



第 2 回 Joint Workshop EUROTRANS-JAEA on ADS activities

日本原子力研究開発機構

辻本 和文

tsujimoto.kazufumi@jaea.go.jp

1. はじめに

加速器駆動核変換システム (ADS) は、マイナーアクチノイド (MA) の核変換、エネルギー生産、トリウム利用等に適用可能な革新的原子力システムとして、世界各国で活発に研究開発が進められている。特に欧州では、欧州原子力共同体 (EURATOM) の第 6 次枠組みプログラム (FP6) として、ADS の総合的な研究開発プロジェクトである EUROTRANS が実施された。

2010 年 3 月 18 日と 19 日の両日に、ドイツのカールスルーエにあるカールスルーエ技術研究所 (KIT) において第 2 回 Joint Workshop EUROTRANS-JAEA on ADS activities が開催された。EUROTRANS プロジェクトは、2010 年 3 月で終了するために、本ワークショップでは EUROTRANS プロジェクトで実施された様々な研究開発が総合的に報告される場となった。日本原子力研究開発機構 (以下、原子力機構) からは、筆者を含めて 7 名が参加、欧州からは約 40 名の参加があった。ワークショップでは、プロジェクトの総括責任者である KIT の J. Knebel 氏の挨拶の後に、研究開発分野ごとに ADS に関する様々な技術開発分野における研究開発成果が報告された。

2. 欧州 EUROTRANS プロジェクト

EUROTRANS プロジェクトは 2005 年 4 月に開始され、15 カ国 (ドイツ、フランス、イタリア、英国、スペイン、ベルギー、ブルガリア、ポルトガル、オランダ、チェコ、スイス、ポーランド、オーストリア、スウェーデン、日本) の 30 機関 (研究所や私企業) と 17 の大学が参加している。日本からは原子力機構が 2007 年 4 月から参加している。予算総額は 45M ユーロで、この内 EURATOM が 23M ユーロを拠出している。計画期間は当初 4 年間とされていたが、1 年延長して 2010 年 3 月まで実施された。

プロジェクトの総括機関はドイツのカールスルーエ技術研究所 (KIT) であり、プロジェクト責任者は同研究所の J. Knebel 氏が務めている。プロジェクトは ADS 開発で重要な次の 5 つの領域で構成されている。

領域 1 : DESIGN: ADS の設計研究

領域 2 : ECATS: 加速器－核破砕ターゲット－未臨界炉心の結合実験

領域 3 : AFTRA: 核変換システムのための先進燃料

領域 4 : DEMETRA: 核変換システムのための構造材料及び

液体重金属技術の開発と評価

領域 5 : NUDATRA: 核変換のための核データ

これらの研究開発領域のうち、核データに関連する項目としては、領域 1 での核設計並びに領域 2 及び領域 5 の全体である。

領域 1 の核設計では、単位出力あたりの MA の核変換量をできるだけ多くするだけでなく、未臨界状態で運転される ADS の特徴を踏まえ、燃焼反応度の低減化や出力密度の平坦化を図ることが要求される。さらに、高エネルギーの陽子や中性子の挙動の精度良い予測も重要となる。本研究領域では、欧州で提案されている実用 ADS である EFIT (純鉛冷却) 及び実験炉級 ADS である XT-ADS (鉛ビスマス冷却) の概念検討が実施された。EFIT 及び XT-ADS 共に、欧州の ADS 概念で特徴的なのは、核破砕ターゲットには窓なし概念を採用している点である。

領域 2 では、イタリア ENEA カサッチャ研究所の TRIGA 型炉に DT 中性子源を接続した RACE-T 実験、米国・アイダホ州立大の電子加速器中性子源の周りに核燃料を配置した RACE-ISU 実験、ベラルーシの DT 中性子源施設を用いた YALINA 実験等が実施された。また、以前にフランス CEA カダラッシュ研究所の高速炉臨界実験施設 MASURCA で行われた ADS 模擬実験 MUSE の後継実験として、ベルギー SCK・CEN モル研究所の軽水炉模擬臨界実験装置 VENUS を鉛冷却 ADS 模擬体系に改造する GUINEVERE 実験計画が進行中である。GUINEVERE 実験のための DT 加速器 (GENEPIE) の設置 (MASURCA からの移設) 及び VENUS 集合体の改造は既に終了しており、2010 年 4 月頃から実験が開始される予定である。

領域 5 では、MA 核データの取得・評価、高エネルギー核データの取得・評価に加え、共分散データの整備や感度解析による核設計精度の検討も含まれている。領域 5 の核データ関連タスクについては、以下でもう少し詳しく述べる。

3. 核データ関連タスク

EUROTRANS プロジェクトの核データ関連タスク NUDATRA は、スペイン CIEMAT の E. Gonzales 氏がタスクの総括責任者であり、タスク内には以下の 4 つの研究開発プロ

