

短半減期核分裂生成物¹⁵⁷Ndの崩壊γ線の同定

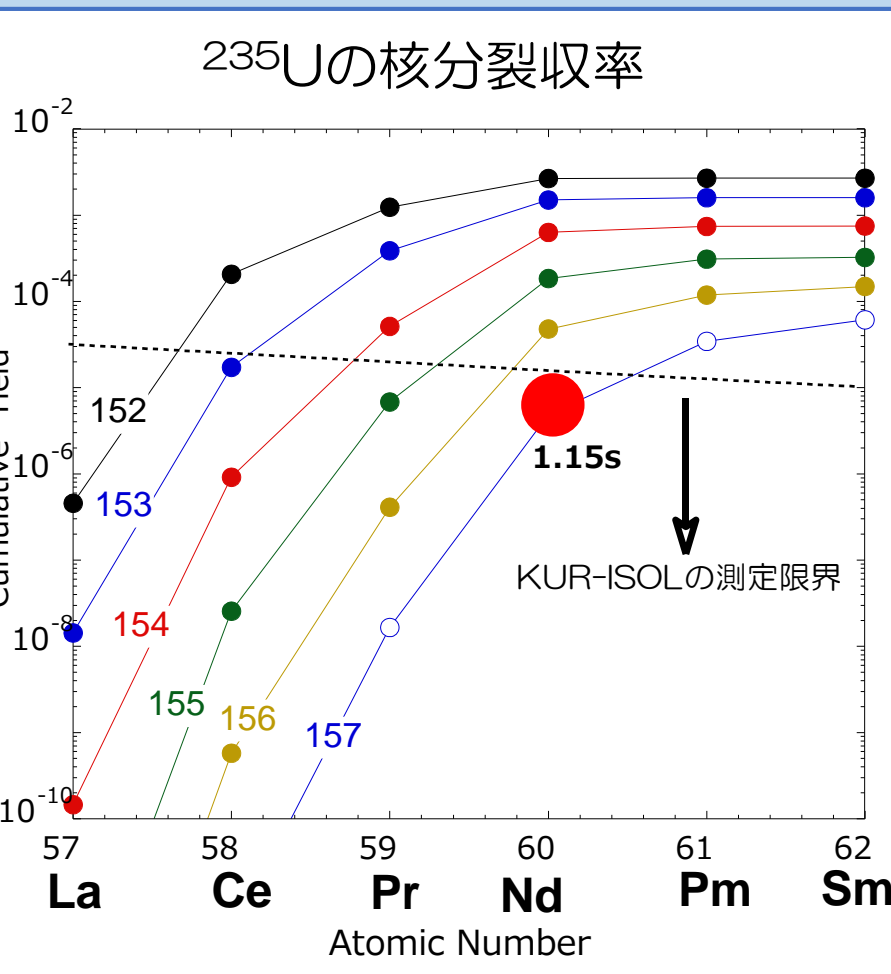
Identification of β-delayed γ-rays of a short-lived fission product ¹⁵⁷Nd

