

■ ITPA(国際トカマク物理活動)会合報告(75)

分野：「高エネルギー粒子物理」¹，「統合運転シナリオ」²，「スクレイプオフ層とダイバータ物理」³，「MHD 安定性」⁴，「周辺ペデスタル物理」⁵，「輸送と閉じ込め」⁶

開催日：2020年10月12日～16日¹，12日～20日²，12日～22日³，19日～22日⁴，19日～26日⁵，20日～26日⁶

場所：リモート会議

担当委員：

藤堂泰(核融合研)¹，長壁正樹(核融合研)¹，永岡賢一(核融合研)¹，Andreas Bierwage(量研)¹，山本聡(量研)¹，篠原孝司(東大)¹，村上定義(京大)¹，林伸彦(量研)²，鈴木隆博(量研)²，若月琢馬(量研)²，長崎百伸(京大)²，花田和明(九大)²，藤田隆明(名大)²，横山雅之(核融合研)²，朝倉伸幸(量研)³，芦川直子(核融合研)³，上田良夫(阪大)³，大野哲靖(名大)³，坂本瑞樹(筑波大)³，仲野友英(量研)³，増崎貴(核融合研)³，諫山明彦(量研)⁴，榊原悟(核融合研)⁴，白石淳也(量研)⁴，古川勝(鳥取大)⁴，政宗貞男(中部大)⁴，松永剛(量研)⁴，渡邊清政(核融合研)⁴，相羽信行(量研)⁵，浦野創(量研)⁵，神谷健作(量研)⁵，大山直幸(量研)⁵，鈴木康浩(核融合研)⁵，森崎友宏(核融合研)⁵，井戸毅(九大)⁶，田中謙治(核融合研)⁶，田村直樹(核融合研)⁶，本多充(量研)⁶，成田絵美(量研)⁶，吉田麻衣子(量研)⁶，今寺賢志(京大)⁶

(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
高エネルギー粒子物理	2021年5月17日-19日 (暫定)	サン・ポール・レ・デュランス (フランス)
統合運転シナリオ	2021年4月12日-16日 (暫定)	プリンストン (米国)
スクレイプオフ層とダイバータ物理	2021年6月28日-7月9日 (暫定)	リモート会議 (暫定)
MHD安定性	2021年3月22日-25日 (暫定)	リモート会議
周辺ペデスタル物理	2021年6月28日-30日 (暫定)	セビリヤ (スペイン)
輸送と閉じ込め	2021年3月22-25日	サン・ポール・レ・デュランス (フランス)

1. 「高エネルギー粒子物理」

リモート会議で実施され，第24回となる本会合には最大62名(日本7名)の参加者があった。時差を考慮し，

日本時間22時から翌日1時までの時間帯で実施された。今回は，ITERの進捗状況，合同実験，高エネルギー粒子実験，統合運転シナリオトピカルグループ(IOS TG)との合同セッション，高エネルギー粒子理論・モデリング，JETでのD-³He実験に関してセッションが設けられた。

はじめに，ITER機構のS. Pinches氏より，ITERの高エネルギー粒子物理に関する活動報告を含むITERの進捗状況が報告された。ITERの各運転シナリオに対して，イオン速度分布が各加熱法に対応して複数コードを用いて評価され，IMAS(Integrated Modeling and Analysis Suite)を介して取得可能であることが報告された。これら速度分布を用いて，ITERの高エネルギー粒子物理関連計算や計測器開発が行えることが紹介された。

