



# 粒子線治療における核データ研究の現状

大阪大学核物理研究センター  
洞口拓磨

2012年9月29日 於「RCNP加速器増強と  
核破砕反応中性子利用」

# 目次

- 核データ Users' Meetingの発足
  - 発足経緯
    - 「RCNPにおける核データ研究戦略検討会」との関係
    - RCNP研計委議事録より
  - WGの概要(設立の趣旨・活動内容)
- 粒子線治療における核データ研究
  - RCNPにおける研究の現状
    - 協同研究グループ
    - 医学核データ収集のサブグループの形成
- まとめと今後の展望

# 核データ User' s Meeting～発足経緯(1)～

## ● 「RCNPにおける核データ研究戦略検討会」

- 2011年6月27日・28日 @RCNP

### ● 研究会開催の背景

- 応用系核収集のための実験要請の増加

- データの重要性・緊急性が不明

- 実験の重複が見受けられる

- 実験結果が公表されているのか不明

- 応用系の研究者を一堂に会し、効率的かつ戦略的な核データ収集プロジェクトを立ち上げてはどうか？

- **RCNP研究計画検討委員会の強い要請**

### ● 研究会の成果

- コミュニティーの創設(核データ測定コミュニティー)

- <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~nuc-data/index.php>

- [ml-nucldata@rcnp.osaka-u.ac.jp](mailto:ml-nucldata@rcnp.osaka-u.ac.jp)

# 核データ Users' Meeting～発足経緯(2)～

- RCNP研究計画検討専門委員会(P-PAC)より
  - P-PAC議事録(2011年12月1日開催分)

- [http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/Divisions/plan/p-pac/summaries/p\\_111201.pdf](http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/Divisions/plan/p-pac/summaries/p_111201.pdf)

## 4.1 核データコミュニティの今後の方針について (王幹事)

王幹事より下記の報告があった。

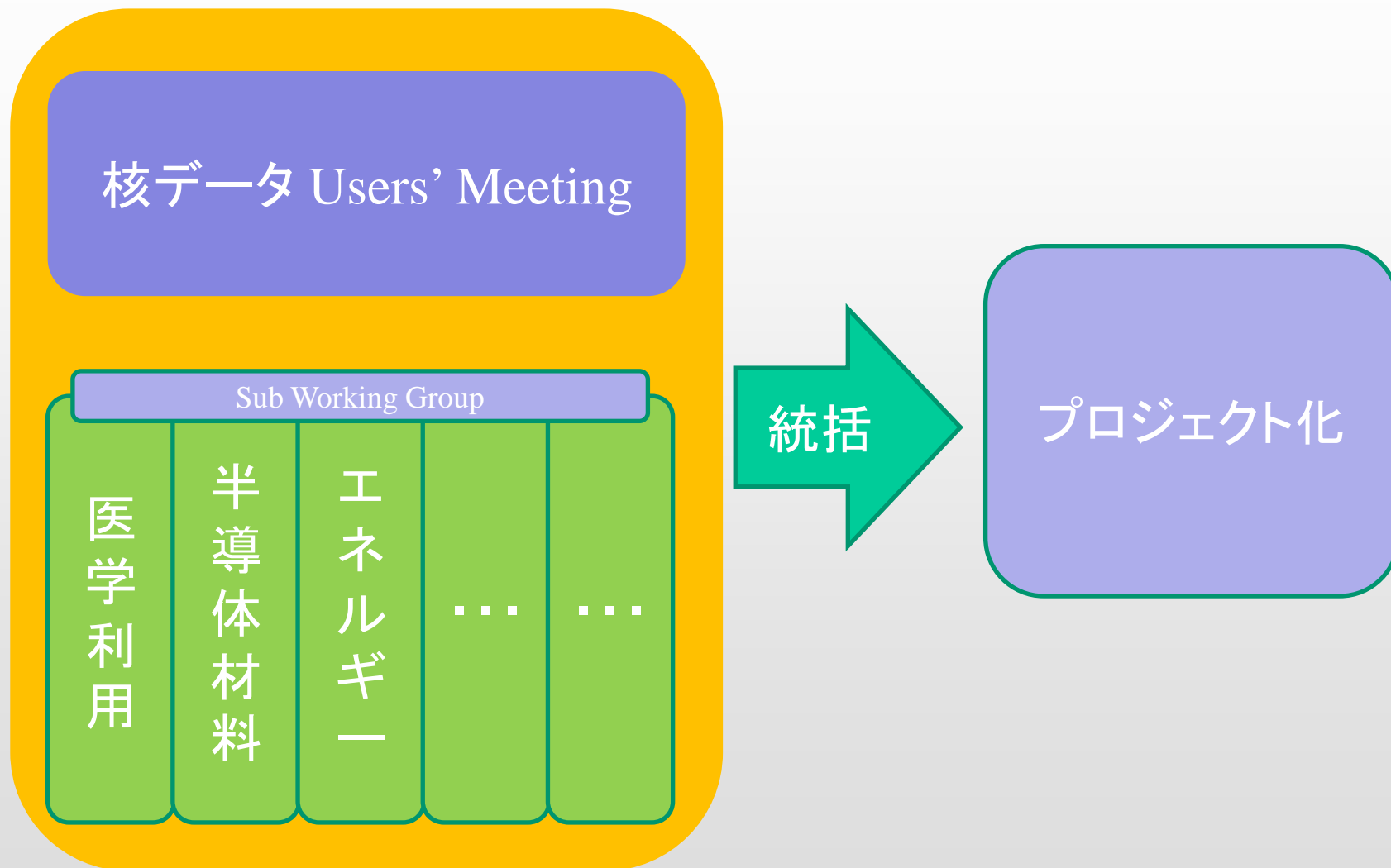
- ・ 6月に開催されたRCNP核データ戦略研究会の世話人である渡辺幸信氏(九大)と洞口拓磨氏(RCNP)、及び研計委委員の福田氏(RCNP)、緒方氏(RCNP)と王氏(RCNP)が11月8日に、RCNPにおける核データコミュニティの今後の方針について打ち合わせを行ったこと、また、同打ち合わせにて核データコミュニティに対し、以下の研計委の要望(※)を伝えたことについて報告があった。

