



## 원자력 선진국들은 이렇게 방폐장 운영한다

조은영

데일리 서프라이즈 기자

21 세기는 명실상부 에너지 안보의 시대다. 때문에 고유가와 이산화탄소 배출 규제를 이겨낼 수 있는 거의 유일한 대안이 원자력 발전이라는 데 이의를 제기하기 어렵다.

총20기의 원자로가 가동되고 있는 한국은 원전에서 발생하는 수거물을 각 원전별로 부지 내에 임시로 저장하고 있는데, 2008년이면 울진 원전부터 포화될 상황이어서 이를 안전하게 영구적으로 처분할 수 있는 시설 확보가 시급하다.

세계 최대 원전 보유국인 미국을 비롯, 원자력 강국으로 인정받는 선진국 역시 안전성을 최우선으로 투명한 절차를 통해 주민 동의를 얻어 방사성 폐기물 처분장(이하 '방폐장') 건설에 성공했으나 부지 선정 과정에서 적잖은 논쟁을 겪기도 했다.

이러한 부지 선정과 폐기물 처리 방법, 그 추진 과정에 따른 갈등 요소 및 성공 사례 등 방폐장 건설을 둘러싼 각국의 다양한 이해 관계와 현주소를 통해 그 고민과 해법을 찾아본다.

### 유럽 방폐장의 성공 - 투명한 선정과 안전성

#### 1. 전력의 76%를 원자력에 의존하는 프랑스

자원 빈국 프랑스는 1970년대 두 차례 오일 쇼크를 겪으며 정책적으로 원자력산업을 육성하기 시작했다.

현재 총58기의 원전을 가동, 원전 기수에서 미국에 이어 세계 2위에 올라있는 프랑스는 원전을 통해 약 4000억kWh의 전력을 생산해 전체 소비 전력의 76%를 공급받고

있다.

특히 프랑스는 잉여 전력을 독일·벨기에 등 인근 국가에 수출, 무역 수지의 10% 이상인 200억달러를 벌어들이고 있을 만큼 수출 상품으로도 절대적 위치를 차지하고 있다.

프랑스의 원자력산업은 재정산업부가 맡고 있지만 방사성 폐기물 관리 사업은 CEA 산하 프랑스방사성 폐기물관리청(ANDRA)에서 전담하는 체계를 갖추고 있다.

현재 프랑스에는 25년간 방사성 폐기물을 저장하고 폐쇄한 라망쉬 처분장의 후속 시설인 로브 처분장에서 전체 원전에서 발생하는 방사성 폐기물을 저장·관리하고 있다.

프랑스 역시 이 처분장을 확보하기 위해 3년 동안 약 500공의 시추를 실시했으며 공청회 실시와 토지 매입 등을 거쳐 18개월의 설득 끝



방사성 폐기물을 시멘트로 덮고 있는 처리 과정



영국의 드릭 처분 시설

에 합의를 이끌어낼 만큼 진통을 겪었다.

로브 처분장은 일명 '천층 처분 방식'으로 땅속 깊이 폐기물을 묻는 '심층 처분 방식'과 달리 땅을 낮게 판 뒤 그 위로 저장소를 지어 폐기물을 쌓는 방식이다.

프랑스 정부는 방사능 반감기가 끝나는 100년까지 방폐장 주변 땅, 풀, 시냇물, 젖소의 우유 등을 채취 수시 점검할 예정이다.

이와 함께 반경 5km 이내의 지역 주민들에게 일시불로 3만 프랑을 지급하고 세금 혜택을 통해 연간

50만 프랑을 지원하고 있다.

무엇보다 로브 방폐장의 순조로운 운영은 이같은 지원금의 규모보다 정부의 신뢰 확보를 위한 여유를 둔 신중한 선정 절차와 선정 과정·관리의 투명성, 그리고 철저한 사후 관리 때문이라는 게 현지 관계자들의 분석이다.

## 2. 최초 상업용 원자력 발전국 영국

1956년 세계 최초의 원자력 발전소 콜더홀 1호기를 가동하면서 원자력 사업을 시작한 영국은 현재 미국 프랑스 일본에 이어 발전 기수 35기로 세계 4위의 원자력국으로 등재해 있다.

영국 원자력 발전의 메카는 셀라 필드로 대규모 상업용 재처리 시설인 THORP와 콜더홀 그리고 방사성 폐기물 처분장인 드릭과 영국핵연료공사의 원자력전시관 등 방대한 시설이 들어서 있다.

영국에서 발생되는 중준위 방사성 폐기물은 연간 약 3만~4만<sup>3</sup>m<sup>3</sup>. 이 폐기물의 대부분은 영국핵연료공사의 드릭(Drigg) 시설에서 처분된다.

