

ISSN 2187-0268

2016 年度
北海道大学
原子核反応データベース研究開発センター
年次報告

JCPRG Annual Report

No. 6

(2016)

2017 年 3 月

北海道大学大学院理学研究院附属原子核反応データベース研究開発センター

Nuclear Reaction Data Centre (JCPRG), Faculty of Science, Hokkaido University

「核データ評価研究活動について」

“The research activity on nuclear data evaluation”

日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター
岩本 信之

Nobuyuki IWAMOTO

Nuclear Science and Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency

2017年7月から新しく理学院の大学院連携分野教員になりました。日本原子力研究所・核データセンターに配属されて以来、核データの評価研究に携わり、この十数年の間に汎用評価済核データライブラリ JENDL-4.0 を始めとして、200MeV までの中性子・陽子入射核データを収録した高エネルギーファイル JENDL-4.0/HE や光核反応データファイル JENDL/PD-2016、原子炉施設の廃止措置に向けた放射化断面積ファイル JENDL/AD-2017 を開発してきました。このように入射粒子やエネルギー範囲等の異なる多様な核データファイルの必要性は、原子核反応に関わる利用分野の広がりを表すものであると言えます。それ故に、原子核反応に関連した応用開発などを行う核データユーザーがいる限り、絶えずそのニーズに応えるような核データを提供していくことが求められています。現在も JENDL-4.0 の後継である汎用ライブラリの第5版 JENDL-5 を開発しており、新たな利用分野の創出につながるように収録データを充実させていきたいと考えています。

このような核データライブラリを開発するに当たってなくてはならないものが、実験データになります。かなり以前は核反応データの文献データベース (CINDA) を使って実験データが掲載されている文献を探し、さらにその文献を図書館まで探しに行くというスタイルが開発が進められていたようです。そのため、当時は一年に数核種の核データ評価がせいぜいだったという先達の苦労話を聞いたことがあります。しかしながら、昨今では原子核反応データベース研究開発センターでも管理をしている実験データベース (EXFOR) や荷電粒子入射核反応データベース (NRDF) のおかげで、核種や反応、エネルギー範囲などを指定するだけで簡単に評価に必要な実験データを検索・取得することができるようになりました。また、雑誌の電子ジャーナル化の流れにより文献へも迅速にアクセスすることができ、計算機性能の向上も相まって核データ評価研究活動の高速化にますます拍車が掛かったように感じます。

さて核データ評価というと原子核反応モデルで計算した断面積を単に実験データへフィッティングしているだけと思われがちですが、実はそうではありません。確からしい断面積を導出するには、実験データの吟味が重要になります。ある核反応において多数の実験データがばらついている場合には当然ですが、実験データが一つしかない場合でもそのデータが取得された実験・解析手法を評価することが必要です。例えば、実験データが放射化法で取得されていれば、ガンマ線放出率を確認して、現在の推奨値と比較し必要であれば補正してデータを採用することになります。これは地道な作業になりますが、実験者のバイブル的な Table of Isotopes (TOI) に参照データとして

掲載されているガンマ線放出率が版を重ねることでデータが更新され、実験データに系統的な差異を生じる場合があります。これらを適切に補正して、可能な限り実験解析による系統的な差異を排除して評価を行わないと確からしい断面積は導出できません。このように実験データの詳細な情報が核データ評価を行う上で鍵となるわけですが、文献を入手することができないような場合でも、実験データのみならず実験解析に関する情報が取得できる EXFOR は、今日の核データ評価研究活動を行う上で欠かすことが出来ないものになっています。それ故に、今後も EXFOR や NRDF のための実験データ収集活動の重要性をアピールしていくことが一層重要になってきていると思います。

最後になりますが、理学系の大学院学生に向けて講義を行うことで、核データ研究の難しさや面白さを伝えることができたかと考えています。これにより一人でも多くの学生に核データや核物理研究者を目指してもらえたら幸いです。

目次

Table of Contents

巻頭言	岩本 信之	p. i
Preface	IWAMOTO Nobuyuki	
目次		p. iii
Table of Contents		
概要		p. 1
Overview		
組織		p. 3
Organization		
活動履歴		p. 5
History		
業績		p. 7
Achievement		
活動報告		
Activity Report		
Report on EXFOR Compilation 2016		p. 11
DAGVADORJ Ichinkhorloo, AIKAWA Masayuki, EBATA Shuichiro,		
KIMURA Masaaki, SARSEMBAEVA Aiganym, SHIGH Jagjit		
Evaluation Activities at JCPRG		p. 14
SHIGH Jagjit, DAGVADORJ Ichinkhorloo, EBATA Shuichiro		
2016 年度 NRDF 作業部会報告		p. 19
NRDF Working Group Report 2016		
	片山 敏之	
	KATAYAMA Toshiyuki	
医療応用を目的とした新規放射性同位元素の生成断面積の測定研究		p. 30
Measurement of new production cross section for medical application		
	右近 直之、齋藤 萌美	
	UKON Naoyuki, SAITO Moemi	
長寿命核分裂生成物の核変換に関する実験データとデータベース化		p. 35
Nuclear reaction data and database for transmutation of long-lived fission products		
	江幡 修一郎、合川 正幸、今井 匠太郎	
	EBATA Shuichiro, AIKAWA Masayuki, IMAI Shotaro	
国際原子力機関におけるインターシップ報告		p. 41
Report on the IAEA Internship		
	齋藤萌美	
	SAITO Moemi	

会議参加報告

Participation Report

2016 年国際核反応データセンターネットワーク技術会議報告 p. 44
Report on the 2016 Technical Meeting on International Network of Nuclear Reaction
Data Centres

江幡 修一郎
EBATA Shuichiro

Report on the Seventh Asian Nuclear Reaction Database Development Workshop p. 48
SARSEMBAYEVA Aiganym, DAGVADORJ Ichinkhorloo

EXFOR compilation workshop 2016 会議報告 p. 51
Report on EXFOR compilation workshop 2016

江幡 修一郎
EBATA Shuichiro

Report on the 7th DAE-BRANS Workshop on EXFOR Compilation of Nuclear Data p. 54
SINGH Jagjit

国際会議「International Conference of Nuclear Data for Science and Technology 2016 p. 63
(ND2016)」の参加報告

Report on International Conference of Nuclear Data for Science and Technology 2016
(ND2016)

江幡 修一郎
EBATA Shuichiro

資料

Materials

2016 年度入力データ p. 67
Data-Entries of 2016

センター会議議事録 p. 78
Minutes of Centre Meetings

依頼

Request

データ提供及び著者校正 p. 104
Data Provision and Author Proof

奥付

Colophon

p. 106

概要

Overview

北海道大学大学院理学研究院附属原子核反応データベース研究開発センター（JCPRG）は2011年に設置されて以来、1) 日本で得られた荷電粒子核反応及び光核反応データのデータベース化、2) 原子核の反応・構造に関する理論計算、3) 国際連携の推進、4) 大学院教育を主要な活動目的としている。

2015年度の活動内容の概要は以下の通りである。詳細については各活動報告及び会議参加報告で紹介する。

1 核データの収集と公開

JCPRGでは、日本国内の施設で実施された荷電粒子核反応及び光核反応の実験データをデータベース化（採録）を行っている。学術誌に発表された論文から、日本国内の施設で実施された実験データを抽出している。このデータベース化においては、JCPRG独自の形式であるNRDF（Nuclear Reaction Data File）書式と、国際連携のもとで維持・管理されているEXFOR（EXchange FORmat）書式の双方で保存、公開している。2016年度は、EXFOR形式に変換した全75エントリー（新規：64、修正：11）を計10回にわたって国際核データセンターネットワーク（International Network of Nuclear Reaction Data Centres: NRDC）に送信した。

また、これまで継続してきた理化学研究所（理研）との協力関係により、RIビームファクトリー（RIBF）の実験結果が掲載された論文のデータを速やかにデータベース化している。その際、必要に応じて著者と連絡を取っている。これにより、数値データや誤差について、より正確な情報を得ることが可能となっている。このようにして入力した論文やデータについては、理研仁科センターニュースとして報告している。また、JCPRGホームページ上でも公開している。

2 核反応・構造の研究

2016年度も、これまでに行ってきた構造及び反応の理論研究を継続した。まず、離散化連続状態チャンネル結合（Continuum-Discretized Coupled-Channels: CDCC）法を用いた ${}^6,7\text{Li}+n$ 反応について、特に10 MeV以下の低いエネルギーに着目した解析を行った。また、 $\alpha+\alpha+n$ という3体モデルを仮定した ${}^9\text{Be}$ について、複素座標スケールリング法と直交条件モデルを用いた研究解析を進めた。さらに、中性子過剰He同位体とC同位体の電気双極応答を、三体モデルを用いて調べた。

3 国際連携

JCPRGで採録したデータをNRDCに送信した。また、2016年6月7-10日に中国の北京で開催された2016年国際核反応データセンターネットワーク技術会議（NRDC2015）にJCPRGから1名が参加した。

また、2010年度から毎年開催してきた「アジア地域核データベース開発ワークショップ」が、2016年11月8-11日の日程で中国（北京）で開催され、JCPRGからは2名が参加した。

4 その他

革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) 「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」に参加した。プロジェクト 3 「反応理論モデルとシミュレーション」において、「核データコンパイル」を担当している。特任助教を中心に計画を着実に推進している。

組織

Organization

本センターの活動を推進するため、運営委員会、アドバイザリーボード、センター会議、作業部会を設置している。

運営委員会では、北海道大学内複数の部局から選出された計6名の運営委員（表2）が、センターの運営に関する事項に関して審議する。アドバイザリーボードは、学外5名の専門家（表3）が、核データの収集等に関する助言と自己点検評価を行う。センター会議では、前身である荷電粒子核反応データグループのメンバーなど（表4）が、実務に関する助言を行う。作業部会では、センターの教員のほか、原子核理論研究室の教員や知識メディア・ラボラトリーの非常勤研究員など（表5）が、研究・実務を推進している。

表 1: 組織一覧

名称	規程等	内容
運営委員会	内規	センターに関する事項を審議
アドバイザリーボード	内規	核データの収集・利用・管理等の助言及び自己点検評価
センター会議	運営委員会承認	センターの実務に関する助言
作業部会	運営委員会承認	センターの実務推進

表 2: 運営委員

氏名	所属
堀口 健雄 (委員長)	北海道大学 大学院理学研究院
木村 真明	北海道大学 大学院理学研究院
加美山 隆	北海道大学 大学院工学研究院
白土 博樹	北海道大学 大学院医学研究科
平林 義治	北海道大学 情報基盤センター
有村 博紀	北海道大学 情報科学研究科

表 3: アドバイザリーボードメンバー

氏名	所属
青井 考	大阪大学 核物理研究センター
大塚 直彦	国際原子力機関 原子核科学・応用局
大西 明	京都大学 基礎物理学研究所
櫻井 博儀	東京大学 大学院理学系研究科
深堀 智生	日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター

表 4: センター会議メンバー

氏名	所属
江幡 修一郎	北海道大学 大学院理学研究院
Dagvadorj Ichinkhorloo	北海道大学 大学院理学研究院
加藤 幾芳	北海道大学 大学院理学研究院
藤本 正行	北海道大学 大学院理学研究院
木村 真明	北海道大学 大学院理学研究院
平林 義治	北海道大学 情報基盤センター
Aiganym Sarsembayeva	北海道大学 大学院理学研究院
片山 敏之	北星学園大学 経済学部
能登 宏	北星学園大学 経済学部
千葉 正喜	札幌学院大学
升井 洋志	北見工業大学 情報処理センター

表 5: 作業部会メンバー

氏名	所属
江幡 修一郎	北海道大学 大学院理学研究院
Dagvadorj Ichinkhorloo	北海道大学 大学院理学研究院
加藤 幾芳	北海道大学 大学院理学研究院
藤本 正行	北海道大学 大学院理学研究院
木村 真明	北海道大学 大学院理学研究院
Aiganym Sarsembayeva	北海道大学 大学院理学研究院

活動履歴

Activity History

2016		
4	7	週例会議
	18	週例会議、採録作業部会
	25	週例会議、採録作業部会
5	9	週例会議、採録作業部会
	13	NRDF作業部会
	13	革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)会議 科学技術振興機構 (JST)
	16	週例会議、採録作業部会
	23	週例会議、採録作業部会
	27	NRDF作業部会
	29	原子核反応データベース研究開発センター会議 (JCPRGセンター会議)
	30	週例会議、採録作業部会
6	7-10	Technical Meeting on International Network of Nuclear Reaction Data Centres (NRDC2016) Beijing, China
	13	週例会議、採録作業部会
	20	週例会議、採録作業部会
	24	JCPRGセンター会議
	27	週例会議、採録作業部会
	30	ImPACT会議 JST
7	4	週例会議、採録作業部会
	8	NRDF作業部会
	11	週例会議、採録作業部会
	19	ImPACT会議 JST
	22	NRDF作業部会
	25	週例会議、採録作業部会
	29	JCPRGセンター会議
8	1	週例会議、採録作業部会
	10	ImPACT会議 JST
9	2	NRDF作業部会
	5	週例会議、採録作業部会
	6-8	2016年度 原子核理論 北海道地域スクール 北海道大学
	11-16	ND2016 Oud Sint-Jan, Bruges, Belgium
	16	NRDF作業部会
	26	週例会議、採録作業部会
	30	JCPRGセンター会議
10	5	ImPACT会議 JST
	11	週例会議、採録作業部会
	13	ImPACT会議 JST
	18	週例会議、採録作業部会
	24-27	ANUP2016 (Asian Nuclear Prospects 2016) Tohoku U., Sendai

	24-28	EXFOR Compilation Workshop 2016 IAEA, Vienna, Austria
	27	NRDF作業部会
11	1	週例会議、採録作業部会
	4	JCPRGセンター会議
	8-11	アジア原子核反応データベース研究開発会議 (AASPP2016) Beijing, China
	10	ImPACT会議 JST
	11	NRDF作業部会
	15	週例会議、採録作業部会
	17-18	Symposium for Nuclear Data, KEK
	22	週例会議、採録作業部会
	25	NRDF作業部会
	29	週例会議、採録作業部会
12	2	JCPRGセンター会議
	6	週例会議、採録作業部会
	7-11	SSNET workshop Orsay, France
	8	ImPACT会議 JST
	16	NRDF作業部会
	20	週例会議、採録作業部会
<hr/>		
2017		
1	6	JCPRGセンター会議、週例会議、採録作業部会
	12	ImPACT会議 JST
	13	週例会議、採録作業部会
	20	週例会議、採録作業部会、NRDF作業部会
	27	週例会議、採録作業部会
2	3	JCPRGセンター会議
	9	ImPACT会議 JST
	17	週例会議、採録作業部会、NRDF作業部会
	24	週例会議、採録作業部会
	28	SIGMA委員会 東京工業大学
3	3	JCPRGセンター会議、NRDF作業部会
	6-10	EXFOR workshop, North Eastern Hill Univ., Shillong, India
	9	ImPACT会議 JST
	23	ImPACT会議 JST
	27-29	日本原子力学会 (AESJ) Tokai Univ., Kanagawa

業績

Achievements

1 学術論文

- M. Kimura, T. Suhara and Y. Kanada-En'yo, "Antisymmetrized molecular dynamics studies for exotic clustering phenomena in neutron-rich nuclei", *Eur. Phys. J A* 52, 373 (2016).
- J.Lee, H.Liu, P Doornenbal, M.Kimura (他 19 名), "Asymmetry dependence of reduction factors from single-nucleon knockout of ^{30}Ne at 230 MeV/nucleon", *Prog. Theor. Exp. Phys.* 2016, 083D01 (2016).
- H. Masui and M. Kimura, "Deuteron-like neutron-proton correlation in ^{18}F studied with the cluster-orbital shell model approach", *Prog. Theor. Exp. Phys.* 2016, 053D01 (2016).
- W. Horiuchi, S. Hatakeyama, S. Ebata and Y. Suzuki, "Extracting nuclear sizes of medium to heavy nuclei from total reaction cross sections", *Phys. Rev. C* 93, 044611-1-16 (2016).
- R. Kanungo, W. Horiuchi (他 36 名, M. Kimura 17 番目), "Proton distribution radii of $^{12-19}\text{C}$ illuminate features of neutron halos", *Phys. Rev. Lett.* 117, 102501-1-6 (2016).
- DIchinkhorloo, M. Aikawa, S. Chiba, Y. Hirabayashi, K. Kato, "Low energy scattering cross sections for $n + ^6,7\text{Li}$ reactions using the continuum-discretized coupled-channels method", *Phys. Rev. C* 93, 064612 (2016).
- M. Nyman, F. Belloni, D. Ichinkhorloo, E. Pirovano, A. J. M. Plompen and C. Rouki, "Measurement of the 477.6-keV γ -ray production cross section following inelastic neutron scattering by ^7Li ", *Phys. Rev. C* 93, 024610, (2016).
- Y. Chiba, Y. Taniguchi and M. Kimura, "Isoscalar dipole transition as a probe for asymmetric clustering", *Phys. Rev. C* 93, 034319 (2016)
- T. Baba, M. Kimura "Structure and decay pattern of the linear-chain state in ^{14}C ", *Phys. Rev. C* 94, 044303 (2016).
- M. Aikawa, S. Ebata, S. Imai, "Thick-target transmission method for excitation functions of interaction cross sections", *Nucl. Instrum. Methods B* 383, 156, (2016).
- F. Ditroi, S. Takacs, H. Haba, Y. Komori, M. Aikawa, Z. Szucs, M. Saito, "Excitation function of the alpha particle induced nuclear reactions on enriched ^{116}Cd , production of the theranostic isotope $^{117\text{m}}\text{Sn}$ ", *Nucl. Instrum. Methods B* 385, 1, (2016).

2 論文(国際会議抄録等)

- H. Masui and M. Kimura, "Deuteron-like correlation of valence nucleons for the T=0 channel in ^{18}F ", *EPJ Web of Conferences* 113, 06003 (2016).
- D. Ichinkhorloo, M. Aikawa, S. Chiba, Y. Hirabayashi, K. Kato, "The scattering cross

sections for ${}^6,7\text{Li} + n$ reactions”, EPJ Web of Conferences, 122, (2016).

- Manju, Jagjit Singh, P. Banerjee, R. Chatterjee, “Scaling properties in deformed medium mass neutron halo nuclei”, Proceedings of the DAE-BRNS Symp. on Nucl. Phys. 61, 474 (2016)
- Shuichiro Ebata, Masayuki Aikawa, Shotaro Imai, “Simulation for thick-target yields of transmutation reactions on radioactive targets, based on inverse kinematics”, EPJ Web of Conferences 122, 07003, (2016).
- A. Sarsembayeva, S. Imai, S. Ebata, M. Chiba, K. Kato, N. Otuka, M. Aikawa, “Current status in development of new EXFOR editor”, Proceedings of the 2015 Symposium on Nuclear Data, 81, (2016).
- Masayuki Aikawa, Shuichiro Ebata, Shotaro Imai, “Interaction cross sections using thick-target transmission method”, Proceedings of the 2015 Symposium on Nuclear Data, 77, (2016)

3 著書

- M. Kimura, “Cluster states in stable and unstable nuclei”, *Progress of time-dependent nuclear reaction theory*, ed. by Y. Iwata, (Bentham Science Publishers 2016).

4 口頭発表(国際会議等)

<招待講演>

- M. Kimura, “Nuclear clustering probed by monopole and dipole responses”, Clustering effects of nucleons in nuclei and quarks in multi-quark states, [KITPC, Beijing China, 2016.3.28-4.22]
- M. Kimura, “Probing asymmetric clusters by isoscalar monopole/dipole transitions”, The 11th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Cluster '16), [University of Naples, Naples, Italy, 2016.5.23-27]
- M. Kimura, “Clusters and Responses in Atomic nuclei”, International workshop for the collective motions in nuclei, [Weihei, China. 2016.7.21.]
- J. Singh, “Continuum excitation’s in the Borromean systems and the unbound $2n$ -systems: ${}^6\text{He}$ and ${}^{26}\text{O}$ ”, Invited seminar, [University of Padova, Italy, 2016.10.21]
- M. Kimura, “Nuclear responses and Clustering phenomena”, Workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP2016), [Kannai Media Center, Kanto Gakuin University, Yokohama, Japan, 2016.11.14-17]
- *M. Kimura, “Clustering and Nuclear responses”, First Tsukuba-CCS-RIKEN joint workshop on microscopic theories of nuclear structure and dynamics, [RIKEN Nishina Center, 2016.12.12-13, University of Tsukuba, 2016.12.14-16].

<一般講演>

- T. Baba and M. Kimura, “Linear-chain structure in C isotopes”, Clustering effects of nucleons in nuclei and quarks in multi-quark states, [KITPC, Beijing China, 2016.3.28-4.22]

- *Y. Chiba, Y. Taniguchi and M. Kimura, "Asymmetric cluster structure and isoscalar monopole/dipole transitions of ^{28}Si ", The 11th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Cluster '16), [University of Naples, Naples, Italy, 2016.5.23-27]
- *T. Baba, M. Kimura, "Structure and decay pattern of linear-chain states in neutron-rich Carbon isotopes", The 11th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Cluster '16), [University of Naples, Naples, Italy, 2016.5.23-27]
- *R. Imai and M. Kimura, "A new generator coordinate method to describe α gas-like states", The 11th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Cluster '16), [University of Naples, Naples, Italy, 2016.5.23-27]
- *D. Ichinkhorloo, M. Aikawa, S. Chiba, Y. Hirabayashi and K. Kato, "The Continuum Discretized Coupled Channels Method to Nucleon-Induced Reactions on $^{6,7}\text{Li}$ ", 6th International Conference on Contemporary Physics, [Ulaanbaatar, Mongolia, 2016.6.8]
- M. Kimura, "Probing asymmetric cluster states of astrophysical interest using isoscalar monopole and dipole transitions", 14th International Symposium on Nuclei in the Cosmos XIV[Toki Messe, Niigata, Japan, 2016.6.19-24]
- M. Kimura, "Probing asymmetric cluster states using isoscalar monopole and dipole transitions", Mini-Workshop on Nuclear Clustering 2016, [Peking University, Beijing, China, 2016.7.2-3]
- Y. Chiba, Y. Taniguchi and M. Kimura, "Asymmetric clustering in ^{28}Si probed by isoscalar monopole and dipole transitions", Mini-Workshop on Nuclear Clustering 2016, [Peking University, Beijing, China, 2016.7.2-3]
- T. Baba and M. Kimura, "Structure and decay pattern of linear-chain states in C isotopes", Mini-Workshop on Nuclear Clustering 2016, [Peking University, Beijing, China, 2016.7.2-3]
- D. Ichinkhorloo, M. Aikawa, S. Chiba, Y. Hirabayashi and K. Kato, "Low energy scattering cross sections for $^6\text{Li}+n$ and $^7\text{Li}+n$ reactions", The 7th Asian Nuclear Reaction Database Development Workshop [China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, China, 2016.11.8-11]
- Y. Chiba, Y. Taniguchi and M. Kimura, "Cluster correlation in the excited states of ^{28}Si ", Workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP2016), [Kannai Media Center, Kanto Gakuin University, Yokohama, Japan, 2016.11.14-17]
- T. Baba and M. Kimura, "Ternary decay of linear-chain state in ^{14}C ", Workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP2016), [Kannai Media Center, Kanto Gakuin University, Yokohama, Japan, 2016.11.14-17]
- R. Imai, M. Kimura, " α cluster structures of ^{12}C including negative parity states by time-evolution method", Workshop on Nuclear Cluster Physics (WNCP2016), [Kannai Media Center, Kanto Gakuin University, Yokohama, Japan, 2016.11.14-17]

5 口頭発表(国内会議等)

<一般講演>

- 木村真明, “反応断面積と中性子過剰核におけるクラスターの発現”, RCNP 研究会, 「全反応断面積及び荷電変化断面積による陽子・中性子半径研究の現状と展望」[大阪大学核物理研究センター, 2016.1.12-13]
- 木村真明, “ ^{26}Ne ピグミー共鳴の構造と崩壊モード”, 日本物理学会第 71 回年次大会, [東北学院大学泉キャンパス, 2016.3.19-22]
- 千葉陽平, 谷口億宇, 木村真明, “ ^{28}Si の高励起 $^{24}\text{Mg}+\alpha/^{16}\text{O}+^{12}\text{C}$ クラスタ一回転帯”, 日本物理学会第 71 回年次大会, [東北学院大学泉キャンパス, 2016.3.19-22]
- 馬場智之, 木村真明, “ ^{16}C における 3α クラスタ状態とアルファ崩壊幅”, 日本物理学会第 71 回年次大会, [東北学院大学泉キャンパス, 2016.3.19-22]
- 今井涼介, 木村真明, “生成座標法による軽い 4N 核のクラスター構造の研究”, 日本物理学会第 71 回年次大会, [東北学院大学泉キャンパス, 2016.3.19-22]

- 馬場智之, 木村真明, “炭素同位体における直鎖クラスター構造の崩壊モードについて”, 2016 年度 原子核理論 北海道地域スクール, [北海道大学, 2016.9.6-8]
- 今井涼介, 木村真明, “実時間生成座標法によるクラスター構造の研究”, 2016 年度 原子核理論 北海道地域スクール, [北海道大学, 2016.9.6-8]
- 木村真明, “中性子過剰ネオン同位体のピグミー共鳴”, 日本物理学会 2016 年秋季大会, [宮崎大学木花キャンパス, 2016.9.21-24]
- 馬場智之, 木村真明, “炭素同位体における直鎖クラスター構造の崩壊モードについて” 日本物理学会 2016 年秋季大会, [宮崎大学木花キャンパス, 2016.9.21-24]
- 今井涼介, 木村真明, “実時間生成座標法によるクラスター構造の研究” 日本物理学会 2016 年秋季大会, [宮崎大学木花キャンパス, 2016.9.21-24]

Report on EXFOR Compilation 2016

DAGVADORJ Ichinkhorloo, AIKAWA Masayuki, EBATA Shuichiro
KIMURA Masaaki, SARSEMBAYEVA Aiganym, SINGH Jagjit
Faculty of Science, Hokkaido University

Abstract

In this report, we present our activities 2016 in the compilation of experimental nuclear reaction data. In fiscal year from April 2016 to March 2017, we compiled 64 entries and transmitted 10 TRANS files .

