

■ ITPA(国際トカマク物理活動)会合報告(82)

分野： 「輸送と閉じ込め」¹, 「MHD 安定性」²,
「高エネルギー粒子物理」³,
「統合運転シナリオ」⁴, 「計測」⁵

開催日： 2022 年 3 月 29 日～4 月 1 日¹,
2022 年 4 月 4 日～8 日²,
2022 年 5 月 2 日～6 日³,
2022 年 5 月 9 日～13 日⁴,
2022 年 5 月 30 日～6 月 2 日⁵

場所： リモート会議

担当委員：

今寺賢志(京大)¹, 大谷芳明(量研)¹, 田中謙治(核融合研)¹, 田村直樹(核融合研)¹, 成田絵美(量研)¹, 本多充(京大)¹, 吉田麻衣子(量研)¹, 諫山明彦(量研)², 井上静雄(量研)², 榊原悟(核融合研)², 古川勝(鳥取大)², 政宗貞男(中部大)², 松山顕之(量研)², 渡邊清政(核融合研)², Andreas Bierwage(量研)³, 隅田脩平(量研)³, 村上定義(京大)³, 藤堂泰(核融合研)³, 長壁正樹(核融合研)³, 永岡賢一(核融合研)³, 篠原孝司(東大)³, 打田正樹(京大)⁴, 林伸彦(量研)⁴, 鈴木隆博(量研)⁴, 長崎百伸(京大)⁴, 藤田隆明(名大)⁴, 横山雅之(核融合研)⁴, 若月琢馬(量研)⁴, 石川正男(量研)⁵, 谷塚英一(量研)⁵, 佐野竜一(量研)⁵, 磯部光孝(核融合研)⁵, ピーターソン・バイロン(核融合研)⁵, 徳澤季彦(核融合研)⁵, 江尻晶(東大)⁵

(下線は当該グループの会合への出席者を示す。所属名は会合開催当時のもの。)

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
輸送と閉じ込め	2022年10月25日-28日	サン・ポール・レ・デュランス(フランス)
MHD安定性	2022年10月11日-14日	サン・ポール・レ・デュランス(フランス)
高エネルギー粒子物理	2022年11月28日-29日	キャンベラ(オーストラリア)
統合運転シナリオ	2022年11月7日-11日(暫定)	サン・ポール・レ・デュランス(フランス)またはベスレヘム(米国)
計測	2022年10月10日-13日	サン・ポール・レ・デュランス(フランス)

1. 「輸送と閉じ込め」

第28回となる本会合は新型コロナウイルス感染症の影響のため全セッションリモートで行われ, 64 名(日本 7 名, 欧州 33 名, 米国 10 名, 中国 9 名, 韓国 3 名, ITER 機構 2 名)が参加した。装置間比較実験及び合同研究活動として, 自発回転とトルク, 不純物輸送, イオンと電子の臨界温度勾配と分布硬直性, 磁場の三次元効果, ニューラルネットワークを用いたモデリング, 負三角度

における輸送特性に関するセッションが設けられた。また, ITER の核融合出力前運転 (PFPO-1) におけるプラズマ制御システム (PCS) の設計が開始されたことを受けて, 輸送と閉じ込めトピカルグループ (TG) からの PCS 設計への貢献や, Nuclear Fusion 誌の特別号のシノプシス作成を通して課題に上がった研究項目について議論がなされた。

自発回転とトルクのセッションでは, JET 及び ASDEX Upgrade において, LOC/SOC 遷移時のトロイダル回転の同位体効果について報告された (LOC : 密度とともに閉じ込めが上昇する領域, SOC : 閉じ込め時間が飽和する領域)。JET の三重水素プラズマでは, 軽水素及び重水素プラズマと同様に密度に対する LOC/SOC 遷移が観測され, トロイダル回転方向が反転する密度は, 軽水素, 重水素, 三重水素プラズマの順に高密度側にシフトしていた。また, 摂動輸送解析の新たな手法として, ASDEX Upgrade において拡散項, 対流項, 残留応力項を同時に評価できる手法や, JT-60 において拡散項と対流項の時間変化を評価できる手法が示された。

