

令和2年度 第1回核データ測定戦略検討WG会合 議事録

日時

令和3年2月22日(月) 13:30 - 17:30

ZOOMによる会合

出席者

委員

片渕 竜也(東工大)、柴田 理尋(名大)、村田 勲(阪大)、堀 順一(京大)、執行 信寛(九大)、大津 秀暁(理研)、佐波 俊哉(高エネ研)、静間 俊行(量子機構)、岩元 洋介(原子力機構)、木村 敦(原子力機構)、湊 太志(原子力機構)、国枝 賢(原子力機構)、湊 太志(原子力機構)、西尾 勝久(原子力機構)

オブザーバー

千葉 敏(東工大)、深堀 智生(原子力機構)

内容

(1) 活動状況

委員から、核データ測定の取り組みに関する状況報告があった。

片渕 委員

東工大・ペレトロンは、順調に動いており、特に keV 領域中性子に特徴ある核データ測定が可能である。BNCT に関する核データ、レニウムなど宇宙核データに関する測定を予定している。

J-PARC ANNRI における研究として、 ^{237}Np や ^{241}Am の捕獲断面積測定を行っている(原子力システム事業)。近年の成果として、 ^{89}Y 原子核に 19.7keV の新しい共鳴を観測して論文に出版した。共鳴データに関しては、安定同位体であっても原子力核データとして着目されなかった核種については、測定例が少なかったり、あるいは古いデータしかないなど、見落とされているものもあると思われる。

柴田 委員

京大炉の ISOL において、質量数 $150 < A < 160$ 領域の核分裂片の崩壊核データ測定を行ってきた。ここでは大型クローバー検出器を活用している。京大炉は、2016年5月をもって運転を停止することになっており、今後の計画を検討している。千葉オブザーバーから、 β -崩壊に伴うニュートリノの収率が実験と理論で不一致になっている問題がコメントされた。電子スペクトルの測定など、核分裂片の崩壊観測が近年重要視されている。

村田 委員

阪大オクタビアンでは、2018 年 6 月の地震以来加速器が故障していたが、照射実験などの需要が高く、1.5 年にわたる修理の結果、復活することができた。今後の問題は、これまで原子力機構から供給されたトリチウム標的の入手が困難になることである。

現在、ITER など核融合炉の設計に有用な核データとして、14MeV 中性子中性子入射に対する後方散乱断面積の測定を行っている（材料 Si, Fe, W 等）。放射化法による断面積測定であるが、先に行った Nb 箔から Au 箔に替えることで、測定時間を大幅に削減しつつ統計精度の高いデータを取得する見込みである。

堀 委員

今年度、KUR は、10 月末から 2 月上旬までの運転を行った。米国が使用済燃料を引き取る期限が 2026 年 5 月までであること、大学が原子炉を維持することの困難さや老朽化もあり、この時期を持って運転を停止する計画である。これに替わる中性子源装置として、30 MeV サイクロトロンを用いたシステムに移行する予定である。

KUCA は今年度 10 月上旬～11 月上旬まで運転した。現在、燃料の低濃縮化を進めている。電子ライナックも 6～12 月期に運転した。

原子力機構、京大複合研、福井大学が中心となり、もんじゅサイトに新たな研究炉を作ることが議論されている。10MW の予定であるが、詳細設計はこれからである。研究炉に与える機能として、中性子利用学会、放射化学会などに意見を求めてきた。コミュニティから広く意見を集めている段階であり、核データ分野としてもアイデアをあげることができる。堀委員に提案をすれば、議論に載せていただけるので、当 WG でも検討する。

電子ライナックの核データ測定として、新型炉設計に必要なデータのうち、固体から液体に対する Sn-Pb 合金の全断面積の測定を開始した。また、トリウム炉に資するデータとして、U-233 の核分裂断面積測定をおこなっている。今後の核データとして、廃止措置に関したデータの取得を取得をめざしている。

執行 委員

九大加速器・ビーム応用科学センターの加速器について説明があった。8 MV タンデム本体は 1 μ A の陽子ビームを出す能力がある。現在、標的室での許認可のため 1 nA までの利用となっているが、利用できるビーム量を上げる計画である。タンデムのビームは、重イオンを含めて FFAG（陽子で 15MeV）に入射し、エネルギーブーストする計画である。