1 Introduction

The Nuclear Reaction Data Centre (JCPRG)[1] of Hokkaido University compiles charged-particle induced nuclear reaction data obtained in the Japanese facilities in its own data format (Nuclear Reaction Data File: NRDF)[2] and in the international format (EXchange FORmat: EXFOR)[3]. EXFOR is maintained by the International Atomic Energy Agency (IAEA) [4] and the International Network of Nuclear Reaction Data Centres (NRDC). The NRDC collaborates on compilation of experimental data, development of related software for compilation and dissemination. JCPRG is a member of NRDC, and has contributes about 10 percent of the charged-particle nuclear reaction data in the EXFOR library. In this report, we present the activities in 2016, the compilation of experimental nuclear data by JCPRG.

2 Organization

The total staff includes the centre head (Kimura Masaaki), JCPRG staff (Shuichiro Ebata) and three researchers (Dagvadorj Ichinkhorloo, Sarsembayeva Aiganym and Singh Jagjit).

3 Compilation Activities

In 2016, we compiled 64 new papers reporting on nuclear reaction experimental data performed in Japan. Every week, we assign each compiler one paper and check their compilation to finalize by all the members in the compilation meeting. For higher quality of the compilation contents, we contact the authors of a particular paper concerned to request them to provide their original experimental data plotted in each figure in the paper to ensure the accuracy of the data compiled in the NRDF and the EXFOR library. If the original data could not be directly obtained from the authors, we digitize the plotted curves on the figures in the paper with the digitization software GSYS [5].

4 Journal Survey

The journal survey is carried out on the published papers by JCPRG in parallel with by IAEA-NDS. Sometimes we find some published papers that are not in the scope of EXFOR but are as of NRDF. The lists of the surveyed journals are as follows:

- Physical Review C (PRC)
- Physical Review Letters (PRL)
- Nuclear Physics A (NP/A)
- Physics Letters B (PL/B)
- The European Physical Journal A (EPJ/A)
- Journal of Nuclear Science and Technology (NST)
- Journal of Physics G (JP/G)
- Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A (NIM/A)
- Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B (NIM/B)
- Progress of Theoretical Physics (PTP)
- Journal of Physical Society of Japan (JPJ)
- Nuclear Science and Engineering (NSE)

5 Transmitted File in 2016

The most important work is to translate compiled entries into the EXFOR format for the transmission of the experimental nuclear reaction data worldwide. The transmission includes the new compiled entries as well as the modified entries. In 2016, 10 TRANS files: E100, E101, E102, E103, E104, E105, E106, E107, E108, K016 and K017 are submitted to the IAEA. Table 1 represents the TRANS files that include the new as well as modified entries with their accession number. These 10 TRANS files, contain 64 EXFOR new entries and 11 modified entries. There are frequent transmissions of the new entries, in which 10 registered entries contain the RIBF data.

6 Compilation of Nuclear Reaction Data at RIBF

In the JCPRG, 10 papers were produced by using the RIBF data and those data satisfy the compilation scope of the EXFOR library. We have established an effective procedure to compile all of the new publications during the last six-year collaboration with the RIKEN Nishina Center. Therefore, most of the recent experimental nuclear reaction data from the RIBF have successfully been compiled in the EXFOR database.

7 Summary

In this article, we reported recent compilation work in the JCPRG. We summarized the status of the EXFOR file transmission: the 10 TRANS files, named as E101, E102, E103, E104, E105, E106, E107, E108, K016 and K017 were transmitted in fiscal year 2016.

Acknowledgement

The authors are grateful for the support from Grant-in-Aid for Publication of Scientific Research Results (No.257005), Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) and the support of the

Table 1: The list of transmitted new and revised entries in 2016

TRANS	Prelim	Final	Entry New	Entry Rev
E101	2016.03.04	2016.04.30	E2483 E2485 E2487 E2488 E2489 E2490 E2491 E2492 E2493 E2494	
E102	2016.03.25	2016.05.11	E2495 E2496	E1522 E1994 E2406 E2458
E103	2016.05.21	2016.06.25	E2214 E2219 E2220 E2224 E2225 E2226 E2227 E2228 E2230 E2231 E2233 E2234 E2235 E2237 E2238 E2239 E2241 E2242 E2244 E2247 E2254 E2256 E2261 E2262 E2307 E2308 E2309 E2313 E2319 E2321 E2330 E2508	
E104	2016.11.17	2017.02.17		E2125
E105	2016.11.17	2017.03.03	E2412 E2459 E2475 E2484 E2486 E2498 E2500 E2501 E2502 E2503	
E106	2016.11.24	2017.03.03	E2504	E1988 E2121,
E107	2017.01.26	2017.05.08	E2507 E2511 E2515 E2522	
E108	2017.03.21	2017.05.29	E2506 E2518	E2494
K016	2016.05.25	2016.08.12	K2373 K2497 K2499	K2320
K017	2016.08.24	2016.11.23		K2027 K2373
Total			64	11

research collaboration among Faculty of Science, Hokkaido University and RIKEN Nishina Center.

References

- [1] <http://www.jcprg.org/>
- [2] <http://www.jcprg.org/nrdf/>
- [3] <http://www.jcprg.org/exfor/>
- [4] <http://www-nds.iaea.org/>
- [5] <http://www.jcprg.org/gsys/>

Evaluation Activities at JCPRG

SINGH Jagjit

Meme Media Laboratory, Nuclear Reaction Data Centre, Faculty of Science,
Hokkaido University

DAGVADORJ Ichinkhorloo, EBATA Shuichiro

Nuclear Reaction Data Centre, Faculty of Science, Hokkaido University

Abstract

In this report, we briefly introduce some evaluation activities in Japan Charged-Particle Nuclear Reaction Data Group (JCPRG) in 2016. Evaluation as one of the important activity at JCPRG, covers the theoretical investigation of wide range of nuclear systems close to stability line, at drip-lines and beyond the drip-lines. The established theoretical approaches helps to predict new data which further purposes the demand for new experiments.

1 Introduction

Evaluation of nuclear reaction data is a diligent process of comparison, selection, renormalization and averaging of the available experimental data, complemented by theoretical calculations. Over the past few decades, theoretical approaches have encountered various challenges on different fronts mainly computational costs. We at JCPRG [1] deals with various theoretical approaches and evaluate nuclear data used for various applications like PET (positron emission therapy) and to improve the EXFOR database, such as missing data, wrong order of data etc.

This report presents the activities on the evaluation of the nuclear data at JCPRG in 2016. The report is organized as follows: section 2 describes the nuclear octupole correlation investigated with the constraint three-dimensional Skyrme Hartree-Fock+BCS model [2, 3]. Section 3 describes the analysis of ${}^6,7\text{Li} + n$ reactions using continuum discretized coupled channel (CDCC) method [4–6]. Section 4 presents the study of continuum excitations in the Borromean systems and the unbound $2n$ -systems [7–11]. Finally, section 5 presents our conclusions.

2 Nuclear octupole correlation investigated with the constraint three-dimensional Skyrme Hartree-Fock+BCS model

To understand the nuclear deformation and to evaluate theoretically the reaction cross sections using folding or Glauber model, we performed a systematic calculation for the ground state of over 1000 even-even nuclei. The ground states are prepared with the full self-consistent Hartree-Fock plus BCS (HF+BCS) method represented in the three-dimensional coordinate space, which can describe any deformations. A Skyrme effective interaction (SkM*) is employed and for the

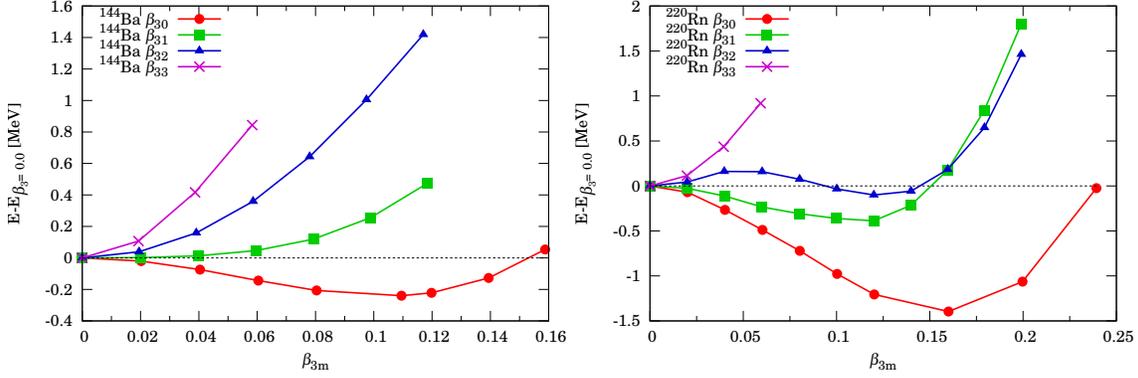


Figure 1: Multi-octupole potential energy surfaces for (left) ^{144}Ba and (right) ^{220}Rn with respect to the octupole deformation parameter β_{3m} ; $m = 0, 1, 2, 3$.

pairing correlation the smoothed pairing constant which is deduced from the level density of the nuclear system, is applied according to same manner in Ref. [2].

The present investigation was able to show the distribution of quadrupole and octupole deformations [3]. We focus on the mass dependence of octupole correlation and evaluate the amplitude and behaviour of octupole potential energy surface. They are investigated by using the constraint Skyrme HF+BCS method with the quadratic constraint terms.

Figure 1 shows the potential energy surfaces with respect to the multi-octupole deformation β_{3m} ; $m = 0, 1, 2, 3$ which are shown with circle, square, triangle and cross respectively, for ^{144}Ba in the left and for ^{220}Rn in the right. ^{144}Ba is one of the lighter octupole deformed nuclei which has $Z = 56$ and $N = 88$. It has a local minimum on the only β_{30} (pear shape) potential energy surface. The amplitude of correlation might be estimated as about 200 keV. ^{220}Rn is one of the heavier octupole deformed nuclei which has $Z = 86$ and $N = 134$. The local minimum appears in the not only β_{30} but also β_{31} (banana shape) and β_{32} (tetrahedral shape) potential energy surfaces. The amplitude of β_{30} octupole correlation might be about 1.5 MeV which is much larger than ^{144}Ba . Furthermore, the ^{220}Rn results indicate it has the excitation states with different octupole deformation. They will be useful knowledge for the isomers of heavier octupole deformed nuclei.

The study will be extended to not only nuclear structure but also nuclear reaction. We will construct a theoretical database based on these results for not only ground states but also reaction cross sections etc. The theoretical database will be able to correct the EXFOR database, such as missing data, wrong order of data and strange angular distribution.

3 Analysis of $^{6,7}\text{Li} + n$ reactions using CDCC method

In this fiscal year, we extend the CDCC [12] analysis of the integrated elastic and inelastic scattering cross sections of $n+\text{Li}$ with incident neutron energies below 14.1 MeV using the JLM (J.-P. Jeukenne, A. Lejeune, and C. Mahaux) which was proposed for an energy region lower than 10 MeV [13]. This is because of the fact that the various parameter sets are defined for the JLM effective nucleon-nucleon interaction in the different energy regions [13, 14]. Furthermore, we employ the normalization factors to adjust folding potentials of the JLM for the $n+^{6,7}\text{Li}$ elastic scattering in a similar way as the previous studies [4, 5, 15]. The energy-dependent normalization factors λv and λw for real and imaginary parts, respectively, of the $n-^{6,7}\text{Li}$ folding potentials are determined from the integrated elastic cross section data. Using the obtained normalization factors, we calculate the inelastic scattering cross sections and angular distributions and compare the results with the

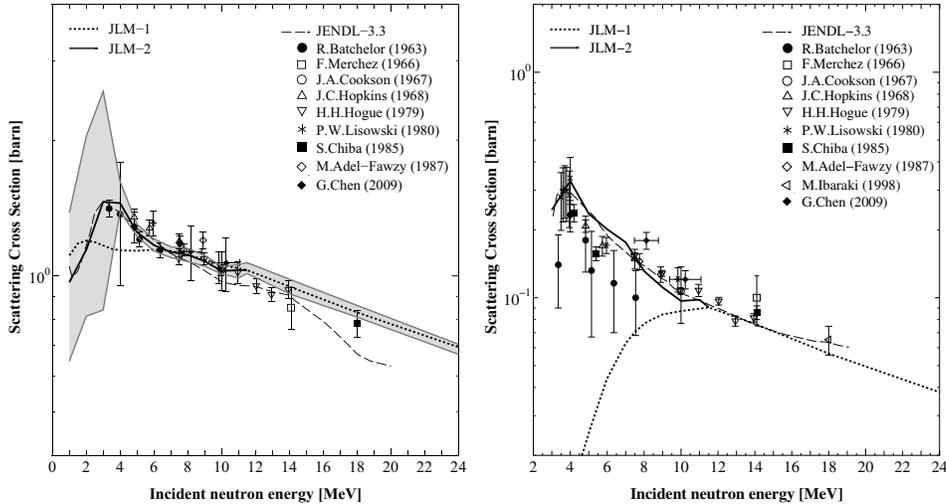


Figure 2: The integrated (left) elastic cross sections of the $n+{}^6\text{Li}$ scattering, (Right) inelastic $n+{}^6\text{Li}$ scattering cross sections, for the excited 3^+ state at the excitation energy of 2.18 MeV of ${}^6\text{Li}$ in comparison with the evaluated data and experimental data.

experimental data without any additional parameters. The calculated results [6] are presented in Figure 2. The CDCC calculation gives a satisfactorily good agreement with the experimental data. We also purpose to extend the CDCC analysis of the scattering cross section of ${}^{16}\text{O}$ target with incident proton. First, we investigated the elastic scattering cross section of ${}^{16}\text{O} + p$ reactions with ${}^{15}\text{N} + p$ cluster model. The current calculated results of elastic scattering cross section data are shown to reproduce the observed data. The next purpose of our work is to calculate ${}^{16}\text{O}(p, pn)$ ${}^{15}\text{O}$ positron source, detailed information on the energy spectrum, angular distribution and production cross section. This kind of research is applicable to the PET (positron emission therapy) and nuclear reaction data fields.

4 Continuum excitations in the Borromean systems and the unbound 2n-systems

In recent years, there has been rapidly increasing interest in the study of the Borromean nuclei sitting right on the top of neutron drip-lines and two-neutron decays of unbound systems beyond the neutron drip-line. This study demands a three-body description with proper treatment of continuum, whereas the conventional shell-model assumptions are being insufficient. Recently we have developed a simple nuclear structure model for ground and continuum states of the Borromean nuclei [7–11]. Initially it is tested for ${}^6\text{He}$, the states of which are built by starting from the continuum single-particle spd-states of ${}^5\text{He}$. The role of different continuum components in the weakly bound nucleus ${}^6\text{He}$ is studied by coupling unbound spd-waves of ${}^5\text{He}$ by using simple pairing contact-delta interaction. Our results show that the ${}^6\text{He}$ ground state 0^+ displays collective nature by taking contribution from five different oscillating continuum states, that are summed up to give an exponentially decaying bound wavefunction. In summary, the electric multipole response of ${}^6\text{He}$ has been investigated by using a simple structure model and the role of different configurations has been explored in each case. Fig. (3), shows our predictions for the response of ${}^6\text{He}$ to electromagnetic excitations of different multipolarity by showing the centroid of each state and the width on horizontal scale. We expect that our efforts might be of help to unravel the

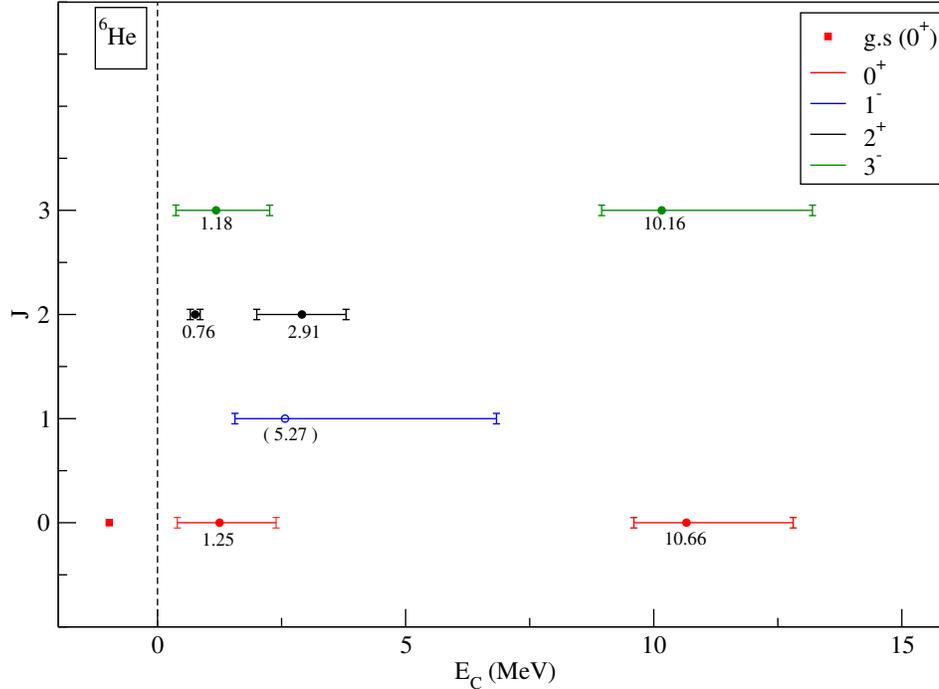


Figure 3: Schematic representation of the spectrum of ${}^6\text{He}$ predicted by our simple model. The parenthesis in the $J = 1^-$ response indicates the uncertainty on the position of the peak. The lines correspond to the widths [11].

complex patterns seen in the continuum spectrum of ${}^6\text{He}$.

Recently in 2016 a high precision interaction cross section (σ_I) for ${}^{22}\text{C}$, was measured on a carbon target at 235 MeV/nucleon at RIKEN [16]. This higher-precision measurement is the motivation of selecting the $2n-$ halo ${}^{22}\text{C}$, for extending our study in this fiscal year. We have also planned the possibility of extension of our simple model from Borromean systems to the two-neutron unbound systems beyond the neutron drip-line i.e. ${}^{26}\text{O}$ [17]. This study will help to unravel the complex patterns seen in the continuum spectrum of these systems and assigning spin and parity to newly measured low lying excited states.

5 Summary

In summary, we have investigated the amplitude of octupole correlation in ${}^{144}\text{Ba}$ and ${}^{220}\text{Rn}$ for multi-octupole deformation with the constraint three-dimensional Skyrme Hartree-Fock+BCS model. For the study of ${}^{6,7}\text{Li} + n$ reactions, by introducing normalization factors using CDCC, the calculated elastic and inelastic scattering cross sections gives a satisfactorily good agreement with the experimental data. For study of Borromean systems and the unbound $2n$ -systems, the electric multipole response of ${}^6\text{He}$ has been investigated by using a simple structure model and the role of different configurations has been explored in each case. These theoretical approaches are still in progress to implement the possible extensions discussed in the text to provide further new information on nuclear structure and nuclear reactions in near future.

Acknowledgment

This work was funded by ImPACT Program of Council for Science, Technology and Innovation (Cabinet Office, Government of Japan), and was supported by Interdisciplinary Computational Science Program in CCS, University of Tsukuba.

References

- [1] <http://www.jcprg.org/>.
- [2] S.Ebata, T.Nakatsukasa, et al., Phys. Rev. C **82**, 034306 (2010).
- [3] S.Ebata, and T.Nakatsukasa. Phys. Scr. **92**, 064005 (2017).
- [4] D.Ichinkhorloo, T.Matsumoto, Y.Hirabayashi, K.Katō and S.Chiba, J. Nucl. Sci. Technol. Vol. **48**, No. 11, 1357-1460 (2011).
- [5] D.Ichinkhorloo, Y.Hirabayashi, K.Katō, M. Aikawa, T.Matsumoto, and S.Chiba, Phys. Rev. C **83**, 064604 (2012).
- [6] D.Ichinkhorloo, M.Aikawa, S.Chiba, Y.Hirabayashi and K.Katō, Phys. Rev. C **93**, 064612 (2016).
- [7] L.Fortunato, R.Chatterjee, Jagjit Singh and A.Vitturi, Phys. Rev. **90**, (2014) 064301.
- [8] Jagjit Singh, AIP Conf. Proc. **1681**, (2015) 020009.
- [9] Jagjit Singh, L.Fortunato, Acta Physica Polonica **B 47**, No. 3, 833 (2016).
- [10] Jagjit Singh, Ph.D. thesis, Univ. of Padova, Italy (2016).
- [11] Jagjit Singh, L.Fortunato, A.Vitturi and R.Chatterjee, Eur. Phys. J. A **52** 209 (2016).
- [12] M.Kamimura, M.Yahiro, Y.Iseri, Y.Sakuragi, H.Kameyama and M.Kawai, Prog. Theor. Phys. Suppl. No. **89** (1986).
- [13] A. Lejeune, Phys.Rev.C **21**, 1107 (1980).
- [14] J.-P. Jeukenne, A. Lejeune, and C. Mahaux, Phys. Rev. C **16**, 80 (1977).
- [15] T. Matsumoto, D.Ichinkhorloo, Y.Hirabayashi, K.Katō, and S.Chiba, Phys. Rev. C **83**, 064611 (2011).
- [16] Y. Togano et al., Phys. Lett. **B761**, 412-418 (2016).
- [17] K. Hagino and H. Sagawa, Phys. Rev. **93**, (2016) 034330.

2016 年度 NRDF 作業部会報告

Annual Report 2016 of NRDF Working Group

北星学園大学経済学部
片山 敏之

Toshiyuki Katayama
School of Economics, Hokusei Gakuen University

Abstract

The activities of the fiscal year 2016 on the Working Group of the Nuclear Reaction Data File (NRDF) of JCPRG are reviewed. This working group is called NRDF seminar. The coding data of NRDF master files are examined by format or coding rule check program and all errors are corrected. All cases of errors or inconsistencies (among the present NRDF format and HENDEL editor) are categorized by problems which may be useful in developing of the XML format of the NRDF format or coding and the new NRDF editor system.

1 はじめに

NRDF 作業部会は、本センターが管理する核データのデータベース NRDF を、構築、運営、利用、公開するために必要な作業および研究活動を行っている。NRDF 作業部会は 2013 年度の 5 月から活動を開始した[1]。昨年度に引き続き、今年度も月に 2 回を目標に金曜日の午後 2 時から 4 時までを定例の集まりとし、その会合の名称を NRDF セミナーと呼んでいる。今年度の NRDF 作業部会の構成、主な活動内容およびいくつか検討された問題と成果（提案）について報告する。今後の NRDF コード化規則および XML エディタの再構築における活用しやすさを考慮して、特に NRDF マスターファイルの検討内容は問題別に分類して記述する。

なお、本報告は本来ならば NRDF 作業部会のメンバーの共著とすべきであるが、慣例によりメンバーの一人が交代で担当している。

2 NRDF 作業部会の概要

NRDF 作業部会の目的および中心的な課題については、2014 年度、2015 度の年次報告[2,3]に書かれているので繰り返さない。NRDF 作業部会に関する連絡はメーリングリスト「nrdfwg@jcprg.org」で行われ、NRDF セミナーは本センターに集まって行われる。

NRDF セミナーは夏期休暇を除き毎月 2 回を目途に参集し、今年度は、第 1 回が 5 月 13 日で、8 月前後の夏季休暇や学会関係の出張期間を除いて、3 月中旬まで 17 回（昨年度は 20 回）ほど開催された。

2.1 今年度の構成員

2016 年度の本作業部会の構成員は次のとおりである。

氏名	所属	注
江幡 修一郎 *)	所属については、本年	*)コーディネータ
加藤 幾芳	次報告書の「組織	
千葉 正喜	Organization」の章を	
能登 宏	参照ください。	
片山 敏之		

他に、オブザーバーとして、その他のセンター会議メンバーおよび合川正幸（北海道大学医理工学院教授）、吉田、芦沢が随時に参加している。

2.2 NRDF マスターファイルに登録済みの論文のチェック作業

JCPRG の作業部会でコーディング済の論文 1 編程度を各人が分担する。適宜、1 回のセミナー作業時間に数編をチェック・確認する。これに関しては、CHEN プログラムを実行して警告ログが出たデータファイルに対してのみ重点的にチェックした。

分担内容と分担者

物理確認：主にヘディング等、HENDEL で NRDF 独自の項目がある部分

片山、加藤、能登

形式確認：NRDF フォーマットのチェック

千葉、片山、能登、（または、吉田、芦沢を加え NRDF セミナーの共同作業として実施）

HRNDEL 反映・CHEN 確認：修正依頼を HENDEL に反映

江幡、合川（または NRDF セミナーの共同作業として実施）

マスターファイル更新：CHEN 警告ログを確認し、NRDF マスターファイル更新

合川、（または NRDF セミナーの共同作業として実施）

3 2016 年度に検討された課題

3.1 新しい NRDF エディタ・コーディングシステムの作成

新しいエディタ[4,5]をローカルシステムと Web システムの両方で利用するため、このシステムを作成するプログラム言語として Java を採用する。NRDF のコード化および採録データの記述には XML を使用している。

NRDF のマスターファイル更新に関する作業には NRDF 作業部会のすべての構成員が参加する。この作業で検討される問題は新 NRDF エディタの機能設計の追加や改良に反映される[3]。6/24 の会合では江幡さんから NRDF エディタ開発の進展状況について報告を聞き、内容の詳細について議論した。また、7/22 の会合では新 NRDF エディタの資料として、EXFOR マニュアルから keywords リストの部分を抜き出して検討した。

しかし、今年度は本センターの組織的変更のため、新 NRDF エディタについては開発に十分な時間を割ける人材不足の問題があり、エディタとして稼働しテスト可能なシステムの完成には至っていない。

3.2 マスターファイル更新

JCPRG の作業部会メンバーによる NRDF のデータ採録では、Web アプリケーション・エディタ「HENDEL」の出力ファイル（NRDF データ）を作成する。我々の NRDF-WG では NRDF データを NRDF コーディングの検査・警告プログラム「CHEN」に入力し、その検査結果が NRDF の書式と文法に適合しているかを検討し、必要な修正を加えることによって NRDF マスターファイルを更新する。その過程で NRDF 辞書の更新が必要になる場合もある。

