

インフォメーション
■会議報告
第24回制御核融合装置におけるプラズマ表面相互作用に関する国際会議 (PSI2020)

林 祐貴 (核融合科学研究所)

2021年1月25日－29日の5日間、第24回目となるPSI国際会議 (PSI2020; 24th International Conference on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices) が開催されました。当初は、2020年5月31日－6月5日に韓国済州島で開催される予定でしたが、新型コロナウイルス感染症の影響のためこの日程に延期されて、オンラインでの開催となりました。

会議参加者は299人で、内訳は米国・カナダ74人、EU108人、中国33人、日本32人、韓国17人、イギリス16人、ロシア11人、その他8人でした。ポスター発表は338件が受理されていたものの、発表が行われたのはそのうち164件でした。会議参加者・発表件数ともに毎回増加傾向にありましたが、今回の会議では減少しており、日程の延期や全オンラインとなったことによる影響と思われます。

今回、口頭発表では、事前に準備していた録画ビデオがZOOMウェビナーで再生され、質疑応答はリアルタイムで行われました。発表後もチャット上でディスカッションが行われ、オンライン開催の利点が活用されていました。ポスター発表では、発表の録画ビデオとポスターファイルが会議のWebページで公開され、期間中であればいつでも閲覧してコメントを残すことができました。会議論文はNuclear Materials & Energyから出版予定です。

PSI会議は核融合装置のプラズマ表面相互作用に関する研究課題をプラズマおよび材料の両面から実験・理論シミュレーション共に議論します。キーワードは材料損耗、燃料保持、リサイクリング、不純物輸送、熱・粒子輸送、熱負荷低減などが挙げられます。

2017年から実験が開始されたWESTのダイバータに関してJ. Gunn氏 (CEA) から報告がありました。現在のWESTは1セクションに強制冷却ダイバータを導入しており、リーディングエッジとホットスポットによる損傷が報告されました。WESTではフルタングステン (W) ダイバータ実験が2021年の夏から開始されます。不純物ガス入射による放射冷却ダイバータ実験に関して、最近フィードバック制御など精力的に取り組んでいるASDEX-Upgradeの結果がM. Bernert氏 (MPI-IPP) から報告されました。フル金属壁後に完全デタッチメントを維持することに初めて成功し、トモグラフィによる輻射の2次元分布からX点付近に放射損失の強い領域が制御されて形成される結果が示されました。W輸送についてJETトカマク型装置における計測とシミュレーションの結果がH. Kumpulainen氏 (Aalto Univ.) から示され、主プラズマ中のWの量はダイバータ板に衝突するBeの量には依存しないという報告がありました。Wの混入は

弱磁場側のWコーティングダイバータに由来することがシミュレーションによって示唆され、高速中性重水素原子の衝突に起因しているという考察がなされました。DIII-DではA. Bortolon氏 (PPPL) からボロンパウダー入射によるリアルタイムボロニゼーション (壁コンディショニング) に伴うプラズマ性能の各種改善効果に関する報告がありました。ボロン入射によってプラズマ放電中の不純物輻射強度の低減と、Lモード時のプラズマ密度の制御性能の改善、炭素のスパッタリングの低減が観測されていました。EMC3-EIRENEとDUSTTコードを用いたダイバータ部へのボロンの輸送シミュレーションの現状についても報告があり、LHDで実施されたボロンパウダー入射に関するシミュレーションの発表が参照されていました。C.S. Chang氏 (PPPL)、X.Q. Xu氏 (LLNL) からは、ITERでのダイバータ熱流束幅 λ_q に関するシミュレーション研究の発表がありました。前者はジャイロ運動論コード (XGC) を、後者は流体コード (BOUT++) を使用して評価しており、両研究ともITERでの λ_q はEichスケーリングよりも大きくなると予測していました。この理由について後者はSmall/grassy ELMの効果を指摘していました。前者は機械学習を用いた λ_q のスケーリング導出を試みていました。ダイバータレッグ近傍の乱流輸送に関する流体コード (STORM module of BOUT++) を用いたシミュレーション研究がN. R. Walkden氏 (CCFE/UKAEA) から報告されました。MASTの実験結



24th PSI
International Conference on Plasma Surface Interactions in Controlled Fusion Devices
 International Convention Center, Jeju, Rep. of Korea, 31st May ~ 5th June 2020

Topics
 Physics Processes at the Plasma Material Interface
 Material Erosion, Migration, Mixing, and Dust Formation
 Plasma Fueling, Particle Exhaust and Control, Tritium Retention
 Wall Conditioning and Tritium Removal Techniques
 Impurity Sources, Transport and Control
 Edge and Divertor Plasma Physics Power Exhaust, Plasma Detachment and Heat Load Control
 Far SOL Transport and Plasma Wall Interaction in Main Chamber
 Plasma Edge and First Wall Diagnostics
 Plasma Exhaust and Plasma Material Interactions for Fusion reactors

Program Committee
 S.-H. Hong, Chair (NFR, Daejeon, Korea)
 M. Fenstermacher (LLNL, Livermore, USA)
 M. Groth (Aalto Univ., Espoo, Finland)
 A. Kirschner (FZJ, Jülich, Germany)
 S. Krashinsky (UCSD, San Diego, USA)
 Y. Marandet (CNRS/Aix Marseille Univ., France)
 T. Nakano (QST, Naka, Japan)
 R. Neu (IPP, Garching, Germany)
 V. Safranov (RF DA ITER, Moscow, Russia)
 J. Terry (PSFC MIT, Cambridge, USA)
 Y. Ueda (Osaka Univ., Osaka, Japan)
 L. Wang (ASIPP, Hefei, China)

