

■会議報告

International Symposium on Fusion Nuclear Technology (ISFNT-12)

中村 誠 (JAEA) 片山一成 (九大院総理工)
近藤正聡 (東工大原子炉工学研究所)

第12回核融合技術国際シンポジウム (ISFNT-12) は、2015年9月14日から18日まで、韓国・チェジュ島・ICC Jeju で開催された (図1)。ICC Jeju は韓流ドラマ「オールイン」のロケ地として知られ、一部のご婦人方に大人気の観光スポットである。本シンポジウムは核融合に関連した工学技術に関する最新の動向、研究開発成果が議論される場である。

まず本会議の主催者公表の統計的情報を述べる。今回はアブストラクト投稿件数630件 (キーノート講演7件、プレナリー講演9件、口頭発表74件 (招待講演含)、ポスター発表540件) であった。しかしながら、主催者発表で参加者数が564であったことから、70件近いポスター発表のキャンセルがあったと思われる。主催者発表の参加者の所属国の内訳を表1に示す。これによると、参加件数が最も多かったのはEU (177件) で、次いで多いのは主催国である韓国 (167件) であった。日本からの参加者数は87件で、日本は参加者数が3番目に多い国とのことであった。前回スペインで開催された ISFNT-11の参加者数 (約100件[1]) と比較し、我が国からの参加はやや少なめであった。また、同時期に米国で開催された Symposium of Fusion Engineering (SOFE) と比較して参加者の所属国割合が分散しており、核融合工学分野において本会議が国際的な意見交流の場となっていることが伺える。

本会議のトピックスは以下の分野に細分される。

1. Plasma-Facing High Heat Flux Components
2. Blanket/First Wall Technology
3. Fuel Cycle and Tritium Processing
4. Material Engineering for FNT
5. Vacuum Vessel (incl. FNT of Ex-vessel Components)
6. Nuclear System Design
7. Safety Issues and Waste Management
8. Models and Experiments for FNT
9. Repair and Maintenance
10. Burning Plasma Control and Operation
11. Inertial Confinement Fusion Studies and Technologies



図1 ISFNT-12会場 ICC Jeju 入口。

gies

12. Fission-Fusion Synergy and Cross Cutting Technologies

このうち、ブランケット、高熱流体機器の発表が多く、口頭発表セッション数も4~5であった。前回までの ISFNTにおける研究発表の傾向との大きな違いは、安全性に関する研究発表の多さであり、口頭発表が3セッション設けられた。これは伝統的に発表件数の多い材料工学のセッション数を凌ぐものであり、全世界的に安全性研究の重要性の認識が高まっていることが伺える。

以下に各セッションについて報告する。キーノートセッションは初日と最終日の2日に分けて行われた。キーノートセッション7件はITER機構とロシア以外のITER参加国による発表で構成され、国際的な配慮が伺えるものであった。初日のプレナリーセッションでは、新ITER機構長Bigot氏からITER計画の進捗について発表があった。スケジュールの遅れが指摘されているITER計画であるが、今秋に新たなタイムスケジュールが発表されるとのことであった。また、より円滑な運営のために組織構造の改組に着手したことが報告された。開催国である韓国からは、Kim博士 (NFRI) による韓国での核融合研究の進展についての報告があった。韓国版原型炉 (K-DEMO) は水冷却方式に基づく方針であるとのことであった。しかし、韓国のITERテストブランケットはヘリウム冷却方式であるため、ITERとK-DEMOの技術的連続性について疑問が残る講演であった。日本からは山田弘司教授 (NIFS) が我が国における原型炉研究開発について、とりわけ原型炉「合同コアチーム」の活動とその後継である「原型炉設計合同特別チーム」の設立についての発表があった。米国からは、Abdou教授 (UCLA) より液体増殖ブランケットを中心に研究状況と原型炉に向けた課題が示された。強い温度勾配かつ磁場中での流れをシミュレートするための知見は不足しており、レイノルズ数のみならずハルトマン数やグラスホフ数が原型炉ブランケット設計条件に近い状況下にて、流動実験可能な施設の整備が必要であるとの意見が出された。EUからは、Federici氏 (F4E) よりEUにおける原型炉設計活動状況が報告された。EUのDEMO炉設計ではフルカバレッジでTBR1.25との数値が示されていた。具体的な説明は省略されていたが、TBRの目標値設定は各国における重要な課題であろう。

プレナリーセッションは2日目から4日目にかけて行われ、合計で9件の発表があった。著者等にとって特に印象に残ったものは、Giancarli氏 (ITER機構) による各国のITER Test Blanket Module (TBM) のレビューと、Poitevin氏

表1 参加者の所属国の内訳。

所属国	参加者数
E U	177
韓 国	167
日 本	87
中 国	82
U S A	22
ロシア	11
インド	11
他	7
計	564

(KIT)によるTBMで何を調べるのかについての講演であった。Yves氏の講演では、TBMについてElectro-Magnetic TBM, Neutronic TBM, Thermo-mechanic & Tritium TBM, Integral TBMという4つのフェーズが説明され、各フェーズで何を評価できるかが説明された。国内でもこのような説明を聞く機会があればよいと感じた次第である。日本からは山西敏彦氏(JAEA)がBA計画におけるR&Dの進展についての報告を行った。SiC/SiC材料の機械的・物理的特性のデータベースの拡充、JET-ILW実験で得られたダイバータ・FWタイルの分析、F82Hの機械特性、照射硬化、スエリングの研究の進展、増殖・増倍材料のペブル作成法の確立、IFMIF-EVEDA開発の現状が報告された。

