

고감도 $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL 분말의 TL 특성 및 고감도 TL 소자 제작

양정선^{*} · 박재우^{*} · 김두영^{**} · 김장렬^{**} · 장시영^{**}

* 제주대학교 공과대학 에너지공학과

제주시 아라 1동 1번지

** 한국원자력연구소 방사선 안전관리실

대전광역시 유성구 덕진동 150번지 방사선안전관리실, 305-600

TL characteristics of $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL powder and development of high sensitivity $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL pellet

Jeong-Seon Yang^{*}, Jae-Woo Park^{*}
Doo-Young Kim^{**}, Jang-Lyel Kim^{**},
Si-Young Chang^{**}

* Department of Nuclear & Energy Engineering,
Cheju National University, Jeju, 690-756, Korea

** Korea Atomic Energy Research Institute Health
Physics Department, P. O. Box 105, Yusong,
Daejeon, 305-600, Korea

ABSTRACT

$\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ series TL material is widely used as a personal dosimeter because of its high sensitivity to radiation. KAERI(Korea Atomic Energy Research Institute) has been produced CaSO_4 TL powder activated by Dy(rare earth elements) for several years and continually tried to improve its sensitivity having more than that of commercialized Teledyne $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL powders(USA). The TL powder is prepared by adding 0.1mol% Dy as an activator and by the acid evaporation method at first. And new step of washing this powder by distil-water is

appended to separate non-crystalized powder in the initial crystal of $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ powder. $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ crystal TL powder which is produced by applying this new method has higher sensitivity than before washing step, and it has also higher sensitivity than that of Teledyne $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL powder. This $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL powder shows good TL characteristics such as dose response, energy response and fading. It is not possible to make solid detectors of only $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL phosphor without any binding material. Until now widely used sintered pellets, which were made from a mixture of $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL phosphor and Teflon. But, due to reduction in content of $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL phosphor in pellets(15~20wt%) the TL sensitivity of pellets was reduced correspondingly. To variously use the $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL phosphor, research for preparing detectors by mixing $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL phosphor with different binding substances has been conducted. This paper described development of a new type of $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ pellets by using P-compounds as a bonding material(KCT-300), and compared the TL sensitivity with that of the commercialized Teledyne $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ pellets. Sensitivity of a new developed KCT-300 shows about 6 times than Teledyne ones, and can be used to measure very low radiation dose.

Key words : TLD, $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL powders, $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL pellet, sensitivity.

1. 서 론

지난 1950년대 이후 개인이 받는 방사선의 양을 정확히 측정하기 위한 많은 종류의 방사선측정기가 열형광(Thermoluminescent, TL)이라 불리는 현상에 바탕을 두고 개발되어 오고 있다. 개인선량측정을 위하여 사용될 수 있는 TL 물질의 선택은 제조과정에서 많은 인자에 의하여 영향을 받으며 실제 상용화되어 방사선장에서 사용될 수 있는 TL 물질은 많지 않다.

이중 1950년대에 개발되어 현재 가장 널리 사용되고

있는 TL 물질은 LiF 계열로 LiF에 Mg, Cu 및 Na 등 여러 활성체를 첨가하여 방사선 감도를 향상시키기 위한 연구가 계속되어 왔다.[McKeever et al. 1995] 이 LiF 계열의 TL 물질은 조직등가 물질로서 개인선량계로 사용하기에 유리하지만 재 사용시 상당히 복잡하고 장시간이 요구되는 열처리(annealing)가 필요하며 제조과정에 많은 변수가 있어 TL 물질의 생산이 매우 어렵다. 1960년대 말 Yamashita 등 [Yamashita et al., 1971]에 의해 LiF 계열보다 감도가 훨씬 우수하고 glow 곡선의 모양이 단순하며 분말 제조가 용이한 CaSO_4 계열의 TL 선량계가 개발된 이후, 이 선량계는 현재 개인선량 측정 및 환경방사선 평가에 널리 사용되고 있다. CaSO_4 계열의 TL 물질은 인체조직 등가물질이 아니므로 이상적인 개인선량계로 볼 수는 없으나 방사선 측정 감도가 매우 높아서 적절한 물질의 활성체를 첨가하면 미세한 정도의 방사선량을 측정할 수 있을 뿐만 아니라 여러 필터를 조합한 배지시스템에 적용하면 입사방사선의 에너지도 확연히 구분해 낼 수 있는 큰 장점이 있다. CaSO_4 계열에 활성체로 Dy 혹은 Tm을 첨가한 TL 물질이 가장 일반적으로 제작되어온 것으로 현재는 미국, 인도 등에서 이에 대한 연구가 활발히 수행되고 있을 뿐만 아니라 상용화되어 개인 및 환경 방사선량 측정용으로 사용되고 있다. 우리나라에서는 1986년에 $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL 물질에 대한 기본적인 연구가 처음으로 시작되었으며 [최태진 et al. 1986], 한국원자력연구소에서 지난 3년간 이의 제조 기술 및 성능향상에 많은 연구를 수행하여 오고 있다. [양정선, 2000] 연구수행 결과 현재 상용화된 미국 Teledyne 사제품의 $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL 물질보다 감도가 우수한 분말을 제조하여 독자적인 TLD 제조기술을 확보하였다. 하지만 $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL 분말만으로는 소자를 제작할 수 없기 때문에 접착매질을 혼합하여 제작하여야 하는데 소자 제작시 기존의 접착 매질인 Teflon 분말과 $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL 분말의 중량 비는 약 75wt% : 25wt% 내지는 Teflon의 함량이 75wt% 이상으로서 상대적으로 TL 분말의 양이 적어 감도가 낮아지고 Teflon이 열에 약하기 때문에 반복 사용시 요구되는 열처리를 제대로 할 수 없어 색이 변하는 등의 단점이 있었다. 따라서 세계적으로 이런 단점을 보완할 수 있는 새로운 접착매질에 대한 연구가 수행되고 있다. [Shastry et al. 1980, Morata et al. 1982, Azofin et al. 1986] 이에 대한 연구로서 한국원자력연구소에서는 Teflon보다 적은 양의 접착매질을 혼합하여 TL 분말의 함량을 상대적으로 높임으로써 TL 감도도 높이면서 고온 열처리도

