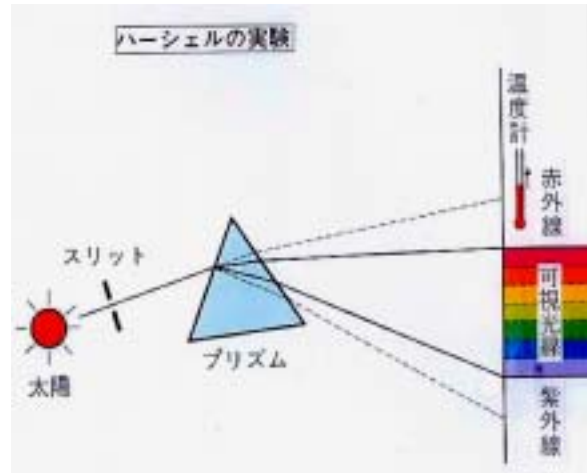


# 遠赤外線 初めの一步

## (1) 赤外線の見え

太陽光に当たると温くなることは誰でも知っています。その太陽光の中に「目に見えないが、物を温めることができる部分がある」ことを発見したのが、イギリスの天文学者ハーシェルです。

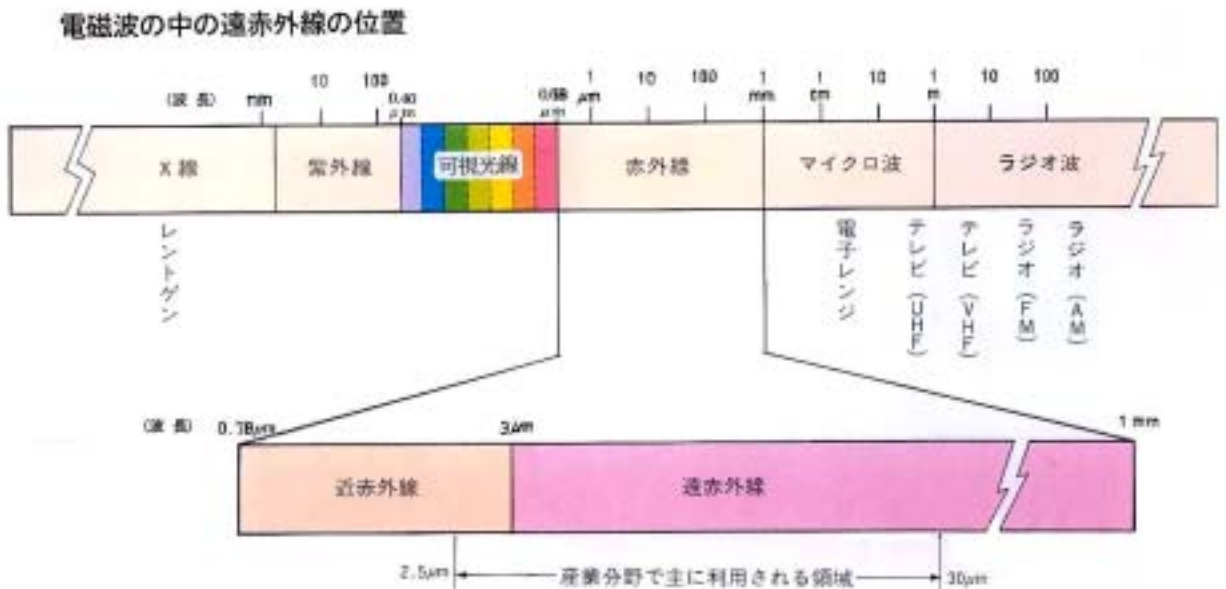
1800年ハーシェルは、太陽光をプリズムに通していたとき、7色に分光された可視光線の赤色より外に置いた温度計の目盛りが上昇することで、この目に見えない「赤外線」の存在を発見しました。



## (2) 赤外線の中の遠赤外線

目に見えないが、物を温める力のある光線は、プリズムの実験でわかるように「赤色の外」側に存在しているので、「赤外線」と名付けられました。又赤外線は、「X線」「紫外線」「可視光線」「マイクロ波」「ラジオ波」などの仲間の「電磁波」であることがわかってきました。「波長」によって、その呼び名と性質が違うわけです。

今では更に赤外線を「近赤外線」と「遠赤外線」に分けています。遠赤外線協会では、遠赤外線を波長  $3\mu\text{m}$  (ミクロン) から  $1\text{mm}$  (ミリ) =  $1,000$  ミクロンまでとしています。



