

---

# 안전한 사용후핵연료 관리를 위한 정책 연구

---

2018년 9월

산업통상자원부

최 경 신



# 목 차

---

국외훈련 개요

---

훈련기관 개요

---

요약서

---

**I 서론** 1

---

**II 사용후핵연료 관리방법** 3

---

1. 방사성 폐기물 분류 3

---

2. 사용후핵연료 특성 5

---

3. 사용후핵연료 관리방법 9

---

**III 주요국 사용후핵연료 관리현황** 23

---

1. 미국 25

---

2. 일본 28

---

3. 프랑스 37

---

4. 핀란드 41

---

5. 스위스 45

---

**IV 한국의 사용후핵연료 관리정책** 49

---

1. 초기정책 50

---

2. 공론화 57

---

3. 기본계획과 관련법률 64

---

---

4. 쟁점과 현안	73
<hr/>	
<b>V 사용후핵연료 관리정책 향후과제와 개선방향</b>	<b>88</b>
<hr/>	
1. 처분시설 확보 및 주변지역 지원방안 모색	89
<hr/>	
2. 처분기술 및 연구시설의 확보	95
<hr/>	
3. 사용후핵연료 관리사업 추진체계 확립	98
<hr/>	
4. 재정의 확보	100
<hr/>	
5. 관리단계별 규제기준 명확화	100
<hr/>	
<b>VI 결론</b>	<b>102</b>
<hr/>	
<b>VII 참고문헌</b>	<b>105</b>
<hr/>	

---

---

## 국외훈련 개요

---

훈련국	일본
훈련기관명	정책연구대학원 (National Graduate Institute for Policy Studies)
훈련분야	에너지정책
훈련기간	2017. 10. 2. ~ 2018. 10. 1.

---

## 훈련기관 개요

---

훈련국	일본
훈련기관명	정책연구대학원 (National Graduate Institute for Policy Studies)
기관소개	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ 도쿄 중심부에 위치한 국제적인 정책 연구 전문 연구소 및 대학원</li><li>▪ 공공 부문에서의 미래 지도자들에게 탁월한 학제 교육을 통해 혁신적인 솔루션 생성이 가능토록 하기 위해 현대 정책 문제에 대한 연구를 실시</li><li>▪ 석사 과정에서도 정책 연구 관련 다양한 과정을 제공하고 있으며, 박사 과정에서도 정책연구와 함께 문제를 분석하고 솔루션을 제안하는 능력 배양과 관련된 분야의 지식 및 테크닉 등 실용적인 전문 지식위주의 학위 프로그램을 운영</li></ul>
주소	7-22-1, Roppongi, Tykyo 1068677, Japan ( <a href="http://www.grips.ac.jp">www.grips.ac.jp</a> )

## 훈련결과보고서 요약서

성명	최경신	소속	산업통상자원부
훈련국	일본	훈련기간	2017.10.2. ~ 2018.10.1.
훈련기관	정책연구대학원 (National Graduate Institute for Policy Studies)		
훈련과제	안전한 사용후핵연료 관리를 위한 정책 연구		
보고서제목	안전한 사용후핵연료 관리를 위한 정책 연구 (총 107 매)		
내용요약	<p>한국은 1978년 원자력 발전을 시작한 이후 지금까지 우리나라 기저발전원으로 자리잡고 있다. 다른 에너지원에 비해 효율성이 높은 원자력에너지에 대한 의존도는 매우 높다. 원자력에너지가 우리나라 경제성장에 기여한 바를 무시할 수는 없을 것이다. 원자력발전 덕분에 1980년대 성장기 이후 값싼 전기를 공급할 수 있었다. 하지만 우리가 누린 혜택은 필연적으로 발생하는 방사성폐기물이라는 여전히 해결되지 않은 문제와 항상 함께 가지고 있었다. 그러나 우리는 지금까지 해결책을 만들어내지 못했다. 이제는 더 이상 미룰 수 없는 원자력에너지의 혜택을 받은 현 세대가 해결해야 하는 짐이 되었다.</p> <p>본 보고서에서는 사용후핵연료 관리에 대한 이해를 증진시키고 해외 사례 분석을 통해 우리나라가 선택해야 할 사용후핵연료 관리정책의 방향을</p>		

모색하고자 한다.

본 보고서의 본문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 다음 장에서 사용후핵연료 관리방법에 대한 일반적인 개념을 설명하고, 제3장에서 미국, 일본, 프랑스, 핀란드, 스위스 등 해외 주요국의 사용후핵연료 관리현황에 대해 살펴볼 것이다. 제4장에서는 우리나라 사용후핵연료 관리정책의 경과 및 현황을 살펴본다. 마지막 제5장에서는 사용후핵연료 관리정책의 향후과제와 개선방향에 대해서 논의할 계획이다.

방사성폐기물이란 방사성핵종이 규정치 농도 이상 함유되어 있거나 방사성핵종에 오염된 물질로서 재사용하지 않고 폐기시키는 것을 의미한다. 원자력발전소와 관련시설, 병원, 연구기관, 산업체 등에서 발생한다. 규정치 농도라는 것은 IAEA 등 국제기관의 권고 사항을 기준으로 하여 각국의 규제 당국이 규정하는 방사성핵종의 농도이다.

방사성폐기물은 중·저준위방사성폐기물과 고준위방사성폐기물로 구분할 수 있다. 고준위방사성폐기물의 기준을 반감기 20년 이상의 알파선을 방출하는 핵종으로 4,000 Bq/g의 농도와 2 kW/m<sup>3</sup>의 열방생률을 가진 방사성폐기물로 정하고 있다. 우리나라의 경우 고준위방사성폐기물은 사용후핵연료가 대부분이다. 원자력발전은 우라늄을 원료로 사용하는데, 핵연료를 4년 정도 연소시키면 더 이상 발전에 필요한 충분한 열을 발생시키지 못하기 때문에 지속적인 발전을 위해 새 연료로 교체하고 사용된 핵연료는 원자로에서 꺼내야 한다. 이 때 인출된 핵연료를 사용후핵연료라고 한다.

사용후핵연료는 사용전핵연료와 외관상 차이는 없으나 물질구성이 다르고 강한 방사선과 높은 열을 방출한다. 따라서 안전을 위해 특별하게 관리되어야 한다. 우리나라에서 사용되는 핵연료는 원자로 종류에 따라 경수로와

중수로 형태로 나뉘어 진다. 2015년까지 경수로형 원전은 6,735톤이, 중수로형 원전은 7,733톤이 발생했다. 사용후핵연료는 원전내에 있는 저장시설에 보관하고 있다.

방사성폐기물관리는 방사성폐기물이 함유하고 있는 높은 방사능으로 인한 위험에서 인간의 피해를 막고 환경오염을 방지하기 위해 방사성폐기물을 각 국가의 적절한 방법을 통해 격리, 처리 및 처분하는 것을 말한다. 방사성폐기물 가운데 고준위방사성폐기물에 해당하는 사용후핵연료의 관리 방법은 크게 영구처분과 재처리 두 가지로 나눌 수 있다.

영구처분 방식은 원자로에서 나오 사용후핵연료를 추가적인 처리나 재사용 없이 지하 500~1,000m의 암반이나 점토층에 영구적으로 격리하는 것이다. 두 번째 재처리 방식은 사용후핵연료의 처분을 용이하게 하고 사용후핵연료에 포함된 자원을 재활용하기 위해 사용후핵연료를 처리하여 유효 자원은 분리하여 재활용하고, 나머지 폐기물은 심지층에 영구 처분하는 방식이다. 본 보고서에서는 처분 또는 재처리 과정에서 필요한 임시저장과 운반도 관리 방법에 포함한다.

사용후핵연료 임시저장은 원자력발전사업자가 원자로의 관계시설인 발전소 내에 습식 또는 건식 저장시설에서 사용후핵연료를 저장하여 관리하는 것을 말한다. 임시저장 방식은 크게 습식과 건식 저장 방식으로 나눌 수 있다. 중간저장은 임시저장과 동일하게 습식저장과 건식저장으로 구분된다. 중간저장은 임시저장과 동일하게 습식저장과 건식저장으로 구분된다. 각각의 장점과 단점이 있지만 최근에는 세계적으로 건식 저장시설을 위주로 하는 추세이다. 습식저장은 각국에서 많은 운영 경험을 확보하고 있고 저장효율이 뛰어나지만 지속적인 관리가 필요하다. 반면 건식저장은 용량확장과 장기관리 측면에서 유리하기 때문에 독일, 일본, 미국, 영국 등 현재 많은 국가에서 운영 중이다. 중간 저장은 이미 50 여 년의 운영 경험을 통해 그 안전성



이 충분히 입증되었으며, 다양한 방식이 상용화되어 있다.

저장용량이 부족한 발전소는 사용후핵연료를 주변의 발전소로 운반하여 보관할 수 있다. 사용후핵연료의 운반은 해상운반과 육상운반이 있다. 육상운반은 100톤 이상의 운반용기 무게를 견딜 수 있는 전용도로가 필요하므로 원전과 관리시설의 위치를 고려하여 전용선박을 이용한 해상운반을 하는 것이 보편적이다.

사용후핵연료의 직접처분이란 사용후핵연료를 인간의 관리없이 영구적으로 인간 생활권에서 격리시키는 것을 말한다. 직접처분은 인간과 환경이 사용후핵연료로부터 방출되는 높은 열과 방사선에 의해 악영향을 받지 않도록 하기 위해 필요하다. 직접처분은 핵확산과 관련한 국제적 논란의 여지가 거의 없다는 측면에서 추진하기가 가장 용이한 방안이라 할 수 있다. 하지만 초장기적인 안전성 확보가 필요하고, 넓고 지질학적으로 적합한 부지를 확보해야 한다. 사용후핵연료는 반감기가 긴 물질(TRU)이 있기 때문에 그대로 처분하면 방사능 오염이 오랫동안 지속되어 일반적으로 수십만 년 동안 안전하다는 것을 입증해야 한다.

원자력발전소의 우라늄 연료는 그 중 일부만이 연료로 사용되고 나머지는 재처리를 하면 재사용 가능한 핵연료를 추출할 수 있다. 사용후핵연료에는 다시 핵연료로 사용가능한 우라늄235 및 플루토늄이 존재하고 있으므로 이를 추출하여 다시 사용하도록 하는 것이 재처리이다. 하지만 재처리 과정에서 플루토늄을 추출하여 핵무기의 원료로 사용할 수 있기 때문에 재처리를 둘러싼 국제적 논란이 자주 발생하고 있다.

사용후핵연료는 원전 외부에 있는 특정 시설에서 중간저장하고 있다가 바로 처분하거나 재처리를 한 후에 최종처분을 하게 된다. 원전 부지 내에 있는 습식과 건식 임시 저장시설에서 안전하게 보관하면서 열과 방사능이 감

---

소시킨 후에 원전 부지 밖에 설치된 중간저장 시설로 운반하여 관리하는 것이 세계적인 추세이다.

미국은 1974년 인도 핵실험 이전까지 민간의 상업재처리를 권장하는 입장을 견지하고 있었으나 1977년 카터 행정부가 들어서면서 직접처분방식으로 전환되었다. 1980년에 사용후핵연료를 포함한 고준위폐기물의 심지층 처분방침을 확정하고 1982년 「방사성폐기물정책법」(Nuclear Waste Policy Act, NWPA)을 제정하였다. 「방사성폐기물정책법」을 제정 후 처분장 후보지로 네바다주 유카산(Yucca Mountain)이 결정되어 특성조사를 수행하였으며 2002년 처분장 부지로 최종 승인되었다. 그러나 네바다주 정부 및 원주민들의 반대로 지역갈등이 시작되었다. 에너지부는 20년 동안 부지 지질특성 조사 및 안전성 테스트 등을 위해 140억 달러 넘는 금액을 투자해왔다. 그러나 유카산 원주민들의 의견이 충분히 반영되지 못하는 한계를 가지고 있었다. 2017년 미국 하원 에너지통상 소위원회는 2017 방사성폐기물정책수정법안을 통과시켰다. 이 법안은 미국 사용후핵연료 및 고준위폐기물에 대한 정부의 의무가 준수될 수 있도록 방사성폐기물관리정책을 바꾸는데 있다. 그리고 유카산에 고준위처분장 건설을 추진하는 것도 유지하고 있다.

일본은 총 55기의 원자로가 있으며 사용후핵연료의 연간발생량은 1998년 900톤, 2010년 약 1,400톤의 폐기물이 발생되었다. 1956년 ‘원자력의 개발이용에 관한 장기기본계획’을 수립하고 플루토늄의 활용, 고속로의 개발, 재처리를 일관되게 추진해 왔다. 사용후핵연료를 미래의 에너지원으로 판단하여 직접처분하는 것을 법으로 금지하고 있으며 재처리에서 발생하는 고준위폐기물 유리고체화만을 처분 대상으로 하고 있다. 사용후핵연료 재처리는 국내 재처리와 국외 재처리로 구분되며, 현재까지 약 7천톤의 사용후핵연료를 프랑스와 영국에 위탁하여 재처리를 수행하고 있다. 한편 일본은 처분장 선정을 위한 지자체 선정작업이 2002년 시작된 바 있으나 지역의 반대

---

로 별로 진전되지 못했었다. 2015년 일본 정부는 지자체의 자율적인 신청을 기다리기 보다는 과학적 조사에 기초해서 적합한 후보지역을 추리기로 결정하기로 했다.

프랑스는 총 58기의 원전을 운영 중이며 전력수요의 75%를 원자력으로 충당하는 원자력 대국으로서 세계 원자력 산업을 선도하고 있다. 제1차 석유파동 이후 원자력발전 기술개발을 국가정책으로 추진하고 원자로형을 가압형경수로(PWR)로 일원화·표준화하여 원자력 발전의 경제성을 확보하였다. 연간 발생하는 사용후핵연료는 1,150톤 규모이며 이중 850톤을 습식 재처리(PUREX공정)하여 활용하는 재순환 정책을 채택하고 있으며, 2006년까지 40,000톤을 재처리하였다. 연간 800톤 규모의 PUREX 방식의 재처리 시설 2개소를 운영하고 있고 재처리과정에서 발생하는 고준위폐기물은 유리 고체화 공정으로 처리하고 있으며 연간 약 100톤의 MOX(Mixed OXide) 사용후핵연료는 그대로 저장하고 있다. 고준위폐기물의 지층처분방식을 합리적 해결책으로 간주하고 1980년대 후반 4개의 후보지를 선정하였으나 주민반대로 중단된 상태이다. 고준위폐기물처리와 관련하여 1991년 「방사성 폐기물처분연구에 관한 방사성폐기물관리법」을 제정하였다. 현재 지하연구 시설 부지로 1998년에 선정된 부어(Bure)지역을 대상으로 처분시설을 계획 중에 있다.

핀란드는 4기의 원전을 운영하고 있고 1기가 건설중이다. 원자력이 전체 전력량의 33%를 차지한다. 원자력 이용에 있어 원자력법, 방사선법, 원자력책임법 등 3개의 법률에 따라 규제되고 있다. 이 중 사용후핵연료의 최종 처분과 관련된 것은 원자력법이다. 원자력법에서는 사용후핵연료의 최종처분장이나 원자력발전소와 같은 중요한 시설의 건설의 경우 초기단계에서 정부에 계획 신청이 의무화되어 있다. 국가는 그 계획에 대해 원칙결정을 하게 된다. 원칙결정 승인 이후 건설허가 및 운영허가를 거쳐 운전을 시작하는 절

차를 가지고 있다. 핀란드는 사용후핵연료를 폐기물로 간주하고 있다. 따라서 재처리하지 않고 고준위폐기물로 직접처분하는 정책을 선택했다. 세계에서 유일하게 최종처분장을 건설하고 있고 6500톤까지 처분이 가능하다. 관리기금은 원전운전 회사가 3년마다 액수를 제안하면 정부가 금액을 최종적으로 결정하는 방식을 취한다.

스위스는 원칙적으로 모든 방사성폐기물을 국내의 지층에 처분한다는 방침을 가지고 있다. 처분은 전력회사와 정부에 의해 설립된 방사성폐기물관리공동조합(NAGRA: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle)이 수행하고 있다. 중저준위 방사성폐기물처분장 1개소와 고준위폐기물처분장 1개소 등 총 2개소의 처분장 부지선정을 위한 1단계 작업은 2011년 11월에 시작되었으며 6곳의 부지가 제안되었다. 스위스 내 방사성폐기물은 심지층 영구처분장에 처분될 때까지 중간저장시설에 보관되고 있다.

우리나라의 사용후핵연료 관리에 관한 정책은 명확하게 결정되지 않고 관망정책을 지금까지 견지해왔다. 우리나라도 사용후핵연료의 여러 관리대안들 중 공론화를 통해 최종관리 방안을 결정하게 될 것이다.

1978년도 고리 1호기가 상업운전을 시작한 이래로 원전에서 발생하는 방사성폐기물을 처리하기 위한 장소를 확보하기 위한 정부의 다각적인 노력이 진행되어 왔지만, 2017년 현재까지 중·저준위방사성폐기물 처분 시설만을 확보하고 사용후핵연료 관리시설은 확보하지 못한 상태이다.

사용후핵연료는 원전 부지 내에 임시저장 중이며 시간이 흐를수록 포화상태에 가까워지고 있으나 관리대책은 미비한 상황이었다. 사용후핵연료 관리 문제는 지속적인 원자력발전을 위해서뿐만 아니라 이미 발생한 사용후

핵연료의 안전관리 측면에서도 매우 중요한 문제이다. 특히 특히 기술적 측면은 물론 사회경제적 측면에서 종합적으로 다루어야 하는 대표적인 사회적 갈등 과제이다. 2007년 고준위방사성폐기물 처리를 위한 공론화가 필요하다는 문제제기에 따라 정부는 국가에너지위원회 산하에 사용후핵연료 공론화 TF를 구성하고 2009년 12월에는 방사성폐기물관리법 제6조의2 신설을 통해 공론화 추진 법적 근거를 마련하였다. 정부는 2011년 11월부터 2012년 8월까지 공론화의 기본 틀을 만드는 차원에서 사용후핵연료 정책포럼을 운영하고, 2013년 10월 사용후핵연료 공론화위원회를 본격적으로 출범하였다. 사용후핵연료 공론화위원회는 2015년 6월 30일까지 약 20개월 간의 공론화 논의를 통해 사용후핵연료 관리방안 마련을 위한 정책적 권고를 산업통상자원부에 전달하였다. 권고안에 따라 정부는 2016년 7월 고준위방사성폐기물 관리 기본계획을 수립하고 고준위방사성폐기물 관리시설 부지선정절차 및 유치지역지원에 관한 법률안을 국회에 제출하였다.

사용후핵연료 공론화는 출범 당시부터 운영이 순탄치 않았다. 또한 환경단체 및 원전소재지역 주민들은 공론화위원회 운영과 권고안에 대해 의견 수렴이 부족하다는 문제를 지속적으로 제기해왔다. 특히 원전부지 내 사용후핵연료 임시저장 시설의 추가 건설과 관련하여 지역 내 갈등이 여전히 존재하고 있어 사회적 합의가 부족하였다는 평가도 있다. 정부의 고준위방사성폐기물 관리 기본계획과 관련 법률안도 부지 선정이 정부주도적이라는 비판이 있었다. 이러한 상황을 감안하여 정부는 사용후핵연료 공론화 재검토를 결정하고 2018년 5월 고준위방사성폐기물 관리정책 재검토 준비단을 출범하였다. 준비단은 기본계획 재검토 과정을 “누구와, 무엇을, 어떻게 논의할 것”인지 큰 틀에서 설계하는 역할을 맡게 된다.

산업통상자원부는 공론화위원회 권고안에 따라 2016년 7월 사용후핵연료 관리 기본계획을 수립했다. 동 계획은 고준위방사성폐기물의 안전한 관리를

위한 세부절차를 제시한 권고안을 기반으로 정부가 수립한 중장기 사용후핵연료 관리 로드맵이다.

권고안에서는 동일부지에 3단계로 구성된 고준위방폐물 관리시설의 건설일정을 제시했고, 일정대로 이행이 불가피할 경우 각 원전내 단기 건식 저장시설 설치를 제안하였다. 권고안의 일정에 따르면 2020년까지 지하연구시설 부지확보 및 중간저장시설 건설, 2030년 지하연구시설 가동, 2051년 영구처분장 운영으로 정하고 있다. 그러나 2018년 현 시점에서 권고안 대로의 일정은 맞추기 어려울 것으로 보인다.

방사성폐기물 관리와 관련한 현행법률로는 기본법인 「방사성폐기물 관리법」과 방사성폐기물관리시설 등의 건설 및 운영허가와 관련한 「원자력 안전법」이 있다 「방사성폐기물 관리법」은 중저준위폐기물뿐만 아니라 고준위방사성폐기물을 통합하여 규정한 법으로 방사성폐기물의 전반적인 관리사항을 포함하고 있다. 「원자력안전법」은 원자력의 연구, 개발, 생산, 이용 등에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정한 법으로 방사선에 의한 재해 방지와 공공안전을 도모할 것을 목적으로 한다. 이 법은 방사성폐기물 처분시설의 설치와 관련한 안전규제를 규율하고 있다.

사용후핵연료 발생은 원자력발전소의 운영 및 계속운전의 여부 등에 의해서 영향을 받는다. 그럼에도 고준위방사성폐기물 관리 기본계획은 제7차 전력수급기본계획이 그대로 진행된다는 가정하에 수립되었다. 단 하나의 상황만을 가정한 계획은 추후 관리시설 건설과 입지 선정과정에서 불확실성과 갈등을 유발할 수 있다. 그 결과 실증단계에서 정부 및 사업자들의 대응을 어렵게 만들고 사업의 원활한 진행을 방해할 수 있다.

입법조사처 보고서(2017)에 따르면 사용후핵연료 처분과 관련하여 영구처분 시설 건설 시기의 문제를 두고 입장 차이가 존재한다고 지적하고 있

다. 사용후핵연료를 저장하고 있는 습식 저장시설이 포화되면 원자력발전소가 정지된다. 이는 국가의 전력수급 등에 영향을 미치므로 사용후핵연료 처분을 우선 결정해야 한다는 입장이 있는 반면, 원전이 정지되더라도 전력수급에 영향이 없다면 합리적 의사결정 과정을 거쳐서 처분시설의 건설을 결정하여야 한다는 주장이 상존하고 있다.

고준위방사성폐기물 관리 기본계획에서는 소요재원은 방사성폐기물 관리법 제15조에 따라 원자력발전 사업자에게 ‘사용후핵연료 관리부담금’을 부과, 징수하여 확보하는 계획을 가지고 있다. 산업통상자원부에 따르면 중간저장시설, 영구처분시설 부지 조사 및 확보, 건설, 운영비 등 고준위방사성 폐기물 관리사업에 필요한 예산은 약 53조원에 달할 것으로 전망하고 있다. 그러나 2017년 말 현재 방사성폐기물 관리기금 사용후핵연료 계정에 5조 3,133억원을 적립하고 있어 53조원이라는 막대한 예산을 충족시키기에는 턱없이 부족하다.

에너지원 확보 및 고준위방사성폐기물을 줄이기 위한 차원으로 재처리 기술이 논의되고 있다. 또한 신한미원자력협정에 따라 사용후핵연료 재처리가 일부 허용이 되었다. 파이로 프로세싱 공정이 가능해진 것이다. 그럼에도 재처리 기술에 대해 회의적인 시각이 많이 존재한다. 재처리를 반대하는 측에서는 방사능 누출, 경제성 문제로 실현가능성에 의문을 제기하고 있다. 사용후핵연료를 영구처분하는 이유는 고방사능의 세슘과 스트론튬 때문이다. 하지만 재처리 과정에서 이러한 물질들이 유출될 수 있다.

지금까지 고준위방사성폐기물을 처리하기 위한 논의가 없었기 때문에 대부분의 규정이 중저준위방사성폐기물에 맞춰져 있다. 즉, 사용후핵연료 관리에 대한 법체계가 미흡한 실정이다. 관련법은 「원자력안전법」과 「방사성폐기물관리법」이 있다. 「방사성폐기물관리법」은 방사성폐기물 관리 전반에 관한 사항을 다루고 있으며, 관리책임 주체, 사용후핵연료의 공론화, 사용후

---

핵연료의 관리부담금 내용을 명시하고 있다. 국가와 지자체, 사업자, 발생자의 협력의무를 규정하고 있으며 안전한 관리를 도모하고 있다. 또한 사용후 핵연료 공론화와 관리를 위한 기금 조성을 통해 원활한 사업추진을 도모하고 있다.

우리나라는 재처리 또는 영구처분 중 어느 한 노선을 선택하지 않은 채 관망하는 입장을 취하고 있다. 신한미원자력협정에 따라 일부 재처리를 도입할 수 있으나 기술적인 부분에서 쉽지 않을 것으로 전망되고 있다. 또한 재처리를 하던 영구처분을 하던 최종처분장 건설은 불가피하다. 따라서 최종 처분장 건설을 위한 준비가 시급하다. 사용후핵연료는 지금 이 순간에도 계속 발생하고 있으며 머지 않은 미래에 포화될 것이다. 한 시 빨리 실행에 옮겨야 할 것이다.

우리는 중·저준위방사성폐기물 관리시설의 부지확보 경험으로부터 사용후핵연료 처분시설 부지확보를 위해 필요한 것들을 얻을 수 있다. 정책은 원활한 추진을 위해 법적 절차적 정당성을 확보해야 한다. 즉 국민들과 합의된 기준을 만들고 결정은 충분한 의견 수렴후에 진행하여야 한다.

영구처분장이 건설되더라도 완공은 매우 장기간의 시간이 소요될 것이다. 그 사이에 발생하는 사용후핵연료를 처리할 수 있는 별도의 중간저장 시설은 필수불가결한 요소이다. 또한 영구처분장이 건설되는 과정에서도 기술개발로 사용후핵연료를 처리할 수 있는 방법이 실현될 수 있기 때문에 다양한 상황에 대한 시나리오를 미리 마련할 필요가 있다.

사용후핵연료 처분시설은 대부분의 일반 국민들에게 혐오시설로 인식되어 있다. 그러므로 이러한 시설을 수용하는 것에 대한 지원대책이 반드시 마련되어야 한다. 특히 우리나라에서는 중·저준위방사성폐기물 관리시설이

---



입지한 경주시에 현금지원 3,000억 원, 지역지원에 관한 특별법의 제정, 부지확보 추진 시 사업자의 본사 이전, 양성자기반공학기술개발사업 시행 등 지역지원 사례가 있다. 따라서 고준위방사성폐기물 처분시설을 위한 부지를 확보할 때도 위와 유사한 지원 방안을 구체적으로 마련하여야 한다. 지원사업의 세부계획은 중·저준위방사성폐기물 관리시설 입지지역에서 이미 실시된 지원방안 중에서 장점과 단점을 면밀히 분석하여 지원의 효과가 극대화되는 방향으로 보완책을 세워야 할 것이다.

사용후핵연료 관리의 가장 중요한 부분은 기술개발이라 해도 과언이 아니다. 기술개발 여부에 따라 관리시설의 용량, 부지의 규모, 부지확보의 용이성, 주민의 수용성 등이 결정되기 때문이다. 이를 위해 국내의 민간 연구개발 투자는 물론 국제협력을 통한 연구협력 등 모든 역량을 가동해야 한다.

지하연구시설(URL)은 심부지층 상황에서 부지특성 조사 및 분석기술 개발, 처분 시스템의 안전성을 현장에서 시험 등을 종합적으로 수행하는 실험실이다. 지하연구시설은 지역의 수용성을 높이는데 기여할 수 있다. 우리나라와 같이 인구밀도가 높은 국가에서 고준위방사성폐기물 처분장과 같은 시설을 설치하기 위한 부지를 확보하기 위해서는 지역주민의 수용성이 매우 중요하다. URL에서 조사하고 실험하는 모든 자료들을 공개하고 국민들의 이해할 수 있게 하는 것은 상호간의 신뢰성을 높일 수 있고, 주민들의 수용성을 확장할 수 있는 방법이다.

우리나라는 사용후핵연료 관리를 국가 책임하에 수행하려고 계획하고 있다. 국가관리 체제는 사용후핵연료 관리가 장기간이 소요된다는 점에서 국가가 책임을 지고 수행하는 것이 바람직하다는 점을 고려한 것이다. 중간저장을 시행하더라도 부지확보, 인허가, 운영 등을 합하면 40년 이상 걸린다. 영구처분의 경우 그 이상이 소요된다. 이러한 장기간이 소요되는 사업의 소요비용 및 인력을 예측하고 적기에 공급하는 것은 쉽지 않은 일이다. 따라서

---

국가 주도로 추진되는 것이 최선일 것이다. 하지만 일정 부분에 민간이 참여하는 것도 하나의 대안이 될 수 있다.

원자력 발전을 통해서 얻고 있는 편익은 현세대가 누리고 있다. 따라서 사용후핵연료 관리에 소요되는 비용도 현세대가 부담하는 것이 바람직하다. 관리 비용은 전력수요, 정부정책, 기술개발 성공여부 등에 따라 달라질 것이다. 미래 세대에 부담을 주지 않기 위해서 상황변화에 따른 정확한 비용을 산출해야 할 것이다.

기준이 명확하지 않은 상황에서 기술개발은 그 가치를 인정받을 수 없게 될 것이다. 따라서 사용후핵연료 관리를 위해 선행되어야 할 것이 관리 단계별로 규제 기준을 마련하는 것이다. 연구개발자와 규제기관이 초기단계에서부터 서로 협력하여 연구를 진행해야 할 것이다. 이를 통해 기술개발과 규제기준을 함께 개발할 수 있고 시간과 비용을 절약하는 최선의 방법일 것이다.

사용후핵연료 처리 문제는 재공론화에 접어 들었다. 사용후핵연료의 중간저장, 영구처분 시설의 부지, 건설일정, 규모 등을 재검토하는 준비단이 출범하였고 조만간 준비단의 결과가 발표될 것이다. 사용후핵연료 문제를 해결하기 위한 방법으로 공론화를 진행하고 있지만 사안이 매우 민감하기 때문에 의견을 모으기는 쉽지 않을 것이다. 재검토 이후 부지확보 과정에서도 그 절차가 투명하게 진행되어야 하고 전체를 관리할 수 있는 독립적 기구가 있어야 한다. 장기로드맵이 나오면 이를 법제화하여야 신뢰가 생긴다.

---

## I. 서론

한국은 1978년 원자력발전을 시작한 이후 지금까지 우리나라 기저발전원으로 자리잡고 있다. 다른 에너지원에 비해 효율성이 높은 원자력에너지에 대한 의존도는 매우 높다. 원자력에너지가 우리나라 경제성장에 기여한 바를 무시할 수는 없을 것이다. 원자력발전 덕분에 1980년대 성장기 이후 값싼 전기를 공급할 수 있었다. 하지만 우리가 누린 혜택은 필연적으로 발생하는 방사성폐기물이라는 여전히 해결되지 않은 문제와 항상 함께 가지고 있었다. 그러나 우리는 지금까지 해결책을 만들어내지 못했다. 이제는 더 이상 미룰 수 없는 원자력에너지의 혜택을 받은 현 세대가 해결해야 하는 짐이 되었다.

