

국가 원전 사후 처리 사업의 경과와 현안

황 일 순

서울대학교 원자핵공학과 교수

원전 사후 처리의 개요와 쟁점

1. 원전 사후 처리의 정의와 범위

원전 산업에서 발생하는 모든 방사성 폐기물을 안전하고 친환경적으로 관리 및 처리하는 제도적 활동을 통틀어 원전 사후 처리 사업이라고 일컫는다. 비방사성인 원전 일반 구조물의 폐기는 원전 사후 처리의 범주에 포함시키지 않는다.

원전 산업의 방사성 폐기물은 원전 건설, 가동, 최종적인 원자로 폐기(폐로)의 각 단계에서 발생한다. 원전 건설 단계에서는 미량의 방사성 동위원소를 이용한 검사와 시험의 폐기물이 발생한다.

원전 가동중에 중·저준위 폐기물로 불리는 장갑·의복·냉각수 필터 등 방사성 오염물이 생기며, 고준위 폐기물인 사용후핵연료는 경수로의 경우 18개월마다 한 번씩 약 30톤이 방출된다.

가동에 필요한 새 핵연료의 제작

에서도 중·저준위 폐기물이 발생한다. 장기간 가동된 원전에서는 증기발생기와 일부 원자로 구조 재료에 손상이 심하여져서 새 기기와 교체되는 경우가 있으며, 이때 퇴역 기기들은 중·저준위 폐기물이 된다.

원전의 가동이 종료될 경우, 고준위 폐기물인 잔류 사용후핵연료와 중·저준위 폐기물로서 원전 내의 방사성 오염 구조물이 발생한다.

궁극적으로 이러한 방사성 폐기물은 원전 사후 처리 사업의 의무 사항으로 처분장에 처분 및 안전 관리 상태에 놓여진다.

2. 방사성 폐기물의 장기적 환경 문제

원자력의 특징은 에너지 밀도가 높고 수명이 길다는 데 있다. 방사성 폐기물은 시간이 지나면서 방사선 에너지를 방출하면서 비방사성 물질로 안정화된다.

방사성 폐기물 중에서 반감기가

20년 이내로 짧고 붕괴열의 밀도가 2kW/m^3 이하이면 중·저준위 폐기물(미·일에서는 저준위 폐기물로 지칭)이라 하고, 그 이상은 고준위 폐기물로 나뉜다.

고준위 폐기물은 반감기가 20년 이상인 장수명 핵종을 다량 함유한 물질이다. 미국·일본·프랑스·영국 등 사용후핵연료를 재처리하여 플루토늄을 재사용하는 경우, 남은 부산물은 유리화한 고준위 폐기물과 재처리 도중 발생한 중·저준위 폐기물이다. 재처리를 수행하지 않는 우리나라의 고준위 폐기물은 사용후핵연료에 국한된다.

3. 국내 원전 사후 처리 사업의 경험 수준

국내 원자력 발전은 1978년의 고리 1호기를 필두로 시작하여 현재 15기의 경수로와 4기의 중수로를 포함하여 총 19기가 가동되고 있다.

국내에는 가동이 종료된 원전이

없으므로 지금까지 국내에서 발생된 방사성 폐기물은 건설 및 가동중 발생한 것으로 원전 소내에 저장되어 있다.

원전의 폐로는 건설의 역순으로 진행되며, 기술적 난이도는 높지 않다. 국내의 경우, 원전 폐로 경험은 없으나 한국원자력연구소의 연구용 원자로 2기를 국내 기술로 폐로하고 있다.

비록 출력은 원전의 천분의 일에도 못 미치나, 중·저준위 폐기물은 물론 고준위 폐기물인 사용후핵연료의 제거 및 이송을 포함하는 중요한 경험을 축적하고 있다.

원전 사후 처리 사업의 모든 대상은 최종적으로 방사성 폐기물 처분장으로 보내져 관리된다. 방사성 폐기물 처분장이 지연되고 있는 실정에서 원전에서 발생한 모든 폐기물은 원전 부지 내에서 보관되고 있다.

병원 및 일반 산업체에서 발생한 중·저준위 방사성 폐기물은 산업자원부의 책임 아래 한국수력원자력(주)의 원자력환경기술원(한국원자력연구소 내 위치)이 수거하여 보관중이나, 처분장의 건설 후에는 원전 사후 처리 사업으로 이관된다.

