

방사성폐기물 심층처분시설 Safety Case에서 보조 안전지표 활용현황 분석

정종태*, 김정우, 백민훈

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*jtjeong@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성폐기물 처분사업을 진행하고 있는 국가에서는 방사성폐기물 처분시설의 안전성 확보 및 안전성평가에 대한 신뢰도 증진을 위한 Safety Case 개발의 일환으로 보조 안전지표에 관한 연구를 활발하게 수행하고 있다. 우리나라에서도 고준위 방사성폐기물 심층처분시설에 관한 일반기준(안)에 의하면 보조안전지표를 정의하고 신뢰성 구축을 위해 보조 안전지표 활용을 명시하고 있다. 본 논문에서는 보조 안전지표 연구 현황을 조사, 분석하고 심층처분시설의 Safety Case 개발에 있어서 보조 안전지표의 개발 및 활용에 관한 주요 항목을 제안하였다.

2. 본론

2.1 보조 안전지표 개념 및 활용

IAEA에서는 방사성폐기물 처분장의 안전성을 확보하고 신뢰도를 증진시키기 위하여 안전지표와 보조 안전지표를 정리하여 보고서[1]를 발간하였으며, 2003년도에는 안전지표를 일반 성능지표, 안전지표, 보조 안전지표로 구분하여 각각의 특징을 요약하고 지표들의 비교를 위한 기준 선정에 관한 논의를 포함한 보고서[2]를 발간하고 참조 값 데이터베이스 개발을 위한 국제공동연구[3]를 수행하였다.

유럽공동체(EC)에서는 보조 안전지표의 선정 및 평가에 관한 프로젝트를 통하여 주요국의 처분시스템에 대해 안전성평가를 재수행하고 결과를 참조 값과 비교함으로써 지표들의 적용성을 확인하였다. OECD/NEA에서는 주요 안전지표와 성능지표를 선정하고 참여국 처분시스템에 대하여 시험 적용하여 유용성을 확인하고 보조 안전지표의 활용을 위한 참조 값 확보의 중요성을 강조하였다.

2.2 보조 안전지표 관련 주요 국제공동연구

2.2.1 SPIN 프로젝트[4]

SPIN 프로젝트는 유럽공동체 주관으로 안전지표

와 성능지표를 선정하고 참여국 처분시스템에 대하여 이들을 고려한 종합성능평가를 재수행하고 비교함으로써 지표들의 적합성과 적용성을 확인하는 프로젝트이다. Fig. 1은 대표적인 평가결과인 독일의 암염층 기반 처분시스템인 GRS에 대해 생태계 수계에서의 방사성독성 농도 평가결과이다.

2.2.2 PAMINA 프로젝트[4]

OECD/NEA 주관으로 수행한 PAMINA 프로젝트의 일부로서 보조 안전지표를 안전지표, 성능지표, 안전기능 지표로 구분하고 참여국의 처분시스템에 시험 적용하였다. 보조 안전지표들을 활용하여 처분시스템 안전성의 신뢰도를 확보하기 위해서는 적절한 참조 값들을 확보해야 함을 강조하였다. 대표적인 시험적용 결과인 ENRESA의 평가 결과는 Fig. 2에 도시된 바와 같다.

2.2.3 IAEA 주관 참조 값에 관한 국제공동연구[3]

IAEA에서는 Safety Case에서의 보조 안전지표 활용을 위한 참조 값에 관한 데이터베이스 개발을 목적으로 9개국이 참여한 국제공동연구를 수행하였다. 그러나, 일정한 형태를 갖춘 데이터베이스로 구축하기에는 많은 제약이 따르기 때문에 자료들은 국가별로 정리되었으며 자료의 활용과 향후 국제적인 공감대를 위한 결론을 도출하였으며 자료들은 일반적인 (generic) Safety Case 개발에 활용될 수 있다. 대표적인 결과로써 핀란드의 암반 종류에 따른 주요 원소들의 농도는 Table 1에 요약된 바와 같다.

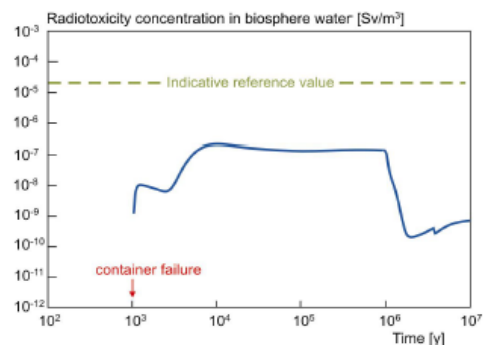


Fig. 1. Radiotoxicity concentration in biosphere water (GRS).

