

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：液体キセノン中におけるシンチレーション光の散乱過程の研究 英文：A study on scattering processes of scintillation photons in 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 東京大学宇宙線研究所・教授・森山茂栄 横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期・狩野芳樹
研究成果概要	<p>神岡の XMASS 実験では、宇宙物理学の最重要課題の 1 つである宇宙暗黒物質の正体の解明などを目指し、液体キセノンにシンチレータとして大規模に用いた研究を進めている。今後、実験の規模をさらに拡大し高精度化する上で、液体キセノンの基本特性を従来以上に正確に把握することはますます重要になる。なかでも、現在、理解が急がれる基本特性の 1 つが、真空紫外 (VUV) のシンチレーション光に対する散乱長 (散乱により一次光の強度が $1/e$ に減衰する距離) である。散乱長は、最近の大型液体キセノン装置により校正実験で得られた実測値 (およそ $52 \pm 1 \text{cm}$[1]) と、レイリー散乱過程を前提とした計算値 ($39 \pm 2 \text{cm}$[2]) との間で差異が有意になっており、およそ 20% にも及んでいる。一般的に VUV 光の測定では種々の不純物により光吸収が起きやすいことを考えれば、上記の実測値は下限値と見ることが自然であり、一方、計算は高次の散乱過程を無視する近似が普通であることから上記の計算値は上限値と見るべきで、従って、実測値と計算値との違いの説明は容易ではない。そこで本研究では、新たな散乱長測定実験として、外部光源で細い光ビームを生成して液体キセノン中に入射し、前方の光強度分布から散乱光と減衰した一次光の両方を測光する手法を開発して用いる。そして、液体キセノン中の光の散乱強度を波長依存性を含めて調べ、理論と比較することで光散乱過程の新たな知見を得て、液体キセノンで大規模に用いる次世代の実験を支援する。</p> <p>今年度は、主に、散乱光と減衰した一次光を測定する測光系の研究開発を中心に行なった[3]。最初に、液体キセノンの主たるシンチレーション光である真空紫外光の強度分布の測定手法について様々な検討を行なった。そして、光センサの選択肢が少ないことから真空紫外光の直接的な測光は行なわず、蛍光板により可視光に波長変換してから真空槽外の画像センサで測光する方法を選択して、具体的に種々の蛍光板と画像センサの組み合わせを比較検討した。その結果、最終的に RHEED 用の蛍光板と高感度 CMOS カメラの組み合わせが現実的であると判断して第一候補に選び、実際に、適切な応答特性が期待される蛍光板を製作し、CMOS カメラには産業用カメラを選定して導入した。</p> <p>その他、外部光源により波長可変で細い光ビームを実現する方法についても、従来の計画案についてさらに検討を加え、光学系にコリメータを追加して光ビームの質を上げることとした。なお、液体キセノンのシンチレーション光に赤外光が含まれていることが本研究の散乱長測定実験にどのように影響するかについても調査を行なった。</p> <p>[1] H.Takiya et al., NIM A 834 (2016) 192-196 ; 大谷航氏 私信。 [2] 中村正吾 他, 日本物理学会 2017 年秋季大会 (2017) 12aS35-03. [3] 中村正吾 他, 日本物理学会 2018 年秋季大会 (2018) 14aS12-9 ; 狩野芳樹 他, 日本物理学会 2018 年秋季大会 (2018) 14aS12-10 ; 中村正吾 他, 日本物理学会第 74 回年次大会 (2019) 14aK210-05.</p>
整理番号	B05