

## ■ITPA (国際トカマク物理活動) 会合報告(35)

●分野: 「スクレイプオフ層およびダイバータ物理」

●開催日: 2012年1月16日-19日

●場所: ユーリッヒ (ドイツ)

担当委員:

朝倉伸幸(原子力機構), 芦川直子(核融合研), 上田良夫(阪大), 大野哲靖(名大), 田辺哲朗(九大), 仲野友英(原子力機構), 増崎貴(核融合研), (下線は出席者を示す)

第16回目となる本会合には, ユーリッヒ研究機構プラズマ物理研究所で開催され, 欧, 米, 日, 中, 韓, 露, 加およびITER機構から合計51名(日本から5名)の参加があった。今回より, 3年間副議長を務めたE. Tsitrone (CEA カダラッシュ研究所) が本トピカルグループの議長となり, 副議長はH. Guo (合肥プラズマ物理研究所) とR. Pitts (ITER 機構) が勤めることとなった。

ITER 機構から本グループへ依頼されたダイバータ関係の物理課題 (ダイバータ板に使用するタングステン材のプラズマ相互作用, 第一壁およびダイバータ材の損耗と堆積過程, 水素燃料の第一壁への蓄積, ダスト微粒子の発生と蓄積, ダイバータでのプラズマ輸送と熱負荷) について検討が行われ, 新たなデータと評価が発表された。今後はこれらを3つのカテゴリー (プラズマ輸送と熱負荷, タングステンの検討, 材料損耗堆積・水素蓄積・ダスト) として総合的に検討する方針が提案された。

今回の会合では, 特にITERと同様の対向材 (第一壁をベリリウム, ダイバータ板をタングステン) へと改造したJET ILW (ITER Like Wall) から, 初期実験の成果が紹介された。水素同位体の容器内への蓄積がジュール放電やLモード放電で評価されたが, 以前の実験 (炭素ダイバータおよびリミター) と比較してベリリウム第一壁がプラズマに近づき, ダイバータ板がタングステンとなったため, 1/10以下に低減したことが報告された。また, 放電を繰り返すとともに第一壁からのベリリウム発生量は減少し, これに伴いダイバータ板からのベリリウム発生量も減少することから, ベリリウムは第一壁からダイバータへ輸送されやすいことが確認された。一方, 12 MW の中性粒子ビームを入射したHモード放電では, ICRF加熱中にタングステンがコアプラズマで蓄積するケースが報告され, プラズマでの輸送の変化によるものと推測される。

第一壁とダイバータが炭素材である装置 (JT-60U) における重水素蓄積の分析結果と連続運転での蓄積量の推定が吉田 (九大) より発表された。長時間の運転では再堆積層への共堆積が問題であり, ITERで300°Cの高温壁とした場合は蓄積トリチウムの許容範囲 (700 g) では700-800ショットの放電が可能という評価が示された。

タングステン対向材に関する実験検討としては, ASDEX-U と TEXTOR で凝固層やリーディングエッジの再溶融実験が行われ, 繰り返しを行ってもエッジや再溶融層は平滑化しないことが示された。ヘリウムに対する相互作用の検討では, 実機 (Alcator C-Mod) においてはじめて, 高温となるラングミュアプローブの先端表面でタング

ステンのナノ構造の形成が確認され, 核融合炉でもナノ構造が形成されることが示唆された。

ELM-like なパルスプラズマ照射と定常プラズマ照射下では, 比較的小さな0.2 MJ/m<sup>2</sup> のパルス熱負荷でもタングステンの損耗が観測された。一方, 電子ビームによる照射では0.2 MJ/m<sup>2</sup> のパルス熱負荷を10000回以上繰り返すとクラッキングが観測された。今後, 現在のELMエネルギー低減の目安である0.5 MJ/m<sup>2</sup> を下げる必要があるか議論が必要となる。また, ITER 機構から炭素材部分をすべてタングステン材とした「フルタングステン・ダイバータ」を実験開始時から行う提案が報告され, ITPA 活動として検討を進めるよう要請された。

タングステン材の検討の議論では, まとめ役の上田 (阪大) より, ナノ構造はスパッタリング率が小さく (平滑面の1/5程度), パルス熱負荷による亀裂の発生を抑制するなどの利点がある一方で, 単極アークがおりやすく, 異常損耗やダストの発生に対する検討が必要であることが指摘された。また, 熱負荷に対してSlow Transient (20 MW/m<sup>2</sup>, 10 s 間) の際に, 表面温度が再結晶温度以上の上昇を経験した場合, タングステンの脆化が問題になる可能性があること, この脆化とパルス熱負荷やヘリウムイオン照射が同時に起こった場合の影響を評価すること, などの重要な検討課題がまとめられた。

今回, ダストについては堆積量の実時間測定と除去方法が議論された。ToreSupraでは装置下部のポートに, ASDEX-Uではダイバータのドーム下にモニターが設置され, ダストの多い放電条件と収集量との関係が報告された。EASTとToreSupraからディスラプション時に多数のダストが発生することが報告され, ToreSupraでは約8割がディスラプション後5秒間に検出された。ASDEX-Uを中心にしたダストのデータベース作成活動では, 芦川 (NIFS) が提供したLHDダストの分析結果が報告され, 1 μm以下の微小なFeダストが多数存在する新たな結果が示された。NFRI (韓) からはバイアス電場によりダストを誘導し収集する実験室での結果が紹介された。

ELM間の定常状態におけるダイバータ板へのプラズマ熱負荷分布について, ASDEX-U, Alcator C-MOD, DIII-D, JET から集められた詳細な計測データの解析結果が報告され, 分布特性を適切に表現できる特殊関数を当てはめた場合, ストライク点付近で (赤道面でのSOL幅に対応する) 特性長が1-2 mmとなり, ITERでの設計値とされている5 mmよりも狭いことが指摘された。今後, 上流でのプラズマとダイバータ板付近での分布を比較し, 熱輸送の関係について物理機構を理解することが重要と考えられる。

次回会合の予定 (開催日程, 開催場所) を以下に示す。

会合名	開催日程	開催場所
スクレイプオフ層 とダイバータ物理	2012年10月15~17日 (IAEA FEC 後)	米国