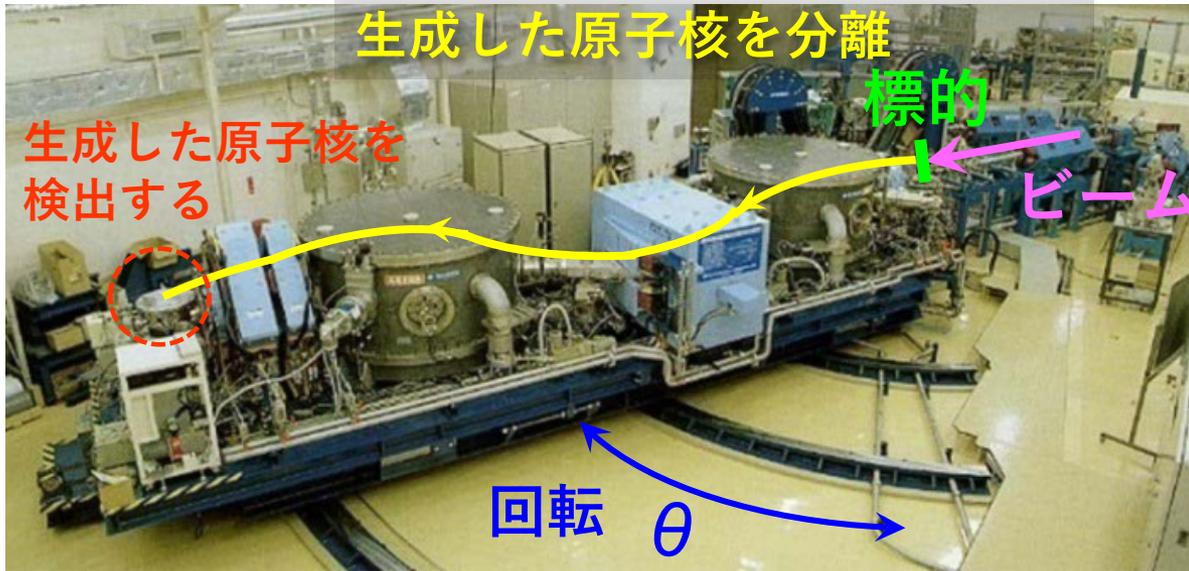


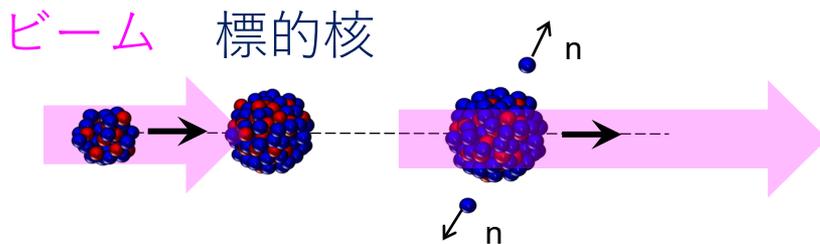
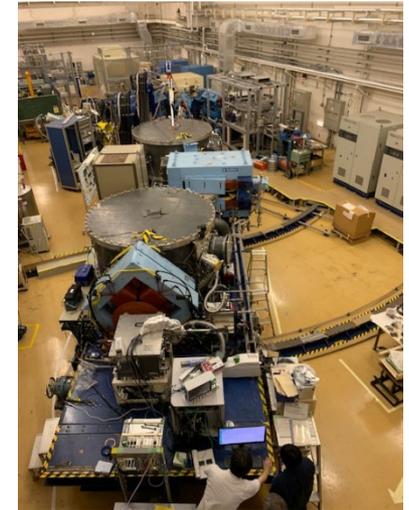
# 反跳生成核分離装置を用いた実験

日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター  
研究フェロー 西尾 勝久

# 反跳生成核分離装置 (JAEA Recoil Mass Separator)



$\theta = 0^\circ$



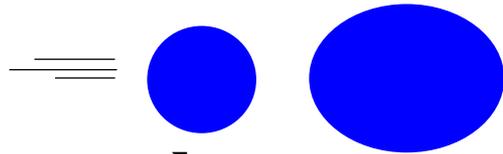
核融合反応で生成された原子核は、反跳を受けてビームと同じ方向に飛び出す（ゼロ度方向にRMSをセット）。

