

# アイソマー混入と反応断面積測定

筑波大、物理、小沢顕

## 内容

- 影響するアイソマーについて：BigRIPS
- アイソマーはどのくらいあるのか？

Ni, Kr, Snアイソトープの現状

- アイソマーで反応断面積はどうかわるか？

過去の我々の実験結果、MSUの実験( $^{18}\text{Fm}$ )

- BigRIPSにおける実験：提案

フラグメントの運動量選択

異なる一次ビームでの測定


アイソマー生成比および寿命の測定

- まとめ

# 影響するアイソマーについて

- アイソマーの理論的予測は難しい
- 核破砕過程／核分裂過程によりどのような生成比になるかの理論的予測も難しい  
(~10~100%)
- 実験的に押さえる必要がある。
- アイソマーサーチの実験FRS/GSI, GANILなど
- BigRIPSでもアイソマーは生成し、その混入は避けられないだろう。

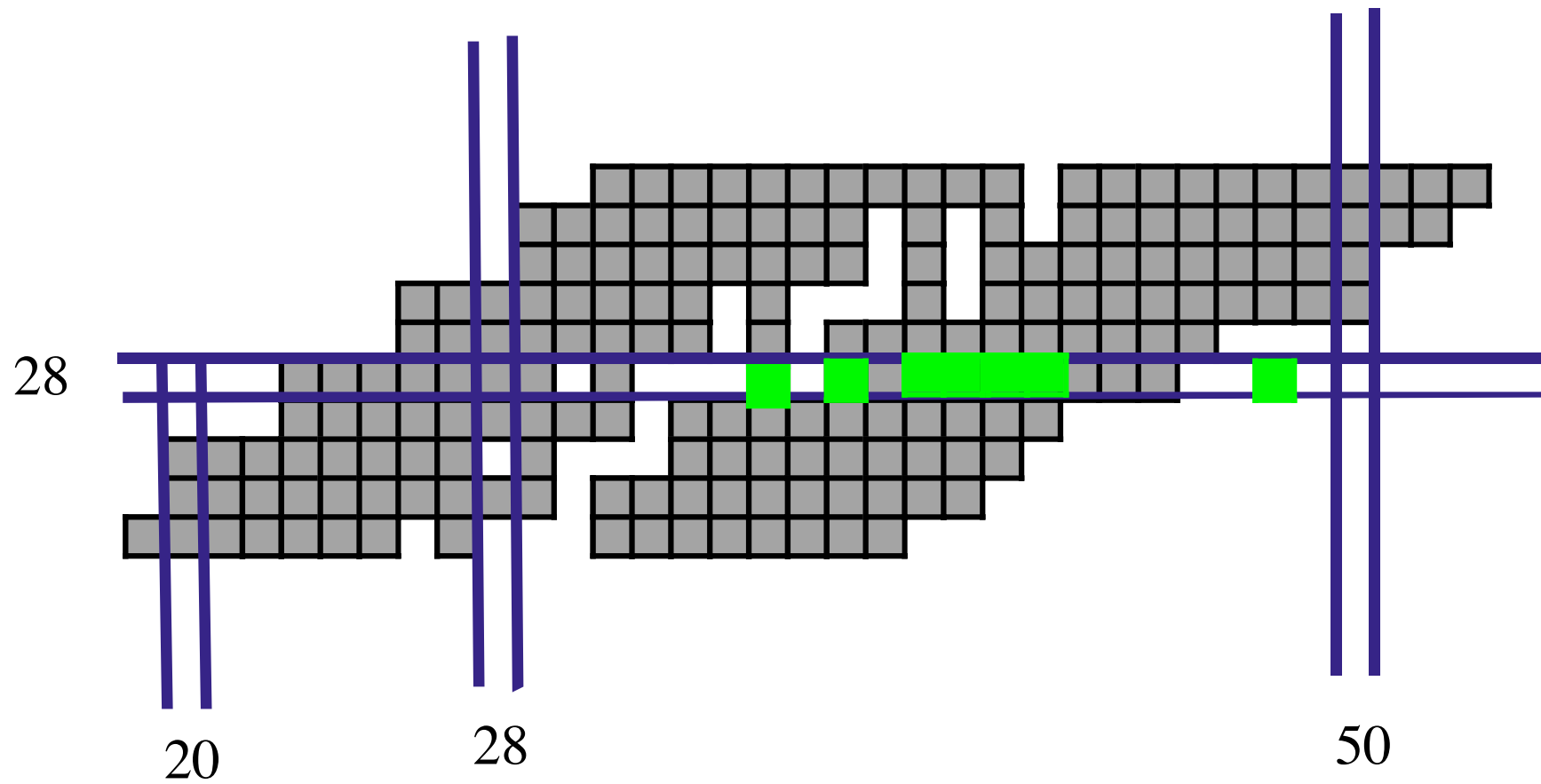
# 反応断面積測定で問題になるアイソマー

- 反応ターゲットはBigRIPSのF5に置かれる。  
飛行時間は260ns  350 A MeVの場合。
- 生成比が100%としても、 $T_{1/2} < 40\text{ns}$ のアイソマーであれば、反応ターゲットでの混入率は1%以下。
- BigRIPSの反応断面積測定では、 $T_{1/2} > 40\text{ns}$ のアイソマーの混入のみが問題となり得る。

