

사용후핵연료 중간저장시설 PSA 도구 개발

정중태, 황미정, 최인길, 김형진*, 윤정현*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

*한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

itieong@kaeri.re.kr

1. 서론

현재 국내에서는 20기의 원자력발전소가 운영 중에 있으며 이로 인해 발생하는 사용후핵연료는 발전소 내에 임시 저장되어 있다. 그러나, 발전으로 인해 사용후핵연료 발생량은 계속 증가하며 발전소의 저장용량은 부지별로 차이는 있지만 2016년도에는 포화에 이를 것으로 예상되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 2009년부터 방사성폐기물관리공단을 중심으로 사용후핵연료를 임시 저장하기 위한 연구가 진행되고 있다. 사용후핵연료 중간저장시설을 설계하고 운영하는데 있어서 최우선적으로 고려해야 할 사항은 안전성 확보이다. 본 연구에서는 안전성을 평가하고 확보하기 위한 수단으로 활용되고 있는 확률론적 안전성평가 도구 개발 방안을 제안하는데 그 목적이 있다.

2. PSA 도구 개발 방안

확률론적 안전성 평가(PSA, Probabilistic Safety Assessment) 기법은 원자력발전소의 안전성을 평가하기 위한 방안으로 활용이 시작된 이후 필요한 도구 개발 및 신뢰도 자료의 데이터베이스 구축 등에 관한 연구가 활발하게 진행되어 오고 있다. 또한, 원자력발전소의 안전성평가 뿐만 아니라 방사성폐기물 처분장, 사용후핵연료 중간저장 시설 또는 다른 산업 분야에서도 안전성평가를 위한 수단으로 널리 활용되고 있다. 일반적으로 확률론적 안전성 평가는 자료 수집, 초기사건 선정, 사건수목 분석, 고장수목 분석, 결말분석으로 이루어져 있다.

그림 1에는 현재 개발이 진행 중인 사용후핵연료 저장시설의 확률론적 안전성 평가 도구 개발 구조 및 활용분야가 도시되어 있다. 그림에서와 같이 PSA 도구 개발은 정보수집 및 PSA 도구 모듈 개발로 구성되어 있으며 개발된 도구의 활용분야도 도시되어 있다. 정보수집 단계에서는 안전성평가를 위한 부지 자료, 시설설계 및 운영 자료, 저장 예정인 사용후핵연료 특성 자료 등이 있다. 이들 자료는 참조부지와 참조시설을 참조로 하여 데이터베이스 형태로 구축되어 평가 모듈인 고장수목 및 사건수목 분석, 피폭선량 평가의 기본 자료로 활용될 예정이다.

운영 재해도 분석은 저장시설의 운영 중 발생 가능한 초기사건을 선정하기 위한 모듈이다. 초기사건은 운영중 발생 가능한 정상상태로부터의 이탈을 예상하고 이로 인해 작업자 및 일반대중에게 방사선 피폭을 야기할수 있는 사건으로 정의된다. 원전의 PSA 수행을 위한 초기사건은 많은 경험을 토대로 평가를 위한 초기사건이 선정되어 있다. 그러나, 사용후핵연료 저장시설의 안전성 평가를 위한 초기사건은 부지 및 시설의 특성을 반영하여 선정되어야 하며 적절한 선별기준을 적용하여 분석에 필요한 초기사건을 선정하여야 한다. 이를 위해서 What-If Procedures, FMEA, 또는 HAZOP 방법론 등이 활용될 예정이다.

사건수목 분석은 초기사건이 발생하고 사고 영향을 완화하기 위한 안전계통의 작동여부 등을 고려하여 최종적으로 방사성물질의 누출이 발생할 수 있는 사고 시나리오를 구성하고 그 확률을 추정하는 방법이다. 각 계통의 분기별 확률 추정은 고장수목 분석 방법론을 활용하여 이루어진다. 이들 고장수목 및 사건수목 분석을 위해서는 한국원자력연구원에서 원전의 PSA 수행을 위해 개발한 프로그램인 AIMS PSA Manager에 포함되어 있는 CONPAS와 K-cut 프로그램을 활용할 예정이다.

결말분석은 방사성 물질의 누출이 발생하는 모든 사고 시나리오에 대해 피폭선량을 평가하는 모듈이다. 피폭선량 평가는 외부 작업자와 일반 대중에 대해 각각 적절한 피폭경로와 선량인자를 활용하여 평가가 이루어질 예정이다. 결말평가 결과는 평균값을 제시하는 방안뿐만 아니라 확률론적인 분석이 가능하도록 평균값과 적절한 신뢰도 구간에서의 값을 제시할 수 있도록 할 예정이다. 또한, 결과 분석의 편의와 활용성을 위하여 결과를 상보누적함수 (CCDF; Complementary Cumulative Distribution Function) 형태로도 제공될 예정이다.

사용후핵연료 저장시설의 PSA 도구는 향후 저장시설의 안전성 평가 및 확보에 활용될뿐만 아니라

시설 전체의 종합적인 리스크 평가, 규제요건 만족여부 확인에 활용될 수 있다. 또한, 안전에 중요한 구조물, 시스템, 부품 등의 안전성에 미치는 상대적인 중요도를 파악하여 설계개선이 필요할 경우에 주요 입력자료를 제공하는데 활용될 수 있다.

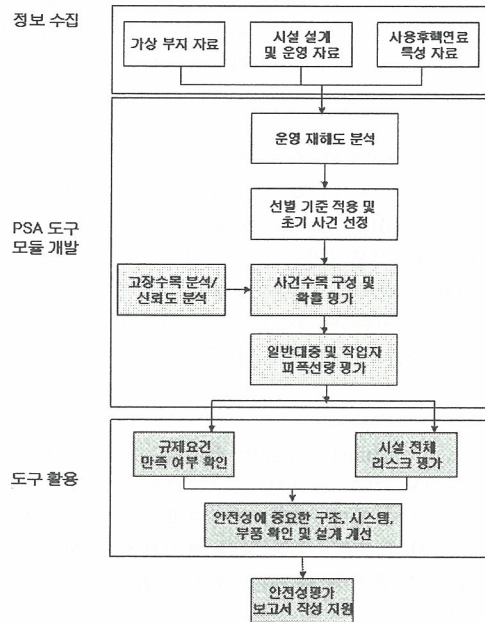


그림 1. PSA 도구의 주요 구조 및 활용 분야

3. 결론

사용후핵연료 저장시설의 안전성 평가뿐만 아니라 설계개선 및 안전성평가 보고서 작성 지원을 위해 활용이 가능한 확률론적 안전성 평가 개발 방안을 제시하였다. 개발된 도구는 향후 다양한 분야에서 활용이 가능할 뿐만 아니라 활용경험을 토대로 다른 후행핵연료주기시설의 안전성평가 도구로서의 확장이 가능할 수 있다.