

平成 28 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：100 万トン水チェレンコフ検出器(ハイパーカミカンデ)の開発研究

英文：R&D of a Mton water Cherenkov Hyper-Kamiokande

研究代表者 宇宙線研・教授・塩澤真人

参加研究者 高工研・名誉教授・中村健蔵、宇宙線研・教授・梶田隆章、中畑雅行、宇宙線研・准教授・早戸良成、奥村公宏、関谷洋之、宇宙線研究所・助教・三浦 真、西村康宏、中山祥英、田中秀和、池田一得、亀田純、東京大学・教授・相原博昭、東京大学・准教授・横山将志、京都大学・教授・中家 剛、京都大学・准教授・Roger Wendell、横浜国立大学・准教授・南野彰宏、岡山大学・准教授・小汐由介、東工大・教授・久世正弘、東京理科大・准教授・石塚正樹、神戸大学・教授・竹内康雄、神戸大学・助教・鈴木州、矢野孝臣、名古屋大学・教授・伊藤好孝など

研究成果概要



図：ハイパーカミオカンデ計画概念図

我が国が世界の研究者と共に推進してきた大型水チェレンコフ装置実験「スーパーカミオカンデ」（稼働中）は、ノーベル物理学賞につながる素粒子ニュートリノの質量の発見を成し遂げ、ニュートリノ研究を軸に基礎科学を牽引してきた。一方で、ニュートリノが他の素粒子に比べて100万倍以上軽い理由や、宇宙が現在の姿になった原因がニュートリノの性質にある可能性など、深淵な謎が新たに生まれている。ニュートリノ研究は次世代の素粒子・宇宙物理学への突破口として世界的に大きな関心を集めており、我が国が主導する次期基幹実験「ハイパーカミオカンデ」（図参照）の早期実現が世界中の研究者により求められている。

ハイパーカミオカンデは世界15か国の研究者が参加している国際共同実験計画であり、東京大学と高エネルギー加速器研究機構を中核機関とし、日本が誇る高い実験技術を用いることによりスーパーカミオカンデの10倍規模となる超大型検出器を設置し、1.3MWに増強したJ-PARC 加速器ニュートリノビームを組み合わせるものである。岐阜県飛騨市神岡町のスーパーカミオカンデから南に約8km（J-PARC から295km）、地下650mの位置を建設候補地とし、直径74m _ 高さ60mの水槽を設置する。装置内に蓄えられる超純水の総質量は26万トン、うち観測に用いる有効質量が19万トンとなる。水槽内壁には従来の2倍の感度を持つ高性能光センサーを約4万本備え、ニュートリノ反応から生じる微弱な光を高い精度で計測する。本実験計画は、「宇宙初期を司る究極の自然法則はどのようなものか」さらに「我々はどこから来てどこに行くのか」といった、人類にとって根源的な問いに挑戦する。具体的には、(1) ニュートリノ振動を用いたニュートリノの性質の全容解明、(2) ニュートリノ天文学による超新星の爆発の仕組み、および星やブラックホールの形成史の解明、(3) 力の統一理論が予言する 10^{35} 年の寿命に感度を持った陽子崩壊の探索、と3つの研究の柱により素粒子物理学・原子核物理学・宇宙物理学・天文学を総合的に推進する。ハイパーカミオカンデは上記研究を全て可能にする唯一の実験計画であり、現行スーパーカミオカンデを凌駕する豊富な研究課題と高い発見能力を持つ。

本計画は、日本学術会議の提言「第23期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン2017、平成29年2月8日公開）」において、特に速やかに推進すべき「重点大型研究計画」の1つとされており、文部科学省によるプロジェクト承認に係る大型計画ロードマップ（ロードマップ2017、平成29年7月公開予定）のための審査が行われている。一方米国では、LBNF/DUNE 計画と呼ばれるプロジェクトが認められ、ハイパーカミオカンデに先んじて建設が進められている。ニュートリノ研究における今後20年以上にわたる主導権を確保するためには、ハイパーカミオカンデの早期のプロジェクト承認が必要になっている。