

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月25日現在

機関番号：17102
研究種目：挑戦的萌芽研究（2）
研究期間：2011～2012
課題番号：23656590
研究課題名（和文） 弱い相互作用によるベータ崩壊制御に関する研究
研究課題名（英文） Study on beta-decay control by weak interaction
研究代表者
石橋健二（ISHIBASHI KENJI）
九州大学・工学
研究院・教授
研究者番号：00159766

研究成果の概要（和文）：

本研究では、日本原子力研究開発機構の研究用原子炉JRR3の利用を計画していたが、東日本大震災のために同原子炉は運転再開が2012年2月に先送りとなり、結局、最終的にはずっと運転が停止にされたままであった。そこで、同原子炉のニュートリノを使った実験が実施できなかったため、本研究では(1)密封線源に対するベータ崩壊率の精密測定方法を確立するとともに、(2)自然ニュートリノによる弱い相互作用の反応機構の研究を行いその反応の描像を定式化した。

研究成果の概要（英文）：

The experimental study in this work was initially planned to be carried out by the use of the research reactor JRR-3 at Japan Atomic Energy Agency. The reactor stopped due to the East Japan Earth-quack Disaster. At first, it was announced that the operation would be restarted in February 2012. However, because of unexpected situations, the restart was postponed. Finally, the reactor was continuously being stopped up to now. These circumstances forced us to carry out the researches on (1) the establishment of precise beta-decay rate by the use of sealed radioisotopes, and (2) the formulation of reaction mechanism in weak interactions through natural neutrinos.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合 計
交付決定額	4,030,000	930,000	4,960,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・原子力学

キーワード：原子炉ニュートリノ、弱い相互作用、補助場、弱荷、弱電気モーメント、ベータ崩壊

1. 研究開始当初の背景

原子炉の使用済核燃料には多量の放射性核種（主にベータ崩壊核種）が含まれており、その処理処分が原子力発電の課題となっている。高深度地下への埋設処理処分が計画されているが、その一方、中性子反応を利用した核変換処理などによって放射化量を少なくすることも計画されている。しかし核変換処理には原子炉等が必要とされ、必ずしもエネルギー効率の良い方法ではない。

2. 研究の目的

中性子を使う核変換処理ではなく、弱い相互作用を直接に抑制してベータ崩壊を制御できる可能性が否定できない。この方法が発見・実用化されれば、放射性廃棄物の放射線リスクが軽減される。本研究では、弱い相互作用を制御しベータ崩壊核種の崩壊の抑制研究に資する研究を行う。

3. 研究の方法

原子炉ニュートリノを使った実験は、日本原子力研究開発機構の原子炉JRR 3の利用を計画していた。東日本大震災のために同原子炉は運転停止になったが、平成24年2月に運転が再開される予定となっていた。ところが、諸般の事情により運転開始時期が先送りになり、平成25年3月になっても同原子炉の運転の再開はなかった。このため、本研究では、(1)密封線源に対するベータ崩壊率の精密測定方法の確立、および(2)自然ニュートリノによる弱い相互作用の反応機構の研究重点をおいて研究を行った。

4. 研究成果

(1) 密封線源に対するベータ崩壊率の精密測定方法の確立

実験で使用のコバルト60密封ガンマ線源は、ステンレス容器の中に放射化したニッケルワイヤ（コバルトワイヤ）が入れてあり、このワイヤをアルミニウム箔抑えた状態で溶接封入してある。この密封線源に、入射ニュートリノと交流振動磁場・超音波振動等による外部摂動処理を行うと、生成した弱い相互作用の補助場の効果により解離したニュートリノ片がコバルトワイヤ中のコバルト原子核に吸収され、原子核を準安定状態に保つことが期待される。コバルト60密封ガンマ線源は、この摂動処理の前にゲルマウム検出器の前に設置してベータ崩壊率を測定し、次にそれを取り出して摂動処理をした後に、再びゲルマウム検出器の前に設置して同検出器によってベータ崩壊率を測定することになる。

密封線源をゲルマウム検出器に設置し直すことになるので、コバルト60密封線源内のコバルトワイヤの線源位置を高い精度で再現させることが必要である。密封線源容器の外観の位置を高精度に再現することは可能であるが、内部のコバルトワイヤについては位置や向きに不定性が残る。そこで、ベータ崩壊に関わるガンマ線の測定では、線源容器の厚みの非一様性、内部におけるワイヤの位置、さらに内部におけるワイヤの向きによって、測定カウント数が影響を受ける可能性がある。

本研究では、これらの影響を把握するために、コバルト60密封線源を取りつけたまま高精度で回転操作できる治具を製作した。そして、回転角度の関数として、ガンマ線の光電ピーク強度を測定して、これら3つの影響を分離して定量化する試みを行った。その結

果、コバルトワイヤの向きの不定性について、推定が困難な場合があることが分かった、したがって、測定時のコバルトワイヤの向きによって、線源強度の推定に単純な位置誤差の効果を超える影響がでる場合があることが懸念される。このコバルトワイヤの問題に回避するには、液体の密封放射線源の利用が適切であると結論された。

(2) 自然ニュートリノによる弱い相互作用の反応機構

反応機構については、当初企画した外部摂動で生成した弱い相互作用の補助場を利用するのはなく、自然ニュートリノ並びに自然界に存在する補助場の利用に関わる研究を行った。ニュートリノが実数固有値の質量をもつためには、ベクトル型運動量と軸性ベクトル型運動量の合成行列の固有値が実数になる性質から、ベクトル型と軸性ベクトル型で時間方向運動量が相殺して消えることが要請され、これに起因して弱い相互作用の補助場は非ゼロの値をもつ性質が生まれる。低エネルギーの自然ニュートリノが、この補助場の影響下にあつて、弱荷型粒子と弱電気モーメント型粒子に分離し、弱荷型粒子が原子核と弱電気モーメント型粒子が電子に結合して、それぞれ質量を獲得する反応チャンネルの定式化を行った。そして、その結合系が原子サイズであり、それぞれの結合エネルギーがeV級であることが示唆された。この結果は、摂動処理の際にも適用できる反応機構と推定される。

これに加え、低エネルギー自然ニュートリノの作用と太陽活動との相関を調べた。太陽活動は26日の周期で変動を繰り返しているが、太陽活動に起因する太陽風速度の変化が、地磁気の変化を介して、地表の低エネルギー自然ニュートリノ強度に影響を与えている可能性が否定できない結果を得た。この影響は、

入射ニュートリノによる摂動処理の場合にも現れる可能性がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

Norichika Terao, Tsutomu Nishii, Kosuke

Hidaka, Nur Aida, Hao Lijuan, and Kenji Ishibashi

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

“Correlation between Electrochemical -Neutrino-Detector Signal and Solar Activity”, Sixth International Symposium on Radiation and Detection Technology, 2012年07月12日～14日, Langkawi, Malaysia

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
○出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

九州大学工学研究院（教授）石橋 健二

研究者番号：0 0 1 5 9 7 6 6

(2)研究分担者
()

研究者番号：

(3)連携研究者
()

研究者番号：