

## 방사성폐기물 장기저장시설의 안전성 검증체계에 관한 고찰

정재학

한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 구성동 19번지

[radwaste@kins.re.kr](mailto:radwaste@kins.re.kr)

우리나라는 지난 40년 가까이 방사성폐기물을 임시저장해왔으며, 현재 추진중인 중저준위폐기물 처분시설이 운영될 경우에도 단기간에 저장중인 모든 폐기물을 처분하는 것은 현실적으로 어려울 것으로 예상된다. 따라서 향후 국내 장기저장 수요에 대한 예측과 장기저장이 필요한 방사성폐기물에 대한 안전성 검증체계의 확립이 필요한 시점이라고 할 수 있다.

표 1은 방사성폐기물 장기저장에 관한 IAEA의 Position Paper (2003)와 Technical Meeting (2005)에서 논의된 고려사항 (장기저장의 목적 및 형태, 저장기간, 장기저장의 수요, 관련 안전성 항목, 잠재적인 현안 등)에 대하여 국내 상황을 반영해 예비적으로 검토한 결과를 요약한 것이다.

**표 1. 방사성폐기물 장기저장 안전성 확보를 위한 고려항목에 대한 예비 검토결과**

항목	예비 검토결과	비고		
장기저장 목적 및 형태	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 붕괴/냉각저장 (단수명 폐기물, 사용후핵연료)</li> <li>▪ 완충저장 (가공전 폐기물)</li> <li>▪ 중간저장 (처분을 위해 대기중인 폐기물)</li> <li>▪ 전략적 저장 (재처리를 위해 대기중인 사용후핵연료)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 장기저장 목적에 대한 명확한 정의</li> <li>▪ 저장방식에 대한 분류</li> </ul>		
저장기간 분류	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 단기저장 (예: 예상 저장기간 5년 이내)</li> <li>▪ 중기저장 (예: 예상 저장기간 5년 초과)</li> <li>▪ 장기저장 (예: 예상 저장기간 수십 년 초과)</li> <li>▪ 무기한 저장 (저장 이후의 관리방침 미정)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 대개 5년 내지 수십 년을 장기저장기간으로 고려</li> </ul>		
장기저장 수요 및 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 과거발생 폐기물 중 처분장 인수기준 불만족분</li> <li>▪ 과거발생 폐기물 중 처분장 인수기준 미확인분</li> <li>▪ 향후 발생될 폐기물 중 인수기준 불만족분</li> <li>▪ 월성 삼중수소제거설비에서 발생될 삼중수소 저장용기</li> <li>▪ 연구로1,2호기 해체시 발생될 흑연폐기물 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 처분시설 인수가 불가능하거나 지연되는 폐기물</li> <li>▪ 구체적인 사례에 대한 추가조사 필요</li> </ul>		
장기저장 안전성 항목	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시설/포장물/용기의 안정성</li> <li>▪ 차폐설계</li> <li>▪ 작업자의 방사선방호</li> <li>▪ 물리적방호 및 보안</li> <li>▪ 경년열화 및 부식관리</li> <li>▪ 운반안전성</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 설계기준 사고</li> <li>▪ 화재방호</li> <li>▪ 가연성 기체 등 발생</li> <li>▪ 폭발 및 자연발화</li> <li>▪ 장기간 부지환경 조건</li> <li>↳ 자연현상 (지진, 홍수 등)</li> </ul> </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시설/포장물/용기의 안정성</li> <li>▪ 차폐설계</li> <li>▪ 작업자의 방사선방호</li> <li>▪ 물리적방호 및 보안</li> <li>▪ 경년열화 및 부식관리</li> <li>▪ 운반안전성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 설계기준 사고</li> <li>▪ 화재방호</li> <li>▪ 가연성 기체 등 발생</li> <li>▪ 폭발 및 자연발화</li> <li>▪ 장기간 부지환경 조건</li> <li>↳ 자연현상 (지진, 홍수 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 전통적인 저장 안전성 항목과 대부분 일치</li> <li>▪ 저장용기의 건전성, 열화, 부지조건 변화, 설계기준 사고 등의 중요성 증가</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 시설/포장물/용기의 안정성</li> <li>▪ 차폐설계</li> <li>▪ 작업자의 방사선방호</li> <li>▪ 물리적방호 및 보안</li> <li>▪ 경년열화 및 부식관리</li> <li>▪ 운반안전성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 설계기준 사고</li> <li>▪ 화재방호</li> <li>▪ 가연성 기체 등 발생</li> <li>▪ 폭발 및 자연발화</li> <li>▪ 장기간 부지환경 조건</li> <li>↳ 자연현상 (지진, 홍수 등)</li> </ul>			
장기저장시 잠재적 현안	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 장기간 시설 소유권 및 관리·운영의 책임</li> <li>▪ 장기간 기록유지 및 보전</li> <li>▪ 과거 허가시설에 대한 신규 규제요건 적용</li> <li>▪ 장기저장 시설에 대한 안전사례 재구성 및 인허가 갱신</li> <li>▪ 화학적·생물학적 위험도에 대한 관리</li> <li>▪ 세대간 평등문제 (지속가능한 발전 측면)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 현행 규제체계 하에서 예상되는 현안들</li> </ul>		

