

세계 주요국의 고준위폐기물/사용후핵연료 관리체계 및 기술현황 분석

김형준, 원종열

한국방사성폐기물관리공단, 경북 경주시 북부동 116-3

khioon@krmc.or.kr

1. 서론

본고에서는 전 세계 원자력발전 설비용량의 83%를 차지하는 미국, 벨기에, 캐나다, 중국, 핀란드, 프랑스, 독일, 일본, 한국, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국 등 13개 국가를 대상으로 고준위폐기물 및 사용후핵연료의 관리체계 및 기술현황을 조사하여 분석하였다. 이들 13개 국가의 원자력발전 현황, 고준위폐기물/사용후핵연료 관리기관, 독립적 감시기구, 처분 대상 폐기물, 처분 후보지 암반 종류, 지하시험시설(URL) 현황, 부지선정 현황, 처분장 운영개시 목표연도 등에 대해서 비교 분석하였다.

2. 본론

2.1 원자력발전 현황

조사 대상 13개 국가의 원자력발전 설비규모 및 원자력발전량은 많은 차이를 보이고 있다. 벨기에, 핀란드, 스페인, 스위스는 원자력발전 규모가 작은 반면, 미국, 프랑스, 일본은 원자력발전 규모가 매우 크다. 전체 전력에서 차지하는 원자력발전의 비중도 국가마다 많은 차이를 보이고 있다. 또한 일부 국가는 대규모의 신규 원전건설 계획을 갖고 있는 반면 일부 국가는 신규 원전건설에 소극적이거나 사실상 또는 법적으로 원전건설을 금지하고 있기도 하다.

2.2 방사성폐기물 관리기관 형태

고준위폐기물의 초장기 관리를 위한 심층 처분장의 부지선정, 건설 및 운영은 정부 고유의 업무이며, 동시에 독립된 규제기관이 필요하다는 점에 대해서는 전 세계 대다수 국가들의 공통된 의견이다. 그러나 어떤 형태의 기관이 처분장 입지, 건설 및 운영과 관련된 업무를 가장 효율적으로 수행할 수 있는지에 대해서는 서로 생각이 많이 틀리다.

13개 국가의 고준위폐기물 관리기관의 명칭과 형태는 모두 다르다. 그러나 이를 몇 개의 그룹으로 분류하면 정부기관 (government agency), 민간투자

기관 (private corporation), 정부투자기관 (government-owned corporation), 그리고 정부-민간 공동투자기관 (public-private partnership) 등 4가지 형태로 나눌 수 있다. 정부기관 형태를 취하고 있는 국가는 미국(DOE), 벨기에(ONDRAF/ NIRAS), 독일(BfS)이고, 정부투자기관은 중국(CNNC), 프랑스(ANDRA), 스페인(ENRESA), 영국(NDA)이며, 정부-민간 공동투자기관은 스위스(NAGRA), 그리고 민간투자기관은 캐나다(NWMO), 일본(NUMO), 핀란드(POSIVA), 스웨덴(SKB)에서 취하고 있다.

2.3 독립적 감시기구 운영 국가

방사성폐기물 관리기관 및 규제기관 외에 방사성폐기물 관리 프로그램을 감시하는 독립적 위치의 기구를 운영하는 국가들도 많다. 이들 감시기구들은 방사성폐기물 관리 프로그램을 평가하여 그 결과를 관련 정부부처에 권고하고, 경우에 따라서는 방사성폐기물 관리기관에게 권고하기도 한다. 이들 감시기구 중 일부는 방사성폐기물 관리기관의 신뢰성을 보다 굳건히 하기 위한 목적으로 설립되었고, 일부는 기술적 또는 정치적으로 논란이 되는 문제를 자문하기 위한 목적으로 설립되었다. 현재 감시기구를 운영하고 있는 국가로는 미국(Nuclear Waste Technical Review Board), 캐나다(Independent Technical Review Group), 프랑스(National Review Board), 독일(Nuclear Waste Management Commission), 스웨덴(National Council for Nuclear Waste), 스위스(Nuclear Safety Commission), 영국(Commission on Radioactive Waste Management) 등이 있다.

