

立教大学学術推進特別重点資金（立教 S F R）
大学院生研究
2003年度研究成果報告書

研究科名	立教大学大学院			理学研究科	物理学専攻
指導教員	所属・職名		氏名		
	理学部・助教授		栗田 和好 印		
自然・人文の別	<input type="checkbox"/> 自然	・ 人文	個人・共同の別	<input type="checkbox"/> 個人	・ 共同 名
研究課題	超重ベリリウム $^{15,16}\text{Be}$ における分子共鳴状態の探索				
研究代表者	在籍研究科・専攻・学年		氏名		
	理学研究科・物理学専攻・D3		齋藤 明登 印		
研究組織	在籍研究科・専攻・学年		氏名		
	理学研究科・物理学専攻・D3		齋藤 明登		
研究期間	2003 年度				
研究経費	500 千円				

研究の概要 (200~300字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)

本研究では、超重ベリリウムにおける分子共鳴状態の探索に用いる、大立体角検出器系の開発を行った。この検出器系に用いる、防湿コーティングを用いた NaI(Tl)シンチレータの開発を行い、またこのシステムで分解反応を測定する場合の、崩壊エネルギー、角度相関、アクセプタンス等の性能を計算するためにモンテカルロシミュレーションを行った。防湿コーティングを NaI(Tl)シンチレータに施す際に重要な点が明らかになった。また、シミュレーションにおいては、非弾性散乱の分解反応チャンネルをより詳しく解析する手法を確立するための足掛かりをつかむことができた。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[クラスタ構造] [大立体角検出器系] [不変質量測定法]

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

中間エネルギーの重イオン加速器及び不安定核ビーム発生装置が開発されてから現在までの間に、安定核の領域で確立された核物理の基本的性質の多くがその修正を余儀なくされている。これらは、中性子ハローや中性子スキンの存在、魔法数の消滅にとどまらず、軽い安定核に普遍的に存在するクラスター構造についても同様であり、安定核の性質に基づいて形成されてきた解釈はそのままでは不安定核に対して通用しない。例えば、不安定核 ^{12}Be のクラスター構造は、強束縛核である α 粒子ではなく、弱束縛核である ^6He が余剰中性子を媒介として結合している、安定核には無い新しいクラスター構造として解釈されている。これに対して、本研究で探索する ^{16}Be の分子共鳴状態は閉殻構造をもつ ^8He で構成され、 ^{12}Be とは異なる構造をしていると考えられる。中性子ドリップラインを超えて ^{16}Be まで調べることにより、初めて Be 同位体のクラスター構造の変容を系統的に理解することが可能になると考えられる。

これらの実験的研究をする上で、中間エネルギーの不安定核二次ビームを用いた不変質量測定法は強力な手法であるが、ドリップライン近傍の不安定核ビームの強度は非常に小さいため、検出効率が高く大立体角の測定システムの導入が不可欠である。また、今後予定されている各国の重イオン加速器のアップグレードにより、より質量数の大きな不安定核が研究対象となり、また重イオンビームの高エネルギー化が進んでいる。これらの状況から、高エネルギーの重イオンの測定を目的とした高分解能で検出効率の高い検出器システムの開発や、荷電状態が混合した重イオンを判別する技術開発が不可欠となっている。

本研究では、NaI(Tl)シンチレータを用いた大立体角検出器系の開発を目指し、防湿コーティングを施した NaI(Tl)シンチレータの製作し、性能を調べた。また、検出器系のデザインをモンテカルロシミュレーションを用いて検討し、崩壊エネルギーの分解能、崩壊粒子の角度相関の分解能、アクセプタンス等、検出器系の基本的な仕様を決定した。以下に研究成果の概要を述べる。

