

■ ITPA(国際トカマク物理活動)会合報告(71)

分野: 「スクレイプオフ層とダイバータ物理」

開催日: 2019年7月2日-7月5日

場所: ガルヒン (ドイツ)

担当委員: 朝倉伸幸 (量研), 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 (量研), 増崎貴 (核融合研)

(下線は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	2020年1月13日-1月16日	済州 (韓国)

第27回目となる本会合はドイツのマックスプランクプラズマ物理研究所で開催された. 参加者は66名 (日本から7名) で, 総講演数は43件 (同5件) であった. 国際装置間比較実験の成果ほか, ITERの第二ダイバータ, ITERのリサーチプラン・機器設計に必要な研究開発についてのセッションが設けられた. 以下ではセッションごとの概要をまとめる.

Material solutions for the 2nd ITER divertor: ITER機構から, 2041年頃にダイバータが換装されること (第二ダイバータ), 2030年までには基本的設計を終える必要があること, 形状の変更は不可で材料の変更のみが可能であることが報告された. 続いて第二ダイバータの材料候補である先進タングステンと銅合金, および接合技術が紹介された. IPPからWファイバーを編み込んだ骨格に銅を含浸させた「W fibre-reinforced Cu パイプ」の開発と, 同パイプをWモノブロックに接合する技術が報告された. 時谷 (核融合研) は, 「先進的ろう付接合法」によるW/ODS-Cu製ダイバータ受熱機器の最新の製造技術を紹介した. また, 上田 (阪大) は日米協力PHENIXプロジェクトによる, 核変換率と損傷率の比が核融合炉に近い条件でのW照射の結果を報告した. 照射温度500℃と800℃の引張り試験では, KドープW-Re合金が最も良い延性を示し, KドープWがそれに次ぐ延性を示した.

ITER R&D: ITER機構から, ITERリサーチプランの遂行に必要な研究項目およびITERの機器設計に未だに必要なとされる開発項目が優先度とともに報告された. それらの項目のうち本トピカルグループが担当する項目は, ディスラプションと (RMPによる3D効果含む) ELMによる熱負荷の見積もり・制御, Wプラズマ対向壁へのダメージの検討, Be第一壁の損耗, ECWC, およびデタッチプラズマ制御などである. これらの多くはすでに国際装置間比較実験により検討が進められている. また, ITER機構からトリチウムを含むダストや損耗・堆積モニターなど, ITER炉内からの試料の回収および解析の計画が紹介された. 分析装置の一覧とともに, 新たな要望を受け入れる意向が示された. また, ITERサイトでの分析以外に, 外部研究機関への試料の輸送も検討されている. ITER Physics Basisの改訂は見送る方針であることが報告された.

Detachment physics & control including comparison N_2 vs Ne seeding: ASDEX-Upgrade から, N_2 入射 H モード・デ

タッチプラズマを SOLPS コードで解析した結果, 外側ダイバータプラズマへの熱流束のうち, セパトトリクスを横切ってプライベートプラズマに流入する割合が, ダイバータ板に到達する熱流束に対して無視できないことが報告された. TCV から, デタッチプラズマでは $D\alpha$ 発光強度の70%が重水素分子に由来することが報告された. さらに, ダイバータで消滅したイオン束のうち50%が水素分子が介在する再結合過程 (MAR) によると結論された.

Hydrogen transport in plasma facing materials: 密度汎関数理論 (DFT) に基づくモデリングにより, W 表面で水素が未飽和の状態では飽和状態に比べて, 表面ポテンシャルの影響で水素は表面により強く捕獲されることが示された. また, ベリリウムと重水素の共堆積層からの重水素の昇温脱離スペクトルは, BeD_2 の解離を考慮したモデルにより再現されることが報告された. 波多野 (富山大) は JET ILW で使用されたダイバータ板および第一壁 Be タイルへのトリチウム蓄積の分析結果を報告した.

Tungsten damage and its influence on plasma operation: 伊庭野 (阪大) は1次元PICコードをプラズマと材料を含む熱伝達モデルに適用し, $3\text{--}10\text{ GW/m}^2$ (0.2 ms) の ELM 模擬の矩形熱パルスが W と Be に加わったとき, Be の方が早い時間から遮蔽効果が現れることを示した. また, 矩形より三角形熱パルス (エネルギーは同じ) ではピークパワーが高いため, 蒸気遮蔽効果も大きいことも示した. 時谷 (核融合研) は, JET ILW 実験で使用されたバルク W ダイバータ板の表面微細構造の分析結果を報告した. WEST から, ITER モノブロックダイバータ試験体の実験キャンペーン後の表面観察により, 過渡的な熱負荷によりストライク点から離れた場所であっても, またモノブロック間の段差が ITER の基準である 0.3 mm 以内であっても溶融がみられたことなどが報告された. EAST の上部ダイバータの W モノブロック間の段差が mm オーダであることに起因し, 放電中に W が溶融し液滴が激しく飛散する様子が報告された. ASDEX Upgrade での ELM による W ダイバータ板の溶融層挙動が, 物理モデルを高度化した MEMOS-U コードにより再現されることが報告された.

Far-SOL fluxes and their link to detachment: ASDEX Upgrade および TCV から, エッジ部での密度の上昇に対して, 第二 SOL の形成が明確に観測されたが, TCV のデタッチプラズマでは第二 SOL が形成されないなど, 相違も併せて報告された. 徳沢 (核融合研) は LHD での SOL 領域の乱流強度とダイバータ流速との相関について報告した. デタッチプラズマにおける SOL の乱流急減現象における時間発展について実験結果を紹介した.

Effects of 3D fields on divertor conditions and PWI: ITER ダイバータ熱負荷分布の EMC3-EIRENE コードでの解析によって, RMP 印加によって分岐するストライク点のうち, 第一ストライク点は RMP なしに比べて低い密度でデタッチプラズマに遷移するが, 第二ストライク点はアタッチプラズマのままであるという結果が示された. DIII-D からは, $E \times B$ ドリフトを OEDGE コードに導入し, W の堆積分布がよく再現されることが報告された.

(原稿受付日: 2019年9月25日)