

JENDL高エネルギーファイル - 現状と今後 -

JENDL委員会・高エネルギー核データ評価WG



国枝 賢

内容

1. JENDL/HE-2007の概要
2. ベンチマーク解析の例
3. 今後の課題
4. 最近のアクティビティ

開発体制

JENDL委員会・高エネルギー核データ評価WG

(JAEA)	国枝賢、岩本信之、岩元大樹、北谷文人 佐藤達彦、島川聡司、中島宏、深堀智生
(RIST)	仁井田浩二
(九州大学)	渡辺幸信、執行信寛
(東京工業大学)	千葉敏
(福井大学)	山野直樹
(清水建設)	小迫和明
(日立製作所)	藤本林太郎
(元アイテル)	村田徹

計16名

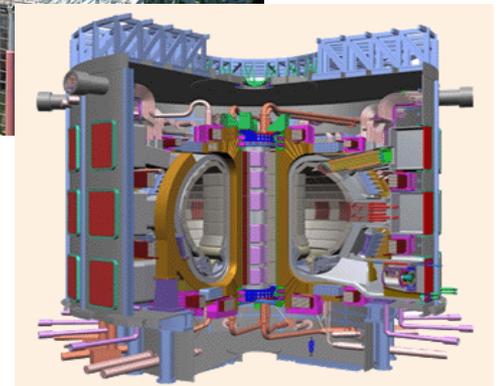
JENDLとは？

JENDL (Japanese Evaluated Nuclear Data Library)

JENDL-4 (2010年公開、 $E_n < 20$ MeV、406核種)

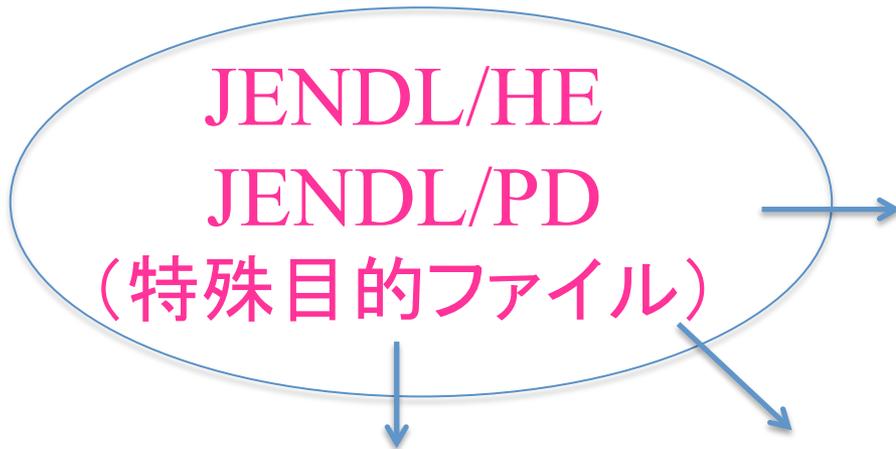


Reactor analysis

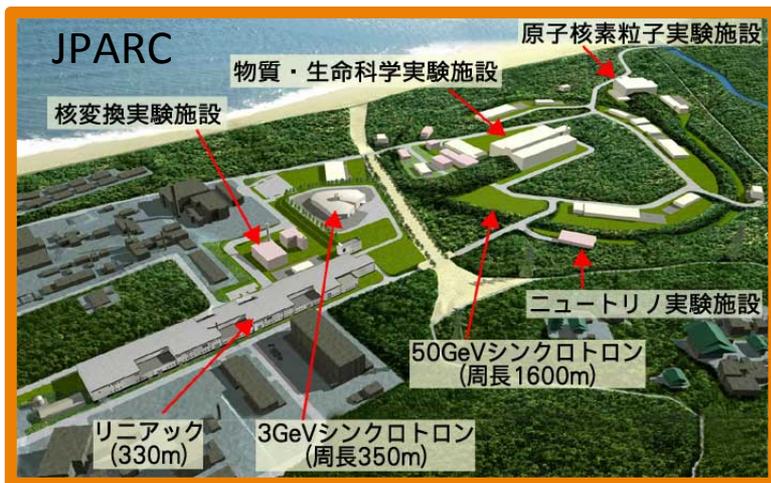
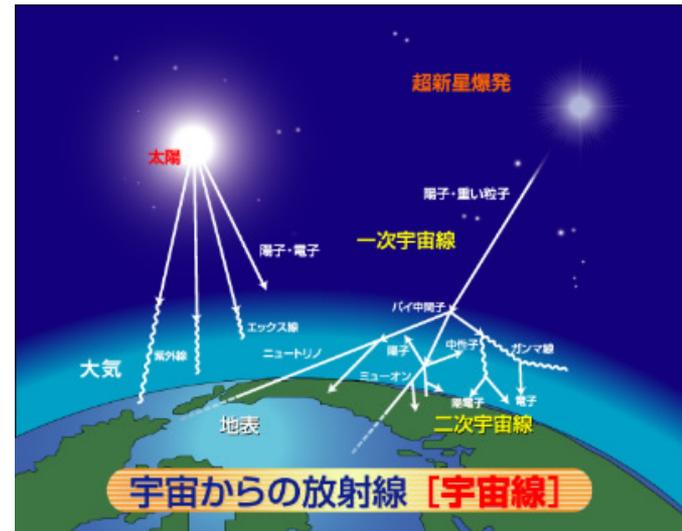


<http://wwwndc.jaea.go.jp/>

JENDL/HEファイルとは？



加速器施設・アプリケーション



ライブラリの概要

- 最新バージョン: JENDL/HE-2007
- 3 GeVまでの中性子・陽子反応データ
- 標的核種数: 106
- 格納データ:
 - 弾性散乱断面積 & 角度分布、
 - 反応断面積 (n, p, d, t, h, α , γ , π) & DDX、
 - 核種生成断面積

格納核種

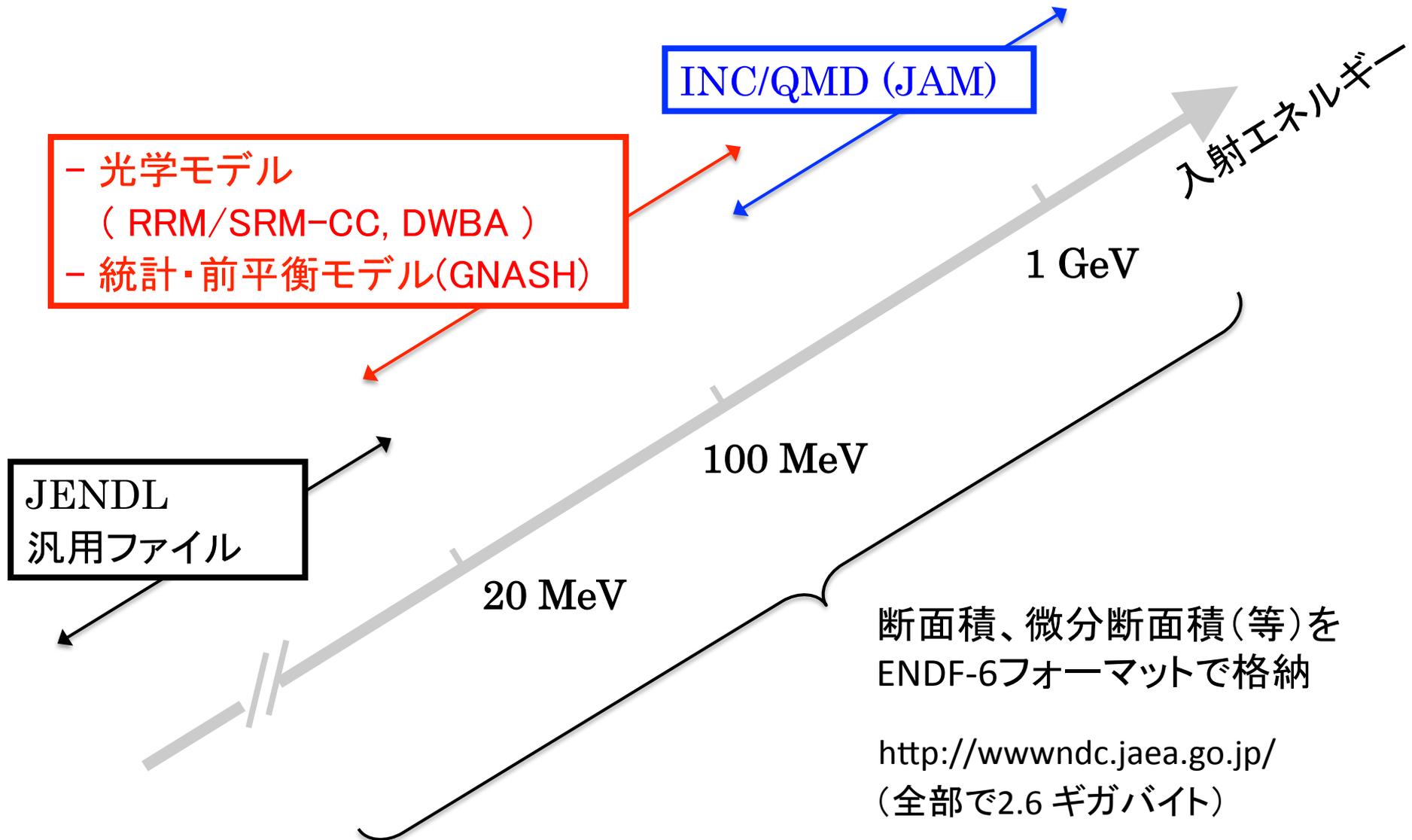
	核種
軽核	$1, (2)\text{H}, {}^{12,13}\text{C}, {}^{14}\text{N}, {}^{16}\text{O}, {}^{19}\text{F}, {}^{23}\text{Na},$
中重核	${}^{24,25,26}\text{Mg}, {}^{27}\text{Al}, {}^{28,29,30}\text{Si}, {}^{35,37}\text{Cl}, {}^{35,38,40}\text{Ar}, {}^{39,41}\text{K}, {}^{40,42,43,44,46,48}\text{Ca},$ ${}^{46,47-50}\text{Ti}, {}^{51}\text{V}, {}^{50,52,53,54}\text{Cr}, {}^{55}\text{Mn}, {}^{54,56,57,58}\text{Fe}, {}^{59}\text{Co}, {}^{58,60,61,62,64}\text{Ni},$ ${}^{63,65}\text{Cu}, {}^{64,66,67,68,70}\text{Zn}, {}^{69,71}\text{Ga}, {}^{70,72,73,74,76}\text{Ge}, {}^{75}\text{As}, {}^{90,91,92,94,96}\text{Zr},$ ${}^{93}\text{Nb}, {}^{92,94-98,100}\text{Mo}, {}^{181}\text{Ta}, {}^{180,182,183,184,186}\text{W}, {}^{197}\text{Au}, {}^{196,198-202,204}\text{Hg},$ ${}^{204,206,207,208}\text{Pb}, {}^{209}\text{Bi},$
アクチノイド	${}^{235,238}\text{U}, {}^{238-242}\text{Pu}, {}^{237}\text{Np}, {}^{241,242,242\text{m}}, {}^{243}\text{Am}$