$\theta = 40^\circ$

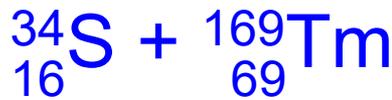


# 実習で学ぶ反応

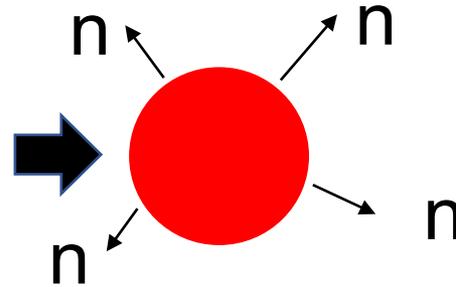
タンデムで加速



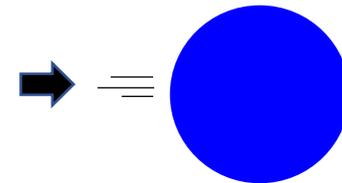
【ビームエネルギー 160MeV】



複合核



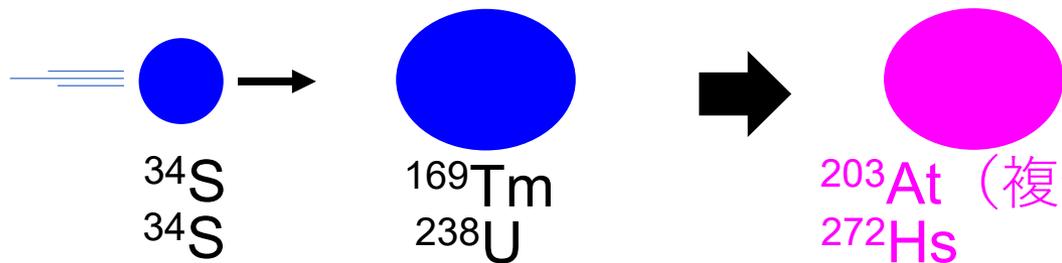
蒸発残留核



複合核

α崩壊

# ビームエネルギーと生成される蒸発残留核

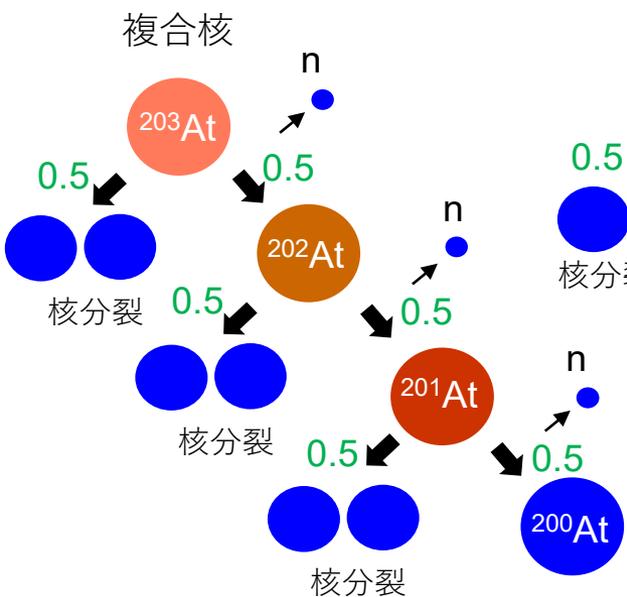


励起エネルギーは、 $^{34}\text{S}$ の運動エネルギーに比例して増加していく。

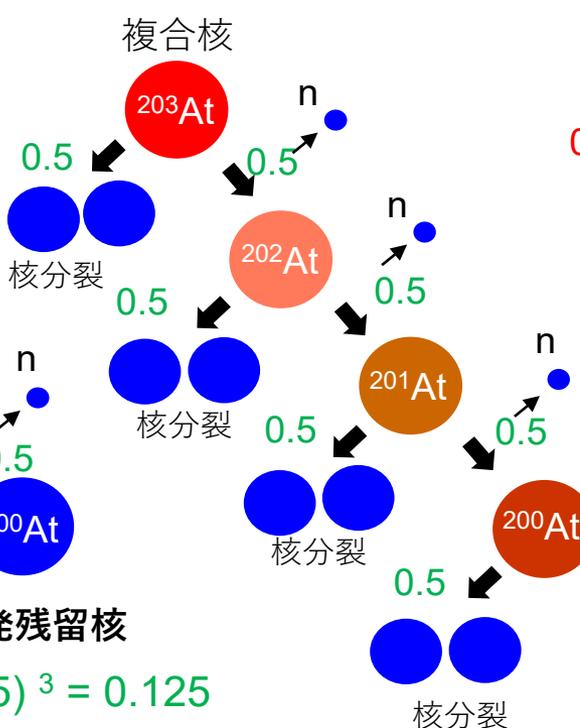
【ビームエネルギー 146MeV】

【ビームエネルギー 160MeV】

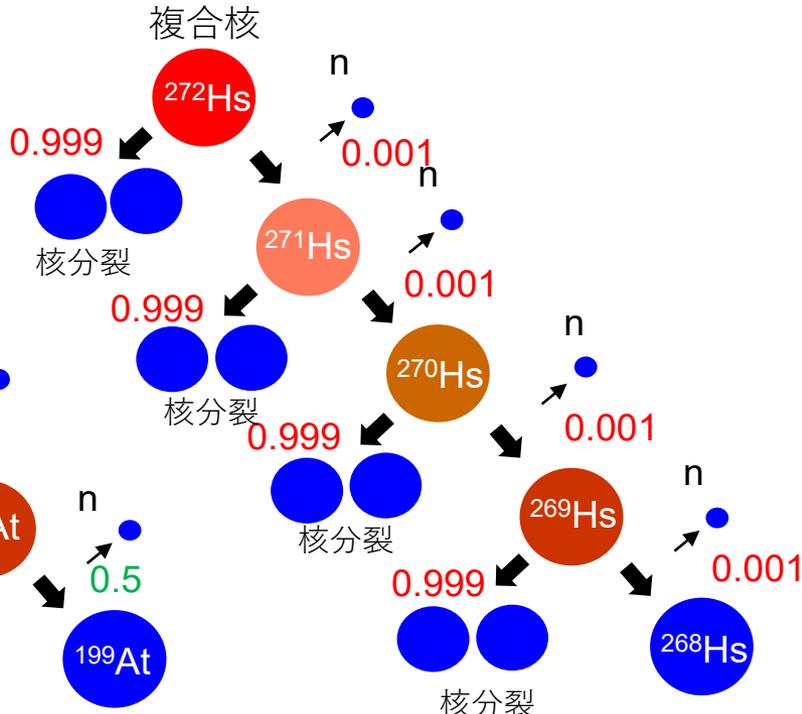
【超重元素 $^{268}\text{Hs}$ の場合】



蒸発残留核  
 $(0.5)^3 = 0.125$

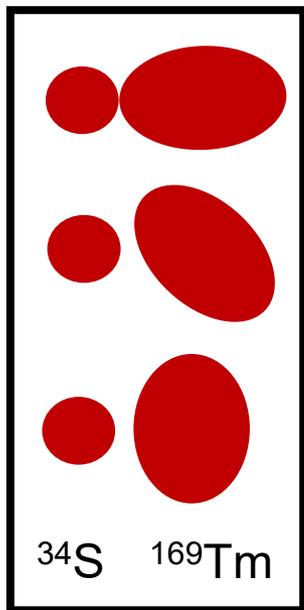


蒸発残留核  
 $(0.5)^4 = 0.0625$



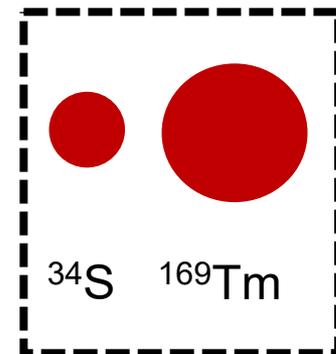
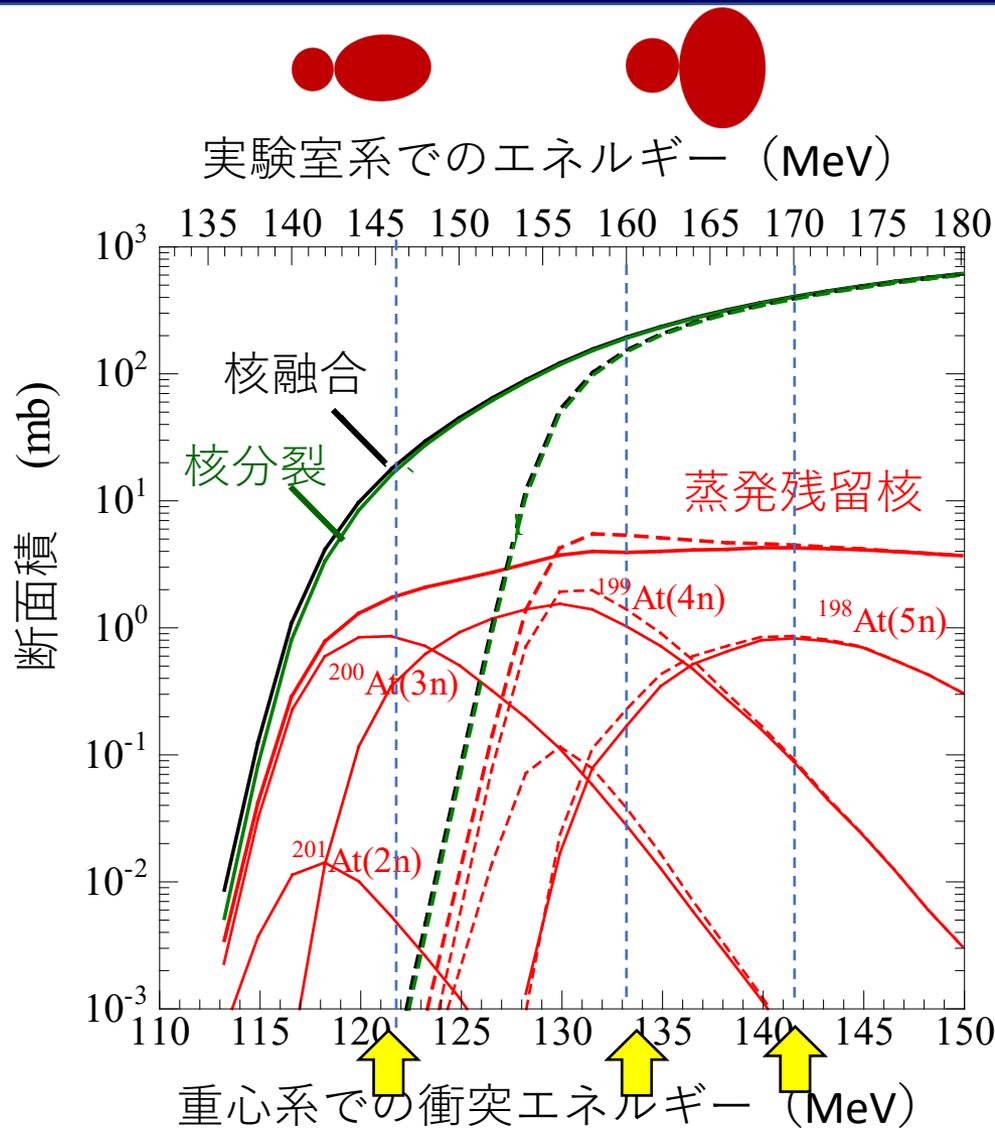
蒸発残留核  
 $(0.001)^4 = 1 \times 10^{-12}$

# アスタチン蒸発残留核の生成断面積



**実線**

(原子核の変形を取り入れた計算で、正しい描像)



**破線**

(原子核の変形を取り入れない計算)

