



内外情報

■国際会議報告

16th Symposium on Fusion Engineering (SOFE'95)

植田 脩三, 菊池 満, 木村 豊秋
 功刀 資彰, 栗山 正明, 土谷 邦彦
 正木 圭

(日本原子力研究所)

金子 修, 須藤 滋, 武藤 敬
 (核融合科学研究所)

本シンポジウムは、2年に1度米国で開催されている核融合に関する工学・技術関係の国際会議で、今回は、シカゴの南、イリノイ州シャンペーンで10月1日から5日までの5日間開催された。詳しい技術情報は会議のプロシーディングスに譲ることとし、本報告では、会議の概要、雰囲気伝えることに主眼をおいた。

プログラム編成

サイエンス・プログラムは、イリノイ大学の Miley 議長の開会挨拶、米国エネルギー省 (DoE) の Martin と ITER 所長の Aymar の基調講演に始まり、8 件の全体講演、70 件の口頭発表と約 350 件のポスター発表があり、参加者数は 400 名以上 (日本からの参加者は 30 数人) に上った。

口頭発表は、ITER、トカマク、慣性核融合・磁場反転閉じ込め (FRC)、マグネット技術、TPX、ITER・第一壁、Starlite 及び Demo、Alternate 閉じ込め、経済性・中性子源・IFMIF、DIII-D・ディスラプション、イオンビーム核融合・慣性核融合ターゲット、トカマク・スフェリカルトカマク、加熱及び燃料注入、実験装置設計及び結果に分かれて行われた。

米国核融合研究の将来と ITER への不安

会議の全体の雰囲気は、米国の核融合予算の大幅な削減や大量の解雇 (レイオフ) のために将来展望への暗さが際立っていた。

初日、Davis に代わっての DoE の Martin による基調講演は 96 年度核融合予算の削減に関するもので、いきなり会場の出席者を意気消沈させるものであった。上院と下院の予算案 (各々 225 百万ドル、229 百万ドル) は

数字の上では余り違いは無いが、内容は大幅に異なるのでどちらになるか、会議出席者には相当気がかりな点であった (その後両院協議会で、予算を 244 百万ドルとすることで合意)。米国における核融合研究の現状を DIII-D 及び TFTR の結果を踏まえたレビューを行うとともに、ITER プログラム及び DEMO 炉計画について講演を行った。今後、コンセプトの開発、低放射化材料の開発、世界の動向等を見極めながら、成果を上げていくことを提案していた。特に、ITER 開発の取り組みについて、工学設計活動 (EDA) は従来通り進めるが、このままでは、米国の ITER 建設への貢献は小さくならざるを得ないと述べていた。米国には、大量の資金を投入しても実用化が遠い (21 世紀半ば以降) 今の核融合炉開発路線に対して決定的な不信感があるように見受けられる。

一方で、米、仏の次世代レーザー核融合装置計画は防衛予算等を得て進んでおり、磁気核融合炉開発は実用化への確かなシナリオを提示することを望まれている。ただ、ターゲット・ドライバーの開発は防衛予算により進められるものの、核融合炉のシステムを開発する上ではターゲット容器の開発等が必要であり、それに対する DoE の予算は乏しいことに、核融合開発研究として片手落ちになるのではないかとこの現場研究者の声があることも事実である。

また、非公式セッションで磁気核融合の研究を総括したロシアの Golovin は ITER の重要性を強調すると共に、経済性を向上させるため代替装置 (Alternatives)、先進燃料、先進材料の研究が必要であると述べた。

(菊池, 功刀, 金子, 植田, 土谷, 木村)

トカマク、スフェリカル・トカマク

TFTR の最近のトピックスとしては、逆シア配位における閉じ込め改善 (ERS) が強調された。PPPL では、議会の予算削減に対して ERS を用いた Advanced Performance Project を掲げて TFTR 実験の継続の重要性を強調するキャンペーンを行っていた。原研から発表した定常炉心試験装置に関しては、トロイダルコイルの軽量化 (250 トン → 130 トン) と、既存の JT-60 用電源を有効利用による電源容量の大幅削減 (約 1/3) 等の設計

合理化努力の成功が注目を浴びていた。定常運転に向けた JT-60U 実験の実験結果については、定常炉の実現を目指した明確な研究目標と豊富な研究成果に対し会議の最終日にもかかわらず大変多くの関心が寄せられた。