현재 약 10만<sup>3</sup>m<sup>3</sup>의 중준위 폐기물이 지상에 저장되어 있고 2010년경에는 약 17만 5천<sup>3</sup>m<sup>3</sup>로 그 양이 증가될 것으로 예상하고 있다.

중준위 폐기물의 최종 처분장 건설은 NIREX가 맡고 있는데, 셀라 필드를 중준위 폐기물 지하 처분장

부지로 선정, 지하 연구실을 건설하고 허가 상황에 따라 암반 특성화 시설의 착수 시기를 결정할 예정이다.

영국 역시 방사성 폐기물 관리 시설지를 선정하는 과정에서 공개와 투명성 원칙을 바탕에 깔고 외형의 치장보다는 철저한 안전 관리로 환경에 전혀 피해가 가지 않도록 노력하고 있다.

### 3. 북유럽국과 반원전국 독일의 방폐장

지질 구조상 방사성 폐기물 처분 관리에 적합한 것으로 알려진 화강암이 국토 전역에 걸쳐 발달해 있는 스웨덴은 천층 처분보다 안전성이 높은 동굴 처분 방식을 채택한 유일한 나라로 바다 밑 동굴 속에 방폐장을 만들어 초기 주민 반발을 이겨냈다.

이후 정부는 지하 동굴 방폐장의 안전성을 주민들에게 전달하는 데 주력, 신뢰를 통해 포르스마르크 방폐장 주변 주민들에게 직접적인 보상이나 지원 없이 운영할 수 있었다.

방사성 폐기물 처분에 앞서가는 핀란드는 무려 37년에 걸쳐 사용후 핵연료를 영구 처분하기 위한 로드맵을 세웠다.

17년간 핀란드 전 국토를 대상으로 한 정밀 조사 후 2000년에 최종 부지를 선정했고 2020년부터 영구 처분을 위한 작업을 진행 중이다.

계획대로 추진될 경우 모두

2600여톤에 이를 것으로 예상되는 핀란드 원전의 사용후 핵연료는 Olkiluoto 지하 400~700m 깊이에 위치한 결정질 암반 지역에 심지층 처분할 예정이다.

대표적인 반원전 국가로 알려진 독일은 원전의 수명이 다 할 때까지만 운영기로 한 바 있지만 아직까지 논쟁은 계속되고 있다. 그러나 반원전 정책과는 별도로 방사성 폐기물 관리 사업은 확실히 챙기고 있다.

특히 프랑스의 코제마(Cogema)와 영국의 핵연료공사(BNFL) 등에 사용후 핵연료의 위탁 재처리를 의뢰한 독일은 지난 1995년에 재처리 시 발생하는 고준위 발열성 방사성 폐기물을 유리화 처리해 인수하고, 최종 심지층 처분할 때까지 견고하게 제작된 저장용 캐스크에 저장한 다음, Gorleben과 Ahaus 지역에 위치한 고준위 방사성 폐기물 중간 저장 시설에서 관리하고 있다.

#### 북미 : 풍부한 자원과 기술력

##### 1. 세계 최대 원전국 미국

세계 최대의 원전국인 미국은 총 104기의 원전을 가동하면서 세계 원전 기수의 20%를 점유하고 있다.

부동의 세계 1위 에너지 소비국 미국은 지난 82년 원자력폐기물정책법을 발표하면서 본격적인 방사성 폐기물 관리를 시작했다.

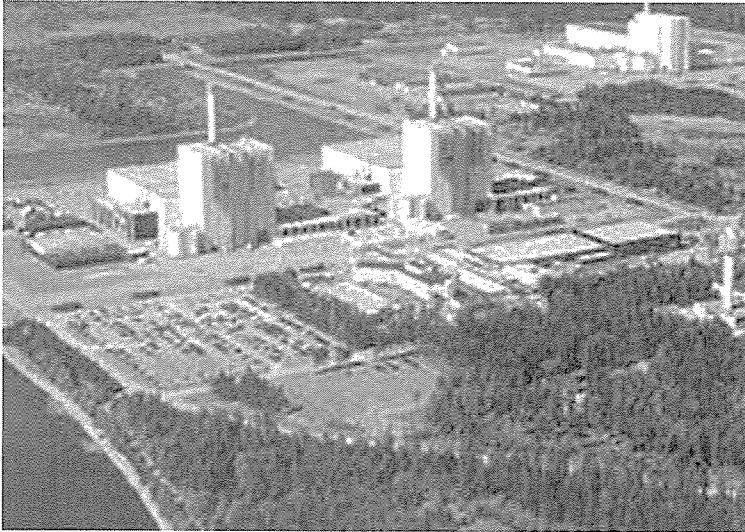
방사성폐기물정책법의 주내용은

미국의 핵연료 주기 전략으로서 비순환 방식(Once-through)을 채택한 것으로, 원자력 발전 전력량 kWh당 0.1센트를 원자력 발전 사업자들로부터 징수해 방사성 폐기물 관리 기금을 조성하고 이를 방사성 폐기물 영구 처분장 건설 및 관리에 사용하고 있다.

