

# 국내 사용후연료 관리 현황 및 전망

박기철

한국수력원자력(주) 방폐물사업본부장



우리나라는 현재 20기의 원전을 가동중에 있고 8기를 건설 및 계획중에 있어 2015년이면 총 28기의 원전을 운영할 예정이다. 2007년 말 기준으로 원전이 차지하는 비중은 총설비 용량의 26%, 총발전량의 약 35%에 달하며, 원자력 발전 후에는 필연적으로 사용후연료가 발생하게 된다.

사용후연료는 재활용 여부에 따라 자원 또는 폐기물로 간주되는 성격을 지니고 있어 크게 재처리와 직접 처분의 두 가지 최종 관리 방

안이 있으며, 이에 대한 방침 결정 시까지 중간 저장 단계가 필요할 수 있다.

우리나라의 경우 사용후연료에 대한 국가 관리 방침이 아직 정해지지 않았으며, 제253차 원자력위원회(2004.12.17)에서 2016년까지는 원전 부지 내 저장 용량을 확충하여 각 원전별로 관리하고, 중간 저장 시설 건설 등을 포함한 2016년 이후의 사용후연료 관리 방침에 대해서는 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하기로 결정한 바 있다.

사용후연료는 2007년 말 기준으로 9,420톤이 원전 부지 내에 임시 저장되어 있다. 원자력위원회의결에 따라 발전소 내에 설치된 기존 시설의 저장 능력이 포화되는 것에 대비하여 조밀 저장대 설치, 호기 간 이송 및 건식 저장 시설 추가 건설을 통해 단계적으로 저장 능력을 확장하여 2016년까지 발생

되는 사용후연료를 저장할 계획으로 있으며, 고리와 영광원전은 부지 내 확장을 이미 완료하였고 울진과 월성원전은 확장 공사를 진행중에 있다.

한편, 정부에서는 사용후연료 국가 관리 방침 결정을 위해 본격적인 사용후연료 공론화 추진을 준비하고 있다. 국가에너지위원회 산하에 갈등관리전문위원회를 두고 사용후연료 공론화T/F를 구성하여 2007년 2월부터 공론화 추진 방안 등에 대하여 20여 차례 논의를 거쳐 작성된 공론화 권고 보고서를 토대로 공론화 추진 방안을 수립하여 2008년 하반기부터는 본격적인 공론화를 추진하고자 준비하고 있다.

그러나, 사용후연료 처리·처분 등 최종 관리 방안에 대한 국가 정책 결정에는 기술성, 사회적 수용성, 한·미 원자력협정 등 해결해야 할 문제와 불확실한 요소가 많

<표 1> 원자력발전소 운영 현황

기수	발전소명	원자로형	용량(MW)	건설 착수	운전 개시
1	고리 1호기	PWR	587	'72. 5	'78. 4
2	월성 1호기	PHWR	679	'78. 2	'83. 4
3	고리 2호기	PWR	650	'78. 11	'83. 7
4	3호기	PWR	950	'79. 12	'85. 9
5	4호기	PWR	950	'79. 12	'86. 4
6	영광 1호기	PWR	950	'81. 12	'86. 8
7	2호기	PWR	950	'81. 12	'87. 6
8	울진 1호기	PWR	950	'83. 1	'88. 9
9	2호기	PWR	950	'83. 1	'89. 9
10	영광 3호기	PWR	1,000	'89. 12	'95. 3
11	4호기	PHWR	1,000	'89. 12	'96. 1
12	월성 2호기	PWR	700	'92. 8	'97. 7
13	울진 3호기	PHWR	1,000	'93. 7	'98. 8
14	월성 3호기	PWR	700	'94. 2	'98. 7
15	울진 4호기	PHWR	1,000	'93. 7	'99. 12
16	월성 4호기	PWR	700	'94. 2	'99. 10
17	영광 5호기	PWR	1,000	'97. 6	'02. 4
18	6호기	PWR	1,000	'97. 6	'02. 12
19	울진 5호기	PWR	1,000	'99. 5	'04. 6
20	6호기	PWR	1,000	'99. 4	'05. 6
계	PWR 16기, PHWR 4기		17,716		

