

## 중간저장시설 확률론적 안전성평가 도구 SSAT 개발 및 활용

정중태, 황미정, 최인길, 김형진\*, 윤정현\*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

\*한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

jtjeong@kaeri.re.kr

### 1. 서론

현재 국내에서는 원자력발전소 운영으로 인해 발생하는 사용후핵연료는 발전소 내에 임시 저장되어 있다. 사용후핵연료 발생량은 계속 증가하며 각 발전소의 저장용량은 부지별로 차이는 있지만 포화에 이를 것으로 예상되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 사용후핵연료를 임시 저장하기 위한 연구가 진행되고 있다. 사용후핵연료 중간저장시설을 설계하고 운영하는데 있어서 최우선적으로 고려해야 할 사항은 안전성 확보이다. 본 연구에서는 사용후핵연료 중간저장 시설의 안전성을 평가하기 위해 개발한 확률론적 안전성평가 도구를 소개하고 활용 방안을 제안하는데 그 목적이 있다.

### 2. 본론

#### 2.1 확률론적 안전성 평가 프로그램 개요

확률론적 안전성 평가(PSA, Probabilistic Safety Assessment) 기법은 원자력발전소의 안전성을 평가하기 위해 활발하게 활용되고 있으며 규제기관에서도 후행핵연료주기 시설의 안전성 평가 방법론으로 사건수목 방법론을 제안하였다. 확률론적 안전성 평가는 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. 사용후핵연료 중간저장 시설의 확률론적 안전성평가를 위해 운영재해도 분석 방법론을 이용한 초기사건 선정 모듈, 사건수목 및 고장수목 분석 모듈, 결말분석 모듈로 구성된 프로그램인 SSAT 1.0(Systematic Safety Assessment Tool)을 개발하였으며 이 프로그램의 초기화면은 그림 1과 같다.

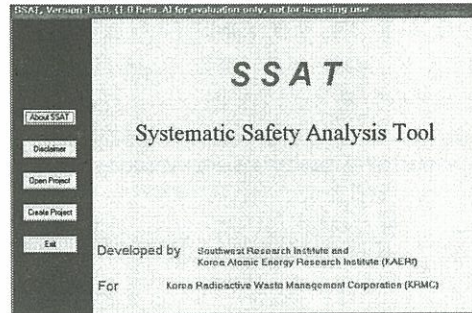


Fig. 1. The open screen of the SSAT 1.0

#### 2.2 초기사건 선정 모듈

확률론적 안전성 평가를 위한 초기사건은 내부사건과 외부사건으로 구분한다. 외부사건은 일반적인 외부사건 목록을 작성하여 제시하고 사용자가 전문가적인 근거를 통하여 분석이 필요한 외부사건을 선정할 수 있다.

내부사건에 의한 초기사건 선정을 위해서 FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), What If, Energy Method 방법론을 활용하여 고장 모드, 고장 원인, 고장 영향 및 부가적인 정보를 입력하고 이를 분석이 필요한 초기사건으로 선정하는 근거를 제시하는 화면을 구성하여 내부사건을 선정할 수 있다. 이 중 대표적인 FMEA 분석을 위한 화면은 그림 2와 같다.

FMEA Form, Project: SSATDemo			
Functional ID	Facility Gate Offsite Transportation		
Item No.	0001.00	Component Description	Shield Door
Failure Mode	Fail Open		
Cause of Failure	Power Failure, Mechanical Failure, Human Error		
Effect of Failure	Possible spread of contamination		
Preventive and Mitigative Features	Adequate design to prevent failure of the door		
Additional Information			
Severe Events	Effect on other Functional Areas		
<input checked="" type="radio"/> Yes	<input checked="" type="radio"/> Yes		
<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> No		
Justification	Explanation		
Update Record	Created	Cancel	Print

Fig. 2. Example of FMEA Form

2.3 사건수목 및 고장수목 분석 모듈

사건수목 및 고장수목 분석 모듈은 한국원자력 연구원에서 개발하여 원자력발전소의 확률론적 안전성평가를 위해 이용되고 있는 AIMS-PSA를 이용하였다. SSAT의 주 메뉴 화면에서 운영재해도 분석을 통해 분석이 필요한 초기사건을 선정한 이후에 Freq.Analysis 메뉴에서 사건수목과 고장수목 구성을 한다. 이후에 AIMS-PSA 메뉴를 클릭하면 그림 3과 같은 AIMS-PSA 실행화면이 나타난다. 이 AIMS 프로그램을 이용하여 사건수목 및 고장수목 분석을 수행한다.