고준위방사성폐기물은 높은 방사능 농도와 열을 가지고 있어 매우 위험한 물질이므로 반드시 안전하게 관리되어야 한다. 방사성폐기물에는 중저준위방사성폐기물과 고준위방사성폐기물이 있다. 중저준위방사성폐기물은 원자력발전소에서 나오는 작업복이나 장갑 등이 이에 해당한다. 고준위방사성폐기물은 원자력발전을 끝내고 나온 사용후핵연료 등이다. 중저준위폐기물에 비해 위험성이 매우 높다.

사용후핵연료 관리방법은 크게 세 가지로 분류된다. 먼저 영구처분이다. 높은 열과 방사능 농도를 가진 고준위방사성폐기물을 사람의 생활권과 영구히 격리시키는 방법이다. 핀란드, 스웨덴, 미국 등이 이 방식을 채택하고 있다. 이들 국가는 모두 심지층 처분방식을 추진하고 있다. 사용후핵연료 처분용기를 지하 300~1,000m 깊이의 심지층에 매립하여 보관하는 방식이다. 국제원자력기구(IAEA)에서도 이 방식을 권고하고 있다.

둘째, 재처리 방식이다. 영국, 프랑스, 일본 등이 이 방식을 채택하고 있다. 사용

후핵연료에는 사용되지 않고 남아있는 연료가 95%나 된다. 사용후핵연료에서 화학적 방법을 통해 남아있는 우라늄을 회수하여 연료로 재활용하는 방법이다. 이 방법을 통해 폐기물의 양도 20%로 감소시킬 수 있다. 하지만 이 방법 역시 남은 사용후핵연료의 영구처분이 필요하다.

마지막으로 중간저장 방식이다. 스위스, 체코, 헝가리 등이 채택하고 있는 데 일단 중간저장 시설만을 운영하며 다음 단계의 사용후핵연료 관리 정책을 고민하고 있는 것이다. 사용후핵연료를 임시저장소에서 중간저장 시설로 옮겨 40~50년 간 보관한다.

우리나라는 현재 관망정책을 취하고 있다. 어느 쪽으로도 로드맵을 결정하지 못한 것이다. 다만 늘어나는 사용후핵연료를 감당하기 위해 원자력발전소 내에 임시 저장하는 시설을 두고 있을 뿐이다.

본 보고서에서는 사용후핵연료 관리에 대한 이해를 증진시키고 해외 사례 분석을 통해 우리나라가 선택해야할 사용후핵연료 관리정책의 방향을 모색하고자 한다.

본 보고서의 본문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 다음 장에서 사용후핵연료 관리방법에 대한 일반적인 개념을 설명하고, 제3장에서 미국, 일본, 프랑스, 핀란드, 스위스 등 해외 주요국의 사용후핵연료 관리현황에 대해 살펴볼 것이다. 제4장에서는 우리나라 사용후핵연료 관리정책의 경과 및 현황을 살펴본다. 마지막 제5장에서는 사용후핵연료 관리정책의 향후과제와 개선방향에 대해서 논의할 계획이다.

## II. 사용후핵연료 관리방법

### 1. 방사성 폐기물 분류

방사성폐기물이란 방사성핵종이 규정치 농도 이상 함유되어 있거나 방사성핵종에 오염된 물질로서 재사용하지 않고 폐기시키는 것을 의미한다. 원자력발전소와 관련시설, 병원, 연구기관, 산업체 등에서 발생한다. 규정치 농도라는 것은 IAEA 등 국제기관의 권고 사항을 기준으로 하여 각국의 규제 당국이 규정하는 방사성핵종의 농도이다.

우리나라 원자력안전법 제2조제18호에 따르면 방사성폐기물은 방사성물질 또는 그에 따라 오염된 물질(이하 "방사성물질등"이라 한다)로서 폐기의 대상이 되는 물질(제35조제4항에 따라 폐기하기로 결정한 사용후핵연료를 포함한다)을 말한다.

방사성폐기물은 중·저준위방사성폐기물과 고준위방사성폐기물로 구분할 수 있다. 원자력안전법 시행령 제2조에 따르면 고준위방사성폐기물은 방사성폐기물 중 그 방사능 농도 및 열발생률이 「원자력안전위원회의 설치 및 운영에 관한 법률」 제3조에 따른 원자력안전위원회(이하 "위원회"라 한다)가 정하는 값 이상인 방사성폐기물을 말하고, 중·저준위방사성폐기물은 고준위방사성폐기물 외의 방사성폐기물을 말한다. 이 경우 중·저준위방사성폐기물은 위원회가 방사능 농도를 고려하여 정하는 바에 따라 구분한다고 정의되어 있다. 원자력안전위원회 고시방사선방호 등에 관한 기준(제2017-36호)에 따르면 고준위방사성폐기물의 기준을 반감기 20년 이상의 알파선을 방출하는 핵종으로 4,000 Bq/g의 농도와 2 kW/m<sup>3</sup>의 열발생률을 가진 방사성폐기물로 정하고 있다. 방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정(원자력안전위원회 고시 제2017-65호)에서 중·저준위 방사성폐기물을 농도에 따라 중준

위방사성폐기물, 저준위방사성폐기물, 극저준위방사성폐기물로 구분한다.

중·저준위방사성폐기물은 원자력발전소 내의 방사선관리구역에서 사용된 작업복, 장갑, 부품뿐만 아니라 방사성동위원소를 사용하는 연구기관이나 병원에서 사용하는 주사기, 시약병 등도 포함된다.



중저준위방사성폐기물의 사례 (출처: www.korad.or.kr)

우리나라의 경우 고준위방사성폐기물은 사용후핵연료가 대부분이다. 원자력발전은 우라늄을 원료로 사용하는데, 핵연료를 4년 정도 연소시키면 더 이상 발전에 필요한 충분한 열을 발생시키지 못하기 때문에 지속적인 발전을 위해 새 연료로 교체하고 사용된 핵연료는 원자로에서 꺼내야 한다. 이 때 인출된 핵연료를 사용후핵연료라고 한다. 사용후핵연료는 우라늄을 연소했다고 해서 바로 방사성 폐기물이 되는 것이 아니고 원자력안전법 제2조제18호 및 동법 제35조 제4항에 따라 과학기술정보통신

부장관과 산업통상자원부장관이 위원회 및 관계 부처의 장과 협의하여 원자력 진흥법 제3조에 따른 원자력진흥위원회의 심의·의결을 거쳐 결정된다.

### 〈 중저준위방사성폐기물과 고준위방사성폐기물 비교 〉

구분	중저준위방사성폐기물	고준위방사성폐기물
방사능	알파선 방출 핵종 농도가 4,000Bq/g 미만이거나	알파선 방출 핵종 농도가 4,000Bq/g 이상이고
열발생량	2kW/m <sup>3</sup> 미만	2kW/m <sup>3</sup> 이상
발생원	원자력발전소 방사성동위원소 이용 산업체, 연구소, 병원 등	원자력발전소, 연구용원자로 사용후핵연료 재처리시설
처분방식	천층 또는 동굴처분	자연 및 인공방벽을 활용한 심층처분
종류	작업복, 장갑, 폐필터 등	사용후핵연료, 사용후핵연료 처리후 폐기물 등

## 2. 사용후핵연료 특성

사용후핵연료는 사용전핵연료와 외관상 차이는 없으나 물질구성이 다르고 강한 방사선과 높은 열을 방출한다. 따라서 안전을 위해 특별하게 관리되어야 한다. 우리나라에서 사용되는 핵연료는 원자로 종류에 따라 경수로와 중수로 형태로 나뉘어진다. 원자력발전에는 우라늄235가 사용된다. 천연우라늄에는 우라늄235가 0.7% 포

함되어 있고, 나머지는 우라늄238이다. 우라늄235는 핵분열을 하므로 연료가 되지만 우라늄238은 핵분열을 하지 않는다. 중수로형 원전은 천연우라늄을 연료로 하지만 경수로형 원전은 우라늄235를 3~5% 정도로 농축하여 사용한다. 원자로에서 우라늄 235는 중성자와 충돌하여 핵분열하면서 열에너지와 중성자를 방출하는 반면에, 천연우라늄의 대부분을 차지하는 우라늄238은 느린중성자와 충돌해서는 핵분열을 일으키지 않는다. 대신 중성자를 흡수하여 플루토늄으로 핵변환이 일어난다. 여기에서 생성된 플루토늄은 우라늄235와 거의 유사한 핵분열 특성을 갖고 있기 때문에 핵변환을 통해 천연 우라늄 자원 모두를 에너지원으로 활용할 수 있게 된다. 100만 kW 급 한국 표준형 원전은 연간 20 톤 정도의 우라늄을 연료로 사용한다. 이를 통해 약 80 억 kWh의 전력을 생산할 수 있다.

원자로에 들어있는 핵연료는 통상 4년 반 정도 연소 후에 사용후핵연료로 배출된다. 발전과정에서는 약 5% 정도의 우라늄만이 연소된다. 경수로 사용후핵연료의 구성은 우라늄의 연소에서 발생한 핵분열 생성물이 약 5%, 우라늄의 핵변환에 의해 인공적으로 원자로에서 생성된 그리고 우라늄보다 원자번호가 큰 초우라늄 원소 (TRU: Transuranic)가 약 1%, 그리고 연소되지 않고 남은 우라늄이 94%를 차지한다.

사용후핵연료는 원자로에서 연료로는 수명을 다한 것이다. 그러나 5%의 핵분열 생성물 및 원자로에서 새로 만들어진 1%의 TRU 때문에 높은 방사능과 붕괴열을 가지고 있어 특별히 관리해야 한다.

사용후핵연료의 방사능 세기는 꺼낸 직후에는 톤당 약 2억 큐리(Ci)이지만 1년 후에는 약 300만 큐리로 떨어지고, 100년 후에는 약 6만 큐리 정도로 감소한다. 붕괴열은 배출 직후에는 톤당 2,000kW를 넘지만, 1년 후에는 13kW 정도로, 100년 후에는 0.5kW 정도로 감소한다. 핵분열생성물 중에는 발생량은 적지만 반감기가 긴 요오드가 있으며, 반감기는 30년 정도로 짧지만 높은 방사선과 붕괴열을 방출하는 세슘,



스트론튬이 포함되어 있어 특별한 관리가 필요하다.

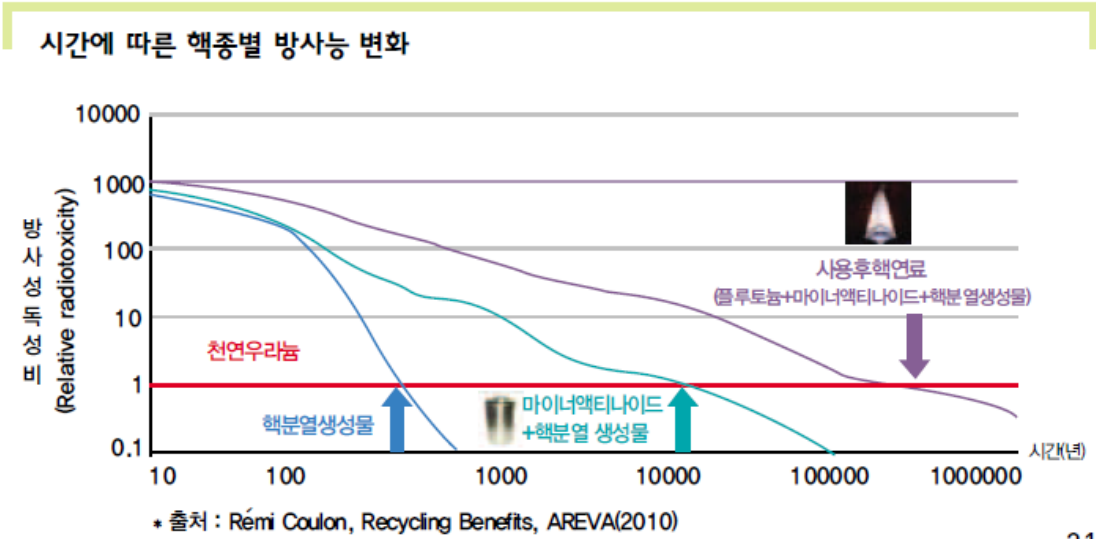
사용후핵연료는 높은 방사능 농도와 붕괴열 때문에 고준위방사성폐기물로 분류되지만, 핵연료로 재활용이 가능한 원소들이 95%나 포함되어 있어 에너지 자원으로 활용될 가치가 있다. 사용후핵연료에 포함된 1%의 TRU에는 플루토늄이 약 90%를 차지하며, 나머지 10%는 넵투늄, 아메리슘, 큐리움 등으로 이루어져 있다. 이 원소들은 사용후핵연료에 남은 94%의 우라늄과 같이 연료로 재사용이 가능하다.



출처: www.korad.or.kr

또한 사용후핵연료에는 플루토늄이 약 1% 정도 포함되어 있다. 플루토늄은 핵무기에 사용될 수 있기 때문에 사용후핵연료의 관리는 국제적으로 핵비확산 측면에서 엄격한 감시 대상이 된다. 원자력의 평화적 이용에 대한 국가적 투명성과 신뢰성이 확보되지 못하면 어떠한 형태의 사용후핵연료 처리도 불가능한 것이 국제적 현실

이다.



21

우리나라에서는 20기의 경수로형 원전에서 매년 약 400톤 정도, 중수로형 4기에서는 약 350톤 정도의 사용후핵연료가 발생한다. 중수로형 원전은 농축되지 않은 천연우라늄을 사용하기 때문에 경수로형 원전에 비해 사용후핵연료가 훨씬 많이 발생한다. 2015년까지 경수로형 원전은 6,735톤이, 중수로형 원전은 7,733톤이 발생했다. 사용후핵연료는 원전내에 있는 저장시설에 보관하고 있다. 2015년 공론화위원회 권고보고서에 따르면 월성 원전 2019년, 한빛 원전 2024년 한울 원전 2026년, 고리 원전 2028년, 신월성 원전 2038년 포화가 예상된다고 한다. 또한 2018년 2분기 현재 사용후핵연료 저장량을 살펴보면 고리 3호기와 4호기는 용량 대비 각각 94%, 95%를 차지하고 있어 포화상태에 가까워져 있음을 알 수 있다.

### 3. 사용후핵연료 관리방법

방사성폐기물관리는 방사성폐기물이 함유하고 있는 높은 방사능으로 인한 위험에서 인간의 피해를 막고 환경오염을 방지하기 위해 방사성폐기물을 각 국가의 적절한 방법을 통해 격리, 처리 및 처분하는 것을 말한다.

우리나라는 방사성폐기물 관리에 대한 원칙을 제294차 원자력위원회(1998년)에서 정하였다. 기본 방침은 국가책임하에 방사성폐기물을 관리하고, 안전성을 최우선으로 한다. 국제규범을 준수하는 것은 물론, 폐기물의 발생을 최소화하고 관리에 소요되는 비용은 발생시점에서 발생자가 부담한다. 또한 투명하게 관리하여 국민의 이해와 신뢰도를 높이는 것을 목표로 하고 있다.

방사성폐기물 가운데 고준위방사성폐기물에 해당하는 사용후핵연료의 관리 방법은 크게 영구처분과 재처리 두 가지로 나눌 수 있다.

영구처분 방식은 원자로에서 나오 사용후핵연료를 추가적인 처리나 재사용 없이 지하 500~1,000m의 암반이나 점토층에 영구적으로 격리하는 것이다. 두 번째 재처리 방식은 사용후핵연료의 처분을 용이하게 하고 사용후핵연료에 포함된 자원을 재활용하기 위해 사용후핵연료를 처리하여 유효자원은 분리하여 재활용하고, 나머지 폐기물은 심지층에 영구 처분하는 방식이다. 재처리는 프랑스, 일본, 중국, 러시아 등이 시행하고 있는 것과 같이 사용후핵연료의 재처리를 통해 회수한 플루토늄을 경수로에 한 번 재순환시키는 방법과 우라늄, 플루토늄뿐만 아니라 다른 물질도 함께 회수해서 계속 재순환시키는 방법으로 구분할 수 있다.

여러가지 사용후핵연료 관리 방법 중 어느 것을 선택할 것인가는 각국의 원자력발전 규모, 국토 및 지질학적 환경, 사회과학적 환경 등에 따라 달라진다. 두 가지 방법 모두 처리하기 전까지는 일정기간 임시로 저장해야 한다. 즉, 중간저장은 필수

적인 단계이다. 일부 국가에서는 사용후핵연료의 최종관리 방안을 아직 결정하지 못하고 있다. 이 들 국가에서는 중간저장의 장기화도 하나의 대안으로 생각하고 있다. 104기의 원전을 가동 중인 미국은 2010년 11월 57개 부지에 63개의 독립된 중간저장 시설을 미국 원자력안전규제위원회로부터 운영허가를 받았다.<sup>1</sup> 본 보고서에서는 처분 또는 재처리 과정에서 필요한 임시저장과 운반도 관리 방법에 포함한다.

### (1) 임시저장 및 중간저장

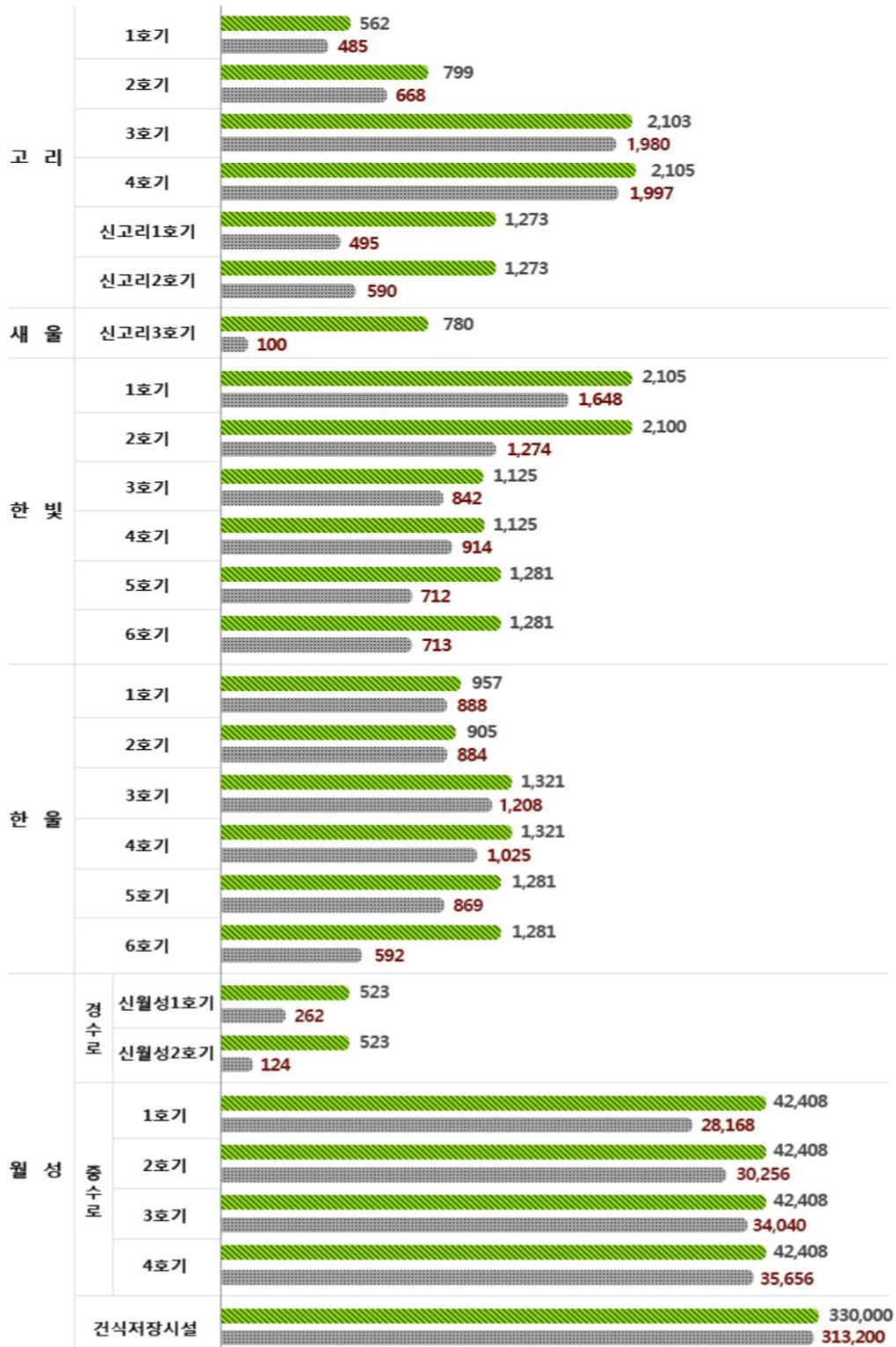
사용후핵연료 임시저장은 원자력발전사업자가 원자로의 관계시설인 발전소 내에 습식 또는 건식 저장시설에서 사용후핵연료를 저장하여 관리하는 것을 말한다. 임시저장 방식은 크게 습식과 건식 저장 방식으로 나눌 수 있다.

습식저장은 사용후핵연료의 붕괴열을 냉각시키고 방사선을 차폐하기 위해 물을 이용한다. 모든 원전 내에는 사용후핵연료 저장을 위한 습식 저장시설(저장수조)을 갖추고 있다. 저장수조는 강도높은 콘크리트 구조로 되어 있으며 스테인리스강의 내벽을 포함하여 이중구조로 설계하여 운영되고 있다. 월성에 있는 중수로 원전은 습식 저장시설 내에서 일정기간 저장하면서 핵연료에서 발생하는 높은 열을 건식저장이 가능한 수준으로 낮춘 후에 발전소 내에 있는 건식저장시설로 옮겨 보관하고 있다.

---

<sup>1</sup> <http://www.nrc.gov/waste/spent-fuel-storage/foqs.html>

■ 저장용량 ■ 총 누계량 (현 저장량)



출처: 한국수력원자력

건식저장은 콘크리트나 금속용기에 밀봉하여 공기로 식히는 것으로 습식에 비해 운영비용이 적고 용량확장과 장기관리 측면에서 유리하다. 우리나라 원전은 월성 원전에서 규제기관으로부터 인허가를 받은 다음 콘크리트 사일로와 건식저장시설을 설치하여 운영하고 있다. 발전사업자는 시설의 안전성을 확인하기 위해 건식저장시설의 온도를 실시간으로 모니터링하고 주기적으로 방사선량을 측정, 구조물의 건전성 검사 등을 실시하고 있다. 또한 원자력안전위원회는 원자력안전법 등에 따라 안전성을 별도 확인하고 있다.



출처: 사용후핵연료 이야기 70

중간저장은 원자력발전소에서 발생한 사용후핵연료를 재처리나 최종처분하기 전까지 일정기간 저장하는 것을 말한다. 방사성폐기물 관리사업자가 인수하여 더욱 더 안전하고 효율적인 관리를 하게 된다. 사용후핵연료는 안전한 관리를 위해 별도의 장소에 중간저장하는 것이 바람직하고, 우리나라도 중간저장시설을 설치할 계획이다. 사용후핵연료 중간저장 시설 운영기간은 일반적으로 약 50~60년 정도 운영하고 있으나 국가에 따라 다르다.

월성원전 건식저장시설

건식저장시설(Concrete Silo)



조밀건식저장시설(Macstor)



출처: 사용후핵연료 이야기 70

< 주요 국가별 중간저장시설 운영기간 >

국가	시설명	운영기간	특이사항
일본	무츠 중간저장시설	50 년	-
스페인	ATC 중간저장시설	60 년	-
미국	소내 독립저장시설	40 년	최장 40 년추가연장 가능
스웨덴	CLAB 중간저장시설	60 년	연료는 40 년 저장후 최종처분장으로 이송
독일	Ahaus 중간저장시설	40 년	-
캐나다	소내 건식저장시설	50 년	-

중간저장은 임시저장과 동일하게 습식저장과 건식저장으로 구분된다. 각각의 장점과 단점이 있지만 최근에는 세계적으로 건식 저장시설을 위주로 하는 추세이다. 습식저장은 각국에서 많은 운영 경험을 확보하고 있고 저장효율이 뛰어나지만 지속적인 관리가 필요하다. 반면 건식저장은 용량확장과 장기관리 측면에서 유리하기 때문에 독일, 일본, 미국, 영국 등 현재 많은 국가에서 운영 중이다. 또한 자연 냉각방식

이므로 전원공급이 불필요하기 때문에 안전성 측면에서도 유리하다. 1990년부터 독일, 일본, 미국 등은 원전 부지 내에 건식 방식으로 운영중이고, 프랑스, 스웨덴 등은 원전부지 외부에 습식 저장방식으로 운영중이다.

이와 같은 중간 저장은 이미 50 여 년의 운영 경험을 통해 그 안전성이 충분히 입증되었으며, 다양한 방식이 상용화되어 있다. 미국 원자력안전규제위원회의 승인을 받은 건식 저장방식만도 2011년 3월 현재 21가지에 이른다.<sup>2</sup> 특히, 건식방식은 외부전원이 필요없는 자연냉각 방식으로 지진, 해일, 홍수 등의 자연재해에도 안전성이 보장된다. 일본 후쿠시마 원전 사고는 극한의 자연재해 조건하에서 건식 저장방식의 안전성을 입증해주는 계기가 되었다.

## (2) 사용후핵연료의 운반

저장용량이 부족한 발전소는 사용후핵연료를 주변의 발전소로 운반하여 보관할 수 있다. 소내 운반과 관련한 사항은 「방사성물질등의 포장 및 운반에 관한 규정(고시 제2014-50호)」에서 규정하고 있다.

사용후핵연료의 운반은 해상운반과 육상운반이 있다. 육상운반은 100톤 이상의 운반용기 무게를 견딜 수 있는 전용도로가 필요하므로 원전과 관리시설의 위치를 고려하여 전용선박을 이용한 해상운반을 하는 것이 보편적이다. 세계 각국이 사용후핵연료를 수백차례 배로 옮겼지만, 단 한번의 사고도 없었다. 사용후핵연료를 안전하게 운반하기 위해서는 국제원자력기구(IAEA) 국제해사기구와 국내 법령에서 정한 엄격한 기준을 충족하는 특수선박, 각종시험을 거친 운반용기, 크레인과 항만시설 등

---

<sup>2</sup> <http://www.nrc.gov/waste/spent-fuel-storage/designs.html>



을 갖추어야 한다.



국내 KN-12 사용후핵연료 운반용기  
출처: korad.or.kr

### (3) 직접처분(영구처분)

사용후핵연료의 직접처분이란 사용후핵연료를 사람의 관리없이 영구적으로 생활권과 격리시키는 것을 말한다. 직접처분은 인간과 환경이 사용후핵연료로부터 방출되는 높은 열과 방사선에 의해 악영향을 받지 않도록 하기 위해 필요하다.

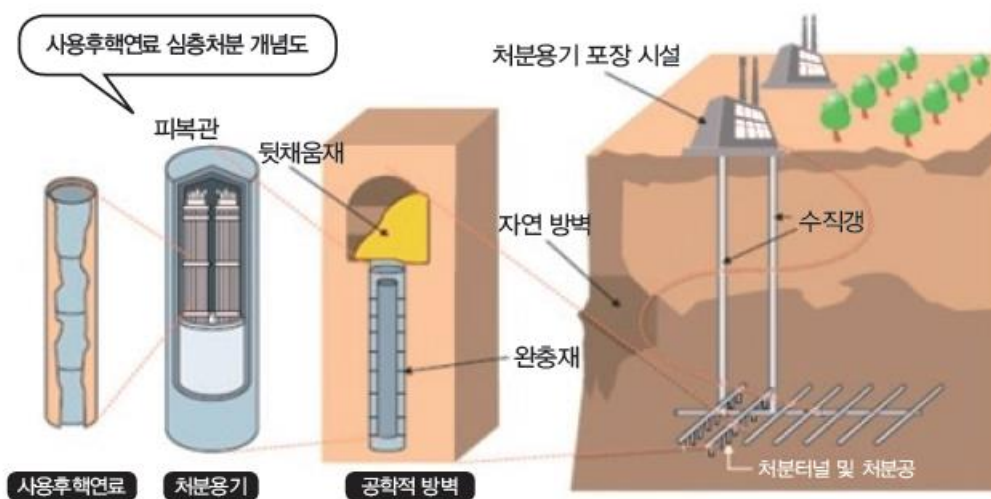
스웨덴이나 핀란드와 같이 원자력발전 규모가 비교적 작아 사용후핵연료 재활용의 경제성이 없는 국가, 독일과 같이 원전의 연차적 폐쇄를 결정한 국가, 캐나다와 같이 모든 원전이 중수로라서 재활용의 효용성이 현저히 떨어지는 국가, 미국처럼 국제 핵비확산의 모범을 보이려고 재처리를 하지 않기로 결정한 국가 등이 직접처분 방식을 채택하고 있다.

직접처분 방식은 심층처분, 해양처분, 우주처분, 빙하처분 등으로 구분될 수 있다. 이 중 국제원자력기구(IAEA)는 안전성과 경제성 등 종합검토하에 심층처분이 가

장 적절하다고 판단하여 권고하고 있다. 핀란드에서는 2015년 11월 규제 기관의 허가를 받고 심층처분 방식의 시설을 건설하기 시작했으며, 앞으로 기술개발이 지속됨에 따라 직접처분의 가능성은 더욱 높아질 것이다.

심층처분은 지상으로부터 300~1,000m 깊이의 결정질암층, 암염층, 점토층 등에 사용후핵연료를 폐기하는 방식이다. 장기적으로 안정된 지질학적 구조를 확인하고 나서 누수 등을 방지하기 위한 공사를 실시한 이후 격납용기에 담긴 사용후핵연료를 거치하는 과정을 거친다.

자연방벽은 굴착에 따른 변화와 불균질성 때문에 불확실성이 존재하므로 이를 보완하기 위해 인공 방벽을 도입한다. 인공 방벽은 사용후핵연료, 처분용기, 완충재 및 뒷채움재로 구성된다. 고준위방사성폐기물은 지하 환경에서 장기간 건전성을 유지할 수 있는 처분 용기에 적재된 후 밀봉된다. 밀봉된 용기는 심부 암반의 처분터널에 굴착된 처분공에 안치된다. 처분공 내에서 심부 암반과 처분용기 사이에는 핵종 누출 시 지연효과를 위해 완충재를 채우고 그 이외의 공간에는 뒷채움재를 통해 폐쇄한다.



