

木炭の遠赤外線の利用

梅 原 勝 雄

はじめに

最近、遠赤外線は食品加工やそのほかのいろいろな分野で、今までとは違った形で利用され始めています。これは遠赤外線が食品に当たると、表面が加熱されると同時に熱が内部に伝わるため、食品の成分を変えずに瞬間的に乾燥することを利用しています。また、人体に遠赤外線が当たると、体表面の温度が上昇すると同時に、内部に温度が伝わり体のしんから温まることになります。

木炭は燃焼する時に遠赤外線を放射するといわれています。また最近では、セラミックボールが常温でも遠赤外線を放射するともいわれており、木炭入りのセラミックが特許になりました。木炭マットからの常温での遠赤外線放射も話題になっています。住宅の床下に木炭を敷いて湿度を調節することがありますが、湿気を吸うことはもちろんですが、床下温度が上がり、その結果として湿度も下がるということも聞いています。平成5年

に解体された旭川市の常磐体育館の床下にもびっしりと木炭粉が敷かれていました（写真1）。

筆者はこれまで、木炭が常温やサウナ環境ではどのくらい遠赤外線を放射するのか興味深く思っていました。そんな折、平成4年にこのことを確認する実験を実施しましたので、実験結果を含めて紹介します。

遠赤外線とは

赤外線は人間の目に見える可視光線よりも波長が長い、 $0.76\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ の範囲の電磁波です。太陽光線に当たると暖かいのはこの赤外線によるものです。

遠赤外線はそのうち $4\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ の範囲の電磁波です。

一般的に、工業で利用されているのは $2.5\sim 30\mu\text{m}$ の波長の範囲であり、中赤外線と遠赤外線の一部です。

遠赤外線の出るしくみは

今、たとえば 20°C の物質があるとすると、その物質表面からは、その 20°C に対応したエネルギーを放射しています。人間の体からも、体温の三十数度というその温度に相当する放射エネルギーを出しています。

一般に用いられる放射温度計は、 $8\sim 10\mu\text{m}$ の放射線エネルギーを積算して測定するので、体温程度の低い温度でも測ることができます。

様々な物質の中で、金属結合でできている金属物質は、この赤外線領域に振動数を持っています。



写真1 木炭粉が床下に敷かれていた旭川市の常磐体育館

ん。そのため、金属の遠赤外線放射エネルギーは低いものになってます。

一方、イオン結合あるいは共有結合している物質は、すべて数 μm ～数十 μm 付近に振動分布を持っています。特にセラミック（金属酸化物）は放射エネルギーが高いといわれています。セラミックヒーターは表面にセラミックがあり、その内側の電熱ヒーターで与えた熱を、そのセラミックにより90%以上の高い効率で遠赤外線に変えて放射しています。

遠赤外線が物質に放射されると、遠赤外線の電磁波エネルギーは分子の振動エネルギーに変換されます。

ある固有振動数（その物質特有の振動数）で動いている物質に、熱を与えてたとえば100℃という温度にすると、その物質はエネルギーを吸収して励起状態（エネルギーの高い状態）になります。すると、その物質は元のエネルギーとの差を電磁波として放出して、また元のエネルギー状態に戻ります。そこで放射される電磁波が赤外線です。

実施した実験の紹介

(1) 遠赤外線を測定した木炭

現在、北海道で使用されている木炭の多くは、炭がまで焼かれた黒炭です。今回は、この黒炭だけでなく白炭を含めた北海道産の木炭を試料として使用しました。池田町の本郷林業のナラの白炭、夕張木炭製造株式会社のカラマツの黒炭、下川森林組合のブロック炉で焼いたカラマツの黒炭です。

(2) 実験方法

まず、木炭を乳鉢で細かく粉砕し、鉄板の上に薄い層を作り試料としました。カラマツ黒炭は比重が低いいためか、なかなか試料が作れませんでした。

試料の遠赤外線放射量を測定する準備として、試料の温度と赤外線放射率の関係を調べておく必要があります。そこで赤外線放射率を0.9と仮定し、放射率が0.91と既知である標準板の放射特性を持った塗料を試料台に置いて、裏面および表面