不純物輸送のセッションは, 低 Z から高 Z の不純物輸送を取り扱っている。低 Z 不純物に関しては, JET におけるネオン入射時の低不純物蓄積, 高閉じ込め運転 ($H_{98(y,2)} \sim 1$) 且つ小振幅 Edge Localized Mode (ELM) 放電について, MHD 安定化と乱流輸送抑制の観点から解釈された。高 Z 不純物については, EAST のハイブリッド運転におけるタングステンの蓄積について, 密度分布とトロイダル回転分布がピーキングしていることから, 新古典輸送で説明できることや, 他の装置の観測例と傾向が似ていることが議論された。

イオンと電子の臨界温度勾配と分布硬直性のセッションでは, 電子・イオンスケール乱流間のマルチスケール相互作用や, 高速イオンによる乱流安定化効果の研究が継続されている。前者については, ジャイロ運動論モデルを用いて, イオン加熱が支配的な JET のハイブリッド運転では, 電子温度勾配不安定性が駆動する熱流束は小さく, 電子加熱が支配的になると大きくなることが示された。後者については, 今まで評価に用いてきた局所モデルの結果は, 対象としたプラズマ (電子のベータ値 $\beta_e = 0.033$) では, 大域ジャイロ運動論シミュレーションの結果と定量的な良い一致を示していた。

磁場の三次元効果の研究については, 昨今 EAST と KSTAR で成果が高まっている。EAST にて, 摂動磁場印加時にタングステンの蓄積が減少し, 内部輸送障壁の形成と ELM 抑制を両立した放電が得られた。モデリング研究として, KSTAR と DIII-D での摂動磁場印加時の磁気島形成により密度減少が再現され, ITER 標準運転での予測計算がなされた。なお, セッションコーディネータが, Jakubowski 氏 (IPP) から, Sun 氏 (ASIPP) に代わる。

ニューラルネットワークを用いたモデリングのセッションでは, JET の三重水素プラズマにおいて QLKN モデルと実験との比較がなされ, モデルにより規格化小半径が 0.35 より外側の電子温度が再現されている一方で, 内側では過小評価される場合があった。内側の領域の温度

は不純物密度に影響を受けやすく、不純物輸送の更なる調査が必要であることが示された。DeKANISモデルでは、乱流飽和モデルの更新やJETのL及びHモードプラズマを追加した教師データの拡張がなされ、ITER PFPO-1 プラズマが予備的に評価された。

今回、負三角度における輸送特性に関するセッションが新たに設けられた。ITER よりダイバータ板への熱負荷を抑える必要のある原型炉における運転モードとして着目されている。各装置でのレビューがなされ、今後の研究展開が議論された。燃焼プラズマに向けた合同研究活動として、ITPA 調整会合に提案される予定である。

今回は、輸送と閉じ込め TG が今後注力すべき点を議論するセッションが設けられた。ITER 最優先事項や、現在進めている装置間比較実験及び合同研究活動において、拡張すべき研究項目や新設すべき項目の議論がなされた。エネルギー閉じ込めデータベースでは、小振幅 ELM 運転モードや、ハイブリッド運転モード、LH 遷移では PFPO に匹敵する領域や軽水素とヘリウム混合比について、特に議論が集中した。ITPA 活動をまとめた Nuclear Fusion 誌の特別号について、各セクションのドラフトが6月、チャプターのドラフトが本年末に設定されていること、簡易モデルのセクションに一般的な理論研究の進展も含めること等が議長から報告された。

2. 「MHD 安定性」

第39回となる本会合には、日本4名、欧州33名、米国18名、中国17名、ロシア5名、韓国5名、インド1名、ITER 機構8名が参加した。開催時間は、時差の関係から日本時間で21～0時であった。今回は、共同実験/共同解析、及び ITPA に関する Nuclear Fusion 特別号 (ITPA Special Issue “On the Path to Burning Plasma Operation”) について重点的に議論した。