# Velocity Filter (Velocity Selector)

電場でかかる力

$$\vec{F}_E = q \vec{E}$$

磁場でかかる力

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$$

磁場を電場と交差するようにかけ、  
また力が反対方向に働くようにする。

$$F_E = q E$$

$$F_B = q v B$$

両方の力を釣り合わせて直進させる。 ( $F_E = F_B$ )

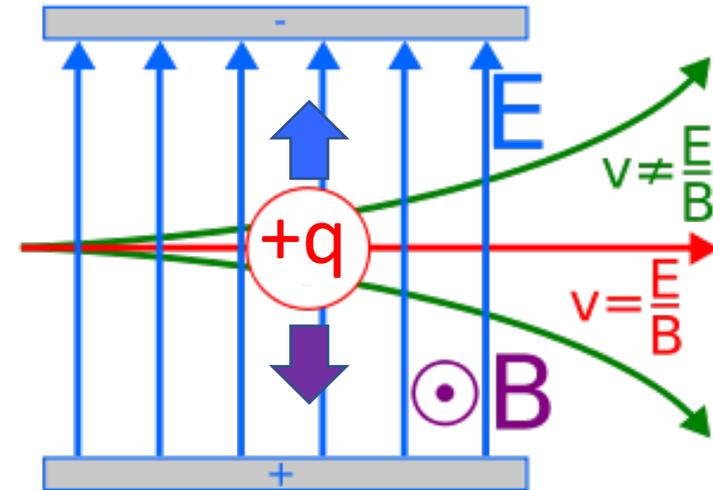
$$\frac{E}{B} = v$$

蒸発残留核(residue)を通す場合と、ビーム(beam)を通す場合は、それぞれ

$$\frac{E_{\text{residue}}}{B_{\text{residue}}} = v_{\text{residue}}$$

$$\frac{E_{\text{beam}}}{B_{\text{beam}}} = v_{\text{beam}}$$

$v_{\text{residue}} \neq v_{\text{beam}}$  なので両者は分離できる。



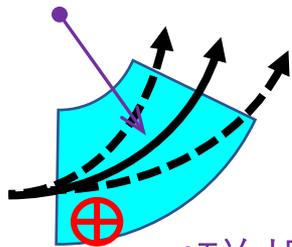
$$v_{\text{residue}} (^{199}\text{At}) = 0.50 \text{ cm/ns}$$

$$v_{\text{beam}} (^{34}\text{S}) = 3.01 \text{ cm/ns}$$

# イオンの磁場 $B$ と電場 $E$ での曲がりにくさ ( $B\rho$ と $E\rho$ )

$B\rho$ と $E\rho$ はイオン（質量数 $A$ , 運動エネルギー $\varepsilon$ , 電荷 $+q$ ）固有の値であり、それぞれ磁場と電場の中での曲がりにくさを表す。