(※)研計委の要望：

- (1) RCNPでの核データ関連実験申請の審査を円滑に行うために、核データコミュニティが各分野を組織し、RCNPで取るべき核データに関して、優先順位を決めるなど、戦略的にプロジェクトの提案を行うこと。
  - (2) RCNPとの窓口を設けてほしいこと。
- ・ その後に行われた核データコミュニティの打ち合わせにおいて、核データの各分野がサブグループを作り、取りまとめ代表者として渡辺幸信氏、副代表者として岩本洋介氏(原研)が選出され、今後の具体的な活動/方針などは研計委の意見を取り入れて相談して決めて行くことに合意された。
  - ・ ホームページの管理やメーリングリストの管理のため、RCNPの計算機システムに核データコミュニティ専用のアカウントを作成した。

研計委の中から、研計委が積極的にサポートできる形に持つていくためには、核データグループに具体的に研究プロジェクトを研計委に提案してほしいとの意見があり、その旨を王幹事が渡辺氏に知らせることとした。

# 核データ Users' Meeting(概略図)



# 粒子線治療における核データ研究

- RCNP協同研究グループの立ち上げ

- 「素粒子・原子核物理学に基づいた医学・生物研究」

- メンバー(平成23年度時)

- 洞口拓磨 (大阪大学核物理研究センター 特任研究員)
- 土岐博 (大阪大学核物理研究センター 名誉教授)
- 手島照樹 (大阪大学医学部保健学科 教授)
- 小泉雅彦 (大阪大学医学部 特任教授)
- 高階正彰 (大阪大学医学部 特任助教)
- 武川英樹 (大阪大学医学部 特任助教)
- 壽賀正城 (大阪大学医学部保健学科 博士過程2年)
- 柴田祐希 (大阪大学医学部保健学科 修士課程1年)
- 大西遼 (大阪大学医学保健学科 学部4年)

- Paper Working Group (PWG)の立ち上げ

- 詳細は後述

- ホームページ

- <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/Divisions/np2/index.html?%B0%E5%B3%D8%CA%AA%CD%FD%B3%D8>

# Paper Working Group (PWG)

- PWG1
  - Residual radioactivity in proton cancer therapy
    - M. Takashina, M. Suga, T. Horaguchi, H. Toki and K. Niita
    - Medical Physicsに論文を投稿中
    - RCNP Annual Report (2011年版)に投稿済
- PWG2
  - Production of  $^{99}\text{Mo}$  for Medical Application via  $^{100}\text{Mo}(n,2n)^{99}\text{Mo}$  with Proton Accelerator
    - T. Horaguchi
    - RCNP Annual Report (2011年版)に投稿済
  - Production of  $^{99}\text{Mo}$  for Medical Application via  $^{100}\text{Mo}(p,pn)^{99}\text{Mo}$  with Proton Accelerator
    - T. Horaguchi
    - RCNP Annual Report (2011年版)に投稿済
- PWG3
  - DNA damage induced by direct effect of proton and carbon cancer therapy
    - T. Horaguchi, H. Toki and M. Koizumi
    - RCNP Annual Report (2011年版)に投稿済
- PWG4
  - Dose of neutron in heavy ion cancer therapy
    - T. Horaguchi, Y. Shibata and R. Ohnishi
    - RCNP Annual Report (2011年版)に投稿済
- PWG5
  - Nuclear reaction data for proton therapy
    - T. Horaguchi, R. Onishi, M. Takashina, H. Toki, M. Koizumi, Y. Shibatta
    - RCNP Annual Report (2011年版)に投稿済

# 背景

- 粒子線によるがん治療が重要性を増している.
- 粒子線による病巣部及び周辺組織での線量分布を計算する核データの精度不足.

