



세계의 사용후핵연료 및 방폐물 안전 관리 개요

Global Overview of Spent Fuel and Radioactive Waste Management

Irena Mele
IAEA

세계의 원자력 발전 현황

현재 전 세계적으로 441기의 원전이 운영되고 있다. 설비 용량 기준으로는 382GW에 해당한다. 주요 국가로는 미국 99기, 프랑스 58기, 일본 43기, 러시아 34기, 한국 24기 등이다.

또한, 현재 전세계적으로 65기의 원전이 건설 중에 있다. 주요 국가로는 아르헨티나 1기, 벨라루스 2기, 브라질 1기, 중국 21기, 핀란드 1기, 프랑스 1기, 인도 6기, 일본 2기, 한국 4기, 파키스탄 2기, 러시아 9기, 슬로바키아 2기, 우크라이나 2기, UAE 4기, 미국 5기 등이다.

향후 원자력 발전 규모는 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있는데, 2020년 380~441GW, 2030년 385~632GW, 2050년 371~964GW로 예측되고 있다.

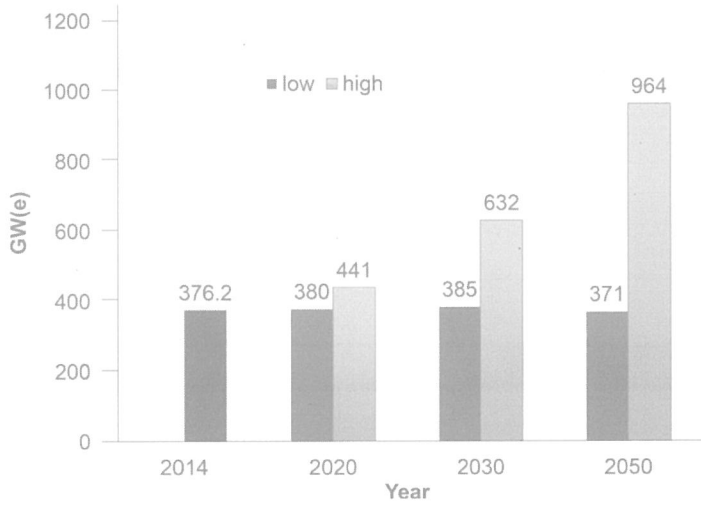
한편, 전 세계적으로 원전 운영이 증가하면서 그에 따라 사용후핵연료와 방폐물의 발생량도 늘어나고 있다. 방폐물의 경우 저준위가 가장 많이 발생하여 총 120,000,000m³으로 전체 방폐물 부피의 90% 정도를 차지하고 있고, 그 다음으로 중준위가 약 7%, 고준위가 약 3%를 차지하고 있다.

사용후핵연료는 전 세계적으로 약 34만톤이 발생하여 대부분 습식 또는 건식 방식으로 저장 관리되고 있고, 일부는 재처리되어 원전의 연료로 재활용되고 있다.

방폐물의 안전 관리 - 국가적 책무

방폐물을 안전하고도 지속가능한 방법으로 관리하는 것은 국가적인 책무이다. 방폐물을 안전하게 관리하기 위해서는 전처리-처리-컨디셔닝 및 포장-저장-처분/재활용 등 여러 단계와 과정을 거친다. 그러나 최종 관리 단계는 처분이다. 처분 방식은 방폐물의 종류에 따라 달라진다.

방폐물의 장기 저장은 결코 영구 처분의 대안이 될 수 없다. 저장은 향후 회수할 의도를 갖고 일정 기간 동안 격리하는 개념이다. 장기 저장은 수십 년 단위의 통상적인 저장보다 길지만 100년 이상 무한정 긴 것은 아니다. 장기 저장은 일부 방폐물에 대하여 방사선 붕괴를 목적으로 하거나, 영구처분장을 건설할 때까지, 또는 주민 수용성을 위해 기다릴 수밖에 없는 특별한 경우에 사용되는 개념이다.



〈그림 1〉 향후 원자력 발전 전망

장기 저장이 계속되서는 안 되는 이유로는 현세대의 부담을 미래 세대에 전가하는 세대 간 형평성의 문제와 함께 그 방법은 결코 영원히 지속될 수 있는 지속 가능한 옵션이 아니기 때문이다.

방폐물의 처분 방식, 기술적 문제, 지역 수용성

방폐물의 처분 방식은 방사능의 높고 낮음, 반감기의 길고 짧음에 따라 천층 처분과 지층 처분, 그리고 심지층 처분으로 구분된다.

