

05 \_ 선진국의 방사성폐기물 관리

# 방사성폐기물 사업

## 일관성 · 예측가능성이 국민 신뢰 근간

글 | 황주호 \_ 경희대학교 원자력공학과 교수 joohowhang@khu.ac.kr

지난해말 우리는 원자력발전을 시작한지 약 30년 만에 중저준위 방사성폐기물 처분장 부지를 확보하였다. 1980년대와 1990년대, 그리고 2003년 부안 사태를 겪으면서 표류하던 폐기물 처분장 부지 확보 사업은 2004년말 사용후핵연료 중간저장 부지와 중저준위방사성폐기물 처분장 부지를 분리하여 추진하는 정책 전환과 함께 유치청원 후 주민투표라는 방식을 도입하고, 상당한 액수의 지역지원사업을 제시하면서 실마리를 풀게 되었다.

혹자는 이제 중저준위방사성폐기물에 이렇게 많은 지원사업을 제시하면 앞으로 사용후핵연료저장과 처분에는 얼마나 더 많은 지원을 약속해야 할 것이냐며 걱정을 하기도 한다. 또 어떤 이는 중저준위방사성폐기물사업을 약속대로 잘 수행하고 방사선 안전에도 특별한 영향이 없는 것이 밝혀지면 오히려 방사선안전에 대한 주민들의 인식이 좋아져서 사용후핵연료저장과 처분 사업을 추진하는데 도움이 될 것이라는 전망을 하기도 한다. 어떻게 될지는 앞으로 두고 보아야 할 것이지만 우리보다 앞서서 처분장확보 사업에 어려움을 겪었던 다른 나라들의 어제와 오늘의 예를 살펴보는 것으로 우리 정책을 어떻게 끌고 갈 것인지 좋은 참고가 될 수 있다.

### 각국, 중저준위 방사성폐기물 처분장 확보 여전히 어려워

원자력발전을 하는 대부분의 나라들이 중저준위 폐기물 처분장 문제를 해결하였지만 원자력발전의 초기 단계에 확보하여 방사선과 원자력에 대한 반대의 목소리가 그리 높지 않았기 때문이었거나 군사용 원자력 이용 폐기물을 함께 처분하여 부지 확보가 상대

적으로 쉬운 경우들이라고 할 수 있다. 실제로 대중의 원자력반대가 본격화한 이후에는 일부 나라들을 제외하고는 많은 나라들이 중저준위 방사성폐기물 처분장을 쉽게 확보하지 못하고 있는 것이 현실이다.

전세계에서 제일 많은 원자력발전소를 운영하고 있는 미국을 보자. 미국은 전국에 몇 군데 운영하던 처분장에서 설계 잘못이나 방사성물질 관리 소홀로 방사능 누출이 있을 후, 북서부와 동남부 각각 한 군데씩을 남기고 나머지 처분장을 폐쇄하였다. 전국에 흩어져 운영중인 100여 개 원자력발전소 중저준위방사성폐기물이 긴 육로 수송으로 두 군데 처분장으로 향하는 일이 벌어졌고 통과지역에서는 불만을 표출하였다.

1985년 미국은 중저준위방사성폐기물 처분장 확보를 위하여 관심있는 인근 주끼리 연합(컴팩트)할 수 있는 '저준위방사성폐기물 관리법'을 통과시켰다. 연합하여 필요한 처분장을 구하라는 것이 의도였지만 주와 주 사이의 이해관계 때문에 전혀 인접하지 않은 주끼리 컴팩트를 구성하여 실효성이 없는 경우까지 생기게 되었다. 몇 군데 컴팩트에서는 처분장 부지 확정 직전까지 가다가 주민들의 반대로 무산된 적도 있었고, 뉴욕주에서는 주민들의 극렬한 반대시위에 진압군을 파견한 적도 있었다. 그리고 아직 컴팩트는 이렇게 할 효과를 못보고 있다. 다만 유타주에서 80년대에 사기업체가 극저준위방사성폐기물 처분장을 개장하여 운영중이며 여러 가지 안전조건을 첨부하여 인허가를 확대하려는 움직임이 있다.

