

平成20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・佐藤友厚 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期2年・宮本健司 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期1年・藤井景子
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%近い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、構築した測光系が機能することの最終的な実証試験として、液体キセノンの代わりにプラスチックシンチレータを用いて微弱なシンチレーション光のスペクトルの測定試験を行なった。</p>

プラスチックシンチレータは発光波長が可視域である点では測光しやすいが、液体キセノンよりもはるかに発光効率が低いため、分光器で分光され一層微弱になるシンチレーション光の測定という厳しい条件の試験に適している。

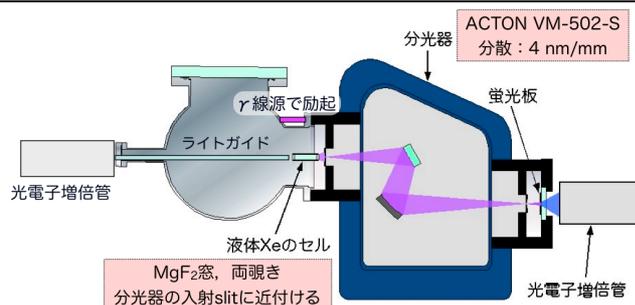


図1 液体キセノンの発光スペクトルの測光系

試験により得られたプラスチックシンチレータの発光スペクトルを図2に示す。同図が示す通り、シンチレーションによるスペクトルを高いS/Nで測定できることが確認できた(図2上)。なお、光電子増倍管の量子効率と分光器の効率の波長依存性を考慮して補正を行なった後、ピークにガウスフィッティングを行なうことで、ピーク波長として 431.1 ± 0.6 nm (stat.) という結果が得られた。これは同じシンチレータのUVランプによる蛍光スペクトル(図2下)のピーク波長とほぼ同じ結果となった。

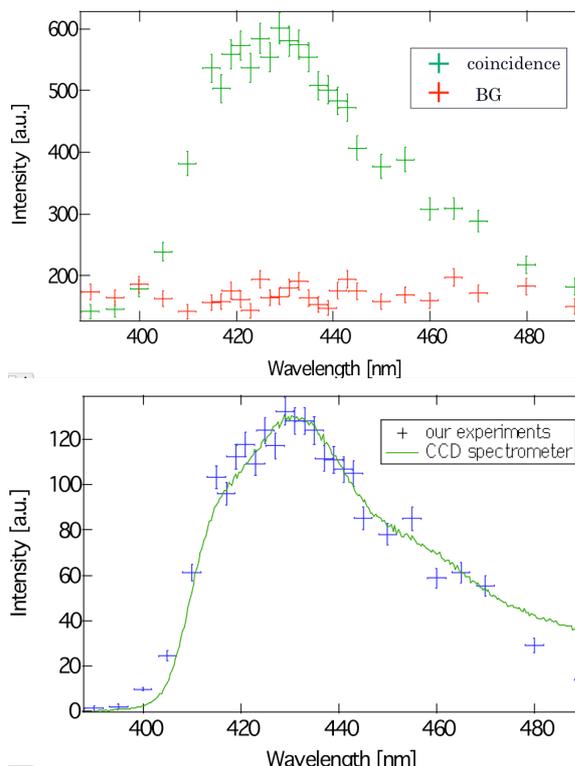


図2 プラスチックシンチレータの発光スペクトル
上：同時計数とBG，下：BGを差し引いた後。

波長を最終的に決める場合には、測定系の系統誤差を精度良く評価しなければならないが、分光器の有限な分解能他を考慮しても、液体キセノンについては目標とする1 nm以下の精度でピーク波長を決めることが出来るものと予想している。

現在は、当初の目的である液体キセノンの発光スペクトルの測定する実験の準備を進めており、次年度中に結果を出す予定である。

[1] J.Jortner et al., J. Chem. Phys. 42 (1965) 425.
 [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, physics/0606198 (2006).