

遠赤外線加熱利用について

橋本健司

はじめに

石焼き芋や天津甘栗が、表皮を焦がさずにふっくらと焼きあがるのは、石を加熱することにより放射される赤外線の種類である遠赤外線の働きによることが知られています。

産業界での遠赤外線の利用は、一九三〇年代、アメリカのフォード社が自動車の塗装の乾燥工程に導入したのが最初と言われています。現在では、自動車のほか機械、電気製品の外装の乾燥、食品の焼きあげ、乾燥等巾広い分野で使われ出しております。さらに健康医療器への製品開発も進められています。

先日、NHKで「ブームふしぎ光線」が放映され、その中で低温サウナ、ドライフラワー、アジの開きの乾燥に遠赤外線が取りあげられておりました。御覧になられた方は、遠赤外線の使用用途が今ますます広がると思われることと思います。

遠赤外線が存在が分つたのは、一八〇〇年イギリスの F. W. Herschel が太陽スペクトルの赤外部より長波長の部分に熱効果の大きい放射線のあることを発見したことに起因しています。そして今日、遠赤外線を人工的に

放射出来る品質の良い放射体（ヒータ）が技術開発されつつある中で、その用途も拡大してきたものです。遠赤外線に関しては、最近、加工業者の方からも水試の方へ問い合わせがありますが、遠赤外線を利用した試験は今までやっておりませんので、ここでは、遠赤外線の基本的な性質や作用効果を最近の新聞、雑誌等に掲載されていたものから抜粋あるいは整理して、ご紹介いたします。

遠赤外線とは

赤外線は熱線とも言われ、電磁波（振動電場が磁場を伴って波動として空間を伝搬する現象を言う。広義には一〇のマイナス一七乗から一〇の五乗メートルのものを総称し、狭義には一〇のマイナス二乗から一〇の五乗メートルのものをいい、単に電波と呼ばれる）の仲間であらうに示すように可視光線（波長〇・三八から〇・七五マイクロメートル、一マイクロメートルは千分の一ミリメートル）とマイクロ波（一ミリメートルから一メートル）の波長帯域の中間に位置しております。また、赤外線は、近赤外線（〇・七五から一・

ガンマ線	X線	紫外線	可視光線	赤外線	電波								
					マイクロ波		極超短波	超短波	短波	中波	長波		
					サブミリ波	ミリ波					UHF	VHF	HF

波長 $10^{-5} \mu\text{m}$ $0.2 \mu\text{m}$ $0.38 \mu\text{m}$ $0.75 \mu\text{m}$ $1,000 \mu\text{m}$ 100cm

近赤外線	中間赤外線	遠赤外線
波長 (μm) 0.75	1.5	2.5
		1,000

図1 電磁波の波長による呼び方

五マイクロメートル)、中間赤外線(一・五から二・五マイクロメートル)および遠赤外線(二・五から一〇〇マイクロメートル)におおよそ三分区されます。波長が異なると呼称も性質も異なっています。また、波長域の区分は人によってまちまちで、明確に規定されておりません。赤外線加熱を利用する立場からは、近赤外線、遠赤外線を前記波長で区分した方が都合が良いとのことです。それ

では、従来、赤外線乾燥として使用してきた赤外線電球や電気コンロ等の加熱方式と遠赤外線との違いをまずはっきりさせる必要があります。赤外線電球は主として近赤外線を放射するように作られた白熱タングステン電球です。フィラメント温度約二三〇度で、最大放射波長が約一・一五マイクロメートルになるように作られた電球です。また、ガラスの材質に赤色のセレンガラスを用いたものは紫外線などの短波長域のものを遮断して被乾燥物(例えば染色した布)の光化学的变化を防ぐようにしたものです。また、その他に不透明な石英管内にニクロム線を内蔵して、約四マイクロメートルまでの赤外線を放射する管状の赤外線電球があり、一・〇二マイクロメートルの赤外線を放射する電気コタツに使用されている赤外線ランプがあります。これらのことから、従来赤外線加熱・乾燥といわれてきたものには、多少遠赤外線領域まで広がってきたものもありますが、主として近赤外線、中間赤外線の波長域のものを使用して