合同実験に関する報告は次の通りである。周辺部磁場摂動に起因する高速イオン損失と熱負荷を扱うEP-6では，ASDEX-Upgrade(AUG)とKSTARでの磁場摂動を用いた新規の実験結果が報告された。ITERに向けた中性粒子ビーム電流駆動(NBCD)の検証を目的としたEP-8では，DIII-Dの非磁気軸NBCDについて，実験結果と計算結果がほぼ一致し，且つ圧力分布の平坦化が見受けられるものの，閉じ込め性能の劣化が見受けられなかったことが報告された。KSTARのNBCD評価が行われ，トロイダルアルヴェン固有モード(TAE)によりプラズマ中心部でNBCD効率が低下しているとの報告があった。イオンサイクロトロン周波数帯放射(ICE)の高速イオン計測に対する評価を行うEP-9では，NSTX-U及びAUGで観測されるICEの観測結果の紹介があった。またGTCコードを用いたICEのシミュレーション結果の紹介などがあった。定常放電における主プラズマと高速イオン輸送を調べるEP-10では，完全非誘導定常放電の確立を目指して，DIII-Dから加熱条件を最適化した放電により，TAEを安定化させ中性子発生率が従来の放電に比べ高い放電が得られたとの報告があった。本実験では，特に非磁気軸NBIによる寄与が大きい。また，本内容はIOS TGとの合同セッションのテーマでもあり，議論が行われた。高エネルギーイオン速度分布の再構成に関するEP-11では，逆問題解法の改良として減速分布を基底関数として適用した結果が紹介された。AE制御法を取り扱うEP-12では，加熱・外部磁場によるこれまでの安定化実験・解析結果についてのレビューがあった。また，KSTARとAUGでは，順方向ECCDにより平衡を変えることで減衰率を増大させAEを安定化したとの報告があった。ITERのための先進ICRF加熱を取り扱うEP-13では，ITER様壁の軽水素放電でICRF加熱が効かなかったことから，新たに提案された³Heと⁴Heの混合ガスを用いることで成功したICRF実験結果が紹介された。ITERにも応用可能とのことである。

高エネルギー粒子実験では，JETで予定されているDT核融合実験(DTE2)での，アフターグロープラズマにおけるアルファ粒子励起AEの不安定化の可能性について議論があった。また，JETにおけるAE外部励起実験，AUGやNSTXでのICE観測結果について紹介があった。高エネルギー理論・モデリングのセッションでは，非等方圧

力・流速を考慮した ITER の平衡計算や AUG 実験パラメータを用いた複数コード比較の結果が紹介された。現状で、中心ピークな高速イオン分布の際にコード間差異が生ずるようである。JET における 3 種混合イオン (^3He - D_{bulk} - D_{NBI}) を用いた ICRF 加熱によるアルファ粒子生成に関連した実験結果が紹介された。本実験では、 D_{NBI} が ICRF によりさらに加速され、 D - ^3He 核融合反応により高速アルファ粒子が生成されたことが紹介された。また、アルファ粒子励起の $n=0$ 大域的アルヴェン固有モード (GAE) と $n=-1$ TAE が観測されたが (n はトロイダルモード数)、鋸歯状振動によりアルファ粒子速度分布が変調を受け、正の勾配が形成されることで不安定化したとの説明があった。また、本実験結果に基づく JET-DTE2 実験でのアルファ粒子の振る舞いに関する予想が紹介された。

本会合は、現議長である D. Spong 氏が取りまとめを行う最後の会合であり、次回会合からは現副議長の M. Salewski 氏が議長として取りまとめを行う予定であることが紹介された。

2. 「統合運転シナリオ」

今回は IOS TG の第 25 回目の会合で、COVID-19 対策のため web 会議アプリケーションを用いて開催された。時差のため場所によっては開催時間が深夜になったが (日本は 22 時～3 時)、従来の現地開催と同程度の 20 名以上が参加した。

IOS TG は、ITER の運転シナリオに関する課題について議論し、参加極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国際共同実験やモデリング活動の進捗の報告と議論、新たな共同取り組み課題の提案、運転シナリオモデリングに関する発表と議論などが行われた。特に、ITER 機構が解決を求めている R&D 課題に対する、既存の Joint Experiment (JE)、あるいは、Joint Activity (JA) での対応と、新規取り組みの立ち上げに関する議論が行われた。また、本会合では高エネルギー粒子物理 TG との合同セッションがあり、両 TG の共通課題と、それを解決するための今後の共同活動を議論した。