核データ利用者からのニーズを反映

計107核種

	核種
格納 <u>予定</u> の核種	${}^{6,7}\text{Li}, {}^9\text{Be}, {}^{10,11}\text{B}, {}^{15}\text{N}, {}^{18}\text{O}, {}^{74,76,77,78,80,82}\text{Se}, {}^{113,115}\text{In}, {}^{89}\text{Y}$ ${}^{232}\text{Th}, {}^{233,234,236}\text{U}, {}^{243,244,245,246}\text{Cm}$

断面積の評価モデル



モデルパラメータ

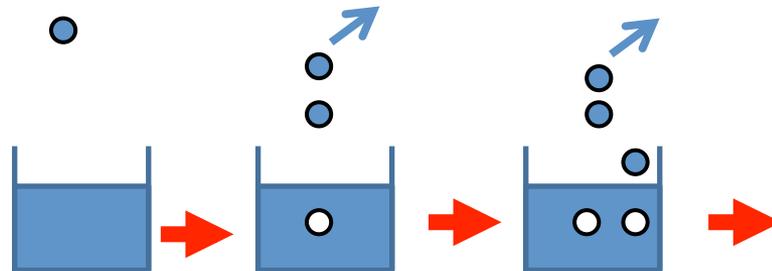
- 光学ポテンシャル、変形パラメータ

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2\mu} \nabla^2 + U - E \right) \psi = 0$$

- フェルミガス模型の準位密度パラメータ

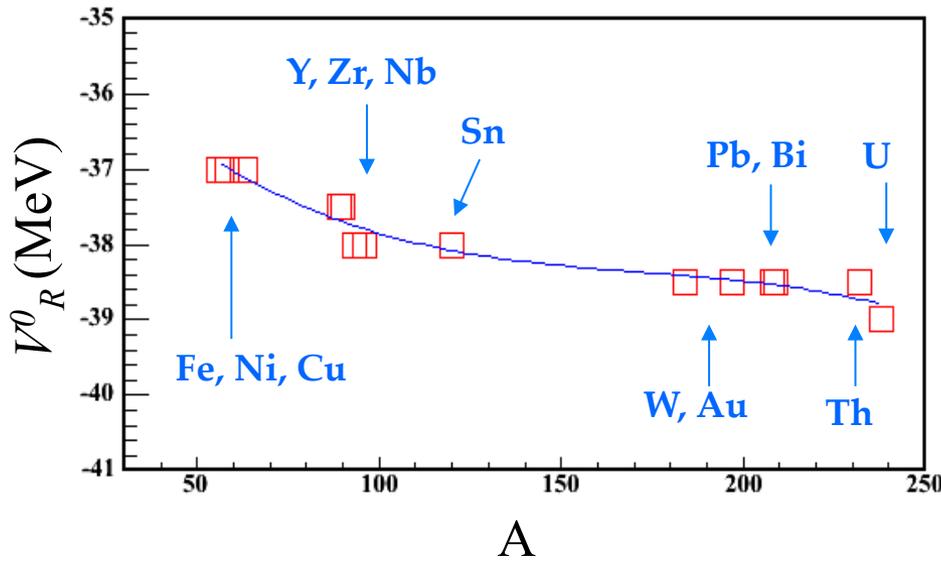
$$\rho_F(U) = \frac{\exp(2\sqrt{aU})}{12\sqrt{2}\sigma(U)U(aU)^{1/4}}$$

- 前平衡パラメータ(状態の遷移率等)

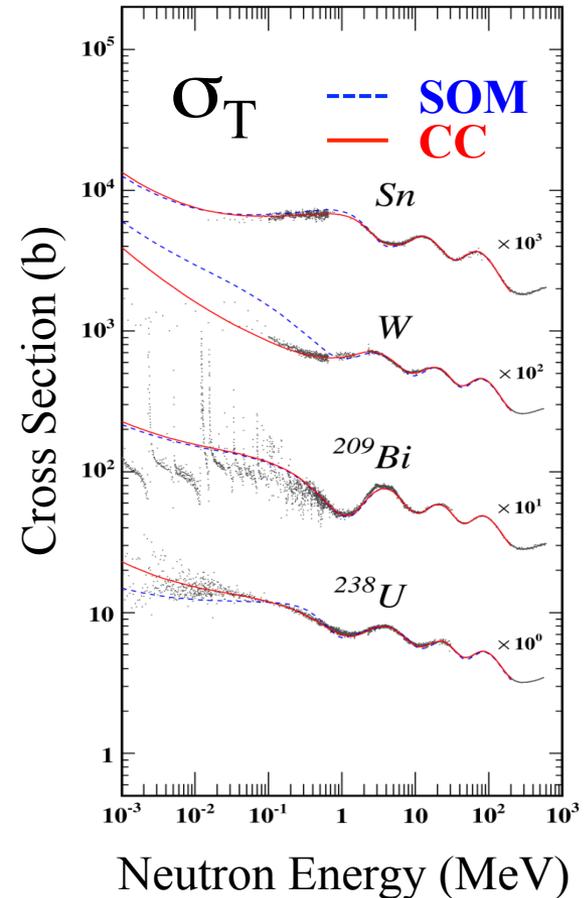


系統的光学ポテンシャル(中重核)

Kunieda+, *J. Nucl. Sci. Technol.* **44**, 838 (2007)



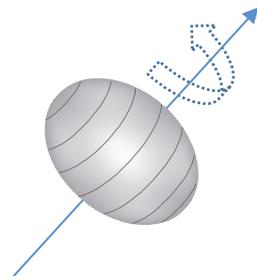
200 MeVまでの測定値を反映



中性子 & 陽子

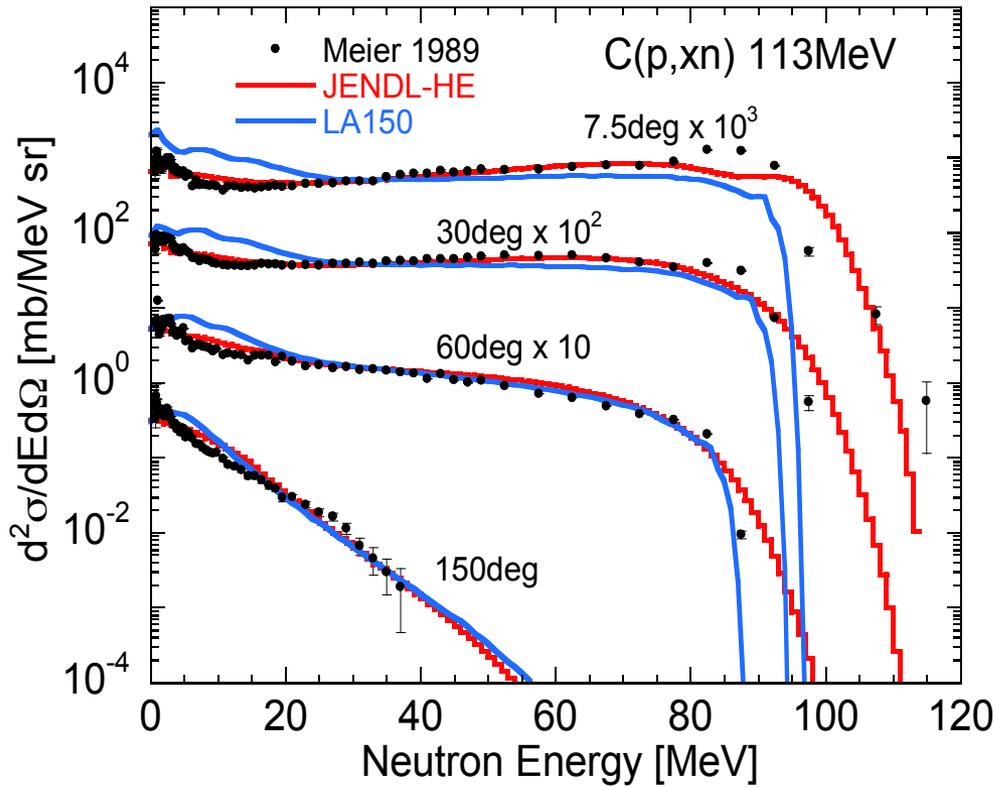
$$\frac{(N-Z)}{A} \quad \frac{ZZ'}{A^{1/3}}$$

チャンネル結合モデル

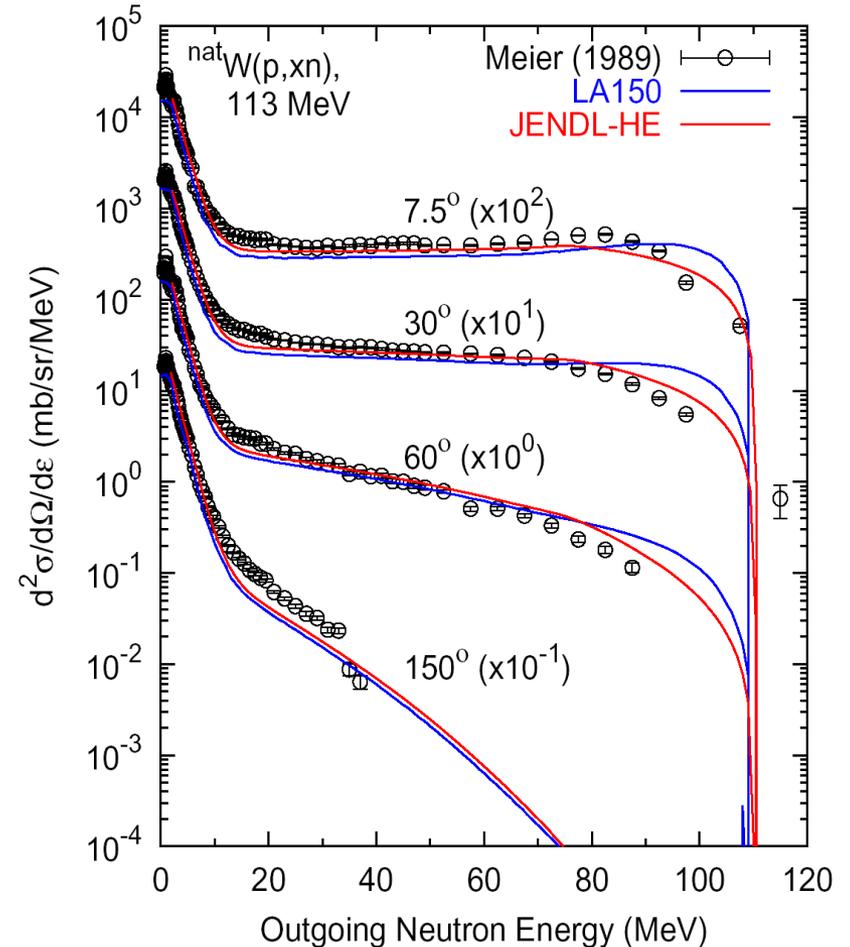


評価例(DDX)