今年度は、NRDF セミナーの時間内に、合川の主導で CHEN を使いその警告ログを NRDF セミナーの共同作業として確認し、NRDF マスターファイルを更新する作業を時々の NRDF セミナーで行った。全体で 17 回の会合のうち少なくとも 12 回（5/13, 5/27, 7/8, 9/2, 9/16, 10/28, 11/11, 11/25, 12/16, 1/20, 2/17, 3/2）はこのようなマスターファイルの更新のための検討と作業であった。

3.3 今年度、NRDF マスターファイルを更新した採録論文

2016 年度に、NRDF マスターファイルを更新の対象とした採録論文の D 番号は以下の 96 編であった。その内訳は、問題がある論文が 70 編、問題がなかった論文が 20 編、更新を保留とした採録論文が 6 編となっている。なお、昨年度は更新した採録論文は 60 編であった。

- 問題があった論文

The D numbers that have some coding problems : D1522, D1994, D2187, D2189, D2190, D2191, D2193, D2195, D2196, D2197, D2198, D2199, D2203, D2207, D2208, D2209, D2210, D2211, D2213, D2214, D2217, D2223, D2224, D2230, D2232, D2235, D2237, D2239, D2241, D2244, D2246, D2247, D2249, D2250, D2251, D2254, D2255, D2256, D2257, D2259, D2262, D2272, D2279, D2285, D2307, D2308, D2309, D2319, D2321, D2330, D2373, D2406, D2408, D2411, D2413, D2483, D2485, D2487, D2488, D2489, D2490, D2491, D2492, D2493, D2494, D2495, D2496, D2497, D2499, D2508,

- 問題がなかった論文

The D numbers that may not have any coding problems : D2188, D2192, D2206, D2205, D2206, D2216, D2222, D2231, D2233, D2234, D2238, D2243, D2245, D2252, D2260, D2261, D2263, D2304, D2313, D2458,

- 更新を保留とした採録論文

The D numbers that have not been updated due to complex coding problems : D2219, D2220, D2327, D2328, D2248, D2320, D2320,

次に、個々の論文の検証内容を問題別に分類して明記し、今後の議論の参考資料としたい。内容が多岐にわたるので小節を改めて述べる。

4 マスターファイル更新で検討された問題

BIB, EXP, DATA の各セクション、辞書の更新、更新保留、の順に採録内容の検証結果を問題別に述べる。参考資料としての便利を考慮し、個々の論文を問題別に分類して整理する方式は昨年度の報告[2]にならっている。

以下の記述の中で、括弧内の D 番号は、当該の問題点が確認され、本 WG で検討された論文番

号を示している。また、文末に【要検討】が付けられた問題は今後の検討を必要とする問題を示している。

4.1 BIB セクション

- Proceedings 問題 (D2489),

注釈で記述された Proceedings の修正例：【要検討】

< REF=;	---以上を, 以下
< VLP=;	> REF=96BUDA;
< /* Secondary reference	> VLP=X(1996)465;
< - 96BUDA, (1996)465	のように修正 (案)
< */	

- 古い研究所コード問題 (D2198)

古い研究所コード (東京教育大学: 2JPNTKE) を踏襲 (現状維持)

4.2 EXP セクション

(1) <Reaction> 項目

- INL 問題

(D2207, D2208, D2209, D2210, D2211, D2224, D2237, D2241, D2244, D2246, D2247, D2250, D2254, D2255, D2257, D2259, D2279, D2321, D2330, D2408, D2483, D2491, D2494)

NRDF の RCT 項目の値は非弾性散乱の場合でも弾性散乱と同じ反応式 A(a,b)B で記述するのが正しいが、エディタ HENDEL を利用した採録結果は A(a,INL)B になっている。このため 1 つ 1 つ手作業で修正しているのが現状である。ちなみに 2015 年度は (D2330, D2398, D2399, D2408, D2431, D2480) であった。この問題解決には新しい NRDF エディタの開発が必要である。

修正の例:

- INL 問題 (INL -> P へ変更): (D2211, D2244)
- INL 問題 (INL -> D へ変更): (D2224)
- INL 問題 (INL -> Alpha へ変更): (D2241, D2246, D2247, D2250, D2279)
- INL 問題 Comments added to EXC-ENGY (D2321)
- INL 問題 Comment of INC-ENGY-LAB (D2408)

(2) <Target> 項目

- 新規コード問題

Accelerator (ACC) 項目

加速器に Storage Ring が無い (D2285)

コード要検討 (electron との違いを含めて), 従来・現時点ではコメントで入力【要検討】

修正の例:

ACC=X'11';

/* '11' Storage Ring */

- ENR 問題

(D2199, D2223, D2224, D2232, D2241, D2246, D2251, D2255, D2262, D2307, D2309, D2406, D2413, D2490, D2496, D2497, D2499)

Enrichment (ENR) の値として NAT と数値 (%など) が存在するため、次元が一意に決まらない。単位が複数存在する UNIT 問題である。【要検討】

- ERS-DET 問題

(D2246, D2249, D2251, D2255)

ERS-DET について、単位が複数 (eV or %) 存在する UNIT 問題である。【要検討】

(3) <Incident beam> 項目

- ERS-PRJ 問題

(D2214, D2255, D2262, D2319, D2330, D2408,)

ERS-PRJ について、単位が複数 (eV or %) 存在する UNIT 問題である。これに関連した D 番号のうち以下のような若干の修正を追加した。【要検討】

- D2408: Comment of INC-ENGY-LAB

ERS-*: % should be acceptable : 入力済

- D2214: Heading と Unit の入力漏れ : 入力済

(4) <Detectors> 項目

- MONTR-RCT 問題

(D2373, D2485, D2492, D2496)

NRDF には MONTR-RCT があるが Monitor 反応の記述には不十分なので、採録されたコードと記述に分散している可能性のあるデータから Monitor 反応の情報を統合するための記述形式または新規の記述形式を検討する必要がある。【要検討】

=== Comments ===	> 222 +-36 1
現状の記述例 :	
- D2496 :	- D2492
< MONTR-RCT=/ 65CU(P,N)65ZN /;	< MONTR-RCT=/ TI(D,X)48V /;
< INC-ENGY-LAB=6.25MEV;	< INC-ENGY-LAB=23.88MEV;
< SIGMA=126MB;	< SIGMA=217.54MB;
---	---以上を以下に
> MONTR-RCT=/ 65CU(P,N)65ZN, 6.25 MeV, 126 mb /;	> MONTR-RCT=/ TI(D,X)48V, 23.88 MeV, 217.54 mb /;
---以上を以下に	
> SIGMA'13' DELTA-SIGMA MLTPOL	- D2373 :
> (MB) (MB) (NODIM)	<MONTR-RCT=/

197AU(GAMMA,N)196AU /;
< SIGMA=0.365B;
< DELTA-SIGMA=0.012B;

---以上を以下に
> MONTR-RCT=/197AU(GAMMA,N)19
6AU, 0.365+-0.012 b /;

- TTY 単位問題 (D2490, etc)

Thick Target Yield (TTY) の単位については一意に定まっていない。現状では PRD/INC, 1/PARTCL, 1/SR/MEV/PARTCL, 1/SR/PARTCL, が使われている。【要検討】

(5) <Measured and/or deduced quantities> 項目

- PHQ 入力漏れ (D2508, etc)

Measured and/or deduced quantities(PHQ=)の入力に見逃しがある。

修正の例:

- D2508 : PHQ=none -> PHQ=ANGL-DSTRN, (Angular Distribution)

- MLTPL 問題
(D2489, D2495)

PHQ の項目には Others を選択して新規に値を記入できる自由度がある。MLTPL はこの経緯で使われていると考えられる。Multipole (MLTPL) の記入場所を DATA セクションに変更することを提案する。この変更に伴い、MLTPL の単位が NODIM という辞書 (Type F -> Data) の登録も必要になる。【要検討】

修正の例:

< MLTPOL=1;

---以上を以下に

> SIGMA'13' DELTA-SIGMA MLTPOL
> (MB) (MB) (NODIM)
> 222 +36 1

(6) <Numerical Data> 項目

- ENGY-EMT 問題

(D1522, D1994, D2406, D2488)

原論文を参照しながら、ENGY-EMT を ENGY-EMT-LAB に、または ENGY-EMT-CM に変更した。また、ENGY-EMT1,2,3,4 を ENGY-EMT-LAB に統一した。

- J-PTY 問題 (D2499, D2254)

採録された内容が、SPIN=0.5, PTY=+1 となっていたものを、J-PTY=1/2+に変更すべき箇所があった。D2254 では J-PTY=-1/2 を 1/2 に修正した。

- none=none 問題

- D2239 : HEADING : constant を none に修正した。

- D2257 : ISOSPIN=;が存在したので、HENDEL 上で ISOSPIN を none に修正した。

- D2254 : none=none;を消去した。

- D2235 : const を none に修正した。

- その他の修正(Miscellaneous)
 - D2493 : Z 修正 (Z を Z-EMT に修正)
 - D2488 : 指数表記修正 (1.0e+5 を 1.0E+5 に修正)

4.3 DATA セクション

- THTL 最小・最大統合問題 (D2491)
 - D2491 : THTL-MIN=0DEG
THTL-MAX=0.5DEG; 最小・最大を統合→ THTL=0[0.5DEG †
- THTC 最小・最大統合問題 (D2308)
 - D2308 : THTC-MIN=6.1DEG;
THTC-MAX=44.9DEG; 最小・最大を統合→ THTC=6.1[44.9DEG;
- NGY-EMT-LAB 最小・最大統合問題 (D2272)
 - D2272 : ENGY-EMT-LAB-MIN=14.5MEV;
ENGY-EMT-LAB-MAX=18.5MEV;
最小・最大を統合→ ENGY-EMT-LABN=14.5[18.5MEV;

- OMP 問題 (D2250)

NRDF で採録している光学ポテンシャル模型 (OMP) のパラメータ値には HENDEL が対応していないので、手作業で再録する必要がある。D2250 では論文の Table II(Data 26)を標的ごとに分割して入力した。(Data 26-28)

- Legendre 係数問題

(D2203: D2209: D2210: D2230:) 【要追加修正】

NRDF では Legendre (LEG) 係数の採録形式に自由度 (LEG-2, LEG2 など) があり 1 つに決められていない。今回は EXFOR の表記法 (E2230 など) を参照して採録形式を提案する。

ただし、今回のマスターファイル登録作業では DATA1, DATA2 を使用した。今後は、H 型新規コード: LEG-MLTPOL を利用し、下記の入力方法とすることを提案する。

=== LEG 採録方式の提案 ===

PHQ=LEGD

LEG-MLTPOL LEG

(NODIM) (MB/SR)

0 5

1 2

Legendre (LEG) 係数に関するデータを含む論文の分量を見積もるために、マスターファイル

† 文字コードの互換性のため NRDF では「”~”」の代わりに「” [”」が使われる。

全体について LEG 関係のレコードを抽出してみた。結果を付録 1 に示す。

- DELTA-DSIGMA/DOMEGA が F 型に無い

修正 : DELTA-DSIGMA/DOMEGA を ¥DATA に追加 (D2213) DELTA-DSIGMA/DOMEGA=20%; ¥DATA; THTC DSIGMA/DOMEGA (DEG) (MB/SR) 16.656 3.611	---以上を以下に THTC DSIGMA/DOMEGA DELTA-DSIGMA/DOMEGA (DEG) (MB/SR) (%) 16.656 3.611 20
--	--

- UNIT 不一致問題

- D2196, D2197, D2198 : (ARB @Data) (原論文に準拠, 修正不要)
- D2195 : (% @ERS-PRJ)

- DATA1,2 問題

- D2203 : DATA1,2 -> DSIGMA/DOMEGA
UNIT は要確認 (NODIM or ARB?)

- その他の修正(Miscellaneous)

- D2237: 採録ミス : SIGMA -> DSIGMA/DOMEGA in DATA,9-12

4.4 辞書の更新

辞書の更新に関しては、4.1 から 4.3 で述べた問題の解決を待つ必要があり、単純に追加・修正できないものがあるので注意が必要である。

- 辞書コードの更新情報の表記

辞書コードの更新情報の表記法について検討を要する。以下の例示はコメントとして追加する編んでる。【要検討】

辞書コード更新情報の例 :

2004/10/28: 登録

2016/05/27: PHQ,UNIT 追加

(1)項目値<V型辞書>

- D2285 : 加速器 (ACC) の項目値として Storage Ring が無い。electron との違いを含めてコード検討の必要がある。

- クラス 13 「粒子」の新規登録

核種 : 216RA, 217AC (D1522), 10HE (D2488)

- クラス 14「単位」の新規登録
- D2488 : ENGY-EMT -> ENGY-EMT-CM (TYPE F 新規登録 P9015)
- D2487 : DELTA-RESN-WDTH の単位に EV を追加 (新規登録 P9015) 【要検討】
- D2411 : Unit of YLD : % should be acceptable
- D2262 : ENR 問題, ERS-PRJ 問題に付随した単位 (%と EV)

(2)項目名<F型辞書>

- 新規登録
- D2488 : ENGY-EMT-CM=数値 [単位] 重心系エネルギー
- D2319 : DELTA-THTL=数値 [単位] 重心系散乱角

- 最小・最大問題に関連した問題 【要検討】
- D2217 : ENGY-EMT-LAB-MIN が F 型に無い, 既存の ENGY-EMT-LAB に記述
- D2272 : 同上
- D2213 : DELTA-DSIGMA/DOMEGA が F 型に無い, DATA セクションに記述

4.5 更新を保留とした採録論文

更新を保留とした採録論文の D 番号は以下の通りである。それぞれに保留の理由を記述する。いずれも採録データは未修正のままである。【要検討】

- D2219, D2227, D2227, D2228 :

$$\text{CHM の記述は正しいか? } (\text{CH}_2\text{N}_2)_3 = \text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6 ?$$
- D2320 : Figs.4-5 のデータを分離すべき。
- D2248 : partial の反応断面積だが, 励起エネルギーの情報が不明である。著者が独自に番号付けしているのみである。

5 おわりに

今年度は新しい NRDF エディタ・XML コーディングシステムの作成について, 実際の担当者が 1 名となってしまったため具体的な成果を生み出すまでには至らなかった。システム作成の方針については既に 2014 年度の本 NRDF 作業部会の報告[3]にまとめたものを再確認した。

マスターファイル更新で検討された問題については, 新 NRDF エディタ開発の参考資料としての便利を考慮し, 特に BIB, EXP, DATA の各セクションについて, 昨年度の報告[2]にならい個々の論文を問題別に分類して整理した。

その結果, 多数の問題を抽出した。【要検討】が付けられた問題は今後の検討を必要とする問題を示している。

そのうち昨年度に抽出された問題は, INL 問題, ENR 問題, ERS-DET 問題, ERS-PRJ 問題, MONTR-RCT 問題, TTY 単位問題, MLTPL 問題, J-PTY 問題, DATA1,2 問題であった。今年度は新たに, Proceedings 問題, 古い研究所コード問題, 新規コード問題, PHQ 入力漏れ, ENGY-EMT 問題, none=none 問題, THTL・THTL・NGY-EMT-LAB 最小・最大統合問題, OMP

問題, Legendre 係数問題, UNIT 不一致問題, という問題を明らかにした。

この2年間の NRDF マスターファイルの内容検証の作業によって, JCPRG 作業部会によって HENDEL を利用してコーディングされた NRDF マスターファイルに含まれる個別の問題はほぼ抽出されていると考えられる。今後はこれらの問題のうち, MONTR-RCT 問題, DATA1,2 問題, none=none 問題, 最小・最大統合問題, UNIT 不一致問題, など検討を要するものを解決し, 新 NRDF エディタシステムの改良に資することが急がれる課題である。

参考文献

- [1] 能登 宏, 「NRDF 作業報告」, 北海道大学原子核反応データベース研究開発センター年次報告 (JCPRG Annual Report) No.3, 25 (2013)
- [2] 片山 敏之, 「2014 年度 NRDF 作業部会報告」, 北海道大学原子核反応データベース研究開発センター年次報告 (JCPRG Annual Report) No.4, 22 (2014)
- [3] 能登 宏, 「2015 年度 NRDF 作業部会報告」, 北海道大学原子核反応データベース研究開発センター年次報告 (JCPRG Annual Report) No.5, 18 (2015)
- [4] 椿原 康介, 松本 琢磨, 合川 正幸, 加藤 幾芳, 「XML ベースの新フォーマットの提案」, 北海道大学原子核反応データベース研究開発センター年次報告 (JCPRG Annual Report) No. 1, 23 (2011)
- [5] 大木 平, 椿原 康介, 合川 正幸, 加藤 幾芳, 「Webble World を用いた新たな核データベース利用システムに向けて」, 北海道大学原子核反応データベース研究開発センター年次報告 (JCPRG Annual Report) No. 2, 23 (2012)

付録 1

=== LEG 関係要チェック ===

D0135: PHQ=(XSECTN,ANGL-DSTRN'A',TOT-RCT-XSECTN,COEF-LEGD);

D0135: PHQ=(XSECTN,ANGL-DSTRN,TOT-RCT-XSECTN,COEF-LEGD);

D0190: PHQ=(ANGL-DSTRN,LEGD-COEFF,'57');

D0492: PHQ=(XSECTN'2',DSIGMA/DOMEGA '6',RCT-RATE-PARA,RCTV-RATE-PARA,LEG,

D0495: PHQ=(EXC-FUNCT,DSIGMA/DE,LEG);

D0506: PHQ=(DSIGMA/DOMEGA,ANALPW,LEG,ASS-LEG);

D0556: PHQ=(XSECTN,ANGL-DSTRN,TOT-RCT-XSECTN,DSIGMA/DOMEGA,LEG);

D0661: PHQS=(ANGL-DSTRN,EXC-ENGY,SPIN,PTY,INTNSTY-GAMMA,LEG-2,LEG-4);

D0661: PHQ=(ANGL-DSTRN,EXC-ENGY,SPIN,PTY,INTNSTY-GAMMA,LEG-2,LEG-4);

D0665: PHQS=(XSECTN,LEG);

D0665: PHQ=(XSECTN,LEG);

D0680: PHQS=(EXC-FUNCT,ANGL-DSTRN,LEG);

D0680: PHQ=(EXC-FUNCT,ANGL-DSTRN,LEG);

D0687: PHQ=(ANGL-DSTRN,SPIN,SPEC-FCTR,LEG-2,LEG-4);

D0688: PHQ=(EXC-FUNCT,ANGL-DSTRN,DSIGMA/DOMEGA,LEG);
D0693: PHQ=(XSECTN,EXC-FUNCT,ANGL-DSTRN,LEG);
D0729: PHQS=(XSECTN,ANGL-DSTRN,XSECTN-LEVEL,LEG);
D0729: PHQ=(XSECTN,ANGL-DSTRN,XSECTN-LEVEL,DSIGMA/DOMEGA,LEG);
D0733: PHQS=(ANGL-DSTRN,LEG,INTNSTY);
D0733: PHQ=(ANGL-DSTRN,LEG,INTNSTY);
D0951: PHQS=(ANGL-DSTRN,LEG);
D0951: PHQS=(ANGL-DSTRN,LEG);
D0984: PHQS=(ENGY-GAMMA,INTNSTY-GAMMA,MLTPOL,LEG-2,LEG-4,K-CONV-COEF,LIFE,
D1018: PHQS=(EXC-ENGY,LIFE,SPIN,PTY,ENGY-GAMMA,LEG-2,LEG-4);
D1018: PHQ=(EXC-ENGY,LIFE,SPIN,PTY,ENGY-GAMMA,LEG-2,LEG-4);
D1023: PHQS=(ANGL-DSTRN,ANALPW,SPIN-CORRL-PARA,LEG);
D1023: PHQ=(ANGL-DSTRN,ANALPW,SPIN-CORRL-PARA,LEG);
D1186: PHQS=(ANGL-DSTRN,LEG-2,LEG-4,INTNSTY-GAMMA);
D1186: PHQ=(ANGL-DSTRN,LEG-2,LEG-4,INTNSTY-GAMMA);
D1387: PHQS=(ANGL-DSTRN,LEG-2,LEG-4,INTNSTY);
D1387: PHQ=(ANGL-DSTRN,LEG-2,LEG-4,INTNSTY);
D1388: PHQS=(EXC-FUNCT,ANGL-DSTRN,DSIGMA/DOMEGA-RATIO,LEG);
D1388: PHQ=(ANGL-DSTRN,LEG);
D1391: PHQS=(LEG-2,INTNSTY);
D1391: PHQ=(ANGL-DSTRN,LEG-2,INTNSTY);
D1398: PHQ=(INTNSTY,LEG);
D1400: PHQS=(INTNSTY-GAMMA,ANGL-DSTRN,LEG);
D1400: PHQ=(ANGL-DSTRN,LEG);
D1401: PHQS=(ANGL-DSTRN,LEG,INTNSTY-GAMMA);
D1401: PHQ=(ANGL-DSTRN,LEG,INTNSTY-GAMMA);
D1478: PHQ=(LEG);
D1524: PHQS=(ENGY-GAMMA,LIFE,LEG-2,LEG-4,INTNSTY-GAMMA);
D1524: PHQ=(ENGY-GAMMA,LIFE,LEG-2,LEG-4,INTNSTY-GAMMA);
D1530: PHQ=(ENGY-GAMMA,INTNSTY-GAMMA,LEG);
D1530: PHQ=(ENGY-GAMMA,INTNSTY-GAMMA,LEG);
D1549: PHQ=(ENGY-GAMMA,INTNSTY-GAMMA,LEG);

医療応用を目的とした新規放射性同位元素の生成断面積の測定研究

Measurements of new production cross section for medical application.

原子核反応データベース研究開発センター

右近 直之

北海道大学大学院理学研究院

齋藤 萌美

Nuclear data center (JCPRG)

Naoyuki Ukon

Graduate school of science, Hokkaido University

Moemi Saito

Abstract

Nuclear data are very important information for medical applications, radiation therapy and nuclear medicine. However, there are many unmeasured data, and even for currently measured and used in the past, nuclear data with less error and higher reliability are required. Therefore, we performed several experiments to obtain production cross section data for medical radioisotopes using AVF cyclotron at RIKEN. The results are in good agreement with previous data and theoretical calculation.

1 はじめに

近年、核データは医療の分野において非常に重要な要素となっており、より正確な核データの取得が急務となっている。

放射線医学分野では粒子線治療と呼ばれる高エネルギーイオンビームを用いたがん治療が脚光を浴びている。原子核反応から生じるフラグメント粒子の種類やその量、エネルギーといったデータは、粒子線の生物効果・治療効果を物理的知見から評価する場合に必須な情報であり、生体構成元素と粒子線の相互作用による体内で挙動を知ることは非常に重要な課題となっている。さらに、放射線をどのように体内へ照射しどの程度の線量を投与するかを決定する放射線治療計画では核データに基づくモンテカルロシミュレーションにより、詳細な線量分布を推定する試みも行われている。

一方で、体内に放射性同位元素 (RI) を投与しそこから発生する放射線を検出し体内の薬剤分布を測定する核医学と呼ばれる医療分野においても核データは重要である。核医学で用いられる RI はサイクロトロンで製造されることが多く、効率よく RI を得るためには核データの情報が必須である。

以上のように、医療と核データは密接な関係を有しており、原子核反応データベース研

究開発センターでは以前より医療応用に焦点をあて核データの測定を行っている。そこで、本年度も欠落あるいは更新が必要な医療関連の核データを取得・評価を行った。

ここでは、2016年度の活動内容について報告する。

2 活動内容

2016年度は以下の3実験を行った。

1) ${}^{\text{nat}}\text{Zn}(\alpha, x){}^{68}\text{Ge}$

RIは、放射線治療や診断などで用いられている。このようなRIの一つである ${}^{68}\text{Ga}$ ($T_{1/2} = 67.71$ 分)は、陽電子放出体として陽電子放射断層撮影 (PET) に有用な核種である[1]。この ${}^{68}\text{Ga}$ に加え、親核である ${}^{68}\text{Ge}$ ($T_{1/2} = 270.95$ 日)は、 ${}^{68}\text{Ga}$ のジェネレーターとなるため、同様に重要な核種だと言える[2]。 ${}^{68}\text{Ge}$ の生成方法のひとつとして、 ${}^{\text{nat}}\text{Zn}$ への α 粒子入射がある。この反応の断面積については、先行研究[3,4]は存在するものの、それらの間でわずかなずれがある。そこで我々は、この ${}^{\text{nat}}\text{Zn}$ への α 粒子入射反応による ${}^{68}\text{Ge}$ の生成断面積を測定した。

実験は理化学研究所のAVFサイクロトロンにて、放射化法および積層箔法を用いて実施した。積層箔標的には、高純度 (${}^{\text{nat}}\text{Zn}$ (99.9%)、 ${}^{\text{nat}}\text{Ti}$ (99.6%)) の金属箔を用い、 $\text{Zn}\cdot\text{Ti}\cdot\text{Ti}$ ($8\times 8\text{ mm}^2$)を一組として、計14組を重ねた。各々の箔の厚さは、切断前の金属箔 (Zn : $50\times 50\text{ mm}^2$ および Ti : $50\times 100\text{ mm}^2$) で計測した面積と質量から算出し、それぞれ 18.64 mg/cm^2 、 2.25 mg/cm^2 であった。この標的に、平均強度 41.0 p nA の 51.5 MeV α 粒子を2時間照射し、冷却時間を置いた後に Ge 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリーを行った。ビーム強度はファラデーカップによって、エネルギーはプラスチックシンチレーターモニターを用いたTOF法[5]により測定した。

${}^{68}\text{Ge}$ は 1077.34 keV γ 線 (3.22%)[6]を測定することで同定した。この γ 線は、80日の冷却時間において測定を開始した。この冷却時間は ${}^{68}\text{Ga}$ の半減期より十分長く、核反応により直接生成された ${}^{68}\text{Ga}$ はすべて崩壊しており、親核である ${}^{68}\text{Ge}$ からの崩壊のみであると考えられることができる。ここで、それぞれの Zn 箔は、生成粒子の反跳による断面積の減衰効果を取り除くため、入射ビーム下流の Ti 箔と同時に測定を行った。

測定した生成断面積を先行研究[3,4]及びTENDL-2015のデータ[7]と共に図1に示す。先行研究と少し異なる結果となったが、ピーク位置は 30 MeV 付近と先行研究と一致する結果となった。TENDL-2015は実験結果とは異なる傾向であるが、これは ${}^{\text{nat}}\text{Zn}(\alpha, 3n)$ 反応を過小評価しているためと考えられる。

