

会議のトピックス(IV)

「第1回 ANNRI 研究会」開催報告

東京工業大学 原子炉工学研究所、J-PARC センター (JAEA&KEK)、
日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門 共催

東京工業大学 原子炉工学研究所

片渕竜也 katabuchi.t.aa@m.titech.ac.jp

日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門

藤 暢輔 toh.yosuke@jaea.go.jp

木村 敦 kimura.atsushi04@jaea.go.jp

中村詔司 nakamura.shoji@jaea.go.jp

北海道大学大学院工学研究院

木野幸一 k-kino@eng.hokudai.ac.jp

京都大学 原子炉実験所

堀 順一 hori@rri.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

『第1回 ANNRI 研究会』が、2012年8月20日(月)10:00~18:00の日程で、東京工業大学原子炉工学研究所2号館6階会議室にて、日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門、J-PARC センター (JAEA&KEK)、及び東京工業大学 原子炉工学研究所との共同主催で実施された。

本研究会では、J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) に設置された中性子核反応測定装置 (ANNRI) を用いた研究開発の現状と検討課題等の情報交換・共有、及び分野横断的なプロジェクト課題「パルス中性子による中性子核反応研究」を推進する上での課題と今後必要な取組等について総合的に討議した。

折しも残暑厳しく気温 34°Cにも上がる中にもかかわらず、総数は37名 (JAEA:10名、大学:26名、他:1名) の参加があった。出席者情報を、表1に纏めてある。複数の研究分野に関わる場合は、主な分野欄に記載した。また、写真1に参加者の集合写真を添えてある。

表1 ANNRI 研究会における出席者情報

研究分野	出席者名 (所属)
宇宙核物理分野 (9名)	井頭政之 教授 (東工大)、千葉敏 教授 (東工大)、片渕竜也 助教 (東工大)、寺田和司 D2 (東工大)、松橋泰平 M2 (東工大)、宇都宮弘章 教授 (甲南大)、寺田健太郎 教授 (阪大)、早川岳人 研究主幹 (JAEA)、牧井宏之 研究員 (JAEA)
元素分析分野 (11名)	海老原充 教授 (首都大)、大浦泰嗣 准教授 (首都大)、松尾基之 教授 (東大)、小豆川勝見 助教 (東大)、久保謙哉 教授 (国際基督教大学)、古田悦子 講師 (お茶の水女子大)、吉沢幸夫 講師 (東京慈恵会医科大)、橘省吾 講師 (北大)、関本俊 助教 (京大炉)、藤暢輔 研究主幹 (JAEA)、初川雄一 研究主幹 (JAEA)
核データ測定分野 (14名)	原田秀郎 研究主席 (JAEA)、中村詔司 研究副主幹 (JAEA)、木村敦 研究副主幹 (JAEA)、北谷文人 研究員 (JAEA)、原かおる 博士研究員 (JAEA)、廣瀬健太郎 特定課題 (JAEA)、水本元治 特任教授 (東工大)、鬼柳善明 教授 (北大)、木野幸一 准教授 (北大)、堀順一 助教 (京大炉)、八島浩 助教 (京大炉)、高橋佳之 助教 (京大炉)、大槻勤 准教授 (東北大)、村田徹 元東芝 (JENDL 委員会)
その他の分野 (3名)	高雲 M1 (東工大)、作田誠 教授 (岡山大)、矢野孝臣 助教 (岡山大)

上の表に示したように、専門を異にする核データ分野、元素分析分野及び宇宙核物理分野からの研究者が集結し、新たな測定装置 ANNRI を切り口に、自由闊達な討議が行われた。巻末の表2に本研究会のプログラムを添えてある。研究会プログラムの各セッションの概要を報告する。



写真1 参加者の集合写真 (H24年8月20日午前のセッション終了後に撮影)

2. 研究会の概要

(1) セッション1 開会挨拶

東工大 井頭政之先生より開催の挨拶を頂き、ANNRI 建設の経緯とこれからの期待について述べられた。引き続き、JAEA 原田秀郎氏より、ANNRI を用いたプロジェクト研究について、ANNRI 装置の概要とともに、装置を用いて進められているプロジェクト研究について説明があった（写真2）。