가능한 소자를 제작하기 위한 연구를 수행하였다. 그 결과 P 화합물을 첨가한 새로운 $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL 소자인 KCT-300(Korea Atomic Energy Research $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ pellet)을 제작하고 상용화된 소자와 감도 비교결과 감도가 매우 우수하고 기계적 강도도 좋아 현재 국제 특허를 출원한 상태이다.

2. $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ 분말의 제조 과정

Dy 농도 및 첨가온도의 결정

CaSO_4 물질에 활성체로 첨가되는 Dy의 농도에 따라 TL 특성이 다르게 나타날 수 있으므로 $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ TL 물질의 제조하기 위해서는 Dy의 최적의 농도 및 온도를 결정해야 한다.

이 두 가지 조건은 실험을 통하여 얻을 수 있다. 우선 Dy 농도를 0.01mol%~1mol%로 변화시키면서 분말을 제조하여 감도의 변화를 측정하고 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 보면 Dy의 농도가 0.1mol%까지는 농도에 비례하여 TL 감도가 증가하지만 그 이상이 되면 감소함을 알 수 있다. 따라서 최적 Dy 농도는 0.1mol%로 정하였다. Fig. 2는 Dy 농도를 0.1mol%로 정한 후 첨가 온도를 300°C~400°C까지 변화시키면서 분말을 제조하고 TL 감도를 측정한 결과이다. 실험 결과 최적의 감도를 보이는 Dy 첨가 온도는 320도였다.

