

核融合工学研究プロジェクト

相良明男

当該プロジェクトでは、将来のヘリカル方式の核融合炉 FFHR の概念設計と、その製作に必要な工学研究を行っています。また、国内外の共同研究と併せて、最先端の研究を進めるとともに、基礎となる様々な専門分野と連携研究を進めています。以下に平成 27 年度の主な成果を、図3に沿って紹介します。

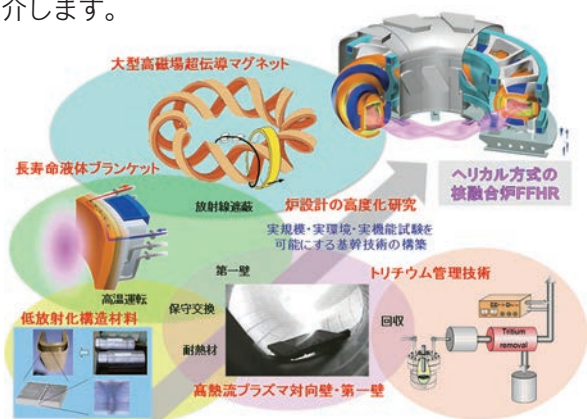


図3 核融合炉を設計するために核融合工学研究プロジェクトで行われている工学実験研究

炉設計では、炉心への燃料供給量を調整するシンプルな制御によって起動と定常運転が可能であることを、物理解析コードを組み合わせた炉心計算によって確認しました。また、建設・補修の手順を総合的に検討し、交換機器の分割方法や、プラズマから流れ出る熱及び粒子を受け止め、排気を行うための機器であるダイバータの長寿命化を目指した新しい構造を提案しました。さらに、高熱流を液体金属で受ける挑戦的なダイバータ機器を提案し、熔融スズのシャワーによって、粒子排気とも両立し、安全性や保守性に優れた概念設計を進めています。



図4 直径 70 センチメートルの大空間に 13 テスラの高磁場を発生する試験設備

他方、マグネット工学についてはヘリウム液化冷凍機を更新し、温度マイナス 269℃から室温の範囲で温度制御されたヘリウムを安定に供給する新機能も追加しました。また、大電流超伝導導体の試験設備を整備しました(図4)。一方、高温

超伝導線材を束ねた 10 万アンペア級の導体を次々と接続する技術の開発研究を東北大学と共同で進めています。この導体は極めて安定で、超伝導状態が破れるリスクが従来の導体と比べて低いことなども分かりました。

核融合炉のプラズマの周囲に配置され、エネルギーの取り出し、燃料であるトリチウムの生産、各種放射線の遮蔽による機器や環境の保護の役割を持つブランケットにおいては、液体増殖材として利用できるフッ化物熔融塩に金属微粉末(チタンなど)を混合することを独自に提案し(図5)、水素ガスを用いて、水素燃料の保持力を 10 万倍以上に向上させることに成功するとともに、水素の効率的な再放出につながる、マイクロ波での金属粉のみの加熱を実証しました。

構造材料については、適材適所で様々な材料を接合する必要があり、低放射化フェライト鋼と、高温特性に優れたナノ酸化物分散強化鋼との場合、接合温度を 1050℃以上にすれば強度が維持できることが分かりました。また、高温等方加圧焼結装置を用いた接合や新材料開発の研究も進められています(詳細は今号に掲載の研究最前線「高温等方加圧焼結装置の導入と革新的核融合材料開発研究」の記事をご覧ください)。



図6 タングステンと酸化物分散強化銅 (ODS-Cu) との接合に BNi-6 ロウ材を用いて製作したダイバータ試験体

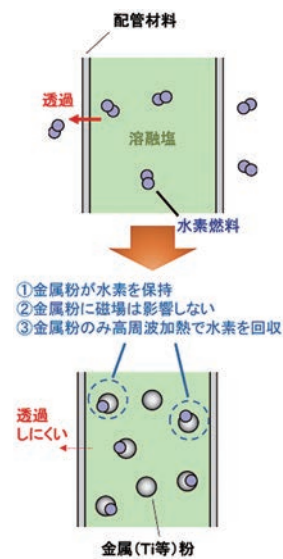


図5 熔融塩は磁場の影響も受けず、大気に触れても安全ですが、水素を保持しにくい欠点があり、これを金属微粉末で大幅に改善できます

高熱流機器については、タングステンと銅合金の接合に、中間材を使わない強靱なロウ付け接合法を確立し、ダイバータ試験体を製作して高い除熱性能を確認しました(図6)。

(核融合工学研究研究総主幹
／核融合システム研究系 教授)