IOS TG に関連した各装置での実験に関する報告では、JET において、Ne 入射によりダイバータへの熱負荷低減だけでなく、閉じ込め性能の向上や ELM 抑制等の効果がみられることが報告され、ITER でダイバータ熱負荷低減のために N_2 ではなく Ne が利用できる可能性が示された。また、COVID-19 の影響により遅れが生じたものの、2021 年中に DT 実験を行うスケジュールであることが紹介された。TCV からは、可視分光イメージング計測を用いた非接触プラズマの電離フロント位置のフィードバック制御器の開発に関する報告があった。

各 JE の進捗状況の報告があり、今後の計画について議論された。プラズマ立ち上げの JE に関して、花田 (九大) と辻井 (東大) から日本の球状トカマク装置 QUEST (九大) と TST-2 (東大) における電子サイクロトロン

波を用いた実験・解析結果について報告があり、プラズマ着火ではヌル点配位に比べて TPC 配位の優位性が示された。ITER 標準運転と同様の低トルク入射、高電子加熱割合のプラズマ性能比較の JE に関して、安全係数 $q_{95} < 3.5$ 、規格化ベータ値 $\beta_n \sim 1.8$ -2、電子加熱割合 80% 以上の Type-I ELMy H-mode プラズマという明確な基準が提示され、EAST、KSTAR 等の装置は電子加熱パワーが増強され次第実験に取り組むこととなった。

各 JA の進捗状況の報告があり、今後の計画について議論された。ITER 模擬実験のモデリングの JA では、DIII-D の実験データが準備されており、乱流輸送モデル TGLF とペデスタルモデル EPED を用いた統合モデリングによるモデルの検証結果が報告されていた。その DIII-D の実験データは、DIII-D を所管するジェネラルアトミックス社が開発している OMAS というインターフェースプログラムで、ITER の標準のデータフォーマットである IMAS データに変換し、ITPA のデータベースに登録され JA の参加者に提供される予定である。量研の JT-60U の実験データも提供を依頼されているが、IMAS に最低限登録すべきデータや IMAS に登録できるが実験・解析データがない場合の登録方法等を ITER に確認しながら、統合コード TOPICS の IMAS インターフェースを開発・改良している状況で、今後提供する予定である。

高エネルギー粒子物理 TG との合同セッションでは、高エネルギー粒子が駆動する不安定性と誘起される輸送を模擬し、運転シナリオを評価する統合コードに結合できる、いくつかの簡略モデルの提案があった。その簡略モデルの検証のため、上記の ITER 模擬実験のモデリングに関する JA で各装置から提供された実験データの中で使えるデータを探すことになった。

本会合は、現議長である Yong-Su Na (ソウル大、韓国) が取りまとめを行う最後の会合であり、次回会合からは J. Hobirk (マックスプランク研、ドイツ) が議長として取りまとめを行うことが紹介された。

3. 「スクレイプオフ層とダイバータ物理」

第 29 回目となる本会合はオンラインで開催された。総講演数は 42 件でそのうち日本からの講演は 4 件であった。主に国際装置間比較実験の進展が報告された。また、周辺ペデスタル物理トピカルグループとの合同セッションでは参加者が 100 名を超え、非常に盛況であった。以下ではセッションごとの概要をまとめる。

水素の透過と蓄積：UCSD (米国) が ITER 機構との協定で進めていた PISCES におけるベリリウムと水素同位体との共堆積層に関する研究の報告、JET-ILW におけるベリリウム再堆積層についての報告があった。また、Eurofer97, SUS316L, CuCrZr などの構造材料の水素透過量の測定、および異材接合部における水素透過の FESTIM コード / TESSIM コードによる計算結果について報告があった。

不純物輸送と再堆積：ERO2.0 と WallDYN/DIVIMP コードによる比較が報告された。ITER において二次元形状で計算した場合には両コードによるベリリウムの損

