# カーボンヒーターの特徴と可能性

ヘレウス㈱　ラジエーション システム部
赤外線ヒーター課　伊藤　一洋

## 1．はじめに

赤外線加熱は、この10年で効率の高い赤外線ヒーターの開発、応用分野の拡大で、多くの業界の加熱、乾燥工程に採用されてきた。加熱乾燥工程は生産性、省エネ、品質等の改善に貢献できる割合が高いため、より効率の高い赤外線ヒーターの採用や要望が多く、高出力、高効率の中波長、短波長（近赤外線）を使用し、加熱スピードのアップ、加熱炉の省スペース、速いON/OFF特性を利用しての省エネ等、総合的な効率改善が図られてきた。現実にここ数年、当社でも高出力で速いON/OFF特性の短波長赤外線ヒーターの出荷が増えている。

赤外線加熱の効率改善で重要なことは、
①被加熱物との温度差が大きい、
②被加熱物の放射波長吸収効率が大きい、
③照射効率が良い、
④各種損失が小さい、
などが挙げられる。しかし、短波長赤外線ヒーターでは、最大エネルギー波長が約1.2μmにあり、一方、水や多くの樹脂の吸収波長は3.0μm前後にあるため、被加熱物によっては最大の効率を得ることができない。

当社では、最大効率の追求と、特に増加する水性コーティング、インク等の乾燥用として、カーボンヒーターを開発した。これは、短波長と同等の高出力と速いON/OFF特性、中波長域の2.0～2.5μmの放射特性を持った赤外線ヒーターである（写真１、２、３）。

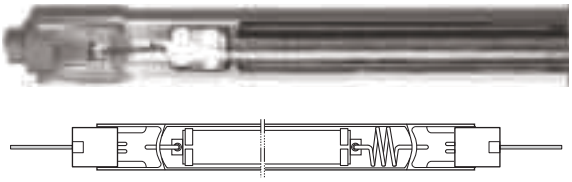

写真１　カーボンシングルヒーター

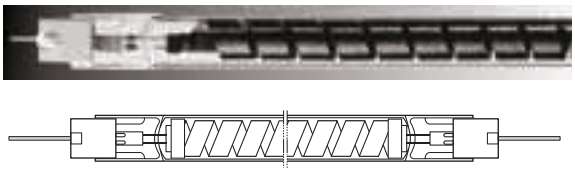

写真２　カーボンスパイラルヒーター

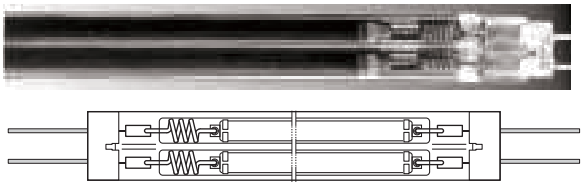

写真３　カーボンツインヒーター

## 2．カーボンヒーターの特徴

ここでは、基本的な赤外線加熱のポイントを詳しく述べることは省略させていただく。これに関しては、当社まで資料をご請求いただくかお問い合わせいただきたい。

当社で扱っている短波長赤外線ヒーター、中波長赤外線ヒーター、そしてカーボンヒーターの性能特性一覧（表１）をご覧いただきたい。カーボンヒーターと短波長との大きな違いは最大エネルギー波長特性であり、中波長との大きな違いはON/OFF速度である。したがって、カーボンヒーターは短波長と中波長の中間に存在する性能特性を持っていると言える。では、実際にこの違いがどのような効果を生むのか紹介する。

### 2.1　最大エネルギー波長特性

ヒーターからの赤外線を、どの波長をどの程度吸収するかを示すのが波長吸収

表１　ヒーターの性能特性一覧

| | 最長加熱長 | 発熱体温度 | 最大エネルギー波長 | 立ち上がり速度 | 最大エネルギー密度 | 平均寿命 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 短波長赤外線ヒーター＊1 | 3.2m | 1,600～2,100℃ | 約1.2～1.6μm | １～２秒 | 120kWh/m$^2$ | 5,000時間以上 |
| 中波長カーボンヒーター | ３m | 950～1,200℃ | 約2.0～2.5μm | ２～３秒 | 100kWh/m$^2$ | 8,000時間以上 |
| 中波長赤外線ヒーター | ４m | 800～900℃ | 約2.6μm | １～２分 | 50kWh/m$^2$ | ２万～３万時間 |
| 長波長赤外線ヒーター＊2 | セラミックパネル型 | 500～700℃ | 約4.0μm | 約10分 | 30kWh/m$^2$ | ２万～３万時間 |

