

# 2011年度 天体核反応データベース NRDF/A 活動報告

## NRDF/A activities in the Year 2011

北海道大学知識メディア・ラボラトリー  
牧永 あや乃

MAKINAGA Ayano  
Meme Media Laboratory, Hokkaido University

### Abstract

We summarize the status of the NRDF/A data file. In the year 2011, bibliographic information of the photo nuclear reaction of light nuclei is compiled. We also report the presentation about NRDF/A which is taken in some meeting in 2011.

## 1 はじめに

Nuclear Reaction Data File for Astrophysics(NRDF/A) は、元素の起源の解明に根源的な役割を果たす天体核反応データの収集、理論評価を行い、天体核物理学・原子核物理学・宇宙物理学の発展に寄与する事を目指したデータベースである [1-3]。昨年度に引き続き、2011年度は天体核反応データの収集、評価に向けての天体核物理学的に重要となる核反応の書誌データベースの構築、及びデータファイルを作成する上で必要となるフォーマットや辞書コードの整備を行った。また、本年度は、研究会や会議において NRDF/A について発表を行う機会が得られたので、紹介させていただきたい。なお、NRDF/A に関する理論評価部分についての記述については、別記事 [5] として報告される予定のため、ここでは割愛させていただきたい。

## 2 NRDF/A 書誌データベース

現在、採録対象としている核反応は、主に原子番号 1-14 までの安定核及び不安定核を標的とした、荷電粒子 (e,p,d,t, $^3\text{He}$ , $\alpha$ ) 入射、光子入射、中性子入射反応である。以下に本年度、追加した 14 反応と計 428 件のデータについてリストを示す。

今後の検討事項としては、現在は軽核を対象としているが、重元素合成データも収集する。ハイパー核や電子散乱データ、高エネルギー領域のデータも収集できるか等を検討する予定である。又、アメリカの National Nuclear Data Center から公開されている Nuclear Science Reference NSR[4] や Smithsonian Astrophysical Observatory(SAO/NASA) から公開されている A D S サービス等が既に行われているが、そのような状況の中での NRDF/A 書誌データベースの特徴をどのように出すかが重要になると思われる。

表 1: NRDF/A 書誌情報データベースにおいて採録対象とした核反応

reaction	records	reaction	records	reaction	records
$^{13}\text{C}(\gamma, p)$	11	$^{14}\text{N}(\gamma, n)$	16	$^{14}\text{N}(\gamma, p)$	17
$^{15}\text{N}(\gamma, n)$	22	$^{15}\text{N}(\gamma, p)$	13	$^{16}\text{O}(\gamma, \alpha)$	8
$^{16}\text{O}(\gamma, p)$	136	$^{16}\text{O}(\gamma, n)$	134	$^{17}\text{O}(\gamma, n)$	11
$^{17}\text{O}(\gamma, p)$	4	$^{18}\text{O}(\gamma, \alpha)$	1	$^{18}\text{O}(\gamma, n)$	12
$^{18}\text{O}(\gamma, p)$	13	$^{19}\text{F}(\gamma, n)$	30	total	428

### 3 NRDF/A 核反応データベース

現在検討中である、データファイル用フォーマットの作成と辞書コードの整備を中心に活動を行った。これまで検討した結果では、フォーマットについては、本センターで利用されている NRDF フォーマットを基本に拡張・改良を加えるという形式を採用したいと考えている。一方、辞書コードについては、現在 NRDF に登録されているコード全てが必要という訳でもなく、同時に NRDF/A 用に新たに作成すべきコード等もある為に注意深く構築していく必要がある。検索システムについては、キーワードや辞書コードから検索を行う従来のシステムだけではなく、テキストや画像を検索する事が可能な自然言語処理系のシステムを構築する事により従来の数値データと書誌データ以外の有用なデータ (例えば、ある原子核反応に関する天体核反応ストーリー等) を引き出す事を追及したいと考えている。