ITER の建設状況やプラズマ制御システム (PCS) の準備状況について報告があった。PCS の最終設計報告が2025年に予定されており、PFPO-1 における検討が進められている。本 TG が関係する重要課題として、ディスラプション及び逃走電子制御、誤差磁場制御、新古典テアリングモード制御などがある。また、ITER のディスラプション緩和システム (DMS) の検討状況についても報告があった。DMS における入射粒子数、ペレット片サイズ、許容遅れ時間などの要求値が定義され、予備的設計報告会合が2022年2月に行われたことが報告された。

粉碎ペレット入射 (SPI) に関して以下のことが報告された。(1) 1次元コード INDEX 及び2次元コード JOEKE を用いた ITER 水素 L モード放電のシミュレーションが比較され、ペレット入射後の温度分布や密度分布が両コードで一致した。(2) LHD において ITER で使用される水素・ネオン混合ペレットの入射実験が行われた。ディスラプションを伴わない放電でペレットの溶発分布を測定することでモデル検証に有効と期待される。(3) JET の SPI 装置では2022年の運転に向けて時間差をつけた同一径ペレット入射を可能とするよう改造が行われた。(4) DIII-D の重水素 SPI 実験ではプラズマモード輸送による粒

子損失によって吸収効率が20～30%に留まることが観測された。(5) ASDEX Upgrade において複数の形状 (円形及び方形) 及び内径のペレット射出管を備えた SPI 装置による実験が予定されている。(6) HL-2A において SPI 装置の改良/増強が進められている。(7) KSTAR においてペレット片が大きくなるように射出管出口の曲げ角を小さくする改造を行った (20°から 12.5°へ)。

ロックモードが発生する誤差磁場強度を評価する方法として、コンパススキャンという手法が用いられる。DIII-D より、ロックモードが発生した直後の誤差磁場印加停止及び密度上昇によりディスラプションを回避して1ショット中に複数のコンパススキャンを行った例が報告された。これは ITER における高プラズマ電流領域でのコンパススキャンにも適用できる可能性がある (ディスラプション発生回数の低減)。また、J-TEXT より、 $m/n=3/1$ の磁気島が存在する場合は存在しない場合に比べて半分程度の $m/n=2/1$ の誤差磁場強度でロックモードが発生することが報告された (m はポロイダルモード数、 n はトロイダルモード数)。

前回の ITPA 会合以降、本 TG と「スクレイプオフ層とダイバータ物理」TG から合同での共同実験 “Characterization of power deposition to plasma facing components by runaway electrons” が立ち上げられた。本会合において、本共同実験の内容や参加者などについて説明があった。

ITPA に関する Nuclear Fusion 特別号について、前回の ITPA 会合以降の動向が議長から説明された。次に、各節の主著者による進捗の説明、及び質疑応答が行われた。また、新古典テアリングモードの節の代表執筆者が交代になることが説明された。

会合の最後に、第2回プラズマディスラプションとその緩和に関する IAEA 技術会合が7月19～22日に ITER 機構で開催 (リモートでも同時開催) されるとのアナウンスがあった。

3. 「高エネルギー粒子物理」

第27回となる高エネルギー粒子物理トピカルグループ (EP TG) 会合は2022年5月2～6日にオンラインで開催された。参加者は75名程度であり、33件の発表があった。最初に ITER 組立の進捗状況と、EP TG に関わる ITER の研究開発課題が紹介された。そして合同実験・解析の結果と ITER に向けた個別の実験・解析結果について報告があった。最後に Nuclear Fusion 誌特別号への投稿に関して各章での執筆状況が報告された。

合同実験・解析に関する報告は下記の通りである。周辺磁場摂動による高速イオン損失の検証を行う EP6 では、ITER ベースラインシナリオでの ELM 制御用コイル磁場が及ぼす影響を MARS-F コードと LOCUST-GPU コードを組み合わせて評価した結果について報告があった。ELM 抑制と高速イオンの閉じ込めを両立する ELM 制御用コイルの運転条件が存在すると報告された。中性粒子ビーム (NB) 電流駆動のモデル検証と ITER での予測を行う EP8 では、実験解析の大きな進展はなかったが、

