

고준위 방사성폐기물 처분장 Safety Case 구성요소 이행 계획

정종태, 고나일, 최종원, 백민훈, 최경우*

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

*한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 과학로 62

jtjeong@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위 방사성폐기물 처분장의 안전성 및 신뢰도 확보를 위해 최근에는 IAEA와 OECE/NEA를 중심으로 Safety Case 개발을 위한 연구 활동이 활발하게 진행되고 있다[1]. 국내에서도 “고준위 방사성폐기물 처분시설에 관한 방사선 위해방지기준(안)”을 통하여 Safety Case 개발 요건을 명시하고 있으며 한국원자력연구원에서는 Safety Case 개발 계획과 요소별 이행 계획 수립에 관한 연구를 수행하였다[2, 3]. 본 연구에서는 처분 안전성 신뢰도 향상을 위한 Safety Case 구성 요소들의 이행 방안 수립을 소개하는데 그 목적이 있다.

2. 본론

2.1 Safety Case 정의 및 역할

OECD/NEA 보고서에 의하면 Safety Case는 방사성폐기물 처분시설의 안전성에 관한 서술, 정량화, 입증뿐만 아니라 안전성평가의 신뢰도 확보에 관한 모든 논쟁 및 증거의 종합으로 정의하고 있다. Safety Case의 주요 역할로는 처분시스템의 특성 및 성능 확인을 위한 구조적이고, 추적가능하며 투명한 방법으로 필요 과학, 기술적인 정보의 통합, 처분시스템의 특성 및 성능 확인에 있어서의 불확실성 확인 및 불확실성 관리, 인체 및 환경보호를 위한 합리적인 근거 제공을 통한 처분시설의 장기 안전성 입증, 정책결정에 대한 의사결정 및 처분시설의 인허가 지원, 이해당사자간의 의사소통 지원 등을 들 수 있다.

2.2 Safety Case 주요 구성 요소

한국원자력연구원에서는 핀란드 S&R과 공동으로 Safety Case 구축을 위한 일반보고서를 작성하였으며 이를 기반으로 Safety Case 종합 보고서 작성을 위한 포트폴리오를 구성하였으며 이는 그림 1에 도시된 바와 같다.



Fig. 1. The portfolio of the safety case.

2.3 Safety Case 요소별 이행 방안

2.3.1 설계 기준

설계 기준은 처분시스템의 구성요소를 설정하기 위한 필요 요건을 설명하는 것이고 설계 기준과 타당성을 제시하여야 한다. 여기에는 이해당사자들의 필요 요건, 처분시스템별 필요 요건, 설계 요건, 실제 사양들을 포함하여야 한다.

2.3.2 처분 부지

처분 부지는 개발 중인 부지를 설명하는 전체적인 과정을 설명하여야 하며 이를 위해서는 부지조사 자료, 지표 환경 자료, 기반암의 특성, 암석역학과 열적 특성, 건설 작업에 의한 영향, 품질 보증, 부지 모델의 통합 등이 포함되어야 한다.

2.3.3 폐기물 유형

폐기물 유형은 처분대상 폐기물의 특성에 관한 내용을 포함하여야 하며 여기에는 안전요구 조건, 처분대상 폐기물의 유형과 특성, 폐기물의 취급, 운반 및 처분관련 주요 활동, 폐기물 초기 상태 특성 등이 포함되어야 한다.

2.3.4 공학적방벽 시스템

여기에는 공학적방벽 시스템과 구성요소 및 이

들에 대한 관련 지식기반이 정의되어야 한다. 즉, 처분용기, 완충재, 뒷채움재 등의 공학적방벽에 대한 특성화, 설계와 생산에 관한 정보를 포함하며 향후 연구개발 필요성에 관한 내용도 포함하여야 한다.

2.3.5 처분장 설계

이는 지하처분 시설과 지상시설에 관한 설계, 운영, 처분장 배치 및 지하 공간의 건설에 관한 내용을 포함한다. 즉 처분대상 폐기물의 특성을 고려한 처분시설의 배치 및 지하공간, 처분공과 처분터널의 규모, 설계, 건설, 운영, 폐쇄 및 감시에 관한 예비일정을 포함한다.