그렇다면 미국은 중저준위방사성폐기물 처분 문제를 어떻게 해

결하려는 것일까. 사실상 미국의 중저준위방사성폐기물 처분장 문제는 그리 시급하지 않다. 미국 동부에 있는 사우스캐롤라이나 주 반웰 처분장을 운영하는 회사는 비록 반웰 처분장 운영허가 기간이 얼마 남지 않았지만 허가 갱신을 위해 노력하고 있으며, 이 처분장의 남은 부지에 현재 운전중인 100여 개 원자력발전소 해체 폐기물 까지도 수용이 가능하다고 주장하고 있다. 만약 반웰 처분장 운영 기간이 늘어나지 않는다고 해도, 비상시에는 미국 전역에 흩어져 있는 연방정부 소유의 군사용부지 안에 운영중인 중저준위 방사성 폐기물 처분장으로 충분히 해결이 가능한 것으로 보인다.

캐나다는 원자력발전소 부지와 원자력연구소 부지에서 대규모 임시저장을 하면서 2015년까지 처분장 확보를 위해 노력하고 있다. 독일은 60년대에 암염광에 처분하던 것을 멈추고 발전소 부지와 중앙집중식 임시저장시설에 저장하고 있으며, 통일 전 동독에서 운영하던 모스레벤 처분장을 90년대말까지 운영하기도 하였으나, 궁극적으로는 중저준위방사성폐기물 처분장을 확보하여야 하는 형편이다. 원자력발전을 중단한 이탈리아는 발전중에 발생한 것과 발전소 해체와 함께 발생하는 폐기물을 임시저장하고 있으며, 2010년을 목표로 부지 확보 노력을 하고 있다.

성공적으로 부지를 확보하여 처분장을 운영해 온 스웨덴, 핀란드, 프랑스, 일본과 달리, 이와 같은 나라들은 아직도 중저준위처분장을 확보하지 못하였으나 사정이 급해 보이지는 않는다. 비상 대책으로 사용할 수 있는 부지가 있거나, 발전소 부지나 외부에 임시 저장할 수 있는 대안을 가지고 있기 때문이다.

### 사용후 핵연료 10만년 지나야 안전, 심지층에 매립

처분 후 300백년 정도 지나면 대부분의 방사능이 안전한 수준으로 떨어지는 중저준위방사성폐기물과 달리 10만 년 정도를 기다려야 방사능이 안전한 수준으로 바뀌는 사용후핵연료는 보다 철저한 대책을 필요로 한다. 성능과 효율이 좋은 신재생 에너지가 개발된다 하여도 인구 증가에 대응하고 지속적 산업 발전을 위해서 인류는 에너지 밀도가 높은 원자력에 상당 기간 기댈 수밖에 없을 것이다. 특히 좁은 면적에 높은 인구밀도를 가지고 있는 우리 나라로서는 원자력이 화석연료를 대체할 수 있는 거의 유일한 에너지원이라 할 수 있다.

인간은 산업혁명 이후에 과학기술 발달로 육지, 해양, 우주에서 미래의 변화를 예측할 수 있는 능력을 가지게 되었다. 우주로 쏘아 올린 로켓이 10년도 넘게 공간을 날아가서 태양계의 비밀을 알려

온다가나, 무인 잠수정을 보내어 심해의 구조를 알아내기도 하며, 지각의 이동을 관측하여 대륙의 위치 이동을 예측하기도 한다.