写真2 冒頭挨拶をされる井頭先生（左）、プロジェクト研究を説明する JAEA 原田氏

(2) セッション2 ANNRI 装置の現状と課題

- 北大 鬼柳善明先生より、“ANNRI 建設の経緯とこれからの期待”と題して発表がなされた。平成 17～21 年度にわたる JST 原子力システム予算にて『高強度パルス中性子源を用いた革新的原子炉用核データの研究開発』の主要プロジェクトとして ANNRI が建設され、平成 22 年度からは JAEA に管理が移り、核データ、宇宙核物理、微量分析が進められていると説明された。現在は ANNRI の共用化を目指しており、そのための性能向上とユーザーの拡大に必要な課題が提示された。
- 北大 木野幸一先生より、ANNRI で利用できるパルス中性子ビームの 3 つの特性が解説された。中性子強度は、世界の他施設と比べて現在でも 1 桁強いこと、コリメータの工夫により切れの良いビームプロファイルになっていることが紹介された。さらに、エネルギー分解能が示され、より高分解能が得られるシングルパルス運転の可能性についての質疑応答がなされた。
- 東工大 片淵竜也先生より、ANNRI に設置されている NaI(Tl)スペクトロメータの特徴と測定可能範囲について解説がなされた。NaI(Tl)スペクトロメータは特に keV 領域の高い中性子エネルギー領域での測定が期待されている。最近導入された高速の信号データ処理方式についても紹介がなされ、高エネルギーでの断面積測定が可能となったことが報告された。
- J-PARC MLF の現状と今後の展望について、J-PARC センターの新井氏の代理で JAEA

木村氏が発表した。最初に震災からの復旧についての報告があり、1月24日より無事に施設供用が再開できたとの報告があった。次にビームスケジュールについてであるが、10月以降ではターゲットの改良に伴い、300kWでの運転を目指すことが報告された。また、MLF全体の一般課題の状況の中では、産業界での利用が1/3を占めていることが紹介され、ANNRIでも産業界の利用が期待されていることが述べられ、産業界の利用を増やす方法などについて議論がなされた。

(3) セッション3 核データ

- “ANNRIにおける核データ測定研究の進捗と展望”と題して、JAEA 原田秀郎氏より発表があった。今までに、ANNRI装置にて得られたMAの中性子捕獲断面積の成果とこれからの展望について述べられた。
- 京大炉 堀順一先生より、ANNRIのGe検出器を用いたSe安定同位体の中性子捕獲ガンマ線スペクトル測定について発表があった。特に、ANNRIのGe検出器を用いた中性子捕獲ガンマ測定が、未報告の共鳴の核種同定、スピン・パリティの決定、アイソマー比の導出に有益な情報を与える可能性について、Se-74, 76, 77の測定結果を例に紹介された。
- JAEA 中村詔司氏より、長寿命核分裂生成核種のPd-107やPd安定同位体について得られた中性子捕獲断面積の成果が発表されるとともに、解析における課題が発表された。解析においては、backgroundの差引が足りない点や、共鳴解析において、Resolution Functionが詳細に詰めてないこと、またSAMMYコードでのフィッティングで大きなガンマ幅 Γ_γ の値を返してくるなど、問題点が報告された。
- MA核種の中でも重要な核種の一つであるNp-237の中性子捕獲断面積の測定についてJAEA 廣瀬健太郎氏より報告があった。ANNRIに設置されているNaI(Tl)スペクトロメータを用い、熱領域から1keVにわたるエネルギー領域について、断面積を導出した。NaI(Tl)スペクトロメータを用いて熱領域まで測定した例はないと思われる。現在、原子力学会欧文誌に投稿中である。

(4) セッション4 分析

- 首都大 海老原充先生により産学官連携重点研究におけるこれまでの研究成果とANNRIにおけるパルス中性子を用いた飛行時間法による新しい元素分析法(ToF-MPGA)開発とその展望について報告があった。
- JAEA 藤暢輔氏より、ToF-MPGAの開発項目と現在の開発状況に関する報告があった。ANNRIはこれまで核データ測定に用いられてきたが、それを元素分析に用いた場合の問題点を明らかにした。また、今後の研究開発の予定について報告された。
- 東大 松尾基之先生より身近な環境における種々の元素の分布と挙動の解明に関する

研究成果と ANNRI を用いた研究展望について発表があった。干潟における Cd や海底堆積物中の S, Mn の濃集などが報告されたほか、ANNRI における期待が述べられた。

