

# 심지층 처분장의 가역성 및 회수가능성(R&R) 개념 적용가능성 분석

함인혜\*, 노현엽, 주희재, 황일순  
서울대학교, 서울특별시 관악구 관악로1  
\*spica1019@snu.ac.kr

## 1. 서론

사용후핵연료 관리는 원전을 운영하는 모든 국가에게 해결해야 할 큰 숙제이다. 우리나라에서도 오랫동안 이와 관련한 문제들이 제기되어왔으며, 특히 최근의 소내 임시 저장 시설의 포화 문제가 대두되면서 그 시급성은 높아지고 있으나 그 해결은 답보 상태에 있다. 국내 사용후핵연료 관리 정책의 추진이 미진했던 것은 동 사안이 사회적 갈등과 비용의 발생과 관련이 있기도 하겠지만, 한국이 택할 수 있는 후행 핵연료주기의 기술적 대안 선택 폭이 좁았기 때문이라고 할 수 있겠다.

지난 6월 발표된 사용후핵연료 공론화위원회의 보고에 따르면, 2051년부터 처분 시설을 운영하고 이를 위해 2030년부터 지하연구소(Underground Research Laboratory, URL)를 운영하는 것이 바람직하다고 권고하고 있다. 사용후핵연료 관리에 대한 관망적 태도를 개선하기 위해서는, 국제적으로 논의되고 있는 다양한 옵션들에 관한 논의 및 평가에 적극 참여할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 최근 많은 국가들에서 논의되고 있는 가역성 및 회수가능성 (Reversibility and Retrievability, R&R)에 대해 검토하고, 국내 적용성 여부 및 추가적 고려사항들이 무엇인지 논의하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 가역성 및 회수가능성

가역성이란, 처분 시스템에 관하여 내린 결정을 번복할 수 있다는 것을 뜻하며 정책적 결정에 대해 재평가하여 정책을 수정하거나 새로운 결정을 내릴 수 있음을 의미한다. 회수가능성이란 이미 용기에 담겨 처분장에 묻힌 폐기물의 일부 또는 전체를 회수할 수 있는 가능성을 말한다. 동 개념이 등장한 것은 비교적 최근의 일로써, 사용후핵연료를 비롯한 방사성폐기물의 최종 책임이 현 세대에 있다는 기존의 논의와는 다소 상충된다. R&R 논의는 방사성폐기물 관리가 한 세대에서 끝낼 수 없으며, 현재 기술 수준을 바탕으로 판단한 결정이 완벽한 것

이 아닐 수 있다는 인식에 근거한다. 이에 따라 R&R 개념은 기존 사용후핵연료 관리 정책에 있어 향후 개발될 기술의 적용 여지를 확보하고 지속적으로 추진 상황을 검토함으로써 정책 수정을 가능케 할 수 있다.

### 2.2 국외 논의 현황

처분장에서의 가역성 및 회수가능성은 관리 감시 시스템을 운영하면서 완전 폐쇄 이전에 여유기간을 두거나, 처분장 설계 시 회수를 위한 설비를 갖추게 하는 등 여러 형태로 적용될 수 있다. 핀란드에서는 이미 1990년대에 회수가능성 유지를 처분장 요건으로 규정하였고, 프랑스의 경우에서도 2006년 제정된 방사성폐기물관리법을 통해 정책 가역성과 처분 자원의 회수 가능성을 명문화하고 있다. 일본은 지난 4월 자원에너지청 전문가위원회를 통해 회수가능성에 대해 언급하면서, 미래 세대가 최신 과학기술로 방사성폐기물을 처리할 수 있도록 하는 방안을 제안한 바 있다. 이러한 회수가능성에 관한 각 국가들의 고려 현황은 Table 1과 같이 정리할 수 있다.

Table 1. Retrievability Requirements or Recommendations [1]

Country	Legal requirements	Under consideration
Canada	+	
Japan	-	+
Finland	+	
France	+	
Germany	-	-

방사성폐기물 관리 현안에 대해 많은 국가들이 가역성과 회수가능성을 검토하는 이유로는 정책 결정의 수정을 제도적으로 허용하고, 사회적 수용성 및 회수 자원의 이용을 증진 등이 제시된다.

