

SMART 원자로 방사선비상기초구역 설정을 위한 소외선량 평가

이재민, 전종선, 박상규, 김태현, 한병섭
 (주)에네시스, 대전광역시 유성구 장대동 337-2번지
jmlee@enesys.co.kr

1. 서론

원자력발전소에서 방사성물질 누출사고시 주민보호를 위해 신속하고 효과적인 비상대책이 집중적으로 강구되어야 할 지역으로 "비상계획구역"이 설정되어 있다. 현재까지 "비상계획구역"은 대용량 상업용원자로 중심으로 설정되었다. 그러나 SMART 원자로의 경우 중소형원자로이며 현재 운전중인 발전용 원자로와는 그 구조 및 안전성 확보 정도가 다르다. SMART 원자로의 경우 기존 원자력발전소에 비해 획기적으로 안전성을 확보하도록 설계되었다. 이러한 안전성 확보를 위한 노력과 비용은 운영, 유지, 보수 비용 및 사회적 수용성 확보 비용과 상쇄되어야 할 것이다. 본 연구에서는 국내외 개량형 경수로 연구자료를 기초로 SMART 설계자료를 반영한 기초 평가를 수행하였다.

2. SMART 원자로 방사선비상기초구역 설정을 위한 소외선량 평가

비상계획구역 설정시 피폭경로에 대한 구역을 설정해야 한다. 피폭 경로는 방사능운에 의한 경로와 섭취에 의한 경로로 구분하는 것이 적절하다고 판단된다. 방사능운에 의한 피폭 경로의 주된 피폭 원인은 방사능운과 흡착 물질에 의한 감마선 외부 피폭과 방사능운 경로에 따른 흡입 피폭이 있다. 잠재적 피폭은 수 시간에서 수일에 걸쳐 일어나게 되며, 섭취 피폭경로의 주된 피폭 원인은 오염된 생야채나 우유와 같은 음식과 물을 통해 일어난다. 잠재적 피폭은 수 시간에서 수개월에 걸쳐 일어난다.

SMART 원자로의 사고시 소외결말 분석을 평가하였다. 노심재고량 평가를 위하여 ORIGEN-2 코드를 사용하였다. 이 코드는 미국 ORNL에서 개발한 것으로 현재 가동중인 상업용 원자로에 대부분 적용이 가능하여 이 코드를 통하여 노심내 방사화 생성물, 핵분열생성물, 악티나이드 및 중성자, 광자에 대한 재고량을 평가할 수 있다. SMART 원자로 재고량 평가를 위하여 PWRUS 라이브러리를 적용하였고 660MWth, EFPD 1000일 운전 조건으로 코드 계산을 수행하였다. 본연구에서는 NUREG-1465의 사고시 방사선원항 연구결과와 EPRI TR-113509에서 제시한 연구결과를 바탕으로 환경방출 선원항을 가정하였다. SMART 원자로의 경우 개량형경수로 수준의 안전성을 확보한다는 가정을 통하여 환경방출 선원항을 도출하였다. 기본적인 가정으로는 가상 중대사고를 설정하고 기본적인 핵종군별 방출분율은 NUREG-1465를 적용하였고 이중 요오드 핵종군에 대하여 EPRI 연구의 AP600 노형에 적용하였던 방출분율을 적용하였다. EPRI의 AP600 연구의 경우와 같이 격납건물의 건전성은 유지된다는 가정을 설정하고 격납건물 설계누설율을 0.15 volume%/day로 적용하여 환경방출 선원항을 도출하였다. 사고 발생후 24시간동안 환경방출선원항이 대기로 방출된다고 가정하여 소외 선량 평가에 적용하였다. 사고시 SMART 원자로의 소외 선량 평가를 위하여 EPRI의 방법론을 적용하였다.

소외선량 계산을 위한 코드로는 확률론적 선량평가 코드인 MACCS-2 코드를 사용하였고 기상 자료는 울진 원전 지역의 기상자료를 이용하였다. 선량은 총유효선량당량(TEDE)이며 누출높이로는 지표누출을 고려하였다. 이상과 같은 입력자료를 바탕으로 소외선량 평가를 수행하여 그 결과

를 원자로 중심반경에 따른 선량값으로 다음 표 1과 그림 1에 나타내었다. 여기서 50% 확률값의 선량은 옥내대피 기준인 10 mSv에 대응하는 값이고 90% 값은 소개 기준인 50 mSv에 대응하는 값이다.