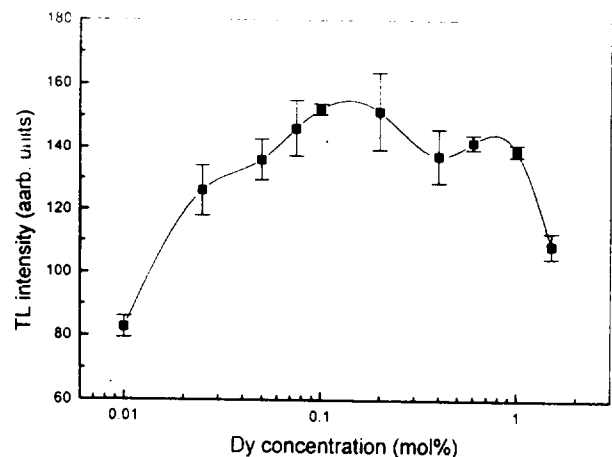


Fig. 1. TL intensity of $\text{CaSO}_4 : \text{Dy}$ powder with Dy concentration

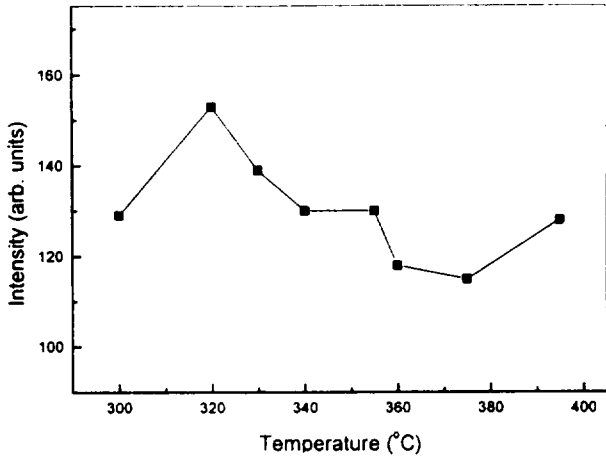


Fig. 2. TL intensity of CaSO₄:Dy powder with the temperature of Dy doping

CaSO₄:Dy TL 분말의 제조

CaSO₄:Dy 분말은 기본적으로 Yamashita 방법으로 제조하였다. 플라스크에 진한황산을 붓고, 활성체로 첨가하는 Dy의 최적 농도인 0.1 mol% Dy₂O₃를 소량의 묽은 황산에 용해 시킨 후 진한 황산이 들어있는 플라스크에 혼합한다. CaSO₄ 원시약으로 사용되는 Ca(NO₃)₂(4H₂O)를 진한황산이 들어있는 플라스크에 넣은 다음 Dy의 최적 첨가 온도인 320°C로 맞추어진 isomantle에서 황산이 모두 증발할 때까지 약 6시간 가열하면 CaSO₄:Dy 결정체가 플라스크 벽에 형성된다. 이렇게 형성된 CaSO₄:Dy 결정체에 남아있는 황산을 제거하기 위해 증류수로 몇 번 씻고 약 200 °C의 온도에서 건조시킨 후 덩어리진 결정체를 분쇄하여 분말로 만든다. 이상의 Yamashita 방법에 의해 제조한 분말의 감도를 측정된 결과 상용화된 CaSO₄:Dy TL 분말 감도의 90%정도를 보였는데 그 이유는 이와 같이 제조된 CaSO₄:Dy TL 분말에는 TL 감도가 좋지 못한 비 결정체 분말이 포함되어 있기 때문으로 생각되었다. 따라서 좀 더 감도를 향상시키기 위해서 이와 같이 제조된 TL 물질에 포함된 TL 특성이 좋지 못한 일부 비 결정체 분말을 제거하여야 한다. 그 방법으로 새로이 첨가된 단계가 TL 분말을 증류수가 든 비이커에 넣고 흔들어 물에 뜨는 부분을 따라버리는 과정이다. 이 과정에서 비 결정체는 결정체에 비해 가볍기 때문에 물에 씻겨나갈 수 있다. 이 과정을 두 번 정도 반복하여 얻어진 TL 분말은 증류수로 씻기 전 TL 분말에 비해 약 10%의 TL 감도가 향상된다. Fig. 3은 씻기 전 후의 TL 분말의 발광 곡선이다. 발광 곡선을 비교해보면 씻어낸 후의 분말의 경우가

저은 피크는 감소되고 주피크는 증가하여 TL 특성이 향상됨을 알 수 있다. 또한 증류수로 씻어내어 추출된 결정체 분말은 체로 쳤을 때 입자의 굵기에 따라 분리하기가 쉬워서 원하는 입자 크기를 택하여 사용하기 편하다.

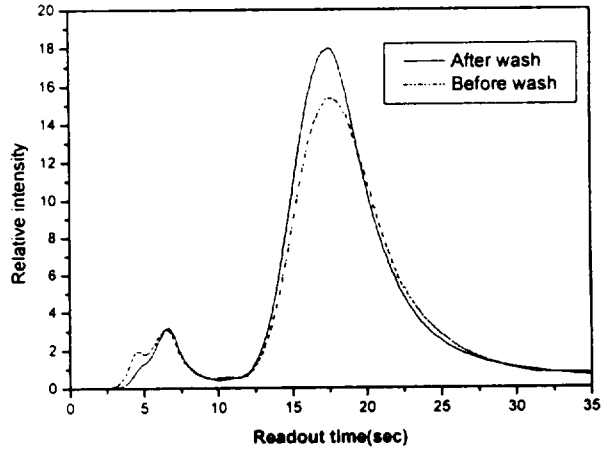


Fig 3. Comparison of CaSO₄:Dy powder after washing

CaSO₄:Dy TL 분말의 최적 열처리 온도

위의 방법에 따라 제조하여 추출된 결정체 분말은 고온열처리 과정을 통해 제조과정에서 포함되었을지도 모르는 불순물이 제거되고 전자덫이 안정된다. CaSO₄:Dy TL분말의 감도는 제조 후 열처리 조건에 대해서도 가변적이므로 최적 열처리 온도를 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 하였다. 제조된 분말은 체로 쳐서 45µm이하, 45~63µm, 63~100µm의 입자 크기로 나누고 각각의 분말에 대해 열처리 온도를 400°C~800°C까지 변화시키면서 1시간씩 열처리를 하여 주피크의 감도 변화를 측정하고 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

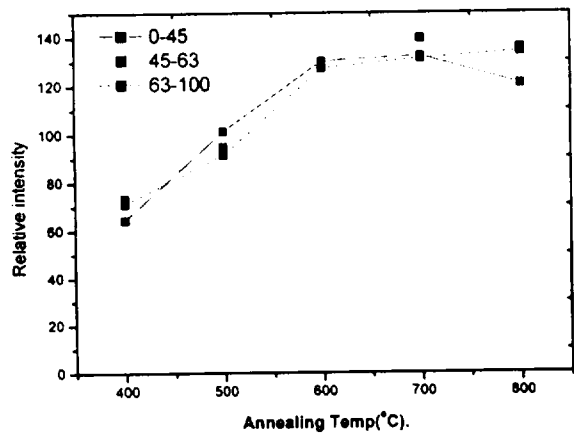


Fig. 4. TL intensity of CaSO₄:Dy powder with sintering temperature

Fig. 4에서 보면 400°C와 500°C에서는 감도가 낮고 600°C부터 감도가 높아진다. 800°C에서는 입자 크기가 45 μ m이하인 분말의 경우 감도가 낮아진다. 세 가지 입자 크기에 대해 감도가 최대가 되는 온도는 700°C임을 알 수 있다.