4. 처분 예산의 안정적 확보

원전 사후 처리는 방사선 안전 관리 활동이므로 이를 위한 재원의 확보가 보장되어야 한다. 우리의 경우, 전기사업법에서 소요 총당금을

주기적으로 산정하여 전기 판매 수익에서 일정분을 총당금으로 적립할 것을 요구하고 있다.

지난 IMF 기간 중 원전 건설을 위한 외환 차입이 어려워지자, 한국수력원자력(주)는 사후처리총당금을 차용하였으며, 이로 인하여 기금 안정성에 대해 의문이 제기되고 있다.

미국의 경우, 폐로 비용과 폐기물 처분 비용 부분을 별도로 관리하며, 폐로 부분은 우리의 사후처리총당금처럼 발전 사업자의 회계 시스템 내에 적립하고 이에 대해 규제기관의 관리 감독을 받고 있다.

중·저준위 폐기물 처분은 원전 운영비로서 중·저준위 폐기물 처분 사업자에게 비용을 지불하고 있으며, 사용후핵연료 처분을 위해서는 발전량 kWh당 0.1 센트 정도를 고준위 폐기물 사업자인 정부에 납부하고 있다.

국내외의 원전 사후 처리 사업 경과

1. 수명 종료 원전의 폐로 :

폐로 추세, 기술, 경험, 비용

원전의 설계 수명에 다가가면, 설비에 대한 안전성 평가를 수행하여 계속 운영에 대한 허가를 심사한다.

이 과정에서 안전성 확보를 위한 설비의 개선 사항이 규정되면 이에 소요되는 경비가 계속 운영으로 발생할 수입보다 충분하게 크지 않을

경우, 폐로하게 된다.

미국·일본에서는 대부분의 원전이 설계 수명을 지나서 계속 운영하느 추세를 보이고 있다.

미국의 경우, 지난 10년간 설계 수명이 다한 약 30기의 운전을 20년씩 추가하도록 허가하였으며, 유럽의 경우, 영국·헝가리 등에서 계속 운영을 추진하였으나, 탈핵 정책을 추진하는 독일 등에서 폐로를 계획하고 있다.

지금까지 폐로의 경험이 가장 많은 나라는 미국이다. 지금까지 대형 원전 약 10기와 연구로 30기가 폐로되고 있으며, 이보다 훨씬 많은 수의 핵잠수함 등 군사용 원전이 폐로된 것으로 알려지고 있다.

미국 NEI에 의하면 대형 원전의 폐로에 평균 정도가 3억20불이 소요되었다. 폐로 공사는 오염된 부분의 방사능을 제염하고 안전 차폐 관리, 밀봉 관리, 또는 해체 철거 방식을 사용할 수 있다.

폐로의 경험이 축적되면, 공법의 개발 및 단순화가 이루어지고 폐로 비용이 점진적으로 감소할 것으로 예상된다.

2. 방사성 폐기물의 처분

가. 사업 추진의 난이도

방사성 폐기물 관리 사업은 그 규모, 소요 기간 그리고 기술적 난이도에서 볼 때, 원전 사후 처리 사업의 핵심이다.

〈표 1〉 국내 방사성 폐기물 처분장 확보 추진 경위

구분	시기	후보 지역	추진 정책	반발 요인	정부 대응
1차	1986~1989	경북 동해안	육지 처분 7년 소외 중간 저장 9년	비밀 추진	경찰력 동원, 격화 후 철회
2차	1990	충남 안면도	제2연구소 종합 개발 1년 내 부지 결정	비밀 추진	경찰력 동원, 격화 후 철회 장관 사퇴
3차	1991~1993	경북/강원/충남	기술+사회	비밀 추진	경찰력 동원, 격화 후 철회
4차	1993~1994	경북/경남	추진위+사업단 지역 유치 지원	일방 추진 주민간 갈등	경찰력 동원, 격화 후 철회
5차	1994~1995	경기 굴업도	임해/도서 부지 7년 내 건설	비밀 추진 정보 은폐	경찰력 동원, 격화 후 철회
	1996		추진 체제 변경 발전 사업자 주도		과기부 → 산자부 전기사업법
6차	2000~2004	전북 위도	중간 저장 동일 부지 명시 지자체 공모 대규모 지원 약속	약속 번복	경찰력 동원, 격화 후 철회 장관 사퇴
	2004		추진 체제 변경		사용후핵연료 분리 지원특별법

