

科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料  
〔研究進捗評価用〕

平成17年度採択分

平成20年 3月31日現在

研究課題名（和文） 発熱型荷電交換反応による時間的領域でのスピン・アイソスピン応答  
研究課題名（英文） Spin-isospin responses in nuclei in time-like region by means of exothermic charge-exchange reactions  
研究代表者  
氏名 酒井 英行 (Sakai Hideyuki)  
所属研究機関・部局・職 東京大学・大学院理学系研究科・教授



研究の概要：原子核の特徴的な励起モードであるスピン・アイソスピン応答の研究を、内部エネルギーが高い不安定核ビームによる発熱型荷電交換反応を用いて、これまで未開拓であった高い励起エネルギー領域（時間的領域）で進める。この目的のために、高分解能磁気分析装置 (SHARAQ スペクトロメータ) を建設し、新たなスピン励起モード、例えばスピン単極共鳴や二重ガモフテラー共鳴状態などの発見をめざす。これに付随して二重ベータ崩壊の中間状態核の微視的構造の研究も進める。

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：スピン・アイソスピン応答、発熱型荷電交換反応、磁気分析器

#### 1. 研究開始当初の背景

原子核のスピン・アイソスピン応答は核物質の性質について極めて重要な情報を与える。例えば、スピン単極巨大共鳴からは、核物質の（スピン）圧縮率が求まる。しかしながら、これらの共鳴状態は高い励起エネルギーにあり、従来の実験手法では研究することができなかった。そこで、理化学研究所（理研）に世界最強の不安定核ビームが得られる加速器施設が完成するのを見越して、新たな実験手法として「発熱型荷電交換反応」を開拓し、高い励起エネルギー領域でのスピン・アイソスピン応答の研究を進めることとした。同時に、二重 GT 巨大共鳴探索に関連し、二重ベータ崩壊の中間状態核の微視的構造の研究も進めることとした。

#### 2. 研究の目的

不安定核ビーム (RI ビーム) が持つ他に類の無い特質を活かした発熱型荷電交換反応を用い、これまで未開拓であった時間的運動学領域でのスピン・アイソスピン研究を推進する。特に、高励起状態に焦点を絞り以下の二つの研究を行うのを最終目標とした。

- 1) 荷電ベクトル・スピン単極 (IVSM) 巨大共鳴の確立

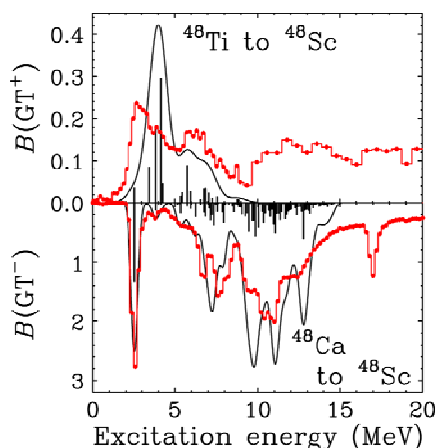
- 2) 二重ガモフ・テラー (DGTR) 巨大共鳴の探索と二重  $\beta$  崩壊の中間状態核の微視的理解

#### 3. 研究の方法

この目的を達成するために、①大阪大学核物理研究センターの NTOF と (n,p) ファシリティーを使い、二重  $\beta$  崩壊の中間状態核の微視的構造の研究を進める。②理研の RI ビームファクトリー (RIBF) 施設に高分解能磁気分析装置 (SHARAQ スペクトロメータ) を建設し「発熱型荷電交換反応」による研究を遂行する。③米国国立超電導サイクロトロン施設に於いて、発熱型反応のテスト実験を遂行する。

#### 4. これまでの成果

- 1) 二重  $\beta$  崩壊の中間核の微視的構造の研究  
二重  $\beta$  崩壊核  $^{48}\text{Ca}$  と  $^{116}\text{Cd}$  について、その中間状態核  $^{48}\text{Sc}$  と  $^{116}\text{In}$  を (p,n) 反応と (n,p) 反応により測定した。多重極展開法を使い、 $\beta^-$  ならびに  $\beta^+$  ガモフテラー遷移強度を高励起状態まで世界で初めて導出した。 $^{48}\text{Sc}$  核について結果 (赤線) を図に示した。黒実線は殻模型計算の結果である。 $\beta^-$  側の GT 遷移強度の分布が、励起エネルギー 10 MeV 以上で全く再現されないことが明らかになった。