3. CaSO₄ : Dy TL 분말의 TL 특성

감도

제조된 CaSO₄ : Dy TL 분말의 감도를 현재 상용화되어 널리 쓰이고 있는 Teledyne사 CaSO₄ : Dy TL 분말과 비교하여 Fig. 5에 나타내었다. Teledyne사 CaSO₄ : Dy TL 분말은 600°C, 1시간 열처리 조건(annealing condition)에 따라 열처리를 하고, 자체 제조한 TL 분말은 실험에 의해 700°C, 1시간 열처리 한 후 감도를 비교하였다. Fig. 5에서 보면 제조된 CaSO₄ : Dy TL 분말은 Teledyne사 CaSO₄ : Dy TL 분말의 감도에 비해 높으며 저온피크가 작음을 확실히 알 수 있다.

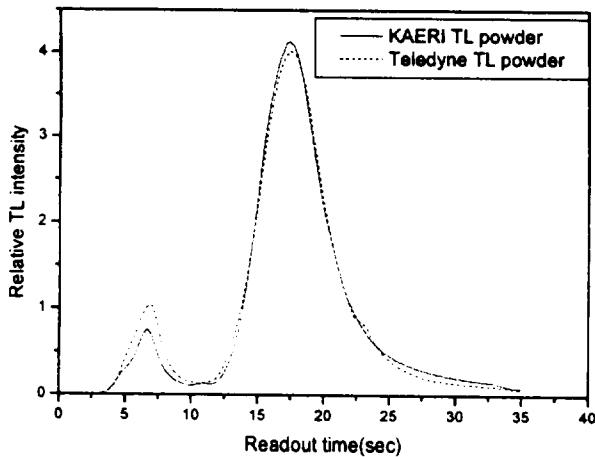


Fig. 5. Comparison of TL intensity of KAERI CaSO₄ : Dy powder and Teledyne CaSO₄ : Dy powder

선량 의존성

CaSO₄ : Dy TL 물질이 방사선량에 대해 선형성을 보이는 선량의 범위를 알아보기 위한 다음과 같은 실험을 하였다. CaSO₄ : Dy TL 분말은 보관기간동안 쌓였을 백그라운드 선량의 제거를 위해 400°C에서 1시간 열처리를 한 것을 준비하여 각기 다른 선량의 방사선을 조사한다. 선량의 범위는 10⁻⁶Gy - 10⁴Gy이며, 10⁻⁶Gy - 1Gy까지는 137Cs를 이용하여 조사하였고 고선량 범위인 1Gy- 10⁴Gy까지는 60Co를 이용하여 조사시켰다. 137Cs를 이용하여 조사 시에

는 4mm두께의 PMMA판을 덮고 조사를 시켰으며 60Co를 이용하여 조사 시킬 때는 4mm두께의 PMMA판 2개를 덮고 조사를 시켰다. 여기서 1Gy의 선량을 중복 조사 시킨 이유는 선원에 따라 선량에서 약간의 차이가 생길 수 있으므로 그 값을 보정해 주기 위해서 이다. 조사 시킨 후 판독할 때는 선량평가에 직접적인 영향을 주지 않는 저온피크는 제외하고 주피크만을 판독한 값을 이용하여 평가한다. Fig. 6은 선량 의존성의 측정 결과이다. 그림에서 보면 CaSO₄ : Dy TL 분말은 10⁻⁵Gy - 10Gy까지 선형성을 보임으로써 다른 CaSO₄ : Dy TL 분말의 선량 의존성과 비슷한 값을 보인다. Fig. 7은 저선량에서의 CaSO₄ : Dy 분말의 발광 곡선이다. 발광 곡선에서 10⁻⁵Gy 이하의 선량에서도 주피크가 뚜렷이 구분되므로 충분한 신뢰도를 갖을 수 있어 저선량 측정에도 유리함을 알 수 있다.

