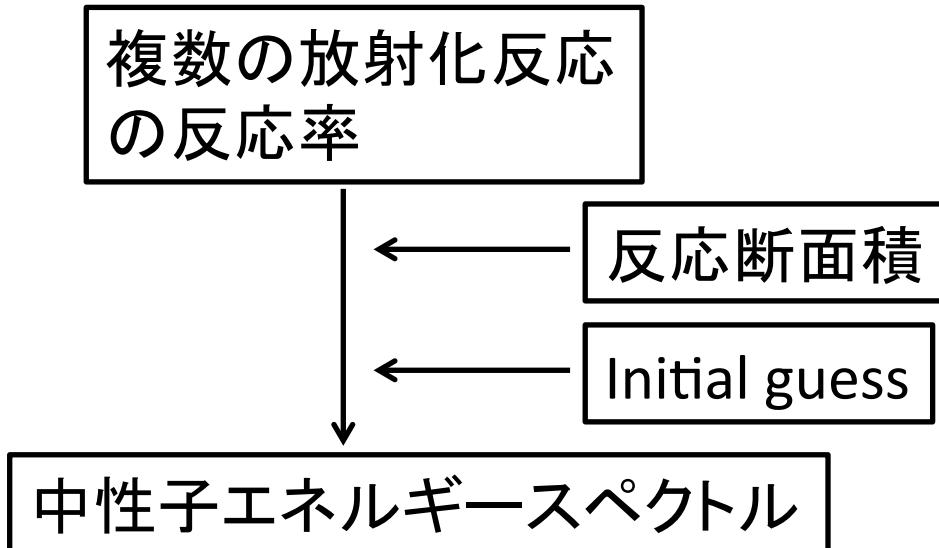


核破碎中性子の測定(放射化法)

京都大学原子炉実験所
原子力基礎工学研究部門
八島浩

1. 放射化反応による中性子スペクトル測定

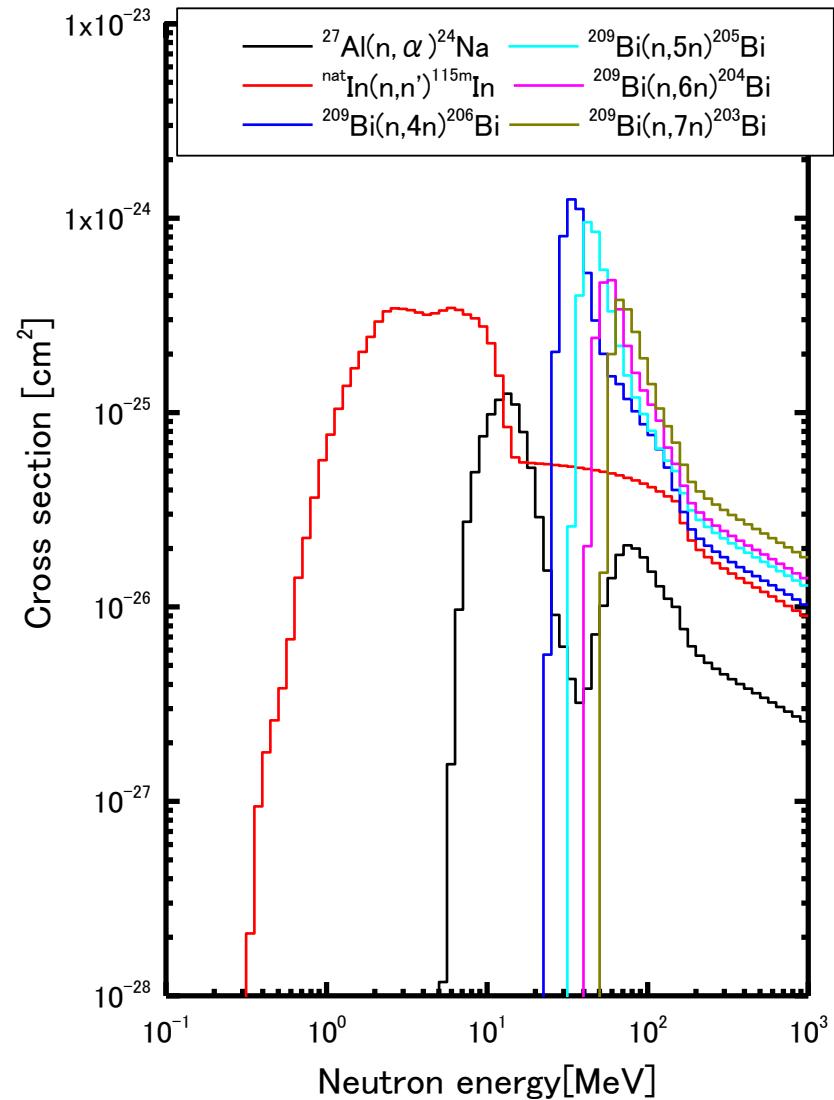


長所

- ・回路系がいらない
- ・不感時間が無い



大強度中性子源周辺の
中性子エネルギー測定に
適している



中性子入射による放射化断面積

断面積データ

理論計算

実験値

評価

核データライブラリ
(JENDL, ENDF etc.)

中性子エネルギー

20MeV以下 →

単色(単一エネルギー)中性子による
実験データから理論計算の精度や
パラメータを評価

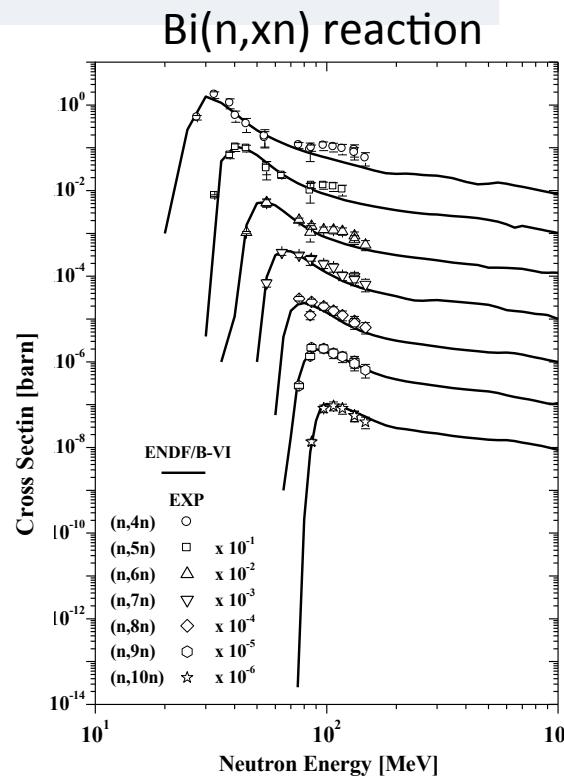
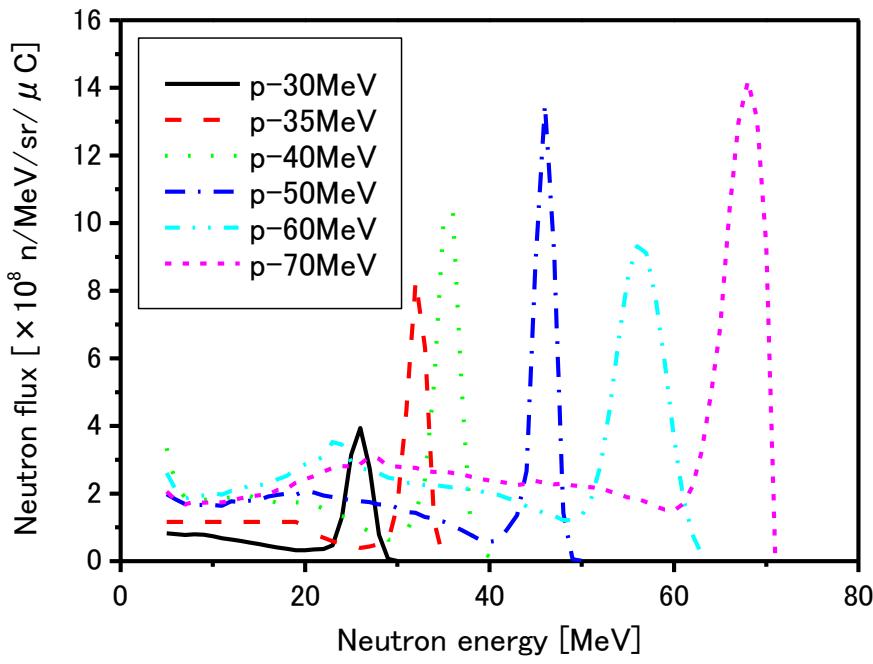
20MeV以上 →