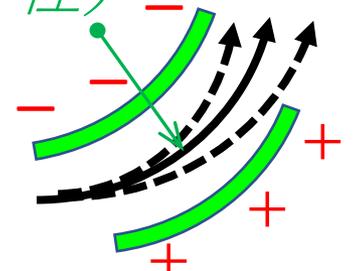
$P$ (曲率半径)



$$B\rho \propto \frac{\sqrt{A \cdot \varepsilon}}{q}$$

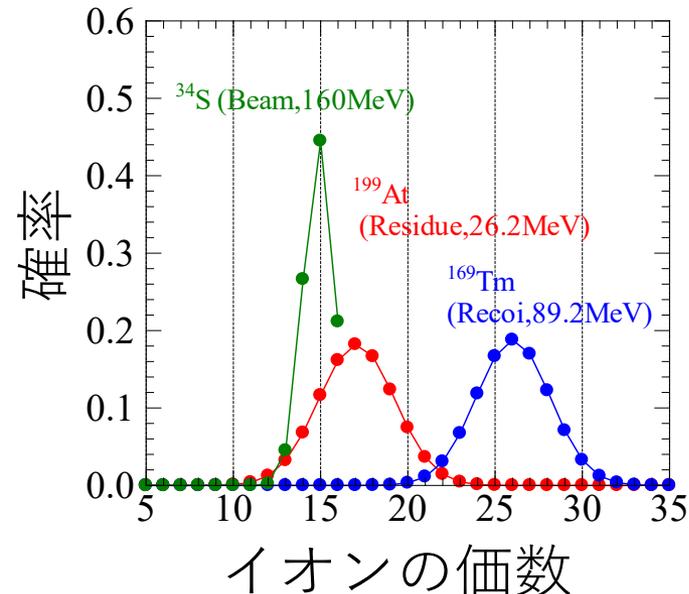
$B$ (磁場の強さ)

$\rho$  (曲率半径)



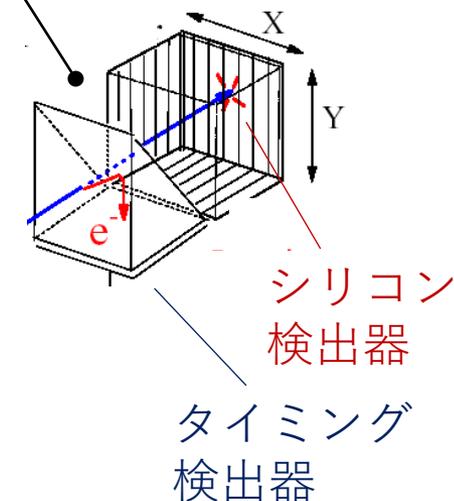
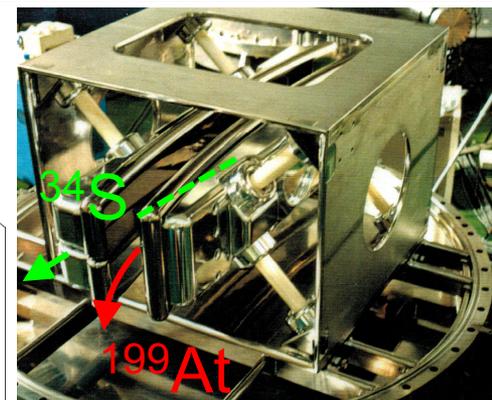
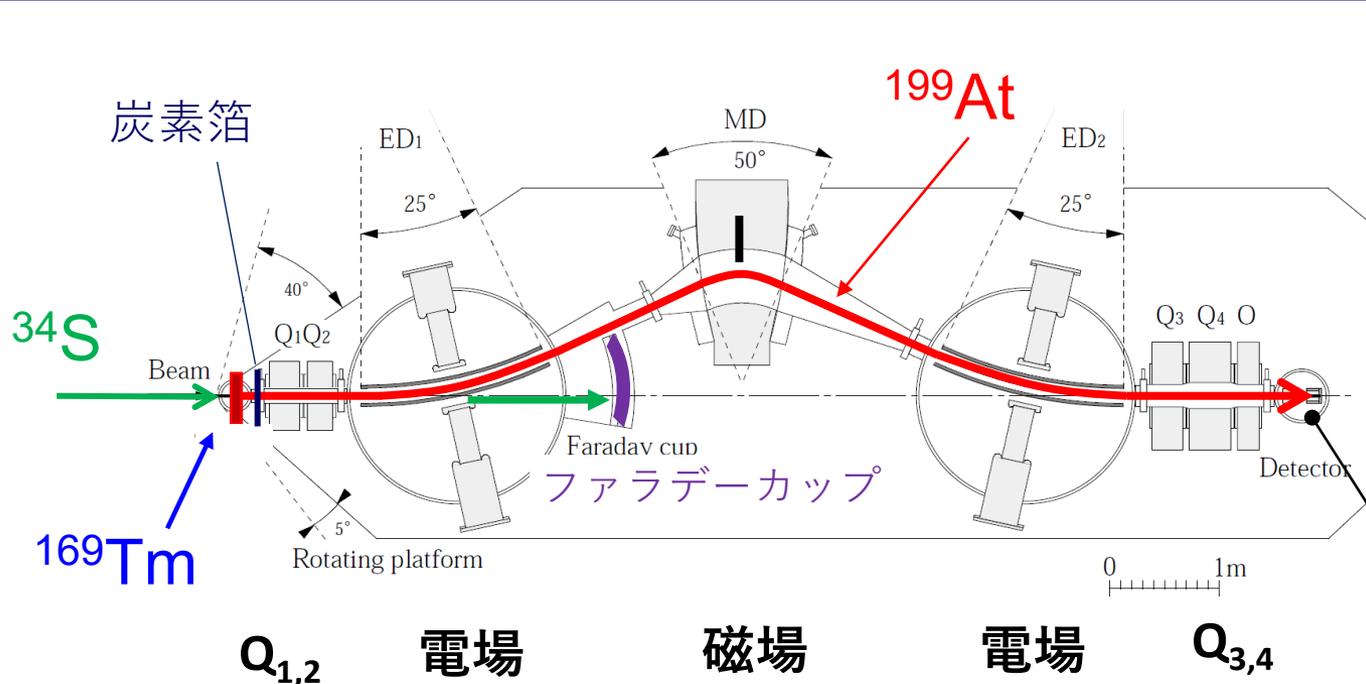
$$E\rho \propto \frac{2\varepsilon}{q}$$

