



3.3.8 新核種 ^{237}Cm の同定と ^{238}Cm の α 崩壊

IDENTIFICATION OF THE NEW ISOTOPE ^{237}Cm and α DECAY OF ^{238}Cm

浅井雅人,¹ 阪間 稔,^{1,2} 塚田和明,¹ 市川進一,¹ 羽場宏光,¹ 西中一郎,¹ 永目諭一郎,¹
 後藤真一,^{1,3} 小島康明,⁴ 大浦泰嗣,² 中原弘道,² 柴田理尋,⁵ 河出 清⁵
 原研先端基礎セ,¹ 都立大院理,² 新潟大院自然,³ 広島大工,⁴ 名大院工⁵
 M. ASAI,¹ M. SAKAMA,^{1,2} K. TSUKADA,¹ S. ICHIKAWA,¹ I. NISHINAKA,¹
 Y. NAGAME,¹ S. GOTO,^{1,3} Y. KOJIMA,⁴ Y. OURA,² H. NAKAHARA,²
 M. SHIBATA,⁵ K. KAWADE⁵

¹Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Research Institute

²Department of Chemistry, Tokyo Metropolitan University

³Department of Chemistry, Niigata University

⁴Applied Nuclear Physics, Faculty of Engineering, Hiroshima University

⁵Department of Energy Engineering and Science, Nagoya University

1. はじめに

中性子欠損領域の Cm 同位体は 1950 年代に $^{238}, ^{239}\text{Cm}$ が同定されたあと実験的研究が行われていない。これら 2 核種は $^{239}\text{Pu}(\alpha, \text{xn})$ 反応によって合成され、Cm 同位体を化学分離することで観測されている [1]。半減期は proportional counter を用いて EC 崩壊に伴う X 線等を観測することで ^{238}Cm : 2.4(1) h, ^{239}Cm : 2.9 h と決定されており、 ^{238}Cm に関しては 6.52(5) MeV の α 線も観測されている。 ^{237}Cm は半減期が 5 分程度、 α 崩壊分岐比が数%程度と予想され、化学分離を用いた方法では比較的観測が難しく、これまで同定されたことはない。

本研究ではオンライン同位体分離装置 (ISOL) を用いて核反応で合成された Am, Cm 等の短寿命核を迅速に質量分離することで、中性子欠損アクチノイド核の研究を可能にした。新核種 ^{237}Cm を初めて同定し、 ^{238}Cm の α 崩壊の再測定を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験

$^{237}, ^{238}\text{Cm}$ は $^{237}\text{Np}(^6\text{Li}, \text{xn})$ 反応で合成した。21 枚の ^{237}Np ターゲット (1 枚当たり約 100 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) に ^6Li ビームを照射し、ターゲットから反跳脱出した生成核を PbI_2 をクラスターとしたヘリウムガスジェット搬送法によって ISOL イオン源まで導き、イオン化、質量分離した [2]。 ^{237}Cm に関しては、質量分離されたイオンを Si 検出器に直接打ち込み、 α 線を測定した。 ^{238}Cm に関しては、直接 Si 検出器に打ち込む他に、テープ装置と 7 台の Si 検出器を用いた測定も行った。質量分離されたイオンを一定時間テープに捕集した後一定距離テープを送るというサイクルを繰り返し、7 台の Si 検出器で順々に α 線を測定し時間減衰を観測した。 ^{237}Cm についても同様の測定を行ったが、統計が少なく半減期を決定することはできなかった。

3. 結果及び考察

Fig. 1 に質量数 237 及び 238 で観測された α 線スペクトルを示す。質量数 237 では 3 本の α 線ピークが観測された。6660(10) keV のピークを ^{237}Cm の α 線と同定した。6047(10) keV のピークは ^{237}Am の α 崩壊に起因するものであり、別に行った X 線測定でも ^{237}Am が強く

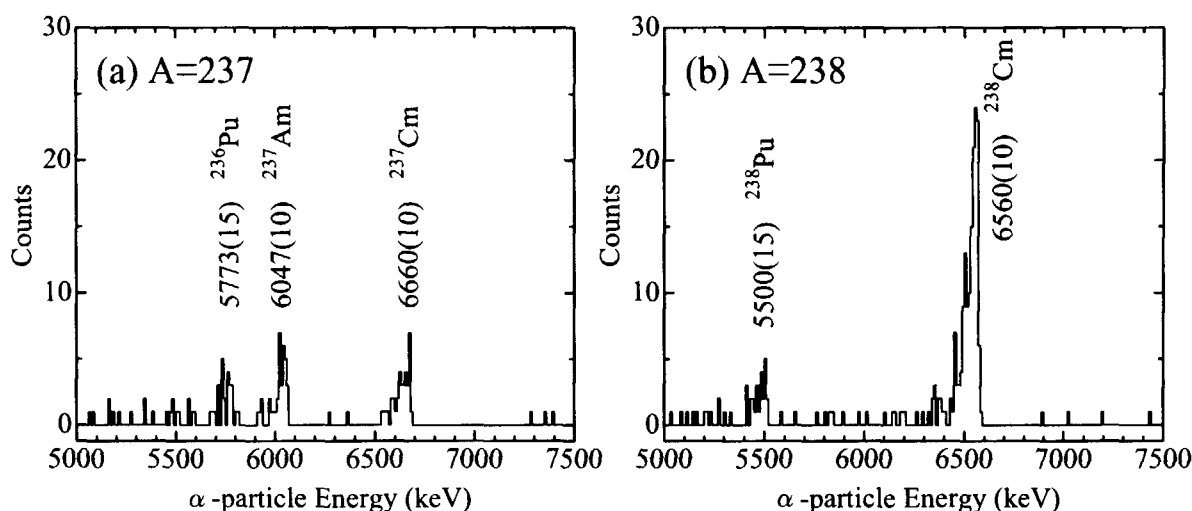


Fig. 1. α -particle spectra observed at (a) mass-237 and (b) mass-238 fraction.

