



■ITPA (国際トカマク物理活動) 会合報告(23)

- 分野：「計測」
- 開催日：2008年4月14日～4月18日
- 場所：スイス連邦工科大学ローザンヌ校（スイス）
- 担当委員：河野康則（原子力機構）、間瀬 淳（九大）、笹尾真実子（東北大）、川端一男（核融合研）、草間義紀（原子力機構）（下線は会合への出席者を示す）

ITPA 計測トピカルグループの第14回会合が開催され、63名（JA：9名、CN：2名、EU：42名、US：2名、RF：1名、KO：1名、ITER 機構（IO）：6名）が出席した。

日本からの貢献を中心に概要を記す。

1. 最優先課題および特別セッション

(1) α 粒子計測

笹尾は、閉じ込められた α 粒子の計測（2重荷電交換粒子計測）のための He^0 ビームの開発（目標パラメータ：エネルギー 1–2 MeV、電流 10–100 mA）について、これまでにエネルギー 20 keV、電流約 2 A の He^+ ビームが得られ、また Li セルによる He^+ から He^- への変換効率として約 1% を確認したことを報告した。今後、 He^- を 100–150 keV まで加速し、自動脱離による He^0 ビームの生成を予定している。

西浦（核融合研）は、損失 α 粒子計測用 Ce:YAG セラミックシンチレータについて、LHD の損失イオンプローブ計測に適用した結果、高速イオンの損失の TAE モードによる増大を観測したことを報告した。セラミックシンチレータの JRR-3 での中性子照射実験の結果を示し、中性子フラックス $\sim 1 \times 10^{18} \text{ n/m}^2/\text{s}$ で 48 時間照射した場合、発光強度が $\sim 40\%$ に低下することを報告した。また、ITER での損失 α 粒子軌道の計算結果とこれに基づく損失イオンプローブ設置位置および光伝送経路等の検討結果を報告した。

IO より、昨年実施された ITER 計測装置を対象とした設計レビューの結果を受け、ジャイロトロンを用いた協同トムソン散乱のうち計測ポート内機器（送受信用ミラー等）を調達計測装置に追加する方針となったことが報告された。

(2) 中性子計測

垂直中性子カメラについて、これまで複数のオプションが検討されてきたが、設計レビューの結果を受けてダイバータポートに設置する方針となったことが IO より報告された。

笹尾は、中性子専門家ワーキンググループの議長として、同グループの活動状況を報告した。特に、様々な種類、異なる設置位置の中性子計測器群を較正するために必要な時間や較正用中性子源の評価結果、較正時間の短縮化や較正精度の向上に向けたモンテカルロ計算の検討状況等を示し、今後検討を継続する必要があることを指摘した。

馬場（東北大）は、デジタル信号処理を適用した高速中性子計測に関連し、JT-60U の中性子分布計測装置において、フラッシュ ADC を用いた高速計測チャンネル数を従来の 1 チャンネルより 6 チャンネルに増設したこと、ダブルバッファ方式によるメモリ内での信号転送速度の向上や解析ソフトウェアの改良等により、データ処理時間を $\sim 1/10$ に短縮したことを報告した。さらに、デジタルフィルタリングにより信号パルス波形を短くすることで計数率を向上する技術について報告した。

(3) ITER 計測システムの性能

IO より、IN 分担分を含む ITER 計測システムの変更について報告が行われた。これまで計測システムに含まれていなかった計測器のうち、前述したものも含めいくつかについてはファーストプラズマまでに設置されることとなり、一方、これまで予定していたダイバータ反射計や専用の可視ブレス光計測器等は設置されないこととなっている。このような変更により、建設コストの増加を抑えつつ、計測システム全体の性能を高めることができるとの結論が示され、本課題に関する議論は終了することとなった。

(4) プラズマ対向第一ミラー

ガス流を用いたミラー表面への不純物の堆積回避技術、ミラークリーニング技術、粒子やレーザーによる照射試験等の項目について各極での研究の進展が報告された。また、本会合中に第一ミラー専門家ワーキンググループが開催された。ITER での課題を解決するためのロードマップの作成について議論され、Short Term での作業計画案を作成することとなった。

(5) ダスト計測

IO より、ITER におけるダストおよびトリチウムのインベントリは、数年間の運転で上限に達すると評価結果が報告され、4年に1回程度の頻度で計画されているダイバータカセットの交換時に除去作業を行う方針が示された。ITER の運転中における計測としては、レーザーを用いたダイバータ板表面の損耗量の計測や、コンデンサ容量の変化に基づくダスト堆積量の計測、ミー散乱やレイリー散乱によるダストの計測等が挙げられているが、さらに開発を進める必要があるとされた。また、水素運転の期間中に、局所的な計測データと装置全体でのインベントリとの相関を理解することが重要とされた。

(6) 真空容器内壁での反射の影響（特別セッション）

Tore Supra の MSE 計測器の計測精度を低下させる背景光について報告があり、プラズマ光の真空容器内壁での反射及び真空容器内壁表面からのプラנק放射が主な成分であるとされた。JET からは、双方向反射率分布関数を導入した真空容器内壁での反射モデルの開発と ITER の可視制動放射光測定におけるモデル計算の結果について報告が行われ、真空容器内壁で 2 回反射した光の影響も無視できな

いことが示された。反射光の混入は、光学計測に共通した課題であり、その重要性が共通に認識された。

2. 各極からの報告

(1) 日本からの報告

問瀬は、大学におけるマイクロ波を用いた計測開発研究の現況について広く報告した。項目としては、以下のとおり。LHDでの超短パルス反射計の開発(九大/核融合研)、反射計のモデルリング(東大)およびシミュレーション(筑波大)研究、LHDでの協同トムソン散乱計測計画(核融合研)およびイメージング反射計の開発(核融合研)、アンテナやノッチフィルタ等の計測素子開発(九大)、JT-60Uでのイオンサイクロトロン波を用いた計測(筑波大)。