C (p,xn) @ 113 MeV



W (p,xn) @ 113 MeV



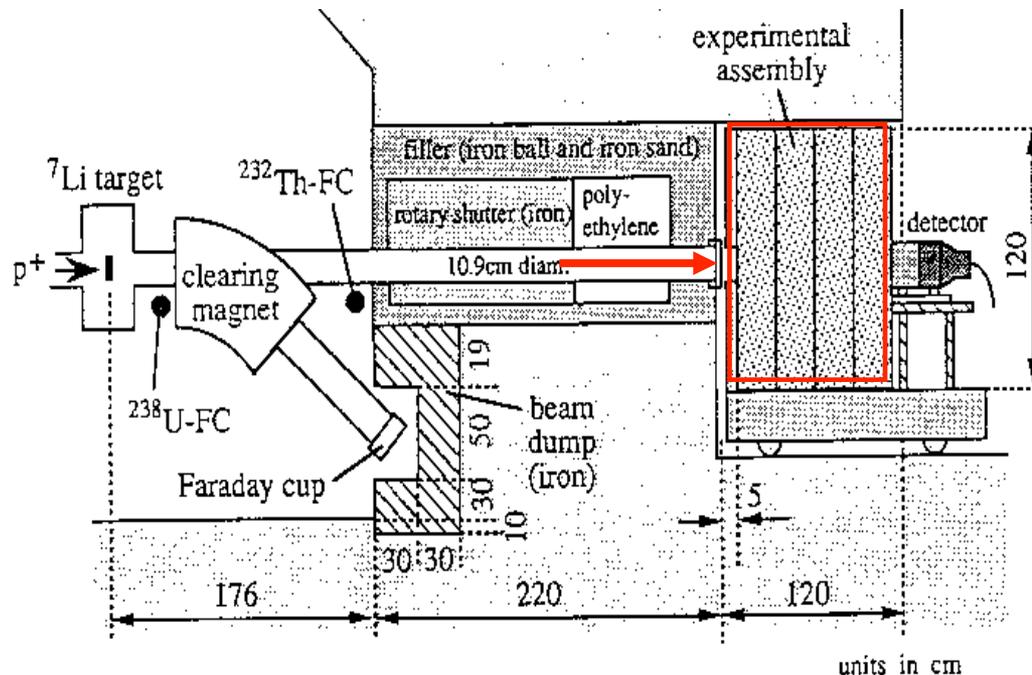
ベンチマーク解析の例

$p+{}^7\text{Li}$ 準単色中性子(@ 43, 68 MeV)の透過実験

Ref.) N. Nakao et al., *Nucl. Sci. Eng.* 124, 228 (1996).

H. Nakashima et al., *Nucl. Sci. Eng.* 124, 243 (1996).

Experimental arrangement @ TIARA, JAEA



ベンチマーク解析の例

68 MeV, 鉄

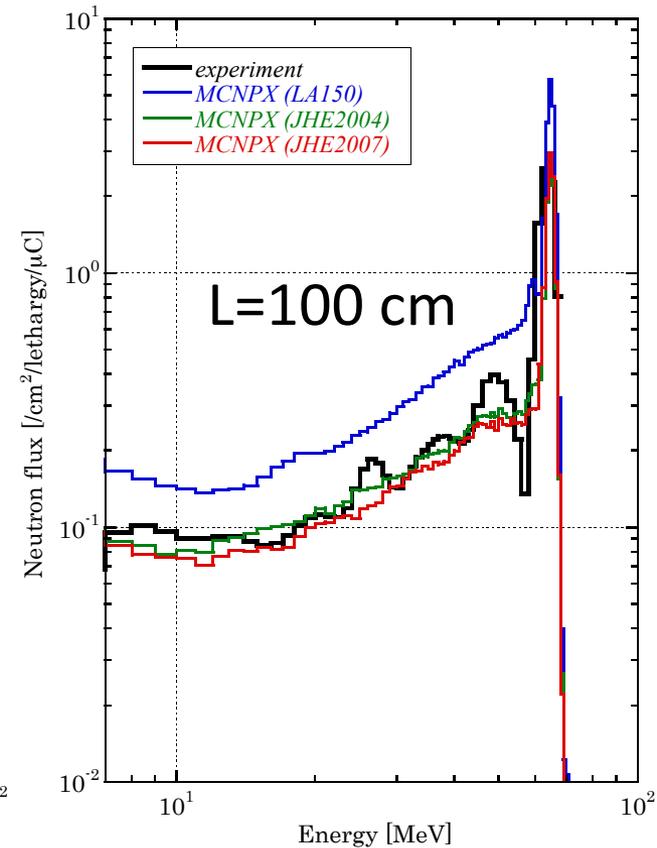
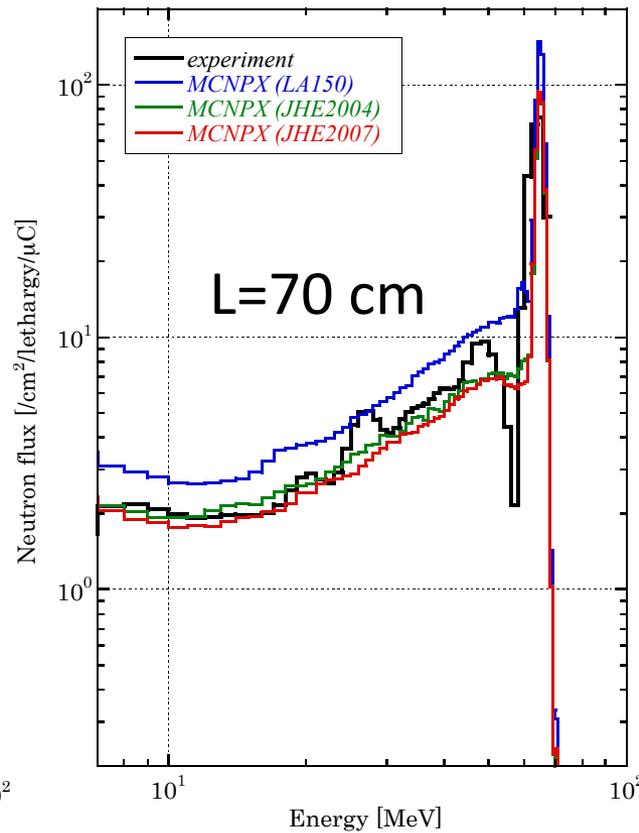
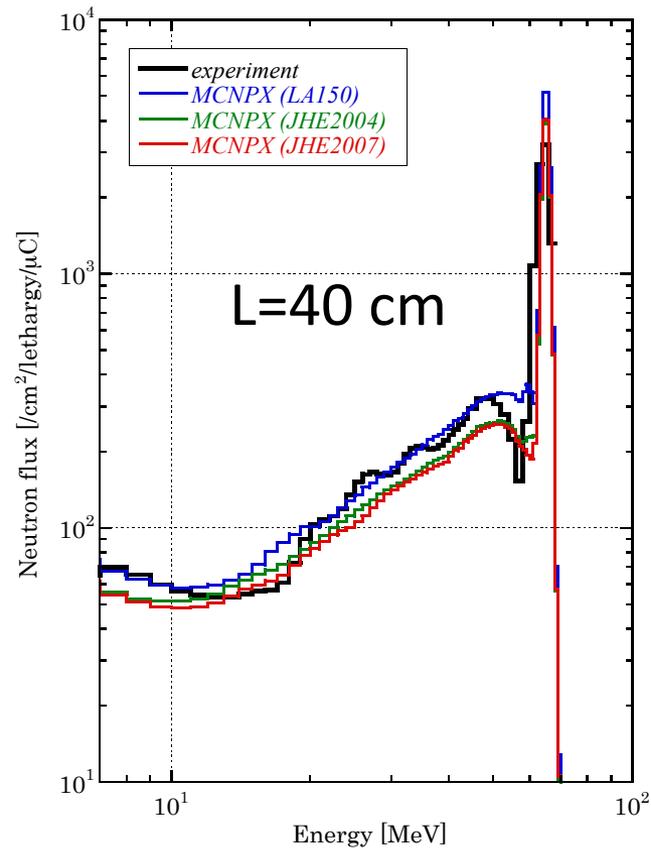


Fig. Fe-2(f) Comparison of neutron spectra at center axis behind 40 cm-thickness iron slab with 40 cm front-collimator by the experiment for 68 MeV p-7Li neutron at TIARA/JAERI.

Fig. Fe-3(f) Comparison of neutron spectra at center axis behind iron slab with 70 cm thick by the experiment for 68 MeV p-7Li neutron at TIARA/JAERI.

Fig. Fe-4(f) Comparison of neutron spectra at center axis behind iron slab with 100 cm thick by the experiment for 68 MeV p-7Li neutron at TIARA/JAERI.

ベンチマーク解析の例

68 MeV, コンクリート

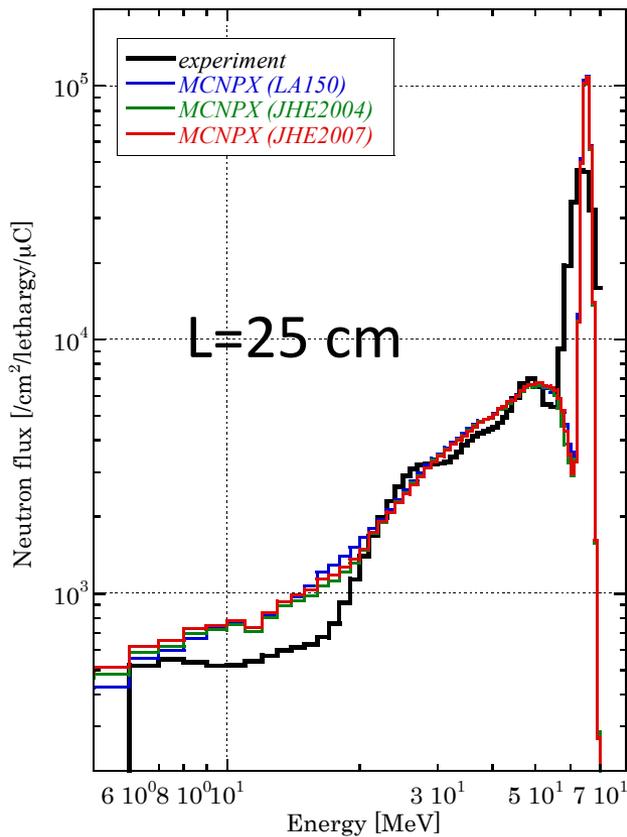


Fig. Conc-4(f) Comparison of neutron spectra at center axis behind 25 cm-thickness concrete slab with 80 cm front-collimator by the experiment for 68 MeV p-7Li neutron at TIARA/JAERI.

