

放射線誘起表面活性効果を用いた超臨界圧冷却水炉の基盤技術研究 第7報 大気雰囲気下における放射線照射による金属材料の濡れ特性

Research on fundamental technology for SCWR based on RISA

7th report, Wetting characteristics on metal by irradiation under ambient atmosphere

*小林 明博¹, 叶野 翔², 楊 会龍², 波津久 達也³, 阿部 弘亨²

¹東北大学, ²東京大学, ³東京海洋大学

オーステナイト系ステンレス鋼を大気雰囲気中 773 K で表面酸化させ、放射線誘起表面活性効果の発生及び消失の時間変化を評価した。

キーワード: 濡れ性、放射線誘起表面活性効果

これまでに、燃料被覆管材料等の炉内材料において、放射線表面誘起活性 (RISA) 効果による表面の濡れ性及び耐食性の向上が確認されている^[1]。これは、金属表面に存在する酸化被膜へのバンドギャップ (BG) を超えるエネルギーを持つ放射線照射により、被膜内部での電子の励起による、電子・正孔対の偏在化による現象と理解されている。本研究では、超臨界圧水冷却炉環境下における燃料被覆管材料への RISA 効果の発現の有無を明らかにすることを目的とし、この候補材である PNC1520 に対して水滴接触角法により、放射線照射による金属材料の濡れ特性変化の定量評価を試みた。

供試材として、鏡面研磨した PNC1520 を大気雰囲気中において 773 K で 24 hr の酸化処理したものを使用した。その後、UV-A (3.37 eV)、UV-C (4.48 eV)、 γ 線 (1.17、1.33 MeV) を照射し、水滴接触角の照射量依存性を評価した。UV-A 照射後の水滴接触角は 68.2 deg であり、照射による接触角の低下は起こらなかったのに対し、UV-C ならびに γ 線照射では、照射量の増加に伴い水滴接触角が低下し、UV-C、 γ 線照射における接触角は、それぞれ 15 deg、10 deg で飽和した。XPS による酸化皮膜の化学分析より、酸化被膜における酸化物の組成は Fe 系、Cr 系、Ni 系酸化物がそれぞれ 74、18、8 % であり、これら酸化物 BG の文献値はそれぞれ、2.3、3.4、4.3 eV である。これらより、UV-C ならびに γ 線照射では、全ての酸化物種に対し BG 以上のエネルギーを付与される。一方、UV-A 照射により Fe 系酸化物では BG 以上のエネルギーが付与されているのにも関わらず、照射による濡れ性変化が生じなかった。これまでに、RISA による濡れ性の改善の機構としては、水のカソード反応によって生成した -OH が試料表面で安定化することで、親水化し、濡れ性が向上すると考えられている。しかし、UV-A 照射下においても Fe 系酸化物では RISA 反応が生じ、-OH が形成され、濡れ性の改善が見込まれるものの、水滴滴下試験より、その反応を捉えることが出来ず、上述の機構によって実験結果を説明することが出来なかった。他方、UV-C ならびに γ 線照射では空気中の水が分解し、ヒドロキシラジカル (\cdot OH) が生成するが、UV-A では波長が長く、水の放射線分解によるラジカル反応が生じない。この \cdot OH はアノード側で正孔と反応し、安定化するため、試料表面が親水化し、濡れ性の改善が生じる。つまり、水への放射線分解によって生じる \cdot OH が濡れ性改善に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

[1] 仮屋崎誠, 阿部弘亨, 佐谷野顕生 他, 日本金属学会誌, 71, 4, 423-426(2007).

[2] K. Seki, M. Tachiya, J. Phys. Chem. B. 108, 4806-4810(2004).

*Akihiro Kobayashi¹, Syo Kano², Huilong Yang², Tatsuya Hazuku³ and Hiroaki Abe²

¹Tohoku Univ., ²The University of Tokyo, ³Tokyo University of Marine Science and Technology.