

Title	Studies on the electromagnetic moments of proton drip line nuclei 9C and 13O
Author(s)	Tanigaki, Minoru
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3155062
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	谷 垣 実
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 1 4 2 2 1 号
学位授与年月日	平成 10 年 12 月 16 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科 物理学専攻
学位論文名	Studies on the electromagnetic moments of proton drip line nuclei ${}^9\text{C}$ and ${}^{13}\text{O}$ (陽子ドリップライン核 ${}^9\text{C}$ 及び ${}^{13}\text{O}$ の電磁気モーメントに関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 南園 忠則 (副査) 助教授 松多 健策 教授 岸本 忠史 助教授 佐藤 透 教授 赤井 久純

論 文 内 容 の 要 旨

安定線から遠く離れた原子核の核構造の研究のために陽子ドリップライン核 ${}^9\text{C}$ ($I^\pi=3/2^-$, $T_{1/2}=127$ ms) と ${}^{13}\text{O}$ ($I^\pi=3/2^-$, $T_{1/2}=8.6$ ms) の電磁気モーメントの精密測定を行った。

測定は理化学研究所リングサイクロトロンで行った。電磁気モーメントの測定には非対称 β 崩壊を指標とする β -NMR 法とこれを改良した β -NQR 法を用いた。必要な偏極核ビームは 100 AMeV 程度の高エネルギー重イオン衝突における入射核破碎過程を利用して得た。

${}^9\text{C}$ の測定では、70 AMeV の ${}^{12}\text{C}$ ビームを C ターゲットに照射し、生成された ${}^9\text{C}$ を破砕片分離器 RIPS によって他の破砕核から分離した。核偏極は ${}^9\text{C}$ の出射方向と運動量を選ぶことで得た。得られた偏極 ${}^9\text{C}$ を強磁場中に置かれた 30 K に冷却した Pt 中に植え込んで偏極を保持し、 β -NMR を行った。 ${}^9\text{C}$ の磁気モーメントを $(-1.3914 \pm 0.0005 \mu_N)$ と決定した。

${}^{13}\text{O}$ の実験では、135 AMeV の ${}^{16}\text{O}$ を Be ターゲットに照射し、生成した ${}^{13}\text{O}$ を RIPS で分離した。 ${}^{13}\text{O}$ は室温の Pt 及び MgO 中に植え込み β -NMR を観測し、磁気モーメントを $(-1.3891 \pm 0.0003 \mu_N)$ と決定した。また Pt 中でのナイトシフトを $(4.23 \pm 0.14) \times 10^{-3}$ と決定した。このナイトシフトは同時に観測されたスピン格子緩和時間と矛盾しない。

${}^{13}\text{O}$ の電気四重極モーメントの測定のため、 ${}^{13}\text{O}$ の単結晶 TiO_2 (c// H_0) 中に植え込み、引き続き β -NQR を観測して電気四重極結合定数を決定した。 ${}^{13}\text{O}$ の植え込み位置の電場勾配決定のため、 ${}^{13}\text{O}$ の同位体である ${}^{19}\text{O}$ ($I^\pi=5/2^+$, $T_{1/2}=27.0$ s) の単結晶 TiO_2 中での β -NQR を行った。この測定で、 TiO_2 での O の植え込み位置には O の置換位置と格子間隙位置の 2 箇所あること、 ${}^{13}\text{O}$ の β -NQR で精密測定された共鳴は格子間隙位置に入った ${}^{13}\text{O}$ に対応することを明らかにした。また人工的に ${}^{13}\text{O}$ の安定同位体 ${}^{17}\text{O}$ の濃度を上げた単結晶 TiO_2 を合成し、 ${}^{17}\text{O}$ の単結晶 TiO_2 中の FT-NMR を行って O の置換位置の電場勾配を精密測定した。以上から ${}^{19}\text{O}$ の電気四重極モーメントを $|Q({}^{19}\text{O})|=3.6 \pm 0.5$ mb, ${}^{13}\text{O}$ の電気四重極モーメントを $|Q({}^{13}\text{O})|=11.0 \pm 1.6$ mb と決定した。今回得られた ${}^{19}\text{O}$ の電気四重極モーメントは従来の値と誤差の範囲で一致した。

今回決定した ${}^9\text{C}$ の磁気モーメントは殻模型の与える値($-1.6\mu_N$)と大きく異なっていた。自由空間での核子の g 因子を使って求めたスピン期待値も1.44と、殻模型からの1.03を大きく越えた値であった。一方、南園らが決定した、メソン効果を実験的に取り入れた $A=16$ 近傍の実効 g 因子を用いて求めたスピン期待値は1.07と、殻模型とよい一致を示した。これに微少な相対論的效果と既に示唆されている核子の再規格現象(核内核子質量の減少)を取り入れると理論・実験の一致が更に良いことが示された。メソン効果やハドロンの in-medium 中再規格効果が核モーメントに大きく寄与していることを示した。この評価のためにより詳細な理論・実験の発展が望まれる。

今回決定された ${}^{13}\text{O}$ の電気四重極モーメントは、ハロー効果を考えない通常の殻模型の値16 mbとは大きく異なっている。一方、北川のハロー効果を取り入れた殻模型計算(核子分離エネルギーを再現するようにポテンシャルの深さを合わせた殻模型では9.0 mbと今回の実験値をよく再現しただけでなく、他の P 殻領域の電気四重極モーメントもよく再現した。この理論・実験の良好一致から、 ${}^{13}\text{O}$ 核に陽子ハローの存在が強く示唆される。

論文審査の結果の要旨

陽子ドリップラインにある ${}^9\text{C}$ と ${}^{13}\text{O}$ 核の磁気モーメント及び ${}^{13}\text{O}$ の電気四重極モーメントを精密に決定した。 ${}^9\text{C}$ と鏡映核 ${}^9\text{Li}$ のアイソスカラー磁気モーメントは殻理論によるスピン期待値だけでは説明できず、メソン交換効果と核内での核子質量の再規格化を考慮する必要があることを指摘した。又、 ${}^{13}\text{O}$ の1核子分離エネルギーを考慮した殻模型で電気四重極モーメントを理解して、 ${}^{13}\text{O}$ に陽子ハローが存在する事を示した。この研究業績によって、本論文を博士(理学)の学位論文として充分価値あるものと認める。