출처: 사용후핵연료 이야기 70

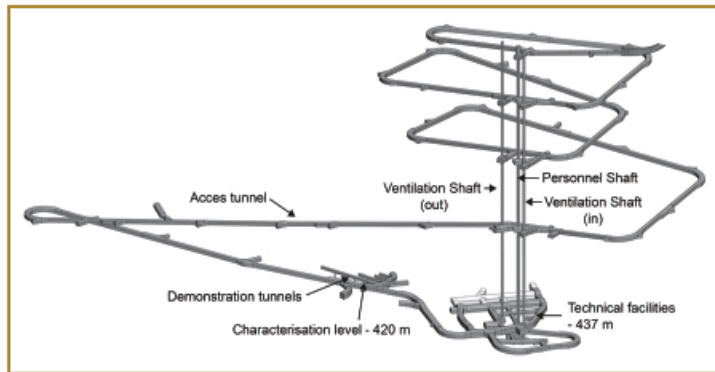
## 〈 세계의 지하연구시설 〉

구분	국가(시설명)	모양	깊이
연구용	스위스(Mont Terri)	퇴적암	300m
	스위스(Grimsel)	화강암	450m
	미국(G-Tunnel)	응회암	300m
	캐나다(Whiteshell)	화강암	240~420m
	일본(Mizuanami)	화강암	1,000m
	일본(Horonobe)	퇴적암	500m
	스웨덴(Aspo)	화강암	200~460m
인허가용	핀란드(Onkalo)	화강암	500m
	프랑스(Meuse/Haute Marne)	퇴적암	450~500m

사용후핵연료 직접처분 시설을 건설하기 전에는 지층 환경을 시험, 조사, 검증하고 안전한 시설을 설계하기 위해 연구시설을 설치해야 한다. 지하연구시설(Underground Research Laboratory, URL)은 지하에 직접처분 시설을 건설하기 위해 지층 환경을 조사하여 상세설계와 안전성 확보기준 등을 계획하기 위한 시설이다. 일반적으로 직접처분 시설이 들어서는 곳에 설치하여 같은 부지의 지질 특성을 연구하지만, 목적에 따라 연구용과 인허가용으로 구분한다. 직접처분을 결정한 국가는 지하연구시설을 건설하여 운영하고 있다.

우리나라는 원자력연구개발사업을 통해 한국원자력연구원에서 기술개발차원에서 1997년부터 고준위방사성폐기물 처분시스템 개발 연구를 수행하여 사용후핵연료 직접처분을 가정하여 2012년 국내 대표지질 암반을 대상으로 고준위방사성폐기물 심지층 처분 시스템 핵심기술을 확보했다.

## 핀란드 지하연구시설



출처: 사용후핵연료 이야기 70

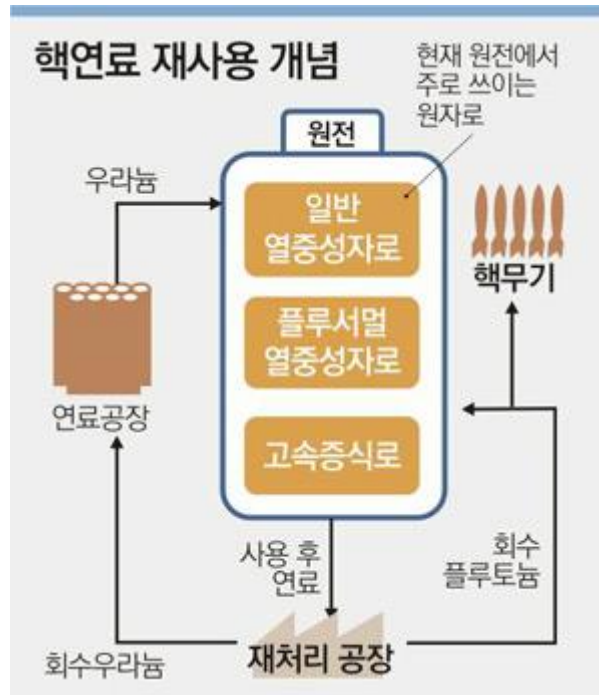
직접처분은 핵확산과 관련한 국제적 논란의 여지가 거의 없다는 측면에 서는 추진하기가 가장 용이한 방안이라 할 수 있다. 하지만 초장기적인 안전성 확보가 필요하고, 넓고 지질학적으로 적합한 부지를 확보해야 한다. 사용후핵연료는 반감기가 긴 물질(TRU)이 있기 때문에 그대로 처분하면 방사능 오염이 오랫동안 지속되어 일반적으로 수십만 년 동안 안전하다는 것을 입증해야 한다. 또한 처분용기 주변의 온도를 기준치 이하로 유지해야 하기 때문에 사용후핵연료의 발열이 크고 처분매질의 열전도도가 낮을수록 넓은 처분 부지가 필요하다. 이처럼 처분장의 소요면적은 우리나라처럼 국토가 좁은 국가에서는 매우 중요한 제한 요소가 될 수 있다.

세계적으로 직접 영구처분 개념을 실현한 나라는 아직 없다. 미국은 2002년에 양원의 승인을 받아 처분장 부지를 확정하고 인 허가심사를 진행 중에 있었으나 정치적인 이유로 처분부지 선정을 백지화하고 150억 달러를 투자해 추진한 사업을 중단한 상태다. 반면에 핀란드와 스웨덴은 부지를 확정하고 처분장 인허가가 계획대로 순조롭게 추진되고 있는 만큼 2020 년을 전후하여 사용후핵연료의 직접 영구처분이 실현될 것으로 예측된다.

#### (4) 재처리(재활용)

원자력발전소의 우라늄 연료는 그 중 일부만이 연료로 사용되고 나머지는 재처리를 하면 재사용 가능한 핵연료를 추출할 수 있다. 사용후핵연료에는 다시 핵연료로 사용가능한 우라늄<sup>235</sup> 및 플루토늄이 존재하고 있으므로 이를 추출하여 다시 사용하도록 하는 것이 재처리이다. 하지만 재처리 과정에서 플루토늄을 추출하여 핵무기의 원료로 사용할 수 있기 때문에 재처리를 둘러싼 국제적 논란이 자주 발생하고 있다. 국제적 조약에 따라 영국, 프랑스, 러시아, 중국 등 일부 국가에서만 재처리가 허용되고 있다. 우리나라는 그동안 재처리하는 것이 허용되지 않았다. 하지만, 2015년 발효된 신 한미 원자력협력 협정에서 해외 위탁재처리는 허용되었다. 위탁재처리 정책의 실행여부는 국민 수용성, 안전성과 경제성, 핵비확산 문제 등을 포괄적으로 고려해서 판단해야하는 문제이다. 위탁재처리를 한다고 하더라도 재처리 과정에서 발생하는 모든 방사성폐기물은 다시 국내로 들여와야 하기 때문에 최종처분 시설은 여전히 필요하다.

재활용과 재처리 모두 사용후핵연료로부터 플루토늄, 우라늄 등 필요한 물질을 추출하여 다시 사용한다는 개념은 같다. 그러나 재활용은 플루토늄 같은 핵무기를 제조할 수 있는 물질을 추출하기 어렵다는 점에서 재처리와 차이가 있다. 한국이 연구하고 있는 파이로 프로세싱 기술은 사용후핵연료로부터 플루토늄만 추출할 수 없어 핵확산 우려가 거의 없다. 그간 우리나라는 파이로 프로세싱 연구개발에도 일부 제약이 있었으나, 2015년 한미원자력협력 협정에서 허용되었다.

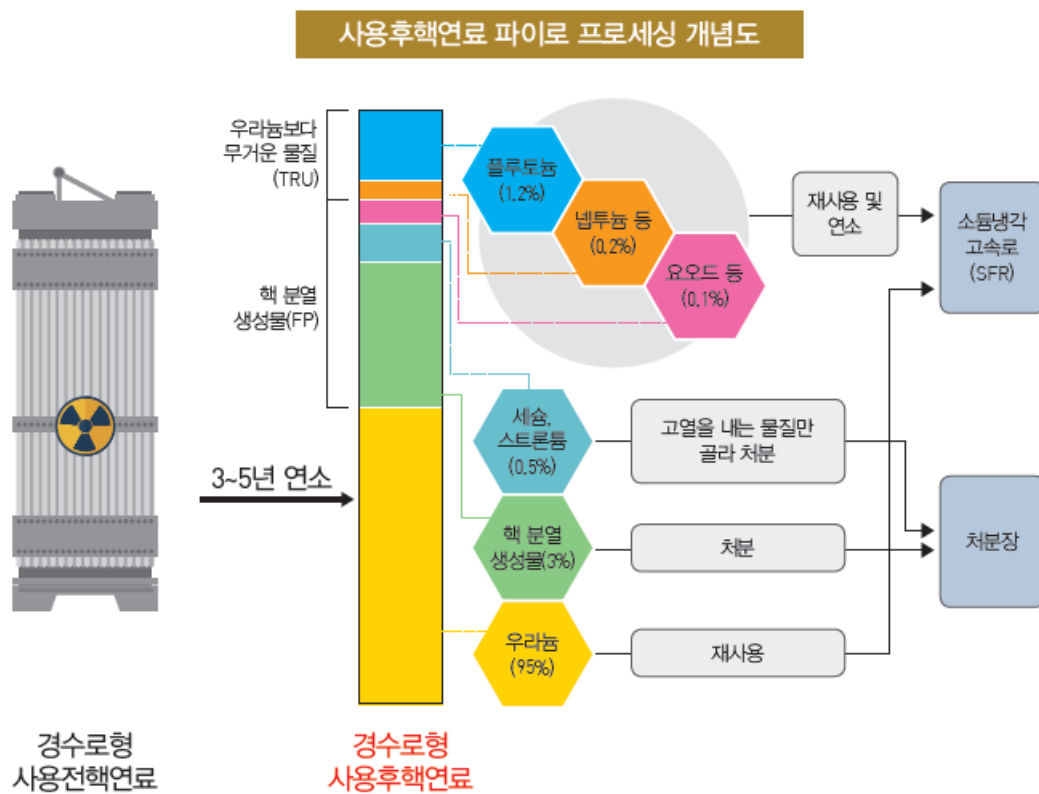


출처: 동아일보(2006.2.9)

재처리는 방식에 따라 습식처리와 건식처리로 구분된다. 습식처리는 사용후핵연료에 있는 플루토늄과 우라늄을 순수하게 별도로 추출할 수 있다. 대표적인 공정기술이 PUREX(Plutonium Uranium Extraction)이다. 미국, 일본, 영국, 프랑스에서 재처리 기술로는 유일하게 상용화된 기술이다. 그러나 플루토늄을 단독으로 분리할 수 있어 핵확산 우려가 크다. 프랑스 라하그의 1,600톤 용량의 UP2/UP3, 영국의 1,200톤 용량의 소프(Thorp) 시설, 일본의 800톤 용량의 로카쇼무라 시설, 러시아의 400톤 용량의 RT1 등이 있다. 최근에는 핵확산을 방지하기 위하여 UREX(Uranium Extraction), NEXT(New Extraction System for TRU Recovery), COEX(Co-extraction of actinides)등의 습식처리방법이 미국, 일본, 프랑스에서 연구되고 있다.

건식처리의 경우 핵확산 위험을 최소화하기 위해 개발되었고 플루토늄의 단독 분리를 차단하는 것이 특징이다. AIRROX(Atoms International Reduction and Oxidation), DUPIC(Direct Use of PWR Spent Fuel in CANDU), 파이로 프로세싱 등이 대표적인 기술이다.

파이로프로세싱은 공정이 단순하고 폐기물 발생량이 적어 공정비용을 줄일 수 있는가능성이 있다. 사용후핵연료를 금속형태로 환원시켜 용융염에 녹여 전기분해하여 우라늄을 얻는다. 이 기술은 플루토늄 추출을 원천적으로 배제할 수 있어 환경친화적으로 감량하기에 가장 적합한 기술로 인식되고 있다. 파이로프로세싱의 최종생산물물은 금속이기 때문에 금속 핵연료를 사용하는 고속로에 적합하다.

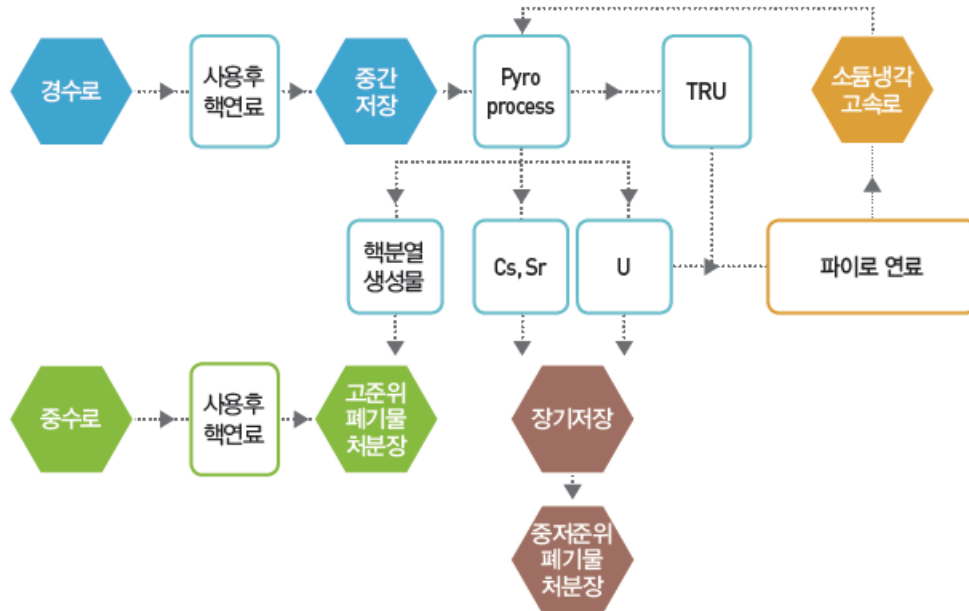


출처: 사용후핵연료 이야기 70

현재 사용하는 핵연료주기로는 우라늄의 1% 미만만 활용하고 있다. 자원의 효율적 사용을 위해 재활용 기술은 필요하다. 자원을 재활용함으로써 방사성폐기물의 관리기간뿐만 아니라 폐기물의 부피와 발열량도 크게 줄일 수 있다. 그에 따라 처분장의 소요 면적을 줄일 수 있을 것이다. 그러나 지속가능한 자원활용은 현재 상용화되어 있는 플렉스 재처리 공정으로는 불가능하다. 고속로와 TRU를 함께 회수하여 순

환시킬 수 있는 사용후핵연료 처리 공정이 개발되어야 한다.

● 재활용기술(Pyro processing) 상용화시 사용후핵연료 관리 흐름도



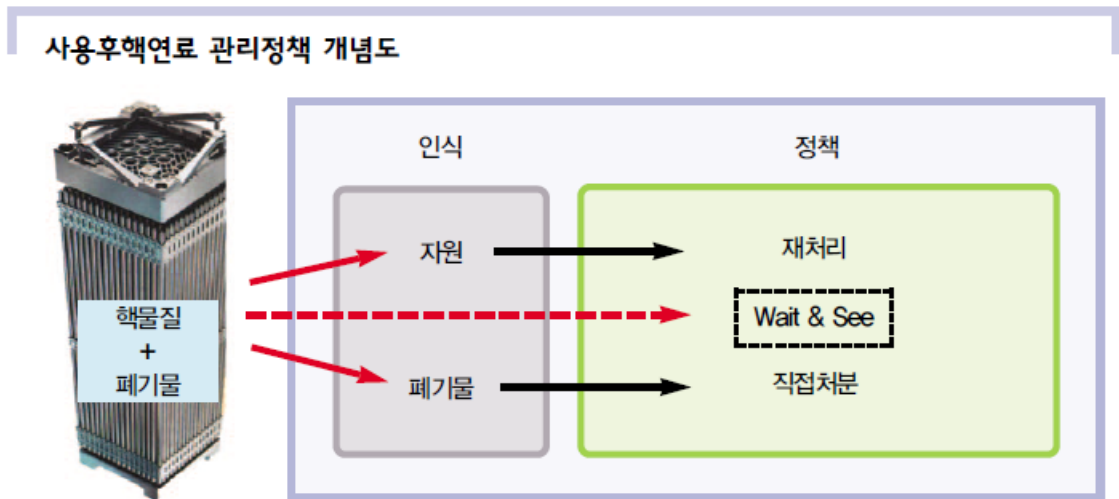
출처: 사용후핵연료 이야기 70

우리나라는 소듐냉각고속로와 파이로프로세싱을 연계한 제4세대 원자력시스템을 개발하고 있다. 파이로프로세싱 기술에서는 우라늄을 금속 상태로 함께 회수하여 추가적인 처리없이 바로 고속로의 핵연료로 활용이 가능하다는 점에서 우리나라가 미래 원자력시스템으로 개발하고 있는 금속핵연료 기반의 소듐냉각고속로의 핵연료주기 요건과 일치한다. 소듐냉각고속로와 파이로프로세싱이 연계된 미래 원자력시스템이 실용화되면 사용후핵연료의 무한 재순환 및 직접처분 대비 우라늄 자원 활용률을 100 배까지 높일 수 있고, 고준위폐기물의 방사성독성이 천연우라늄 수준으로 감소하는 데 걸리는 기간도 1/1000 정도로 단축시킬 수 있다. 그러나 파이로프로세싱은 이제 실험실 수준의 연구개발에서 공학 규모의 기술 개발 단계로 접어들고 있어 향후 상용화까지 국가 차원의 지속적 노력이 필요하다.



### III. 주요국 사용후핵연료 관리현황

사용후핵연료는 원전 외부에 있는 특정 시설에서 중간저장하고 있다가 바로 처분하거나 재처리를 한 후에 최종처분을 하게 된다. 원전 부지 내에 있는 습식과 건식 임시 저장시설에서 안전하게 보관하면서 열과 방사능이 감소시킨 후에 원전 부지 밖에 설치된 중간저장 시설로 운반하여 관리하는 것이 세계적인 추세이다.



출처: 사용후핵연료 가이드북

중간저장 이후 국가 정책에 따라 직접 처분하거나 재처리 후에 최종 처분을 하게 된다. 국가별로 기술수준, 국민적 수용성, 에너지 수급상황 및 대내외 정치외교 측면 등을 포괄적으로 고려하여 사용후핵연료 관리 정책을 결정하고 있다. 사용후핵연료를 보유하고 있는 국가는 총 34개 국가이며, 7개 국가가 영구처분, 4개 국가는 재처리 후 최종처분 정책을 채택하였고, 기타 국가는 결정을 유보하고 있는 상황이다. 원전 선진국조차 직접처분 같은 장기적인 관리방법의 대책 마련에 어려움을 겪고 있는

상태이다.

< 주요 국가의 사용후핵연료 관리정책 현황 >

국가	원전규모('16년)	관리정책
미국	99기	<b>직접처분</b> - 유카마운틴 고준위폐기물 처분장 건설 중단 - 블루리본위원회 권고사항을 바탕으로 국가전략 발표 소내/소외 독립저장시설 운영(건설)
영국	15기	<b>재처리</b> - 셀라필드 재처리시설 운영 재처리 시설 및 Wylfa 원전 내에서 중간저장(건설)
프랑스	58기	<b>재처리</b> - 라하그 재처리 시설 내에서 중간저장
스웨덴	10기	<b>직접처분</b> - 처분장 부지(포스마크) 확보 소외 중앙집중 중간저장시설(CLAB) 운영
핀란드	4기	<b>직접처분</b> - 처분장 부지(올킬루오토) 확보 및 건설허가 취득('15) 습식 저장시설 운영(원전부지 내 독립시설)
일본	43기	<b>재처리</b> - 위탁(프랑스/영국) 및 자체 재처리(도카리/로카쇼) 병행 - 재처리 초과분 소내 건식 저장 소외 중간저장시설 운영 예정(무츠시)
스위스	5기	<b>미정</b> ('20년까지 최종정책 결정 예정) 소외 중간저장시설 운영(ZWILAG)
독일	8기	<b>직접처분</b> ('05년 프랑스/영국 위탁 재처리 중단) 소외 중간저장시설 운영(Ahaus, Gorleben, Greifswald 등)
벨기에	7기	<b>미정</b> ('01년 프랑스 위탁 재처리 중단) - 관리정책 재결정시까지 50년 이상 장기저장소(소내) 전망
캐나다	19기	<b>직접처분</b> (재활용가능옵션 포함) 소내 별도 건식저장시설 운영
스페인	7기	<b>직접처분</b> 소내/소외 건식저장 병행
러시아	35기	<b>재처리/직접처분</b> (원자로형별 상이) 재처리시설 내 중간저장(중간저장시설 별도 확보 추진중)

## 1. 미국

미국은 가동 중인 총 99기의 원전에서 매년 2,000톤에 가까운 사용후핵연료가 발생하고 있는데 2020년까지 약 87,000톤의 고준위폐기물이 발생할 것으로 예상된다. 미국 에너지부에 따르면 2012년 기준으로 운전 중이던 원자로 104기 모두가 60년 동안 운영될 경우 사용후핵연료는 14만톤에 이른다고 추정했다.

1974년 인도 핵실험 이전까지 민간의 상업재처리를 권장하는 입장을 견지하고 있었으나 1977년 카터 행정부가 들어서면서 직접처분방식으로 전환되었다. 1980년에 사용후핵연료를 포함한 고준위폐기물의 심지층처분방침을 확정하고 1982년 「방사성폐기물정책법」(Nuclear Waste Policy Act, NWPA)을 제정하였다. 「방사성폐기물정책법」을 제정 후 처분장 후보지로 네바다주 유카산(Yucca Mountain)이 결정되어 특성조사를 수행하였으며 2002년 처분장 부지로 최종 승인되었다. 그러나 네바다주 정부 및 원주민들의 반대로 지역갈등이 시작되었다. 에너지부는 20년 동안 부지 지질특성 조사 및 안전성 테스트 등을 위해 140억 달러 넘는 금액을 투자해왔다. 그러나 유카산 원주민들의 의견이 충분히 반영되지 못하는 한계를 가지고 있었다.

이러한 상황에서 2008년 6월 유카산 처분시설에 대한 건설허가신청이 제출되었으나 2010년에 오바마 행정부에서 예산을 배정하지 않아 본 프로젝트는 폐기되었다. 대신 처분장 선정방식 등을 재검토하기 위한 블루리본위원회를 설치하였다. 전 상하의원, 전 NRC위원, 산업계 및 노조 대표, 학자 등 15명으로 구성된 위원회는 2010년 3월부터 시작하여 총 24회 이상 회의를 개최하여 전문가뿐만 아니라 이해당사자들의 의견을 수렴한 보고서를 발표하고 8가지 사항을 권고하였다.

블루리본위원회 권고안(2012)을 바탕으로 에너지부는 2013년 ‘사용후핵연료 및 고준위 방폐물 관리 및 처분전략’을 수립하고 후속작업을 진행 중이다. 전략에는

원자로 부지에서 나오는 사용후핵연료 인셴 초점을 맞춰 2021년까지 시험 규모의 중간저장 시설의 부지 선정, 설계, 인허가, 건설 및 운영시작, 2025년까지 폐기물 관리 정책을 유연하게 운영, 향후 더 큰 규모의 중간저장시설을 위한 부지 선정, 인허가 실시, 2048년까지 직접 처분을 수행하기 위해 처분장 부지 선정과 부지 특성조사를 추진하도록 되어 있다. 하지만 오바마 행정부가 들어서면서 화산 폭발과 지하수 오염을 이유로 동 프로젝트에 예산을 지원하지 않아 중단되었다.



유카산 처분장 전경(출처: USA Today 2018.6.3)

2017년 에너지부장관은 미국은 핵폐기물 현안을 처리할 도덕적 의무가 있으며 유카산 처분장 인허가 프로세스를 다시 시작하고 사용후핵연료 중간저장시설 설립을 이행한다고 선언했다. 2018 회계년도 예산안 중 에너지부는 280억 달러를 제안했다. 여기에는 유카산 처분장 인허가 재개와 중간저장 프로그램 개시를 위한 예산 1억 2,000만 불이 포함되어 있는데 미 원자력규제위원회(NRC)를 통한 유카산 인허가 활동 재개를 위한 예산 1억 1,000만 불과 미국 39개 주에 분산되어 있는 사용후연료를

저장할 중간저장시설 개발을 위한 1,000만 불로 구성되어 있다.<sup>3</sup>

2017년 미국 하원 에너지통상 소위원회는 2017 방사성폐기물정책수정법안을 통과시켰다. 이 법안은 미국 사용후핵연료 및 고준위폐기물에 대한 정부의 의무가 준수될 수 있도록 방사성폐기물관리정책을 바꾸는데 있다. 그리고 유카산에 고준위처분장 건설을 추진하는 것도 유지하고 있다.

1982년 방사성폐기물정책법은 상용원전에서 발생한 사용후연료의 처분이 연방정부의 책임임을 규정하고 정부는 에너지부(DOE)를 통해서 1998년까지 원전으로부터 사용후연료를 이송하여 연방처분장에 처분한다는 내용을 되어 있다. 이 법은 1987년 한 차례 개정되어 네바다주 유카산을 7만톤에 달하는 고준위방사성폐기물의 최종처분장 건설을 위한 유일한 부지로 지정한 바 있다.

이 법안은 현재 원전 부지 내에 보관되어 있는 사용후핵연료를 중간저장할 수 있는 규정과 어느 시점에서 에너지부가 책임을 갖는가 등 관련조항을 신설하는 등 미국 방사성폐기물관리정책에 관한 실용적인 개선을 담고 있다. 또한 유카산 처분장에 대해서도 세부적이고 다양한 사항을 규정하고 있다. 원자력발전량 kWh당 0.1 센트를 발전회사에 부과하여 조성하는 방사성폐기물기금(Nuclear Waste Fund) 관련 조항도 개정하여 축적된 기금을 보존하고 처분장 건설에 차질없이 활용될 수 있도록 했다.<sup>4</sup>

연방정부뿐만 아니라 지자체에서도 사용후핵연료 처리문제를 두고 여러 계획을 준비중이다. 홀텍 인터내셔널(Holtec International)과 뉴멕시코 남동부 지자체 대표들이 2015년에 처음으로 최첨단 지하 시설을 건설하여 미국 전역의 원자력발전소에 쌓여가는 사용후핵연료를 저장하는 계획을 발표했다. 또한 웨스트 텍사스도 뉴멕시코

---

<sup>3</sup> 출처: [www.world-nuclear-news.org/NP-Perry-speaks-out-for-Yucca-Mountain-2306178.html](http://www.world-nuclear-news.org/NP-Perry-speaks-out-for-Yucca-Mountain-2306178.html)

<sup>4</sup> 출처: [www.world-nuclear-news.org/NP-US-waste-management-bill-passes-committee-vote-2906177.html](http://www.world-nuclear-news.org/NP-US-waste-management-bill-passes-committee-vote-2906177.html)

시코 경계에 처분장 건설을 추진하고 있다.

연방정부 차원에서 유카산 처분장을 진행하고 있지만 인허가 절차가 오래 걸리기 때문에 해결책의 일부로 임시 저장소를 마련하는 것이 바람직하다는 차원에서 지자체의 움직임이 시작되고 있는 것이다.<sup>5</sup>

## 2. 일본

일본은 총 55기의 원자로가 있으며 사용후핵연료의 연간발생량은 1998년 900톤, 2010년 약 1,400톤의 폐기물이 발생되었다. 1956년 ‘원자력의 개발이용에 관한 장기기본계획’을 수립하고 플루토늄의 활용, 고속로의 개발, 재처리를 일관되게 추진해 왔다. 사용후핵연료를 미래의 에너지원으로 판단하여 직접처분하는 것을 법으로 금지하고 있으며 재처리에서 발생하는 고준위폐기물 유리고체화만을 처분 대상으로 하고 있다.

일본에서 방사성폐기물의 처리는 원자력기본법에 규정되어 있다. 환경기본법 등 환경 법령에서 방사성물질은 규제목적에서 제외되며 폐기물처리법에 해당하는 산업폐기물로 취급하지 않는다. 관련된 정부부처는 경제산업성의 자원에너지청이며 방사성폐기물소위원회, 원자력위원회 등이 설치되어 있다. 주요 연구기관은 일본원자력연구기관(JAEA: Japan Atomic Energy Agency), 원자력환경정비촉진 자금관리센터, 전력중앙연구회, 산업기술총합연구회, 방사선의학 총합연구회 등이 있다. 최종 처

---

<sup>5</sup> 출처: [dfw.cbslocal.com/2017/04/06/texas-new-mexico-look-for-licenses-to-store-spent-nuclear-fuel/](http://dfw.cbslocal.com/2017/04/06/texas-new-mexico-look-for-licenses-to-store-spent-nuclear-fuel/)

본사업은 특정방사성폐기물의 최종처분에 관한 법률에 따라 2000년 설립된 원자력 발전환경정비기구(NUMO: Nuclear Waste Management Organization of Japan)가 담당하고 있다.

사용후핵연료 재처리는 국내 재처리와 국외 재처리로 구분되며, 현재까지 약 7천톤의 사용후핵연료를 프랑스와 영국에 위탁하여 재처리를 수행하고 있다. 프랑스 AREVA와 재처리협력을 통해 로카쇼무라 재처리시설 기술이전 계약을 체결하고 2006년부터 시험운전을 시작했지만 안전 및 기술 검증이 끝나지 않아 여전히 가동이 되고 있지 않다.



로카쇼 재처리 공장(출처: 로카쇼무라 브로셔)

2005년 발표된 원자력 정책의 기본방침인 원자력정책 대강은 후행주기 이슈에 대한 대응과 사용후핵연료의 최종처분 방안에 대해 4개의 시나리오를 정하고 각 시나리오에 대해 10개 항목의 관점에서 검토하였다. 원자력 후행주기는 원자력 발전에

사업 중 발전소 건설, 운전, 연료제조 등의 발전 이전단계의 사업을 제외한 방사성폐기물의 처리, 핵연료 사이클, 원자로의 폐로에 관계되는 사업 전체를 의미한다. 검토 결과에 따라 일본에서는 사용후핵연료를 전량 재처리하는 방식으로 추출되는 우라늄, 플루토늄 등을 재활용하는 핵연료 사이클을 추진하는 것을 기본으로 해왔다.

## 시설연혁

1989	3.30	재처리 사업 지정 신청
1992	12.24	재처리 사업 지정
1993	4.28	착공
1999	12.3	사업 개시
2001	7.11	시험 운전에 관하여 COGEMA 사 (현 AREVA 사) 와의 기술 지원에 대해 합의
2004	12.21	우라늄 시험 개시
2006	1.22	우라늄 시험 종료
2006	3.31	액티브 시험 개시



중앙 제어실



캐스크 수송



사용후핵연료 저장 풀

로카쇼 재처리 공장 시설(출처: 로카쇼무라 브로셔)

후쿠시마 원전사고로 인하여 일본의 원자력 정책 환경이 크게 변화함에 따라 원자력 후행주기 이슈에 대해서도 기존정책을 고수하는 것이 상당히 어려운 것이라는 인식이 확산되었다.

2014년 에너지기본계획에서는 기존의 에너지계획을 백지화하고 원점에서 재검토하여 작성되었으며, 일본의 중장기 에너지 수급 수조를 고려하여 향후 추진해야



할 정책과제와 종합적인 에너지 정책의 방침 등을 포함하고 있다. 기본계획에서 원자력발전소 사용후핵연료 관리 대책 및 핵연료사이클 정책 추진에 관해 아래와 같이 밝히고 있다.

### 〈 시나리오 및 검토항목 〉

시나리오	검토항목
전량 재처리 - 사용후핵연료는 적절한 기간 저장후 재처리 한다.	안전성 기술성
부분 재처리 - 사용후핵연료를 재처리하는 하지만, 사용할 수 있는 재처리 능력을 넘는 것은 직접처분 한다.	경제성 에너지의 안정적 공급 환경적합성
전량 직접처분	핵비확산 해외동향
당면 저장 - 사용후핵연료는 당분간 모두 저장하고 미래의 어떤 시점에서 재처리하거나 직접처분 한다.	정책변경에 따른 과제 사회적 수용성 미래의 불확실성에 대한 대응능력

출처: 일본원자력위원회, 원자력정책대강

#### ● 고준위방사성폐기물의 영구처분을 위한 노력 확대

고준위방사성폐기물 처리를 위해 국가가 책임을 지고 현세대의 책임을 미래세대가 부담하지 않도록 노력한다.