2.3.6 FEP(Features, Events, and Processes)

FEP은 안전성평가를 위한 시나리오를 구성하기 위한 주요요소로서 처분시스템의 시간에 따른 변화, 방사성물질의 이동과 지연, 인간과 환경에 미치는 방사선 영향에 대한 중요성이 고려되는 FEP에 대한 설명이 포함되어야 한다.

2.3.7 안전성평가 시나리오 구성

이는 방사선적, 열적, 기계적, 수리지질학적, 화학적, 생물학적 현상 또는 방사선에 의해 유도되는 현상에 의해 발생하는 처분시스템 내에서의 상호작용과 기후변화와 같은 외부요인, 지질학적 변화 과정 또는 인간 행위 등을 고려하여 구성되는 시나리오를 설명한다. 또한 시나리오에 대한 사례 분석을 포함하여야 한다.

2.3.8 모델과 자료

이는 처분시스템 구성요소의 성능평가와 시나리오 구성 및 분석에 필요한 주요 모델과 자료를 포함한다. 또한 선택된 모델과 자료의 타당성을 제시하고 안전성평가와 Safety Case의 결론에서 중요하게 고려되는 모델과 자료의 품질과 불확실성에 대한 논의도 포함되어야 한다.

2.3.9 안전성평가 및 분석

이는 방사성 핵종의 누출과 이동, 시나리오별 평가 및 분석 결과를 포함한다. 또한 처분시스템 구성요소간 방사성 핵종의 이동, 지표환경으로의 방사능 누출양, 피폭선량으로 표시되는 인간과 환경에 대한 방사선 영향 등 모든 정량적 평가의 최종 결과가 제시되고 논의되어야 한다. 또한 설계기준 보고서에 제시된 성능 요건과 안전목표 만족 여부를 확인하는 증거들도 제시되어야 한다.

2.3.10 보조 안전지표 고려

이는 Safety Case 결과에 대한 신뢰도 향상을 위해 추가적인 증거, 분석, 논의 등이 제시한다. 대표적인 보조 안전지표로는 자연 또는 인공 유사 연구, 다른 국제적인 안전성 평가와의 비교, 보조 안전지표 또는 보조 성능지표 등이 있다.

2.3.11 Safety Case 종합

이는 Safety Case를 종합하여 정리하고 피폭선량과 위험도 등과 같은 규제 측면의 안전목표 준수 여부와 다른 요건들을 평가한다. 또한 안전성 평가에서 중요한 연구결과를 도출하고 처분장 계획과 개발이 계속되어야 하는가에 대한 판단 근거를 정량화하고 이를 뒷받침하는 주요 증거와 분석, 논의를 강조하여 나타내고 불확실성 분석과 미해결 문제와 이들을 해결하기 위한 계획된 조치를 논의하고 Safety Case 주요 구성요소에 대한 추가적인 논의의 형태로 신뢰도를 표현하여야 한다.

3. 결론

본 연구에서는 일관성을 유지하고 투명성을 갖추고 실행 가능하며 정보 흐름의 추적이 가능한 Safety Case 개발을 위한 주요 구성요소들의 이행방안과 Safety Case 개발을 지원하는 각 요소들에 대한 보고서 작성을 위한 구성 내용을 제시하였다. 이는 향후 국내에서 개발 중인 고준위 폐기물 처분시스템인 A-KRS와 가상 부지인 KURT를 기반으로 Safety Case 종합보고서 작성에 활용될 예정이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부가 주관하는 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] OECD/NEA, "Post-Closure Safety Case for Geological Repositories: Nature and Purpose", 2004.
- [2] 고낙열 외, "한국원자력연구원의 Safety Case 이행 계획", KAERI/TR-4531/2011, 2011.
- [3] 고낙열 외, "한국원자력연구원의 Safety Case 개발 계획", KAERI/TR-4497/2011, 2011.