

ブランケット材料照射研究の現状と課題 Present status and issues for blanket material irradiation research

大矢 恭久
Yasuhisa Oya

静岡大学
Shizuoka University

はじめに

核融合炉におけるブランケットシステムでは燃料となるトリチウムおよび熱の効率的な回収が大きな課題となる。ブランケット材料からのトリチウム回収性能の評価のためには、実際に中性子照射を行い、 ${}^6\text{Li}(n,\alpha){}^3\text{T}$ 反応により生成したトリチウムの放出・回収挙動を評価することが必要であり、研究炉を用いた中性子照射実験が必須となってくる。固体トリチウム増殖材料であるリチウムセラミックスではトリチウムの生成とともに照射欠陥が生成し、トリチウムの捕捉サイトとなるため、照射欠陥とトリチウムの放出挙動を関連づけて理解することが必要である。

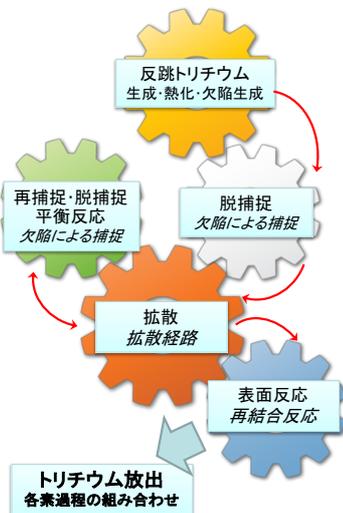


図1 固体増殖材のトリチウム移行素過程¹⁾

研究環境の復興

東日本大震災により研究炉が全停止したため、ブランケット材料照射研究も中断を余儀なくされた。大学における研究の停滞は、人材育成や技術伝承に影響し、研究炉再開の時には、すでにこれまでの研究ノウハウを理解している人が、教員のみとなる状況になったため、中性子照射実験の準備（照射に関わる書類作成、キャプセルの作成、試料の輸送）からトリチウム

放出実験まで再度、研究基盤・研究機器の再構築が必要となった。トリチウム測定器の再稼働や校正などにも時間を要する結果となった。また、関連する研究分野の研究者人口も減少していることも危惧される。

もうひとつの問題は、核融合炉では14MeVの中性子が照射されるため、中性子による照射欠陥生成とトリチウム生成量の割合が熱中性子照射とは大きく異なるため、照射欠陥の影響評価が必要であるが、すでに原子力機構のFNS(Fusion Neutronics Source)が停止されたため、速中性子照射場がないことも問題である。

研究の現状

平成29年からようやく京都大学複合原子力科学研究所の研究炉（KUR）が再稼働し、研究を再開することとなったが、卒業研究などの主テーマにするところまでには至っていない。

このような状況であるが、近年は Li_2TiO_3 の高トリチウム回収効率と Li_4SiO_4 の高トリチウム増殖比を組み合わせた複合 $\text{Li}_2\text{TiO}_3\text{-Li}_4\text{SiO}_4$ 材料の開発が行われており、これらを使ったトリチウム回収実験が始まったところである。図2は

