

β 崩壊後に放出される中性子を測定して
原子核の構造を調べよう

大阪大学理学部物理学科川畑研究室 4 回生

大上能弘、大谷優里花

概要

原子核は陽子と中性子からなる量子多体系であり、陽子と中性子のそれぞれの数の組み合わせによって様々な性質を示す。特に陽子数や中性子数が魔法数と呼ばれる 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126, …の周辺である原子核は、それ以外の原子核に比べて比較的安定であることが知られている。しかし、中性子数 20 の魔法数の周辺（中性子数が 20, 21, 22）にある Mg, Na, Ne 核では、この性質が失われていることが実験的に見付き、この質量領域は、逆転の島 (island of inversion) と呼ばれ、理論でも研究されてきた。これらの核の基底状態の形は球形ではなく、変形していることが分かっている。また、逆転の島のすぐ隣に位置する中性子数 20, 21 の Al 核では基底状態が球形ではあるが、球形から変形への遷移領域の原子核である。そこで今回我々は、境界領域に位置する中性子数が 20 の ^{33}Al の励起状態を実験により調べることで、 ^{33}Al の構造をさらに明らかにする。

今回は ^{33}Mg の β 崩壊実験を行なった。 ^{33}Mg は β 崩壊後、 ^{33}Al の基底状態、または励起状態に崩壊する。この励起状態に崩壊すると γ 線を放出して脱励起することを繰り返して基底状態となる。これらの γ 線を測定し、同時解析の手法を用いることで、 ^{33}Al の励起状態を調べる。また、 ^{33}Al は安定核に比べ中性子数が多い中性子過剰核であるため中性子分離エネルギーが小さく (5.5 MeV)、 β 崩壊による Q 値も大きいため (13.5 MeV)、中性子非束縛状態の領域が広い (8.0 MeV)。つまり、この中性子非束縛状態にある励起状態に β 崩壊すると、 γ 線を放出して脱励起せず、すぐに中性子を放出して (β 遅発中性子放出) ^{32}Al の基底状態、または励起状態を生成することになる。そのため中性子非束縛状態の励起状態を調査するためには、この β 遅発中性子のエネルギーも正確に測る必要がある。中性子は γ 線や荷電粒子と違い直接的に正確なエネルギーを測ることは難しく、今回は飛行時間と距離からエネルギーを求める TOF 法 (Time Of Flight 法) を用いた。

実験はカナダの TRIUMF で行った。検出器は、 γ 線検出用に 8 台の Ge 検出器、 β 線用に Ge 検出器の前に置いた 8 台の小型プラスチックシンチレータ、中性子 (0.4-3.0 MeV) 用に 6 台の中型と 2 台の大型プラスチックシンチレータを使用し、 γ 線、 β 線、中性子の同時計測を行なった。

各検出器のエネルギーと時間の較正を行なった。次に、 γ - γ 同時計測データを作成し γ 線のカスケード関係を調べた。また、TOF 法を用いた中性子のエネルギー解析も行なった。

結果として、 γ - γ 同時計測データ解析によって、先行研究で報告されている γ 線の確認ができ、TOF 法を用いた中性子のエネルギー解析によって、 β 遅発中性子の新たなエネルギーピーク発見した。