

次世代マイクロ波化学プロセスに向けたマイクロ波装置の在り方

(京大生存圏研究所) ○三谷 友彦

Direction of Microwave Apparatus for Next-Generation Microwave Chemical Processing
(Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University)○Tomohiko Mitani

Conventional microwave applicators are surrounded by metals for preventing microwave from leakage. This approach also prevents us from direct observation of heated samples, and it impedes the development of microwave chemical processing. In this presentation, an open-type microwave heating system is introduced as a direction of microwave apparatus for next-generation microwave chemical processing.

Keywords : Microwave heating; Open-type Applicator

マイクロ波加熱は、電子レンジに代表されるように食品加熱用途として世界中に普及している。マイクロ波加熱は、空気を加熱せずマイクロ波を吸収しやすい物質のみを加熱するという特徴を持つ。したがって、伝熱加熱と比較してマイクロ波加熱には物質に対する加熱の選択性があるとともに、加熱を必要とする物質のみにマイクロ波エネルギーを集中できることから、省エネルギーかつ高速な加熱源として期待できる。このような特徴を活かし、近年ではマイクロ波加熱を化学反応、材料合成などに利用するマイクロ波化学プロセスの研究開発が加速している。

その一方で、マイクロ波加熱装置そのものが発展してきたとは言い難い。特に、電子レンジを含めた既存のマイクロ波加熱装置の共通点として、金属遮蔽された閉空間に被加熱物を設置しなければならないという制約が存在する。この制約は、マイクロ波が漏洩することによる人体や通信機器への影響を防護するための必要措置であるが、その反面、マイクロ波化学プロセスの進展には大きな障壁となっている。例えば、完全に金属遮蔽した閉空間内でのマイクロ波加熱の場合、装置内部の直接確認が不可能なため化学反応中の直接観測などが極めて困難である。よって、化学反応等の研究に利活用される最新の観測装置を用いてマイクロ波化学プロセスの研究を進めることができない現状にある。

以上の背景により、著者は次世代マイクロ波化学プロセスに向けた開放系マイクロ波加熱を提案している。金属遮蔽されない空間でマイクロ波加熱が実現できれば、様々な化学分析機器との同時併用によるその場観察が可能となるだけでなく、金属壁境界条件に囚われない様々な電磁場分布が形成できる。よって、開放系マイクロ波加熱の実現は、マイクロ波化学プロセスの学術体系化に貢献するのみならず、新材料創成への応用展開、ひいては未来の電子レンジにも貢献する可能性がある。

著者が提案する開放系マイクロ波加熱装置の概略図を図1に示す。誘電体基板上に周波数 2.45GHz で共振する電磁界共振器を設置し、2つの共振器を対向させる。この共振器の間に被加熱試料を挿入し、一方の共振器にマイクロ波を入力することで試料が加熱される。このとき、マイクロ波が試料に集中するように設計すれば、マイクロ

波加熱効率が向上するとともに共振器外への空間に漏洩するマイクロ波が相対的に低減する。

実際に試作した開放系マイクロ波加熱装置の写真を図2に示す。誘電体基板間には4.3mlの純水が注入された試験管を設置し、周波数2.45GHz、マイクロ波出力10Wにて加熱実験を行ったところ、5分以内に室温から80℃までマイクロ波加熱されることを実証できた。また、加熱装置から10cm離れた位置において、電波防護指針で定められている管理環境下基準5mW/cm²以下のマイクロ波電力密度になることを確認した¹⁾。

さらに誘電体基板上の電磁界共振器数を増やすことにより、2つの純水試料を同時にマイクロ波加熱することにも成功した²⁾。このことは、共振器数やマイクロ波入力ポート数を増やすことで多数の試料を同時にマイクロ波加熱できる可能性を示しており、従来のマイクロ波加熱装置では実現できない新たなマイクロ波加熱手法である。今後は、純水以外のあらゆる試料に対しても十分な効率で加熱できる開放系マイクロ波加熱装置の実現を目指す。

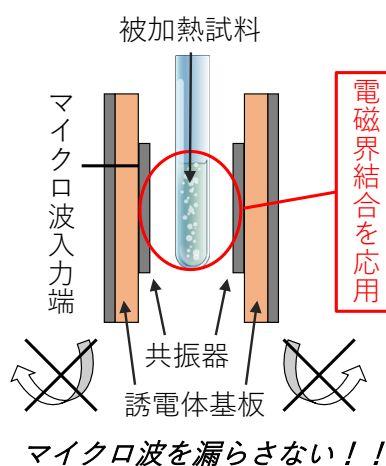


図 1

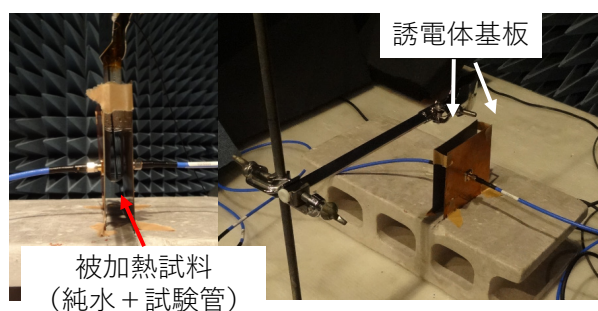


図 2

謝辞：本研究はJSPS 科研費 JP18K04263 の助成を受けたものです。

- 1) 西尾大地、篠原真毅、三谷友彦、“電磁界結合を利用したマイクロ波加熱装置の開発”、第11回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム、名古屋、2018.
- 2) T. Mitani, D. Nishio, N. Shinohara, “Feasibility Study on Simultaneous Microwave Heating of Multiple Samples by Electromagnetic Coupling-Type Applicator”, 53rd Annual Microwave Power Symposium (IMPI 53), Las Vegas, USA, 2019.