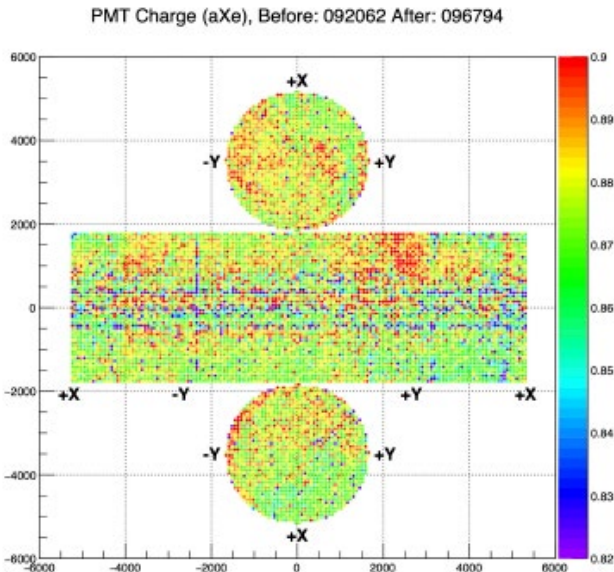


令和 7 年度（2025） 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：大型検出器構成物の放射性不純物によるバックグラウンドイベント低減のための研究 英文：Study for lowering backgrounds of radioisotopes in large volume detectors	
研究代表者	東京大学宇宙線研究所 准教授 関谷洋之
参加研究者	中島康博（東京大学） 市村晃一（東北大学）
研究成果概要 SKにおいては、2024年に実施した大規模な地磁気補償コイル修理後も、垂直方向コイルの切断が発生した。2025年1月14日に V10、4月24日に V5、9月22日に V2-V3 間で切断が確認されたが、いずれも 2024 年修理時に整備したタンク上面のアクセスポートを活用し、1 日以内に該当ケーブルをバイパスすることで修理を行い、速やかに運転を再開した。コイル問題発生前（2023年10月）と現状（2025年9月末）における PMT の光収集効率を Xe 光源を用いて比較した結果を図に示す。局部的に数 % 補正しきれない PMT は残るものの、電荷収集効率の一様性はほぼ回復していることが確認された。なお、Xe 光源の光量自体が故障前より 14% 低下しているため、中心値が 0.86 となっている点には注意が必要である。これらの相対収集効率補正を反映したキャリブレーションテーブルを整備し、SK-VIII データ解析を進めている。 SK タンク内および水システム内におけるバクテリアのサンプリングと群集構造解析を継続して実施した。タンク内では、2022 年まで優勢であった <i>Phyllobacterium</i> はほぼ消失し、<i>Bradyrhizobium</i> が優占種となっている。一方、水システム内ではアニオン交換樹脂塔内に <i>Mesorhizobium</i> が新たに出現し、送水中にも同種が確認されたが、タンク内ではほぼ <i>Bradyrhizobium</i> のみが存在していることが分かった。UF の目詰まりと <i>Bradyrhizobium</i> の優勢には相関が見られ、UF 前段のアニオン交換樹脂塔内で <i>Mesorhizobium</i> が増加すると、UF の目詰まり速度が低下することが確認された。UF 濃縮水の	



一部を前処理システムで再処理する手法が有効であることも示されたが、引き続き詳細な調査を行っている。定量 PCR によりバクテリア細胞数を測定した結果、アニオン交換樹脂塔上部から 2,254,500 cell/g の細胞が検出され、タンク内より約 4 桁多いことが明らかとなった。樹脂塔出口以降の水中細胞数は比較的低く、樹脂塔上部の樹脂がバイオフィームに覆われ、樹脂塔自体がフィルターとして機能している可能性が示唆された。このため、カチオン交換樹脂の全面交換および樹脂塔内部の清掃を計画している。

原子炉ニュートリノ測定において、5 MeV 付近に観測されるBGとして、硫酸ガドリニウム由来の ^{238}U 自発核分裂の可能性について調査を継続している。本年度は酸化ウラニル (U_3O_8) 20.334 g を SK タンク内に設置し、1 日間のデータ取得を行い、線源非設置時と比較した。その結果、5 MeV 以上のエネルギー領域において自発核分裂に由来するイベントを実際に確認した。さらに、FREYA ジェネレータを用いて自発核分裂由来の中性子および γ 線を生成するモンテカルロシミュレーションを実施し、5 MeV 以上の測定データを再現できることを確認した。今後、原子炉ニュートリノ解析におけるバックグラウンドとしての定量評価を進める。

HKの水システム建設は順調に進んでおり、ステージ建設、樹脂塔設置、RO および UF ユニットの配置が完了し、現在はユニット間配管工事が進行中である。Rn フリーエア製造に向け、4 kg の銀ゼオライトを用いたプロトタイプシステムの構築と性能検証を行っている。また、HK タンクへの給水時には原水量不足のため冷却水が使用できない影響を評価した結果、約 8 か月の給水期間中に水温が最大約 20 °C まで上昇することが判明した。満水後に循環を開始した場合、送水温度は 15 °C 以下となるため、約 2 か月間は新旧水による二層構造が形成されると予想され、コミッショニング時の運用戦略について検討が必要である。

ミューオン起源バックグラウンドについては、KamLAND 実験との協力を進め、MoU を締結するとともに定期的なミーティングを実施している。CORSIKA や MUTE を用いたシミュレーションにより、SK と KamLAND におけるミューオン同時計数率を評価した結果、約 2 日に 1 事象程度であることが分かった。今後、実データとの比較解析を開始する。

オークリッジ国立研究所におけるニュートリノ-酸素反応測定では、Spallation Neutron Source に設置済みの D_2O 検出器データの解析および対応するシミュレーション開発を行った。その結果、酸素反応測定においては宇宙線起源の γ 線BGの抑制が特に重要であることが明らかとなった。

無機結晶シンチレータ開発では、GAGG/GPS 結晶中の Bi-Po 事象を用いて U 系列不純物の定量を行った。また、結晶製造炉内部のるつぼ断熱材を HPGe で測定した結果、るつぼ底部の断熱材に約 2 kBq/kg の U が含まれていることが判明し、汚染源である可能性が示された。

一相式 Xe 検出器開発に向け、ウニ電極のプロトタイプとして半球型電極を製作し、放電抑制のため導電性 DLC コーティングを施した。液体窒素による低温試験およびアルコールを用いた超音波洗浄に対する耐性を確認した。