각국에서는 고준위방사성폐기물의 지층처분을 추진하고 있다. 하지만 안전성과 관련하여 아직 충분한 신뢰를 얻지 못하였다. 따라서 현 세대에서는 지층 처분을 가정하여 문제를 해결하지만 향후 가역성과 회수가능성을 고려하여 미래 세대가 최

선의 방법을 선택할 수 있도록 한다.

이를 위해서 과학지식을 지속적이고 정기적으로 평가하여 반영하고, 직접 처분 등대안에 대해 지속적으로 연구하여 다양한 선택을 보장한다. 또한 처분시설에 폐쇄 될 때까지를 고려한 고준위방사성폐기물 관리 방법을 구체적으로 마련한다.

### 〈 후쿠시마 원전사고 이후 현황 〉

구분	사고 이전	사고 이후
원자력 발전	추진	의존도 감소
관리문제	현장경시, 안전신화, 책임소재 불명확	현장중시, 위험관리, 책임 명확화
재처리	상업적재처리 추진	실효성있는 폐기물 처리 시책 실시
중간저장	부차적	본격활용 고려
최종처분	재처리후 고준위폐기물의 지층처분	직접처분 규모 재검토
연구개발	핵연료사이클 주류 실용연구	안전연구, 폐기물처리 기초연구
입지대책	불편비용 지불	지역자립 필요

출처: 일본원자력백엔드문제연구회

최종 처분 시설의 입지 선정에 있어 국가는 과학적인 분석을 통해 적합성이 높은 지역을 도출하고 그 지역의 지질 환경을 해당 지역의 주민에게 구체적으로 설명하여 이해를 증진시킨다. 또한 해당지역 주민의 다양한 입장을 수용할 수 있는 합의형성 구조를 체계화한다. 그리고 해당 지역의 지속적인 발전에 기여할 수 있는 지원방안을 중앙정부, 지자체가 협력하여 시행한다.

동 사항을 '최종 처분 관계 각료회의'에서 구체화하고 「특정 방사성 폐기물의

최종 처분에 관한 기본 방침」을 조속히 개정한다. 그리고 사업자는 정부의 정책을 기반으로 입지에 대한 이해 활동을 능동적으로 시행하고, 최종 처분시설의 필요성에 대해 국민의 이해를 높일 수 있는 방법을 마련한다.

- 사용후핵연료의 저장 능력 확대

고준위 방사성폐기물의 최종 처분까지는 장기간이 소요된다. 그러므로 사용후 핵연료의 저장능력을 높이는 것이 반드시 필요하다.

이를 위해서는 사용후핵연료의 저장능력 확대를 추진해야 한다. 발전소 부지 내외 관계없이 새로운 부지에 대해 폭넓게 검토하여 중간저장 시설과 임시 저장시설 등을 충분히 활용하려는 정부의 노력을 최우선시 해야 한다.

- 방사성 폐기물의 용량감소 및 위험도 저감을 위한 기술 개발

사용후핵연료에 대해서는 이미 발생한 연료는 물론 장기간 동안 안전하게 관리 하며 적절하게 처리하고 위험을 낮추기 위한 연료량 감소와 유해도 저감의 중요성을 고려하여 면밀한 대책을 마련한다.

이를 위해서는 기술개발을 통해 고준위방사성폐기물의 용량 감소와 위험도 저감을 위해 노력한다. 추체적으로 국제 네트워크를 활용하여 고속로와 가속기를 활용한 핵종 변환 같은 장기간 잔류하는 방사선량을 감소시키고 방사성폐기물 처리의 안전성을 높이는 기술 등을 개발한다.

- 핵연료 사이클 정책의 추진

일본은 사용 후핵연료를 재처리하여 플루토늄 등을 활용하는 핵연료 리사이클을 추진하는 것을 기본 원칙으로 하고 있다. 하지만 핵연료 사이클은 로카쇼무라 재처리공장의 준공 지연과 몬주 고속로 문제 등이 계속되고왔기 때문에 이러한 문제들을 원만히 해결하여 관련 지자체와 국제사회의 이해를 얻어야 한다.

특정한 목적없이 플루토늄을 소유하지 않고 핵비확산에 기여한다는 원칙을 고수한다.

1976년부터 재처리과정에서 발생한 고준위폐기물의 처리를 위한 방안 마련에 착수하였는데, 2000년 6월 「특정 방사성폐기물 최종처분에 관한 법률」을 제정하였다. 동 법률은 재처리 후 남은 잔존물과 대체취득물(MOX연료) 및 재처리 과정에서 오염된 물질 등을 처분하기 위한 법률이다. 발생자 비용부담, 발생량 최소화, 합리적 처리와 처분, 대중과의 상호 이해 중시 등 4대 원칙을 제시했다. 2009년부터 2013년까지 상세조사지역을 선정하고, 2025년까지 처분장 조성지역을 최종선정한 후 2035년경부터 처분장 운영을 개시하는 일정을 갖고 있다.

2000년 「특정방사성폐기물 최종처분에 관한 법률」을 제정하고 전국토를 대상(화산지역 제외)으로 부지공모를 하였으나 주민반대로 철회하였다. 동 법률의 주요 내용으로는 기본방침, 부지선정절차(개요조사→정밀조사→ 최종처분시설 건설지 선정), 관리주체, 관리비용 충당 등에 관한 사항이다. 이후 2013년 정부의 부지제안방식과 공모 방식을 접목한 부지확보프로그램을 개발하고 후속작업을 진행하고 있다.

2017년 7월 28일 일본 경제산업성은 고준위방사성폐기물 처분에 적합한 지역을 적시한 지도를 공개했다. 이들 지역은 지질학적 단층선, 화산, 유정과 같은 잠재적인 시추(예정)지 또는 지표면 온도가 높은 지역 등이 제외되었다. 이 지도에서는 일본의 70% 정도가 처분장으로 1차적으로 적합한 것으로 나타나며 지하 300미터 깊이에

사용후핵연료 재처리 후 남은 고준위폐기물 처분에 적합한 지역 선정을 위한 후보지 대상이다. 이 지도는 고준위방사성폐기물처분장 건설을 위한 장기계획의 첫 단계이고, 이를기반으로 처분장 유치를 위한 후보지 조사를 진행할 계획이다. 부지선정이 2025년에 시작되어 처분장 운영은 2035년경 가능할 것으로 전망된다.

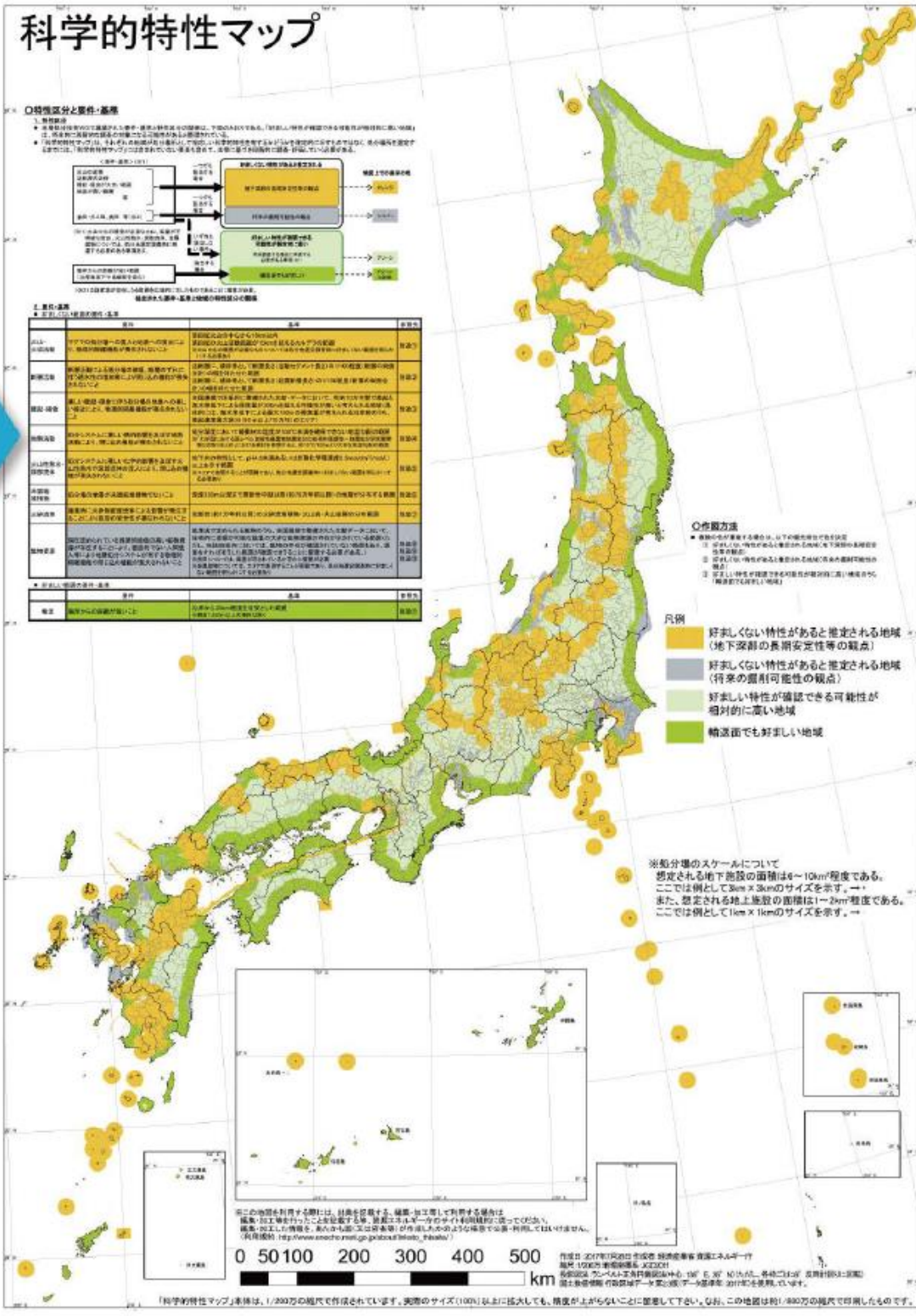
2017년 3월말 현재 일본 원자력발전소 부지에는 약 18,000톤의 사용후연료가 보관되어 있고 계속 증가하고 있다. 일본 내 1,800여 개의 지자체 중 900 곳 이상이 바다에 접해있어 고준위방사성폐기물처분장으로 선호된다. 유리화된 폐기물은 방사능이 감소하는 10만 년까지 보관하게 되며 재처리를 하더라도 폐기물 양은 25,000개 가량의 캐니스터가 될 전망이다.

일본은 처분장 선정을 위한 지자체 선정작업이 2002년 시작된 바 있으나 지역의 반대로 별로 진전되지 못했었다. 2015년 일본 정부는 지자체의 자율적인 신청을 기다리기 보다는 과학적 조사에 기초해서 적합한 후보지역을 추리기로 결정하기로 했다. 처분장 시설용량은 40,000 이상의 캐니스터를 저장할 수 있고 총 비용은 37조 엔이 들 것으로 평가된다.<sup>6</sup>

2016년 12월에 일본 정부는 원자력 관계 각료회의를 열어 사용후핵연료의 부피저감 기술로 알려진 몬주 고속로를 폐로하기로 결정하였다. 일본 원자력 프로그램의 핵심으로서 후쿠이현 쓰루가시에 자리잡은 280 MWe급 몬주 고속로는 1994년 운영을 시작했다. 하지만 불과 4개월 후 2차 냉각루프에서 700kg의 액체나트륨 냉각재

---

<sup>6</sup> 출처: [www.neimagazine.com/news/newsjapan-begins-search-for-waste-disposal-sites-5887606](http://www.neimagazine.com/news/newsjapan-begins-search-for-waste-disposal-sites-5887606)



방사성폐기물 처리 적합지역 (출처: 일본 원자력폐기물관리기구(NUMO))

가 누설되어 정지되고 만다. 이 사고로 인명손실이나 방사능 누출은 없었으나 운영사

가 사고 은폐를 시도할 것이 발각되기도 했다. 2010년 5월 재기동되기는 했으나 그 해 늦게 재장전용 기기가 원자로용기에 떨어지는 사건이 발생하자 또 다시 장기 정지 상태로 들어가게 된다.

해당 장비는 회수되고 교체되었지만 일본 원자력규제청은 원자로 재가동을 허용하지 않았다. 2015년 11월 기기검사 관련 문제로 인해 NRA는 운영사인 일본원자력청(JAEA, Japan Atomic Energy Agency)가 원자로 운영에 대한 충분한 능력을 갖추지 못하고 있다고 결정했다.

문주 원자로 폐로에는 미화 32억 달러 이상이 소요될 것으로 전망되는데 해체에 15억5,200만 달러, 사용후연료 제거 및 폐로준비에 1억 2,800만 달러가 필요하며, 완료까지 약 30년이 소요될 전망이다.<sup>7</sup>

### 3. 프랑스

프랑스는 총 58기의 원전을 운영 중이며 전력수요의 75%를 원자력으로 충당하는 원자력 대국으로서 세계 원자력 산업을 선도하고 있다. 제1차 석유파동 이후 원자력발전 기술개발을 국가정책으로 추진하고 원자로형을 가압형경수로(PWR)로 일원화·표준화하여 원자력 발전의 경제성을 확보하였다. 연간 발생하는 사용후핵연료는 1,150톤 규모이며 이중 850톤을 습식 재처리(PUREX공정)하여 활용하는 재순환 정책을 채택하고 있으며, 2006년 까지 40,000톤을 재처리하였다. 연간 800톤 규모의 PUREX 방식의 재처리 시설 2개소를 운영하고 있고 재처리과정에서 발생하는 고준

---

<sup>7</sup> 출처: [www.world-nuclear-news.org/WR-Monju-decommissioning-plan-approved-1606174.html](http://www.world-nuclear-news.org/WR-Monju-decommissioning-plan-approved-1606174.html)

위폐기물은 유리고체화 공정으로 처리하고 있으며 연간 약 100톤의 MOX(Mixed OXide) 사용후핵연료는 그대로 저장하고 있다.

고준위폐기물의 지층처분방식을 합리적 해결책으로 간주하고 1980년대 후반 4개의 후보지를 선정하였으나 주민반대로 중단된 상태이다. 고준위폐기물처리와 관련하여 1991년 「방사성폐기물처분연구에 관한 방사성폐기물관리법」을 제정하였다. 현재 지하연구시설 부지로 1998년에 선정된 부어(Bure)지역을 대상으로 처분시설을 계획 중에 있다.

2006년 6월 「방사성폐기물관리법」을 제정하고 고준위폐기물관리와 관련한 추진일정을 법에 명시했다. 심층처분을 기본방침으로 정하고, 충분히 연구가 수행된 지하연구시설 이 위치한 지층에만 처분시설을 건설하도록 규정하였으며, 2025년 운영 목표로 지하 500m에 처분 시험장을 현재 건설 중이다. 2030년 개발 목표로 장수명핵종을 분리시킬 수 있는 600MWe 규모의 프로토타입 원형로(ASTRID) 건설도 추진 중이다. 2025년 운영목표로 고준위폐기물의 유리고체화 심지층처분장 건설도 추진 중이다.

프랑스는 방사성물질 및 방사성폐기물관리 계획법 제5조에서 사용후핵연료 개념을 원자로 노심에서 방사성물질을 제거하고 분리되었을 때로 간주하고 있다. 또한 방사성폐기물의 임시저장 시설은 나중에 영구처분을 위해 지표면과 지하시설에 이 물질을 임시로 보관하는 시설로 규정하고 있다.

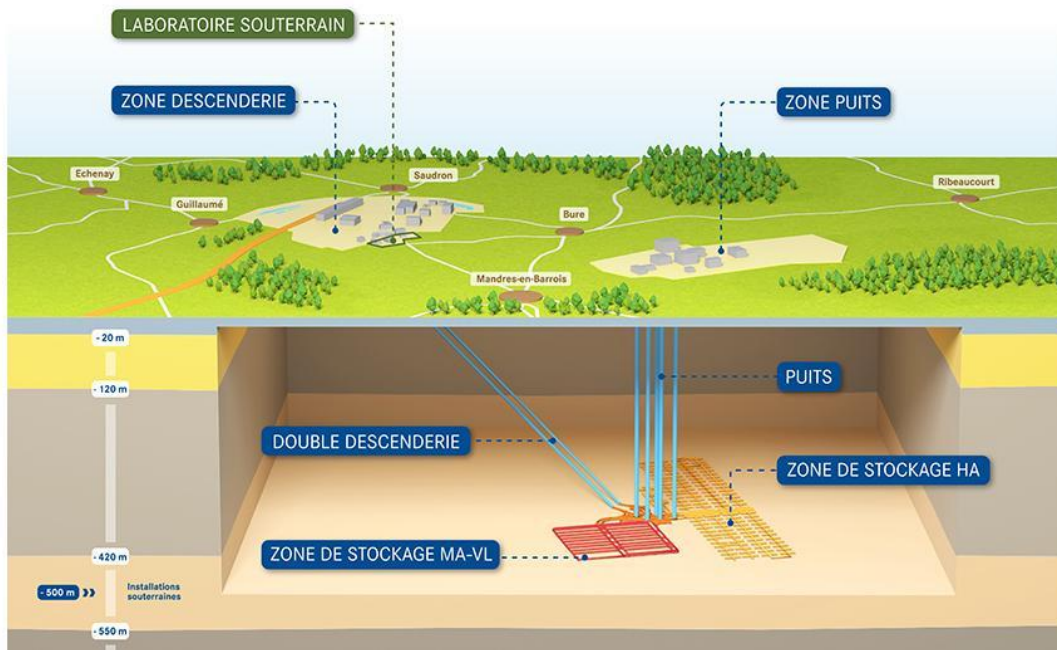




프랑스 뷰흐 사용후핵연료 심지층처분 연구시설(출처: ANDRA)

1980년 고준위방사성폐기물 처분시설 부지조사 과정에서 해당 지역주민의 반발로 인해 난항을 겪었다. 그 후 1991년 방사성폐기물관리연구법을 제정했다. 이 법은 방사성핵종 분리와 지상저장, 지하연구소를 이용한 회수가능 또는 불가능한 지층처분의 실현가능 여부에 대한 15년 동안의 연구결과를 검토한 후 정책을 결정하고 개정안을 마련토록 명시하고 있다.

1994년부터 2년간 세 개 후보지에 연구실을 설치하고 예비조사를 실시하였다. 그 결과 뷰흐(Bure) 지역을 지하연구소 부지로 결정했다. 고준위방사성폐기물 처분시설 입지요건에 준하는 뷰흐 연구소는 2006년 건설이 완료되었다. 관련법에 따라 2017년 처분시설(Cigéo, Centre Industriel de Stockage Géologique repository) 건설허가를 신청했다.



지층처분시설 개략도 (출처: andra.fr)

이 시설은 방사성폐기물을 발생시키는 EDF사 및 Areva 등이 건설자금을 대고 폐기물관리기관인 Andra가 운영할 예정이다. 규제기관에 건설허가 신청서 제출은 2017년, 건설은 2020년에 시작하고 2025년에 시범처분 단계를 진행한다는 계획이다. 국제원자력기구(IAEA)는 프랑스가 계획 중인 고준위 및 중준위 방사성폐기물 심지층처분장에 대한 안전성을 검토했다. 그 결과 전반적으로 철저하다는 결론이 나왔다.<sup>8</sup>

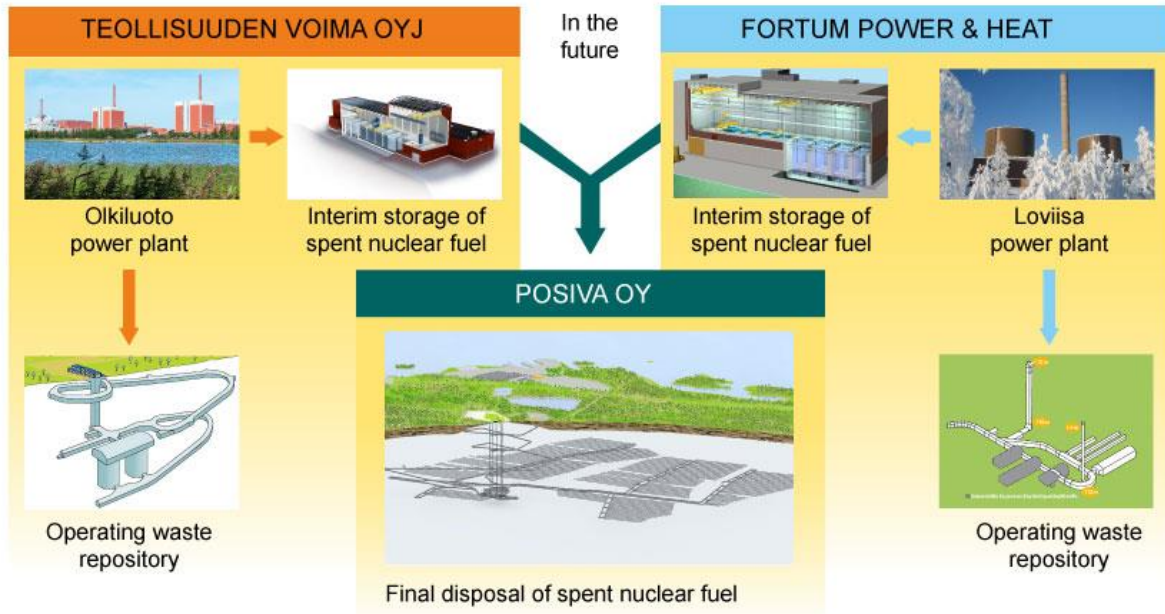
<sup>8</sup> 출처: [world-nuclear-news.org/WR-IAEA-reviews-safety-assessment-of-planned-French-repository-2012165.html](http://world-nuclear-news.org/WR-IAEA-reviews-safety-assessment-of-planned-French-repository-2012165.html)

#### 4. 핀란드

핀란드는 4기의 원전을 운영하고 있고 1기가 건설중이다. 원자력이 전체 전력량의 33%를 차지한다. 원자력 이용에 있어 방사선법, 원자력법, 원자력책임법 등 3개의 법률에 따라 규제되고 있다. 이 중 사용후핵연료의 최종처분과 관련된 것은 원자력법이다. 원자력법에서는 사용후핵연료의 최종처분장이나 원자력발전소와 같은 중요한 시설의 건설의 경우 초기단계에서 정부에 계획 신청이 의무화되어 있다. 국가는 그 계획에 대해 원칙결정을 하게 된다. 원칙결정 승인 이후 건설허가 및 운영허가를 거쳐 운전을 시작하는 절차를 가지고 있다.

핀란드는 사용후핵연료를 폐기물로 간주하고 있다. 따라서 재처리하지 않고 고준위폐기물로 직접처분하는 정책을 선택했다. 세계에서 유일하게 최종처분장을 건설하고 있고 6500톤까지 처분이 가능하다. 관리기금은 원전운전 회사가 3년마다 액수를 제안하면 정부가 금액을 최종적으로 결정하는 방식을 취한다. 2015년 적립금 총액은 25.4억 유로에 달한다.

1970년대 후반 원자력발전소 운전을 시작함과 동시에 사용후핵연료의 영구처분 준비를 시작했다. 1983년 핀란드 정부는 방사성폐기물 관리의 일정, 목적, 계획 등에 대한 원칙결정을 하였다. 심지층에 처분하는 것이 지상에 저장하는 것보다 안전하다는 결론 하에 처분 부지를 2000년에 정하고 2020년에 최종처분을 실시한다는 계획을 수립했다. 1983년부터 2년간 전역에 대한 지질연구를 하고 1986년부터 6년 동안 예비부지 조사를 추진하였다. 1993년부터 7년 동안 4개 후보지에 대한 상세조사와 환경영향평가를 거친 후 2001년 올킬루오토가 최종부지로 선정되었다. 이후 2003년부터 올킬루오토 지역에 온칼로 지하연구소(URL) 건설을 시작했으며 2015년 처분장 건설 인허가가 승인되었다.

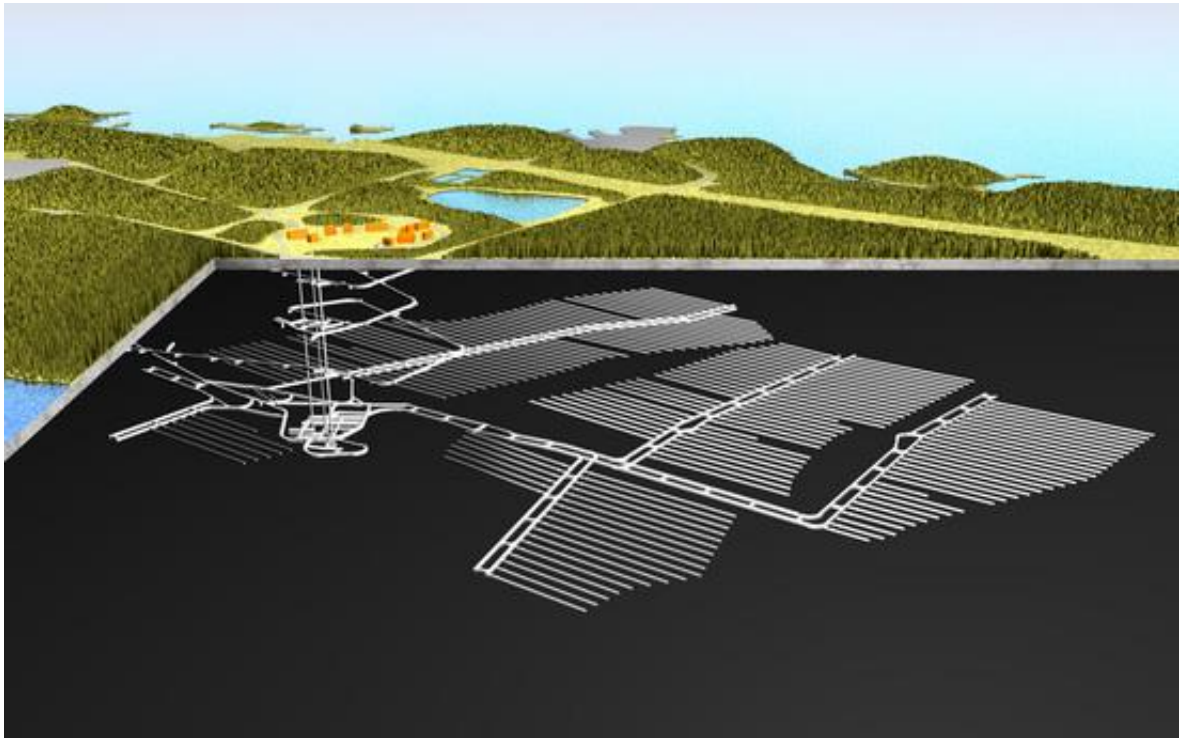


핀란드의 사용후핵연료 관리 (출처: posiva.fi)

2016년 12월 올킬루오토에 사용후핵연료 지하 처분장을 건설이 시작되었다. 핀란드 방사선 및 원자력 안전청(Stuk)은 폐기물 관리 기업 포시바(Posiva)가 처분장 건설을 시작해도 좋다고 승인했다. 원자력안전청은 포시바의 사용후핵연료 처분장 건설 준비성을 검토했다. 여기에는 인력, 프로젝트 관리, 품질 관리, 안전 문화, 설계 활동, 건설 영향 모니터링, 시설의 물리적 보호와 안전조치 등이 포함됐다.

이 처분장은 2023년경에 운영을 시작할 예정이다. 원자력발전소를 운영하는 국가 중에 핀란드가 처음으로 고준위 방사성 폐기물인 사용후핵연료 지하 처분장을 건설하게 된다. 핀란드의 사례는 우리나라를 비롯하여 사용후핵연료 처분 문제를 안고 있는 국가를 위한 좋은 사례가 될 것으로 보인다.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> 출처: <http://www.world-nuclear-news.org/WS-Construction-to-start-on-Finnish-repository-2911164.html>

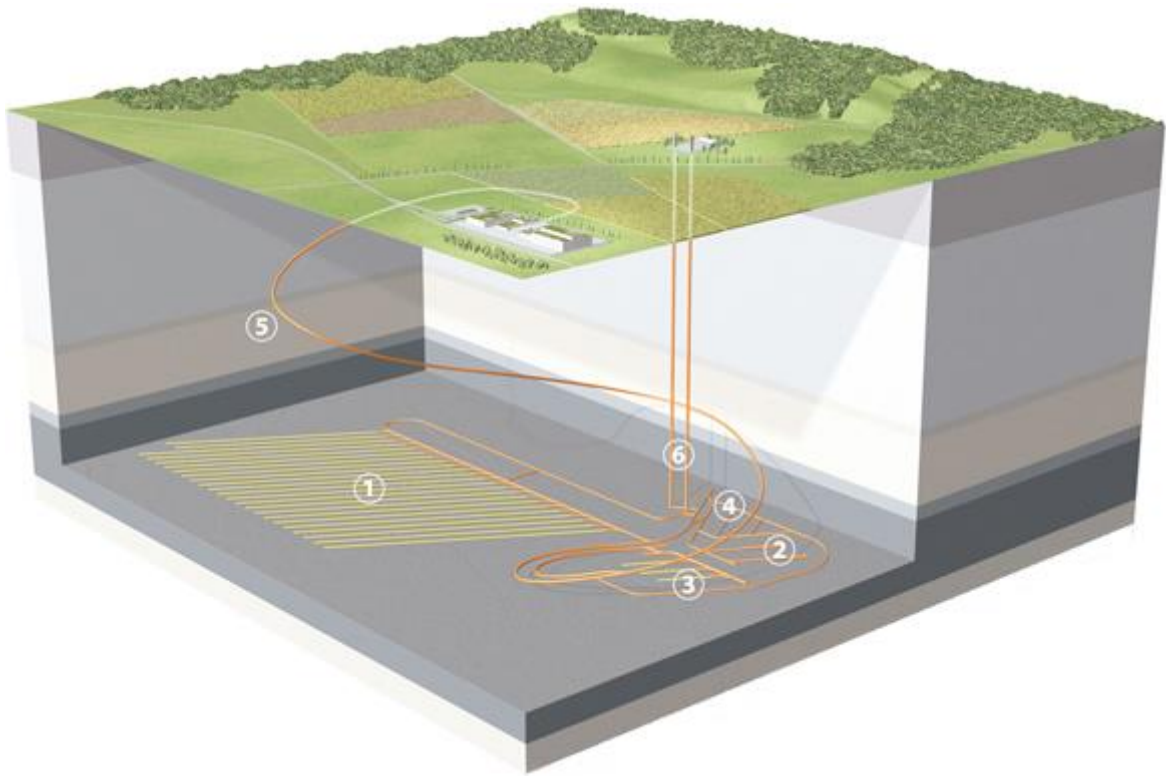


최종처분장 개념도 (출처: posiva.fi)

## 5. 스위스

스위스는 원칙적으로 모든 방사성폐기물을 국내의 지층에 처분한다는 방침을 가지고 있다. 처분은 전력회사와 정부에 의해 설립된 방사성폐기물관리공동조합 (NAGRA: Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle)이 수행하고 있다.

