

월성 1호기 대형 냉각재 상실사고에 대한 안전해석 선량평가

이갑복, 양양희, 방선영

한국전력공사 전력연구원, 대전시 유성구 문지로 65

gblee@kepco.co.kr

1. 서론

월성1호기에 대한 refurbishment의 일환으로 최종안전성분석보고서의 안전해석 부분을 전면적으로 개정하고 있다.

본 논문에서는 상기의 안전해석과 관련된 여러 사고 중 전력연구원 주관 하에 수행된 대형과단을 동반한 냉각재 상실사고에 대한 선량평가 결과를 제시하였다.

선량평가는 캐나다 AECL이 개발한 최신 대기 확산 및 선량평가 코드인 ADDAM 전산코드를 사용하였으며, 국내 규제요건인 교과부고시 제 2008-8호에 대한 부합성을 확인하기 위해 미국 규제지침에 제시된 방법을 적용하여 평가한 선량과 비교하였다.

2. 본론

2.1 선량평가 방법 및 입력자료

ADDAM 코드 개요

원자력발전소의 가상사고 조건 하에서 누출되는 방사능에 의해 대중이 받는 방사선량을 계산하는데 사용된 전산코드는 ADDAM1.0이다 [1]. ADDAM 코드의 구성은 <그림 1>과 같다.

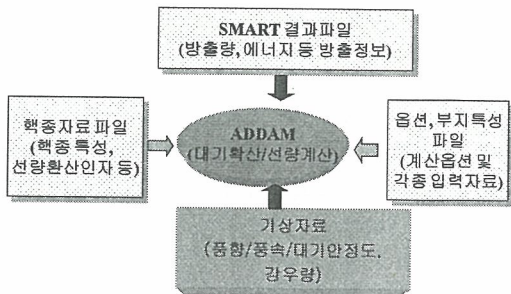


Fig. 1. ADDAM 코드의 구성

ADDAM 코드는 캐나다의 중수로형 원전 사고 시 선량평가 기준인 CAN/CSA N288.2-M91에서 권고하는 방법론에 기초하여 방사성핵종의 대기 확산 및 시간누적 농도를 계산한다. 그리고 개인

및 집단에 대하여 방사능 구름 및 지표 침적물로부터의 외부피폭, 호흡에 의한 내부피폭 선량을 계산한다.

주요 가정 및 입력자료

ADDAM 코드는 사고 후 대기로 누출될 가능성이 있는 다수의 방사성핵종에 대한 방사선학적 정보를 포함한다. 방사선학적 정보는 핵종의 반감기, 선량환산인자 등을 포함한다. ADDAM 코드는 CAN/CSA N288.2-M91에 제시된 선량환산인자를 기본값으로 사용하고 있으나 본 연구에서는 국내에서 원전 사고해석에 널리 이용되고 있는 미국 EPA 보고서의 선량환산인자를 적용하였다. 방사능 구름과 지표면 침적에 의한 외부피폭 선량환산인자들은 EPA Federal Guidance No. 12의 표 III.1과 표 III.3에 수록되어 있다. 그리고 호흡에 의한 내부피폭 선량환산인자는 EPA Federal Guidance No. 12의 표 2.1에 수록된 값에 우리나라 성인의 표준 호흡량 (7,400m³/yr)를 곱하여 사용하였다.

핵종의 방출량, 방출에너지 등과 같은 누출 특성 자료는 격납건물에서의 방사성핵종 거동을 해석하는 SMART 전산코드에서 계산된다. 핵종의 환경 누출은 굴뚝, 환기시스템 입구, 구멍, 원자로 건물로부터의 누설 등 다양한 경로를 통해 이루어진다. ADDAM 코드에서는 경로별로 실제 누출이 이루어지는 고도와 누출에너지 등을 고려하여 대기확산인자를 계산할 수 있으나, 본 연구에서는 국내 규제요건에 따라 지표면 방출을 가정하였기 때문에 이러한 누출경로의 구분은 의미가 없다.

기상자료는 2005년부터 2007년까지의 3년간의 1시간 간격 관측자료를 이용하였으며, 풍향, 풍속, 대기안정도, 강수량 자료가 사용되었다. 대기안정도는 수직 온도감율(ΔT)에 따라 분류된 A ~ G의 7개 등급이 이용되었다.