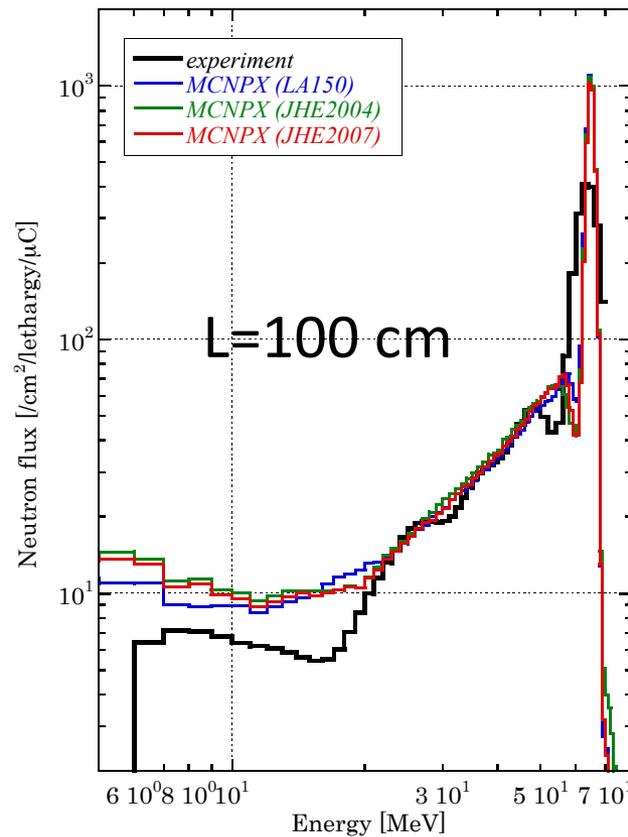


Fig. Conc-1(f) Comparison of neutron spectra at center axis behind 100 cm-thickness concrete slab without front-collimator by the experiment for 68 MeV p-7Li neutron at TIARA/JAERI.

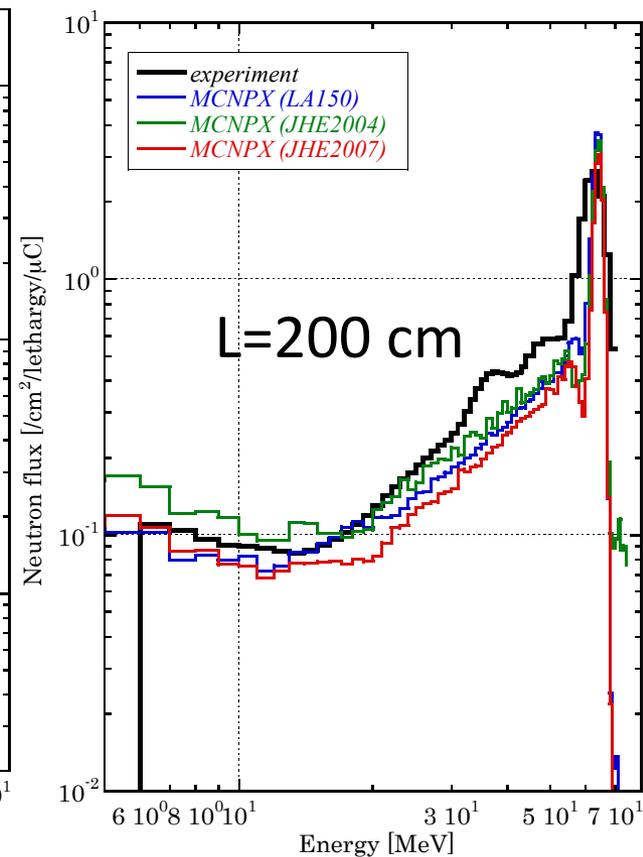


Fig. Conc-3(f) Comparison of neutron spectra at center axis behind 200 cm-thickness concrete slab without front-collimator by the experiment for 68 MeV p-7Li neutron at TIARA/JAERI.

核融合国際ライブラリー

› Nuclear Data



IAEA Nuclear
Data Services
Home Page

› FENDL 3

HOME

Activity lines

Nuclear Data Libraries for Advanced Systems: Fusion Devices

Fusion Evaluated Nuclear Data Library FENDL 3.0

An IAEA Nuclear Data Section Coordinated Research Project



高エネルギーデータ(<150 MeV)を整備することが一つの柱

→ JENDL/HE-2007から多くのデータが採用

今後の主な課題①

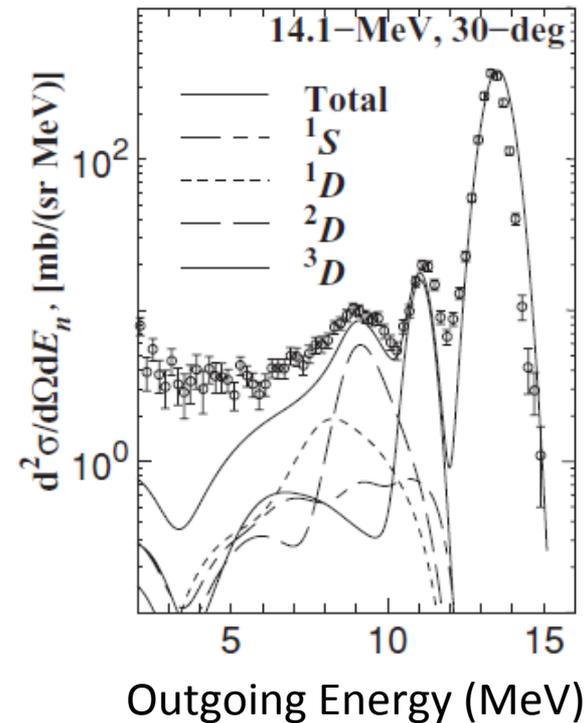
軽原子核の評価: ${}^6,{}^7\text{Li}$, ${}^9\text{Be}$

光学モデル
統計・前平衡モデル

適用限界ある

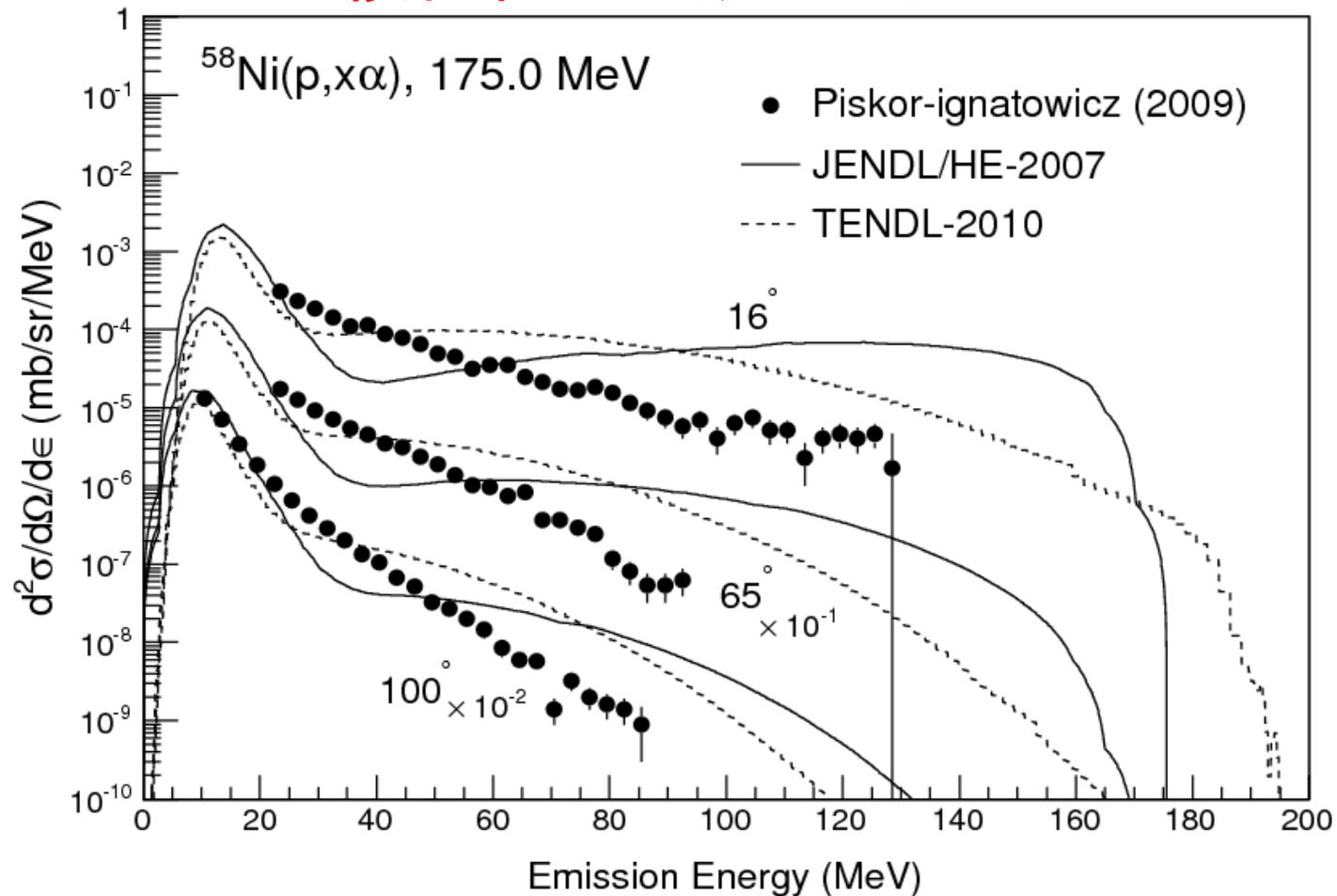
- R行列 (共鳴領域)
- CDCCに期待
- INC/QMD (JAM), AMD?

