

### ■理科の授業で使われるクルックス管

クルックス管などの真空放電管から X 線が放出されていることはレントゲンによって 19 世紀に発見されており、最も古くから放射線を放出していることが知られていた装置といえることができる。我々の研究においても、15 cm の距離における 10 分間の測定で 70  $\mu\text{m}$  線量当量が 32.6 mSv ( 196 mSv/h に相当) という高い線量の X 線を漏洩する装置が見つかっている。このため、放射線が放出されていることを知らずに不注意に取扱うと大きな線量を被ばくする恐れがある。

一方、中学校の理科の授業においては 2017 年 6 月に出された学習指導要領の解説理科編ではクルックス管などの真空放電の観察が謳われており、2017 年 3 月に公示された学習指導要領の内容の取扱いに於いて「真空放電と関連付けながら放射線の性質と利用にも触れる」ことが謳われている。このため、学校教員各自がクルックス管から放射線が放出されるメカニズムを理解し、安全に実験するための注意点を把握している必要がある。

### ■クルックス管から放出する X 線の測定

放射線の計測には様々なサーベイメーターが使用されるが、その多くは比較的エネルギーの高い  $\gamma$  線や、 $\beta$  線の測定を対象としている。全身への影響の目安となる 1cm 線量当量は、Cs-137 からの 661 keV の  $\gamma$  線に対して校正されている線量計がほとんどであり、エネルギーのピークが 20 keV 以下のクルックス管からの X 線はエネルギーが低すぎ、さらにパルス状にごく短い時間に集中的に放出されるため正常に測定することができない。また 20 keV 程度の低エネルギーでは 1cm 線量

当量が全身への影響の目安とならない。

放射線計測の専門家であれば、70 $\mu\text{m}$  線量当量や空気カーマを測定可能な電離箱や、蛍光ガラス線量計、OSL 線量計、TLD 線量計などの積算型固体線量計により正確な測定が可能であるが、一般の教育現場では正確な評価は極めて困難である。

### ■クルックス管実験上の注意点

このため 2017 年から有志によるプロジェクトによって、正確な測定、現場での運用、線量評価といった多方面から検証がなされた。2019-2020 年度には日本保健物理学会の専門研究会において線量測定に依らない安全確保のための注意点が以下の様に取りまとめられた。

- 放電極を必ず使用し、放電極間距離は 20mm 以下とする。
- 放電極表面は清浄にした上で、円板電極側を-極にする
- 誘導コイルの放電出力は、電子線の観察ができる範囲で最低に設定する。
- できる限り距離を取る。生徒への距離は 1 m 以上とする。
- 演示時間は年間 10 分程度に抑える。

特に安全弁としての放電極間の距離設定が重要であり、意図しない電圧上昇に伴う急激率の上昇による漏洩線量率の上昇を防ぐことができる。

専門研究会ではどれだけ線量を下げれば安全といえるかについても検討。IAEA BSS 等で示されている国際的な免除レベルである実効線量で 10  $\mu\text{Sv/y}$  を目標とし、専門研究会ではその検証研究も実施された。