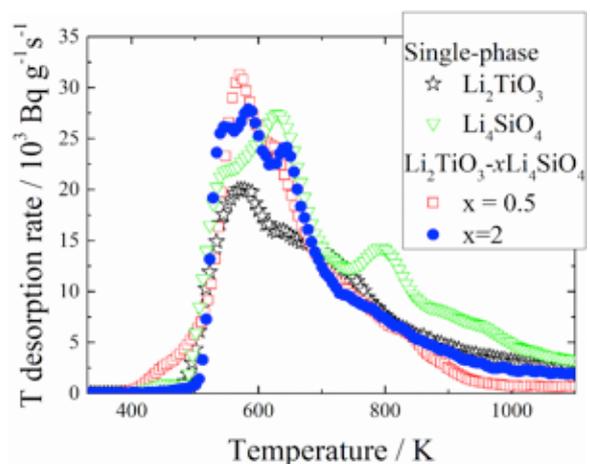


図2 種々のトリチウム増殖材におけるトリチウムTDSスペクトル²⁾

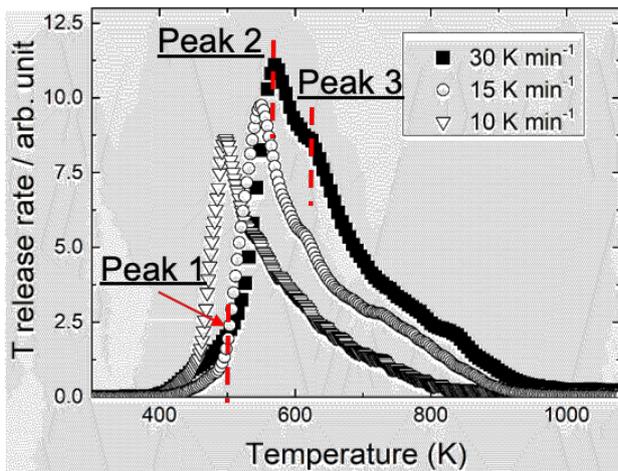


図3 種々の昇温速度におけるLi₂TiO₃-0.5Li₄SiO₄材からのトリチウムTDSスペクトル

複合Li₂TiO₃-xLi₄SiO₄の比率をx=0.5および2と変えた試料に中性子照射した際のトリチウムTDSスペクトルを示す。Li₄SiO₄と比較して、600K以下の低温から放出するトリチウム量が増加していることがわかる。

昇温速度を変えて、TDSを行うと、図3に示すように昇温速度が大きくなるに従い、きれいに高温側にシフトすることがわかる。

固体トリチウム増殖材におけるトリチウム放出に関わる活性化エネルギーについてまとめると図4のようにまとめることができる。この結果から二つの領域に大きく分けることができ、低温側に位置し活性化エネルギーが1.0 eVより低いものと、比較的高温で活性化エネルギーが1.0 eVより高いものである。前者ではトリチウムの放出は主に拡散過程に支配されるが、後者は固体トリチウム増殖材における脱離過程はトリチウム放出に関与していることがわかる。従って、低温で放出するトリチウム量を増やすことが効率的なトリチウム回収につながる。そのため、高トリチウム増殖比を維持しつつトリチウム回収効率を高める可能性があることがわかる。今後、照射欠陥挙動についても明らかにする必要があり、種々の条件での中性子照射が必要不可欠であると言える。

固体トリチウム増殖材料では、これまでに述べてきた複合Li₂TiO₃-Li₄SiO₄材料以外にもLi比を高めたLi_{2+x}TiO_y材料や中心金属を変えた種々の三元系固体トリチウム増殖材料の開発も進められている。材料特性評価も重要であるが、「トリチウム増殖材」と言われ故に、トリチウム回収評価は必須になってくる。トリチウム生成量自体はLi濃度と中性子束・核反応断面積が

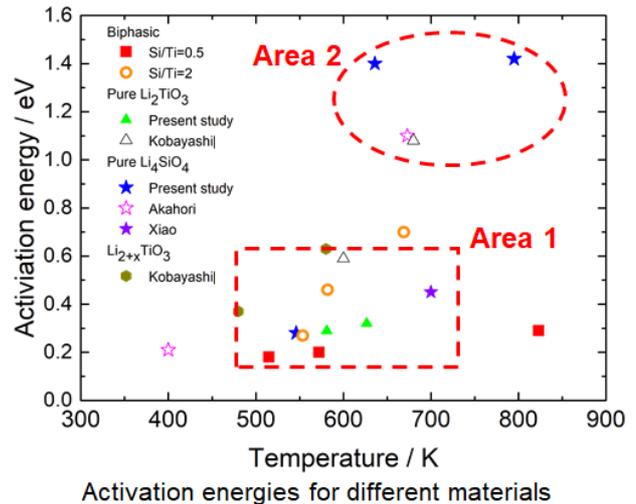


図4 種々の固体トリチウム増殖材における活性化エネルギーのまとめ

わかれば予測可能であるが、生成されたトリチウムが効率的に回収できるのかは別問題である。そのためには研究炉利用が必要不可欠である。欲を言うのであれば、in-pileでの実験ができると実環境での回収予測にはとても役立つと考える。

参考文献

- 1) 小林真 静岡大学博士論文。
- 2) Q. Zhou, et al., Scripta Materialia, to be submitted.