

▼ ▲ 会議のトピックス(III) ▼ ▲

CNR*13 に参加して

日本原子力研究開発機構
先端基礎研究センター
重原子核反応フロンティア研究 Gr.
廣瀬 健太郎
hirose.kentaro@jaea.go.jp

複合核反応に関する国際ワークショップ CNR*13 (The Forth International Workshop on Compound Nuclear Reactions and Related Topics、会議ホームページは <http://www.ita.br/CNR2013/home.phtml>) に参加してきました。このワークショップは 2007 年にカリフォルニア、2009 年にボルドー、2011 年にプラハと 2 年ごとに開催され、4 回目の今回は、ブラジル航空技術大学、サンパウロ大学、フルミネンセ連邦大学が中心となり、2013 年 10 月 7 日から 11 日の 5 日間、ブラジルのサンパウロで開催されました。このワークショップのトピックスは、核反応メカニズム、光学モデル、直接反応と複合核、前平衡過程、中性子入射反応断面積測定、代理反応、複合核の崩壊、Hauser-Feshbach 統計モデルなど多岐にわたり、核データに関連するものも多くありました。



会場ホテルの広場で集合写真

会議の様子

参加者はブラジルから 16 名、アメリカから 10 名、フランスから 6 名、その他各国 12 カ国から合わせて 50 名程度でした。30 分間の発表時間が与えられていましたし、会場は広すぎないくらいでしたので、大きな会議に比べると議論が活発であったように思います。今回は日本からの参加者は私一人であったため、本稿が偏っていることは何とぞご容赦ください。以下に私が興味を持ったトピックスを簡単に紹介します。

サンパウロ大学のタンデム加速器施設には RIBRAS (Radioactive Ion Beams in BRASil) という不安定核ビーム発生装置があります。ブラジルからの参加者の発表では、 ${}^6\text{He}$ や ${}^8\text{Li}$ などの弱く束縛した原子核を入射ビームとした実験に関する発表が 5 件ほどありました。そのほかフルミネンセ大学の P. Gomes 氏と J. Rubian 氏からは、サブバリア領域における完全・不完全融合と入射核のブレイクアップに関する発表がありました。

ロシア・IPPE の V. Khryachkov 氏からは、 ${}^{50,52}\text{Cr}$ 、 ${}^{54}\text{Fe}$ の(n, α)反応の断面積測定についての発表がありました。 ${}^{50}\text{Cr}$ の(n, α)反応の断面積は JENDL-4.0 と ENDF/B-VII.1 で 5 倍以上異なります。測定では検出器自体の(n, α)がバックグラウンドとなるようでした。彼らはフリッシュグリッドチェンバーを使い α 粒子を検出しています。従来は電極上にクロムの測定試料を設置していましたが、試料バックキングを電極から離すという工夫を施し、信号の立ち上がり時間の違いから、 α 粒子が試料から放出されたのか、または電極材から放出されたのかを区別していました。まだ最終的な結果ではないようですが、 ${}^{50}\text{Cr}$ では JEFF-3.1A、 ${}^{52}\text{Cr}$ や ${}^{54}\text{Fe}$ では ENDF/B-VII.1 が実験値を再現しているようでした。

チェコ・チャールズ大学の S. Valenta 氏からは CERN の中性子飛行時間測定施設 n_TOF に関する発表があり、主にビームライン・検出器の紹介と、 ${}^{87}\text{Sr}$ のスピン同定実験の話がありました。2013 年には 20 m ビームライン建設を行い、2014 年からはビームコミッションが行われるようです。20 m ビームラインでは従来の 250 倍の中性子束が得られるようになるとのことでした。

フランス・ボルドー大学の I. Companis 氏からは、 ${}^{233}\text{U}$ などの核分裂性核種の中性子捕獲断面積測定法について発表がありました。 ${}^{233}\text{U}$ は核分裂断面積が大きく、核分裂に伴うガンマ線が、捕獲反応の測定において大きなバックグラウンドになります。彼らは核分裂と捕獲反応を同時に測定し、核分裂片を検出しなかった場合だけを抽出して捕獲断面積を得るという方法を開発しています。この場合、核分裂片に対する検出効率を精度良く求める必要があります。自発核分裂線源を用いて、核分裂中性子と核分裂片を同時計数することによって、検出効率を 0.1~0.2% の誤差で測れるであろうことを示していました。

ロシア・JINR の G.G. Adamian 氏からは、クーロン障壁付近での融合 (捕獲) に関する理論の発表がありました。融合が起こる前の中性子移行によって入射核・標的核の変形

度が変わる効果を取り入れています。中性子移行によって系全体の変形度が大きくなると、その後の融合反応の断面積も大きくなり、変形度が小さくなると断面積も小さくなることを、実験データと共に示したものでとても興味深いものでした。

