

## 第 11 章 JCPRG の今後の発展

### 11-1 JCPRG の今後の発展に向けて

合川 正幸（北海道大学）

JCPRG は、2011 年 5 月に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として改組して以来、下記 4 項目を主目的として定めています。

- (1) 国際原子力機関を中心とした国際核データネットワークの核データ収集・整備
- (2) 原子核研究に基づく宇宙核反応データの評価研究
- (3) アジア地域核データネットワークの建設
- (4) 国内の関連研究機関と協力した大学院教育

これらの項目については着実な進展が得られているものと考えています。今後はさらに、社会的なニーズを意識しつつ、発展させていく必要があります。特に、2011 年 3 月 11 日に発生した福島第一原子力発電所の事故は国内外に大きな影響を与え続けています。そこで、JCPRG としても何らかの形での社会貢献を行うことが重要であると考えています。

#### 核データ収集・整備

JCPRG では、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原子核反応データを抽出し、データベース化（採録）を行っています。特に、荷電粒子核反応及び光核反応を採録対象としています。データベース化に際しては、JCPRG 独自形式のデータベース NRDF と、国際連携のもとで維持・管理されているデータベース EXFOR の 2 種類で保存、公開しています。このような核データの収集・整備は、JCPRG の活動の根幹をなすものであり、長期的な視点を持って推進することが不可欠です。収集・整備については、最先端の研究とするには難しい面はありますが、データベースの有用性を考慮し、着実に継続して行く必要があります。

さらに今後は、利用者の視点にたつて、より一層利便性の向上に努める必要があります。そこで、効率的な入力及び利用の促進を目的として、世界標準となっている XML 技術を用いた新形式への移行を検討しています。この新形式と、北海道大学知識メディア・ラボラトリーで開発されたソフトウェア開発環境 WebbleWorld を用いた各種ユーザインターフェース等により、利便性が向上することを期待しています。

このように、核データの収集・整備を継続しつつ、利便性の向上を追求していくことが、今後重要になると考えています。

#### 核データの取得・評価研究

これまでは主に天体現象に関連した軽い核の低エネルギー反応データの評価研究を推進してきました。その際、理論計算の枠組みとしては、原子核物理学で進展してきた、連続状態離散化チャネル結合 (CDCC) 法と殻模型に基づいてクラスター描象を考慮できる模型 (COSM) などを用いてきました。今後は、天体現象のみならず、放射性廃棄物処理や放射線治療に関する核データについても評価研究を推進していきます。これにより、JCPRG の核データ研究を社会に還元することができます。

さらに、今後は評価研究のみならず、原子核反応実験も実施します。ハンガリー原子力研究所

(ATOMKI) と推進している独立行政法人日本学術振興会二国間交流事業「放射線治療及び核医学検査で重要な核データの測定及び評価研究」(2014年4月～2016年3月)では、医療用放射性核種である<sup>99m</sup>Tcの生成断面積測定なども行いました。また、北海道大学病院にある放射線治療を目的とした陽子線加速器を用いた実験を提案していきます。

このように、これまでの天体现象に関連した評価研究から、さまざまな応用に資する評価及び実験研究へと拡大していきます。これにより、JCPRGの研究活動を社会にいつそう還元することが可能になります。

#### 外部機関との連携促進

独立行政法人日本学術振興会アジア・アフリカ学術基盤形成事業「アジア地域における原子核反応データ研究開発の学術基盤形成」(2010年4月～2013年3月)のもと、アジア地域での核データセンター間の連携を推進してきました。この中で、毎年ワークショップを開催するなど、アジア地域での連携を強化しています。さらに、上記の交流事業でATOMKIと共同研究を推進するなど、外部連携を促進しています。

今後もさらに国内外のさまざまな研究機関と共同研究を推進することが重要だと考えています。

#### 大学院教育

JCPRGの交流活動を契機に、カザフスタンのアルファラビ・カザフ (Al-Farabi Kazakh) 国立大学と北海道大学との間に交流協定及びダブルディグリープログラムが実施されています。2014年度現在、博士課程の学生1名を受け入れています。また、北海道大学大学院理学院に先端医学物理学コースを設置し、医学物理士の養成を行っています。

今後は、上記「核データの取得・評価研究」の研究内容に沿った大学院教育を推進していくつもりです。

このように、これまで着実に推進してきた主要4項目の目的を、社会背景などを考慮しつつ、より一層拡充させていくことが不可欠であると考えています。

## 11-2 知識メディアラボラトリー研究員

### 11-2-1 JCPRG の今後の発展に向けて

江幡 修一郎 (北海道大学)

