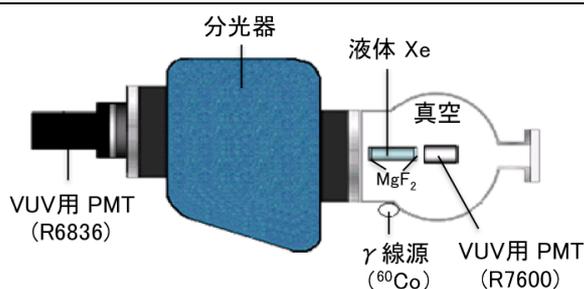


平成 22 年度共同利用研究・研究成果報告書

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・博士課程後期 1 年・村山育子 横浜国立大学大学院工学府・博士課程後期 1 年・藤井景子 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 2 年・片田夕貴 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 2 年・鳥越 唯 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 1 年・遠藤雄也 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期 1 年・高木雄太
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% を超える誤差を生ずるなど影響が大きい。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 等の論文[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 (VUV) 光の精度良い測光が必要である点が難しく、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</p>

とを目指し、新たなシステム（図1）を構築して実験を進めている。これまでに、キセノン用の新しい光学セルを製作し、シンチレーション光を分光した微弱光に適した光子同時計数法[3]による測光系を概ね構築して2009年度



に最初の試験を行なったが、今年度は、

図1 液体キセノンの発光スペクトルの測光系

昨年度の測光系を最適化して、再び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測定を試みた。特に、信号処理電子回路には、CAMAC システムの電荷積分型の ADC を導入して光電子増倍管の出力電荷量を測定し、同時計測回路系のタイミングを液体キセノンに適するように設定した。光学系は、真空槽内に新たに VUV 用小型 PMT を導入し、分光器のスリット幅を約 1nm の波長幅に相当する値に設定して、160-190nm で 1 波長あたり 1,000 秒間の測光を行なった。

実験により得られた液体キセノンの発光スペクトルを図2に示す。昨年の結果に比べて、SN 比で約 7 倍の向上を達成し、微弱なシンチレーション光の波長スペクトルを明確に得ることが出来た。スペクトルのピーク付近にガウスフィッティングを行なうことにより、発光のピーク波長は昨年の結果を再び支持して約 175nm となり、加えて

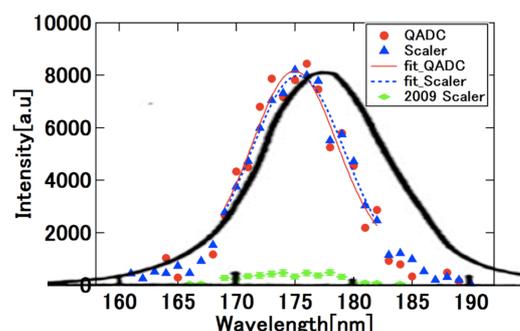


図2 得られた液体キセノンの発光スペクトル

ピークの幅 (FWHM) は約 10nm であるとの暫定的結果を得た。これらはいずれも、Jortner 等の得たスペクトル（図2の黒の曲線）とは有意に食い違っている。ここにおいて、光電子増倍管の量子効率、光学セルの MgF₂ 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。また、光学系の波長決定精度が 1nm 程度以内であることは、重水素ランプの特性スペクトルの実測により確認している。

今後は、様々な圧力および温度における測定と、励起する放射線種による発光波長の違いを測定する予定である。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。

なお、本研究は今年度より科研費（22540307）の助成を受けている。

[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.