사용후핵연료에 들어 있는 초우라늄 원소들은 반감기가 수십만 년에서 수억 년짜리도 있지만 방사성폐기물처분을 연구하는 과학자들은 오랫동안 이들을 땅속 깊은 곳에 묻었을 때 어떻게 움직일 것인가를 연구해 왔으며, 궁극적으로 사용후핵연료 처분을 안전하게 할 수 있다고 믿고 있다. 그러나 일반인의 사고로는 1년 뒤의 일도 제대로 모르는데 수백 년 수천 년 뒤의 안전을 어떻게 믿느냐고 반문하는 것이 당연하다. 과학자의 믿음과 일반인의 불신 사이에는 쉽게 건널 수 없는 강이 존재하고 있다.

정부가 과학의 믿음을 근거로 하여 정책을 추진하고자 할 때 일반인들의 불신과 부딪치면 사회적 갈등을 빚는다. 이러한 갈등은 정보의 공개, 주민 참여, 법과 제도에 의한 일관성과 예측 가능성 제시 등에 의해 극복이 가능한 것으로 보이며, 특히 그 조건 중에서도 법과 제도에 의한 일관성과 예측가능성은 사용후핵연료 관련 사업을 수행하는데 있어 선결조건이 된다.

1960년대부터 사용후핵연료 처분연구를 시작한 선진국들은 심해지층에 구멍을 뚫어 처분하기, 극지방 심지층에 처분하기, 로켓으로 쏘아 우주로 보내 버리기 등 여러 가지 대안을 고려한 후에 '깊은 땅속(심지층)에 처분이 가능하며 안전을 보장할 수 있다'라는 공통적인 결론에 이른다. 1980년대부터는 연구 단계를 넘어서 사용후핵연료 처분장을 확보하기 위한 법과



전북 부안군청이 원전센터의 안전성을 홍보하기 위해 군수실에 전시해 놓은 원자력발전소 직원들의 작업복과 폐자재 등이 압축돼 있는 200L 들이 중·저준위 원전수거물 보관 철재함



핀란드 원자력 시설을 방문한 방문객들이 500m 깊이에서 퍼올린 1만년 된 물을 마시고 있다.

제도를 만들기 시작한다.

사용후핵연료를 재처리하지 않고 직접 처분하는 것을 정책으로 정한 미국이 가장 먼저 1982년 핵폐기물정책법을 만들고 처분에 필요한 비용각출, 관리, 감독, 사업시행 조직, 일정을 정했다. 이 법에 의하면 미국 에너지부는 약 10년내에 처분장을 확보하도록 되어 있었다. 처분장 확보가 늦어지면서 여러 번 법 개정이 있었으며 마침내 미국 정부와 의회는 2002년 네바다 주 유카산 부지를 사용후핵연료 처분장 부지로 확정하였다. 아직도 이 결정에 반대하는 세력이 있으나 전문가들은 법 제정 후 20년간 절차에 따라 잘 정리한 결정을 반복하지 못할 것으로 보고 있다. 현재 발전소내 저장수조 용량을 초과한 사용후핵연료들은 발전소 부지 안에 건식 저장되고 있다. 후에 언급할 미국의 정책 전환에 따라 사용후핵연료는 장기간 저장이 불가피할 것으로 보인다.

### 日 10년 주기로 연구 진행, 최근 사용후 핵연료 저장부지 결정

사용후핵연료를 재처리하고 발생하는 고준위폐기물을 처분하고자 하는 프랑스는 80년대 후반에 처분장 조사 후보부지 선정을 위해 정부기구를 가동하였다. 네 개 부지를 대상으로 주민들과 협상하던 중 대규모 소오사태가 발생하자 후보부지 선정을 중단하고 의

회가 개입하여 1년간 원자력 정책과 부지 선정에 대하여 조사를 하였다. 부지 선정 사업의 조직과 제도를 재정비한 후 의회가 고준위 폐기물처분연구법을 만들고 1991년부터 15년간 시행토록 하여 그 결과를 가지고 향후 고준위 폐기물처분 방안을 결정하도록 하였다. 그 내용은 고준위폐기물을 심지층에 처리해야 하는지, 할 수 있는지, 변환 처리하여 고준위를 중저준위 수준으로 만들 수 있는지, 적절한 처리를 한 후에 지표면에서 장기간 저장할 수 있는지 등을 일정기간 연구하

여 방향을 정하지는 것이었다. 사회적 논란과 불안요소를 법적으로 잘 대응한 예라고 할 수 있다. 프랑스는 각 발전소의 저장시설 외에 재처리 공장의 대규모 저장시설을 활용할 수 있으므로 중간 저장용량 확보에는 문제가 없어 보인다.