그리고 집단선량을 계산하는데 사용되는 인구 분포, 지표면 거칠기, 와류효과 보정에 사용되는 최근근 건물 단면적 등과 같은 부지특성자료는 월성 2,3,4호기 안전해석시 사용된 자료 [2]를 이

용하였다.

선량계산 방법

ADDAM은 방위, 방출 거리, 방출 경로, 피폭 경로, 장기, 연령 등의 6 가지 변수에 의한 조합으로 선량을 계산한다.

방출시간은 1 시간 이내의 방출을 단기, 1 시간에서 하루까지 방출을 중기, 그 이상의 방출은 장기로 구분하여 선량을 계산한다. 장기 누출에 대한 선량은 중기 누출과 동일한 방법으로 선량을 계산한다.

개인선량은 주민의 거주성과 관계없이 전체 방위에 대해 선량을 계산하며, 집단선량은 각 섹터별 평균개인선량에 해당섹터의 주민수를 곱하여 계산한다. 거주주민은 모두 성인이라 가정한다.

3 년간의 기상자료를 가지고 1 시간 간격으로 측정된 26,280개의 기상자료 조합을 만들 수 있다. 이러한 기상자료 조합에 대해 핵종별 누출량, 누출 특성 등을 고려하여 개인 및 집단에 대한 선량을 계산한다. 각 시간간격 동안의 방출량과 기상자료 조합을 이용하여 선량을 계산한 후 전체 누출기간 동안의 선량을 합산한다.

개인에 대한 선량은 위의 초단기 및 단기누출, 중기 및 장기 누출에 대한 개인선량을 계산하고 각 기상자료 조합별로 계산된 선량을 작은 값으로부터 큰 값 순으로 정렬하여 방위별 99.5백분위수 중 가장 큰 값을 기준치와 비교하기 위한 대푯값으로 선정한다. 집단선량은 전체 영역에 대해 50백분위수에 해당되는 값을 대푯값으로 선정한다.

경수로형 원전 적용방법과의 비교

월성 1호기 안전해석 선량평가는 국내 대기확산 평가 관련 고시(교육과학기술부 고시 제 2009-37호(원자로서설 부지의 기상조건에 관한 조사평가 기준)의 요건을 반영하였으나, 상세한 기술요건이 제시되지 않은 경우에는 캐나다의 규제지침을 따랐다. 국내의 또 다른 고시인 교육과학기술부 고시 제2009-37호(원자로서설의 위치에 관한 기술기준)에서는 선량한도로 가압경수로 원전 적용 기술요건인 미국 10 CFR 100.11에 제시된 기준을 적용하고 있다.

따라서 방출기간, 대기확산인자 보정방법 등 일부 방법론에 있어서 미국과 캐나다 기준이 상이하기 때문에 국내 고시에서 준용하고 있는 미국

규제요건에 대한 부합성을 확인하기 위해 미국 관련 규제지침(NRC Regulatory Guide 1.145)에 따라 대기확산인자를 계산하여 선량을 평가하였다.

2.2 선량평가 결과

원자로 노심으로부터 원자로 건물로 가장 많은 방사능을 누출시키는 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고의 경우에 대해 914m의 제한구역경계(EAB)에서의 선량을 <표 1>에 제시하였다. ADDAM 코드는 갑상선, 전신선량이 각각 302.2, 58.7mSv, 그리고 경수로방법에 의한 선량이 각각 936.5, 14.3mSv로 계산되었다. 선량계산 결과의 차이는 대기확산인자 및 선량 대푯값 결정방법에 기인하는 것으로 판단된다.

Table 1. 비상노심냉각상실을 동반한 대형냉각재상실사고에 대한 선량계산 결과

	갑상선(mSv)		전신(mSv)	
	선량한도	선량	선량한도	선량
ADDAM	3,000	302.2	250	58.7
경수로 방법	2,500	936.5	250	14.3

3. 결론

월성 1호기 가동 중 가상사고에 의한 주민 방사선량을 캐나다, 우리나라, 그리고 미국의 규제기술요건을 적용하여 계산하였다. 계산결과 갑상선 및 전신선량은 모두 선량기준치 이내에서 안전하게 관리될 수 있음이 확인되었다.

4. 참고문헌

[1] AECL, "Computer Code Documentation for Calculation and Analyses; ADDAM Version 1.0 Theory Manual", Rev 0, 2003 June.
 [2] Korea Electric Power Co., "Wolsong Nuclear Power Plant Unit NO. 2/3/4 Final Safety Analysis Report, 1995.