

[研究背景]

核融合炉ブランケットにおいて燃料であるトリチウムを生成回収し、連続運転をおこなえる燃料サイクルを設計することは、実用核融合炉を開発するうえで重要なことである。そのためにはトリチウム増殖材からのトリチウム放出挙動を把握することが必要である。過去に拡散のみを考慮しトリチウム挙動を解析することが試みられたが、研究者相互で拡散係数の一致は見られなかった (Fig.1)。

本研究ではトリチウム放出挙動にはグレイン内部の拡散のみでなくグレイン表面での反応が寄与すると考え、以下に示す物質移動素過程を定量的に把握し、汎用的に有効な増殖材グレインからのトリチウム放出モデル構築を進めている。

- (1) 結晶グレイン内でのトリチウム生成反応
- (2) 結晶グレイン内におけるトリチウムの拡散
- (3) 結晶内部の照射欠陥の効果
- (4) 結晶グレイン界面におけるトリチウム移動障壁
- (5) 結晶グレイン表面への水分の吸・脱着
- (6) パルクへの水分吸収
- (7) 気相中の水素とグレイン表面のトリチウム水との同位体交換反応(同位体交換反応 1)
- (8) 気相中の水蒸気とグレイン表面のトリチウム水との同位体交換反応(同位体交換反応 2)
- (9) パージガスへの H_2 添加に伴う水分生成反応
- (10) ポアにおける水素同位体、水分の移動
- (11) 境膜における水素同位体、水分の移動

現在までにグレイン表面での反応である(5)~(11)の定量を進めてきたが、グレイン内部でのトリチウム挙動を示す(1)~(4)の定量はおこなっていない。そこでトリチウムがグレイン内部より移行してくる際の挙動を把握する

ため日本原子力研究所実験用原子炉 (JRR-4) 京都大学原子炉 (KUR) において中性子照射をおこない、その後トリチウム放出実験をおこなった。

[研究成果]

日本原子力研究所にて取得したトリチウム放出実験結果とそれに対するフィッティング結果を fig.2 に、フィッティングにより求めた拡散係数と過去に他の研究者により求められた拡散係数との比較を fig.1 に示す。グレイン内部のトリチウム拡散のみでなく吸脱着、同位体交換反応など表面反応を考慮した結果、どの増殖材についても実験値をよく模擬することができた。以上の結果より、中性子照射により増殖材グレイン内部で生成されたトリチウムの放出には表面反応が寄与することがわかる。

本研究で求めた fig.2 に示す拡散係数は過去に他の研究者により報告されているどの拡散係数よりも大きな値をとる。これは過去に報告された拡散係数は表面反応の抵抗を含んだ総括の拡散係数であるのに対し、本研究で求めた拡散係数は表面の抵抗を除いてあるためである。同様に求めた Li_4SiO_4 、 Li_2TiO_3 、 Li_2ZrO_3 の拡散係数も、共に過去の報告値より大きな値となった。

フィッティングの際用いた吸脱着、同位体交換反応などの速度、容量は過去に定量された値そのままであり、数値パラメーターを移動素過程(4)のトリチウム移動障壁とするだけで水蒸気添加パージガス、水素添加パージガス、乾燥窒素パージガスの実験値に対してのフィッティングができる段階になった。現在では昇温速度を変化させた実験データ、パージガス中水蒸気分圧を変化させた実験データへのフィッティングも完了している。

今後は放出トリチウムの化学形の模擬、固体増殖材を層状に充填した場合の実験データの取得とデータへのフィッティング、In-Situ 実験データのシミュレーションなどを行っていく予定である。

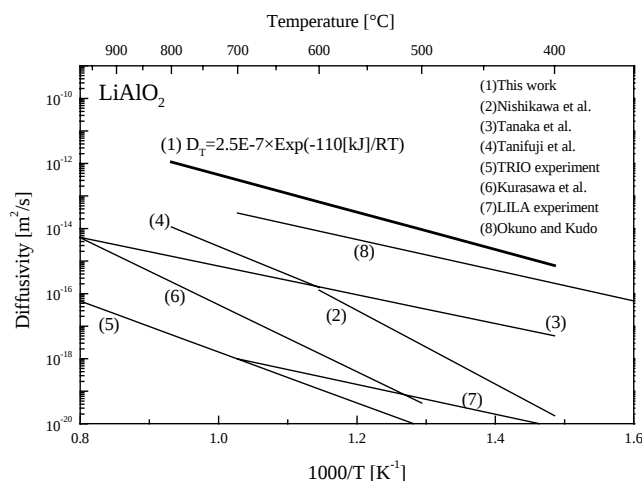


Fig.1 拡散係数

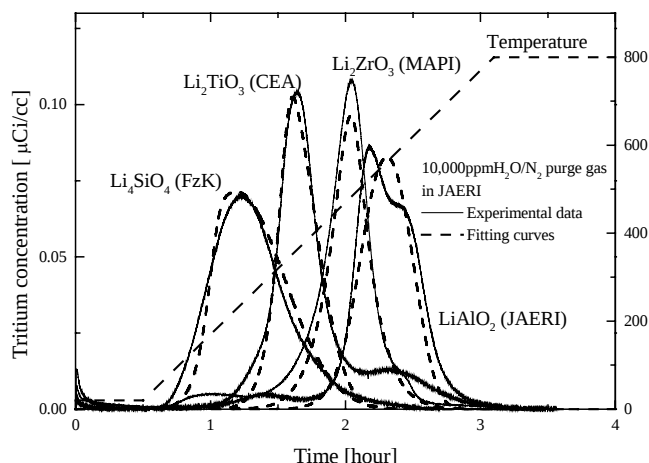


Fig.2 トリチウム放出曲線