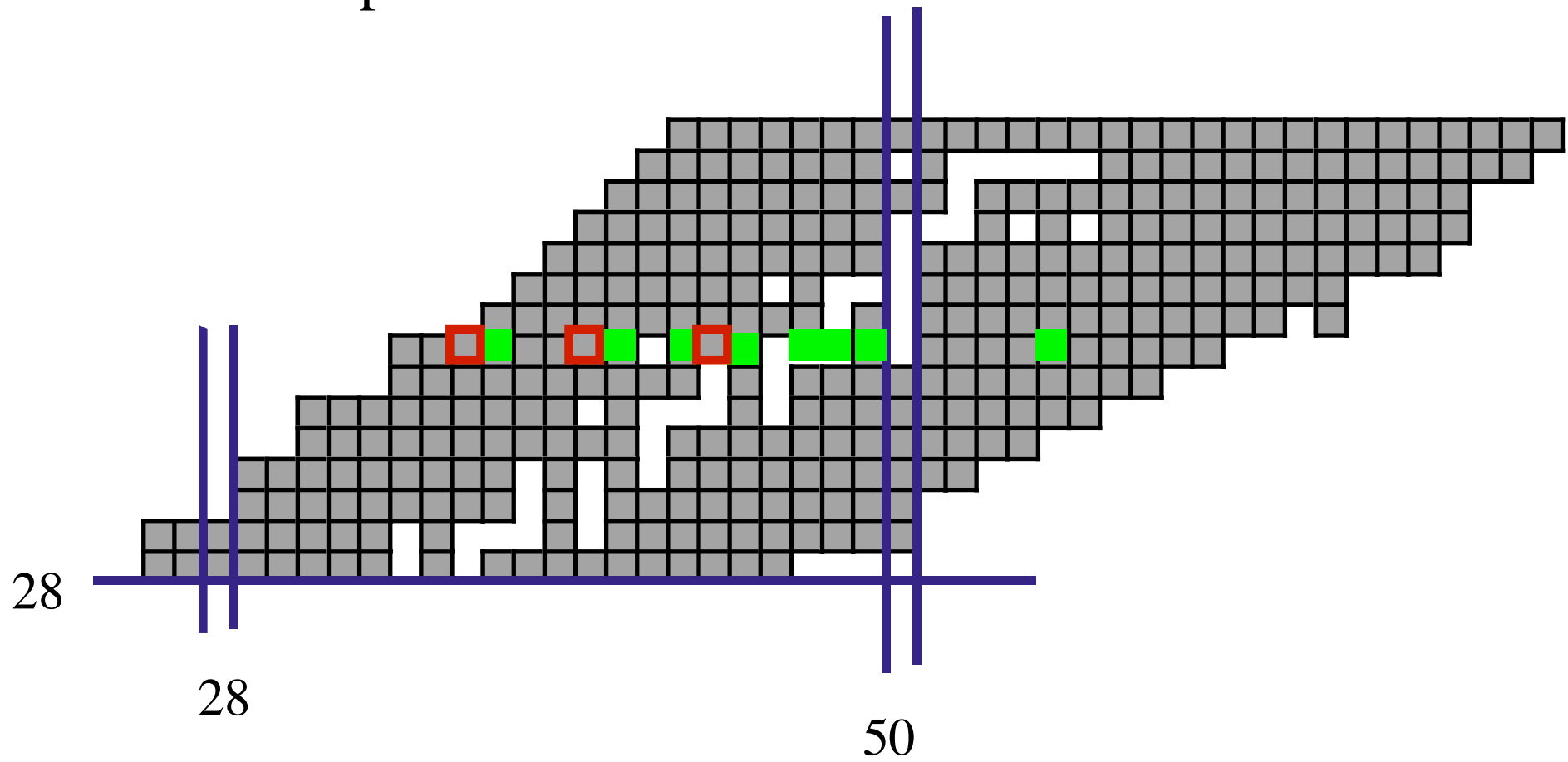
# アイソマーはどのくらいあるのか？

- Ni

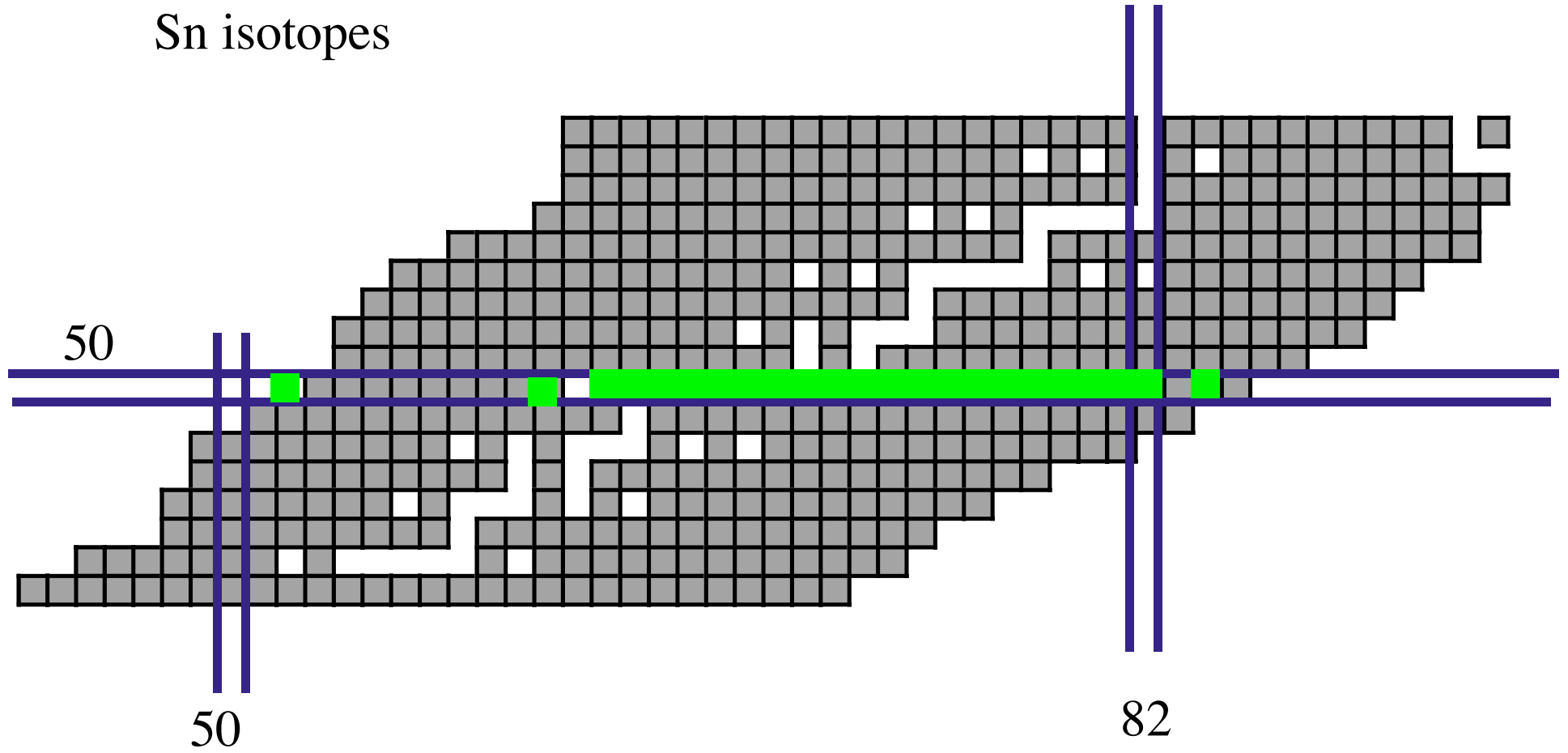
Ground state		Isomeric state		
A	$J^\pi$	Energy (keV)	$T_{1/2}$	$J^\pi$
63	1/2 <sup>-</sup>	87	1.67 $\mu$ s	5/2 <sup>-</sup>
65	5/2 <sup>-</sup>	63	69 $\mu$ s	1/2 <sup>-</sup>
67	(1/2 <sup>-</sup> )	1007	13.3 $\mu$ s	(9/2 <sup>+</sup> )
68	0 <sup>+</sup>	1770	276ns	0 <sup>+</sup>
		2849	0.86ms	5 <sup>-</sup>
69	9/2 <sup>+</sup>	2701	0.439 $\mu$ s	(17/2 <sup>-</sup> )
70	0 <sup>+</sup>	2860	0.232 $\mu$ s	(8 <sup>+</sup> )
76	0 <sup>+</sup>	2420	590ns	8 <sup>+</sup>