CDCCによる ${}^6\text{Li}(n,n')$ スペクトル
Matsumoto *et al.*, PRC 83, 064611 (2011)

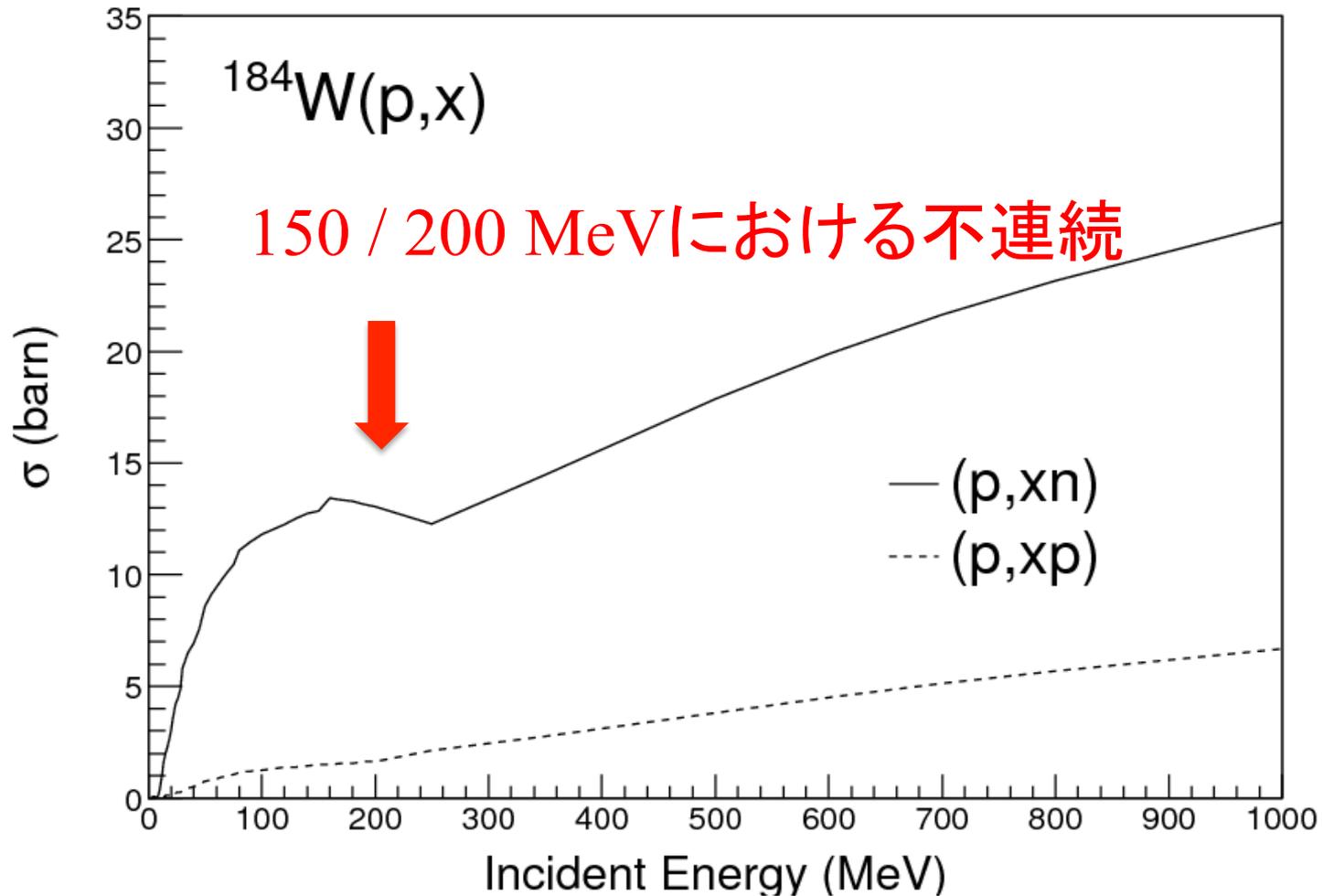


今後の主な課題②

複合粒子生成スペクトル

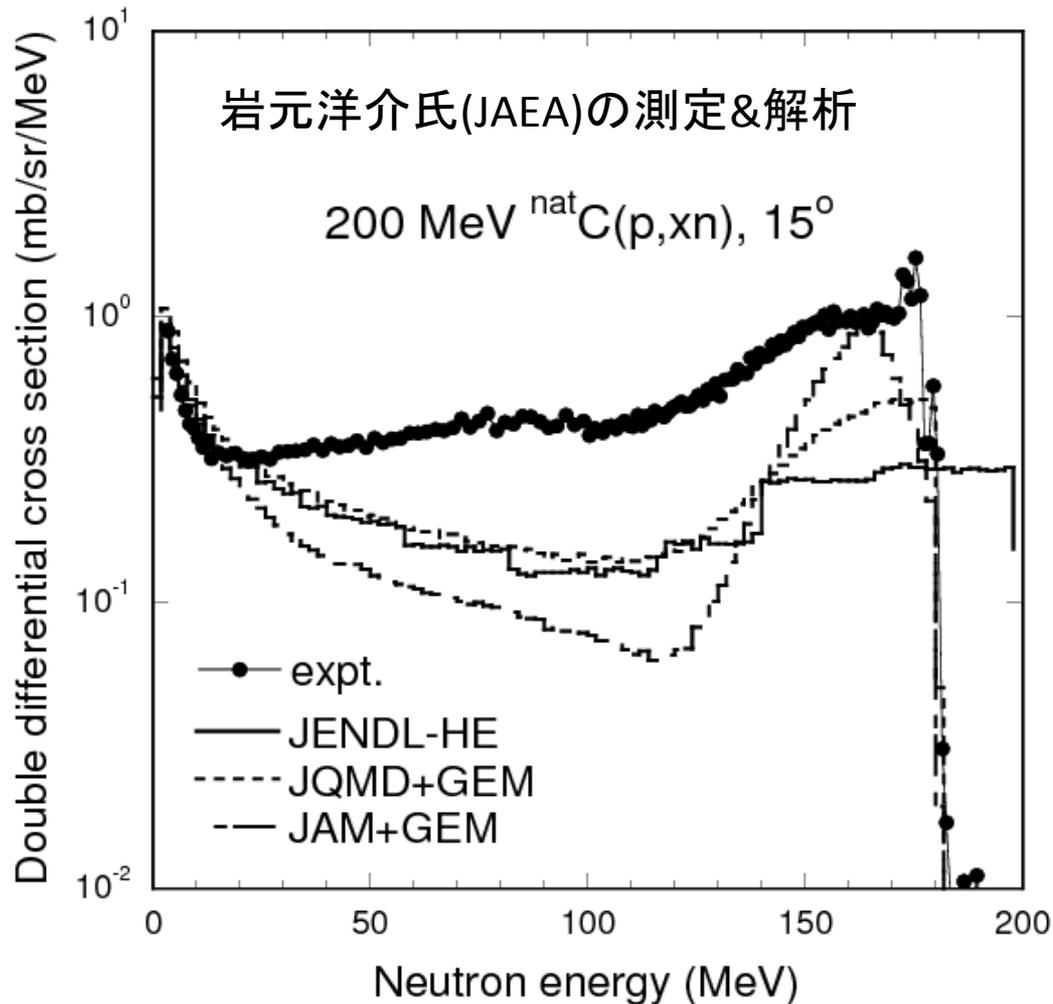


今後の主な課題③



今後の主な課題④

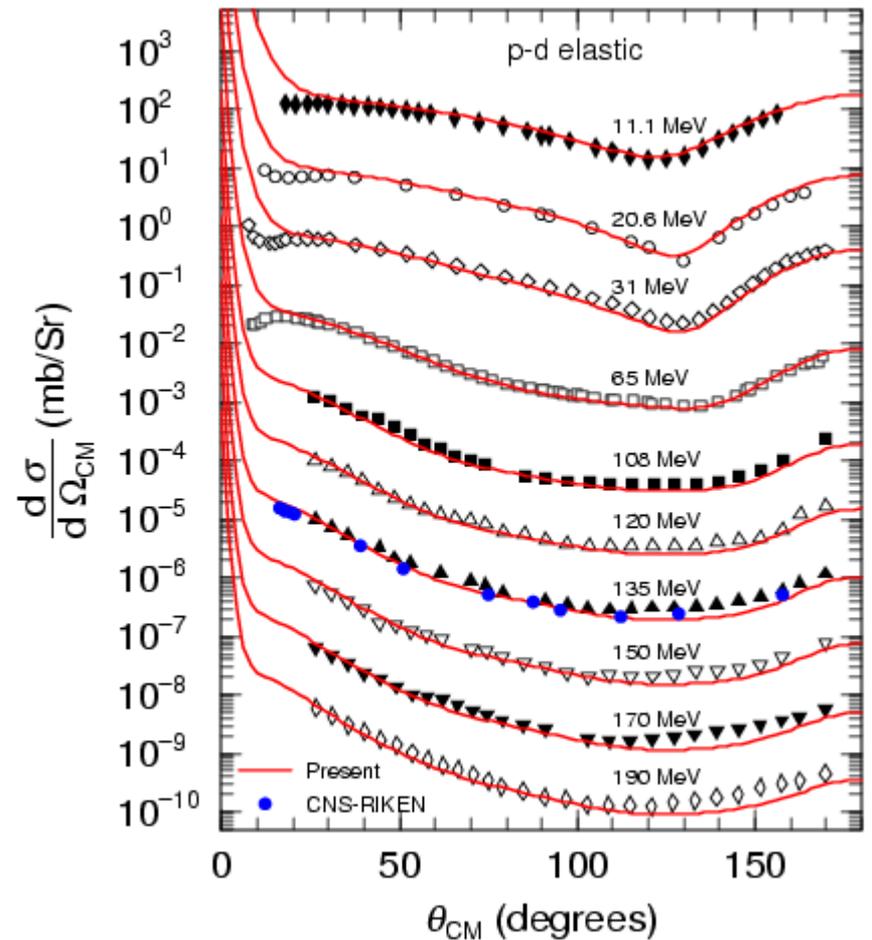
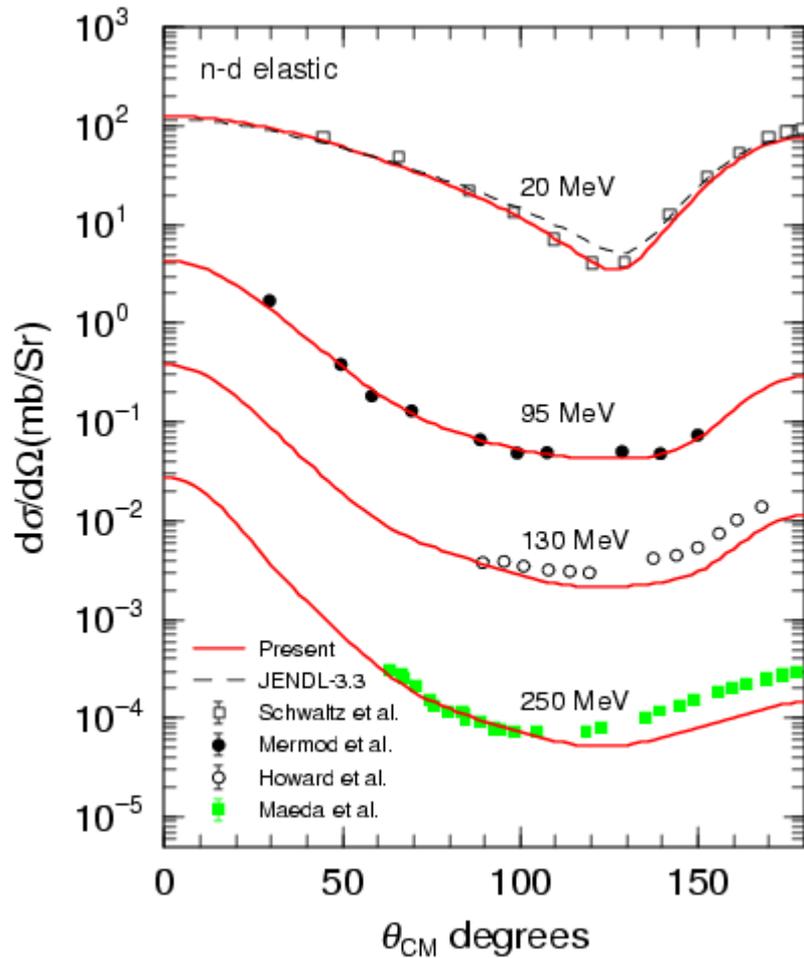
INC/QMDの計算@前方付近