単色中性子を発生させるのが非常に
困難なため実験データが非常に乏しい

高エネルギー中性子入射による実験データ

ターゲット	エネルギー[MeV]	実験場所
C, Bi	20~150	INS, CYRIC, TIARA, RIKEN
Co, Cu	40~120	TIARA, RIKEN
Pb	40~175	UCL, TSL
C,N,O,Fe,Bi etc.	30~70	CYRIC

準単色中性子場を利用

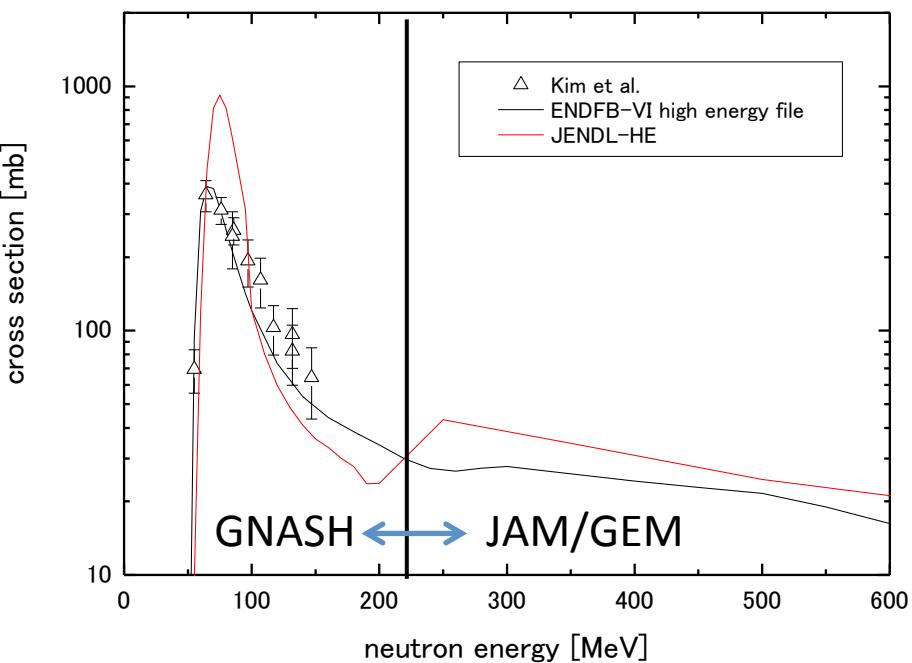


高エネルギー加速器施設における遮蔽実験等に利用

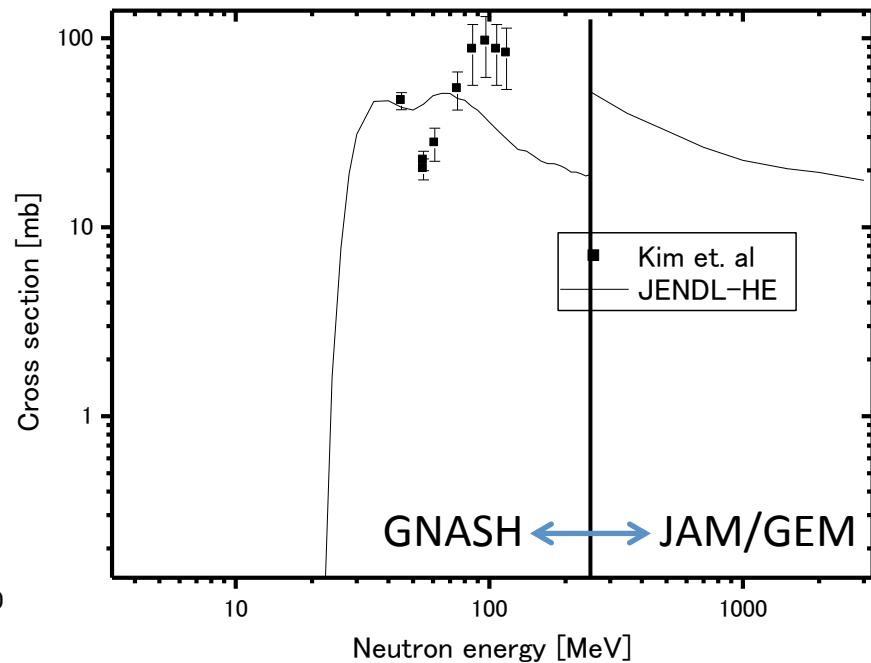
核データライブラリ(JENDL-HE)

