

令和 6 年度（2024） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：ハイパーカミオカンデ計画の推進 英文：Hyper-Kamiokande project
研究代表者	宇宙線研・教授・塩澤真人
参加研究者	高エ研・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、中山祥英、竹田敦、浅岡陽一、平出克樹、宇宙線研究所・助教・三浦 真、田中秀和、池田一得、亀田純、片岡洋介、家城佳、矢野孝臣、竹本康浩、佐藤和史、東京大学・大学院生・三木信太郎、篠田遼太郎、東京大学・教授・相原博昭、横山将志、京都大学・教授・中家 剛、京都大学・准教授・Roger Wendell、岡山大学・准教授・小汐由介、東京科学大・教授・久世正弘、東京理科大・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、名古屋大学・教授・伊藤好孝、KEK・教授・小林隆、慶應義塾大学・准教授・西村康宏など
研究成果概要	ハイパーカミオカンデは世界約 20 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（図 1 参照）。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 68m、高さ 71m の水槽を設置する（図 2 参照）。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、2020 年始めに日本での建設予算が措置され、プロジェクトが正式に開始し、2028 年の実験開始を予定している。本計画ではこれまで 5 年間、施設と検出器の設計及び建設・生産など整備を進めてきている。ここまで「ハイパーカミオカンデ装置建

設」、「ニュートリノビーム増強と前置検出器整備」とともに着実に進捗してきている。ここまで本体空洞施設へのアクセスのためのトンネルと周辺空洞の掘削、本体空洞設計を完了し、現在本体空洞掘削が進行中であり当初計画通り 2025 年 7 月に本体空洞が完成する見込みである。空洞掘削工事に続く水槽設置工事に関しては、実験装置の高い性能と耐震性能、建設作業者の安全性を確保するための詳細設計が作成済みであり、工事の契約を締結した。装置の性能を決める検出器要素となる純水システム設置の契約も完了しており、新型光電子増倍管の大量生産は性能・納期とも変更なく進んでいる。並行して、国内外での様々な検出器プロトタイプ試験や設計決定を行なってきた。

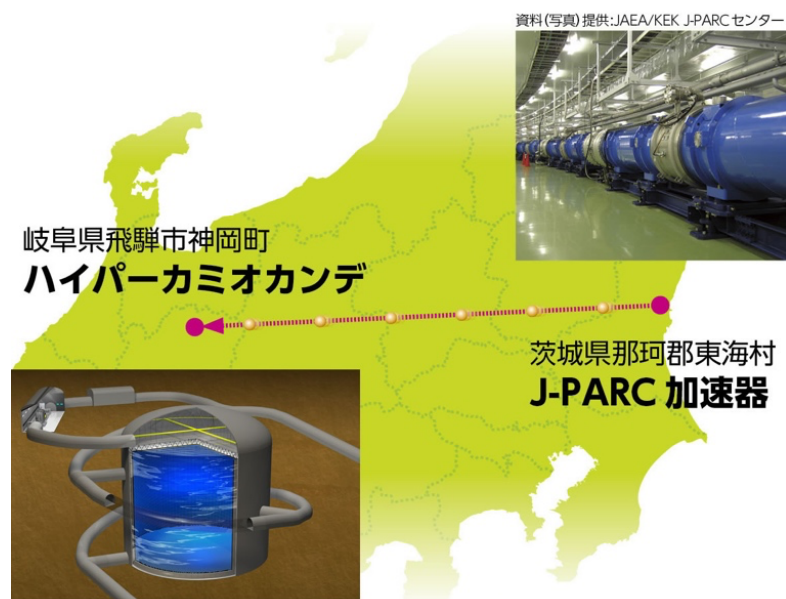


図 1：増強した J-PARC 加速器によりニュートリノビームを生成し、295km 離れた神岡町地下に建設されたハイパーカミオカンデで観測する。

また J-PARC では、繰り返し周期の短縮（高繰り返し化）とビーム粒子数の増強により、ニュートリノ実験施設へのビームパワーを 515 kW（2021 年時点）から 760 kW での連続運転（2023 年 12 月）へ増強することに成功し、1.3MW を目指すビームパワーの増強は概ね計画通りに進展している。またハイパーカミオカンデ装置の運転開始に間に合うべく、前置検出器の整備を進めてきている。海外参加国の責任分担や経費分担については、運営・予算委員会を中心として研究者により分担計画を作成し、各国での予算要求に反映してきた。これまでカナダ、チェコ、フランス、イタリア、韓国、モロッコ、ポーランド、ロシア、スペイン、スイス、英国で本予算措置が決定され、引き続き必要な予算の遅れのない確保に努めていく。

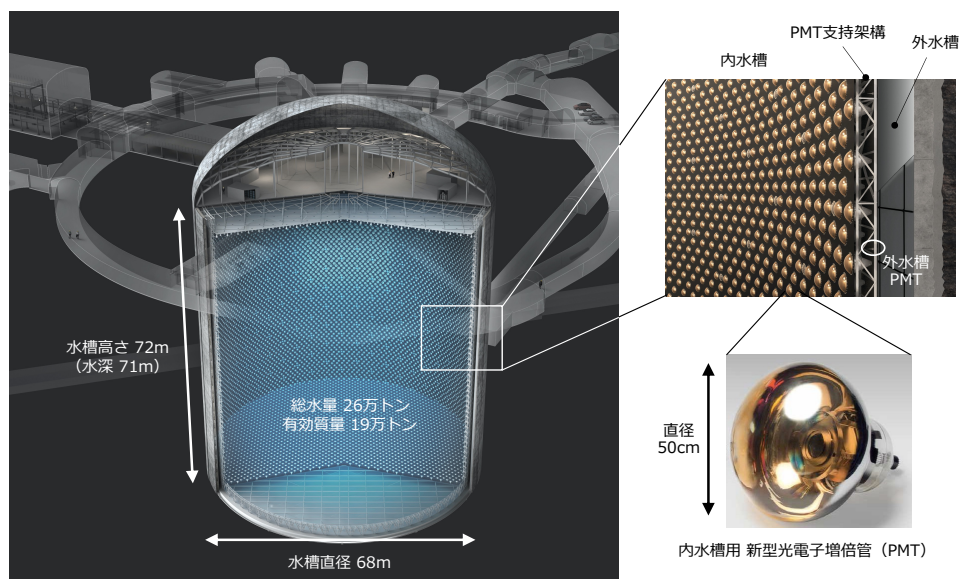


図 2 建設中のハイパーカミオカンデ装置の概念図

整理番号 A21