近年のアクティビティ①

重水素: Parisポテンシャルを用いたFaddeev計算

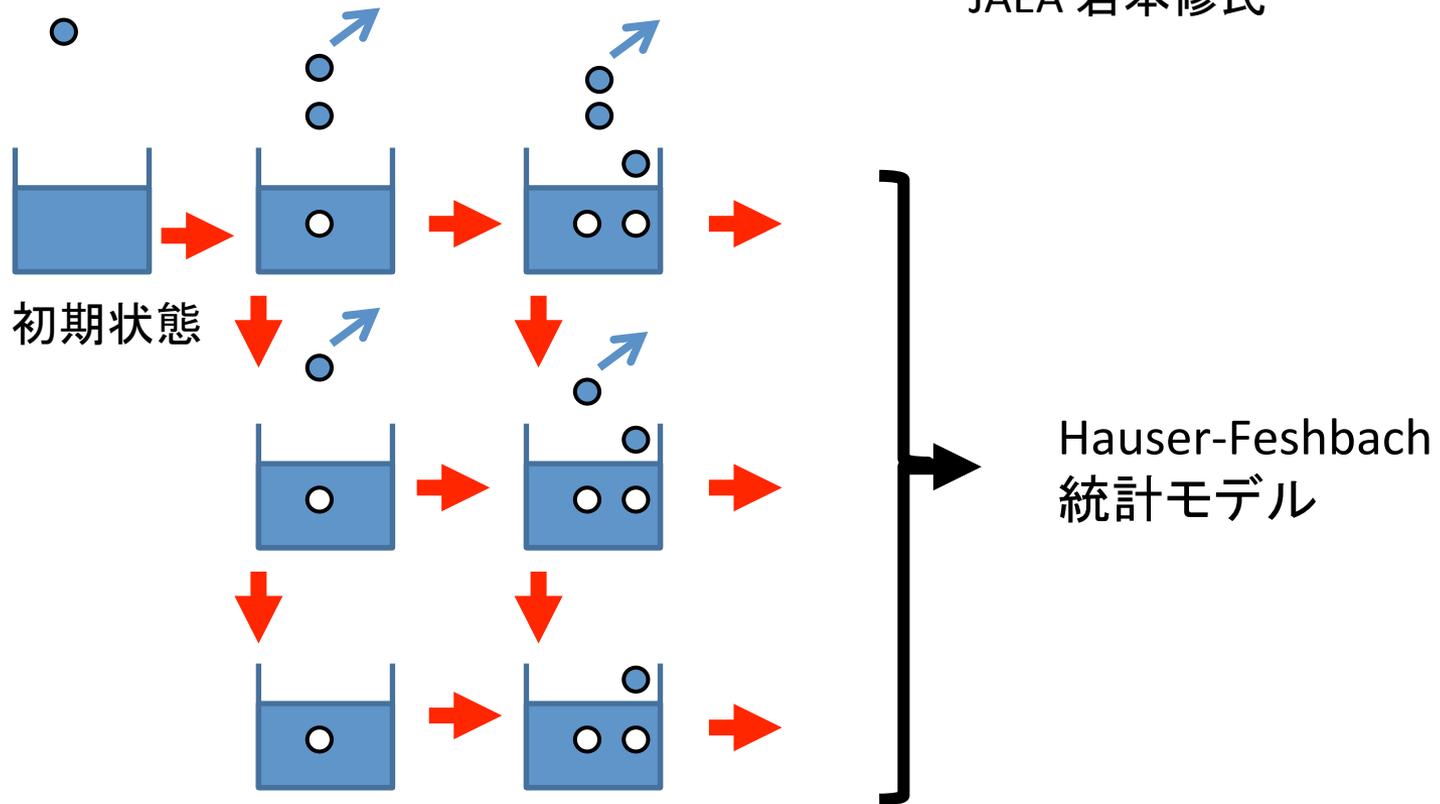
千葉敏氏(現東工大)による計算



近年のアクティビティ②

核データ評価コードCCONEの開発・拡張

JAEA 岩本修氏



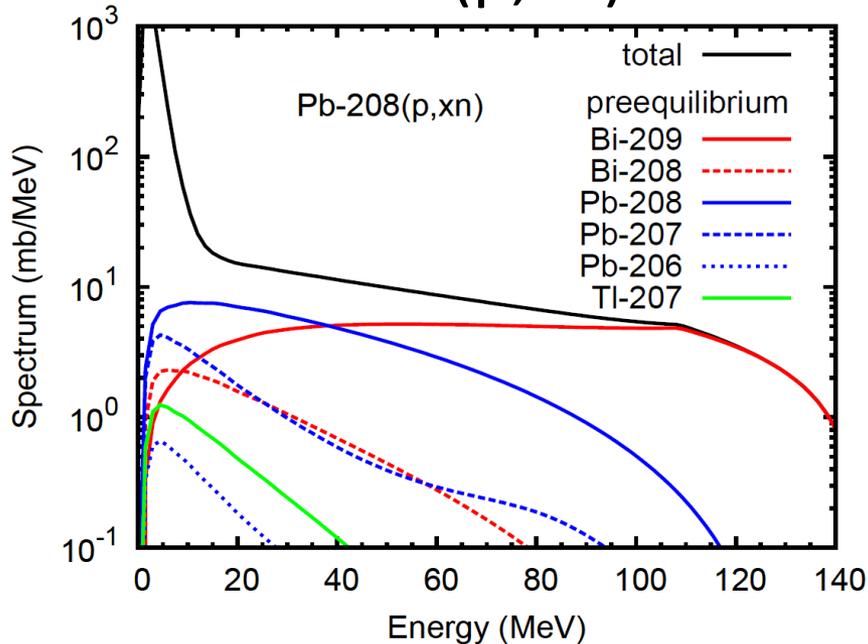
前平衡過程からの多粒子放出計算が可能

近年のアクティビティ②

CCONEの計算例

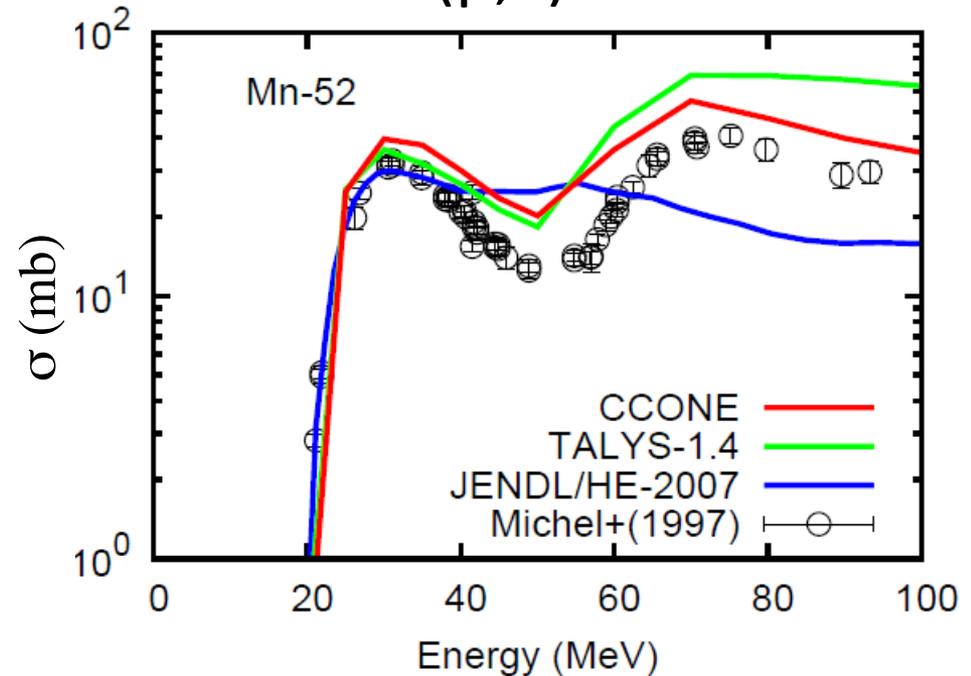
中性子スペクトル

$^{208}\text{Pb}(p,xn)$



核種生成断面積

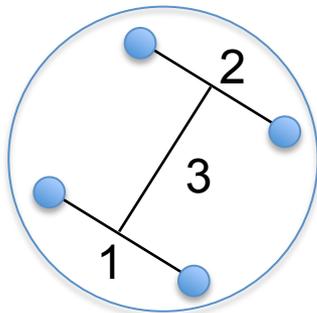