きたこととなります。余談になりますが、窓辺でガラス越しに日光浴した場合、温みを感じる赤外線は、普通のガラスは特に酸化鉄分が多くないかぎり、二・五マイクロメートルまでの赤外線をよく透過するというところで、主として近赤外線と中間赤外線ということになります。

赤外線的全波長域のエネルギーが万遍なく食品の加熱、乾燥に利用できるのではなく、食品にはそれぞれ特有の赤外線吸収帯があって、この吸収帯と合致した赤外線波長帯のエネルギーのみが食品の加熱、乾燥に利用できることとなります。遠赤外線の波長域は非常に広い領域ですが、実際の応用面で加熱効果を発揮する波長域は二から三〇マイクロメートルと言われております。

遠赤外線の発熱現象

熱とは、マクロな物体(物体は一般に分子の集まりであり、分子は原子からできております)の中でのミクロな分子や原子の運動であり、物体の温度とは、その物体を構成している分子の動きの激しさを示すものです。従って、熱による運動エネルギーの平均値が温度そのものであるといえます。

マクロに見れば静止している物体でも、有限温度をもつ物体内では原子や分子は不規則な運動(熱運動)をしています。これらの運動が停止する温度はマイナス二七三度で絶対零度といえます。これより低い温度は存在し

ません。この点を基準にした温度を絶対温度といいKと表します。例えば摂氏二七度は絶対温度で言えば三〇〇Kで表現されます。

物体に熱を加えるということは、物体内の不規則な運動を激しくさせることとなります。

内部で熱運動する物体は、運動エネルギーの平均値である温度に対応した波長の電磁波を放射して安定した状態になろうとする性質を持っています。我々が日常取り扱っている温度帯で、食品などの有機物や水分などは、いずれも波長二・五から二五マイクロメートルの遠赤外線領域にそれぞれ物質固有の赤外線吸収帯を持っており、ここに物体の加熱と遠赤外線との関連が出て来るわけです。また、熱の伝わり方には、伝導、対流、放射の三種類があります。伝導とは、物を伝わって熱が移動する方法、対流とは、液体、気体が移動することにより熱も一緒に移動する方法、放射とは、電磁波が直接食品等の被射物に吸収され、被射物の構成分子内部で共振(振動体に周期的な外力が働く時、その振動数が振動体の固有振動数に近く成るに従いよく振動するようになり、固有振動数に等しくなった時激しく振動する)現象を起こし、自己加熱する方法です。遠赤外線加熱は、放射で加熱する方法ですので空気を暖める必要があります。その際、被射物の吸収波長と同一の波長の遠赤外線を後述するヒータで放射してやる必要があります。

遠赤外線は光と似た性質を持っていますの

で、物体に放射されると反射、透過、吸収の経路の中で吸収された遠赤外線のみが発熱に関与することになります。放射熱伝達の特徴は、前述したように中間の熱媒体（空気等）を加熱する必要がなく、直接かつ瞬間的に高温熱源から低温の被加熱物に熱エネルギーが伝えられることにあります。このため加熱の立ち上がりが速い利点があるので速熱性、省エネルギー性を持つとして注目されているわけです。次項でもう少し詳しくふれてみます。