TCVで2基目のNB入射装置が設置されたこと等の各装置での実験準備状況が報告された。高速イオン診断へのイオンサイクロトロン放射 (ICE) の適用性を検証するEP9では、LHDやDIII-D等における実験解析結果が報告された。LHDでの正イオン源NB入射によるICEは、トカマクとは異なりトロイダル方向に局在している様子が観測された。DIII-DではICEのトロイダル方向とポロイダル方向の磁場成分を計測することで、ICEの波は理論で指摘されていた圧縮性を有すると報告された。EP10は高安全係数における定常プラズマ中の高速/熱イオン輸送の解明を目指した合同実験である。TGLF-EP+Alphaコードによる臨界勾配モデルを用いて、DIII-Dにおける高安全係数放電での中性子発生率時間発展の再現を試みているが、再現には至っていない放電もあるとの報告があった。EP11は複数の計測器を組み合わせ、位相空間分布をトモグラフィ計測する手法の確立を目指す合同実験である。TCVにおいて、高速イオン減速分布を基底に取ることで、位相空間分布を再構成する手法の原理検証に成功したとの報告があった。アルヴェン固有モードの制御法の確立を目指したEP12では、ASDEX Upgradeにおいてトロイダルアルヴェン固有モード (TAE) への電子サイクロトロン電流駆動 (ECCD) 入射方向の影響が調べられ、プラズマ電流と同じ方向に電流駆動する場合には抑制されるとの報告があった。また、LHDにおいてもECCDによるTAE抑制実験が実施され、ECCDにより抑制されるモードだけでなく、同時に成長してしまうモードも存在することが報告された。ITERでのイオンサイクロトロン周波数帯 (ICRF) 加熱法の確立を目指すEP13では、JETの重水素実験での3種イオン加熱時に観測された負磁気シアアルヴェン固有モード (RSAE) の解析結果が報告された。このRSAEの特徴はJT-60Uでの負イオン源NB (N-NB) 入射を用いた先行研究での観測結果と一致していたとの説明があった。ITERの統合モデリング・解析コード群IMASを使用した、高速イオンの位相空間分布の検証を行うEP14では、既存装置の実験との検証に向けて、IMASに入力するための実験データを収集中であることが紹介された。ITERでの高速イオン駆動型不安定性を様々な非線形計算コードにより予測を行うEP15では、ITERの各シナリオやDIII-DでのITER模擬プラズマを対象にGTC, GYRO, ORB5, M3D-C1, FAR3D, MEGA, NOVA-Kを用いて得られた計算結果が報告された。GTCによる計算では、ITERベースラインシナリオではフィッシュボーン不安定性が現れるものの、振幅が小さく、高速イオンの輸送は無視できるという評価結果が得られた。GTC, MEGA, FAR3Dによる計算では、TAEやRSAE等の様々なアルヴェン固有モードがITERのベースラインシナリオと定常運転シナリオの両方でバースト状に現れ、高速イオン分布が多少平坦化すると評価された。今回の会合では、ITER軽水素プラズマでの運転領域を制限し得る高エネルギーNB入射の突き抜けモデルを検証するための合同実験EP17が新たに立ち上がった。この合同実験では、高エネルギー粒子を入射できるN-NB入射装置を有する

LHDとJT-60U, JT-60SAで実験・解析が進められる予定である。最初の報告として合同実験の背景や、過去のJT-60Uにおける先行研究、今後のJT-60SAにおける研究計画について紹介された。

個別の報告では、最近のJETのDT実験に関する発表が2件あり、アルファ粒子が駆動したと考えられる不安定性等の興味深い観測結果が多数報告された。他にも、EASTにおける低周波数モード (LFM) や高速電子駆動型TAE (e-TAE) の解析結果、KSTARにおいてフィッシュボーン不安定性の径方向構造を電子サイクロトロン放射計測で詳細に観測した結果などが報告された。

高エネルギー粒子物理とプラズマ不安定性に関する第18回IAEA国際技術会合が11月22-25日に開催される予定である。次回のITPA-EPTG会合は上記の会合に合わせて、11月28-29日にオーストラリアの首都キャンベラにあるオーストラリア国立大学内にて開催される。