我々は、 ${}^{68}\text{Ga}$ のジェネレーターである ${}^{68}\text{Ge}$ の生成断面積を得るために、 ${}^{\text{nat}}\text{Zn}$ への α 粒子入射反応実験を行った。 ${}^{\text{nat}}\text{Zn}(\alpha, x){}^{68}\text{Ge}$ 反応の励起関数を 51.5 MeV まで測定し、その結果、ピークの位置は先行研究と一致するものの、大きさは20%ほど大きな値となっている。この結果により、PET核種 ${}^{68}\text{Ga}$ のジェネレーターである ${}^{68}\text{Ge}$ の生成について、 Zn への α 粒子入射反応の精度が向上したといえる。

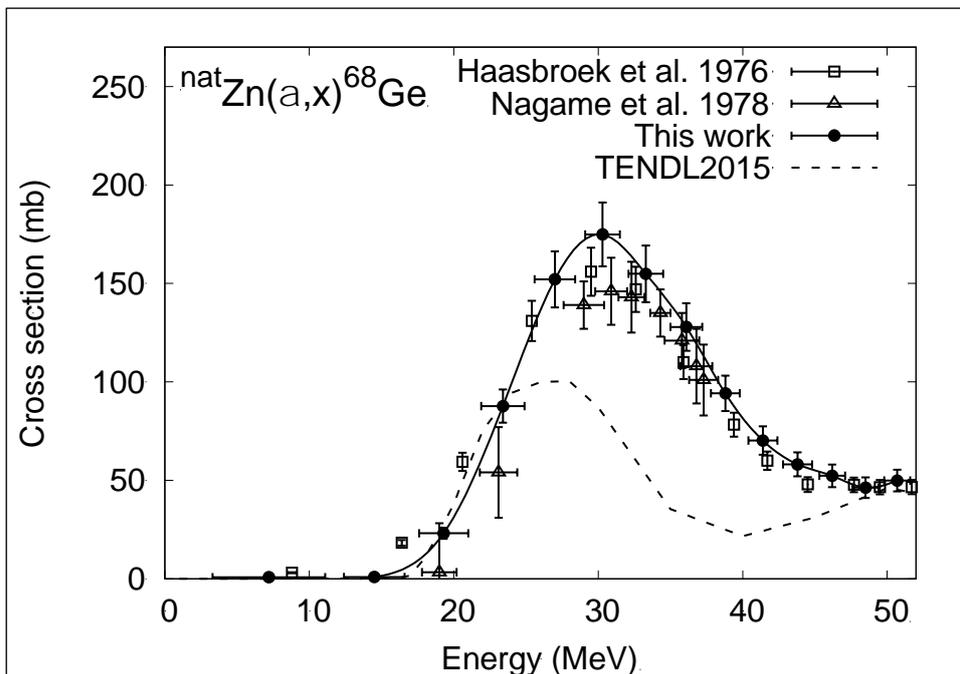


図 1 ${}^{\text{nat}}\text{Zn}(\alpha, x){}^{68}\text{Ge}$ 反応の生成断面積及び先行研究[3,4]、TENDL-2015[7]との比較

2) ${}^{\text{nat}}\text{Pd}(\text{d}, x){}^{103}\text{Ag}$

${}^{103}\text{Pd}$ ($T_{1/2}=16.991$ 日) は医療用 RI の一つであり、小線源治療で利用されている。この同位体を効率的に生成するためには、様々な反応過程を調べ、比較検討する必要がある。その反応過程には、 ${}^{103}\text{Pd}$ への崩壊を前提に、親核である ${}^{103}\text{Ag}$ ($T_{1/2}=65.7$ 分) を生成する反応も含まれる。 ${}^{103}\text{Ag}$ の生成反応の一つに、パラジウムへの重陽子入射反応があるが、先行研究では 20.3MeV 以下の断面積データのみが存在する[8]。そこで今回、 ${}^{\text{nat}}\text{Pd}(\text{d}, x){}^{103}\text{Ag}$ 反応の放射化断面積を、積層箔法を用いて 23.9MeV までのエネルギー領域を測定し、先行研究及[8] び理論計算[7]との比較を行った。

理化学研究所の AVF サイクロトロンを用いて加速した 24 MeV の重陽子を、パラジウム箔 (厚さ : $8.15 \mu\text{m}$, 20 枚), 亜鉛箔 (厚さ : $25.14 \mu\text{m}$, 19 枚), チタン箔 (厚さ : $4.98 \mu\text{m}$, 16 枚) を重ねた標的に照射した。チタン箔はビームの強度とエネルギーを確認するモニターとして利用した。照射後、パラジウム箔で生成された放射性同位体について、HPGe 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリーを行い、 ${}^{\text{nat}}\text{Pd}(\text{d}, x){}^{103}\text{Ag}$ 反応の放射化断面積を求めた。

得られた ${}^{\text{nat}}\text{Pd}(\text{d}, x){}^{103}\text{Ag}$ 反応の放射化断面積を先行研究[8]及び理論計算[7]と比較した (図 2)。先行研究[8]とは実験値がある全エネルギー領域で非常に良く一致した。一方、理論計算[7]とは、15MeV 以下で良く一致するものの、15MeV 以上のエネルギー領域では大きく異なる結果となった。これは理論計算が ${}^{104}\text{Pd}(\text{d}, 3n){}^{103}\text{Ag}$ 反応 ($Q=-15.673\text{MeV}$) を過

大評価しているためと考えられる。これまで、得られていなかったエネルギー領域の放射化断面積の測定が可能であった。放射化断面積ピークはより大きなエネルギー領域に存在すると考えられ、今後大きなエネルギー領域での測定が必要である。

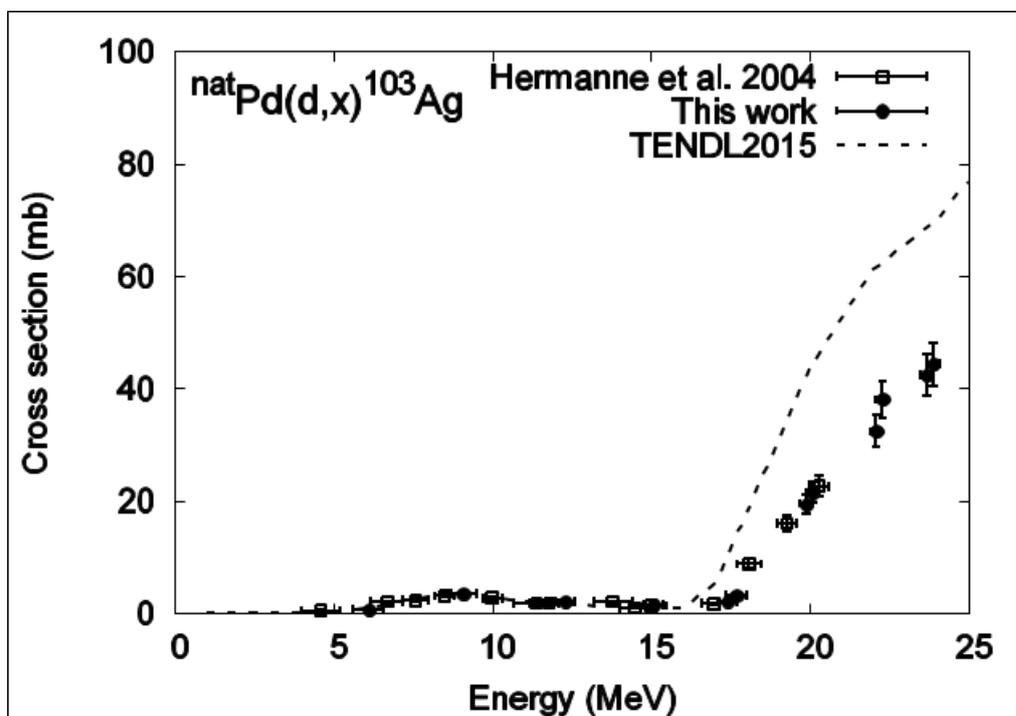


図2 $\text{natPd}(d,x)^{103}\text{Ag}$ 反応の断面積び先行研究[8]、TENDL-2015[7]との比較

3) $\text{natCr}(\alpha,x)^{52}\text{Fe}$

PET は重要な核医学検査のひとつであり、使用される放射性同位元素は多岐にわたっている。なかでも ^{52}Fe は半減期 8.27 時間で ^{52}Mn へ減衰する陽電子放出核種である。先行研究において鉄の同位体である性質を利用し骨髄のトレーサーとして利用されている [9-11]。

^{52}Fe の生成方法として $\text{natCr}(\alpha,x)^{52}\text{Fe}$ 反応があげられるが、この反応による生成断面積の報告は 3 報のみである [12-14]。さらにこれらのデータには大きな乖離が見られ、より正確な生成断面積の測定が必要である。そこで本研究では RIKEN AVF サイクロトロンを使用し $\text{natCr}(\alpha,x)^{52}\text{Fe}$ 反応による生成断面積を測定し先行研究及び理論計算 [7] との比較を行った。これまでの実験と同様に RIKEN AVF サイクロトロンにより 50 MeV α 粒子入射を行った。ビーム強度はファラデーカップによって、エネルギーはプラスチックシンチレーターモニターを用いた TOF 法 [5] により測定した。標的にはニクロム箔 (6.73 mg/cm²)、ニッケル箔 (4.45 mg/cm²) を用い、モニター反応としてチタン箔 (2.25 mg/cm²) を使用した。HPGe 検出器を用いた γ 線スペクトロメトリーを行い ^{52}Fe の放射化断面積を測定した。これらの結果は現在解析中である。

3 まとめ

このように、放射線治療及び核医学などの放射線医学領域で重要な核データの測定及び評価を行った。理化学研究所の研究者（羽場氏、小森氏）と共同で医療用放射性同位元素の生成断面積測定を実施した。実験は順調に進んでおり、論文を発表するとともに、残りの実験結果についても解析を行っている。

4 参考文献

- 1) S.R. Banerjee and M.G. Pomper, *Appl. Radiat. Isot.* 76 (2013) 1.
- 2) F. Rösch, *Appl. Radiat. Isot.* 76 (2013) 24.
- 3) F.J. Haasbroek et al., CSIR Research Report, FIS 89 (1976).
- 4) Y. Namage et al., *Appl. Radiat. Isot.* 29 (1978) 615.
- 5) T. Watanabe et al., *Proc. 5th Int. Part. Accel. Conf. (IPAC2014)*, 3566 (2014).
- 6) National Nuclear Data Center: the NuDat 2 database,
<http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>.
- 7) A.J. Koning et al.: TENDL-2015: TALYS-based evaluated nuclear data library.
- 8) A. Hermanne et al., *Radiochim. Acta* 92 (2004) 215.
- 9) A Ferrant et al., *Blood* 81 (1993) 3435.
- 10) M Lubberink et al., *Appl. Radiat. Isot.* 51 (1999) 707.
- 11) S Beshara et al., *Br. J. Haematol.*, 120 (2003) 853.
- 12) A Hermanne et al., *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B* 256-257 (2015) 28.
- 13) VN Levkovskij, Moscow 1991. (EXFOR A0510)
- 14) DP Chowdhury et al., *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B* 103 (1995) 261. (EXFOR A0204)

長寿命核分裂生成物の核変換に関する実験データと データベース化

Nuclear reaction data and database for transmutation of long-lived fission products

北海道大学大学院理学研究院
江幡 修一郎、合川 正幸
北海道大学高等教育推進機構
今井 匠太郎

EBATA Shuichiro, AIKAWA Masayuki
Faculty of Science, Hokkaido University

IMAI Shotaro
Institute for the Advancement of Higher Education, Hokkaido University

Abstract

The Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program (ImPACT) “Reduction and Resource Recycling of High-level Radioactive Wastes through Nuclear Transmutation” has launched since October 2015. We contribute to the project by compilation of new nuclear data of transmutation and collaborative study with other members. The activities in Japanese fiscal year 2016 are reported.

1 はじめに

革新的研究開発プログラム（ImPACT）「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」（藤田玲子プログラムマネージャー）[1]において、核変換に関連する各種物理量（核データ）の取得及びデータベース化は必要不可欠である。本プログラムでは複数のプロジェクトが進められており、プロジェクト2では核反応データの取得及び新核反応制御法に関する研究を、プロジェクト3では原子核物理学を基にした核構造及び核反応の理論計算やシミュレーションのほか、関連する核データのデータベース化などを実施している。北海道大学のグループはプロジェクト3の一員として核データのデータベース化などを実施している。

本稿では、ImPACTにおける研究開発の進捗状況について報告する。

2 成果概要

我々のグループは、下記の5項目について研究開発を行っている。

1. 実験情報の収集・データ入力
2. 過去のデータ調査・入力
3. 新形式の開発
4. 検索・利用システム開発・テスト
5. 核データ取得手法の研究

それぞれの項目に関する今年度の成果は以下のとおりである。

2.1 実験情報の収集・データ入力

プロジェクト2の成果として論文発表された ^{107}Pd への陽子及び重陽子入射反応による実験断面積データ [2] を採録し、国際原子力機関 (IAEA) が管理するデータベース EXFOR への登録を行った。また、当該データを検索システムへ反映した。一連の手順は下記のとおりである。

1. 論文への EXFOR 登録番号 (E2518) 割り当て
2. 論文から情報を抽出し、EXFOR 形式のファイル暫定版を作成
3. 著者に数値データ提供依頼・受領し、EXFOR ファイル暫定版へ追加
4. IAEA 及び国際核反応データセンターネットワーク (NRDC) へ EXFOR ファイル暫定版を送信
5. IAEA 及び NRDC の形式チェックに基づく修正コメント受領
6. 受領したコメントに基づいて暫定版を修正し、EXFOR ファイル確定版作成
7. EXFOR ファイル確定版を IAEA 及び NRDC に送信
8. IAEA の Web サイト上で EXFOR ファイル確定版を共有
9. 北大グループの Web サイト (<http://www.jcprg.org/exfor/E/e2518.txt>) 及び検索システム (<http://www.jcprg.org/exfor/>) で公開 (図 1,2)

一連の作業により、Web サイト上でダウンロード及び検索・作図が可能になった (図 3,4)。また、プロジェクト2で論文準備中の ^{93}Zr の実験データ [3] について、EXFOR 登録番号 (E2537) 割り当て及び EXFOR 形式のファイル作成を開始した。

2.2 過去のデータ調査・入力

昨年度 Web サイト (<http://www.jcprg.org/impact/>) 上にまとめた ^{79}Se 、 ^{93}Zr 、 ^{107}Pd 、 ^{135}Cs に関する過去の実験データに、周辺核種の情報を追加した (図 5,6)。

ENTRY	E2518	20170508	E25180000001	
SUBENT	E2518001	20170508	20170529	E25180010001
BIB	9	35	E25180010002	
TITLE	Spallation reaction study for the long-lived fission product, ^{107}Pd			E25180010003
AUTHOR	(H.Wang, H.Otsu, H.Sakurai, D.Ahn, M.Aikawa, T.Ando, S.Araki, S.Chen, N.Chiga, P.Doornenbal, N.Fukuda, T.Isobe, S.Kawakami, S.Kawase, T.Kiri, Y.Kondo, S.Koyama, S.Kubono, Y.Maeda, A.Makinaga, M.Matsushita, T.Natsuzaki, S.Nichinasa, S.Moriyama, S.Nagamine, T.Nakamura, K.Nakano, M.Niikura, T.Ozaki, A.Saito, T.Saito, Y.Shiga, M.Shikata, Y.Shimizu, S.Shimoura, T.Sumikama, P.Soederstroem, H.Suzuki, H.Takeda, S.Takeuchi, R.Tanuchi, Y.Togano, J.Tsubota, M.Uesaka, Y.Watanabe, Y.Watanabe, K.Wimmer, T.Yamamoto, K.Yoshida)			E25180010004
INSTITUTE	(2JPNIPC) RIKEN Nishina Center			E25180010005
	(2JPNHCK) Faculty of Science			E25180010006
	(2JPNKYO) Department of Physics			E25180010007
	(2JPNKYU) Department of Advanced Energy Engineering Science			E25180010008
	(2JPNMZK) Department of Applied Physics			E25180010009
	(2JPNOK) Center for Nuclear Study			E25180010010

図 1: EXFOR 形式のファイル (E2518)
(<http://www.jcprg.org/exfor/E/e2518.txt>)

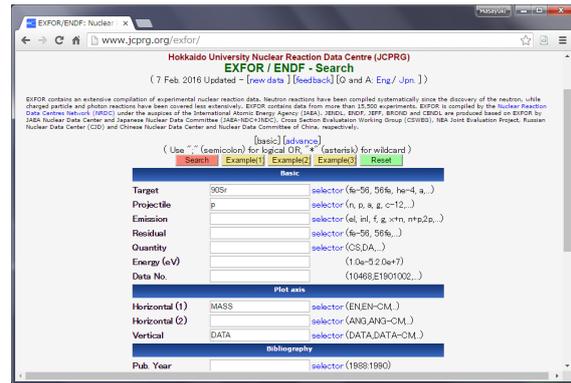


図 2: EXFOR 検索サイト
(<http://www.jcprg.org/exfor/>)

Plot	Author	Year	Inc. energy (eV)	WorkType	Reference	Library	Data ID
<input type="checkbox"/>	(1-H-2(46-PD-107,X)ELEM/MASS,SIG)=(46-PD-107(D,X)ELEM/MASS,SIG)						
<input type="checkbox"/>	H.Wang et al.	2017	1.2e+08	Expt	Jour PTEP,2017,021D01,2017	EXFOR	E2518.029
<input checked="" type="checkbox"/>	H.Wang et al.	2017	1.2e+08	Expt	Jour PTEP,2017,021D01,2017	EXFOR	E2518.028
<input type="checkbox"/>	H.Wang et al.	2017	1.2e+08	Expt	Jour PTEP,2017,021D01,2017	EXFOR	E2518.027
<input type="checkbox"/>	H.Wang et al.	2017	1.2e+08	Expt	Jour PTEP,2017,021D01,2017	EXFOR	E2518.026
<input type="checkbox"/>	H.Wang et al.	2017	1.2e+08	Expt	Jour PTEP,2017,021D01,2017	EXFOR	E2518.025
<input type="checkbox"/>	H.Wang et al.	2017	1.2e+08	Expt	Jour PTEP,2017,021D01,2017	EXFOR	E2518.024
<input type="checkbox"/>	H.Wang et al.	2017	2.0e+08	Expt	Jour PTEP,2017,021D01,2017	EXFOR	E2518.017

図 3: ^{107}Pd の検索結果

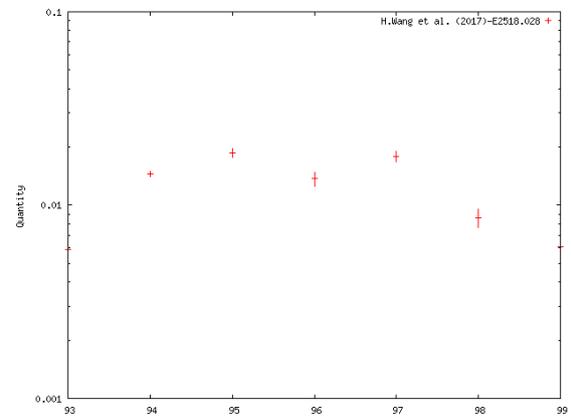


図 4: 検索結果から図示した断面積

2.3 新形式の開発

プロジェクト2で成果として論文発表された ^{107}Pd [2] 及び論文準備中の ^{93}Zr [3]、それぞれの核データを、Frag Data という PHITS の機能を用いて取り入れ、シミュレーションを実施した。図7はシミュレーションによる Zr アイソトープの生成断面積を表わしている。もともとのデータは点線と丸で表しており (緑)、実線と丸は実験値である (赤)。破線と点で表された Frag Data を利用した結果 (青) が実験値を完全に再現している事が分かる。Frag Data の形式については PHITS 開発者と調整中である。

2.4 検索・利用システム開発・テスト

^{79}Se 、 ^{93}Zr 、 ^{107}Pd 、 ^{135}Cs に関する核データを検索・利用するシステムを、Web サイト上に試作した (図8,9)。データベース管理システムとして MySQL を使用し、数値データをあらかじめ入力しておき、プログラミング言語 Perl を用いたスクリプトにより検索することが可能となっている。ま

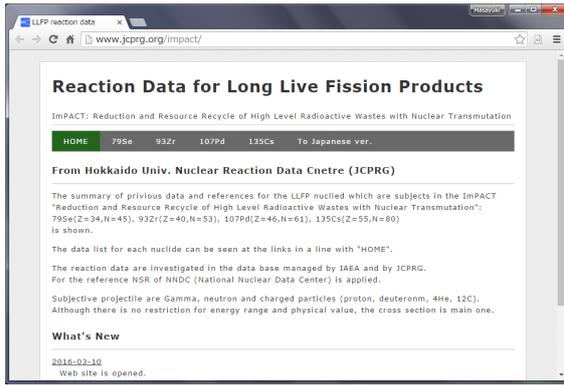


図 5: 過去のデータをまとめたサイト
(<http://www.jcprg.org/impact/>)

Ground & Isomer states
They are taken from NNDC.

	E [MeV]	J π	T $_{1/2}$	Decay mode [%]
Ground	—	7/2+	2.3×10^6 year	β^- : 100
Isomer	0.249767(4)	5/2+	0.28 ns	γ : 100

Reaction Data Reference

Projectile	#	Reaction	Reference	Data ID#
Gamma	0(1)	$^{135}\text{Cs}(\gamma, \text{ABS})$	Thao: 3D-Skyrme Cs-TDFHR	135CsE.01
Neutron	10	$^{135}\text{Cs}(n, \gamma)^{136}\text{Cs}$	Rock: Atlas of Neutron Resonances 7066	V1002.081, V1002.082
			Phys. Rev. C89 (2004) 025802	22945.002

図 6: ^{135}Cs の反応に関する核データ一覧

た、グラフ描画プログラム Gnuplot を用いた作図システムも導入しており、今後は改良を加えると同時にバグを取り除く必要がある。

2.5 核データ取得手法の研究

相互作用断面積について提案した Thick-Target Transmission 法 (T3 法) [4] を使い、 ^{79}Se 、 ^{93}Zr 、 ^{107}Pd 、 ^{135}Cs を対象としたシミュレーションを行った。この手法は、相互作用断面積 σ_I を測定する透過法を拡張し、標的の厚さを変えつつ入射ビームの減衰量を繰り返し測定するというものである。ここでは一例として、T3 法を用いた ^{93}Zr の相互作用断面積測定のシミュレーション結果を図 10 に示す。このシミュレーションでは、入射エネルギーを 100MeV/nucleon、標的を ^{12}C とし、標的の厚さが 0.2cm 以下の場合には 0.02cm の箔を順次重ね、0.2cm 以上 0.24cm 以下では 0.004cm の箔を順次重ねた。それぞれの厚さでの入射粒子数を、毎秒 1,000 個、100 秒間と仮定した。この結果、同様の実験を行うことにより、図 10 のような相互作用断面積が得られることが分かった。

3 まとめ

革新的研究開発プログラム「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」(藤田玲子プロジェクトマネージャー)において、北海道大学は対象とする 4 核種 (^{79}Se 、 ^{93}Zr 、 ^{107}Pd 、 ^{135}Cs) の核反応データベースに関して次の 5 項目の研究開発を担当している。それぞれ、(1) 実験情報の収集と測定データの入力、(2) 過去のデータ調査と入力、(3) PHITS シミュレーションへ実験データを導入する為の新形式の開発、(4) これ等データの検索・利用システム開発・テスト、そして、(5) より効率的な核反応データ取得手法の研究である。本稿では、これらの項目について 2016 年度の進捗を報告した。

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議が主導する 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) の一環として実施したものです。

参考文献

- [1] 革新的研究開発プログラム (ImPACT) 「核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減・資源化」 (藤田玲子プログラムマネージャー) , <http://www.jst.go.jp/impact/program/08.html>
- [2] H. Wang et al., “Spallation reaction study for the long-lived fission product ^{107}Pd ”, Prog. Theor. Exp. Phys. 2017 (2017) 021D01.
- [3] S. Kawase et al., Private communication.
- [4] M. Aikawa, S. Ebata, S. Imai, “Thick-target transmission method for excitation functions of interaction cross sections”, Nucl. Instr. Meth. B383 (2016) 156.
- [5] T. Sato, et al., “Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS, Version 2.52”, J. Nucl. Sci. Technol. 50 (2013) 913.