韓国で進められている RAON プロジェクトが紹介された。陽子 600MeV、ウラン 200MeV/u が目標とするエネルギーである。施設には、核データ測定に特化した実験室（NDPS、Nuclear Data Production System）が構築されておいる。ここでは、d (53MeV) + C/Be、p(88MeV)+Li を用いて中性子源を構築する。ビームを絞るコリメータやビームダンプの設計が進んでいる。最初の核データとして、核分裂片の質量数分布や運動エネルギー

分布などの核分裂測定が計画されている。

シグマ調査専門委員会の活動報告があった。ここでは、「核データ要求リストサイト」の紹介があった。重要な核データリストを作成することは、当 WG の目的である。このサイトをさらに活用するため、まずは当 WG の委員から測定すべきデータを上げてもらうことが提案された。また、核データ測定活動を活発にするため、利用できる同位体試料の情報をアップするなど、実験側にとっても利用価値のある情報を掲載するサイトにすることが議論された。また、このサイトを宣伝するため、原子力学会誌に投稿することも議論された。

大津 委員

最近の成果として、2重魔法数核 ^{78}Ni の第1励起の測定、 ^{11}Li の di-neutron 相関測定が紹介された。

理研で核データ測定を行うため、実験課題を NP (原子核) -PAC、ML (材料物性) -PAC、IN-PAC (産業[有料]) で評価される必要がある。また、2014–2018 に採択された ImPACT プログラムでは、施設運転の資金を確保したことから、プロジェクトマシンタイムに位置付けられた。そのほか、マシンタイムスタディ (MS) も、施設運転の区切りを活用して利用できる他、ディレクターマシンタイムと呼ばれ、センター長が特別に認めた利用方法がある。これらのいずれかを活用して実験を行うことになる。

MS またはディレクターマシンタイムを活用することで、加速された ^{238}U ビームを用いて Np などの不安定核を生成、分離する試験実験が予定されている。原理的には Pu 同位体まで可能なはずである。最適な反応エネルギーや、生成核種の同定方法などを調べることを検討している。

先の ImPACT 実験では、目的とする反応のデータ解析が終わって出版している。一方、副産物としてのデータが残っており、九大グループが中心となってデータ解析が進められている。

佐波 委員

NewSUBARU のレーザー逆コンプトンラインにおける 16.5MeV 準単色ガンマ線源を用いた (γ, n) 反応における中性子エネルギースペクトルの測定が報告された。この実験の特徴は、偏光面からの角度を関数として中性子スペクトルが得られることである。低エネルギー成分の角度分布は偏光面とは相関はなく、統計的なスペクトルであるのに対し、中性子エネルギーが高くなると偏光面に出てくる中性子の量が増えることを発見した。中性子エネルギースペクトルとして観測した例としては初めてである。濃縮同位体を得られれば、他の標的でもデータを取得する (変形核など)。

NewSUBARU の BL-01 ガンマ線ラインは、産業利用を推進する趣旨から廃止される計画である。静間委員から、国内では岡崎の分子研や、米国 Duke 大学の HIGS 施設の利用ができるとの情報提供があった。

静間 委員

レーザー逆コンプトンガンマ線を用いた核共鳴蛍光散乱測定の新進が報告された。施設としては、NewSUBARU、分子科学研究所の UVSOR、米国 Duke 大の HIGS を利用している。偏光を利用して、E1 および M1 遷移の分離を行い、励起状態のスピン・パリティ (I^π) の決定を決定している。Duke 大学では、陽子数が奇数となる ^{27}Al の測定を行い、3004 keV 単位のスピン・パリティを決定した。また、 ^{181}Ta (基底 $7/2^+$) の励起状態についても I^π の同定をすることができた。スピンが大きいと同定が難しくなっていくが、この核種で同定を成功させたことは、ほぼ全ての安定同位体に対して同定できることを示したものである。

岩元 委員

高エネルギー陽子照射によるはじき出し断面積測定の新進があった。国内の施設では、京大複合研 FFAG (125MeV)、阪大 RCNP (200-400MeV)、J-PARC(0.4–30GeV)でデータを取得した。30GeV を超える領域でのデータはなく、120GeV データを取得するため、Fermilab での実験を予定している。今後、中性子や重イオンを用いた実験も検討している。