### 4 NRDF/A の発表成果資料

今年度は NRDF/A に関連する、次の 5 件の発表を行う機会が得られた。

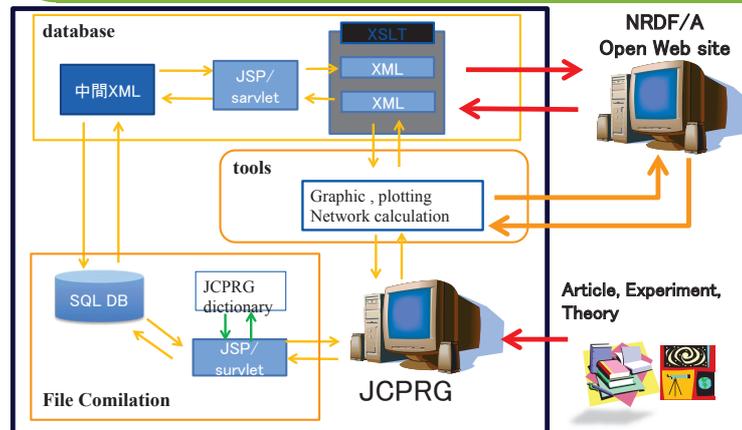
- 「天体核反応データベース NRDF/A の開発」

- － 理研 (RIBF) ミニワークショップ (2011.12.13-14)
- － 本発表では、NRDF/A の概要の紹介を行った。特に、データファイル採録プロセスで問題となる論文著者 (データ提供者) との連携の課題点、又、利用者の要望等を議論する為に、1989 年に本センターで行われたアンケート調査結果を用いて解説を行った。具体的には、1) 実験者の論文の実験データがデータベース化されているかについて認識しているか、2) 採録ファイルの著者によるチェックが必要と思われるか、3) 現在の採録範囲で十分であるか、4) 実験者からの実験データ提供協力の重要性について解説を行った。

- 「天体核反応データベースの開発」

- － 北海道地域スクール 2011(2011.11.18-21)
- － 本発表では、NRDF/A の概要とデータファイルの収集範囲を解説した。また、NRDF/A の検索システムの構想についての解説を行った。以下に、構想図を示す [図 1]。

- 「Nuclear data for astrophysics experiment at Hokkaido University」



From Riken Workshop 2010

図 1: NRDF/A 検索システムの構想図

- 第 2 回アジア核反応データベース開発ワークショップ (2011.9.5-9)
- 本発表では、天体核物理で必要とされている核データ測定について報告を行った。具体的には、「アジア・アフリカ学術基盤形成事業 R-1: 核データの実験的研究」として行っている北海道大学 45MeV 線形電子加速器を用いた中性子実験についてである。中性子実験の経過報告についてである。
- 「天体核反応データベース NRDF/A」
  - RCNP 核データ研究戦略検討会 (2011.6.28-29)
  - 本検討会は、中高エネルギーにおける核データ研究の戦略を行う事を目的とし開催された。本発表では、元素合成における核データの重要性について解説を行った。具体的には、1)JCPRG のデータ収集と国際協力、2)NRDF の物理量の守備範囲、3) 核データファイルの採録方法について、4)NRDF/A データファイルの採録状況について報告を行った。本記事の最後に付録として発表資料を添付する。
- 「核反応データファイル NRDF-天体核反応データベース NRDF/A への応用」
  - NRDF ワークショップ (2011.12.26-27)
  - 世界の評価済み天体核反応データベース紹介をはじめとし、NRDF/A で取り組みについての紹介を行った。具体的には、a) 評価済み核データベースにある反応に対する実験データの収集、b) 評価済み核データベースに掲載されている反応率の比較、c) 天体核物理のトピック (ストーリー) の収集、d) コンパクトデータ入力・検索システム、e)NRDF/A 用のコード整備について紹介した。

## 5 まとめ

本年度は、書誌データベースの構築を引き続き行った。また、国内外での発表と議論を行う機会が多数得られた事により、本センター関係者以外の方から多くの提案や要望を頂くことが出来た。特に、2011年12月に行われたNRDFワークショップでは、ここ、1, 2年検討事項となっていたNRDF/Aのフォーマットの案に対して、非常に有意義な議論、知見を得る事が出来た。少々漠然としたアイデアや計画等を含む発表であったにもかかわらず、田中一先生を始めとし、これまでNRDFの開発に携わってこられた先生方から数多くの関連事項の解説や課題を得られた。中でも、過去には開発対象であったという自然文処理システムについてのお話は非常に刺激的であり、是非NRDF/Aのシステムで実現出来ればと思った次第である。