グラム課題 (Working program) が設けられた。

WP5.1 感度解析と核データ及び解析ツールの検証

WP5.2 低・中エネルギー領域核データの測定

WP5.3 核データライブラリ評価及び低・中エネルギーモデル

WP5.4 高エネルギー実験とモデル化

ワークショップにおいては、核データ分野の報告の冒頭に、E. Gonzales 氏から NUDATRA における研究開発を総括すると共に、WP5.3 における最新の成果である鉛同位体の新たな核データ評価は報告された。ADS の設計では、欧州及び日本の概念のいずれにおいても鉛ビスマス（あるいは純鉛）を冷却材及び核破砕ターゲットに使用することを想定している。この鉛の核データは、核データ間でかなり大きな相違がある。ADS の核設計では MA の核データ重要なことはよく知られているが、感度解析と共分散データを用いた核データ起因誤差の解析結果では、実は鉛同位体の核データ（特に非弾性散乱断面積）の寄与は MA と同等程度に大きなものである。こうした背景から、新たに行われた測定データ等から共分散データを含む新たな評価が行われ、その成果は JEFF の最新バージョンに取り入れられる予定とのことであった。前述したベルギーSCK・CEN モル研究所で行われる鉛冷却 ADS 模擬実験 GUINEVERE は、鉛冷却材模擬体系での実験を行うので、新たな積分実験との比較結果が期待される。

日本からは、原子力機構・核データ評価グループの片倉氏が、上記 4 つの研究開発プログラムの中で原子力機構が担当した研究成果について報告を行った。特に、JENDL-4 の公開間近であったことから、JENDL-4 の評価の進捗状況やベンチマーク計算による検証等を中心に研究成果を報告した。

欧州からは、感度解析、MA の捕獲反応断面積の測定、高エネルギー核データ関連活動についての報告があった。感度解析では、スペイン・マドリード工科大学の J. Sanz 氏から、新たに開発したモンテカルロ法を用いた感度解析手法、この感度解析手法を燃料サイクル全般に適用して解析した結果、感度解析結果と共分散データを使用した評価した EFIT の誤差解析結果等が報告された。MA の捕獲反応断面積の測定では、スペイン・CIEMAT の E. Cembranos 氏から、最新の成果として CERN の n_TOF プロジェクトと連携して実施された ^{243}Am の捕獲反応断面積測定結果等が報告された。高エネルギー核データに関しては、フランス・CEA の S. Leray 氏から核内カスケードモデルを用いた核データ評価計算等について報告された。高エネルギー領域の核データについては、FP5 の HINDAS プログラムで鉄、ウラン、鉛等の高エネルギー核データの測定・計算・評価等が行われていたが、これらの研究成果を継承して新たな研究が行われてきたようである。

なお、核データ関連の研究開発については、FP7 の枠内で新たに ANDES (Accelerate Nuclear Data for nuclear Energy Sustainability) プロジェクトが立ち上がる。ANDES では、EUROTRAN で実施された核データ関連の研究開発を継続するとともに、新たに臨界実験

等による積分実験による核データ検証も加えられ、2010 年 4 月から 3 年計画で進められる予定である。

4. 今後の欧州における ADS 開発

EUROTRANS プロジェクトは、ADS による核変換技術の成立性評価のための信頼性のある基盤技術の確立を目的として、欧州内の様々な研究機関等で研究開発が実施された。その結果、ADS 開発で重要な 5 つの領域で、多くの研究成果が挙げられた。本ワークショップの直前に同じくカールスルーエで開催された OECD/NEA 主催の ADS に関するワークショップ「Workshop on Technology and Components of the ADS (TCADS)」において、ベルギー SCK・CEN モル研究所の Abdraheim 氏から、ベルギーが建設を計画している ADS 実験炉 MYRRHA に対して、ベルギー政府から詳細設計を進めるための予算が承認されたことが報告された。今後、EUROTRANS の研究成果は、MYRRHA の建設に向けた設計活動に引き継がれると共に、それぞれの分野で研究開発が継続される予定である。

5. 感想

EUROTRANS プロジェクトは、核データを含めた EUROTRANS に限らず、欧州枠組みプログラムでは、教育の観点重視される。EUROTRANS プロジェクトにおいても、若手研究者の教育が重視され、計 9 回のトレーニングコースが開催された。こうしたトレーニングコースへ学生が参加する際の費用は、すべてプロジェクト予算で賄われる。魅力的で総合的な研究テーマに欧州内の多くの研究機関・大学・企業が参加するため、学生達は国境や分野を超えた多様な研究者・技術者と接触する機会ができ、多くのことを吸収していくことが可能になる。こうした次世代を担う若手研究者の育成もプロジェクト内で重視する姿勢は、我が国でも見習うべきものと強く感じる。

ワークショップが開催されたカールスルーエは、今回が初めての訪問であった。街の中心部では、大幅に車両の通行が制限され、人々はトラムやバス等の公共交通機関を使うことになる。ワークショップ期間中を含めて約 1 週間滞在したが、このトラムは実に便利だった。中心街での交通だけでなく、東京の地下鉄のように、このトラムは S バーンと呼ばれる近郊鉄道の線路にも乗り入れている。帰国する日に、夜のフライトまで時間があつたために近くの温泉地バーデンバーデンに行ったが、その際にもトラムでそのまま行くことができた。たまたまその日は、古いトラムの車両が走る日だったので、大勢のカメラを持った鉄道ファンが旧型のトラムに群がっていた。トラムの初乗り運賃はそれほど安くはないが、グループ利用等には大幅な割引制度がある。また、バーデンバーデンに行く際に利用した近郊チケットは、カールスルーエバーデンバーデン間の往復券だけでなく、それぞれの街でのバス・トラムも乗り放題で、非常に使いやすいよ

うに制度設計がなされていた。欧州では、環境問題への配慮からトラムが見直されているという話は聞いていたが、料金制度等を含めた公共交通機関に対する考え方は非常に興味深かった。



カールスルーエ中央駅とトラム