

マイクロ波加熱の基礎

Basics of microwave heating

杉山 順一

Jun-ichi SUGIYAMA

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

概要

マイクロ波は電磁波であり、エネルギーの形態のうちの一つである。物質が電界、あるいは磁界に対して呼応する場合、電磁波はそのエネルギーの伝搬速度を変える、あるいは伝搬量を変える。呼応によって電磁波エネルギーが電磁波でないエネルギーに変わり、再び電磁波エネルギーに戻らなかった時、それは電磁波のエネルギーが損失したことを意味する。失われたエネルギーは物質が受け取るようになる。物質が受け取ったエネルギーが等方的な運動に変わるならば、それはすなわち熱運動の発生を意味する。したがって、特定方向に振動しながら伝搬する電磁波エネルギーが、物質内部で方向性を失い、等方的な運動エネルギーに変わる現象がマイクロ波加熱であると考えればよい。

電界あるいは磁界に呼応する指標は決して気まぐれなどではなく、自然界の物理法則に従う。すなわち物質係数として定まっており、これが導電率 σ 、誘電率 ϵ 、透磁率 μ と呼ばれる指標である。化学分野では単電荷に対する親和性の指標の一つとして誘電率を用いるが、この用語においては振動している電界に対する物質の呼応ではない。複素誘電率の内、周波数が 0 の議論（実部だけの議論）である。一方、マイクロ波加熱では振動した電磁界が対象であるから、実部、虚部共に考慮する必要がある。マイクロ波に対する加熱のされやすさ、どの物質がどんな周波数のマイクロ波で温まりやすいかなどは、特に虚部が 0 でない（小さ過ぎない）ことが必須である。

物質の係数が決まっているのであれば、マイクロ波の照射電力（＝時間当たりのエネルギー）を決めることで、その物質が何度まで上昇するかが予めわかることになる。マイクロ波加熱の原理は、振動周波数、物理係数、印加電磁界強度がわかっているならば把握ができる、単純なものである。ところがこの 3 つの内、人為的に簡便な設定ができるのは、印加する振動周波数だけである。加熱で温度が上昇すれば物理係数は変わり（特に液体は顕著）、また物質の形状によって反射、屈折、干渉の様子が変わるため電磁界強度分布は複雑化する。たとえ平面な物質に対し平面波が照射されたとしても、インピーダンス不整合があれば反射が起こる。逆に言えば、物理係数が温度変化でどのように変わるか、空間内でマイクロ波はどのように伝搬されるかを把握していれば、マイクロ波によってどのように加熱が起こるかがわかる。これを視覚的に表すのが電磁界シミュレーションである。

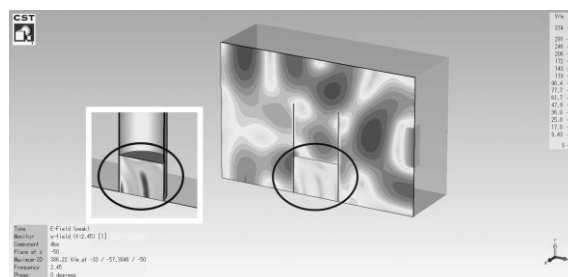


図 オープン型装置内の電界強度例

本講義では装置の運転を想定しながら、マイクロ波加熱における現象を述べるとともに、入門者が理解しにくい事項、誤りやすい事象を解説する。

Abstract

The principle of the microwave heating is the simple one which can do grasping if understanding an oscillation frequency, physical properties, and impressing electromagnetic-field strength. However, it is only the oscillation frequency doesn't change while heating. Conversely if it is grasped how the physical properties changes with the temperature change or how the microwave propagates in the space, it will be cleared what heating the microwave causes.