# Kr isotopes

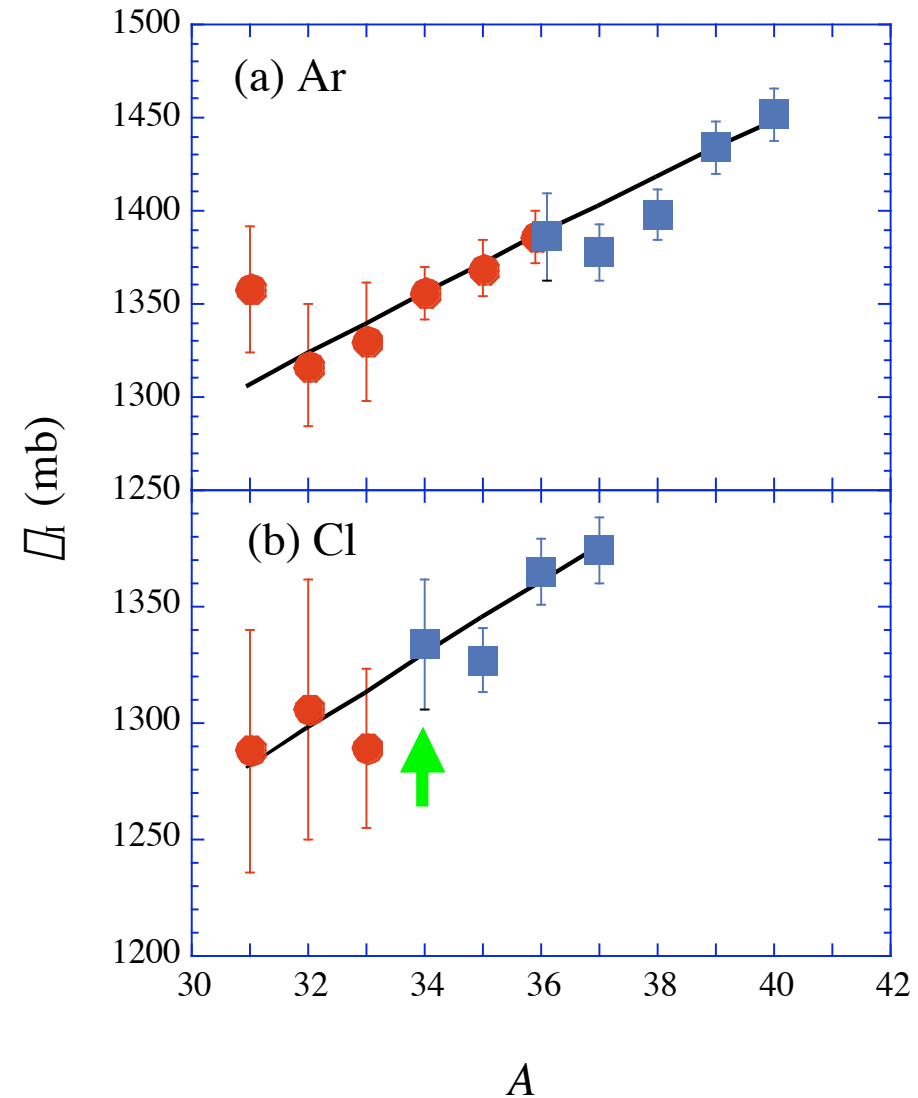
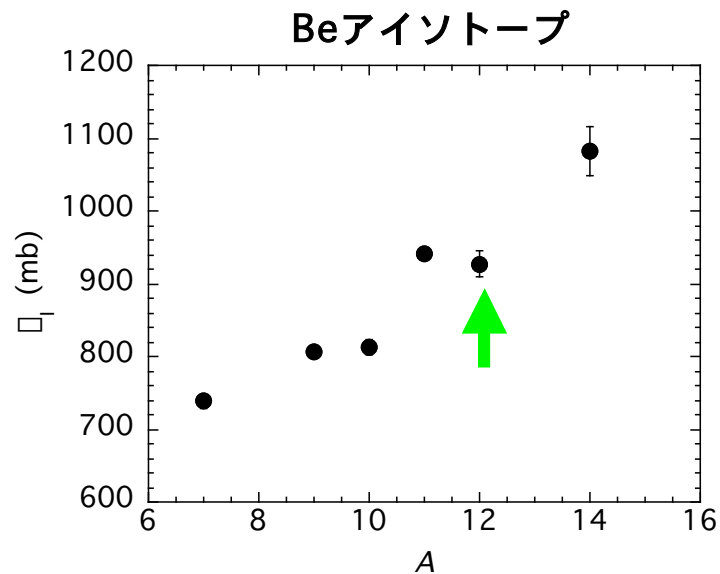