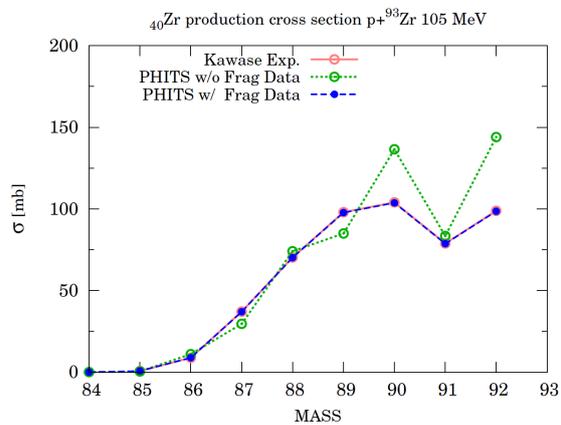


図 7: Frag Data を用いた ^{93}Zr 標的への陽子入射反応のシミュレーション結果

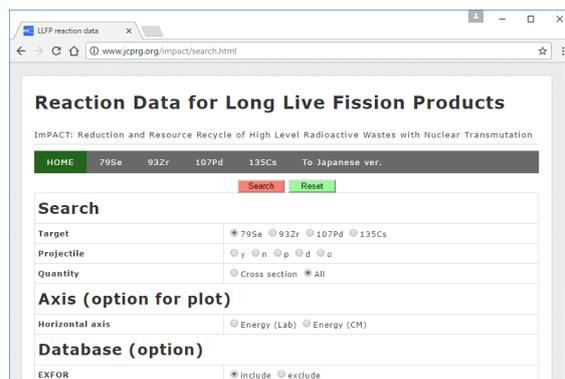


図 8: 検索サイト (<http://www.jcprg.org/impact/search.html>)

Plot	Author	Year	Inc. energy (eV)	Work Type	Reference	Library Data ID
46-PD-107(N,TOT),WID (Resonance width)						
1	R.L.Macklin	1985	0.0e+00 0.0e+00	Expt Jour	NSE,89,79,1985	EXFOR 12874.002 3
46-PD-107(N,C)46-PD-108,,SIG,,MXW,RECOM (Cross section- Maxwellian average- Recommended data)						
2	S.F.Mughabghab	2006	0.0e+00 0.0e+00	Expt Book	NEUT.RES.,2006	EXFOR V1001.457
3	Z.Y.Bao et al.	2000	0.0e+00 0.0e+00	Expt Jour	AND,76,70,2000	EXFOR V0102.197
46-PD-107(N,C)46-PD-108,,SIG,,AV (Cross section- average)						
4	R.L.Macklin	1985	3.0e+03 6.0e+05	Expt Jour	NSE,89,79,1985	EXFOR 12874.003
46-PD-107(N,C)46-PD-108,,SIG,,CALC (Cross section- Calculated data)						
5	S.F.Mughabghab	2006	2.5e-02 2.5e-02	Expt Book	NEUT.RES.,2006	EXFOR V1001.455
46-PD-107(N,C)46-PD-108,,RI (Resonance Integral)						

図 9: 検索結果

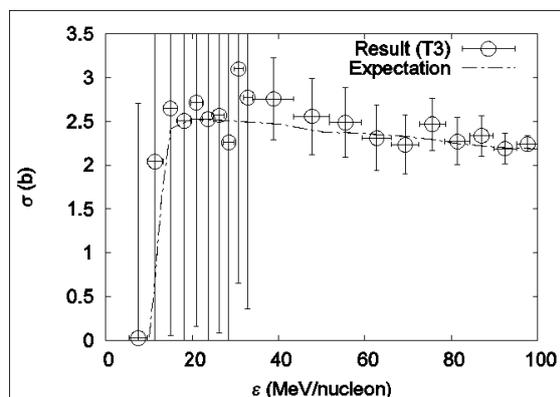


図 10: ^{12}C 標的に対する ^{93}Zr 入射の相互作用断面積。試行回数が少ないため統計誤差が大きい。

国際原子力機関におけるインターンシップ報告

Report on the IAEA Internship

北海道大学理学院

齋藤萌美

SAITO Moemi

Graduate School of Science, Hokkaido University

Abstract

I report on the IAEA Internship program at the Nuclear Data Section. I took part in it from 27 Apr. to 26 May. My main task was finalization of 31 Japanese EXFOR entries.

1. はじめに

国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency : IAEA) では、インターンシッププログラムへの参加学生を随時募集している[1]。今回、2016年4月27日から5月26日の1ヶ月間、核データ課核データ奉仕掛 (Nuclear Data Services Unit) にて、インターンシップ生としてこのプログラムに参加した。プログラムで実際に行なった活動、及び経験について報告する。

2. 活動概要

1ヶ月のインターンシップでは以下の活動を行なった。

- 日本の EXFOR エントリの最終確認作業 (31 編, 詳細は表 1 に示す)
 - 数値データ、図から読み取った数値データ、定数などを元論文と突き合わせて確認を行なった。
 - この内容を PRELIM.E103 として他の核データセンターへ送信した。
- 日本の論文の採録作業 (E2508).
 - 採録作業後、第 2 著者に著者校正の依頼を行い、エントリーの公開の承諾を得た。
 - この内容を PRELIM.E103 として他の核データセンターへ送信した。

- EXFOR 22464 と 22660 (日本で測定された即発核分裂中性子のスペクトルデータ) の数値データの元論文との照合作業
- Institute of Nuclear Physics (Almaty) から受け取った数値データが論文 (N.T.Burtebaev+, J, BAS, 44,(11),178,1980) の図を再現するかの確認
- EXFOR 31767 と D0808 の数値データの元論文との照合作業
- 筆者の Tm への重陽子入射反応実験論文についての議論

表 1 最終確認を行なった論文と EXFOR エントリ番号

E2214	J,JPJ,15,550,1960	E2241	J,JPJ,19,147,1964
E2219	J,JPJ,15,930,1960	E2242	J,JPJ,19,1809,1964
E2220	J,JPJ,15,1741,1960	E2244	J,JPJ,20,1,1965
E2224	J,JPJ,16,1056,1961	E2247	J,JPJ,20,1544,1965
E2225	J,JPJ,16,1077,1961	E2254	J,JPJ,21,2462,1966
E2226	J,JPJ,16,1091,1961	E2256	J,JPJ,23,147,1967
E2227	J,JPJ,16,1529,1961	E2261	J,JPJ,24,667,1968
E2228	J,JPJ,16,1849,1961	E2262	J,JPJ,24,677,1968
E2230	J,JPJ,16,2118,1961	E2307	J,JPJ,32,886,1972
E2231	J,JPJ,16,2378,1961	E2308	J,JPJ,32,1169,1972
E2233	J,JPJ,17,19,1962	E2309	J,JPJ,32,1466,1972
E2234	J,JPJ,17,729,1962	E2313	J,JPJ,33,1482,1972
E2235	J,JPJ,17,1319,1962	E2319	J,JPJ,37,1191,1974
E2237	J,JPJ,17,1817,1962	E2321	J,JPJ,38,945,1975
E2238	J,JPJ,18,477,1963	E2330	J,JPJ,41,361,1976
E2239	J,JPJ,18,620,1963	E2508	J,SCP,52,145,1976

3. まとめ

IAEA において1ヶ月間のインターンシッププログラムに参加した。主として、日本で再録された EXFOR エントリの最終確認作業を行った。プログラム参加を通して、データの取り扱いや読み方について学び、今後の実験に生きる経験となった。さらには、核データ課の構成員や他部門で働く日本人職員との交流もあり、国際機関で実際に働く人達を間近で見ることができるいい経験となった。

[1] IAEA Internship programme, IAEA

<https://www.iaea.org/about/employment/internships>

2016年国際核反応データセンターネットワーク技術会議報告

Report on the 2016 Technical Meeting on International Network of Nuclear Reaction Data Centres

北海道大学大学院理学研究院
江幡 修一郎

EBATA Shuichiro
Faculty of Science, Hokkaido University

Abstract

We report on the Technical Meeting on International Network of Nuclear Reaction Data Centres on June 7-10, 2016 at the China Hall of Science and Technology, Beijing. The meeting is held annually and the participants intensively discuss issues concerning the nuclear reaction database, EXFOR.

1 はじめに

原子核反応データベースは国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency: IAEA) を中心にした国際核データセンターネットワーク (Nuclear Reaction Data Centre: NRDC) を通じて維持、管理されている。核反応データは担当地域の核データセンターが収集し、EXFOR (EXchange FORmat) と呼ばれる共通形式に変換しデータベース化されている。日本地域の担当は日本原子力研究開発機構 (JAEA) と北海道大学大学院原子核反応データ研究開発センター (JCPRG) である。JCPRG は日本で得られた荷電粒子核反応データを主に担当している。NRDC の活動は主にデータ収集とその質の維持管理になる。この活動に際して現れる様々な課題や利用者からの要請に対応する為に技術会議を毎年開催している [1, 2]。

2016年のテクニカルミーティング (NRDC2016) は6月7日から10日まで中国、北京のChina Hall of Science and Technology (中国科技会堂賓館) で行われた (図1)。参加者は26名で13の核データセンターのメンバーが参加し、アジアからは日本を含めて10名 (日本3名, 中国2名, 韓国2名, インド1名, カザフスタン2名) であり、アジアでの採録活動が活発になっている。

2 会議概要

NRDC2016ではNRDCの各々の報告とEXFORに関する内容について確認・提案と議論が行われた。これまでのミーティング議事録はNuclear Data Service (NDS) のWebサイトにて公開されている [3]。ミーティング全体の流れは、主催者の挨拶にはじまり、各センターの進捗報告、EXFOR全体における統計とマニュアル、辞書を議論し、その後EXFORの詳細について議論した。

- **Progress Report**

13の各センター(以下発表順:CNPD(ロシア), ATOMKI(ハンガリー), JCPRG, NDPCI(インド), UkrNDC(ウクライナ), CDFE(ロシア), KNDC(韓国), CJD(ロシア), JAEA(日本), NEADB(フランス), NDS(IAEA), CNDC(中国), NNDC(アメリカ))から昨年度の活動報告があった。ロシア CDFE の V.Varlamov の発表において、Web サイト (<http://cdfe.sinp.msu.ru/>) の更新と光核反応データの評価が印象的であった。

- **EXFOR General**

次に EXFOR 全体について、各センターからの送信数の統計、新しい採録対象の論文、各センターへの論文の担当配分などが報告される。2015 年度までの NRDC で採録された新しいエントリーは 550、修正エントリーは 997 であった。また、エントリーが登録され最終的に送信するまでの期間の統計も出され、エントリーの内容にもよるが、出来る限り早い採録が促された。

- **EXFOR Manual and Dictionary**

次に EXFOR のマニュアル LEXFOR と辞書の修正に関して議論された。Thermal Neutron Scattering における R-value の定義の修正案が提案され、認められた。具体的には、ある核分裂する系(核分裂する核種と熱中性子場)を評価するとき、参照系との比を定義した。また DAM(divided by atomic mass) と RAB(time natural isotopic abundance, isotopic abundance of target of first term of REACTION sum) の修正と新しいデータヘディング VEL (velocity of incident particle) が提案されたが、これ等は認可されなかった。EXFOR データベースに採録されている文献の書誌情報データベース CINDA(Computer Index of Nuclear Reaction Data) についても議論された。夜になると、NRDC 間の親睦の為に社交行事が開かれた。

- **EXFOR Compilation needs, Quality control and Cording**

2 日目は EXFOR 採録活動における要請項目の確認と EXFOR の品質管理、EXFOR コーディングルールが議論された。要請項目の確認では、幾つかの論文で Mughabghab's Atlas of Neutron Resonances を参照しており、それらのデータが EXFOR がない事が指摘された。その他にも熱中性子を含む中性子反応データの EXFOR における欠損が指摘された。EXFOR の品質管理では、国際的に用いられている評価済みデータライブラリと EXFOR データの中性子反応データを比較が発表された。また、評価済みデータライブラリとの統計的な比較から、EXFOR データベースの様々な間違いが明るみになった。重複するデータと、崩壊に関するデータを Nuclear Wallet Cards と比較したところ 50%を超えるデータで差異が見つかった。EXFOR コーディングルールでは、DECAY-DATA と RAD-DATA の関係、TTY に関連するコード、アイソメリック状態のフラッグ、REFERENCE に関するコードの修正が提案され認められた。データが無い状態について LOST が提案されたが認可されなかった。午後はデータ採録の際に使われるソフトウェアの進捗状況が報告された。最終日は全体の確認と今年度の各センターが担う活動内容がまとめられた。

初日の活動報告で、JCPRG は 94 編の新規論文からデータを抽出・採録し、過去 13 編の採録について修正を行い、加えて JCPRG 独自のデータベース(Nuclear Reaction Data File)形式に変換した事を報告した。新しい EXFOR エディタ開発を行っている事も発表し、また日本学術振興会二国間交流事業のプログラムで採録された ATOMKI との共同研究開発の進捗状況を報告した。2 日目のデータ採録の際に使われるソフトウェアの議論の際に JCPRG の GSYS について継続した維持・管理の要請を受けた。



図 1: 会議の様子

3 まとめ

世界で利用されている原子核反応の数値データは国際連携のもと、NRDC の 13 センターが協力して収集、EXFOR 形式への変換及び交換を基にして公開されている。複数のセンターが単一の形式でデータベースを維持する為には、共通認識が必要不可欠である。毎年 1 回、開催される技術会議は、問題解決及び技術共有を行っている。JCPRG は NRDC の一員として、例年、担当者をこの会議に派遣しており、2016 年は筆者が参加した。JCPRG が継続して EXFOR データベースの維持・管理に協力し、世界中の核データ利用者の利便性向上に貢献していく重要性を再確認した。加えて JCPRG はデータベースの独自性を保持する重要性も再認識した。

謝辞

国際原子力機関による旅費補助及び日本学術振興会研究成果公開促進費（データベース）257005 によるデータベース入力活動の補助に感謝いたします。

参考文献

- [1] 小濱洋央, 「国際核反応データセンターネットワーク (NRDC) 2011 年会合」, 核データニュース No.100 (2011) 6.

- [2] 合川正幸, 「2012年国際核反応データセンターネットワーク (NRDC) テクニカルミーティング」, 核データニュース No.103 (2012) 1, 合川正幸, 「国際核反応データセンターネットワークテクニカルミーティング (NRDC2014)」, 核データニュース No.108 (2014) 41.
- [3] NRDC Web site, NDS, IAEA: <https://www-nds.iaea.org/nrdc/>, N.Otsuka and S.Taova, “Summary Report of the Technical Meeting on International Network of Nuclear Reaction Data Centres” INDC(NDS)-0686, (2015).

Report on the Seventh Asian Nuclear Reaction Database Development Workshop

SARSEMBAYEVA Aiganym, DAGVADORJ Ichinkhorloo
Faculty of Science, Hokkaido University

Abstract

The Seventh Asian Nuclear Reaction Database Development Workshop was held on November 8-11, 2016 at China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, China. The workshop provided a good opportunity for sharing information and promoting cooperation on nuclear data activities in Asia. It was valuable and fruitful for participants in the workshop. A brief summary on the workshop is presented in this report.

The International Network of the Nuclear Reaction Data Centres (NRDC) is a world-wide network of nuclear data centres organized under the auspices of the International Atomic Energy Agency (IAEA). It has been established to coordinate collection, compilation, and dissemination of nuclear data on an international scale. Nuclear data have been widely utilized in various fields such as: nuclear physics, astrophysics, nuclear engineering, medicine, etc. The China Nuclear Data Center (CNDC) cooperates in nuclear data compilation with the International Network of Nuclear Reaction Data Centres (NRDC) under the auspices of the International Atomic Energy Agency (IAEA). The NRDC has 13 member institutes worldwide and collaborates in compilation of experimental nuclear reaction data.

Table 1. Nuclear Reaction Data Centres (NRDC)

Centre	Scope	Country
NNDC	ND, CPND and PhND measured in USA and Canada	USA
NEA DB	ND and CPND measured in NEA DB countries not covered by other centers	France
NDS	ND, CPND and PhND not covered by other centers	Austria
CJD	ND measured in former USSR	Russia
CNDC	ND and CPND measured in China	China
ATOMKI	CPND measured in collaboration with ATOMKI	Hungary
NDPCI	ND, CPND and PhND measured in India	France
JAEA/NDC	Evaluation	Japan
JCPRG	CPND and PhND measured in Japan	Japan
KNDC	ND, CPND and PhND measured in Korea	Republic of Korea
CDFE	PhND (coordinated with other centers)	Russia
CNPD	CPND (coordinated with other centers)	Russia
UkrNDC	ND, CPND and PhND measured in Ukraine	Ukraine

There are five Asian institutes in the NRDC; China Nuclear Data Centre (CNDC), China, Bhabha Atomic Research Centre (BARC), India, Hokkaido University Nuclear Reaction Data Centre (JCPRG) and JAEA Nuclear Data Center, Japan, and Korea Nuclear Data Center (KNDC), Korea. The four centres among the five, CNDC, BARC, JCPRG and KNDC, are in charge of compilation of domestic nuclear reaction data. The centre heads of the four institutes cooperate to promote nuclear data activities with special focus on compilation. Under the Asian cooperation, the Seventh Workshop on Asian Nuclear Reaction Database Development was held on November 8-11, 2016 at China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, China. This workshop is followed by the workshops in Sapporo (Japan, 2010), Beijing (China, 2011), Pohang (Korea, 2012), Almaty (Kazakhstan, 2013), Mumbai (India, 2014), Sapporo (Japan, 2015) and Beijing (China, 2016). A brief summary on the workshop is reported. The topics of the workshop includes, information on activities of the nuclear data centres, nuclear data compilation, data evaluation, computational simulations and other related subjects. The participants from Austria, Japan, Korea and Mongolia have attended the workshop. In this workshop, 17 presentations related to the research work and activities of the respective data centres were presented. One is based on the development of a new Java-based EXFOR editor, and the second one on the study of low-energy nuclear reactions of light nuclei based on cluster structures, in CDCC. The workshop was very fruitful for participants



Fig. 1: Group photo.

and its continuation was requested. The next workshop was proposed to be held in Ulaanbaatar, Mongolia. The details of the workshop are summarized in the proceedings [1].

Acknowledgement

The authors are grateful for the financial support from the Nuclear Reaction Data Centre (JCPRG), Hokkaido University to attend the workshop.

References

- [1] Eds.; G. Chen, N. Otuka. Proceedings of the Seventh AASPP Workshop on Asian Nuclear Reaction Database Development, INDC(CPR)-062, (2017)

The 7th Asian Nuclear Reaction Database Development Workshop

8 - 11 Nov., 2016, Beijing, China

Meeting Room: China Hall of Science and Technology Room B407

Agenda (Draft 2016-11-06)

Date	Time	Program	Participant	Chairman	
Nov. 8 (Tue.)	9:30 -- 10:00	Registration			
	10:00 -- 11:00	Opening & Welcome Address		Zhigang Ge	
	11:00 -- 11:30	Coffee Break & Group Photo			
	11:30 -- 12:30	EXFOR - status, compilation activities and new developments	V.Semkova (IAEA)		
	12:30 -- 14:00	Lunch			
	14:00 -- 14:50	Activation cross sections of alpha-induced reactions on natural palladium for ^{103}Ag production	M.Aikawa (Hokkaido University)	Xichao Ruan	
	14:50 -- 15:40	Recently Progress of Nuclear Data Evaluations and Activities in China	Zhigang Ge (CIAE)		
	15:40 -- 16:10	Coffee Break			
	16:10 -- 16:40	Nuclear data measurement activities at CIAE	Xichao Ruan (CIAE)	M.Aikawa	
	16:40 -- 17:10	Nuclear Data Activities using Cyclotron and electron linac	Kim Guinyun (Kyungpook National University)		
	18:00 -- 20:00	Welcome Banquet			
Nov. 9 (Wed.)	9:00 -- 9:50	Recent Nuclear Data Activities at KAERI	Young-Sik Cho (KAERI)	Kim Guinyun	
	9:50 -- 10:40	An evaluation of alpha-clustering in (n, α) reaction and alpha-decay	Myagmarjav Odsuren (National University of Mongolia)		
Date	Time	Program	Participant	Chairman	
	10:40 -- 11:00	Coffee Break			
	11:00 -- 11:30	Measurements and evaluations of excitation functions at CIAE	Jiang Liyang (CIAE)	Young-Sik Cho	
	11:30 -- 12:00	Review of fission product yields measurements in key laboratory of nuclear data	Feng Jing (CIAE)		
	12:00 -- 14:00	Lunch			
	14:00 -- 14:30	Evaluation of deuteron-induced excitation functions for $^{186}\text{W}(d, p)^{187}\text{W}$ and $^{186}\text{W}(d, 2n)^{186}\text{Re}$	Jimin Wang (CIAE)	Myagmarjav Odsuren	
	14:30 -- 15:00	Low energy scattering cross sections for $^6\text{Li}+n$ and $^7\text{Li}+n$ reactions	Ichinkhorloo Dagvadorj (JCPRG)		
	15:00 -- 15:30	A new java-based EXFOR editor	Aiganym Sarsembayeva (JCPRG)		
	15:00 -- 15:30	Coffee Break			
	15:30 -- 17:30	EXFOR Compilation	All		
Nov. 10 (Thu.)	9:00 -- 9:50	Investigation of Activation Cross-Sections of Alpha-Induced Nuclear Reactions on Natural Silver	Kim Kwangsoo (Kyungpook National University)	V.Semkova	
	9:50 -- 10:40	Measurement and EXFOR Compilation of the Neutron-Induced Activation Cross Sections in the Energy Range up to 20 MeV	V.Semkova (IAEA)		
	10:40 -- 11:00	Coffee Break			
	11:00 -- 11:30	Recent EXFOR Compilation in CNDC	Guochang Chen (CIAE)	Zhigang Ge	
	11:30 -- 12:00	Theoretical calculation of $n+^6\text{Li}$	Xi Tao (CIAE)		
	12:00 -- 14:00	Lunch			
	14:00 -- 14:50	Introduction of digitization software GDgraph	Guochang Chen (CIAE)	Zhigang Ge	
	14:50 -- 15:50	GDgraph training			
	15:50 -- 16:20	Coffee Break			
16:20 -- 17:30	EXFOR Compilation	All			
Nov. 11 (Fri.)	9:00 -- 10:00	Closing remarks		Zhigang Ge	

EXFOR compilation workshop 2016 会議報告

Report on EXFOR compilation workshop 2016

北海道大学 理学研究院
江幡 修一郎

EBATA Shuichiro
Faculty of Science, Hokkaido University

Abstract

We report on the EXFOR compilation workshop 2016 on October 24-28, 2016 at the International Atomic Energy Agency, Vienna. The meeting is held when there are requests to discuss specific topics from Consultants' Meetings, Coordinated Research Projects and NRDC Meetings. The main topic is the compilation of the thermal neutron reaction.

1 はじめに

原子核反応データベースは国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency: IAEA) を中心にした国際核データセンターネットワーク (Nuclear Reaction Data Centre: NRDC) を通して維持、管理されている。核反応データは担当地域の核データセンターが収集し、EXFOR (EXchangeFORmat) と呼ばれる共通形式に変換しデータベース化されている。

毎年、NRDC メンバーが集い、各データセンターの活動報告をする NRDC meeting が行われているが、本ワークショップは、IAEA が設置する Consultants' Meetings (CM)、Coordinated Research Projects (CRP) や NRDC meeting から議論の要請があった場合に開催される [1]。今回の主要な議題は熱中性子に関するデータの採録であった。

会議は、10月24日から28日までオーストリア、ウィーン (Vienna) の IAEA 本部で行われた。参加者は21名でアジアからは日本を含めて7名 (日本1名, 中国2名, インド2名, モンゴル1名, カザフスタン1名) であり、三分の一はアジアである。近年はアジアからの貢献が積極的になってきている。

2 会議概要

EXFOR workshop 2016 のミーティング議事録は Nuclear Data Service (NDS) の Web サイトにて公開されている [2]。CM, CRP, INDC ミーティングが開催され、熱中性子散乱のデータを中心に改善、測定方法や分析方法が議論された。

- EXFOR で採録されている熱中性子散乱データの改善
- 核データの重要性や要望を核データコミュニティに強調
- 散乱断面積測定の方法について議論
- Thermal Scattering Law Data (TSL) の評価方法についてレビュー
- LEXFOR における熱散乱のマニュアルが改訂
- 熱散乱とエピサーマル中性子散乱との差がまとめられた。
- 採録すべき実験情報、特に厚標的におけるデータの書式について整理。
- 応用で有用な素材のリストを作成

議論された以上の内容を基に本ワークショップは開かれた。

具体的な採録方法のほかに、重水素ガスターゲットを用いた中性子データの測定を行っているスロバキアグループの活動報告 (P.Prajapati)、アメリカ NNDC の活動報告 (B.Pritychenko)、インドの Mizoram 大学の核データ採録、中性子スペクトラム測定と中性子捕獲断面積の活動報告 (B.Lalremruata)、そしてモンゴルにおける核データ採録活動と高速中性子を使った基礎実験、光子による核励起実験手法、微視的モデルを用いた少数系の記述に関する内容 (M.Odsuren) が報告された。また、CNPD (Russian Federal Nuclear Center) で開発されているデジタイズツール InpGraph と採録ツール EXFOR-editor の開発進捗状況が報告された。

V.Semkova と N.Otsuka によって熱中性子断面積と共鳴スペクトラムの積分値それに伴う熱中性子定数について発表があった。



図 1: 参加メンバー

3 Summary

本会議は定期的に行われる NRDC ミーティングとは異なり、IAEA の設置する CM, CRP, NRDC ミーティングの要請によって特別に招集されたものである。2016 年 10 月 24 日から 28 日まで Vienna で行われた。本会議のトピックスは熱中性子の散乱データと熱中性子の定数、厚標的における核反応データの書式であった。NRDC メンバー間で提案された書式は共有を確認した。また、NNDC, インドの Mizoram 大学とモンゴルにおける核データ採録活動が報告され、デジタイズツール (InpGraph), コンパイルツール (EXFOR-Editor) の進捗状況が説明された。

Acknowledgment

国際原子力機関による旅費補助及び日本学術振興会研究成果公開促進費 (データベース) 257005 によるデータベース入力活動の補助に感謝いたします。

参考文献

- [1] D.Ichinkhorloo, 「Report of Workshop on EXFOR Compilation 2014」, 北海道大学原子核反応データベース研究開発センター年次報告 No.4 (2014).
- [2] EXFOR workshop 2016 Web site, NDS, IAEA: https://www-nds.iaea.org/nrdc/wksp_2016/

Report on the 7th DAE-BRNS Workshop on EXFOR Compilation of Nuclear Data

SINGH Jagjit

Meme Media Laboratory, Nuclear Reaction Data Centre, Faculty of Science,
Hokkaido University

Abstract

In this report, contents of 7th DAE-BRNS Workshop on Compilation of Experimental Nuclear Data, are discussed. This workshop is aimed towards making EXFOR entries and in nurturing the EXFOR data compilation activity of the Nuclear Data Physics Center of India (NDPCI) along with training attendees over the compilation of data with series of lectures and seminars.

1 Introduction

Seventh DAE-BRNS Workshop cum Theme meeting on EXFOR compilation of experimental nuclear data is jointly organized by the Nuclear Data Physics Center of India (NDPCI), BRNS-DAE, Mumbai and Department of Physics, North-Eastern Hill University (NEHU), Shillong, Meghalaya, India. India is a member of the Nuclear Reaction Data Center network of 12 Nations. A server in BARC, Mumbai [2], is at present mirroring the nuclear data services (NDS) of IAEA, Vienna [1]. EXFOR, one of the nuclear data bases of NDS is used for the compilation of the published experimental nuclear reaction data for incident neutron, gamma radiation and charged particles on various targets. EXFOR database has wide applications for nuclear data evaluators, applied users, theoretical nuclear physicists and experimentalists. NDPCI, with active support from DAE-BRNS has successfully conducted, six EXFOR training workshops at BARC, Mumbai (2006, 2007), University of Rajasthan, Jaipur (2009), Panjab University, Chandigarh (2011), Banaras Hindu University, Varanasi (2013) and Bangalore University, India (2015) respectively where nuclear scientists, university faculty, research scholars and students took active part. This workshop was held in NEHU and is the first in East India.

