

화학선량계, 열형광선량계 및 전리함을 이용한 Co-60 방사선 조사실의 방사선량 평가



박재우
제주대학교
에너지공학과 교수

1. 서론

감마선 및 전자선 등 방사선 조사는 멸균, 농산물의 저장성 향상, 방사선 보호제 및 민감제 개발, 동·식물 유전자의 기능 규명 등 생명과학 분야의 유용한 수단으로 이용되고 있다. 이러한 목적의 연구를 위하여 제주대학교 방사선응용과학연구소는 2004년 2월 기점으로 방사능이 400 TBq(10,800Ci)인 Co-60선원을 캐나다의 MDS NORDION사로부터 도입하여, 선원주위의 모든 방향에서 방사선조사가 가능한 파노라마 형의 다목적 감마선조사시설을 구축하였다. 다목적 방사선 조사시설의 경우 시료에 따라 광범위한 방사선량을 조사할 수 있어야 하기 때문에 선량 조절을 위한 원통형 납 차폐체를 제작하여 필요에 따라 선원 주위에 3겹까지 조립하여 둘러쌀 수 있도록 하였다. 선원으로부터의 거리 조절과 차폐체의 사용 개수에 따라 가능한 선량범위를 평가하기 위하여 한국원자력연구소에서 개발한 열형광 소자인 KCT-300, FeSO₄ 용액을 이용한 화학선량계, Cardinal Health사의 Farmer형 전리함 선량계

를 사용하여 방사선조사실 내부의 방사선량을 측정하였으며 본 논문은 그 결과를 정리한 것이다.

2. 방사선량 측정 방법

제주대학교 방사선조사실은 내부용적이 3200mm(W)×4200mm(L)×2700 mm(H)의 장방형 구조이고 선원과 시료의 최대 수평이격거리는 약 2500mm이다. 선원은 사용하지 않을 때는 조사실 바닥면 바로 아래에 위치한 납용기에 저장되며, 시료를 조사할 때는 plug형태의 선원홀더를 모터로 구동되는 케이블을 감아서 선원홀더안내관을 따라 인출한다. 선원은 길이가 400mm, 직경이 10mm인 연필형태의 봉이다.

선량조절을 위한 차폐체는 납으로 제작된 직경이 다른 3개의 원통으로 각 원통의 두께는 납 30mm, 스텐리스 5mm이다. 3개의 원통은 직경이 작은 것부터 순서대로 조립하여 선원을 둘러쌀 수 있도록 제작하였으며 3개를 모두 사용하는 경우 최대 차폐 두께는 납 90mm, 스텐리스 15mm이다. <그림 1>은 선

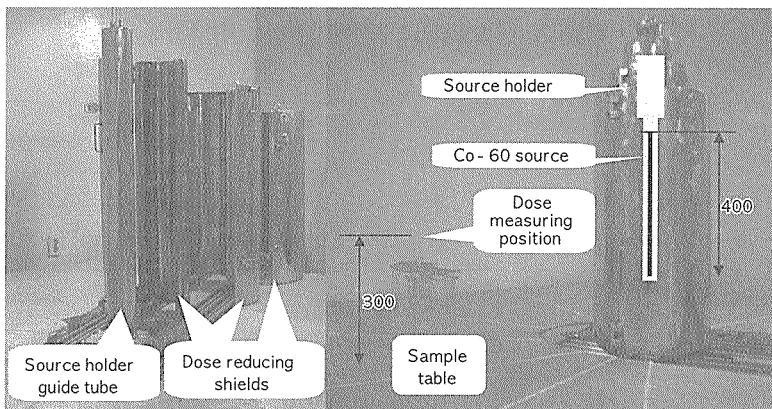
량조절용 차폐체를 분리한 상태(좌측)와 조립한 상태(우측)를 보여주고 있다. 선원과 시료의 이격거리에 따른 선량변화를 측정하기 위하여 선원을 중심으로 동일한 간격의 동심원을 조사실 바닥면에 표시하고 각 지점에서 선원의 중심 높이에 해당하는 위치에 Fricke 선량계 vial 3개, TLD 소자 5개, 전리함(반복 3회 측정)을 배치하여 측정하였으며, 각각 측정된 값을 평균하였다. 이 과정을 선량조절용 차폐체를 각각 1겹, 2겹, 3겹 설치한 상태에서 반복하여 차폐체 사용에 따른 선량 분포를 측정하였다.

KCT-300 소자에 대한 선량 calibration은 한국원자력연구소의 Co-60 표준조사시설을 이용하여 실시하였으며, 이를 통하여 $10^{-5} \sim 10^3$ Gy 범위의 선량에 대해서 열형광량과 흡수선량에 대한 특성곡선을 구하였다. 화학선량계를 통한 흡수선량 측정은 방사선이 용액을 통과할 때 Fe^{2+} 가 Fe^{3+} 로 산화되는 현상을 이용하는데 이 화학적 변화가 흡수된 에너지에 비례한다. 방사선 조사후 $FeSO_4$ 용

액에서 Fe^{3+} 생성량은 UV-Vis spectrophotometer(HP 8453)로 판독한 304nm파장의 자외선 흡광도를 통하여 측정하였다. 전리함은 용적이 $0.6cm^3$ 이고 외부공기가 전리함 내부로 자유롭게 드나들 수 있는 자유공기 전리함으로서 방사선에 의하여 생성된 전하량을 전위계(electrometer)로 판독하여 이것을 흡수선량으로 변환하였다. 전리함은 인체 등가물질인 아크릴 소재의 케이스에 내장되어 있어서 조사선량을 흡수선량으로 변환할 수 있다. 각 선량계로 측정하는 시간은 1시간동안이다.