### 2.3 회수가능성 적용을 위한 기술적 고려사항

방사성폐기물의 회수는 정책적 측면 외에도 기술적 측면에서의 암반, 처분용기, 완충재, 처분 및 회수 개념, 관련 장비 등을 고려해야 한다. 모암의 강도와 소성은 처분장 폐쇄를 연장할 수 있는 기간과 관련되며, 암반의 강도는 폐기물 회수를 위한 채굴 시 용기의 건전성 및 굴착에 의한 균열 확산 여부와 상관관계가 있다. 또한 처분 용기는 장기간 온전한 상태로 보존될 수 있어야, 작업자가 방사선에 노출되지 않고 내용물의 손상 없이 안전한 회수가 가능할 것이다. 처분 개념에 따라서도 회수 방식이 달라질 수 있는데, 예를 들어 KBS-3 형태의 처분장에서는 처분공에 수직으로 처분 용기를 묻고, 완충재로 벤토나이트를 사용하므로 폐쇄 이전에는 용기를 그대로 끌어올리면 될 것이나, 폐쇄 후 회수의 경우 염수를 활용하여 벤토나이트를 파손하고 용기를 회수하게 된다.

### 2.4 회수가능성 유효 기간

회수를 위해 처분장을 열어두는 기간이 길어질수록 시설의 관리 및 감시를 위한 비용이 증가하게 되며, 처분장을 폐쇄한 이 후로는 폐쇄의 단계가 진행될수록 회수 비용이 급격하게 증가하게 될 것이다.

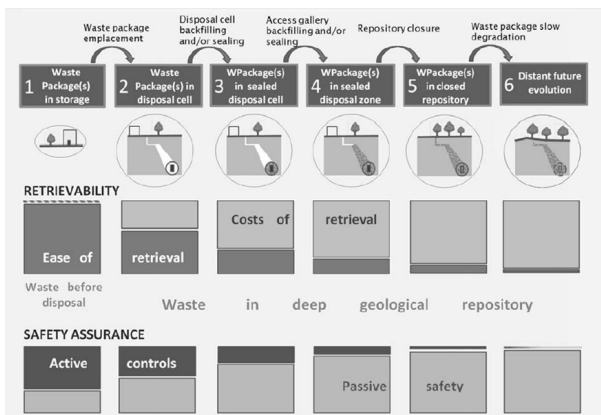


Fig. 1. Life cycle stages of the waste, illustrating changing degree of retrievability, passive vs. active controls and costs of retrieval. [2]

OECD NEA는 위 사안에 관하여 보고서를 통해 처분장 완전폐쇄 이 후의 회수는 경제성 및 안전성 측면에서 이득이 없음을 밝히고 있다.

### 3. 결론

가역성과 회수가능성의 적용을 위해서는 다양한 정책적, 기술적 측면의 요인들을 고려할 필요가 있다. 또한 동 개념의 고려 없이 추진된 처분장에서 회수를 수행하게 되면 경제성 및 안전성 측면의 문제가 야기될 수도 있다. 따라서 이러한 논의가 의미를 가지기 위해서는 처분장 부지 선정 단계에서 충분한 검토와 평가가 반드시 필요하다. 국내에서는 건식공정을 비롯한 사용후핵연료 처리·처분 기술이 개발 중에 있으며, 앞으로도 다양한 연구개발이 예정되어 있다. 그러므로 가역성 및 회수가능성 옵션에 대해서는 향후 기술 개발 계획과 지질 특성, 제도적 개선 방안 등 총체적인 고려를 바탕으로 그 적용성을 검토하여야 할 것이다.

### 4. 감사의 글

이 논문은 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 연구입니다. (NRF-2011-0031839)

### 5. 참고문헌

- [1] IAEA, Geological Disposal of Radioactive Waste: Technological Implications for Retrievability, IAEA Nuclear Energy Series, No. NW-T-1.19 (2009).
- [2] OECD NEA, Reversibility of Decisions and Retrievability of Radioactive Waste, Radioactive Waste Management 2012 (2012).
- [3] 외교부 글로벌에너지협력센터, 국제 에너지 자원동향 '일본의 고준위 방사성 폐기물 처리 방침 변경 검토', 제 14-153호 (2014).
- [4] 사용후핵연료 공론화위원회, 사용후핵연료 관리에 대한 권고안 (2015).
- [5] KINS, 주요국 3차 국가보고서 번역본 'Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, KINS/RR-684 (2009).