

平成 21 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：液体キセノンの発光スペクトルの研究 英文：A study on emission spectrum of liquid xenon
研究代表者	横浜国立大学大学院工学研究院・准教授・中村正吾
参加研究者	東京大学宇宙線研究所・教授・中畑雅行 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 2 年・藤井景子 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 1 年・片倉勇人 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 1 年・片田夕貴 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 1 年・河野秀紀 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 1 年・鳥越 唯 横浜国立大学大学院工学府・研究生・村山育子
研究成果概要	<p>気体のキセノンを-110°C前後の低温に冷やし凝縮させて作られる液体キセノンは、真空紫外光を発する優れたシンチレータで、γ線に対する吸収係数が大きく発光量が多くて応答も速いという特長を有する。さらに、蒸留等による純化で放射性不純物が極超低レベルまで減らせることから、神岡の XMASS 実験をはじめとする暗黒物質探索など国内外の先端的な宇宙素粒子物理学実験で利用が進んでいる。しかし、実験の高精度化を目指す上で必要な物性のいくつかは、まだ満足な精度では知られていない。液体キセノンの発光スペクトルはこのような性質の 1 つで、文献によって引用値にばらつきも見られ、ピーク波長で 174nm から 178nm まで 2% を超えている。このばらつきは、液体キセノン中のシンチレーション光のレイリー散乱長に 20% を超える誤差をもたらすなど影響が大きい。また、光電子増倍管などの光センサーの量子効率や検出器内の様々な反射や吸収の見積りにも同様に誤差を生むことから問題となる。</p> <p>液体キセノンの発光スペクトルについて最も頻繁に引用される文献は 1965 年の Jortner の論文[1]で、ピーク波長として 178nm を報告しているが、同論文ではキセノン気体の発光スペクトルについて最近の測定値[2]と比べて 2-3 nm 長いピーク波長を報告しており、液体キセノンについても同様のずれの存在が疑われる。実際、低温の液体キセノンの発光スペクトルの測定では、高純度なキセノンと分光された微弱な真空紫外光の精度良い測光が要求される点が難しく、系統的な誤差が入りやすかったと思われる。</p> <p>その後現在まで、液体キセノンの発光スペクトルを精密に測ろうとする試みは他に見られないようであるが、液体キセノンを用いた実験が着々と進み大規模化しつつある現状では、発光スペクトルをじゅうぶんに精度良く測定することの緊急性は高まる一方である。</p> <p>本研究では、液体キセノンの発光波長を誤差 1 nm 以下という十分な精度で測定することを目指し、新たなシステム（図 1）を構築して実験を行う。これまでに、キセノン用の新しいセルと真空紫外光用の波長変換板の製作を行い、シンチレーション光を分光し</p>

た微弱光に適した同時計数法[3]による測光系を概ね構築したが、今年度は、構築した測光系を用いて、液体キセノンの微弱なシンチレーション光のスペクトルの最初の測定実験を行なった。

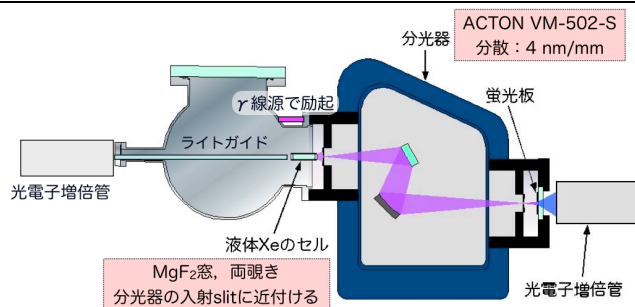


図1 液体キセノンの発光スペクトルの測光系

実験により得られた液体キセノンの発光スペクトルの初期の結果を図2に示す。上下の2つの図は、分光器のスリット幅を変えて測定したスペクトルである。測定時間は各点で 10^3 秒であり統計はまだ少ないが、微弱なシンチレーション光の波長スペクトルとつじつまの合う有意な信号を測定することに成功した。なお、ここにおいて、光電子増倍管の量子効率、光学セルのフッ化マグネシウム窓の透過率、分光器の効率等の波長依存性などは全て考慮し補正を行なったが、スペクトル形状への影響はいずれも非常に小さい。

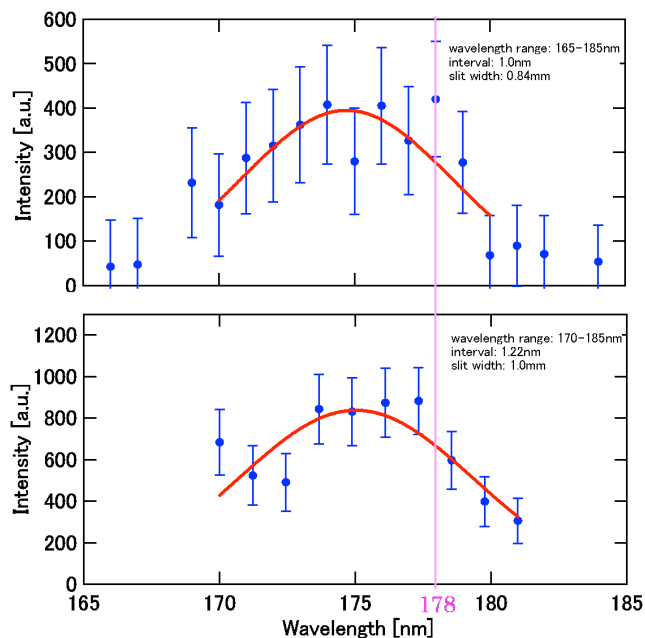


図2 本研究の初期の測定で得られた液体キセノンの発光スペクトル (preliminary)

図2のスペクトルにガウスフィッティングを行なうことにより、ピーク波長の preliminary な値として 175 ± 1 nm という結果が得られた。これは、Jortner 等の結果である 178 nm (図2の縦線) とは有意に食い違うようである。

より正確な波長スペクトルを求めるには、長時間の測定を行なって

統計誤差を減らすとともに、測定系の様々なパラメータを最適化することで系統誤差を減らす必要があるが、分光器の有限な分解能などを注意深く考慮しても、目標とする 1 nm 以下の精度でピーク波長を決めることが出来る目処が立っている。

現在、液体キセノンの発光スペクトルの高精度な測定の早期の実現に向けて、実験装置の最適化を準備している。また、続く計画として、信号処理回路系を改造してスペクトルの時間分解を行なうことも新たに計画している。

[1] J.Jortner et al., J. Chem. Phys. 42 (1965) 4250.

[2] 齋藤究他, 2007 年秋季応用物理学会学術講演会 6p-ZC-14.

[3] J.E.McMillan and C.J.Martoff, Meas. Sci. Technol. 17 (2006) 2362.