

방사성폐기물 처분시설의 폐쇄후 환경모니터링 및 감시에 관한 해외기술동향

김진영, 고용권, 박경우, 장용수, 최종원, 정해룡*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

*한국방사성폐기물관리공단, 대전광역시 유성구 덕진동 150

kimgy@kaeri.re.kr

1. 서론

중저준위 방사성폐기물의 처분은 20세기 중반부터 시작되었다. 최초의 방사성폐기물처분은 병원이나 실험실 등에서 발생된 폐기물을 대상으로 하였으며, 1950년대에 원자력의 도입으로 방사성폐기물의 양은 급속히 증가되었다. 이 후 원전해체물을 포함한 원전에서 발생하는 폐기물의 증가는 원자력발전을 하는 많은 국가들에서 폐기물처분시설 및 관련기술의 개발을 촉진하게 되었다. 중저준위 처분시설의 디자인은 지난 반세기동안 개발되었고, 초기의 추가적인 방벽이 없는 지표상의 트렌치방법은 사라지고 현재는 극저준위 폐기물을 대상으로 하는 차단층을 보유한 트렌치 디자인과 중저준위 폐기물을 대상으로 하는 공학적방벽 시스템을 갖춘 천층시설이나 다양한 심도에 폐기물을 처분하는 지층처분 디자인이 국제적으로 채택되고 있다. 이런 폐기물처분시설의 개발과정들은 과거 처분시설을 운영하고, 이들을 체계적으로 모니터링하는 과정들로부터 습득된 내용들이 기반이 되어, 환경적인 요소와 시설 운영측면 모두 고려되어 개발되어 왔다. 따라서 처분시설에 대한 감시가 시설이 폐쇄된 이후나 운영 종료 이후에도 지속되어야 하며 이에 대한 효과적인 지속 프로그램이 전체 처분시설관련 사이클의 일부가 되어야 한다는 것에 대한 국제적인 공감대가 형성되어져 왔다. 본 논문에서는 방사성폐기물 처분시설의 폐쇄후 환경모니터링 및 감시에 관한 해외기술동향을 IAEA 안전기준과 프랑스 Center de la Manche 처분장을 중심으로 소개하고자 한다.

2. 본론

처분시설의 폐쇄후 처분장에서 수행된 지속적인 프로그램과 규제들은 해당 시설들의 안전성을 향상시키며, 이러한 규제들은 모니터링, 감시, 조사 등과 같이 능동적일 수도 있고 부지 사용규제, 기록 보존 등과 같이 수동적일 수도 있다. 결과적으로 이들 모두가 적절하게 조화를 이루어야 하며 이러한 내용들이 구체적으로 법제화 되어야 한다. 방사성폐기물 처분시설의 폐쇄후 규제 프로그램은 규제기관에 의해서 승인되고 감독되어야 할 필요가 있으며, 동시에 관련 이해관계자들은 폐쇄된 시설 운영과 이들의 환경영향에 대하여 문제점들을 제기할 것이다. 따라서 이와 관련한 정보의 공개 내지는 교환 시스템 또한 필요하다. 이상과 같은 배경에 의해 현재 우리나라에서 건설중인 월성 중저준위폐기물 처분시설과 관련하여, 기존 처분장 폐쇄후 감시를 수행한 바 있는 해외 국가들의 경험으로부터 정보를 얻고 처분시설의 폐쇄후 감시, 모니터링, 유지 수단들에 대한 계획 및 수행 기술현황분석이 매우 시급한 실정이다.

방사성폐기물 처분시설의 폐쇄후 환경모니터링 및 감시에 관한 IAEA 안전기준

IAEA 안전기준의 수직적인 체계는 하부로부터 Guides(지침)-Requirements(요건)-Fundamentals(원칙)으로 구성된다. 여기에는 부지평가, 방사성폐기물 관리, 제염해체 등의 주제별 분야와 원자력발전소, 원전, 폐기물 처리시설 및 처분시설 등의 시설과 기능에 대한 두 가지 분류가 있다. 이 중 처분시설의 모니터링 및 감시에 관한 내용은 Commission on Safety Standards (CSS)의 Waste Safety Standards Committee (WASSC)에서 담당한다. IAEA에서 권고하는 안전기준은 IAEA 회원국에만 국한되는 것이 아니라 앞으로 원자력발전 및 처분관련 사업을 하고자 하는 국가, 특히 개발도상국들에게 기준이 될 수 있으며, 관련 사업에 대한 상세 리뷰나 관련 법안 마련 등의 기초가 될 수 있다.

IAEA의 정의에 의하면 모니터링(monitoring)이란 폐기물 처분시스템을 구성하는 요소들의 거동 평가, 혹은 공공과 환경에 대한 폐기물 처분 시스템 및 이의 운영에 의한 영향 평가에 도움이 되는 환경적, 공학적, 방사선적 파라미터들의 연속적 혹은 주기적인 관찰 및 측정을 의미한다. 감시(surveillance)는 수동적인 안전 방벽을 보존하고 보호하는 건전성 평가를 위한 폐기물 관리 시설의 물리적인 조사(inspection)이다. IAEA의 요건(requirement)은 10년 주기로 리뷰되며, 지침(guide)의 경우는 5년 주기로 리뷰된다. 이는 IAEA의 웹사이트를 통하여 공개되어 작성중인 문서(draft)나 이미 출판된 문서에 대한