$E$ (電場の強さ)



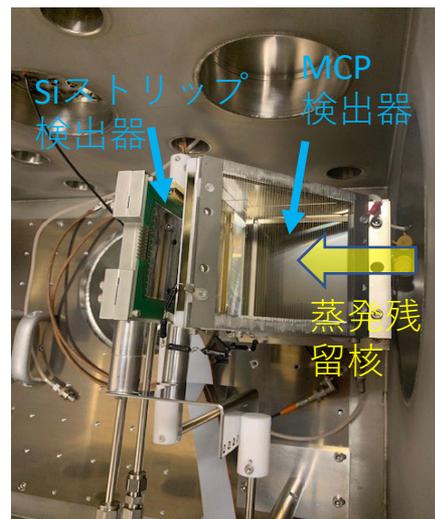
	$B\rho$ (Tm)	$E\rho$ (MV)	$E\rho/B\rho$ (任意)
S-34 (15 <sup>+</sup> , 160MeV)	0.7088	21.33	30.09
At-199 (17 <sup>+</sup> , 26.2MeV)	0.6110	3.08	5.04
Tm-169 (26 <sup>+</sup> , 89.2MeV)	0.6800	6.86	10.09

# 反跳生成核分離装置 (JAEA-RMS)

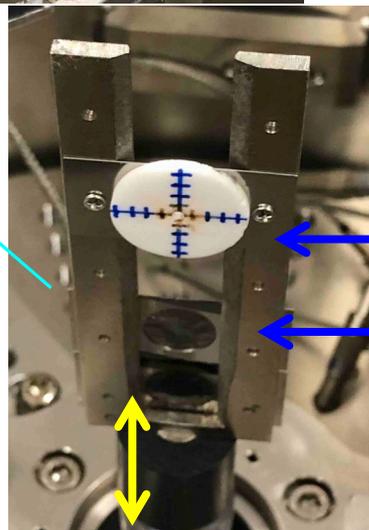
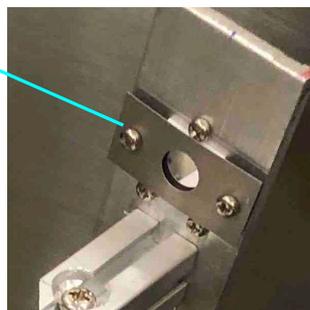
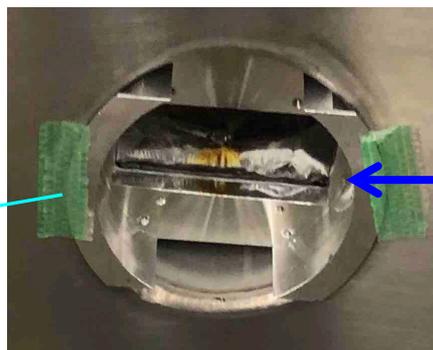
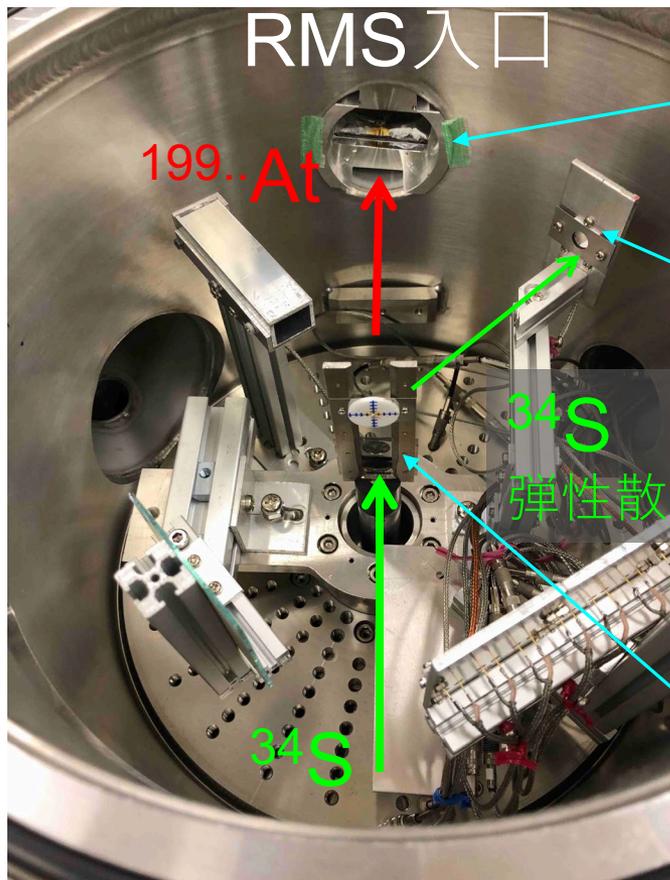