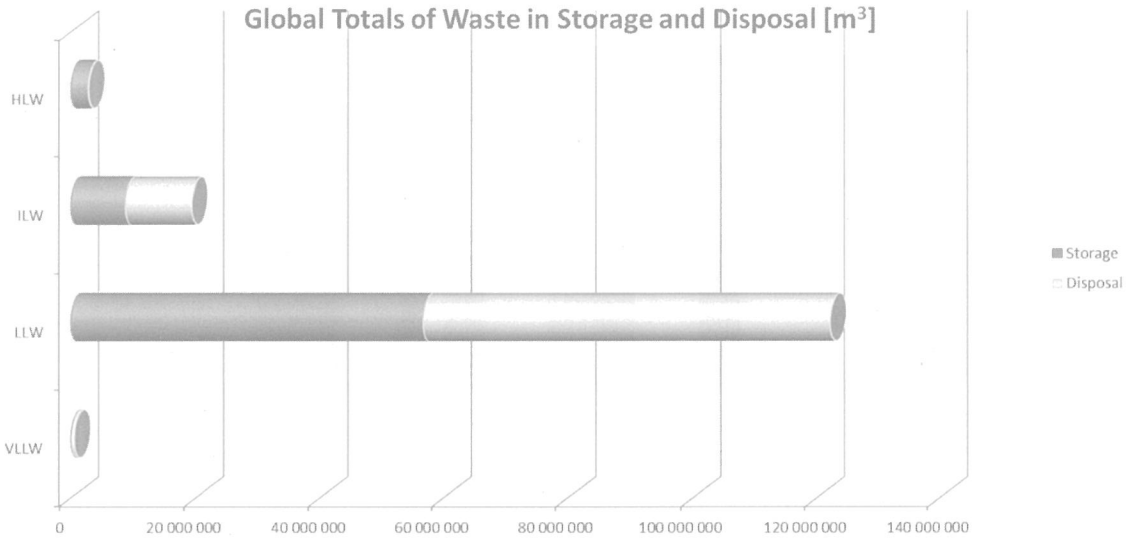
이 두 가지 요소 외에도 방폐물의 특성(화학적 특성, 독성, 크기 등), 방폐물의 양과 위치(처분 용량, 운반 등), 부지 특성(암반 특성, 지하화 특성, 안정성 등), 국가의 규제 정책(지층 처분의 요건, 규제 해제 여부, 방사능/선량한도, 위험 평가 기준 등), 기타 요인(방폐물 관리 국가 정책 및 전략, 이해 관계자, 국민 수용성 등)에 따라 처분 방식이 달라지기도 한다.

방폐물을 안전하게 처분하는 것은 결코 기술적인 문제에 국한하는 것이 아니다. 방폐물의 발생부터 처분까지는 상당히 긴 시간과 복잡한 여러 가지 상황이 혼재되어 있다. 이런 특성 때문에 기술적인 해법을 찾고 개발하는 것은 오히려 쉬운 문제에 속한다.

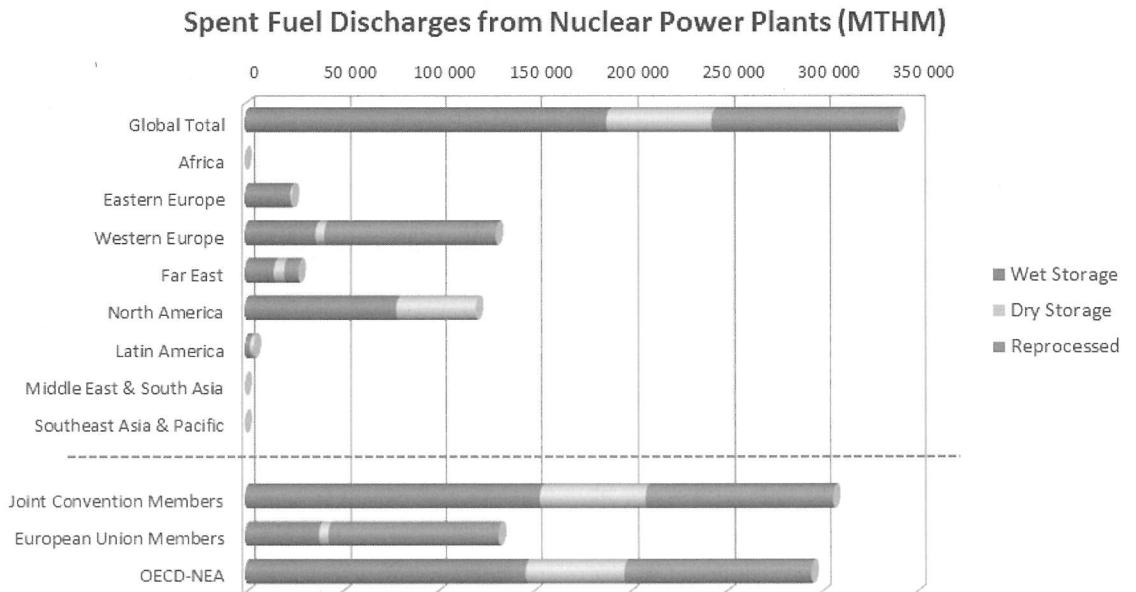
정말 어려운 일은 방폐물을 안전하게 처분할 수 있는 적합한 부지를 찾아내서 그 지역으로부터 이해와 협조를 구하는 수용성 문제이다.

