

電子レンジ内のマイクロ波分布・温度分布測定

高温高圧流体技術研究所
朝日信吉

【緒 言】

マイクロ波による加熱の特徴は、急速にかつ局所的におこなえることにあり、熱の移動を伴う通常のヒーター加熱による方法とは大きく異なる。一般家庭では、電子レンジでよく利用される加熱方法であり、手早く、手軽に加熱できる方法として用いられている。マイクロ波加熱は便利である半面、マイクロ波の波長が約12cmと長いことから、マイクロ波キャビティ内に大きな定常波ができ、被加熱物に大きな温度分布ができるものと考えられる。また、マイクロ波は物質中に吸収されると、減衰曲線に従ってマイクロ波の強度が減衰し、物質の深いところでは加熱効率が悪くなる。これらのことを踏まえた上で装置を設計しなければ、効率的なマイクロ波加熱装置を作ることは難しい。

本測定では、マイクロ波の分布と温度分布の関係について明らかにし、マイクロ波による均一加熱を行うための知見を得ることを目的とするものである。

【マイクロ波分布の測定】

マイクロ波分布の測定は、センサーとして、簡易マイクロ波空間分布可視化センサ「ほたる」（ミクロ電子㈱）を用いて行った。可視化センサーには、異なる仕事関数を持った2種類のLED（赤、緑）が取り付けられており、「未点灯」・「緑」・「緑と赤が共に点灯」の順にマイクロ波が強くなる。

加熱には、マイクロ波加熱装置Ethos MRを用いた。この装置は、マイクロ波出力が最大1000Wであり、シリアルバスに接続されたPCによって温度、圧力、または出力一定条件でマイクロ波を出力することができる。キャビティの奥のマグネトロン2基で発生し、回転するディフューザーによってマイクロ波の均一化を計っているという特徴がある。

400Wでマイクロ波の照射を行った結果のスナップショットを図1に示す。明るい部分がマイクロ波の強い部分である。測定の結果、分布の不均一な部分は見られるものの、時間平均すると、回転するディフューザーによってマイクロ波分布の均一性を保っていることがわかった。

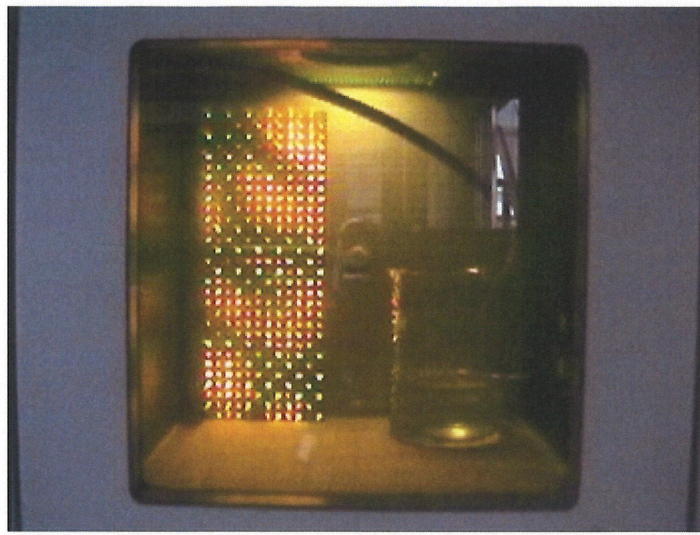


図1. 400Wマイクロ波照射時のスナップショット

【温度分布の測定－サンプル瓶中の水】

温度分布の測定は、赤外線サーモグラフィー（NEC三栄製TH-3104MR）と熱電対8本を備えた温度計を用いて行った。マイクロ波キャビティ内に写真1のような木の台を組み、縦横高さ8×8×5個の10mLサンプル瓶を置けるようにした。温度測定時には、できるだけマイクロ波の分布に影響を与えないように少ない水量（各5mL）を入れて実験を行った。写真1と図2、図3は、一番奥の面を測定したときの写真である。800W、1分の加熱によって、温度分布が発生した様子わかる。面をずらして測定し、温度分布を3次元的に測定した。その結果、高さ方向にサンプル瓶を配置（列段面）した場合と、平面に配置（行列面）して測定した場合の、それぞれの各位置におけるサンプルの温度は異なることがわかった。これは、サンプル瓶の水がマイクロ波を吸収したことと、誘電体である木の枠によるマイクロ波分布の変化のためであると考えられた。