- ・3GeV以下の陽子中性子に関する核反応データライブラリ

Bi-209(n,7n)Bi-204



Cu(n,X)Co-58

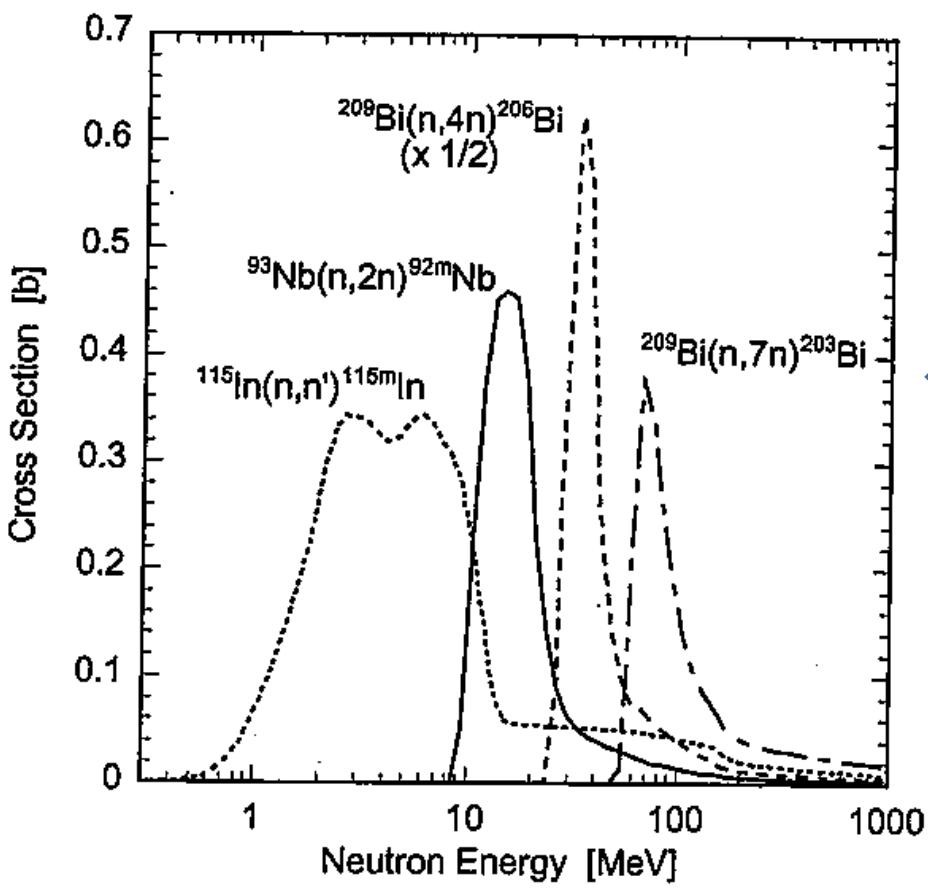


計算モデル切り替えのエネルギーでの
励起関数のつなぎ合わせがうまくいっていない

核破碎中性子源周りの中性子測定

AGS(Alternating Gradient Synchrotron), BNL

1.94, 12, 24GeV陽子入射で水銀ターゲットから
生成する中性子の測定

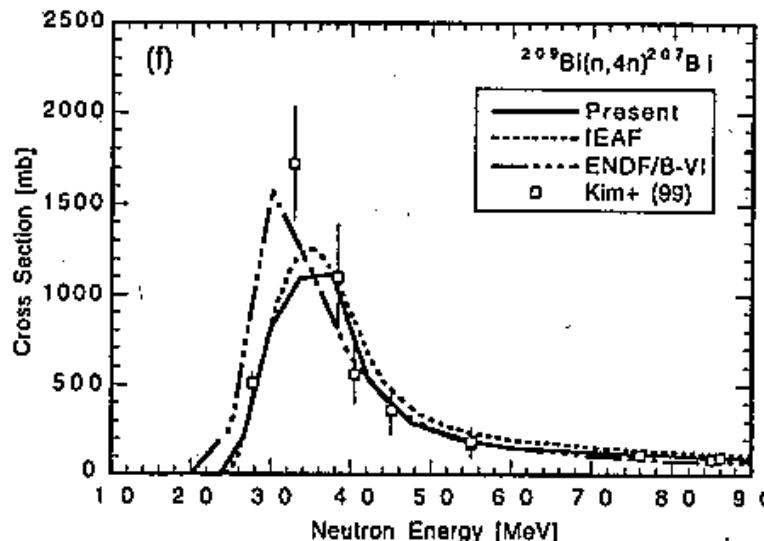


F. Maekawa et al.,
Proc. 10th Int. Symp. Reactor
Dosimetry, September 12-17, 1999,
Osaka, Japan, p.417, American
Society for Testing and Materials
(2001)
Nucl. Sci. Eng., 150, 99 (2005)

Karlsruhe isochronous cyclotron

40MeV d-Li 中性子源
19MeV d-Be

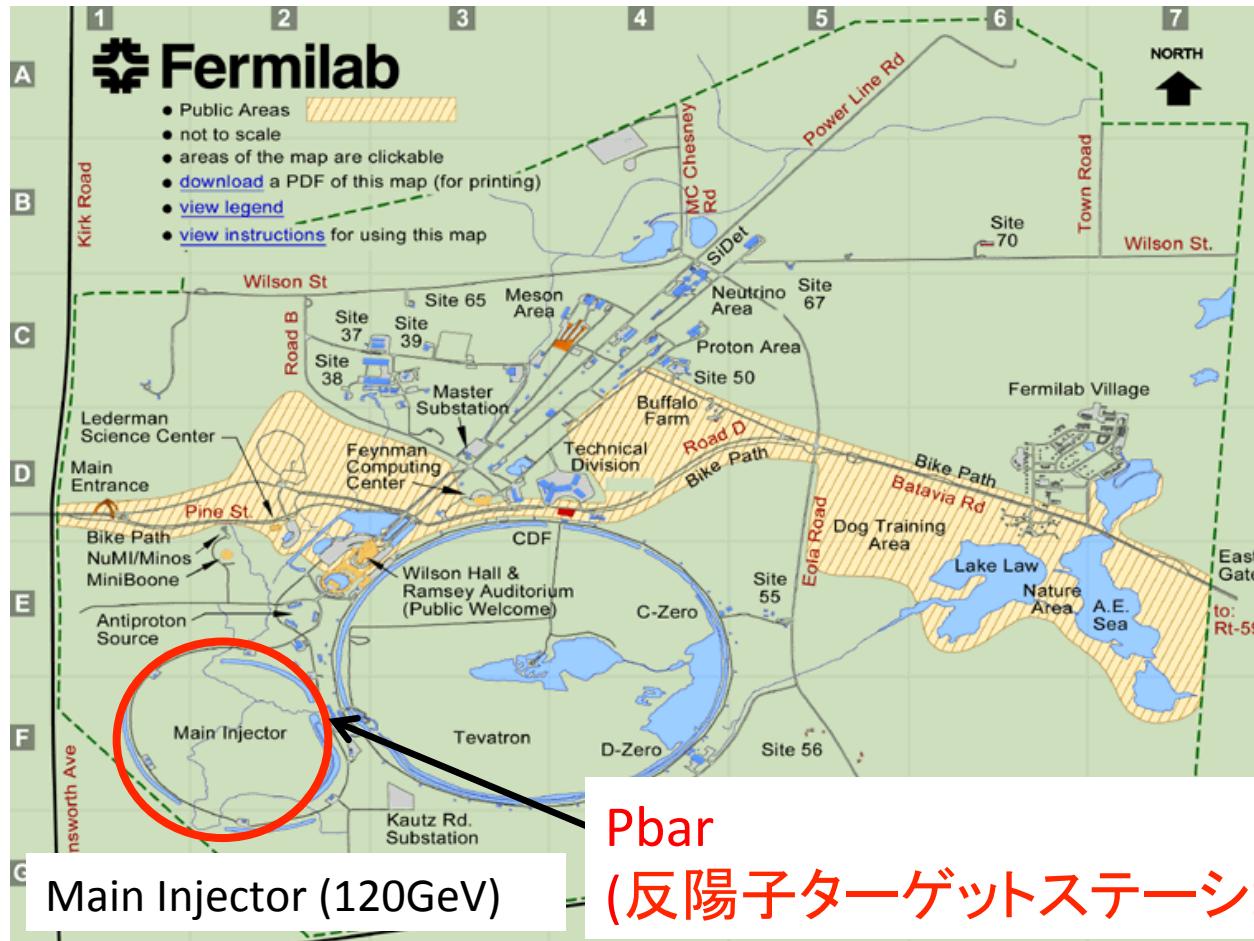
を用いた積分実験による
断面積データ評価



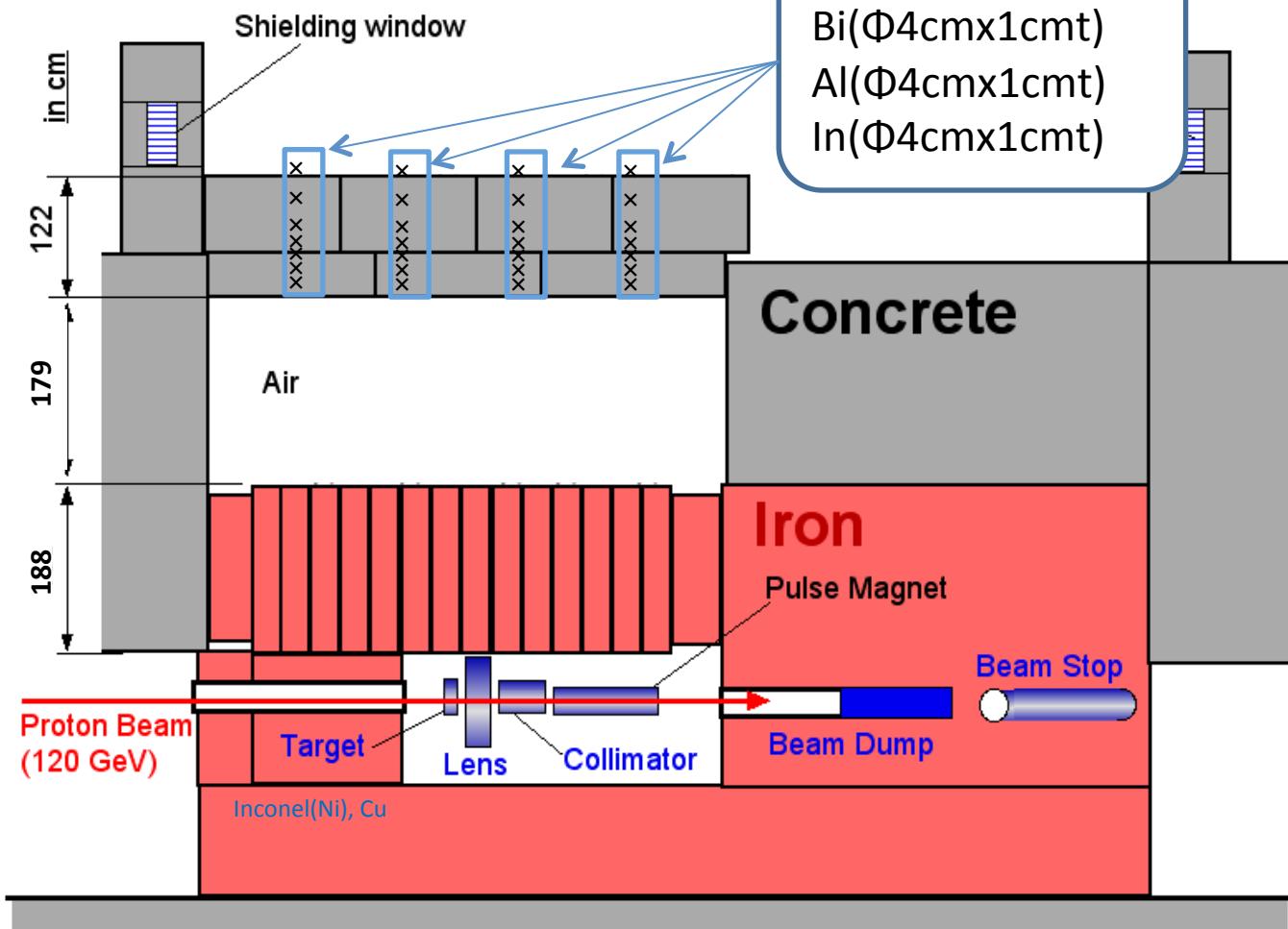
2. 放射化検出器を用いた遮蔽実験

JASMIN collaboration

- Japanese-American Study of Muon Interaction and Neutron detection
- ・実験場所 フェルミラボPbarターゲットステーション



