

屈折率分布分析を用いた核融合炉用固体D-T燃料の特性評価 Characterization of Solid D-T Fuel for Fusion Reactor Using Refractive Index Distribution Analysis

ZHANG JIAQI¹⁾, 岩本晃史²⁾, 重森啓介¹⁾, 原正憲³⁾, 山ノ井航平¹⁾
Jiaqi Zhang¹⁾, Akifumi Iwamoto²⁾, Keisuke Shigemori¹⁾, Masanori Hara³⁾, and Kohei
Yamanoi¹⁾

(1) 阪大レーザー研, (2) 核融合科学研究所, (3) 富山大
(1) ILE, Osaka Univ., (2) NIFS., (3) Toyama Univ.

磁場核融合, 慣性核融合の双方の大きな課題として, 高品質な固体燃料ペレットを作成する技術開発が挙げられている. しかし, 重水素(D)-三重水素(T)燃料を固化させる場合, 同位体効果に起因するDとTの固化点の違い, 及びTの β 崩壊を起こすため, 発熱やヘリウム3の発生により, 中心部にDが集中することによりD-Tの空間均一性が変化する可能性がある. これらの燃料品質の変化は, 核融合反応に悪影響を与えると考えられる. 例えば磁場核融合炉においては, 燃料ペレットは高速度(300 m/s以上)で核融合プラズマ内に射出する時, ペレットは表面蒸発を発生する. 固化過程においてDが集中した際, ペレットの加速中に表面のTだけが蒸発し, Dだけがプラズマ中心部へと到達するといった懸念がある. 一方で慣性核融合においても, 燃料ペレットの爆縮後, 点火部を中心として核融合反応の燃焼が開始するため, DとTに空間的に不均一があった場合, D-T反応の効率に悪い影響を与える可能性がある. 従って, D-T燃料ペレット中のDとTの比及び分布の空間均一性などの特性を高精度で評価することが必要である.

本研究では, 高品質な核融合用固体D-T燃料ペレットを得るために, 固体D-T燃料の特性評価の開発を目的とする. まずベータ崩壊の影響がない環境で同位体分布の評価法を確立するために, 水素-重水素(H-D)を用いた実験を実施した. 光学的に屈折率分布を測定することで, 固体H-Dの均一性の特性を高精度で評価する手法を開発した. レーザーを用いてくさび形のH-Dセルを通過して屈折する. 屈折角を測定すると, スネルの法則により, 屈折率を計算することができる. ラインレーザーを用いてH-Dセル縦方向の連続的な屈折率分布を測定することができる(図1). 屈折率は密度に依存し, 水素同位体は密度が異なるため, H-Dの屈折率はHとDの比に依存し, Hのモル分率の分布を推定することが可能である.

実験結果について, 固体H-D中, H-Dの屈折率分布とHモル分率の垂直分布を取得した(HとDの比は1:1). 見やすくするために, 図3は2つの代表的な結果を示している. 固体H-D中のHとDの分布が不均一となることを示した. したがって, D-T燃料の固化過程でも, D-Tの空間的な不均一発生が予想される. 実験で高い精度での固体H-Dの均一性に測定し, 評価手法の有効性を証明した.

講演では, 詳細的な実験方法と実験結果について議論する.

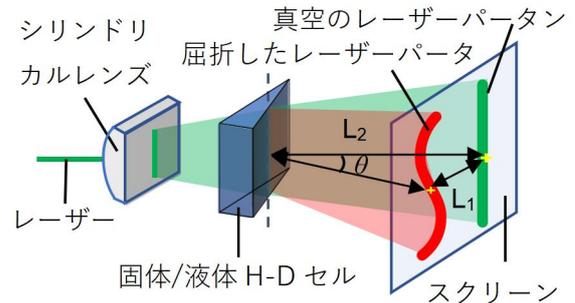


図1. 均一性測定系の概要図

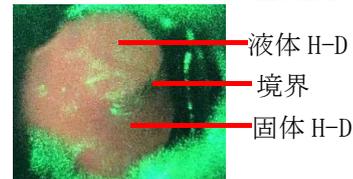


図2. 固化している写真

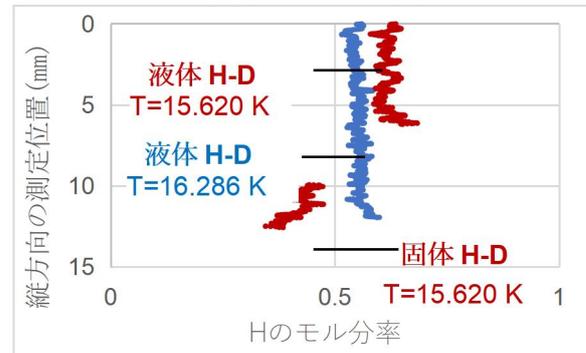


図3. H-D 中, H のモル分率の垂直分布