

論文審査の結果の要旨

氏名 徐 正宇

本論文は 6 章と二つの付録からなる。本文は本研究の動機 (第 1 章)、実験装置 (第 2 章)、データ解析 (第 3 章)、実験結果 (第 4 章)、議論 (第 5 章)、本研究のまとめと展望 (第 6 章) で構成され、データ解析の詳細情報は付録として添付されている。

第 1 章では中性子過剰核領域での陽子魔法数 28 の構造変化や二重魔法数原子核である ^{78}Ni での中性子魔法数 50 の良好な閉殻性が最近の研究から見いだされている事を示し、単一粒子軌道や有効相互作用の変化を明らかにするために、さらなる中性子過剰な未踏領域での系統的研究の重要性を指摘している。未知核を含む崩壊核分光実験では、その生成量の少なさから観測できる物理量は限られたものとなるが、本研究では ^{78}Ni 近傍の極端に中性子過剰な短寿命核の半減期と β 崩壊遅発中性子の放出比決定を通じて、核構造の理解を深める事を目的とした。

未知核探索において国際的に最も有力な施設は理化学研究所の入射核破砕片分離装置(BIGRIPS)と零度分光器(ZDS)である。第 2 章では BIGRIPS+ZDS 下流に設置した 40mmx60mm の両面ストリップ型シリコン検出器(DSSSD)16 層で構成されたシリコン検出器アレイ(WAS3ABi)、その周囲に設置したクラスター化した 7 台の高純度 Ge 検出器 12 クラスターからなる高効率 γ 線測定器(EURICA)等の説明を行っている。BIGRIPS 上流のサイクロトロン加速器群から得られる 345A MeV, 5pnA の ^{238}U ビームは、 ^9Be 標的との入射核破砕反応によって大量の高速短寿命核を発生する。これらの核種は BIGRIPS 上流で一次ビームから分離され、下流での磁気剛性率($B\rho$) および飛行時間(TOF)情報および ZDS 終端に設置したガス検出器(MUSIC)からのエネルギー損失情報を使って核種の同定が行われる。得られた質量数/電荷比及び原子番号の分解能はそれぞれ 0.06%, 0.5%で、核種同定に十分な精度であった。ZDS で選別された測定対象核種は WAS3ABi 内で停止するよう、直上流のエネルギーデグレーダーで飛程が調節される。

第 3 章では検出器の校正と得られたデータ解析の手法が説明されている。EURICA のエネルギー及び検出効率校正は ^{152}Eu , ^{133}Ba 線源を各 DSSSD 位置に置いて行い、DSSSD のエネルギー校正には ^{60}Co 線源からの γ 線のコンプトン散乱を用いた。WAS3ABi からは短寿命核の打込みシグナルとともにビーム(z-)方向に配置した DSSSD の番号、それに垂直な xy-面における位置情報が 1mm 精度で得られる。崩壊に伴う β 線の情報も WAS3ABi で取得され、遅発 γ 線情報は EURICA から得られる。

WAS3ABi に捉えられた 13 種類の未知核を含む 38 核種には、イベントごとに質量数/電荷比、原子番号、打込み位置とエネルギー情報のタグがついている。そこで個別核種イベントについて打込み後の β 線や γ 線検出の時間スペクトルが構成された。

第 4 章での半減期解析では、遅発 γ 線と同時計測された β 線時間スペクトルによる半減期導出法(A)と、娘・孫核などの既知あるいは模型予測による崩壊様式データを元に β 線時間スペクトル単独で導出する方法(B)が試みられた。遅発中性子放出比は打込み核種の数および崩壊後の原子核数の比から求める。6 個の新たな測定値を含む 10 核種について中性子放出比が得られた。結果は系統誤差の評価とともにまとめられている。方法 B による値は γ 線を同時計測できた場合の方法 A の値と良く一致しており、希少イベントで威力を発揮する方法 B の妥当性を示すことができた。

第 5 章ではこの領域での半減期の系統的振舞いから、 ^{78}Ni に二重魔法核の特徴が明確である事を示した。また $\pi f_{7/2}$ - $f_{5/2}$ 軌道間のエネルギーギャップに起因する Ni-Co 同位元素間の一桁程度異なる半減期の開きが、構成中性子数 46-50 の領域でも見られる事を明らかにした。さらに大局的あるいは微視的核模型を使って実験値との比較・検討を行い、模型ごとの特徴を評価した。遅発中性子放出比の振る舞いを全体的に再現する模型は見

いだけなかった。

実験は 36 名の共同研究者とともに行われたが、DSSSD アレイ(WAS3ABi)の整備・最適化、データ収集系の整備、オンライン解析環境の整備と実験の遂行、および本研究に関連するデータの解析と考察は申請者が中心となり進めたものと判断できる。未知核を含む ^{78}Ni 近傍の 38 核種の同定を行い、詳細な解析から半減期並びに遅発中性子放出比を導き、未踏領域での核構造に対する知見を逸早く得た点は、研究者としての能力の高さを示すものである。よって審査員全員が本論文を博士（理学）の学位請求論文として合格であると判定した。博士（理学）の学位を授与できると認める。

□