

制動放射を模擬したエックス線照射による水の放射線分解の研究

(1) 吸収線量と吸収スペクトルの測定

Studies on Water Radiolysis under Irradiation of X-ray Simulating Bremsstrahlung

(1) Measurement of Dose and Photon Spectrum Absorbed in Water

*松村 太伊知¹, 永石 隆二¹, 桑野 涼¹

¹ 日本原子力研究開発機構

原子炉、吸着塔、収納缶等の金属構造材表面では β 線や二次電子から低・連続エネルギー化した制動放射が発生して、これが水の分解を引き起こして構造材の腐食等に影響を及ぼしている。ここで、放射線分解する水はその層の厚さによって異なる線質（エネルギー・スペクトル）の制動放射を吸収するため、放射線分解実験を行う場合はこれを考慮した高度な線量評価が重要となる。そこで本報告ではシリーズ発表の1番目として、制動放射の模擬としたX線の水への照射を高精度線量計とスペクトロメータを用いて測定して、水への吸収光子の入射最大エネルギー（管電圧）や水層の厚さに対する依存性を議論した。

キーワード：エックス線・水・吸収線量・吸収スペクトル・エネルギー吸収係数

1. 緒言

これまで入射線種（ β 線、 γ 線）、構造材の種類（SUS304、SUS316L）や厚さを変えながら水中の構造材近傍の放射線環境の再現を計算科学手法によって行い、これらをもとに構造材近傍の光子・電子のエネルギー分布評価^[1]を行ってきた。ここで、二次的に発生した制動放射は発生源の放射線より低エネルギーで、連続エネルギー（スペクトル）を有することが確認される。これが水に吸収される場合、スペクトルの低エネルギー側から優先的に吸収され、これに伴い吸収された制動放射の線エネルギー付与（LET）が入射した制動放射よりも高くなるため、吸収線量を評価するには、これを考慮した高度な測定が必要となる。

本研究では制動放射を模擬したX線を石英管に入れた水に照射し、水の有無及び高さ、X線の管電圧を変えながら、照射装置内に導入した精密線量計とX線スペクトロメータを用いてそれぞれ透過X線の線量率とスペクトルを測定した。これらの結果をもとに、水が吸収したX線の線量率及び線質を評価した。

2. 実験

X線照射には富岡町のCLADS国際共同研究棟に設置のX線照射装置（MBR-1520R-4、日立パワーソリューションズ）を用いた。管電圧は35-150 kV、管電流は20mA、フィルターはAl、Al+Cuフィルターを用いた。精密線量計はRAMTECH Light（東洋メディック、電離箱式プローブTN30013（PTW））を、X線スペクトロメータはEMF123型（EMFジャパン、CdTe半導体検出器）を用いた。スペクトルの測定では、水を透過したX線を黒鉛散乱体で90度散乱させて、これをレスポンス補正（コンプトン散乱法^[2]、K吸収端・90度散乱）して直接線に変換した。放射線透過性に優れたカプトンフィルムを石英管の底面に張った容器に水を入れ、その高さを0-40 mmと変えながら透過した線量率及びスペクトルを測定した。

3. 結果と考察

実験結果の一例として、図1に管電圧と水層の高さによる水の透過率の依存性を示す。水無しでの線量 D_0 、各水層の高さでの線量 D_t とすると、透過率 D_t/D_0 は $D_t/D_0 = I_t/I_0 = \exp(-\mu_{tot} X)$ と表すことができる。ここで、 μ_{tot} は水の線減弱係数、 X は水層の高さ（厚さ）である。X線管から放出されるX線は加速電子のWターゲットでの制動放射によって連続エネルギー分布を有しているが、本測定データをもとに上式から導出された μ_{tot} は水層に吸収された単色の光子エネルギー（平均・代表値）を与え、これから線質（LET）を求めることができる^[3]。

本報告では、縦軸（光子数・線量）によって異なるスペクトルについて述べるとともに、水層厚さや管電圧が水に吸収されたX線のエネルギーやLETにどのように影響するか議論する。

参考文献

- [1] 松村太伊知, 永石隆二ら, 「放射線環境での構造材近傍のエネルギー・スペクトル評価」, 原子力学会2018年春の年会, 2M03 (2018) 他.
- [2] Balza Achmad, Esam M.A. Hussein, "An X-ray Compton scatter method for density measurement at a point within an object", Applied Radiation and Isotopes, 60, 805-814 (2004) 他.
- [3] 永石隆二, 桑野涼, 松村太伊知, 「低透過性放射線による水の分解での水素発生等の測定」, 原子力学会2019年春の年会, 1D06 (2019) 他.

*T. Matsumura¹, R. Nagaishi¹, R. Kuwano¹

¹Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

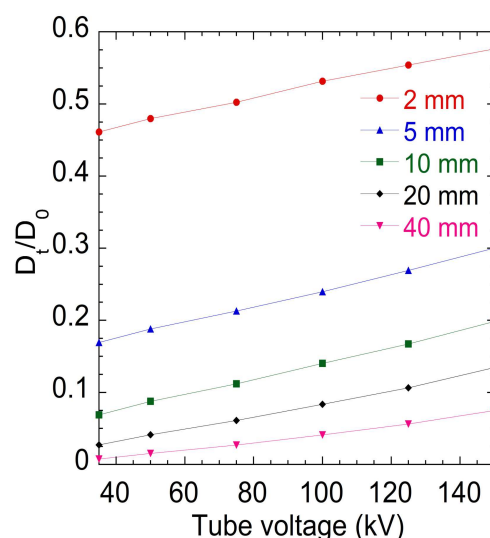


図1 水の透過率のX線発生管の管電圧と水層の厚さに対する依存性