중·저준위 폐기물의 경우 300년 정도가 지나면 안정되며, 많은 경험이 축적되어 안전 관리에 큰 어려움이 없을 것으로 예측할 수 있으나, 고준위 폐기물은 만년의 기간이 지나야 안정되며 경험이 없어서 인류 역사상 처음 부딪히는 과제다.

이러한 장기간에 대한 과학적 예측의 어려움은 물론, 정치·사회·경제적 상황이 변화하는 기간에 걸쳐 지속적으로 추진되어야 한다는 점에서 더욱 어렵다.

이러한 고난이도 사업을 우리 정부는 지난 19년간 매우 의욕적으로 추진하여 왔다. 그러나 6차례가 넘는 부지 확보 노력은 그 때마다 지역 주민과 환경 단체의 거센 반발에 무산되었다.

이 과정에서 정부의 신뢰는 추락하고, 지역 사회 내부에도 깊은 골이 패이고, 핵심 관련 인사들도 큰 타격을 입었으며, 원자력에 대한 국민의 부정적인 인식을 확대하는 결과를 낳았다.

향후 방사성 폐기물 관리의 성공적인 추진 방향을 모색하기 위하여 먼저 과거의 실패 사례를 뒤돌아 볼 필요가 있다.

나. 방사성 폐기물 처분장 확보 실패의 원인

최근 발표 결과를 토대로 〈표 1〉에 과거 19년간의 방사성 폐기물 부지 확보 추진 경위를 요약하였다.[오영민(2003), 박혜련(2004),

황주호(2004)].

〈표 1〉에 보인 바와 같이, 추진 방법에 있어서 정보의 미공개, 보안 중시, 하달 형식의 일방성이 특징을 이루고 있다.

지역 지원금 등 긍정적인 요소를 많이 갖추었음에도 불구하고 이러한 부정적인 특징이 만들어 낸 불신이 주민의 무조건적 반발을 유발하였다.

정부는 주민 반발에 대응하여 경찰력을 투입하였고, 사태가 더욱 악화되면 결정된 바 없다고 회피하거나 부지 선정을 철회하는 과정을 반복하여 왔다.

무엇 때문에 우리 정부가 보안을 중시하고 일방적 추진 방식을 고수하였을까?

국책 사업이 사전 공개될 경우에

보상을 기대한 투기 등의 문제도 하나의 원인이 될 수 있으나, 그보다 중·저준위 폐기물 처분장에 사용후핵연료 중간 저장 시설과 함께 종합 시설화하려던 정책에서 근본 원인을 찾을 수 있다.

즉, 종합 시설화 정책은 인구 밀도가 높은 우리 여건에 적절한 접근이지만, 국가 사용후핵연료 처분 정책을 미정으로 둔 상태였기 때문에 종합 계획이 공표되면 재처리 정책에 기반을 둔 일본 모형을 추구하는 것이 아니냐하는 민감한 비난이 제기될 수 있다는 우려가 정부 내에 팽배하였을 것이라고 짐작할 수 있다.

그 때는 세계 어느 나라에서도 사용후핵연료를 비롯한 고준위 폐기물의 처분에 대해 구체적 기술적 방안을 수립하지 못하였다.

〈표 2〉 세계 주요 선진국과 한국의 방사성 폐기를 관리 사업 현황

	Finland	Sweden	U.S.	France	Swiss	Germany	UK	Japan	ROK
중·저준위	1992~	1988~	1960~	1969~	?	1967~	1959~	1993~	?
고준위	2020~	중간' 85~	2018?	?	?	?	?	?	?
재처리	N	N	Y	Y	Y(Fr.)	Y-N	Y	Y	N
첫 원전	1977	1972	1959	1970	1969	1960	1956	1966	1978
원전(%)	33	52	20	78	40	28	21	40	40
처리 연구	H	H	H	H	H	H	H	H	L
민주주의	H	H	H	H	H	H	H	M-H	L-M
지방 자치	H	H	H	H	H	H	H	H	M
인구 밀도	17	22	30	108	183	235	245	337	477

주) Y=yes, N=no, H=high, M=medium, L=low, Fr.=France, 중간=중간 저장

따라서 스웨덴과 같은 선발국이 중앙 집중식 중간 저장 시설을 건설 하였으므로, 당시의 원자력위원회를 포함한 우리 원자력계는 최선의 결정을 내렸다고 본다. 다만 이를 명백히 공개하고 설명하는 논리가 부족하였다.