우리나라의 경우에도 추가적인 가공이나 특성평가가 요구됨에 따라 처분장 인수가 지연될 수 있는 중저준위폐기물과 중간저장이 필요한 사용후핵연료 등 잠재적인 장기저장 수요가 있는 것으로 분석되었다. 저장기간 분류기준으로는 특성평가 또는 완충을 위한 임시저장 소요기간 (약 5년)이나 적절한 최종 관리단계 이행이 지연됨에 따라 예상되는 “수십 년”을 고려할 수 있을 것이

다. 장기저장에 따른 안전성 항목은 대부분 전통적인 저장안전성 항목과 일치하지만 저장기간 장기화에 따른 저장용기의 건전성, 열화, 부지조건 변화, 설계기준 사고 등의 중요성이 상대적으로 증가될 것으로 예상된다. 한편 장기간 관리의 책임소재, 기록보존, 기존 시설에 대한 안전사례 재구성, 주기적인 안전성평가 등이 잠재적인 현안이 될 수 있는 것으로 분석되었다.

또한 이 논문에서는 방사성폐기물 장기저장 시설에 대한 안전사례 구성을 위한 기본자료를 생산하기 위한 목적으로, 저장시설에서 폭발 및 화재사고 발생시 주변 주민에 미치는 영향에 대한 예비평가를 수행하였다. 우선 과기부고시 제2005-18호(중저준위 방사성폐기물 인도규정)에 명시된 핵종별 처분농도 상한치에 상당하는 폐기물 1,000드럼을 장기간 (5년 이상) 저장하는 시설을 평가 대상으로 선정하였다. 사고유형으로는 소규모 폭발 (TNT 1파운드 폭발에 상당)과 대규모 화재 (시설전체 폐기물의 화재)를 고려하였고, 기체상 물질의 누설 가능한 분율은 NUREG-1140의 표준값 (예: 삼중수소 100 %, 기타핵종 0.01-1 %)을 적용하였다. 기상조건으로는 대기안정도 F, 풍속 1 m/s (원자력시설 사고해석 기본가정), 시설로부터 소외주민 거주지까지의 거리는 100 m로 가정하였다. 상기 시나리오에 대하여 미국 LLNL에서 개발한 HOTSPOT Version 2.06 전산코드를 이용하여 예상되는 소외주민 영향을 평가하였다.

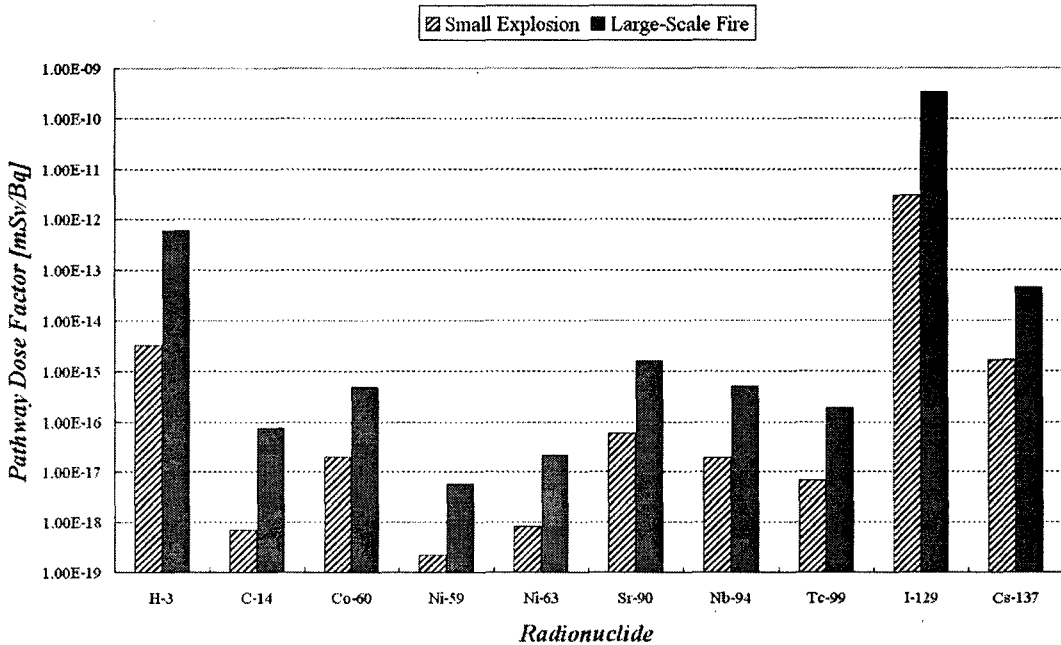


그림 2. 장기저장시설에서 폭발 및 화재사고시 핵종별 주민선량 환산인자 (mSv/Bq)

그림 2에 도시한 바와 같이 핵종별 주민선량 환산인자의 순위는 유효선량 환산인자의 순위와 상이하며, 특히 저장시설에서 폭발 및 화재발생시  $^3\text{H}$ 의 주민선량 환산인자는  $^{60}\text{Co}$ 이나  $^{137}\text{Cs}$ 에 비해 오히려 큰 것으로 평가되었다. 이러한 평가결과는 폭발 및 화재사고시 기체상 누설비율이 큰 핵종 (예:  $^3\text{H}$ )에 의한 영향이 상대적으로 증가함에 기인한 것이며, 이는 장기저장시설에 대한 안전사례의 구성 또는 저장 방사능 재고량 제한치 유도과정에서 시나리오와 피폭경로 별로 차별화된 접근방법이 필요함을 암시하고 있다.