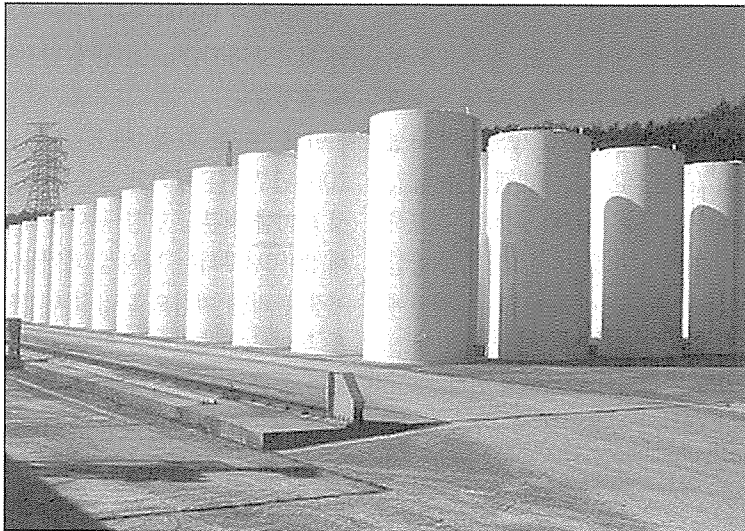
지난 1987년 미 연방 예산 회계법에 의해 일부 내용이 개정된 방사성폐기물정책법에서는 에너지성이 고준위 방사성 폐기물 처분장을 2010년까지 네바다주의 사막 지대에 위치한 유카(Yucca)산에 건설토록 결정했다.

이에 따라 따라 미국 정부는 2005년부터 본격적인 고준위 방사성 폐기물 처분장 건설 공사에 착수해 2010년부터는 방사성 폐기물을 저장 관리할 예정으로 건설과 운영을 투명하게 추진하고 안전성을 확보하기 위해 에너지성은 고준위 방사성 폐기물의 처분책임을 담당하며 이 사업에는 향후 10년간 약 430억달러가 투입된다.

하지만 정부의 유카산 프로젝트의 진척이 예상보다 느려짐에 따라 저장 용량이 포화가 예상되는 2003년경을 전후로 사용후 핵연료를 임시 건식 저장할 수 있는 방법을 여러 방면으로 모색, 1996년 유타주 소재 투엘레 카운티에 위치한 인디언 보호 구역인 스쿨벨리에 향후 최대 50년간 사용후 핵연료를



세계 유일의 해저 동굴 방식으로 지어진 스웨덴의 포르스마르크 방폐장



미국의 사용후 핵연료 건식 저장 시설

임시 저장 할 수 있는 40에이커(약 4만9천평) 크기의 임시 저장 시설을 건설하는 것에 원칙적으로 찬성하는 주민들과의 합의를 도출했으며, 현재 이 사업을 추진중에 있다.

미국은 저준위 폐기물 처분 방식으로 천층 처분을 채택하고 있는데,

현재 1965년부터 운영되고 있는 워싱턴주의 리치랜드 처분장과 1971년부터 운영되고 있는 사우스 캐롤라이너주의 반웰 처분장을 보유하고 있다.

특히 반웰 처분장은 미국내에서 발생하는 저준위 폐기물의 약 70%

를 수용하고 있는데, 처분장 주변은 환경이 매우 양호하며 바로 옆에 주택가가 형성되어 있을 정도로 방사성 폐기물 안전 관리에 대해 주민들이 신뢰하고 있다.

## 2. 우리나라 생산이 풍부한 캐나다

풍부한 천연 에너지 자원을 가진 캐나다는 방사성 폐기물과 관련된 개발 및 관리 정책 업무를 캐나다 천연자원에너지부 산하의 원자력에너지국과 우라늄 및 방사성폐기물국에서 담당하고 있다.

전 세계 우라늄 생산량의 약 1/3을 공급하고 있는 캐나다는 국내 발전량의 약 15%를 원전이 담당하고 있는 세계 제 9위의 원자력국이다.

