

# 원자력 시설 리뷰 - 우리나라 방폐장의 현황



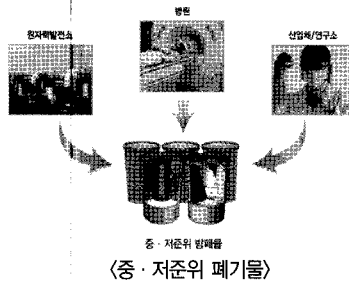
**하 창 용**  
한국방사성폐기물관리공단  
설계기술실 차장  
zenith@krmc.or.kr

지난 6월 13일 일본 경제산업성 산하 에너지경제연구소는 일본 전국에 있는 19개 원전이 화력발전으로 대체될 경우 전기요금이 평균 18.2% 정도 상승한다는 조사결과를 발표하였다. 현재까지 전력생산원중 원자력이 가장 저렴하다는 것은 익히 알려진 사실이다. 우리나라는 자원이 빈약하기 때문에 효율적 에너지 이용이 절실하게 필요하다. 정부는 이러한 여건을 반영하여 원자력 발전 비중을 31.4%로 유지하여 왔으며, 향후 2024년 까지 48.5%까지 지속적으로 증가시킬 계획<sup>1)</sup>이다. 이는 원자력발전이 저렴한 전력공급으로 안정적 경제성장에 효자노릇을 해왔고, 앞으로도 그 효과를 더욱 크게 보기 위함이다.

지난 3월 일본 동북부에서 발생한 지진해일로 인해 많은 일본인들이 큰 피해를 입었다. 그런 와중에 후쿠시마 원자력발전소 사고는 일본인들에게 큰 충격을 더해 주었

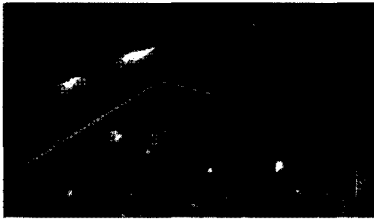
다. 그로인해 일본 내에서 원전 반대여론이 급격하게 확산되었고, 이후 일본정부는 원전 축소 정책을 발표하였다. 최근 우리나라에서도 원자력 반대여론이 확대되었다. 이 시점에 우리는 원자력이 가진 이점과 위험을 정확히 인지하고, 이에 따라 정책의 방향을 확정하는 것이 필요하다. 원자력에 대한 이해를 넓히는 측면에서 우리나라 원자력 산업 중 방폐장 현황을 소개한다.

## 방사성폐기물



방사성폐기물은 원자력법에서 방사성물질 또는 그에 의하여 오염된 물질로 폐기의

1) 제5차 전력수급기본계획(2012. 12)



〈경수로형 원전 사용후 핵연료 저장조 (습식)〉

대상이 되는 물질이라고 정의되어 있다. 방사성폐기물은 원자력발전소에서 연료로 사용된 사용후핵

연료, 원자력발전소에서 작업자들이 사용했던 작업복, 장갑, 기기교체 부품 등과 병원 연구기관, 대학, 산업체 등에서 발생하는 방사성동위원소(RI)폐기물을 말한다.

우리나라는 방사능 준위가 높고 낮음에 따라 방사성폐기물을 중저준위방사성폐기물과 고준위 방사성폐기물로 분류한다.

중저준위방사성폐기물 발생량의 90%는 원자력발전소에서 발생되며, 10%는 산업체, 연구기관, 병원 등에서 발생된다. 원전에서 발생한 중저준위 방사성폐기물은 원자력발전소 부지 안에, 그 외에서 발생한 중저준위 방폐물은 대전에 있는 한국원자력연구원 부지 내에서 임시 보관중이다.

고준위방사성폐기물은 주로 원자력발전소에 사용된 사용후핵연료를 말하며, 원자력발전소 부지 내에 임시 저장관

중저준위방사성폐기물 처분방식

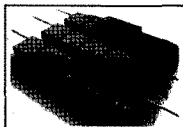
방사성폐기물을 처분하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 우리나라는 동굴처분방식과 천층처분방식만 적용할 수 있도록 정책적으로 제한하고 있다.