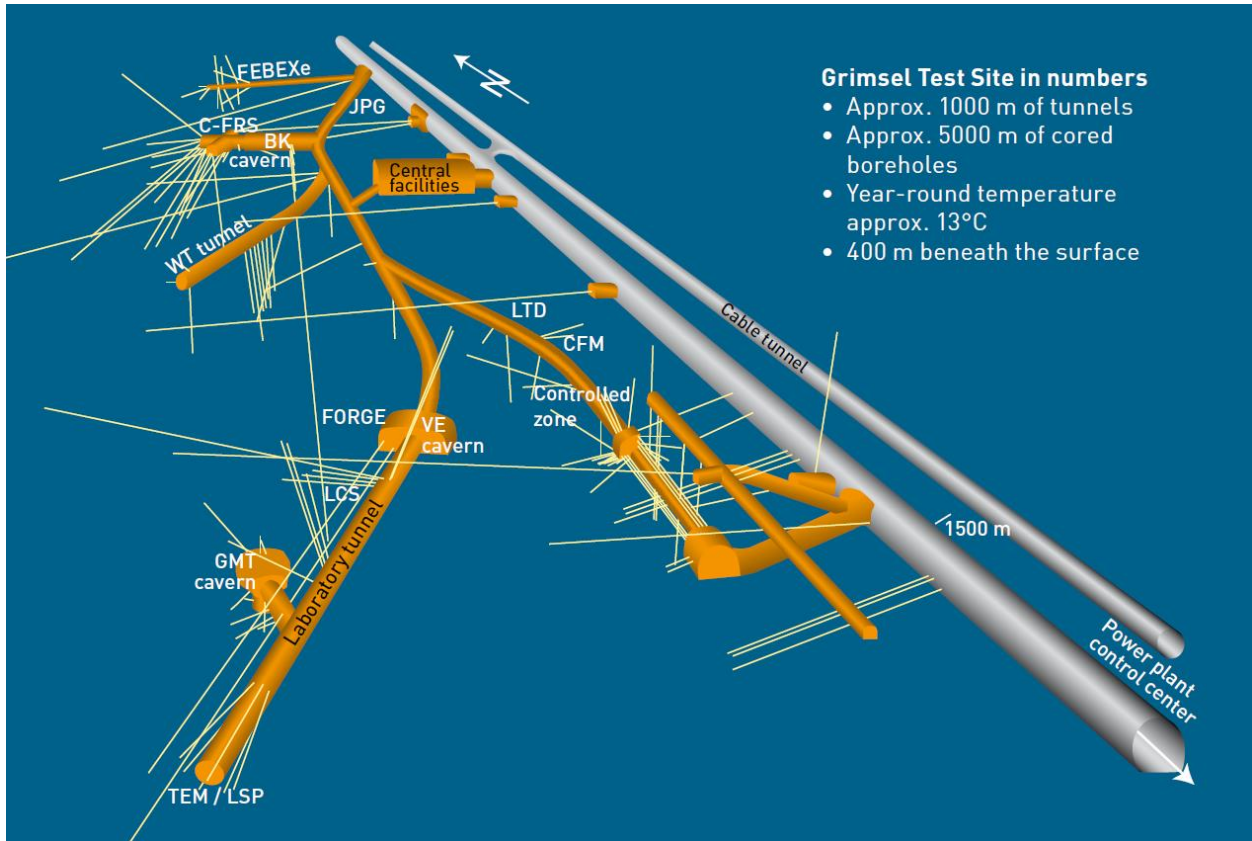
스위스에서 방사성폐기물은 고준위폐기물, TRU 폐기물에 해당하는 알파폐기물, 중저준위폐기물로 분류하고 있다.



고준위방사성폐기물 처분장 조감도 (출처: nagra.ch)

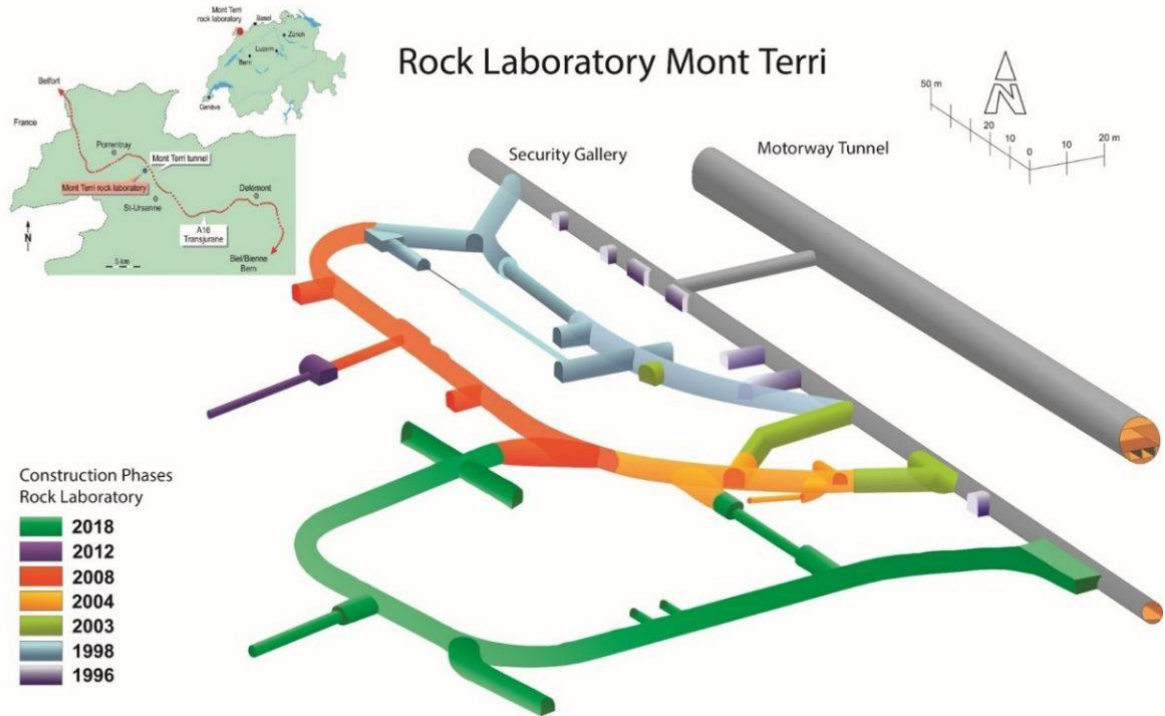
고준위폐기물의 안전처분에 관한 연구를 수행하기 위해 결정질암을 대상으로 한 그림젤(Grimsel) 시험부지와 퇴적암의 오팔리너스(Opalinus) 점토를 대상으로 한 몽 테리(Mont Terri) 암반연구소 등 2개의 지하연구소가 있다. 또한, 방사성폐기물의 중간저장시설로 뷔레린젠(Wuerenlingen)이 있다. 현재 고준위폐기물 저장이 시작된 상태이다.

그림젤 시험부지는 1984년 NAGRA에 의해 설치된 지하연구소로 스위스 중부의 해발 1,730, 지표에서 깊이 약 450m의 결정질암에 위치하고 있다. 그림젤 시험부지에는 1983년부터 지질학, 지구물리학, 암석역학 및 방사성 핵종의 이행 등을 포함하는 많은 분야의 조사가 이루어지고 있다. 조사연구에는 프랑스, 독일, 일본, 스페인, 스웨덴, 대만, 체코, 미국 등이 참가하고 있다.



그림젤 시험 연구소 (출처: grimsel.com)

몽 테리 암반연구소는 1996년 각국의 관계기관들이 참여한 국제공동프로젝트에 의해 만들어졌으며, 오팔리너스 점토층에 관한 지질학, 암석역학적 특성을 조사하기 위한 실험이 진행중이다. 처분장 건설 후보 모암의 하나인 오팔리너스 점토층에 대한 조사연구를 하고 있으며, 프랑스의 ADRA, 독일의 BGR, 스페인의 ENRESA, 벨기에의 SCKCEN, 일본의 JAEA 등이 참여하고 있다.

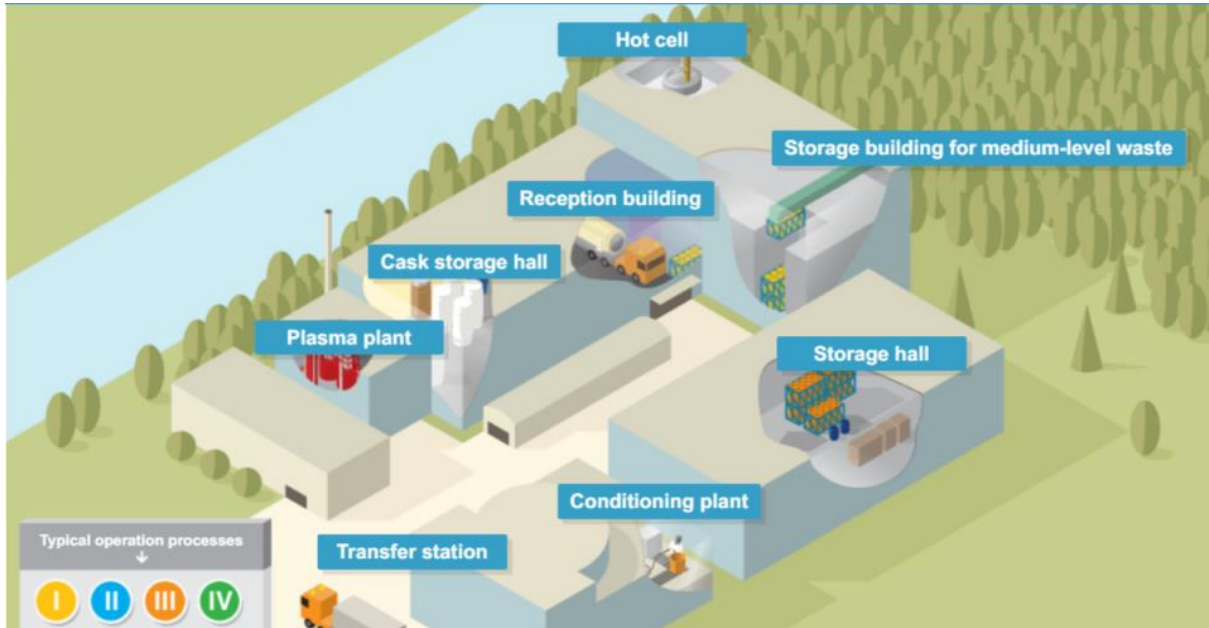


몽 테리 연구소 (출처: mont-terri.ch)

뷰렌린젠 중간저장시설은 전력회사들이 설립한 ZWILAG 회사에 의해 운영되고 있다. 2001년 운영이 시작되었고 저장용량은 고준위폐기물의 경우 수송저장 캐니스터 200개 분량이고 중준위폐기물의 저장건물은 4,000m<sup>3</sup>, 중저준위폐기물 공간은 16,500m<sup>3</sup> 이다.

NAGRA에서 주도적으로 진행하는 스위스 고준위폐기물 부지 선정 절차는 총 3단계로 이루어져 있고, 현재 2단계 과정을 거쳤다. 1단계는 지질 조사와 연구를 통한 고준위방사성폐기물 및 중저준위방사성폐기물에 대한 후보 부지 6개를 선정하는 것이고, 2단계는 후보 지역중 적합한 3개 지역을 선정하는 것이고, 3단계에서 최종부지를 선정한다.





뷰렌린젠 중간저장 시설 모델 (출처: zwilag.ch)

중저준위 방사성폐기물처분장 1개소와 고준위폐기물처분장 1개소 등 총 2개소의 처분장 부지선정을 위한 1단계 작업은 2011년 11월에 시작되었으며 6곳의 부지가 제안되었다. 이 후 NAGRA와 스위스연방원자력안전청(ENSI, Federal Nuclear Safety Inspectorate)은 Zürich Nordost과 Jura Ost 그리고 Nördlich Lägern 지역을 최종부지 선정을 위한 후보지로 선정하고 현재 검토중이다. 최종부지는 2018년 말경에 정해질 예정이다.<sup>10</sup>

스위스 내 방사성폐기물은 심지층 영구처분장에 처분될 때까지 중간저장시설에 보관되고 있다. 중간저장 용기는 40년 동안 사용하도록 설계되었는데 심지층 영구 처분장이 2050~2060년이나 되어야 운영될 것으로 예상됨에 따라 일부 폐기물은 저장용기에 40년 이상 저장되게 된다.

<sup>10</sup> 출처: [www.world-nuclear-news.org/WR-Third-Swiss-region-to-be-included-in-repository-studies-1412166.html](http://www.world-nuclear-news.org/WR-Third-Swiss-region-to-be-included-in-repository-studies-1412166.html)

한편, 스위스는 두 종류의 원자력관련 기금이 있는데 하나는 5기의 원전 해체를 위한 기금이고 다른 하나는 방사성폐기물 처분기금이다. 이 기금은 각의에서 2011년 5월에 결정된 바와 같이 50년의 수명기간 이후 원전 해체나 폐기물 처분에 소요되는 충분한 자금을 축적할 수 있도록 원자력발전사업자에게 부담금을 부과한다. 하지만 영구처분장 운영이 10여년 이상 지연됨에 따라 스위스 원자력발전운영사들은 2017~2021년 사이에 기금 부담이 낮아질 것으로 예상된다.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> 출처: [www.world-nuclear-news.org/WR-Provisional-contributions-to-Swiss-clean-up-funds-announced-1512164.html](http://www.world-nuclear-news.org/WR-Provisional-contributions-to-Swiss-clean-up-funds-announced-1512164.html)

## IV. 한국의 사용후핵연료 관리정책

방사성폐기물은 장기간 고열과 방사능을 배출하기 때문에 특별한 관리가 필요하다. 우리나라는 2015년 경주에 중저준위방사성폐기물 처분장을 건설하였다. 하지만 고준위방사성폐기물의 경우 최종처분 시설 없이 각 원자력발전소 내에 있는 임시 저장시설에 보관하고 있다.

현재 고준위방사성폐기물을 보관하고 있는 각 원자력발전소 내의 저장시설은 중수로인 월성의 경우 건식저장시설이 약 95%, 경수로의 경우 평균적으로 72%가 포화된 상황이다. 따라서 고준위방사성폐기물 관리 시설의 건설을 미루기는 어렵다.

〈 원전별 사용후핵연료 저장현황(단위: 다발, 2018년 6월말 기준) 〉

구분(호기수)	저장용량	현재저장량	비율(%)	
중수로	월성(4)	169,632	128,120	75.5
	건식저장시설	330,000	313,200	94.9
경수로	고리(6)	8,115	6,215	76.6
	한빛(6)	9,017	6,103	67.7
	한울(6)	7,066	5,466	77.4
	신월성(2)	1,046	386	36.9
	소계	25,244	18,170	72.0
합계(24)	524,876	459,490	87.5	

출처: 산업통상자원부

우리나라의 사용후핵연료 관리에 관한 정책은 명확하게 결정되지 않고 관망정

책을 지금까지 견지해왔다. 우리나라도 사용후핵연료의 여러 관리 대안들 중 공론화를 통해 최종관리 방안을 결정하게 될 것이다. 사용후핵연료를 직접처분하는 방식은 물론 재처리를 하는 경우에도 최종 처분은 필요하다. 특정 국가에 적합한 고준위방사성폐기물 처분 기술은 해당 국가의 자연환경, 경제적, 사회적 여건에 따라 달라지기 때문에 다른 국가에서 개발된 기술을 그대로 도입하는 것은 쉽지 않다. 따라서 우리나라 고유의 제반 여건을 고려하여 적합한 관리방식을 선택해야 할 것이다.

## 1. 초기정책

1978년도 고리 1호기가 상업운전을 시작한 이래로 원전에서 발생하는 방사성폐기물을 처리하기 위한 장소를 확보하기 위한 정부의 다각적인 노력이 진행되어 왔지만, 2017년 현재까지 중·저준위방사성폐기물 처분 시설만을 확보하고 사용후핵연료 관리시설은 확보하지 못한 상태이다.

정부는 1984년 10월 제211차 원자력위원회 의결을 통해 방사성폐기물관리 기본원칙을 수립했다. 사용후핵연료를 제외한 중저준위방사성폐기물의 최종처분 시설을 원자력발전소 외부 지상에 건설한다는 내용이다. 이후 1986년 5월 원자력법에 방사성폐기물 관리사업의 추진 근거를 두고 담당부처는 과학기술처로 전담기관은 한국 원자력연구소로 지정했다.

1988년 7월 방사성폐기물 관리사업 기본계획을 수립했다. 1990년 초까지 부지를 선정할 다음 중저준위방사성폐기물 처분시설은 1995년 12월까지, 사용후핵연료 중간저장 시설은 1997년 12월 말까지 건설한다는 내용이었다. 이 계획을 바탕으로

내부적으로 선정된 3개 부지를 대상 비공개로 조사를 착수했으나 동 사실이 해당 지역에 알려지면서 지역주민의 강력한 반발에 조사를 중단하였다.

1990년 6월 정부는 방사성폐기물과 관련한 종합처리 시설을 건설한다는 방침을 결정했다. 원자력연구소와 충청남도는 비공개 협의를 통해 안면도에 서해과학연구단지라는 이름으로 건설하기로 결정했으나 지역주민의 항의로 백지화되었다.

이후 정부는 인천시 덕적면에 위치한 굴업도를 방사성폐기물관리 시설지구로 지정하였다. 2001년 1월 말까지 중저준위 영구처분 시설을 건설하고 사용후핵연료 중간저장시설은 충분히 검토하여 건설규모, 저장방식, 건설일정을 결정하는 것이 계획이었으나 그 과정에서 거센 저항이 있었다. 그러나 정부는 고시 이후 법적절차를 마치고 부지조사에 들어가는데 3개월 밖에 걸리지 않았다. 특별지원금 500억원을 출연하고 주민대표로 구성된 덕적발전복지재단이 발족되었다. 하지만 상세조사 중 인근 해정에서 활성단층 징후가 발견되어 1995년 12월 제243차 원자력위원회를 통해 지정 철회되었다.

1998년 9월 정부는 국가 방사성폐기물관리대책을 수립했다. 여기에는 국가가 책임지고 방사성폐기물을 환경적, 생태적으로 장기간 동안 안전하게 관리하며, 국민 건강의 위협으로 예방하고, 안전한 방사성폐기물 관리에 관한 국제규범을 준수하는 내용을 담고 있었다. 또한 방사성폐기물의 발생량을 낮추고, 방사성폐기물 관리에 필요한 재원은 발생시점에서 발생자가 부담하는 것을 원칙으로 하여 미래 세대로의 부담을 전가하기 않고 투명한 관리로 국민들의 신뢰를 높인다는 내용도 포함하였다. 사용후핵연료 관리측면에서는 원전별 조밀저장대 건설, 동일 부지 내 원자로 사이의 상호저장, 부지 내 건식저장시설 추가건설 등을 통해 저장능력을 확대하여 2016년까지 각 원전 부지 내에서 관리하도록 한다는 내용과 중·저준위방사성폐기물 처분시설은 2008년까지 10만 드럼 규모로 건설한 후 단계적 추진을 통해 최종 80만 드럼 시설을 확보한다는 계획을 담고 있었다. 아울러 사용후핵연료 중간저장시설은 2천톤 규모의

1단계를 2016년까지 설치하고, 단계적 추진으로 총 2만 톤 규모의 시설 건설 계획을 제시했다. 저장방식은 습식, 건식 중 상황에 따라 결정하며 유치 공모와 사업자 주도 방식 두 가지를 동시에 추진하여 부지를 확보하는 것으로 하였다.

2003년 5월 1일 방사성폐기물 관리시설과 양성자기반공학 기술개발사업 부지 유치 공모가 시작되어 전북 부안군 위도의 유치위원회는 80%의 지역주민 동의하에 부안군 의회에 유치를 청원한다. 부안군 의회는 유치 반대를 결의하였으나 부안 군수는 유치신청서 제출을 강행한다. 이로 인해 부안군민들은 군수퇴진 1만인 궤기대회를 강행하면서 부안에는 심각한 소요사태가 발생한다. 이후 2004년 1월 부안에서 주민투표를 실시하였고 91.8%의 주민이 시설 유치를 반대함에 따라 유치 신청이 무효로 처리되었다.



부안 사태 (출처: 동아일보(2003.8.26))

2004년 12월 17일 제253차 원자력위원회는 기존의 중·저준위방사성폐기물 처분장과 사용후핵연료의 중간저장시설을 통합 관리하는 대책을 수정하여 중저준위와 고준위를 분리하여 추진하기로 하였다. 중·저준위방사성폐기물 처분장부터 우선적으로 건설하고, 사용후핵연료 중간저장시설은 충분한 논의를 거쳐 건설하기로 결정했다.



중·저준위 방사성폐기물 처분시설 1 단계 건설사업(출처: korad.or.kr)

또한 정부는 조속한 시일 내에 관련 절차를 수립하여 예상포화시점인 2008년까지는 중·저준위방사성폐기물 처분장을 건설할 수 있도록 최선을 다할 것과 부지선정을 위한 세부절차를 수립하는 과정에서 시민사회단체, 지역주민, 관계 전문가, 학계 등의 의견을 폭넓게 수렴하여 투명한 절차를 마련하기로 하였다. 이와 동시에, 갈등해소와 주민들의 수용성 제고를 위한 다양한 방안을 마련하여 나갈 것임을 명확히 하였다.

이 후 2005년 3월 제252회 임시국회에서 「중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 유치지역 지원에 관한 특별법」이 의결·공표되고, 2005년 6월 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 후보 부지 선정 등에 관한 공고, ‘양성 자기반 공학기술개발사업’ 유치기관 선정 절차 등에 대한 공고가 이루어 지고, 주민투표를 통해 11월에 경주가 중저준위 방폐장 부지로 확정되었다. 2008년 8월 중·저준위방사성폐기물 처분시설을 기공하고 2014년 6월 완공하였다.

우리나라는 수차례의 방사성폐기물 관리시설 건설의 실패를 거듭하면서 충분한 논의를 통한 국민적 공감대 형성이 반드시 거쳐야 할 단계임을 자각하게 되었다. 그 결과 공론화 준비작업을 꾸준히 진행하게 되었다.

### 〈 방사성폐기물 관리시설 부지확보 과정 〉

시기	계기	주요내용
국가 방사성폐기물 관리대책 의결 (1984)		
1984. 10	방폐물관리대책의결 (제 211 차 원자력위원회)	중저준위방폐장 원전부지 외부에 건설 정부주도의 방사성폐기물 비영리기관 설치 관리비용 발생자 부담
1차 추진 (울진, 영덕, 영일, 1986~1989)		
1986. 5	전국 부지환경 현황조사	전담기간 한국에너지연구소(현 한국원자력연구원)는 한국전력기술(주)에 전국을 대상을 부지환경 현황조사 용역 의뢰
1986. 7~ 1987. 9	경북울진, 영덕, 영일 3 개 후보지역 선정	중저준위방폐장 영구처분시설과 사용후핵연료 중간저장시설이 입지하는 것으로 추진
1989. 3	사업중단	1989년 임시국회를 통해 중저준위방폐장 건설계획이 알려지면서 지역 내 반대운동 발생으로 지질조사 중단
2차 추진 (안면도, 1990~1991)		



1990. 9	충남 안면도 원자력 제 2 연구소 설치 추진	사용후핵연료 중간저장시설은 한국원자력연구소 제2연구소 설립계획으로 개념을 변경하여 추진
1991. 6	사업철회	주민과의 사전협의 없이 비공개로 진행한 것이 알려지면서 안면도 주민 극심한 반대운동 전개로 사업 백지화
3차 추진 (6개 입해지역, 1991~1993)		
1991. 11	부지공모	44개 신청지역 중 지질 부적합 지역, 환경보전 지역, 인구밀집 지역 등을 제외한 7개 후보지역 도출
1991. 12	6 개 추천지역 선정	서울대 용역을 통해 강원도 고성, 양양, 경북 울진, 영일, 전남 장흥, 충남 태안 등 6개 추천지역 선정
1993. 3	사업철회	6개 추천지역과 부지공모 7개 후보지역에 안면도가 포함되었다는 사실이 알려지면서 반대운동 확산 서울대 용역 결과발표 이후 영일군 청하면 주민 반대시위를 전개함에 따라 사업철회
4차 추진 (장안읍, 울진군, 1993~1994)		
1993. 11	장안읍 입지추진 타당성 질의	부지확보 사전 주민협의, 시설지역에 대한 지원을 내용으로 하는 방축법 제정에 따라 양산군 장안읍 찬청 주민들이 입지추진 타당성 질의
1994. 3	유치추진 활동전개	장안읍발전추진위원회 결성하여 본격적인 유치운동 전개
1994. 5	장안읍 입지추진 포기	등교거부, 국도봉쇄, 발전소 출입 봉쇄 등 반대측의 극심한 반대활동으로 입지추진 포기
1994. 5	울진군 유치신청서 제출	울진군 기성면 지역주민 57%의 유치찬성을 서명받아 과기처에 유치신청서 제출
1994. 6	울진군 입지추진 포기	인근지역 주민들과 반원전단체들의 극렬한 반대로 공식 포기선언
5차 추진 (굴업도, 1994~1995)		
1994. 11	10 개 후보지역 선정	서울대 용역결과에 따라 도출된 6개 입해지역과 3개 도서지역(굴업도, 삼시도, 비안도) 및 주민대표들이 유치 신청을 했던 양산군 장안읍 등 10개 후보지역 선정
1994. 12	굴업도 최종 선정	외국사례, 국민 정서, 지역개발 효과, 지역의회 의견 등을 참고하여 원자력위원회 심의를 거쳐 단일후보지역 선정
1995. 12	굴업도 방폐물 관리시설지구 지정 해제	굴업도 인근 해저에서 활성단층 발견으로 취소

6차 추진 (7개 임해지역, 2000~2001)

2000. 6	부지유치 공모	영광, 강진, 진도, 고창, 보령, 완도, 울진 등 7개 지역이 유치청원
2001. 7	유치 실패	완도는 청원을 자진 철회, 그 외 지역은 지방의회 및 지자체장이 주민청원을 기각

7차 추진 (4개 원전 인근지역, 2002~2003)

2002. 12	후보부지 4 개 지역 도출	임해지역 47개 시군, 244개 읍면 대상 검토 과정을 통해 4개 지역 도출
2003. 2	4 개 후보지역 선정	울진군 산포리, 영덕군 우곡리, 영광군 성산리, 고창군 광승리 등 4개 후보지역 선정
2003. 6	부지선정 변경안 공고	유치지역 발전방안 및 양성자가속기 사업 연계 추진으로 4개 후보지 이외의 지역이라도 부지 적합성이 확인되면 유치신청 가능

8차 추진 (부안군, 2003. 7~2003. 12)

2003. 6	부안군 위도주민 유치청원서 제출	위도주민 10여명이 주민 80% 이상 서명을 받아 유치 신청을 요구하였으나, 부안군의회에서 부결
2003. 7	부안군 유치신청서 제출	군의회 부결에도 불구하고 부안군수와 부안군의회 의장의 유치신청서 제출
2003. 11	유치 실패	부안군내 격렬한 반대활동을 통해 중저준위방폐장 위도유치 백지화 요구

9차 추진 (경주, 군산, 영덕, 포항, 2004~2005)

2004. 12	신규유치공모 무산	울진, 고창, 군산, 영광, 완도, 장흥, 강화 등 7개시, 10개 군 지역에서 신청하였으나 지역내 갈등우려로 예비신청포기 기존 예비신청 지위를 갖고 있던 부안은 주민투표 미실시
2004. 12	방폐물관리대책 변경 (제 253 차 원자력위원회)	중저준위방폐물과 사용후핵연료 관리시설 분리 추진 사용후핵연료 관리방침은 국민공감대 하에서 추진
2005. 3	중저준위방폐장 유치지역 특별법 제정	중·저준위방폐장과 사용후핵연료 중간저장시설 분리 추진 부지선정절차의 투명성과 공정성 제고를 위해 민간인사들로 구성하는 부지선정위원회 구성
2005. 4	사전부지조사 시행	군산을 시작으로 사전 부지조사에 관심을 보인 경주, 울진, 영덕, 포항, 삼척순으로 조사시행
2005. 6	유치공모 공고	경주, 군산, 영덕, 포항 유치신청서 제출
2005. 11	주민투표 시행 및 유치지역	경주(89.5%), 군산(84.4%), 영덕(79.3%), 포항(67.5%)

## 2. 공론화

### (1) 사용후핵연료 공론화 추진결과

사용후핵연료는 원전 부지 내에 임시저장 중이며 시간이 흐를수록 포화상태에 가까워지고 있으나 관리대책은 미비한 상황이었다. 사용후핵연료 관리 문제는 지속적인 원자력발전을 위해서뿐만 아니라 이미 발생한 사용후핵연료의 안전관리 측면에서도 매우 중요한 문제이다. 특히 기술적 측면은 물론 사회경제적 측면에서 종합적으로 다루어야 하는 대표적인 사회적 갈등 과제이다.

정부는 1983년 방사성폐기물 관리사업 대책위원회를 설립한 후 1986년부터 방사성폐기물 처분시설 부지확보를 추진해왔다. 2004년까지 주민소요, 지질 부적합 등으로 방사성폐기물 처분장 부지선정에 9차례나 실패함에 따라 2004년 12월 제253차 원자력위원회에서 중저준위방사성폐기물과 사용후핵연료 중간저장시설을 분리하여 추진하기로 의결하고, 2005년 11월 원전 내 저장한 중저준위 시설의 포화가 예상되는 중저준위방사성폐기물 처분장 시설만을 먼저 건설하기 위해 경주를 처분부지로 최종선정하였다.

2007년 고준위방사성폐기물 처리를 위한 공론화가 필요하다는 문제제기에 따라 정부는 국가에너지위원회 산하에 사용후핵연료 공론화 TF를 구성하고 2009년 12월에는 방사성폐기물관리법 제6조의2 신설을 통해 공론화 추진 법적 근거를 마련하

였다. 정부는 2011년 11월부터 2012년 8월까지 공론화의 기본 틀을 만드는 차원에서 사용후핵연료 정책포럼을 운영하고, 2013년 10월 사용후핵연료 공론화위원회를 본격적으로 출범하였다.

사용후핵연료 공론화위원회는 2015년 6월 30일까지 약 20개월 간의 공론화 논의를 통해 사용후핵연료 관리방안 마련을 위한 정책적 권고를 산업통상자원부에 전달하였다. 권고안에 따라 정부는 2016년 7월 고준위방사성폐기물 관리 기본계획을 수립하고 고준위방사성폐기물 관리시설 부지선정절차 및 유치지역지원에 관한 법률안을 국회에 제출하였다.