耗・再堆積分布の計算結果は一致したが、三次元形状で計算した場合には大域的な分布では一致が見られたが局所的には複雑な第一壁の三次元構造により損耗・再堆積量には不一致が見られた。庄司（核融合研）はLHD閉ダイバータ部のターゲット板の形状変更によってドーム板上の炭素堆積の低減をERO2.0コードによって予測し、測定結果と良い一致を得たことを報告した。

ステラレータからの貢献：ヘリカル装置LHD（日本）およびW7-X（ドイツ）から最近の進展が報告された。W7-Xからはスクレイプオフ層プラズマ中の揺動やフィラメントの伝播に関する計測結果（プローブ、ビーム発光分光、高速カメラなど）とシミュレーションの比較の結果などが報告された。小林・増崎（核融合研）はLHDでブロップおよびドリフトに関する実験計測、共鳴磁場摂動（RMP）印加によるデタッチメント放電時のダイバータ熱負荷および閉じ込め性能に関する報告を行った。

電子サイクロトロン波入射による放電洗浄（ECWC）：TCV（スイス）から、TOMATOR-1Dコードによってフリーパラメータを調整することによってECWCプラズマ中の電子密度分布を再現できることを報告した。GRAYコードによって、O1モードで直接入射する場合に比べて、センターカラムで反射させO1モードからX1モードに変調する方がEC波の吸収率が高いことが示された。KSTAR（韓国）において粉砕ペレットを入射すると次のプラズマは立ち上がらなかったが、ECWCを行うことで次のプラズマを再現性よく立ち上げることに成功したと報告した。

第二スクレイプオフ層（SOL）とデタッチとの関係：TCVにおいて高密度プラズマではSOLの広がりが見測されていたが、新たにバッフル板を設置すると高密度プラズマでもSOLの広がりが見測されなくなり、ダイバータ室からの中性粒子の逆流がSOLの広がりへの要因である可能性が指摘された。AUG（ドイツ）では、主プラズマの密度の上昇に伴いSOLの電子密度分布が徐々に広がり、フィラメントの放出頻度が高くなることが新たに観測された。また、放出されたフィラメントは径方向に輸送されるほど輸送速度が低下することも報告された。

ELMによる熱負荷：DIII-D（米国）、TCV、COMPASS（チェコ）、HL-2A（中国）からELMによるダイバータ板上のピーク熱負荷の測定結果はEichモデルの予測の範囲内であることが報告された。AUGからは、I-mode pedestal relaxation events（PRE）、およびquasi-continuous exhaust（QCE）と呼ばれるsmall ELM運転領域に関する報告があった。QCEでは、SOLにおける熱流束分布の特性長が、Type-I ELMのELM間の分布に比べて4倍に広がる一方で、閉じ込め特性やペデスタル圧力には影響が見られないことが観測された。非線形MHDコードJOREKを用いた、ELM、SOL・ダイバータ、ペレット入射によるELMペーシング、RMPに関するシミュレーションについて、現時点でのまとめが報告された。

三次元磁場構造のダイバータへの影響とプラズマ壁相互作用（ペデスタルTGとの合同セッション）：ITERにおけるRMP印加時のEMC3-EIRENEコードによるダ

イバータ熱負荷分布の計算、MHDコードによるELM安定化のプロセスに関する計算結果が示された。DIII-D、KSTAR、EAST（中国）からRMP印加時のデタッチメント実験におけるダイバータ熱負荷の測定結果とシミュレーションとの比較についての報告があった。AUGからは上ダイバータ配位におけるRMPによるELM緩和実験の報告およびシミュレーションの初期結果が報告された。