- ICU 久保謙哉先生より J-PARC/MLF に設置されているミュオンビームラインにおける非破壊元素分析法開発に関する発表があった。物質中で重い電子として振舞い、通常の X 線の 200 倍のエネルギーを持つ負ミュオン特性 X 線を用いた元素分析法の開発状況とその展望が述べられた。

(5) セッション 5 宇宙核物理

- 東工大 井頭政之先生より、ANNRI を用いた宇宙核物理研究について、研究の全体像が報告された。
- 甲南大学 宇都宮弘章先生より、“Ni 安定同位体の測定～Ni-63 (半減期 96 年) の頂きをめざして”と題して、発表があった。Ni-63 の断面積を測定するために、その周辺の Ni 同位体の(n, γ)及び(γ ,n)反応の情報より、Ni-63 の断面積を導出することを目指しており、Ni-61 核種を用いての実験を、2012 年 10 月に ANNRI で行うことが報告された。
- JAEA 早川岳人氏より、Sn-115 の天体起源の謎を解明するために Cd-112 の断面積測定を計画している旨、発表があった。Sn-115 の生成チェーンとして Cd-112 からのパスを考え、その断面積が鍵となるとのことである。Cd-112 の中性子捕獲断面積を測定するために、ANNRI を用いた実験を 2012 年下期に計画しているとのことである。今後の研究の進捗に注目していきたい。



写真 3 ANNRI 研究会会場の様子

(6) セッション6 事務手続き

- 2012年のビームスケジュールとともに、MLF ビームライン#04の下期マシンタイムが合計97日であることが連絡された。その内訳は、プロジェクト課題35日、装置課題27日、Urgent Useに4日、そして一般課題31日であった。
- 一般利用課題にて実験を行う一連の手続き、『申請－審査－採択－入稿前手続き－J-PARC到着時の手続き－実験終了後－成果の公表』について簡単な説明があった。

(7) セッション7 自由討論

本セッションでは、今までのセッション全体を受けて、参加者の意見、要望などを自由に議論して頂いた(写真4)。自由討論で出された参加者からの要望、意見を纏めてある。

○核データ測定分野やミュオン研究者から、Single bunchのマシンタイムの要望

- 核データ測定分野としては、今後、keV以上のエネルギー領域まで中性子捕獲断面積を測定することを目指している。この領域になると、double bunchのために共鳴ピークが分裂し、しかもピーク間隔が密集しているために共鳴ピークが重なり合い、断面積導出が困難となる。このため、single bunchの要求があった。また、ミュオンによる元素分析を考えている研究者からも double bunchは実験上、都合が悪いとのことで、single bunchの要求が挙げられ、BL04のANNRIユーザー以外にも single bunchの要望が高いことが確認された。
- single bunchの要求が現実的かとのユーザーからの質問に対し、single bunchでなければならない科学的な必然性及びその重要性を説明していくことが大切であると装置担当より回答した。

○核燃物質を用いた実験の要望

- 核データの今後の展望にて、核変換のためのマイナーアクチノイド核種及び長寿命核分裂生成核種の中性子捕獲断面積を測定する計画の他、今後は、バックエンドや核セキュリティに関する核データのニーズに応えることも重要との講演に対し、核セキュリティの研究は J-PARC/MLF/ANNRIで行うのかとの質問があった。核セキュリティの研究では、核燃料物質を用いた測定が重要となるが、核燃料の使用は現在認められていないため、他の核燃施設利用が検討されていることを装置担当より回答した。核分裂反応実験や他の研究分野でも核燃料の使用の要望は大きいとのコメントがあり、利用の可能性はないのかとの質問があった。装置担当より、核燃料を用いた研究の科学的な意義を粘り強く説明していくことが重要であり、情報が集まれば装置担当からも J-PARC/MLFに要望を伝えたいと回答した。
- 核燃料物質を使用した実験の要望が大きいことが認識された。

○共用装置とすることについて

- ANNRI 装置の安定した運用のため、装置共用化に向かうことが好ましく、このためには、研究成果とともに、産業利用のニーズも重要であることを装置担当より説明した。装置共用化に向かうことに対し、研究会出席者から特に反対意見はなく、了解が得られたと考えられる。共用化に向けて、多くの利用者があるのが必須であり、特に、元素分析において産業分野からの利用者を獲得していくことが重要であるとの意見が出された。