私たちの身の回りにある金属を除く多くの物質（プラスチック、塗料、繊維、木材、ゴム、食物など）は、 $2.5\mu\text{m} \sim 30\mu\text{m}$ の波長域（主に遠赤外域）の電磁波をよく吸収します。又セラミックスは加熱するとこの波長域の遠赤外線を主に放射します。

セラミックスヒータによる遠赤外線が、加熱・乾燥の熱源として産業分野で広く利用されているのはそのためです。

気体については、空気(窒素と酸素)は、遠赤外線を吸収しませんが、炭酸ガス( $\text{CO}_2$ )や水蒸気( $\text{H}_2\text{O}$ )は遠赤外線を吸収します。

### (3) どんなものが遠赤外線を放射するのだろうか？

実は、絶対ゼロ度( $-273$ )という低温でない限り全ての物質は遠赤外線を放射し、温度が高ければ高いほど放射量(エネルギー)が多くなります。

同じ温度の場合は、物質により又その表面状態により放射量に違いがあることが分かって来ました。中でもセラミックスは遠赤外線を多く放射します。金属類は、放射量が少ないですが、逆によく反射しますのでヒータ裏の反射板に使われます。

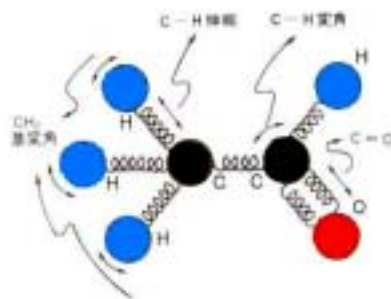
同じ物質が2つ並べられた場合は、温度が高い方から低い方へ放射され熱が移動します。

### (4) 遠赤外線はどうやって物質を温めるのだろうか？

セラミックスヒータなどから放射された遠赤外線は、光と同じ速さ(約30万km/秒=1秒間に地球を7.5周する速さ)で空間を直進し物質表面に当たります。

丁度うまい具合に、遠赤外線の振動周波数(光速÷波長)は、プラスチック、塗料、繊維、木材、食品や人間を含む動物を形成している原子相互の振動(分子の振動)とぴったり合うので、

それらの物質に照射された遠赤外線は、共鳴吸収され、形成する分子の振動を活発にして温度が上がるわけです。物質の固有振動が遠赤外線の振動周波数と共鳴するということが、まさに遠赤外線の加熱・乾燥分野で広く利用される基本なのです。遠赤外線以外の振動数(波長)では、「振動(波長)が合わない」のでこういう効果は小さいのです。



(原子が遠赤外線のエネルギーで吸収したり変角したりして振動を起している様子)

### (5) 遠赤外線は、人の体に深く浸透するのだろうか？ ガラスを透過するのだろうか？

「遠赤外線は体に深く浸透するので体の芯から温かくなる」というように書かれた暖房器具の広告が見受けられますが、間違いです。

遠赤外線の持つエネルギーは、皮膚表面から約2000 $\mu\text{m}$ の深さの中でほとんど吸収されてしまい、熱に変わります(右図参照)。その熱が血液などにより体の内部(芯)まで効率よく伝わり体を温めているのです。

近赤外線は、皮膚表面から数ミリメートルの深さまで浸透します(右図参照)。

その特徴を使い、指や手のひら内部の静脈模様を近赤外線で調べることで個人を認証する方法が、最近銀行などで導入されています。

プラスチックや植物、鉱物(石、ガラス、セラミックスなど)も遠赤外線をよく吸収し、吸収された遠赤外線は表面でほとんど熱に変わり、透過させることはありません。ガラスは、可視光線が透過するので遠赤外線も透過すると思われがちですが、間違いです。

又水やアルコールなどもよく遠赤外線を吸収し、0.1mmの厚みがあればほとんどそこで吸収され透過させることはありません。

表面が光った(酸化されていない)金属は遠赤外線を反射します。遠赤外線暖房機のヒータ背面に金属板が設置されているのは、前面に出来るだけ遠赤外線を反射集中させるためです。