榊原 祥馬¹⁾, 久我拓海¹⁾, 宮澤達也¹⁾, 柴田理尋²⁾, 谷口秋洋³⁾
 名大院工¹⁾, 名大RIセンター²⁾, 京大複合原科研³⁾

はじめに

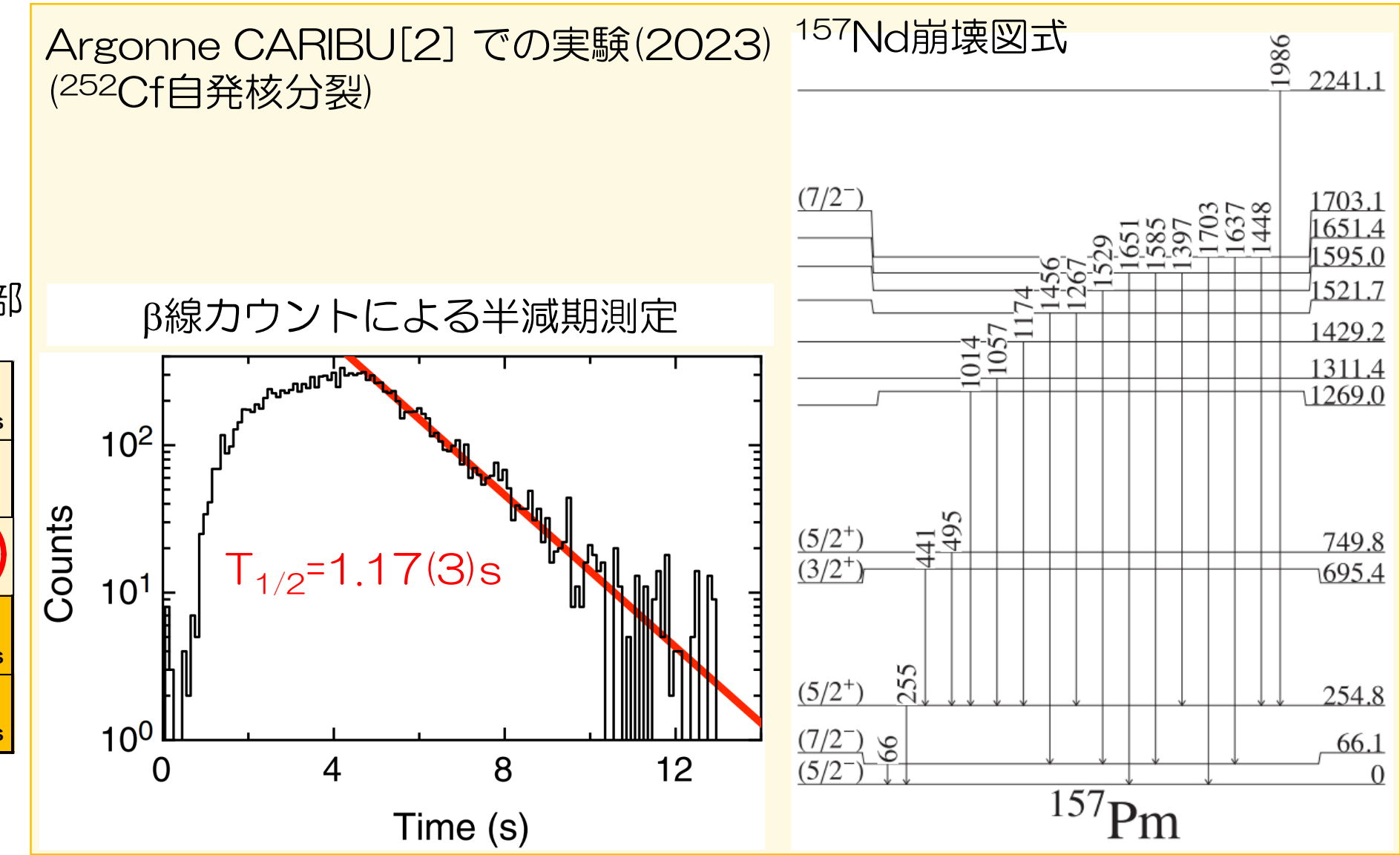
目的
 β-γ同時計数測定による、オンライン同位体分離装置を用いて¹⁵⁷Ndの崩壊γ線と¹⁵⁷PmのX線から半減期を導出すること

- ²³⁵Uの核分裂生成物の崩壊図式情報は、原子工学と原子核物理学の両方にとって重要
- 崩壊γ線・特性X線の時間分布（崩壊曲線）による半減期解析
- KUR-ISOLでは過去に¹⁵²Ce(1.42s), ¹⁵⁴Pr(2.29s), ¹⁵⁵Nd(8.9s), ¹⁵⁶Pm(26.7s), ¹⁵⁰La(0.86s)を同定
- ビーム照射とβ線の時間差による半減期: 1.15s (Wu et al[1] @RIBF)
- γ線と同時計数するβ線の時間分布による半減期 (1.17s) と崩壊図式 (Hartley et al.[2] @CARIBU Argonne)