＊１　別称：近赤外線ヒーター
＊２　別称：遠赤外線ヒーター

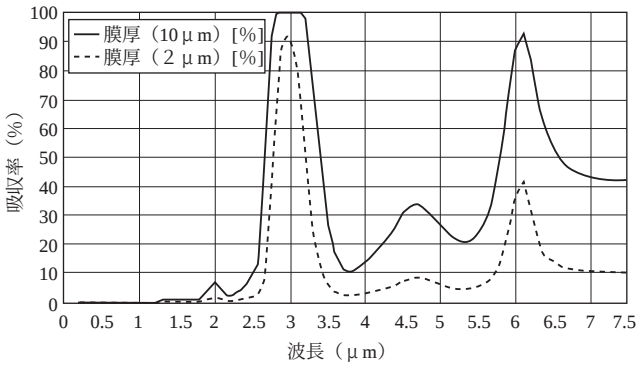


図１　水の赤外線吸収曲線

特性である。水系や各種樹脂は、約３μm前後に１つピークがあることは広く知れ渡っているところである（図１）。このため、この高い赤外線吸収範囲内により多くのエネルギーを投入できれば、効率の高い加熱が可能になるのは言うまでもない。

赤外線ヒーターの分光分布曲線を図２、３に示す。どちらも発熱体温度からの波長分布であるが、両者の違いを説明しておく。図２の単位面積は、文献等で解説されている各黒体温度から放射された分光分布曲線である。この曲線では、各温度の単位面積が持っているエネルギー量、すなわちエネルギー密度は違う。各温度のエネルギー密度を一定に統一したのが図３の分布曲線である。実際、各波長が持つエネルギー量を比較するとき、条件を揃えるのは言うまでもない。例えば、水の赤外線吸収では、図３の波長範囲の面積が有効エネルギー量である。したがって、短波長とカーボンヒーターでは投入エネルギー量が同じであれば、2.5〜3.5μmの波長範囲でα分のエネルギーの差がつくことになる。

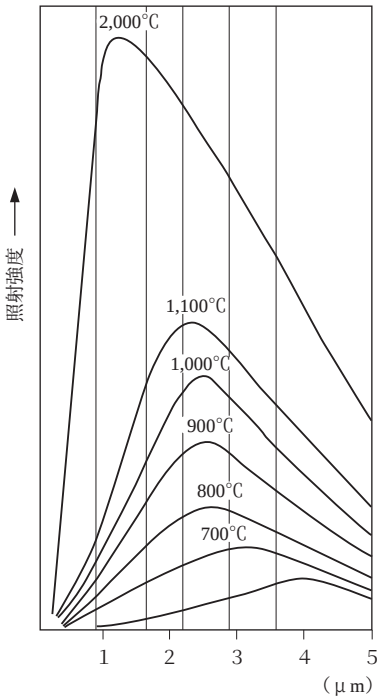


図２　各温度における黒体単位面積からの分光分布曲線

### 2.2　ON/OFF性能（応答性能）

中波長赤外線ヒーターの欠点は、短波長ヒーターより熱保有量の大きい太いコイルを使用しているため、ON/OFFに約１〜２分の時間を要している。このため、水系や樹脂系に波長が適していても、フィルムや印刷関係等での素早い応答性を要求される加熱分野には適さなかった。カーボンヒーターは、カーボンフィラメントを発熱体とすることで、発熱体の熱保有量を減らし、短波長と同等の２〜３秒という応答速度を実現した。

また、近年ではバッチ加熱乾燥炉において、この速い応答性能を利用して加熱必要時のみヒーターを出力し、それ以外の時間はヒーターを切っておくという制御方法で、タクトタイム中の電力消費量の大幅な削減を達成した使われ方も出てきている。

#### 2.2.1　バッチ加熱の省エネ実例

以下のような条件で電力消費量を比較・調査した。

用途／塩ビシートの加熱
タクトサイクル／５分
使用ヒーター／
　改善前：シーズヒーター
　　（鉄棒状ヒーター）
　改善後：カーボンヒーター
使用電力量／改善前、後ともに約100kWh（両面加熱：片面約50kWh）
ヒーター点灯時間／ 改善前：常時
　　改善後：内１分
１カ月での電力消費量（16時間、20日間稼働）
　改善前：100kWh×16時間×20日間＝32,000kWh
　改善後：100kWh×（１分/５分×16時間）×20日間＝6,400kWh
１kWh＝20円と仮定すると、
32,000kWh－6,400kWh×20円
＝512,000円
１年では512,000円×12カ月＝約600万円の経費節減が可能という机上結果になった。