私は JCPRG の活動に約二年従事してきました。40 年という長い活動期間からすれば短い期間ですが、この間に感じた現状と個人的に持つ核データへの期待から、JCPRG 活動の今後の発展への、要望を述べたいと思います。

40 年史編纂に参加した当初は、消極的な姿勢であった事を吐露します。それはこれまで 40 年維持されてきた活動に対して、新参加者が我が物顔で意見する気になれなかった事もありますし、またこの様な記念誌は、概ね古きを懐かしむ事の出来る方々が楽しむものと、思っていた為です。発起の時期に私は採録活動をより円滑にする為の編集用ソフトウェアの開発を進めていました。開発は遅々として進まず、煮詰まっていました。過去に開発されたものがどのような意図で今の形になったのか、何故この形式になったのかなど、現状に至るまでの経緯を知る必要がありました。しかし、40 年の活動履歴をすべて活用するには長すぎました。そこで、40 年史をただの回顧録として残すのではなく、未来へ残すべき経験を形にしたもの、とすべきだと考えました。編集委員会ではその旨の意見を発言し、受け入れて頂けたと思います。当初の姿勢を改め、編集活動に臨みました

これまで開発が難航した事には大きく二つの理由があると思います。一つは経験の継承が十分ではなかった事。この点については 40 年史編纂もあってグループ内で特に重要視される状態になったと思います。当事者として、JCPRG 活動において常に考えていきます。もう一つは核データ利用の用途が変化、多様化している事にあります。JCPRG の発足当時は学術的な核データの利用を主眼としており、用途が多様化する事は想定されていなかった様に思います。具体的には原子力関連の研究開発、中性子イメージング、重イオンビームによる放射線治療などであり、社会がより積極的に核データを利用する機会が増えてくる可能性は多分にあります。既に挙げている例をとっても、各々で利用される反応、核種、エネルギーが異なります。各々のユーザーに最適化されたデータベースの用意が必要とされますが、現状でそれらを一つ一つ対処するのは難しい状況です。

前述で挙げた問題は常に活動を続けていく上で必ず現れるものです。より安定でかつ円滑に、技術の維持継承を行い、開発に繋げる様に進めなければなりません。具体的な解決策としてはマニュアルの作成と活動内容の周知広報と関連する情報の収集です。特にマニュアル作成は急務であると思います。活動の維持には新しい構成員の技術を円滑に引き上げる必要があります。マニュアルはこの意味で重要です。活動内容の広報は、核データ採録の円滑な運用と、新しい利用環境を開発する為の情報収集に重要であり、より積極的に進めていくべきだと思います。これ等が遂行された暁には、さらに発展できる JCPRG の基盤が整うと思います。

最後に次の 40 年先の核データ活動を見据え、現在の活動に種をまいておきたいと思います。今から 40 年前、JCPRG 発足時に核データの重要性がここまで発展する事は恐らく誰も考えていなかったと思います。それは核反応実験がこれほど全国で発達する事を予想しなかったからではないでしょうか。日本の原子核構造、核反応研究は世界的に主要な部分を占めています。これから更に発展していく事は容易に想像されます。したがって、核データは現在採録している、荷電粒子反応だけにとどまらず、より高エネルギー、または詳細なデータが必要とされてくると思われます。その時に、これまで培ってきた経験を活かさねばならない事態が出てきます。特に技術の継承において、

データの採録と採録の書式については、重要になってくるはずですが、より一般的にデータ保存の書式について俯瞰しながら新しいデータに臨む様、心掛けていく必要があると思います。

## 11-2-2 JCPRG の今後の発展に向けて

今井 匠太朗（北海道大学）

私はこれまでハドロン物理を専攻してきたこともあり、JCPRG に着任する以前は「核データ」という言葉を聞いたことはあっても、その実態については何も知らなかった。着任してからはじめてデータ採録、形式開発およびデータベース開発という本センターの仕事について学ぶことになり、多くの戸惑いを経験した。全くの部外者であったところから1年が経過し、核データに少しだけ馴染んできた頃である。したがって、限りなく部外者に近い目線からセンターを眺めつつ、将来を見据えた問題提起ができれば、と思い本稿を引き受けた。

