

## 발전소 내부선량 평가용 리튬분말시료의 특성 연구

박 병 룡 · 성 인 복 · 최 훈 · 이 병 일 · 임 영 기  
한국수력원자력(주) 방사선보건연구원  
E-mail : 33001126@khnp.co.kr

중심어 (keyword) : ESR, EPR, dosimetry, , lithium formate monohydrate, 흡수분광기법

### 서 론 (Introduction)

현재 한국에서는 20기의 원자력발전소가 가동되고 있으며 설비의 서비스 기간 동안 기능의 효용성을 보증하기 위하여 원자력발전소의 열악한 환경에 위치하기 및 케이블 등의 설계시의 예측수명의 보수성을 줄여 사용 수명을 효과적으로 관리해야 할 필요성이 요구된다. 원자력발전소 내에서 케이블 노화의 주요한 원인은 열과 방사선으로 알려져 있으며[1][2], 케이블에 대한 방사선 효과는 총 흡수선량의 양과 관련된다. 이에 방사선보건연구원에서는 방사선에 의한 노화효과를 계산하기 위해 흡수선량 평가에 일반적으로 사용되는 alanine 선량계를 발전소 내부에 설치하고 한번에서 두 번의 연료교체 주기가 지난 후 수거하여 ESR을 이용하여 선량을 측정하고 있다. 이 때 한 가지 선량계만을 이용한 분석에서 발생하는 문제점들을 보완하기 위해 polytetrafluoroethylene(PTFE)[3]과, 리튬(lithium formate monohydrate)분말시료[4]를 보조선량계로 적용하여 선량계로서의 유용성에 대한 검토를 하고 있다. 발전소 내부에 설치된 시료는 1년 이상의 장기간 동안 실온에 비해 상대적으로 고온인 장소에서 방사선에 노출되기 때문에 이번연구에서는 온도와 시간에 따른 리튬시료의 ESR 특성 변화에 대해 알아보았다.

### 재료 및 방법 (Materials and Methods)

#### 1. lithium dosimeter

리튬(HCO<sub>2</sub>Li·H<sub>2</sub>O) 시료는 Sigma-Aldrich 사에서 분말 형태로 구입하였고 수분에 의한 변화를 방지하기 위하여 밀봉하여 보관하였다. 실험에 사용된 리튬 분말(80 mg ± 1 mg)은 석영으로 된 ESR 튜브에 그림 1과 같이 충전 하여 형태를 일정하게 만들어 측정하였다. 측정값은 아래쪽 teflon plug에 삽입되어 있는 Mn<sup>2+</sup>를 이용하여 보정했다.

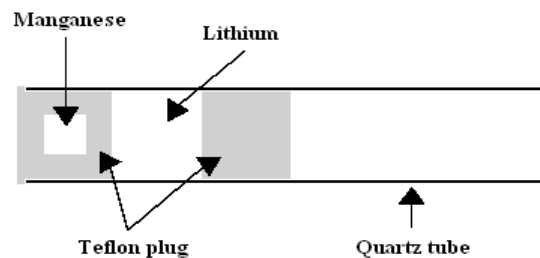


그림 1. 리튬분말 시료와 Mn<sup>2+</sup> 시료가 ESR 튜브에 삽입된 모습.

#### 2. ESR system

시료는 Bruker사의 EMX ESR spectrometer (X-band)를 이용하여 정상적인 대기상태 (RT, RH:25%)에서 측정하였다. 측정 파라미터는 microwave power: 20.02 mW, modulation frequency와 modulation amplitude: 100 kHz, 0.1 mT, time constant: 5.12 ms이며, microwave frequency는 약 9.75 GHz이다. 혈액감마선조사기(IBM 437C, 6 Gy/min±4%, <sup>137</sup>Cs)를 사용하여 조사된 시료와 비조사 시료의 ESR 스펙트럼을 비교하였고, 조사된 시료를 muffle furnace(yamato-fo100)에서 343K

온도로 가열하며 30분 간격으로 ESR 스펙트럼의 변화를 관찰하였다. 또한 조사된 시료의 시간에 따른 스펙트럼 변화를 측정하였다.

