

MAVRIC을 활용한 사용후핵연료 콘크리트 저장용기 개념모델의 차폐해석

김태만, 김형진, 백창열

한국방사성폐기물관리공단, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

tmkim@krmc.or.kr

1. 서론

상용원전에서 발생된 사용후핵연료를 중장기(20~100년)동안 안전하게 관리하기 위해서는 이에 적합한 방사선 차폐성을 갖추어야 하며, 이는 기술기준에 부합하는 설계와 평가를 수행하여야 한다. 특히, 콘크리트 저장용기의 설계분야 중 방사선차폐 설계를 위해서는 충분히 신뢰성이 입증된 설계 전산코드를 사용하도록 규정된다.[NUREG-1536] 이에 본 연구에서는 참고문헌에서 제시하고 있는 차폐평가 코드 중 NRC의 SCALE(모듈코드 시스템내에 MAVRIC(Monaco with Automated Variance Reduction using Importance Calculations)을 활용하여 국내 고유의 콘크리트 저장용기의 개념모델에 대한 방사선 차폐평가를 수행하였으며, 향후 개선방안을 도출하고자 한다.[2]

2. 본론

2.1 평가모델 및 가정조건 설정

본 연구에서 활용한 MAVRIC 전산코드는 3차원 기하학적 구조의 문제에 대하여 몬테카를로 방법으로 계산하는 MONACO를 기반으로 하고 있으며, SGGP(SCALE General Geometry Package)를 활용하여 평가대상 시스템을 모델링한다. 또한 경수로 사용후핵연료 분석에 적합한 ENDF/B-VII.0 27neutron/19photon group 라이브러리를 기반으로 하였으며, 통계적 오차가 최소화 되도록 설정하였다.[3]

2.1.1 설계기준연료 및 선원항 설정

본 연구에서는 차폐계산의 보수성을 확보하기 위하여 CE형 16X16 핵연료설계 자료를 근거하여 가정사항을 설정하였다.

- 가. 사용후핵연료의 선원항은 초기농축도 4.5%, 방출연소도 45GWD/MTU, 냉각기간 10년을 기준 나. 핵연료 모델링은 저장용기(Cask) 내부 캐니스터 전영역으로 가정하여 보수적으로 설정 다. 선원항은 계산은 ORIGEN-ARP를 활용하였으

며, 본 연구에서는 Photon에 대한 평가만을 적용 다. '선량환산인자'는 해당 전산코드에서 제공되는 ANSI Standard(1977) 사용

2.1.2 저장용기 모델 및 가정사항 수립

본 연구에서 사용된 콘크리트 저장용기는 '한국방사성폐기물관리공단'에서 주관한 '사용후핵연료 수송·저장 상용화 기술개발'에서 도출된 개념모델의 제원을 활용하였다.[4]

- 가. 방사선안전에 대한 보수적 평가를 위하여 용기 내부 Canister 전체를 핵연료 구역으로 설정 나. 고선량 구역으로 예상되는 공기 입/출구 사이즈를 보수적으로 동일화

Table 1. Characterization of Concrete CASK.

구분	제원(mm)	중량(ton)	
캐니스터	외경	1,690	34.5
	내경	1,640	
	높이	4,890	
	뚜껑두께	250	
	바닥두께	60	
용기 본체	외경	3,270	104.3
	내경	1,870	
	높이	5,785	
	뚜껑두께	365	
	바닥두께	480	
총 중량		138.8	

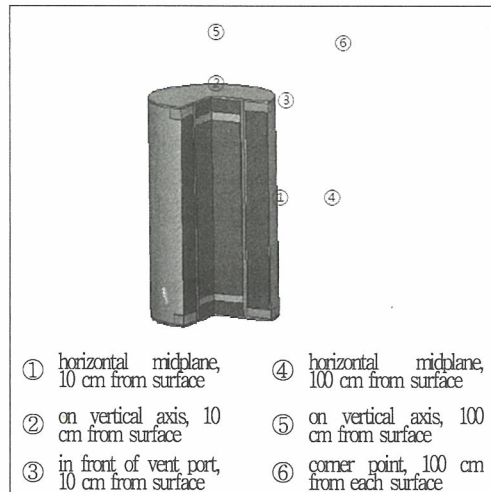


Fig. 1. Cask geometry and detector locations.

2.2 ANALOG

MONACO의 기본적인 Sequence 인 ANALOG 방법을 활용하여 각 계측지점에 대한 선량을 평가하였다.(Table.2)

Table 2. Result of Evaluation.

Point	rem/hr	Uncer	Error
1	0.026	0.005	17.8%
2	0.618	0.177	28.7%
3	1.448	0.526	36.3%
4	0.021	0.005	24.4%
5	9.409	2.035	21.6%
6	1.843	0.896	48.6%

2.3 CADIS

CADIS(Consistent Adjoint Driven Importance Sampling)은 Importance Mesh Map(Fig.2)을 사용하여 분석대상 위치의 계측기 위주로 계산을 수행하도록 설정하였으며 평가결과는 Table.3 과 같다.

Table 3. Result of Evaluation.

Point	rem/hr	Uncer	Error
1	0.087	0.006	6.8%
2	0.660	0.039	6.0%
3	2.349	0.080	3.4%
4	0.053	0.002	3.3%
5	7.522	0.413	5.5%
6	0.534	0.023	4.4%

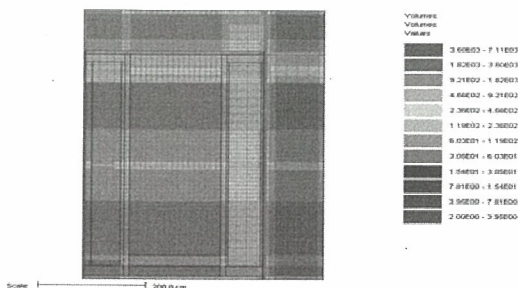


Fig. 2. Importance map mesh planes in the x and z dimensions and Dose Rates.

3. 결론

사용후핵연료 콘크리트 저장용기 개념모델에 대하여 모델의 보수적 가정으로 각 평가지점에서 다소 높은 선량이 산출되었다. 평가결과 용기 상부 1m 이격지점에서 가장 높은 선량이 도출되었으며, 이는 공기출구의 영향으로 사료된다. 또한 ANALOG 방법보다는 Importance Mesh Map을 활용한 CADIS 방법이 오차를 줄일수 있음을 확인하였다. 본 평가를 통하여 SCALE 6.0 의 MAVRIC에 대한 활용성을 제시하였으며, 향후에는 대상 시스템의 상세모델링과 정량적 가정을 통하여 평가결과를 보완하여야 한다.

4. 감사의 글

본 연구는 지식경제부의 방폐물관리기술품개발 중장기 기획과제의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] Standard Review Plan for SF Dry Storage Systems at a General License Facility, NUREG-1536, 2011.
- [2] "MAVRIC : MONACO with Automated Variance Reduction Using Importance Calculations", ORNL/TM-2005/39, v6, 2009.
- [3] "MONACO : A Fixed-Source, Multi-group Monte Carlo Transport Code for Shielding Applications," ORNL/TM-2005/36, v6, 2009.
- [4] '사용후핵연료 수송·저장 시스템 상용화 기술 개발(1단계)', 한국방사성폐기물관리공단, 2011.05.