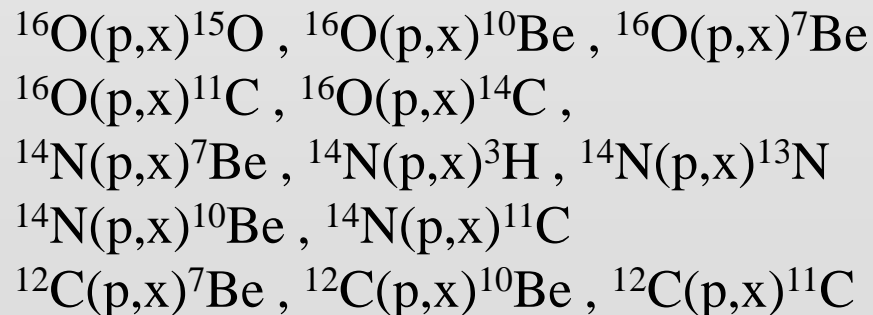
T.Nishio . *et al.*, *Radiol Phys Technol* 1: 44-54, 2008

- ✓ 更なる精度向上のため、核データの補填が必要だとされている.
  - ✓ しかし、どのエネルギー領域でデータが不足しているか、また、足りているのかが不明である.



## データ収集

- 陽子線を入射した場合の放射化断面積の実験データを収集.
  - 北海大学原子核反応データ研究開発センター(JCPRG)
  - 中性子による放射化断面積の核データはほとんどない
- 対象
  - 生体構成元素(炭素(C), 窒素(N), 酸素(O))を標的核とした放射化反応.



# 統計精度の評価

- 放射化断面積 (mb) を核反応毎にエネルギー (MeV) の関数としてプロット. 適当な関数  $f(E)$  で放射化断面積をFit

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{\{y_i - f(E_i)\}^2}{\sigma_i^2}$$

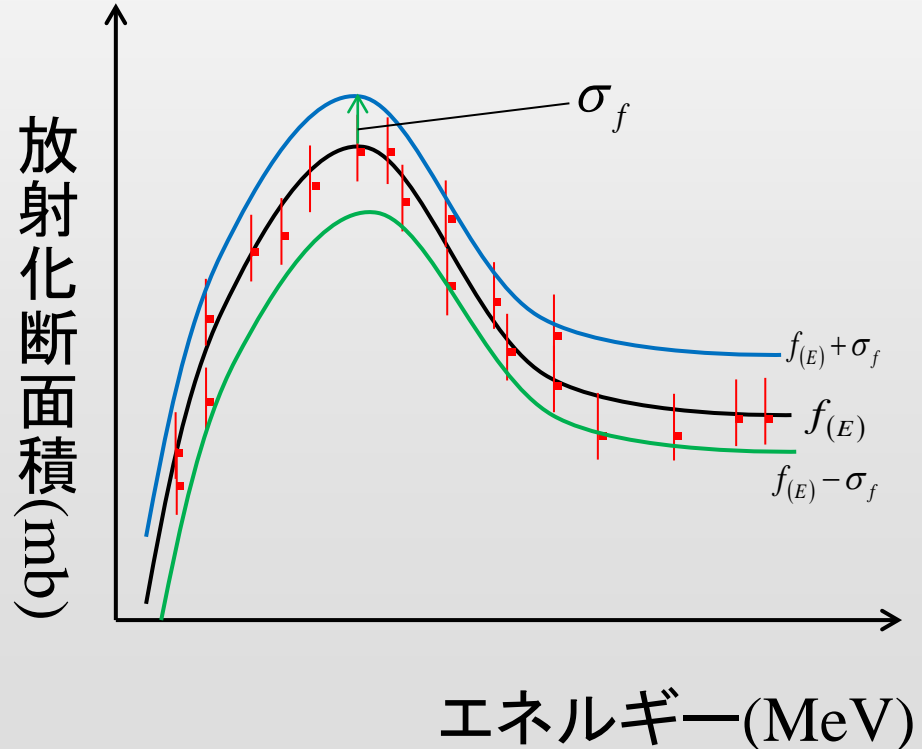
- $f_{(E)}$  の誤差を算出.

$$\sigma_f^2 \cong \sum_{j=0}^m \left( \frac{\partial f}{\partial a_j} \right)^2 \sigma_{a_j}^2$$

- 実験データの精度評価.