着任当初センターに対し感じたことは実に勿体ないという思いだった。センターは国内の荷電粒子を用いた原子核実験データ収集をしている唯一の施設であり、HENDEL という世界的に評価の高いエディタシステムを有しているにも関わらず、私の様な少し外れた分野の人間には耳馴染みがなくなってしまう。核データ、特に荷電粒子反応は医療をはじめとして応用性と将来性の高い重要なデータであり、かつ日本の原子核実験施設は世界有数の技術を持つことを考えると、センターが行なっている仕事の重要度はもっと評価されてもよいのではなかろうか。40年史編纂の議論の中で核データの蓄積の重要性を一早く見抜き、わかりやすいデータ形式を作成してきたセンターの多大な労力と紆余曲折を知るにつれて、その思いは強くなっていった。

しかしながら一方で、センターの研究・開発はデータ採録と採録者のみに注力していると感じるようになっていった。確かに EXFOR の複雑なコーディングの労力は大変なものであり、多くの知識や経験が必要とされる。NRDF や HENDEL の登場はその敷居を下げ、ほとんど知識のない私の様な者でさえも採録作業に加わるようになったのは素晴らしいことである。ところが、その様な苦勞の末に蓄積されたデータは一体どの程度使われているのだろうか？ という疑問が湧いてくる。

データベースは活用されてはじめてその価値を発揮する。我々が次に考えるべきは、データの形式、構築方法そのものよりも、活用性の高いものを目指す、ということではないだろうか。そのための必要条件は、ユーザーにとって難しくなく自由に使用できるということだと考える。核データのユーザーは非常に幅の広い分野をカバーするため、この条件を満たすのは非常に難しいが、40年に渡って核データに寄与してきた当センターだからこそ取り組める課題であると考えている。さらに言うならば、この様にユーザーに重点を置いた視点はデータ形式・データベース構造のデザインに他ならず、採録者にも易しいエディタ開発のためのソフトウェアデザインにも繋がると期待している。

最後に、JCPRG に着任以前の自分の視点に戻って議論をしたい。現在の JCPRG の採録対象は荷電粒子反応に限っているが、上記の様な汎用性の高いデータ形式が構築された暁には、それを荷電粒子のみに限る理由はない。例えばハドロン物理に拡張することも可能である。この分野ではまさしく現在 J-PARC において重いクォークを含むハドロン物理の実験が行なわれようとしており、今後大量のデータを処理する必要があると見込まれる。この段階で JCPRG のデータベースを適用・提供できれば、大きな仕事になり、その存在感を増すことになる。私の様な近い分野からの参入がセンターの活動の拡張・発展へと繋がれば、と願っている。

### **11-2-3 The personal opinion for Asian collaboration in JCPRG**

Dagvadorj Ichinkhorloo (Hokkaido Univ.)

I am from National University of Mongolia, Mongolia. Since 2009, I have worked in the nuclear Reaction Data Centre (JCPRG) of Hokkaido University. For past 6 years, I have joined in two subjects of compilation and evaluation of the experimental nuclear data. The former subject is an important part of international activities in JCPRG which is a national center of the international network of the nuclear database. Through the nuclear data activities, a close cooperation has been developed among Asian nuclear data centres and researchers of other countries. These relationships are expected to continue and to be developed in the future. The latter subject has to do with a theoretical analysis of experimental nuclear data and with my main task in Japan. The evaluation of nuclear reaction data are still open problems. In collaboration with researchers of JCPRG, I have studied applicability of the continuum discretized coupled channel method (CDCC) for neutron scattering on lithium isotope targets.

Today, Mongolia has not enough experimental technical possibility to produce nuclear data. In this situation, we should consider how to attend and develop nuclear data activities in Mongolia. It is one of solutions that researchers recognize the importance of collaborative works and often make partners of colleagues abroad. In my opinion, at its basic level, collaboration between Mongolia and JCPRG occurs when researchers are engaged informally in consultations and advices concerning with nuclear data compilation and evaluation. Collaboration also plays a key role in the training and development of highly qualified personnel for example through the students from Mongolia.

It could be deeper forms of international cooperation in JCPRG and good developments of nuclear data activities in Mongolia. Therefore, I truly want to work for EXFOR compilation through the nuclear reaction data network to make coordination between Japan and Mongolia in the future.

Finally, I would like to thank many persons in Mongolia and Japan, for giving such a nice opportunity for an encounter with nuclear data activities. My deepest thank to all member of JCPRG and the Nuclear Theory Laboratory of Hokkaido University for supporting my research work and stay in Sapporo.

## 11-2-4 JCPRG for me

Aiganym Sarsembayeva (Hokkaido Univ.)