리뷰도 가능하다. 이와 관련하여 2009년도 IAEA의 방사성폐기물 처분을 위한 안전기준 문서들의 체계를 Fig. 1에 나타내었다. 이 중, 방사성폐기물 처분에 관한 안전 요건인 DS354 문서에서는 처분시설 감시에 대한 내용으로써 Requirement 10: Surveillance and control of passive safety features, Requirement 21: Monitoring programmes at a disposal facility, Requirement 26: Existing disposal facilities의 주제가 포함되어 있다. 특히 방사성폐기물 처분시설의 모니터링 및 감시에 대한 안전 지침 문서인 DS357은 IAEA에서 마련중인 새로운 안전 지침으로써 모니터링이 부지특성조사에서부터 폐쇄까지의 처분시설 lifecycle을 망라할 수 있는 다양한 목적들을 다루고 있으며 과거에 지어진 시설에 대한 논의도 다루고 있다. 따라서 DS357문서의 범위는 매우 광범위하며 모든 유형의 처분시설에 적용할 수 있다. DS357문서에 취합된 IAEA의 관련문서들은 Safety Report Series No 27 (2002), Safety Report Series No 35 (2004), IAEA-TECDOC 1208 (2001) 등이다.

프랑스 ANDRA Centre de Stockage de la Manche (CSM)의 모니터링 사례

1969년에 프랑스 원자력위원회(CEA)로부터 INFRATOME으로 폐기물의 관리가 넘어오면서 1969년 10월에 프랑스 최초의 중저준위 처분시설인 CSM의 운영이 시작되었다. CSM의 운영개요는 Fig 2에 나타내었다. CSM은 1969년 단순 트랜치 형태의 처분에서 시작하여 계속적으로 처분방식을 개발하여 콘크리트 트랜치(1969)-지상처분시설(1971)-암벽구조 처분시설(1985)-다중방벽지상처분시설(1988)-폐쇄(1994)의 수순을 밟아 현재의 폐쇄후 모니터링 단계에 이르렀다. 초기에는 강수를 포함한 지표수가 강으로 직접 흘러들어가는 방식이었으며, 이 때문에 1976년 삼중수소가 환경으로 유출되는 사고가 발생하여 지표수 및 지하수 관리 시스템을 갖추었고, 지하 모니터링 터널이 세워지고 침출수를 포집할 수 있는 하관수로가 1982년에 설치되었다. 1991년과 1997년 사이에 최종 처분장 덮개가 설치되었고, 이후 폐쇄후 모니터링 단계로 운영되고 있다. 폐쇄후 모니터링 단계는 최초 5년동안의 매우 엄격한 모니터링 시기, 다소 엄격한 2차 모니터링 시기, 매우 제한된 모니터링만 수행하는 시기의 세부분으로 나뉘어 진다. 또한 폐쇄후 감시를 위한 특별 모니터링위원회(CSCSM)가 1996년 12월에 설립되어 폐쇄후 모니터링에 대한 권고 및 관련 리뷰 문서들을 발간하였다. 결론적으로 CSM은 주변환경에 매우 낮은 영향을 주는 시설로 운영되고 있으며, 특히 처분장 덮개시설의 지속적인 개발과 유지가 이루어지고 있고, 지하수에서의 삼중수소 모니터링이 중점적으로 수행되고 있다.

3. 결론

우리나라의 경우 현재 경주에 중저준위 처분장이 건설중에 있으며, 부지선정을 위한 부지조사와 건설중의 부지감시 계획이 진행되고 있다. 또한 처분장 운영중 및 폐쇄후 부지감시 계획 또한 운영중의 부지감시 계획에 근거하여 수행되도록 계획되어 있다. 그러나 현재 처분장을 운영중이거나 폐쇄후 감시 시스템을 수행하고 있는 국가들의 사례를 통하여 보다 세부적으로 내용을 정리해야 할 필요가 있으며, 특히 과거 처분장 운영시의 문제점 및 경미한 핵종누출사고를 일부 겪은 프랑스, 러시아 등의 사례를 통하여 단순한 방사성 환경감시 및 비방사성 환경감시 이외에, 국내 중저준위처분장이 지층처분임을 감안하여 자연방벽 및 공학적 방벽의 모니터링 체계를 추가, 강화해야 할 것으로 판단된다.

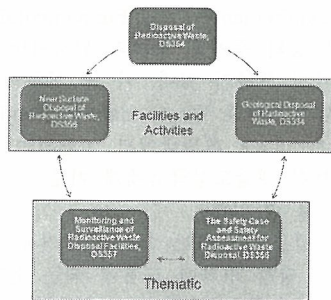


Fig. 1. IAEA 2009 safety standards for disposal of radioactive waste

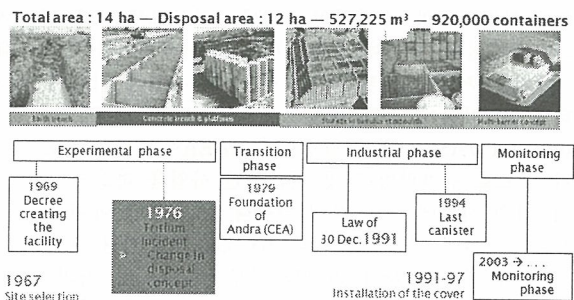


Fig. 2. Milestones in the evolution of the facility and time schedule of Center de la Manche in France