分に黒体テープを貼り、貼っていない場所と温度差を赤外線カメラで比較、放射率を求める。
- (8) 金属のみ各種計 3 回以上測定する。



3-1 測定対象

素材名	厚み (mm)	素材名	厚み (mm)
銅	1.5	ステンレス	2.0
真鍮 (銅+亜鉛)	1.5	コルク	2.0
アルミニウム	2.0	ゴム	3.0
アルミニウム	3.0	ブナ	5.0
鉄	2.0	杉	5.0

3-2 実験器材

用いた実験器材は、下表の通りである。その中のペルチェ素子は、2 種類の金属の接合部に電流を流すと、片方の金属からもう片方へ熱が移動するというペルチェ効果を利用した板状の半導体素子であり、高精度の温度制御に適しているため実験に用いた。

名称	概要
赤外線カメラ	検知波長 8~14 μ m
ペルチェ素子	温度設定範囲 -10~50 $^{\circ}$ C
黒体テープ	放射率 0.95
放射温度計	距離 30 cm でスポット径 ϕ 5
冷蔵庫	冷凍庫温度 -20 $^{\circ}$ C

4 実験結果・考察

実験により、銅、真鍮、アルミニウムは低放射率、鉄、ステンレスは他金属と比べ高放射率と、可視域の反射に近い結果を得られた。また厚みによる放射率の差はほとんど見られず、誤差は小さい。しかし、金属以外の材料は熱伝導が小さいため、熱伝導を利用するこの実験方法では測定が困難であることが解る。また、冷蔵庫を用いた実験で結露が発生し、水滴による反射の影響が少なからずあったと考えられる。

ペルチェ 40 $^{\circ}$ C設定

素材名	T_a	T_o	X	ϵ	R
銅	22.0	36.2	23.8	0.119	0.882
真鍮	22.2	37.7	24.4	0.133	0.882
鉄	22.3	37.3	25.6	0.207	0.802
ステンレス	22.4	36.8	26.1	0.243	0.758
アルミニウム2	22.0	37.1	23.8	0.111	0.872
アルミニウム3	22.0	36.8	24.4	0.152	0.859
ゴム	22.4	36.1	36.1	1.00	0.00
杉	22.4	31.4	31.4	1.00	0.00
ブナ	22.4	33.5	33.5	1.00	0.00
コルク	22.4	33.5	33.5	1.00	0.00

ペルチェ 50 $^{\circ}$ C設定

素材名	T_a	T_o	X	ϵ	R
銅	24.1	46.7	24.6	0.020	0.977
真鍮	23.8	46.1	25.3	0.061	0.856
鉄	24.3	46.4	27.3	0.123	0.886
ステンレス	24.5	46.8	27.9	0.139	0.853
アルミニウム2	24.5	46.6	25.0	0.020	0.984
アルミニウム3	24.7	46.3	25.0	0.012	0.981

冷凍庫 -20 $^{\circ}$ C設定

素材名	T_a	T_o	X	ϵ	R
銅	22.2	1.2	20.1	0.110	0.890
真鍮	22.0	3.4	21.5	0.029	0.971
鉄	22.2	1.7	19.0	0.171	0.829
ステンレス	21.9	-1.3	18.8	0.148	0.852
アルミニウム2	21.9	-0.1	21.0	0.046	0.954
アルミニウム3	21.9	-0.2	21.2	0.035	0.965
ゴム	23.0	-2.0	-2.2	1.007	0.00
杉	23.0	4.3	5.2	0.956	0.044
ブナ	23.0	-3.4	-2.0	0.954	0.046
コルク	23.0	5.4	7.0	0.917	0.083

5 まとめ

今回の実験により、各種材料の波長 10 μ m 近傍における放射率、反射率を測定することができた。一方、問題点として以下のことがわかった。ペルチェを用いた実験方法では金属しか評価できず、現在使用されている断熱材が評価できない。室温の影響を大きく受けてしまい、室温 0.2 度の差が生じると放射率値が 0.01 変化する結果となる。冷凍庫の実験においても結露が生じない環境下で行う必要がある。また金属の場合、表面の研磨で反射率が変化し、金属本来の反射率と多少の誤差があった可能性がある。小さな反射でも見かけ上の温度に影響を与えるため、完全な暗室密閉空間で行う必要がある。

今後の方向性として、波長の関数としての分光放射率のデータを整備することが重要であり、そのためには、赤外分光器を用いて分光透過率、分光反射率を測定する必要があるであろう。

6 参考文献

- 1) ウシオ電機株式会社
<http://www.ushio.co.jp/jp/index.html>
- 2) W. Schockley, H. Queisser, J. Appl. Phys. 32, pp. 510-519 (1961).
- 3) 大和電気製作所 <http://www.yamato-electric.com/>
- 4) コニカミノルタ
<http://www.konicaminolta.jp/instruments/index.html>