International Advisory Committee
 R. Maingi (PPPL, Princeton, USA)
 V. Philipps (FZJ, Jülich, Germany)
 J. Li (ASIPP, Hefei, China)
 A. N. Romannikov (CEA, St. Paul lez Durance, France)
 A. N. Romannikov (Trinity, Moscow, Russia)
 Y. Takeiri (NIFS, Toki, Japan)

Important Dates
 Call for abstracts August 26, 2019
 End of abs. submission November 30, 2019
 Early registration December 1, 2019
 Author notification January 27, 2020
 Early registration ends April 8, 2020
 Paper submission ends June 5, 2020
 Conference dates May 31-June 5, 2020

Conference Chair
 S.-I. Yoo (NFR)

Conference Vice Chair
 S.-H. Hong (NFR)

Local Organizing Committee
 H. H. Lee, Chair (NFR)
 E. N. Bang (NFR) S.-H. Son (NFR)
 S. Kwon (NFR) K. M. Kim (NFR)
 K. B. Chai (KAERI) W. H. Choe (KAIST)

Editorial Board
 S.-H. Hong, Chair (NFR)
 H. H. Lee (NFR) E. N. Bang (NFR)
 S.-H. Son (NFR) S. Kwon (NFR)
 K. M. Kim (NFR) K. B. Chai (KAERI)

NFR National Fusion Research Institute
Jeju Jeju Special Self-Governing Province
Ministry of Science and ICT
ORFED ORFED Organization
Jeju CVB Jeju Convention & Visitors Bureau

Satellite meeting "International Workshop on Hydrogen Isotopes in Fusion Reactor materials" will be also organized by NFR.

会議のポスター (日程の延期は反映されておりません)。

果との比較, 内外レッグでの磁力線を横切る輸送に関する性質の違いなどが示されました。

以下に, 全4件のレビュー講演の内容をまとめます。

初日は梶田信氏 (名古屋大) から, 繊維状ナノ構造に関する講演がありました。ナノ構造形成による材料特性の変化が報告され, 特に大きな表面粗さによる電界電子放出の増加と, 熱伝導率の減少の2点はアーキングによる核融合炉への影響を示唆するものでした。また, 放射冷却ダイバータで使用される Ne, Ar, N₂等のガスの少量入射によって数十 μm の NTB (Nano-Tendril Bundle) が形成され, Wの再堆積による影響が考察されました。さらに Heとともに Wが堆積する環境において巨大なナノ構造 (LFN) が形成され, その初期段階の成長速度が指数関数的であり, 純 He 照射環境に形成される繊維状ナノ構造の成長速度に比べて非常に早いことが示されました。最後に NTB および LFN が核融合炉のダイバータで形成された場合のアーキングおよび燃料吸蔵の観点からの影響が議論され, まとめられました。

2日目は, O.E. Garcia 氏 (UiT, Arctic Univ. Norway) からスクレイプオフ層の広域化と平坦化に寄与する間欠的プラズマ輸送について講演がありました。実験結果とモデリングの比較から far-SOL 領域の平均された分布はお互いに無相関の揺動が重ね合わさったものであると述べられていました。つまり far-SOL 領域のプラズマは全て外側に吐き出されるフィラメントのみで構成されるという説明でした。また, アタッチメント時のダイバータ領域ではフィラメントサイズが $\sim 1\text{ cm}$ であり変化しないが, デタッチ時には衝突周波数の上昇によって 1 cm 以上の大きなフィラメント構造に変わることが, ASDEX-Upgrade の実験結果に基づき説明されました。

3日目は M. Siccino 氏 (EUROfusion) から EU-DEMO の工学設計の内容で, ITER と比較した際の熱処理の観点から講演がありました。DEMO 炉の設計を行う上で特に熱処理がメインの課題になるとした上で, 過渡的な現象 (ELM やディスラプション) が炉のサイズと磁場強度の設計を決めるとの説明がなされました。また, ダイバータの頑強性を高め, 設計に許容される範囲を広げていくためには R&D が重要な役割を持つということについて, 商用炉まで見据えた発表がありました。

4日目は R. König 氏 (MPI-IPP) から W7-X と LHD のダイバータ運転に関する講演がありました。W7-X の磁気島ダイバータはトロイダルピッチ角が小さく, 磁気島に流れ込んだプラズマはダイバータまでトロイダル5周 ($L_c \sim 170\text{ m}$) と比較的長い磁力線を辿ることになりますが, そのような磁気島ダイバータでは磁力線を横切る拡散の考え方が重要でトカマクとは違う点だという説明がありました。LHD に関してはサーパンスモードと RMP および不純物ガスデタッチメント運転に関して多くの報告がありました。LHD で用いている Ne や N₂ の不純物ガスをういた実験は W7-X でも実施され, 高い放射損失割合を記録していました。

次回 PSI は, 2022 年 6 月 12 日 – 6 月 17 日に韓国の済州島で開催予定とのことです。PSI 会議恒例となるフットボールマッチのための運動場も近くに設立されています。今回は美しい自然に囲まれた済州島で開催できることを期待しています。

(原稿受付: 2021 年 2 月 10 日)