

KamLAND 2

1 計画タイトル

極低放射能環境でのニュートリノ研究

2 問い合わせ先

井上邦雄、東北大学ニュートリノ科学研究センター、inoue@awa.tohoku.ac.jp

3 マスタープラン提案時の提出元として想定される大学・機関・部局等

東北大学・ニュートリノ科学研究センター

4 マスタープラン 2017 への採否状況

掲載あり

5 計画状況（実施中・提案中）

提案中

6 計画実施時期

KamLAND-Zen 800 観測開始後 2021 年頃より並行して環境整備や周辺設備を導入（3年間）、2024 年頃より建設（3年間）、2026 年頃よりニュートリノ観測(KamLAND2)を開始、2027 年頃より $0\nu 2\beta$ 探索(KamLAND2-Zen)を開始する。

7 総経費および予算プロファイル

○準備期間(2021-23 年)16億円(濃縮キセノン 200kg 4億円、高性能電子回路 2億円、クリーンルーム整備 3億円、純空気製造装置 1億円、純化装置高度化 5億円、集光ミラー 1億円、バルーン 1億円)、○建設期間(2024-26 年)17億円(高量子効率 PMT 7億円、工事 1億円、高光収率液体シンチレータ 8億円)、○総経費33億円 + (人件費年間5千万円)

8 計画の概要

「宇宙物質優勢の謎」、「軽いニュートリノ質量の謎」を解明するために、極低放射能液体シンチレータ反ニュートリノ観測装置カムランドのエネルギー分解能を大幅に向上し、1トンの濃縮キセノンで、ニュートリノ質量の逆階層構造をカバーするマヨラナ有効質量 20meV の感度でのニュートリノを伴わない二重 β 崩壊 ($0\nu 2\beta$) の探索を行う。さらに、原子炉ニュートリノが少ない特別な状況を生かし、世界をリードする地球ニュートリノ観測により、地球の形成・ダイナミクスを理解を深めるニュートリノ地球科学を推進する。また、導入口の改良により、幅広い極低放射能科学研究に対応する。

9 目的、学術的意義、当該分野・社会等での位置づけ

$0\nu 2\beta$ 発見はニュートリノのマヨラナ性の証明であり未測定の新ニュートリノ質量絶対値の測定となる。これらはCP位相の測定と併せてニュートリノ研究の最重要課題である。マヨラナ性の証明はシーソー機構やレプトジェネシス理論を通して上記の謎の究明につながる。逆階層構造をカバーすることで、 $0\nu 2\beta$ 未発見の場合でも他の観測と

合わせてディラック粒子であることの証明や、標準階層構造特定につながると期待される。また、観測場所が大陸プレートの端に位置しほとんどの原子炉が停止しているという特殊な状況下で、高性能化と長期観測を行うことで、日本発のニュートリノ地球科学で世界のネットワーク観測の中心となり、地球始原隕石の特定や LLSVP の解明、地球内部ダイナミクスの解明など、地球科学の重要課題における新たな展開を生み出す。KamLAND2 は近傍超新星爆発の前兆ニュートリノ観測装置としても優れており、貴重な近傍超新星爆発で万全のマルチメッセンジャー観測を実現する一助となる。

宇宙の始まりや地球の成り立ちの謎への挑戦は、国民の知的好奇心をかき立て、理科離れが進む現状に歯止めをかける一助になると期待する。また、ニュートリノ研究で世界をリードする日本の活躍を堅持することは、最先端で活躍できる環境として教育・人材育成への高い効果が期待できる。また、本計画でも推進する反ニュートリノ測定は核不拡散のための非破壊検査へ応用が見込まれているほか、先進の極低放射能研究は、稀な現象の研究に留まらず、高感度ホールボディーカウンティングへの利用や除染への応用なども考えられる。

10 実施内容(実施機関・体制、国際協力等を含む)

ホスト機関:東北大学ニュートリノ科学研究センター、その他国内4機関、海外14機関を含む KamLAND(地球ニュートリノ観測ほか)、KamLAND-Zen($0\nu 2\beta$ 探索)の国際共同研究グループで運営し、新たなテーマも開拓する。

11 現在までの準備・実施状況

(計画により重みが異なると想定し、9-11の字数制限は設けませんが全体で2ページに納めてください。)

KamLAND は現在までに原子炉ニュートリノ振動の精密測定やニュートリノ地球科学の創出を実現し、それらと両立する $0\nu 2\beta$ 探索により競合の約 5 年先を進む世界最高感度も達成している。現在キセノン量倍増による高感度化中であり、KamLAND-Zen 800 の 2019 年の探索再開予定は本計画とも整合する。 $0\nu 2\beta$ 探索手法としての優位性は実証されており、エネルギー分解能向上のための研究開発(高光収率液体シンチレータ、集光ミラー、高量子効率 PMT、高性能電子回路、純化装置)は全て目標達成済みである。一方、ニュートリノ地球科学の推進が長期観測を必要とする中、KamLAND の耐用年数は限界に近づいており、本計画による高性能化で十分な観測時間を確保できる。地球科学者との連携で地球モデルの改善にも貢献しつつ、ニュートリノ地球科学コミュニティは世界的なネットワークで成長を続けており、観測結果からより多くの情報を引き出す態勢も作られている。