그렇다면 해법은 있는가? 일반적으로 방폐물 처분 사업과 관련된 여러 이해 관계자와 해당 지역이 얼마나 사업에 관심을 갖고 참여를 하는가 여부에 성공 여부가 달려있다고 할 수 있다.

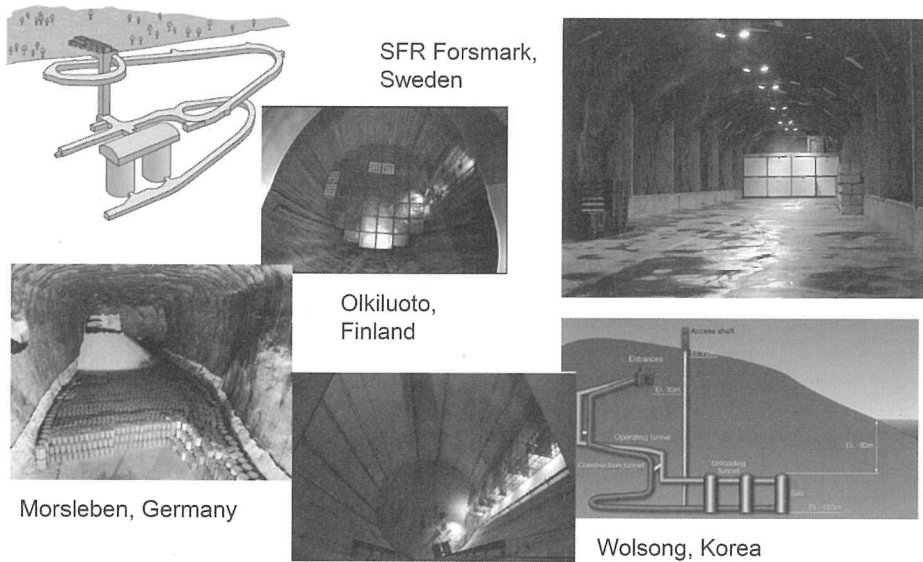
그렇다면 어떻게 하면 그렇게 하도록 할 수 있는가? 이 모두를 만족시킬 수 있는 단 하나의 정답은 없다. 다만 지금까지의 경험과 사례를 통해 볼 때 특정 지역의 사회적 및 문화적 환경을 충분히 고려하고 존중해야 하며, 지역과 신뢰를 구축하고, 기술적으로는 최고의 안



〈그림 2〉 세계의 방폐물 저장 및 처분량



〈그림 3〉 세계의 사용후핵연료 관리 현황



〈그림 4〉 저준위 및 중준위 방폐물의 동굴 처분 시설

전성을 유지하는 것이 해법이라면 해법이라고 할 수 있다. 따라서 각국은 자국의 상황에 맞는 특정 방법을 찾아내야만 한다.

IAEA는 사용후핵연료의 안전 관리와 관련하여 회원국을 대상으로 다음과 같은 지원 활동을 하고 있다.

- 안전규제 기준 및 지침 개발과 기술 간행물 발간
- 훈련 과정 개설 및 워크숍 개최
- 전문가 자문
- 기술적 검토
- 네트워크 구축

맺는 말

전 세계의 많은 국가에서 저준위 및 단수명 중준위 방폐물의 처분 시설을 운영하고 있다. 일부 국가에서는 중준위 방폐물의 처분 경험도 갖고 있다.

고준위/사용후핵연료의 심지층 처분은 아직까지 실행되지 못하고 있으나 핀란드, 스웨덴, 프랑스 등 3개 국가에서는 인허가 절차가 진행되고 있다.

방폐물과 사용후핵연료의 안전한 관리 해법은 분명히 있다. 사회적·정치적 측면이라는 어려운 문제는 남아 있지만 성공적으로 잘 해결될 수 있을 것이라 본다. 🌐