

■ITPA (国際トカマク物理活動) 会合報告(50)

●分野:「計測」

●開催日:2015年5月19日-22日

●場所:核融合科学研究所(日本)

担当委員:

秋山毅志(核融合研), 石川正男(原子力機構), 磯部光孝(核融合研), 伊丹潔(原子力機構), 江尻晶(東大), 河野康則(原子力機構), ピーターソン・バイロン(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
計測	2015年11月2日-6日	ITER 機構 (フランス)

第28回計測トピカルグループ(TG)会合が開催され, 約70名が参加した(内訳/日本:約40名, 韓国:7名, 米国:2名, EU:6名(うち遠隔参加1名), 中国:3名, ロシア:4名, インド:4名(うち遠隔参加4名), ITER機構5名(うち遠隔参加4名)). 主な議論の内容を以下に記す。(本会合は, 核融合科学研究所一般共同研究「磁場閉じ込め及び慣性閉じ込め核融合実験における先進プラズマ診断」の研究会と合同で開催された.)

1. ITERの計測における最重要課題への取り組み状況

①プラズマ対向第一ミラーの寿命の評価

A. Litnovsky氏(EU/第一ミラー専門家ワーキンググループ(SWG)議長)より, ベルギーの材料試験炉においてミラー材料(モリブデン, ロジウム等)の照射試験が実施され, 現在データ解析中であることが報告された. R. Reichle氏(ITER機構)より, ITER機構主催のミラークリーニングワークショップ(2015年2月開催)の概要報告があり, RF放電を用いたクリーニング技術について, ITERでは, 60 MHzのRF放電を採用する予定であること(従来は13.8 MHz)が報告された. 秋山氏(核融合研)より, LHDにおけるミラー表面保護用フィン付ダクトに関する最新データが紹介された.

②損失アルファ粒子計測の検討

E. Veshchev氏(ITER機構(代読:G. Vayakis氏(ITER機構)))より, ITERにおける損失アルファ粒子計測の開発に向けた取り組み状況が報告され, 計測目的は第一壁への熱負荷測定であること, 計測装置としては, 可視/赤外イメージ計測が唯一割り当てられていることが改めて紹介された. そのうえで, 可動プローブが物理研究への適用にも有望であるとして, その設計検討状況が報告された. その他の計測手法として, ベリリウムとの核反応で発生するガンマ線を計測する手法, 損失アルファ粒子で放射化したサンプルを真空容器外に取り出して分析する手法(中性子放射化計測システムと類似の装置構成)等が報告された.

③プラズマ制御システムに関する計測要求

D. Mazon氏(EU/実時間計測SWG議長(代読:今澤氏

(日本/同SWG副議長)))より, 既存装置での実時間可視/赤外イメージ計測について調査報告があり, Tore Supra及びJETで開発されたシステムの概要及びデータ収集処理の状況が紹介された. 膨大な計測データの管理について議論が行われ, 従来の経験に基づきITER機構に提言することとなった. また, 山本氏(原子力機構)より, ITER計測装置用計装制御系の開発について報告があった.

④壁反射光の光学計測への影響

梶田氏(日本/第一壁計測SWG議長)より, ITER赤外イメージ計測における壁反射光のモデリングがEUで開始されたとの報告があった.

2. 各SWGの活動状況

レーザー応用計測SWGのセッションでは, 波多江氏(日本/同SWG副議長)より, 世界のトムソン散乱計測装置におけるレーザービームダンプの開発実績について調査報告が行われた. また, 谷塚氏(原子力機構)より, ITER周辺トムソン散乱計測装置用ビームダンプの開発状況について報告があった. 第一壁計測SWGのセッションでは, H. Meister氏(EU)より, ポロメータ計測における中性ガスの影響について, またピーターソン氏(核融合研)より, ITERへの適用に向けたイメージングポロメータの開発状況について, それぞれ報告があった. 受動分光SWGのセッションでは, S.G. Lee氏(韓国)より, KSTARにおけるX線結晶イメージング分光及び荷電交換再結合分光によるイオン温度計測・プラズマ回転計測の相互検証結果について報告があった. また, 北澤氏(原子力機構)より, ITERダイバータ不純物モニターにおけるその場校正手法の開発状況について報告があった. 核融合生成物計測SWGのセッションでは, D. Marocco氏(EU)より, ITER水平中性子カメラの開発状況, 金子氏(北大)より放射線計測用CVDダイヤモンド検出器の開発について報告があった.

3. 各極の活動状況

会合初日に日本のプロGRESS会合が開催され, LHD, GAMMA10/PDX, JT-60SA及びITER等における計測開発の現状について広範な報告及び活発な議論が行われ, それぞれ着実に進展していることが認識された. その他, ITER機構及び各極における活動状況が報告された.

4. 特別セッションでの議論

「レーザー核融合における計測」のセッションでは, 有川氏(阪大)より, 慣性核融合実験における中性子イメージング計測について報告があり, 参加者の高い関心を集めた. 「デモ炉における計測」のセッションでは, 松田氏(東工大)より, デモ炉の運転における計測の役割について報告があり, 活発な議論が行われた.

5. ITPA/IEA 共同実験に関する議論

計測に関する共同実験(7課題)について, それぞれ取り組み状況が報告された.