## 6 謝辞

本データベースの作成にあたり多くの方のお世話になりました。この場をお借りしてお礼を申し上げます。本研究の成果発表の一部は、日本学術振興会のアジア・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)”及び北海道大学大学院理学研究院と独立行政法人理化学研究所の共同研究「RIBF核反応データの高度利用研究」のサポートにより行われています。

## 参考文献

- [1] 牧永あや乃、古立直也、加藤幾芳、「2009年度に作成されたNRDF/Aファイル」、荷電粒子反応データファイル年次報告 No.23, 11 (2010)
- [2] 牧永あや乃、加藤幾芳、「2010年度に作成したNRDF/Aファイル」、荷電粒子反応データファイル年次報告 No.24, 48 (2011)
- [3] 加藤幾芳、大塚直彦、「研究会「宇宙黎明期の恒星の進化と元素合成過程」報告」、荷電粒子反応データファイル年次報告 No.20, 3 (2007)
- [4] B.Pritychenko, E.Betak, M.A.Kellett, B.Singh, J.Totans, “The Nuclear Science References (NSR) database and Web Retrieval System”, Nucl. Inst. Meth. A **649**, 213 (2011)
- [5] 山本一幸、「NRDF/A核反応データ評価」、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.1, 35 (2012)

## 付録：RCNP核データ研究戦略検討会発表資料

# 天体核反応データベース NRDF/A

牧永あや乃  
北海道大学 知識メディアラボラトリ  
(北海道大学核反応データベース開発センター)

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28, 29日

1

## 目次

- ① 核データベースと元素合成
- ② JCPORGのデータ収集と国際協力
- ③ 元素合成に関する話題
- ④ おわりに

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28, 29日

2

## 核データベースと元素合成

実験核反応  
データ  
(EXFOR/NRDF)

評価済み核データ  
(ENDF/JENDL/JEFF)  
NACRE/KADoNiS

質量データ  
(AMDC Audi et al.)

実験核構造  
データ

評価済み核構造  
データ (ENSDF)

INPUT → 元素合成  
ネットワーク計  
算



RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28, 29日

3

## 実験データから利用までの流れ

測定(EXFOR/NRDF)  
理論(光学模型・複合核  
模型・統計模型・前平衡  
模型・直接過程・・・)

→

評価  
(JENDL/ENDF/JEFF)

加工  
(MACS, 核反応率,  
炉定数)

↓

利用  
(ネットワーク計算、輸送  
計算)



RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28, 29日

4

## 宇宙核反応データベースの例



Many web site for Stellar reaction rate

1. Evaluation
2. Collection

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28, 29日

5

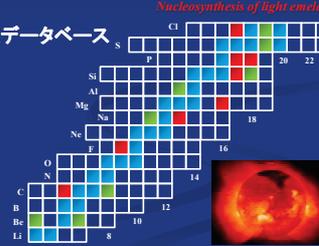
## NRDF/A

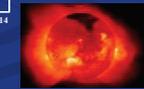
*Nuclear Reaction Data File For Astrophysics*

- I. 天体核反応で必要となる核反応の理論的・実験的評価データベース(主に軽核)
- II. 天体核物理関係の文献データベース
- III. データファイルの収集(現在は軽核中心に収集)
  - s-factor,
  - reaction rate etc..
  - experimental
  - Theoretical

→NRDFの拡張版

Nucleosynthesis of light element





RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28, 29日

6

## JCPRGのデータ収集と国際協力

- NRDFとは？
  - Nuclear Reaction Data File
  - 電粒子核反応データファイル
  - 国産荷電粒子核反応データ
    - (陽子、軽イオン、重イオン入射反応)
  - 国産光核反応データファイル
- NRDFの一部はEXFOR(EXchange FORmat)形式への変換を行いIAEAの管理の元公開

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

7

## 核反応データベースの守備範囲

- 断面積
- 角度微分断面積( $d\sigma/d\Omega$ )
- エネルギー微分断面積( $d\sigma/dE$ )
- 二重微分断面積( $d\sigma/d\Omega/dE$ )
- 残留核生成物
- 核分裂収量
- 厚い標的からの収量
- 厚い標的からの微分収量
- 共鳴パラメータ
- 共鳴積分
- 反応率
- ...