동굴처분방식

동굴처분 방식은 지하에 동굴을 파 그 안에 방폐물 드럼을 차곡차곡 나 콘크리트 구조물 안에 폐기물을 쌓은 후 동굴을 메우는 방식을 말한 저장한 뒤 수m의 다중벽토층(토양, 다. 동굴처분 방식은 현재 경주 방폐장, 모래층, 점토층 등) 등으로 마장에 건설되는 처분방식으로 지진, 감하는 처분방식을 말한다. 미국, 영호우, 태풍 등 자연재해에 유리한 촉 국, 프랑스, 스페인 등 대다수의 나라 면이 있다. 이미 핀란드의 올킬루토 에서 채택하고 있는 처분방식이다.

와 스웨덴의 포스마르크 등에서 운영되어 안전성이 입증된 방식이다.

천층처분방식



〈천층처분시설 처분고〉



〈천층처분시설 처분개념〉

리 중이다.

우리나라의 방사성폐기물 관리대책은 중저준위방사성폐기물의 경우 영구처분하고, 고준위방사성폐기물의 경우 아직까지 대책을 결정하지 않았다. 고준위방사성폐기물 관리방안으로는 재활용 또는 영구처분이 있다. 고준위 방사성폐기물 관리대책은 처리·처분, 기술개발 수준, 국제 외교환경 등을 고려하여 결정되어야 하므로, 현재 신중히 검토되고 있다.

세계의 방폐장

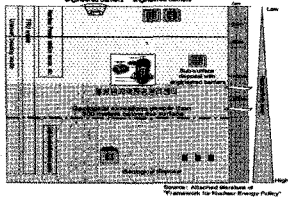
프랑스

‘원전 강대국’ 프랑스의 기틀은 “에너지 독립과 안보를 위해선 원자력 이외엔 다른 선택이 없다”며 강력한 원자력 정책을 펼 드골 전 대통령이 다졌다. 프랑스는 지금도 원자로뿐 만 아니라 연료 생산 및 공급, 방사성폐기물 처리 등 원자력과 관련된 전반적인 연구와 개발이 가장 활발하게 진행되는 국가다. 프랑스는 “방폐물까지도 완벽하게 처리해야 진정한 원전 강국이다”는 신념을 가지고 있다. 다양한 방사성폐기물을 어떻게 처리하느냐는 원전의 안전성 뿐 아니라 장기적으로는 원전의 운명을 좌우할 수 있다는 것이 프랑스 정부의 판단인 것이다.

프랑스는 천층처분방식의 라망쉬방폐장을 지난 1969년부터 1994년까지 운영하였다. 이후 파리에서 동남쪽으로 약 200km 떨어진 슬랭두이에 로브방폐장을 건설하고, 1992년부터 운영해오고 있다.

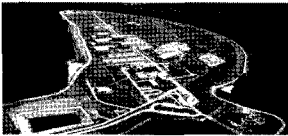


〈라망쉬방폐장 폐쇄 후〉



IAEA 권고사항

IAEA(International Atomic Energy Agency)는 방사성폐기물을 6단계<sup>2)</sup>로 분류하고 있다. IAEA는 방사선 준위가 아주 낮은 폐기물은 일반폐기물과 같이 처분하고, 준위가 낮은 폐기물은 지표에 처분하고, 준위가 높아질수록 지하 깊숙이 처분하도록 하고 있다. 준위가 매우 높은 폐기물은 심지층<sup>3)</sup> 처분하도록 권고하고 있다.



〈로브방폐장〉

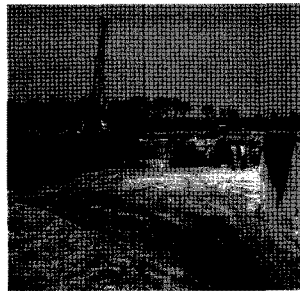


〈로브방폐장 처분고〉

라망쉬방폐장은 영화 「셀부르의 우산」의 배경인 셀부르 지역 인근에 위치하고 있으며, 셀부르와 연계함으로써 세계적 관광명소로 알려져 여전히 수많은 관광객들이 찾고 있다. 로브방폐장은 전체 99만 2천㎡(약 30만평) 중 29만8천㎡(약 9만평)를 순수한 처분부지로 확보하였다. 이는 방폐물 500만 트럼(200ℓ 기준)을 처분할 수 있는 규모로, 향후 50년간 프랑스에서 발생하는 방폐물을 수용할 수 있다.