It was my first trip to abroad. When I was a PhD student I had an opportunity to visit Japan in 2011 by the program prepared for the PhD students at the Al-Farabi Kazakh National University. At Hokkaido University I was also supported by the Short Stay Program of the Japan Student Services Organization. Professor K. Kato was my scientific adviser. My PhD thesis was related to the nuclear reactions in the atmosphere of the sun. I needed the nuclear reaction data for my study. Fortunately, I could have a great advantage of Nuclear Reaction Data Centre at Hokkaido University. With the help of JCPRG members I could find many nuclear reaction data necessary for my research work. During my stay at Hokkaido University, I attended many seminars and meetings of JCPRG and the nuclear theory laboratory. In every meeting, the member of JCPRG reported the experimental papers which must be compiled for the nuclear reaction database. I found that in compilation of the nuclear data we can obtain more knowledge about nuclear experiments. I could learn many experimental works performed in Japan and obtain useful knowledge on the nuclear reaction database.

The activities of JCPRG are supported by highly-qualified scientific and professional group members. I was impressed with their professionalism and friendship. I wanted to work together with them in one of worldwide nuclear data centre. I am very proud that in that short term I had the opportunity to improve my skills and got invaluable experience in one of the main nuclear data centres.

After getting the PhD. in Al-Farabi Kazakh National University, I was fortunately employed as a member of JCPRG. It is very great pleasure for me to work with the excellent and highly experienced team of Nuclear Data Centre in Japan.

Currently I am developing a new editor system using the Java programming language for a standalone application type (GUI) under the guidance of Prof. K.Kato, Prof. N.Otsuka, Prof. M.Aikawa and Prof. M.Chiba. The new editor system is designed to create outputs in the EXFOR format. The developed EXFOR editor will exceed in functionality of the usage side from the current HENDEL editor system. Such a new editor system is expected to be very useful for compilation not only in JCPRG but also in foreign countries.

My suggestions for the future of JCPRG are as follows:

1. Since the new editor system is developed for the EXFOR format it is necessary to create an independent editor for NRDF format separately. A new NRDF editor must be platform independent and designed with friendly graphical user interface as well. If I can have an opportunity I would like to contribute my skills to the development of an NRDF editor system.
2. We are now living in the world that is rapidly developed by advances in high-speed computing, communications, and information technologies. Across the developing world, new technologies are helping to distribute resources for education, science and so on. These technologies connect people to people, people to powerful databases and instruments, and people to institutions around the globe. In my opinion it is needed to develop nuclear physics applications that will be useful in fields of nuclear physics, astrophysics and etc. This application will be equipped with tools that useful for calculation of nuclear physics. It also should be kept in mind that so-called mobile apps are performing increasingly important roles, so I think must be developed mobile version of these applications as for Android apps

also for iOS apps.

3. Computer graphics is a powerful tool that supports the visual solution of problem. The importance of computer graphics lies in its applications. Now it is a time when scientists can create, simulate and manage physical processes in their computers. In engineering science applications, the ability to quickly visualize shapes newly designed is indispensable. Medical imaging is another application where computer graphics has proven valuable. Recent advances in imaging technology such as computer tomography and magnetic resonance imaging allow physicians to take 3D X-rays of the human body. Interactive computer graphics allows the physician to interpret this large volume of data in new and useful ways. At this moment JCPRG group members are working in following fields:

- Nuclear medicine;
- Transmutation;
- Nuclear physics;
- Astrophysics;
- Database/Software.

I think if we can visualize and simulate processes, it will be new step for improvement and development of above listed fields.

Finally I would like to say that Japan has given me an unforgettable journey to the World of Science, and an opportunity to obtain much important knowledge which helps my future activities. Japan has accepted me with open arms and love. Here you realize of yourself a part of the country.



## 11-2-5 Impress and suggestion on Nuclear Reaction Data Centre

### (JCPRG) in Hokkaido University

Bo Zhou (Hokkaido Univ.)

I am from China and I got my PhD from Nanjing University at the end of 2013. On July 1st 2014, I was very glad to become a member of JCPRG as a postdoctoral researcher in Hokkaido University. Our present JCPRG team is led by Prof. Masayuki AIKAWA. The main mission of JCPRG is to compile data obtained in Japan on charged-particle and photo-induced nuclear reactions. After half a year's study and work, I began to know more about JCPRG. JCPRG has a long history for compiling the nuclear data, a very good collaboration with other nuclear data centres, and a convenient web interface for providing nuclear data service. These nice features gave a very strong impress to me.

