

氏名	よそいまさる 與曾井優
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	論理博第1414号
学位授与の日付	平成15年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	Structures and fragmentations of the deep-hole states in $^{11}\text{B}$ and $^{15}\text{N}$ ( $^{11}\text{B}$ 及び $^{15}\text{N}$ の深部空孔状態の構造と崩壊様式)
論文調査委員	(主査) 教授 今井憲一 教授 谷森達 教授 堀内昶

### 論文内容の要旨

本申請論文は (p, 2p) 反応により軽い原子核の深部空孔状態をつくり、そこから崩壊する粒子を測定することで、その状態の構造および崩壊様式を調べたものである。

軽い原子核における深部空孔状態の微視的構造や崩壊様式はこれまで良く調べられていなかったが、その2体崩壊においては系の空間 SU(3) 対称性により単純な統計崩壊とは異なる選択則が働くことが最近の理論計算によって予測されており、また、深部空孔状態の崩壊はハイパー核、特にダブル・ハイパー核の生成との関連で興味を持たれていた。

本研究においては、392 MeV 陽子を用いた  $^{12}\text{C}$  (p, 2p)  $^{11}\text{B}^*$  及び  $^{16}\text{O}$  (p, 2p)  $^{15}\text{N}^*$  反応によって励起された  $^{11}\text{B}$ ,  $^{15}\text{N}$  核の深部空孔状態からの崩壊粒子、即ち放出される中性子、陽子、重陽子、三重陽子及び  $\alpha$  粒子が測定され、その結果について詳細な議論が為されている。このような三重同時計測の測定は世界で初めてである。実験は大阪大学核物理研究センターのサイクロトロン加速器施設において行われ、準弾性 (p, 2p) 反応の測定には2台の磁気分析器からなるダブルアーム・スペクトロメータ系が用いられ、崩壊荷電粒子の測定は SSD-Ball と呼ばれるシリコン半導体検出器による16セットの  $\Delta E$ -E テレスコープが新たに製作されて用いられた。また、中性子崩壊も30台の液体シンチレーション検出器を用いて酸素標的に対して測定された。

得られた  $^{11}\text{B}$ , 及び  $^{15}\text{N}$  の励起スペクトルにおいては共に s-空孔状態 ( $1s$  軌道の陽子が抜けた状態) に対応する幅の広いバンプが高励起状態において観測され、それらが更に幾つかのピークに分離していることが初めて明確に指摘された。これらの構造が最近なされた殻模型計算によって定性的に説明されることも示された。更に、歪曲波インパルス近似計算との比較から s-空孔状態領域における多段階過程等の寄与は充分小さく、 $^{15}\text{N}$  においても15%程度と見積もられた。

一般に統計則によれば大きな Q 値を持つ崩壊が起こり易いが、 $^{11}\text{B}$ ,  $^{15}\text{N}$  の s-空孔状態の崩壊においては大きな Q 値にもかかわらず  $\alpha$  崩壊が三重陽子崩壊より共に少なく、微視的な SU(3)-クラスター模型によって予言された選択則が働いていることが証明された。しかしながら、 $^{11}\text{B}$  の s-空孔状態からの崩壊パターンは SU(3) 模型や殻模型による直接崩壊の計算結果と統計崩壊計算との組み合わせでは説明できず、閾値の低い  $2\alpha + t$  3体崩壊の効果を取り入れた計算の必要性が示唆された。一方、 $^{15}\text{N}$  の s-空孔状態からの崩壊においては、実験データと殻模型計算及び統計崩壊計算との比較から直接崩壊の統計崩壊に対する比の導出に成功し、その値は 0.7~1.0 と求められた。

また、 $^{15}\text{N}$  の崩壊においては娘殻の励起状態への2体崩壊が強く起こっていることも明かにされ、そこから s-空孔状態においても最低30%の分岐比で  $\gamma$  線が放出されることが示された。このことは水チェレンコフ検出器等による核子崩壊やニュートリノ検出との関連において有益な情報となるであろう。

なお論文では、各実験装置や検出器についても詳細に記述されている。

### 論文審査の結果の要旨

本申請論文は (p, 2p) 反応を用いて原子核の深部空孔状態をつくり、そこからの崩壊粒子をはじめ測定し、崩壊様式

についての理論模型との比較を述べている。

深部空孔状態とくに s-hole state は電子散乱などで研究されてきたが、broad なピーク構造のこともありいまだにその詳細はよくわかっていない。さらにその崩壊様式は極めて多くの channel が開いていることもあって実験的にはまったく調べられていないといってよい。それゆえこの崩壊様式を明らかにすることは核反応の物理に残された重要な課題であった。特に最近のスーパーカミオカンデ実験での陽子崩壊やニュートリノ振動実験などでは、 $^{16}\text{O}$  の深部空孔状態からの崩壊様式の詳細な情報がそれぞれの結果を精度よく得る上で必須のものとなってきている。また原子核による  $\Sigma^-$  吸収から、どのようにしてどのようなダブルハイパー核やツインハイパー核が生成されるかという問題についても、この深部空孔状態からの崩壊様式の定量的理解がその基礎となる。ハイパー核の効率的な生成を考える上でも基礎となる情報を与えると考えられる。

論文では、 $^{12}\text{C}$  と  $^{16}\text{O}$  の標的からの 397MeV 陽子による (p, 2p) 反応をダブルスペクトロメーターを用いて  $^{11}\text{B}$ 、及び  $^{15}\text{N}$  の s-hole state についてきれいに同定している。さらにこの状態がいくつかのピークに分離していることをはじめとしたことは、殻模型の最近の計算結果とも矛盾なく、大きな実験業績である。さらにそこからの崩壊様式を、標的まわりに置かれた SSD および中性子検出器を用いて測定している。このような“完全”な実験は世界ではじめてであり、深部空孔状態からの崩壊という問題に質的に新しい知見を与えたことは、極めて高く評価できるものである。

この論文では、SSD-ball を用いて崩壊粒子として陽子、重陽子、トリトン、アルファなどを測定している。統計的崩壊の考えでは Q 値の大きな崩壊幅が大きくなる。アルファ崩壊は一般に Q 値が大きく統計崩壊だと確率が大きくなると考えられる。しかし測定の結果は  $^{11}\text{B}$ 、及び  $^{15}\text{N}$  の場合アルファ崩壊が少なくむしろトリトン崩壊が大きいことを明らかにした。これら各粒子への崩壊幅の値は原子核の深部空孔状態からの崩壊現象において、SU(3) クラスタモデルで予言されていた選択則が支配的であることを示唆している。このことはこの論文ではじめて実験的に明らかにされたものであり、原子核の深部空孔状態からの崩壊現象の物理を大きく進展させる仕事である。またいままで見つかったダブルハイパー核やツインハイパー核の生成確率の高さをおおよそ説明するものでもある。

さらにこの実験では、崩壊したあとの娘核がかなりの割合で励起状態になることが示された。この励起状態はガンマ線を放出して基底状態におちるので、陽子崩壊の測定にとって有用な情報を与えたことになる。また静止  $K^-$  法などでのハイパー核のガンマ線分光研究にも有用な情報を与えている。

このように、本申請論文は深部空孔状態の原子核の崩壊を定量的に明らかにしたはじめての研究であり、多くの分野の研究に大きな寄与のある研究となっており、学位論文として十分な内容がある。

またこの論文の主な結果はすでに Physics Letters 誌に掲載されている。よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文に値するものと認める。

また主論文および数多くの参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。