## 결과 및 고찰 (Results and Discussion)

방사선 조사되지 않은 리튬시료는 아무런 신호가 없는 스펙트럼을 나타내었으며 조사된 후에는 singlet 형태의 스펙트럼을 나타내었다. 2200 Gy 조사된 리튬시료를 발전소에 설치된 것과 같은 밀봉된 상태와 밀봉하지 않은 상태로 나누어 343K 온도에서 열처리 한 후 측정된 스펙트럼을 그림 2에 나타내었다. 밀봉하지 않은 상태의 리튬은 열처리 시간에 따라 급격하게 신호의 세기가 줄어들어 150분이 지난 후에는 라디칼이 대부분 소멸되어 비조사시료와 같은 스펙트럼 형태를 나타내었지만 밀봉한 경우에는 150분이 지난 후에도 신호세기의 큰 차이는 나타나지 않았다. 그리고 그림 3에는 조사 후 시간에 따른 ESR 신호세기의 변화를 나타내었다.

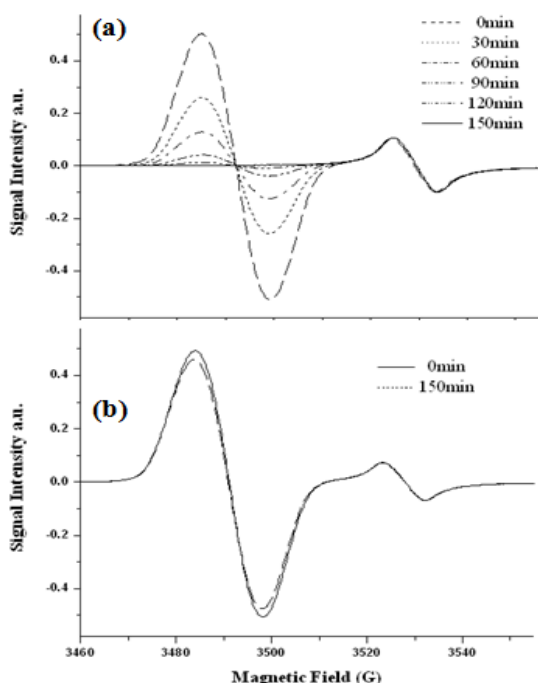


그림 3. 343K 온도에서 열처리 시간에 따른 리튬분말 시료의 ESR 스펙트럼 변화.(a) 개봉상태, (b) 밀봉상태

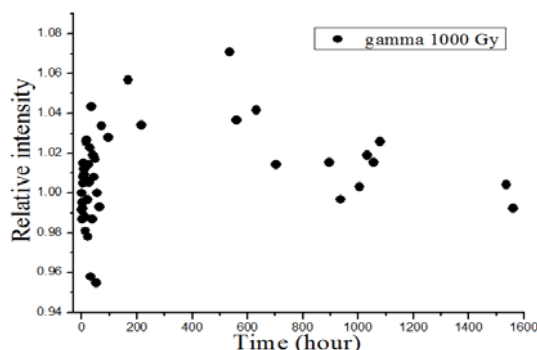


그림3. 리튬시료의 시간에 따른 ESR 신호세기.

## 결론 (Conclusion)

원자력발전소 내부 선량평가용 리튬분말시료의 온도와 시간에 따른 ESR 특성변화에 대해 알아보기 위한 실험을 진행하였다. 방사선조사 후 약 60일 동안 신호의 세기를 측정할 결과 측정환경의 차이와 측정횟수의 제한으로 인한 편차가 나타나긴 했지만 60일 후에도 확인한 신호감소는 보이지 않았고 가열실험에서 공기 중에 노출된 리튬시료는 열에 의해 빠른 속도로 라디칼이 소멸하는 것을 알 수 있었다. 발전소 선량측정을 위한 선량계는 연료교체주기 동안 최소 1년 이상 설치되고 발전소 내부에는 실온보다 높은 온도의 장소가 많기 때문에 설치되는 리튬시료의 밀봉에 주의를 기울이고 실제 선량 측정시 더욱 지속적인 온도와 시간에 대한 실험을 통한 결과를 반영할 예정이다.

### 참고 문헌

- [1] F. HANISCH, P. MAIER, S.OKADA and H. CHONBACHERH. Effects of Radiation types and dose rates on slected cable-insulating materials. Raiat. 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] I. Milman, V. Putyrsky, M. Naimark and V. Popov, PTFE IN HIGH DOSE ESR-NMR GAMMA DOSIMETRY. Radiation Protection Dosimetry Vol. 47 No. 1/4pp. 271-272 (1993)
- [4] K. Komaguchi, Y. Matsubara, M. Shiotani, H. Gustafsson, E. Lund, A. Lund, An ESR and ENDOR study of irradiated 6Li-formate. Spectrochimica. Acta. Part A. 66. pp.754 - 760 2007.