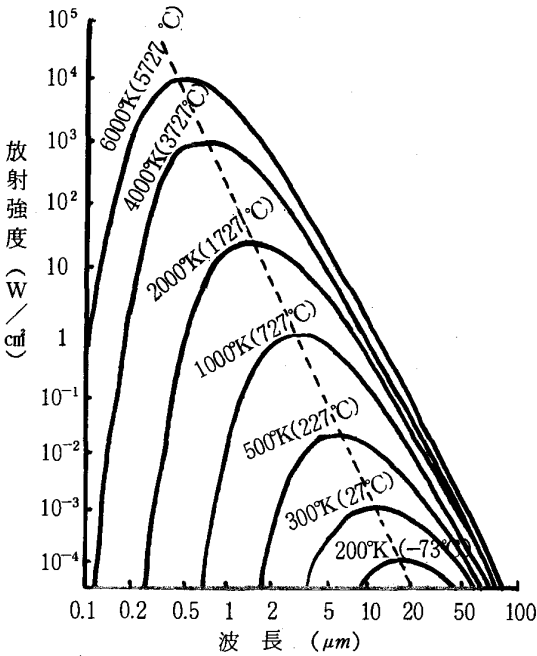
放射伝熱について

温度あるところ電磁波ありと言われるように、物体は、運動エネルギーの大きさ、すなわち運動エネルギーの平均値である温度に対応した波長の電磁波を放射して、安定した状態になろうとする性質をもっています。電磁波は物体に達した時、一部は反射し、残りは内部に入射し、さらに吸収または透過されます。これらの割合をそれぞれの物体の反射率、吸収率、透過率といい、これらの三者の合計は一であるという関係があります。

一般に固体、液体では吸収率が大きく、透過率は無視出来ませんが気体では水蒸気(H₂O)、炭酸ガス(CO₂)等三原子分子以上の気体を除くと反射率はほとんど〇で吸収率も小さく、透過率が一に近い。熱放射線をことごとく吸収して反射も透過もしない理想的な物体を仮想して、これを完全黒体または黒体と名づけています。黒体の吸収率は一であり、また、

黒体の持つているエネルギー放射能力はあらゆる物質より大きく、その放射率を一としていろいろな物体に熱や光の放射力が比較されています。この黒体は、プランクの法則で示され図2のようになります。図から分かるように放射表面温度が高くなると熱放射のエネルギーは急激に増加します。温度と放射エネルギー間には「完全な黒体の単位表面積から単位時間に発せられる全熱放射エネルギーは、その物体の絶対温度の四乗に比例する」という法則（ステファンボルツマンの法則）があります。また、同時に最大の強さを示す熱放

射線の波長が短波長のほうに移行します。すなわち固体が高温になるほど可視光線の多い熱放射線を発し、例えば、鉄をあたためて温度を高くすると七〇〇度くらいで赤くなりはじめ、一〇〇〇度では鮮やかな赤色に、一三〇〇度では白色になります。可視光線には波長の長い方から赤、橙、黄、緑、青、藍、紫の七色があり、これらの色が混ざりあわされると白くなることは良く知られていることです。この法則をウィーンの変位法則と呼び $T \lambda_{\max} = 2897$ で示されます。Tは絶対温度、 λ_{\max} (μm) はエネルギーの最大密度に対



(種村、食品技術情報参考)

図2 各種温度における黒体放射のエネルギー密度

応する波長を意味しております。これは後述する遠赤外線放射する放射体（ヒータ）の選別や設定条件に重要な法則です。放射体から放射されるエネルギーの波長特性は表面温度によって決まりますので、表面温度を一定の温度に、かつ均一にコントロール出来る放射体である必要があります。例えば、単純に考えると、水の赤外線スペクトルは、二・七マイクロメートルと六・一マイクロメートルで最も大きな吸収ピークがあり、かつ、吸収係数を推算した報告を見るとこの付近の波長では小さい。吸収係数が小さい波長域の赤外線は媒体内部まで透過し、吸収係数の大きい波長域の赤外線は表面近傍でほとんど吸収されてしまいます。このことは、近赤外線加熱では、遠赤外線加熱よりも物質の内部まで加熱することと符合します。遠赤外線が水を加熱するには、二・七マイクロメートルと六・一マイクロメートルの遠赤外線を放射するヒータが有利となります。その時のヒータの表面温度は二・七マイクロメートルでは一〇七三K（八〇〇℃）、六・一マイクロメートルでは四七五K（二〇二℃）と前式から計算されます。これらの温度を維持できるヒータが水の加熱の条件になるわけです。