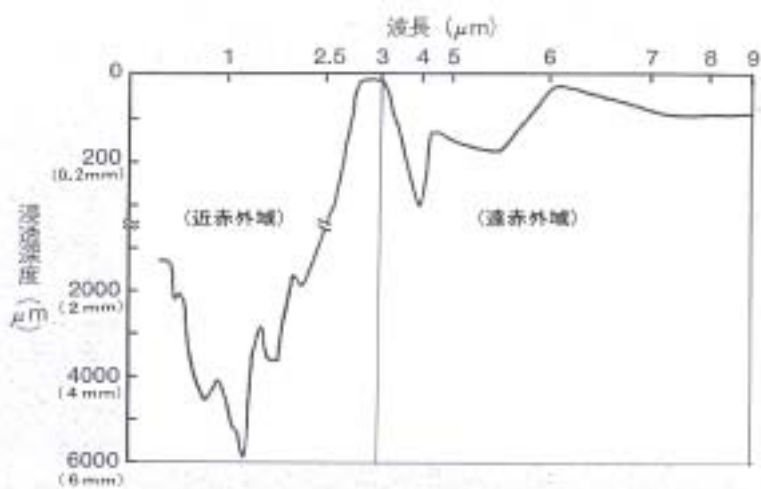


図 赤外線照射に対する人の皮膚の透過性

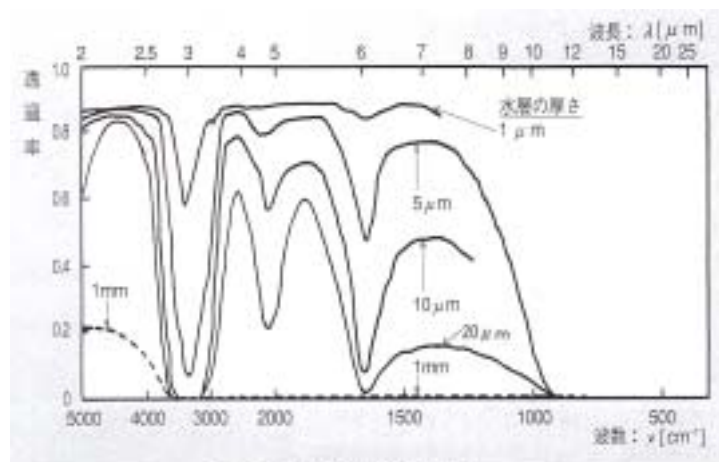


図 水の赤外線吸収における波長依存性

## (6) 放射率とは?

遠赤外線を知るには「放射率」を知らねばなりません。

ある温度の物質の表面から放射するエネルギー量と、同温度の黒体(放射で与えられたエネルギーを100%吸収する仮想物体)から放射するエネルギー量との比率を放射率といいます。

放射率は物質によってかなり異なり物質固有のものですが、その表面状態(粗度など)でも又異なります。そして波長によっても異なります。

セラミックス（金属の酸化物なども含む）は、一般に遠赤外域の波長での放射率が高く（約 0.7~0.9）与えたエネルギーを有効に相手側に放射伝熱できることから、遠赤外線放射材料として広く利用されています。酸化していない金属表面の放射率は一般に非常に低いです。（研磨アルミニウム約 0.05）

ヒータの放射率測定方法は、当協会が中心になって原案を作成した JIS R 1801「遠赤外ヒータに放射部材として用いられるセラミックスの FTIR による分光放射率の測定方法」に定められています。（注：「FTIR」とはフーリエ変換赤外分光光度計（Fourier transform infrared spectrophotometer）のことです。）

右図に石英の分光放射エネルギー密度と分光放射率のデータを、下図に市販されている2種類の遠赤外ヒータの分光放射率データを示しておきます。左側は、遠赤外波長域全体にわたって高い放射率のヒータ、右側は短波長域で低い放射率のヒータの例です。