캐나다는 사용후 핵연료를 재처리하지 않는 것을 국가 정책으로 결정하였으며, 발생된 사용후 핵연료는 발전소 내에 설치된 습식 저장소에서 약 6~7년 정도 저장, 약 1/1000 이하로 방사능이 감소하게 되면 건식 저장 시설로 이송하여 임시 저장 관리한다.

현재까지의 처분 개념은 견고한 화성암 지역의 지하 500~1000미터 깊이에 처분 동굴을 만들어 이속에 사용후 핵연료를 담은 고건전성 처분 용기를 사용하고 있다.

캐나다의 중·저준위 방사성 폐기물 처리 및 관리 시설은 온타리오 전력회사 소속의 브루스 원자력 발전 단지 내부에 위치하고 있다.

또한 캐나다원자력공사에서는 초크리버 원자력연구소 부지 내에 캐나다형 저준위 방사성 폐기물 처분 시설인 침입 방지 지하 구조물을 설치해 시범적으로 운영하고 있다.

이 시설은 단위 처분 용량이 약 2000 입방미터인 대형 콘크리트 박스 여러 개를 설치해 이 속에 저준위 방사성 폐기물을 저장한 다음, 그 위를 다시 콘크리트로 매꾸는 방식으로, 일본의 롯카쇼무라의 저준위 방사성 폐기물 처분 시설과 유사하다.

### 3. 체르노빌 사고로 안전성 기폭제가 되었던 러시아

군사력 면에서 미국과 함께 세계 최강을 유지하고 있는 러시아는 광활한 국토와 풍부한 지하 자원을 보유하고 있는 나라로 원자력과 관련한 핵심 기술을 많이 보유하고 있다.

모두 9개 지역 29기의 원전이 가동되고 있는 러시아는 1986년 체르노빌 원전 사고를 통해 세계의 이목을 집중시키며 세계 원자력의 안전성을 한층 강화하는 기폭제 역할을 하였다.

러시아의 방사성 폐기물 관리는 MINATOM에서 담당하며, 중·저준위 방사성 폐기물의 처분과 관리는 해당 지역의 RODON이 담당하고 있다.

이 중 재처리 과정에서 발생된 고

준위 방사성 폐기물은 유리 고화체로 만들어 현지에서 임시 저장하며, 중·저준위 방사성 폐기물은 수거하여 시멘트 및 아스팔트 고화 처리 후 콘크리트 벽으로 둘러싸인 천층 처분 시설에 채운 뒤 빈 공간은 시멘트 그라우트로 메꾼 다음 그 위를 흙과 콘크리트 덮개 및 아스팔트 포장해 처분하고 있다.

## 아시아의 방폐장 - 새로운 성공 모델을 꿈꾸며

### 1. 삶의 질 향상을 통한 성공 사례, 일본의 롯카쇼무라

세계 유일의 원폭 희생국인 일본은 태평양과 맞닿은 혼슈(本州) 최북단 아오모리현 롯카쇼무라에 중·저준위 방폐장을 포함, 핵연료 재처리공장, 우라늄 농축 시설 등 '핵연료 종합 처리 단지'를 운영하고 있다.

일본도 우리나라와 마찬가지로 방폐장 부지 선정을 놓고 지역 주민의 강력한 반대에 부딪혔으나, 지방선거를 통해 방폐장의 안전성과 경제적 효과 등을 명확하게 밝힌 찬성파가 선거에 승리, 방폐장 건설을 관철시켰다.

낙후된 시골 마을이었던 롯카쇼무라는 방사성 폐기물 처분 시설 유치 후 주민 소득이 2배 이상 증가하는 등 손꼽히는 부자 마을로 변모하

면서 이 지역의 지원 사업은 방사성 폐기물 처분장을 건설하려는 국가에 모델 케이스로 벤치마킹이 되고 있다.

주민들은 원자 연료 사이클 시설에 대한 부정적인 견해보다는 이로 인한 경제적 혜택에 만족해 하고 있다. 또한 안전한 시설 운영에 주민들이 직접 참여해야 한다는 의식이 확고하다.

### 2. 군사 목적에서 산업화로..., 움직이는 원자력 맹호 중국

현재 중국은 군사적·평화적 원자력 이용에 필요한 모든 기술과 자원 그리고 시설을 보유하고 있는 세계 5대 원자력 강국 중 하나다.

중국은 북서부 지역인 Gansu성에 위치한 Northwest 중·저준위 방사성 폐기물 처분장과 남동부 지역인 Guangdong성에 위치한 Beilong 중·저준위 방사성 폐기물 처분장 등 모두 두 군데의 중·저준위 방사성 폐기물 처분장을 보유하고 있으며, 현재 3번째 중·저준위 방사성 폐기물 처분 시설인 Zhejiang 중·저준위 방사성 폐기물 처분장을 건설하기 위한 계획을 수립해 부지 선정 작업을 추진중에 있다.

