

## 【基盤研究（S）】

理工系（数物系科学）



### 研究課題名 カムランド禅での世界最高感度のニュートリノレス2重ベータ崩壊の探索研究

東北大学・ニュートリノ科学研究センター・准教授

しらい じゅんぺい  
白井 淳平

研究分野： 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード： 素粒子（実験）、ニュートリノ、2重ベータ崩壊

#### 【研究の背景・目的】

物質の基本粒子である素粒子の中で、ニュートリノは唯一電荷を持たないため、それ自体が反粒子である（マヨラナ粒子である）可能性がある。これは自明ではなく極めて重要な問題である。もしニュートリノがマヨラナ粒子ならばニュートリノの小さな質量を説明すると同時に極めて重い質量のニュートリノを示唆するシナリオ（シーソー機構）を考えることができ、それは標準理論を大きく超える超高エネルギーの物理を示唆する。ニュートリノの出ない2重ベータ崩壊（ $0\nu\beta\beta$ 崩壊）はニュートリノのマヨラナ性を実験的に確認する唯一可能な方法であり、世界中で探索が行われているが未発見である。本研究は $0\nu\beta\beta$ 崩壊の最高感度の探索を目的とする。探索の鍵は大量の2重ベータ崩壊核と極低放射能環境である。本研究は300kgの $^{136}\text{Xe}$ 核を用いて既存の実験施設（カムランド）で行われた実験（カムランド禅）の成果をもとに、感度を飛躍的に高めた探索を行うものである。

#### 【研究の方法】

カムランド禅実験の検出器は、岐阜県神岡鉱山の地下千mに位置し、世界最大の液体シンチレータを擁するニュートリノ検出器カムランドの中心に $^{136}\text{Xe}$ 核を含む液体シンチレータを収納する薄く透明な袋（ミニバルーン）を設置したものである（図1）。 $0\nu\beta\beta$ 崩壊によるシンチレーション光は周囲の光電子増倍管で検出する。地上のわずか10万分の1の宇宙線量と超高純度かつ大容量の液体シンチレータは本研究に絶好の極低放射能環境を提供する。2011年9月に開始した実験は最も厳しい $^{136}\text{Xe}$ 半減期の制限を与えたが（図2）、本研究ではさらに感度を上げるためキセノン及び液体シンチレータの蒸留純化による残留放射性不純物の除去を行った後、ミニバルーンをよりクリーンかつ大型化し $^{136}\text{Xe}$ 量を倍増す

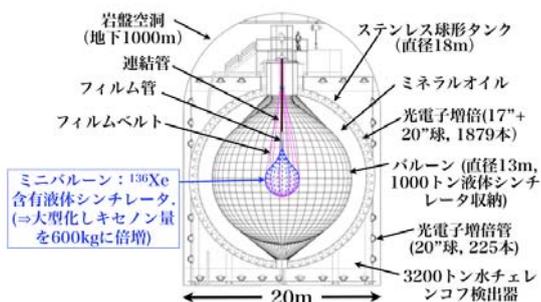


図1. カムランド禅検出器

るとともに、宇宙線ミュー粒子識別用の外水槽光検出器の補強を行い、宇宙線由来の邪魔物反応の除去効率の大幅な向上により飛躍的な感度の向上を目指す。

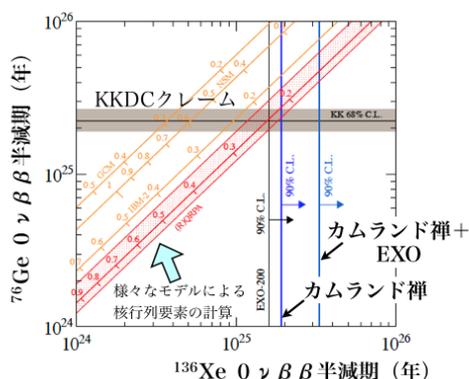


図2. カムランド禅実験（第1期）とEXO実験による $^{136}\text{Xe}$ の $0\nu\beta\beta$ 半減期の制限。縦軸は $^{76}\text{Ge}$ 実験による半減期。 $0\nu\beta\beta$ 検出の主張（KKDCクレーム）は90% C.L.で否定された。

#### 【期待される成果と意義】

$0\nu\beta\beta$ 崩壊が観測されればニュートリノがマヨラナ粒子であることが判明し、ニュートリノ質量の謎の解明に迫る大発見となるほか、超高エネルギーの物理が示唆されそれは宇宙の開闢と物質優勢の謎の解明への鍵を与える。また発見されなくてもニュートリノ質量の絶対値や階層性を決定付けるか、厳しい制限を与える重要な情報が得られる。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “Limit on Neutrinoless  $\beta\beta$  Decay of  $^{136}\text{Xe}$  from the First Phase of KamLAND-Zen and Comparison with the Positive Claim in  $^{76}\text{Ge}$ ”, A.Gando et al. (KamLAND-Zen Collaboration), Phys. Rev. Lett. 110, 062502 (2013).
- “Measurement of the Double-Beta Decay Half-life of  $^{136}\text{Xe}$  in KamLAND-Zen”, A.Gando et al. (KamLAND-Zen Collaboration), Phys. Rev. C85, 045504 (2012).

#### 【研究期間と研究経費】

平成25年度～29年度  
131,600千円

#### 【ホームページ等】

<http://www.awa.tohoku.ac.jp/kamland/>