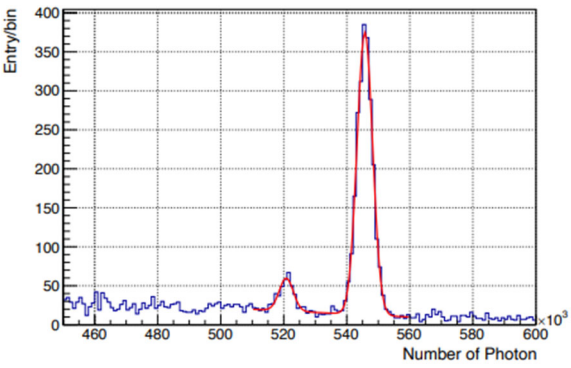


令和 3 年度 (2021) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：高圧キセノンガス検出器を用いたニュートリノレス二重ベータ崩壊探索
	英文：Search for neutrinoless double beta decay and dark matter with high-pressure Xenon gas detector
研究代表者	市川温子 (東北大学)
参加研究者	小原脩平(東北大学)、潘晟(東京大学)、中村和広(京都大学)、吉田将(京都大学)、中家剛(京都大学)、木河達也(京都大学)、菅島文悟(京都大学)、中村輝石(東北大学)、身内賢太朗(神戸大学)、関谷洋之(東京大学)、中島康博(東京大学)、坂下健(KEK)
研究成果概要	<p>ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊 ($0\nu\beta\beta$) 探索にむけて、高圧キセノンガスを用いた大型のタイムプロジェクションチェンバー検出器：AXEL を開発している。現在、キセノン-136 の二重ベータ崩壊の Q 値である 2.5 MeV での性能評価をするため、180 L サイズの試作機の製作・運用や、2023 年度に観測開始予定の 1000L サイズの検出器の設計を実施している。性能評価では主に我々独自の読み出し機構である Electroluminescence Light Collection Cell (ELCC) によるエネルギー測定 of 分解能の評価を行った。ELCC は等間隔に並んだセルと電極および各セルにある光検出器(MPPC)から構成されている。セル内に高電場を形成し、検出器内で生じた電離電子をセル内部に引きこみ Electroluminescence 光 (EL 光) を発生させて MPPC で検出することでエネルギーおよび飛跡を再構成することができる。56 セル単位でユニット化され、それを組み合わせることで大きな ELCC 検出面を構成できる。3 ユニット (168ch) での測定では、^{137}Cs からの 662keV のガンマ線を照射し、エネルギー分解能として 1.06%(FWHM)を得た(図 1)。これは Q 値換算で 0.55%(FWHM)に相当し、AXEL 初の 0.5%台の分解能に到達した。</p>
	
	<p>図 1 : 180L 検出器 (3 ユニット) で得られた 662keV のピーク。左に見える小さいピークは 30keV のエスケープピーク。</p>

3ユニットから12ユニット(672ch)への拡張では、ユニットの間隙での放電を抑えるため、絶縁体部を複数層ずらして配置するなどの工夫を施した。VUV-MPPCが1～数日間運用しているとダークカウントが異常に増えるという現象が多発したが、別用途のものを流用して測定を実施した。原因についてはメーカーと追及し、湿度の影響であり、高温でエージングすることにより回復することが分かった。測定の第一段階として放電に対して余裕を取るため、3ユニットに比べると少し低い電場での測定を行った。 ^{88}Y からの1.8MeVのガンマ線を照射して得られたエネルギースペクトルでは、各ピークがはっきりと検出でき(図2)、飛跡についても止まり際の多重散乱によるエネルギー損失の濃い領域や、光電吸収のホールから発生したと思われる30keVのクラスターを検出できた(図3)。分解能を決めている要因の内訳を調査中であり、さらなるエネルギー分解能の向上を目指している。

物理探索の実証機として製作予定の1000L検出器については、現在圧力容器の仕様を策定中である。限られたスペースを有効利用するために、凹型フィードスルーを開発し、リーク量が十分低いことを確かめた。濃縮 ^{136}Xe を使用することから、ガスを漏らさず大気混入もさせないようなフェールセーフなガス系の設計を開始した。MPPCについては、パッケージのセラミックスに放射性不純物依存が多く含まれるため、パッケージレスにする検討をメーカーと行っている。また、エネルギー分解能をさらに向上させるために受光面を大きくすることで光量を増やす計画も同時に進めている。さらに、配置をしやすくするために1ユニット64チャンネルとし、フレキシブルプリント基板の上に直接MPPCの受光素子(大面積化したもの)を64個搭載し配線も実装した「MPPCアレイ」をメーカーと協力して開発中であり、来年度には試作品が完成する予定である。読み出し回路の高密度化のための改良も行っている。

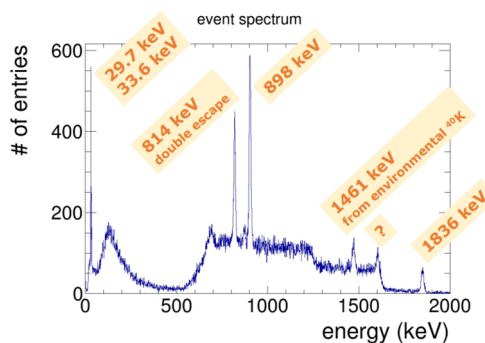


図2：180L検出器(12ユニット)で得られた ^{88}Y のガンマ線のエネルギースペクトル。

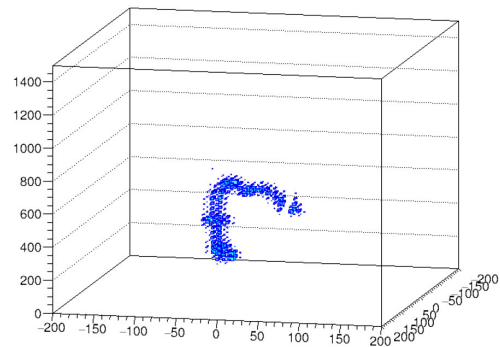


図3：180L検出器(12ユニット)で得られた1.8MeV事象の飛跡。