## 5. 공론화 일정

□ 공론화 과정 전반을 ①공론화 기반 구축→②공론화→③권고안 구성 및 권고, 총 3단계로 구분하여 2014년 말까지 진행

<b>1</b>	<p><b>공론화 기반 구축(~'14.2)</b></p> <p>실행계획을 제출하여 공론화에 관한 기본 방향을 제시하고, 의견수렴 체계와 방법 등을 구체화</p>
<b>2</b>	<p><b>공론화('14.2~'14.10)</b></p> <p>실행계획에 따라 현안별, 의견수렴 대상별, 논의단계별 최적의 방법으로 의견을 수렴하고 이를 바탕으로 <b>사용후핵연료 관리 방안 마련</b></p>
<b>3</b>	<p><b>권고안 구성 및 권고('14.10~'14.12)</b></p> <p>공론화를 통해 마련한 사용후핵연료 관리 방안에 대해 종합적으로 검토하고 <b>대정부 권고안</b>을 작성하여 제출</p>

Page • 20



공론화위원회 추진일정(출처: 사용후핵연료 공론화위원회 홈페이지)

## (2) 사용후핵연료 공론화위원회 권고안

2015년 6월 29일 사용후핵연료 공론화위원회는 정부 측에 사용후핵연료 관리 최종 권고안을 제출하였다. 권고안의 주요내용은 다음과 같다.

1. 사용후핵연료 관리정책의 최우선 원칙은 국민의 안전. 사용후핵연료는 국가의 책임 하에 안전하고, 효과적으로 관리되어야 한다. 선택한 관리 기술이 관련 전문가들로부터 입증된 것이어야 하며, 기술적용의 결과가 미래세대에게 과도한 부담을 주지 않아야 한다.
2. 현재 임시저장시설에 보관 중인 사용후핵연료를 저장용량이 초과되거나 운영허가 기간이 만료되기 전에 안정적인 저장시설을 마련하여 옮기는 것을 원칙으로 한다.
3. 정부는 2051년까지 처분시설을 건설하여 운영해야 한다. 이를 위해 처분시설 부지 혹은 부지조건과 유사한 지역에 지하연구소(URL)의 부지를 2020년까지 선정하고, 건설과정에 착수하여 2030년부터는 실증연구를 시작하는 것이 바람직.
4. 사용후핵연료 처분시설과 지하연구소(URL)가 들어서는 지역에 주민이 참여하는 「환경감시센터(가칭)」를 설치합니다. 삶의 질을 높이고 안정적 경제기반을 구축하기 위해 지역에 비용을 지불하는 것이바람직. 첫째, 사용후핵연료 연구 및 관리기관을 포함한 유관기관을 지역에 두고 일자리 창출과 지역경제 활성화에 이바지. 둘째, 사용후핵연료 처분 수수료를 지자체에 납부한다. 셋째, 자연을 최대한 보존하고 여건을 고

려한 도시개발 계획을 수립하고 초기 비용은 특별지원금으로 부담한다.

5. 처분시설이 운영되기 전이라도 2020년에 선정된 지하연구시설(URL) 부지에 처분전보관시설을 건설하여 처분 전까지 보관할 수 있도록 한다. 불가피한 경우 각 원전 안에 단기저장시설을 설치하여 처분 이전까지 사용후핵연료를 보관할 수 있다. 이와 함께 국제공동 사용후핵연료 관리시설 마련을 위한 국가 간의 긴밀한 협력이 필요하다.
6. 만약 원전 안에 단기저장시설을 설치하여 한시적으로 사용후핵연료를 보관할 경우 「사용후핵연료 보관비용」을 지불한다. 투명하고 효과적인 비용 적립과 관리를 위해 주민재단(가칭)을 지역에 설립하여 운영한다. 현재 원전 안에 있는 사용후핵연료 대해서도 합리적인 비용지불에 대해 정부와 해당 지역 간에 구체적인 협의를 하는 것이 필요하다.
7. 사용후핵연료의 저장, 운반, 처분 및 독성과 부피를 줄이기 위한 기술개발의 우선순위를 정하고, 단계별 세부계획을 수립하여 실행해야 한다. 이를 위해서는 규제기준을 제시하는 것이 무엇보다 시급하다. 또한 다양한 전문가들이 사회적 책무를 갖고 기술개발을 주도할 수 있도록 제도적 장치를 마련하여 통합적 시스템을 운영해야 한다.
8. 사용후핵연료 관리의 안전성과 더불어 책임성, 안정성, 효율성, 투명성을 담보하는 것이 바람직. 이를 위해 정부, 민간사업자, 국민이 공사의 지분을 공유하고, 사용후핵연료 관련 기술개발과 단계별 관리를 책임지는 「사용후핵연료 기술·관리공사(가칭)」를 설립하는 것이 바람직.
9. 사용후핵연료 관리의 투명성, 안정성, 지속가능성을 담보하고 정책의 신뢰성을 확보하기 위해 「사용후핵연료 특별법(가칭)」을 조속히 제정하고 필요할 경우 기존의 법령을 개정한다.

10. 사용후핵연료 관리정책을 곧바로 수립하고 실행하기 위해 범정부 차원의 의사결정 기구인 「사용후핵연료정책 기획회의(가칭)」와 실무추진단인 「사용후핵연료 정책기획단(가칭)」을 정부조직 내에 구성해 운영한다.

### (3) 해외국가 공론화 사례의 시사점

원자력발전소를 가동 중인 모든나라에서 사용후핵연료의 안전한 관리와 처분이 가장 중요한 현안이기에 마련이다.

핵연료의 위협성으로 인해 영구처분 시설의 입지가 어려운 현실에서 스웨덴과 핀란드는 자국 내에서 공론화를 끝내고 사용후핵연료 처분시설의 입지절차에 들어갔다. 아직까지 기술적인 완성이 되지 않은 상황에서 두 나라가 영구처분장 입지선정이 라는 결론을 이끌어 낼 수 있었던 것은 두 나라의 정부에 대한 높은 신뢰 수준과 충분한 공론화 절차를 통한 사회적 합의 도출이 가능하였기 때문이다. 기술적 불확실성이슈 해결과 사회적 갈등 방지는 공론화 과정에 대한 정확한 이해와 추진을 통한 사회적 합의점이 도출될 때 가능하다.

향후 국가 중요한 정책을 추진할 때 세부적으로 설계된 공론화 과정을 도입하는 방안을 집중적으로 논의해야 할 것이다.

2011년 후쿠시마 원전사고 이후 메르켈 독일 총리는 2022년까지 모든 원자력 발전소 완전 폐쇄를 선언하였다. 이후 독일에서는 원자력 에너지의 대안으로 신재생 에너지에 대한 논의가 더욱 활발히 진행되고 있고, 북부의 풍부한 풍력원은 중요한 대안으로 떠오르게 되었다. 풍력 발전이 지리적으로 편중된 탓에 전력을 보내기 위한

송전선로 설치문제가 중요한 사회갈등 이슈로 부각되었다. 독일 연방환경부는 시민 단체 대표를 포함하는 TF를 구성하여 송전선로가 지나가는 지역 주민대표와 정부 및 시행자간 합리적 갈등조정을 진행하였다. 사업 시행사인 한국전력과 주무부처인 산업통상자원부가 갈등관리를 진행하고 있는 우리나라에게 시사점이 크다고 할 수 있다.

프랑스는 국가의 주요 이슈와 관련된 정책이나 사업은 전 국민의 공공토론을 일정기간 거쳐 공론화와 투명한 정보제공이 이루어질 수 있도록 하고 있다. 이를 담당하는 기관이 대통령 직속 위원회인 국가공공토론위원회이다. 제도의 성패는 철저한 준비와 더불어 위원회의 중립성 및 독립성 확보에 있다고 할 수 있다. 국가공공토론회 개최를 위한 여러기준이 명시되어 있으며 이를 바탕으로위원회가 토론회 개최를 결정하게 되어 있으나 3억 유로 이상의 예산이 소요되는 정부사업의 경우 기본적으로 공공토론이 실시된다. 공공토론에 부쳐진 사업계획 가운데 원계획이 수정된 사례는 70% 이상이고, 백지화된 사례도 있다. 공공토론 과정에서 사업계획은 더욱 매끄럽게 다듬어지고 정부에 대한 신뢰를 쌓게되어 사회적 갈등을 최소화하는 효과가 있다.

#### (4) 사용후핵연료 공론화 재검토

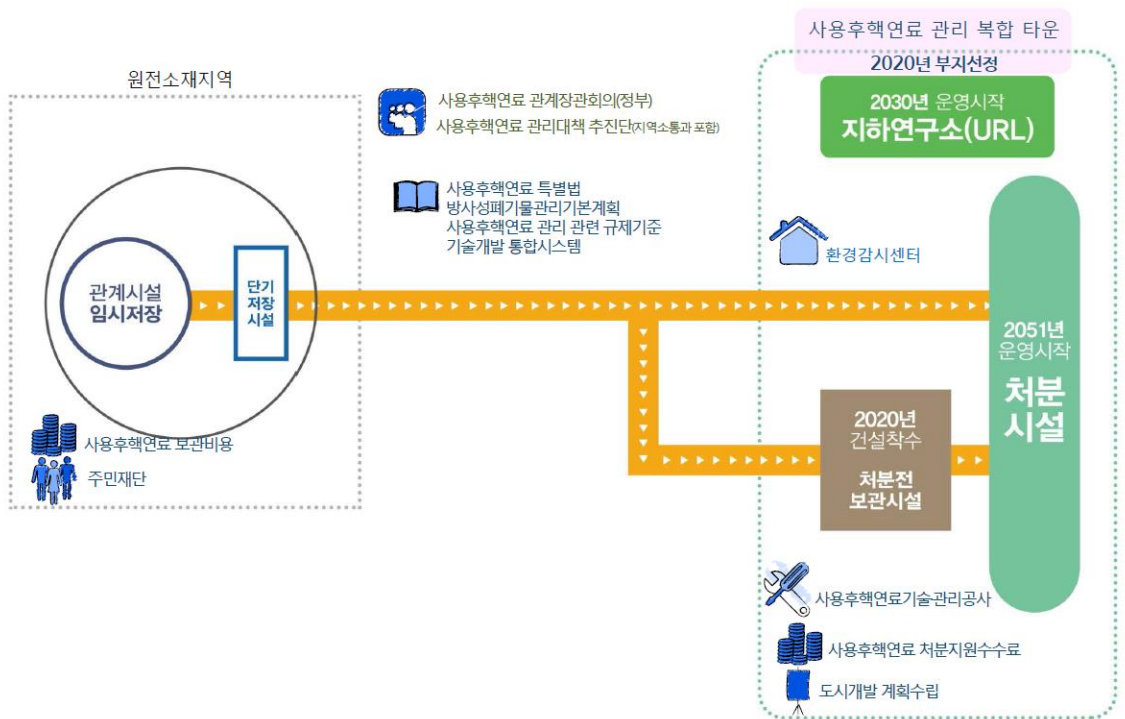
사용후핵연료 공론화는 출범 당시부터 운영이 순탄치 않았다. 또한 환경단체 및 원전소재지역 주민들은 공론화위원회 운영과 권고안에 대해 의견수렴이 부족하다는 문제를 지속적으로 제기해왔다. 특히 원전부지 내 사용후핵연료 임시저장 시설의 추가 건설과 관련하여 지역 내 갈등이 여전히 존재하고 있어 사회적 합의가 부족하였다는 평가도 있다. 정부의 고준위방사성폐기물 관리 기본계획과 관련 법률안도 부지



선정이 정부주도적이라는 비판이 있었다.

이와는 별도로 에너지전환에 따라 신규원전 6기 건설이 백지화되면서 사용후 핵연료 발생량이 약 25% 감소할 것으로 전망된다. 그에 따라 시설규모 등 계획 전반에 대해 적정성 검토가 필요하다는 의견이 제기되었다.

이러한 상황을 감안하여 정부는 사용후핵연료 공론화 재검토를 결정하고 2018년 5월 고준위방폐물 관리정책 재검토 준비단을 출범하였다. 준비단은 기본계획 재검토 과정을 “누구와, 무엇을, 어떻게 논의할 것”인지 큰 틀에서 설계하는 역할을 맡게 된다. 즉, 재검토의 목표, 실행기공, 구성방안, 의제선정, 의견수렴 방법 등을 중점적으로 논의하고 산업통상자원부에 정책건의서를 전달하게 된다. 산업통상자원부는 준비단의 논의결과를 바탕으로 2018년 말부터 본격적인 고준위방사성폐기물 관리정책 재검토에 착수할 예정이다. 재검토 권고안에 따라 기본계획도 변경될 예정이다.



사용후핵연료관리 권고안 개략도(출처: 공론화위원회 사용후핵연료관리 권고안)

### 3. 기본계획과 관련법률

#### (1) 기본계획

산업통상자원부는 공론화위원회 권고안에 따라 2016년 7월 사용후핵연료 관리 기본계획을 수립했다. 동 계획은 고준위방폐물의 안전한 관리를 위한 세부절차를 제시한 권고안을 기반으로 정부가 수립한 중장기 사용후핵연료 관리 로드맵이다.

권고안에서는 동일부지에 3단계로 구성된 고준위방폐물 관리시설의 건설일정을 제시했고, 일정대로 이행이 불가피할 경우 각 원전내 단기 건식저장시설 설치를 제안하였다. 권고안의 일정에 따르면 2020년까지 지하연구시설 부지확보 및 중간저장시설 건설, 2030년 지하연구시설 가동, 2051년 영구처분장 운영으로 정하고 있다. 그러나 2018년 현 시점에서 권고안 대로의 일정은 맞추기 어려울 것으로 보인다.



주요 정책 추진과제(출처: 산업통상자원부)

기본계획의 핵심내용은 다음과 같다.

첫째, 정부는 부지선정과 관련된 절차와 방식을 단계적으로 수립한다. 결코 정부가 직접 특정지역을 후보지로 지정하거나 긴박하게 부지를 정하는 것이 아니다. 중간저장시설, 인허가용 지하연구시설, 영구처분시설을 동일부지에 함께 설치하되 국제공동저장 및 처분시설 확보 노력도 병행한다. 조사와 절차를 거쳐 부지를 선정하는데 최소 12년이 소요된다. 부적합지역을 배제하고 주민의사 확인까지 8년, 부지의 심층조사에 4년이 소요됨을 전망하고 있다. 부지선정에 있어 우리나라의 경우 좁은 국토여건과 고준위방폐물의 이동최소화를 감안할 필요가 있다. 부지가 확보되면 중간저장 시설은 7년간 건설하여 가동, 영구처분 시설은 부지확보시점에서 24년간 건설 후 운영을 목표로 하고 있다. 기본계획에서는 부지 확보가 예정대로 진행될 경우 중간저장 시설은 2035년경, 영구처분 시설은 2053년경 가동될 것이다. 국내처분뿐만 아니라 국제공동저장 및 처분의 가능성도 대안으로 두고 있다.

둘째, 안전성에 대해 일반국민들이 신뢰할 수 있도록 필요한 핵심기술들은 적극 개발하여 적기 확보를 위해 노력한다. 산업계, 학계 등과 역할을 나누어 저장, 재활용, 운반, 처분 등 다양한 분야별 핵심기술을 조속히 확보할 계획이다. 임시저장을 위해 건식저장용기 및 시설물에 대한 설계, 건설, 운영 기술의 확보와 인허가 획득도 추진한다. 처분과 관련해서는 부지평가기술 개발을 통해 부지선정과정에 적용하고 지하연구시설을 운영하여 처분의 안전성을 입증할 계획이다. 특히, 2015년 11월에 발효된 신한미원자력협정으로 파이로 프로세싱 등 사용후핵연료 관리를 위한 재활용 기술을 이용할 수 있게됨에 따라 다양한 제도를 적극 활용할 계획이다.

셋째, 국민은 물론 해당 지역주민의 수용성을 확보하기 위해 노력하고 고준위 방사성폐기물 관리를 위한 소요비용은 방사성폐기물관리기금에서 충당한다. 중립적 인사와 투명한 정보공개 등을 통해 부지선정을 위한 조직 구성 및 지역주민들과의 소통을 지속적으로 전개해 나갈 계획이다. 또한 고준위방폐물관리시설에는 주민주도

의 감시기구 설치도 검토할 예정이다. 소요되는 재원은 관계부처와 협의하되 발생자 부담원칙에 따라 원자력발전사업자가 방사성폐기물관리기금에 연차적으로 납부하게 된다.

기본계획을 권고안과 비교하면 아래 표와 같다.

### 〈 공론화위원회 권고안과 기본계획 비교 〉

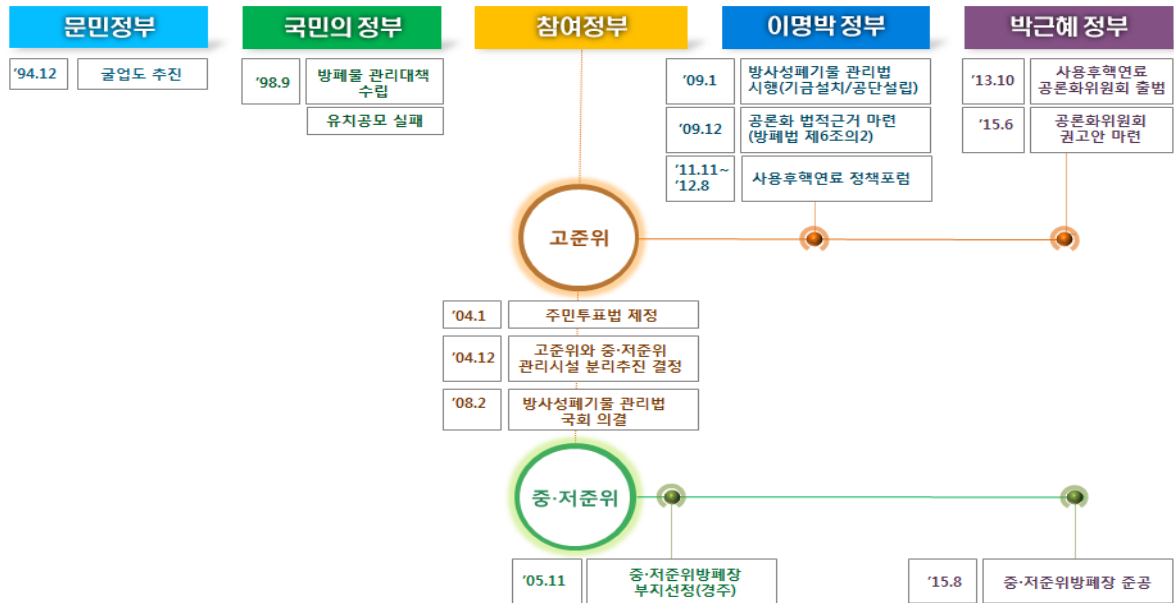
권고안	기본계획
사용후핵연료 관리정책의 최우선 원칙은 국민의 안전으로 국가의 책임하에 관리하고 미래세대에게 부담을 주면 안됨	① 국가 책임하에 관리, ② 국민의 안전을 최우선으로 고려, ③ 국민 신뢰하에 관리, ④ 현세대가 고준위방폐물 관리책임 부담, ⑤ 고준위방폐물 관리의 효율성 제고 등 5대 관리원칙으로 반영
임시저장시설에 보관 중인 사용후핵연료는 저장용량이 초과되기 전에 안정적인 저장시설로 이송·저장함을 원칙	원전내 저장시설용량이 초과되기 전에 안정적인 저장시설로 이송하기 위해 원전 외부에 관리시설(중간저장시설, 영구처분시설 등)과 국제공동저장·처분시설 확보방안 제시
정부는 2051년까지 처분시설을 건설하여 운영해야 하며, 이를 위해 지하연구소(URL) 부지를 2020년까지 선정 필요	부지확보 절차는 ①과학적 타당성과 ②절차적 정당성이 기본이며, 최소 12년이 소요될 것으로 예상 / 중간저장시설은 부지확보 시점부터 7년간 건설 후 운영하고, 영구처분시설은 부지확보 시점부터 24년간 건설후 운영 목표/ 전체적으로 권고안 대비 부지 확보 시점은 일정기간 늦어지나, 지하연구소(URL)와 영구처분시설 가동 시점은 거의 비슷할 것으로 예상
사용후핵연료 처분시설과 지하연구소(URL)가 들어서 지역주민의 삶의 질 향상을 위해 안정적 경제기반 구축 지원 필요	현행법상 기본계획(안)에 포함되는 사항이 아니나, 유치지역에 대한 지원은 반드시 필요하므로 향후 부지선정 등 절차가 진행되는 시점 이전에 지원근거와 합리적인 방안을 마련할 계획
2020년에 선정된 지하연구소(URL) 부지에 처분전 보관시설을 건설하여 처분 전까지 보관할 수 있고, 불가피한 경우 각 원전안에 단기저장시설을 설치할 수 있으며, ‘국제공동 사용후핵연료 관리시설’ 마련을 위	처분시설이 위치하는 부지 내에 처분전보관시설로서 중간저장시설 건설(약 7년 소요). 운영 추진 / 국내의 사용후핵연료 관리시설 확보시점 이전까지 한시적으로 사용후핵연료를 안전관리하기 위해 원전내

한 국가간의 긴밀한 협력 필요	저장시설 확충/국제공동저장. 처분시설 확보 노력을 병행하되, 국내 관리시설 부지선정의 진척도와 해외 동향을 감안하여 추진여부 결정
원전 안에 단기저장시설을 설치하여 사용후핵연료를 보관할 경우, 「사용후핵연료 보관비용」을 지불	중간저장과 영구처분 등 원전외부에 관리시설 가동 시점까지는 불가피하게 원전내에 저장시설을 확충해야 하는 만큼, 합리적 수준에서 지역지원(원자력 발전사업자)
기술개발의 우선순위를 정하고, 단계별 세부계획을 수립·실행하여야 하며, 기술 개발을 위한 통합적 시스템 운영 필요	고준위방폐물 관리기술 지속 개발 및 사용후핵연료 관리기술 개발계획 별도 수립
정부, 국민 등이 공사의 지분을 공유하고, 기술개발과 단계별 관리를 책임지는 「사용후핵연료 기술·관리공사(가칭)」 설립이 바람직	현재로서는 안전한 관리절차 마련에 우선순위가 있고, 아직 부지선정이 완료되기까지 시간적 여유가 있는 만큼, 새로 설치되는 부지선정 기구에서 해외 사례 연구, 기존 조직과 차별성과 타당성 등을 종합 고려하여 방향을 설정하는 것이 바람직
정책의 신뢰성을 확보하기 위해 「사용후핵연료 특별법(가칭)」을 조속히 제정하고 필요할 경우 기존의 법령을 개정 필요	과학적 부지조사방식, 부지선정 절차 등 투명하고 객관적인 절차를 담은 (가칭) 「고준위방폐물 관리 절차에 관한 법률」 제정추진
사용후핵연료 관리정책 수립과 실행을 위해 범정부 차원의 의사결정 기구인 「사용후핵연료 관계장관 회의(가칭)」와 실무추진단인 「사용후핵연료 관리대책 추진단(가칭)」을 구성·운영 필요	부지조사 등에 대한 객관성과 투명성 확보를 위해 (가칭) 관리시설전략위원회를 의결자문위원회 기구로 설치. 운영하고, 지원조직으로서 (가칭)기획추진단 설치. 운영 추진

출처: 산업통상자원부

최종처분 시설확보 시점까지 장기간이 소요되므로 한시적 관리방안도 병행하여 추진한다. 먼저 원전내 건식 저장시설을 확충한다. 중간저장, 영구처분 등 관리시설 건설지연으로 인한 것인 만큼 원전 내부의 저장시설 책임을 가지고 있는 사업자가 지자체와 협의하여 합리적인 수준으로 지원할 계획이다. 국제적으로 기술 안전성이 입증된 건식저장방식을 선택하고 월성, 한빛, 고리 원전에 178,330 다발을 저장할 수 있는 시설을 건설한다.

사용후핵연료를 포함한 고준위방폐물 정책은 지난 1983년부터 역대 정부에서 아홉 차례에 걸쳐 추진하였으나 무산되었다. 그러나 그 과정에 사회적 갈등을 해결해 나가는 방식에 대한 교훈을 얻었다. 그 토대 속에서 2005년 중저준위방폐장 건설이 이루어졌다.

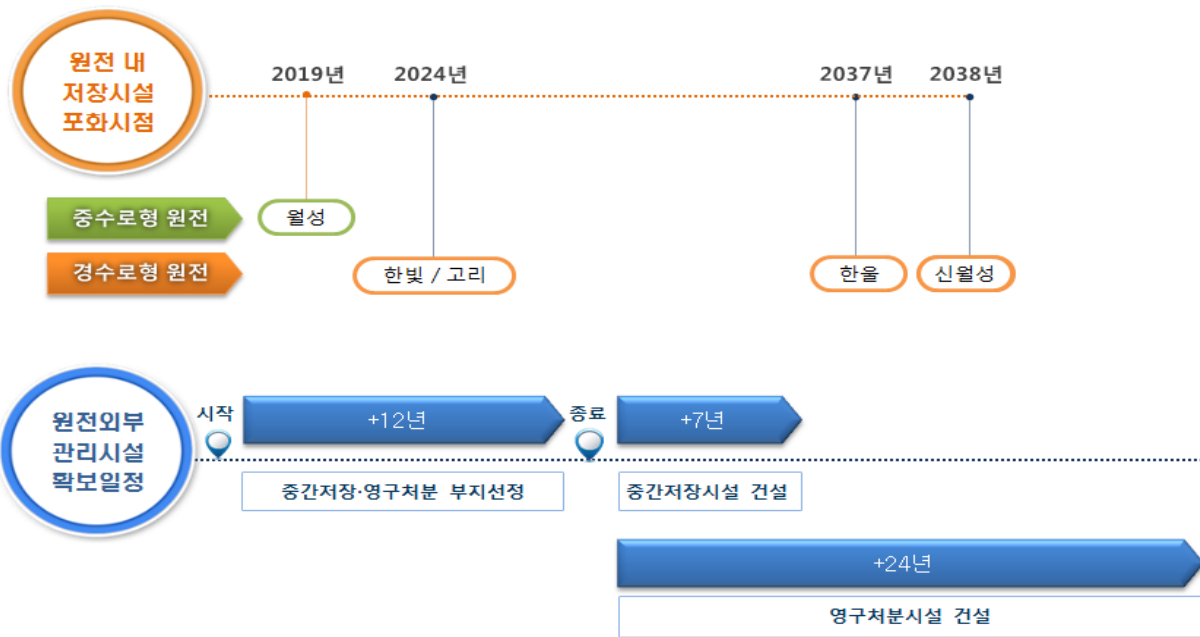


역대정부의 고준위방폐물 관리정책(출처: 산업통상자원부)

고준위방폐물 정책은 지난 18대 국회의 여야가 다양한 의견 수렴을 위해 공론화의 법적근거를 마련하였다. 사용후핵연료 공론화위원회는 2003년 10월부터 20개월간 다양한 의견 수렴활동을 통해 권고안을 도출했다. 이를 바탕으로 정부는 고준위방폐물 관리 기본계획을 수립하였다.

## (2) 현행법률

방사성폐기물 관리와 관련한 현행법률로는 기본법인 「방사성폐기물 관리법」과 방사성폐기물관리시설 등의 건설 및 운영허가와 관련한 「원자력안전법」이 있다.



향후 고준위방폐물 관리정책(출처: 산업통상자원부)

「방사성폐기물 관리법」은 중저준위폐기물뿐만 아니라 고준위방사성폐기물을 통합하여 규정한 법으로 방사성폐기물의 전반적인 관리 사항을 포함하고 있다. 또한 이 법은 방사성폐기물 관리에 있어서 다른 법률보다 우선적으로 적용할 것을 정하고 있다. 이 법에서는 국가와 지자체, 사업자와 발생자의 협력의무를 규정해 놓고 있어 방사성폐기물 관리의 효율적이고 안전한 관리를 도모하고 있다. 또한 사용후핵연료의 공론화와 사용후핵연료의 관리를 위한 기금을 조성하는 내용을 포함하고 있어 향후 방사성폐기물의 처분에 관련한 사항도 담겨 있다.

「원자력안전법」은 원자력의 연구, 개발, 생산, 이용 등에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정한 법으로 방사선에 의한 재해 방지와 공공안전을 도모할 것을 목적으로 한다. 이 법은 방사성폐기물 처분시설의 건설과 관련된 안전규제를 규정하고 있다. 또한 사용후핵연료 처리사업자의 지정과 처분에 관한 사항을 규정하고 있어 사용후핵연료 관리에 근거가 되는 법률이라 할 수 있다.

하지만 두 법으로는 고준위방사성폐기물 관리시설을 건설하기 위한 부지선정 조직과 절차 등 법제도적 기반이 미흡하다. 이에 정부는 사용후핵연료 공론화위원회의 권고안에 따라 사용후핵연료 관리 기본계획을 수립하고 집행에 필요한 법률안을 2016년 11월 2일 제출했다. 이어 신창현 의원도 11월 10일 사용후핵연료 관리와 관련된 법률안을 발의하여 국회에 제출했다. 두 법안이 국회에 계류 중인 가운데 새 정부가 들어서고 2018년 7월 부지선정의 공론화와 관련한 고준위방사성폐기물 관리에 관한 특별법안이 우원식 의원에 의해 발의되어 국회 계류 중이다. 즉, 사용후핵연료 관리와 관련된 법안은 현재 총 3개이며 모두 국회 심사 중이다.

정부안은 부지를 정한 뒤 동일 부지에 중간저장 및 영구처분 시설을 모두를 설치하는 것을 규정하고 있으나, 신창현 의원안은 영구처분 시설과 관련한 내용은 제외하고 중간저장 시설의 부지를 정하는 절차만 담고 있다. 방사성폐기물 처리장의 경우 혐오시설로 인식되어 두 시설을 한꺼번에 설치할 경우 지역 주민의 저항이 거세질 것을 염려한 취지이다.

또한 정부안에는 영구처분 시설, 지하연구시설, 중간저장 시설 등의 유치 지역 선정 절차를 포함하였으나, 신창현 의원안은 중간저장 시설의 유치만을 규정하고 절차로서 주민투표를 규정하고 있다.

한편, 우원식 의원안은 고준위방사성폐기물의 위험성이 지역주민에게는 큰 부담이 되므로 관리계획 수립과 부지선정 과정에서 충분한 사회적 공론화 절차를 거치고 부지 관할 지역 주민투표를 거쳐 지역주민의 수용여부 의사를 확인하는 절차가 필요함을 지적했다. 이에 고준위폐기물 관리 및 부지선정 과정에서 투명성을 높이고 갈등을 최소화하기 위해 정부안 및 기존 관련법의 미흡한 점을 보완하고 고준위방사성폐기물의 안전한 관리를 위한 정책과 의무를 규정하고 있다. 이 법안에는 중간저장 시설, 영구처분 시설 부지 선정에 관한 절차뿐만 아니라 공론화, 고준위방사성폐기물 관리 및 처분에 대한 일반 정책 관련 사항도 포함하고 있다. 기존의 두 법안에서 미흡



한 부분을 보완하고 있다고 할 수 있다.

기존의 두 법안에 따르면 부지 선정 외 고준위방사성폐기물 관리에 대해서는 「원자력안전법」, 「원자력진흥법」, 「방사성폐기물관리법」에 의해 규율되는 것이나, 위원회 의원안이 입법화될 경우 고준위방사성폐기물 관리 정책 등도 동 안에서 정하는 대로 따라야 하게 된다.