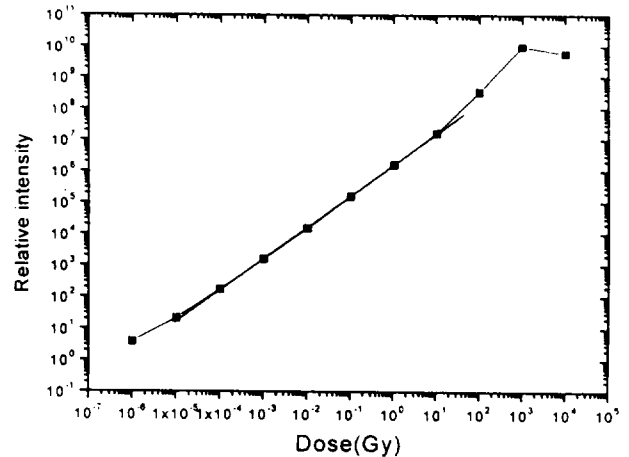


Fig. 6. Dose response of CaSO₄ : Dy powder

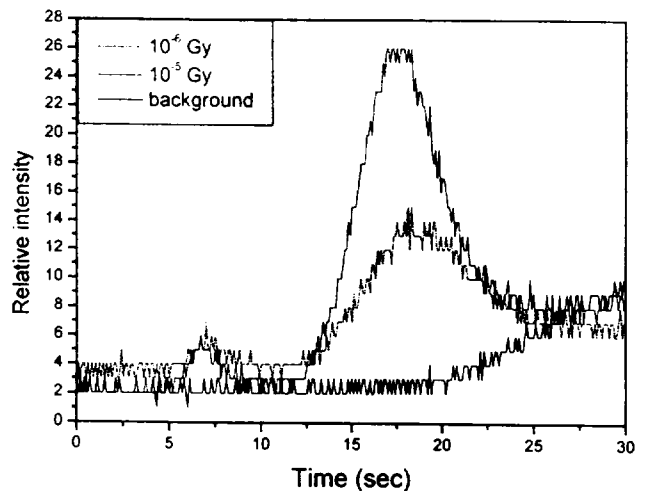


Fig. 7. Glow curves of CaSO₄ : Dy TL powder

에너지 의존성

CaSO₄:Dy TL 분말 시료는 마찬가지로 400℃에서 1시간 열처리하여 준비하고 준비된 시료는 X-선 발생장치를 이용하여 20keV에서부터 250keV사이의 에너지 중 10개의 서로 다른 에너지를 선택하여 조사시킨다. 이때 선량은 에너지에 상관없이 2mGy로 동일하게 설정하였다.

그리고 기준 선원으로는 662keV의 단일 γ 선을 방출하는 ¹³⁷Cs를 이용하여 규격화하였다. 조사시 X-선에 대해서는 전자 평형을 보상하기 위한 build up 물질을 쓰지 않았으며 ¹³⁷Cs를 이용하여 조사시에는 2mm PMMA (Polymethyl methacrylate)판을 덮어서 조사시켰다. 에너지 별로 조사된 분말의 에너지 의존도를 그래프로 나타내면 Fig. 8 과 같다. table 1은 CaSO₄:Dy TL 분말의 에너지별 응답성을 ¹³⁷Cs에 대하여 규격화한 상대적 에너지 의존성(Relative Energy Response : RER) 값을 나타낸 것이다. 200keV 이하부터는 RER값이 점차 커져 65keV에서 그 값이 9.2로서 최대가 된다. 이 값은 다른 CaSO₄:Dy TL 물질의 에너지 의존성이 10정도[4]임을 볼 때 에너지 의존성은 비슷함을 알 수 있다.

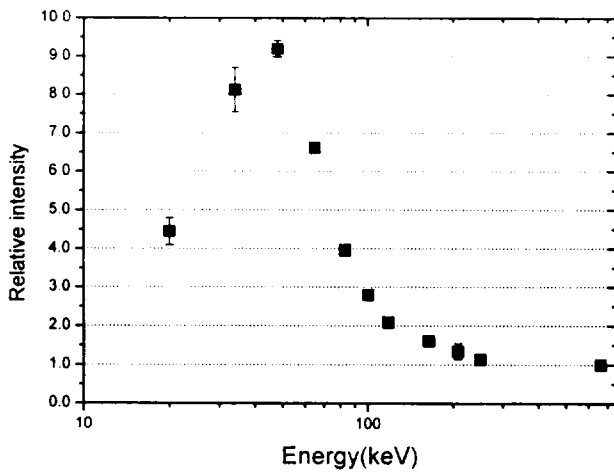


Fig. 8. Relative Energy response of CaSO₄:Dy powder normalized to ¹³⁷Cs

Table 1. Relative Energy response of CaSO₄:Dy powder normalized to ¹³⁷Cs

Energy (keV)	662	20	34	48	65	83	100	118	164	208	250
RER (to ¹³⁷ Cs)	1.0	4.4	8.1	9.2	6.6	4.0	2.8	2.1	1.6	1.3	1.1