質量数150近傍の核図表の一部

¹⁵⁴ Sm	¹⁵⁵ Sm	¹⁵⁶ Sm	¹⁵⁷ Sm	¹⁵⁸ Sm	¹⁵⁹ Sm
22.75m	22.3m	9.4h	8.03m	5.30m	11.37s
¹⁵³ Pm	¹⁵⁴ Pm	¹⁵⁵ Pm	¹⁵⁶ Pm	¹⁵⁷ Pm	¹⁵⁸ Pm
5.25m	2.68m	41.5s	16.70m	10.56s	4.8s
¹⁵² Nd	¹⁵³ Nd	¹⁵⁴ Nd	¹⁵⁵ Nd	¹⁵⁶ Nd	¹⁵⁷ Nd
11.4m	31.6s	25.9s	8.9s	5.2s	1.15s
¹⁵¹ Pr	¹⁵² Pr	¹⁵³ Pr	¹⁵⁴ Pr	¹⁵⁵ Pr	¹⁵⁶ Pr
18.90s	3.57s	4.68s	2.29s	1.47s	444ms
¹⁵⁰ Ce	¹⁵¹ Ce	¹⁵² Ce	¹⁵³ Ce	¹⁵⁴ Ce	¹⁵⁵ Ce
4.0s	1.71s	1.42s	865ms	722ms	313ms



実験

京都大学研究用原子炉附置オンライン同位体分離装置(KUR-ISOL)

① 93%濃縮UF₄(72mg) φ_n=3×10¹²[n/cm²/s] (@5MW)

② ガスジェット He-N₂

③ イオン源

④ 質量分析電磁石

⑤ 捕集・測定

実際の写真

測定系種: ¹⁵⁷Nd (T_{1/2}=1.15s) 測定時間: 13h(1MW)+7h(5MW)
 テープサイクル: 捕集(3s)-テープ送り(1s程度)-測定(3s)
 遮蔽: 鉛10cm+ホウ素入りポリエチレン
 データ収集系: テクノAP社製APV8008, APV8016 (タイムスタンプのリストモード)
 他の質量数が混ざっていないことを確認するためにA=155, 156の測定

