The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Study of Double Beta Decays of 48Ca with CaF2 Scintillators
Author(s)	梅原, さおり
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45137
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【42】

氏　　名	梅　原　さおり（うめはら さおり）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　18381　号
学位授与年月日	平成16年3月25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	Study of Double Beta Decays of ^{48}Ca with CaF_2 Scintillators （CaF_2シンチレータを用いた^{48}Caの二重ベータ崩壊の研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　岸本　忠史 （副査） 教　授　山中　卓　　教　授　能町　正治　　教　授　中野　貴志 助教授　阪口　篤志

論　文　内　容　の　要　旨

素粒子物理学研究の中で、ニュートリノはスピン左巻きのみ存在し、質量は持たないとされていた。しかし、Super-K、KamLAND、SNOなどのニュートリノ振動の測定結果から、ニュートリノの質量の存在が示された。

ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の観測は、振動実験によるニュートリノ質量差の二乗の測定とは異なり、質量の絶対値とその起源を探ることができる唯一の方法である。本研究は、二重ベータ崩壊核のなかで最も高い$Q_{\beta\beta}$値4.27 MeVを持つ^{48}Ca核の研究を行なう。この$Q_{\beta\beta}$値領域は、環境γ線からの影響をうけないため、バックグラウンド事象の評価が容易である。この核を用い、ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の研究、さらに原子核モデルを限定することに有効なニュートリノを放出する二重ベータ崩壊の研究を行なった。

^{48}Ca核の研究のため、CaF_2（Eu）シンチレータからなる大型検出器システムELEGANT VIを開発改良した。二重ベータ崩壊の測定感度は、バックグラウンド事象量に大きく依存する。特にELEGANT VIシステムにおいて、検出器外部起源のバックグラウンドは、反同時計数測定により低減化される。しかし、結晶内部起源のバックグラウンドは、反同時計数測定により低減することができず、二重ベータ崩壊の測定感度に大きく悪影響を与える。そのため、結晶内部起源によるバックグラウンドの調査を行なった。その結果、トリウム系列にふくまれる^{212}Bi→^{212}Po、ウラン系列にふくまれる^{212}Bi→^{212}Poらの連続崩壊が、CaF_2（Eu）結晶でそれぞれ4.2 MeV、4.8 MeVの最大エネルギーを与え重要なバックグラウンド源となっていることがわかった。

今回、われわれは、この連続崩壊を除去するため、ELEGANT VIシステムに波形解析のためのFlash ADCを導入し、バックグラウンド事象の低減化につとめた。その結果、バックグラウンド事象をそれまでの1/100程度に低減することに成功した。

この低バックグラウンド環境下で、二重ベータ崩壊のための測定を204日行ない、その結果、ニュートリノを放出する崩壊の半減期として$4.6^{+9.6}_{-1.9}$(stat.)$\times 10^{19}$年、ニュートリノを放出しない崩壊の半減期の下限値$>1.3\times 10^{22}$年を得た。

さらに、CaF_2（pure）シンチレータと液体シンチレータからなる新しい検出器システムCANDLESの開発を行なった。CANDLESによる二重ベータ崩壊の研究のために、CaF_2（pure）における波形弁別法を確立し、電子とα線

を高効率で弁別できることを確かめた。また、結晶の高純度化、連続崩壊の除去技術の改善を行なった。その結果、CANDLES システムはニュートリノ質量にして 0.5 eV の感度を持つことを証明した。

論文審査の結果の要旨

ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の観測は、質量の絶対値とその起源を探ることができる方法である。本研究は、二重ベータ崩壊核のなかで最も高い $Q_{\beta\beta}$ 値 4.27 MeV を持つ ^{48}Ca 核を用い、ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊の研究、さらに原子核モデルを限定することに有効なニュートリノを放出する二重ベータ崩壊の研究を行なった。

二重ベータ崩壊の測定感度は、バックグラウンド事象量に大きく依存する。本研究で観測に用いた ELEGANT VI システムにおいては、結晶内部の不純物を起源とするバックグラウンド事象が二重ベータ崩壊の測定感度に大きく悪影響を与える。特に、崩壊系列にふくまれる ^{212}Bi→^{212}Po、^{214}Bi→^{214}Po らの連続崩壊が、CaF_2（Eu）結晶で重なり合う信号となり、それぞれ 4.2 MeV、4.8 MeV の最大エネルギーを与え重要なバックグラウンド源となっていることを解明した。

この連続崩壊を除去するため、ELEGANT VI システムに波形解析のための Flash ADC を導入し、バックグラウンド事象の低減化につとめた。その結果、バックグラウンド事象をそれまでの 1/100 程度に低減することが達成できた。

この低バックグラウンド環境下で、二重ベータ崩壊のための測定を 204 日行ない、その結果、ニュートリノを放出する崩壊の半減期として $4.6^{+9.6}_{-1.9}$(stat.)$\times 10^{19}$ 年、ニュートリノを放出しない崩壊の半減期の下限値 $>1.3\times 10^{22}$ 年を得た。

さらに、CaF_2（pure）シンチレータと液体シンチレータからなる新しい検出器システム CANDLES の開発を行なった。CaF_2（pure）における波形弁別法を確立し、電子と α 線を高効率で弁別できることを確かめた。また、結晶の高純度化、連続崩壊の除去技術の改善を行なった。

その結果、CANDLES Ⅲシステムはニュートリノ質量にして 0.5 eV の感度を持つことを証明した。

本研究は現在最重要課題といえる二重ベータ崩壊の研究で新しい領域を切り開いたものである。よって本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。