CaSO₄:Dy TL 분말의 감쇠 특성

CaSO₄:Dy TL 분말의 고온에서의와 상온에서의 감쇠 특성을 알아보기 위해 다음과 같은 실험을 하였다 CaSO₄:Dy TL 분말시료를 준비하여 400℃에서 1시간 열처리한 후 ¹³⁷Cs 선원으로 1Gy의 선량을 조사시켜 두 그룹으로 나누어 각각 70℃와 25℃의 상온에 보관하면서 시간의 경과에 따른 감도의 감쇠를 측정하였다. Fig. 9는 각각 조사 직후, 27시간, 3개월 경과 후의 감도를 측정한 발광 곡선을 비교한 것이다. 조사 직후의 곡선과 27시간 후의 곡선을 비교해보면 저온피크 부분은 약 하루 동안에 뚜렷이 감소되었음을 알 수 있지만 주피크의 변화는 거의 없다. 그리고 3개월 후의 곡선과 비교해보면, 저온피크는 완전히 사라졌으며 주피크도 조금 감소되었음을 알 수 있다. 이 실험에서는 조사 후 약 하루가 지나 저온피크가 거의 사라진 후의 감도를 기준값으로 정하여 감쇠율을 평가하였다.

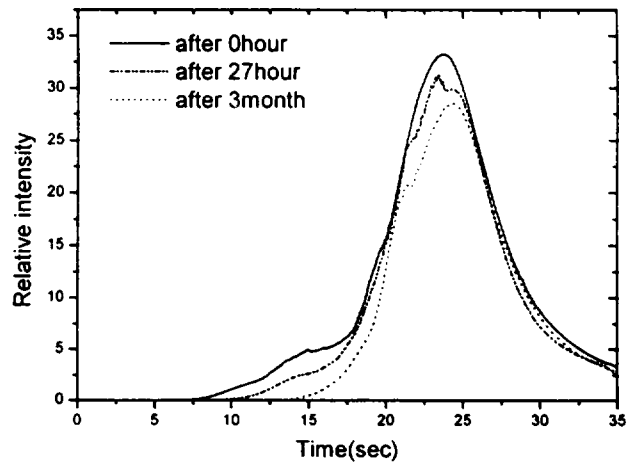


Fig. 9. Glow curves of CaSO₄:Dy powder with storage time

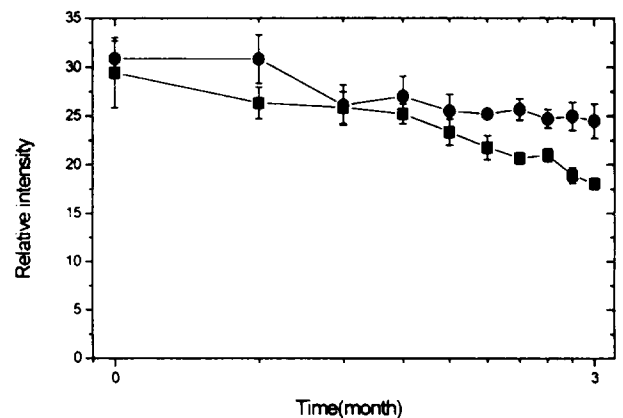


Fig. 10. Fading of CaSO₄:Dy powder at different temperature(■ 70℃, ● 25℃)

Fig. 10은 70°C와 25°C 상온에서의 3개월간 감도의 감쇠 양상을 나타낸 것이다. 그 결과를 보면 27시간 후의 값을 기준으로 하였을 때 25°C 상온의 경우 3개월간 6.3%, 70°C의 경우 30%의 감쇠를 보였다. 이 값은 다른 CaSO₄:Dy 분말의 값에 비교할 때 비슷한 값이다.

3. KCT-300 TL 소자 제조

P화합물의 함량 결정

CaSO₄:Dy TL 분말에 P 화합물을 접착제로 첨가하여 KCT-300소자를 제작하기 위해서는 우선 기계적 강도 및 TL 감도를 고려하여 최적의 P 함량을 결정 해야 한다. 최적의 P 함량을 결정하기 위해 P 화합물 함량을 5mol%~30mol% 까지 변화 시키면서 소자를 제작하여 감도의 변화를 측정하고 그 결과를 Fig. 11에 나타내었다. P 화합물을 혼합하여 압축성형, 소결하여 만들어진 CaSO₄:Dy TL 소자의 발광 곡선 모양은 P화합물의 함량과 관계없이 CaSO₄:Dy TL 분말의 발광 곡선 모양과 기본적으로 같다. 그러나 접착물질의 함량이 많아지면서 소자의 기계적 강도는 높아지지만 소자의 TL 감도는 Fig. 11에서 보여지는 것처럼 상대적으로 떨어진다. 그러므로 이 두 가지를 합리적으로 고려하여 최적의 P 화합물 함량을 결정하였다. 일반적인 용도로는 그 함량이 10mol%에서 20mol%가 적당하다. 10mol%를 wt%로 나타낸다면 접착물질은 전체 소자 질량의 5%에 해당하는 적은 양이다.