写真1. サンプル配置図

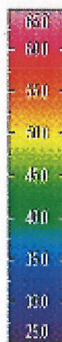
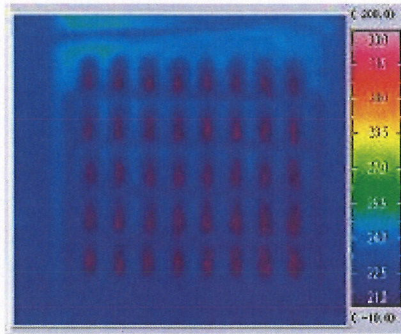


図2. 加熱前の温度分布
800W, 1分加熱後の分布

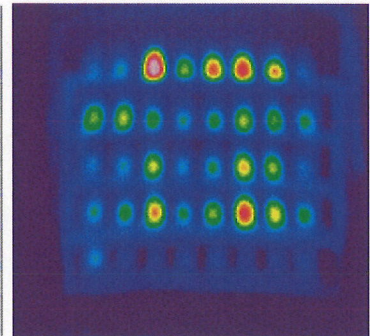


図3.

【温度分布の測定－グラタン容器中の寒天】

グラタン容器に詰めた寒天の温度分布を測定し、一番下の段（行列面）の水

の温度分布と比較した。マイクロ波加熱は、800Wで1分間行った。サーモグラフィの測定結果を図4、図5に示す。両者とも温度分布は大きいが、その温度分布は明らかに異なっていることがわかる。マイクロ波空間分布可視化センサによるマイクロ波の測定では、これほどの温度分布を与えるマイクロ波分布は観察されていない。これは、マイクロ波吸収体（水、寒天）がマイクロ波を吸収するために、（吸収体である誘電体も含めた）マイクロ波の不均一な分布ができてしまうためであると考えられた。被加熱物に温度分布ができると、マイクロ波加熱装置固有のマイクロ波分布のせいで生じたためであると誤解されがちであるが、むしろ、マイクロ波吸収体中のマイクロ波分布を問題にしなければならず、マイクロ波加熱装置の開発には、被加熱物を考慮した設計が求められることがわかった。

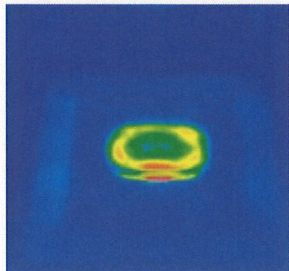
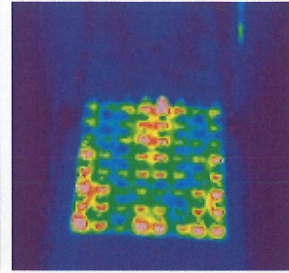


図4. 8×8=64個の水を敷き詰めるように配置
寒天を入れて配置

図5. グラタン容器に

【まとめ】

本測定では、マイクロ波分布測定、温度分布の測定を行った。当所にあるマイクロ波加熱装置EthosMRのマイクロ波分布は比較的よい均一性を示したが、加熱に用いた場合、被加熱物の温度分布は大きく、被加熱物の形状・配置に大きく依存することがわかった。均一加熱を行うことのできる装置を開発するためには、加熱される対象物を特定（誘電損失係数、形状）し、その被加熱物についてマイクロ波加熱装置を最適化する必要がある。最適化のパラメータとしては、例えばマグネトロンの个数・配置、導波管の位置、キャビティ内の形状、マイクロ波の周波数、被加熱物の誘電損失係数の温度変化に合わせたマイクロ波のタイムプログラム、マイクロ波の導波に影響を与える反射板の有無などが挙げられる。