주) 고리1호기 계속운전 재개 : 2008. 1.17

아 단기간 내 결정이 어려울 것으로 예상되므로, 발전 사업자 입장에서는 정책 결정의 유연성을 확보하고 2016년 이후 원전 부지 내 저장 공간의 포화에 대비하여 우선 중간 저장의 추진 등 다각적인 대비책을 검토하고 정부와 긴밀히 협의하고 있다.

#### 국내 원전 현황

우리나라는 20기의 원전에서 발생하는 전기가 총전력의 약 35%를

담당하고 있다. 1978년 고리원전 1호기의 발전을 시작으로 경수로형 16기, 중수로형 4기가 운전중에 있으며, 현재 건설 및 계획중인 8기가 완공되는 2015년이면 총 28기의 원전이 가동될 전망이다.(<표 1> <표 2> 참조)

#### 사용후연료 관리 현황

##### 1. 사용후연료 저장 현황

원자력발전소에서 매년 호기별

로 발생하는 사용후연료의 양은 고리 1호기와 같은 60만kW급 경수로형 발전소에서는 약 14톤, 영광 3, 4호기와 같은 100만kW급 경수로에서는 약 19톤, 천연 우라늄을 연료로 사용하는 월성의 가압중수로형 원전에서는 약 97톤이 발생하고 있다. 2007년 말 기준으로 총 20기의 원자로에서 9,420톤의 사용후연료가 발생되어 발전소 내에 저장되어 있다.(<표 3> 참조)

<표 2> 건설 및 계획중인 원전 현황

구 분	기수	발전소명	원자로형	용량(MW)	운전 개시
건설중	1	신고리 1호기	경수로 (OPR-1000)	1,000	2010
	2	2호기		1,000	2011
	3	신월성 1호기		1,000	2011
	4	2호기		1,000	2012
	5	신고리 3호기	경수로	1,400	2012
	6	4호기	(APR-1400)	1,400	2013
계획중	7	신울진 1호기	경수로	1,400	2014
	8	2호기	(APR-1400)	1,400	2015
	계	경수로 8기		9,600	

## 2. 저장 시설 확장

원자력위원회 의결에 따라 2016년까지 원전 부지 내 임시 저장 능력 확충을 위하여 경수로형 원전은 기존의 사용후연료 저장 시설을 최대한 활용한다는 전략하에 조밀 저장대 설치, 호기간 이송 등의 방법으로 저장시설을 늘려나가고 있다.

조밀 저장대로 교체시 저장 용량을 약 1.5 ~ 2배까지 확장할 수 있으며, 고리원전과 영광원전본부는 사용후연료 저장 능력을 이미 2016년까지 확보하였다. 울진 3, 4호기의 조밀 저장대 교체 작업을 2008년 11월까지 완료하면 울진 원전본부의 저장 능력도 2016년 이후로 연장될 전망이다.

한편, 중수로형 원전인 월성원전의 경우 기존의 사용후연료 습식 저장조 적재 단수를 상향 조정하고, 건식 저장시설(사일로) 추가 건설 및 조밀 건식 저장 시설 건설

의 방법으로 저장 능력을 확보중에 있다.

2006년도에 기존의 건식 저장 시설인 사일로 200기에 100기를 추가 건설하여 저장 능력을 2009년까지 연장한 바 있고, 추가로 조밀 건식 저장시설 7모듈을 2009년 9월까지 건설하여 저장 능력을 8년 정도 연장 추진중에 있다.

사용후연료의 소내 운반은 고리 1, 2호기에서 고리 3, 4호기로 운반한 바 있으며, 2008년 이후에는 울진 1, 2호기의 사용후연료를 KN-12 수송 용기를 이용하여 부지 내 인근 호기로 운반할 계획으로 있다.

