

In-Situ NaI 스펙트럼에서 에너지 교정 연구

이모성 · 임태형¹
청주대 · 세트렉아이
E-mail: leems@cju.ac.kr

중심어 (keyword) : In-Situ NaI 검출기, 스펙트럼, 에너지 교정, 온도변화

서론

NaI 검출기를 환경 방사선 감시에 사용할 때 발생하는 문제는 온도 변화에 따라 파고가 변하는 것이다. 이에 따라 측정되는 스펙트럼 마다 에너지 교정이 필요하다.

In-Situ NaI 스펙트럼에 대한 에너지 교정 방법으로 스펙트럼에 존재하는 242 keV, 351 keV, 1460 keV, 2614 keV 피크를 이용하여 에너지 교정을 하는 방법이 제안되었으며[1], 인공 방사선이 존재하지 않을 때 에너지 교정은 대부분 성공적이었다.

그렇지만 ¹³⁷Cs이나 ¹³¹I, ⁶⁰Co 등으로부터 방출되는 감마선 피크가 스펙트럼에 존재할 때, 에너지 교정에 사용하는 피크와의 간섭이나 에너지 교정용 피크의 인식이 되지 않으므로 해서 에너지 교정에 실패하는 경우가 발생할 수 있다.

이 연구에서는 2614 keV 피크 하나만을 사용하여 NaI 검출기 스펙트럼의 에너지를 교정하는 방법에 대해 연구하였다.

재료 및 방법

최근 NaI 검출기에서 온도 변화에 따라 파고가 변하는 현상에 대한 기구가 보고되었다. 이 보고에 따르면 exciton에 트랩된 전자는 그림 1에서 보는 2가지 경로 중의 하나를 경유하여 바닥상태로 천이하는 것으로 설명하고 있다. 실온에서는 느린 천이가 일어나는 오른쪽 경로는 무시되나, 온도가 증가함에 따라 오

른쪽 경로를 통한 천이가 증가하게 되어 파고가 감소하는 것으로 설명하고 있다. 이 기구에 따르면 온도에 따른 파고의 변화는 입사한 감마선의 에너지와 무관하다. 따라서 감마선 피크들의 채널 이동은 같은 비율로 일어나게 된다.

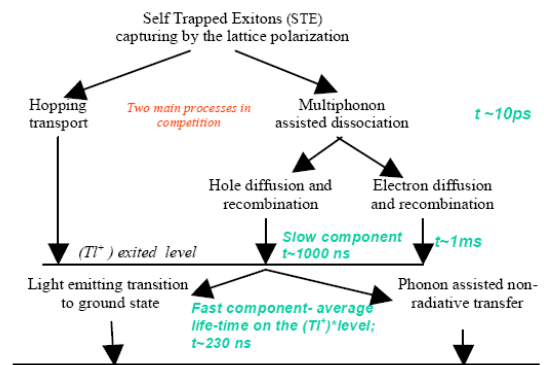


그림 1. Activator 중심에 도달하는 두 경로

NaI 검출기 스펙트럼에서 감마선 에너지 E 의 피크 중심 채널 $C(E)$ 가 에너지에 비례하므로 어떤 스펙트럼에서 채널 에너지 관계식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$C(E) = x + yE + zE^2 \quad (1)$$

여기서 x, y, z 는 상수이다. 온도에 따른 파고 변화가 감마선 에너지에 무관하다면, 이 스펙트럼에 비해 파고가 k_i 배 만큼 증가한 스펙트럼 i 에서 에너지 채널 관계식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$C_i(E) = k_i(x + yE + zE^2) = k_i C(E) \quad (2)$$

따라서 NaI 검출기 스펙트럼의 에너지-채널 관계특성을 알고, 특정 에너지 하나의 피크 변동만 알게 되면

그 스펙트럼의 에너지를 교정할 수 있다.

이와 같은 에너지 교정 방법을 입증하기 위해 세트렉아이 사의 ERPD를 한국원자력연구원의 기숙사에 설치하여 측정된 스펙트럼에 이 방법을 적용하였다. 스펙트럼은 512 채널로 15분 간격으로 연속 측정하였다.

결과 및 고찰

그림 2는 2009년 10월 측정된 스펙트럼에서 242 keV, 352 keV, 1460 keV, 2614 keV 피크의 위치를 보인 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 각각의 피크 중심 채널은 같은 비율로 이동하는 것을 확인할 수 있다.

