

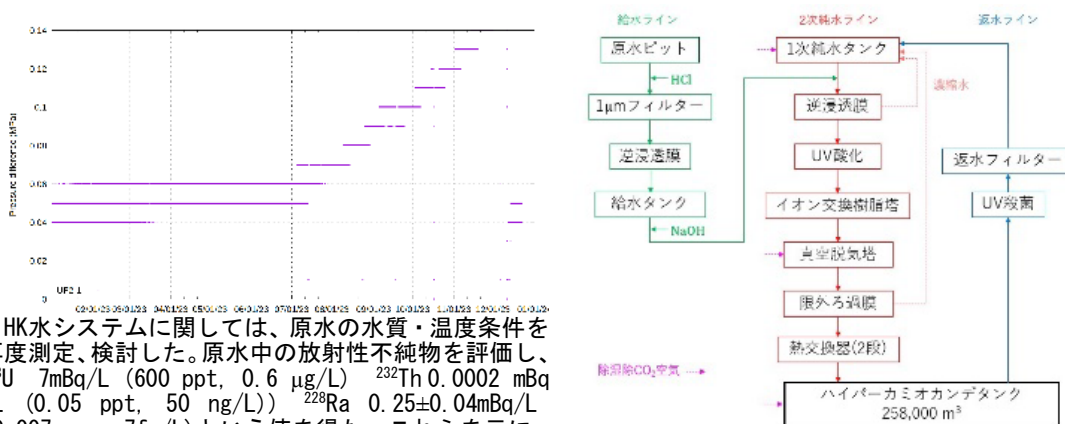
令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：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 関谷洋之
 参加研究者 東京大学理学系研究科 中島康博
 東北大学ニュートリノ科学研究センター 市村晃一

研究成果概要

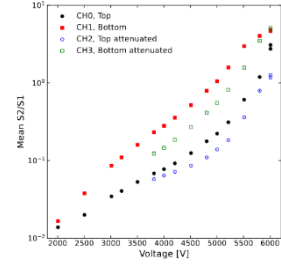
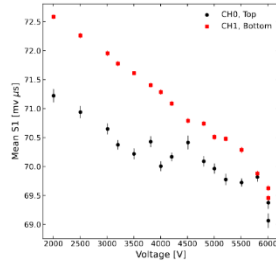
SK-VII開始以降の水の透過率とPMTの平均ダークレート(DR)の時間変動を下图に示す。Gd増量直後は透過率が低下しDRも上昇したが、その後透過率は安定し、DRも低下し、SK-VIと同レベルになった。10月25日から地磁気補償コイルに問題が発生したため、透過率・DRとも正確な値を示していないが、コイルの銅線等の腐食が透過率に影響を与えているわけではないと思われる。実際、水循環システムのUFの差圧が7月頃から上昇していて、 $<1\mu\text{m}$ の粒子が増加しておりUVに耐性をもった細菌が原因の可能性が有る。12月にUFを交換し、UFの差圧の問題は解消したが、再び上昇はしており、UF濃縮水ラインの処理方法の追加を検討している。また、3月に交換した膜脱気の前後のラドン濃度を測定し、膜脱気でラドンが除去できていることを確認した。



HK水システムに関しては、原水の水質・温度条件を再度測定、検討した。原水中の放射性不純物を評価し、 ^{238}U 7mBq/L (600 ppt, 0.6 $\mu\text{g/L}$) ^{232}Th 0.0002 mBq/L (0.05 ppt, 50 ng/L) ^{226}Ra 0.25 \pm 0.04mBq/L (0.007ppq = 7fg/L)という値を得た。これらを元に、HK水システムの仕様を決定し、右図のようなシステムとすることとした。予算の都合上、当初はラドン除去空気を用いず、CO2のみを除去した空気を用いることとなった。

ZnWO₄については、結晶およびPMTに含まれる放射性不純物の評価を行った。結晶については神岡の高純度Ge検出器による測定で ^{238}U : < 36.1 mBq/kg ^{226}Ra : 1.2 ± 0.8 mBq/kg, ^{232}Th : 0.7 ± 0.8 mBq/kg ^{235}U : < 4.1 mBq/kg ^{40}K : 6.7 ± 4.3 mBq/kg ^{54}Mn : < 0.5 mBq/kg ^{58}Co : 0.7 ± 0.3 mBq/kg ^{137}Cs : 0.7 ± 0.5 mBq/kgと求まった。また、PMTについては、当初用意したプリーダー回路の放射性不純物が多かったため、XENON-nTで使用している基盤を提供してもらい、結晶とほぼ同レベルの放射性不純物量であることを確認した。これらの値から、暗黒物質と陽子との断面積に対する感度を見積もった。10GeVのWIMP1に対し 10^{-38}cm^2 程度であり、neutrino fogに到達するにはあと数桁バックグラウンドを落とす必要がある。

液体キセノン中の電荷増幅はテストベンチで一次蛍光信号(S1)に加え、二次信号(S2)を生成するために、写真のように先端が $\Phi 50\mu\text{m}$ の針状の構造を導入したところ、2~6kVの電圧でS2信号の検出に成功した。得られた電圧とS1、S2/S1の関係も示す。大型化とゲインの一様性を実現するためには電荷増幅構造の改良と最適化にはさらなる研究が必要である。



整理番号 B02