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

8

## NRDFの長所

- 柔軟な格納書式
  - 原子力・医療 ⇒ 断面積
    - $\sigma(E)$ 入射エネルギーのみの関数
  - 原子核物理 ⇒ 微分断面積、オプティカルモデルパラメータ等
    - $\sigma(E;0), \sigma(E;0, 0_2), \dots$  入射エネルギー以外の変数を持つ関数
- データベースの仕様の独自性
  - 新しい物理量への拡張、処理系の設計

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

9

## NRDFの短所

- 柔軟すぎる書式やコード
  - 処理系設計を難しくする
- 国産のデータという収集範囲
  - 利用者は海外産データとも比較

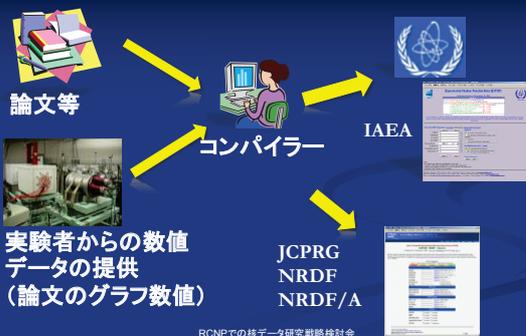
2006年頃～

→ 天体核反応率を評価するための基礎データベースの作成(拡張)としてNRDF/Aを開始  
=>世界中のデータを対象

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

10

## 核データファイルのコンパイル



RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

11

## HENDEL editor

(Hyper Editor for Nuclear Data Exchange Language)



- Web-based editor
- EXFOR file & NRDF file
- Made by N.Otsuka(2001~)
- Plotting system
- Perl lang.

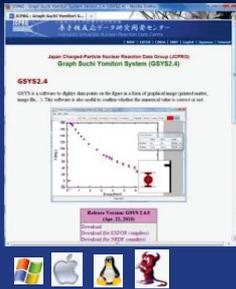
<http://www.jcprg.org/hendel/>

If you want to try,  
ID: guest  
PASS: guest

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

12

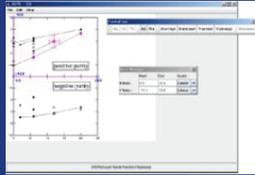
# Digitizing software



**GSYS Ver. 2.4 was released by Suzuki, Ito to 2010**

If you need, please download <http://www.jcprg.org/gsys/gsys-j.html>

PNG, GIF, and JPEG image can be digitized.

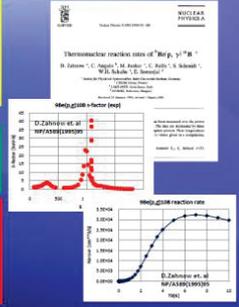


you need JRE.(JAVA)

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

# NRDF/Aデータファイルの例

```
#RNO A0006-1
#TITLE Thermo-nuclear reaction rates of 9Be(p,n)9B
#AUTHOR G.Zakharov, C.Angulo, M.Muener, C.Roth, S.Schmitt,
W.H.Schulte, E.Somorjai
#INSTITUTE
#REFERENCE NPJASR(1993)5
#REACTION 9Be(p,n)9B
#PVEL S-factor
#STATUS Table 1, Fig 4
#EPOCH1993
#Comment A.Wakita in 2009/12/28
#checked A.Makino in 2010/1/29
#COMMENT
# (a)Effective beam energy within the target.
# (b)Statistical error only.
# (c)Standard value (see text).
# (d)Reaction yield (not the S(E) factor due to narrow width of the E=1063 keV resonance.
# DATA
#Eeff(a) Error S-factor(b) Error Comment
#Evel (keV) (keV-S) (keV-S)
73.3 0.5 1.31 0.07
85.8 0.5 1.24 0.05
98.4 0.5 1.26 0.05
123.5 0.5 1.45 0.06
```