# Sn isotopes

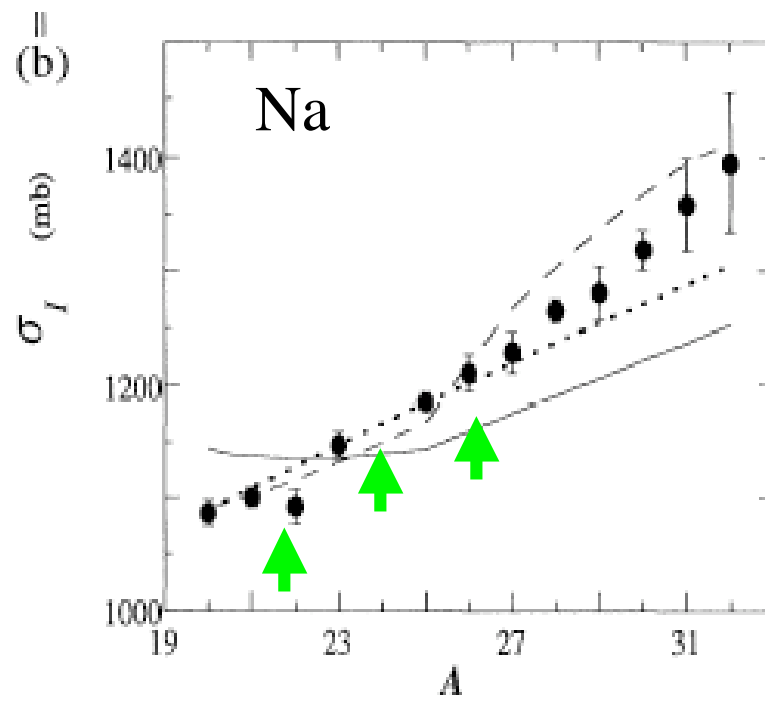
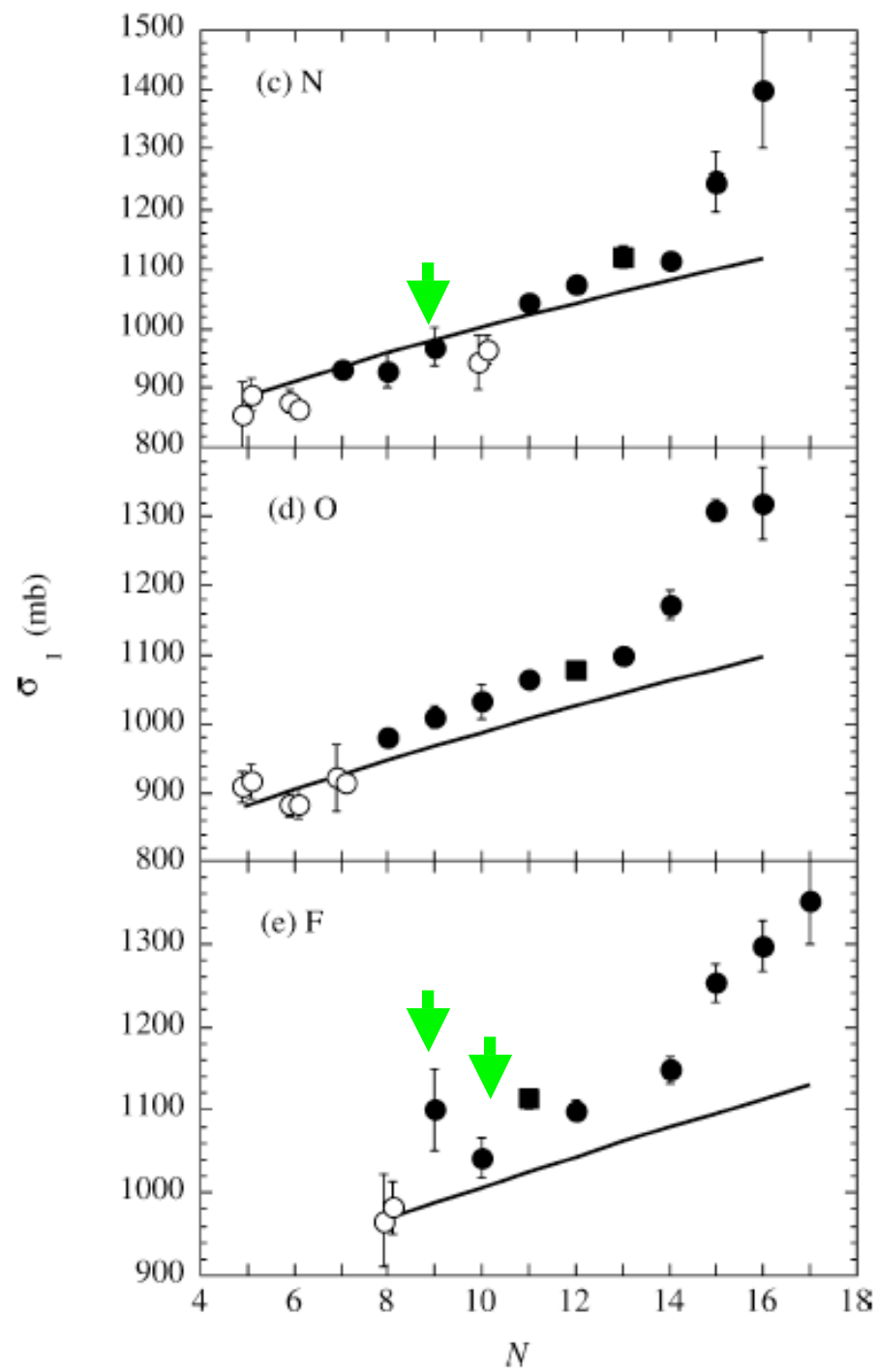