### 사용후연료 관리 정책 수립 추진

#### 1. 개요

사용후연료는 다량의 핵분열 물질을 함유하고 있어 에너지 자원으로서는 활용할 수 있는 측면이 있는

반면, 반감기가 긴 방사성 물질을 함유하고 있어 엄격한 안전 관리가 요구되는 물질이다.

사용후연료의 최종 관리 방안에는 사용후연료를 재처리하여 재활용하는 방안과 폐기물로 간주하여 직접 영구 처분하는 방안으로 나눌 수 있으며, 어느 방안이든 이의 중간 단계로 중간 저장이 필요하다.

어떤 최종 관리 방안을 선택할 것인가는 그 나라의 에너지 정책, 경제성, 환경 문제, 국민 의식, 핵확산 문제와 관련된 정치·외교적 요소 등 다양한 상황을 고려하여 결정해야 한다.

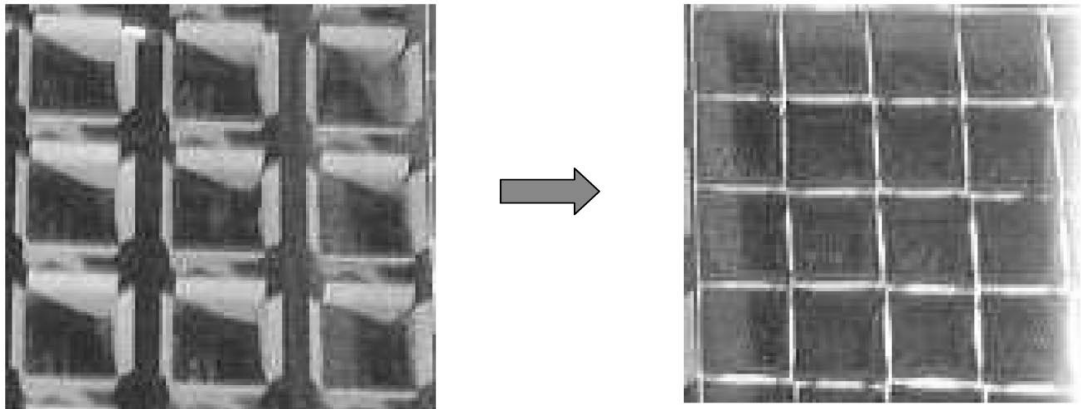
우리나라는 <표 4>의 원자력위원회 의결 사항에서 보는 바와 같이 처리·처분 등의 최종 관리 정책이 미결정 상태에 있으나 관망정책(Wait and See Policy)을 취한다고 볼 수 있으며, 이는 국제 동향 및 기술 개발 추이 등을 보아가며 중장기적으로 정책 방향을 결정하겠다는 의미이다.

<표 3> 원전 부지별 사용후연료 저장 현황 (2007. 12. 기준)

(단위 : 톤)

부 지	노 형	저장 용량	저장량	예상 포화 연도	
				현용량 기준시	저장 능력 확충시
고 리	경수로	2,253	1,623	2016	2016
영 광	경수로	2,686	1,491	2016	2021
울 진	경수로	1,642	1,214	2008	2018
월 성	중수로	5,980	5,980	2009	2017
계	-	12,561	9,420	-	-

주) 저장 능력 확충시의 예상 포화 연도는 제253차 원자력위원회 의결 사항에 명시된 연도임.



<그림 1> 조밀저장대 교체 전후 사진

## 2. 공론화 추진

### 가. 공론화 추진 배경

제253차 원자력위원회에서 사용후연료 정책은 중장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진하기로 의결함에 따라 사용후연료 공론화에 대한 연구가 본격적으로 추진되었다.