○問題点の指摘

- ANNRI 装置を運営するにあたってマンパワーがかなり不足しているため、外部資金の獲得等によりそれを補う努力をする事が必須であるとの意見が出された。
- 今後のビームパワー増強に伴い、検出器ダメージの増加とその修理費の捻出が非常に厳しくなるだろうとの意見があった。



写真4 自由討論の様子（発言に対して、真剣に聞き入る参加者達）

3. 最後に

異なる3つの各研究分野で活躍する著名研究者が多く参加した第1回 ANNRI 研究会は、ユーザーの ANNRI に対する関心の高さ、期待の大きさを示した。それを受けて、今後、定期的（毎年）に ANNRI 研究会を開催していく旨の挨拶をもって、盛況のうちに研究会を終えました。

ANNRI 研究会を、これから第2回、3回と続けていきたいと考えております。本報告を読んで次回の研究会に参加してみようと、ご興味を持っていただければ幸いに存じます。それでは、次回の研究会にてお待ちしております。（研究会世話人一同より）

謝辞

当研究会の共同主催のために支援いただいた原子力基礎工学研究部門、J-PARC センター、東京工業大学原子炉研の関係各位に、この場を借りて感謝の意を申し上げます。

以上

表 2 研究会のプログラム

第 1 回 ANNRI 研究会	
目的：	各研究分野の現状と研究開発スケジュール、および検討課題等の情報交換
日時：	平成 24 年 8 月 20 日（月）10 時～18 時
開催場所：	東工大 原子炉工学研究所 2 号館 6 階会議室
研究会プログラム（敬称略）	
10:00～10:10	
1. 開会： [藤 暢輔 (JAEA)]	
・「あいさつ」井頭 政之 (東工大) (5)	
・「ANNRI を用いたプロジェクト研究について」原田 秀郎 (JAEA) (5)	
10:10～12:00	
2. ANNRI 装置の現状と課題： [藤 暢輔 (JAEA)]	
・「ANNRI 建設の経緯とこれからの期待(仮題)」鬼柳 善明 (北大) (20)	
・「ANNRI で利用できるパルス中性子ビームの特性」木野 幸一 (北大) (20)	
・「大型 Ge 検出器システム～その特徴と測定可能範囲～」木村 敦 (JAEA) (20)	
・「NaI 検出器システム～その特徴と測定可能範囲～」片渕 竜也 (東工大) (20)	
・「J-PARC MLF の現状と今後の展望(仮題)」木村 敦 (J-PARC) (20)	
12:00～13:00 昼食	
13:00～14:20	
3. 核データセッション： [片渕竜也 (東工大)]	
・「ANNRI における核データ測定研究の進捗と展望」原田 秀郎 (JAEA) (15)	
・「Ge 検出器による Se 安定同位体の中性子捕獲ガンマ線スペクトルの測定」 堀 順一 (京大炉) (20)	
・「Pd-107 等の中性子捕獲断面積の成果進捗と解析の課題」中村 詔司 (JAEA) (20)	
・「NaI(Tl)スペクトロメータによる Np-237 の中性子捕獲断面積の測定」 廣瀬 健太郎 (JAEA) (20)	
14:20～15:35	

<p>4. 分析セッション：[木村 敦(JAEA)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「ANNRI を用いた放射化分析の展望(仮題)」海老原 充 (首都大) (15) ・「パルス中性子を用いた多重即発ガンマ線分析の現状と課題」藤 暢輔 (JAEA) (20) ・「環境試料分析における ANNRI への期待(仮題)」松尾 基之 (東大) (20) ・「ミュオンを用いた非破壊多元素同時分析」久保 謙哉 (ICU) (20)
15:35～15:50 Coffee Break
15:50～16:50
<p>5. 宇宙核物理セッション：[中村詔司(JAEA)]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「ANNRI を用いた宇宙核物理研究」井頭 政之 (東工大) (15) ・「Ni 安定同位体の測定～Ni-63 (半減期 96 年) の頂きをめざして」 宇都宮 弘章 (甲南大) (20) ・「Sn-115 の天体起源の謎と Cd-112 の測定」早川 岳人 (JAEA) (20)
16:50～17:05
<p>6. 事務手続について：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「MLF の供用スケジュール (年何日くらい供用されるか) 具体的な手続き」 中村 詔司(JAEA)(15)
17:05～17:35
7. 自由討論：[藤 暢輔(JAEA)]
17:40 頃
8. 閉会：[片瀨竜也(東工大)]

[] は進行役

() は発表時間 (討論を含む)