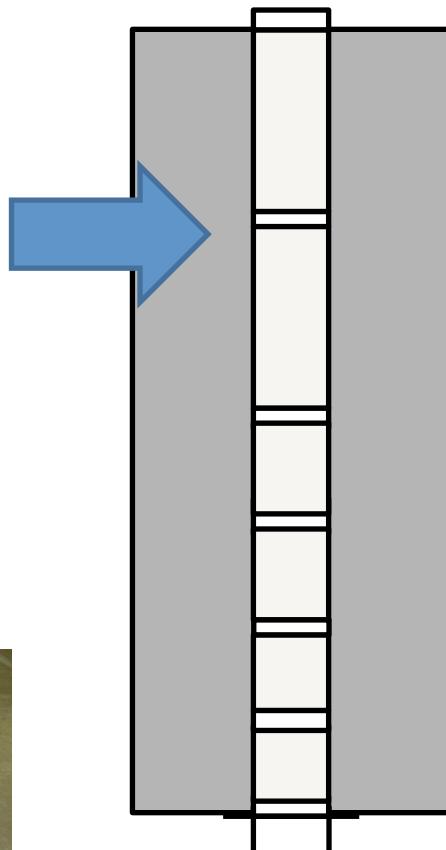
Pbar ターゲットステーション



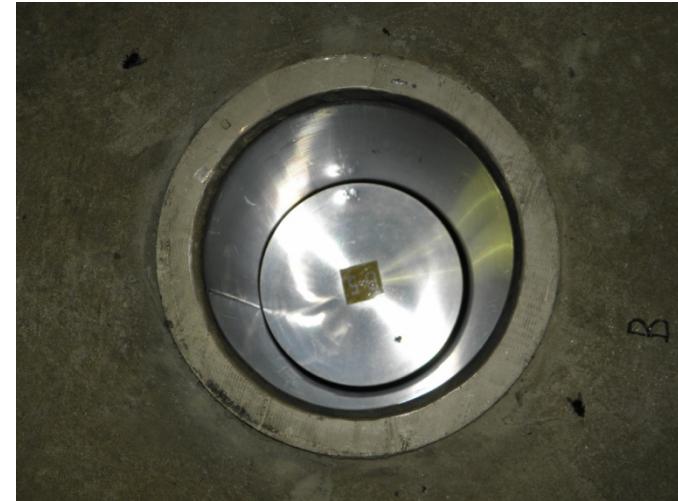
照射サンプル

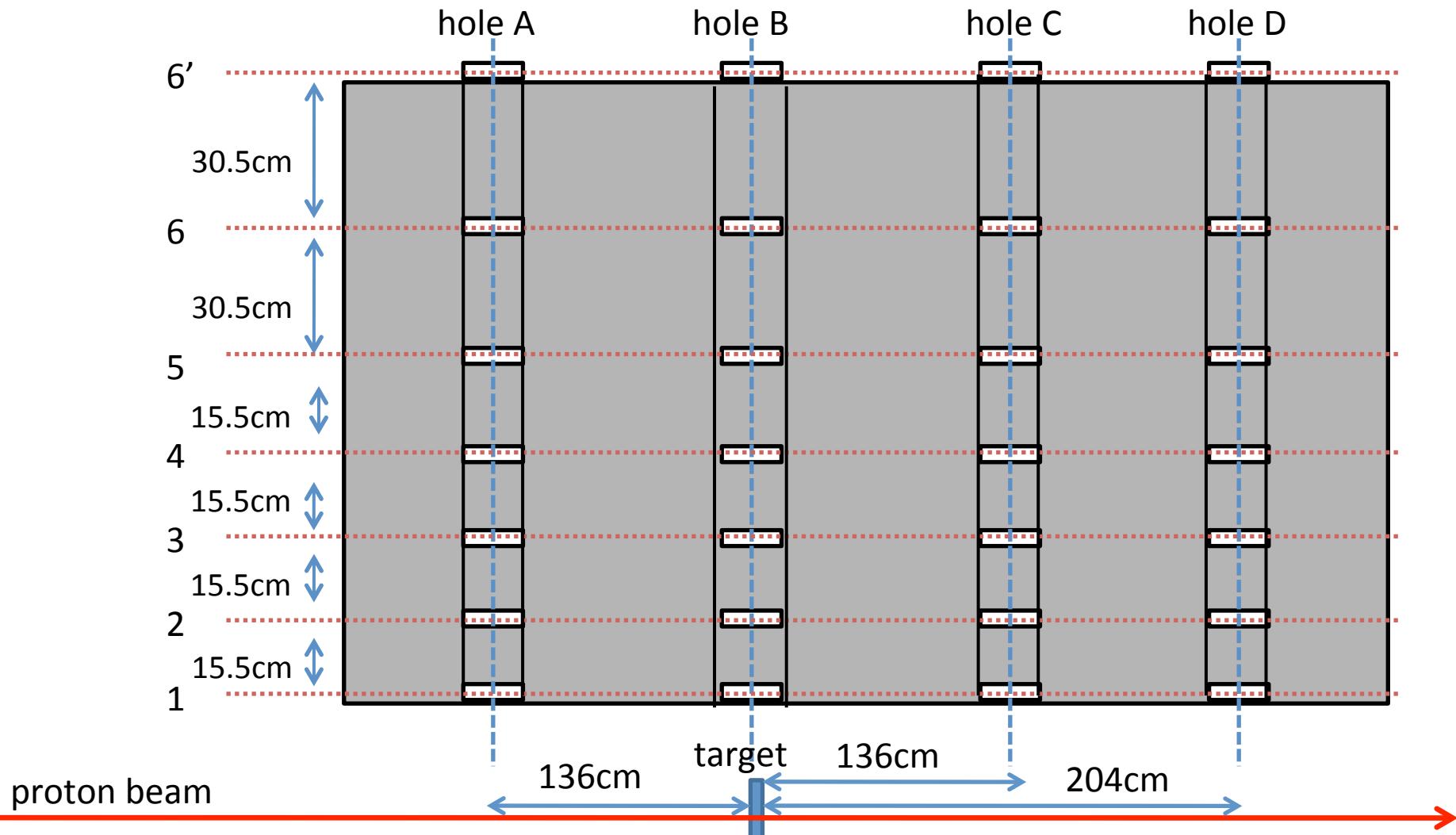


 sample
concrete covered
with metal



14cmΦ

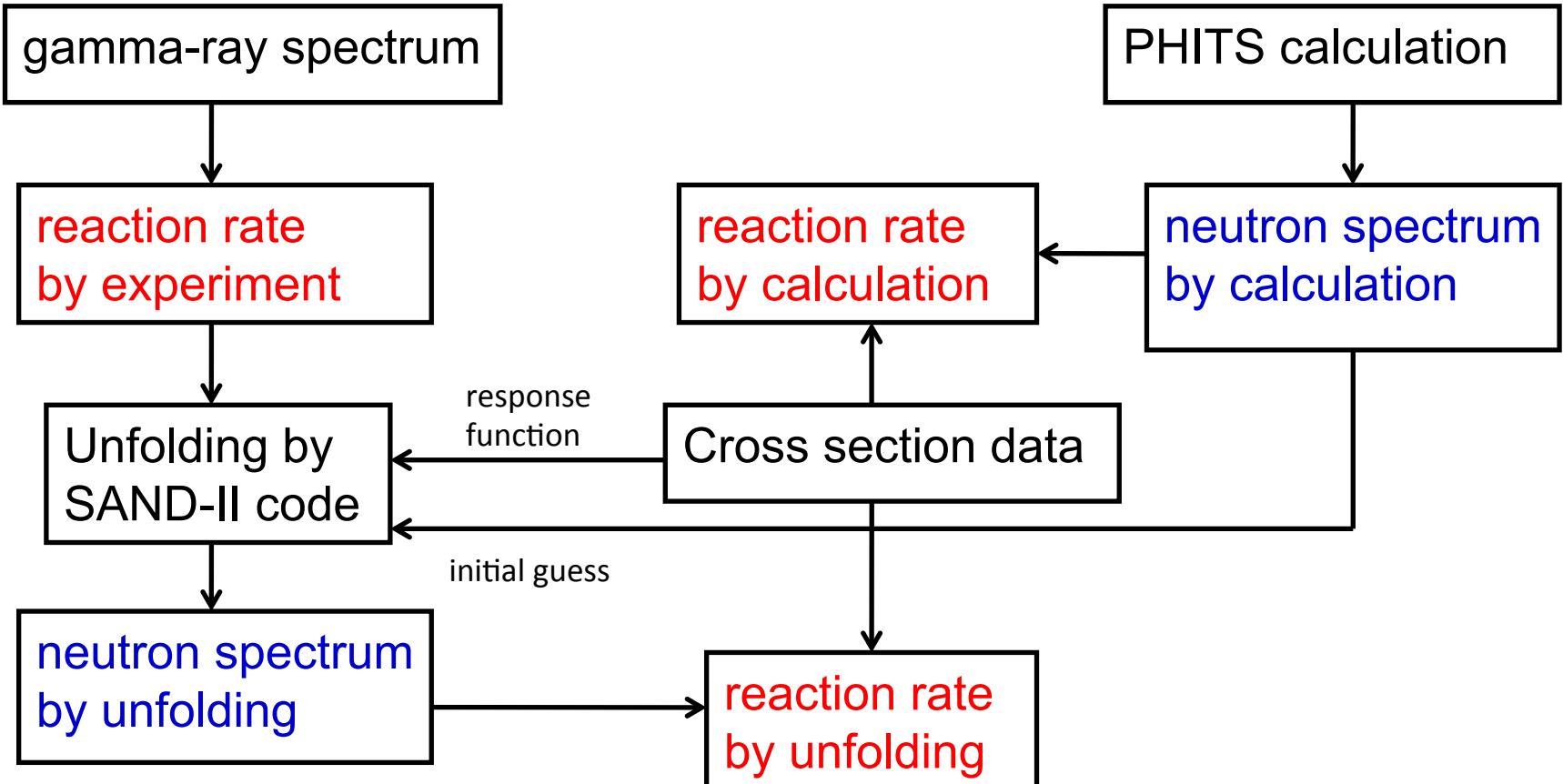




Beam current: 2.0×10^{12} proton/sec, Irradiation time: 50 days

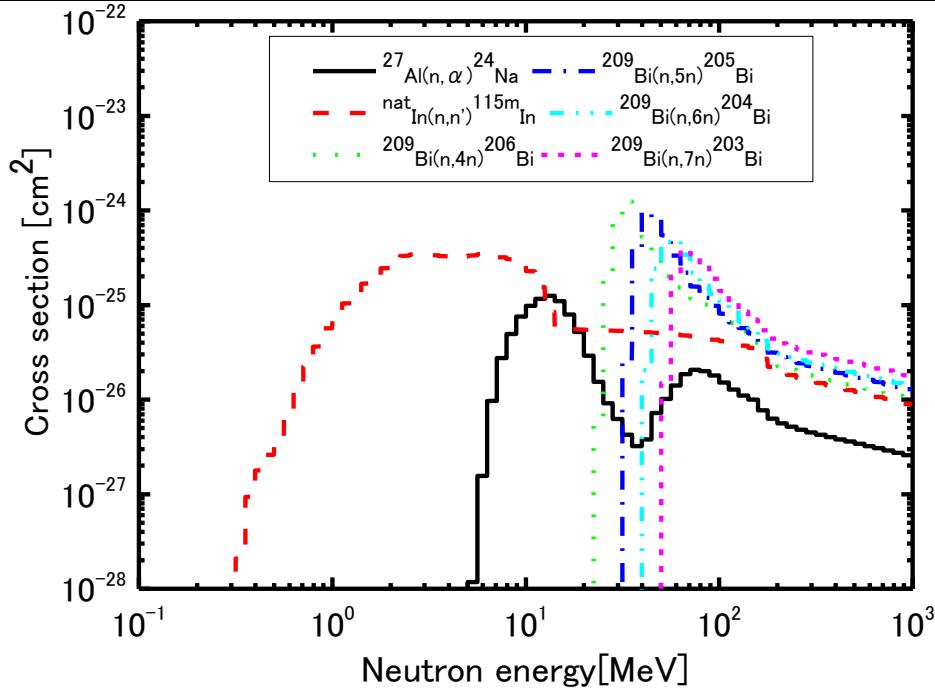
After irradiation → gamma-ray measurement by HPGe detector

解析



Nuclear data

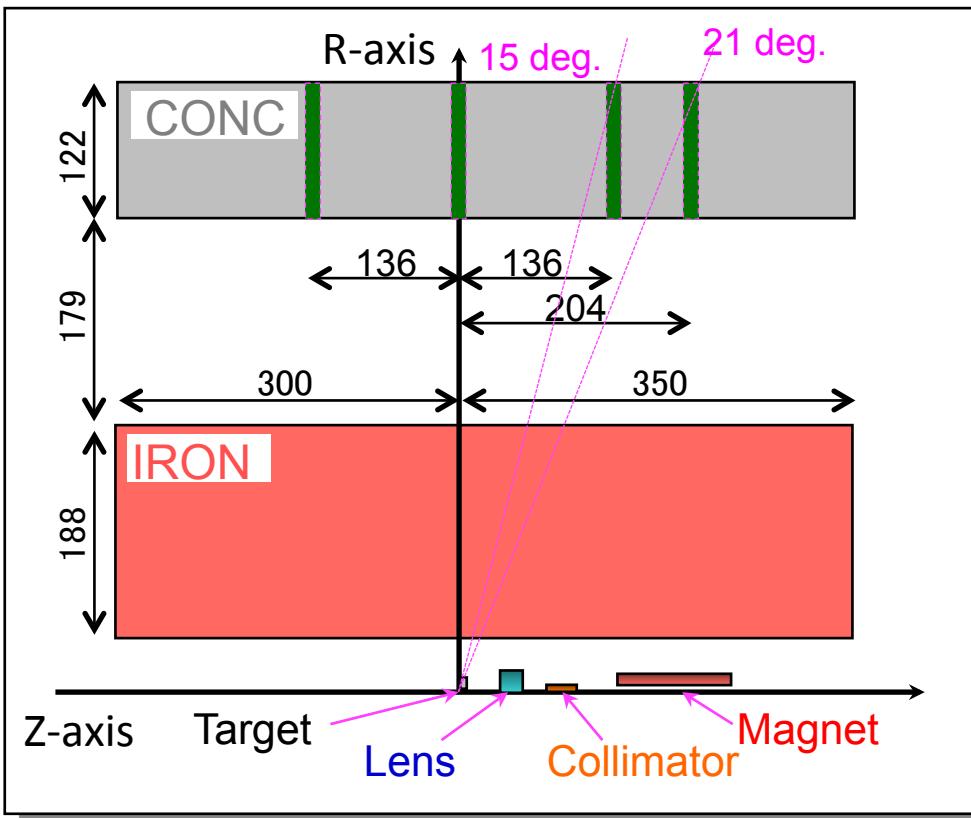
Reaction	Threshold	Half-life	Gamma-ray	Branching
	[MeV]		Energy[keV]	Ratio[%]
$^{27}\text{Al}(\text{n},\alpha)^{24}\text{Na}$	3.3	14.959h	1368.63	100
$^{209}\text{Bi}(\text{n},4\text{n})^{206}\text{Bi}$	22.6	6.243d	803.1	98.9
$^{209}\text{Bi}(\text{n},5\text{n})^{205}\text{Bi}$	29.6	15.31d	703.45	31.1
$^{209}\text{Bi}(\text{n},6\text{n})^{204}\text{Bi}$	38	11.22h	374.76	81.8
$^{209}\text{Bi}(\text{n},7\text{n})^{203}\text{Bi}$	45.3	11.76h	820.23	29.6
$^{115}\text{In}(\text{n},\text{n}')^{115m}\text{In}$	0.3	4.486h	336.241	45.9