EXFOR is an international effort under the auspices of NRDC, IAEA towards exhaustive collection and dissemination of experimental nuclear data. India is one of the member states of NRDC and has been actively contributing to EXFOR database through Nuclear Data Physics Centre of India (NDPCI), which is the nodal centre of nuclear data activity in India. This 7th DAE-BRNS Workshop on Compilation of Experimental Nuclear Data (EXFOR-2017), was attended by 40+ participants from various parts of India, IAEA and JCPRG, Japan. This report presents the briefs of 7th DAE-BRNS Workshop on Compilation of Experimental Nuclear Data (EXFOR-2017). The report is organized as follows: section 2 describes the objectives of workshop. Section 3 describes the main topics discussed by various resource persons from the Austria and India. Section 4 presents the report on Indian EXFOR compilation activities. Finally, section 5 presents conclusions.

2 Objectives

- Scope, contents, objectives and importance of EXFOR database.
- Indian nuclear data mirror website of NDS.
- Basic introduction: How to use EXFOR.
- Editor and Digitization software for EXFOR applications.
- Indian nuclear physics and nuclear data experiments.
- Tutorials and EXFOR coding exercises.
- Creation of new EXFOR entries and their review.
- Practical computer sessions with feedback.

3 Main Topics of the Agenda

3.1 Introduction to IAEA Nuclear Data Services



Figure 1: International Atomic Energy Agency (IAEA) Nuclear Data Services (NDS) web page snapshot [1].

In first lecture **N. Otsuka** briefly introduced about the IAEA Nuclear Data Services. The various data bases available are shown in Fig 1. The bibliographic data bases are Computer Index of Nuclear Reaction Data (CINDA) and Nuclear Science References (NSR). The bibliography of measured, calculated, reviewed and evaluated cross-sections and other microscopic neutron data is indexed in CINDA. CINDA database is extended by photo nuclear and charged particle reaction data, since 2005. This data base is managed by NDS, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. The bibliography of nuclear physics articles of more than 80 journals, of past 10 decades is indexed in NSR data base. This data base is managed by National Nuclear Data Center (NNDC), Brookhaven National Laboratory, USA. The Experimental Nuclear Reaction Data (EXFOR) and Evaluated Nuclear Data File (ENDF) are nuclear reaction data bases. The compiled experimental neutron nuclear reaction data, since the discovery of neutron is contained in EXFOR data base. As per statistics on 10 May, 2017, EXFOR library contains data from 21623 experiments. Evaluated cross sections, spectra, angular distributions, fission product yields, photo-atomic and thermal scattering law data, with emphasis on neutron induced reactions is maintained in ENDF data base.

The data were analyzed by experienced nuclear physicists to produce recommended libraries for one of the national nuclear data projects (USA, Europe, Japan, Russia and China). These data bases are managed by NDS, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria. He also briefly introduced about Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF) and Live Chart of Nuclides.

3.2 Introduction to EXFOR

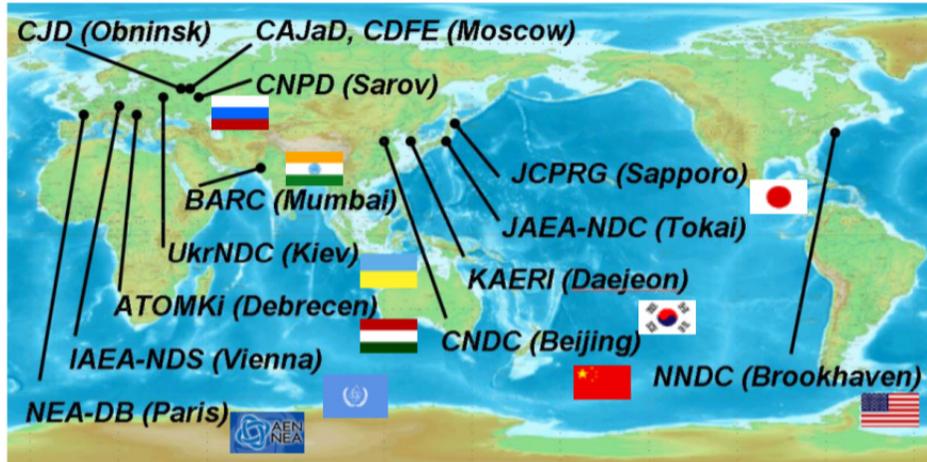


Figure 2: The International network of Nuclear Reaction Data Centers (NRDC) across the world under auspices of Nuclear Data Services (NDS)- Atomic Energy Agency (IAEA) [1].

The second lecture of **N. Otsuka** was devoted towards introduction to EXFOR. 12 centres from 8 countries (China, Hungary, India, Japan, Korea, Russia, Ukraine, USA) and 2 international organisations (NEA, IAEA) are collaborating for EXFOR compilation under the auspices of IAEA NDS. Indian Centre (NDPCI, coordinated by Prof. A. Saxena, BARC) is responsible to neutron, charged-particle and photonuclear reaction data measured in India. He put light on statistics of experiments of EXFOR- compilation. He also explained the scope of EXFOR compilation along with very minute details of an EXFOR entry.

3.3 EXFOR/ENDF database

Third lecture of **N. Otsuka** was devoted towards EXFOR/ENDF data base. In this lecture he described the various aspects of EXFOR/ENDF data base along with full fledged exercise session. This lecture was really successful in the sense that, attendees got their hand over extracting data of cross section from EXFOR data base and comparison with Evaluated Data Libraries.

3.4 EXFOR Compiation

Last lecture of **N. Otsuka** was devoted towards compilation of an common article for all attendees to have hand on the EXFOR editor. He explained all the sections of an EXFOR entry very detailed manner to train new compilers.

3.5 Introduction of GSYS 2.4.7 Digitizer

This lecture was given by one of former colleague from JCPRG **Vidya Devi**. She explained installation of GSYS 2.4.7, introduced the digitization of numerical data, symmetric, asymmetric

error and output with very detailed manner in an exercise session.

3.6 Checking tools and finalization of an EXFOR entry

This session was taken by **B. Lalremruata**. He explained very common errors which one can case during compilation, like Illegal reaction pointer(Editor Specific error), Nonmonotonic data field, WARNING Extinct code found etc. He also explained very briefly the checking tools, CHEX and Janis Trans Checker.

3.7 Other topics covered

There are other wide variety of interesting lectures by various resource persons given. **D. Raj** reported about Nuclear Data and Its Application in Nuclear Fuel Cycles along with brief introduction of Indian nuclear reactors.

G. Mukhrjee reported about ENSDF another data base.

P. K. Joshi reported about how to handle statistical data.

4 A Status report on Indian EXFOR compilation activities

This session was reported by **B. K. Nayak**, to conclude the workshop. Figure ?? reports the contribution from India to EXFOR, in last couple of years. In this biannual workshop at NEHU, 40+ new Indian articles are compiled. He also took feedback from attendees for improvement of the organization of future workshops. In nut shell this workshop was really successful in learning new things about EXFOR compilation.

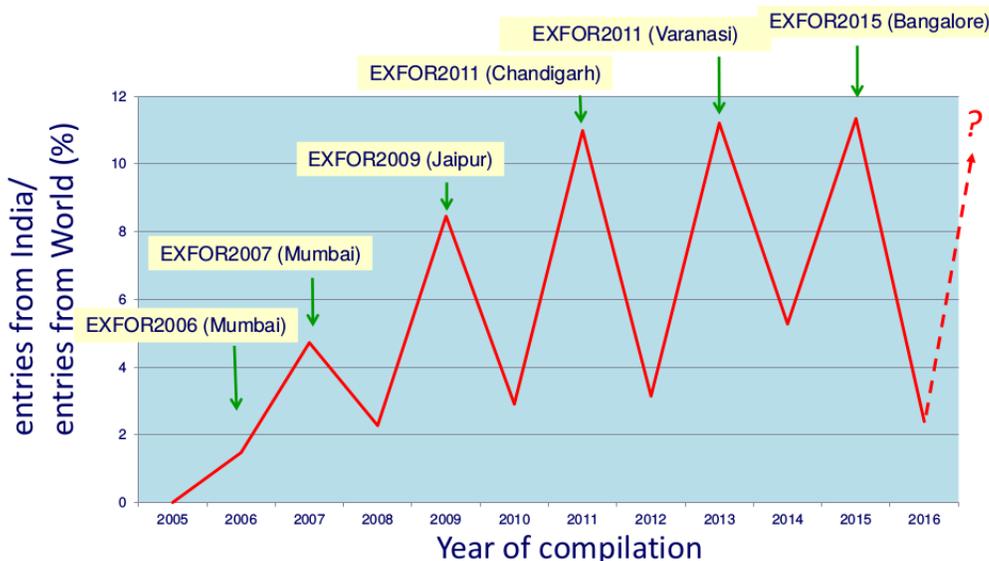


Figure 3: Contribution from India to EXFOR (Figure taken from slides presented by N. Otsuka in EXFOR-2017).



Figure 4: All resource persons of the EXFOR-2017.



Figure 5: Lectures in progress.

5 Summary

This workshop has drifted the nuclear data compilation activity and have resulted in substantial contributions to the IAEA-EXFOR database as well as encouraged Indian nuclear physicists to endeavor for international reckoning by making EXFOR compilation as an integral part of their research.

Acknowledgment

Travel support provided by JCPRG (Hokkaido University, Japan), and local support provided by organizers of EXFOR 2017, was gratefully acknowledged.

References

- [1] <https://www-nds.iaea.org/>.
- [2] <https://www-nds.indcentre.org.in/>.

Annex. I

List of participants

Name	Affiliation
A. Bhattacharya	Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India
V. Mishra	Banaras Hindu University, Varanasi, India
N. K. Rai	BanarasHindu University, Varanasi, India
A. Gandhi	Banaras Hindu University, Varanasi, India
A. Sharma	IET Bhaddal, Punjab, India
D. Choudhury	Saha Institute of NuclearPhysics, Kolkata, India
Imranpasha	Bangalore University, Bangalore, India
J. Singh	Nuclear Reaction Data Centre, Hokkaido University, Japan.
J. Gangadharan K	National Institute of Technology, Calicut, India
K. M. Eshwarappa	Government First Grade College, India
M. R. Karkera	Manipal University, Karnataka, India
Muhammed Shan P T	University of Calicut, India
M. R. Srinivasan	Ramaiah University ofApplied Sciences, India
R. Lalnunluangi	Mizoram University, Aizawl, India
Rudraswamy B	Bangalore University, Bangalore, India
Sachhidananda H B	Siddaganga Institute ofTechnology, Tumakuru, India
T. K. Rana	Variable Energy Cyclotron Centre, India
S. Kundu	Variable Energy Cyclotron Centre, India
S. Biswas	Murshidabad College of Engineering and Technology, India
V. D. Bharud	Savitribai Phule Pune University, India
S. Parashari	Maharaja Sayajirao University, Baroda, India
J. Acharya	Maharaja Sayajirao University, Baroda, India
T. Selwyn G	Madras Christian College, University of Madras, India
S. Subramanian	V. O. Chidambaram College, India
N. Kalita	Assam Don Bosco University, India
M. P. Bora	Assam Don Bosco University, India
N. K. Deb	Guwahati University, India
M. Rahman	Assam Don Bosco University, India
N. Otsuka	International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria
D. Raj	Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India
V. Devi	IET Bhaddal, Punjab, India
G. Mukherjee	Variable Energy Cyclotron Centre, India
P. K. Joshi	Homi Bhabha Centre for Science Education (TIFR), India
B. K. Nayak	Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India
S. Mukherjee	Bhabha Atomic Research Centre, Mumbai, India
D. Suchiang	Tura Govt. College, Tura, Meghalaya, India
E. M. L. Buam	St. Marys College, Shillong, Meghalaya, India

Annex. II

PROGRAM

March 06	Monday
09 : 00 – 09 : 30	Registration
9 : 45 – 10 : 45	Inaugural Session
10 : 45 – 11 : 15	Tea/Coffee break
11 : 15 – 12 : 00	Lecture on Nuclear Data and Its Application in Nuclear Fuel Cycles, by D. Raj (BARC)
12 : 00 – 13 : 00	Lecture on Introduction to IAEA Nuclear Data Service, by N. Otsuka (IAEA-NDS) Exercise on NSR and Live Chart of Nuclides, by N. Otsuka (IAEA-NDS)
13 : 00 – 14 : 00	Lunch break
14 : 00 – 16 : 00	Lecture on Introduction to EXFOR, by N. Otsuka (IAEA-NDS) Lecture on EXFOR/ENDF database, by N. Otsuka (IAEA-NDS)
16 : 00 – 16 : 30	Tea/Coffee break
16 : 30 – 18 : 00	Exercise on EXFOR/ENDF database, by N. Otsuka (IAEA-NDS)
18 : 00 – 20 : 00	Cultural Program
20 : 00	Dinner
March 07	Tuesday
09 : 30 – 10 : 30	Lecture by Dr. Gopal Mukhrjee (VECC)
10 : 30 – 11 : 00	Tea/Coffee break
11 : 00 – 13 : 00	Lecture on EXFOR FORMATS, by N. Otsuka (IAEA-NDS)
13 : 00 – 14 : 00	Lunch break
14 : 00 – 16 : 00	Lecture/ Exercise-EXFOR Editor + Common Article(RG- Compiling Subentry1)
16 : 00 – 16 : 30	Tea/Coffee break
16 : 30 – 18 : 30	Lecture/ Exercise-EXFOR Editor + Common Article (SB-Compiling Subentry2)
18 : 30 – 19 : 30	Assignment of articles to participants for new Indian entries Exercise-Compilation of new articles
19 : 30	Dinner
March 08	Wednesday
09 : 30 – 10 : 30	Lecture on how to handle statistical data by Dr. P. K. Joshi (TIFR)
10 : 30 – 11 : 00	Tea/Coffee break
11 : 00 – 13 : 00	Lecture/ Exercise- Digitization by V. Devi (IET-Bhaddal)
13 : 00 – 14 : 00	Lunch break
14 : 00 – 16 : 00	Exercise-Compilation of new Indian Articles
16 : 00 – 16 : 30	Tea/Coffee break
16 : 30 – 17 : 00	Lecture Checking tool and finalization by B. Lalremruata (Mizoram University)
17 : 00 – 19 : 30	Exercise Compilation of new Indian articles (ALL)
19 : 30	Dinner

Annex. II (contd..)

PROGRAM

March 09	Thursday
09 : 30 – 10 : 30	Lecture by Dr. Gopal Mukhrjee (VECC)
10 : 30 – 11 : 00	Tea/Coffee break
11 : 00 – 13 : 00	Exercise Compilation of new Indian articles (ALL)
13 : 00 – 14 : 00	Lunch break
14 : 00 – 16 : 00	Exercise Compilation of new Indian articles (ALL)
16 : 00 – 16 : 30	Tea/Coffee break
16 : 30 – 19 : 30	Exercise Compilation of new Indian articles (ALL)
19 : 30	Dinner
March 10	Friday
09 : 30 – 10 : 30	Exercise Compilation of new Indian articles (ALL)
10 : 30 – 11 : 00	Tea/Coffee break
11 : 00 – 13 : 00	Exercise Compilation of new Indian articles (ALL)
13 : 00 – 14 : 00	Lunch break
14 : 00 – 16 : 00	Exercise Compilation of new Indian articles (ALL)
16 : 00 – 16 : 30	Tea/Coffee break
16 : 30 – 19 : 30	Concluding Session
19 : 30	Dinner

国際会議「International Conference of Nuclear Data for Science and Technology 2016 (ND2016)」の参加報告

Report on International Conference of Nuclear Data for Science and Technology 2016 (ND2016)

北海道大学大学院理学研究院
江幡 修一郎

EBATA Shuichiro
Faculty of Science, Hokkaido University

Abstract

We report our contributions on the International Conference of Nuclear Data for Science and Technology 2016 (ND2016) on September 11-16, 2016 at Bruges, Belgium. The conference is one of the largest international conferences for nuclear data studies, which is held every three years. It covers many kinds of topics on nuclear physics, applications and social problems. We present a new method to measure interaction cross sections of radioactive isotopes using a thick target.

1 はじめに

2016年9月11日-16日にベルギーのブルージュで国際会議「International Conference of Nuclear Data for Science and Technology 2016 (ND2016)」が行われた。本国際会議は核データ研究分野で最大の会議で、1978年から約3年毎に開催されている。ND2016はEuropean Commission, OECD-NEA, IAEAによって主催された14回目の会議である[1]。参加者は45か国から約500名あり、発表総数は510件だった。日本からは47件の発表が行われた。本稿ではND2016の会議概要と筆者の発表内容について報告する。

2 会議概要

ND2016のトピックスは多岐にわたっており、22項目について議論された。核分裂、核融合、核構造、核反応に関する実験と理論分野、原子炉物理、宇宙核物理、医療核物理に関する核データとその測定また工学的な技術、核不拡散、テロ防護に関する核セキュリティ、核物質の保障措置と原子力に関する科学教育なども挙げられた。基礎物理から社会的問題に至るまで幅広い分野が対象になっていた。

これら多くのトピックスは基調講演7件、プレナリー講演9件、招待講演84件、口頭発表266件、ポスター発表144件の発表で議論された。基調講演は12日に、プレナリー講演は12日と16日に行われた。他の講演は13-15日の間で7つの会場を使用して、以下の12タイトルを冠してパラレルセッションが行われた。

- Fission physics and observables
- Evaluation
- Nuclear reaction measurements
- Astro nuclear physics
- Experimental facilities, equipment, techniques and methods
- Thermal scattering laws and libraries
- Medical applications
- Integral experiments, benchmarks and data validation
- Theory of nuclear reactions and structure, models and codes
- Nuclear data for applications
- Nuclear masses, structure and decay data measurements
- Gamma-ray strength functions
- Knowledge Transfer

基調講演では主要な国際的原子力関連機関 (1) European Commission, (2) OECD-NEA, (3) IAEA, (4) CEA (フランス), (5) JAEA, (6) SCK・CEN (ベルギー), (7) CERN から各々の核データ研究への取り組みと今後の展望について紹介された。会議の最終日に、2019年の中国北京にて次回会議の開催が発表された。

3 発表内容

9月14日 Morus 会場にてセッションタイトル Experimental facilities, equipment, techniques and methods IV において JCPRG で進めてきた厚標的を用いた核データ測定の手法の研究に関して口頭発表を行った (発表 ID:R308) [2]。

題目は「Extended methods using thick-targets for nuclear reaction data of radioactive isotopes」とした。本研究は、長寿命核分裂生成物を含む核廃棄物を処理または再利用する為の核変換技術を開発する上で、重要な核データを取得する効率的な手法を確立する事が目的である。この新技術を開発するにあたって、大きな問題の一つは、目的の放射性核種の反応データが著しく少ない事が挙げられる。その原因は、放射性廃棄物に含まれる核種の放射能が非常に高く、また化学的に不安定であるといった実験の難しさにある。近年、この核データを取得する為に、逆運動学を利用した実験が理化学研究所の RIBF で行われている [3]。しかしながら、核変換技術開発では幅広いエネルギー領域で核

反応データが必要であり、数多くの実験が必要になる。そこで、我々は厚標的を用いてエネルギーに関し、効率よく系統的な反応断面積を測定する方法を提案する。

提案する方法は「逆運動学を用いた放射性物質の厚標的生成反応率の導出」[4]と「相互作用断面積のエネルギー関数の為の厚標的トランスミッション法」[5]を組み合わせた方法である。逆運動学を用いた厚標的生成反応率（Thick-target yield: TTY）の導出は、目的の反応で得られる TTY をその逆運動系の反応から導出する方法である。逆運動系の TTY に、目的の反応系の阻止能と逆運動系の阻止能の比を掛けて、導出するという方法である。阻止能は標的物質の密度と標的と入射核の電荷で、正確に見積もる事が可能であり、特に、核変換で必要になるエネルギー領域で、この手法は有用である。本研究では阻止能を計算する SRIM コード [6] を用いて、手法の有用性を見積もることが出来る事を示した。

相互作用断面積のエネルギー関数の為の厚標的トランスミッション法（Thick-target transmission method: T3 法）はよく利用されている通常のトランスミッション法の標的の厚さを変えることで、相互作用断面積のエネルギー関数を得ようとする方法である。T3 法は反応系の核種に依らずに適用可能なものである。モンテカルロシミュレーション（PHITS）[7]を利用して、アルミニウム標的に炭素入射の反応系で相互作用断面積のエネルギー依存性を T3 法で再現出来ることを示した。統計性は今後の課題である。

核変換技術を適用する系は巨視的な対象であり、TTY が重要な物理量になる。T3 法で相互作用断面積のエネルギー依存性を求め、逆運動学を用いた TTY の導出を使えば、この必要なデータが効率的に取得可能になると考えられる。

4 まとめ



図 1: 集合写真

2016 年 9 月 11 日-16 日にベルギーのブルージュで行われた核データの国際会議 ND2016 の参加報

告を行った。参加者は約 500 名と多く (図 1)、様々な分野における核データの国際的な重要性を再確認した。次回の会議は 2019 年に中国北京で行われる予定である。JCPRG における核データの研究内容を発表し、核変換技術開発の為に核データ取得法を提案した。

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) により、科学技術振興機構を通して委託されたものです。

参考文献

- [1] International Conference of Nuclear Data for Science and Technology 2016 (ND2016) <http://www.nd2016.eu/>
- [2] S. Ebata, M. Aikawa, S. Imai, “Extended methods using thick-targets for nuclear reaction data of radioactive isotopes” EPJ Web Conf. **146** (2017) 03010.
- [3] H. Wang et al., “Spallation reaction study for the long-lived fission product ^{107}Pd ”, Prog. Theor. Exp. Phys. **2017** (2017) 021D01.
- [4] M. Aikawa, S. Ebata, S. Imai, “Thick-target yields of radioactive targets deduced from inverse kinematics”, Nucl. Instr. Meth. **B353** (2015) 1.
- [5] M. Aikawa, S. Ebata, S. Imai, “Thick-target transmission method for excitation functions of interaction cross sections” Nucl. Instr. Meth. **B383** (2016) 156.
- [6] SRIM (The Stopping and Range of Ions in Matter), <http://www.srim.org/>
- [7] T. Sato, et al., “Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS, Version 2.52”, J. Nucl. Sci. Technol. **50** (2013) 913.