# アイソマーの反応断面積

- 我々のデータより



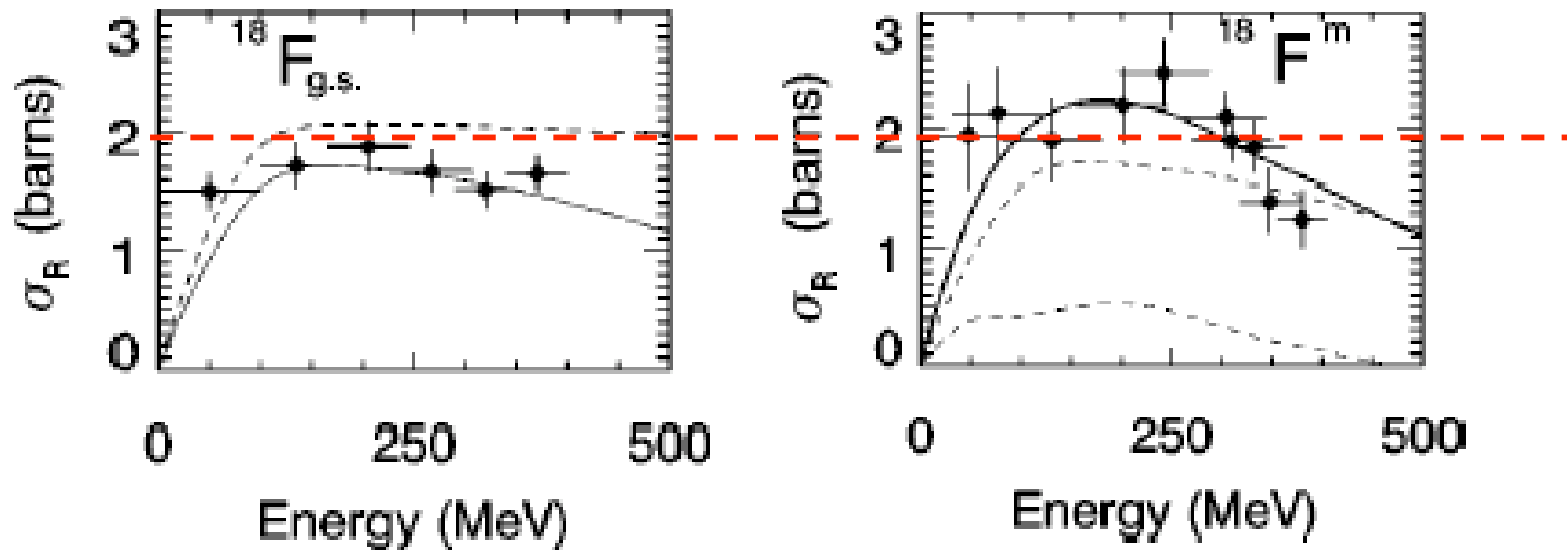




# MSUにおけるアイソマー( $^{18}\text{F}^m$ )の反応断面積の実験

PHYSICAL REVIEW C, VOLUME 65, 044605

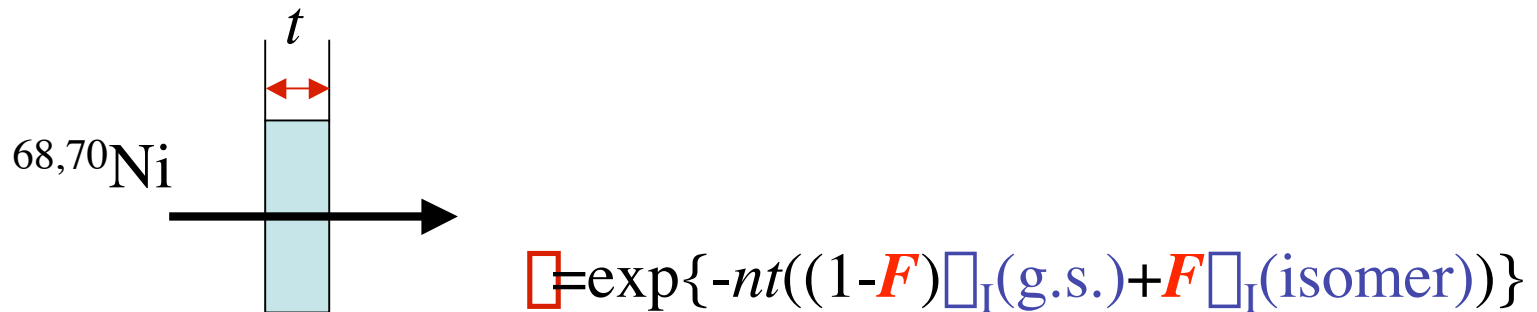
- $^{18}\text{F}(\text{g.s.})$ と $^{18}\text{F}^m$ の反応断面積を測定した。低いエネルギーでアイソマーの断面積が増大。