モンテカルロ計算

Energy	PHITS code
High	JAM code
3.5 GeV	Bertini model
20 MeV	Nuclear data (JENDL-3.3)

Simplified two-dimensional
(R-Z) geometry



3. 数100MeV中性子による核種生成断面積の測定

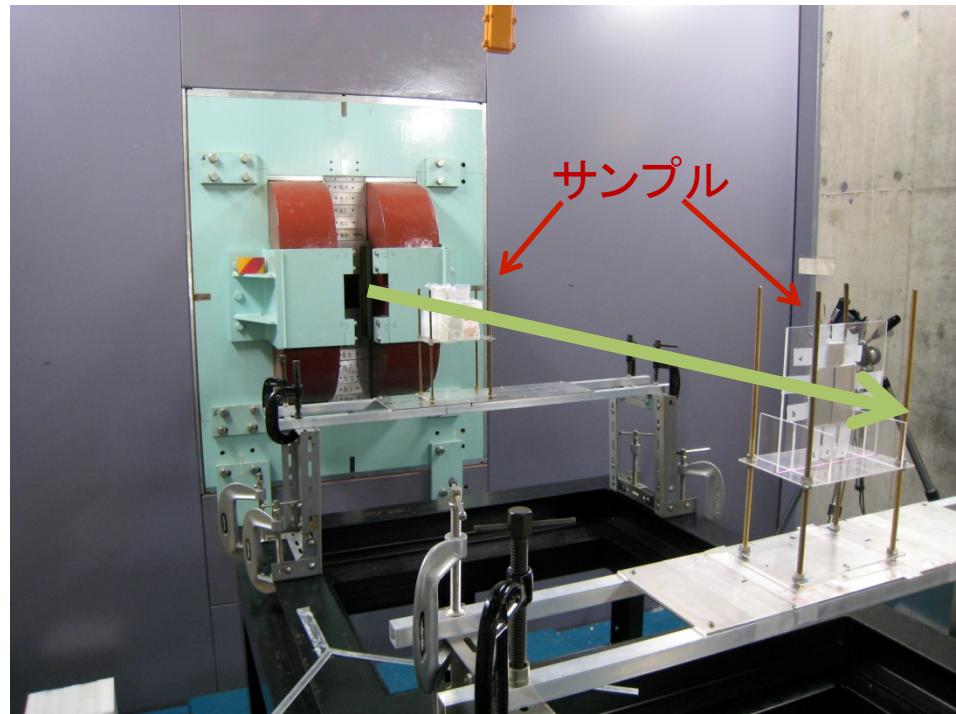
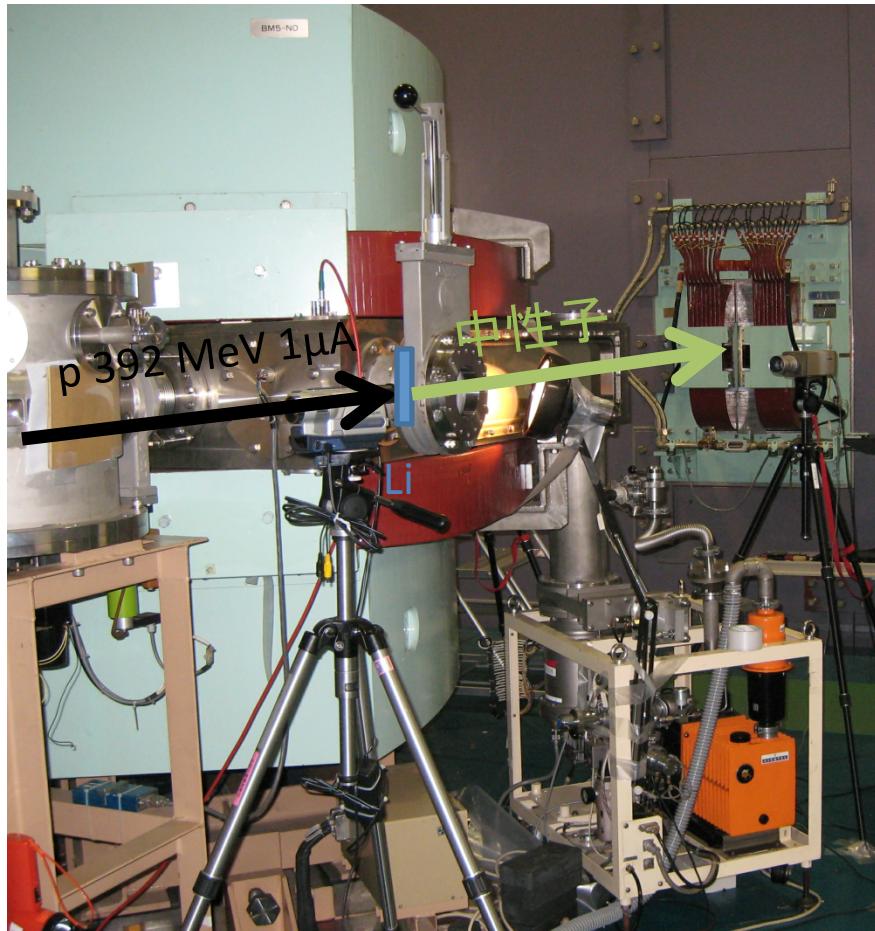
・実験場所