사용후핵연료를 해외와 국내에서 재처리하고 고준위폐기물을 처분하는 것을 정책으로 수행하고 있는 일본도 10년 주기로 70년대부터 연구를 진행시켜왔다. 첫 10년의 테마는 일본은 고준위폐기물을 처분하기에 지질적으로 안정적인가였고, 두번째 10년에는 일본에서 고준위폐기물 처분장으로 필요한 부지를 찾을 수 있는가, 그리고 세번째 10년에는 어디가 고준위폐기물 처분장으로 적합한가였다. 이 계획은 국가계획이기는 하였지만 법에 의해 구속되지 않은 채로 조금 느슨하게 진행되고 있었다.

1990년대말, 아오모리 현이 고준위폐기물처분계획이 구체적이지 않아 로카쇼무라 저장소에 반입하는 고준위폐기물이 언제까지 저장될지 알 수 없으므로 해외 위탁재처리한 고준위폐기물 반입을 허가할 수 없다고 반발하자 일본 정부는 부랴부랴 구체적인 법과 제도를 정비하게 된다.

일본 정부는 2000년 '특정방사성폐기물(고준위폐기물)최종처분에 관한 법률'을 공포하면서 처분실시주체, 처분비용확보방안, 처

분장 선정 방법 등을 그 내용에 포함시켰다. 이 법은 처분사업주체를 해산할 수 없게 하여 일관성과 지속성을 보장하였고, 처분비용과 계획을 5년마다 점검하고 수정토록 하였으며, 별도의 폐기물비용관리기구를 설치하여 비용관리의 투명성을 보장하고 있다. 처분사업실시주체는 처분사업개시를 2030년경으로 잡고, 부지선정을 위한 절차를 단계적으로 추진하고 있으며, 현재는 전국 기초지자체 단위 공모를 통해 개략 조사 부지를 구하고 있다.

일본도 사용후핵연료를 발전소에 저장하고 있으나 일정 용량 이상의 사용후핵연료를 부지내에 보관하지 못하도록 하는 지자체와의 협약 때문에 로카쇼무라 재처리 공장으로 이송하든지 아니면 별도의 중앙집중식 중간저장시설로 보내야 한다. 최근, '무츠' 시가 사용후핵연료 중간저장시설을 유치하기로 결정하여 사용후핵연료 저장은 더 이상 문제가 아니게 되었다.

캐나다는 1978년부터 잘 발달한 화강암층에 사용후핵연료를 처분하겠다는 계획을 추진해 왔으나 호부지역 선정에 실패하였다. 그리고 연방정부와 원자력최대 사업자인 온타리오 전력회사와의 합의에 의해 추진하던 처분사업에 대한 연방정부의 감독이 필요함을 깨닫고 2002년에 핵연료폐기물법을 제정하였다. 법에 의해 독립기구를 설립하고 기금 감시 감독, 사용후핵연료 장기관리 방안의 진행 상황에 대한 주기적 보고 체제 등을 정비하였다. 저장 용량을 초과한 사용후핵연료는 건식 콘크리트 통에 넣어 발전소 부지에 보관중이다.

핀란드는 원자력프로그램은 작지만 사용후핵연료관리 정책을 잘 추진하고 있다. 1983년에 정책결정을 한 후, 1990년대 후반에는 4군데 사용후핵연료 처분장 후보 부지를 조사하여 환경영향평가를 실시하였다. 2001년에는 핀란드 의회가 올킬루오토 지역에 사용후핵연료 처분장을 건설하는 안에 대해 찬성 가결을 하였다. 이에 앞서 핀란드는 원자력법을 정비하여 독립기구 설립, 비용추정, 기금 징수와 관리, 담보 설정 등 상세한 제도를 만들었다.

