

平成23年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：液体キセノンのシンチレーションの減衰時間の研究
英文：A study on decay time of liquid xenon scintillation

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2年・村山育子
横浜国立大学大学院工学府・博士課程後期2年・藤井景子
横浜国立大学大学院工学府・博士課程前期2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・藤田崇徳
横浜国立大学理工学部・研究生・大山修平

研究成果概要

液体キセノンは、 γ 線に対する吸収係数が大きく発光量も多くて高速であるなど、多くの優れた特性を持ったシンチレータとして、神岡の XMASS 実験をはじめとする国内外の複数の宇宙素粒子物理学実験で応用が進んでいる。しかしながら、検出器の振る舞いを精確に把握する上で必須な液体キセノンの基本的特性のなかには、過去の古い技術で測られ精度が懸念されるものがあり、それらは現代の技術で再測定しなければならない。実際、我々は近年の研究により屈折率と発光スペクトルの再測定を行ない、過去のデータが精度不足であったことを明らかにしつつある。したがって、液体キセノンの他の性質についても調査を行ない、精度不足が懸念される特性は現代の技術で再測定すべきである。本研究ではこのような性質のうち、液体キセノンのシンチレーション光の減衰時間の測定を行なう。

液体キセノンのシンチレーション光の減衰時間は、過去の研究によれば励起放射線種により異なり、その時定数は電子に対して約 45 ns、 α 粒子と自発核分裂片に対しては速い約 4 ns と遅い約 20 ns の2成分が存在することが報告[1]されていて、励起放射線の弁別に有用であると考えられる。しかしながら、これらの測定では真空紫外光の測定に波長変換材の POPOP を用いていることから、波長変換時間の考慮が必要であるなど解析が複雑になっている。また、波長変換材によるキセノンの僅かな汚染とその影響も懸念される。

本研究では、液体キセノンの屈折率と発光スペクトルをそれぞれ精密に測定してきた経験を活かし、最近に用いた発光スペクトルの測定装置(図1)をベースに光子同時計数回路に時間計測機能を追加することで、シンチレーションの減衰の時定数を精確に測定

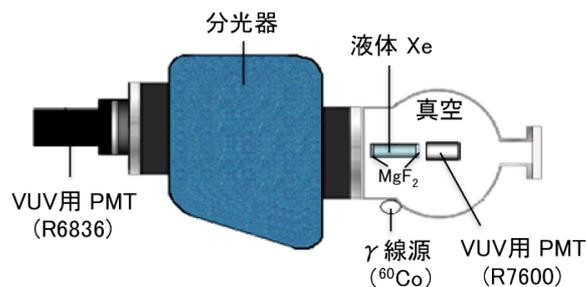


図1 測定装置の光学系

する実験を行なう。また同時に、発光スペクトルが減衰過程で変化していないかも調べる。発光スペクトルの時間変化に関する報告は過去に例が見当たらず、新たなデータがシンチレーションのメカニズムの理解にも有用な知見を与えるかもしれない。

今年度は最初に、実験系の回路に TDC と Constant Fraction ディスクリミネータを追加し、時間相関単一光子計数法 (TCSPC 法) のための時間測定機能を持たせてシンチレーション光の減衰時間特性を

測定出来るような機能を追加した (図 2)。そして、この回路系を用い、種々の結晶シンチレータを用いてシンチレーション光の減衰の時定数を測定する試験を行った。

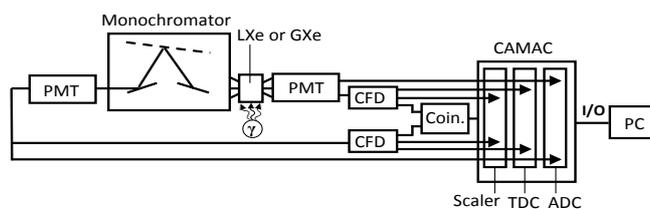


図 2 信号の処理回路系

次に、使用している光電子増倍管の応答時間を測定するために、基準として高速なレーザーパルス光源と前述の信号処理回路系を用いて、本研究に使用する真空紫外光用の光電子増倍管 (HAMAMATSU R6836 および R7600) の応答時間の測定を開始した。

また、これまで借用して用いていたパルス管冷凍機を新規購入した冷凍機に更新し、これに合わせて対応するコールドヘッドと温度制御系も新たに製作した。

以上に基づき、液体キセノンについてシンチレーション光の減衰特性の試験的な測定を開始した。現時点ではまだ、定量的な議論に耐え得るような減衰の時定数を算出出来るデータは得られていないものの、概ね目論見通りの測定系が出来つつあることを確認できた。

今後は、さらに系の調整を進めて、次年度に高精度の結果が期待される長時間測定を開始し、そしてその上で、種々の放射線に対するシンチレーション光の減衰の時間特性を測定して比較する予定である。

[1] E. Aprile and T. Doke, 2009, arXiv:0910.4956 and references therein.