口頭発表は初日から4日目にかけ、3会場に分けて行われ、計74件(30件の招待講演を含む)の発表があった。以下、著者等の印象に残った講演を順不同で紹介する。相良明男教授(NIFS)より、ヘリカル核融合炉に関する研究状況の説明がなされた。水素溶解度の低い液体増殖材を用いた場合は、トリチウム透過が大きい点が懸念されているが、トリチウム透過をコントロールすることを目的とした基礎研究が始まっており、Flibe中に0.1%Tiを入れることで、水素溶解度が3桁ほど上昇するとの実験結果が説明された。Rapisarda氏(CIEMAT)から、EUにおけるDCLLブランケット研究の進展の報告が行われた。原型炉の1次冷却系の鉛リチウム合金の流量や温度条件の詳細な評価、多重コーティングによる絶縁被覆技術の高度化、回収率が80%程度と高効率のトリチウム回収系に関する実験研究の状況が紹介された。EUにおける原型炉ブランケットの冷却方式の主旨はヘリウム冷却であるが、液体金属冷却方式ブランケットの研究も活発に行われており、EUにおける研究の層の厚さと幅広さを伺わせる発表であった。

口頭発表では数多くの顕著な研究開発報告がなされたが、今後我が国と世界の核融合炉開発にとって、炉形式、材料を問わず特にインパクトが強いであろうと感じたのは、Grisolia氏(CEA, IRFM)による報告と、Neu氏(KIT)による発表である。Grisolia氏からはタングステン(W)ダスト中のトリチウムインベントリ評価についての報告があった。Wダスト中のトリチウムインベントリ評価はこれまであまり報告がなく、興味深いものであった。高周波スパッタ法で製造したWダストをトリチウムガスに暴露し、その後トリチウム放出実験が行われた。300℃加熱では30%が回収され、300~500℃ではほとんどが放出された。ただし、1000℃加熱後も1%のトリチウムは残留したとのことであった。核融合炉においてWダストに対するトリチウムインベントリ評価やトリチウム回収法の検討は重要な課題であり、今後実機で生成されたタングステンダストでの評価が望まれる。Neu氏(KIT)からは、先進的なW材料として、Wf/W材料の特性評価の報告があった。Wf/W材料とはカリウム不純物をドーブした細いWフィラメントで強化したW材料とのことである。純粋なW材にくらべ高い機械特性を持ち、クラックの進展がフィラメントによって妨げられることが報告された。これはITERよりも高い熱流束に晒される原型炉ダイバータの物理・工学R&Dにとって、大きなインパクトをもつと思われる。

ポスターセッションは初日、2日目、4日目と3回に分けて行われた(図2)。いずれも150件以上の発表があり、

それぞれ約2時間半という長時間であったにもかかわらず、時間ぎりぎりまで活発な議論が行われた。発表のほとんどはITER機器R&D、原型炉設計とR&D(大型中性子源開発と耐高熱流束装置を用いた研究を含む)、各種トカマク・ヘリカル実験装置の機器R&Dのいずれかに分類され、核融合炉工学のますますの巨大科学化、プロジェクト化を印象づけるものであった。大学等の小規模グループが発明したイノベーションを、如何にして巨大化・組織化が進む核融合炉工学プロジェクト研究に活かすかが、より重要になると感じた次第である。

会議最終日には、パネル討論"ITER and beyond"が行われた。パネラーはLinsmeier氏(Julich研)、林巧氏(JAEA)、仙田郁夫氏(東芝(株))、Giancarli氏(ITER機構)で、座長は高津英幸氏(JAEA)であった。各パネラーからダイバータ、トリチウム工学、メンテナンス工学、ブランケット工学について、ITERから原型炉に向けた問題提起があった。しかし、最終日の閉会式直前に行ったためか、会場の聴衆の入りは決して多いとはいえず、議論は前回ISFNT-11でのパネル討論よりも低調であった。これが会合の中日にも行われていれば…と残念に感じた次第である。

会議第4日目夕刻に行われたGala Dinnerでは、今回のMiya Abdou Award(若手研究者賞)が発表され、島田雅氏(米国アイダホ国立研)が受賞した。日本人の受賞は2回連続であり、核融合研究における若手日本人研究者の水準の高さを証明しているものといえる。筆者等自身も含め今後の原型炉開発を担う世代にとって大きな励みになるとともに、今後のより一層の努力が必要であると感じた次第である。

次回ISFNT-13は2017年9月25~29日の日程で京都・みやこメッセにて開催予定である。日本でISFNTが開催されるのは、2005年のISFNT-7以来、実に12年ぶりである。ISFNTは核融合炉工学においてプレゼンスの高い国際会議であり、そのような国際会議に高い外国出張旅費を使わずに参加できる絶好の機会である。多くの日本からの参加(特に若手世代)を願う次第である。

(原稿受付:2015年10月21日)

参考文献

- [1] 後藤拓也:プラズマ・核融合学会誌 90, 201 (2014).

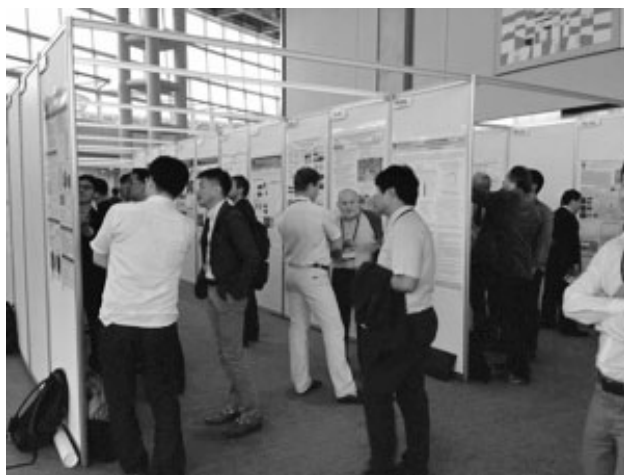


図2 ポスターセッションの様子。