大阪大学核物理研究センター(RCNP) N0コース

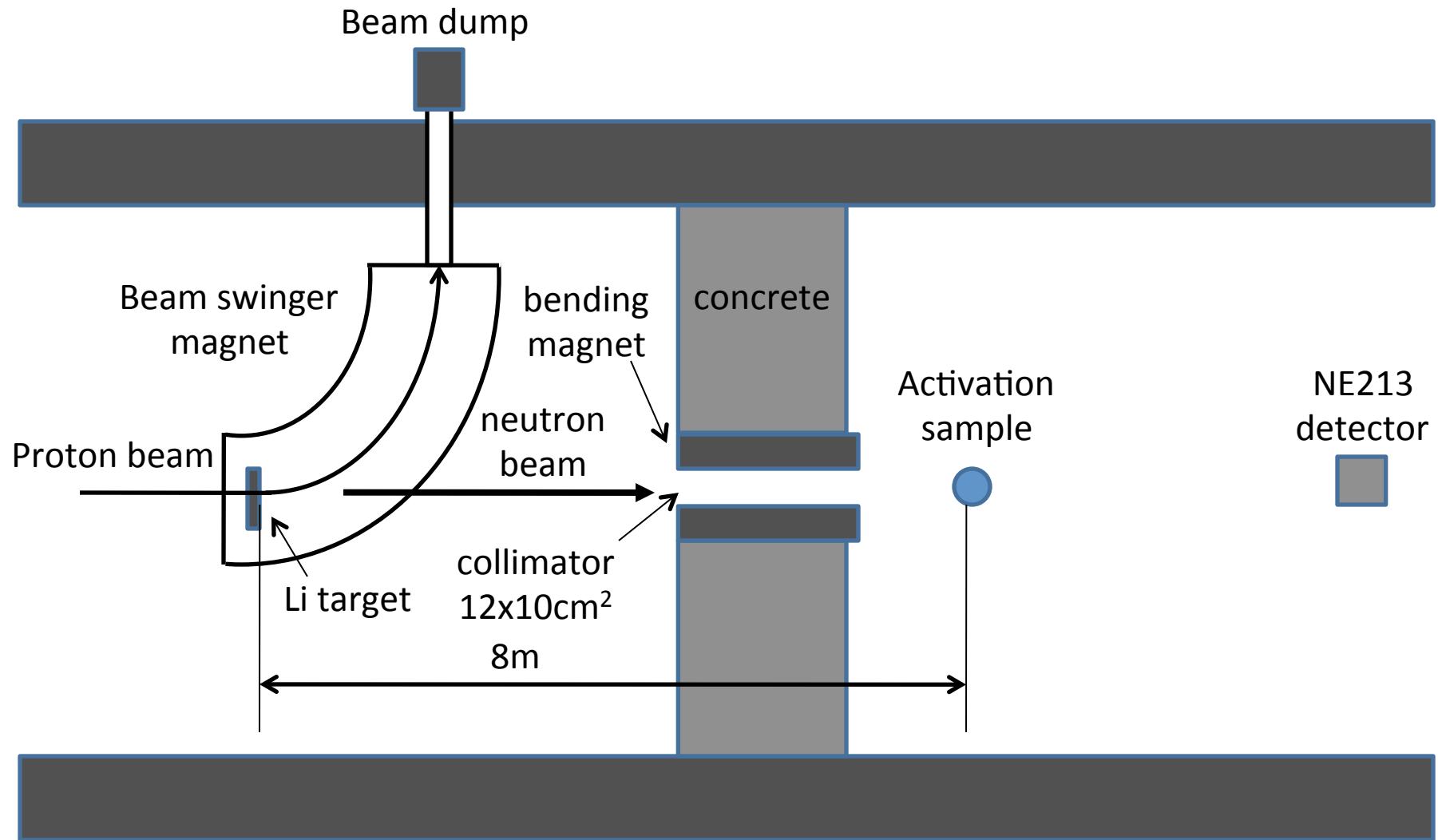
・照射ビーム

$\text{Li}(p,n)$ 準単色中性子

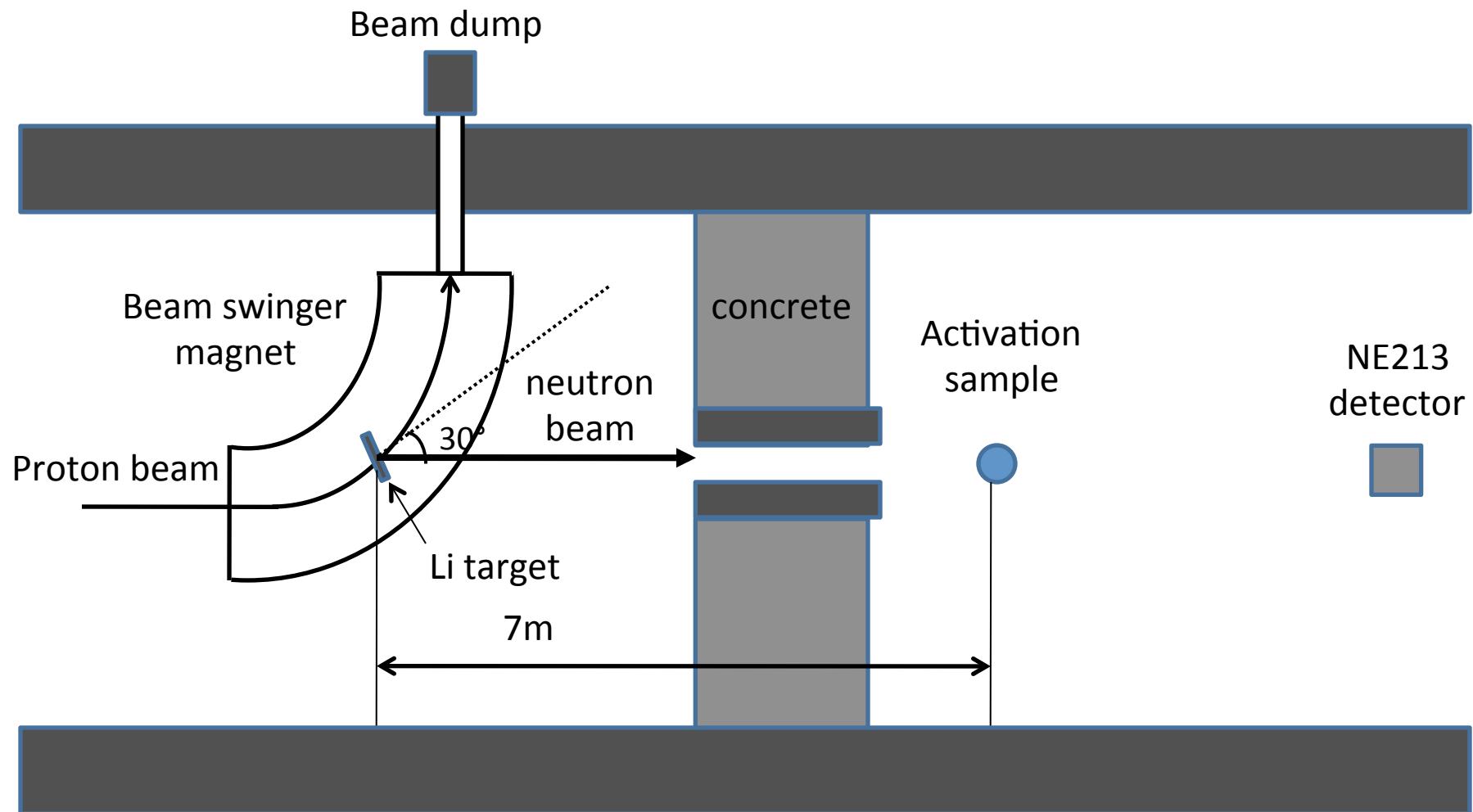
0°, 30° の2角度で照射



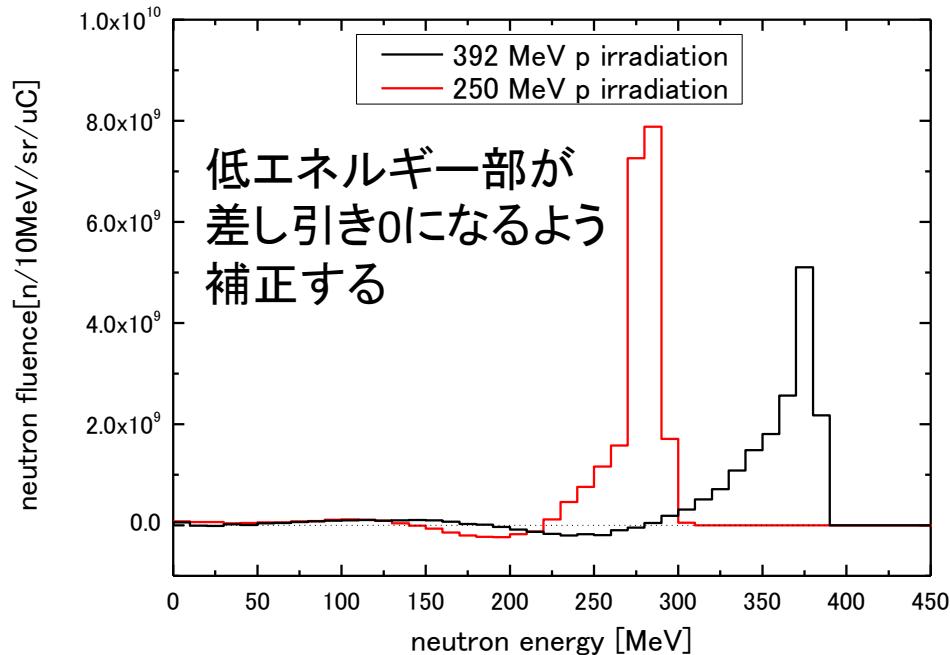
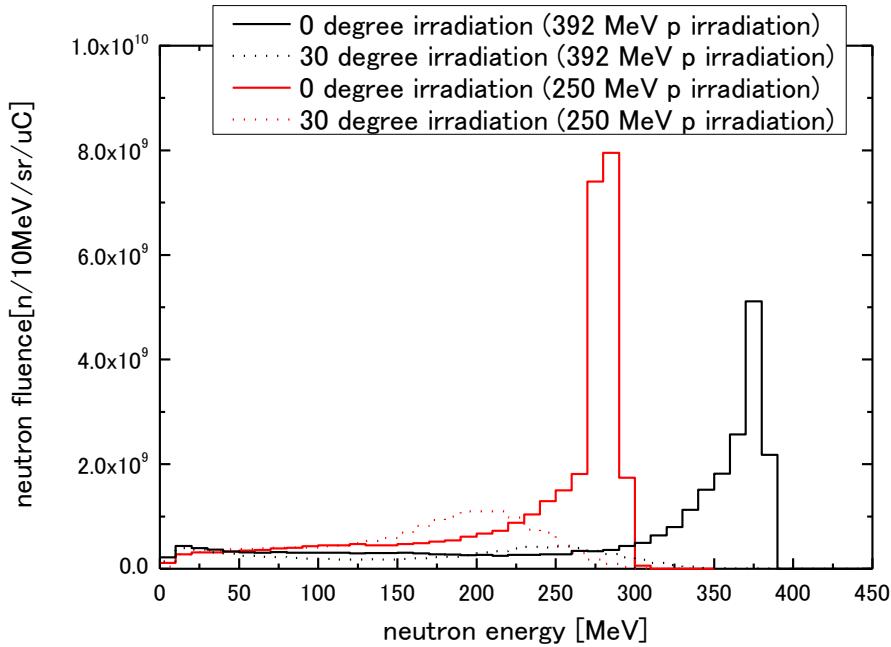
照射体系(0°)