遠赤外線を利用して食品を加熱、乾燥する場合、食品の熱的物性（密度、比熱、熱伝導度等）と光学的物性（屈折率・反射率・吸収スペクトル・吸収係数等）を調査し、それら

の基礎データを知る必要があるといわれています。特に重要なのは赤外線吸収スペクトルと吸収係数です。食品の赤外線スペクトルはかなり測定されておりますが、吸収スペクトルは、どの波長域がその食品の吸収帯であるかにすぎないので、遠赤外線放射エネルギーの移動の立場から見た場合、この種のスペクトル分布だけでは不十分であり、ある波長の光が一センチメートル進む間にどれだけ吸収されるかを示す物理量、すなわち吸収係数を知る必要があると言われております。しかし、食品を加熱、乾燥すれば表面から水分が蒸発し、含水率が低くなる（含水率分布の不均一さを伴って）に従い、もともと複雑な形態をしている食品がさらに複雑さを呈してきます。それ故、加熱、乾燥工程中の食品の理論的に必要とされる熱的、光学的物性を系統的に定量的に捕らえることは、非常に複雑で困難な作業であります。それ故、遠赤外線を食品全般に利用する困難さがあります。

遠赤外線放射体（ヒータ）

日本で初めて遠赤外線放射体が製作されたのは一五年程前でした。遠赤外線放射は当時でもその効果の有用性は言われていましたが、あまり発展しませんでした。その原因としては、遠赤外線放射体の単価が高く、加工法が未熟であり、かつ、利用技術が未知であったため、利用してみると初期の期待ほど利用価値がないと考えられたためです。しかし、二

度におよぶ石油危機を経験し、省エネルギーが国策として重要なテーマとなってから再び遠赤外線の利用が活発となり、大企業が放射体の開発に参加し始めました。セラミックスなどの新素材がハイテクの流れに乗って開発が進むにつれ遠赤外線加熱の作用効果を見直す気運が高まってきました。現在では、近赤外線波長域、遠赤外線波長域および赤外線全波長域それぞれで放射率の高い放射体が開発されつつあります。

遠赤外線波長域は、非常に広い領域ですが実際の応用面で加熱効果を発揮する波長域は二から三〇マイクロメートルと言われております。現在市販されている遠赤外線放射体は五〇マイクロメートルまでがほぼ限界のようです。

遠赤外線放射体は、材質的にセラミックスタイプと金属面に放射体をコーティングしたタイプの二種類に大別されます。セラミックスタイプとコーティングタイプの差については前者は、放射体の特性が半永久的であり、耐蝕性にすぐれていますが、コーティング部の一方、後者は衝撃に強いが、コーティング部の耐蝕性、剥離について注意が必要である。実際、食品を加熱する場合、遠赤外線は直進性がありますので、影になる部分には効果がありませんから放射体の形状も表1に示すようにランプ状、棒状、面状などがあります。用途によって、どの形状のものをどのように配置するか、また、遠赤外線の直進性と反射板

表1 電熱による遠赤外線放射体の種類

形状	遠赤外線放射体の構成	最高使用温度 (°C)	ピーク波長 (μm)	最大発熱密度 (kW/m ²)
ランプ状	抵抗発熱体の表面にセラミックをライニングした小リング、あるいは表面を酸化処理した8字状シースヒータをパラボラ形反射面でランプ型に構成	650	3.0	14
棒状	ステンレス鋼管表面に金属酸化物をライニングし、この管に酸化マグネシウムで絶縁したニクロム線をセット	600	3.8	28
	ジルコニウムまたはチタニウム系セラミック焼結管にニクロム線を挿入して棒状に構成	500	4.2	22
面状	表面酸化膜処理したステンレス鋼板の裏側に、MIケーブルを反射板と断熱材で固定して面状に構成	550	4.0	16
	表面にセラミックコーティングしたステンレス鋼板を裏面からニクロム線ヒータで加熱	360	4.8	17
	平板状セラミック板の裏面にニクロム線ヒータ埋め込み。あるいは、陶磁器にヒータ線を封入、焼成して面状に構成	500	4.0	12
	ニクロム線を耐熱性繊維に織り込んだ布の表面へ、黒体塗料をコーティングしたもの	400	4.5	13
	パイレックスガラスの裏面に抵抗発熱体を溶射または接合で取り付けけた構造	340	5.0	14