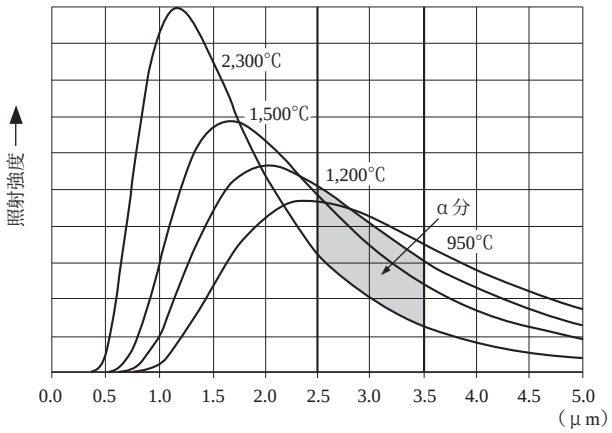


図３　各温度におけるエネルギー密度が一定の時の分光分布曲線

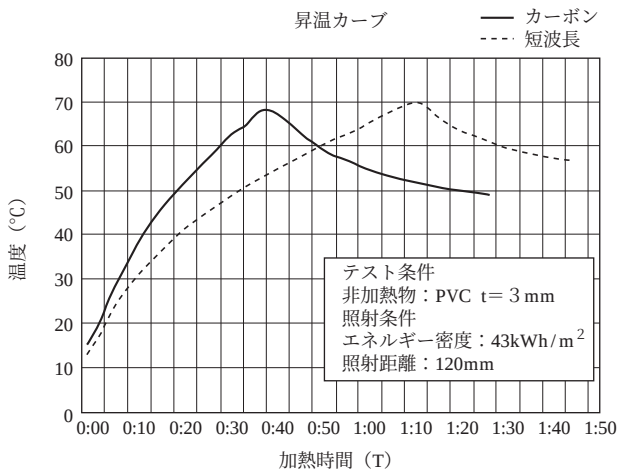


図４　加熱結果

2.3　実機実証

ドイツ本社サイドで行われたテスト結果を紹介するが、某メーカーとの合同実験のため詳細なデータの公表ができないことをご了承いただきたい。

実機実験は、オフセット印刷機での水性ニス乾燥用に各種赤外線ヒーターを搭載し、ある印刷スピードにおいて水性ニス乾燥にどの程度のエネルギー密度が必要かで比較、評価を実施した。以下が結果である。

Ａ：短波長赤外線ヒーター

最大エネルギー波長1.2μm

必要エネルギー密度：約82kWh/m$^2$

Ｂ：カーボンヒーター

最大エネルギー波長2.0μm

必要エネルギー密度：約52kWh/m$^2$

この結果からも、カーボンヒーターは短波長ヒーター比約36％、乾燥効率が上がっていることになる。紙等の基材は水分を吸収するので、水分の波長吸収特性にあった赤外線を照射することで、より一層基材への水分吸収を促進させるため、この実験では総合的に高い乾燥効率を示しているとも推測できるが、水系と波長吸収特性が似ている樹脂系では、波長による加熱効率の差がはっきりと表れる（図４）。

樹脂系加熱の場合、赤外線加熱の特徴上、基材が薄く透明なフィルム状の物ほど、加熱効率の差は大きくなり、当社の経験からも短波長に比べ最大約20％の加熱効率アップが可能である。

2.4　製品バリエーション

カーボンヒーターはカーボンフィラメントを発熱体としているため、抵抗値の調節が難しく、巻線コイルに比べ電圧と出力の関係をフレキシブルに設計できない面はある。しかし当社では、シングル石英ガラス管だけでなく、独自のツインチューブ構造の石英ガラス管を用いることにより、バリエーションの幅を広げ、またこのガラス管を用いることで、短波長とほぼ同等の最高出力を持つことも可能となった。また一方では、フィラメントの特徴を生かし、フィラメントをスパイラル状にし発熱体面積を増やすことで、高出力を維持したまま発熱体温度を下げた、最大エネルギー波長約2.5μmを持つ新型ヒーターの開発に成功した。

## *３．カーボンヒーターの将来性*

当社では、用途に適したヒーターの選定、使用を提案しているので、一概にすべての用途に対しカーボンヒーターがベストとは言えないが、特に印刷や水性系乾燥、樹脂フィルム加熱への効果が大きいことは確実であり、当社としてもこのカーボンヒーターを次世代中波長赤外線ヒーター「Magic Heat」と位置づけている。現に欧州最大手印刷機メーカーへの標準搭載を始め、各分野において多くの実績を挙げている。今後は、高出力型カーボンツインヒーターやカーボンスパイラルヒーターの発売により、さらなる実績の拡大が予想される。