### 美 중저준위 수준으로 변환 후 처분 연구 박차

미국은 이제까지 직접처분을 위주로 고려하던 사용후핵연료 관리정책을 2006년 2월 국제원자력재휴(GNEP)정책을 발표하며 방향선회를 시사하였다. 사용후핵연료의 독성과 부피를 대폭 감소시켜 중저준위 수준으로 변환시킨 후 처분하겠다는 선진핵연료주기 계획(AFCI)이 GNEP의 일부로서 포함되어 있다. 미국은 전기 생산에서 차지하는 원자력 비율을 현재 수준으로 유지시킨다면 2100

년경에는 유카산 처분장 규모의 처분장이 20개 정도 필요하다는 결론에 이르고 대책을 마련해 왔다.

AFCI는 사용후핵연료 중 대부분의 부피를 차지하는 우리늄을 뽑아내어 재활용하거나 중저준위 수준으로 처분하고 반감기가 긴 방사성물질들과 플루토늄은 고속중성자를 이용하는 원자로에서 태워 중저준위 수준으로 만들겠다는 것이다. 이 기술은 원자력 개발 초기부터 연구해 왔으나 오랫동안 규모를 확대하지 못했다. 미국이 1970년대부터 상용 재처리를 금지해왔기 때문에 빛을 못 보던 이 기술이 결국 궁지에 몰린 원자력발전을 구할 수 있는 대안으로 대접 받기 시작하는 것이다. 이 계획이 성공하면 미국은 유카산 처분장 하나로 2100년까지 발생하는 사용후핵연료 처분에 문제가 없을 것으로 판단하고 있으며 기술 실증에 박차를 가하도록 대규모 예산을 배정한다는 계획이다.

미국의 GNEP 제후국들은 일본, 프랑스, 영국, 러시아와 일부 유럽 국가들이 될 것이다. 특히 프랑스와 일본은 미국의 AFCI와 유사한 내용을 오랫동안 연구해 왔기 때문에 GNEP 제후를 통해 상승효과를 얻을 수 있으며 그 결과를 자국의 사용후핵연료 관리 정책에 반영할 수 있을 것이다.

에너지 부존자원이 없는 우리에게 원자력은 필수적인 에너지원이다. 방사성폐기물은 원자력발전을 통해 생길 수밖에 없는 물질이지만 기술개발을 통해 안전한 처리 처분이 가능하다. 그러나 방사성폐기물을 받아 들여야 하는 국민들에게는 방사성폐기물처분은 이미 기술의 문제가 아니고 인식의 문제이다. 국민들이 원자력과 방사성폐기물을 받아들여야 하기 위해서는 여러 가지 방법이 있겠지만 그 중에서도 원자력과 방사성폐기물을 다루는 정부와 전문가에 대한 신뢰를 갖게 하는 것이 중요하다.

앞서 살펴본 선진국들은 하나같이 법과 제도를 정비하여 장기간 방사성폐기물사업을 진행하고 있다. 국민의 신뢰가 방사성폐기물 사업의 일관성과 예측 가능성에서 온다면 잘 정비한 법, 제도, 일정 등은 필수요소라 할 수 있다. 앞으로 진행될 사용후핵연료 공론화에서 우리도 선진국 못지않은 법과 제도 그리고 일정을 논의하며 그것을 실현할 연구 개발 방향을 정할 수 있기를 기대한다. **SD**



글쓴이는 서울대학교 원자핵공학과를 졸업 후 조지아공대에서 석사·박사학위를 받았다. 한국원자력연구소 선임연구원, 한국과학기술연구원 전문위원 등을 지냈으며, 현재 과학기술부 원자력안전전문위원회 위원을 겸임하고 있다.