

演習課題 12：最新のシンチレーション検出器を究めよう

～ 光る結晶と光る液体キセノン ～

素粒子物理学や高エネルギー物理学の実験研究の歴史は、放射線の研究の歴史ともいえます。 α 線を用いた原子核の発見、宇宙線を用いた陽電子の発見から、最近では天体ニュートリノの観測に至るまで、枚挙にいとまがありません。その一方で、放射線は、癌の診断と治療などの医療応用や、様々な物質構造の研究への応用も飛躍的に拡がりつつあります。

放射線を研究するには、何をおいても、その検出技術を研究する必要があります。それぞれの放射線は、どのような技術を用いた検出器をどのように用いて測ったら良いのでしょうか？そもそも、放射線が検出器（物質）に入射すると何が起きるのでしょうか？これらを知ることが検出器を考える基礎となります。

本演習課題では、現在皆さんが学びつつある物理学の基礎を駆使して、シンチレーション検出器と呼ばれる古くて新しい検出器に取り組んでみましょう。シンチレーション検出器は、放射線との衝突で原子又は分子が励起され基底状態に落ちる時に蛍光を発し、その光を光電子増倍管などの光センサで電気信号に変換して信号を得るものです。

具体的には、次の各課題に取り組みます：

1. 放射線（主に γ 線）と物質の相互作用の理解

放射線は様々な過程により物質と相互作用をします。 γ 線の場合、光電効果、コンプトン散乱、電子陽電子対生成が主な過程です。それらの特徴を理解しましょう。

2. 様々な結晶シンチレータの特性の比較

実際に放射線の測定実験を行います。放射線測定の実際は、体験して初めて分かるノウハウの多さに最初は戸惑うかもしれませんが、実験を進めるうちに慣れることでしょう。普通は接することの難しい何種類もの結晶シンチレータについて、その発光量、発光波長、エネルギー分解能、検出効率、時間特性、などを比較してみましょう（図1）。

3. 液体キセノンシンチレータによる γ 線の測定の理解

最後に、最新の液体希ガスのシンチレータを体験します。キセノンは皆さんが知っている通り希ガスの一種ですが、空気中には僅か 10^{-7} 程度しか存在せず、自分の目で見たことのある人はまずいないと思います。これが実は優れたシンチレータとして最近注目され、多くの宇宙素粒子物理学実験に用いられつつあります。現在開発中の実験装置（写真2）を用いて、液体キセノンを用いた測定を行なってみましょう。低温技術と真空技術が必要なため、自由に使いこなすのは難しいかもしれませんが、将来性のある最新のシンチレータを自ら体験する貴重な機会となるでしょう。

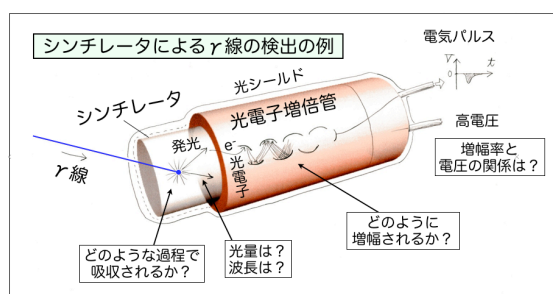


図1 結晶シンチレータを用いた測定

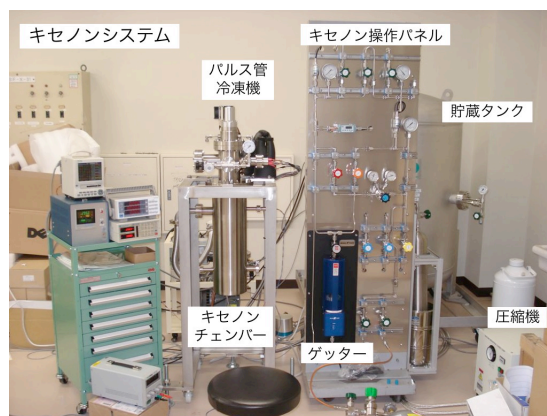


図2 液体キセノンの実験装置

大学で物理学を学ぶ課程に所属していれば、NaI(Tl)などの結晶シンチレータを用いて γ 線を測定する学生実験を体験することは珍しくないかもしれませんが、しかし、本演習ほどに最新のものを含めた多くのシンチレータを取り上げ、実際に多くの放射線測定を集中して行い、それらの特性を比較して応用も考えるようなチャンスは他にないことでしょう。この演習をきっかけに、若い皆さん方の頭脳から、シンチレータの新しい応用や、新しい基礎実験のテーマが将来に生まれることを期待しています！