

## 平成 27 年度共同利用研究・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  
大口径ハイブリッド型光検出器開発  
英文：Development of the Hybrid Photodetector  
for a next-generation neutrino detector

研究代表者 西村康宏(東京大学 宇宙線研究所)  
参加研究者 廣田誠子(京都大学 理学系研究科)、須田祐介(東京大学 理学系研究科)、  
岡島裕治(東京工業大学 理工学研究科)、江森(京都大学 理学系研究科)、塩澤真人(東京  
大学 宇宙線研究所)、横山将志(東京大学 理学系研究科)、早戸良成(東京大学 宇宙線研  
究所)、中家剛(京都大学 理学系研究科)、中山祥英(東京大学 宇宙線研究所)、田中秀和  
(東京大学 宇宙線研究所)、池田一得(東京大学 宇宙線研究所)、武多昭道(東京大学 地  
震研究所)、南野彰宏(京都大学 理学系研究科)、久世正弘(東京工業大学 理工学研究科)、  
石塚正基(東京工業大学 理工学研究科)、阿久津良介(東京大学 理学系研究科)、矢野孝  
臣(神戸大学 理学研究科物理学専攻)、小汐由介(岡山大学 大学院自然科学研究科  
(理))、福田大輔(岡山大学 大学院自然科学研究科(理))、吉田朋世(東京工業大学 理  
工学研究科)、園田祐太郎(東京大学 理学系研究科)、婁天濛(東京大学 理学系研究科)、  
武藤史真(名古屋大学 宇宙地球環境研究所)、Mark Hartz(東京大学カブリ数物宇宙研究  
機構)、Christophe Bronner(東京大学カブリ数物宇宙研究機構)、Richard Calland(東京  
大学カブリ数物宇宙研究機構)

## 研究成果概要

本研究では、次世代ニュートリノ研究計画「ハイパーカミオカンデ」を見据えて、高性能新型光検出器「ハイブリッド型光検出器」の開発を目指している。スーパーカミオカンデで用いている50cm径光電子増倍管に比べ、低コストと高分解能が期待されるが、長期使用に耐える実用性や安定化レベルなどについては未知の部分も多く、200トン水チェレンコフ検出器内での実証試験によって実用性を検証する。

本年は、強度保証に大きな進展があった。光検出器に使われるガラスには、内部が真空だが外部には60m水圧がかかるため、安全性を検証する必要がある。そこで、設計保証のため1本ずつ圧力タンクに入れ、水圧を1MPa以上かけて、割れる圧力とガラスの厚さ・形状の相関を調査した。試験結果を元に形状とガラス量などを調整し、50本以上のサンプルで60m水深の2倍まで加圧試験して全数耐えることを確認した。さらに、もしハイパーカミオカンデタンク内で爆縮しても、他の光検出器を破壊しないような防爆カバーを設計・試作し、爆縮時に想定される水圧をかけて試験した。続いて、実際に爆縮した際に周囲へ影響を及ぼさないかどうか、9本の光検出器サンプルを縦横3列ずつに並べ、中心にカバーを取り付け爆縮させて、周囲が割れないかどうか試験した。60m・80m水深で各3回ずつ試験した結果、カバーに損傷は見られず、外部に衝撃波は確認されなかったため、周囲の光電子増倍管に影響を及ぼさないと結論できた。今後はカバーの軽量化と低価格化に取り組む。

検出性能に関しても大きく向上した。50cmハイブリッド型光検出器の内部に用いる20mm径アバランシェダイオードの接合容量を800pFから半減することに成功し、読み出しノイズが抑えられた。専用の高性能プリアンプを実現し、2または5分割で読み出して、一光電子の識別に成功した。電荷分解能は十分に高く、200トン水チェレンコフ検出器に取り付け実証試験を行える段階まで辿り着いた。また、有効受光面のどの位置で入射しても収集効率や性能が落ちないかどうか、5分割されたアバランシェダイオードを内蔵したもので確認した。異なる入射位置ごとに各性能を測定し、使用時に見込まれる磁場による光電子収束の影響を見た。

開発の一環として、宇宙線研究所地下の冷蔵暗室で、実際に用いる13℃辺りに保ち、長期に性能をモニタする測定も進めている。ノイズやゲインが数ヶ月以上にわたって安定であることを確認した。アンプ開発・試験も進めており、今後はアンプの出力高ダイナミックレンジや時間分解能等を向上し、長期の水中実証試験で実用性を評価する段階へ進む。