민주화와 지방자치제의 발달로 최근 지자체 공모 방식을 따르면서 정보의 공개가 불가피하게 되었고, 자연히 국가 장기 정책의 부재하에서 사용후핵연료의 중간 저장 부분은 장기 계획의 불투명이라는 걸림돌로 부각되기 시작하였다.

미국을 비롯한 선발국에서도 고준위 폐기물 처분장 건설이 지연되자, 오래 동안 냉각된 사용후핵연료를 원전 부지 내에서 50년 이상 중간 저장하는 기술을 개발하여 사용하여 왔다.

이러한 추세에 힘입어 우리 정부도 2004년에 사용후핵연료를 원전

소내에 간류시키고 중·저준위 폐기물 처분장 확보에 집중하는 정책을 발표함으로써, 이제 정보 공개의 걸림돌을 제거하게 되었다.

그러나 이러한 정책의 변화가 원자력위원회라고 하는 행정부 조직에만 의존하며, 한전 분할로 인해 안정성이 확립되지 않은 발전 사업자가 처분의 책임을 맡고 있어 아직도 문제의 소지가 남아 있다.

역동적인 사회의 변천으로 인하여 우리 사회의 한 세대에서 각광받던 사안이 다음 세대에서 지탄의 대상이 되는 사태가 빈번히 발생하고 있다.

정권이 교체될 때마다 흔들리는 경인 운하 사업, 새만금 사업, 고속전철 사업 등 대형 국책 사업에서 이로 인한 엄청난 국가적 낭비를 초래하는 고질적 문제를 안고 있다.[황주호(2004)]

이러한 문제를 풀기 위하여 그간

우리보다 기술 사회로서 역사가 깊은 선진국의 접근을 비교할 필요가 있다.

〈표 2〉에 보인 바와 같이 방사성 폐기물 처분장 사업의 선발국들의 현황을 비교하면, 먼저 우리나라와 스위스를 제외하고 모든 나라가 중·저준위 폐기물 처분장을 운영하고 있음을 알 수 있다.

재처리 시설을 보유한 국가들은 반핵 운동이 미미하던 1950~1960년대부터 중·저준위 폐기물 처분장을 확보한 공통점이 있다.

반핵 운동이 극심하였던 1980년대 이후에 중·저준위 폐기물 처분장을 확보한 핀란드 및 스웨덴은 모두 재처리를 추구하지 않았으며, 처분 기술 개발, 민주주의, 그리고 지방 자치 제도가 성숙하였고, 인구 밀도가 낮음을 알 수 있다.

고준위 폐기물 처분장 부지나 사용후핵연료 중간 저장 시설을 확보한 나라도 모두 인구 밀도가 낮은 공통점을 보인다.

인구 밀도가 비교적 높은 스위스의 경우, 정부의 신뢰가 높음에도 불구하고 중·저준위 폐기물 처분장의 확보에 느린 행보로 접근하고 있다. 우리의 경우, 스위스의 접근과 경험을 보다 면밀히 연구할 필요가 있다.

우리의 경우, 최근 정부 정책에 대한 신뢰가 크게 추락하였고, 인구 밀도가 높아 선발국들과 비교하여

훨씬 더 어려운 여건에 놓여 있다고 보인다.

지역 주민과 환경 단체의 영향력이 한층 강화되고 있는 현실에서, 방사성 폐기물 처분장과 같이 오랜 기간이 소요되는 사업을 성공적으로 추진하려면 보다 근본적인 변화를 고려하여야 할 것이다.

먼저 정부가 사업의 책임을 지고 충분한 기술과 정연한 논리를 개발하고, 계획을 명백히 공개하고 나아가 국내외의 검증을 받음으로써 정부에 대한 불신을 종식시켜야 한다.