検出器

崩壊γ線同定の条件
 ① γ線・X線の半減期 ② β-γの同時計数 ③ X-γの同時計数 ④ β-Xの同時計数

貴通孔型clover 検出効率

貴通孔型 clover

- 直径80mm×長さ90mm
- 4台HPGe
- 立体角98%
- 貴通孔直径15mm

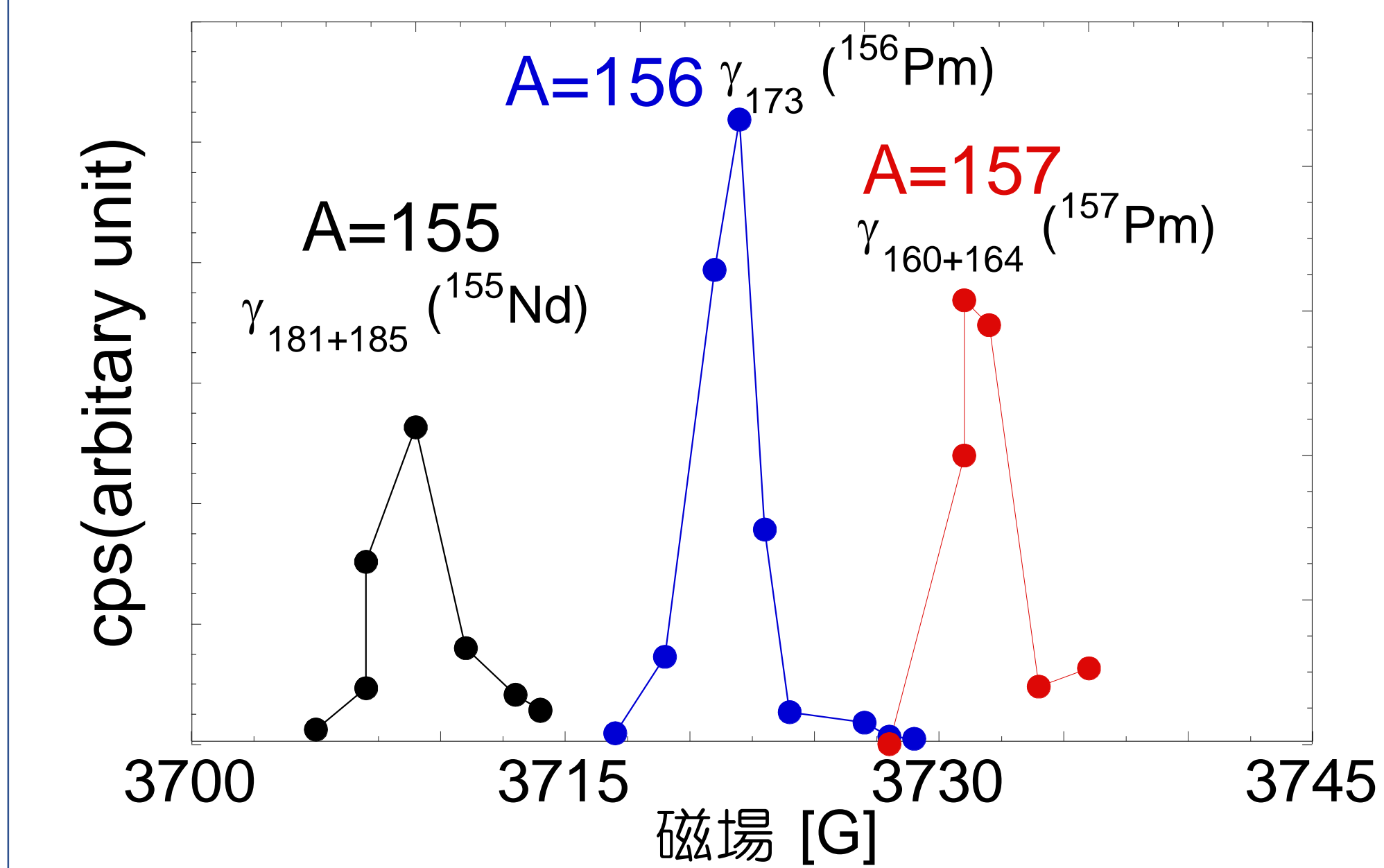
β線検出器

- シンチレータ (長さ105mm×幅12.55mm×厚さ1mm)
- 半径7.3mmの半円柱
- β線のみ感度があるようにシンチレータ、反射材遮光材の厚さを調整