また、注目された点はスフェリカル・トカマクの研究進展と MA 級装置である MAST 計画が認められたことである。スフェリカルトカマクは中心ソレノイドの照射損傷に難点があるが、中性子源や DD 炉等への応用にも期待されるため今後の研究の進展に期待したい。

(菊池)

代替装置 (Alternatives)

本分野については米国に於ける研究活動はあまり活発とはいえず規模も小さいため、SOFE への発表は概して少ない。しかしステラレータに関しては、現在建設中の装置として日本の LHD、スペインの TJ-II から発表があり、特に LHD に関してはその規模の大きさが参加者には印象的であったようである。ドイツの W-X も建設が決定しており、今後しばらくは大型ステラレータの技術開発にも関心が寄せられるものと思われる。(金子)

核融合炉システム

核融合炉の安全性に関する発表では、事故シナリオのイベントリー解析、熱流体安全 (LOFA, LOVA 実験) 等の発表があったが、いずれも手法論的な議論が中心であり、ITER 等の核融合装置について具体的結論を出すまでには至らず、安全性の研究と評価はこれから本格化するとの印象であった。(植田)

ダイバータ, 真空容器, ブランケット

ITER に関するダイバータ, 真空容器, ブランケット等における検討結果の発表があった。特に、ブランケット関連では、増殖ブランケット設計に関する発表があり、トリチウム増殖材として Li_2O もしくは Li_2ZrO_3 , 中性子増倍材として Be, 構造材として SUS316LN を用いた設計における TBR (トリチウム増殖率) 値, トリチウムインベントリ等の計算結果について報告された。今後の R&D 項目としては、トリチウム増殖材及び中性子増倍材の製造技術開発, 炉外モックアップ試験, 炉内機能試験等が必要であることを強調していた。また、プラズマ対向機器としての接合技術開発の発表が多数あった。(土谷)

ペレット装置

ITER 用ペレット装置の開発状況が米国オークリッジ国立研究所から報告があった。現在 8mmf の大 D ペレットを 1km/s 且つ 0.5Hz の繰り返しで生成・加速試験中である。粒子数は ITER プラズマの全粒子数の 10% にもあたる。トリチウムペレットについてはロシアのエフレモフ研究所からも報告があった。ペレット加速方式として 2 段ガスガン方式がイタリアの CNPM と ENEA からそれぞれ 1 件と、レーンガン方式が米国イリノイ大学から 2 件と三菱重工から 1 件あった。デトナーション波を使ったペレット加速について広島大学から報告された。それに、アークを使ったペレット加速も米国のノースカロライナ大学から報告があり、ペレット加速の研究は未だに健在である。(須藤)

NBI-RF 加熱技術

既設装置の NBI に関する発表としては、TFTR での DT 実験に関連してトリチウム・ビーム入射 (40MW) を行った際、トリチウム使用量が限られているため、ほとんど事前のコンディショニング無しにこれまでの運転経験を基に実験に望み、信頼性良く運転できたことを報告していた。同様なことは前回の会議で JET から報告されており、NBI 技術の信頼性の高さ (成熟度) を証明したものと見える。こうした背景には、今回同じく TFTR から紹介された 10 年にわたって行ってきたビーム・パワー評価のための計測法、DIII-D から発表された入力パワーの時間的安定化のため中性化セルへのガス導入フィードバック制御法の考案 (中性化セルのガス線密度をイオン源の電子抑制電極電流から評価) 等、地道な技術の積み上げがあることを見逃してはならない。

負イオンを用いた NBI の開発は、2 つの国内計画 (JT-60U N-NBI 及び LHD NBI) を持つ日本が世界をリードしているため両者の成果が他国の NBI 関係者にとってはその将来性 (例えば ITER への応用に関して) を担うものとして注目されているといえる。JT-60 用負イオン NBI (500keV, 10MW) は既に一部の機器が完成して負イオンビームの加速試験を実施しており、これまでに 410keV, 6.1A/D の出力を得ている。また、LHD 用負イオン NBI (180keV, 15MW) の建設も開始されている。ITER に向けての NBI (1MeV, 50MW) 開発に関しても原研が先行しており、原研では 700keV で電源電流で 0.2A の加速まで成功している。このように負イオン NBI に関する性能はここ数年で大幅に伸びてきており、更に来年には JT-60 での負イオン NBI による入射実験