■ITPA (国際トカマク物理活動) 会合報告(51)

●分野: 「スクレイブオフ層およびダイバータ物理」

●開催日: 2015年6月9日-12日

●場所: プリンストン・プラズマ物理研究所

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
スクレイブオフ層とダイバータ物理	2016年1月25-28日	フラスカティ イタリア

第21回会合は, プリンストン・プラズマ物理研究所で開催され, 合計48名の参加があった: 欧(23), 米(12), 日(4), 中(3), 韓(3), ロシア(2), インド(1)およびITER機構(4)。2014年12月より3年間, 本グループの議長をH. Guo (IPP, 中国), 副議長をK. Krieger (IPP, ドイツ)とR. Pitts (ITER機構)が務め, プラズマ分野の実験研究は仲野 (JAEA)とT. Leonard (GA, 米国)が, プラズマ材料相互作用の実験研究は増崎 (NIFS)とJ. Coenen (FZJ, ドイツ)が, シミュレーション研究はS. Wiesen (FZJ, ドイツ), K. Schmid (IPP, ドイツ)がまとめを担当することとなった。

本会合では12のセッションが行われ, ITER機構から本トピカルグループへ依頼された物理検討 (定常プラズマ放電でのダイバータと第一壁への熱負荷分布, 周辺プラズマのモデリング, ELMパルス熱流によるタンゲステン (W) 対向材の熔融や脆化の影響, 定常およびパルス熱負荷との同時照射による影響, ダスト微粒子の発生とモデリングなど) に関して最新の成果が議論された。

JET-ILW および ASDEX Upgrade (AUG) など金属壁の実験装置では放射損失を増加しダイバータ熱負荷を低減するために主に窒素不純物ガスを入射するが, その際トリチウムを含むアンモニアの発生と蓄積が議論された。容器壁への蓄積は少ないが, クライオポンプを高温で再生する必要があり運転時間が減ることが懸念される。上記の実験装置での排気ガス中の含有量は0.4%および5%と異なることが報告され, 窒素ガス以外のネオンガスなどの入射実験との比較を今後継続して進められる予定である。

ITER機構はダイバータ対向材をすべてWに変更するための設計と開発を急いでいる。特に, モノブロックに亀裂が発生することを低減する製作手法, 熱負荷の集中を緩和するためのエッジ形状の仕様とプラズマシミュレーションによる検討結果が議論された。

ダイバータ・周辺プラズマでは, 米国のDIII-Dより多くの新たな報告が行われ, 新たにELMにより発生するパルス熱負荷に関して赤外テレビの視野の改善により再評価され, 内・外側ダイバータ板へ到達する熱負荷の配分割合が, JETやAUGの報告と異なり外側ダイバータの方が高

くなることが指摘された。日本が製作する外側ダイバータへのパルスの熱負荷が増加する場合, 定常的な熱負荷との同時照射による影響が懸念される。JETではダイバータ・タイルエッジへのプラズマ熱負荷が設計評価より低いことが報告されたが, COMPASSとDIII-D実験およびPICコードによる評価ではその結果は再現しなかった。一方, AUGではELMの高エネルギーイオンによりダイバータタイル間ギャップの奥まで熱負荷を受けることが観測されたが, 3Dイオン軌道計算の評価結果よりも小さい。

プラズマ照射の対向壁表面への影響が新たに報告された。QSPA-Be装置ではBe被覆Wタイルへのパルス熱負荷実験, およびWタイルへのプラズマ熱・粒子負荷とレーザー熱負荷の同時印加実験が報告された。また, 兵庫県立大学グループがDIFFERで行ったAI蒸気遮蔽実験では, AI蒸気による熱負荷低減が報告された。JET-ILWからELM時のW発生について報告され, 新たにWが水素化Wとして損耗する可能性が示唆された。シミュレーション計算では, Purdue大学で開発を進めているHEIGHTSパッケージと, 熔融層での液滴放出挙動が紹介された。また, EROコードをJETおよびDIII-Dでの堆積層形成に適用した結果が示された。ダストのモデリングでは, DUSTTコードにvapor shielding modelを組み込んだ結果が報告された。

本会合では, 日本から5件の報告が行われた。JAEAプラズマ対向機器開発グループ (朝倉代読) より, ITER機構より依頼されたWモノブロックの研究開発と試験 (熱負荷20 MWm⁻²の照射を1000回) が問題無く成功したこと, フルスケールのプロトタイプユニットが完成し, 6-7月にロシアのエフレモフ研究所で試験が予定されていることについて報告を行い, ITPA参加の研究者からも高く評価された。名大・大野 (増崎代読) より, Fuzz形成による熱伝達の変化と, ITER運転への影響評価が示された。Fuzzを形成したW試料に, Magnum PSIおよびNAGDIS-PGでパルスプラズマ照射を行った。両者ともFuzzは部分的に熔融するが, 熱伝導率の低下よりもエネルギー反射率の低下による効果が大いと考えられる。ITERダイバータ板にFuzzが形成される場合, 1回のELMによるプラズマ照射により蒸発する可能性が高い。富山大・波多野 (増崎代読) よりイメージングプレート法によるJET-ILWのWダイバータ板表面におけるトリチウム分布の測定結果が示された。Be堆積分布だけでなく, 酸素・Be比にも関係している可能性が示された。また, 内側ダイバータにトリチウム蓄積が多いことは重水素分布と共通すること, 炭素壁実験時と比較してタイル間ギャップでの蓄積が非常に小さいことを示した。筑波大・坂本よりHeプラズマ照射によるW表面の変化 (バブルの形成) とその水素同位体吸蔵への影響について報告があり, Heバブル層が水素の拡散障壁となること, W堆積層も拡散障壁となる可能性があることが示された。阪大・Leeからは, 阪大におけるイオンビーム照射実験およびMagnum-PSIにおけるプラズマ照射実験において, プラズマ中のネオンと窒素がWの損耗とリテンションに及ぼす影響とそれらの比較結果が報告された。