

課題名	水素化物中性子吸収材を用いた革新的高速炉炉心の実用化研究開発			
参画機関	大阪大学、東京大学、(株)東芝、東北大学、(独)日本原子力研究開発機構、ニュークリア・デベロップメント(株)、三菱FBRシステムズ(株)			
事業規模	期間	平成21～24年度	総額	1,153(百万円)

【研究代表者】

小無 健司 東北大学金属材料研究所 准教授



【研究概要】

現在、高速炉の制御棒には炭化ホウ素 (B_4C) が使われています。 B_4C は、中性子を吸収することによりヘリウムガスを発生しペレットのスエリング(膨張)を起し破損に至る場合があります。この研究課題では、中性子を吸収してもヘリウムを発生しないハフニウム水素化物を新しい中性子吸収材料として提案し開発を進めてきました。ハフニウムが中性子を吸収すると質量数が一つ大きいハフニウム同位体になります。このハフニウム同位体も中性子を吸収する能力を持っているため中性子吸収能力が持続し長寿命制御棒を開発する事が出来ます。これにより高速炉の運転費削減と廃棄物発生量の低減が期待できます。

この研究では長寿命制御棒の実用化に必要な技術開発を実施しました。特にロシアの高速研究炉 BOR-60 を用いた1年間の照射試験を実施しました。この試験のためにハフニウム水素化物ペレットをステンレス鋼被覆管に溶封した模擬ピンを作成しました。ペレットと被覆管の間にナトリウムを充填する手法も確立しました。世界でも例のないハフニウム水素化物制御棒の照射挙動特性データを取得しました。照射試験の結果、炉運転中に模擬ピンからの水素損失がほとんど起きないことを確認しました。また、1年間の照射に限られますが水素化物ペレットの照射によるスエリングも小さく抑えられる事を確認し実用化へ向けて大きく前進することが出来ました。

【その後の取り組み】

ハフニウム水素化物制御棒は、定常運転状態やこれまで考えられてきた事故シナリオでは安全であることが確認出来ました。今後はさらに福島第一原子力発電所事故以来、議論が進められているシビアアクシデント時の安全性を評価するとともに、水素化物制御棒集合体を作成し高速炉での照射試験を経て実用化につなぎたいと考えています。また、この研究で得られた水素化物材料に関する知見を用いた応用が考えられます。その一つは、マイナーアクチノイド水素化物を原子炉による核変換ターゲットに用いることです。これにより環境負荷低減に貢献できるものと期待しています。

高温、低圧の水素ガスを吸収

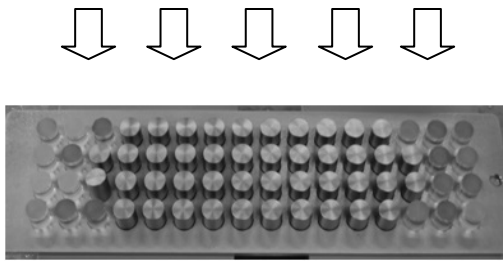


図1 水素化物ペレット作製

高温で金属ペレットに水素ガスを吸収させて作製します。温度と圧力を調整して割れの無い水素化物ペレットを作製します。

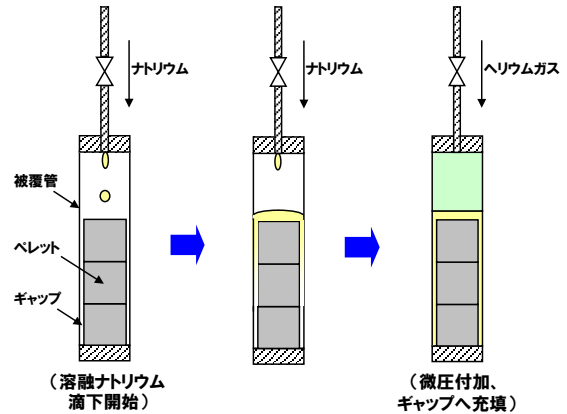


図2 ナトリウム充填技術

ステンレス鋼被覆管と水素化物ペレットの隙間にナトリウムを入れて作製します。このナトリウムは、水素をペレット内に閉じ込める効果を発揮します。

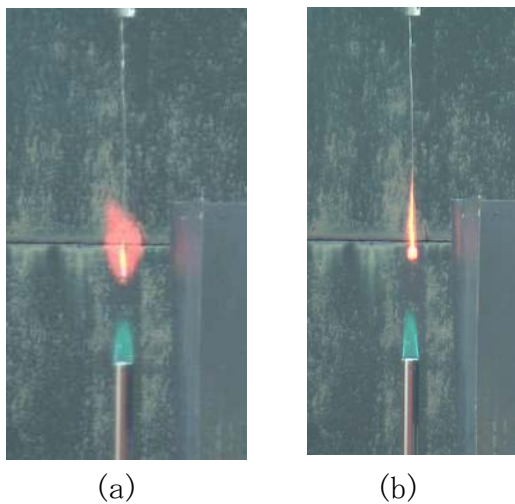


図3 水素化物ペレット燃焼試験

万一の火災事故を想定して空気中でバーナーで加熱しました。1000℃を越えると炎を出してゆっくり燃焼します。(a) 燃焼中の火炎 (b) 燃焼後の高温による発光

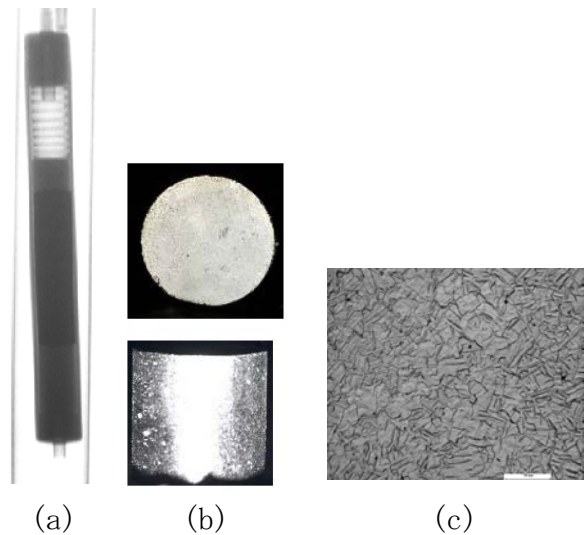


図4 ロシア BOR-60 照射後試験

照射後にキャプセルを取り出して照射による影響を調べました。(a)照射済みキャプセルのX線透過写真 (b)ペレット外観写真 (c)ペレット断面の光学顕微鏡写真 (500℃、13.2dpa)

代表的な特許、論文、受賞

【出願特許】

1. 藤原 竜馬, 小見田 秀雄, 長谷川 克史, 佐藤 望, 笠井 重夫, 小無 健司、特願 2012-207319 液体金属充填装置および液体金属充填方法

【発表論文等】

1. 小無健司、'原子炉用材料としての金属水素化物'—ハフニウム水素化物制御棒の開発—「金属」81, 3(2011)235-240.
2. K. Konashi, K. Itoh, T. Kido, Y. Kosaka, S. Seino, "Development of Hydride Neutron Absorber for Fast Reactor - Irradiation Experiment on Hydride Neutron Absorber in BOR-60 -" Proceedings of ICAPP 2013, Jeju Island, Korea, April 14-18, 2013, Paper No. FA232.