

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：次世代ニュートリノ検出器のための大口径光検出器の開発と運用
英文：Development of the Large Aperture Photodetector
for a next-generation neutrino detector

研究代表者 西村 康宏

参加研究者 塩澤真人, 横山将志, 中島康博, 早戸良成, 中家剛, 中山祥英, 平出克樹, 田中秀和, 亀田純, 池田一得, 中村輝石, 奥村公宏, 田代拓也, 武多昭道, 中桐洸太, 森山茂栄, 南野彰宏, 久世正弘, 石塚正基, Christophe Bronner, 矢野孝臣, 佐藤和史, 小汐由介, 伊藤好孝, ウェンデル ロジャー, 市川雅一, 渡辺英一朗, 浅香龍星, 政所悠太, 富谷卓矢, 三木信太郎, 篠木正隆, 浅香龍星, 佐藤幸音, 泉山将大, 寺田虎太郎, 吉田光汰, 馮家輝, 前川雄音, Yu-Ming Liu, Li-Cheng FENG, 岡崎玲大, 小林美咲, 堀内昇悟, 李赫, 岡明香里, 川端篤史, 牧野有里子, LEPLUMEY Thomas Pierre, Mark Hartz, Benjamin Quilain, Marcin Ziembicki, Mariusz Suchenek, Marek Cieřlar, Andrzej Rychter, Robert Kurjata, Janusz Marzec, Krzysztof Zaremba, Grzegorz Pastuszek, Andrzej Buchowicz, Grzegorz Galiński, Krzysztof Dygnarowicz, Krzysztof Ziętara, Łukasz Stawarz, Michał Ostrowski, Paweł Rajda, Michał Nurek, Bartosz Piotrowski, Piotr Lorens, Jakub Kowalewski, Wojciech Obrębski, Grzegorz Łysoń, Mateusz Pietrzak, Stephane Zsoldos, Patrick de Perio

研究成果概要

2027 年に観測開始を予定するハイパーカミオカンデに用いる大型光電子増倍管の安定・高性能運用を目指すため、現在大量製造と性能評価を行っている。これまで、16 本の光電子増倍管を実際的水中に近い温度に冷却して測定できる暗室を 2 室用意し、電荷ゲインと時間性能、ノイズレートを長期測定し、個体差や製造の安定性も含めた性能調査を行っていた。

2022 年度に大幅な安定性品質向上を達成した上で、2023 年度は 1000 本を超える大量の光電子増倍管の大規模な品質評価を行った。100 本を同時に測定可能な大型暗室を 1 室追加したため、同時に 216 本の性能安定性評価を行えるようになった。ここで 0.5 から 3 ヶ月間の安定性を確認し、これまで見られた問題が大幅に軽減されたことを確認した。さらに長期となる 1 年単位の測定でも問題がないか確認するため、並行して坑内の暗室に 16 本を設置し、2023 年夏から連続した性能モニタを開始した。

これら測定時に、周囲の環境放射線が光電子増倍管のダークノイズに与える影響が大きかった。そこで、これを排除したハイパーカミオカンデ水中での想定ノイズ量を見積もるため、地下 1 階の冷温測定室で実環境を想定したノイズ評価を行った。ここで初めて当初想定していた低ノイズ量を達成していることを確認できた。また、モノクロメータを用いた量子効率の測定や、ロボットアームを用いた性能の位置応答評価のための測定セットアップを構築し、より詳細な性能モデル化のための調査を始めた。

光電子増倍管が高水圧中で安全に用いるため、スペインの研究者と協力し、爆縮連鎖による損失を防ぐ保護カバーの開発も進んだ。特に、実現可能なコストに抑えたステンレス製カバーの量産向け設計・製法を実現し、放射線バックグラウンドが低いことも確認できた。スペイン海上で爆縮連鎖抑止試験を行った結果、爆縮による衝撃波や連鎖破壊は防げる場合を確認したものの、カバーが壊れた場合に周囲へ連鎖しないとまでは言えず、より安全率を高めた試験を次年度に行う計画を進めている。

これら光電子増倍管とカバーをハイパーカミオカンデに取り付けて光検出面を構築するための手順を検討し、ブラックシート等の検出器壁面の設計が実現に近付いた。他の外水槽用光検出器や電子回路と合わせ、取り付け行程と最終設計を検討し、次年度に向けた取付確認の準備を進めている。

整理番号 A22