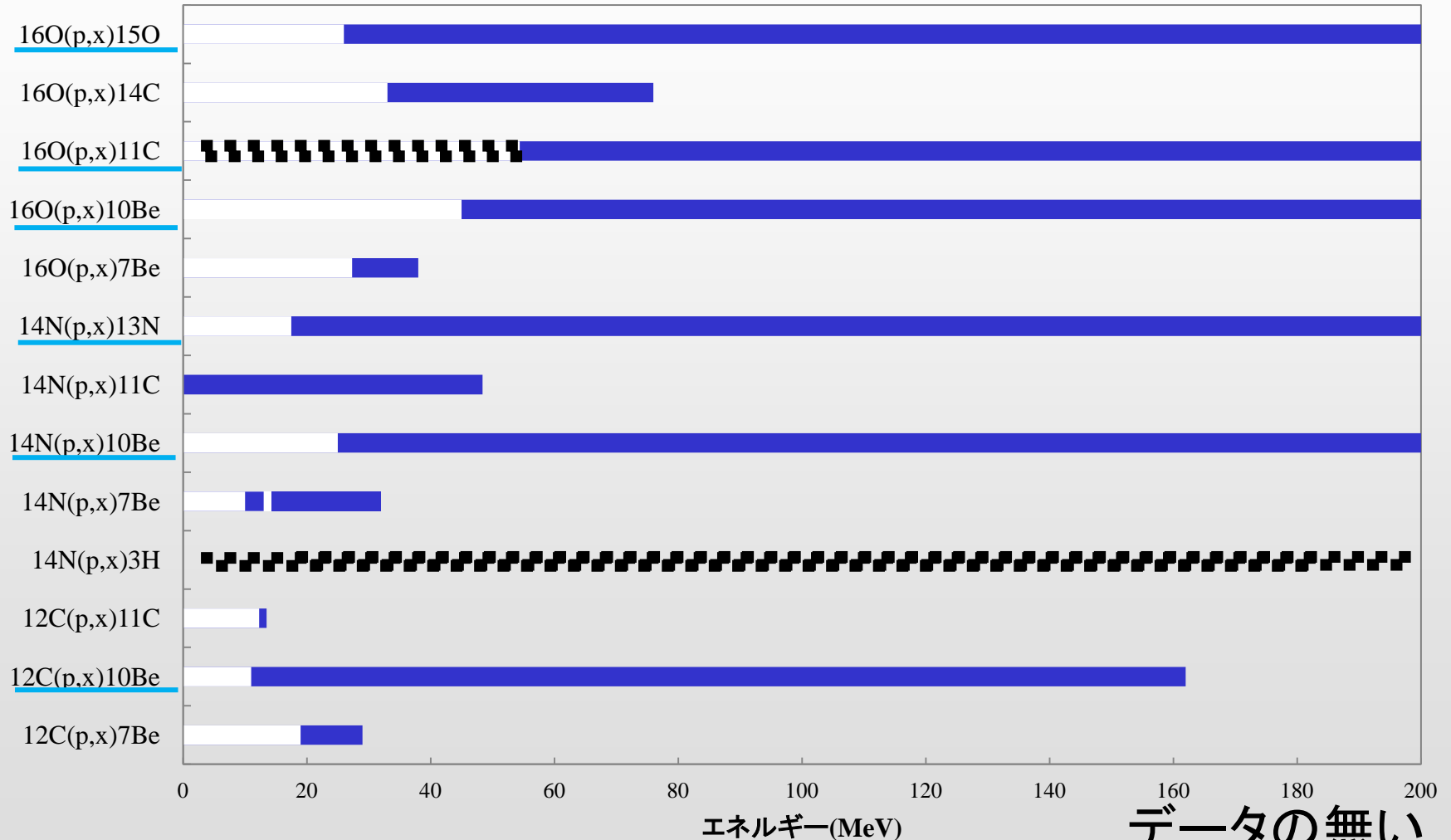
$$\text{精度} = \left| \frac{\sigma_f}{f_{(E)}} \right| \times 100(\%)$$

$f(a_0, a_1, a_2, \dots, a_n : E)$   
 $a_j : (a_0, a_1, a_2, \dots, a_m)$   
 $\sigma_{a_j} : \text{パラメータ } a_j \text{ の誤差}$



# 結果

## 治療に用いられるエネルギー (200MeV以下)での誤差5%以上の領域



データの無い  
領域

## まとめと今後の展望

- 核データ Users' Meetingの始動
- 核データ Users' Meetingにおけるサブグループの始動
  - RCNPにおける共同研究グループを土台
    - 粒子線治療における核データの収集・評価
    - JCPRG@北大だけでなくJENDL@JAEAについても同様の作業を進行中
  - 他大学・研究所との共同研究
    - 9月以降不定期に研究打ち合わせを開始
  - 今後の医学系研究のための核データニーズの発掘
  - 核データ実験プロジェクトの具体化