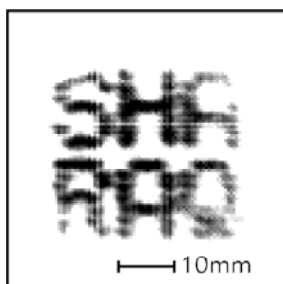
## 2) SHARAQ スペクトロメータの設計・建設

SHARAQ は本研究課題の中心的な装置である。平成 17 年度に、高いエネルギー分解能と同時に、縦・横とも 1mrad 以下の散乱角度分解能を実現するスペクトロメータの詳細設計を行った。それに基づき平成 18, 19 年度に D2 電磁石ならびに回転架台を建設し、理研内の RIBF 実験施設内に設置した。SHARAQ スペクトロメータの写真を示す。



## 3) 分散整合ビームラインの設計と検出器

入射核破碎反応によって生成される不安定核ビームは、非常に大きな広がりをもつため、高分解能測定を行うには分散整合の機能が必要である。目的の分解能を達成する分散整合ビームラインの設計を行った。また非常に高い計数率で動作するビーム検出器を開発した。図は「SHARAQ」を文字型スリットとした測定の結果である。



## 4) 発熱型荷電交換反応の有効性テスト実験 米国国立超伝導サイクロトロン施設 NSCL

に於いて、発熱型荷電交換反応の有効性を確認するテスト実験を実施した。 $^{13}\text{C}(^{12}\text{N}, ^{12}\text{C})^{13}\text{N}$  反応を利用したが、SHARAQ での本実験を遂行する際に考慮しておくべき様々な情報が明らかになった。

## 5. 今後の計画

### 1) 高分解能 SHARAQ スペクトロメータ

昨年度までに建設・設置した電磁石の高精度磁場測定を実施する。反応粒子の軌道を求める計算コードの開発を進める。

### 2) 分散整合ビームラインの検出器の整備

極端に高い計数率に於いても作動する、高性能ビームライン検出器の整備を進める。

### 3) SHARAQ スペクトロメータ性能確認実験

実際の不安定核ビームを使い、分散整合ビームラインと SHARAQ スペクトロメータの測定器としての性能テスト実験を開始する。

### 4) 二重 $\beta$ 崩壊核の中間状態の微視的解明

昨年までに測定した、二重  $\beta$  崩壊核  $^{48}\text{Ca}$  と  $^{116}\text{Cd}$  について中間状態核  $^{48}\text{Sc}$  と  $^{116}\text{In}$  へのガモフテラー遷移強度から、二重  $\beta$  崩壊核の微視的構造を確立し論文として公表する。

### 5) 不安定核による実験

平成 21 年度、SHARAQ スペクトロメータを使い、スピン単極巨大共鳴の発見と二重 GT 巨大共鳴状態の発見に挑戦する。

## 6. これまでの発表論文

① Neutron skin thickness of  $^{90}\text{Zr}$  determined by the charge exchange reactions, **K. Yako**, **H. Sagawa**, and **H. Sakai**, Phys. Rev. C 74 (2006) 051303 (R).

② Determination of the Gamow-Teller transition strength to  $^{116}\text{In}(g.s.)$  by the  $^{116}\text{Cd}(p,n)$  reaction at 300 MeV for the study of the nuclear matrix element of the two-neutrino double beta decay, **M. Sasano**, **H. Sakai**, **K. Yako** et al., Nucl. Phys. A 788 (2007) 76c-81c.

③ SHARAQ project,

**A. Saito**, **S. Shimoura**, **T. Uesaka**, **H. Sakai** et al., Proc. Tours Symposium on Nuclear Physics VI (TOURS2006), AIP Conf. Proc. 891 (2007) 131-137.

ホームページ等

[http://nucl.phys.s.u-tokyo.ac.jp/sakai\\_g/ichor.html](http://nucl.phys.s.u-tokyo.ac.jp/sakai_g/ichor.html)

SHARAQ スペクトロメータについては、  
<http://www.cns.s.u-tokyo.ac.jp/sharaq/>  
<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/movie.html?type=researcher&name=sakai080408&genre=phys>