

土木と機械技術で実現する ハイパーカミオカンデ中間検出器実験

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

物質を分解していくと、素粒子と呼ばれるそれ以上分解出来ない要素に辿り着く。素粒子の仲間として3種類のニュートリノが存在する。この種類は、ニュートリノ振動という量子力学現象により、ニュートリノが飛行する間に変化する。過去約30年にわたり、この現象を理解するための物理学実験が世界中で行われてきた。そして、最大の問題とされるニュートリノとその反粒子である反ニュートリノでの変化の差異の有無に迫る段階に差し掛かろうとしている。もし差異があれば、ニュートリノでのCP対称性の破れの発見となり、宇宙の物質優勢の謎を解明する手がかりになると考えられている。この問題解決に向けて、前人未到の精度で長基線ニュートリノ振動実験プログラムを行うハイパーカミオカンデ実験計画が2027年度の実験開始に向けて進行している。本プログラムでは、茨城県東海村に位置する大強度陽子加速器施設J-PARCを用いてミューオンニュートリノと反ミューオンニュートリノビームを生成し、295km離れた岐阜県神岡町の地下に現在建設中のハイパーカミオカンデ検出器に向けて照射する。そして、(反)ミューオンニュートリノが(反)電子ニュートリノへと振動した事象の観測を行い、その結果から求めた変化の割合をニュートリノと反ニュートリノで比較することでCP対称性の破れの測定を行う。変化の割合を求めるためには、295km飛行する変化前のニュートリノの性質を理解することが重要となる。このために、J-PARCのニュートリノ生成標的から約800m離れたハイパーカミオカンデ検出器に向かう射線上に中間水チェレンコフ検出器と付随する実験施設を新設する計画がある。図1が示すような上下移動可能な新型水チェレンコフ検出器と上下移動補助ガイドレールを有する立坑が本計画の根幹をなし、これまでに類を見ない土木および機械設計が必要とされる。本発表では、ハイパーカミオカンデ計画の現状および立坑を含んだ中間検出器の設計について触れる。

■ 活動内容

1. 新型水チェレンコフ検出器の機械設計

検出器は、市水を蓄えた立坑内部に船のように浮く直径約9m、高さ約12mの円筒形の新型水チェレンコフ装置で、内部にニュートリノ反応標的となる純水、ニュートリノ反応により生じる光を捉える光センサー、光センサーを取り付けるための支持架構造体、浮力装置および、上下移動機構により構成される。水槽は、従来型の水チェレンコフ装

置とは異なり鋼鉄製ではなく、浮遊条件を緩和するために形状を定める枠組と、立坑内部の市水と検出器内部の純水を分離するための軽量素材により構築される。架構造体は、立坑内部での検出器組立を考慮し、光センサーと一体型のモジュールとなった構造体を用いて構築する。上下移動機構は、検出器と立坑に敷設されたガイドレールを結びつけるだけでなく、大地震から検出器を保護する機能も有する。

2. 検出器立坑の設計

内空約10m、底版までの深度約40mの立坑は、内部に市水を蓄えることで、船のように浮かんた状態で検出器を収容する。そして、立坑内部の水位を変えることで、検出器の上下移動を可能にする。検出器の上下移動は、立坑内壁に90度隔離で敷設した約40m長の鉄筋コンクリート製ガイドレール4本に沿って行うことで円滑となる。また、ガイドレールは検出器の旋回防止の役割も担う。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

ハイパーカミオカンデ実験は、東京大学と高エネルギー加速器研究機構を共同主催機関とする、22カ国、104の研究機関、約600名の研究者で構成される宇宙と素粒子に関する研究を行う国際共同実験である。

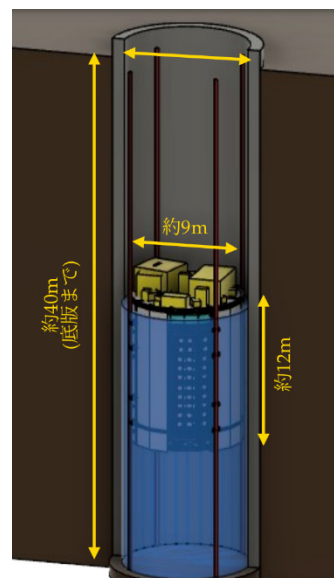


図1. 中間水チェレンコフ検出器および検出器立坑

代表発表者 阿久津 良介(あくつ りょうすけ)
所 属 高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所(略: 素核研)
問合せ先 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方 2-4
TEL: 029-284-4115
rakutsu@post.kek.jp

■キーワード: (1) ニュートリノ CP 対称性の破れ
(2) 大型軽量化水槽
(3) ガイドレール付き立坑
■共同研究者: 小林 隆(素核研)
多田 将(素核研)
中平 武(素核研)