



Title	CANDLES Detector for the study of Double Beta Decay of ^{48}Ca
Author(s)	平野, 祥之
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49734
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、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >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

氏 名	ひらの よしゆき 平野 祥之
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 3 8 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 6 月 23 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	CANDLES Detector for the study of Double Beta Decay of ^{48}Ca (^{48}Ca による二重ベータ崩壊の研究のための CANDLES 検出器に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 岸本 忠史 (副査) 教 授 久野 良孝 教 授 能町 正治 准教授 阪口 篤志 教 授 岡村 弘之

論 文 内 容 の 要 旨

ニュートリノを放出しない二重ベータ崩壊 ($0\ \nu\text{DBD}$) の観測は、レプトン数非保存、ニュートリノのマヨラナ性を実験的に確認するとともに、ニュートリノの有効質量を知ることができる唯一の方法であることから、物理学において非常に重要なテーマになっている。 $0\ \nu\text{DBD}$ はその半減期が $>10^{20-25}$ 年であり、非常に稀な事象である。そのため超低バックグラウンド環境下で測定しなければならない。我々のグループは、Q値が高い (4.27MeV) ことから自然放射能の影響を受けない ^{48}Ca を用い、低バックグラウンド環境が実現できるCANDLESシステムを提案した。CANDLESシステムは多数の CaF_2 をアクティブシールドとして働く液体シンチレータに沈め、そのまわりをパッシブシールド (水) で囲み、さらに多数の大型の光電子増倍管でこれらを囲んだものである。 CaF_2 シンチレータと液体シンチレータの時定数の違いを利用して、シグナル (CaF_2 のみが発光する) とバックグラウンド (液体シンチレータも発光する) を識別することができる。現在、直径2.8m、高さ2.6mの水タンクの中に、直径1m、高さ1mの液体シンチレータ、60個の CaF_2 (10cmの立方体)、40本の光電子増倍管で構成されたCANDLESIIIを地上で建設し、測定を開始した。

はじめにCANDLESIIIの基本特性を調べた。ゲインの補正を行った後、エネルギー分解能はQ値において5.5%が得られた。また加重平均を用いた位置の再構築を行い、どの CaF_2 のイベントであるか同定できることを確認した。並行してシンチレーション光のシミュレーションを行い、実験値をよく再現している結果が得られた。さらに CaF_2 と液体シンチレータのイベントを識別するための指標であるcharge ratioがエネルギー依存性を持つことを示し、 CaF_2 内で起きたイベントを用いてQ値でのcharge ratioを決定した。そして長期測定 (192時間) を行った後、エネルギー分解能、位置の再構築、charge ratioの結果を用いて CaF_2 のイベントを選び、地上における $0\ \nu\text{DBD}$ のバックグラウンドとして $257/\text{hour}/191\text{kg}$ が得られた。またこれらのバックグラウンドは宇宙線起源であると考え、シミュレーションによってその影響を検討した。シミュレーションによると、バックグラウンドのほとんどが、水や水タンク等における制動放射によって生じた γ 線によるものであることが分かった。

最後に、CANDLESIIIは地下実験施設に移設する予定であるが、その際に行う改良を含め、シミュレーションによって地下実験施設におけるCANDLESIIIの性能を評価した。

ニュートリノ放出を伴わない二重ベータ崩壊の研究は、レプトン数非保存を証明することになると共に、ニュートリノがマヨラナ粒子であることを証明する。これは現在の宇宙が物質優勢（反物質が存在しない）であることを物理法則で解明するときの鍵となる。本研究は、 ^{48}Ca の二重ベータ崩壊を研究するために建設した CANDLES III 検出器に関するものである。CANDLES の中心検出器はシンチレーターの CaF_2 結晶で、 ^{48}Ca を 0.2% 含んでいる。 CaF_2 結晶を液体シンチレーターに沈めることで受動的かつ動的な遮蔽を達成している。本研究では CaF_2 結晶 191kg からなる CANDLES III 検出器を地上に建設し、その特性の研究を行った。それらはエネルギー校正、安定性、エネルギー分解能、そしてバックグラント信号の弁別能力である。次にある程度長時間の測定を行い、実際のバックグラウンドレベルを調べた。196 時間のデータを解析した結果、220 個/ ^{48}Ca kg/時のバックグラウンドが二重ベータ崩壊の Q 値の領域に残った。この起源を研究し、シミュレーションとの比較で宇宙線起源であることを解明した。近々に予定されている、宇宙線のバックグラウンドの少ない地下の実験室に装置を持ち込むことで、これらのバックグラウンドは大きく減少できることが期待出来ることを明らかにした上で、地上での測定で更なる改良の必要性も示した。本研究は二重ベータ崩壊研究の上で重要な測定装置を実際に建設し、バックグラウンド排除の原理を現実の装置で確認した所に大きな意義がある。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める