The Nuclear Reaction Data Centre in Hokkaido University was established in 2011 as the successor to the Japan Charged-Particle Nuclear Reaction Data Group (JCPRG) founded in 1974. JCPRG has developed for 40 years for compiling the nuclear data and became an important experimental nuclear reaction data centre in the world now. JCPRG compiles the nuclear reaction data related with charged-particle and photo-induced nuclear reaction data obtained in Japan from refereed journals into the database. The obtained data in Nuclear Reaction Data File (NRDF) are ultimately converted to the international standard EXFOR (EXchange FORmat) form. Until now, JCPRG has completed more than 1500 compilations and these compiled data can be accessible on the JCPRG website free of charge. As a member of the International Network of Nuclear Reaction Data Centres (NRDCs) under the auspices of the International Atomic Energy Agency (IAEA). JCPRG has contributed about 10 percent of the data on charged-particle nuclear reactions in the EXFOR database.

Keeping the close and effective collaborations with many institutes and countries is another significant character of JCPRG. The compilation for the nuclear data is a worldwide huge project and the international collaboration is necessary. On the one hand, as we mentioned above, JCPRG is a member of NRDCs under the auspices of IAEA. All the nuclear data centres in the world collaborate in compiling experimental nuclear reaction data and maintaining the compiled data in the EXFOR database. On the other hand, JCPRG is playing a central role for organizing the nuclear data activities in Asian countries. For example, JCPRG has always a close collaboration and connections with Nuclear Reaction Data Centre of National University of Mongolia, China Institute of Atomic Energy, Nuclear Data Centre of India and other nuclear data centres in Asian countries. Asian nuclear reaction data workshops were held every year in different Asian countries. Recently, to further strengthen ties with the nuclear data activities in Asian countries, we are preparing to build the Asian nuclear reaction data centres (<http://www.nrdc.asia/>) supported by JCPRG. Now, the included members are China, India, Japan, Kazakhstan, Korea, Mongolia, and Vietnam.

JCPRG also provides a very user-friendly interface for the nuclear reaction data service and also data processing software like GSYS. In fact, before I come to JCPRG, I have searched some nuclear reaction data on the JCPRG website. According to the site statistics, more and more people are using the nuclear reaction data service by JCPRG.

Today, JCPRG is facing the great opportunity and challenge in compiling and maintaining the increasing nuclear experimental data from Japan and also meeting various kinds of requirements for the nuclear reaction data. In the future, we plan to compile and evaluate the nuclear reaction data for specific fields such as astrophysics, medicine and engineering. As a developing nuclear data centre, JCPRG is always welcome to suggestions for its improvement and future development. As a member of JCPRG, considering my research in nuclear clustering physics, one of my main suggestions is to build a nuclear clustering data library supported by JCPRG. This nuclear clustering data library can provide nuclear reaction data related with nuclear clustering and at the same time includes the evaluations for the cluster structures by different nuclear models.

As we know, nuclear clustering is always attracting people's interest due to its novelty and special structures in nuclear physics. More and more experiments and theoretical models are focusing on studying this interesting hot topic in the world. In this situation, there is a high requirement for building a special database for the nuclear reaction data related with the nuclear clustering. And we also can collect and compile some related results obtained by different nuclear models, especially the nuclear cluster models. Since the nuclear clustering almost only appear in light nuclei, it is possible to make a very detailed classification for this kind library. For example, we can begin from the  $n$  alpha nuclei like  $^8\text{Be}$ ,  $^{12}\text{C}$ ,  $^{16}\text{O}$ , ...,  $^{40}\text{Ca}$ , then extend it to the neutron-rich light nuclei. Every year, this library should be updated since the new experiments and theoretical calculations are published.

JCPRG has the huge advantage of building a nuclear clustering data library. As we know, Japan is always playing a central role in nuclear clustering physics in the world. In fact, many members in the theoretical nuclear physics laboratory in Hokkaido University are doing some research work related with nuclear clustering. In this case, it is very promising to complete a nuclear clustering data library including both nuclear reaction data and the evaluation data by models. Finally, we can provide all-sided nuclear clustering library both for experimenters and theorists for studying the nuclear clustering physics.

Now, with these big achievements, JCPRG has marked its 40th birthday. I am very pleased to be involved in this great and promising project. Thanks for help of all the members in JCPRG and theoretical nuclear physics laboratory in Hokkaido University.