또한 지역 사회에도 단기적인 지원에 그치지 않고 보다 장기적 비전을 함께 개발하는 것이 바람직하다.

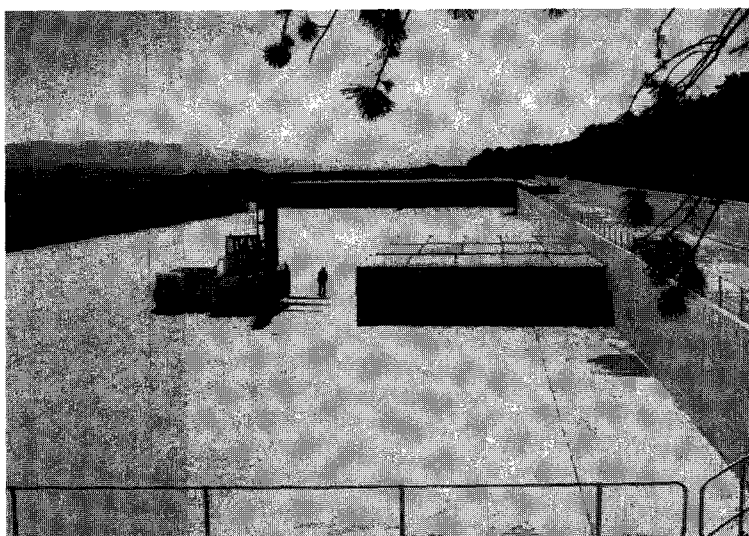
이를 통하여 불확실성의 구름이 걷히고 구체적 희망이 가시화될 때 이해 당사자는 물론 국민적 합의에도달할 수 있으며, 장기적으로 정권의 교체나 사회 가치의 변화에 흔들리지 않고 지속적으로 추진될 수 있을 것이다.

3. 현재 정부 방침의 평가와

사후 처리 사업 제도화의 필요성

현재의 정부의 정책은 부지 확보를 선행하고 결정된 부지에 대하여 연구 개발을 거쳐 처분 방법을 확정하는 순차적 접근법을 사용하여왔다.

이는 합리적이지만, 부지 건설에 중·저준위 폐기물 처분장은 7년, 그리고 사용후핵연료 중간 저장 시설은 9년이라는 매우 촉박한 시한



영국의 드림 방사성 폐기물 처분장. 방사성 폐기물은 핵융합에서도 많이 발생한다. 그럼에도 불구하고 환경 전문가들은 원자력이 신재생 에너지와 함께 기후 변화를 대처하는 데 가장 효과적인 대안으로 보고 있다. 따라서 원전 사후 처리 사업은 국가 에너지 안보라는 관점은 물론, 지구 환경 보호라는 도덕적 구도에서 공고한 접근 정책을 수립하여야 한다.

을 반복적으로 설정하였다.[황주호]

현재 정부의 방침도 2008년까지 중·저준위 폐기물 처분장의 건설이라는 방침을 변경하지 않아 이제 3년밖에 남지 않았다. 부지의 조사 및 데이터 수집에 오랜 시간이 소요되므로, 기한이 촉박할 경우 기술 확립에 충분한 시간을 투입하지 못하여 신뢰성을 잃고, 국민적 합의 절차가 부족하여 장기적으로 사업의 표류를 유발할 우려가 있다.

미국과 일본은 20년에 걸친 긴 일정을 세웠으며, 스위스의 경우에 지자체가 부지 추진 과정에 문제를 제기하여 일정이 지연되자 중·저준위 폐기물 저장고를 추가 건설하여 시간적 여유를 확보하는 방법을

택하였고, 그 후 절차에 따라 지자체의 요구를 수용하여 부지 조사를 재개하고 있다.

일정에 대한 이러한 탄력적인 접근이 기술적 기반의 강화와 정부 신뢰를 회복하는 필수적 요소로 보인다. 또한 IMF라는 국가적 불행에서 발생한 사후처리충당금의 내부 차용 갈등도 점진적으로 해소하여 원전 사후 처리 사업의 신뢰성을 회복하는 데 만전을 기하여야 할 것이다.