계류 중인 법안들을 비교하면 다음과 같다.

〈 사용후핵연료 관리 관련 계류중인 법률안 비교 〉

구분	정부안(2016)	신창현 의원안(2016)	우원식 의원안(2018)
정의규정	처리 정의 無	처리 정의 無 최종처분시설, 지하연구 시설 정의 無	처리 정의 有
책무	-	-	국가, 지자체, 고준위방폐물 발생자, 관리사업자 책무 규정
위원회	부지선정위원회(산업통상자원부장관 소속, 부지적합성조사계획 수립, 부지 도출 등을 심의)	부지선정위원회(국무총리 소속, 중간저장시설 부지적합성 조사계획 수립, 부지 도출, 유치지역 지원계획 등을 심의)	고준위방폐물 안전관리위원회(국무총리 소속, 고준위방폐물 관리 기본계획 수립, 부지적합성 조사계획 수립, 부지 도출, 사용후핵연료 처리 및 처분에 필요한 사항 등을 심의)
기본계획	-	-	기본계획: 산업통상자원부장관이 5년마다 수립 시행계획: 관리사업가 매년 수립

공론화	-	-	사회적갈등이 예상되는 사항에 대해 공론화 실시
부지선정	관리시설 부지선정 절차: 부지적합성 조사계획수립-기본조사후보지 도출-관할지자체 신청을 받아 기본조사 대상부지 선정 및 평가-심층조사 후보부지 도출평가-관리시설 예정부지 선정-전원개발 예정구역 지정고시	중간저장시설 부지선정 절차: 부지적합성 조사계획수립-기본조사후보지 도출-관할지자체 신청을 받아 기본조사 대상부지 선정 및 평가-심층조사 후보부지 도출평가-중간저장시설 예정부지 도출-주민투표 실시-중간저장시설 선정	관리시설 부지선정 절차: 부지적합성 조사계획수립-기본조사후보지 도출-관할지자체 신청을 받아 기본조사 대상부지 선정 및 평가-심층조사 후보부지 도출평가-관리시설 예정부지 도출-주민투표 실시-관리시설 선정
주변지역지원	유치지역지원위원회 설치를 통해 지원	부지선정위원회에서 유치지역 지원에 관한 사항까지 심의의결	관리시설 주변지역 지원위원회 설치를 통해 지원
지하연구시설	관리시설 예정부지 선정 전 사전검증용 연구시설 설치 관리시설 예정부지 선정 이후 처분시설 건설 전 부지 내 인허가용 연구시설 설치	-	처분시설 부지선정 전 사전검증용 연구시설 설치 처분시설 부지선정 이후에는 부지 내 인허가용 연구시설 설치
관리정책	-	-	고준위방폐물 관리기준 고준위방폐물 관리기반조성 고준위방폐물 안전관리 기술개발 사업 전문인력양성사업
임시저장시설	원전내 사용후핵연료 저장 시설 건설시, 산업통상자원부장관 등은 소재 주변지역 지원방안을 마련	-	임시저장시설 건설 시 주민의견 수렴 임시저장시설 저장용량은 원전 내 건설 또는 운영중인 발전용원자로의 설계수명 기간 동안 발생할 것으

---

로 예측되는 양을 초과하여서는 아니됨  
임시저장시설에는 타 원자력발전소에서 발생하는 사용후핵연료 반입금지  
산업통상자원부장관은 소재 주변 지원을 위한 방안 마련

국제협력

국제협력을 통해 고준위방 폐물의 국외처리 가능

-

---

출처: 우원식 의원안 국회 검토보고서

## 4. 쟁점과 현안

### (1) 사용후핵연료 발생량의 불확실한 전망

사용후핵연료 발생은 원자력발전소의 운영 및 계속운전의 여부 등에 의해서 영향을 받는다. 그럼에도 고준위방사성폐기물 관리 기본계획은 제7차 전력수급기본계획이 그대로 진행된다는 가정하에 수립되었다. 단 하나의 상황만을 가정한 계획은 추후 관리시설 건설과 입지 선정과정에서 불확실성과 갈등을 유발할 수 있다. 그 결과 실증단계에서 정부 및 사업자들의 대응을 어렵게 만들고 사업의 원활한 진행을 방해할 수 있다.

2017년 5월 국회입법조사처는 사용후핵연료 발생량의 불확실성을 확인하기 위해 여러가지 시나리오를 가정하여 시뮬레이션을 수행했다.

1. 수명연장 없는 시나리오: 제7차전력수급계획을 그대로 이행하되 원전의 수명연장을 고려하지 않음
2. 10년 연장 시나리오: 제7차전력수급계획을 그대로 이행하되 고리 1호기를 제외한 모든 원전이 1회의 계속 운전을 실시하여 설계수명보다 10년을 더 가동함
3. 20년 연장 시나리오: 제7차전력수급계획을 그대로 이행하되 고리 1호기를 제외한 모든 원전이 2회의 계속 운전을 실시하여 설계수명보다 20년을 더 가동함
4. 탈원전 시나리오: 신고리 5·6호기까지만 제7차전력수급기본계획대로 건설을 하며 이후 모든 원전을 건설하지 않고 수명연장도 하지 않음
5. 원전의 평균 이용률을 90%로 가정하고, 발전기가 폐쇄되는 마지막 연도에는 연료의 사용 여부와 관계없이 남은 모든 연료를 사용후핵연료로 가정함

새 정부가 들어서고 탈원전이 현실화되었다. 신고리 5, 6호기는 공론화를 통해 계속 건설이 가능하게 되었지만, 그 이후 신규 원전건설은 더 이상 없을 것이고 기존의 원전도 점차 가동을 중단할 것이다. 탈원전 시나리오와 유사한 상황이 발생한 것이다.

기본계획 상 시나리오는 제7차 전력수급기본계획에 반영된 신규원전 2기를 포함한 총 36기의 최초 가동연한까지 운영하는 것으로 가정하고 있다. 이에 따른 사용

후핵연료 발생량은 경수로형에서 73,110다발, 중수로형에서 255,840다발이 예상된다.

〈 기본계획 상 사용후핵연료 발생전망(단위: 다발) 〉

경수로							중수로
한빛	고리	한울	신월성	천지	신규	소계	월성
6,036	21,946	23,387	3,857	8,942	8,942	73,110	255,840

한편, 시뮬레이션의 결과를 살펴보면 탈원전의 경우 2030년 경수로에서 36,212다발, 중수로에서 643,037다발, 2070년 경수로에서 61,247다발, 중수로에서 642,037다발이 발생한다. 기본계획 상 전망과 차이가 존재한다. 시뮬레이션 결과는 다음 표와 같다.

〈 시나리오별 사용후핵연료 발생량, 용량, 발전량 〉

구분	시나리오	2020 년	2030 년	2050 년	2070 년	2100 년
경수로 (다발)	탈원전	24,823	36,212	52,561	61,247	65,596
	수명연장없음	24,823	36,519	61,248	78,315	90,318
	10 년 연장	24,823	37,227	67,039	87,062	107,255
	20 년 연장	24,823	37,227	70,393	95,122	120,212
	최대최소 비율	0%	3%	25%	36%	45%
중수로 (다발)	탈원전	500,597	643,037	643,037	643,037	643,037
	수명연장없음	500,597	643,037	643,037	643,037	643,037
	10 년 연장	500,597	716,597	859,037	859,037	859,037
	20 년 연장	500,597	716,597	1,075,040	1,075,040	1,075,040
	최대최소 비율	0%	10%	40%	40%	40%
원전용량 (MW)	탈원전	25,929	19,600	10,600	7,600	-
	수명연장없음	25,929	28,400	19,400	16,400	-
	10 년 연장	25,929	37,529	24,400	16,400	-
	20 년 연장	25,929	37,529	28,400	19,400	11,600
	최대최소 비율	0%	48%	63%	61%	100%
원전발전량 (GWh)	탈원전	204,422	154,526	83,570	59,918	-
	수명연장없음	204,422	223,906	152,950	129,298	-
	10 년 연장	204,422	295,876	192,370	129,298	-
	20 년 연장	204,422	295,876	223,906	152,950	91,454
	최대최소 비율	0%	48%	63%	61%	100%

출처: 국회 입법조사처 현안보고서(2017)







원전의 건설 호기 수 및 기존 원전의 수명연장에 따라 사용후핵연료 발생량은 달라진다. 이는 처분시설의 부지규모를 결정하는 핵심 근거가 된다.

시뮬레이션 결과에 따르면 경수로형 사용후핵연료는 수명 연장을 2회씩 한 시나리오가 탈원전 시나리오에 비해 최종적으로 83% 이상 많은 양을 발생시키고, 중수로형 사용후핵연료는 20년씩 연장하여 원자료를 사용하는 시나리오가 탈원전 시나리오에 비하여 약 67% 정도의 사용후핵연료를 더 많이 발생시킨다. 화석연료의 가격 급등이나 자원 고갈이 이루어져 기존 원전의 수명 연장이나 신규 발전기가 도입하게 되면 사용후핵연료의 발생량은 다시 변동하게 될 것이다.

#### 〈 정부계획 상 저장시설 규모 〉

구분	경수로	중수로
지하처분시설저장규모	89,407 다발	664, 637 다발
중간저장시설	42,839 다발	664,637 다발
합계	132,246 다발	1,329,274 다발
정부추정 최종발생규모	89,407 다발	664,637 다발
중간저장시설 부지면적	322,631m <sup>2</sup>	
지하처분시설 부지면적	8,065,600m <sup>2</sup>	
최종건설액	53 조 2,810 억원	

출처: 산업통상자원위원회(2016)

산업통상자원부는 지하처분시설의 규모를 8,065,600m<sup>2</sup>로 예상하고 있다. 이 규모는 제7 차 전력수급기본계획상의 사용후핵연료 다발을 전부 처리할 수 있는 규모이다. 만약 7차전력수급계획대로 원전을 건설하고 이를 10년씩 1회 연장하게 되면 경수로 사용후핵연료는 107,255다발로 지하처분시설의 용량은 부족하게 될 것이다. 보고서에서는 그에 따라 부족한 부분에 대해서 제2의 처분시설을 건설해야 할 것인지, 발전소 내에서 임시저장할 것인지, 중간저장시설을 활용해야 할 것인지 등의

문제가 다시 제기될 것이라고 지적하고 있다. 지하처분저장시설과 중간저장시설을 합하면 경수로의 경우 132,246다발을 저장할 수 있다.

한편, 영구처분 이전 재처리도 고려할 수 있을 것이다. 우리나라 기술개발에 따라 소듐냉각고속로 개발을 성공한다면 사용후핵연료의 대부분을 제거할 수 있을 것이다. 그러나 중간저장은 필요하다. 습식처리를 통한 MOX는 사용후핵연료를 10~20% 정도 줄이는데 반해 파이로 프로세싱과 고속로에서 처리하면 사용후핵연료 대부분을 감소시킬 수 있다. 방사성 독성도 자연계 수준으로 감소되는데 현재 기술은 10만 년 정도이나 고속로에서 연소가 이루어지면 500년 수준으로 감소한다. 하지만 고속로 개발이 성공한다고 하더라도 사용후핵연료를 전부 태울 수 있는 용량이 안 될 것이므로 사용후핵연료를 중간저장시설에 저장하였다가 필요시에 가공을 해야 한다. 물론 파이로 프로세싱이라는 사용후핵연료 가공 시설 및 실증용 소듐냉각고속로 건설 자체를 반대하는 입장도 있다. 재처리 관련 쟁점은 새로운 질에서 다룰 것이다.

중간저장시설에서 얼마 동안 중간저장을 할 것인가에 대한 설정기간은 지하처분시설의 역할과 부지 면적 및 경제성에 영향을 미친다. 정부안에서 정의된 관리시설의 면적은 사용후핵연료의 물리적 양(다발 수)이 아닌 최종 처리되는 사용후핵연료에서 발생하는 온도 및 연료 종류(경수로/중수로)가 더 큰 영향을 미친다. 중수로에서 발생한 사용후핵연료의 다발 수는 양적으로 많지만 사용후핵연료에서 발생하는 온도가 낮아 조밀하게 매장할 수 있다. 반면에 경수로의 경우 사용후핵연료의 온도가 높기 때문에 매장된 사용후핵연료 간 온도 전달이 되지 않게 충분한 간격을 유지해야 한다. 따라서 지상에서 방사성을 차폐한 후 열을 식혀 저장하면 그 면적을 축소시킬 수 있는데, 사용후핵연료의 중간저장시설에서의 저장기간에 대한 사회적 합의가 필요하다.

## (2) 고준위방사성폐기물 관리시설의 건설 시기

입법조사처 보고서(2017)에 따르면 사용후핵연료 처분과 관련하여 영구처분 시설 건설 시기의 문제를 두고 입장 차이가 존재한다고 지적하고 있다. 사용후핵연료를 저장하고 있는 습식 저장시설이 포화되면 원자력발전소가 정지된다. 이는 국가의 전력수급 등에 영향을 미치므로 사용후핵연료 처분을 우선 결정해야 한다는 입장이 있는 반면, 원전이 정지되더라도 전력수급에 영향이 없다면 합리적 의사결정 과정을 거쳐서 처분시설의 건설을 결정하여야 한다는 주장이 상존하고 있다.

전자는 원자력산업계의 주장이다. 관련 법안의 통과가 지연되면 부지선정 및 시설 입지 또한 지연된다. 이로 인해 원전 내 사용후핵연료 저장시설이 포화에 이르게 되어 원전 운영에 문제가 발생하게 된다. 이는 결국 전력수급에 문제를 일으키게 된다는 논리이다. 중수로형 월성원전은 2019년부터 격납건물 내의 수조 및 건식저장 시설의 포화가 예상되고, 경수로형 원전도 한빛(영광), 고리는 2024년 한울(울진)은 2037년, 신월성은 2038년 순으로 저장시설의 포화가 예상된다.

한편 후자를 주장하는 측에서는 전력수급의 문제는 석탄 및 천연가스 등의 대체 발전원이 있기 때문에 전체 전력시스템의 입장에서 전력수급의 차질이 없을 것이라고 주장하고 있다. 제7차 전력수급기본계획에 따르면 2019년 예비율은 23.7%이며 2024년의 예비율은 22.4%이다. 원전이 정지하여 전력수급에 문제가 발생할 것으로 예상되면 건설공기가 짧은 LNG 복합화력 발전기를 건설하는 방법도 염두해두고 있다. 다만, LNG의 이용은 전력요금 인상으로 이어질 수 있다.

저장시설의 포화문제를 해결하기 위해 필요한 1차적인 기술은 육상에서 보관할 수 있는 건식저장기술이므로, 건식저장기술을 우선 확보하면 사용후핵연료 처분장 건설 논의에 대한 시각적인 여유를 확보할 수 있다. 경수로 사용후핵연료에 대한

건식 저장기술을 확보하지 못하면 수조에서 육상으로의 반출이 불가능하므로 이에 대한 기술개발이 선행되어야 할 것이다. 경수로형 사용후핵연료의 건식저장기술은 임시저장기술이면서 동시에 중간저장 기술이기도 하다.

### (3) 처분비용의 적정성

고준위방사성폐기물 관리 기본계획에서는 소요재원은 방사성폐기물 관리법 제 15조에 따라 원자력발전 사업자에게 ‘사용후핵연료 관리부담금’을 부과, 징수하여 확보하는 계획을 가지고 있다. 2008년까지는 전기사업법에 따라 사용후핵연료 관리비용, 중·저준위폐기물 관리비용 및 원전해체비용 등을 한수원에서 자체 충당금으로 적립해왔으나, 방폐법의 시행으로 2009년부터는 중·저준위폐기물 및 사용후핵연료 관리비용을 각각 방사성폐기물관리기금으로 적립하고 있다. 방폐법 제15조에서는 사용후핵연료관리부담금에 대해 ‘산업통상자원부장관은 방사성폐기물 관리사업 중 사용후핵연료의 관리에 관한 사업을 원활하게 수행하기 위하여 원자력발전사업자에게 사용후핵연료의 종류·발생량, 단위발생량 당 소요비용 등 대통령령으로 정하는 기준에 따라 산정된 사용후핵연료관리부담금을 부과·징수한다.’고 규정한다.

산업통상자원부에 따르면 중간저장시설, 영구처분시설 부지 조사 및 확보, 건설, 운영비 등 고준위방사성폐기물 관리사업에 필요한 예산은 약 53조원에 달할 것으로 전망하고 있다. 먼저 최종처분 시설 운영 이전에 사용후핵연료를 40~50년간 보관할 수 있는 중간저장 시설에 약 21조원이 소요된다. 세부적으로는 중간저장 시설 부지확보와 건설에 1,794억원, 사용후핵연료 저장용기에 11조 2,412억원, 사용후핵연료 운반에 6,774억원, 시설 운영에 2조 6,596억원이 필요하다. 이후 영구처분 시설을 건설하고 운영하는 데 드는 비용은 약 33조에 가깝다. 부지조사에 1조 2,835억원, 부지평가에 6417억원, 처분용기와 지하연구시설 연구개발에 8,613억원, 지하시설 건설

에 2조 2,214억원, 처분용기와 처분하는데 16조 6,347억원 등이 소요된다.

그러나 2017년 말 현재 방사성폐기물 관리기금 사용후핵연료 계정에 5조 3,133억원을 적립하고 있어 53조원이라는 막대한 예산을 충족시키기에는 턱없이 부족하다.

한편 홍익표 의원은 산업부와 한수원으로부터 받은 자료에서 고준위방사성폐기물 관리비 추산액이 2017년까지 총 9조 6,485억원이 발생하였고 향후 처분장 건설 및 운영에 64조 1,301억원이 소요될 것으로 확인하였다. 관리사업비는 2년 주기로 재산정되기 때문에 더 늘어날 가능성도 배제할 수 없다. 이 비용을 기준으로 한다면 신고리 5, 6호기가 폐쇄되는 시점인 2082년까지 59조원 이상을 더 납부하여야 한다. 즉 매년 1조원에 가까운 비용을 내야하는 것이다.

(단위: 억원)

구 분		내 용	비 용		비 고	
			경수로	중수로		
중 간 저 장	건설비	부지선정 및 건설비용	1,120	674	· 총 부지면적(322,631m <sup>2</sup> ) · 부지단가(39,175원/m <sup>2</sup> )	
		설계 및 인허가	632	632		
		운반기반 구축	6,650	6,968		
		증설비용	188	32	· 경수로 9단계 증설 · 중수로 4단계 증설	
	운영비	저장용기	111,244	1,168	· 경수로 용기단가 및 수량: 28억원/3,973개 · 중수로 모듈단가 및 수량: 약 43억원/27개	
		시설 운영비	18,330	8,266		
		해체비용	11,419	361	· 시설건설비의 20% 용기비용의 10%	
	운반비	운반비용	3,134	3,640		
	기타	연구개발비	1,600	400		
		예비비 확보비용	30,656	4,832	· 연구개발비 제외한 각 항목별 20%	
합 계			184,973	26,973		
처 분	부지조사	지질조사	10,668	2,167		
	부지평가	처분안전성 평가	5,334	1,083		
	연구개발	처분용기 및 URL	6,443	2,170		
	처분설비	부지확보		4,123	418	· 총 부지면적(8,065,600m <sup>2</sup> ) · 부지단가(39,175원/m <sup>2</sup> )
		지상시설 건설		2,697	273	
		지하처분시설 건설		17,443	1,801	· 처분동굴 증설비 포함
		연료 운반		523	539	
	운영비	처분용기	포장	121,808	21,665	· 경수로 용기단가 및 수량: 4.65억원/208개 · 중수로 용기단가 및 수량: 4.65억원/2115개
			처분	15,180	7,694	
		처분동굴 밀폐		2,273	231	· 처분 후 뒤채움 비용 등 포함
	처분시설 폐쇄	처분시설 폐쇄 및 후속처리	161	16		
	예비비 확보비용		80,044	16,110	· 부지조사, 부지평가, 연구개발 및 부지확보비 제외한 비용의 50%	
	합 계			266,697	54,167	
총 사업비			451,670	81,140	총계: 532,810	

고준위방사성폐기물 관리시설 건설사업 예산 산출내역(출처: 산업통상자원부)

#### (4) 사용후핵연료 재처리 가능여부

에너지원 확보 및 고준위방사성폐기물을 줄이기 위한 차원으로 재처리 기술이 논의되고 있다. 또한 신한미원자력협정에 따라 사용후핵연료 재처리가 일부 허용이 되었다. 파이로 프로세싱 공정이 가능해진 것이다.

과학기술정통부에 따르면 파이로 프로세싱과 소듐냉각고속로 연구 사업을 2020년까지 지원하기로 결정하였다. 동 기술은 사용후핵연료로부터 방사성 물질을 분리해 고속로에서 소각하여 고준위방사성폐기물의 관리 부담을 낮추는 기술이다.

과기부는 동 사업의 추진여부를 결정하기 위해 재검토위원회를 구성하였고 위원회의 권고를 받아들여 이와 같이 결정한 것이다. 재검토위원회의 권고내용은 다음과 같다.

1. 사업추진: 사용후핵연료 처리기술 연구개발사업은 파이로 공정사업과 소듐냉각고속로 사업으로 구성. 어느 하나의 기술만으로는 목표 달성 어려움. 따라서 두 가지 모두 지속하는 것이 바람직함.

2. 추진방향: 파이로 공정 연구는 2020년까지 한미공동연구를 중심으로 핵심원천 및 요소기술 확보에 주력. 소듐냉각고속로 연구는 규제기관 인증과 소각성능 향상 및 소듐현안 극복기술 개발에 주력할 것.

3. 예산: 2018년 국회에서 확정된 수준으로 향후 3년간 지속적으로 지원할 것.

4. 수용성 제고: 안전성 확보 연구에도 중점. 성과는 적극적으로 공개하여 수용성 제고를 위해 노력할 것.

5. 대안확보: 불확실성이 존재하므로 다른 옵션도 확보할 것.
6. 지속추진 여부: 기술성숙도에 따라 2020년 이후에 다시 판단할 것.
7. 효율성, 신뢰도 향상을 위해 노력할 것.

공식적으로 기술개발이 허용된 것이다. 그럼에도 재처리 기술에 대해 회의적인 시각이 많이 존재한다.

재처리를 반대하는 측에서는 방사능 누출, 경제성 문제로 실현가능성에 의문을 제기하고 있다. 사용후핵연료를 영구처분하는 이유는 고방사능의 세슘과 스트론튬 때문이다. 하지만 재처리 과정에서 이러한 물질들이 유출될 수 있다. 또한 방사능 물질의 독성을 1/1,000로 줄이려면 경수로 2기당 같은 발전용량의 고속로 1기 이상이 필요하다. 그런데 사용후핵연료를 재처리 하지 않아도 10만년 이후 실질적인 독성 차이가 없다는 연구결과가 있다. 지난 60여년간 세계적으로 100조원 이상 고속로 개발에 투자하였지만 상용 고속로 개발에는 실패하였다. 일본 몬주의 고속로 개발에도 17조원이 들었지만 결국 폐로를 결정하였다. 재활용 때문에 동 기술을 사용한다는 주장에도 비용 문제가 지적된다. 핵연료 재활용한다 해도 재처리 비용으로 상쇄가 된다는 의미이다. 이들은 이러한 문제들 때문에 건식저장과 심지층 처분을 주장한다.

사용후핵연료 관리를 두고 많은 의견들이 있다. 아직 정책을 결정하지 않은 우리나라 입장에서는 최대한 모든 가능성을 열어두고 고민하는 것이 바람직 할 것이다.

## (5) 현행법령 상 관리의 한계

지금까지 고준위방사성폐기물을 처리하기 위한 논의가 없었기 때문에 대부분



의 규정이 중저준위방사성폐기물에 맞춰져 있다. 즉, 사용후핵연료 관리에 대한 법체계가 미흡한 실정이다.

관련법은 「원자력안전법」과 「방사성폐기물관리법」이 있다. 「방사성폐기물관리법」은 방사성폐기물 관리 전반에 관한 사항을 다루고 있으며, 관리책임 주체, 사용후핵연료의 공론화, 사용후핵연료의 관리부담금 내용을 명시하고 있다. 국가와 지자체, 사업자, 발생자의 협력의무를 규정하고 있으며 안전한 관리를 도모하고 있다. 또한 사용후핵연료 공론화와 관리를 위한 기금 조성을 통해 원활한 사업추진을 도모하고 있다.

「원자력안전법」은 원자력 연구, 개발, 이용 전반에 걸친 법으로 방사성폐기물이 이법의 적용대상으로 되어 있다. 동 법에는 방사성폐기물 관련 시설의 건설 및 운영에 대한 허가, 사용후핵연료의 처리 등이 명시되어 있다.

「방사성폐기물관리법」에서는 기금 조성이나 공론화 정도만이 사용후핵연료 관리와 관련된 규정이다. 「원자력안전법」은 방사성폐기물 관리시설의 설치와 안전규제를 다루고 있는데 전자와 쉽게 구분이 되지 않는 한계가 있다. 국내법 이외에 ‘사용후핵연료 및 방사성폐기물 관리의 안전에 관한 공동협약’이란 국제조약도 있으나 단순한 권고에 불과하다는 한계가 있다.

이러한 한계 때문에 정부는 물론 일부 의원들이 사용후핵연료 관리와 관련된 일원화된 법안을 제출하였고 현재 계류 중이다.

## V. 사용후핵연료 관리정책 향후과제와 개선방향

우리나라는 방사성폐기물 관리시설 건설에 수차례 실패한 경험이 있다. 중·저준위방사성폐기물 관리시설의 부지확보에만 19년이 걸렸다. 사용후핵연료 관리는 이보다 더 험난한 과정이 예상된다. 과거의 경험들을 반성하고 철저한 준비만이 사회적 갈등을 최소화하고 안전한 사용후핵연료 관리를 달성할 수 있다.

국제원자력기구(IAEA)는 방사성폐기물 관리정책에 있어 10가지 원칙을 공표했다. 우리나라도 이러한 원칙들을 적절히 활용할 필요가 있다.

1. 안전에 대한 책임: 위험에 책임있는 기관에 안전책임 부여
2. 정부의 역할: 독립규제기관 등 효과적인 법적 프레임워크 확립
3. 안전관리: 효과적인 안전관리 방안 수립
4. 위험시설의 정당성 확보: 전반적인 편익 창출의무
5. 보호 최적화: 합리적으로 달성할 수 있는 최고 수준의 안전 확보
6. 국민 위험 통제: 수용할 수 없는 위험을 통제할 수단 확보
7. 현재 및 미래세대 보호: 방사능으로부터 사람과 환경을 보호
8. 사고 예방: 모든 실질적인 노력 투입
9. 비상상황 대비와 대응: 방사능 사고에 대비한 비상대응과 준비태세
10. 현존하거나 규제되지 않은 위험을 감소시킬 수 있는 보호조치 마련

우리나라는 재처리 또는 영구처분 중 어느 한 노선을 선택하지 않은 채 관망하는 입장을 취하고 있다. 신한미원자력협정에 따라 일부 재처리를 도입할 수 있으나 기술적인 부분에서 쉽지 않을 것으로 전망되고 있다. 또한 재처리를 하던 영구처분을 하던 최종처분장 건설은 불가피하다. 따라서 최종처분장 건설을 위한 준비가 시급하다. 사용후핵연료는 지금 이 순간에도 계속 발생하고 있으며 머지 않은 미래에 포화될 것이다. 한 시 빨리 실행에 옮겨야 할 것이다.

부지확보를 위해서는 높은 수준의 기술력뿐만 아니라 주민의 수용성 확보가 관건이다. 선진국들은 기술개발을 위해 30여년 전부터 지속적으로 노력해왔다. 우리는 그들의 기술을 알고 있으나 우리나라에 적용하기 위해서는 전부 현지화해야 한다. 우리나라의 지질학적 특성이 다르기 때문이다. 또한 부지 확보과정에서 지역주민들과의 갈등을 최소화하기 위해 주민들과 진솔한 태도로 끊임없이 소통해야 한다. 그들이 입장에서 문제를 바라보아야 할 것이다.

성공적인 사용후핵연료 관리를 위해 만들어 나아가야 할 과제들이 산적해 있다. 관련 법 제도 구축, 정책 수립, 기술인력 양성, 연구개발, 부지확보 등 많은 일들을 하루 빨리 착수해야 한다.

## 1. 처분시설 확보 및 주변지역 지원방안 모색

### (1) 부지확보

우리는 중·저준위방사성폐기물 관리시설의 부지확보 경험으로부터 사용후핵연료 처분시설 부지확보를 위해 필요한 것들을 얻을 수 있다. 정책은 원활한 추진을

위해 법적 절차적 정당성을 확보해야 한다. 즉 국민들과 합의된 기준을 만들고 결정은 충분한 의견 수렴후에 진행하여야 한다.

부지확보의 첫단계는 지역주민의 수용성 확보이다. 과거 정부의 일방적인 결정은 주민들의 거센 반발만을 야기하였다. 사전협의 없이 진행된 사업들이 지역주민들의 반발을 사게되고 갈등이 증폭되면서 사업이 철회된다. 지역주민의 수용성은 정당성과 대표성을 갖춰야 한다. 즉, 지역주민들의 의사를 결집하여 지자체를 통한 행정적 정당성을 확인한다. 이 후 의회에서 충분한 논의를 거치고 확정된 다음 지자체장이 정부에 유치신청서를 제출하는 과정을 거쳐야 절차적 정당성이 확보되는 것이다.

이 과정에서 모든 절차는 투명하게 진행되어야 한다. 정부와 사업자는 부지확보 정책을 수립하기 이전에 방향설정을 하고 세부적인 시행방안을 마련할 때 철저한 준비를 하고 이를 모두 공개하여 투명성을 확보하는 것이 중요하다.

정부에 대한 신뢰도가 낮은 상황에서 혐오시설로 인식되는 영구처분장 부지확보를 위해서 지역주민들과 진정성있는 소통이 요구된다. 뿐만 아니라 반대의견을 가진 시민단체와도 끊임없이 소통하여야 한다. 정부 신뢰도가 높은 스웨덴, 핀란드에서도 부지확보를 위해 긴 시간동안 소통의 노력을 해왔다. 따라서 정부와 사업자는 추진 전 단계에 걸쳐 소통계획을 세워야 할 것이다.

끊임없는 소통이 중요한 이유는 지난 사용후핵연료 공론화위원회에서는 소통의 부족, 투명성 부재에 대한 비판이 제기 되었기 때문이다. 권고안의 내용이 나오기 까지 사용후핵연료 처리에 대한 논란과 쟁점에 대해 결론을 찾아가는 과정의 설명이 없었다는 지적이다. 의견 수렴을 위해 별도의 위원회까지 설치하였음에도 불구하고 이러한 비판이 제기된 것을 볼 때 소통의 노력은 다시 한번 강조해도 지나치지 않을 것이다.