2016年度入力データ

Data-Entries of 2016

北海道大学大学院理学研究院
木村 真明

KIMURA Masaaki
Faculty of Science, Hokkaido University

1 今年度入力論文リスト

以下の雑誌からデータ収集・入力作業を行った。作業にあたって、国内外の研究機関に所属する著者の方々からご協力を得ることができ、質の高いデータ入力につながっている。

- Journal of Nuclear Science and Technology
- Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry
- Journal of the Physical Society of Japan
- Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A
- Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B
- Nuclear Physics A
- Physical Review C
- Physical Review Letters
- Physics Letters B
- Scientific Papers of the Institute of Physical and Chemical Research

今年度新規に収録した全論文 58 編のリストを表 1 に示す。

表 1: 採録論文一覧

Data 2214

Title Differential cross sections for the reaction $^{12}\text{C}(\text{d},\text{p})^{13}\text{C}$ in the energy range of deuterons from 15- to 20-MeV
Author S.Morita *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **15** (1960) 550
Table Total : 13 EXFOR : 13 Author : 0 Table : 0 Curve : 13 Unobt : 0

Data 2219

Title On the alpha-particles from the $\text{N}^{14}(\text{d},\text{a})\text{C}^{12}$ ground state reaction
Author N.Kawai *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **15** (1960) 930
Table Total : 8 EXFOR : 8 Author : 0 Table : 0 Curve : 8 Unobt : 0

Data 2220

Title (d,a) reactions on some light nuclei
Author C.Hu *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **15** (1960) 1741
Table Total : 18 EXFOR : 18 Author : 0 Table : 0 Curve : 18 Unobt : 0

Data 2224

Title Inelastic scattering of deuterons from ^{12}C , ^{24}Mg and ^{60}Ni
Author Y.Ishizaki *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **16** (1961) 1056
Table Total : 9 EXFOR : 9 Author : 0 Table : 0 Curve : 9 Unobt : 0

Data 2225

Title He³-alpha scattering
Author R.Chiba *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **16** (1961) 1077
Table Total : 26 EXFOR : 26 Author : 0 Table : 0 Curve : 26 Unobt : 0

Data 2226

Title Angular distribution of (a,p) reactions in some light nuclei
Author M.Kondo *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **16** (1961) 1091
Table Total : 13 EXFOR : 13 Author : 0 Table : 1 Curve : 12 Unobt : 0

Data 2227

Title The N14(d,a)C12 ground-state reaction in the energy range of deuteron from 1.5 to 3.0 MeV
Author T.Ishimatsu *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **16** (1961) 1529
Table Total : 10 EXFOR : 10 Author : 0 Table : 1 Curve : 9 Unobt : 0

Data 2228

Title Angular distribution for the 14N(d,p)15N ground state reaction
Author S.Morita *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **16** (1961) 1849
Table Total : 4 EXFOR : 4 Author : 0 Table : 0 Curve : 4 Unobt : 0

Data 2230

Title (d,a) reactions on O16, N14 and C12 by 14.7 MeV deuterons
Author T.Yanabu *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **16** (1961) 2118
Table Total : 13 EXFOR : 13 Author : 0 Table : 6 Curve : 7 Unobt : 0

Data 2231

Title Angular distributions of alpha-particles from F19, Al27 and P31 bombarded with protons
Author S.Yamashita *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **16** (1961) 2378
Table Total : 25 EXFOR : 25 Author : 0 Table : 0 Curve : 25 Unobt : 0

Data 2233

Title Angular distributions of the alpha particles from the (p,a) reactions on Na23 and K39 at 6.9-7.3 MeV
Author T.Nakamura *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **17** (1962) 19
Table Total : 12 EXFOR : 12 Author : 0 Table : 0 Curve : 12 Unobt : 0

Data 2234

Title Scattering and polarization of 57-MeV protons
Author S.Yamabe *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **17** (1962) 729
Table Total : 27 EXFOR : 27 Author : 0 Table : 0 Curve : 27 Unobt : 0

Data 2235

Title Differential excitation functions for alpha particle and proton groups from the deuteron induced reactions on F19
Author T.Maki *et al.*

Reference J.Phys.Soc.Jpn. **17** (1962) 1319
Table Total : 5 EXFOR : 5 Author : 0 Table : 0 Curve : 5 Unobt : 0

Data 2237

Title An experimental survey of nuclear reactions induced by 57 MeV protons, part I
Author I.Nonaka *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **17** (1962) 1817
Table Total : 19 EXFOR : 19 Author : 0 Table : 0 Curve : 19 Unobt : 0

Data 2238

Title Structure of giant resonance in the P31(p,g) reaction
Author M.Kimura *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **18** (1963) 477
Table Total : 5 EXFOR : 5 Author : 0 Table : 1 Curve : 4 Unobt : 0

Data 2239

Title The (a,p) reactions on light and medium-weight nuclei
Author T.Yamazaki *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **18** (1963) 620
Table Total : 29 EXFOR : 29 Author : 0 Table : 15 Curve : 14 Unobt : 0

Data 2241

Title Elastic and inelastic scattering of 28.5 MeV alpha particles by medium-weight nuclei
Author I.Kumabe *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **19** (1964) 147
Table Total : 10 EXFOR : 10 Author : 0 Table : 0 Curve : 10 Unobt : 0

Data 2242

Title Fission of uranium-238 induced by 55 MeV protons
Author S.Shirato *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **19** (1964) 1809
Table Total : 2 EXFOR : 2 Author : 0 Table : 2 Curve : 1 Unobt : 0

Data 2244

Title Elastic and inelastic scatterings of polarized protons from Be9 and Al27
Author K.Fukunaga *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **20** (1965) 1
Table Total : 4 EXFOR : 4 Author : 0 Table : 4 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2247

Title Elastic and inelastic scattering of 22.2 MeV alpha particles from some medium-weight nuclei
Author N.Takahashi *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **20** (1965) 1544
Table Total : 3 EXFOR : 2 Author : 0 Table : 1 Curve : 2 Unobt : 0

Data 2254

Title Elastic and inelastic scattering of deuteron from Be9, C12, N14 and O16 at 14 MeV
Author D.C.Nguyen *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **21** (1966) 2462
Table Total : 14 EXFOR : 14 Author : 0 Table : 4 Curve : 10 Unobt : 0

Data 2256

Title Energy spectra of inelastic scattering of 28.4-MeV alpha particles
Author I.Kumabe *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **23** (1967) 147
Table Total : 5 EXFOR : 5 Author : 0 Table : 0 Curve : 5 Unobt : 0

Data 2261

Title Quasi-free alpha-alpha scattering in Be9 and C12 at 37 MeV
Author T.Yanabu *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **24** (1968) 667
Table Total : 5 EXFOR : 5 Author : 0 Table : 0 Curve : 5 Unobt : 0

Data 2262

Title Elastic scattering of oxygen ions by boron 10 and 11
Author Y. Okuma *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **24** (1968) 677
Table Total : 4 EXFOR : 4 Author : 0 Table : 0 Curve : 4 Unobt : 0

Data 2307

Title A detailed study of low-lying levels of ¹⁸⁴W by means of the (d,p) reaction
Author A.Isoya *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **32** (1972) 886
Table Total : 4 EXFOR : 4 Author : 0 Table : 2 Curve : 2 Unobt : 0

Data 2308

Title Experimental investigation of the ⁹¹Zr(p,t)⁸⁹Zr reaction at 51.7 MeV

Author T.Awaya *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **32** (1972) 1169
Table Total : 2 EXFOR : 2 Author : 0 Table : 1 Curve : 1 Unobt : 0

Data 2309

Title The $^{54}\text{Fe}(p,d)^{53}\text{Fe}$ reaction at 52 MeV
Author H.Ohnuma *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **32** (1972) 1466
Table Total : 1 EXFOR : 1 Author : 0 Table : 0 Curve : 1 Unobt : 0

Data 2313

Title One-proton coupled L=0 and 2 transitions in the $^{141}\text{Pr}(p,t)$ reaction
Author K.Yagi *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **33** (1972) 1482
Table Total : 1 EXFOR : 1 Author : 0 Table : 0 Curve : 1 Unobt : 0

Data 2319

Title The multi-step process in the $^{12}\text{C}(^3\text{He},a)^{11}\text{C}$ reaction
Author S.Yamaji *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **37** (1974) 1191
Table Total : 1 EXFOR : 1 Author : 0 Table : 0 Curve : 1 Unobt : 0

Data 2321

Title Elastic and inelastic scattering of ^{14}N and ^{12}C projectiles by ^{12}C and ^{28}Si
Author I.Kohno *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **38** (1975) 945
Table Total : 7 EXFOR : 7 Author : 0 Table : 0 Curve : 7 Unobt : 0

Data 2330

Title The $(^3\text{He},^3\text{He})$, $(^3\text{He},^3\text{He}')$ and $(^3\text{He},a)$ reactions on ^{12}C at 82.1 MeV
Author T.Tanabe *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **41** (1976) 361
Table Total : 3 EXFOR : 3 Author : 0 Table : 0 Curve : 3 Unobt : 0

Data 2373

Title Resonant photonuclear reactions for isotope transmutation
Author H.Ejiri *et al.*
Reference J.Phys.Soc.Jpn. **80** (2011) 094202
Table Total : 1 EXFOR : 1 Author : 0 Table : 1 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2412

Title High-resolution $^{96}\text{Zr}(^3\text{He},t)$ experiment and the matrix element for double-beta decay
Author J.H.Thies *et al.*
Reference Phys.Rev.C **86** (2012) 054323
Table Total : 21 EXFOR : 21 Author : 0 Table : 1 Curve : 20 Unobt : 0

Data 2459

Title Excitation of giant monopole resonance in ^{208}Pb and ^{116}Sn using inelastic deuteron scattering
Author D.Patel *et al.*
Reference Phys.Lett.B **735** (2014) 387
Table Total : 7 EXFOR : 7 Author : 7 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2475

Title Measurement of evaporation-residue cross sections with light beams and deformed lanthanide target nuclei
Author S.Ueno *et al.*
Reference J.Radioanal.Nucl.Chem. **303** (2015) 1273
Table Total : 5 EXFOR : 5 Author : 5 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2483

Title Relativistic Coulomb excitation in ^{32}Mg near 200 MeV/nucleon with a thick target
Author K.Li *et al.*
Reference Phys.Rev.C **92** (2015) 014608
Table Total : 1 EXFOR : 1 Author : 1 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2484

Title Splitting of ISGMR strength in the light-mass nucleus ^{24}Mg due to ground-state deformation
Author Y.K.Gupta *et al.*
Reference Phys.Lett.B **748** (2015) 343
Table Total : 12 EXFOR : 12 Author : 12 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2485

Title Excitation functions of deuteron-induced nuclear reactions on natural platinum up to 24 MeV
Author M.U.Khandaker *et al.*
Reference Nucl.Instrum.Methods B **362** (2015) 151
Table Total : 14 EXFOR : 14 Author : 0 Table : 14 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2486

Title Energy-dependent fragmentation cross sections of relativistic ^{12}C
Author T.Ogawa *et al.*
Reference Phys.Rev.C **92** (2015) 024614
Table Total : 8 EXFOR : 8 Author : 8 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2487

Title Measurement of the $^{14}\text{O}(\alpha,p)^{17}\text{F}$ cross section at $E_{\text{cm}} = 2.1$ -
5.3 MeV
Author A.Kim *et al.*
Reference Phys.Rev.C **92** (2015) 035801
Table Total : 4 EXFOR : 4 Author : 0 Table : 2 Curve : 2 Unobt : 0

Data 2488

Title New findings on structure and production of ^{10}He from ^{11}Li with
the $(d,^3\text{He})$ reaction
Author A.Matta *et al.*
Reference Phys.Rev.C **92** (2015) 041302
Table Total : 3 EXFOR : 3 Author : 0 Table : 0 Curve : 3 Unobt : 0

Data 2489

Title Measurements of activation cross sections for the neutron dosime-
try at an energy range from 17.5 to 30 MeV by using the $^7\text{Li}(p,n)$
quasi-mono-energetic neutron source
Author Y.Uno *et al.*
Reference 9th International Symposium on Reactor Dosimetry (1996) 465
Table Total : 6 EXFOR : 6 Author : 6 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2490

Title Characterization of high-energy quasi-monoenergetic neutron en-
ergy spectra and ambient dose equivalents of 80-389 MeV $^7\text{Li}(p,n)$
reactions using a time-of-flight method
Author Y.Iwamoto *et al.*
Reference Nucl.Instrum.Methods A **804** (2015) 50
Table Total : 19 EXFOR : 19 Author : 18 Table : 1 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2491

Title Nonquenched Isoscalar Spin-M1 Excitations in sd-Shell Nuclei
Author H.Matsubara *et al.*
Reference Phys.Rev.Lett. **115** (2015) 102501
Table Total : 3 EXFOR : 3 Author : 2 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 1

Data 2492

Title Measurements of deuteron-induced reaction cross-sections on natural nickel up to 24 MeV
Author A.R.Usman *et al.*
Reference Nucl.Instrum.Methods B **368** (2016) 112
Table Total : 9 EXFOR : 9 Author : 0 Table : 9 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2493

Title Spallation reaction study for fission products in nuclear waste
Author H.Wang *et al.*
Reference Phys.Lett.B **754** (2016) 104
Table Total : 24 EXFOR : 24 Author : 24 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2494

Title Effects of repulsive three-body force in $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ scattering at 100A MeV
Author W.W.Qu *et al.*
Reference Phys.Lett.B **751** (2015) 1
Table Total : 3 EXFOR : 3 Author : 3 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2495

Title One-neutron removal from ^{29}Ne
Author N.Kobayashi *et al.*
Reference Phys.Rev.C **93** (2016) 014613
Table Total : 7 EXFOR : 7 Author : 1 Table : 6 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2496

Title Proton capture cross sections on neutron-magic ^{144}Sm at astrophysically relevant energies
Author N.Kinoshita *et al.*
Reference Phys.Rev.C **93** (2016) 025801
Table Total : 2 EXFOR : 2 Author : 0 Table : 2 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2497

Title Measurement of the $^{77}\text{Se}(g,n)$ cross section and uncertainty evaluation of the $^{79}\text{Se}(n,g)$ cross section
Author F.Kitatani *et al.*
Reference J.Nucl.Sci.Technol. **53** (2016) 475
Table Total : 1 EXFOR : 1 Author : 0 Table : 1 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2498

Title Neutrons from Thick Target Beryllium (d,n) Reactions at 1.0 MeV to 3.0 MeV
Author T.Inada *et al.*
Reference J.Nucl.Sci.Technol. **5** (1968) 22
Table Total : 1 EXFOR : 1 Author : 0 Table : 0 Curve : 1 Unobt : 0

Data 2499

Title Photodisintegration of ^9Be through the $1/2^+$ state and cluster dipole resonance
Author H.Utsunomiya *et al.*
Reference Phys.Rev.C **92** (2015) 064323
Table Total : 3 EXFOR : 3 Author : 2 Table : 1 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2500

Title Candidate resonant tetra-neutron state populated by the $^4\text{He}(^8\text{He},^8\text{Be})$ reaction
Author K.Kisamori *et al.*
Reference Phys.Rev.Lett. **116** (2016) 052501
Table Total : 1 EXFOR : 1 Author : 0 Table : 1 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2501

Title Measurement of proton-induced target fragmentation cross sections in carbon
Author K.Matsushita *et al.*
Reference Nucl.Phys.A **946** (2016) 104
Table Total : 2 EXFOR : 2 Author : 0 Table : 2 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2502

Title Elastic scattering and breakup of ^{11}Be on protons at 26.9A MeV
Author J.Chen *et al.*
Reference Phys.Rev.C **93** (2016) 034623
Table Total : 2 EXFOR : 2 Author : 2 Table : 0 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2503

Title Electromagnetic M1 transition strengths from inelastic proton scattering
Author J.Birkhan *et al.*
Reference Phys.Rev.C **93** (2016) 041302(R)
Table Total : 8 EXFOR : 8 Author : 6 Table : 0 Curve : 1 Unobt : 1

Data 2504

Title Mapping the deformation in the "island of inversion"

Author P.Doornenbal *et al.*
 Reference Phys.Rev.C **93** (2016) 044306
 Table Total : 4 EXFOR : 4 Author : 0 Table : 4 Curve : 0 Unobt : 0

Data 2508

Title Detection and identification of 8Be nuclei with a position sensitive detector and a counter telescope
 Author T.Ooi *et al.*
 Reference SCP **52** (1976) 145
 Table Total : 3 EXFOR : 3 Author : 0 Table : 1 Curve : 0 Unobt : 0

今年度採録した論文の実験データが得られた研究所を表2に示す。

表 2: 実験実施研究所内訳

産業技術総合研究所	1 件
理化学研究所	12 件
放射線医学総合研究所	3 件
日本原子力研究開発機構	1 件
高輝度光科学研究センター	2 件
京都大学	8 件
九州大学	3 件
大阪大学	14 件
東京大学	14 件

1. Participants (in alphabetical order)

Aiganym, Chiba, Ebata^{a)}, Hirabayashi, Ichinkhorloo, Katayama, Kato, Kimura, Saito

a) Chair

2. Report

1) [Member]

- Kimura is the centre head from Apr. 1, 2016.
- Aikawa moved to Medical Science and Engineering, Faculty of Science, Hokkaido Univ. from Apr. 1, 2016.
- Bo moved to International office of affairs as assistant professor from Apr.
- JCPRG plans to employ new postdoc from India: Jagjit Shingh.

2) [Budget]

-

3) [IAEA/NRDC]

- NRDC2016 was held in Beijing on Jun. 7-10, 2016.
 - Ebata participated in it.
- EXFOR Workshop 2016 will be held in Vienna on Oct. 24-28, 2016.
 - Ebata will participate in it.

4) [Asian Collaboration]

- AASPP2016 will be held in Beijing on Nov.
 - The date has not been fixed yet. A candidate date is the 1st week of Nov.

5) [ImPACT]

- Monthly meetings will be held at JST, Tokyo in this fiscal year.
 - Jun. 30, 2016: Ebata
- Web site to distribute the LLFP data is published.
 - “LLFP reaction data” http://www.jcprg.org/impact/index_0j.html
- ANUP2016 (Asian Nuclear Prospects 2016) is held in Sendai on Oct. 24-27, 2016.
 - Aikawa will participated in it.

6) [Bilateral Program]

- The paper was published in Nucl. Instr. Methods B.
 - Takacs et al., Benchmark experiment for the cross section of the $^{100}\text{Mo}(p,2n)^{99\text{m}}\text{Tc}$ and $^{100}\text{Mo}(p,pn)^{99}\text{Mo}$ reactions, Nucl. Instr. Method **375** (2016) 60.

7) [RIKEN]

- An experiment of $^{\text{nat}}\text{Zn}(\alpha,x)^{67}\text{Ga},^{68}\text{Ge}$ is accepted and will perform at around the end of Jul. 2016.

8) [Annual Report]

- The deadline of reports for the 2015 JCPRG Annual Report was Jun. 17, 2016.
 - Remaining works: Referee, Editor part, CNR*15.
 - The referee member is distributed and discussed (Katayama).
 - To print paper ver. is discussed.

9) [Compilation]

- Status

Transmitted	<ul style="list-style-type: none"> • Trans.E101 ([new] E2483, E2485, E2487, E2488, E2489, E2490, E2491, E2492, E2493, E2494: 10 items) was transmitted on Apr. 2, 2016. • Trans.E102 ([new] E2495, E2496 [revised] E1522, E1994, E2458: 5 items) was transmitted on May 10, 2016. • Prelim.E103 ([new] E2214, E2219, E2220, E2224, E2225, E2226, E2227, E2228, E2230, E2231, E2233, E2234, E2235, E2237, E2238, E2239, E2241, E2242, E2244, E2247, E2254, E2256, E2261, E2262, E2307, E2308, E2309, E2313, E2319, E2321, E2330, E2508: 32 items) was transmitted on May. 20, 2016. • Prelim.K016 ([new] K2320, K2373, K2497, K2499: 4 items) was transmitted on May. 25, 2016.
EXFOR Master Update	<ul style="list-style-type: none"> • The EXFOR files (1408, 1409, 1410, 2242, 2244, 4170, 4171, C150, C151, C152, C153, C154, D100, D101, D102, E100, G034, M080) were updated on Apr. 30, 2016. (15 items) • May 11, 2016. (5 items)
NRDF Master Update	<ul style="list-style-type: none"> • The NRDF files (D1522, D1994, D2406, D2458, D2493, D2494, D2495, D2496) were updated on May 13, 2016. • The NRDF files (D2483, D2485, D2487, D2488, D2489, D2490, D2491, D2492) were updated on May 27, 2016.

- In NRDC2016, the modification of J1601 entry is requested.

- Dictionary of EXFOR is updated in HENDEL, on Jun. 23, 2016.

10) [Other]

- Saito had visited to IAEA for the internship from Apr. 26 to May 27.
- Suggestion to establish archive committee for JCPRG:
 - Purpose is to make archives mainly for two data
 - The 40th anniversary of the JCPRG;
The original data will be classified into three levels by their importance, and they will be archived on Web site according to the levels.
 - Works by Prof. Tanaka and Theoretical Nuclear Physics Laboratory (TNPL) which are managed by Prof. Hiura;
The committee looks for them from Prof. Akaishi and from the 50th anniversary of TNPL.
 - The WG is held bi-weekly.
- Ichinkhorloo attended ICCP-VI in Ulaanbaatar, Mongolia.
 - Mongolian government prepare a large budget for the Mongolian student to go to Japan till 2023.
- The paper is published in Phys. Rev. C.
 - D. Ichinkhorloo et al, “Low energy scattering cross sections for n + ^{6,7}Li reactions using the continuum-discretized coupled-channels method” Phys. Rev. C **93** (2016) 064612.

3. Event Schedule

2016		
Aug. 3-5	Resonance 2016	Oosaka
Sep. 7-9	AESJ Meeting	Kurume
Sep. 8-10	JSMP Meeting	Okinawa
Sep. 11-16	INPC2016	U. Adelaide, Adelaide
Sep. 11-16	ND2016	Oud Sint-Jan, Bruges
Sep. 21-24	JSP Meeting	Miyazaki
Oct. 24-27	ANUP2016	Tohoku U., Sendai
Oct. 24-28	EXFOR workshop	Vienna, Austria
Nov. ---	AASPP2016	Beijing, China
Nov. 7-11	SSNET workshop	Orsay, France
Nov. 17-18	SND2016	KEK

Priority: 1) Int. Conf. w/ Proc., 2) Int. Conf. w/o Proc. and 3) other Confs.

	Int. Conf. (w/ Proc.)	Int. Conf. (w/o Proc.)	Dom. Conf.
Aiganym			
Ebata	ND2016, SSNET	EXFOR workshop	IMPACT
Fujimoto			
Ichinkhorloo			
Kato		Resonance 2016	
Kimura			JPS Meeting
Saito			AESJ Meeting

4. Next Meeting

17:00, 29 Jul. , 2016	2 nd Centre Meeting	JCPRG Seminar Room
-----------------------	--------------------------------	--------------------

1. Participants (in alphabetical order)

Aiganym, Chiba, Ebata^{a)}, Kato, Kimura, Noto

a) Chair

2. Report

1) [Member]

- JCPRG will employ a new postdoc from India: Jagjit Shingh.
- Nuclear Data group discuss a new student from Mongol.
 - A Mongolian student would like apply to doctoral course and he sent us his CV.
He wants to make interview around August.

2) [Budget]

-

3) [IAEA/NRDC]

- EXFOR Workshop 2016 will be held in Vienna on Oct. 24-28, 2016.
 - Ebata will participate in it.

4) [Asian Collaboration]

- AASPP2016 will be held in Beijing on Nov.
 - The date has not been fixed yet.

5) [ImPACT]

- Monthly meetings will be held at JST, Tokyo in this fiscal year.
 - Aug. 10, 2016: Aikawa, Ebata
- Website for the LLFP data will be updated due to the request.
- ANUP2016 (Asian Nuclear Prospects 2016) is held in Sendai on Oct. 24-27, 2016.
 - Aikawa will participated in it.

6) [Bilateral Program]

-

7) [RIKEN]

- An experiment of $^{nat}\text{Zn}(\alpha, x)^{67}\text{Ga}, ^{68}\text{Ge}$ is accepted and will perform at around the end of Jul. 2016.

8) [Annual Report]

- The deadline of revised reports for the 2015 JCPRG Annual Report was Jul. 15, 2016.
 - Referee is fixed.
 - Manuscripts will be distributed to the referees.
 - The annual report is published on the website and as paper, also.

9) [Compilation]

- Status

Transmitted	• Prelim.J010 ([new] J2509 [revised] J1601: 2 items) was transmitted on Jul. 15, 2016.
EXFOR Master Update	•
NRDF Master Update	• The NRDF files (D2413, D2411, D2408, D2330, D2319, D2313, D2309: 7 items) were updated on Jul. 8, 2016.

-

10) [Other]

- The paper was published in Nucl. Instr. Methods B.
 - Aikawa, Ebata and Imai, Thick-target transmission method for excitation functions of interaction cross sections, Nucl. Instr. Method **383** (2016) 156.

3. Event Schedule

2016		
Aug. 3-5	Resonance 2016	Oosaka
Aug. 10	ImpACT	JST
Sep. 6-8	Local school	Hokkaido University
Sep. 7-9	AESJ Meeting	Kurume
Sep. 8-10	JSMP Meeting	Okinawa
Sep. 11-16	INPC2016	U. Adelaide, Adelaide
Sep. 11-16	ND2016	Oud Sint-Jan, Bruges
Sep. 21-24	JSP Meeting	Miyazaki
Oct. 2-7	Experiments	ATOMKI
Oct. 24-27	ANUP2016	Tohoku U., Sendai
Oct. 24-28	EXFOR workshop	Vienna, Austria
Nov. ---	AASPP2016	Beijing, China
Nov. 7-11	SSNET workshop	Orsay, France
Nov. 17-18	SND2016	KEK

Priority: 1) Int. Conf. w/ Proc., 2) Int. Conf. w/o Proc. and 3) other Confs.

	Int. Conf. (w/ Proc.)	Int. Conf. (w/o Proc.)	Dom. Conf.
Aiganym			
Ebata	ND2016, SSNET	EXFOR workshop	ImPACT
Fujimoto			
Ichinkhorloo			
Kato		Resonance 2016	
Kimura			
Saito			AESJ Meeting

4. Next Meeting

17:00, 30 Sep., 2016	3 rd Centre Meeting	JCPRG Seminar Room
----------------------	--------------------------------	--------------------

Nuclear Reaction Data Centre (JCPRG)

Minutes on 3rd Center Meeting in FY2016

17:00~, Sep. 30, 2016

1. Participants (in alphabetical order)

Aiganym, Ebata^{a)}, Hirabayashi, Ichinkhorloo, Jagjit, Kato, Katayama, Kimura, Noto, Saito, Ukon

a) Chair

2. Report

1) [Member]

- JCPRG welcomes new postdocs: Dr. Naoyuki Ukon, Dr. Jagjit Singh.

2) [Budget]

Title	Main purpose	Amount
Research [Faculty of Science, Hokkaido University]		1,000,000
KAKENHI (DB, FY2013-FY2017) [JSPS]	personnel expense	800,000
ImPACT [JST]	personnel expense	6,000,000+ α

1) [Weekly schedule]

- Weekly meeting & Compilation WG
 - Candidate: Every Tuesday 13:00 – or Every Wednesday from AM

2) [IAEA/NRDC]

- EXFOR Workshop 2016 will be held in Vienna on Oct. 24th - 28th, 2016.
 - Ebata will participate in it.

3) [Asian Collaboration]

- AASPP2016 will be held in Beijing on Nov. 8th – 11th.
 - Aiganym, Kimura, Ichinkhorloo will participate in it.

4) [ImPACT]

- Monthly meeting was held at JST.
 - Aug. 10th, 2016: Aikawa, Ebata
- Monthly meeting will be held at JST.
 - Oct. 5th, 2016: Ebata
- The interim report meeting will be held at JST.
 - Oct 13th, 2016: Aikawa, Ebata
- Website for the LLFP data was updated on Aug. 8th, due to the request.

- ANUP2016 (Asian Nuclear Prospects 2016) is held in Sendai on Oct. 24th – 27th, 2016.
 - Aikawa will participated in it.
- Experiments for $^{93}\text{Zr}/^{90}\text{Sr}$ (p/d, n/2n) reactions will be performed on Oct. 14th – 29th at RIKEN. (Ebata will partially participate in it.)

5) [RIKEN]

- Nishina Centre News for Oct. will be prepared and sent in Oct.

6) [Annual Report]

- On the end of Oct. we will be able to publish it on the website.
 - Manuscripts were distributed to the referees.
 - Almost referee comments are received and sent to authors.
 - The annual report is published on the website and as paper, also.

7) [Compilation]

- Status

Transmitted	<ul style="list-style-type: none"> • Prelim.K017 ([new] K2027 [revised] K2373: 2 items) was transmitted on Aug. 24, 2016. • Trans.K016 ([new] K2320 K2373 K2497 K2499: 4 items) was transmitted on Aug. 17, 2016.
EXFOR Master Update	<ul style="list-style-type: none"> •
NRDF Master Update	<ul style="list-style-type: none"> • The NRDF files (D2308, D2307, D2304, D2285, D2279, D2272, D2263, D2262: 8 times) were updated on Sep. 5th, 2016. • The NRDF files (D2261, D2260, D2259, D2257, D2256, D2255, D2254, D2252, D2251: 9 items) were updated on Sep. 16th, 2016.

- Reservation (7 items)
 - E2518:RIKEN paper will be published in PTEP.
 - E2517:RM50(2013)56
 - E2516:PR/C93(2016)065802
 - E2515:PR/C93(2016)061301
 - E2514:PR/C93(2016)055803
 - E2513:PR/C93(2016)044324
 - E2512:PRL116(2016)162501

8) [Other]

- The developments of the new editor by Java (ForEX) will be reported on Oct. 20th.