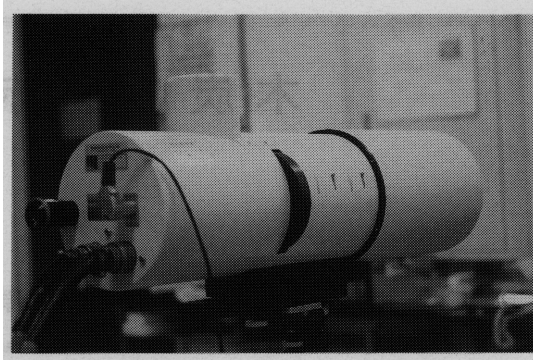


写真2 赤外線測定装置本体

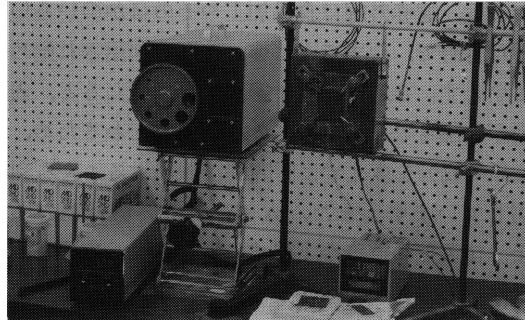


写真3 黒体炉（左）と試料台（右）と温度表示計（右下）

の温度と放射温度の3つの温度を測定して、温度と放射率の検量線を書きました。これを基準に遠赤外線を測定しました。

遠赤外線の測定には写真2の赤外線放射エネルギー測定装置を使いました。この装置はディスク状のフィルターが高速回転することによって、干渉フィルターと同じ働きをし、赤外線の波長帯を選択する機構になっています。各試料は、2.5～14.5 μm まで70分割で5回測定しました。

また、各試料とは別に写真3のような黒体炉の遠赤外線放射エネルギーも測定し、同じ温度の黒体炉の放射と試料の放射を比較しました。黒体炉は、輻射の基準として用いられている黒体から作られた物体で、黒体はすべての波長の輻射を完全に吸収すると仮想されたものです。そして、黒体の放射に関するプランクの放射の公式に準ずるという前提で、温度に相関させてエネルギーを算出しました。

(3) 温度により、放射される遠赤外線の波長とエネルギー量が異なる

ナラ黒炭の約80, 150, 300°Cで測定した遠赤外線放射輝度曲線を図1に示します。

80°Cに比べ150°C, 300°Cと順次放射輝度が大きくなりました。

ナラ黒炭の異体炉と比較した遠赤外線放射率曲線を図2に示します。

78°Cでは平均75%程度, 300°Cでは平均85.5%程度放射しています。つまり、温度によって放射率に多少の差があったわけです。

(4) 低温でも遠赤外線を放射、サウナの温度では増大

図1のデータでは、波長ごとに放射エネルギーが温度とよく比例し、よい相関が得られました。そこで、この関係を低温側に延長して得た、ナラ黒炭の遠赤外線放射輝度曲線を図3に示します。

長波長側では、すべての温度でプラスになり、室内に木炭を置く場合や床暖房を想定した25°Cという低温でも、エネルギーはわずかですが、遠赤外線が出ていることが分かります。

低温側に延長して、3~14 μm までの放射エネルギーを積算して求めた各温度の遠赤外線放射エネルギーを図4に示します。

人間の体温を想定した35°C, 風呂のお湯の温度を想定した42°Cでは、順次遠赤外線が増えていきます。

また、サウナの壁に木炭を並べて使用した場合を想定した100°Cでは、かなりの遠赤外線を放射していることが推定されました。このことはサウナだけのことではなく、備長炭などの炭を炊飯器に入れてご飯を炊く時にも(約100°Cですから)、同じ程度の遠赤外線を放射していることが推定できます。