岩前(原子力機構)は、ITERダイバータ不純物モニタの開発に関連し、試作したカセグレンテレスコープおよびマイクロレンズアレイの光学性能評価試験、コンピュータトモグラフィとコロナ放射モデルを取り入れたシミュレーションコードによる炭素イオン分布の検討結果等について報告した。また、タングステンの原子データの精度が充分ではなく、今後の原子データの充実が重要であることを指摘した。

草間は、日本が調達する予定のITER計測装置の設計検討について以下の内容を報告した；3次元CADモデルを用いたマイクロフィッションチェンバーの設計とITER真空容器内での設置検討の進展、マイクロフィッションチェンバーのモックアップの製作とこれを用いたガスリーク試験の実施結果、周辺トムソン散乱計用YAGレーザー増幅器の試作と性能評価試験の実施結果(目標の90%出力を達成)、ダイバータ不純物モニタのポートプラグ内光学機器の詳細設計の進展。

河野は、ITERポロイダル偏光計に関連し、複数のレーザー視線で真空窓を共用する合理化設計案およびブランケットモジュールの背面から取り付ける方式のテーパ状円筒ハウジング付きリトロリフレクタの設計案を報告した。また、JT-60Uにおける高速荷電交換再結合分光装置のデータを用いたイオン温度分布・トロイダル回転速度分布の実時間制御実験、ゼーマン分光測定に基づく周辺電流分布診断用の大電流低発散角リチウムイオンビーム源の開発について報告した。

川端は、テラヘルツ帯遠赤外レーザーを用いた計測開発研究(核融合研、中部大)の進展に関連し、以下の内容について報告した；波長57.2 μm と47.6 μm の同時発振型短波長遠赤外レーザーの開発、これらを光源とする2波長干渉計の開発、ゲルマニウム：ガリウム検出器を用いた干渉ビート信号の検出、誘電体導波路による57.2 μm レーザー光の高効率伝送、遠赤外レーザー偏光測定用の光弾性変調器の開発、LHDでのリトロリフレクタ(不純物の堆積を抑制する形状)の開発。

ピーターソン(核融合研)は、イメージングボロメータが、従来一般的に使用されている抵抗型ボロメータにおける課題(素子間での多数の結線や真空フィードスルーが必要であること、信号ドリフトが発生すること等)を回避可能であることを報告した。また、JT-60Uに設置したイメー

ジングボロメータによる計測結果を報告し、フォイルの堅牢性、抵抗型ボロメータによる測定結果との比較結果、コンピュータトモグラフィによる放射損失量分布の評価結果等を示し、ITERへの適用可能性について議論した。

(2) 他極からの報告

EUからは、初日に開催されたEUプログレスミーティングにて活動報告が行われた。冒頭、EUが担当する計測装置の調達に関するプログラムは、EU極内機関F4E("Fusion for Energy")が担当することが紹介された。一方、ITERやDEMO炉に向けた新しい計測法の開発に関するプログラムについてはEFDAが担当し、そのためにEFDA計測トピカルグループ(議長:T. Donné氏)を設置することが報告された。続いて、EFDAの元で実施されたITER計測装置の調達に向けた設計開発について報告が行われた(11件)。項目としては以下のとおり；プラズマ位置測定用反射計、コアプラズマ用荷電交換再結合分光装置、広視野可視・赤外監視装置(水平ポート)、中性子カメラ(水平ポート)、コアプラズマ用トムソン散乱、ボロメータと中性ガス圧力ゲージ、磁気計測、ダイバータサーモグラフィ、協同トムソン散乱、放射線照射効果と耐放射線素子開発。また、ITER計測装置以外の開発について、JET、ASDEX等で進められている活動の報告があった(4件)。

その他の極も、それぞれ調達予定のITER計測装置の設計開発の現状を中心に報告した。USは、以下の項目について報告した；中性子ストリーミングに関する実験とモデル計算の結果の比較、ECE校正用のSiC製大面積光源の開発、上部ポートプラグの設計の現状、高磁場側反射計用の波長可変型マイクロ波源の開発、高分解能イメージングX線分光器の開発。RFは、以下のITER計測装置の設計およびR&Dの現状について報告した；Ha計測、高磁場側反射計、中性粒子分析装置、ダイバータプラズマ用トムソン散乱、垂直中性子カメラ、ダイバータ中性子モニタ、荷電交換再結合分光。KOは、KSTARの現況を紹介した後、真空紫外分光装置、放射化法に基づく中性子計測装置、上部ポートプラグの設計について報告した。CN、INからの報告はなかった。

3. 本グループの今後について

ITPAは、ITER参加各極でのボランティアな活動に基づき維持されるものであるが、今後はITERとの連携をより一層深めていく方針となっている。これとあわせて、ITPAの各グループの議長が交代し、本グループでは、R. Boivin氏(US)が新議長に選任された(任期3年)。また、副議長として、H. Park氏(KO)が選任された。副議長は、次期議長に選任されることとなっている。もう1名の副議長はIOから選任され、引き続きA. Costley氏(IO)が担当することとなった。本会合の最後には、約9年間に渡り、本グループおよび前身のITER物理R&D専門家会合の議長を務めたT. Donné氏(EU)に対し、出席者全員より深い謝意が示された。

次回会合は、本年11月17日-21日の日程で、ガンジーナガル(インド)にて開催される予定である。

(原稿受付2008年7月28日)