미국

미국은 2010년 총 103기의 원자력발전소를 가동하고 있다. 이는 전 세계 원자력발전소의 4분의 1에 해당하는 규모다. 미국은 중저준위폐기물은 천층처분방식으로 영구처분하고, 초우라늄폐기물은 뉴멕시코주 암염지질구조 내에 심지층 영구처분하며, 고준위폐기물 및 사용후핵연료는 심지층 영구처분하는 방안을 마련하고 있다. 미국 전역에 가동중인 원자력발전소에서 나오는 중저준위폐기물은 미국 내 3곳의 방폐장에서 처분되고 있다. 미국은 방사성폐기물이 발생한 지역의 주정부가 처분 책임을 지도록 규정하였다. 50개주는 연합체를 결성하여 방폐장을 운영하고 있다. 방폐장 관리 및 인허가는 주정부가 책임지고



〈로브방폐장〉

운영은 민간회사에 위탁하여 처리하고 있다.

중저준위방폐장은 동부 지역의 반웰(Barnwell), 중부지역의 클리브(Clive), 서부지역의 리치랜드(Richland)에 위치하고

있으며, 모두 천층처분방식을 채택하고 있다. 리치랜드방폐장은 38만㎡ 규모로 1965년 운영을 시작하였으며, 워싱턴 주 인근의 11개 주가 공동으로 이용하고 있다. 반웰방폐장은 88만㎡ 규모로 미국내 방폐장중 가장 규모가 크며, 1971년부터 39개 주가 공동으로 이용하고 있다. 클리브방폐장은 14만㎡규모로 1988년 운영을 시작하였으며, 저준위폐기물·천연방사성물질을 함유한 폐기물·혼합폐기물 등을 처분하고 있다.

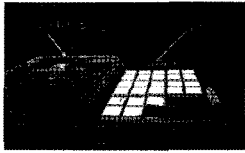
반웰과 리치랜드 방폐장은 모두 길이 100m, 폭 40m, 깊이 10m 정도로 지표면을 굴착하고, 굴착된 곳에 폐기물을 정지한 후 토양으로 매립하는 방법을 사용하고 있다.

일본

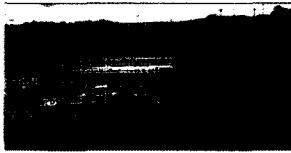
우리나라와 마찬가지로 에너지 자원이 부족한 일본은 세계에서 유일한 원폭 피해국이면서도 원자력 기술확보에 노력을 기울여 왔다. 현재 일본은 미국과 프랑스에 이어 세계에서 세 번째 규모인 55기의 원자력발전소를 운영하고 있으며, 앞으로도 9기를 더 건설할 계획을 가지고 있

2) 6단계 : EW(exempt waste), VSLW(very short lived waste), VLLW(very low level waste), LLW(lo level waste), ILW(intermediate level waste), HLW(high level waste)

3) 심지층 : 지하 500m 이상



〈로카쇼무라방폐장〉



〈로카쇼무라방폐장 처분고〉

다. 일본 정부는 앞으로도 2030년까지 석유 의존도를 현재 50% 수준에서 40%까지 낮추고 대신 전체 전력생산에서 원자력이 차지하는 비중을 40% 이상으로 끌어올린다는 “전 국가에너지 전략”을 추진하였으나, 후쿠시마원자력발전소 사고 이후 기본계획의 변경을 검토하고 있는 것으로 알려졌다.

일본은 방사성폐기물 처리를 위해 일본의 9개 전력회사와 일본원자력발전주식회사가 공동 출자해 1985년 일본원연(JNFL)을 설립하였다. 일본원연(JNFL)은 동경에서 북쪽으로 700km 떨어진 해변마을 아오모리현의 로카쇼무라촌에 방폐장을 건설하여 지난 1992년부터 저준위방사성폐기물을 처분해 오고 있다.