Bibliographic Information

Comment

data

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

# 2009年度の採録状況

Reaction	Exp.	Theor.
<sup>d</sup> ( <sup>4</sup> He, <sup>n</sup> ) <sup>7</sup> He	3	0
<sup>3</sup> He( <sup>d,</sup> n) <sup>3</sup> He	1	0
<sup>3</sup> He( <sup>alpha,</sup> γ) <sup>7</sup> Be	2	0
<sup>3</sup> He( <sup>alpha,</sup> γ) <sup>7</sup> B	1	1
<sup>3</sup> He( <sup>p,</sup> α) <sup>7</sup> Li + <sup>3</sup> He( <sup>p,</sup> α) <sup>7</sup> Li + <sup>3</sup> He( <sup>p,</sup> α) <sup>7</sup> Li	1	0
<sup>3</sup> He( <sup>p,</sup> α) <sup>7</sup> Li	2	0
<sup>3</sup> He( <sup>p,</sup> α) <sup>7</sup> Be	1	0
Total	11	2

- experimental & theoretical
- s-factor
  - reaction rate
  - β-decay rate
  - resonance parameter
  - etc...



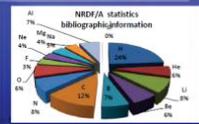
RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

# NRDF/A文献データベース

URL <http://www.jcprg.org/>

## How to use

- Covered bibliographic information
- 183 Reactions
- About 7000 data records
- Based on the NSR database (Now opened version)



RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

# 元素合成に関連した話題

- JCPRGでの実験的研究の取り組み
- s-, r-, p-核の生成
- 北海道大学45MeV電子線形加速器
  - 熱中性子源(将来)
  - 冷中性子源
  - 制動放射線(現在)



北大リニアック

電子線エネルギー	最大45MeV以上(全周電流 50mA(瞬)) 最大30MeV以上(全周電流210mA(瞬))
電子線電流	最大平均電流(60pA,パルス幅3ps)
パルス繰り返し数	10~100pps(連続可変、単パルス)

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

# 光核反応データ

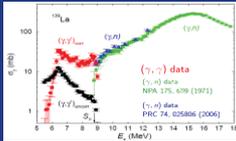
- 評価済み核データライブラリ
  - IAEA Photoneuclear Data Library(2000) (164核種、~140MeV)
  - JENDL/PD-2004 (2004) (68核種、~150MeV)
  - ENDF-B/VII(2006) (163核種、~140MeV)
- 国内における光核データ測定
  - 原子力機構, 阪大, 金沢大, 甲南大, 核研, 東北大, 北大, 佐賀, ...
- 光核反応データの収集(EXFOR)
  - ロシア核データセンター(CDFE)Varlamovらが部分的に採録
  - 2007年~ 国産の光核データについてはJCPRGで採録

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

## 光核反応データ

北大制動放射線実験を中心とした国際協力

- 日本学術振興会「アジア・アフリカ学術基盤形成事業」
  - 韓国Kyungpook国立大学(PAL:50MeV~100MeV)
- その他
  - ドイツFZD,アメリカTUNL(中性子しきい値以下)
  - 日本AIST(光中性子反応)



・断面積測定  
・評価

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

19

## おわりに

- ① JCPRGで取り組んでいる、天体核反応データベースについて紹介をしました。
- ② 元素合成に関する話題としてJCPRGで取り組んでいる北大実験について紹介をしました。

### ③ 核データに関する要望として、

今回は測定の提案というよりも、

より良いデータベース(正確な情報が入った)を構築するために、

論文グラフの数値データの提供を引き続きよろしくお願いいたします。また、出来上がったデータファイルをIAEAへ送信する前にチェックをして頂けると大変に有難いです。今後ともよろしくお願いいたします。

RCNPでの核データ研究戦略検討会  
2011年6月28、29日

20