

平成 30 年度共同利用研究・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 および暗黒物質探索 英文: Searches for neutrinoless double beta decay and dark matter with high-pressure Xenon gas detector
研究代表者	市川温子 (京都大学)
参加研究者	潘晟、田中駿祐、中村和弘、吉田将、中家剛 (京都大学)、中村輝石、身 内賢太郎 (神戸大学)、上島考太 (東北大学)、関谷洋之、中島康博 (東京大学)
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($0\nu\beta\beta$)や暗黒物質を探索するための大型の高圧キセノンガス・タイムプロジェクトンチェンバーAXEL検出器を開発している。特に、$0\nu\beta\beta$の探索において標準ニュートリノ質量階層に対応するニュートリノ有効質量数meVの領域における探索を行うために、1トン程度の二重ベータ崩壊核 (^{136}Xe) を持ち背景事象がほぼゼロの検出器を実現するための技術を確認することを目指している。電離電子の検出には、我々が独自に考案、開発したElectro Luminescence Collection Cell (ELCC)を用いる。検出器の端までドリフトした電離電子は、電場によって数mmのセルに引き込まれ、キセノン原子との衝突でエレクトロルミネッセンス(EL)光を発生する。そのEL光を各セル内に設置されたMPPC光検出器で検出する。ELCCにより高いエネルギー分解能と飛跡再構成能力を保ったまま測定器を大型化することが可能となる。今年度は深層機械学習を用いた解析手法を開発し、再構成された飛跡から信号検出効率46%を保ちつつ、背景事象を1/2000に落とすことができることを示した。</p> <p>試作機による評価では、これまで10リットルの検出器による350 keVのガンマ線の測定により、$0\nu\beta\beta$のQ値2.5 MeVで半値全幅0.8~1.7%に相当するエネルギー分解能が得られている。今年度は電離電子のドリフトなどを含んだ詳細なシミュレーションによる理解が進み、エネルギー分解能をさらに向上する目途がついた。</p> <p>Q値での性能評価のため、180リットルの試作機の製作を進めている(図1)。ELCCは、10mmピッチでチャンネル数は約1,500である。これを実装するための、土台、フレキシブル基板、フィードスルーなどの試作が進んだ。放電対策を施したドリフト電場の形成のための電極構造と、高電圧を容器内で生成するためのコッククロフトウオルトン回路の開発も進んでいる。MPPCの信号読み出しのためのフロントエンドボードについては、試作機により、20~35,000個/μsに渡る光子数の正確な測定、5Ms/s、最大150μsの波形読み出し、キャリブレーションのための1光子(約40ns)の測定、MPPCの個別のバイアス電圧設定等期待通りの性能が得られ、実機の大量生産を行った。</p> <p>180リットル検出器の開発にあたっては、これまで検出器性能の確立に重点を</p>

置き、背景事象源となる構成要素の放射線レベルについては特に留意してこなかった。今後、低放射化についての技術も確立するため、神岡神岡宇宙素粒子研究施設の各実験装置の見学を行い、低放射化および地下実験についての知見を深めた。



図 1. 180 リットル検出器の容器（左）、1 枚目の ELCC ユニットを取り付けた様子（右）