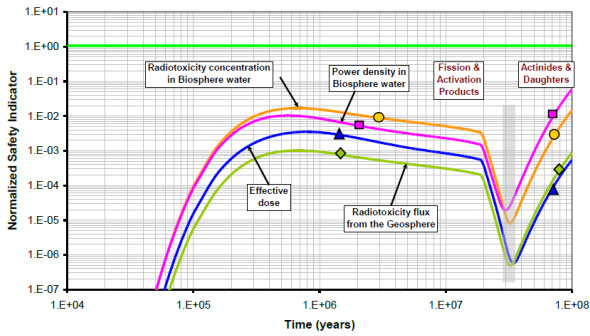


Fig. 2. The normalized safety indicators (ENRESA).

Table 1. Typical concentrations of some elements in selected rock types in Finland

| Element (mg/kg) | Granite | Granodiorite | Diorite | Gabbro |
|-----------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| U | 2-0 | 0-12 | 0.3-4.0 | 0.1-3.5 |
| Th | 4-264 | 2-28 | 0-7.1 | 0.06-2.7 |
| K | 6000-75,000 | 7000-49,000 | 1700-30,000 | 100-35,000 |
| Rb | 22-1,160 | <10-206 | 3-130 | 1-278 |
| Cu | <10-170 | 0-50 | 10-730 | 16-8,230 |

2.3 주요국 보조 안전지표 활용 현황

스웨덴에서는 KBS-3H 처분시스템에 대한 Safety Case 개발에 있어서 방사성독성 농도와 방사성독성 플렉스를 보조 안전지표로 선정하여 활용하였다. 사용후핵연료의 방사성독성은 시간에 대한 함수로서 평가되며 자연환경에 존재하는 물질로 인한 방사성독성과 비교하였다. 시간에 따라 처분장으로부터 유출되는 방사성독성 플렉스는 자연환경에서의 플렉스와 비교하였다.

핀란드에서는 사용후핵연료 처분에 대한 Safety Case 보고서의 일부로서 보조안전지표의 활용에 관한 별도의 보고서를 발간하였다. 이 보고서에서는 신뢰도 향상을 위해 다양한 증거들을 다루었으며 암반의 안전성, 처분시스템 설계와 재질의 적합성, 처분시스템 내에서의 방사성물질의 이동 제한 등에 관한 다양한 증거자료들을 제시하였다.

일본은 재처리 고준위폐기물 처분시스템과 사용후핵연료 직접처분 시스템에 대한 Safety Case 개발 보고서에서 수계에서의 방사성물질의 농도, 음용수 기준, 강물과 토양에서의 방사성물질의 농도와 비교를 수행하였다.

3. 결론

보조 안전지표 개발 및 활용 현황의 수집, 분석을 토대로 국내에서의 보조 안전지표의 개발 및 활

용에 관한 주요 항목을 다음과 같이 제안하였다.

- 피폭선량과 리스크는 처분시스템의 안전성을 확인할 수 있는 가장 기본적인 안전지표이다.
- 보조 안전지표는 처분시스템의 안전성을 평가하고 입증하기 위해 활용되는 척도로서 Safety Case 개발에 유용하게 활용되며 처분안전성에 추가적인 신뢰성을 제공할 수 있다.
- 처분 안전성과 관련된 지표들의 분류는 다양하지만 피폭선량과 리스크를 안전지표, 이들을 제외한 신뢰도 향상을 위해 이용되는 모든 지표들을 보조 안전지표로 구분하는 것이 바람직하다.
- SPIN, PAMINA 프로젝트에서 제안한 성능지표와 안전기능 지표들은 향후 처분시스템과 하위시스템들의 성능기준이 정해진 이후에 보조 안전지표로 선정하여 활용하는 것이 바람직하다.
- 대표적인 보조 안전지표인 방사성핵종의 농도와 플렉스에 관한 정보를 중간결과물로서 확보가 가능하도록 안전성평가 도구가 개발되거나 개선되어야 하며 중간결과물로서 제시되어야 할 지점이나 처분시스템 구성 부품들이 지정되어야 한다.
- 보조 안전지표 적용을 위해 비교척도로 이용되는 참조 값들에 대한 자료나 데이터베이스가 확보되어야 한다.

4. 참고문헌

- [1] IAEA, Safety indicators in different time frames for the safety assessment of underground radioactive waste repositories, IAEA-TECDOC-767, (1994).
- [2] IAEA, Safety indicators for the safety assessment of radioactive waste disposal, IAEA-TECDOC-1372, (2003).
- [3] IAEA, Natural activity concentrations and fluxes as indicators for the safety assessment of radioactive waste disposal, IAEA-TECDOC-1464, (2005).
- [4] European Commission, Testing of Safety and Performance Indicators (SPIN), EUR 19965 EN, (2002).
- [5] OECD/NEA, PAMINA, Performance Assessment Methodologies in Application to Guide the Development of the Safety Case, Safety Indicators and Performance Indicators, (2009).