4. 「統合運転シナリオ」

第28回となる本会合は2022年5月9-13日にオンラインで開催された。参加者数はセッションごとに開きがかったものの、27-66名程度であった。統合運転シナリオトピカルグループ (IOS TG) は、ITERの運転シナリオに関する課題について議論し、参加者における関連研究を通じて最適な運転シナリオと必要な制御手法を提案することが主な役割である。IOS TGから提案しているITER運転シナリオの開発に関する共同実験 (Joint Experiment (JE)) や解析・モデリング共同活動 (Joint Activity (JA)) の進捗の報告と議論などが行われた。また今回は、英国JET装置のトリチウム (T) 及び重水素-トリチウム混合 (DT) 実験結果、運転制御、先進プラズマ運転に焦点を絞ったセッションが設けられた。

ITER機構より、直近4月22日の写真などを交えて、真空容器など各種コンポーネントの組立の進展報告や、ITER Research Plan (Level III) にまとめられているIOS TG関連項目 (プラズマ着火, PFPO-1における電子サイクロトロン加熱 (ECH) のHモードやプラズマコントロールシステムなど) のリマインドがなされた。さらに「ITERプラズマのシナリオと制御」と題した2022年のITER国際学校について告知があった。続いて、IOS TGに関連した各極装置での研究進展に関する報告がなされた。JETは、2021年のT&DTキャンペーンを締めくくるDTE2 (1997年がDTE1) に向けた改造や計測の充実を経て、各所で報告されているように59MJの核融合エネルギー (DTE1では22MJ) を実現したことが述べられた。2022-23年のスケジュールも紹介されたが、2023年6月以降はT&DTの結果を吟味してから決めるということであった。独国ASDEX Upgradeからは、ダイバータプラズマが非接触状態でのLH遷移シナリオの実証や、highly shapedなITERベースライン放電をいかに安全に終了させるかについて、プラズマ電流 (I_p) のランプダウンレート、ガスパフ、加熱、プラズマ形状などをフリーパラメータとした広範な実験が行われていることが報告された。韓国KSTARからは、 I_p オーバーシュートを活用した閉じ

込め性能改善（規格化ベータ値 β_N や中性子発生率の向上）や、シングルヌルからダブルヌルへの移行（ $\Rightarrow$ ELM やペデスタルといったエッジプラズマに影響）による高速イオン圧力の増加という実験結果が紹介されるとともに、LSTM（Long Short Term Memory）ニューラルネットワークを用いたAIオペレーションデザインの取組み（ β_N のターゲット値を実現するように）が述べられた。また、JE の IOS-5.1 “ICRF impurity generation” に関して、2021 年の IAEA 核融合エネルギー会議で発表、論文化されたこと、さらに、ITER の ICRF チームとの連携を強化して、統合制御の中での ICRF に関する制御項目の詳細化を進めることが合意された。

各 JE, JA についての進捗状況・今後の計画について報告及び議論がなされた。JE の IOS 3.1 “Hybrid scenario” では、新たなハイブリッドシナリオの提案として、IOS 3 で行ったよりも低い最小安全係数 $q_{\min}$ ($1 \leq q_{\min} < 1.3$) での鋸歯状振動のない定常の案が検討された。JA の PEP-10S-1 “Dependence of H-mode pedestal and integrated performance on hydrogen isotopes and ion species mass” では、LHD で電子系内部輸送障壁の閾値に対する同位体効果、JET での LH 遷移パワーが D より DT で下がること、また、DT プラズマでの H モードペデスタル圧力が T 割合の増加とともに上がる等が報告された。IOS-JA-15 “Development of fast electron discharges at plasma initiation” では、装置間での逃走電子の発生や閉じ込め特性の比較によると、装置が大きいほど逃走電子の成長が遅いが、閉じ込めも良くなるとの報告があった。また、一周電圧と電子の加速時間との関係について装置間の比較、逃走電子生成に対する ECH の効果等が報告された。IOS-JA-1 “Modelling ITER-like discharges in different devices” では、各装置についてのデータベース構築の進展状況についての報告があった。