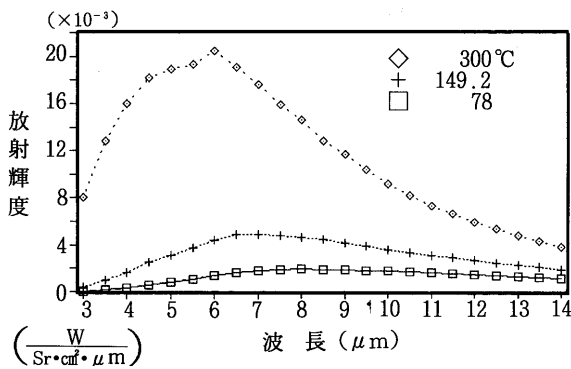


図1 ナラ黒炭の遠赤外線放射輝度曲線

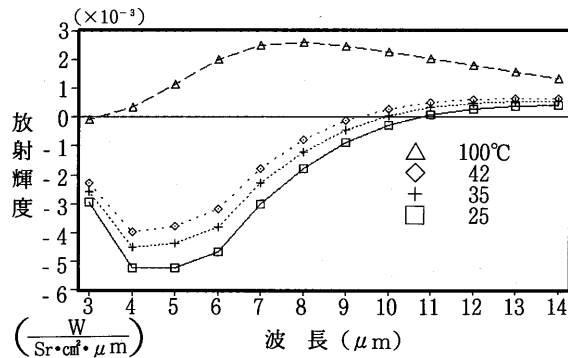


図3 低温域におけるナラ黒炭の推定遠赤外線放射輝度曲線

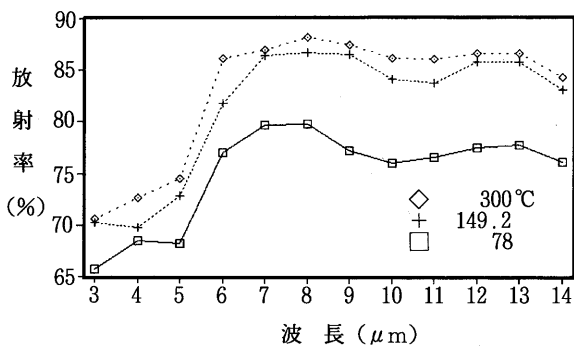


図2 ナラ黒炭の遠赤外線放射率曲線

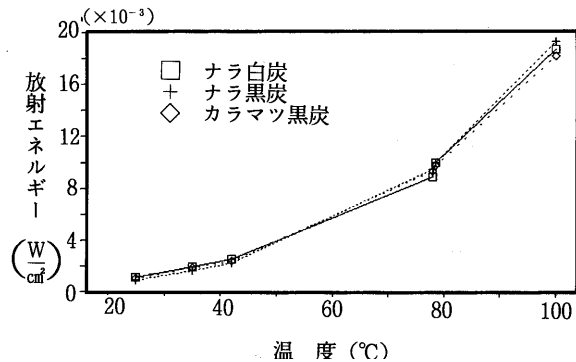


図4 低温域における木炭の温度と遠赤外線の関係

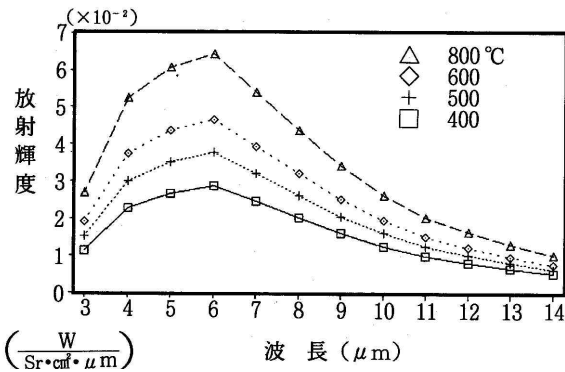


図5 高温域におけるナラ黒炭の推定遠赤外線放射輝度曲線

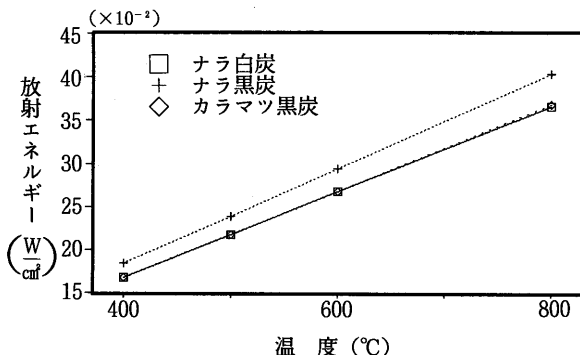


図6 高温域における木炭の温度と遠赤外線の関係

(5) 燃焼時、昇温とともに遠赤外線放射が増大
次に、燃焼させた時を想定して、400～800℃の高温側に延長して得たナラ黒炭の遠赤外線放射輝度曲線を図5に示します。

図3と比較すると、かなり多くの波長の遠赤外線を放射することが推定されます。

3～14 μmまでの放射エネルギーを高温側に延長して積算して求めた、各温度のおよその遠赤外線放射エネルギーを図6に示します。

野外レジャーや居酒屋で炭火を使って焼き物をする場合、このように多くの遠赤外線が出ているものと推定されます。炭火の温度は、うちわのおおき方一つで大きく変わるといわれます。おおきなければ、炭火の温度は300～400℃程度です。おおくと炭の温度は高くなり、そうすると、この図から遠赤外線が多く放射されることが分かりま

す。ですから焼き鳥を焼く場合、うちわであおぐと、肉がおいしく焼けるということになります。

このように、80、150、300℃という3点の温度による放射エネルギー曲線から、低温側と、高温側の遠赤外線を推定しましたが、実際に測定されたエネルギーはこれとよく一致しているそうです。

木炭をサウナに入ると、どんな効果があるか

乾式サウナの室温は100℃前後と、通常の室温に比べて高いので、図3の実験結果に示したように放射する遠赤外線の波長の範囲が広がります。体の表面に放射されたこれらの遠赤外線エネルギーが、伝導によって体の内部に伝わり、体のしんから温まることになります。炭素の放射率は、だいたい0.8くらいですから、表面特性によっては、強弱がありますが、100℃という温度によって受けたエネルギー全体の約8割が、壁面の木炭から放射されることになります。

おわりに

最近売り出されている木炭マットや木炭の枕からも、遠赤外線が出ているといわれています。これは、寝ている人間の体温が熱エネルギー源となり、図4のような遠赤外線エネルギーを、熱の発生源である人間に向かって放射していることになります。

今回紹介した実験は、木炭をサウナや風呂の中に入れて使ったら遠赤外線が出るのではないかとという発想で行ったものですが、何かの役に立てば幸いです。

最後に、この遠赤外線の試料の前処理や測定を行っていただいた工業試験場・工業技術センターの尾谷指導第三科長、同試験場資源エネルギー部の蓑島研究職員に感謝します。

(林産試験場 物性利用科)