観測された。5773 keV 付近のピークは ^{236}Pu の α 線と考えられる。本研究で使用した ISOL の質量分解能は $M/\Delta M = 850$ 程度であり、輸送効率を上げるためスリット幅を広めに設定しているため、隣の質量数の核種が僅かな量混入する可能性がある。 ^{236}Pu は核子移行反応によって合成される ^{236}Np の β^- 崩壊によって大量に生成し、また100% α 崩壊することから、わずかな量の混入でも質量数237の α 線スペクトルに現れると考えられる。確認のため質量数236, 238でも同様に α 線測定を行ったが、6660 keVには α 線は観測されなかった。よってこの α 線は確かに質量数237に起因する α 線と同定され、このエネルギーの α 線を放出する質量数237起源の他の核種が存在しないことから、 ^{237}Cm の α 線と同定された。

質量数238では6560(10) keVに強い α 線ピークが観測され、5500 keV付近にもピークが観測された。5500 keVピークは ^{238}Pu の α 線である。 ^{238}Am は5940 keVの α 線を放出するが、 α 崩壊分岐比が0.01%と小さいため観測されなかった。質量数239にも6560 keVの α 線を放出する核種は存在せず、よって6560 keVピークは ^{238}Cm の α 線と同定された。 ^{238}Cm の α 線エネルギーは過去に6.52(5) MeVと報告されており、今回の値と誤差の範囲内で一致するものの、40 keVも小さかったことが明らかになった。この α 線の崩壊曲線をFig. 2に示す。最小自乗フィッティングにより半減期2.2(4) hと決定された。文献値は2.4(1) hであり、誤差の範囲内で一致した。 α/EC 分岐比を決定するためX線の測定も行ったが、 ^{238}Am 及び ^{238}Np の崩壊に伴うPu KX線が強く、強度の弱いAm KX線のピークを確認することはできなかった。

Nilsson軌道の系統性から推測すると、観測された ^{237}Cm の α 線は ^{233}Pu の基底状態にごく近い準位への遷移と考えられる。仮にこの準位のエネルギーを0 keVとすると、 ^{237}Cm の Q_α 値は6774(10) keVとなる。Audi等[3]が質量の系統性から予測した値は6805(220) keVであり、励起準位のエネルギーを考えれば良く一致していると言える。

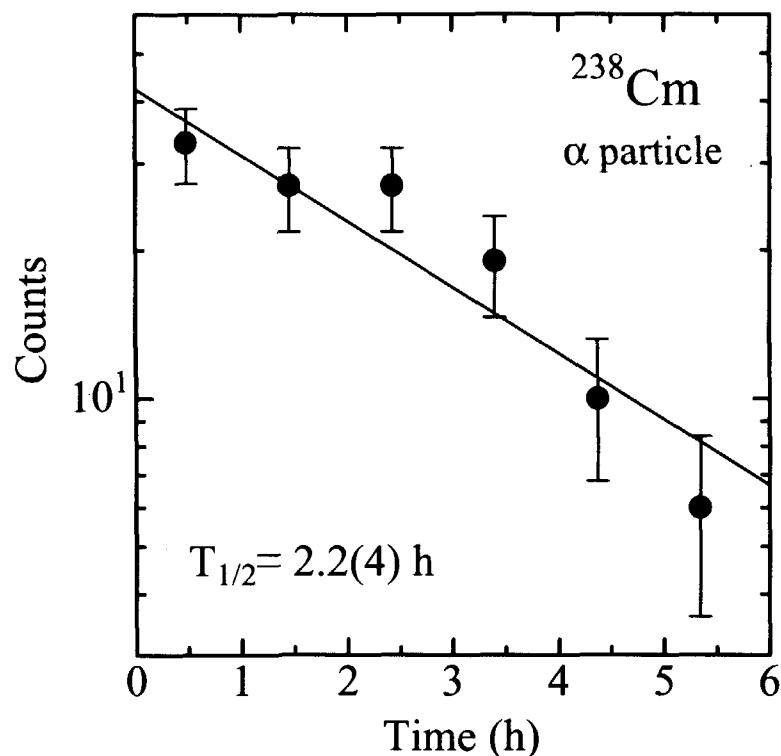


Fig. 2. Decay curve of 6560 keV α line originating from the α decay of ^{238}Cm .

4. まとめ

新核種 ^{237}Cm を初めて同定し、その α 線エネルギーを6660(10) keVと決定した。また ^{238}Cm の α 崩壊についても測定を行い、 α 線エネルギー6560(10) keV、半減期2.2(4) hと決定した。

References

- [1] G. H. Higgins, Ph. D. thesis, University of California, UCRL 1796 (1952).
- [2] K. Tsukada, S. Ichikawa, Y. Hatsukawa, I. Nishinaka, K. Hata, Y. Nagame, Y. Oura, T. Ohyama, K. Sueki, H. Nakahara, M. Asai, Y. Kojima, T. Hirose, H. Yamamoto, and K. Kawade, Phys. Rev. C **57**, 2057 (1998).
- [3] G. Audi, O. Bersillon, J. Blachot, and A. H. Wapstra, Nucl. Phys. A **624**, 1 (1997).