

モンテカルロシミュレーションによる制動 X 線計測法での 希ガス中トリチウム測定の見直し

Monte Carlo Simulation of Tritium Measurement in Rare Gases

by Bremsstrahlung X-ray Spectrometry

*原 正憲¹, 内川 稜太¹, 波多野 雄治¹, 松山 政夫¹, 阿蘇 司²,
池本 憲弘³, 伊藤 剛士³, 川上 智彦³, 蓼沼 克嘉³

¹富山大学, ²富山高専, ³樹化研

制動 X 線計測法は希ガス中のトリチウム測定手法として期待されている。しかし、所定濃度のトリチウムを含む希ガスを調製し、測定実験を行うのは困難である。そこで、モンテカルロシミュレーションを用いて、制動 X 線計測法による希ガス中のトリチウム測定を見直した。その結果を報告する。

キーワード: トリチウム測定, 制動 X 線計測法, 希ガス, モンテカルロシミュレーション, Geant4

1. 緒言 トリチウムを含む水素同位体をガスクロマトグラフ法により同位体分離する際には、ヘリウム、ネオン等の希ガスがキャリアーガスとして使用される。希ガス中のトリチウムをインラインで測定する手法の一つに制動 X 線計測法 (BIXS) がある。しかし、種々の希ガス中の様々な濃度のトリチウムガスを BIXS により系統的に測定した報告はない。これは、所定濃度のトリチウムを含む希ガスを任意の圧力で用意することが難しいためである。そこで、BIXS 用のガスセルを設計するために作成したモンテカルロシミュレーションコード[1]を使用して、トリチウムを含む希ガスの BIXS 測定を見直した。

2. モンテカルロシミュレーション トリチウムのベータ線により誘起される X 線スペクトルの計算には以前に報告した Geant4 を用いたモンテカルロシミュレーションコードを使用した[1]。計算に使用したガスセルはステンレス製の円筒形で、直径 25 mm、長さ 20 mm のガス容積を持つ。ガス容積の片方には 150 nm の金で覆われたベリリウム製の X 線透過窓を備える。この窓を透過した X 線のエネルギーをヒストグラムとして蓄え、ベータ線で誘起された X 線スペクトルを得た。トリチウムのベータ線は等方的にガス容積内で均一に発生させた。ガス容積内はヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトンの希ガスで満たした。

3. 結果 計算により得られた X 線スペクトルは 2 keV から 15 keV に広がる制動 X 線とガスセルを構成する元素より発生する鋭い特性 X 線から成り立っていた。ガス圧力が 0.01 atm 以下ではいずれの希ガスにおいても同様な X 線スペクトルであった。しかし、ガス圧力が高くなるに従い発生する X 線の頻度は減少し、スペクトル形状にガス種依存性が現れた。特にアルゴンではアルゴンの特性 X 線が顕著に発生した。このため、他の希ガスと異なり、圧力が高くなるに従い X 線の発生効率が上昇した。クリプトンでは、圧力が高くなるに従い特性 X 線は見えなくなり、制動 X 線のみとなった。

参考文献

[1] M. Hara, S. Abe, M. Matsuyama, T. Aso, K. Tatenuma, T. Kawakami, T. Ito, Design of a tritium gas cell for beta-ray induced X-ray spectrometry using Monte Carlo simulation, Fusion Eng. Design, 119(2017)12-16.

*MasanoriHara¹, Ryota Uchikawa¹, Yuji Hatano¹, Masao Matsuyama¹, Tsukasa Aso², Norihiro Ikemoto³, Takeshi Ito³, Tomihiko Kawakami³, Katsuyoshi Tatenuma³

¹Univ. Toyama, ²NIT, Toyama College, ³Kaken Co. Ltd.