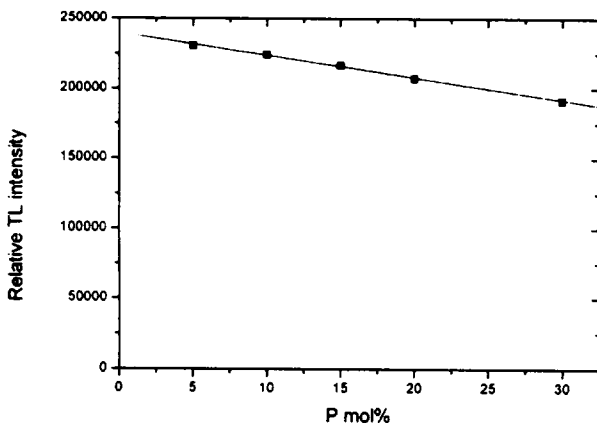


Fig. 11. TL sensitivity of pellets with P-compounds concentrate

KCT-300 소자의 제조 및 열처리

이상에서 소개한 방법으로 제조한 분말 중에서 63-100 μm크기의 분말을 택하여 10mol%의 P 화합물(NH₄H₂PO₄)을 섞고 증류수를 소량 넣어 골고루 섞어서 건조시킨 후 굳어지면 갈아서 입자가 고운 분말로 만든다. 이 TL 재료를 프레스로 상온에서 압축 성형하여(cold pressing) 직경 4.5mm, 두께 0.8mm, 질량 25.0mg의 소자를 찍어낸다. 압축 성형시의 압력은 약 100MPa로서 성형된 소자가 소결 전 취금 과정에서 쉽게 부서지지 않을 정도의 압력이면 충분하다. 이렇게 압축 성형된 소자는 불안정한 전자 덩을 안정시키고 불순물을 제거하기 위해 고온 열처리를 거친다. KCT-300소자의 최적 열처리 조건을 알아보기 위해 열처리 온도를 300°C에서부터 800°C까지 변화 시키면서 30분간 열처리 하였을 때 감도 변화를 측정 하였다. Fig. 12는 열처리 온도에 따른 KCT-300소자의 저온피크와 주피크의 변화를 나타낸 것이다. Fig. 12에서 보면, 400°C까지는 소자의 감도가 매우 낮아 열처리 온도로 적당하지 않음을 알 수 있다. 그리고 500°C-700°C까지는 온도가 높아짐에 따라 주피크 감도가 증가한다. 700°C에서는 주피크 감도가 최대를 보이지만 저온피크 또한 상대적으로 다소 높아지고 기계적 강도도 떨어지기 때문에 최적 열처리 조건은 600°C, 30분으로 정하였다.

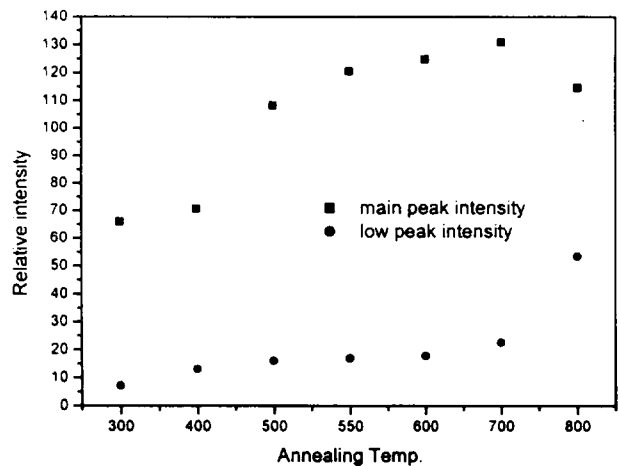


Fig. 12. Changing of TL intensity with annealing temperature

KCT-300소자의 TL 감도

KCT-300 소자의 감도를 상대적으로 비교하기 위해 한국원자력연구소에서 제작한 CaSO₄:Dy Teflon 소자

[참고문헌 : 양정선 석사학위논문], Teledyne 에서 제작된 CaSO₄:Dy Teflon 소자를 준비하였다. 제작된 KCT-300 소자는 두께 0.8mm, 질량 25mg, 직경 4.5mm이고 다른 두 종류의 Teflon 소자는 두께 0.4mm, 질량 14mg, 직경 4.5mm의 geometry를 갖는다. 세가지 종류의 CaSO₄:Dy TL 소자를 동일한 선량을 조사시켜 감도를 측정하고 그 결과를 Fig. 13에 나타내었다. Teflon 소자의 경우 질량면에서 KCT-300 소자와 차이가 있으므로 그림에서는 감도는 질량에 거의 비례하여 나타난다는 점을 이용하여 동일 질량으로 보정한 값으로 비교하였다. Fig. 13에서 알 수 있듯이 KCT-300소자는 Teflon 소자의 감도에 비해 감도가 월등하게 높음을 알 수 있었다. 이는 Teledyne사 Teflon 소자의 감도에 비해 6배에 해당하는 값이다.