照射体系(30°)



中性子エネルギースペクトル



ピークエネルギー中性子による断面積

$$\sigma = \frac{(R_0 - R_{30}f)}{\phi}$$

R_0 :0度照射の反応率[1/atom/proton]

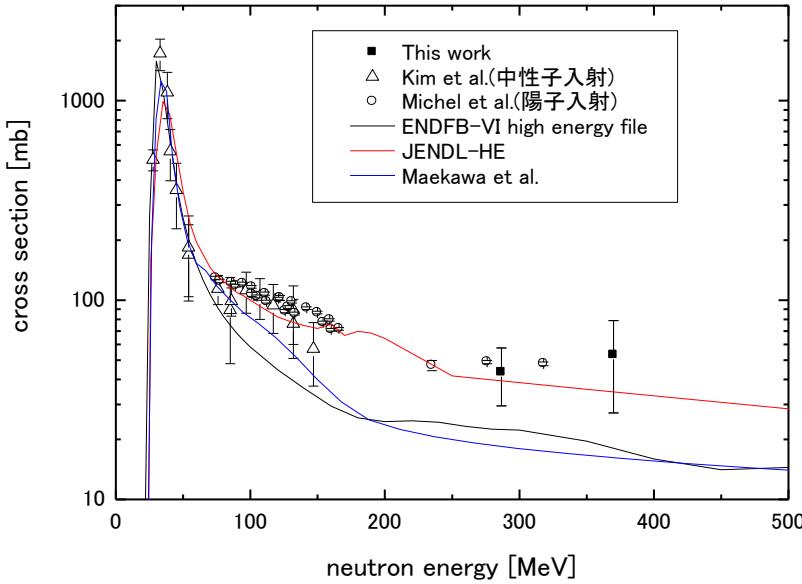
R_{30} :30度照射の反応率[1/atom/proton]

f:30度照射に対する補正係数

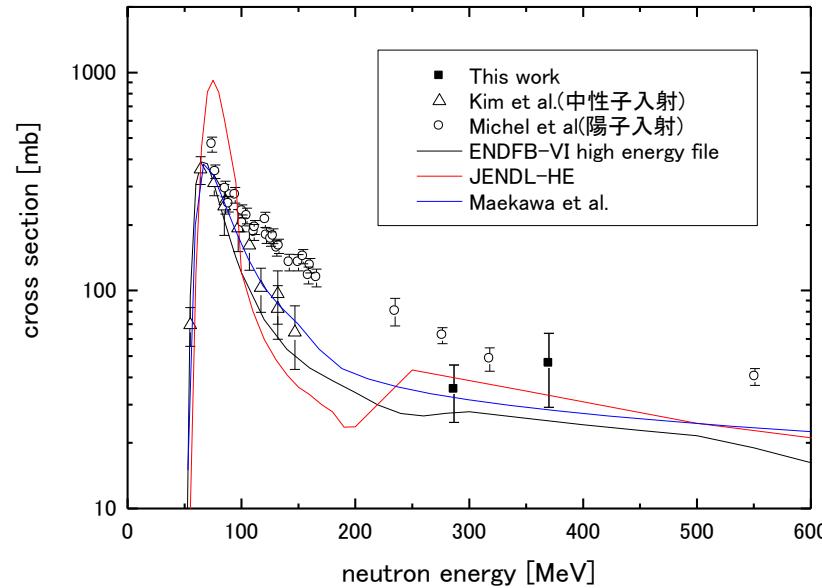
ϕ :中性子束[n/cm²/proton]

実験結果

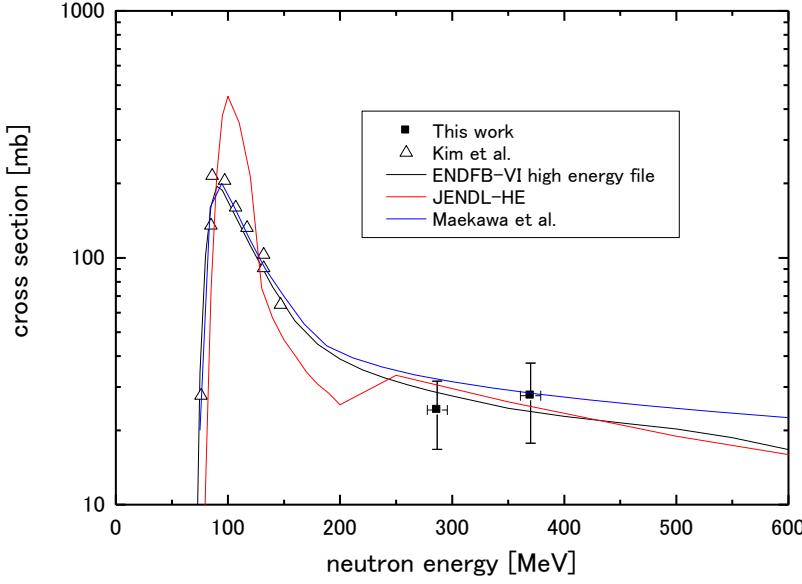
Bi-209(n,4n)Bi-206



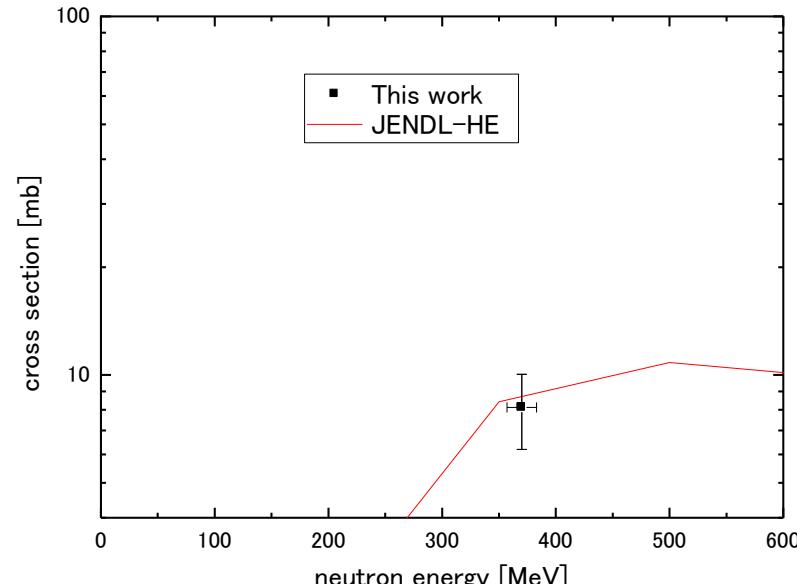
Bi-209(n,7n)Bi-203



Bi-209(n,9n)Bi-201



Bi-209(n,X)Os-183g



4.まとめ

放射化法による核破碎中性子源周りの中性子測定

計算や実験値から評価されたデータベースを基に
遮蔽実験等に応用されている

高エネルギー中性子による放射化断面積の測定

- ・核データライブラリの精度向上
- ・より精度良いデータベースの構築
- ・核破碎生成核種の利用



放射化法による高エネルギー中性子
測定の精度向上