

# 論文審査の結果の要旨

氏名 鈴木 宏

本論文は、中性子過剰な Ti 同位体 ( $^{53, 54, 55, 56, 58}\text{Ti}$ ) の核構造をイン・ビーム  $\gamma$  線核分光の手法を用いて研究したものである。

本論文は7章からなる。第1章はイントロダクション、第2章は実験の概要と使用実験装置の説明、第3章は実験装置の内、特に2次標的での反応生成同位体元素の同定に用いられたTOFスペクトロメータについての説明、第4章はデータ解析、第5章は実験結果、第6章は結果の考察と議論、第7章はまとめ、である。

中性子過剰な  $pf$ -殻領域の核は、構造がダイナミックに変化することが知られている。Cr、Ti、Ca 同位体においては、中性子数  $N=32$  で第一  $2^+$  励起エネルギー ( $E(2^+)$ ) が大きな値を持ち、閉殻性が強い。また、Cr 同位体においては、安定領域の原子核では魔法数である  $N=40$  の近傍で、第一  $2^+$  励起レベルが低く、魔法数性の消失、変形を示唆している。

本研究は、Ti 同位体に着目し、Cr 同位体の  $N=40$  の近傍で見られる閉殻性の消失と、中性子数  $N=32$  での閉殻性出現の系統性について新たな知見を得ようと意図した。

実験は、理化学研究所 RARF 加速器施設に於いて、入射核破砕片分離装置 (RIPS) を用いて行われた。核子あたり 63 MeV の一次ビーム  $^{70}\text{Zn}$  を一次標的  $^9\text{Be}$  に照射し、入射核破砕反応により目的の核を含む不安定核 (カクテルビーム) を生成した。目的の不安定核は RIPS を用いて、TOF -  $\Delta E$  -  $B\rho$  法により同定した。不安定核を液体水素二次標的に入射し、陽子非弾性散乱や中性子剥離反応により、目的の Ti 同位体の励起状態を生成し、脱励起により放出された  $\gamma$  線は、二次標的の周りに設置した DALI2 と呼ばれる NaI (Tl) 検出器群を用いて検出した。

二次標的からの放出粒子 (質量数  $A \sim 60$ ) の同定には、TOF スペクトロメータを使用した。超伝導三連四重極電磁石 (STQ) により二次標的で散乱し広がる粒子を収束させることで、大きな立体角を持ちながら後方の検出器の面積を小さく出来る特徴を持つ。また、双極磁石を用いない故に広い磁気剛性アクセプタンスを持ち、様々な反応 (陽子非弾性散乱、荷電交換反応、入射核破砕反応など) の同時測定が可能である。TOF 測定と  $\Delta E$ 、 $E$  測定により、 $Z \sim 22$  の粒子を  $5.3\sigma$  で分離でき、 $A \sim 55$  の粒子を  $3.0\sigma$  で分離できた。

Ti 同位体の偶偶核についての結果は以下のとおりである。 $^{58}\text{Ti}$  に新しい3本の  $\gamma$  線が見出された。そのエネルギーは  $1046 \pm 9(\text{sta}) \pm 6(\text{sys})$  keV、 $1376 \pm 16(\text{sta}) \pm 7(\text{sys})$  keV、

1835±20(sta)±18(sys) keV であった。1046keV の  $\gamma$  線は陽子非弾性散乱チャンネルにおいて強く観測されたので、 $^{58}\text{Ti}$  の第一  $2^+$  励起エネルギーと同定した。1376 keV と 1835 keV の  $\gamma$  線は、1046 keV の  $\gamma$  線とコインシデンスしているが、1376 keV のピークは 1046 keV のピークの次に強く観測されたので、2422 keV が第一  $4^+$  励起状態と推定される。

$^{54,56,58}\text{Ti}$  の第一  $2^+$  励起状態の生成断面積を測定し、DWBA 計算を用いて、これらの核の変形度  $\beta_{p,p'}$  を導出した。

$^{58}\text{Ti}$  の  $E(2^+)$ ,  $R_{4/2}(=E(4^+)/E(2^+))$ ,  $\beta_{p,p'}$  と既知の Ti 同位体との比較から、 $^{58}\text{Ti}$  の集団性は、 $^{56}\text{Ti}$  の集団性と同等程度であることがわかった。Cr 同位体では  $N=40$  にむかって  $E(2^+)$  が下がっているが、 $^{58}\text{Ti}$  ではその傾向は見られない。このことから、Cr 同位体で見られた顕著な変形は  $N \leq 36$  の Ti 同位体では見られないと結論できる。

Ti 同位体の奇核についての結果は以下のとおりである。 $^{53}\text{Ti}$  において、新しい  $\gamma$  線が見出され、そのエネルギーは  $1021 \pm 22(\text{sta}) \pm 6(\text{sys})$  keV であった。この励起状態は基底状態に直接脱励起することが示唆された。また、full  $pf$  殻計算である GXPF1A 計算との比較から、このエネルギーは中性子軌道  $\nu p_{3/2}$  と  $\nu p_{1/2}$  のエネルギー差に相当することが考えられる。

$^{55}\text{Ti}$  においても新しい  $\gamma$  線ピークを発見し、そのエネルギーは  $983 \pm 7(\text{sta}) \pm 5(\text{sys})$  keV であった。これは、 $3/2^-$  励起状態から  $2/1^-$  基底状態への遷移と考えられる。また、以前より知られていた 592keV の  $\gamma$  線が陽子非弾性散乱チャンネルで強く見られることから、E2 遷移によるものと同定した。励起状態のエネルギーが低いのは、 $^{54}\text{Ti}$  コアの励起によるものと、単独中性子の軌道準位の変化による励起が混ざっているためと考えられる。

$N=29, 31$  の Cr、Ti 同位体の低励起状態を比較した。これらの核の基底状態は  $3/2^-$  で、 $1/2^-$ ,  $5/2^-$  の低励起状態のエネルギーは、それぞれ、中性子軌道 ( $\nu p_{3/2}$  と  $\nu p_{1/2}$ )、及び ( $\nu p_{3/2}$  と  $\nu f_{5/2}$ ) のエネルギー準位の差と考えられる。Ti 同位体では、これらのエネルギー差が大きいことから、 $N=32$  に殻ギャップがあると考えられる。このことは、偶偶核の  $E(2^+)$  から示唆された  $N=32$  における閉殻性の挙動を支持する。

以上、本研究により得られた中性子過剰 Ti 同位元素の低励起状態についての結果は、中性子過剰  $pf$  殻原子核の系統性について新しい知見をもたらすものとして、高く評価できる。

なお、本論文の基になった実験データは複数名との共同実験研究により取得されたが、論文提出者は、実験の企画・遂行において中心的な役割を果たし、また、本論文に用いられているデータの解析、まとめ、考察は、本人が中心となって進めたものであり、論文提出者の寄与は十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。