

核融合炉中性子遮蔽における水素化物材料使用検討

Usage of hydride materials for neutron shielding in a fusion reactor

* 田中 照也¹, 牟田 浩明², 菱沼 良光¹, 吉野 正人³, 室賀 健夫¹, 相良 明男¹¹核融合研, ²阪大院・工, ³名大院・工,

水素化ジルコニウム、水素化チタンについて、粉末プレスによる小型ペレット・ブロック体製作と密度、熱伝導特性等の評価、また、温度上昇時の水素脱離特性についての評価を行い、核融合炉中性子遮蔽に適用する際の適用場所、材料選択について検討している。

キーワード：水素化ジルコニウム、水素化チタン、中性子遮蔽、水素脱離

1. 緒言：14MeV 中性子の減衰に有効な金属原子と数 MeV 以下の中性子減速に有効な水素原子を含む ZrH_2 及び TiH_2 は、DT 核融合炉内の中性子に対して高い遮蔽能力を示す。また、鉄を用いた遮蔽体に比べて、使用後 1-100 年の放射能の減衰が早く、高い能力を持つ遮蔽候補材の WC (炭化タングステン) よりも重量密度は小さい[1]。一方、事故時の高温における過渡的な水素放出特性等を評価した上で、適用場所、材料選択を検討する必要がある。

2. 粉末プレス試料の重量密度：水素化物中性子遮蔽体では金属製の箱型容器内に水素化物ブロックを収めることを想定し、本研究では粉末プレスによるブロック体製作の可能性を調べている。図 1 にプレス圧力と理論密度に対する試料の重量密度の評価結果を示す。10mm ϕ x 2.5mm 小型ディスク試料は超硬ダイスを用いた室温プレスにより、また、25 x 25 x 12.5mm³ 小型ブロック試料 (現在までに TiH_2 のみ) は、室温プレスの後、CIP (冷間等方圧加圧法) により製作した。 TiH_2 の重量密度については、寸法の大きいブロック試料についても CIP 処理を行うことにより、室温プレスによる小型ディスクと同様、200MPa に対して約 75% の重量密度が得られた。400MPa の CIP 処理により 85% 程度のブロック体製作が見込まれる。現在、 ZrH_2 についても評価を進めている。

3. 水素放出特性：ブロック体製作に用いた TiH_2 、 ZrH_2 粉末について、昇温時の過渡的な水素脱離特性を調べるために、熱天秤を用いた試料加熱と重量変化測定を空気フロー及び Ar フロー (酸素約 600ppm) 中において実施した。水素脱離挙動の取得は、より正確な評価を行うために、熱天秤加熱炉からの排出ガスをサンプリングし、QMS (四重極質量分析計) を用いて実施した (図 2)。Ar フロー中での熱天秤測定では、いずれも水素脱離に伴う重量減少が観測されるのに対し、空気フロー中では酸化に伴う重量増加が観測された。重量増加は、 TiH_2 では約 350°C よりわずかに観測され、600-900°C において著しく増加、また、 ZrH_2 では約 250°C からわずかに観測され、400-800°C において著しく増加する。酸化に伴う重量変化の始まる温度と空気フロー中において水素放出の始まる温度は一致しており、事故時の安全性の観点からは、純粋な水素化物の物性よりも低い温度からの水素脱離を考慮した使用検討を行う必要がある。

4. 使用検討：炉内では増殖ブランケット背面の遮蔽体領域への設置、炉外では機器類に対する遮蔽への適用について、中性子輸送計算による設置方法・材料組合せの最適化を探るとともに、水素化物材料選択の観点からは、水素脱離時のブロック形状変化等について実験により調べている。

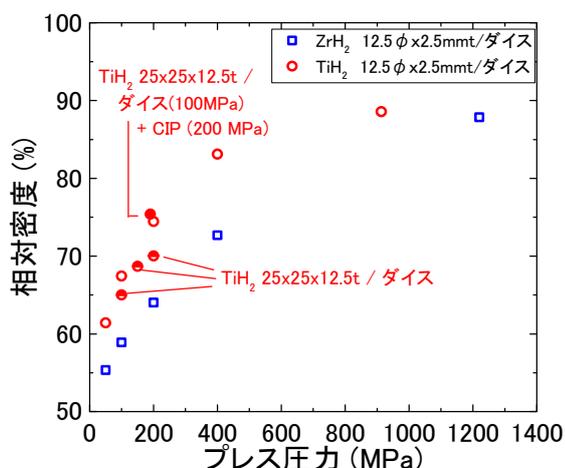


図 1. 粉末プレスにより製作した小型ディスク、ブロック試料の相対重量密度

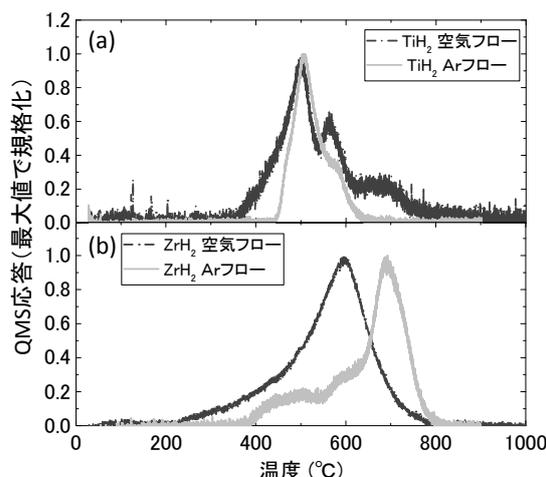


図 2. QMS により取得した、(a) TiH_2 、(b) ZrH_2 粉末の水素脱離特性 (3°C/分で昇温)

本研究は、科研費・基盤研究(B)25289344、核融合研・炉工学プロジェクト UFFF025-1 により実施している。

参考文献 [1] T. Tanaka et al., Fusion Science and Technology, 68 (2015) 705-710.

Teruya Tanaka¹, Hiroaki Muta², Yoshimitsu Hishinuma¹, Masahito Yoshino³, Takeo Muroga¹ and Akio Sagara¹
¹National Institute for Fusion Science, ²Osaka Univ., ³Nagoya Univ.