運動エネルギーのアクセプタンス  
= 設定値の ± 1.2 %

質量数のアクセプタンス  
= 設定値の ± 4 %

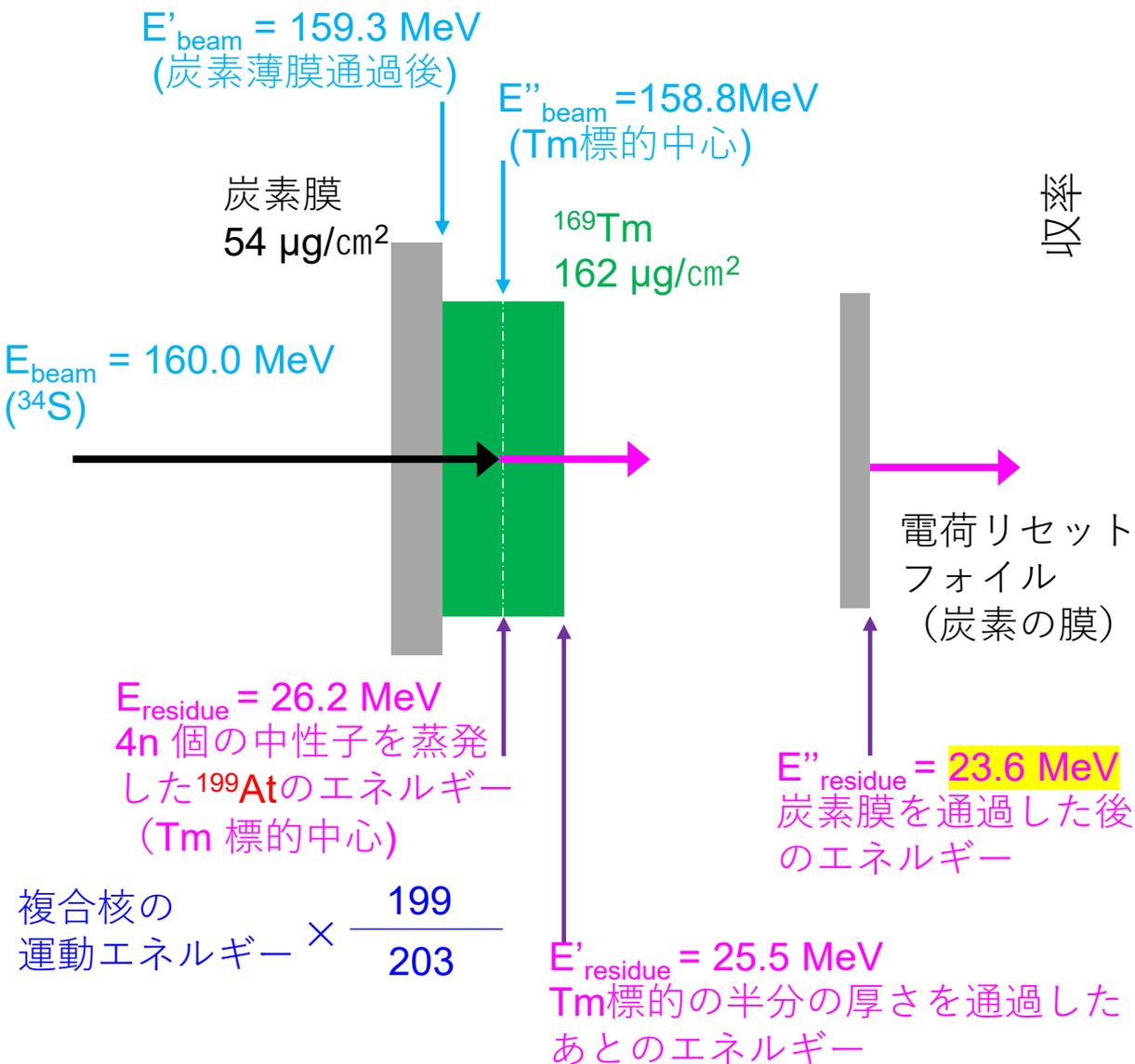


# 標的散乱槽 ( $^{169}\text{Tm}$ 薄膜標的など)

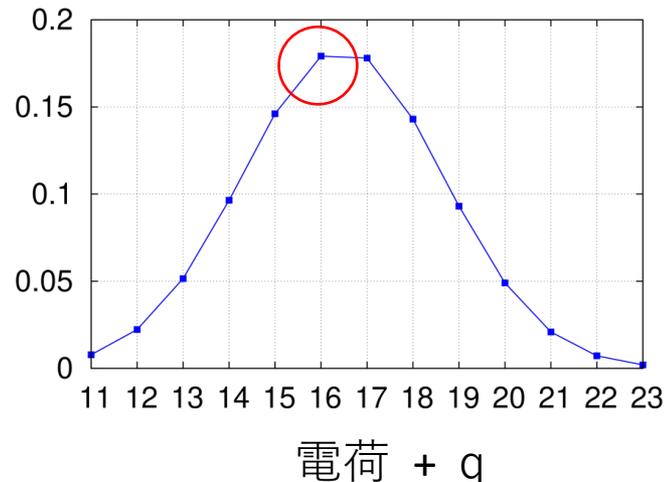


# RMSの電場・磁場のセッティング

蒸発残留核の質量数 A, 運動エネルギー E, 電荷 +q を決める



$^{199}\text{At}$  (23.6012 MeV) Shima Calculation

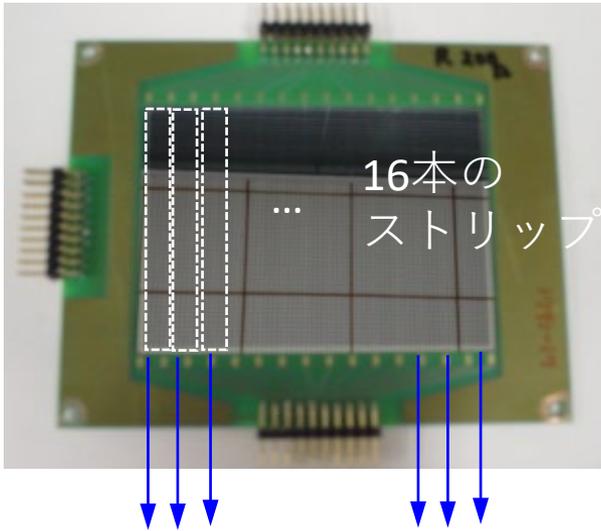


$$B\rho \propto \frac{\sqrt{A \cdot E}}{q}$$

$$E\rho \propto \frac{2E}{q}$$

# α崩壊を観測する検出器

## シリコン (Si) ストリップ検出器



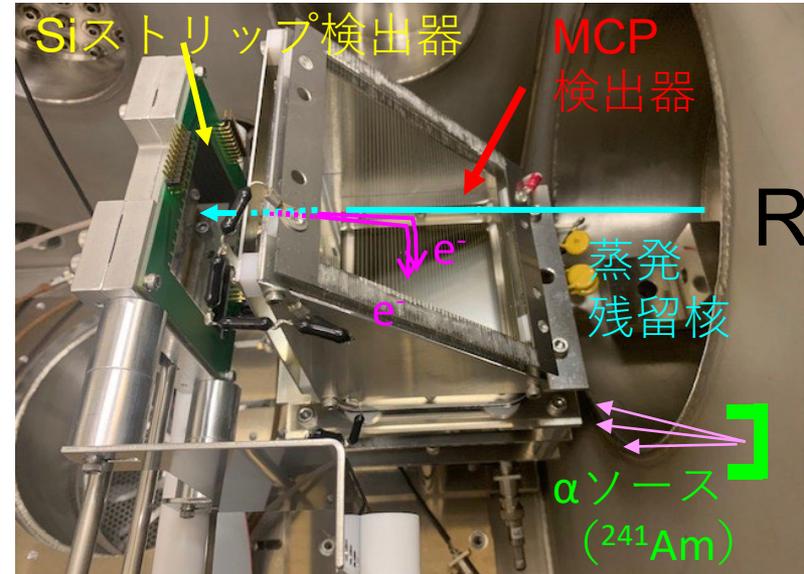
16本のストリップからそれぞれ信号を出す。

Si断面図



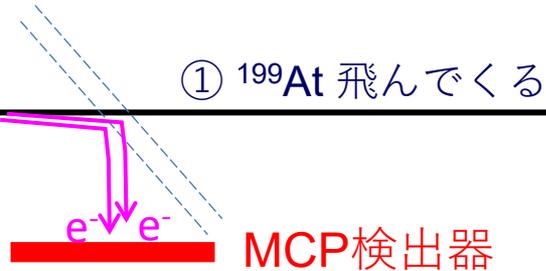
③ α崩壊の観測  
(寿命 $\tau$ ののち)  
~60%が全エネルギー吸収

②インプラント



薄膜  
0.5 $\mu\text{m}$ マイラー箔  
金50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ を蒸着