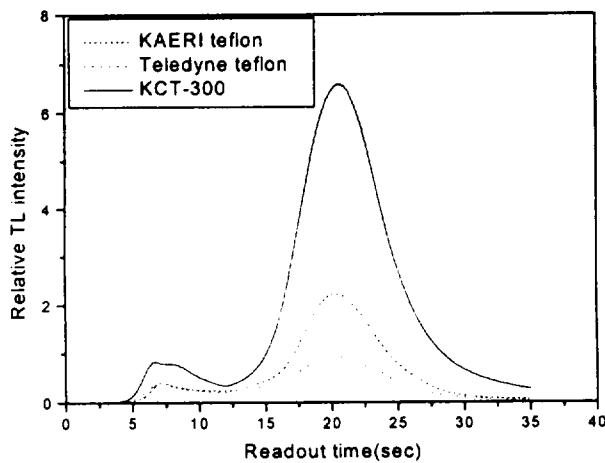


Fig. 13. Sensitivity of KCT-300 and Teflon pellets (manufactured by KAERI and Teledyne)

4. 결 론

감도가 높아 개인방사선량 측정용으로 널리 이용되고 있는 CaSO₄:Dy TL 분말을 황산증발장치를 이용하여 제조하여 감도 및 TL 특성을 연구하였다. CaSO₄:Dy TL 분말 제조시 활성체 Dy 농도는 0.1mol%, 첨가온도는 320℃가 최적 제조조건으로 나타났으며, 제조된 분말은 증류수로 씻어 내어 결정체와 비결정체를 분리함으로써 감도를 향상시킬 수 있었다. 본 연구에서 개발된 TL 물질은 상용화되어 개인 및 환경방사선량 측정용으로 널리 사용되고 있는 Teledyne사 CaSO₄:Dy TL 분말에 비해 높은 감도를 보였다. 또한 이렇게 제작된 CaSO₄:Dy TL 분말의 감도 외의 TL 특성 측정 결과 선량 의존성은 10-5Gy-10Gy에서 직선

성을 보였으며, 에너지 의존성은 9.2, 감쇠율은 상온에서 3개월간 6.3%를 보여 다른 CaSO₄:Dy TL 물질에 비해 우수한 TL 특성을 나타내었다. 개발된 고감도 CaSO₄:Dy TL 분말은 분말 자체로도 사용할 수 있지만 고형화하여 개인 선량계 및 환경 선량계로 사용할 수 있다.

CaSO₄:Dy 분말에 새로운 접착 매질인 P 화합물을 소량 첨가하여 KCT-300소자를 제작하였다. 새로 개발된 KCT-300소자의 접착 매질인 P의 최적 함량은 10mol%였으며 압축성형시의 압력은 100MPa이었다. 성형된 소자는 60 0℃에서 30분간 열처리 과정을 거치면 기계적 강도가 좋게 되어 TL 물질로서 적합한 형태가 된다. KCT-300 소자는 감도가 분말의 감도와 비슷하게 나타나 그 TL 특성이 그대로 유지됨을 확인할 수 있었고, 현재 전 세계적으로 널리 쓰이고 있는 Teledyne사 제품의 CaSO₄:Dy Teflon 소자와 비교했을 때 6배 정도 높은 감도를 보여 개인방사선량 측정 선량계로서의 매우 우수한 특성을 보였다.

참고 문헌

- McKeever S. W. S., M. Moscovich, P.D. Townsend. 1995. Thermoluminescence Dosimetry Materials. Properties and Uses, Nuclear Technology Publishing.
- Yamashita T., N. Nacla, H. Onishi and S. Kitamura. 1971. Calcium Sulphate Activated by Thulium or Dysprosium for Thermoluminescence Dosimetry. Health Phys. 21, 295-300
- 최태진, 김도성, 도시홍, 라병욱, 강영호. 1986. CaSO₄:Dy 열발광선량계의 제작과 물리적 특성, 새물리 26(6) 506-512
- 양정선. 2000. CaSO₄:Dy TL 물질의 제조 및 특성에 관한 연구. 제주대학교 석사학위 논문
- Shastry S.S., S.S. Shinde and R.C. Bhatt. 1980. Thermoluminescence response of CaSO₄:Dy sintered pellets. Int. J. Appl. Radiat. Isot 31, 244-245
- Morata S.P., A.M.P. Gordon, E.N.D. Santos, L. Gomes, L.L. Campos, L. Prado, M.M. Vieira and V.N. Bapat. 1982. Development of a state dosimetry based on thermoluminescent CaSO₄ crystals. Nucl. Instrum. Methods. 200, 449-455
- Azofin J., A. Gutierrez and T. Niewiadomski. 1986. Performance tests of a CaSO₄:Dy based thermoluminescence personal dosimeter. Radiat. Prot. Dosim. 17, 53-56