2.4 처분 폐기물의 종류 및 중간저장시설 현황

1970년대 중반까지만 해도 세계 원자력계는 상업용 원전에서 발생하는 사용후핵연료를 원전부지 내에서 임시저장 한 후 재처리 시설로 보내는 방안을 기본으로 생각했다. 그러나 재처리를 통해 플루토늄을 추출하는 방안은 핵확산 위험성이 커진다는 문제점 때문에 일부 국가들이 사용후핵연료를 재처리하지 않고 직접 처분하는 정책을 채

택하기 시작했다. 이처럼 국가마다 사용후핵연료 관리정책이 달라지면서 심층처분의 대상이 되는 폐기물의 종류도 다양해졌다. 캐나다, 핀란드, 스웨덴은 사용후핵연료를 처분대상으로 하고 있고, 벨기에, 중국, 일본, 스위스는 고준위폐기물을 처분대상으로 하고 있으며, 미국, 프랑스, 독일, 영국은 사용후핵연료와 고준위폐기물을 처분대상으로 하고 있다. 한편, 중앙집중식의 사용후핵연료/고준위폐기물 중간저장시설을 운영하고 있는 국가로는 독일, 스웨덴, 스위스가 있다.

2.5 처분장 지질 및 지하시험시설(URL) 현황

미국 국가과학아카데미(National Academy of Science)의 국가연구심의회가 1957년에 발행한 보고서에 따르면, 고준위폐기물의 장기관리 방안으로 심층처분이 가장 적합하며, 처분장 건설에 적합한 지질은 암염(salt)이라고 밝혔다. 암염이 있다는 것은 물이 존재하지 않는다는 것을 의미하고, 또한 가소성(plasticity)의 특성으로 인해 균열된 틈이 메워지기 때문에 처분구역으로 물이 흘러들어오지 못한다는 이유 때문이다. 이 보고서의 영향으로 미국은 1970년대 중반까지는 심층 처분장의 후보지로 암염을 고려했다. 그러나 모든 나라가 처분장 후보지로 암염을 고려하고 있는 것은 아니다. 가령, 스웨덴은 화강암(granite)을 후보지로 생각하고 있다. 스웨덴 전역에 걸쳐 화강암이 골고루 분포되어 있기 때문이다. 이외에도 여러 나라들이 점토층(clay) 등 다양한 지질을 대상으로 검토 또는 연구 중에 있다.

한편, 많은 나라들이 현장의 지질특성 조사 등의 업무를 위해 지하시험시설(URL)을 건설하여 운영 중에 있다. 현재 URL을 운영하고 있는 국가로는 미국(ESF), 벨기에(Mol), 캐나다(Pinawa), 핀란드(Onkalo), 프랑스(Bure), 독일(Goreben), 일본(Mizunami, Horonobe), 스웨덴(Äspö), 스위스(Mont Terri, Grimsel) 등이 있다.

2.6 부지선정 현황 및 처분장 운영시기

심층 처분장 건설을 위한 부지를 선정하는데 있어서는 기술적인 문제뿐만 아니라 정치적인 요소까지도 함께 고려되어야 한다는 것이 지금까지 부지선정 경험을 한 여러 나라들의 공통된 견해이다. 일부 국가들은 먼저 기술적 측면을 고려하여 다수의 후보 부지를 선정한 다음 정치적 현실성을 고려했을 때 그 부지에 처분장을 건설할 수

있을 것인지를 따지고 있다. 또 일부 국가들은 이와는 반대로 정치적 측면을 먼저 고려하여 부지 공모를 실시한 다음 공모된 부지를 대상으로 기술적으로 안전한지를 고려하는 국가도 있다. 현재 부지선정을 완료한 국가로는 핀란드와 스웨덴이고, 부지선정을 추진 중에 있는 국가는 프랑스, 스위스, 일본, 캐나다, 중국, 독일, 영국 등이 있다. 한편, 현재 부지를 확보 또는 선정 중인 핀란드, 프랑스, 스웨덴은 2020년에서 2025년 사이에 처분장을 운영할 계획이고, 나머지 국가 중 벨기에, 중국, 스위스가 2040년에서 2050년 사이에 처분장을 운영할 계획이다. 나머지 국가들은 아직 처분장 운영 목표연도를 결정짓지 못했다.

3. 결론

원자력발전 설비비중이 큰 13개 국가를 대상으로 고준위폐기물관리 프로그램을 분석한 결과 관리기관, 독립적 감시기구, 처분 대상 폐기물의 종류, 처분 후보지 암반 종류, 지하시험시설(URL) 확보 유무, 부지선정 방법, 처분장 운영개시 목표연도 등 몇 가지 요인에 있어서 국가별로 공통점과 차이점이 있음을 알 수 있었다.

4. 참고문헌

- [1] World Nuclear Association 홈페이지(<http://www.world-nuclear.org/info>).
- [2] NWTRB, Survey of National Programs for Managing High-Level Radioactive Waste and Spent Nuclear Fuel - A Report to Congress and the Secretary of Energy, pp.1-63, 2009.