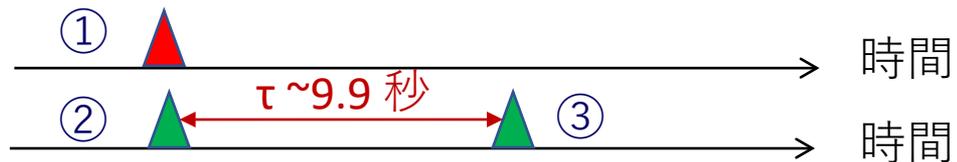
①  $^{199}\text{At}$  飛んでくる



MCP検出器

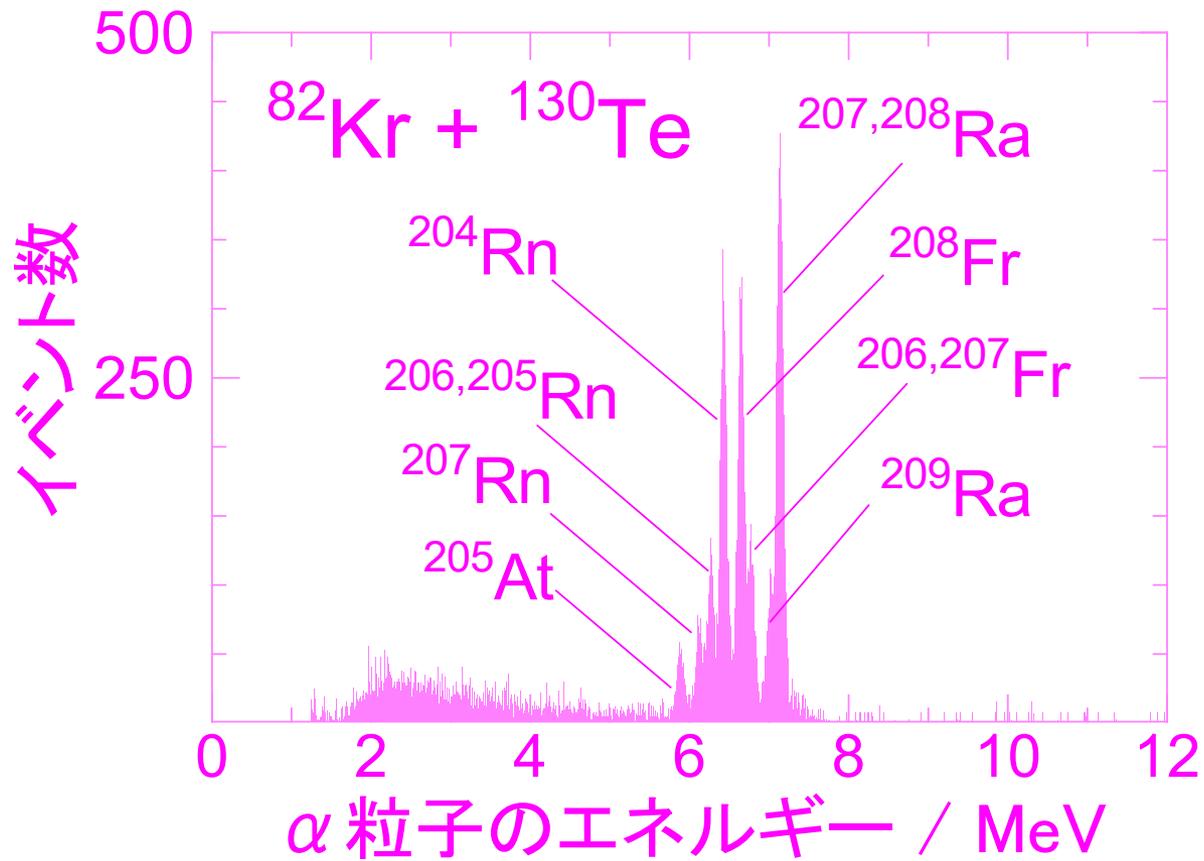
MCP検出器

Siストリップ検出器