참고로 일본 정부는 영구처분 시설 부지확보를 위해 공론화의 한 방법으로

2015년 인터넷 상의 토론형 여론조사를 실시하였다. 조사결과 고준위방사성폐기물에 대한 국민의 인식이 달라졌다. 일본 국민들은 지층처분보다 총량관리에 대한 지지가 높았고 토론 과정에서 지식이 늘어나면서 각 방식에 대한 생각이 보다 유연해졌다. 또한 토론을 거치면서 현 세대의 책임감과 미래 세대에게 더 많은 기회를 주어야 한다는 인식이 폭넓게 확산되었다. 이처럼 인터넷을 통한 의견 수렴 방식은 시공간적인 한계를 극복할 수 있으며, 질적인 측면에서도 기존의 토론방식과 큰 차이가 없었다. 비슷한 고민을 하고 있는 우리나라도 국민적 합의를 도출하기 위해 인터넷 토론이라는 방법을 한번쯤 생각해 볼 수 있을 것이다.

정부는 부지확보를 위해 구체적 실행방안을 정책화하고 세부적인 절차를 마련하여야 한다. 방사성폐기물 관리정책은 과학기술, 정치경제, 지역갈등 등 다양한 문제를 안고 있다. 어느 한쪽의 측면에서만 접근해서는 안 된다. 유치공모에 앞서 종합계획을 수립하고 절차를 논리적으로 계획하여야 한다. 또한 범정부적 실행조직 체계를 갖추어야 한다. 부지확보는 산업통상자원부 소관이지만 타 부처 및 지자체의 협조가 필수적이다. 따라서 효과적인 정책 시행을 위해 상위단계의 범정부적 추진체계가 마련되어야 한다.

부지를 확보하는 데 있어 유치공모 방식이 적합할 것이다. 공모를 통한 자율적인 유치신청은 지역 주민들의 능동적인 의사 결집이 가능하기 때문에 지역 수용성 확보에 유리하다. 정부와 사업자는 여러 지역이 공모할 수 있도록 분위기 조성에 노력을 다하여야 한다. 지역 주민들이 희망하는 지원은 무엇인지 또한 향후 경제적 효과는 무엇인지 여러가지 사항들을 구체적으로 지역주민들에게 설명하고 그들의 의견을 받아들여야 할 것이다.

사용후핵연료의 처분시설은 다른 시설과 달리 안전성을 최우선으로 해야 한다. 지질특성상 부적합하다면 다른 여건이 아무리 우수하더라도 배제하여야 한다. 따라서 부지확보 과정에서 가급적 초기에 부지조사를 착수하여 해당지역이 결격사항이

존재하는지 여부를 명확히 판단하여야 한다.

### 〈 주요국의 부지선정 절차 〉

국가	부지선정 절차
미국	방사성폐기물정책법(NWPAA)에서 부지 특성조사 및 승인 등 절차와 일정을 명확하게 규정 후 시행 → 규제기관의 의견서를 참고하여 대통령이 부지 승인
스웨덴	부지 선정 절차가 법령에 규정되지 않았음. 그러나 관련 법령에 따라 사업자(SKB)가 3년 마다 처분연구와 실증계획을 정부에 제출하여 승인을 받아 시행
핀란드	의회의 승인을 받은 정부의 원칙결정을 바탕으로 부지 선정을 위한 3단계 절차 및 일정을 규정하고 단계별로 시행. ①기초조사→②요약조사→③세부조사
일본	특정방폐물 최종처분에 관한 법률에서 3단계 부지 선정 절차를 규정하여 시행 ①개요 조사지구 선정→②정밀 조사지구 선정→③건설부지 선정
영국	정부 백서에 다단계 부지 선정 절차를 규정하여 시행 ①공모→②예비검토→③참여지자체 결정→④문헌조사→⑤지표조사→⑥지하조사

## (2) 중간저장 시설

영구처분장이 건설되더라도 완공은 매우 장기간의 시간이 소요될 것이다. 그 사이에 발생하는 사용후핵연료를 처리할 수 있는 별도의 중간저장시설은 필수불가결한 요소이다. 또한 영구처분장이 건설되는 과정에서도 기술개발로 사용후핵연료를 처리할 수 있는 방법이 실현될 수 있기 때문에 다양한 상황에 대한 시나리오를 미리 마련할 필요가 있다.

중간시설을 위한 부지를 확보하는 과정에서도 주민의 수용성이 중요한 요인이

다. 중간시설의 중요성에 대해 적극적으로 설명하여야 하며 저장기간과 안전성에 대해 투명하게 공개하여야 한다.

기술개발 상황에 따라 시설의 용량 및 규모는 달라질 수 있다. 부지 규모를 결정하는 요소는 사용후핵연료에서 발생하는 열의 온도와 연료의 종류이다. 온도가 낮을수록 조밀하게 만들 수 있기 때문에 용량 대비 시설규모를 줄일 수 있게된다. 따라서 기술개발 로드맵을 가지고 다양한 시나리오를 가정하여 관리대책을 만들어야 중간저장을 위한 부지선정 및 원활한 사업추진이 가능할 것이다.

### (3) 주변지역 지원방안

사용후핵연료 처분시설은 대부분의 일반 국민들에게 혐오시설로 인식되어 있다. 그러므로 이러한 시설을 수용하는 것에 대한 지원대책이 반드시 마련되어야 한다. 특히 우리나라에서는 중·저준위방사성폐기물 관리시설이 입지한 경주시에 현금 지원 3,000억 원, 지역지원에 관한 특별법의 제정, 부지확보 추진 시 사업자의 본사 이전, 양성자기반공학기술개발사업 시행 등 지역지원 사례가 있다. 따라서 고준위방사성폐기물 처분시설을 위한 부지를 확보할 때도 위와 유사한 지원 방안을 구체적으로 마련하여야 한다. 지원사업의 세부계획은 중·저준위방사성폐기물 관리시설 입지 지역에서 이미 실시된 지원방안 중에서 장점과 단점을 면밀히 분석하여 지원의 효과가 극대화되는 방향으로 보완책을 세워야 할 것이다.

처분시설 입지 지역에는 적절한 형태의 지원을 할 필요가 있다. 지역 경제에 바람직한 영향을 미치고 지역주민의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 지원이 필요하다. 안정적인 일자리 창출이 지역경제에 가장 큰 영향을 미치는 것이라 할 수 있다. 또한 지역경제를 활성화하기 위해 적정수준의 인구유입이 필요하다.

지역경제 활성화 측면에서 세 가지 형태로 비용을 지불하는 것도 하나의 방법일 수 있다. 첫째, 사용후핵연료 관리기관과 연구기관 등의 관련기관을 해당지역에 입지하여 일자리를 만들고 지자체의 세원을 늘리는 것이 필요할 것이다. 이와 같은 지원방식은 지역경제를 활성화하여 지역주민의 삶의 질을 높일 수 있을 것이다. 둘째, 처분지원 수수료를 사용후핵연료를 처분하는 양에 따라 지자체에 납부하는 것도 하나의 방법이다. 중·저준위방사성폐기물 처분에 대해서는 이미 중·저준위방사성 폐기물처분시설의유치지역지원에 관한 특별법 시행령 제31조에 근거하여 실행 중인 방식이다. 이러한 방식을 사용후핵연료에도 적용하여 사용후핵연료 처분량에 비례하여 지원수수를 결정하고, 이를 해당 지자체에서 징수하여 경제활성화와 지역주민의 삶의 질을 높이고 데 이용할 수 있도록 제도적 장치를 만드는 것이 필요할 것이다.

### 〈 주요국의 지원방안 〉

국가	지원방안
프랑스	해당지역에 공익단체 설치. 사업자는 각 지방에 연간 915 만 유로의 조성금 납부. 각 공익단체는 경제개발, 고용안정, 지역개발, 기반시설 정비 등에 이를 사용. 정부는 해당지역에 인프라정비, 재정 지원 실시. 760 만 유로의 조성금 납부, 첨단기술 연구 시설 단지 설립 및 기업유치, 문화유산 관리 등이 포함. 처분시설 건설단계 60%, 시험단계 70% 현지 직원 채용. 지하연구시설에서 징수한 세금으로 지역사회 지원. 해당지역 내 기업 이윤의 최대 3.5%를 현금으로 지원.
스웨덴	해당지역에 대한 직접적인 지원 없음. 2~3 개의 환경단체에 홍보비로 3 백만 크로나를 지급. 일자리 창출, 도로건설 등 인프라 구축이 지역지원으로 간주 관리기관과 처분시설 후보지 간 3,000 억원 규모의 투자협정 체결
핀란드	해당지역 지자체에 조세 등을 통해 경제적 편의 제공. 처분시설을 포함한 원전 관련 시설의 고정 자산세율 2.2%(일반 발전소 고정 자산세율은 연 1.4%) 울킬루오토 지역은 고용창출과 기업유치에 따라 세수 증가



셋째, 해당 지역의 특성을 고려하여 효과를 극대화할 수 있는 개발 계획을 만들고 지역민과 유입인구가 살기 좋은 도시로 개발하는 것이 필요하다. 이러한 계획은 시설이 건설, 운영되기 사전에 수립해야 한다. 초기에 소요되는 비용은 정부가 특별 지원금으로 부담하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 만약 원자력발전소 내부에 단기 저장시설을 설치하여 일시적으로 사용후핵연료를 보관할 경우 「사용후핵연료 보관 비용」을 지불하는 방법을 검토할 수 있다. 보관비용의 기준은 보관량에 의해 결정되고, 기간은 처분시설이나 원전 밖에 설치된 시설로 운반하기 전까지 지속되어야 한다. 그 목적과 용도를 명확하게 설정하여 지역주민 삶의 질을 향상시켜 운택한 지역으로 만들어가는 데 사용될 수 있는 제도를 마련하는 것이 필요하다. 이에 필요한 비용과 최소한의 운영비용은 사용후핵연료관리부담금에서 처리하는 것이 적절하다고 판단된다. 위와 같은 대책을 실현하는 데 필요한 재원은 발생자부담 원칙에 따라 방사성폐기물관리법 제15조에 따라 사업자에게 사용후핵연료관리부담금을 부과, 징수하여 마련해야 할 것이다.

## 2. 처분기술 및 연구시설의 확보

### (1) 처분기술 개발

사용후핵연료 관리의 가장 중요한 부분은 기술개발이라 해도 과언이 아니다. 기술개발 여부에 따라 관리시설의 용량, 부지의 규모, 부지확보의 용이성, 주민의 수용성 등이 결정되기 때문이다. 이를 위해 국내의 민관 연구개발 투자는 물론 국제협력을 통한 연구협력 등 모든 역량을 가동해야 한다.

사용후핵연료 최종처분을 위해 필요한 기술은 부지평가, 처분시스템, 안전성

평가, 지하연구시설 등 실증, 운영 및 폐쇄 등 다섯 가지로 구분된다. 우리나라는 이 가운데 대부분의 부지평가 기술을 확보하고 있다. 하지만 최종처분 시설 건설, 운영에 반드시 필요한 기술인 처분시스템 개발, 안전성 평가 기술, 실증 기술 등은 시급한 개발이 요구되는 상황이다.

기술개발의 목표는 사용후핵연료 관리의 단계별로 필요한 핵심기술을 적기에 확보하여 상용화하는 것이다.

원전 내부의 수조, 건식저장시설, 중간저장시설, 영구처분시설 사이에 사용후핵연료의 안전한 운반을 위한 기술이 확보되어야 한다. 특히 우리나라와 같이 3면이 바다인 상황에서 해상운반을 위한 기술개발도 함께 이루어져야 한다. 저장을 위해서는 건식저장 용기 개발과 저장시설의 건설 및 운영 기술의 인허가에 중점해야 한다. 특히 건식저장 기술은 중간저장시설에서 보관, 파이로 프로세싱을 통한 재처리, 영구처분시설에서의 저장 등 모든 방법에서 꼭 필요한 기술이다. 따라서 중간저장, 영구처분 이전에 임시저장을 위해 건식저장기술을 확보하는 것은 대단히 중요하다. 처분 단계에서는 부지평가 기술을 개발하여 부지 확보 시에 활용해야 하고, 지하연구시설을 통해 실증 단계를 거쳐야 한다. 장기적인 관점에서 사용후핵연료 부피를 감축할 수 있는 연구도 지속적으로 이루어져야 한다. 또한 관리시설을 효율적이고 안전하게 운영할 수 있는 연구도 병행되어야 한다. 뿐만 아니라 사용후핵연료 문제를 국제사회와 공유하기 위해 국제기구 및 해외 기관과 공동연구를 추진하면서 우리나라가 부족한 기술에 대한 습득에 중점을 두어야 할 것이다.

이러한 목표를 달성하기 위해서는 전문인력이 반드시 필요하다. 원자력기술연구원에 따르면 우리나라의 사용후핵연료 관리기술 수준은 선진국의 60~70% 정도이다. 특히 지하연구시설은 30% 수준에 불과하다. 그동안 부지확보와 수용성에 치중하느라 기술개발이 늦었다. 더구나 부지선정 지연으로 인해 넘쳐나는 방사성폐기물을 처리하기 위해 사용후핵연료 처분기술 등 핵심기술이 아닌 운반용기 기술에 집중했

다. 늦게 시작한 만큼 기술인력이 부족한 것은 당연한 것이다. 전문인력은 우리나라 전체에서 50명 내외에 불과하다. 따라서 전문인력 육성은 적극적으로 이루어져야 할 것이다.

사용후핵연료 관리 특성상 엔지니어링뿐만 아니라 사회과학 전문가의 참여도 시급하다. 재료공학, 지질학, 토목공학은 물론 경제, 사회, 커뮤니케이션, 법 등의 전문지식도 요구되기 때문이다. 이러한 전문지식들의 융합을 통해 사용후핵연료 문제를 해결할 수 있다. 각 분야의 지식인들의 집단지성을 활용한 관리시스템이 필요할 것이다.

## (2) 지하연구시설

지하연구시설(URL)은 심부지층 상황에서 부지특성 조사 및 분석기술 개발, 처분 시스템의 안전성을 현장에서 시험 등을 종합적으로 수행하는 실험실이다. 지하연구시설은 연구용 URL과 인허가용 URL로 나뉜다.

연구용 URL은 통상 영구처분장 부지확보 이전에 기초 연구와 인공 방벽 성능 실험등을 위해 설치된다. 영구처분장과 같은 부지에 위치하지 않아도 상관없다. 연구용 URL의 목적은 부지확보 이전에 각종 실험과 결과들은 미리 확보하여 향후 처분장 허가 심사기간을 단축시킬 수 있는 장점이 있다.

인허가용 연구시설은 처분부지에 위치하여 영구처분장의 건설인허가를 획득하기 위한 목적으로 설치된다. 해당 부지의 특성 및 처분시스템의 실증을 수행한다. 연구용 연구시설은 영구처분장과 별도이지만 인허가용 연구시설은 영구처분장의 일부이다.

우리나라는 원자력안전위원회 고시(제2015-21호)에 처분장 부지의 전반적인 심층처분시스템 특성 및 고유 성질 등은 지하연구시설에서 실시한 결과를 이용하여 평가해야 한다고 되어 있다. 또한 2016년 제6차 원자력진흥위원회에서 확정된 ‘고준위방사성폐기물 관리 기본계획’에서도 중장기 안전관리 로드맵으로 지하연구시설을 추진하도록 하고 있다. 즉 연구용 시설은 별도로 건설하여 처분시스템 연구를 진행하고, 인허가용 시설에서 영구처분시설의 설계 및 건설하는 기술을 개발하여 영구처분의 안전성을 확인한다.

영구처분장에는 높은 방사능 농도를 가진 사용후핵연료가 저장된다. 이 사용후핵연료 위험성 때문에 처분장의 안전성은 반드시 확보되어야 한다. 이를 위해서는 해당 부지의 토양, 암석, 단층 등에 대한 특성의 심도있는 조사가 이루어져야 한다. 이 모든 사항을 수행하기 위해 지하연구시설은 반드시 필요하다. 부지조사 기법이나 특성 분석방법 등은 공유가 가능하지만 국가마다 지역마다 지질이 특성이 모두 다르기 때문에 URL은 자국 내에 설치되어야 한다.

또한, 지하연구시설은 지역의 수용성을 높이는데 기여할 수 있다. 우리나라와 같이 인구밀도가 높은 국가에서 고준위방사성폐기물 처분장과 같은 시설을 설치하기 위한 부지를 확보하기 위해서는 지역주민의 수용성이 매우 중요하다. URL에서 조사하고 실험하는 모든 자료들을 공개하고 국민들의 이해할 수 있게 하는 것은 상호간의 신뢰성을 높일 수 있고, 주민들의 수용성을 확장할 수 있는 방법이다.

### 3. 사용후핵연료 관리사업 추진체계 확립

우리나라는 사용후핵연료 관리를 국가 책임하에 수행하려고 계획하고 있다. 미

국의 경우 1982년 제정된 핵폐기물법(Nuclear Waste Policy Act)에 의해 연방정부가 사용후핵연료 관리에 대한 모든 책임을 지고 있다. 반면에 스웨덴, 핀란드의 경우 관리주체는 정부가 아닌 민간기업이다. 스웨덴 SKB는 원자력발전 사업자들이 모두 참여한 기업 집합체이고, 핀란드 POSIVA도 발전 사업자가 지분을 나누어 설립한 회사이다.

국가관리 체제는 사용후핵연료 관리가 장기간이 소요된다는 점에서 국가가 책임을 지고 수행하는 것이 바람직하다는 점을 고려한 것이다. 중간저장을 시행하더라도 부지확보, 인허가, 운영 등을 합하면 40년 이상 걸린다. 영구처분의 경우 그 이상이 소요된다. 이러한 장기간이 소요되는 사업의 소요비용 및 인력을 예측하고 적기에 공급하는 것은 쉽지 않은 일이다. 따라서 국가 주도로 추진되는 것이 최선일 것이다. 하지만 일정 부분에 민간이 참여하는 것도 하나의 대안이 될 수 있다.

최근 미국에서는 2021년까지 영구 폐쇄된 원전에서 발생하는 사용후핵연료를 중간저장하기 위한 임시저장 사업이 활발히 논의되고 있다. 현재 사업주체는 미국 에너지부이나 부지확보에 어려움을 겪고 있어 민간단체가 사업을 추진하고 있다. WCS(Waste Control Service)가 뉴멕시코주 접경에 중간저장 시설을 추진하고 있는 것이 그 예이다. WCS는 세계적인 중간저장 시설 업체인 NAC와 Trnas Nuclear (Areva 자회사)와 컨소시엄을 구성했다. 이와 같은 민간 기업의 노력에 대해 미국 정부는 관련법 개정 추진 등 적극적인 지원을 하고 있다. 또한 2013년 미국 블루리본위원회 권고안에서도 민간관리기구 설립을 권유한 바 있다.

우리나라도 중간저장 시설, 영구처분 시설이 건설되기 위해서는 민간의 적극적인 참여가 필요할 것이다. 이를 위해 정부는 민간 사업자들이 사용후핵연료 관리사업에 참여할 수 있는 기반을 조성하는 것이 원활한 사업 수행을 위해 필요할 것이다.

#### 4. 재정의 확보

일본은 재원을 충당하기 위해 핵연료세, 사용후핵연료세를 사업자에게 부과하고 있다. 핵연료세 도입 취지는 원전 주변지역의 생활환경 정비나 원자력 안전대책 비용을 확보하기 위한 것이다. 지방세로 과세하여 지역주민 복지 향상에 사용되고 있다. 사용후핵연료세는 일본 일부지역에서 실시되고 있는데 사용후핵연료의 원전 내 임시보관에 대해 과세를 하고 있다. 그 세수는 원전 안전대책, 민생안정대책 등에 사용되고 있다. 우리나라도 사용후핵연료 부담금 이외에 별도의 세금을 징수하여 관리 시설 주변지역 지원사업에 활용할 수 있을 것이다.

원자력 발전을 통해서 얻고 있는 편익은 현세대가 누리고 있다. 따라서 사용후 핵연료 관리에 소요되는 비용도 현세대가 부담하는 것이 바람직하다. 관리 비용은 전력수요, 정부정책, 기술개발 성공여부 등에 따라 달라질 것이다. 미래 세대에 부담을 주지 않기 위해서 상황변화에 따른 정확한 비용을 산출해야 할 것이다.

#### 5. 관리단계별 규제기준 명확화

기준이 명확하지 않은 상황에서 기술개발은 그 가치를 인정받을 수 없게 될 것이다. 따라서 사용후핵연료 관리를 위해 선행되어야 할 것이 관리 단계별로 규제 기준을 마련하는 것이다. 연구개발자와 규제기관이 초기단계에서부터 서로 협력하여 연구를 진행해야 할 것이다. 이를 통해 기술개발과 규제기준을 함께 개발할 수 있고 시간과 비용을 절약하는 최선의 방법일 것이다.

예를 들어 관리시설의 입지에 대한 문제, 중간저장시설과 영구처분시설의 시설

물 기준 등 서로 다른 환경에 해당되기 때문에 법적인 문제뿐만 아니라 기술적인 세부기준도 필요하다. 또한 가급적 관리시설들을 세분화하여 기준을 세워야 한다. 중간 저장시설, 지하연구시설, 영구처분시설 등 법적 정의부터 시작하여 인허가 기준, 실험조건, 종류 등 상세한 기준들이 마련되어야 할 것이다.

## VI. 결론

현재 영구처분 시설을 운영하는 국가는 어디에도 없다. 핀란드와 스웨덴이 부지를 정했고, 핀란드만이 시설을 건설하고 있는 중이다. 원전을 운영하는 각 국가들은 자신의 환경과 기술수준에 맞게 적절한 방식으로 사용후핵연료 관리 정책을 운영하고 있다. 이들은 많은 고민을 하고 오랜 시간에 걸쳐 구체적인 계획을 세워 진행해 왔다는 공통점이 있다. 또한 정부와 국민 사이에 두터운 신뢰가 있었기 때문에 정책을 수립할 수 있었다. 원자력발전이 있어 선진국인 우리나라는 사용후핵연료 관리에 있어서도 모범적인 운영 국가로 자리잡을 수 있는 노력을 해 나가야 할 것이다.

우리나라는 그동안 고준위방사성폐기물을 각 발전소 내의 습식저장시설에 보관해왔다. 현재 1만 5,000톤의 사용후핵연료가 있고, 매년 700~800톤의 사용후핵연료가 지속적으로 발생하고 있다. 국내 원전에 있는 저장시설의 총 용량은 19만 5,656다발이다. 이 중 74.8%(14만 6,390다발)는 이미 찬 상태이다. 고리원전의 경우 91.2%가 포화된 상태이다. 이대로 진행되면 머지않아 2019년부터 저장시설이 포화상태에 이르기 시작한다. 당장 눈 앞의 일이다. 부족한 저장공간을 확보하기 위해 임시저장시설을 추가로 건설할 계획을 세웠다. 그러나 이 같은 계획은 근본적인 대책이 아니다. 10만 년을 보관해야 하는 사용후핵연료를 발전소 내에 두게 되면 발전소는 고준위방사성폐기물 처리장과 다를 바 없다. 인간의 삶의 공간과 완전히 격리시키는 최종처분이 필요하다. 최종처분은 하루이틀만에 해결될 일이 아니다. 구체화하까지 수십 년이 걸린다. 사용후핵연료 관리정책이 1983년 논의가 시작된 이후 사회적인 갈등만 부추긴 채 지금까지 결정하지 못하고 표류해왔다. 하루 빨리 사회적인 공감대를 형성하여 비용을 최소화하는 방향으로 정책을 시행하여야 할 것이다.



이러한 시급성 때문에 정부는 지난 2015년 사용후핵연료 공론화위원회가 가동되어 사용후핵연료관리 권고안을 발표하였다. 하지만 공론화는 환경단체들이 절차적 공정성과 비판적 의견의 수용 가능성을 확신할 수 없어 참여하지 않았다. 지역과 시민사회가 동의하지 못하는 조건에서 공론화가 이루어졌다. 위원회는 2028년까지 영구처분 부지선정을 권고하였으나 정부는 원자력발전소 내에 있는 저장시설을 늘리는 방식으로 사용후핵연료 포화 문제를 해결하려고 하였다. 정부는 논의를 주도하고 의견을 모아 정책을 결정할 책임이 있지만 정부가 일방적으로 주도하는 공론화는 파행을 맞을 수밖에 없다. 누구나 공감할 수 있도록 투명하고 공정한 절차를 거쳐 사회적 수용성이 높은 공론화가 필요할 것이다.

새 정부는 에너지전환 정책으로 현재 30%에 달하는 원자력 발전량을 2030년까지 23.9%로 줄일 계획이다. 고리 1호기를 영구정지하였고, 신규 원자력발전소 6기의 건설을 백지화하였다. 또한 월성 원전 1호기의 조기 폐쇄를 고민하고 있다. 이와 같은 에너지전환 정책이 시행되면 사용후핵연료는 기존의 전망치보다 감소하게 된다. 그로 인해 관리비용과 방식, 시설규모 및 일정 등이 바뀔 수밖에 없을 것이다. 이에 따라 기존의 사용후핵연료 정책을 보완하는 재공론화 과정이 필요하다고 판단하였다.

사용후핵연료 처리 문제는 재공론화에 접어들었다. 사용후핵연료의 중간저장, 영구처분 시설의 부지, 건설일정, 규모 등을 재검토하는 준비단이 출범하였고 조만간 준비단의 결과가 발표될 것이다. 사용후핵연료 문제를 해결하기 위한 방법으로 공론화를 진행하고 있지만 사안이 매우 민감하기 때문에 의견을 모으기는 쉽지 않을 것이다.

재검토 이후 부지확보 과정에서도 그 절차가 투명하게 진행되어야 하고 전체를 관리할 수 있는 중립적 기구가 있어야 한다. 장기로드맵이 나오면 이를 법제화하여야 신뢰가 생긴다.

한편 전부 영구처분하는 것보다 재처리 기술을 계속 개발해 폐기물의 독성을 줄이고 양을 줄여야 한다. 기술확보 외에도 방사성 폐기물 처리시설이 충분한지도 관건이다. 프랑스가 집중식 중간저장을 활용해 처분하고 있다. 기술적 불확실성을 감안해 중간저장 가능성 검토도 가능하다. 그러나 처분장 간 운반 과정에서 안전성 확보가 최우선이 되어야 한다.

영국은 무어사이드 원전 건설 수주에 참여한 한전 컨소시엄에 사용후핵연료 관리 대책의 제출을 요청하였다. 사용후핵연료 관리에 대한 대책이 없다면 원전 수주가 어려울 수 있다는 것을 의미한다. 사용후핵연료 관리는 모든 국가들의 고민거리이다. 따라서 향후 원전수주 시 조건으로 굳어질 가능성을 배제할 수 없을 것이다. 원전 수출을 위해서라도 사용후핵연료 관리 대책은 시급히 마련되어야 할 것이다.

## VII. 참고문헌

- McMahon A. Kevin. (2015). “미국의 사용후핵연료 저장 관리 현황.” 원자력산업.
- 강정민. (2016). “사용후핵연료 파이로프로세싱과 고속로가 해법인가?” 텔핵에너지교수모임.
- 김종천. (2016). 사용후핵연료 관리를 위한 국가의 입법적 과제. “중앙법학.” 18, 페이지: 7-59. 중앙법학회.
- 김지환. (2016). 사용후핵연료의 법, 정책적 관리방안에 관한 연구. 충남대학교 특허법무대학원.
- 롯데에너지. (2015). “롯데에너지와 핵연료주기 2016.” 롯데에너지.
- 박성원. (2012). 지속가능한 원자력을 위한 사용후핵연료 관리. “지평”, 202-212.
- 박진용. (2015). 일본의 고준위방사성폐기물 관리법제. “법학논문집.” 39, 페이지: 163-192. 중앙대학교 법학연구원.
- 배대석, 고용권, 이상진, 김현주, & 최병일. (2013). 사용후핵연료 심층처분을 위한 지하연구시설(URL)의 필요성 및 접근 방안. “Journal of Nuclear Fuel Cycle and Waste Technology”, 2, 157-178.
- 블루리본위원회. (2012). “방사성폐기물 관리정책에 대한 주요 권고내용.” 블루리본위원회.
- 사용후핵연료 공론화위원회. (2014). “국외(독일, 스웨덴, 핀란드) 관리현황 탐방 보고서.” 사용후핵연료 공론화위원회.
- 사용후핵연료 공론화위원회. (2015). “사용후핵연료 관리에 대한 권고안.” 사용후핵연료 공론화위원회.

- 산업통상자원부. (2016). “고준위방사성폐기물 관리 기본계획(안).” 산업통상자원부.
- 송대호. (2018). “고준위방사성폐기물 관리에 대한 특별법안 검토보고서.” 산업통상자원중소벤처기업위원회.
- 송명재. (2016). “후쿠시마 원전사고 이후 방사성폐기물 안전관리 국제규제 동향분석에 관한 연구.” 한국방사성폐기물학회.
- 유재국. (2017). “사용후핵연료 관리 정책의 쟁점과 과제.” 국회입법조사처.
- 윤성원, & 김연중. (2016). 일본, 고준위방사성폐기물 처분에 관한 인터넷 상의 토론형 여론조사. “원자력정책 Brief Report”, 8.
- 이연명, & 황용수. (2008). “선행국가의 고준위방사성폐기물 처분관련 연구현황.” 한국원자력연구원.
- 이은경, 김덕호, 박진희, & 이정희. (2016). 사용후핵연료 재처리 정책의 변화와 그 요인들. “서양사연구”, 55, 121-151.
- 이현석, 이원희, 장영진, & 이경자. (2016). 고준위 방사성폐기물 기본계획의 쟁점과 문제점. “지역주민의 목소리를 직접 듣는다”.
- 장호완, & 윤시태. (2017). 사용후핵연료의 심부지층 처분에 관한 정책 연구. “학술원논문집(자연과학편).” 56, 페이지: 83-155. 대한민국학술원.
- 정상기. (2016). 사용후핵연료 폐기사업에 관한 일본의 법적 규제와 시사점. “과학기술법연구”, 265-302.
- 정주용. (2014). 사용후핵연료 관리방안 도출 과정상 주요 쟁점. “제 1 차 사용후핵연료 공론화 토론회.”
- 조성경. (2015). 사용후핵연료 관리에 대한 권고 도출과정과 향후 과제. “원자력산업”, 4-18.

- 진상현, 한동희, 황인창, & 김동형. (2013). “해외 원자력발전 및 방사성폐기물 처리관련 규제의 사례 연구.” 국회예산정책처.
- 채종현. (2017). “새 정부의 원전정책과 공론화의 성패.” 한국행정연구원.
- 최병호, & 이근재. (2015). 사용후핵연료 저장에 대한 과세방안: 지역자원시설세 개편을 중심으로. “경제연구”, 33(1), 39-73.
- 타카노사토시. (2017). 사용후핵연료 정책과정에 대한 정책 네트워크 분석. 경북대학교 행정학과.
- 한국수력원자력(주). (2016). “2016 원자력발전 백서.” 산업통상자원부;한국수력원자력(주).
- 한국원자력환경공단. (2016). “사용후핵연료 이야기 70.” 산업통상자원부;한국원자력환경공단.
- 한국지방세연구원. (2012). “사용후핵연료 저장에 대한 지방세 과세 가능성 검토.” 한국지방세연구원.
- 황용수. (2016). 사용후핵연료 안심 관리 현안과 비전. “원자력산업”, 22-36.
- 황용수, 장선영, & 한재준. (2015). 사용후핵연료 관리 현안 및 정책 제언. “Journal of Korean Society of Environmental Engineers”, 37(5), 312-323.