(杉山昌、食品工業より抜粋)

(アルミ製またはステンレス製)を利用して効率良く加熱出来ますが、反射板の形状によっても被加熱物の温度上昇が異なりますので、反射板の形状も重要な要素となります。

遠赤外線放射体としての性能は、被加熱物に有効な波長領域の放射を、最適温度から最適エネルギー密度で、最適に制御された熱源として熱エネルギーを供給できるか否かであって、単に放射率の高さによるものではありません。放射熱源に求められる条件に比較的よく合うヒータは、面状放射体で、その中のひとつに、優れた特性が評価されているインフラミックス面ヒータがあります。このインフラミックス面ヒータは、放射面の表面を酸化膜処理し、ステンレス鋼板を背面から高温用無機絶縁発熱ケーブルで加熱し、その後反射板と断熱材が組み合わされた一体構造になっています。従って、その特徴は、放射加熱の効率が高く、放射面の温度分布にすぐれ、熱伝導性の良さと小さい熱容量から得られる温度応答性の迅速さなどとなっています。

また、遠赤外線放射体(ヒータ)の加熱源については、電気・スチーム・燃焼ガス等の熱が利用されますが、制御性のある電気タイプのヒータが利用されています。

食品用として、遠赤外線ヒータを選択する際の注意点としては、対象とする食品の波長特性を充分調査した上で、ヒータの放射特性が対象食品の波長特性と合致するものを選択する必要があります。

遠赤外線放射は、固体表面からの温度放射によって得られますので、放射源となる材料を外部から加熱する機構の放射体すなわちヒータが多い。加熱装置の遠

赤外線放射源に要求される一般的なことを整理しますと次のようなことがあげられます。

①放射面の温度を均一に、かつ任意に迅速に制御できること。

②対象食品の波長特性と合致する放射特性を有すること。

③熱放射面からの放射電熱による熱移動以外の機構による熱損失がなるべく少ない構造であること。

④放射源の材質は耐熱性が高く、機械的に強く、かつ、ヒータとしての耐久性に優れていること。

⑤加熱装置の熱源として、構造設計や製作加工が容易なものであること。

⑥食品を扱う場合、特に異物混入を防止するため、コーティングタイプヒータの場合、剥離しないものを使用すること。

などの条件があげられます。

遠赤外線の利用

遠赤外線加熱方式による作用効果の特徴を整理しますとおおよそ次のことが言えます。

①熱放射は空気や水蒸気に殆ど吸収されないで被加熱物の表面に達すると直ちに熱エネルギーに変換する。

②この加熱は被加熱物の表面近くで生じる。

③熱移動は、放射源と被加熱物との絶対温度の四乗の差で作用するので、熱の伝播が速い。しかし、熱容量の大きい物体の全体を加熱する場合は、あまり適当でない。

表 2 食品加工での遠赤外線加熱利用工程

食品加工の工程	利用する遠赤外線の主な作用効果	具体的な利用対象
乾 燥	加熱効果の迅速伝達性と熱の均一吸収性、とくに表面加熱と水分への加熱効率の効果 化学的分解作用が小さく、食品素材を変質させにくい特性	水産物（魚、海藻など）の乾燥、農産物（穀類、野菜）の乾燥
焼 物	熱エネルギー伝達の迅速性と表層加熱の効果、および材料への均一な熱吸収性 加熱温度制御の確実さと容易性 水を含む素材のすぐれた熱放射吸収性	米菓やクッキー類、ちくわ・肉類、焼海苔などのベーキング、トースティング、グリリング、クッキング
熟 成	熱放射による温度効果の効率的な作用と水分や可溶性物質の移動などへの分子振動の効果 加熱の均一性、熱媒体が不用であることなど	醸造品の熟成、魚肉練り製品の足、そばなど麺類のこし、魚の干物の製造、納豆の醗酵など
殺 菌	熱放射のもつ高い温度効果の作用 食品表層への強い熱エネルギー浸透効果と加熱の均一性 熱媒体が不用であること	保存食品の乾燥処理、パック食品の無加熱殺菌、食品容器の乾燥、調理済み食品の保温など

