

中性子照射Ti粉末混合FLiNaBeからの 加熱によるトリチウム放出特性

市川 亨^[1] 片山 一成^[1] 大宅 諒^[1]

Toru Ichikawa Kazunari Katayama Makoto Oya

[1] 九州大学 総理工

Kyushu University IGSES

1.はじめに

ヘリカル型核融合原型炉FFHRでは、トリチウム増殖材兼1次冷却材としてフッ化物熔融塩FLiNaBeの使用が想定されており、ブランケット内に流通させることで、トリチウム生産と熱の回収を同時に担うこととなる⁽¹⁾。FLiNaBeは、水素溶解度が小さいため、トリチウム燃料の回収は容易だが、トリチウム漏洩の危険性が懸念されている。水素溶解度の低さに対する解決策として、Tiなどの水素吸蔵金属の粉末を加えることで、フッ化物熔融塩のトリチウム溶解度を大きくし、透過漏洩によるトリチウム損失量を低減することが提案されている⁽²⁾。FLiNaBe中に生成したトリチウムがFと結びつくことでTFになると考えられている。TFはフッ化物として強い腐食性を持つので、構造材の腐食も考慮すべき問題である。

枝尾らはフッ化物熔融塩が放出するトリチウムの化学形が周囲のガス環境や物質によって変化し、TFは同位体交換反応によってガス中のH₂と反応しHTへと変化しやすいと考えた。先行研究において、熔融塩FLiBeを対象に、ArガスおよびH₂/Arガス下での同位体交換反応を比較している⁽³⁾。しかしながら、水素吸蔵合金を混合したFLiNaBeからのトリチウム回収条件と放出されるトリチウムの化学形(TF, HT, HTO)の関係性についての理解は十分ではない。そこで本研究では、Ti粉末混合FLiNaBeに中性子照射を行い、ArガスおよびH₂/Arガス流通下での加熱に伴うトリチウム放出挙動を観測し、その化学形を評価した。

2.実験手順

図1に実験装置の概略を示す。京都大学複合原子力科学研究所において、平均中性子フラックス $4.88 \times 10^{12}/(s \cdot cm^2)$ で5分間の中性子照射を行った5wt%Ti混合FLiNaBeをMo製のるつぼに充填し、これを片封じ石英管内に設置した。熱電対は、石英管上部からるつぼ内に挿入した。Arガスを0.1 L/minで流通させながら、電気炉にて試料を600℃に加熱、保持した。試料から放出されるトリチウムの化学形はTF、HT(T₂)、HTO(T₂O)が想定される。HTのみ疎水性を持つことを利用し、HTOは-60~-70℃のコールドトラップで、TFは水バンプで、HTはCuOで酸化させてHTOとして2つの水バンプで捕集した。試料の加熱を開始してから10分ごとに、2つの水バンプから1ccの水採取をそれぞれ2回ずつ行い、液体シンチレーションカウンタにてトリチウム濃度を測定した。1回6時間の加熱を2回行った。同様の実験を1%H₂/Arでも行った。

3.実験結果と議論

放出トリチウムを3つの化学形別に回収することに成功した。どちらのページガスにおいても、TFに比べて、HTの方が非常に多く放出されることがわかった。また、H₂/Arガスを用いた方が、HTの放出速度が低下することが分か

った。Arガスの代わりに1%H₂/Arガスを用いると、Ti粉末周辺FLiNaBe中の水素濃度が増加する。これによってTi表面の酸化層が取り除かれ、水素吸蔵能力が向上したことでHTの放出が抑制されたと考えられる。

これまでの実験結果より、2回目の加熱で観測されるトリチウムは、1回目の加熱によるFLiNaBe中の水素濃度低下により、主にTi粉末中の水素から脱離したものであると考えられる。実際2回目の加熱で2時間経過したときのHTの放出量は、Arガス条件で0.919 kBq/g、1%H₂/Arガス条件で3.61 kBq/gであり、この差は、1回目の加熱でのTiへのトリチウム吸蔵量を反映していると考えられる。また1%H₂/Arガス条件下の試料を700℃まで加熱し、放出トリチウム化学形を計測したところ、そのほとんどがHT、HTOであったことから、Tiから脱離したトリチウムは、Fとはほとんど結合しないことがわかった。

比較的多くのトリチウムが、HTOとして放出される要因として、ページガス中に含まれる微量の水蒸気H₂OとFLiNaBe界面に現れたHTとの同位体交換が考えられる。

4.まとめ

中性子照射5wt%Ti混合FLiNaBeから放出されるトリチウムを化学形別に回収することに成功した。Ti粉末を混合した場合、H₂ガスによるTF抑制効果は見られず、トリチウムの放出速度が低下する結果となった。これは、H₂によりTiの水素吸蔵能力が向上したためである。

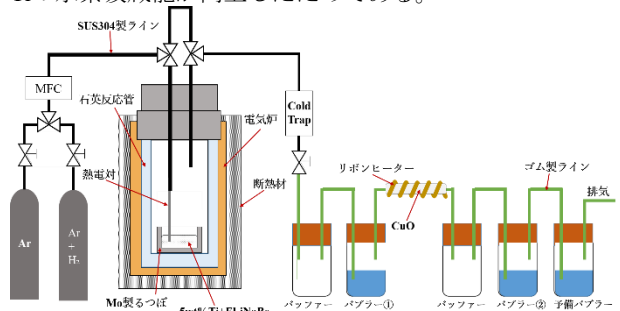


図1 実験装置概略図

表1 ページガスごとのトリチウム放出化学形

1回目の放出量	TF	HT	HTO	総量	HT/TF
Ar[kBq/g] (%)	0.389 (0.615)	51.5 (81.0)	11.4 (18.0)	63.2 (100)	132 (-)
Ar+H ₂ [kBq/g] (%)	0.379 (1.43)	24.7 (93.0)	1.48 (5.57)	26.6 (100)	65.2 (-)

参考文献

- [1] Sagara et al., Fusion Science and Technology, vol.68 (2015) 303-307.
- [2] Sagara et al., Fusion Eng. Des., 89 (2014) 2114-2120.
- [3] Y. Edao et al., Fusion Sci. Technol., 55 (2009) 140-151.