원자력산업의 지속 가능 발전,

사용후연료 관리 방안 마련 및 현안 사업의 원활한 추진 등을 위해서는 국민적 공감대 형성을 통한 사회적 합의가 필수적임을 경험해 왔다.

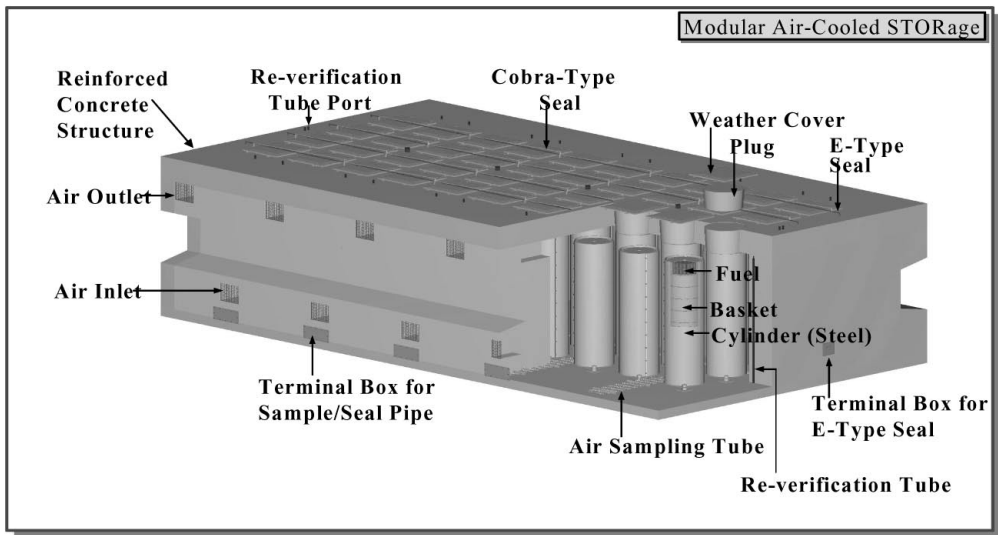
또한, 영국, 캐나다, 일본 등 선진 외국에서도 대중 및 이해 관계자의 다양한 입장을 조정하고 사회적 합의를 도출하기 위해 다년간 공론화를 추진한 사례가 많이 있다.

### 나. 공론화 필요성

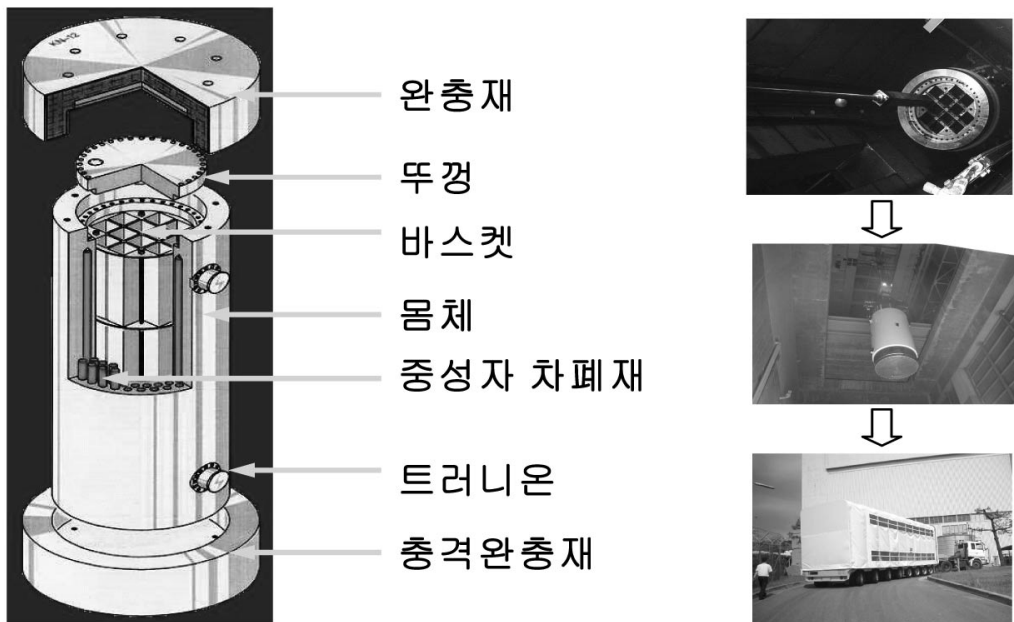
사용후연료의 안전성 및 경제성 측면, 기술 개발 수준 및 국내외 정치 여건 등을 종합적으로 볼 때 각 사안별로 다양한 이해 관계자와 의견이 상존하므로 공론화를 통한 충분한 논의와 의견 수렴이 필요하다.