JET の T 及び DT 実験の初期解析結果が特別セッションで報告された。標準及びハイブリッド運転シナリオの開発を、D で開発したシナリオを T を用いて繰り返して同位体効果を調べ、その後、DT で核融合出力を最大化する実験を行う手順で行っている。両シナリオで核融合出力等の性能は、事前に統合コードで予測した値とほぼ一致していた。標準運転では、密度分布の違いや、DT で不純物蓄積による放電時間の制限、T のプラズマ性能が DT より高いこと、DT のペデスタル性能が D より高いこと等が報告された。ハイブリッド運転では、安全係数分布や H モード遷移、プラズマ電流立ち下げ時のプラズマの挙動の違い、DT で T が D より多いプラズマでの核融合出力の増加、先に述べたように以前の DT 実験に比べて約 2 倍以上の 59 MJ のエネルギーを持つ高性能プラズマが得られたこと等が報告された。また、両シナリオで共通の ICRF 加熱とアルファ粒子が駆動する不安定性の観測の結果も報告された。以上の大部分の結果は解析中で結論が得られておらず、今後の詳細な解析による現象の理解が期待される。

前回会合に引き続き、運転シナリオ制御に関する focus session が行われ、MHD 安定性 TG との合同の JA の関係

者や各装置の研究者を含む多数（最大 66 名）の参加があった。前回の会合では、ITER の運転シナリオ制御に関して IOS TG からの貢献が期待されている 5 つのタスクとして、ディスラプション抑制・回避の戦略、過渡現象（プラズマ非接触化、LH 遷移など）中の先進制御、密度・粒子供給制御、放電終了シナリオの開発、運転シナリオ制御のためのモデル開発について示された。今回、これらのそれぞれについて内容や今後の進め方について議論された。MHD 安定性 TG、スクレイプオフ層とダイバータ物理 TG や計測 TG との協力の強化が必要であることや、それぞれのタスクについてリーダーが必要だが IOS TG 委員だけでは対応が困難であることなどが認識され、次回の ITPA 調整委員会における JE/JA の提案に向けて議論を継続することになった。

ITER の先進プラズマ運転の検討に向けた議論が行われた。その中で、若月（量研）が JT-60SA の先進プラズマ運転の計画を紹介し、今までに日欧共同で各種コードを用いて行ったプラズマの予測結果や実験スケジュールについて報告した。その他、JET 金属壁におけるハイブリッド運転の閉じ込め性能を H モードスケリングと比較した結果が紹介され、ハイブリッド運転の閉じ込め改善は、加熱パワーによる閉じ込め劣化が弱いからではなく、ベータの向上による効果が大きいことが報告された。

5. 「計測」

第 41 回計測 TG 会合が、日本の主催により、前回に引き続きリモート会議にて開催された。世界各国から合計で延べ過去最高の 180 人を超える参加者が集い、日本からも 20 名以上が参加するなど盛況な会合となった。主な内容を以下に記す。

ITER 計測に向けた各課題の取組み状況

本会合では ITER 計測に向けた各課題についての報告が行われ、特に計測 TG の 6 つの最重要課題の一つである「プラズマ対向第一ミラーの寿命の最適化」に関する報告が多く見受けられた。プラズマ対向第一ミラーに対するミラークリーニングに関する報告では、単結晶ロジウムミラーのクリーニングを行った際に、ミラー研磨に用いたダイヤモンドペーストの影響で表面に窪みが形成された結果、反射率が悪化した、といった興味深い報告が行われた。

ITPA/IEA 共同実験に関する報告

共同実験に関しては、以下の報告及び議論が行われた。「トカマク中での赤外線反射モデルのベンチマークに関する共同実験」では、フランスの WEST 及びドイツの W7-X にて、ストライク点位置が異なる複数のプラズマ放電を用いて、壁からの反射がある状態で正確な壁面温度を計測するための実験計画が示された。この計画では実験キャンペーン中の壁面反射特性変化についても調査を行うことが予定されている。「トカマク環境下でのプラズマ対向ミラーの試験に関する共同実験」では、WEST の実験キャンペーン後のミラー反射率変化についての報告が行われ、実験開始前の反射率（0.9 以上）が 0.8 ～ 0.5 程度の広い範囲で低減するという、非常に不均