- 今のところ高エネルギーで反応断面積が異なるという直接的な実験的証拠はない。

# BigRIPSにおける実験：提案

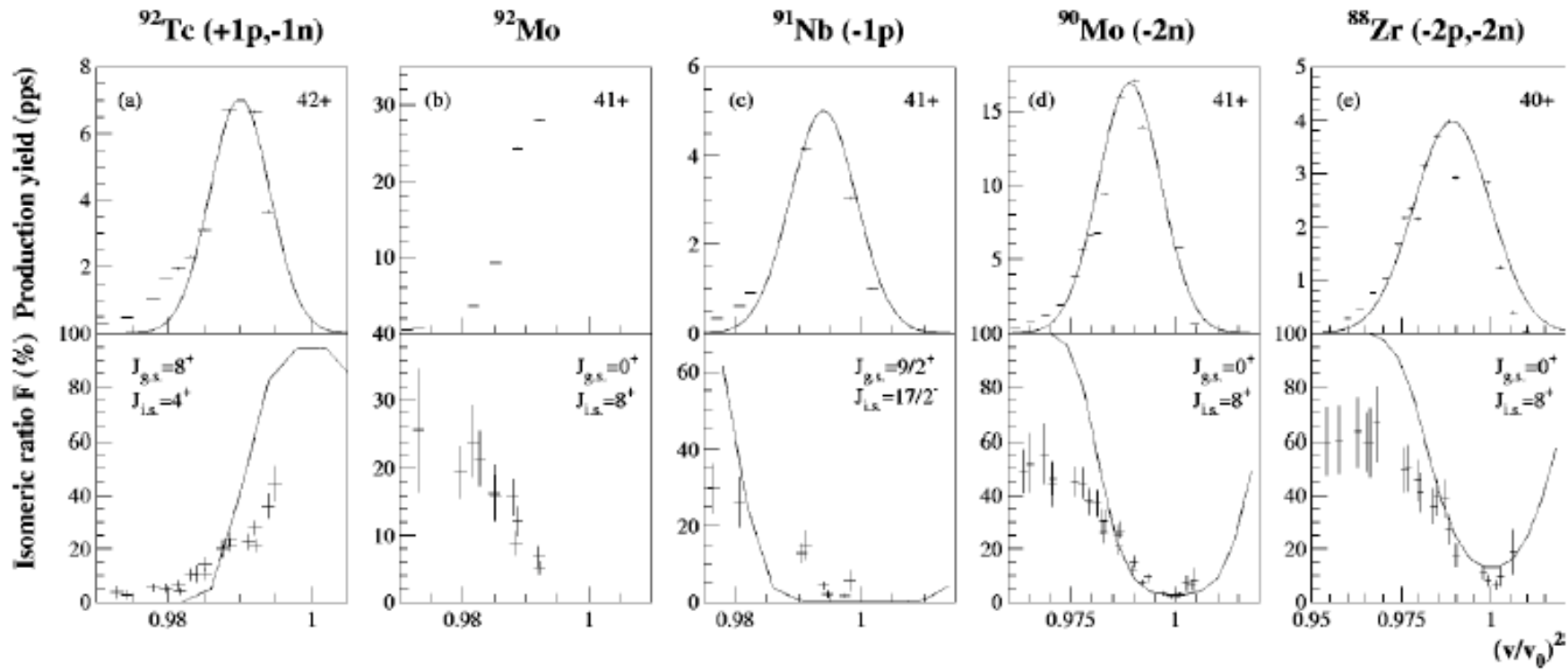
- 基底状態とアイソマーで反応断面積が異なる場合、アイソマー比( $F$ )によって見かけ上の反応断面積が異なる。



- アイソマー比をかえた測定を行って見かけ上の反応断面積が変わらなければ、基底状態とアイソマーの反応断面積はほぼ等しいとみなせる。

# アイソマー比をかえた測定

- フラグメントの運動量の選択



- 異なる一次ビームを使う。

Abrasion-ablation modelによるとアイソマー生成比は以下の式で与えられる。(PRC69, 024617)

$$F = \exp\left[\frac{I_m(I_m + 1)}{2\sigma_f^2}\right]$$

$$\sigma_f^2 = 0.0178 A_P^{2/3} \frac{A(3A_P - A)}{A_P - 1} \quad A = A_P - A_f$$

