

발전소 내부선량 평가용 Alanine의 ESR 스펙트럼 변화

안진희 · 박병룡 · 최훈 · 임영기*
방사선보건연구원 · 대한방사선방어학회*
E-mail: jini4085@nate.com

중심어 (keyword) : ESR, dosimeter, Alanine, 흡수분광기법

서론

온도와 방사선은 원자력발전소 내에서 케이블 노화의 주요한 원인으로 알려져 있다[1][2]. 케이블에 대한 방사선 효과는 총 흡수선량의 양과 관련된다[2]. 케이블의 흡수선량평가를 위해 한번에서 두 번의 연료교체주기 동안 알려진 선량계를 발전소의 내부에 설치했다. 설치된 선량계의 흡수선량은 감마선원에 노출된 표준 선량계와 비교하여 평가했다. 정상적인 발전소 운영 시 케이블에 중성자 선량의 효과가 무시되고, containment vessel의 설치 위치는 일반적으로 중성자에 노출되지 않기 때문에 모든 선량계는 감마선에만 노출되었다고 가정한다. 그러나 원자력발전소의 containment vessel에서 회수한 선량계의 스펙트럼은 감마선에만 노출된 표준선량계의 스펙트럼과 다르다. ; 몇몇 선량계의 주 피크와 부 피크의 비율. 다른 논문에서 이것은 알려진 선량계가 다른 종류의 방사선에 노출되었다는 것을 의미한다. : 중성자. 원자력발전소에서 회수한 알려진 펠릿의 피크 비율을 측정하여 감마선에만 노출된 표준 알려진 펠릿과 비교하였다.

방법 및 결과

1. Alanine dosimeters and standard pallet

알라닌은 BioMax의 제품으로 α -amino acid alanine이 포함되어 있고, $\text{NH-CH}(\text{CH}_3)\text{-COOH}$ 와 binding 물질인 Teflon으로 이루어져 무게는 $64.5 \pm 0.5\text{mg}$ 이고, 직경 5mm, 높이는 3mm인 원기둥 모양이다.

2. ESR systems

선량계의 모든 선량 값은 e-scan으로 측정하였으며 펠릿의 질량과 온도로 보정했다. ^{60}Co 에 노출시킨 NPL(National Physical Laboratory)의 표준샘플로 e-scan의 Calibration curve를 얻고 각 펠릿의 흡수선량을 평가했다. 피크 비율의 측정은 Bruker사의 X-band EMX ESR spectrometer를 이용하여 정상적인 대기상태(RT, RH:25%)에서 측정했다.

3. Spectrum comparison of dosimeters

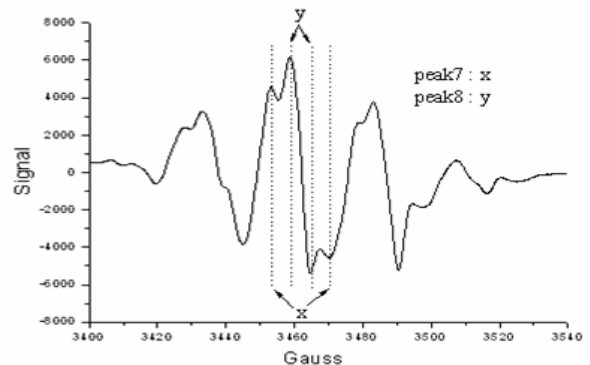


Figure 1. Signal ratio of alanine pallet γ -ray irradiated (NPL, exposed to gamma radiation)

EMX ESR spectroscopy system을 이용하여 감마선만 노출된 알라닌 샘플과 감마선과 중성자에 노출된 알라닌 샘플의 스펙트럼을 그림1에 나타냈다. 샘플의 중성자 노출 여부는 시그널 피크의 비율로 알 수 있다[3][4]. 혼합 방사선장에 노출된 후 시그널의 변화는 적당한 측정 요인을 선택하여 얻을 수 있다.

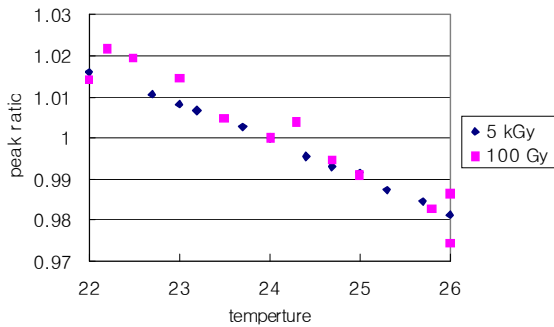


Figure 2. Peak ratio change on temperature change in cavity of EMX(peak ratio normalized to 24°C)

모든 알라닌 펠릿의 피크 비율은 cavity 안쪽의 온도변화에 민감하다[5]. 비율변화는 8번 피크의 변화와 비교해 상대적으로 큰 7번 피크의 변화에 기인하는데 7번 피크는 온도변화에 민감하므로 모든 데이터는 그림2의 그래프에 나타난 것과 같은 온도변화 요인에 의해 보정되어야 한다.