デタッチ物理と制御（ペデスタルTGとの合同セッション）：JET（欧州）では、加熱パワーを35 MW程度まで上昇させた場合にはネオン入射によってエネルギー閉じ込め時間が室素入射によるそれを越える大幅な改善が得られた。ネオン入射ではELMのない部分非接触ダイバータプラズマが得られ、他方、室素入射では小振幅のELMを伴うがELM間では完全非接触ダイバータプラズマが得られた。一方、AUGでは、ネオン入射より室素入射時にペデスタル圧力がより上昇する傾向が得られており、装置サイズに適する不純物種の選択が課題である。

本会合をもって勇退する議長K. Krieger（ドイツ）に対して、氏の多大なる貢献に対し賛辞が贈られ、仲野（量研）が次期議長に就任することが報告された。

4. 「MHD 安定性」

第36回会合は、当初、IAEA核融合エネルギー会議の後にITER機構本部で開催される予定であったが、COVID-19の影響からリモートで開催された。参加者は日本4名、欧州29名、米国20名、中国7名、インド2名、韓国2名、ロシア2名、ITER機構9名の75名であり、過去の現地開催の会合に比べると30名程度多かった。時差の関係から、日本時間では21～0時の開催となった。また、ここ数年、重点的に議論するトピックスを決めて開催していたが、今回は設定されず、主に共同実験／共同解析の報告に割り当てられた。

まず、ITER機構のLoarte氏からITERの建設の状況のほか、ディスラプション緩和装置（DMS）や電子サイクロトロン加熱装置の検討の進捗について説明があった。また、ITERリサーチプランの実施に必要なR&D項目に関する文書がITERのウェブサイトに掲載されたことが説明された。

ITERのDMSに向けて粉砕ペレット入射（SPI）装置を用いた実験が様々な装置で行われていることが紹介された。JETでは、入射粒子数の増加とともに放射損失強度が増加することや、電流クエンチ時間が短くなることが観測されたとの報告があった。DIII-Dでは、ITER DMSタスクフォース（TF）の支援を受けて、低電子温度での測定のためにトムソン散乱装置が増強される予定との説明があった。KSTARからは、トロイダル方向に180度離れた2系統のSPI装置を用いた実験が初めて行われ、2系統入射の方が1系統入射よりも熱クエンチが発生する時間が短く、また密度の増加量も大きいことが観測されたとの説明があった。AUGではDMS TFの支援を受けて、入射口付近の曲がり角度が0度、12.5度、25度と異なるSPI装置の導入（ペレット片の大きさが変わる）、及び高速カメラやボロメータなどの計測装置の増強が行われる

予定であることが説明された。また、J-TEXTにおいては、2系統のSPIと4系統のAXUVダイオード計測装置が設置されたことが説明された。

SPIに関するシミュレーション研究では、JOEKKを用いたシミュレーションが多く行われていることが説明された。例えば、(1) ITER (7.5MA/2.65T)におけるNe+H₂ SPI (1系統入射と2系統入射との比較)、(2) KSTARにおけるD₂ SPI (1系統入射と2系統入射との比較)、(3) JETにおけるNe+D₂ SPI (SPIのトリガによるディスラプション)、(4) JETにおけるD₂ SPIとNe SPIとの比較(ペレット入射後から熱クエンチ発生までの時間の違い)、

(5) ASDEX UpgradeにおけるD₂ SPI (ポロイダルモード数が2、トロイダルモード数が1の磁気島が存在するときのSPIの効果)、(6) JETでのSPI後の逃走電子ビームの消滅過程、といった結果の概要が報告された。このうち、(5)については、プラズマ小半径の10%程度の磁気島がある場合とない場合でSPI後の時間発展に大きな違いがないことが説明された。

プラズマ電流の立ち上げ時に発生する逃走電子について、Alcator C-Mod、COMPASS、JETで解析した結果が報告された。横軸に注目するパラメータ、縦軸に発生頻度をとって逃走電子の発生の有無で分布を比較すると、プレフィルムについてはピーク位置に違いがない一方で、電子密度、電子密度で規格化した電場強度、電子密度で規格化したプラズマ電流ではピーク位置に違いが見られたことが説明された。さらに、Alcator C-Modからは、逃走電子の発生の有無に関して初期プラズマ位置への依存性はないことが報告された。