광활한 국토를 가진 중국은 안전성과 수송 편의를 위해 중·저준위 방사성 폐기물 처분 시설은 발생지



와 인접한 곳에 위치토록 하는 것을 방사성 폐기물 처분 시설의 입지 원칙으로 하고 있다.

또한 중국 정부는 국제원자력기구(IAEA)와 공동으로 고준위 방사성 폐기물의 심지층 처분에 필요한 지하 지질 연구를 내륙의 북서 지방을 중심으로 추진중이다.

### 3. 아시아에서 가장 먼저 원자력 프로그램을 추진한 인도

인도의 원자력 사업은 지난 1947년 영국으로부터 독립한 이후 아시아에서 가장 먼저 원자력 프로그램을 추진한 국가로 깊은 원자력 역사를 가지고 있다.

풍부한 토륨 및 우라늄 자원, 연간 약 720톤의 중수 생산 시설, 핵연료 및 집합체 제조 시설, 사용후 핵연료 재처리 시설 등 일체의 원자력 관련 시설을 모두 보유하고 있는 인도는 중·저준위 방사성 폐기물은 원자력 발전 회사의 책임하에 현재 6곳의 각 원전 부지에서 콘크리트 천층 처분 시설을 건설해 이곳에 처분하고 있다.

기타 연구 기관, 산업체, 병원 등에서 발생된 중·저준위 방사성 폐기물은 트롬베이에 위치한 바바 국립원자력연구소(BARC) 내의 방사성 폐기물 처분 시설에 처분하고 있다.

또한 고준위 방사성 폐기물은 1990년부터 운영하기 시작한 타라

푸르 유리 고형화 처리 시설, 1993년부터 운영하기 시작한 칼파캄 유리화 처리 시설, 그리고 1990년부터 운영하기 시작한 바바원자력연구소의 유리화 처리 시설에서 각각 유리화 처리한 다음 인근에 위치한 중간 임시 저장 시설에 저장하고 있다.

### 4. 작은 국토와 주민 반대로 어려움을 겪고 있는 대만

북한에 방사성 폐기물을 이송시키는 문제로 국제적인 물의를 일으킨 바 있는 대만의 방사성 폐기물 사업은 어느 나라들처럼 국가에서 직접 관장하고 있다.

6기의 원전을 관리하고 있는 대만전력공사(TPC)는 1976년 대만 본섬의 남쪽 끝에서 동남쪽으로 약 75km 떨어진 난유(Lanyu)도를 선정해 처분장을 건설, 운영중이다.

하지만 점증되는 지역 주민의 반대와 한계에 이른 저장 용량 때문에 난유도 저장 시설은 현재 저준위 방사성 폐기물의 추가 반입이 중지된 상태이며, 이런 문제를 해결하기 위해 Kuosheng과 Chinshan 원전 부지 내에 소내 저준위 방사성 폐기물 저장 시설을 보강하여 현재 운영중에 있다.

으로 이용되었다면 오늘날처럼 원자력 관련 산업이 어렵진 않았을 것이다. 그러나 불행히도 원폭 투하로 각인된 부정적 선입견은 냉정한 가치 평가를 방해하는 결정적 이유가 되었다.

때문에 다수의 원자력 보유국들이 방사성 폐기물로부터 장기간 사람과 자연, 그리고 미래 세대를 보호할 안전성을 찾기 위해 수십 년의 사회 합의 과정을 인내하며 밟아가고 있는 선례는 시사하는 바가 크다고 할 수 있다.

특히나 국토가 작고 인구 밀도가 높아 방사성 폐기물 처분 시설 위험에 드러날 가능성이 큰 나라들일수록 더욱 그러하다.

경제적 이슈는 안정성을 바탕으로 둔 신뢰를 넘어서는 가치가 될 수는 없다.

“안전성에 대해 100% 주민 신뢰를 얻은 것이 방폐장을 운영하고 있는 모든 나라들의 공통점”이라는 원자력문화재단 관계자의 말처럼 성공적인 방폐장 건설과 운영의 모든 해법은 여기서 출발한다.

우리 역시 에너지 수입 의존도에 따른 원전의 고부가 가치를 외면할 수 없는 것이 대세라면, 방폐장 건설이라는 필연적 과제를 풀고 갈 로드맵을 새롭게 그려보아야 할 것이다.

#### 사회적 합의가 선행된 로드맵

원자력이 처음 인류에게 평화적