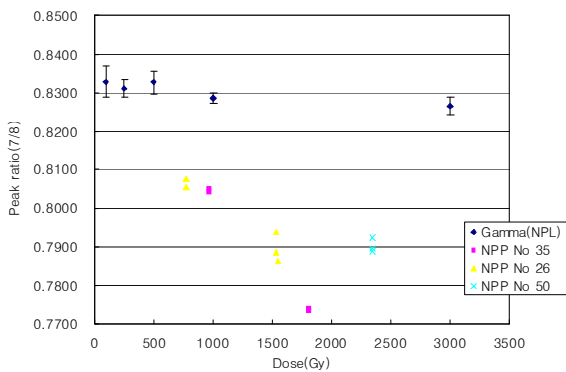


Figure 3. peak ratio of alanine pallet which is γ -ray irradiated from NPL and returned from NPP after 1 and 2 fuel cycle.

결론

원자력 발전소에서 수거한 alanine 펠릿의 자유라디칼은 원자로에서 방사된 감마선, 중성자 및 다른 이온화 방사선에 의해 생성되는데 이러한 라디칼 사이에서 감마선에 의한 라디칼의 구별은 어렵다. 그러나 만약 알라닌 펠릿의 라디칼 수를 알 수 있다면 혼합 방사선장에 노출되어 나타나는 피크 값의 변화로 각각의 방사선에 의해 나타난 대략적

인 라디칼 비율로 평가하는 방법이 가능할 수 있다.

$$1) N_t = N_r + N_n \quad D_t = C_1 N_t$$

N_t 는 알라닌 펠릿의 총 라디칼 수, N_r , N_n 은 각각 감마선과 중성자선에 의한 라디칼 수, D_t 는 e-scan의 시그널 피크의 폭(감마등가흡수선량)을 나타낸다. 일반적으로 혼합장에서 라디칼의 양은 각 방사선에 의해 선량계로 전이된 G값과 에너지에 의해 결정된다.

그러므로 중성자와 광자의 방사선에 의한 피크 비율 변화는 다음과 같다.

$$2) R_m D_t = R_r D_r + R_n D_n \quad R_m, R_t, R_r = C_2$$

R_m , R_r , R_n 는 중성자와 감마선량에 따른 피크 비율 변화이다. 중성자에 의한 피크 비율의 감소경향은 이미 논문에서 기재된 바 있다[3][4]. 일반적으로 R_r 값은 감마선 누적 실험으로 구할 수 있지만 R_n 은 관계식에 따라 R_m 값 변화 비율이 선량범위에 대한 상수라는 것과 총라디칼은 다른 어떤 요인과 관계없이 오직 각각의 방사선에 의해서 선형으로 생성된다는 가정 하에 R_m 과 R_r 값으로부터 얻을 수 있다. 그림3에서 흡수선량의 절대값이 피크 비율값에 영향을 미치고 다른 방사선에 의해 생성된 라디칼의 수의 비율에 관계없는 것을 볼 수 있으며, 이러한 효과는 선량범위에 대해 일정하다고 사료된다.

참고 문헌

- [1] F. HANISCH, P. MAIER, S.OKADA and H. CHONBACHERH. Effects of Radiation types and dose rates on slected cable-insulating materials. Radiat. Phys. Chem. Vol. 30. No 1, pp. 1-9, 1987
- [2] IAEA, Assessment and Management of ageing of major nuclear power plant components important to safety : Incontainment instrumentation and control cable technical document(2000)
- [3] B. Ciesielski, L.Wielopolski, The effects of boron on the electron paramagnetic resonance spectra of alanine irradiated with thermal neutrons. Radiation research 144, 59-63(1995)
- [4] B. Ciesielski, L.Wielopolski, The effects of Dose and Radiation Quality on the shape and Power Saturation of the EPR Signal in Alanine. Radiation research 140, 105-111(1994)
- [5] J.M. Dolo, V.Feugas, Analysis of parameters that amplitude of the ESR/alanine signal after irradiation. Appl. Radiat. Isot. 62.273-279(2005)