全ての波長域で分光放射率が高ければよいというものではありません。一般的には、被加熱物の吸収パターンにあった放射特性のヒータが良いとされています。

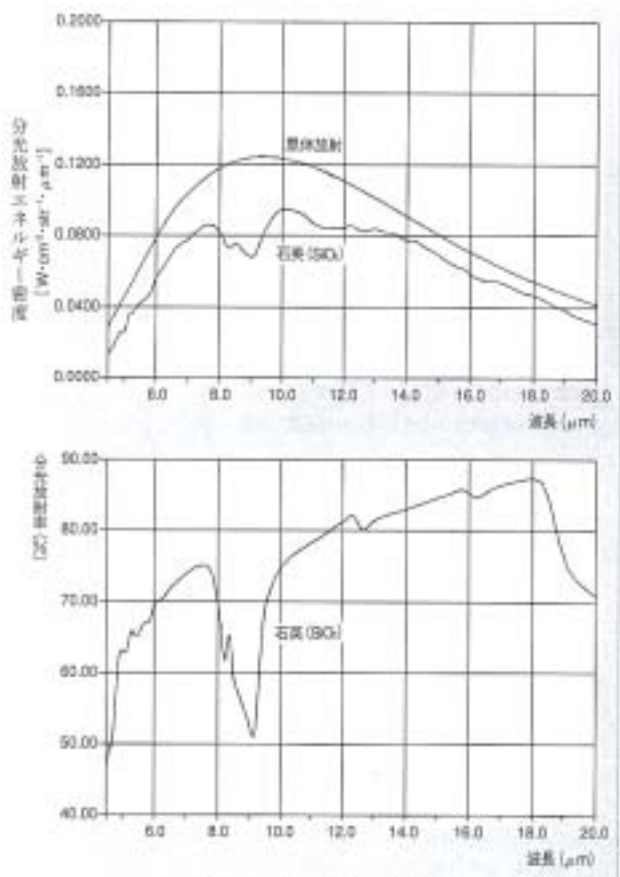


図 常温域における石英(SiO<sub>2</sub>)の分光放射特性 [40℃]

ヒータ放射部材の分光放射率 (代表的な2例)

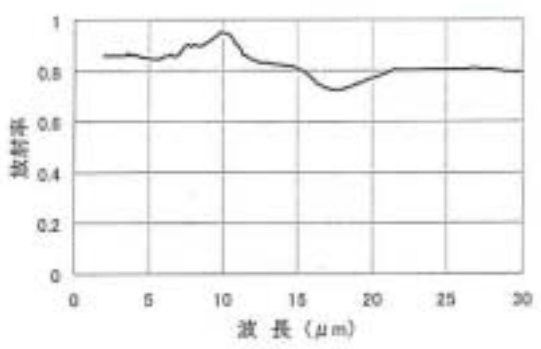


図 分光放射率の代表例 (灰色放射体型)

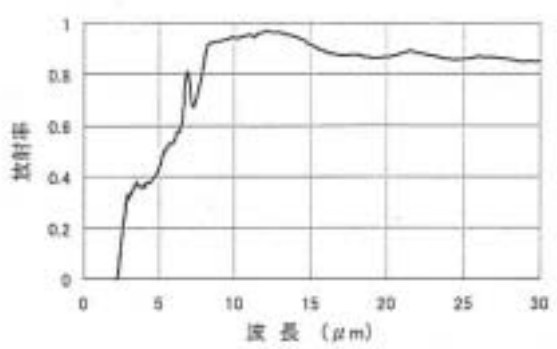


図 分光放射率の代表例 (短波長低放射率型)

## (7) 熱はどのように伝わるの：三つの熱の伝わり方(伝熱)

熱は温度の高い方から低い方へ伝わります。これが原則です。この熱の伝わり方には、伝導、対流、そして放射の三つの方式があります。現実には、この三つの方式が組み合わされた状態で熱の伝達が行われています。

### 伝導伝熱

鉄棒の先端を加熱すると次第に熱が伝わり他端まで熱くなります。このように熱が物質を伝わっていくことを伝導伝熱といいます。

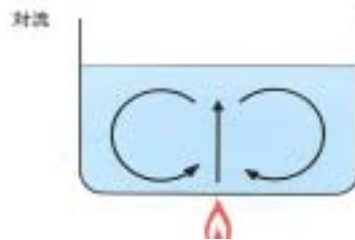


物質により熱伝導率が異なります。金属類

は熱の良導体です。気体は、一般に低熱伝導体です。したがって多孔質の物質は緻密質より熱伝導が低くなります。

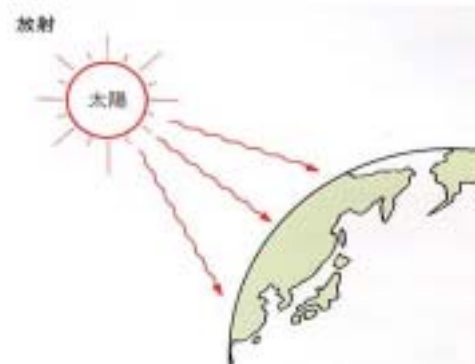
### 対流伝熱

水や空気など(液体や気体)は、下から加熱されると温まった部分が膨張して密度が軽くなり上昇し、冷たい上の部分が下降します。この作用が繰り返し行われ、全体が温度上昇します。このように液体や気体が移動することで熱を伝える方法を対流といいます。



