

核融合工学部会セッション「原型炉戦略における先進ブランケット開発と今後の展望」

(1) 原型炉戦略における先進ブランケットの位置付け

(1) Necessity of advanced blanket systems in develop strategy of DEMO

田中照也

核融合科学研究所

1. 先進ブランケット概念

ブランケットは炉心プラズマに面して設置され、①熱エネルギーの取り出し、②三重水素(燃料)の自己増殖、③中性子・ γ 線の遮蔽を担う、厚みが 35-60cm 程度(設計による)の発電用の複合機器である。複数の構造材、トリチウム増殖材、中性子増倍材、冷却材の組み合わせがブランケット概念として提案、研究されてきているが、既存の加圧水型軽水炉の発電技術を利用できる水冷却方式のブランケット概念に対して、より高温での高効率発電が期待できる液体金属や熔融塩をトリチウム増殖材や冷却材に使用するブランケット概念が”先進ブランケット”とされている。材料の組み合わせによるが、 ${}^6\text{Li}$ の濃縮が不要(天然 Li の利用)、固体中性子増倍材が不要、簡単なブランケット構造、増殖/冷却材についてはトリチウム燃料回収、純化、成分調整を連続的に行うことが可能であり、照射損傷の影響が無い、といった高効率発電に適した特徴を持たせることが期待できる。液体金属の LiPb(リチウム鉛)、Li、熔融塩の FLiBe (フリーベ)、FLiNaBe (フリナーベ)等が主な先進ブランケット用増殖/冷却材候補であり、幅広い開発研究が進められている。

2. 要素技術開発研究

先進ブランケット用増殖/冷却候補材となっている液体金属および熔融塩は、材料特性、強磁場下における流動・伝熱特性、水素輸送特性、材料との共存性、化学的安定性等が大きく異なるため、各々に特有の課題について、大学等を中心とした長年の材料・要素技術研究が進められてきた。日米科学技術協力事業 JUPITER-II (2001-2006) 及び TITAN (2007-2012) においても、全日本的な体制での集中的な取り組みが行われている。現在、核融合科学研究所の熱・物質流動ループ装置 Oroshhi-2 (FLiNaK、LiPb ツインループ装置) [1]等を用いた、循環系における先進ブランケット技術、及び機能の統合的な開発・実証研究を推進する段階に入っている。先進ブランケット実現のためには、今後、熱交換機、二次系を含めた発電システム全体の研究についても推進し、高効率・長寿命・安全性を確立する必要がある。

3. 原型炉戦略における位置づけ

核融合科学研究所を中心に進められているヘリカル型磁場閉じ込め発電炉 FFHR の概念設計研究では、当初より熔融塩 FLiBe、FLiNaBe を増殖/冷却材とした先進ブランケットが第一候補とされており、また、液体金属増殖/冷却材を用いるブランケットの適用についても検討されている[2]。

一方、現在、日本原子力研究開発機構が中心となり、全日本体制で精力的に展開されているトカマク型磁場閉じ込め原型炉の開発研究においては、水冷却方式のブランケットによる発電実証を目指している。国際熱核融合実験炉 ITER にも、水冷却方式のテストブランケットモジュール (ITER-TBM) を設置することで、技術基盤を確立、検証する計画となっている。このトカマク型原型炉の開発戦略では、水冷却ブランケットによる発電実証の後の段階で、先進ブランケット方式のテストブランケットモジュール(原型炉 TBM)を設置し、技術検証と経済性の見通しを得ることが必要であるとの提案がなされている。[3]

大阪大学を中心に進められている慣性閉じ込め核融合炉の研究においても、実験炉の第 III フェーズにおいて LiPb 先進ブランケットの適用が検討されている[4]。

[1] A. Sagara et al., Fusion Sci. Technol. **68** (2015) 303.

[2] NIFS 核融合工学研究プロジェクト FFHR 設計グループ, NIFS-MEMO-64 (2013).

[3] “核融合原型炉開発のための技術基盤構築の中核的役割を担うチーム(略称 合同コアチーム) 報告”, NIFS-MEMO-72 (2015). <http://www.naka.jaea.go.jp/kankoubutu/goudoukoa.html>.

[4] 神前康次 他, J. Plasma Fusion Res. **83**(2007)19.