フランス・ボルドー大学の M. Aiche 氏からは、オスロで行った代理反応に関する発表がありました。 $^{238}\text{U}(\text{d,p})^{239}\text{U}^*$ 、 $^{238}\text{U}(\text{}^3\text{He,t})^{238}\text{Np}^*$ 及び $^{238}\text{U}(\text{}^3\text{He},\text{}^4\text{He})^{237}\text{U}^*$ の 3 種の核子移行反応を用い、核分裂片とガンマ線の測定をしています。それぞれ ^{238}U 、 ^{237}Np 及び ^{236}U の中性子核分裂・捕獲反応と比較することができます。これら 3 種類の反応は「標的に中性子を足す」、「標的と陽子-中性子交換」、「標的から中性子を引く」というバラエティーに富んだ実験でした。中性子捕獲断面積は全ての反応で中性子入射反応に比べ数倍大きな値になることを示し、核分裂断面積に関しては(d,p)反応では対応する(n,f)反応に比べ小さな値であったが、他の 2 反応は(n,f)反応に一致する結果を得ていました。(d,p)反応では重陽子の break-up や、標的の酸化によって $\text{d} + {}^{16}\text{O} \rightarrow {}^{18}\text{F}^* \rightarrow {}^{17}\text{O} + \text{p}$ がバックグラウンドになっている可能性を示唆していました。

筆者は ${}^{18}\text{O} + {}^{238}\text{U}$ 反応を使った、核子移行核分裂における質量分布測定について発表しました。この実験は原子力機構原子力科学研究所のタンデム加速器施設で行いました。 ^{238}U 標的に ${}^{18}\text{O}$ ビームを照射し、シリコンテレスコープで散乱粒子を検出・識別し、多芯線式比例計数管で複合核からの核分裂片を同時計数しました。実験では散乱粒子 ${}^{16-19}\text{O}$ 、 ${}^{14-17}\text{N}$ 、 ${}^{11-15}\text{C}$ を観測できましたので、核子移行反応で形成された複合核は ${}^{237-240}\text{U}$ 、 ${}^{239-242}\text{Np}$ 、 ${}^{241-245}\text{Pu}$ となります。これらの複合核の核分裂質量分布を励起エネルギーの関数として測定できることを示しました。一度の実験で十核種もの複合核を、広い励起エネルギーで形成できるところが利点です。

自然豊かなサンパウロ

会議 3 日目の午後にはエクスカージョンがあり、行き先は 3 つ用意されていました。サンパウロの島をめぐるクルージング、ビーチめぐり、そして密林散策。ビーチめぐりは人気が無かったようでボツになりましたが、エクスカージョンの前日、何かの手違いでクルージングができなくなり、結局密林散策とビーチめぐりの 2 種類になりました。私は密林散策を楽しんできました。

10 人乗りの小さなバス 2 台で、ホテルを 14 時頃に目的地に向けて出発しました。急カーブとアップダウン、そしてところどころにスピード抑制のためのバンプが道に設置してあるため、急ブレーキと急加速が加わり、ほぼパーフェクトに酔ってしまう運転に身を任せて 30 分後に到着しました。森の入り口を眺めると、写真 1 のような感じです。我々は広場に集められガイドさんによるレクチャーを受けました (写真 2)。ポルトガル語なのでわかりませんでしたが、主催のブレット・カールソン教授がところどころ通訳してくれました。「足場が悪い所が多いけど、体勢を崩しても何かをつかもうとすると、トゲ

の多い植物があるから気を付けてね。」「蛇が出るんだけど、大体は無毒だから心配しないでね。」とか、「蚊が多いので露出している部分にコレ（虫除けクリーム）塗ってください。」などなど。



写真1 これから散策する密林の入り口。



写真2 散策にあたってのレクチャー。

レクチャーも終わり、15 時頃から散策に出ました。森の中ではいろいろな植物をみかけ、その都度ガイドさんが「この葉っぱは昔から魚を焼くときに使われているんだ。」「これは歯痛止めとして使われていたんだ。臭いを嗅いでみな。」など、現地の植物名をまじえながら説明してくれました。

森を歩き進んで行くと小さな川がありました。うまい具合に石が並べられておりこれを渡るわけです。写真3はその時の様子で、マイク・ハーマンさんご夫妻が渡っているところです。足場が悪い所も多く、みなさん手を取りあって進み、30分くらいでゴールの滝に着きました（写真4）。ガイドさんはおもむろに水着に着替え、あっという間に7～8メートルの高さまで崖をよじ登ります。そして滝壺にダイブ！そのあとカールソン教授もご婦人も負けじとダイブ。初夏のサンパウロ、まだ水も冷たそうな中、盛り上げていただきました。



写真3 替えの靴は持っていませんよ。



写真4 ゴールは滝でした。