표 1. SMART 원자로 거리별 소외선량

거리(m)	50% TEDE(Sv)	90% TEDE(Sv)
100	9.47E-02	3.15E-01
200	1.77E-02	5.20E-02
300	1.68E-02	3.04E-02
400	9.40E-03	2.05E-02
500	9.34E-03	1.16E-02
600	6.60E-03	1.07E-02
800	6.55E-03	7.65E-03
1000	4.57E-03	5.49E-03

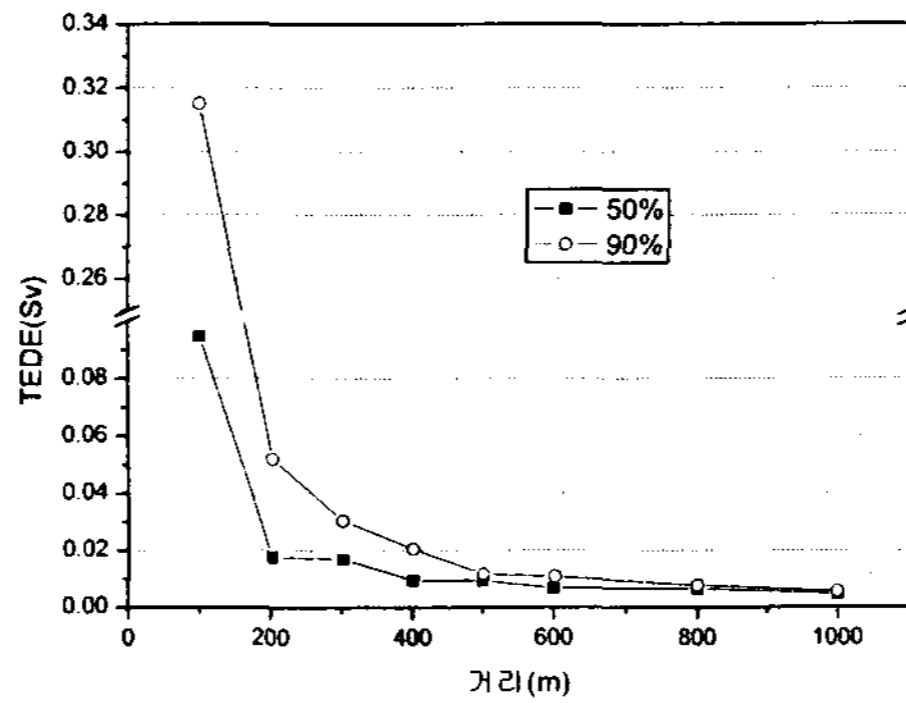


그림 1. SMART 원자로 거리별 소외선량

위 표 1과 그림 1에서 알 수 있듯이 SMART 원자로 사고시 옥내대피에 대응하는 50% 확률값에서 거리 400 m에서 피폭선량이 9.43 mSv로 나타났고 소개에 해당하는 90% 확률값에서는 거리 300 m에서 피폭선량이 30.4 mSv로 나타났다.

3. 결론

SMART 원자로의 기본적인 특성과 개량형 경수로의 안전 특성을 통하여 주민보호지침을 만족하는 거리를 평가하였다. 기존 상업용 경수로에 비해 작은 노심재고량과 과거 비상계획구역 설정시 적용하였던 방출율을 경수로에 대하여 개선한 NUREG-1465의 방출선원항을 적용한 결과, 주민보호지침을 만족하는 거리가 400m 정도로 축소됨을 알 수 있었다. 그러나 최종적으로는 기술적 평가의 불확실성을 고려한 안전여유도와 규제측면의 여유도를 설정하고, 더불어 주민 수용성, 정책적 측면, 비용효과 등의 평가를 통하여 방사선비상기초구역을 설정하여야 할 것이다.