

## 第二回長寿命放射化断面積に関する IAEA Research Coordination Meeting

(日本原子力研究所) 池田 裕二郎

標記会議が平成5年4月29及び30日にかけて米国サンディエゴにおいて世界各国から30名の専門家の参加を得て開催された。本 Research Coordination Meeting (RCM) は前回(1991年秋)にまとめられた問題点に対して、その後、各参加機関で行われた、実験及び理論計算、評価の現状報告と今後の研究計画をまとめることを目的としている。まず、IAEAのPashchenkoが開会の挨拶とこれまでの経過説明を行い、IRKのVonach教授を議長に選出した。会議は、実験、理論評価、核融合からの要求及び最後に全体討論のセッションで構成した。実験のセッションでは、Csikai(ハンガリー)からDebrecenの最近の活動及び一部新しい測定結果の報告があった。Smith(米国、ANL)はJAERI(FNS)/ANL/LANLの研究協力として進めてきた測定の最終結果を報告した。14 MeV領域では、独立に測定したJAERIとANLの結果はデータベースを統一することでよい一致を得たこと、LANLの10 MeVの値は中性子源特性の不確かさが大きく問題があることを示した。Forrest(英国、AEA)はRTNS-IIで5年前に照射した試料の14 MeV領域の測定結果をまとめて報告した。しかしながら、 $^{174}\text{Hf}(n, 2n)$  及び  $^{176}\text{Hf}(n, 2n)$  反応断面積が3パーセント以上と異常に高い値をしめし、測定上の問題があるようだ。Qaim(独、KFA)はD-D中性子源を用いた4~10 MeVにおける最近の測定結果を報告した。比較的測定の容易な $^{151}\text{Eu}(n, 2n)$  及び  $^{159}\text{Tb}(n, 2n)$  は良好な結果となったが、 $\beta$ 放出核生成反応である $^{63}\text{Cu}(n, p)^{63}\text{Ni}$ の測定は、化学分離が進まず、最終データの報告には更に時間がかかるとのことであった。続いて私(池田)が、原研FNSで新たに濃縮同位体を用いて照射測定した14 MeV領域での $^{94}\text{Mo}(n, p)^{94}\text{Nb}$ 、 $^{95}\text{Mo}(n, np)^{94}\text{Nb}$ 、 $^{182}\text{W}(n, n'\alpha)^{178\text{m}2}\text{Hf}$  及び3.5年の冷却時間を置いて再測定した $^{158}\text{Dy}(n, p)^{158}\text{Tb}$ 、 $^{187}\text{Re}(n, 2n)^{186\text{m}}\text{Re}$  反応断面積の結果を発表した。 $^{94}\text{Mo}(n, p)^{94}\text{Nb}$ 、 $^{95}\text{Mo}(n, np)^{94}\text{Nb}$ 、 $^{182}\text{W}(n, n'\alpha)^{178\text{m}2}\text{Hf}$  に関しては反応の系統性からみて妥当なものと評価された。 $^{158}\text{Dy}(n, p)$  に関しては、Dy中のTbの不純物が障害となって正確な値の導出が極めて困難であること、 $^{187}\text{Re}(n, 2n)$  は更に2年以上の冷却時間が必要なことを示した。続いて、Lu Hanlin(中国、IEA)は14 MeV中性子に対する $^{193}\text{Ir}(n, 2n)$  反応断面積の実験データを初めて報告した。Blinov(ロシア、KRI)はRe、W及びMoについて測定を継続していることを報告した。理論、評価の

セッションでは、Vonach (IRK) が前回の RCM で報告された実験データに基づく 14 MeV 断面積の新しい評価を発表した。Chadwick (英国、LLNL) は  $^{176m2}\text{Hf}$  生成反応断面積を FKK-GNASH コードを用いた詳細な計算結果を報告した。Ignatyuk (ロシア、Obninsk) はアイソマー準位生成断面積の最近の計算結果を報告した。このセッションの最後に、Csikai が最近 Debrecen で系統的に測定した 14 MeV 中性子(n,  $\alpha$ )、(n, p) 反応断面積データを基に新たな反応システムティクスを示した。彼の主張は、既に原研 FNS で統一的に測定したデータと良好な一致を示し、FNS で進めている測定計画の有効性を強調するものであった。

核データ要求のセッションでは、Cheng (米国、TSI) が核融合炉の放射性廃棄物の処理、再利用の観点から今後重要と考えられ、早急に整備が必要な放射化反応の調査結果を示した。中でも、 $^{48}\text{Ti}(n, \alpha)^{45}\text{Ca}(n, \alpha)^{42}\text{Ar}$  及び  $^{28}\text{Si}(n, np)^{27}\text{Al}(n, 2n)^{26}\text{Al}$  の二次反応の重要性を指摘した。このような二次反応のみならず、一次反応で放出する荷電粒子による連続反応の重要性が認識されつつあり、Oblozinsky (スロバキア) が連続 (z, n) 反応の断面積ライブラリー整備について、Guzhovskij (ロシア、Arzamas) が荷電粒子放射化反応データのレビューを行った。

最後に、各セッション毎に分かれた議論、検討結果を踏まえて全体討論セッションに移り、CRP 活動の現状と今後の計画をまとめた。これまでの活動で得られたデータを基に Vonach 教授が作成した表を表-1に示す。その結果、(i) 14 MeV 領域の実験では FNS の貢献もあり  $^{187}\text{Re}(n, 2n)$  を除きほぼ要求を満足する状態である。 $^{187}\text{Re}(n, 2n)$  については、さらに冷却時間を2年程度置くことで FNS での測定が可能となり一応の決着が得られる見通しであること、(ii) 14 MeV 以下では、中性子源強度不足により限られた反応の測定にならざるを得なく、今後は AMS 等の放射化法以外の高感度測定を積極的に取り入れる必要が強調された。(iii) 評価でも 14 MeV 領域では高スピンアイソマー生成を除きほぼ収束しつつあるが、(n, 2n) 反応の 10~13 MeV 領域で評価値間で励起関数の形が異なり、大きな差があるため 10 MeV 前後の実験値の要求が強調された。(iv) ITER/EDA に代表される核融合炉設計がより実質的な段階に進む中、放射化は放射線障害防止等の許認可と直接関連しその重要性が認識されている。放射化計算を完全なものにするためにも二次反応、荷電粒子連続反応も今後本 CRP のスコープに入れて行くこと、などが結論としてまとめられた。

会議の大きな成果として、出席した ITER のブランケット遮蔽部門の責任者である Shatarov (ロシア、ITER-JCT) から、核融合開発の観点から本 CRP の対象が ITER の核設計で極めて重要なので、成果を速やかに FENDL 放射化ファイルに反映して欲しいとの意見表明があったことが挙げられる。CRP で対象としている放射能の半減期は 100 万年にも及び、短期間に結論を出すことは困難であるが、少なくとも 14 MeV 領

域のデータに関しては FNS が果たしている役割は大きく、今後は二次反応、連続反応での実験データ提供での貢献で期待されており、そのための研究計画を順次整備して行く必要性を感じた。次回 RCM は 1995年にロシア Obninsk で開催することで合意を得た。

最後に、誠に残念なことであるが、ロシアからの参加メンバーであるKRIの Blinov 教授が去る6月にこの世を去られたことを報告しなければならない。会議で彼が見せた様子からは、とても信じ難い悲しい報告となった。心から御冥福を御祈りする。CRP には、彼の後任として、Dr. Filatenkov が参加することになった。



会議の休憩時間に  
前列左から Pashchenko (IAEA), 筆者, Cheng (TSI)