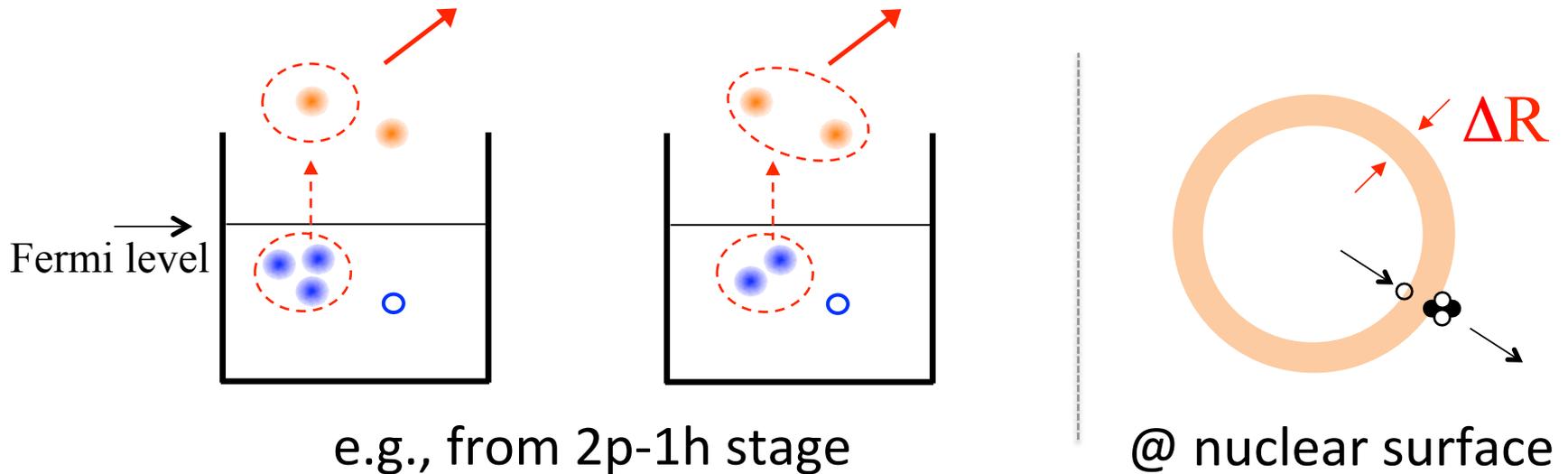
$\text{Fe}(p,x)^{52}\text{Mn}$



近年のアクティビティ③

岩本-原田モデルの導入(前平衡 α 粒子生成)

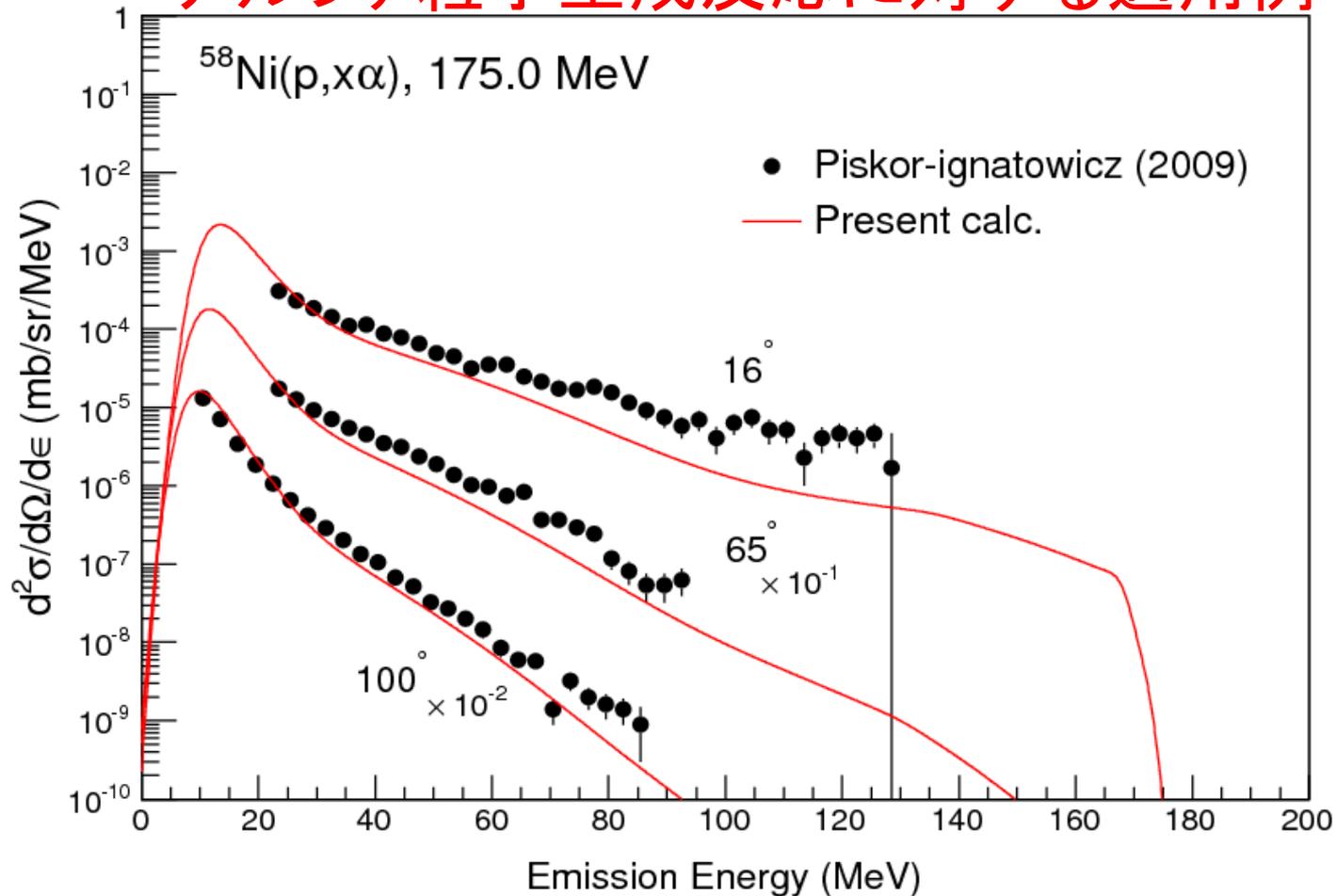
c.f. Kunieda *et al.*, PRC 85, 054602 (2012)



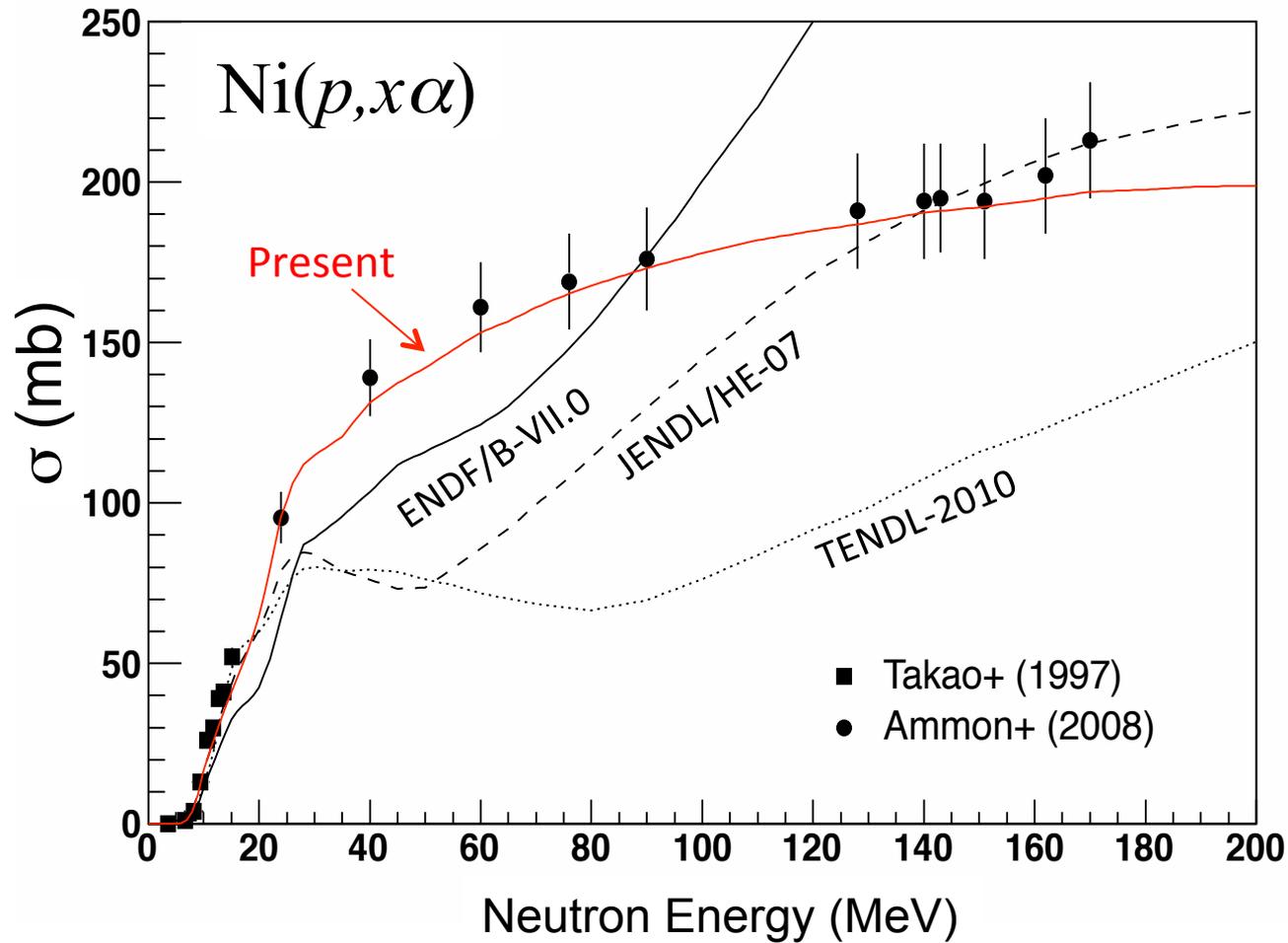
$$F_{l,m}(\epsilon_\alpha) \sim \int_S \prod_{i=1}^3 d\xi_i d\mathbf{p}_{\xi_i}$$