阪大 RCNP では、広いエネルギー範囲にわたる白色中性子照射場の設計が行われている。特に、半導体ソフトウェアエラー試験での利用を見込んでいる。PHITS+JENDL-4.0/HE で設計するが、検証のための実験を進める予定である。

木村 委員

J-PARC/MLF にある ANNRI 施設について新進があった。捕獲断面積測定のため、従来から利用している Ge や NaI 検出器に加え、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ や Li Glass 検出器を用いた測定準備が進められている。また、Si フィルターによる中性子ビームの単色化の開発を進めており、2021 年の下期には利用が可能となる。J-PARC では、ビームの 1 % をシングルバンチとして供給する議論がある。

核分裂断面積測定のため、非密封 RI の利用について議論があった。この場合、排気システムを別にする必要があることから、議論が進んでいない。ANNRI 遮蔽内部の気密を独立にすることも考えられるが、すき間を埋めるなど課題がある。

西尾 委員

JAEA タンデム加速器施設の新進があった。将来計画として、大強度イオン源と 2 MeV/u まで加速する重イオン線形加速器を構築し、これを既存の超電導線形加速器 (ブースター) に接続することで、重イオンビームの電流量を数十倍にし、超重元素科学などに利用する議論が進んでいる。将来、この加速器群は、J-PARC における重イオン加速 (J-PARCHI) として利用するプランである。

核データ測定活動として、多核子移行反応 (代理反応) による中性子捕獲断面積の測定の計画が新進された。中性子入射反応および多核子移行反応を用いた代理反応では、従来、複合核が脱励起する際のガンマ線を測定することで断面積決定が行われてきた。これに対し、

JAEA では多核子移行反応で生成され、反跳を受けて標的から飛びだした原子核を反跳生成核分離装置（RMS）によって質量分析し、残留核を同定することで断面積を導くものである。また、残留核生成と核分裂の競合は、反応で与えられる角運動量にも依存することから、これらの確率を実験的に決めることでスピンのに関する情報を導く計画である。

（２）優先核データ

核データは、原子力エネルギーはもとより、医療や産業、天体などの基礎科学分野でも必須の基礎データであり、日本の国策としても核データ活動を活性化させる動きが見られる。核データ測定のアクティビティを拡大させるため、まず取得すべき重要な核データとそれぞれの分野におけるインパクトを整理し、提言していく必要がある。理想的には、OECD/NEA の High Priority Request List (HPRL)に提出するとインパクトは高いが、これに必要となる専門的な知識と準備に時間をかける労力は多大なものであり、極めてしきいが高く、現実的ではない（世界で年 2 件、日本からの提出例はない）。そこで当面は、フルスペックリストでなく、サブリストに載せることを目指す。

流れとして、「シグマ調査専門委員会」（以下「シグマ委員会」）が運営する“核データのリクエスト”ホームページを活用して、ユーザーから重要と考えられる核データのニーズを集める。関係者が気軽に提案できる仕組みとしたい。本 WG の委員が進める核データ測定もここで提案する。当 WG の役割は、リクエストページに上がった内容をスクリーニング及び要求を具体化する情報補完等を実施し、関係する実験施設での測定の可能性をスタディすることである。検討結果をシグマ委員会に提案し、ここで重要と認められた核データは、国内の競争的資金を獲得するためのベースとなる。また WPEC メンバーに提案することで、NEA のサブリストへの掲載を目指す。

核データリクエストページには、実験側とっても有用な情報（標的同位体試料、装置スペックなど）を挙げるなど、関係者が普段から意識して見られるサイトを目指すシグマ委員会の活動を支援する。また、このような取り組みを知ってもらうための原子力学会誌投稿等の宣伝活動に協力する。

（３）その他

来年度の WG 委員について議論を行った。西尾 GL から、本 WG の委員は、核データ測定に不可欠な施設を運営する立場であったり、または国内外の実験施設に精通している委員で構成されており、来年度も引き続き委員になっていただくことの提案があり、合意が得られた。また、来年度からのリーダーとして、東工大・片淵委員に務めていただくことが了承された。

以上