### 放射伝熱

太陽熱(電磁波)が直接地上に到達し地球を温めているように、中間に媒体を必要としない熱の伝わり方を放射伝熱といいます。このとき熱は電磁波の形で直接物質に吸収され物質の温度を上昇させます(物質を形成する原子相互の振動を活発にさせる)。**遠赤外線**の伝熱がまさに放射伝熱です。



中間媒体に気体が存在する場合、それが窒素

( $N_2$ )や酸素( $O_2$ )の場合は、遠赤外線は吸収されませんが、炭酸ガス( $CO_2$ )や水蒸気( $H_2O$ )のような極性を持った気体には吸収されます。

## (8) 放射に関する三つの基本法則

### プランクの法則

物質はその温度に応じたエネルギーを電磁波の形で放射し相手に伝えます。伝えられるエネルギーと波長の関係はその物質の温度によって変化し、図に示すような関係になっています。この関係のことをプランクの法則といいます。この法則は、黒体（放射率=1）について示されていて、実際の物質では放射率が物質により又表面状態などにより黒体と異なっている（放射率は、必ず1以下になります）のでこの法則から少しずれた特性を示します。即ち黒体と同一温度の実際の物質は、黒体の示す山形曲線より下側に位置する分光放射エネルギー曲線となります。

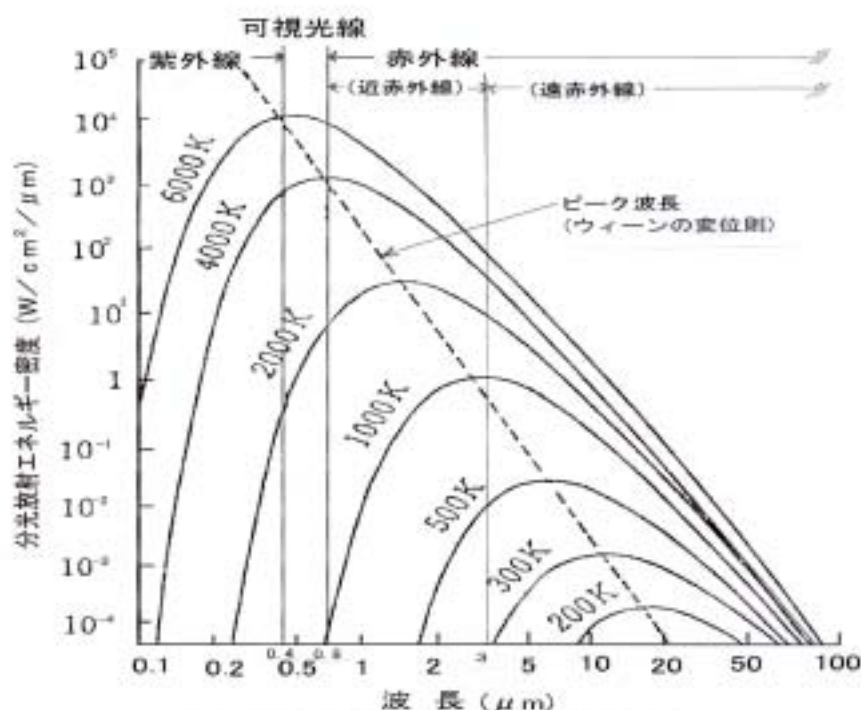


図 各温度における黒体の放射エネルギー  
(プランクの法則)

### ステファンボルツマンの法則

物質から伝えられる放射エネルギーの量は、その物質の温度が高くなるにしたがって大きくなります（プランクの法則の図参照）。

絶対温度  $T$ （単位：ケルビン  $K$ ）の黒体から伝えられるエネルギー量（ $E$ ）は、次式で示されるように、絶対温度の4乗に比例します。

$$E = 5.6697 \times 10^{-8} \cdot T^4 \quad [W/m^2]$$

これをステファンボルツマンの法則といいます。

### ウィーンの変位則

物質から伝えられる電磁波の**ピーク波長**（一番エネルギーの高いところ）は、放射体の絶対温度が高くなるに従って、短い波長のほうに移行します（プランクの法則の図参照）。絶対温度  $T$ （ $K$ ）の黒体から伝えられる電磁波のピーク波長（ $\lambda$ ）は、次式で