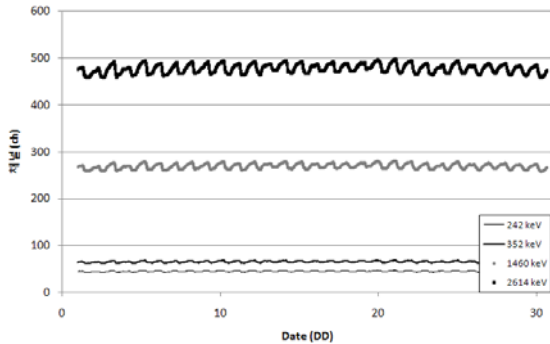


그림 2. 2009년 10월에 측정된 스펙트럼에서 242 keV, 352 keV, 1460 keV, 2614 keV 피크의 위치

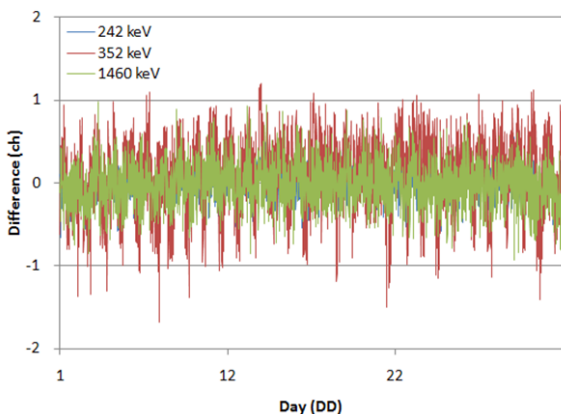


그림 3. 식 (2)를 사용하여 계산된 피크 중심 채널과 피크탐색으로 얻어진 피크 중심 채널사이의 차

2614 keV 피크의 중심 채널의 이동비와 식 (2)를 사용하여 계산된 242 keV, 352 keV, 1460 keV의 피크

중심 채널과 피크 탐색으로 구해진 이들 피크의 중심 채널 사이의 차를 그림 2에 그려 놓았다. 이들 사이의 차는 대부분 1채널을 넘지 않는다.

그림 4는 2009년 9월 7일에 측정된 스펙트럼에 대해 에너지를 교정한 스펙트럼을 보인 것이다. 이 당시 NaI 검출기 주변에 ^{131}I 이 있었던 것으로 추정되며, 스펙트럼에는 ^{131}I 으로부터 방출되는 감마선 피크가 보인다. 이 때 자연 방사선 스펙트럼에서 나타나는 242, 352 keV 피크는 스펙트럼에서 탐지되지 않는다. 이 경우에도 식 (2)를 사용한 에너지 교정은 충분히 정확한 것이 확인되었다.

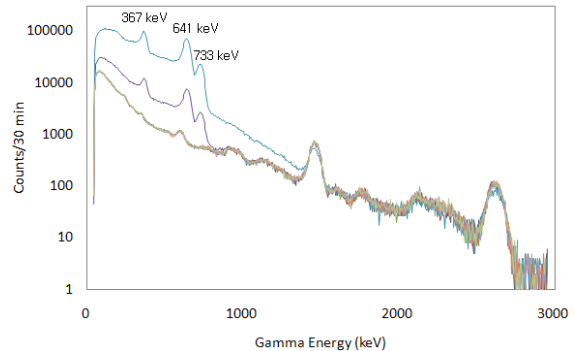


그림 4. 2009년 9월 7일에 측정 스펙트럼

결론

2614 keV 피크의 중심 채널의 이동을 사용하는 에너지 교정 방법은 이 논문에서 제시된 스펙트럼 이외에도 여러 스펙트럼 특히 ^{60}Co 이나 ^{137}Cs 등이 있는 스펙트럼에까지 적용하였으며, 그 결과는 성공적이었다. 대부분의 인공 핵종으로부터 방출되는 감마선 에너지가 2000 keV 미만이며, 이에 의한 영향이 2614 keV에는 없으므로 이 논문에서 제시한 방법은 원자력 시설의 환경 방사선 감시에 사용하는데 적합할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 이모성, NaI(Tl) 검출기 스펙트럼의 에너지-채널 자동결정, (1997).
2. K.D.Ianakiev, Temperature behavior of NaI (Tl) scintillation detectors, (2006).