

原型炉メンテナンス実施に向けたトリチウム蓄積量の予測 および実時間トリチウム除染法の検討

Evaluation of tritium inventory and scenario of in-situ tritium decontamination for maintenance of DEMO

芦川直子^{1,2}、染谷洋二³、鳥養祐二⁴、坂本宜照、大矢恭久⁵、波多野雄治⁶、原型炉設計合同特別チーム

N. Ashikawa^{1,2}, Y. Someya³, Y. Torikai⁴, Y. Oya⁵, Y. Hatano⁶, Y. Sakamoto³,
Joint special design team for DEMO

核融合研¹、総研大²、量研機構³、茨城大⁴、静大⁵、富山大⁶

所属略称 NIFS¹, SOKENDAI², QST³, Ibaraki Univ.⁴, Shizuoka Univ., U. of Toyama

核融合原型炉は数年程度の定常運転後、メンテナンスのためにプラズマ真空容器内部を真空状態から大気開放し、引き続き作業用ロボットもしくは作業員によるメンテナンス作業が開始される。そのため、核融合炉の実現にはメンテナンス作業を開始する前段階でのトリチウム滞留量の把握、および真空容器内の残留トリチウム軽減方法が確立していることが大前提となる。本発表では、原型炉設計合同特別チーム活動の一環として実施している真空容器内トリチウム滞留量予測とトリチウム除染方法の検討活動の現状について報告する。

前述の条件で選択可能なトリチウム除染方法は限定されており、温度制御（崩壊熱および能動的なベーキングを含む）、放電洗浄（グロー放電、高周波放電など）、およびガス種選択で、かつ真空条件下で実施する必要がある。いずれも個々の手法は現行装置で使用されている方法だが、原型炉ではトリチウム除染時間の短縮のため、複合的な運用が求められる。さらに原型炉ではプラズマ運転時の壁温度が現行装置よりも高く、プラズマ停止後に崩壊熱が生じるため、これらの熱を利用しつつ温度制御する点が大きく異なる。

本研究ではさらにトリチウム除染に関するモデルへの入力パラメータ整備のためにマトリックス構築を行っている。表1に初期（改訂前）の材料、炉内機器名、条件区分を示す。この評価ではプラズマ対向面からのトリチウム脱離を前提とし、ブランケット内部のトリチウム増殖に関する材料および冷却配管は評価対象から外した。材料データベースとして利用するには表1のような部位に関する情報から、類似使用条件で材料毎にまとめる必要がある。この条件別の区分を表1の1列目にアルファベット（A-F）にて示す。

表2に区分 A-F を主としてまとめた改訂後のマトリックスを示す。表1に比べて大幅に項目数が減り、7区分としてまとめることが出来た。た

だしダイバータ部では評価位置の違いでトリチウム滞留量が著しく異なることから、他の位置に比べて細かく区分した。最も熱負荷の高いダイバータ（DIV）ターゲット部では1200度までのデータを必要としているが、他の区分は運用温度が500度以下で設計が進められている。このマトリックスに対し、水素同位体（水素、重水素、トリチウム）のパラメータ（拡散係数、溶解度、透過係数）を整理が進められている。

本研究は、原型炉設計合同特別チーム共同研究（QST）、科研費（課題番号18K04999）、およびNIFS-富山大学双方向研究NIFS13KUHR023の一環として実施された。

表1. 改訂前の部位別マトリックス

区分	炉内機器名	評価対象名	材料	温度領域	
E(W被覆)/F(バルクW)	ブランケット	プラズマ対向壁	タングステン(W)被覆/バルクW	20℃～500℃	
A		筐体	第一壁	低放射化フェライト鋼 (F82H)	20℃～500℃
A			側壁	低放射化フェライト鋼 (F82H)	20℃～500℃
A			後壁	低放射化フェライト鋼 (F82H)	20℃～500℃
非対象		増殖エリア	トリチウム増殖エリア	チタン/酸リチウム (Li2TiO3)	20℃～1000℃
非対象			トリチウム増殖エリア	酸リチウム (Li2O)	20℃～1000℃
非対象			中性子増殖エリア	ベリリウムチタン (Be12Ti)	20℃～1000℃
非対象			ベリリウム	ベリリウム	20℃～1000℃
非対象		混合増殖エリア	Li2TiO3 + Be12Ti	20℃～1000℃	
B		導体シールド	導体	銅合金 (CuCrZr)	20℃～300℃
C	バックプレート	筐体	前壁	オーステナイト鋼 (SUS316-LN)	20℃～300℃
C			側壁		20℃～300℃
C			後壁		20℃～300℃
A		内部遮断体	プレート	低放射化フェライト鋼 (F82H)	20℃～250℃
D	ダイバータ	タングステンモノブロック (High heat load)	タングステン (W)	20℃～1200℃	
G		縦管材	無酸素銅	20℃～500℃	
非対象		冷却配管	銅合金 (CuCrZr)	20℃～400℃	
F		タングステンモノブロック (Low heat load)	タングステン (W)	20℃～500℃	
非対象		冷却配管	低放射化フェライト鋼 (F82H)	20℃～500℃	
A		モノブロック支持台	低放射化フェライト鋼 (F82H)	20℃～400℃	
A		カセット	筐体	低放射化フェライト鋼 (F82H)	20℃～400℃
A					

表2. 改訂後のマトリックス

区分	使用材料名	必要データ温度領域 (℃)		使用温度領域 (℃)		最大DPA (DPA/FPY)	評価位置
		最大	最小	最大	最小		
D	タングステン (W) / Div	1200	20	1100	200	0.6	DIVターゲット部
E	タングステン (W) 被覆材 / FW	500	20	360	358	5	外側赤道面FW被覆
F	タングステン (W) / FW, バッフル	500	20	500	300	2.2	外側DIV/バッフル部
A	低放射化フェライト鋼 (F82H)	500	20	360	200	15	外側赤道面BLK
C	オーステナイト鋼 (SUS316)	300	20	220	200	0.6	外側赤道面BLK
B	銅合金 (CuCrZr)	400	20	350	200	2	外側DIV
G	無酸素銅	500	20	400	200	2.2	外側DIV