

トラック拡散モデル計算による高温水の中性子ラジオリシス初期過程の研究

Track diffusion model simulation study on primary processes of neutron radiolysis of water at high temperatures

*室屋 裕佐¹、和田 陽一²、橘 正彦²、石田 一成²、清水 亮介³、古澤 孝弘¹

¹阪大産研、²日立・研開、³日立 GE

トラック拡散モデルに基づく高温水の中性子ラジオリシス計算コードを構築し、BWR 条件を含む室温～亜臨界状態にわたる放射線誘起反応の初期過程を調べるとともに、いくつかの炉型(異なる中性子スペクトル)における初期分解生成物のプライマリ G 値 (g 値) を評価した。

キーワード：高温水、中性子ラジオリシス、トラック拡散モデル計算、初期過程、プライマリ G 値

1. 緒言

軽水炉の健全性評価において、様々な放射線化学の知見に基づき冷却水の化学雰囲気を正確に把握することが重要である。高温水ラジオリシスの知見は、線エネルギー付与(LET)の低い放射線 (β , γ) 照射に関しては近年充実しつつあるが、高 LET 線 (中性子やイオンビーム) については必ずしも充分ではなく、分解生成物のプライマリ G 値等の報告値も一致していない。本研究では、中性子ビーム誘起のラジオリシスコードを構築し、沸騰水型原子炉(BWR)炉水温度を含む室温～亜臨界状態の放射線誘起反応の初期過程、および BWR と研究炉 (中性子スペクトル) における水分解生成物のプライマリ G 値 (g 値) の評価を行った。

2. 中性子ラジオリシス初期過程計算コード構築

中性子照射によるエネルギー付与は、中性子自身ではなく主に水分子から生じる反跳陽子 (高 LET) によって行われることから、様々な LET の陽子線トラック (円筒状) の拡散反応モデルに基づく中性子照射の計算コードを構築した。イニシャル G 値 (1 ピコ秒) や約 60 式の化学反応セットなど、原理的に低 LET 線と同じものはその知見を活用した[1,2]。

3. 結果と考察

図 1 に様々な LET の陽子ビーム照射下の OH ラジカル G 値の時間挙動を示す。高 LET ほど G 値が低下するが、これはトラック内のラジカル間反応がより顕著となるためである (例えば $\text{OH} + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$ など)。高温では H 由来の OH 再生反応 ($\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{OH}$) 等も顕著となる。

ある初期エネルギーの中性子から複数の反跳陽子トラックが生成し、また陽子のエネルギーに応じて LET も 5~80 eV/nm に変化する。それらの効果を考慮して中性子照射の計算を行い、異なる中性子スペクトルを持つ炉における主な放射線分解生成物のプライマリ G 値 (g 値) を見積もった結果を図 2 に示す (破線: BWR、実線: 高速炉弥生 (東京大学))。プライマリ G 値は低 LET 線ではビームエネルギーにあまり依存しないが、中性子では 10~20% 程度変化することが示唆された。

参考文献

[1] A. J. Elliot et al., *AECL report*, 2009. [2] Y. Muroya et al., *PCCP*, 2017.

*Yusa Muroya¹, Yoichi Wada², Masahiko Tachibana², Kazushige Ishida², Ryosuke Shimizu³, Takahiro Kozawa¹

¹ISIR, Osaka Univ., ²Res. Develop. Gr, Hitachi, Ltd., ³Hitachi-GE Nucl. Energy, Ltd.

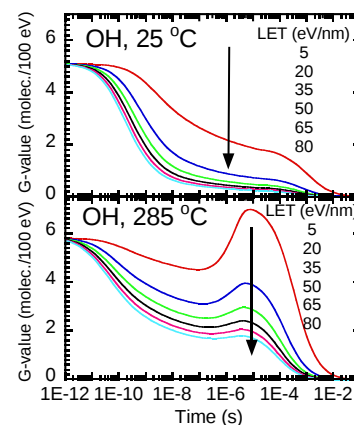


Fig. 1. Time dependent G-values of OH at various LET between 5 to 80 eV/nm at 25 °C (upper) and 285 °C (lower).

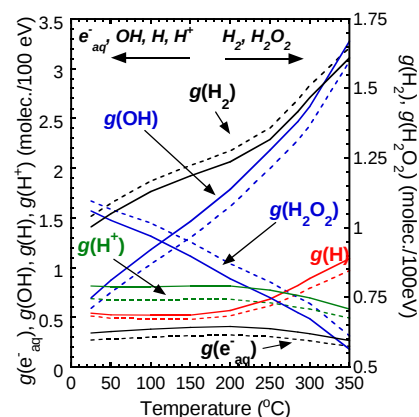


Fig. 2. Primary G-values of main radiolytic species at high temperatures evaluated for BWR (dashed lines) and Yayoi (solid lines).