

# 修士論文

論文題名

$^{18}\text{N}$  の $\beta$ 遅発中性子崩壊実験における高精度半減期測定

平成31年 2月 4日

専攻名 物理学専攻

氏名 飯村 俊

大阪大学大学院理学研究科

## 0 概要

身の回りに存在する原子核は安定で壊れない原子核であるが、中性子や陽子の数が安定核のもつ数から増えたり減ったりすると、原子核は崩壊する。その一つとして $\beta$ 崩壊がよく知られており、安定核近傍では長い半減期を持つが、陽子や中性子数のバランスが大きく異なると半減期は数秒、数ミリ秒、短くなる。安定核から遠く離れた中性子過剰核や陽子過剰核は、加速器や測定器の発達により、やっと生成できるようになったものが多く、原子核の重要な物理量である半減期を測定できるようになりつつある。中性子過剰領域の原子核は宇宙での元素合成の重元素を合成する r 過程（中性子捕獲と $\beta$ 崩壊の競合により重元素を合成する過程）の通り道にあたり、 $\beta$ 崩壊の半減期の情報はとても重要な課題である。

今回、将来の中性子過剰核（2次ビーム）の半減期測定を目標として、 $\beta$ 崩壊後に中性子を放出する原子核で半減期の高精度測定手法の確立を目指した。大阪大学核物理研究センターで2次ビームとして生成可能で、かつ、 $\beta$ 遅発中性子崩壊をする $^{18}\text{N}$ に注目し、その半減期測定手法確立のために実験を行った。

目的達成のために、まず、（1）高純度（約 100%） $^{18}\text{N}$  ビーム生成を目指し、（2）統計誤差を可能な限り小さくするために、パルス化したビームの照射時間（ON： $^{18}\text{N}$  ビーム生成）とビーム停止時間（OFF：半減期測定）の最適化を行い、（3） $^{18}\text{N}$  崩壊時の数秒で2桁も大きく変動する計数率による dead-time（データの数え落とし）に対応するために、外部クロックを用いて dead-time を1イベント毎に測定する回路を構築した。

実験は大阪大学核物理研究センターの2次ビームラインである、EN コースを用いて行った。 $^{18}\text{O}$  ビーム(9.4 MeV/u)を $^9\text{Be}$  ターゲットと反応させ、直接反応で $^9\text{Be}(^{18}\text{O}, ^{18}\text{N})^9\text{B}$ により、 $^{18}\text{N}$ を生成した。最終的に5.5MeV/uで純度92%の $^{18}\text{N}$ を最下流の測定位置に設置したAuの薄膜まで輸送し、 $\beta$ 崩壊の半減期測定を行った。半減期はパルスビームのONになった時間をゼロとし、 $\beta$ 線がプラスチックシンチレータで検出されるまでの絶対時間を測定し、崩壊曲線を求めることで行った。

半減期を求める際、dead-time 補正し、 $^{18}\text{N}$  以外に混じってきた $^{17}\text{N}$  や $^{16}\text{C}$ の成分(8%以下)やバックグラウンドの測定値を考慮し、半減期を求めた結果、全データで613(1)msを得た。これは先行研究の中で最も高精度だった619(2)msと比べて、誤差0.3%から0.15%への約2倍高精度である。実験データを詳細に解析すると、データ収集系のトリガー数( $\beta$ 線検出器)の総数がゆらいていることが分かった。そこから、ビームのふらつきやビーム純度のふらつきなどを実験的に見積もった。これらの問題を解決する方法について議論した。