（杉山昌、食品工業より抜粋）

④放射による被加熱物を構成している分子への化学的な分解作用が小さく、品質への影響が小さい。

⑤光に共通する性質として、直進性、散乱性、反射性などがあり、放射に光の集散機構を活用出来る。

⑥放射体に電力を用いると制御性、安全性がある。

これらの特性と作用効果の適合する加熱対象であれば、食品工業の分野においても、加熱、乾燥、焼成、熟成や殺菌などの工程に利用できます。

適用工程別はその作用効果をまとめると表2の通りです。また、作用効果の面から適正ありと考えられる対象を食品の種類別に選ぶと次のとおりである。

①比較的厚みのない物への表面からの加熱、乾燥など、例えば、せんべい、ビスケットなどの焼き上げ、焼き海苔の製造、海藻や野菜の乾燥

②均一で、迅速な表面加熱効果が必要な焼き物に適している。例えば、ローストチキン、パン、クッキーなどの焼き上げ、かまぼこやちくわなど水産加工品の

焼き上げ

③高分子系の素材で蛋白質の変性、溶液の水和反応の促進など分子間の化学結合現象に熱的な、あるいは電磁的な力が関係する作用が必要なもの。例えば、水産練製品の坐り加工、魚の干物の製造、麵類の熟成処理（グルテン生成）、エキスの抽出、熱成など

④材料固有の放射線吸収作用を利用した熱処理や加工、あるいは、特定の部分加熱などが必要な操作への適用。例えば、ハム、ソーセージなどの製造で内部まで均一に加熱処理する工程、ヨーグルト、パン、納豆などの発酵工程、穀類の乾燥などに極めて有効

⑤紫外線や可視光線のもつ強い化学的分解作用、高い温度での加熱などが不適当なもの加熱乾燥への適用。例えば、ビタミンCやクロロフィルを破壊させたくない野菜やお茶、海苔の乾燥などがあげられる。

⑥電磁波のエネルギーを利用して食品表層部への低温殺菌効果、例えば、調理加工食品、漬物などのフィルムパック後の雑菌繁殖抑制処理、調理済み食品の温蔵庫などへの適用。

以上のような適用範囲があるとの報告もあります。食品以外として、現在、健康志向が高まっている風潮の中で、健康食品と並んで健康医療器が出回っており、この医療器に遠赤外線を利用しようとする関心が高まっております。例えば、一九八〇年頃から活発になってきたサウナへの遠赤外線の利用（低温サウナ）があり、肩凝りや冷え性にきくと宣

伝しているスタンド型の遠赤外線照射器があり、ハイブリットファイバー（複合繊維）を使用した各種繊維製品が現れようとしております。この繊維は、従来の繊維一本一本の中にセラミック微粉を混入したものであり、混入されているセラミック微粉が人体に温感作用あるいは何等かの生理作用をもたらすものと期待されています。しかしながら、現時点で、遠赤外線健康医療器までに応用しようとするのに批判がないわけではありませぬ。その理由として、遠赤外線を持つ作用効果を加熱に利用する場合、一般的な現象の把握はされており、かつ、産業用途に関しては、これまでの使用実績から信頼性のあるデータ蓄積が出来ているとしても、遠赤外線そのものの定量性に欠けることが大きな欠点であり、生体組織に対する作用や効果のメカニズムに不明な部分が多いという点をあげております。