3. 측정 결과

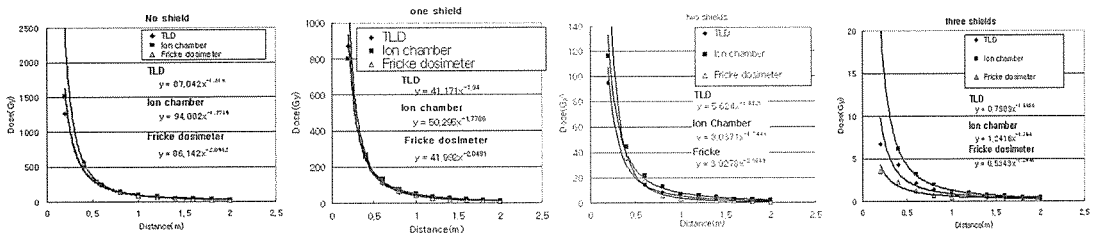
<그림 2>는 각각 선량조절용 차폐체를 사용하지 않은 경우(no shield)와 차폐체를 한 겹(one shield), 두 겹(two shields), 세 겹(three shields) 사용한 경우에 선원과 선량계간의 거리에 따른 선량의 변화를 나타낸 그림이다. 각 경우 측정된 데이터를 최소자승법



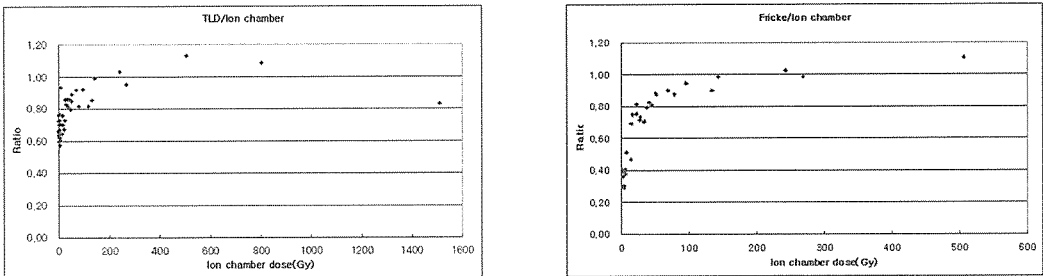
(그림 1) 방사선조사실의 선량조절용 차폐체를 분리한 상태와 조립한 상태

으로 연결하는 2차함수의 추세곡선을 나타내었다. 선원으로부터 거리가 최소(25cm)일 때 차폐체를 사용하지 않은 경우 최대 약 1500Gy/h의 선량이 가능하고, 차폐체를 1겹 사용한 경우 최대 약 900Gy/h, 2겹 사용한 경우는 최대 약 120Gy/h, 3겹 사용한 경우 최대 약 6Gy/h가 가능함을 볼 수 있다. 차폐체를 3겹 사용하고 선원으로부터 최대로 이격한 경우 최소 선량률은 약 0.4Gy/h이다. 따라서 제주대학교 방사선조사시설에서 조사 가능한 선량률의 범위는 0.4~1500Gy/h 정도가 됨을 알 수 있다. 대체적으로 차폐체의 수가 증가하여 선량률이 낮아질수록 각 선량계간의 편차가 증가함을 볼 수 있다. <그림 3>은 전리함으로 측정된 선량에 대한 TLD로 측

정한 선량과 Fricke선량계로 측정된 선량의 비를 나타낸 것이다. TLD의 경우 전체 선량 범위에서 측정이 가능하였지만, Fricke선량계는 선량률이 600 Gy이상에서는 포화상태에 달하여 측정이 불가능하였다. 일반적으로 전리함의 선량측정이 정확한 것으로 간주할 수 있으므로 TLD의 경우 약 170Gy이하에서 그리고 화학선량계는 150Gy이하에서 실제보다 상당히 낮은 값을 나타내고 있으며 편차의 정도는 화학선량계가 더 큼을 볼 수 있다. 선량이 170~300Gy 영역에서는 두 선량계 모두 오차가 ± 2~5% 이내로 비교적 정확한 선량값을 보였다. 그리고 선량조절용 차폐체 수와 선원과의 거리 조절을 통하여 조사 가능한 선량범위는 0.4~1400Gy/h까지였다. **KRIA**



<그림 2> 선원으로부터의 거리에 따른 방사선량 측정치



<그림 3> 전리함으로 측정된 선량에 대한 TLD로 측정된 선량 및 Fricke 선량계로 측정된 선량의 비