

## 核融合炉内タングステン機器の機能健全性に関する検討 Instructions for Preparing Manuscripts for JSPF Annual Meeting

笠田竜太<sup>1</sup>, Gwon Hyeoseon<sup>2</sup>, 小西哲之<sup>1</sup>, 松田慎三郎<sup>3</sup>  
Ryuta KASADA<sup>1</sup>, Hyoseong GWON<sup>2</sup>, Satoshi KONISHI<sup>1</sup>, Shinzaburo MATSUDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京大エネ理工研, <sup>2</sup>京大エネ理工研 (現: 原子力機構), <sup>3</sup>東工大  
<sup>1</sup>IAE, Kyoto Univ., <sup>2</sup>IAE, Kyoto Univ. (Currently JAEA), <sup>3</sup>Tokyo Tech.

### 1. 緒言

核融合原型炉段階に向けた検討が進められる中、ダイバータが設計成立に向けたクリティカルパスのひとつであることが明示されている<sup>[1]</sup>。しかし、ダイバータが有すべき機能と、その健全性を如何に保つのか、あるいはどのような故障は許容され、どのような故障は許容されないかなどのクライテリアについては、関係する研究分野で共有すべき情報にも関わらず、未だに明確化されていないと考えられる。特に表面被覆部とはいうものの、タングステンのような脆性材料を用いることから、構造健全性を抱合する機能健全性という観点から整理することが必要であろう。これはタングステン被覆を施すことになるブランケット第一壁アーマー部においても同様である。そこで本研究では、タングステンを用いるダイバータ機器あるいはブランケット第一壁を対象として、粒子負荷、熱負荷、中性子照射、冷却水内圧環境によって生じる複合的な負荷と、それによって生じる機能損傷様式を整理する。また、このようなアプローチの例として、ELM様の熱負荷を模擬した際のW表面上の熱応力によるクラック進展について、静的な条件下における検討を行った結果を示す。

### 2. 機能損傷様式と材料劣化

第一に、タングステン被覆部材における保全すべき機能/対象を明確化する必要がある。通常運転時のプラズマ性能への重篤な影響をもたらし得る因子、更には冷却系等を含めたプラント運転への重篤な影響をもたらし得る因子を考慮し、防止すべき事象として、例えば冷却水漏えいや、タングステンの過剰放出によるプラズマ性能の劣化等を挙げる必要がある。また、部材に想定される環境・負荷については、冷却配管では冷却水による腐食、内圧による破断、クリープ、疲労等の機械的損傷等が考えられる。Wアーマー部においては、粒子束による損耗、

熱流束による熱応力、溶融・気化が考えられる。これらに、中性子照射が加わるため、照射脆化やスエリング、照射クリープ等も考慮する必要がある。これらの環境・負荷に基づき想定される破損様式を部材ごとに、図1に模式図として示した。また、通常運転時のみならず、運転状況を分類し、それらに対応した部材の応答についても整理する必要がある。

また、被覆接合技術に応じた供用前の健全性評価のみならず、経年劣化について、寿命が数年程度ではあるものの供用中検査が極めて困難であることが想定されるような部材に対する考え方についても確立する必要がある。このことは、そもそもこのような機器が、機器保全上、更には安全上のクリティカルな要素であるのかどうかという、より高い設計レベルにおける検討に基づくべきである。今後は、プラズマ物理設計、構造設計、熱流動設計の観点から総合的に機能健全性についてまとめる必要がある。当日は、熱負荷に対する健全性基準の考え方についてレーザーを用いた熱負荷実験および有限要素解析から検討した結果についても示す。

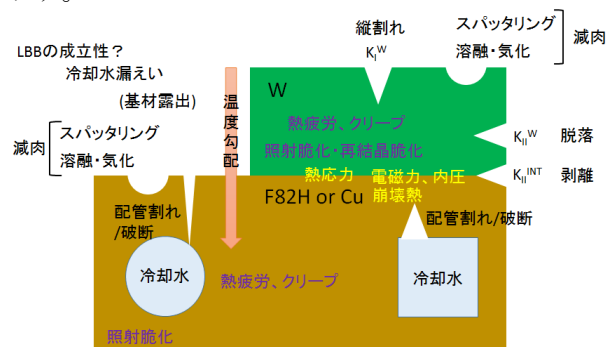


図1 タングステン機器に想定される破損様式と材料劣化の模式図

[1]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, 平成 26 年 7 月 18 日.