近年のアクティビティ③

アルファ粒子生成反応に対する適用例

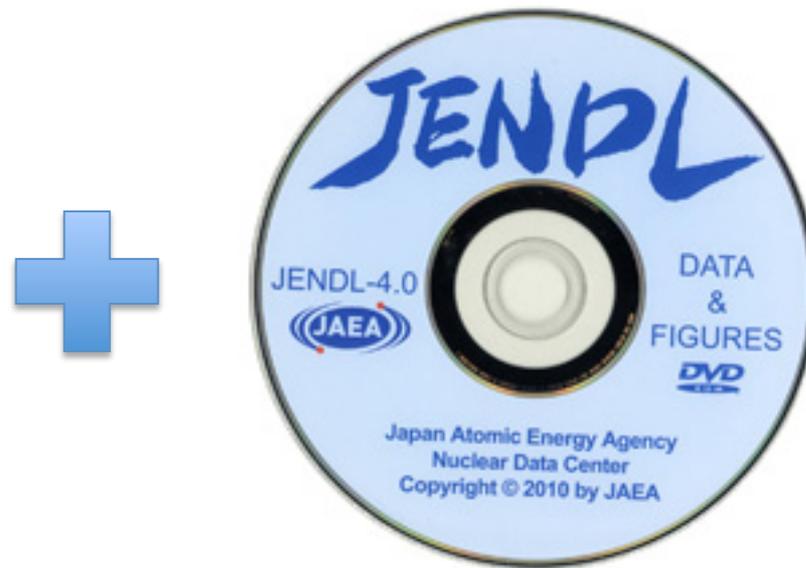


近年のアクティビティ③



近年のアクティビティ④

20 MeV以下をJENDL-4で更新(近日? 公開予定)



低エネルギーのデータの精度が向上

- 中重核(データの質向上)
- 分離共鳴パラメータの改訂(新データの考慮)

測定者への提言

- 中重核に対しては系統的な評価がある程度は可能
それでもモデルやパラメータの精度検証の為に
もっと欲しい(例えば150 – 250 MeVの領域)
- しかし軽い核に対しては個別のパラメータ調整が必要
測定データが必須
elastic,
(n,xn), (n,xp), (n,xa), (p,xn), (p,xp), (p,xa)

Backups

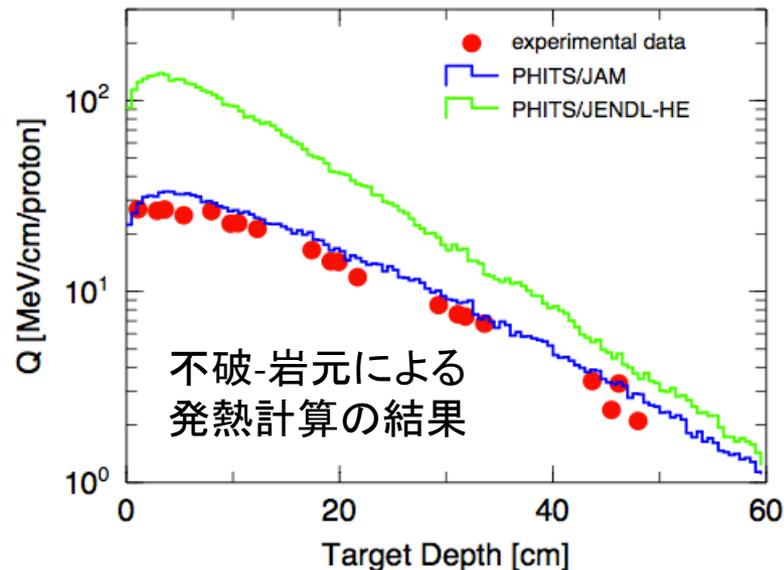
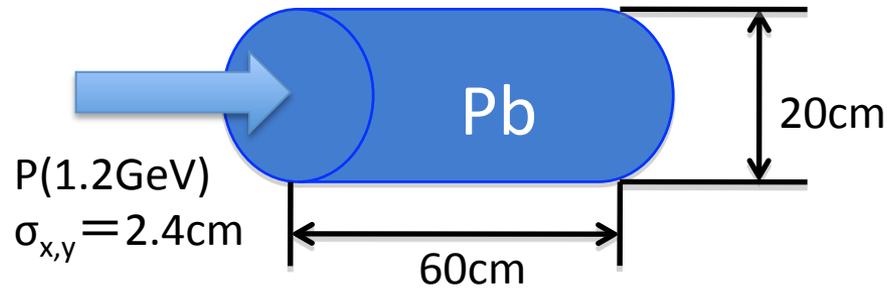
世界の主な高エネルギー核データ

	粒子	エネルギー上限	核種
米国 ENDF/B-VII.1 (LA150)	n, p	150 MeV	$1,2\text{H}$, 9Be , 12C , 14N , 16O , 27Al , $28,29,30\text{Si}$, 31P , 40Ca , $50,52,53,54\text{Cr}$, $54,56,57,58\text{Fe}$, $58,60,61,62,64\text{Ni}$, $63,65\text{Cu}$, 93Nb , $182,183,184,186\text{W}$, $196,198-202,204\text{Hg}$ $206,207,208\text{Pb}$, 209Bi
欧州諸国 JEFF-3.1.2	n, p	200 MeV	$40,42,43,44,46,48\text{Ca}$, 45Sc , $46,47,48,49,50\text{Ti}$, $54,56,57,58\text{Fe}$, $58,60\text{Ni}$, $70,72,73,74,76\text{Ge}$, $204,206,207,208\text{Pb}$, 209Bi
オランダ TENDL	n,p,d,t ,h, α , γ	200 MeV	1000核種以上(安定・不安定核)

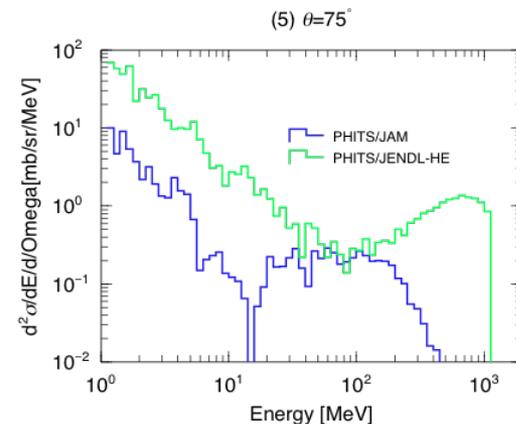
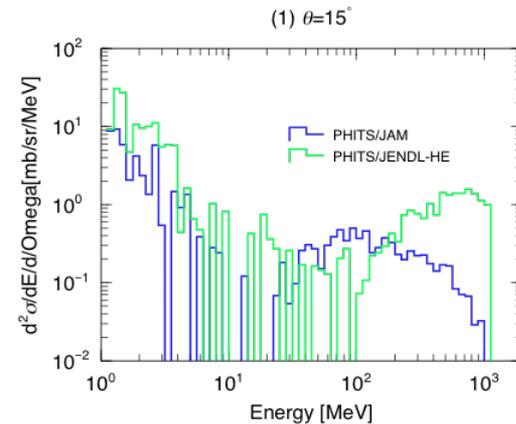
今後の課題③

200 MeV以上のガンマ線データに問題

Belyakov-Bodin et al, (1990)

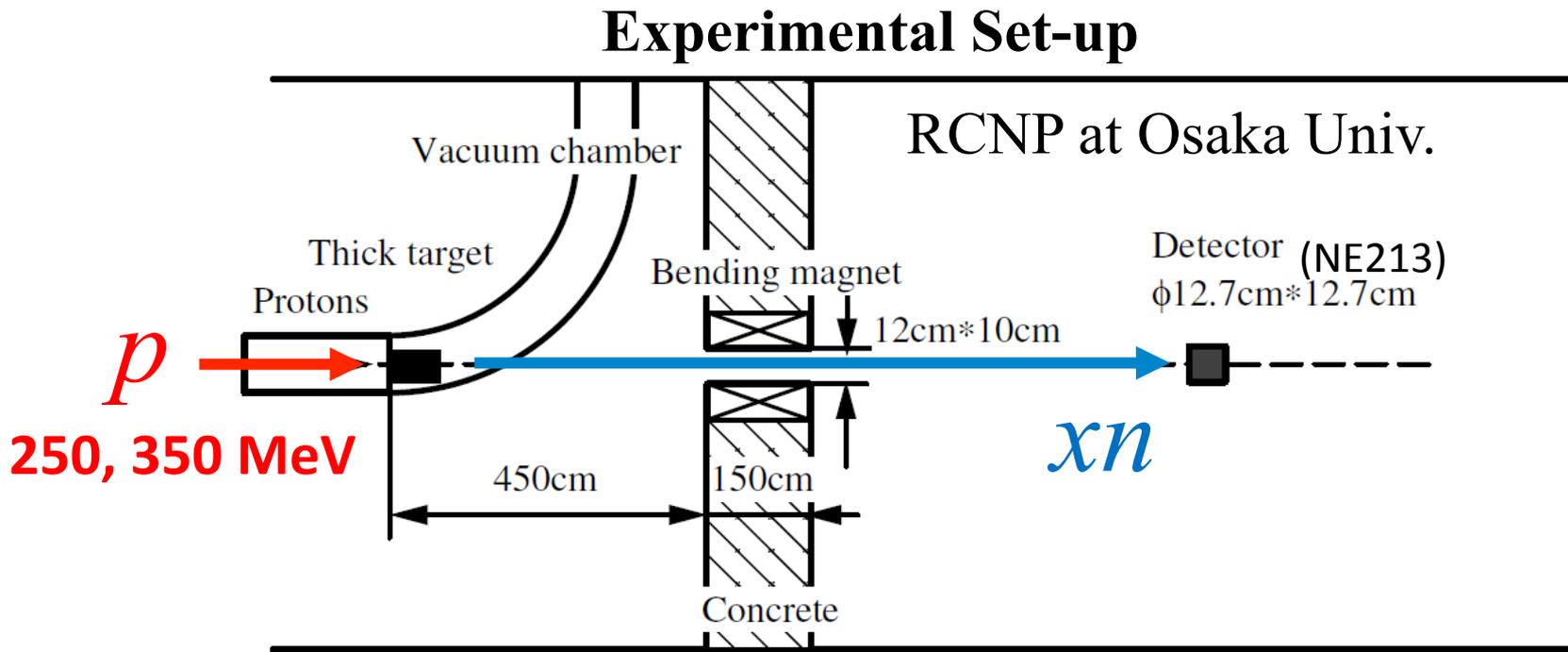


ガンマ線生成スペクトル@ $E_p = 1.5 \text{ GeV}$



ベンチマーク解析

岩元らによるTTY実験とPHITSによる計算結果



Target: Graphite, Al, Fe, Pb

ベンチマーク解析

岩元氏提供

PHITSによる計算条件

< 150 MeV : JENDL-HE

> 150 MeV : Bertini

全エネルギー領域において
JENDL-HEを適用

