

PCTTRAN/APR1400 전원상실사고 및 소내·외 선량 평가

김주엽, 김주열, 정승영*

(주)미래와도전, 경기도 용인시 기흥구 탑실로 46

*한국원자력안전기술원, 대전시 유성구 과학로 62

yubjoo@fnctech.com

1. 서론

2011년 3월에 발생한 일본의 후쿠시마 원전 사고 이후 전 세계적으로 원전의 안전성을 재점검하는 계기가 되었으며, 특히 소내외 전원상실로 인한 다수호기 동시사고에 대비한 비상대응체계 마련 및 관련 기술개발 필요성이 대두되었다. 본 연구에서는 다수호기 동시사고를 모사하기에 앞서 예비적인 차원에서 APR1400 노형 신고리 3, 4 호기의 단일호기 전원상실사고를 모사하고, 그에 따른 부지 주변의 방사선영향평가를 수행하였다. 사고 모사 및 소내·외 선량평가에는 미국 MST사에서 개발한 PCTTRAN/APR1400 및 RadPuff 모듈을 사용하였다.

2. 본론

2.1 사고 조건

소외 및 소내외의 모든 교류전력 공급이 상실되는 상황을 가정하였으며(Fig. 1), 따라서 교류전력에 의해 작동되는 모든 계통은 이용할 수 없고 단지 터빈구동 보조급수펌프만이 제한된 시간 동안 작동한다고 가정하였다. 초기 30분간 100% 정격 출력 운전해 해당하는 PCTTRAN Initial Condition 1의 정상운전 상태를 유지하다가 소내외 전원상실 사고 및 비상 디젤발전기 실패를 가정하였다. 사고발생 후 30분이 경과한 시점에서 운전원에 의해 터빈구동 보조급수가 작동되지만, 배터리 전압 불충분으로 인해 작동개시 후 1시간 동안만 작동한다고 가정하였다. 이러한 시나리오 관련 구동사항을 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Scenario of PCTTRAN Simulation.

계산시간 (sec)	PCTTRAN 구동사항
0	IC#1. 30분간 정상운전
1800	소내외 전원상실
3600	터빈구동펌프 ON
7200	터빈구동펌프 OFF
20000	사고복구 및 종료

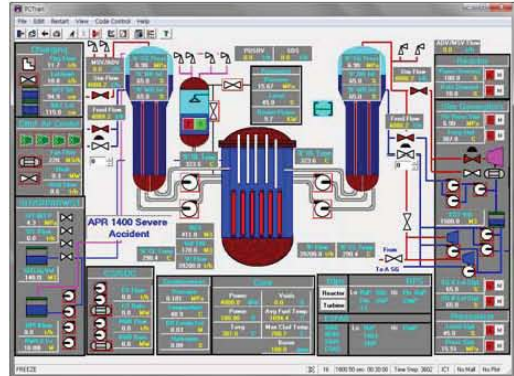


Fig. 1. PCTTRAN/APR1400 Station Blackout Setting.

2.2 운전 변수

PCTTRAN 계산을 통해 원자로냉각재계통 압력, 원자로냉각재 평균온도, 증기발생기 압력 등과 같은 다양한 원전 운전변수들의 시간에 따른 변화를 관측할 수 있다. 본 연구를 통해 산출된 운전 변수 중 대표로 시간에 따른 원자로냉각재 평균 온도 및 주증기관 방사능 누설량 그래프를 Fig. 2에 나타내었다.

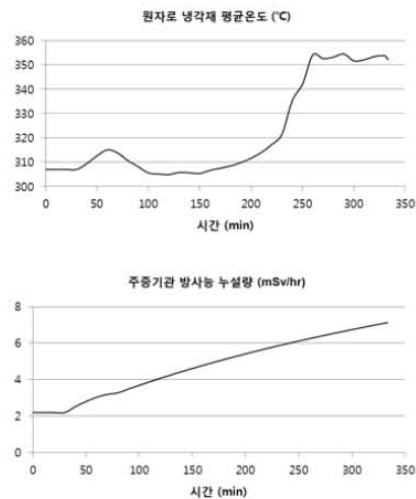


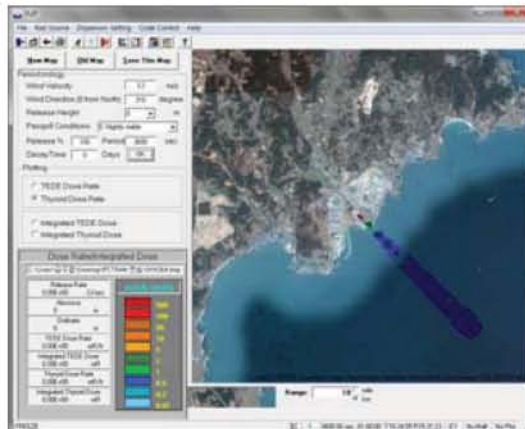
Fig. 2. Variation of Average Temperature of the Reactor Coolant and Radiation Leakage Rate of the Main Steam Line.

2.3 선량 평가

PCTTRAN 계산을 통해 시간별 및 핵종별 선량이 파일로 출력되며, 이를 RadPuff 모듈의 선원항 입력파일로 사용하였다. RadPuff의 초기조건은 신고리 3, 4호기 예비안전성분석보고서를 참조하여 Table 2와 같이 설정하였다. 또한 신고리 3, 4호기 부지의 위성사진을 활용하여 대기확산 및 선량을 도식화하였으며, 시간에 따른 선량을 변화율 그래프로 산출하였다.(Fig. 3)

Table 2. Initial Condition for RadPuff.

입력변수	입력값	비고
Wind Velocity (m/s)	3.2	부지 연평균 풍속
Wind Direction (degree) (0 from North)	315	부지 연간 최대 풍향
Release Height (m)	50	방출고도
Pasquill Conditions	E-Slightly stable	부지 연간 최대 대기안정도



Thyroid dose rate at 1/10 of release centerline pathway in the map (mR/hr)

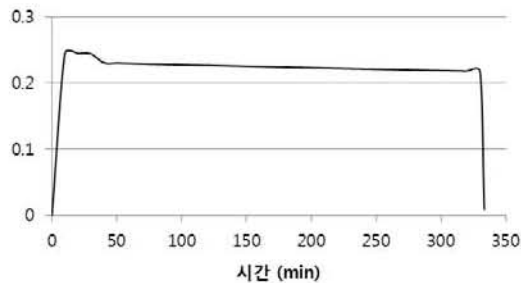


Fig. 3. Thyroid Dose Rate at 3,600 sec (Top) and Variation of Thyroid Dose Rate (Bottom).

3. 결론

다수호기 동시사고 모사에 앞서 예비적 차원의 단일호기 정전사고를 모사하였으며, 그 결과는 본 논문에서 언급한 바와 같다. 본 연구의 결과는 추후 다수호기 동시사고의 시나리오 선정 및 사고영향 평가시 기초자료로 활용될 수 있으며, 나아가 다수호기 동시사고에 대비한 비상대응체계 마련 및 관련 기술개발에 기여할 수 있다. 향후 보다 다양한 사고 시나리오에 따른 영향평가를 추가적으로 수행할 예정이며, 이를 통해 폭넓은 기초자료를 구축할 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

- [1] 한국수력원자력(주), 신고리 3,4호기 예비안전성분석보고서
- [2] Li-Chi Cliff Po, "Personal Computer Transient Analyzer for a Two-loop PWR and TRIGA Reactor," MST (2009).
- [3] 한국원자력안전기술원, "방사능방재 시뮬레이터 개발 및 광역 방사능 비상대응 분석," KINS/HR-1076 (2011).