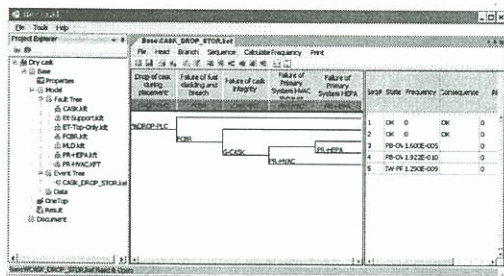


Fig. 3. Sample screen of AIMS Execution

2.4 결말 분석 모듈

결말 분석 모듈은 사건수목 및 고장수목 분석을 통해 구성된 사고 시나리오 중 방사성 물질이 발생하는 사고 시나리오에 대해 작업자 및 일반 대중에 대한 방사선 피폭선량을 평가하는 모듈이다. 피폭선량 평가는 결정론적과 확률론적 평가가 가능하며 대표적인 결정론적, 확률론적 피폭선량 평가 결과는 각각 그림 4와 5에 도시된 바와 같다.

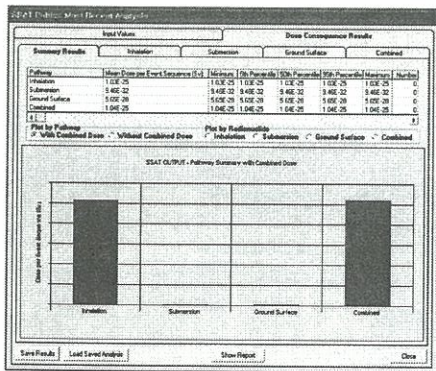


Fig. 4. Deterministic Exposure Dose Result

2.5 분석 지원 모듈

분석 지원 모듈로는 Perform, SW Reliability,

Checklist, Failure Rate, Image 등이 있다. Perform 메뉴는 결과를 요약하여 보여주는 메뉴이다. SW Reliability 메뉴는 운영에 필요한 소프트웨어의 신뢰도 자료 입력 메뉴이다. Failure Rate는 시스템이나 부품의 신뢰도 자료와 참고문헌을 입력할 수 있는 메뉴이다. Image 메뉴는 확률론적 안전성평가를 위해 필요한 설계자료, 도면, 기타 필요한 모든 그림 파일을 저장하고 활용할 수 있도록 도와주는 메뉴이다.

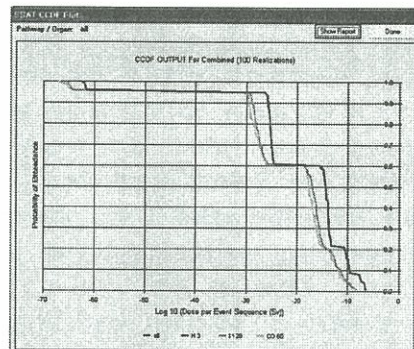


Fig. 5. CCDF Plot of Exposure Dose Result

3. 결론

사용후핵연료 중간저장 시설의 확률론적 안전성평가를 위한 프로그램 SSAT 1.0을 개발하였다. 이 프로그램은 향후 사용후핵연료 중간저장 시설의 기본설계가 이루어지면 설계 자료를 활용한 실제적인 안전성평가에 활용되며 결과는 안전 목표 만족여부를 확인하는데 활용되며 이를 통한 설계개선이나 안전성에 중요한 시스템, 구조물, 부품들을 확인하는데 유용하게 활용할 수 있다.

4. 감사의 글

본 연구는 지식경제부의 방폐물관리기술개발 중장기 기획과제의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] 한국방사성폐기물학회, 2009년 춘계학술발표회 논문요약집, pp.481-482, 2011.  
 [2] S. H. Han et al., "PSA Integration Analysis Software AIMS", AIMS-EzASQ 1.0, 2005.