

## 2019(令和元)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：Search 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 小原脩平、潘晟、中村和広、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

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、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。特に、 $0\nu\beta\beta$  探索においてニュートリノ質量階層性が標準だったとしても探索が可能な検出器として、ニュートリノの有効質量が数 meV まで感度のある 1 トン程度の二重ベータ崩壊核 ( $^{136}\text{Xe}$ ) 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確立を目指している。電離電子の検出には、我々が独自に考案・開発した Electroluminescence Collection Cell (ELCC) を用いる。TPC のアノード面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 光をセルごとに MPPC 光検出器で検出する。ELCC は、EL 増幅における揺らぎが小さいこと、一様性が高いこと、堅牢な作りであることから、高いエネルギー分解能を保ったまま大型化することが可能である。ELCC の原理検証は 10L の容積を持つ検出器により実証済みである。

現在、2.5MeV での性能評価や大型化の技術獲得のため、180L の容積を持つ圧力容器内部に試作機の開発を進めている。ELCC は 10mm ピッチでチャンネル数は 1500 である。ELCC はモジュール化されており、モジュールを付け足していくことで大型化が可能である。これまで、圧力容器、容器の土台、フィードスルー、ケーブル、読み出し回路、ガス系統の準備を進めてきた。

当該年度はスクロール真空ポンプ、循環ポンプ、昇圧ポンプが相次いで故障したが、スクロール真空ポンプについては交換、循環ポンプと昇圧ポンプについてはより高性能なポンプを選定し、交換作業と配管の工事を行い、高圧のキセノンガスを漏らさずに検出器に導入・循環・取り出しができるガスシステムを構築した。また、エネルギー分解能がガス中の不純物により悪化することを実機で確認し、純度のコントロールのために RGA によるガス分析も開始した。

180L 試作機は、最初の段階として 168 チャンネルでの試験を行っている。当該年度は、ELCC の構造の見直しにより、放電抑制や製作作業性の向上を達成した。また、良い出し回路のファームウェアのバグを修正・改良し、全チャンネルの MPPC の波形が正

しく取得でき、PMTとも連動してデータ取得ができることを確認した。

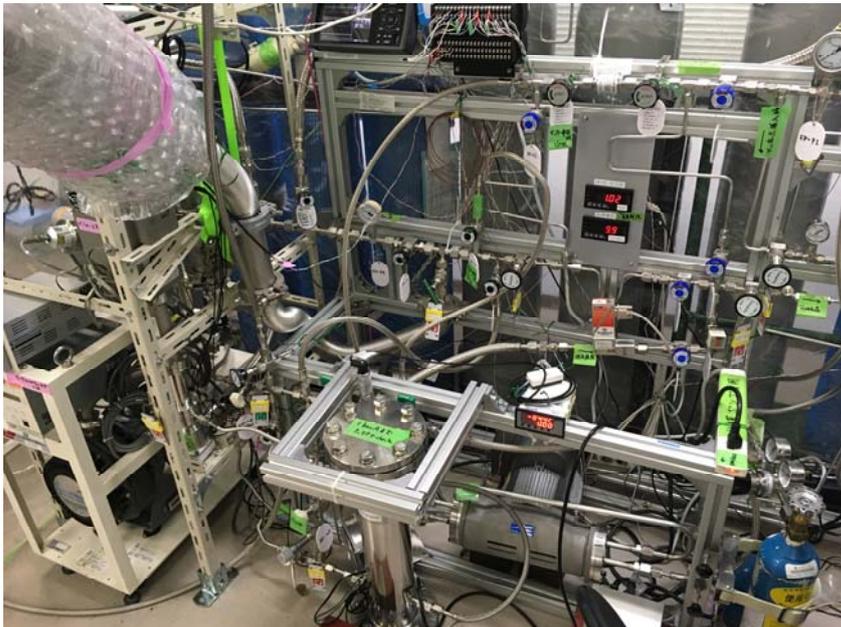


図1：新調した循環兼昇圧ポンプ（右下）と周辺配管。左側には RGA ガス分析機が存在し、純度の純度の確認ができるようになっている。

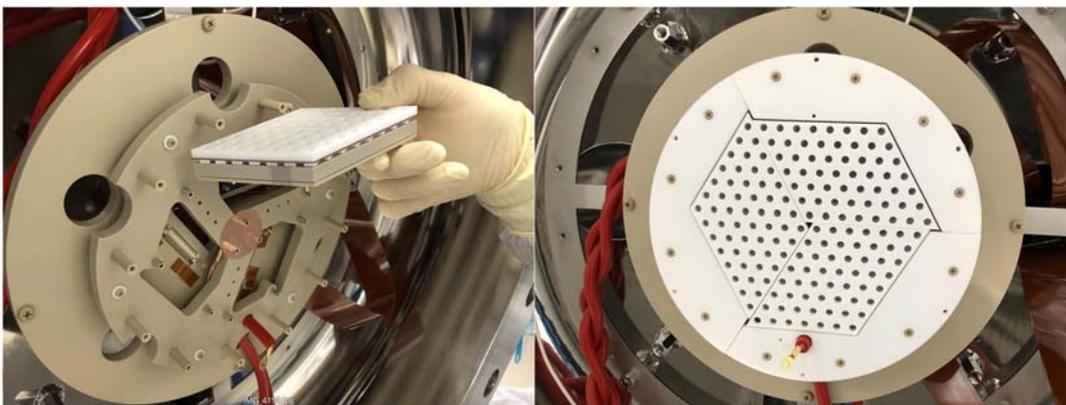


図2：構造を改良した ELCC。着脱をネジからピンに変えたことにより、作業性の向上や、位置精度の向上による放電防止や一様性向上が期待される。GND メッシュの貼り方や導通の取り方も向上し、以前よりも端部からのほつれが抑えられる。