로카쇼무라방폐장은 지하 12m에 축조된 콘크리트 구조물에 폐기물 드럼을 옆으로 누여 쌓은 다음 틈새를 그라우트로 메우는 천층처분방식을 취하고 있다. 폐기물이 다 차면 콘크리트구조물 상부에 4m 높이로 흙으로 덮은 뒤 녹화사업을 할 계획이다. 일본원연은 반경 30km까지 45개의 환경모니터링시설을 통해 24시간 방사능오염여부를 감시하여 방폐장으로 인한 영향이 없음을 확인하고 있다.

### 영국

영국은 사용후핵연료는 재처리, 고준위폐기물은 유리고화 후 심층처분, 중저준위폐기물은 천층처분하는 방침을 채택하였다. 중저준위폐기물은 1959년부터 「드릭(Drigg)방폐장」에서 관리하고 있다.

드릭방폐장은 영국 서북부 해안 콤부리아 지역의 셀라필드 원자력단지에서 약 10km 떨어진 곳에 있다. 셀라필드 원자력단지는 맨체스터공항에서 승용차로 5시간 거리에 있으며, 인근 「레이크 지방 국립공원」과 연계한 관광



〈드릭방폐장〉



〈드릭방폐장 내부〉

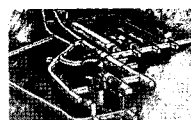
코스로 연간 약 16만명이 다녀가는 관광명소다. 특히 레이크지방국립공원은 내셔널 지오그래픽 트래블러가 선정한 ‘일생동안 꼭 가 봐야 할 여행지 50곳’에 선정된 장소이다.

드릭방폐장은 부지면적이 약 110만㎡이고, 500만 드럼(200ℓ)을 처분할 수 있으며, 1959년부터 운영을 시작하였다. 드릭방폐장은 당초 깊이 8m, 넓이 25m, 길이 750m의 트렌치에 폐기물을 처분한 후 흙을 덮는 단순 천층처분방식으로 운영하였으나, 1987년부터 안전성을 증진하기 위하여 길이 178m, 넓이 45m, 높이 9m의 콘크리트 구조물에 처분하는 천층처분방식으로 변경하여 운영하고 있다.

### 스웨덴

스웨덴은 1972년 방사성폐기물관리 전담회사로 SKB를 설립하였다. SKB는 수도 스톡홀름에서 북쪽으로 160km 떨어진 발틱해 연안 해안도시 포스마크에 방폐장을 건설하였다. 포스마크는 지반이 화강암으로 이루어져 ‘해저동굴처분(SFR) 방식’을 채택하기에 적합한 조건을 갖추고 있다. 스웨덴은 세계 최고 수준의 터널 굴착기술을 활용하여 1988년 이곳에 방폐장을 건설하였다.

해저 60m지점에 설치된 포스마크방폐장은 총 110만㎡(약33만평) 규모로 방폐물 30만드럼을 저장할 수 있다. 포스마크방폐장은 약 1.2km에 이르는 폭 12m의 진입동굴



〈포스마크방폐장 개념도〉



〈포스마크방폐장 내부〉

2개와 저준위폐기물 처분동굴 4개, 중준위폐기물 처분사일로 1개로 구성되어 있다.

### 우리나라의 방폐장

#### 방폐장 부지확보

우리나라는 현재 원자력발전소 21기가 가동되고 있지만, 아직까지 방폐장을 운영하지 않고 있다. 원자력발전소를 안정적으로 운영하기 위해서는 원자력발전소에서 필연적으로 발생하는 방사성폐기물을 안전하게 처분할 수 있어야 하는 것은 당연함에도 불구하고 우리나라에서 방폐장 확보에 시간이 많이 걸린 이유는 방폐장 부지를 선정하는 과정에서 지역과의 갈등이 심했기 때문이다.