与えられます。

$$= 2897 / T \quad [\mu m]$$

これをウィーンの変位則といいます。

例えば、今36 (絶対温度  $T = 36 + 273 = 309 \text{ K}$ ) の体温を持った人が放射する電磁波のピーク波長 ( ) は、 $2897 \div 309 = 9.4 \mu m$  となります。即ち、人は、約  $9.4 \mu m$  をピークとした遠赤外線を放射しているわけです。

ウィーンの変位則で示されるピーク波長について知っておかねばならないことは、そのピークのところで2分される山形のグラフの、短波長側の積算面積 (エネルギー) は、全体エネルギーの25%で、長波長側は75%であることです。長波長側 (遠赤外域側) が、3倍のエネルギーを放射しているのです。

それでは、絶対温度  $T$  (K) の黒体で、その放射エネルギーを2分する波長 ( ) はどこかということ、 $= 4,108 / T \quad [\mu m]$  という式で求められます。

例えば、近赤外線域と遠赤外線域の境目の波長  $3 \mu m$  のところで、放射エネルギーが50%づつに分かれる黒体温度  $T$  は、 $T = 4,108 / 3 = 1,369 \text{ (K)}$  ( $= 1,369 - 273$ ) =  $1,096$  となります。かなり高温まで遠赤外線が放射エネルギーの中でウェイトを占めていることがこれで分かります。又、この時のピーク波長は  $2,898 / 1,369 = 2.1 \mu m$  で当然ながら近赤外域にあります。

### (9) 遠赤外加熱(放射伝熱)の特徴

品物を遠赤外ヒータで加熱する場合、ヒータから品物へはそれぞれの温度(絶対温度K)を4乗した値の差に比例した熱が流れます。ヒータの温度は、常に品物よりかなり高く維持できますので、熱流は加熱期間中あまり変化せず維持されます。熱がどんどん品物へ流入しますので効率の良い加熱が出来るわけです。(下図参照)

一方、熱風加熱などの場合は、熱風温度と品物表面温度の差に比例した熱流が流れます。この場合、すぐに品物表面温度が熱風温度に近づきますので両者の温度差が無くなり熱流は低下してしまいます。従って熱流はなかなか品物へ入っていかなくなります。(下図参照) 加熱効率を上げるため、無理に熱風温度を上げると、品物表面を焦がしたりする弊害が出るようになります。このことは、熱板による加熱(伝導)についても同じです。

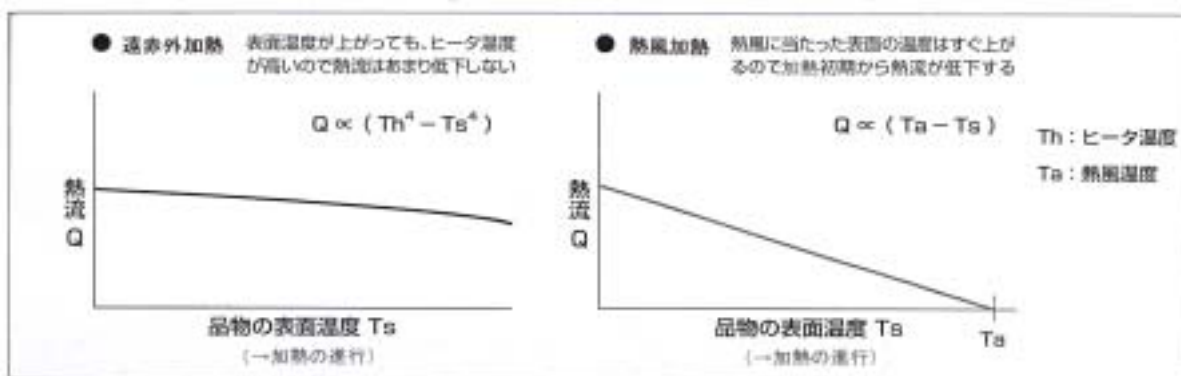
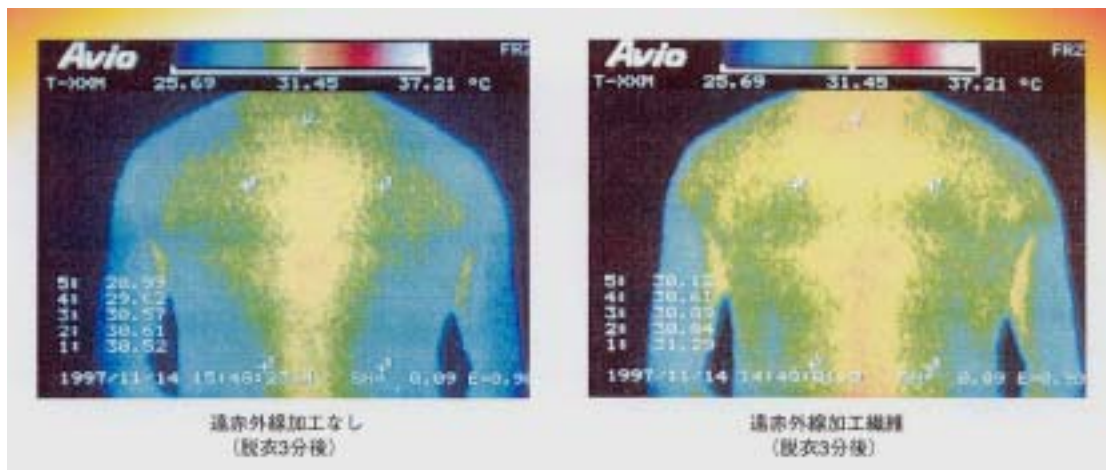


