

マイクロ波加熱を用いた技術開発

主任研究員 朝日信吉

1. 緒言

マイクロ波による加熱の特徴は、急速かつ局所的に行えることにあり、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。家庭で電子レンジを用いる場合、マイクロ波印加は水の加熱手段に過ぎないが、マイクロ波化学として、マイクロ波を抽出・乾燥・化学反応に応用した場合、速度の向上や反応選択率の向上、収率アップにつながることを期待される。これまで、当研究部ではマイクロ波化学の技術を用いて研究開発を行ってきた。研究に用いたマイクロ波照射装置と得られた成果について、いくつか紹介する。

2. マイクロ波水熱分解を利用した廃菌床の分解・可溶化技術の開発

菌床を用いたキノコの栽培により排出される廃菌床は、日本全体で年間約 130 万トンに及ぶ。廃菌床は C/N が 80~100 と大きいため、そのままでは堆肥として使用できず、堆肥化処理には、3 ヶ月~6 ヶ月程度必要であると言われており、処理方法の開発が望まれている。本研究開発では、廃菌床を地域エネルギー供給システムに適した状態に変換する方法として、マイクロ波加熱による廃菌床の分解・可溶化技術の開発を行い、触媒湿式酸化（CWO）を行うことを目的とするものである。

マイクロ波加熱による分解可溶化実験

大型マイクロ波反応装置（容器 2L, 最大出力 1500W×2）によって廃菌床の分解可溶化を行った。 Na_2CO_3 aq.を用い、150℃, 30 分の反応で、可溶化率 44.8%, TOC 24,410ppm の溶液が得られた。可溶化率は低い、Na, K を除く金属イオン濃度の合計が 100ppm 以下の溶液が得られ、CWO に適した可溶化液が得られた。

分解可溶化液の触媒湿式酸化

廃菌床の大型マイクロ波反応装置による可溶化液を 20L 調製し、可溶化液の触媒湿式酸化（CWO）を行った。CWO 実験は、反応塔出口温度 270℃, 反応塔圧力 8.9MPa, 空気比 1.5 で、液流量 3.6L/h（総反応時間 45 分）により行った。CWO 実験により、可溶化した水溶液中の有機物はほぼ完全に分解され、熱エネルギーとして回収可能であることが示唆された。

3. マイクロ波照射による魚骨脆弱化技術の開発

魚骨を脆弱化する方法には、酸処理による方法や高圧熱処理による方法がある。これらの方法では、過度の酸味やレトリ臭、コラーゲン溶出による味の変化が問題となる。近年、食生活の変化もあり、骨抜き魚切り身が大量に輸入されているが、魚骨によるカルシウム摂取や食育の面で、必ずしも好ましい状況とは言えない。そこで、本研究開発では、凍結魚へのマイクロ波照射を行い、比誘電損率の違いを利用して魚骨のみを脆弱化させ、魚骨を含みながらも危害の少ない魚製品を製造する技術の開発を目的とするものである。

魚肉と魚骨の比誘電損率

サバとハマチについて、魚肉と魚骨の複素誘電率の温度依存性を測定したところ、氷点下の魚骨は魚肉に比べ、比誘電損率が大きいことが明らかとなった。マイクロ波吸収電力は比誘電損率に比例するため、凍結魚へのマイクロ波照射時、魚骨の方が魚肉よりも加熱されやすいことを示している。冷凍魚へのマイクロ波加熱によって、魚肉を変化させることなく、魚骨だけを有効に加熱できることを示している。

サバ魚肉ブロックのマイクロ波加熱実験

ドライアイスを敷き詰めた冷凍サバ魚肉ブロックに周期 20 秒、デューティー比 5% (1 秒) の 1.5kW マイクロ波を加え、魚肉部分の温度を 0℃になるようにマイクロ波制御を行った。加えた正味のマイクロ波照射時間は 3 分だった。照射実験終了後、いくつかの魚骨サンプルについて引張強度試験を行ったところ、最大引張強度 3.9N (平均値) が得られた。マイクロ波照射前の魚骨サンプルについても、同様の引張強度試験を行ったところ、引張強度 (平均値) が 8.0N であった。ドライアイス冷却を行いながらのマイクロ波照射により、魚骨の強度が半分以下に減少したことがわかった。肉質の変化はほとんどなかったことから、魚骨の脆弱化技術として、マイクロ波技術が有望であると考えられる。

4. 電子レンジ内のマイクロ波分布・温度分布測定

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。

測定の結果、当研究部にあるマイクロ波加熱装置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。装置最適化の方法としては、例えばマグネトロンの個数・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。

5. まとめ

マイクロ波化学技術の応用範囲は、環境、医療、食品から有機・無機化合物の合成技術 (材料) に至るまで、幅広く多岐にわたっている。これまでに、香川県内企業との共同研究・受託研究などを通し、いくつかの成果をあげてきた。マイクロ波化学技術は、省エネルギープロセスとしても重要であり、今後も地域共同研究部と地元企業との取り組みにより、新たな成果を生み出していきたいと考えている。