共同研究や共同解析については全件継続されることになった。新規での提案はなかった。次回会合ではSPIを重点課題として議論することになった。

5. 「周辺ペデスタル物理」

第37回となる本会合はCOVID-19の影響によりリモートでの開催となった。参加者は46名(欧州21名、米国13名、中国6名、日本3名、ITER機構2名、韓国1名)であり、ITERの最重要課題であるELMの物理と制御、Hモードペデスタル構造の理解、国際装置間比較実験等の現状報告に関して討議が行われた。また、今回の会合では、複数の合同セッションが開催された。統合運転シナリオTGとは、ペデスタル性能やL-H遷移パワー(P_{L-H})等に対するイオン粒子種(水素同位体・ヘリウム)の影響、スクレイプオフ層とダイバータ物理TGとはRMPがペデスタルおよびダイバータのプラズマに与える影響や不純物入射がペデスタル性能に与える影響、輸送・閉じ込めTGとはL-H遷移物理やI-mode物理に関して議論が行われた。

ペデスタル構造に関するセッションでは、JOEKKコードを用いてELM間輸送を含む複数のELMサイクルシミュレーションが可能になったことが報告された。AUGでのtype-I ELMサイクル(ELM4回分)を再現するシミュレーション結果が示され、セパトリクスを通過するパワー(P_{sep})が下がるほどELM周波数(f_{ELM})・ペデスタ

ル圧力(p_{ped})の最大値が低下することや、SOLの電子密度($n_{e,SOL}$)が下がると f_{ELM} が低下する一方で p_{ped} が上昇するという実験結果と矛盾しない傾向が得られることが報告された。また、燃料補給がペデスタル構造に与える影響について、この影響は燃料補給前のペデスタルがMHD安定性に対してどのような状態にあるかに強く依存することが報告された。燃料補給によりセパトリクスの電子密度($n_{e,sep}$)が上昇した場合、圧力駆動MHDモードに対して不安定に近い場合にはイオン反磁性ドリフトによる安定化効果が低下することでペデスタル圧力が低下するが、電流駆動MHDモードに対して不安定に近い場合にはその影響が弱くむしろ自発電流が流れにくくなるためにペデスタル圧力が上昇するとの説明があった。

RMPによるELM抑制領域へのアクセス条件について、ペデスタル電子密度が低いことが重要であるが、これを規格化量で説明できるかについての議論が行われた。現時点では電子衝突度を用いた整理を試みたものの、AUGの実験は電子衝突度でELM抑制領域へのアクセスが説明できないことが示された。また、このアクセス条件に対するプラズマ回転の影響について線形判別分析(LDA)を用いた機械学習による検証が初めて行われ、DIII-DおよびKSTARではプラズマ回転の重要性が示唆されたものの、AUGではその重要性は大きくない結果が得られており、引き続き検証が進められている。

スクレイプオフ層とダイバータ物理TGとの合同セッションでは、JET装置における不純物入射によるペデスタル性能改善についてこれまでの実験では窒素(N)入射が最も改善に有効であり、ITERでダイバータ熱負荷制御に用いられるネオン(Ne)では大きな改善が得られなかったが、最新の実験でNeを用いてもNと同程度の改善が得られたことが報告された。加えて、Ne入射の場合はN入射の場合に比べて「閉じ込め改善度の改善具合がより大きくなる」、「発生するELMが小さくなる」という傾向があり、ダイバータ熱負荷制御の両立する望ましい運転シナリオが成立しうることが示された。

輸送・閉じ込めTGとの合同セッションでは、L-H遷移について金属壁を持つ実験装置における遷移パワー P_{L-H} に関するデータベースがほぼ完了したことが報告された。炭素壁のデータベースとの比較により、金属壁の場合は P_{L-H} が30%程度低くなることやスケーリング則において密度依存性が強くなることなどが示された。また、JETの結果から P_{L-H} はダイバータ形状によって2倍程度変化することが示され、ITERでの P_{L-H} を予測するにあたって非常に大きな影響があることが報告された。