현 안

1. 방사성 폐기물 처분 로드맵의 수립

원자력은 높은 에너지 밀도와 긴



기간에 걸친 방사능을 수반하므로 안전성과 환경 친화성의 입증에 더 많은 노력이 필요하다.

방사성 폐기물은 핵융합에서도 많이 발생한다. 그럼에도 불구하고 환경 전문가들은 원자력이 신재생 에너지와 함께 기후 변화를 대처하는 데 가장 효과적인 대안으로 보고 있다.

따라서 원전 사후 처리 사업은 국가 에너지 안보라는 관점은 물론, 지구 환경 보호라는 도덕적 구도에서 공고한 접근 정책을 수립하여야 한다.

이러한 견지에서 모든 방사성 폐기물에 대한 명백한 정책의 수립이 시급하다. 이를 통하여 기술적 난시화에 종지부를 찍고 집중과 선택에 기반한 로드맵을 수립한 후에 비로소 충분한 정보의 공개, 명백한 규정의 수립, 합의적 절차의 확립과 이의 추진 방법에 대한 공개적 논의가 가능할 것이다.

시급성과 기술적 난이도를 고려하여 중·저준위 폐기물과 사용후 핵연료에 대한 로드맵은 병행하여 추진할 수 있다고 본다.

공개적 논의를 토대로 절차적 요건을 법제화 할 때, 원전 사후 처리 사업은 정치적 상황 변화에 흔들리지 않고 지속적인 추진을 보장할 수 있을 것이다.

러시아의 동해 폐기물 방류와 대만의 북한 송출 시도 사례에서 볼

때, 원자력의 안전성과 환경 친화성의 확립은 한 국가만의 노력으로 해결될 수 없다. 국내의 합리적 접근은 물론이고 국제적 규범의 확립과 공조 체제를 구축하는 데도 적극적인 노력이 필요하다.

2. 법제화 요건의 검토

방사성 폐기물 관리 사업의 법제화는 정부 책임하에 투명한 정책의 수립, 기술적 로드맵의 도출, 국민 의사 수렴을 위한 절차적 요건과 단계별 국회 보고 일정 등을 주요 요소로 한다.[최종원(2004)]

특히 환경 규제 기준, 추진 체계, 단계별 국내의 전문가 검증과 국회를 통한 합의 방법을 규정하고, 시한에 매이지 않는 탄력적 추진 체계를 명시할 필요가 있다.

결론

국가 원전 사후 처리 사업의 국내외 추진 경험 및 기술 기반을 살펴볼 때, 성공적인 방사성 폐기물 관리가 그 핵심이며 이는 필연적인 미래 사업이다.

지난 19년간의 방사성 폐기물 부지 확보 노력에서 일방적이며 보안을 중시한 추진 방식이 실패의 원인으로 보인다. 이러한 추진 방식은 국가 장기 정책의 부재로 인한 추진 논리의 혼선에서 유발되었다고 본다.

최근 사용후핵연료의 분리 관리를 정책화한 것은 논리적 및 기술적 투명성을 확보하여 성공의 시발점을 구축한 것으로 평가된다.

그러나 대형 국책 사업의 표류 문제를 예방하고 지속 가능한 사업의 추진을 위하여, 정부의 책임하에 로드맵의 개발 및 공개와 투명한 정책의 수립, 지역 주민과 국민 의사 수렴을 위한 절차적 요건과 단계별 국회 승인 일정 등을 주요 요소로 하는 법제화를 국민 합의로 추진하는 것이 마땅하다.

〈참고 문헌〉

오영민, “정책수용에 관한 경험적 연구,” 2003년 2월, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문

박혜련, “부안에서 우리는 무엇을 배울 것인가,” 한국환경보고서 2004, 녹색연합

황주호, “원전수거물관리정책변경에 대한 고찰,” 원자력계 간담회, 2004

최종원, “고준위 폐기물 처분에 대한 국가계획 수립방안 연구,” 2004, 한국원자력연구소

* 본고는 지난 2월 15일 정책·예산감시포럼과 탈핵과 대안적 전력 정책 국회의원 연구모임이 「국가 방사성 폐기물 관리, 어떻게 할 것인가」를 주제로 연 원자력계·시민사회계 공동 토론회의 기조 발제문입니다.