一な反射率変化が示された。今後、この結果に対する原因究明が実施される予定である。また、「ガンマ線領域での制動放射光の分光計測を用いた逃走電子分布評価に関する共同実験」では、米国の DIII-D で開発中の硬 X 線用検出器についての初期結果が報告された。さらに、ITER で進められている「統合計測のための開発に向けた共同実験」からは、ITER のシナリオデータベースや平衡データベースから読み込んだシミュレーション結果から、任意の計測器の信号を生成するまでのシーケンスの概要が紹介された。今回の会合では、「リアルタイムの密度分布計測」及び「ペレットを用いた密度制御」に関する 2 件の新たな共同実験の提案が行われた。

各極の活動状況

会合最終日には、ITER 参加各極からの進捗報告が行われた。韓国からは、ITER 計測装置の開発の進捗として、放射化箔を用いた中性子計測のための気送管の製作状況や、真空紫外分光計測装置の製作に向けたミラーの反射率測定についての報告が行われた。中国からは、担当している中性子フラックスモニタ用計装制御系の整備状況及び、ダイバータラングミュアプローブを中国の EAST に設置して試験する計画などが示された。インドからは、ITER のファーストプラズマ時から運用予定の X 線結晶分光計測システムの最終設計の取組みとして、磁気シールドの最適な条件の設定や多層ミラー設計計算の進捗状況などが示された。ロシアからは、ダイバータトムソン散乱計測のミラー保護用窓にベリリウムが堆積した場合の可視光反射率の変化や、ベリリウム堆積と放電洗浄を繰り返した際の最終的な窓の透過率変化など、ITER での実施を想定した設計の進捗が報告された。米国からは、ITER トカマクの弱磁場側に設置するマイクロ波反射計や主プラズマ用 X 線結晶分光などの紹介が行われた。また、DIII-D で開発されている 2 次元のダイバータトムソン散乱計測についての初期結果が報告された。

日本側からの報告

今回の会合は日本が主催したため、初日は JT-60SA や

核融合科学研究所、さらには各大学で取組んでいる計測装置の開発状況など、多数の報告が行われた。JT-60SA からは、仲野氏（量研）から JT-60SA の計測装置の準備状況が紹介され、佐野氏からは信号処理を行う際の時刻同期を確かなものにするためのシステム構築に関する取組みが紹介された。LHD からは、吉沼氏（核融合研）による様々な種類の荷電交換分光計測を用いたプラズマの同時計測の取組み、徳澤氏によるプラズマの時空間挙動を計測するために幾つもの周波数を組合せて計測を行うドップラー反射計の開発状況、小川氏（核融合研）による LHD の中性子束モニタや重水素プラズマから DD 中性子と DT 中性子を分離して測定するためのスペクトロメータの運用状況、さらに、向井氏（核融合研）から LHD のみならず Heliotron J や GAMMA10/PDX で進められた赤外イメージングビデオボロメータシステムの開発及び運転状況など、多数の興味深い報告が行われた。大学からの発表としては、江尻氏及び Lin 氏（東大）による DEMO における計測及び制御の確立及び線積分トムソン散乱計測の実用化に向けた取組みがそれぞれ紹介された他、夏目氏（名古屋大）からは熱サイクルによる熱負荷を受けたタングステンモノブロックの双方向反射率分布関数の計測結果で得られた知見が紹介され、玉置氏（大阪大）からは大阪大学に設置されている強力 14 MeV 中性子工学実験装置 OKTAVIAN の最近の中性子照射試験の概要が報告された。日本が調達を担当する ITER 計測装置の取組みとしては、谷塚氏が周辺トムソン散乱計測装置のビームダンプの最終設計やプロトタイプを試作の他、ミラークリーニング機構の開発の様子を報告し、田中氏（量研）からは、計測装置をポートに設置するためのポート統合機器の開発のうち、ラック固定機構の開発状況が報告された。石川氏からは、マイクロフィッシュンチェンバー、ポロイダル偏光計及びダイバータ不純物モニタの設計及び製作の進捗が報告された。

（原稿受付日：2022 年 7 月 15 日）