本会合は、現議長である浦野(量研、日本)が取りまとめを行う最後の会合であり、次回会合からはM. Fenstermacher (LLNL, 米国)が議長として取りまとめを行うことが紹介された。

6. 「輸送と閉じ込め」

第25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、31名(日本

5名, 欧州 16名, 米国 5名, 中国 1名, 韓国 2名, ITER 機構 2名) が参加した. 本会合では, 自発回転, 磁場の三次元効果, 粒子輸送への同位体効果及び密度ピーキング, 大域 full-f ジャイロ運動論シミュレーションと局所 delta-f ジャイロ運動論シミュレーションの比較, LH 遷移現象, I モードプラズマ特性に関するセッションが設けられ, その内, LH 遷移現象と I モードプラズマ特性のセッションは「周辺ペデスタル物理」TG との合同セッションとして開かれた. また, 同時期に開催していた「統合運転シナリオ」TG や「スクレイプオフ層とダイバータ物理」TG のセッションにも一部参加する形式となった.

自発回転のセッションでは, 最初にセッション・コーディネータから, セッションと ITER Research High Priority Issues (IRP HPIs) との関係について説明があり, ITER での H モードプラズマ時や, 摂動磁場が印加された L モードプラズマ時の自発回転の予測に向けて活動していくことが示された. 自発回転の評価には運動量輸送の拡散項と非拡散項の評価が必要なため, KSTAR と AUG からこれら輸送係数の評価精度に関する報告がなされた. また, DIII-D では自発回転の物理を理解するため, 残留応力の理論と観測値の比較がなされた.

磁場の三次元効果のセッションでも, 最初にセッション・コーディネータからセッションと IRP HPIs との関係について説明があり, 摂動磁場印加時の輸送の最適化, LH 遷移パワーへの影響, 不純物輸送への影響, プラズマコア部の同位体効果について, 注力することが示された. HL-2A からは, 摂動磁場印加時のコヒーレントモードと乱流のカップリングが, 粒子輸送を増加させると考えられる実験結果が示された. LHD からは, 摂動磁場印

加時の LH 遷移シミュレーションや, 衝突周波数領域ごとに整理された同位体効果の実験解析結果が示された.

粒子輸送への同位体効果及び密度ピーキングのセッションでは, 質量依存性が実験結果と単純なジャイロボーム則で異なる閉じ込め則について, 電子の非断熱応答の考えに基づくイオン対電子の質量比を導入した新しいモデルが提案され, 閉じ込め則や LH 遷移パワーが再現できることが示された. また, DIII-D と JET の双方において低い衝突周波数領域での密度ピーキングが観測されているが, DIII-D では粒子ピンチが密度ピーキングを引き起こす一方で, JET では粒子供給がその主要因であることがジャイロ運動論コード GENE 及びジャイロ流体モデル TGLF による数値計算から示された.

大域 full-f ジャイロ運動論シミュレーションと局所 delta-f ジャイロ運動論シミュレーションの比較セッションでは, 大域コード GYSELA, 局所コード GKW, 準線形モデル QuaLiKiz の比較研究の結果が報告された. 乱流揺動を駆動する温度勾配が非線形不安定となる閾値よりも十分急峻な場合は, コードやモデルに依らず近い熱流束が予測されるが, 温度勾配が閾値近傍の場合では, GKW 及び QuaLiKiz は熱流束を過小評価する傾向であることが示された. 今後は大域コードの結果を考慮して準線形モデルが用いる乱流飽和束モデルを改良することを検討していく. なお, 任期満了に伴い本グループの議長は J. Citirin 氏 (DIFFER) から吉田氏 (量研) に交代する.

(原稿受付日: 2020 年 12 月 23 日)