解析・結果

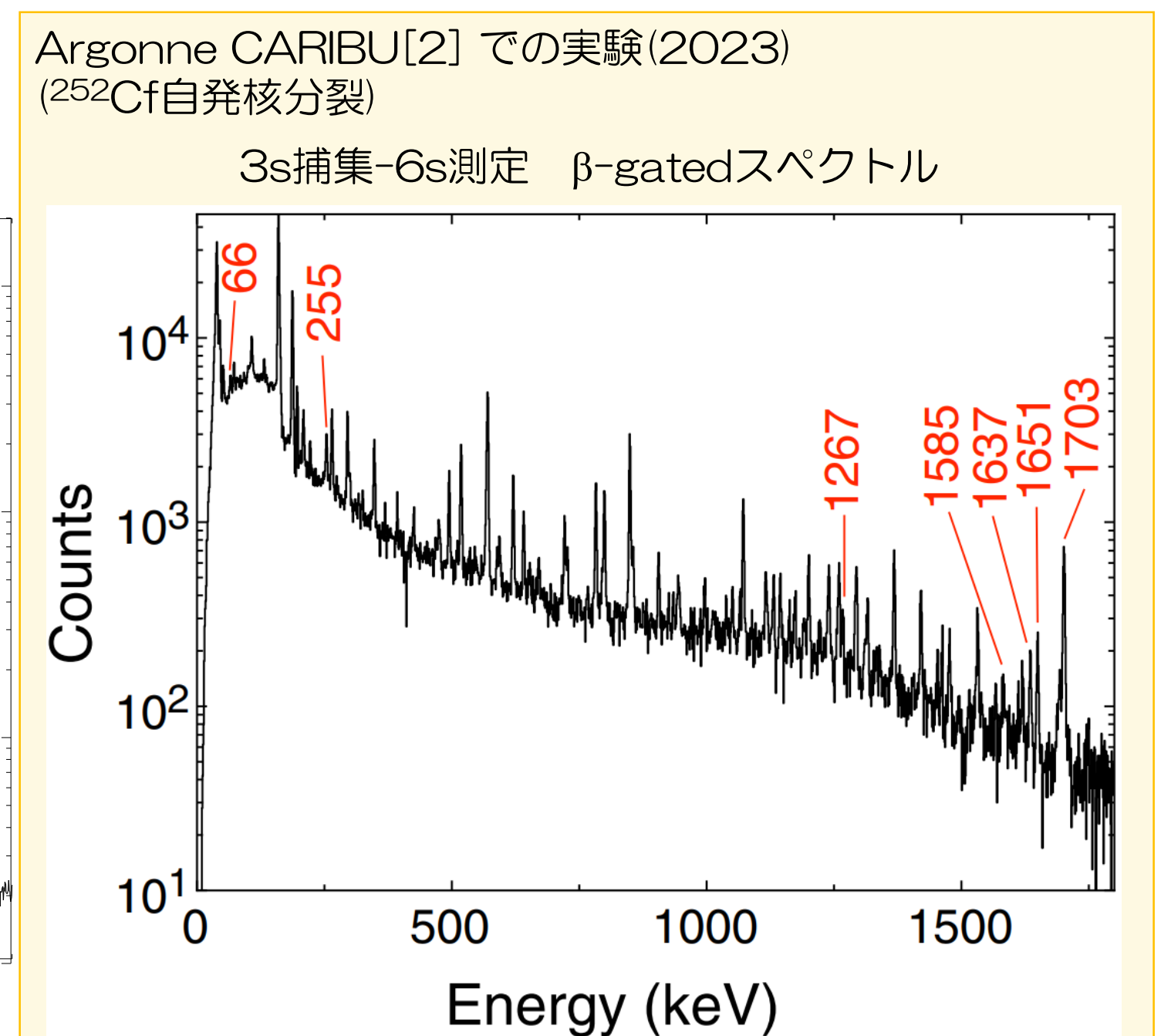
