

## 50 トン級液体キセノン宇宙暗黒物質直接探索計画

### 1. 計画タイトル

「50 トン級液体キセノン宇宙暗黒物質直接探索計画」

### 2. 問い合わせ先（名前、所属、e-mail など）

山下雅樹, 東京大学 Kavli IPMU, masaki.yamashita@ipmu.jp

### 3. 想定される提案者（計画遂行の責任を担う大学・機関・部局の長等）項目 中型 B

### 4. 計画規模：大型・中型 A・中型 B（どれかひとつを選択してください） 中型 B

### 5. マスタープラン 2017, 2020 への採否状況 提案しておりません。

### 6. 実施時期

- 2020 - 2024: R&D, Conceptual Design Report (CDR, 2022 年), Technical Design Report (TDR, 2024 年)
- 2024 - 2025: 建設
- 2025 - 2026: コミッショニング
- 2027 - 2032 観測 (200 ton-year の exposure が目標)

### 7. 必要経費および予算プロファイル

日本グループは光センサー開発及び調達、キセノン純化装置、中性子半同時検出器の貢献を担う。総予算 200 億円、日本分担 15 億円。

#### 準備期

- 実機で使用するキセノンガス調達(3 トン ~ 8.5 億円)
- 極低放射能光検出器調達(5 億円)
- 開発 (光センサー、密閉型液体キセノン検出器) (0.5 億円)

#### 建設期

- キセノン純化装置、中性子反同時検出器 (0.4 億円)

#### 運用期

- 運転費用、旅費、コモン・ファンド、PD 人件費、年額 1000 万円 (5 年、合計 0.5 億円)

### 8. 計画の概要

「宇宙は何で出来ているのか？」 宇宙背景輻射の観測によれば宇宙のエネルギー・質量は 95%が未知のエネルギー・物質で満たされることが判明している。物質に限って言えば 80%以上の物質は我々にとって未知であり、暗黒物質と呼ばれる。ヒッグス粒子の発見により、標準理論で体系化された素粒子は全て揃ったが、暗黒物質はその性質からどの粒子にも当てはま

## 50 トン級液体キセノン宇宙暗黒物質直接探索計画

らない。これは、標準理論を超えた新しい素粒子の存在を示唆していると考えられる。DARWIN 実験は極低バックグラウンド地下実験室における暗黒物質の直接探索を目的としている。その感度は究極的なバックグラウンドとも言えるニュートリノにより制限される領域に到達する。検出器標的として有効質量 40 トンのキセノンを使用し、検出器は気体と液体からなる二相型キセノン Time Projection Chamber を用いる。今までにない大型キセノンの検出器、極低バックグラウンド、低いエネルギー閾値 (~keV) を備えるこの検出器は、暗黒物質探索だけでなく、多様な物理探索が可能であり、超新星や太陽ニュートリノ、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊、アクシオン、原子核稀崩壊の探索などが展開される。

### 9. 学術的意義、当該分野・社会等での位置づけ

暗黒物質の解明は、長年人類が抱いてきた疑問「どうして現在の宇宙の姿があり、我々はどのように生まれたのか？」を解く鍵を握り、宇宙の解明に大きく貢献するものである。暗黒物質は宇宙の歴史の中で星誕生や銀河の大規模構造を形成する際になくってはならないものだと考えられ、従って、暗黒物質無しには我々は存在できないことになる。また、暗黒物質は宇宙物理学だけでなく素粒子物理学とも密接に関係しており、その正体とその背後に潜む理論の解明はまさに 21 世紀の大きなチャレンジの一つである。直接探索により暗黒物質が検出され、その正体が解明できれば、新しい素粒子モデルが展開され、暗黒物質による天文学の創生が期待される。

### 10. 実施内容（実施機関・体制（国際協力等を含む）、共同利用体制）

神戸大学、東京大学、名古屋大学、横浜国立大学、他 DARWIN Collaboration (13 ヶ国、33 機関)

### 11. 現在までの準備状況

申請者らは既に世界最大約 3.2(8.6)トンの液体キセノンを用いた XENON1T(nT) 実験に参加し、世界最高感度での暗黒物質探索を進めている。特に XENON1T 実験では、低エネルギー電子反跳事象の観測データにバックグラウンドでは説明できない超過があることを発見し、さらなる感度でこの検証を行うため、より大型化・低バックグラウンド化した XENONnT 検出器コミッショニングを行なっている。日本グループは、特にキセノン純化システムや中性子反同時検出器(EGADS, SK-Gd 実験により培われた水チェレンコフ検出器技術を応用)の開発に貢献している。DARWIN 実験では、この XENON1T, XENONnT での成果をもとに進められる。DARWIN 実験の目標感度の達成には、検出器自身からの放射性ラドンの侵入や中性子バックグラウンドのさらなる低減が不可欠であり、申請者らは石英を用いた密閉型検出器や、新たな極低放射能光検出器(光電子増倍管、シリコン半導体光検出器)の開発を進めている。