3. Event Schedule

2016		
Oct. 2-7	Experiments	ATOMKI
Oct. 5	ImpACT	JST
Oct. 13	The interim report meeting	JST
Oct. 14 – 29	Experiments for ImpACT	RIKEN
Oct. 24-27	ANUP2016	Tohoku U., Sendai
Oct. 24-28	EXFOR workshop	Vienna, Austria
Nov. 7-11	SSNET workshop	Orsay, France
Nov. 8-11	AASPP2016	Beijing, China
Nov. 17-18	SND2016	KEK

Priority: 1) Int. Conf. w/ Proc., 2) Int. Conf. w/o Proc. and 3) other Confs.

	Int. Conf. (w/ Proc.)	Int. Conf. (w/o Proc.)	Dom. Conf.
Aiganym	AASPP2016		
Ebata	SSNET	EXFOR workshop	ImpACT, Exp.(10/14-19)
Fujimoto			
Ichinkhorloo	AASPP2016		
Jagjit			
Kato			
Kimura	AASPP2016		
Saito			
Ukon			

4. Next Meeting

17:00, 4 Nov., 2016	4 th Centre Meeting	JCPRG Seminar Room
---------------------	--------------------------------	--------------------

1. Participants (in alphabetical order)

Aiganym, Ebata^{a)}, Hirabayashi, Ichinkhorloo, Jagjit, Kimura, Noto, Ukon

a) Chair

2. Report

1) [Weekly schedule]

- Weekly meeting & Compilation WG
 - We have weekly meeting and compilation WG on every Tuesday 13:00 –

2) [IAEA/NRDC]

- EXFOR Workshop 2016 was held in Vienna on Oct. 24th - 28th, 2016.
 - Ebata participated in it.
 - Main topic of the workshop is to compile the neutron flux data and to evaluate the width and energy position of resonance state.
 - S. Takacs mentioned the procedure and notice points for the thick-target yield.
 - The progresses of Russian editor, InpGraph and GDgraph are reported.
 - NRDC plans to write the article which shows the activities of each centre.
 - NDS requests us (nuclear data centers) to list up contents and manuscripts.

3) [Asian Collaboration]

- AASPP2016 will be held in Beijing on Nov. 8th – 11th.
 - Aiganym, Ichinkhorloo will participate in it.

4) [ImPACT]

- Monthly meeting was held at JST.
 - Oct. 5th: Ebata and 13th 2016: Aikawa, Ebata
- Monthly meeting will be held at JST.
 - Nov. 10th, 2016: Aikawa
- ANUP2016 (Asian Nuclear Prospects 2016) is held in Sendai on Oct. 24th – 27th, 2016.
 - Aikawa participated in it.
- Experiments for $^{93}\text{Zr}/^{90}\text{Sr}$ (p/d, n/2n) reactions will be performed on Oct. 14th – 29th at RIKEN. (Ebata partially participated in it from 14th to 19th.)
 - The experiments were completed on Nov. 1st.

5) [RIKEN]

- Nishina Centre News will be prepared.

6) [Annual Report]

- On the end of Oct. we will be able to publish it on the website.
 - Revised manuscripts were almost gathered.

7) [Compilation]

- Status

Transmitted	•
EXFOR Master Update	•
NRDF Master Update	• The NRDF files (D2250, D2249, D2248*, D2247, D2246, D2245, D2244, D2243, D2242, D2241, D2239: 11 items) were updated on Oct. 28 th , 2016. D2248 has some problems.

- Reservation
 - To survey journals (it will be reported Nov. 22nd by Ichinkhorloo.)

8) [Other]

- Suggestion for Compilation activity to Noto, Katayama.

3. Event Schedule

2016		
Nov. 7-11	SSNET workshop	Orsay, France
Nov. 8-11	AASPP2016	Beijing, China
Nov. 17-18	SND2016	KEK
Dec. 12-16	Workshop	RIKEN, Tsukuba
Dec. 19 - ?	Party for end of year	

Priority: 1) Int. Conf. w/ Proc., 2) Int. Conf. w/o Proc. and 3) other Confs.

	Int. Conf. (w/ Proc.)	Int. Conf. (w/o Proc.)	Dom. Conf.
Aiganym	AASPP2016		
Ebata	SSNET	Tsukuba workshop	
Fujimoto			
Ichinkhorloo	AASPP2016		
Jagjit			
Kato			
Kimura		Tsukuba workshop	

Saito			
Ukon	SND		

4. Next Meeting

17:00, 2 Dec., 2016	5 th Centre Meeting	JCPRG Seminar Room
---------------------	--------------------------------	--------------------

1. Participants (in alphabetical order)

Aiganym, Chiba, Ebata^{a)}, Jagjit, Kimura, Noto, Ukon

a) Chair

2. Report

1) [Weekly schedule]

- Weekly meeting & Compilation WG will move to Friday from Jan. 2017.

2) [IAEA/NRDC]

- EXFOR Workshop 2016 was held in Vienna on Oct. 24th - 28th, 2016.
 - NRDC plans to write the article which shows the activities of each centre.
 - NDS requests us (nuclear data centers) to list up contents and manuscripts up to next technical meeting (May 2017).

3) [Asian Collaboration]

- AASPP2016 was held in Beijing on Nov. 8th – 11th.
 - Candidate of host country for next AASPP workshop is Korea.
 - Dead line of proceedings is Jan. 15th, which will be published in IAEA reports.
- AASPP2017 will be held in Ulaanbaatar on Oct. 2017.
 - The period is 3days, and candidate date will be between 3rd and 13th Oct.
 - They will be informed in the end of Feb. 2017.

4) [ImPACT]

- Monthly meeting was held at JST.
 - Nov. 10th: Aikawa
- Monthly meeting will be held at JST.
 - Dec. 8th, 2016: Aikawa, Ebata (by TV)
- SSNET workshop was held at Gif-sur-Yvette, France on Nov. 7th-11th.

5) [RIKEN]

- Nishina Centre News for Nov. was submitted.
- Accel. Prog. Reports: We will prepare the manuscripts for JCPRG activities.

6) [Annual Report]

- The manuscripts are gathered. We will publish on our Website and print as paper.
 - The bookbinding fee is estimated as 42,000 JPY. (When we print them in JCPRG.)

7) [Compilation]

- Status

Transmitted	<ul style="list-style-type: none"> • Trans.K017 ([revised] K2027r, K2373r) was transmitted on Nov. 23, 2016. • Prelim.E104 ([revised] E2125r) was transmitted on Nov. 17, 2016. • Prelim.E105 ([new] E2412, E2459, E2475, E2484, E2486, E2500, E2501, E2502, E2503) was transmitted on Nov. 17, 2016. • Prelim.E106 ([new] E2504 [revised] E1988r, E2121r) was transmitted on Nov. 24, 2016.
EXFOR Master Update	<ul style="list-style-type: none"> • The files (1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 3174, 3175, A084, A085, B025, C156, C157, C158, C159, C160, C161, C162, D104, D105, E103, F061, F062, G035, K016, L029, L030, M083, M084, O055, O056, O057, O058) on Nov. 17, 2016. • The files (D106, K017) on Nov. 24, 2016.
NRDF Master Update	<ul style="list-style-type: none"> • The NRDF files (D2238, D2237, D2235, D2234, D2233, D2232, D2231, D2230: 8 items) were updated on Nov. 11th, 2016. • The NRDF files (D2225-D2228, D2027, D2320, D2373, D2497, D2499, D2508: 10 items) were updated on Nov. 25th, 2016.

- Reservation
 - To survey journals (it will be reported Nov. 22nd by Ichinkhorloo.)
 - PRC93_064325 will be assigned.

8) [Other]

- Suggestion for Compilation activity to Noto, Katayama.
- Symposium for Nuclear Data was held on Nov. 17th-18th at KEK.
- AESJ meeting will be held on Sep. 13th-15th at Hokkaido Univ.

3. Event Schedule

2016		
Dec. 12-16	Workshop	RIKEN, Tsukuba
Dec. 22	Year-end Party	
2017		
Mar. 17-20	JPS meeting	Osaka

Mar. 27-29	AESJ meeting	Tokai Univ.
Apr. 13-16	JSMP meeting	Yokohama
May 23-26	NRDC2017	Vienna

Priority: 1) Int. Conf. w/ Proc., 2) Int. Conf. w/o Proc. and 3) other Confs.

	Int. Conf. (w/ Proc.)	Int. Conf. (w/o Proc.)	Dom. Conf.
Aiganym			
Ebata		Tsukuba workshop	JPS
Fujimoto			
Ichinkhorloo			
Jagjit			
Kato			
Kimura		Tsukuba workshop	JPS
Saito			
Ukon			

4. Next Meeting

17:00, 6 Jan., 2017	6 th Centre Meeting	JCPRG Seminar Room
---------------------	--------------------------------	--------------------

1. Participants (in alphabetical order)

Aiganym, Chiba, Ebata^{a)}, Hirabayashi, Ichinkhorloo, Jagjit, Katayama, Kimura, Noto, Ukon

a) Chair

2. Report

1) [Weekly schedule]

- Weekly meeting & Compilation WG moved to Friday on Jan. 2017.

2) [Asian Collaboration]

- AASPP2016 was held in Beijing on Nov. 8th – 11th.
 - Dead line of proceedings is Jan. 15th, which will be published in IAEA reports.
 - Proceedings
 - JCPRG activities: Kimura, Ebata, Ichinkhorloo, Aiganym, Jagjit
 - Evaluation: Ichinkhorloo
 - Editor: Aiganym
 - Experiment: Saito, Aikawa
- AASPP2017 will be held in Ulaanbaatar on Oct. 2017.
 - The period is 3 days, and candidate date will be between 3rd and 13th Oct. They will be informed in the end of Feb. 2017.
- EXFOR 2017 workshop in India will be held on Mar. 6-10.

3) [ImPACT]

- Monthly meeting was held at JST.
 - Dec. 8th, 2016: Aikawa, Ebata(by TV)
- Monthly meeting will be held at JST.
 - Jan. 12th, 2017: Aikawa(by TV), Ebata(by TV)
- SSNET workshop was held at Gif-sur-Yvette, France on Nov. 7th-11th.
 - The dead line of proceedings is Mar. 1st.

4) [RIKEN]

- Nishina Centre News for Jan. will be submitted.
- Accel. Prog. Reports (Feb. 3rd): We will prepare the manuscripts for JCPRG activities.
 - Compilation: Ichinkhorloo Aiganym, Jagjit, Ebata, Kimura

- Experiments (3 contents): Saito, Aikawa, Ukon, Ebata
- ImPACT: Ebata, Aikawa

5) [Annual Report]

- The first draft of Annual Report 2015 was completed.
- We will publish on our Website and print as paper.
 - The bookbinding fee is estimated as 42,000 JPY. (When we print them in JCPRG.)
 - The paper (5,000 pieces: 100 copies with 100 page) was prepared.

6) [Compilation]

- Status

NRDF Master Update	<ul style="list-style-type: none"> • The NRDF files (D2224-D2222, D2220, D2219, D2217, D2216, D2214, D2213, D2211: 10 items) were updated on Dec. 16th, 2016.
--------------------	---

- Reservation
 - E2525 NST54(2016)253
Measurement of thick-target gamma-ray production yields of the ${}^7\text{Li}(p, p'){}^7\text{Li}$ and ${}^7\text{Li}(p, g){}^8\text{Be}$ reactions in the near-threshold energy region for the ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ reaction
 - E2524 NIM/A842(2016)62
Systematic measurement of double-differential neutron production cross sections for deuteron-induced reactions at an incident energy of 102 MeV
 - E2523 PR/C93(2016)064325
Effect of ground-state deformation on isoscalar giant resonances in ${}^{28}\text{Si}$
- New papers will be assigned.
 - (E2527) PR/C94(2016)064620
Elastic scattering and breakup of ${}^{11}\text{Be}$ on deuterons at 26.9A MeV
 - (E2526) PR/C94(2016)064604
Charge-changing cross-section measurements of ${}^{12-16}\text{C}$ at around 45A MeV and development of a Glauber model for incident energies 10A–2100A MeV
- Suggestion for Compilation activity to Noto, Katayama was discussed.
- EXFOR dictionary is updated on Dec. 22nd according to the trans.9114.
- Entry duplication checking should be started.

7) [Other]

- Security of JCPRG server should be renewed.

3. Event Schedule

2017

Feb. 10	Master Defense	
Feb. 27-28	Kick-off meeting	TIT
Feb. 27-28	Experiments (alpha+Cr)	RIKEN
Mar. 6-10	EXFOR 2017 workshop in India	North Eastern Hill Univ.
Mar. 17-20	JPS meeting	Osaka
Mar. 27-29	AESJ meeting	Tokai Univ.
Apr. 13-16	JSMP meeting	Yokohama
May 23-26	NRDC2017	Vienna
Sep. 13-15	AESJ meeting	Hokkaido Univ.
Oct.	AASPP2017	Ulaanbaatar
Oct. 2-13	ICTP-IAEA joint workshop	Italy

Priority: 1) Int. Conf. w/ Proc., 2) Int. Conf. w/o Proc. and 3) other Confs.

	Int. Conf. (w/ Proc.)	Int. Conf. (w/o Proc.)	Dom. Conf.
Aiganym			
Ebata			JPS
Fujimoto			
Ichinkhorloo			
Jagjit			
Kato			
Kimura			JPS, Kyoto, US
Saito			
Ukon			Exp., PHITS

4. Next Meeting

17:00, 3 Feb., 2017	7 th Centre Meeting	JCPRG Seminar Room
---------------------	--------------------------------	--------------------

1. Participants (in alphabetical order)

Aiganym, Chiba, Ebata^{a)}, Ichinkhorloo, Jagjit, Kato, Kimura, Noto, Saito, Ukon

a) Chair

2. Report

1) [Member]

- Aiganym and Ukon will leave JCPRG by end of March.

2) [Asian Collaboration]

- EXFOR 2017 workshop in India will be held on Mar. 6-10.
 - Jagjit will attend.

3) [ImPACT]

- Monthly meeting was held at JST.
 - Jan. 12th, 2017: Ebata(by TV)
- Monthly meeting will be held at JST.
 - Feb. 9th, 2017: Aikawa(by TV), Ebata(by TV)

4) [RIKEN]

- Nishina Centre News for Feb. will be submitted.
- Accel. Prog. Reports (Feb. 3rd): We will prepare the manuscripts for JCPRG activities.
 - Compilation: Ichinkhorloo Aiganym, Jagjit, Ebata, Kimura
 - Experiments (3 contents): Saito, Aikawa, Ukon, Ebata
 - ImPACT: Ebata, Aikawa

5) [Annual Report]

- We have published on our Website and print as paper.
 - The bookbinding fee is estimated as 42,000 JPY. (When we print them in JCPRG.)
 - The paper (5,000 pieces: 100 copies with 100 page) was prepared.
 - Website was created. (<http://www.jcprg.org/annual/2015/index-j.html>)
 - We will distribute the report to each related institute in Japan.
 - We are going to prepare the annual report for FY2016.
 - Editor committee: Kimura, Ebata

6) [Compilation]

- Status

Transmitted	<ul style="list-style-type: none"> • Trans.E104 ([revised] E2125r) was transmitted on Jan. 26, 2017. • Trans.E105 ([new] E2412, E2459, E2475, E2484, E2486, E2500, E2501, E2502, E2503) was transmitted on Jan. 26, 2017. • Trans.E106 ([new] E2504 [revised] E1988r, E2121r) was transmitted on Jan. 26, 2017. • Prelim.E107 ([new] E2507, E2511, E2515, E2522) was transmitted on Jan. 25, 2017.
NRDF Master Update	<ul style="list-style-type: none"> • The NRDF files (D2210-D2203: 8 items) were updated on Jan. 20th, 2017.

- Reservation

- E2527 PR/C94(2016)064620
Elastic scattering and breakup of ^{11}Be on deuterons at 26.9A MeV
- E2526 PR/C94(2016)064604
Charge-changing cross-section measurements of $^{12-16}\text{C}$ at around 45A MeV and development of a Glauber model for incident energies 10A–2100A MeV

7) [Other]

- Security of JCPRG server should be renewed.
 - Candidate solution: Construction of a new server
- SIGMA committee meeting will be held on Feb 28th at TIT.
 - Aikawa will attend. Kimura is a candidate of next SIGMA member.
- Editor Development
 - Beta version of ForEX is distributed to China nuclear data center in order to feedback neutron induced reaction data compilation.

3. Event Schedule

2017		
Feb. 10	Master Defense	
Feb. 27-28	Experiments (alpha+Cr)	RIKEN
Mar. 6-10	EXFOR 2017 workshop in India	North Eastern Hill Univ.
Mar. 17-20	JPS meeting	Osaka
Mar. 27-29	AESJ meeting	Tokai Univ.
Apr. 13-16	JSMP meeting	Yokohama
May 23-26	NRDC2017	Vienna
Sep. 13-15	AESJ meeting	Hokkaido Univ.

Oct.	AASPP2017	Ulaanbaatar
Oct. 2-13	ICTP-IAEA joint workshop	Italy

Priority: 1) Int. Conf. w/ Proc., 2) Int. Conf. w/o Proc. and 3) other Confs.

	Int. Conf. (w/ Proc.)	Int. Conf. (w/o Proc.)	Dom. Conf.
Aiganym			
Ebata			JPS, ImPACT
Fujimoto			
Ichinkhorloo			
Jagjit		EXFOR workshop 2017	
Kato			
Kimura			TIT(2/22), JPS, US
Saito			Master Defense
Ukon			Exp.

4. Next Meeting

17:00, 3 Mar, 2017	8 th Centre Meeting	JCPRG Seminar Room
--------------------	--------------------------------	--------------------

1. Participants (in alphabetical order)

Chiba, Ebata^{a)}, Hirabayashi, Ichinkhorloo, Jagjit, Kimura, Noto

a) Chair

2. Report

1) [Asian Collaboration]

- EXFOR workshop 2017 at North Eastern Hill Univ., Shillong, will be held on Mar. 6-10.
 - Jagjit will attend.
- AASPP2017 workshop will be held on 11th -13th Oct. at Ulaanbaatar, Mongolia.

2) [ImPACT]

- Monthly meeting will be held at JST.
 - Mar. 9th and 23rd 2017: Aikawa, Ebata

3) [RIKEN]

- Nishina Centre News will be submitted.
- Experiment is performed on Feb. 27-28. (Ukon)
 - ^{nat}Ni(α, x)⁵²Fe production cross section

4) [Annual Report]

- We have published on our Website and print as paper.
 - We distribute the report to each related institute (71 books):
 - In Japan: 53 + 18 (in Hokkaido Univ.)
- We are going to prepare the annual report for FY2016.
 - Editor committee: Kimura, Ebata
 - Preface: (Kimura)
 - Overview: Editor
 - Organization: Editor
 - History: Editor
 - Achievement: Editor
 - Compilation: Ichinkhorloo, Jagjit
 - Evaluation: Jagjit, Ichinkhorloo
 - IT(Editor): Aiganym

- Experiment: Ukon, Saito
- NRDF: Katayama, Noto
- ImPACT: Ebata
- NRDC: Ebata
- EXFOR WS: Ebata
- EXFOR WS 2017: Jagjit
- AASPP: Aiganyam, Ichinkhorloo
- ICCP VI: Ichinkhorloo
- Internship @ IAEA: Saito

5) [Compilation]

- Status

Transmitted	<ul style="list-style-type: none"> • Trans.E105 ([new] E2412, E2459, E2475, E2484, E2486, E2500, E2501, E2502, E2503) was transmitted on Mar. 3rd, 2017. • Trans.E106 ([new] E2504 [revised] E1988r, E2121r) was transmitted on Mar. 3rd, 2017. • Prelim.E108 ([new] E2506, E2518 [revised] E2494) was transmitted on Mar. 3rd, 2017.
NRDF Master Update	<ul style="list-style-type: none"> • The NRDF files (D2199-D2195: 5 items) were updated on Feb. 17th, 2017. • The NRDF files (D2193-D2187: 7 items) were updated on Mar. 3rd, 2017. (D/K2194 has not been finished.)

- Reservation

- (E2528) PL/B766(2017)11
Experimental investigation of a linear-chain structure in the nucleus¹⁴C

6) [Other]

- JCPRG server will be renewed in Mar.
- SIGMA committee meeting was held on Feb 28th at TIT.
 - Kimura will be next SIGMA member from April.

3. Event Schedule

2017		
Mar. 6-10	EXFOR 2017 workshop in India	North Eastern Hill Univ.
Mar. 17-20	JPS meeting	Osaka
Mar. 27-29	AESJ meeting	Tokai Univ.
Apr. 6, 7	Strategy meeting	TNPL

Apr. 13-16	JSMP meeting	Yokohama
May 23-26	NRDC2017	Vienna
Sep. 13-15	AESJ meeting	Hokkaido Univ.
Nov. 1	CNS Workshop	Tokyo
Oct. 2-13	ICTP-IAEA joint workshop	Italy
Oct. 11-13	AASPP2017	Ulaanbaatar
Oct. 3 rd 4 th week	TNPL workshop	HU

Priority: 1) Int. Conf. w/ Proc., 2) Int. Conf. w/o Proc. and 3) other Confs.

	Int. Conf. (w/ Proc.)	Int. Conf. (w/o Proc.)	Dom. Conf.
Aiganym			
Ebata			JPS, ImPACT
Fujimoto			
Ichinkhorloo			
Jagjit		EXFOR workshop 2017	
Kato			
Kimura			JPS, US
Saito			
Ukon			Exp.

4. Next Meeting

17:00, 28 Apr, 2017	1 st Centre Meeting	JCPRG Seminar Room
---------------------	--------------------------------	--------------------

原子核反応実験研究者の皆様へ データ収集へのご協力をお願い致します

北海道大学大学院理学研究院附属原子核反応データベース研究開発センターでは、国内の施設で測定された原子核反応データの収集と公開を行っています。収集データは荷電粒子核反応ファイル（Nuclear Reaction Data File: NRDF）形式で保存・公開するとともに、国際交換書式（EXchange FORmat: EXFOR）の形式で、国際原子力機関（International Atomic Energy Agency: IAEA）などに送られ、原子核物理学をはじめ、宇宙物理学、原子力工学、材料工学、放射線医学など、様々な分野の研究者、技術者の利用に供されます。

データを論文出版後、正確かつ迅速にファイル化して公開・提供するために、皆様には数値データなど各種情報のご提供をお願いいたします。論文に数値が掲載されている場合にも、座標系の種類（実験室系あるいは重心系など）、誤差の種類（系統誤差あるいは統計誤差など）、収量の種類（独立収量あるいは累積収量など）等について問い合わせをさせていただく場合があります。

また、既にグラフから読み取られた数値が格納されているファイルに関しても、お手元の数値データをご提供いただいた場合には随時更新致します。

既に多くの方々にご協力いただいていることに感謝するとともに、これから論文を投稿される皆様にも是非ともご協力を心よりお願い致します。

御不明の点がありましたら下記までご連絡ください。

住所: 〒 060-0810
札幌市北区北 10 条西 8 丁目
北海道大学大学院理学研究院
原子核反応データベース研究開発センター
URL: <http://www.jcprg.org/>
e-mail: services@jcprg.org
Tel: 011-706-3723
Fax: 011-706-3724

北海道大学大学院理学研究院
附属原子核反応データベース研究開発センター (JCPRG)

Nuclear Reaction Data Centre (JCPRG),
Faculty of Science, Hokkaido University

運営委員会

堀口 健雄 (委員長)	北海道大学 大学院理学研究院
木村 真明	北海道大学 大学院理学研究院
加美山 隆	北海道大学 大学院工学研究院
有村 博紀	北海道大学 大学院情報科学研究科
平林 義治	北海道大学 情報基盤センター

アドバイザーボード

青井 考	大阪大学 核物理研究センター
大塚 直彦	国際原子力機関 原子核科学・応用局
大西 明	京都大学 基礎物理学研究所
櫻井 博儀	東京大学 大学院理学系研究科
深堀 智生	日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター

センター会議

江幡 修一郎	北海道大学 大学院理学研究院
Dagvadorj Ichinkhorloo	北海道大学 大学院理学研究院
加藤 幾芳	北海道大学 大学院理学研究院
藤本 正行	北海道大学 大学院理学研究院
木村 真明	北海道大学 大学院理学研究院
平林 義治	北海道大学 情報基盤センター
Aiganym Sarsembayeva	北海道大学 大学院理学研究院
片山 敏之	北星学園大学 経済学部
能登 宏	北星学園大学 経済学部
千葉 正喜	札幌学院大学
升井 洋志	北見工業大学 情報処理センター

作業部会

江幡 修一郎	北海道大学 大学院理学研究院
Dagvadorj Ichinkhorloo	北海道大学 大学院理学研究院
加藤 幾芳	北海道大学 大学院理学研究院
藤本 正行	北海道大学 大学院理学研究院
木村 真明	北海道大学 大学院理学研究院
Aiganym Sarsembayeva	北海道大学 大学院理学研究院

データ収集・入力

	データ入力・チェック
江幡 修一郎	北海道大学 大学院理学研究院
Dagvadorj Ichinkhorloo	北海道大学 大学院理学研究院
Aiganym Sarsembayeva	北海道大学 大学院理学研究院
齋藤 萌美	北海道大学 大学院理学院

数値データデジタイズ・入力

齋藤 萌美	北海道大学 大学院理学院
-------	--------------

システム作成

GSYS

鈴木 隆介	北海道大学 大学病院
-------	------------

Editor

江幡 修一郎	北海道大学 大学院理学研究院
Aiganym Sarsembayeva	北海道大学 大学院理学研究院

Web

江幡 修一郎	北海道大学 大学院理学研究院
Aiganym Sarsembayeva	北海道大学 大学院理学研究院

年次報告編集委員会

木村 真明	北海道大学 大学院理学研究院
江幡 修一郎	北海道大学 大学院理学研究院
今井 匠太郎	北海道大学 高等教育推進機構

2016 年度
北海道大学原子核反応データベース研究開発センター年次報告
JCPRG ANNUAL REPORT
NO. 6

発 行 2017 年 3 月 31 日
発行者 北海道大学原子核反応データベース研究開発センター
編集者 北海道大学原子核反応データベース研究開発センター
年次報告編集委員会
