

## 국내 고준위폐기물 영구처분을 위한 안전원칙 및 규제모델 개발 방향

박진용, 서은진, 최경우, 노병환  
 한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 구성동 19  
 jinyong@kins.re.kr

### 1. 서론

국내 중·저준위 방사성폐기물의 영구처분을 위해 경주가 처분장 부지로 최종 선정되고 현재 건설 및 운영을 위한 인허가 심사가 진행 중에 있어, 중·저준위 방사성폐기물의 최종 처분을 위한 이행이 가시화되어 왔다. 한편, 영구처분이 사용후핵연료의 장기 관리방안 중 하나의 선택이 될 수 있으나, 현재 고준위폐기물 영구처분을 위한 법적 기준이나 규제 기반이 완성되어 있지 않다. 따라서 고준위폐기물 영구처분에 의한 인류와 환경을 보호하기 위한 안전원칙을 수립하고, 또한 장기 처분안전성을 확보하기 위한 규제모델 개발을 필두로 안전규제 체계 및 요건의 확립이 요구되는 시점이다.

### 2. 고준위폐기물 영구처분을 위한 안전원칙

고준위폐기물 영구처분을 위한 안전원칙 수립을 위해 IAEA의 안전기준인 Fundamental Safety Principles [1]을 근간으로 폐기물 처분안전에 대한 사항을 국내 실정에 맞추어 조정하였다. 처분안전의 대원칙은 폐기물처분으로 인한 방사선 위험으로부터 현재와 미래 세대 인류와 환경을 보호하는 것으로, 최선의 유용한 기술, 과학적 지식 및 사회적 수용성을 고려하여 방사성 물질의 누출을 장기간 제한하여 ALARA 원칙에 따라 인간 및 환경에 방사선학적 영향을 최소화하도록 처분안전성을 확보하는 것이다 (표 1 참조).

### 3. 안전규제체계 및 규제모델 개발 방향

영구처분을 위한 처분안전성을 확보하고 장기적 안전관리를 위해 사업 실시주체와 규제기관의 역할, 기능 및 그 범위가 명확하게 지정되어야 한다. 규제기관은 방사선 방호 및 안전성에 대한 규제요건 및 심사지침을 제공하여야 하며, 사업 실시주체의 안전사례 내용 및 결과를 검토하여야 한다. 고준위폐기물의 심지층처분은 먼 미래의 인간 활동, 부지환경 및 지질학적 조건의 불확실성으로 인해 장기적인 R&D가 수반되어야 한다. 이와 관련하여 고준위폐기물 처분 연구의 선행국가인 미국, 스웨덴, 핀란드 등은 처분사업 과시화 단계부터 처분연구, 처분이행 단계까지 규제기관이 R&D 우선순위 결정, 처분 연구계획 및 현황 등에 대한 검토 및 의사결정을 위해 개입하고 있다. 또한 규제기관은 정부 의사결정자에게 의사결정을 위한 필요한 정보를 제공하고 일반 대중에 대한 지속적인 정보를 제공하여 대중의 신뢰 확보에 힘써야 한다.

고준위폐기물의 영구처분을 위해 수립된 안전원칙을 바탕으로 규제모델 및 안전요건이 수립되어야 한다. 방사선학적 영향을 표현하는 척도로는 지하수 내 방사성 물질의 농도, 경계를 따른 방사성 물질의 유출률, 방사선량 및 위험도 등이 있다[2]. 미국의 일반 고준위폐기물 처분에 관한 규제기준인 10 CFR Part 60[3]에 따르면 전체 처분시스템의 성능에 대한 선량제약치인 0.15 mSv/yr과 더불어 부가적인 안전지표 요소인 공학적 방벽의 누출률과 지하수 내 방사능 양을 제한하도록 규정하고 있다. 핀란드의 경우 합리적으로 예측가능한 시나리오에 대해 수천년까지 연간 0.1 mSv 이내로 선량을 제한하도록 하고, 불확실성 큰 먼 미래의 환경으로 누출되는 특정 핵종에 대한 누출률 제약치를 규정하고 있다[4]. 스웨덴의 사용후핵연료 최종관리에 관한 방호 규정인 SSI FS 1998:1[5]에 따르면, 처분시스템에 대해 전체성능목표로써 위험도 기준을 두고 있으며, 처분장의 불확실성에 따라 첫 1,000년에 대해서는 정량적인 분석을 그 이후로는 처분장 특성, 환경 및 생태계에 대한 다양한 시퀀스에 근거하여 위험도를 평가하도록 규정하고 있다. 위와 같이 여러 국가의 고준위폐기물 처분을 위한 규제 요건을 살펴보면, 안전성평가 문맥에서 성능목표가 전체 처분시스템의 부합성을 판단하는데 한계가 있으며, 이를 보완하기 위해 여러 보조안전지표를 설정하여 처분장의 최종 부합성을 판단하는데 이용되고 있음을 알 수 있다. 국내 고준위폐기물 처분을 위한 안전요건 또한, 처분시스템에 대한 전체성능목표를 설정하고, 처분시스템 고유 특성, 국내 여건 및 국민 수용성을 고려하여 하부시스템에 대한 보조적인 안전지표로써 각 방벽에 대한 성능기준을 설정하고, 필요한 경우 처분시설 인공핵종의 환경농도 제한치를 두어 생태계를 보호하는 기준을 설정하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 표 2는 국내 고준위폐기물처분 안전요건 수립을

위한 세부적 방향이다.