정부는 '88년부터 방폐장 부지확보를 추진했다. 안면도, 굴업도, 삼척, 영덕, 부안 등 여러 지역에서 방폐장 유치를 추진했으나 번번히 지역주민과 환경단체의 반대에 부딪혀 방폐장 유치를 포기해야 했다. 원자력발전소 내에 방폐물은 자꾸 쌓여가는 데 방폐장 부지확보는 좀처럼 진전이 없자 이를 해결하기 위해 특단의 조치가 필요했다. 당시 발생하는 방폐물의 대부분이 중저준위방폐물이었으므로, '04년 12월 정부는 중저준위방폐장과 고준위방폐장 건설을 분리하여 추진하고, 시급한 중저준위방폐장 건설을 우선 추진하는 것으로 정책을 변경하였다. 또한 방폐장 유치지역에 대하여 유치지역지원금 지급, 유치지역지원사업 시행 등 다양한 지원대책을 마련하였다. 이러한 정책이 효과를 발휘하여 경주, 군산, 영덕, 포항이 방폐장 유치를 신청하였고, '05년 주민투표를 거쳐 마침내 경주가 중저준위방폐장 부지로 확정되었다.

#### 경주방폐장 건설

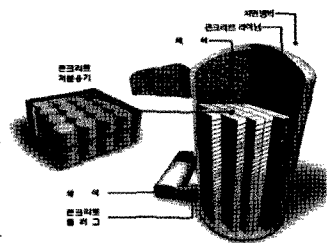
경주방폐장은 총 80만드럼을 처분할 계획이며, 우선 1단계로 10만드럼을 처분하기 위한 처분시설이 먼저 건설되고 있다. 부지가 확정된 후 처분방식을 확정하기 위하여 기술분야 및 지역/사회분야 전문가로 구성된 처분방식선



정위원회가 결성되었다. 처분방식선정위원회는 경주시가 역사·문화관광도시인 점을 감안하여 경주방폐장의 1단계 처분방식을 동굴방식으로 결정하였다. 이렇게 하여 '06년부터 방폐장 건설을 위한 조사·설계를 착수하였으며, '08년 8월 본격적인 건설공사를 착공하였다. 현재 '12년 준공을 목표로 1단계 처분시설을 건설하고 있다.

경주방폐장은 인수·검사·저장을 위한 지상시설과 방폐물 영구처분을 위한 지하시설이 있다. 상대적으로 건설기간이 짧은 지상시설은 '10년 12월 건설을 완료하고, 원자력발전소 내에 저장 중이던 방폐물 2,000드럼을 인수하여 검사·저장하고 있다. 이로 인해 저장시설이 포화된 원자력발전소를 보다 안정적으로 운영할 수 있게 되었다. 지하시설은 사일로형 처분동굴 6기와 이곳에 접근하기 위한 진입동굴(건설동굴, 운영동굴, 수직구)로 구성된다. 처분동굴은 EL. -80~130m에 위치하며, 각 처분동굴은 폭 23.6m, 높이 50m 규모의 사일로 형상으로 건설되고 있다. 처분동굴은 케이블볼트, 록앵커, 슛크리트 등으로 보강하고, 최소 1m 두께의 콘크리트라이닝을 설치한다. 또한 방폐장은 0.2g(리히터규모)의 지진에도 견디도록 내진설계를 하였으며, 동굴진입구가 해발 30m에 설치되어 지진해일로부터의 안정성도 확보하고 있다. 전문가들 사이에서도 활동성 논란이

있는 음전단층을 활성 단층으로 가정하여 내진설계에 반영하는 등 어떠한 경우에도 안정성을 유지할 수 있도록



보수적 설계를 수행하였다.

### 경주방폐장 안전성

원자력발전소는 인위적으로 방사능물질의 핵분열을 유도하고, 이때 발생하는 열을 이용하여 발전하는 시설이다. 따라서 핵분열을 안전하게 통제하는 것이 매우 중요하다. 지난 3월 일본지진 때 후쿠시마원자력발전소는 통제 기능을 상실하였고, 이러한 때의 재난 상황을 실질적으로 보여주었다. 반면 중저준위방폐장은 방사능에 오염된 장갑, 피복, 기계부품 등을 영구적으로 처분하는 시설이다. 방폐장에서는 원자력발전소의 핵분열과 같은 상황이 발생되지 않는다. 다만 폐기물의 방사능물질이 인간 생활권으로 이동하여 미치게 되는 영향만 있게 된다. 한마디로 '원자력발전소는 핵분열을 안전하게 통제할 수 있는'냐가, '방폐장은 폐기물 처분이 인간생활권에 미치는 영향 정도'가 안전성의 중요한 척도가 된다.