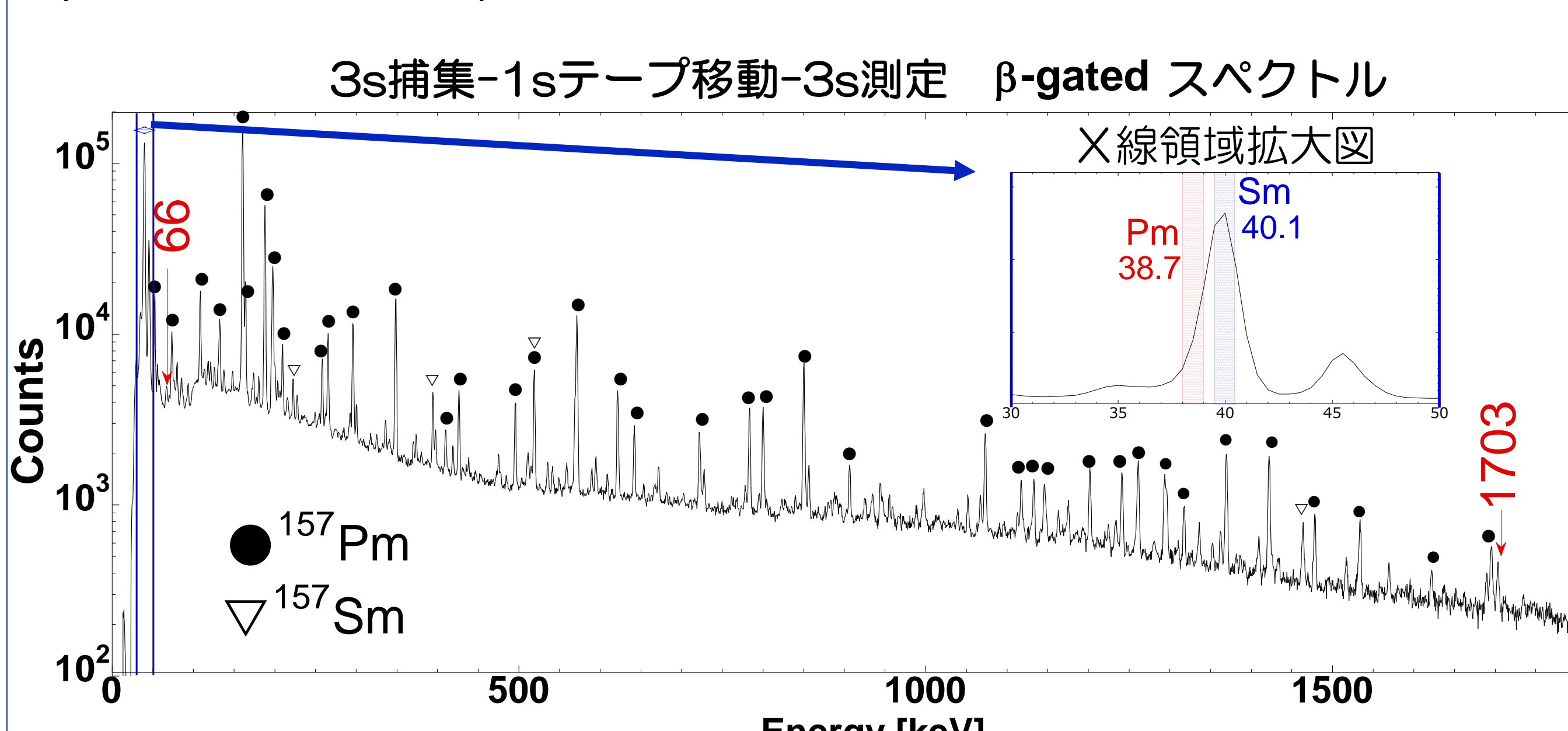
質量分離の確認