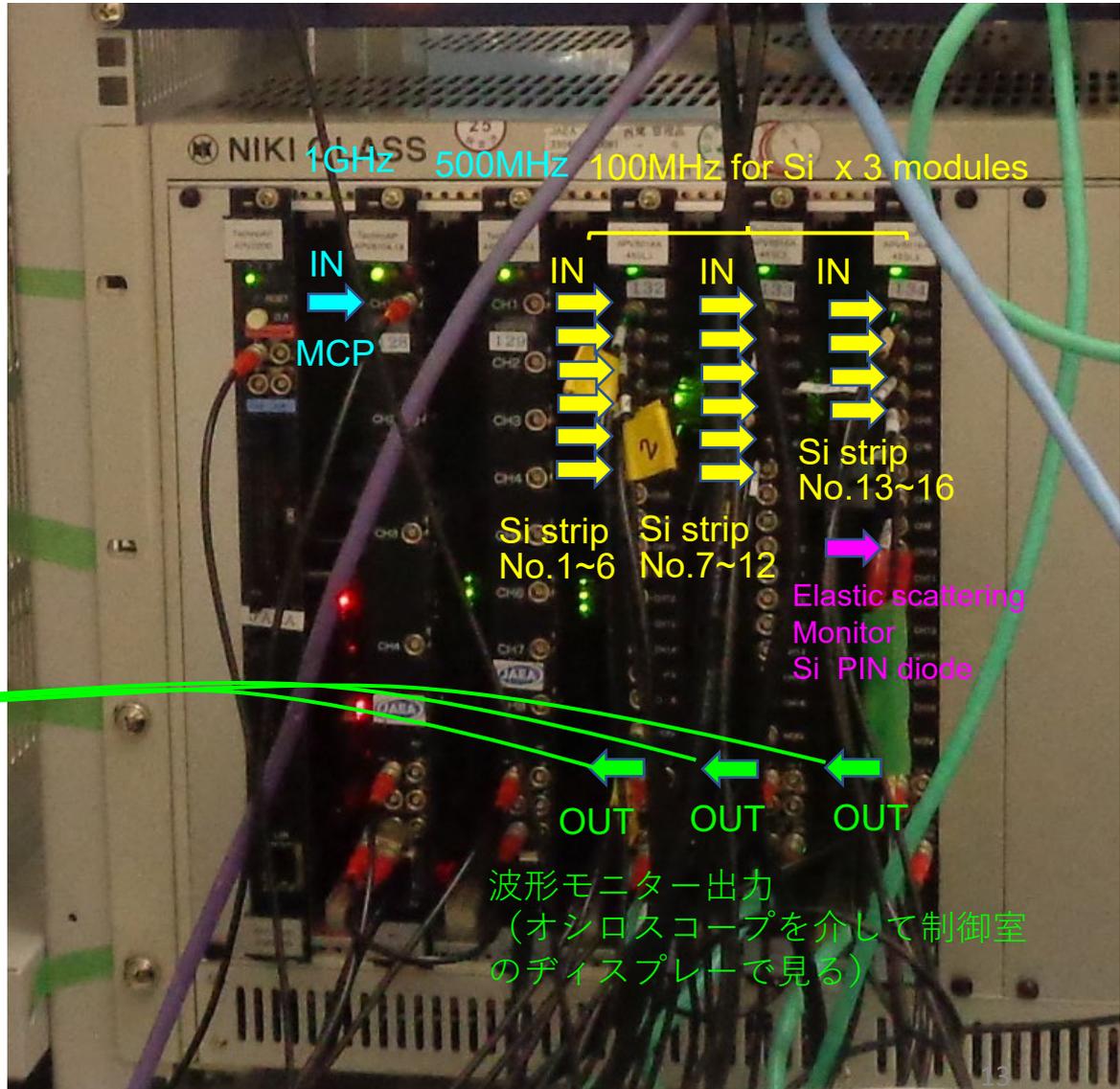
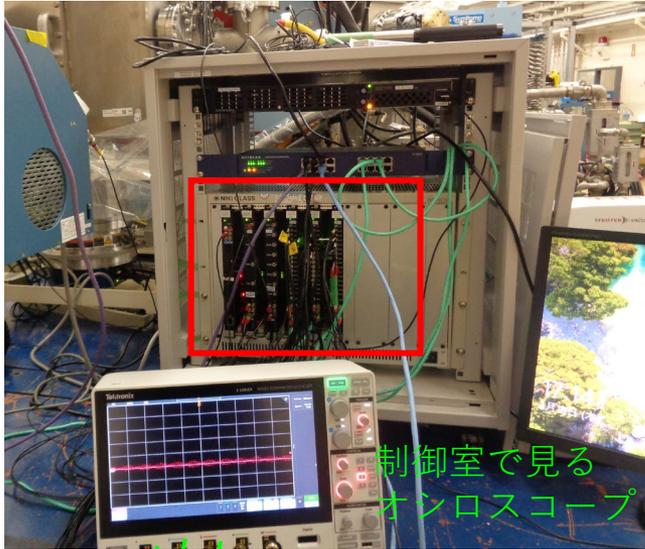


RMS

# $\alpha$ 線のエネルギースペクトル（測定例）



# デジタルデータ処理



# 蒸発過程で陽子が出ることもある

