

慣性核融合実験のプラズマ温度と密度計測のための
新規高濃度Cuドーピング重水素化ターゲットの開発

Fabrication of novel high-concentration Cu-doped deuterium targets for plasma temperature and density measurement in inertial fusion experiments

池田智一¹, 兼安裕美¹, 細川仁美¹, 重森啓介¹, 乗松孝好¹, 森芳孝², Marilou Cadatal-Raduban^{1,3},
長井圭治^{1,4}, 山ノ井航平¹

Tomokazu Ikeda¹, Keisuke Shigemori¹, Takayoshi Norimastu¹, Yoshitaka Mori², Kohei Yamanoi¹ *et al.*

¹阪大レーザー研, ²光創成大, ³マッセー大, ⁴東工大
¹ILE, Osaka Univ., ²GPI, ³Massey Univ., ⁴Tokyo Tech. Univ.

1. 目的

圧縮された燃料ターゲットへの高速電子のエネルギー輸送の計測は、慣性核融合における効率的な核融合燃料加熱の理解に対して非常に重要である。この計測において、銅 (Cu) と重水素をドーピングしたターゲットが診断に重要な役割を果たす。ここでは1~10wt%の銅ドーパントがX線源として機能し、重水素ドーパントが中性子源として機能する。従来のGDP (Glow Discharge Polymer) 法ではX線放射用のCuと中性子生成用の重水素の両方を含む中実球の作成は難しく、特性X線と中性子の両方を含む同時測定実験はほとんど行われていない。そこで本研究では、レーザー核融合実験においてX線と中性子の同時計測が可能なターゲットの開発を目的として、Cuと重水素が両方添加された重水素化Cuドーピング (Cu-dMA) ターゲットの開発を行った。

2. 実験方法

モノマーとして酢酸銅 (II) とd₆-メタクリル酸、d₈-メタクリル酸メチルを使用して、AIBNを重合開始剤に用いてCuと重水素の両方をドーピングした新規ターゲット材料 (Cu-dMA) を合成した。合成したターゲット材料をNMPに10wt.%の割合で完全溶解させた後、スライドガラス上でキャストして薄膜状の重水素化Cuドーピングターゲットを作成し、Cuドーピング量を調べるために誘導結合プラズマ発光分析 (ICP-OES)、銅とポリマーの混合状態を調べるために示差走査熱量測定 (DSC)、重水素化の状態を調べるためにフーリエ変換型赤外分光 (FTIR) でそれぞれ測定した。

3. 実験結果

ICP-OESによるターゲット中のCu含有量を測定したところ、最大で8.9wt.%のドーピング量が確認できた。これは現在のレーザー核融合実験でX線計測に使用されるオレイン酸銅ターゲットのCu含有量に匹敵する。DSCによる測定の結果からターゲット材料中の銅とポリマーの混合状態を調べたところ、酢酸銅の添加後でもガラス転移点の存在が確認できた。FTIRによる測定の結果から重水素化材料の使用によってピークのシフトが発生し、重水素化している事が分かった。更に酢酸銅の添加によって酢酸銅のカルボニル基に由来するピークの発生を確認でき

たことからターゲット中でCuは酢酸銅分子の状態 で存在している事が分かった。さらに合成したCu-dMAターゲット材料を水に入れたところ、1日後に水に銅が溶けだしていたためCu-dMAターゲット材料中のCuはポリマーに配位している事が分かった。

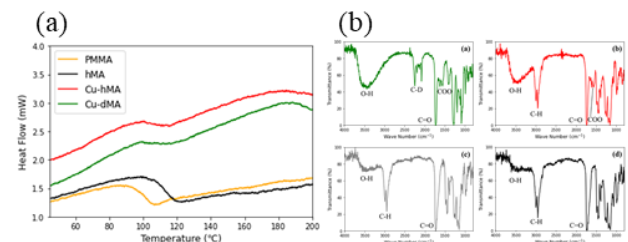


Fig. 1. (a) DSC traces of the MA and pure PMMA targets, (b) FTIR spectra of (a) Cu-dMA, (b) Cu-hMA, (c) hMA-1, and (d) hMA-2 thin film.

4. 考察

FTIRとDSCの測定結果からCu-dMAターゲット材料はメタクリル酸とメタクリル酸メチルの共重合体構造を基本としたポリマーであり、酢酸銅を添加後のO-H結合のFTIRの吸光スペクトルの増加からポリマー中のメタクリル酸の水酸基に酢酸銅分子が配位した構造であると考えられる。

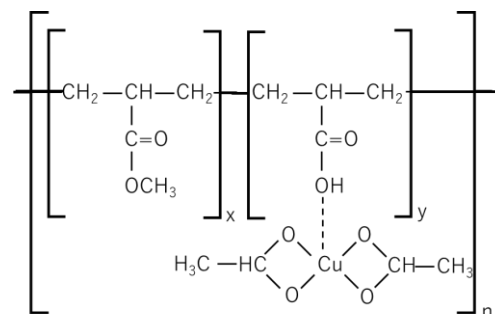


Fig. 2. Structural scheme of Cu-dMA target by structural analysis.

5. 参考文献

- K. Matsuo *et al.*, Phys. Rev. Lett. 124, 035001 (2020).
L.C. Jarrott *et al.*, Nat. Phys. Adv. (2016) 1–7.
N. Satoh *et al.*, Plasma Fusion Res. 13, 2401028 (2018)
Yuki Iwasa *et al.*, Fusion Eng. Des. 125 (2017) 89-92.