図 遠赤外加熱と熱風加熱との熱の流れ方の違い

## (10) 遠赤外線加工繊維の特徴

繊維は、身の回りの物質の中でも、遠赤外線の吸収や再放射の特性が高い物質です。「遠赤外線加工繊維」とは、遠赤外線を吸収、及び再放射しやすいセラミックスなどの物質を、化学繊維の場合は繊維の内部に練り込んだり、あるいは天然繊維では繊維の外部にコーティングを施したりして、元の繊維よりもより広い波長範囲の遠赤外線に対して吸収・再放射特性を高めて、保温性を向上させた繊維をいいます。

加工済みの繊維と未加工の同質の繊維を、物理的に測定すれば加工済みの繊維の方が、明らかに遠赤外線の吸収・再放射特性は向上し、従って、保温性も高まっています。この事は、実際の着用前後における皮膚温度測定で、加工繊維を使ったものの方が高い皮膚温を示すという結果で検証されています。



## (11) 遠赤外線協会の認定制度

(社)遠赤外線協会では、家電・ガス器具に続いて、1997年に繊維分野の認定制度を創設しました。目的は消費者保護、遠赤外線の利用の促進、健全な遠赤外線産業の育成です。すでに多くの製品に、当協会の認定マークがつけられています。

遠赤外線製品の宣伝媒体に「健康に良い」又は、「病に効く」という表示をしたものがありますが、健康などにどのような効用があるのか、まだ十分には確認されてはいません。当協会では、科学的に実証されている加熱特性・保温特性のみを認定の対象としておりません。

### 「参考資料」

- 木村嘉孝：遠赤外線協会会報、「遠赤外線の基礎」(1)(1997年第4号)～(20)(2000年第4号)
- 日本電熱協会遠赤外線委員会編：「遠赤外線の理論と実際」(平成3年3月、(株)オーム社発行)
- 清水賢等編集：「遠赤外線の最新技術とその応用」(1991年1月、(株)技術情報センター発行)
- 高田紘一、江川芳信、佐々木久夫編：「実用遠赤外線」(1992年2月、(株)人間と歴史社発行)
- 東北電力冊子：「遠赤外加熱」(1990年11月、日本電熱協会発行)

---

JIS Z 8117:2002 : 「遠赤外線用語」(平成 14 年 3 月、(財)日本規格協会発行)

JIS R 1801:2002 : 「遠赤外ヒータに放射部材として用いられるセラミックスの FTIR による分光放射率測定方法」(平成 14 年 3 月、(財)日本規格協会発行)

JIS R 1803:2005 : 「遠赤外ヒータの遠赤外域における分光放射エネルギーの測定法」(平成 17 年 3 月、(財)日本規格協会発行)

(注：上記 3 つの JIS は、当協会が原案を作成いたしました。)

(社)遠赤外線協会リーフレット：「遠赤外乾燥」(遠赤外加熱解説シリーズ. 2 )

(社)遠赤外線協会リーフレット：「遠赤外線」冬の日溜りの暖かさ！(加工繊維製品類)

[トップページへ戻る](#)