本研究では、5 μm および 10 μm の防湿コーティングを用いた NaI(Tl)シンチレータを製作し、これらの性能の比較を行った。シンチレータの大きさは直径 1 インチ、長さ 1 インチであり、信号の読み出しの光電子増倍管を取り付ける面にはガラスウィンドウが接着されている。昨年度は、5 μm のコーティングを施したシンチレータを製作し波高のデータを測定した結果、約 10 日程度の時定数で光量が減衰することが確認された。光量の減衰の原因は潮解による変色であると考えられる。本年度は、潮解の原因を調べるために 5 μm と 10 μm のコーティングを施したシンチレータを製作し、これらの波高のデータを測定した。その結果、光量の減衰する時定数は同程度であり、コーティングの厚さに依存しないことが明らかになった。この結果は、潮解の原因はシンチレータにコーティングを施す前にシンチレータに付着するわずかな水分であることを示していると考えられる。

次に、大立体角検出器系のデザインを検討し、モンテカルロシミュレーションを用いて崩壊エネルギーの分解能、崩壊粒子の角度相関の分解能、アクセプタンス等の計算を行った。崩壊エネルギーの分解能は、荷電粒子を測定するときのエネルギー分解能と位置分解能に依存する。ここでは、NaI(Tl)シンチレータの大きさが $50 \times 50 \times 50 \text{ mm}^3$ の立方体を 80 台、ビーム軸に対して対称に配置し、標的の下流 2m の位置に設置した場合について計算を行った。崩壊エネルギーが 5 MeV 以下の領域でのアクセプタンスは同程度であるが、15 MeV 周辺では現在我々が使用している飛行時間測定システムと比べて約 5 倍、アクセプタンスを向上できることが分かった。さらに、本研究で作成したシミュレーションプログラムに反応理論計算を組み込むことにより、崩壊粒子の角度相関を様々な軸に対して、移行角運動量の異なる共鳴状態からの崩壊に対して計算する手法を確立しつつある。この手法を用いることにより、移行角運動量の差が崩壊粒子の角度相関に顕著に現れる軸を選ぶことが可能になる。現在は、既存の反応データを用いてこの手法と取り入れた多重極分解解析に取り組んでいる。

本研究では、不安定核二次ビームを用いた非弾性散乱の分解反応チャンネルを測定するための、検出器の開発とシミュレーションプログラムの開発を行った。NaI(Tl)シンチレータの試作においては、防湿コーティングの過程における水分の付着が発光の減衰の原因である可能性があることが分かった。大立体角検出器系のデザインの検討では、当初は計画していなかったが、多重極分解解析により崩壊過程を詳細に解析できる足掛りをつかむことができたといえる。今後、超重ベリリウムの分子共鳴状態の探索に向けて、これらの研究を進めて行く予定である。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版者、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

- ① A. Saito, S. Shimoura, S. Takeuchi, T. Motobayashi, T. Minemura, Y. U. Matsuyama, H. Baba, H. Akiyoshi, Y. Ando, N. Aoi, Zs. Fülöp, T. Gomi, Y. Higurashi, M. Hirai, K. Ieki, N. Imai, N. Iwasa, H. Iwasaki, Y. Iwata, S. Kanno, H. Kobayashi, S. Kubono, M. Kunibu, M. Kurokawa, Z. Liu, S. Michimasa, T. Nakamura, S. Ozawa, H. Sakurai, M. Serata, E. Takeshita, T. Teranishi, K. Ue, K. Yamada, Y. Yanagisawa, and M. Ishihara,
“Molecular States in Neutron-Rich Beryllium Isotopes”
Nucl. Phys. A, submitted.
- ② なし
- ③ なし
- ④ A. Saito, S. Shimoura, S. Takeuchi, T. Motobayashi, T. Minemura, Y. U. Matsuyama, H. Baba, H. Akiyoshi, Y. Ando, N. Aoi, Zs. Fülöp, T. Gomi, Y. Higurashi, M. Hirai, K. Ieki, N. Imai, N. Iwasa, H. Iwasaki, Y. Iwata, S. Kanno, H. Kobayashi, S. Kubono, M. Kunibu, M. Kurokawa, Z. Liu, S. Michimasa, T. Nakamura, S. Ozawa, H. Sakurai, M. Serata, E. Takeshita, T. Teranishi, K. Ue, K. Yamada, Y. Yanagisawa, and M. Ishihara
“Molecular States in Neutron-Rich Beryllium Isotopes”
The 8th International Conference on Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (CLUSTER03)
2003. 11. 24-29, Nara, Japan