



X 線 CT による粉末形状の可視化と マイクロ波加熱電磁波シミュレーションへの展開

檜村 京一郎, 宮田 健史
中部大学 工学部

キーワード：X 線 CT, マイクロ波加熱, 電磁界シミュレーション

1. 背景と研究目的

近年、マイクロ波(MW)加熱は化学・材料分野への応用が注目されている。電子レンジに代表されるこの加熱方法は、特異な性質を持つ材料の合成や、化学反応の時間短縮・温度低減に有効な加熱手法として注目されている。しかし、そのメカニズムは、いまだ完全には解明されていない。我々はこのメカニズムについて、MW が物質の微小領域に集中して作用することで生じる、局所的な温度勾配が関与していると推察している。この仮説を検証するため、マイクロ波と物質との相互作用を電磁界分布のシミュレーションによって解析する研究に取り組んでいる。MW と物質との相互作用を扱う電磁界シミュレーションにおいて物質の微細形状や配置・密度は重要なパラメータである[1-3]。例えば、試料の先端が鋭角であれば電界が集中しやすい、試料の配置間隔が均一であると電磁波の共鳴が発生する。などの現象が報告されている。以上の背景から実際の物質形状・配置を高精度に撮影することができる X 線 CT を用いることで、シミュレーションの再現性を高め、より実際の加熱実験に近い条件で解析を行うことを目的とした。

2. 実験内容

本研究の原料は SiO_2 と C(Carbon)の混合粉末であり、各粒子径はそれぞれ $63\ \mu\text{m}$ 、 $50\ \mu\text{m}$ である。原料を直接試料台の上に置き、粉末全体を UV 硬化樹脂(UV KNOT SENSE : Loon Outdoors 製)で被覆することにより、実際の加熱試験と同様の試料配置を再現した。撮影に用いる X 線は白色 X 線を用い、試料の観察倍率は 20 倍である。検出器は X 線 CMOS カメラおよびプラットパネルセンサー(共に浜松ホトニクス製)を使用した。

3. 結果および考察

Figure.1 に SiO_2 と C の混合粉末の X 線 CT 画像を示す。1 ピクセル当たりの分解能は $0.325\ \mu\text{m}$ で、視野角は $6.65 \times 6.65\ \text{mm}^2$ である。物質の濃淡は X 線の透過度によって生じ、黒色に見える部分が C、白色の部分が SiO_2 である。画像に示す通り、電磁界シミュレーションに重要な物質の形状(特に凹凸)や試料同士の配置(空間における試料同士の間隔)が明確に認識できる。今回得られた画像を 3D 化し、CAD(Computer Aided Design)モデルに変換することで試料の実形状を電磁界シミュレーションで再現することが可能である。したがって、本実験は MW 加熱の特異的効果を解明する上で極めて重要な成果である。今後は、電磁界シミュレーションと加熱試験の結果を比較することでミクロな空間に生じる電磁波の作用や温度の勾配について解析する。

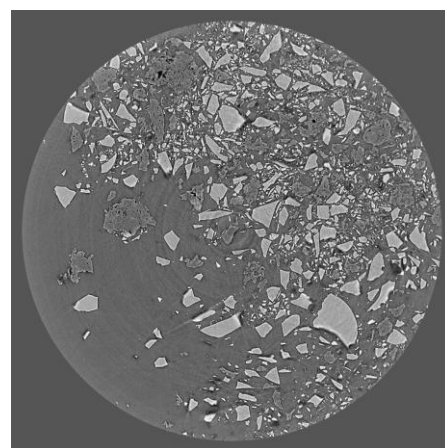


Fig.1 X 線 CT により撮影した
 SiO_2/C 混合粉末の断面画像

4. 参考文献

1. Araia *et al.*; *Catall. Commun.* 2022, 172, 106551
2. Yoshikawa *et al.*; *J. Appl. Phys.* 2015, 117, 084105
3. Li *et al.*; *J. Energy. Inst.* 2022, 102, 216-228