방폐장에서의 방사선 영향은 방사능물질이 인간생활권으로 이동해서 발생하는데, 그 이동통로는 공기와 지하수다. 우리나라는 이 두 경우에 대한 방사선 영향이 연간 0.1mSv 이내로 되도록 안전목표치를 설정하였다. 이는 미국(0.25mSv년), 영국(0.1mSv년), 프랑스(0.25mSv년), 스웨덴(0.1mSv년), IAEA(0.3mSv년) 등 국제적인 기준보다 안전하게 관리하고 있는 것이다. 경주방폐장은 지하수 경로에 대하여 0.0037mSv년, 공기 경로에 대하여 0.000054mSv년으로 평가되어 충분히 안전성을 확보하고 있는 것으로 나타났다. X-레이 한번 촬영할 때 찍는 방사선량은 약 0.37mS이다. 1년간 방폐장 지역에 살면서 방폐장으로부터 받는 방사선 영향이 X-레이 한번 촬영할 때의 1/100인 걸 감안하면 경주방폐장이 얼마나 안전한지 체감할 수 있을 것이다.

경주방폐장의 안전성평가 결과는 정부의 인허가 심사 기간('07.1~'08.8) 동안 심층적으로 검토되었으며, 최종

적으로 '08년8월 정부로부터 건설·운영허가를 취득함으로써 방폐장의 안전성을 인정받았다. 정부는 인허가 심사 중 객관적 평가를 위해 IAEA에 검토를 의뢰하였으며, IAEA 검토결과도 인허가에 반영되었다.

이와 별도로 지역공동협의회<sup>4)</sup> 주관으로 '09년 11월부터 '10년 3월 까지 "방폐장안전성검증조사"를 시행하였으며, 조사결과 경주방폐장은 안전한 것으로 평가되었다. 이로서 경주방폐장은 정부뿐만 아니라 지역사회로부터 안전성을 확인받은 셈이다.

일반적으로 관련 지식이 높을수록 주민수용성이 높고, 낮을수록 주민수용성이 낮은 것으로 알려졌다. 특히 원자력사업의 경우 전문가들 사이에서는 원자력의 안전성과 필요성에 높은 점수를 주고 있고, 비전문가들일 경우 원자력을 배척하는 현상이 두드러진다. 후쿠시마원자력발전소 사고 이후 경주방폐장 건설에 반대하는 목소리가 부쩍 커졌다. 그러나 후쿠시마원전과 마찬가지로 지난 일본동북부 지진의 직접적인 영향권에 있었던 로카쇼무라방폐장에서는 어떠한 피해도 발생하지 않은 것으로 알려졌다. 이는 어떠한 현상이 대상 시설물에 따라 미치는 영향이 다를 수 있음을 의미하고, 방폐장의 경우 지진에도 충분히 안전한 것을 입증해주는 실례라 하겠다. 우리나라는 그간 21기의 원자력발전소를 운영해오면서 이미 약 10만 드림의 중저준위방폐물이 발생되었고, 지금도 지속적으로 중저준위방폐물이 발생되고 있다. 우리에게 방사능발전소로 인해 저렴하게 전기를 사용할 수 있는 혜택과 함께 방사성폐기물을 안전하게 처분해야 하는 의무도 동시에 있는 것이다. 경주방폐장은 정부와 IAEA가 안전성을 확인했고, 지역주민도 안전성검증조사단을 통해 안전성을 확인했다. 아직도 환경단체를 중심으로 방폐장 안전성 논란이 제기되고 있으나, 한국방사성폐기물관리공단을 비롯한 방폐장 건설에 관여하고 있는 설계·시공사는 보다 안전한 방폐장을 건설하기 위해 모든 노력을 다하고 있다.

4) 지역공동협의회(명칭 "방폐장 현안사항 해결을 위한 지역공동협의회")는 경주방폐장의 현안사항을 지역과 함께 해결하기 위하여 조직되었으며, 총 23명(시의회 2, 시민사회단체 6, 지역주민 9, 사업자 6)으로 구성되어 방폐장의 안전성을 검증하였다.