

長寿命核 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の半減期測定

Measurement of the Half-Life of the Long-Lived Isomer $^{180\text{m}}\text{Ta}$

大阪大学核物理研究センター 梅原 さおり



原子核素粒子研究は、原子核が素粒子からどのように成り立っているか、素粒子の性質はどのようなものか、を研究することで、宇宙の物質の起源などを探ろうとする研究である。調べられる性質には様々なものがあり、原子核崩壊の半減期もその一つである。たとえば、とても稀な原子核崩壊事象である二重ベータ崩壊の半減期を測定することで、物質優勢宇宙の謎の鍵を調べる[1]、という研究も進められている。本研究で測定を目指しているタンタル $^{180\text{m}}\text{Ta}$ も、稀な原子核崩壊事象の一つである。

$^{180\text{m}}\text{Ta}$ は、天然に存在する唯一の核異性体である。励起状態が基底状態よりもはるかに安定であり、励起状態の半減期がもっとも長い原子核でもある。この特徴ある原子核 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の崩壊は、いまだかつて観測されたことはないが、その特徴ゆえに、1. 禁制遷移の半減期、2. 暗黒物質探索、3. 恒星内元素合成過程で説明できない存在比、などさまざまな観点から研究対象となっている。

この $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の崩壊は、これまでにさまざまな放射線検出器を用いて測定が試みられているが、まだ観測されておらず、与えられている半減期の下限値は、 4.5×10^{16} 年と非常に長い[2][3]。したがって、半減期測定には、極低バックグラウンドの放射線検出器を必要とする。本研究では、低バックグラウンドゲルマニウム半導体検出器を開発し、その検出器システムを用いて、 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の半減期測定を行なう。この対象となる $^{180\text{m}}\text{Ta}$ のベータ崩壊は、 ^{180}Hf や ^{180}W の励起状態 ($6+$) に遷移し、低エネルギーのガンマ線 (332, 215, 93 keV、もしくは、351, 234, 104 keV) を放出して基底状態へ脱励起する。それぞれの崩壊で放出される 3 本のガンマ線をゲルマニウム検出器で観測することで、 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ のベータ崩壊事象を同定することができる。この際に用いるタンタル試料は、できるだけ大量であることが望ましい。一方、試料の厚みが大きすぎると測定感度は良くならない。これは、厚いタンタル試料を作成すると、観測するガンマ線が 400 keV 以下と低いため、物質に吸収されやすく、タンタル試料自身によってガンマ線が吸収されてしまうことによる。本研究では、ゲルマニウム検出器の周囲に約 2mm 厚になるようにタンタル試料 (総重量 848.1g) を設置し、半減期測定をすることとした。また、放出される低エネルギーガンマ線観測によって $^{180\text{m}}\text{Ta}$ の半減期を測定するためには、ゲルマニウム検出器の低エネルギーガンマ線に対する検出効率の評価が重要である。本研究では、検出効率の評価を行い、そのうえで、 $^{180\text{m}}\text{Ta}$ 半減期測定を行った。本発表ではその結果について報告する。

【キーワード】 原子核素粒子実験、長寿命核、半減期測定、放射線測定、低放射能

【参考文献】

- 1] 梅原さおり、吉田斉、日本物理学会誌 2022 年 77 巻 8 号 p.514-522、
https://www.jstage.jst.go.jp/article/butsuri/77/8/77_514/_article/-char/ja/
- 2] M. Hult et al., Appl. Radiat. Isot., 67, 918921, 2009.
- 3] B. Lehnert, M. Hult, G. Lutter, and K. Zuber, preprint arXiv:1609.03725, 2016.