표 1 고준위폐기물 영구처분을 위한 안전원칙

항목	상세내용
기본 대원칙	폐기물처분으로 인한 방사선 위험으로부터 현재와 미래 세대 인류와 환경을 보호함
안전원칙	<ol style="list-style-type: none"> <li>안전에 대한 책임                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 안전에 대한 기본 책임은 처분시설을 개발/운영하는 처분 사업자에 있음</li> <li>- 처분 사업자는 처분사업 수행을 위한 충분한 재원과 인적 자원을 확보해야 함</li> </ul> </li> <li>정부의 역할                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부는 안전규제를 위해 적절한 법체제를 설립하고, 규제 독립성을 확보함</li> <li>- 방사선 위험으로부터 자국민과 환경을 보호하기 위해 규제기관은 기술기준 및 규제체제를 수립함</li> <li>- 처분안전에 대한 대국민 이해 및 사회적 수용성을 위해 국가차원의 기본체제를 구축함</li> <li>- 고준위폐기물 처분을 위한 안전 및 관리주체를 법률로 명시함</li> </ul> </li> <li>안전 관리                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 처분시스템의 개발 각 단계별 (부지선정, 설계, 건설, 운영 및 폐쇄후) 방사선학적 영향을 평가하고, 장기적 안전전략을 수립하여 안전사례(safety case)를 구축함</li> <li>- 다중방벽 시스템을 이용한 폐기물의 격리/격리 기능을 확보하여 인간 및 환경을 보호함</li> <li>- 처분 시스템의 안전성 분석의 일부로서 주요한 불확실성 관리계획을 수립하여 안전에 영향을 줄 수 있는 모든 요소를 추적/관리함</li> <li>- 안전 확보를 위한 국제기구에서 추구하는 방사성폐기물 관리 안전원칙을 준수하고 자국민과 환경을 보호함</li> </ul> </li> <li>방호 최적화 및 개인에 대한 위험도 제한                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 처분시설 운영/폐쇄후 장기간동안 방사성물질의 누출을 제한하여 ALARA 원칙에 따라 방사선학적 영향을 최소화함</li> <li>- 선량 또는 위험도 제한치로 최소한의 방호 목표를 지정하고, 또한 방사선 방호의 최적화를 통해 대중에 대한 위험을 제한함</li> <li>- 제한치를 만족할지라도 지속적인 안전의 증진을 위해 모든 가능한 수단을 적용하여 방사선 피폭을 최소화 함.</li> </ul> </li> <li>현재와 미래 세대의 보호                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래 세대에 대한 부담을 최소화하기 위해 현재의 기술적, 사회적, 경제적 사항을 고려하여 적절한 시기에 안전하게 처분함</li> <li>- 현재 폐기물을 발생시킨 사람만큼 미래 세대 인류도 충분한 환경적 보호를 받도록 함</li> </ul> </li> </ol>

표 2 국내 고준위폐기물 처분 안전요건 수립 방향

항목	현행	발전 수립 방향
전체성능목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경상의 위해방지기준 (HLW 처분에 고유한 기준은 미정)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연간위험도 함으로 통합부과 바람직</li> <li>- 안전성평가요건과 종합적 고려</li> <li>- 위해 시공간범위 감안; e.g. 10-6/y</li> <li>- 부합성 입증기간; ~1만년</li> <li>• 발생확률/영향 정량화 불가능한 중요상황에 대해 허부시스템 성능기준 별도 부과 필요 (예: 침입 시나리오)</li> <li>• 선량/확률 통합접근법 정립</li> <li>• HLW처분 방사선 위해 방지기준 제정</li> </ul>
처분폐기물 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물분류기준</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저장관리안전 측면 추가 고려</li> <li>• 포장물/처분용기 연계 고려</li> </ul>
공학적방벽 (EBS)	처분용기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 별도 성능기준 부과 필요성</li> <li>- 정성적 기본요건 추가</li> <li>- 최소격납기간 (e.g. 천년, 십만년)</li> <li>- 침입/파손 가능성/영향 제한요건</li> <li>• 구조및설비기준 보완 또는 처분요건 신설</li> </ul>
	완충재 구조물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 처분용기 요건과 연계 (개별 또는 통합)</li> <li>• 정량적/정성적 성능기준 부가 필요</li> <li>- 지하수 침투율 제한</li> <li>- 방사성핵종 누출률 제한</li> <li>- 인간침입 가능성/영향 제한</li> <li>• 구조및설비기준 보강</li> </ul>
천연방벽(Geosphere)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;위치기준&gt;</li> <li>- 정성적 기본요건 (바람직한 특성)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공학적 방벽 요건과 연계</li> <li>• 정량적 성능기준 부가 검토</li> <li>- 지하수 유동특성 제한 (국내여건상 한계)</li> <li>- 처분심도 (인간침입 가능성/영향 제한)</li> <li>- GBI 플릭스</li> <li>• 필요시 위치기준 보강</li> </ul>
생태계 (환경조건)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;위치기준&gt;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내여건상 추가요건에 한계</li> <li>• 처분시설 인공핵종 환경농도 제한 검토</li> </ul>

참고문헌

[1] IAEA, "Fundamental Safety Principles", Safety Fundamental No. SF-1 (2006).  
 [2] Macfarlane, A.M. & Ewing, R.C., "Underground Uncertainty" (2006).  
 [3] NRC 10 CFR Part 60, Disposal of High-Level Radioactive Wastes in Geologic Repositories  
 [4] STUK YVL 8.4 1(9), "Long-Term Safety of Disposal of Spent Nuclear Fuel" (2001).  
 [5] SSI FS1998:1, "Final Management of Spent Nuclear Fuel and Nuclear Waste" (1998).