$A_p$ をかえれば、アイソマー比は変わる。

反応ターゲット

second stage:  $\sigma_I$  measurements

$B\rho$ -TOF- $\Delta E$   $B\rho$ -TOF- $\Delta E$

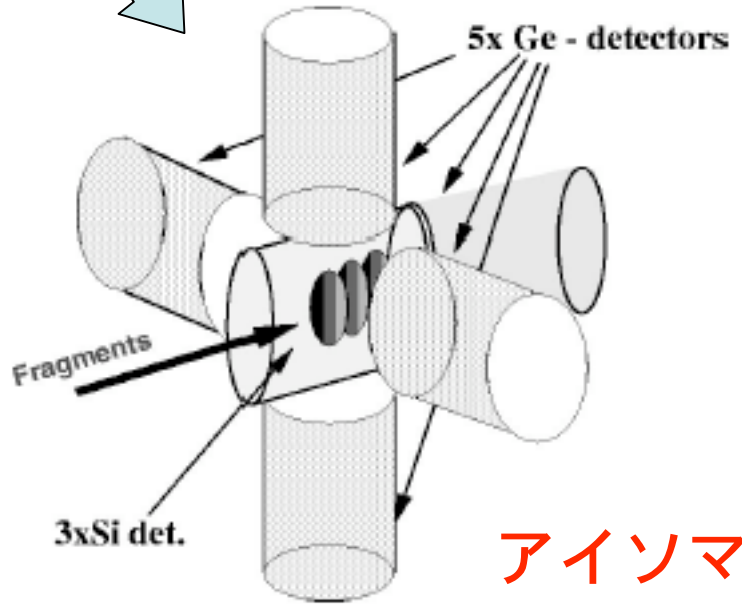
first stage separation

F8

F7

F5

F3



アイソマー比をモニター

- アイソマー比が異なる測定で異なる結果が得られた場合。

{ アイソマーが一つしかない。

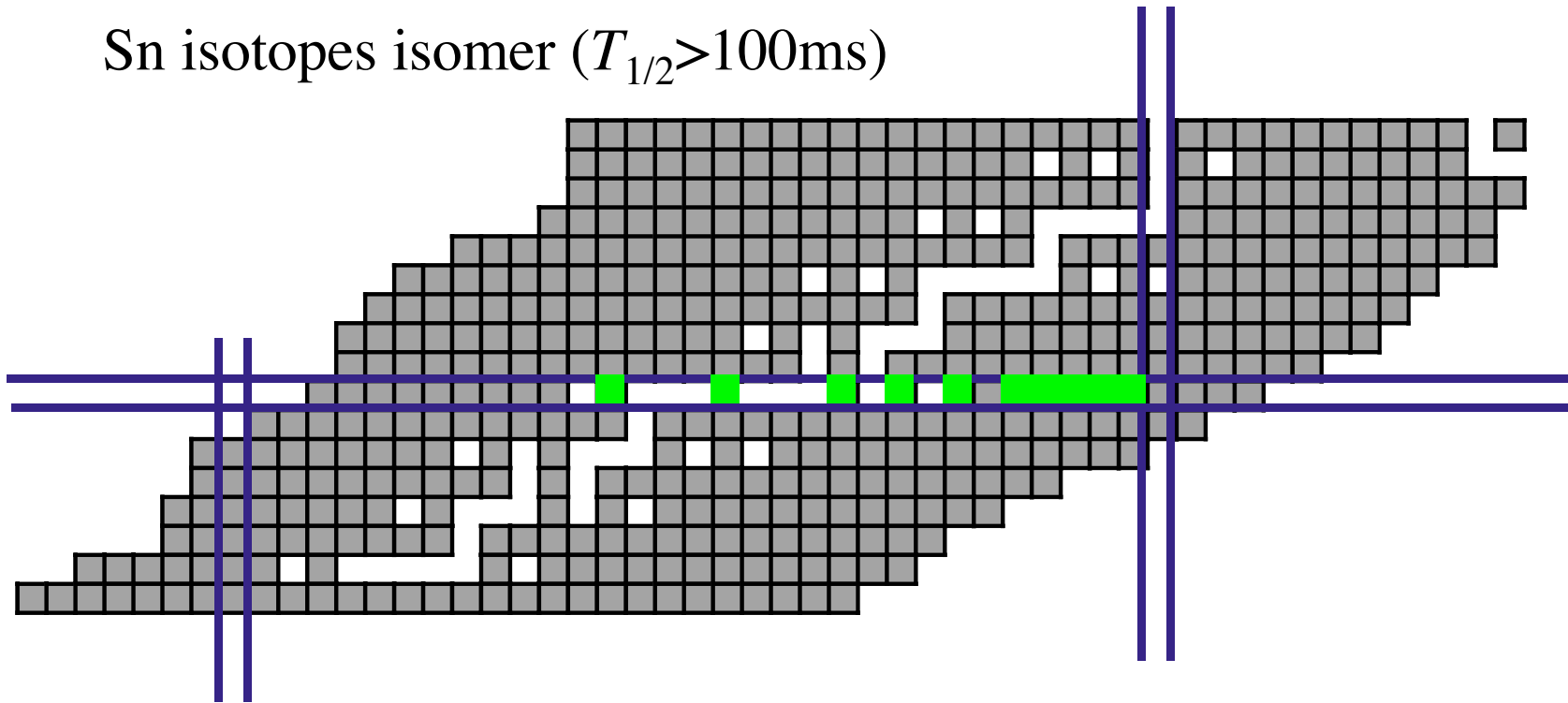
{ アイソマー生成比が既知。

{ アイソマーの寿命が既知。

- 基底状態とアイソマーのそれぞれの反応断面積が求められる。
- 生成比や寿命の測定精度はせいぜい10%であろう。。。

- 蓄積リングの下流で測定する。  
 $T_{1/2} < 100\text{ms}$ のアイソマーはカットできる。

Sn isotopes isomer ( $T_{1/2} > 100\text{ms}$ )





## まとめ

- 入射核破砕過程／核分裂過程では、アイソマーの生成は不可避。
- 重い不安定核では、アイソマーを持つ核は多く、避けて測定することは無理。
- アイソマーと基底状態で反応断面積が大きく異なるという実験的証拠は今のところない。
- 基底状態とアイソマーで反応断面積が大きく違わないことを確認しつつアイソマーを持つ核の反応断面積を測定していったらどうか？