

学位論文及び審査結果の要旨

氏 名 藤井景子

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 工府博甲第478号

学位授与年月日 平成27年12月31日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 工学府 物理情報工学専攻

学位論文題目 液体キセノンシンチレータの発光波長の精密測定
(High-accuracy measurement of the emission spectrum of liquid xenon scintillator)

論文審査委員 主査 横浜国立大学 関谷 隆夫
横浜国立大学 田中 正俊
横浜国立大学 梅原 出
横浜国立大学 片寄 祐作
横浜国立大学 中村 正吾

論文及び審査結果の要旨

液体キセノンは、近年、優れたシンチレータとして様々な宇宙素粒子実験や医療用の放射線検出器に利用が広がっている。液体キセノンは、そのシンチレーションの波長が160-190 nmの真空紫外領域にあり、大気圧では-110°C程度の低温を必要とするため扱いが難しいが、大発光量で超高純度化が可能であり、 γ 線に対する遮蔽能も高いなど、多くの特長がある。これらを活かし、世界最大規模の宇宙暗黒物質探索である XMASS 国際共同実験や世界最高感度の μ 粒子希崩壊探索である MEG 国際共同実験などで、1トン規模の液体キセノンが実験装置の主要部に用いられている。その他、大規模に液体キセノンを用いる医療用 PET の開発も進められている。

液体キセノンを検出器に用い、その応答を正確に理解するには、液体キセノンの様々な特性を正確に把握する必要がある。なかでも発光波長は検出器内の主要な素過程の理解に必須であるにもかかわらず、これまで十分な精度で知られていなかった。本研究では、この発光波長を精密に測定する実験を行なった。液体キセノンは、冷凍機を用いて真空槽内

の小型セルに貯め、槽外の線源からの γ 線を照射して励起した。そして、液体キセノンが発する微弱なシンチレーション光は、分光器を通した後、光子同時計数法に基づく回路で、高い SN 比で光電子増倍管により光子計数を行なった。この測光を波長スキャンして行ない、さらに測光系のさまざまな効率と誤差をそれぞれ注意深く補正して、最終的な発光スペクトルを得た。結果として、液体キセノンの発光スペクトルはガウス関数型で良く表されることを見出し、その中心の波長は 174.8 ± 0.1 (stat.) ± 0.1 (syst.) nm, FWHM は 10.3 ± 0.2 (stat.) ± 0.2 (syst.) nm となった。これらの結果は従来にない高精度で、波長の中心値は従来に最も引用されてきた値に比べ約 3 nm 小さく、FWHM は約 4 nm 小さい。さらに、得られた波長値を用いて、波長により大きく変化するレイリー散乱長を注意深く計算して求め、 41.3 ± 1.7 cm という高い精度の結果を示した。この結果はこれまでで最も精度が高く、XMASS 実験を含め、液体キセノンを用いる様々な先端的宇宙素粒子実験や医療装置の開発にとって有用な情報である。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分に価値のあるものと判定した。