

FeCrAlZr-ODS 鋼を応用した先進核融合機器の開発に関する研究 (2) ヘリカル型核融合炉における錫系液体金属のダイバータ及び ブランケットへの応用

Application of FeCrAlZr-ODS alloy for advanced liquid blanket and divertor concepts

(2) Applications of tin-based liquid metals to the divertor and the blanket in the helical fusion reactor

*宮澤 順一¹, 後藤 拓也¹, 小林 真¹, 濱地 志憲¹, 田中 照也¹

¹核融合研

ヘリカル型核融合炉 FFHR の設計では、錫系液体金属を用いた先進ブランケットや先進ダイバータの採用を検討している。防食、絶縁、及び水素透過防止のための酸化物被覆の自己修復効果を狙った機能性液体金属の研究も開始した。本発表では FFHR の最新設計と機能性液体金属開発の現状について報告する。

キーワード：核融合炉設計, 液体ブランケット, 液体ダイバータ, 酸化物被覆, 機能性液体金属

1. 緒言 定常運転に適したヘリカル核融合炉 FFHR の設計活動では、液体金属流やペブル流をプラズマ対向材料として用いる先進ダイバータや、溶融塩あるいは液体金属を用いる先進ブランケットについて積極的に検討を進めている。

2. ヘリカル核融合炉 FFHR-b3

2-1. 概要 FFHR-b3 は LHD の 2 倍サイズ(ヘリカルコイル大半径 7.8 m、ヘリカルコイル中心磁場強度 6.6 T)で、1～10 万 kW の正味発電を実証する。高温超伝導マグネットに加え、セラミックペブルダイバータ及びカートリッジ式液体金属ブランケットの採用を検討している。

2-2. ダイバータ 錫シャワーや易融金属ペブルの検討を経て、現在は SiC などのセラミックペブルを用いたリミタ・ダイバータを検討中である(図1)。セラミックペブルをスクリーコンベアで搬送し、プラズマのエルゴディック領域に自由落下させる構成である。

2-3. ブランケット 厳しい放射線環境下での保守交換を容易にするため、ブランケットをカートリッジ化した。液体金属はブランケットカートリッジ上部の穴から注入され、下部の穴から真空容器内のプールへと排出される(図 2)。ダイバータ用セラミックペブルも同プールに排出され、液体金属と熱交換した後、濾過分離される。

3. 機能性液体金属 ブランケット用液体金属をプラズマ真空中に排出する場合、その蒸気圧は低いことが必須である。低蒸気圧、低融点、高トリチウム増殖比などの特性を有しつつ、防食・絶縁・水素透過防止のための酸化物皮膜を自己修復する効果も期待できる機能性液体金属として、リチウム、錫、鉛(またはビスマス)を含む合金にエルビウムを添加した6種類の多元合金を選定した。これらを用いた材料腐食実験などを計画している。候補材料の一つについて真空中での溶解を試みた実験の様子を図3に示す。石炭状に黒化した液体金属材料は真空中で溶解した後も黒っぽく、高い粘性を示したが、水素ガスを吹き付けると金属光沢が得られ、粘性が低下した。これは、酸化していた液体金属が水素で還元されたものと考えられる。

4. 結言 ヘリカル核融合炉 FFHR-b3 の最新の設計では、セラミックペブル流のリミタ・ダイバータと従来型固体ヘリカルダイバータを併用し、ブランケットには保守交換が容易なカートリッジ式液体ブランケットの採用を検討している。ブランケット用液体金属として機能性液体金属を用いることとし、その候補を選定するとともに研究開発を開始した。

*Junichi Miyazawa¹, Takuya Goto¹, Makoto I. Kobayashi¹, Yukinori Hamaji¹, Teruya Tanaka¹

¹NIFS

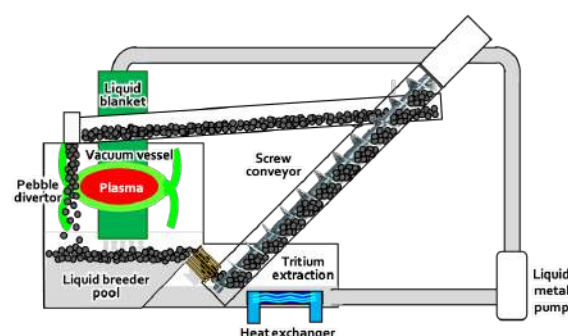


図1 セラミックペブルダイバータ概念図。

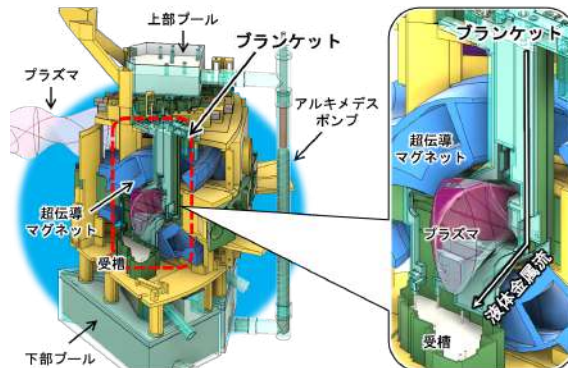


図2 カートリッジ式液体金属ブランケット概念図。



図3 機能性液体金属の真空中溶解実験。