

■ITPA (国際トカマク物理活動) 会合報告(44)

●分野: 「スクレイプオフ層およびダイバータ物理」

●開催日: 2014年1月20日-23日

●場所: 金沢

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), 坂本瑞樹 (筑波大), 仲野友英 (原子力機構), 増崎貴 (核融合研)

(下線は当該グループの会合への出席者を示す)

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	2014年10月20日-23日	サンクトペテルブルグ (ロシア) 予定

第19回会合は金沢で開催され, 合計62名の参加があった: 日(30), 欧(12), 米(9), 中(4), 韓(3), ロシア(2)およびITER機構(2)。2008年(長崎)以来の日本開催であり, 本年5月にはPSI国際会議が開催されることもあり, 日本国内から多くの専門家が参加した。

ITER運転の開始後10年間にわたり(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」で実験を行うITER機構からの提案が, 2013年11月にITER理事会で承認され, 今後も運転リスクを軽減するための物理研究: JET等でのタングステン(W)・ダイバータ実験, モノブロックへの高熱負荷試験や溶融現象とその影響の検討, ヘリウム照射の影響など, がITER機構からITPAに依頼され, 結果を集約することが報告された。

本会合では以下の物理課題について進展結果が報告された。主要なセッションとして, (1)定常熱負荷の広がり幅と不純物入射などによる熱負荷の制御手法, (2)ELM熱負荷のスケーリングと輸送機構, (3)JET-ILW等によるタングステン・ダイバータの溶融実験, (4)重畳熱負荷(定常+非定常, プラズマ+レーザー照射等)による材料表面の影響, (5)水素同位体・ヘリウム照射による影響, (6)ベリリウム(Be)・Wの損耗・再堆積, (7)水素同位体蓄積への影響, (8)ダスト輸送研究, が挙げられる。

近年, トカマク装置でダイバータ板での熱負荷分布の広がり幅が正確に測定され, 非常に狭い上流からの熱流束とダイバータでの散逸項(Sファクター)の重ね合わせで記述できると報告されている。今回新たにダイバータ形状や非接触の発生により変化する散逸項の依存性がASDEXから述べられた。閉ダイバータ化と垂直ダイバータ板により放射損失分布がセパトロクスに沿って増加するため, ダイバータ板でのSOL幅は増加するとの報告がされた。DIII-Dからは赤道面プラズマ周辺部での正確なイオン温度, 電子温度・密度分布の測定により, 熱流束幅が2-3mmであること, イオン温度の変化が総プラズマ圧力の変化に大きく寄与し, バルーン不安定解析により熱流束分布に対して I_p 以外の δ_{up} , P_{NB} 依存性も説明可能と報告された。JETでは炭素(C)とWダイバータ実験を比較して, ペDESTALのプラズマ圧力は同程度でも密度が増加し

温度が低下する傾向に伴うELM特性の変化(ピーク熱負荷が減少する一方で照射時間が増加)が報告された。

非接触ダイバータを得るため熱負荷の制御手法として不純物ガス入射が代表的であるが, JET-ILWにおける高入射パワー(18MW)Hモード放電においてNeおよびArではなく窒素が主に利用されている理由(ダイバータでの放射損失が主プラズマ周辺部より2倍以上高く, 大きな放射損失時でもLモード遷移が避けられる)が説明された。EASTではAr, Ne等を入射し放射損失を増加しているが, Li入射を行いリサイクリングの低減によるELM緩和とLHRF入射を行い周辺での電流駆動による熱負荷の低減とを組み合わせて, Hモードを30秒間維持したと報告された。

ITERのフルタングステン・ダイバータ運転に当たり, パルス熱負荷による溶融層の挙動の評価とヘリウム照射影響の解明が重要である。JET-ILWにおける溶融実験では, バルクWタイルのリーディングエッジにELMによる繰り返し熱負荷を当てて溶融させた実験の詳細が説明された。溶融層は $J \times B$ 方向に移動し, 溶融Wの凝固粒が大きくなるのが観測された。100 μm 程度の凝固粒の放出も観測されたが, コアプラズマへの影響はほとんど観測されていない。溶融Wの挙動は, MEMOSコードによるシミュレーション結果とよい対応を示した。ASDEXからもダイバータで溶融したバルクWの挙動が報告された。照射実験による高フラックスプラズマ照射(D+He)とパルス熱負荷(パルスプラズマ+電子ビーム)の相乗効果についての実験結果が示され, 特にHeプラズマの場合にパルス熱負荷の影響(表面温度上昇, 亀裂発生など)がより顕著となることが報告された。これは, Heプラズマ照射によって生じるHeバブル層の影響であり, Heバブル層がWモノブロックの表面損傷や損耗促進に与える影響が議論された。さらに研究を進める必要性が強く認識された。

セッション(6)-(8)では, JET-ILWのW, Be対向材に関する評価, 新たな測定法の進展, 水素同位体・ヘリウム蓄積, ダスト輸送の進展結果が報告された。JET-ILWタイルの分析では重イオンビームによる弾性反跳粒子検出法による定量評価が進められている。ダイバータ部の重水素蓄積量は $5 \times 10^{22} \text{ m}^{-2}$ 以下であり, Cダイバータ時と比較して重水素蓄積量が顕著に減少したことが報告された。加えて, ダイバータからの不純物パフ実験に起因する残留窒素の分析も開始された。AlcatorC-Modからは高周波四重極加速器から入射された重水素と対向壁との核反応で発生したガンマ線スペクトルを測定し, 壁表面の組成および厚みを分析する新たなショット間計測法が報告された。

日本から5件の報告が行われた。Wへのプラズマパルス照射(兵庫大)後に行われた熱負荷特性の評価結果(上田), Wナノ構造表面でのプラズマ輸送特性(高村), プラズマ照射環境下(照射欠陥による高水素濃度領域の存在, 被覆タングステンのポーラス形状, 中性子欠陥)におけるタングステンの長期的な水素同位体蓄積の指摘(田辺), LHDからはヘリウム定常放電時の排気に関する課題(芦川), DUSTTコードによるダスト挙動評価(庄司)が報告された。