• A=155, 156の測定から質量数が混ざっていないことを確認

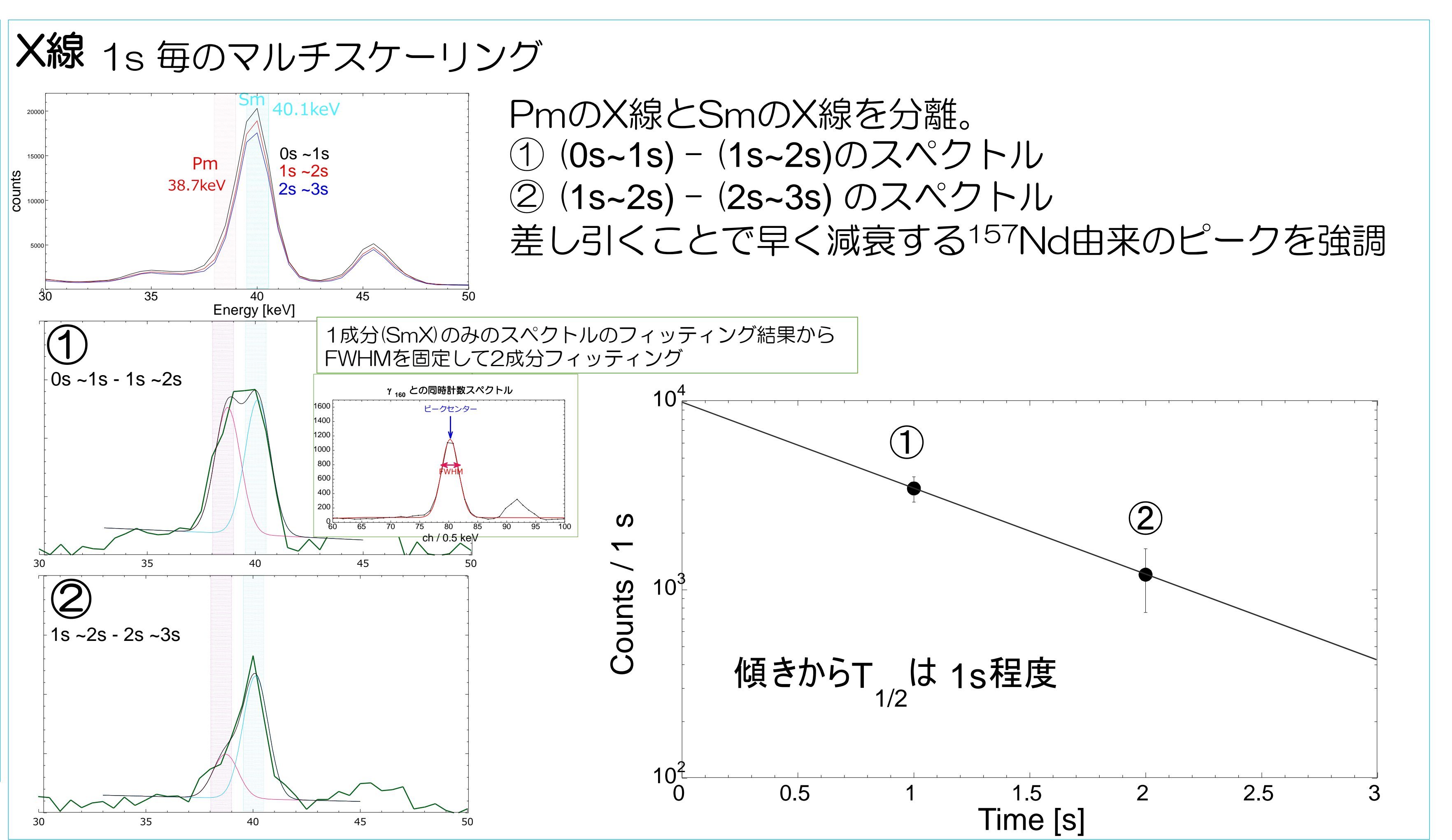
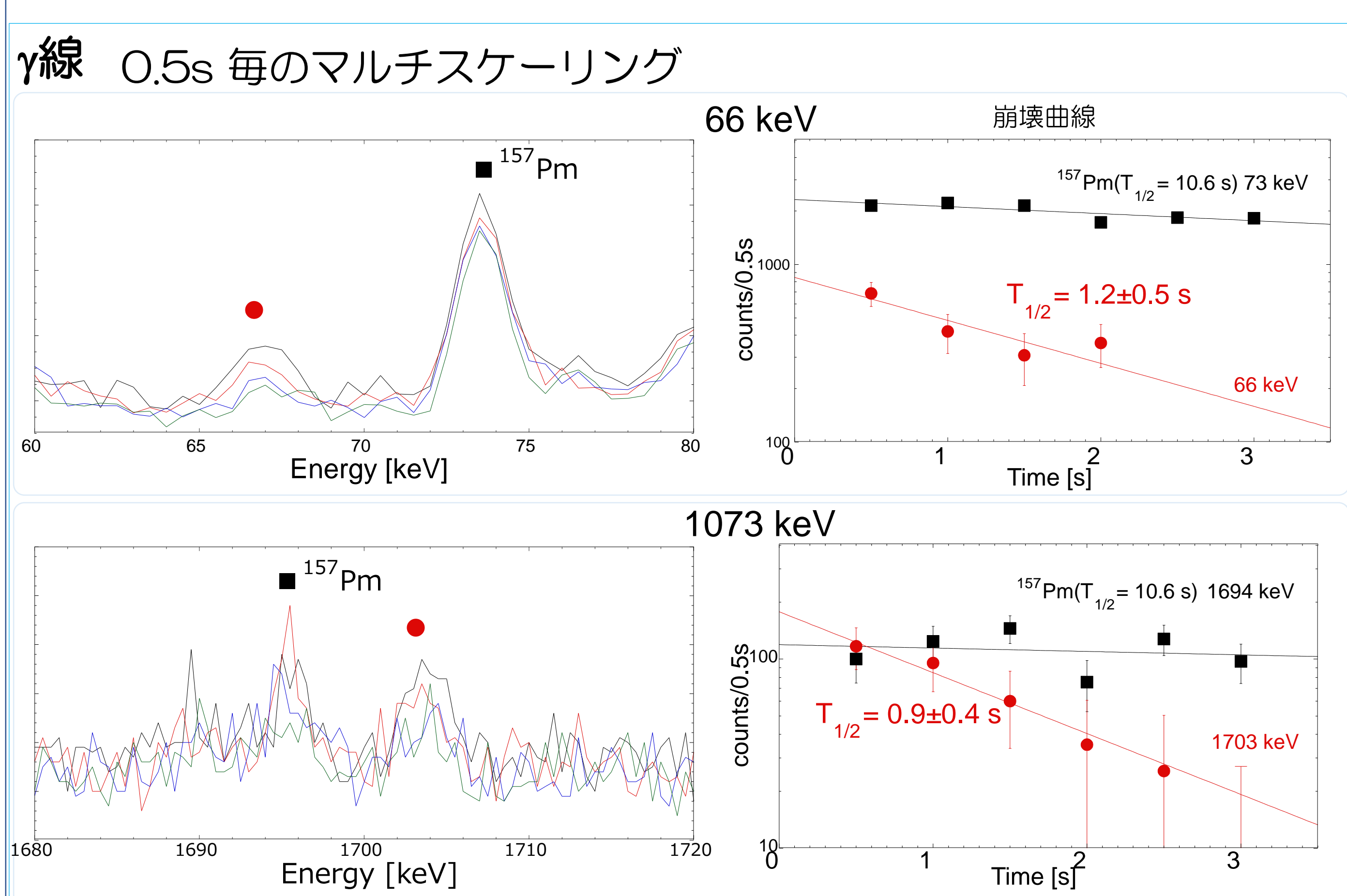


質量分離の確認

• β線の信号基準にし、β線と同時計数(13μs以内)するスペクトルを作成



半減期の決定 Spectrum Multi Scaring: 3s測定のタイムスタンプ式リストモードのデータを時間毎に分割



まとめ

- 最新[2] (2023@CARIBU)に報告されているもののうちγ₆₆とγ₁₇₀₃の2本のγ線を確認
- 2本のγ線の崩壊曲線から半減期をそれぞれ 1.1 ± 0.5 s と決定 ([2]を支持する結果)
- 特性X線がγ線と同様に減衰していることを確認

今後

- 5MW29h(今回の実験の2倍以上)の実験により、アサインできなかったγ線の確認とγ線、X線による崩壊曲線の統計精度の向上
- ¹⁵³Ce(0.863 s)の崩壊γ線の同定とγ線による半減期の決定
- ¹⁵⁵Prの再実験