遠赤外線加熱装置について

遠赤外線加熱が比較的広く用いられている分野の一つに、ハンダのリフロー炉があります。この場合、被加熱物体の温度には厳しい制約がなく、また、平坦な表面を加熱すれば良いので、装置設計が容易で、汎用的に普及したものと思われまます。一方、食品の場合は、要求される温度パターンが狭い範囲で限定されています。その中で、生産性を向上させ、品質を高める目標に取り組まなければならな

いたため、これまで個々の成功例を除き、汎用的にかつ広範囲に利用されるということにはならなかったのではないかと考えられます。さらに食品業界で扱う材料の形状は、粉末もあれば粒状のものや塊状のものもあり、さらには液体、水分の多く含んだもの等様々に存在しております。遠赤外線は、分厚いもの加熱には向かず、また、照射光線の影が生じるような物体や表面からの均一加熱がむずかしいような形状のものも苦手である。このように被加熱物の形状が様々であり、また、食品製造、加工の多様な工程において用いられている加熱装置には、いろいろな仕組みや種類があるにもかかわらず、従来遠赤外線加熱装置としては、いわゆるベルトコンベア型の機器しかなかったのが実情です。この装置は、適当な間隔で配列した遠赤外線ヒータによる照射下を被加熱物をベルトコンベアに載せて移動させるもので、厚みのない平坦な物の加熱には効果を発揮する。しかし、この型の装置で処理出来る対象物の性状、形状には限りがあり、従って遠赤外線応用の範囲は、それほど広がってきていないのだと思われまます。

最近、開発され、雑誌に掲載されたパイロット試験装置についてご紹介いたします。

①遠赤外線式真空凍結乾燥試験装置

蒸発エネルギーあるいは昇華エネルギーを、いずれも遠赤外線照射により伝える機能を持ち、これにより、減圧下あるいは真空下での低温濃縮から乾燥までのテストと、凍結乾燥

のテストとが、モード切換えにより出来るようになっている。

② 遠赤外線式気流乾燥試験装置

管中（管壁より、その内側に向けて遠赤外線を照射する）を高速で流れる高温気流中に、その入口で含水粉粒体を投入して流れに乗せ、その移動の間に熱風と接触させることにより乾燥させる。被乾燥物の温度に上限のある物には、入口の熱風温度を高く出来ないため効率が落ちる欠点がある。

③ 遠赤外線式ロータリー型加熱試験装置

従来からあるロータリー型加熱試験装置の中で回転ドラム内の被加熱物の移動部分のみ遠赤外線を集中照射する。穀類、豆類、茶葉などの乾燥、焙煎、焙焼、熱処理、殺菌などに期待される。

④ 遠赤外線式ベルトコンベア型加熱試験装置

冷風、熱風を任意に組み合わせることが出来る。ヒータ制御を数ゾーンに分類しているので最適の加熱パターンを追及出来る。照射の均一性を高める事が出来る。

以上は試験装置として考えられたものであり、取りも直さず、この事は現在、満足のいく大規模な製造装置（乾燥装置）がないことの裏づけでもあります。

おわりに

遠赤外線利用は、単に熱エネルギーの伝達手段という機能だけでなく、物質に対する化

学的な作用効果の活用、生体への作用効果の確立など今後の技術展開に期待するところが多い。遠赤外線領域の放射については、その放射発生の機構から、最適波長のみを出す放射体の開発がかなり困難であり、さらに、その温度、エネルギー量などの計測システムの未開発という条件も加わって、応用への道は厳しいものがあります。しかし、遠赤外線放射による作用効果の理論的な説明が残っているも、現段階で利用あるいは予測されているメリットは確かであり、現在すっかり定着したマイクロ波を利用した電子レンジが世に出たころの夢と不安が入り乱れていたように、遠赤外線利用もこれからの技術であり、断片的に聞こえて来る成功例を参考に、今後とも関心を持っていきたいと思います。

（はしもとけんじ 利用部）

