

γ 線誘起相変態によるイットリア安定化ジルコニアの強度劣化挙動の解明

Clarify of degradation mechanism for yttria-stabilized zirconia by gamma-ray-induced phase transformation

*奥野 泰希¹, 中島 浩司^{1,2}, 喜多村茜¹, 内堀 揚介^{1,2}, 保田 諭¹, 朝岡 秀人¹, 大久保 成彰¹

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 北海道大学大学院総合化学学院

加速器駆動システム(ADS)では、鉛ビスマス共晶合金(LBE)の酸素制御により配管の侵食・腐食を抑える必要がある。LBE中の酸素濃度を測定するためにイットリア部分安定化ジルコニア(PSZ)を用いた酸素センサーが有力であり、ADS運転時の放射線による影響を解明することが課題である。本研究では、ADS運転環境下で想定される1 kGy以上の γ 線を照射した際のPSZの強度劣化挙動について解明する。⁶⁰Co γ 線照射の結果、PSZ単斜晶中に相変態が生じていることが観測された。この相変態は、照射線量に依存して増加していることが確認され、⁶⁰Co γ 線の付与エネルギーによって引き起こされた事が明らかになった。またラマン観察の結果、PSZ固有の応力誘起層変態強化機構に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

キーワード：イットリア安定化ジルコニア、応力誘起層変態、 γ 線誘起相変態、酸素センサー

1. 緒言

分離変換技術として加速駆動型システム(ADS)が考案されている。ADSでは、各破砕ターゲットと冷却材に鉛ビスマス共晶合金(LBE)の液体が使用されており、侵食や腐食によって配管構造物に影響を与えと考えられている[1]。この侵食や腐食は、LBE中の酸素濃度を制御することにより、抑制されるため、LBEの酸素濃度評価のためのイットリア部分安定化ジルコニア(PSZ)を用いた酸素センサーが開発されてきた。LBEは各破砕や放射化によって、放射能を有する物質へ変換され、数kGy/hの高い放射線環境が形成されると考えられている。本研究では、ADSで酸素センサーが安全に使用できるように、放射線環境がPSZの破壊靱性および相転移に及ぼす影響を明らかにする。

2. 実験手法

試験片は、3 mol%のイットリアを添加したジルコニア試験片(3-PSZ)を使用し、その寸法および表面は、JIS R 1601:2008に準じて、それぞれ3.0 mm × 4.0 mm × 40.0 mmおよび、鏡面研磨面であった。空気換算線量で700 kGy – 1 MGyの⁶⁰Co γ 線および100 keV電子線を試料へ照射し、その表面の結晶構造をXRDおよび顕微ラマン分光により分析した。破壊靱性を測定するため、4点曲げ試験を行った。曲げ試験後の試験片の破断面の結晶構造を、顕微ラマン分光を用いたマッピング測定によって解析した。

3. 結果と考察

3-PSZ試験片のXRD測定の結果、未照射材では、正方晶のみ観測されたが、 γ 線照射後に単斜晶が観測された。またこの単斜晶の成分量は、照射線量が増えると増加する事が明らかになった。これは、 γ 線によって相変態が誘起されたことを示している。変位損傷が起きない100 keV電子線を照射した際にも、顕微ラマン分光測定により、単斜晶成分の増加が確認されたことから、この相変態が電離損傷によるものが明らかになった。また、空気換算線量で6000 kGyの γ 線が照射された試験片では、強度の低下が観察された。また顕微ラマン分光による破面のマッピング測定の結果、応力誘起相変態によって生成された未照射材の破面の単斜晶分布に比べて[2]、照射後の試験片断面は中央の単斜晶の割合が多く、応力誘起相変態強化機構へ影響を及ぼしている可能性があることが明らかになった。

参考文献

[1] N. Okubo, et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B, in Press (2017).

[2] C. M. Ramos, APPLIED SPECTROSCOPY, **69**, 810 (2015).

*Yasuki Okuno¹, Koji Nakashima^{1,2}, Akane Kitamura¹, Uchibori Yosuke^{1,2}, Satoshi Yasuda¹, Hideto Asaoka¹, Nariaki Okubo¹

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Hokkaido Univ. Grad. Sch. of Chem. Sci. and Eng.