### 다. 공론화 기본 원칙

공론화 추진시에는 우선적으로



<그림 2> 조밀 건식 저장 시스템(MACSTOR/KN-400)



<그림 3> 사용후연료 소내 운반(KN-12 수송 용기 및 운반 과정)

<표 4> 사용후연료 관련 원자력위원회 의결 사항

차수	정 책 내 용
제249차 ( ' 98.9.30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 소내 저장 능력을 확충하여 2016년까지 각 원전 부지 내에서 관리                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원전별 조밀 저장대 설치, 부지 내 호기 간 이송 저장, 건식 저장소 추가 건설 등으로 저장 능력 확보</li> <li>- 중간 저장 시설이 운영될 경우 단계적으로 이송하여 집중 관리</li> </ul> </li> <li>○ 방사성폐기물 종합 관리 시설 부지는 중·저준위 폐기물 처분 시설과 사용후연료 중간 저장 시설 등을 수용                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중간 저장 시설은 2016년 준공 목표로 2008년 건설 착수</li> </ul> </li> </ul>
제253차 ( ' 04.12.17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중·저준위 방사성폐기물 영구 처분 시설의 건설을 우선 추진하여 2008년까지 완공</li> <li>○ 중간 저장 시설 건설 등을 포함하여 사용후연료 관리 방침에 대해서는 국가 정책 방향, 국내의 기술 개발 추이 등을 감안하여 중장기적으로 충분한 논의를 거쳐 국민적 공감대하에서 추진                         <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원전 부지 내의 저장 시설이 2016년부터 포화되는 점을 감안하여 적기에 추진</li> </ul> </li> </ul>

투명성의 원칙에 따라 투명하고 공개적인 논의를 수행해야 한다.

또한 일방적 의사 결정이 아닌 일반 대중, 전문가, 이해 관계자 등 다양한 사람들이 참여하여 결정하는 민주성과 공정성이 확보되어야 한다.

마지막으로 공론화 논의는 과학적 사실에 근거하고 심사 숙고할 수 있는 틀을 제공해야 한다.

**라. 공론화 논의 대상**

중간 저장과 최종 관리 방안에 대하여 필요한 경우 단계적 공론화가 필요하며, 중간 저장 공론화시에는 저장 시설 위치를 소내에 할 것인지 소외에 할 것인지 등이 다루어져야 하고, 건식 또는 습식의 저장 방식, 중간 저장 기간 등이 논의될 필요가 있다.

또한 최종 관리 방안 공론화시에는 직접 처분과 처리(재활용) 방안에 대하여 방식 및 장단점 등이 다양하게 다루어질 필요가 있다.

**마. 공론화 추진 현황**

정부(지식경제부)는 국가에너지위원회 산하에 갈등관리전문위원회를 두고 사용후연료 공론화T/F를 구성하여 2007년 2월부터 공론화 추진 방안 등에 대하여 20여 차례 논의를 거쳐 작성된 공론화 권고 보고서를 토대로 본격적인 공론화 추진을 준비하고 있다.

**3. 사용후연료 관리 방안 및 시나리오**

**가. 중간 저장**

소내 또는 소외에 습식 또는 건

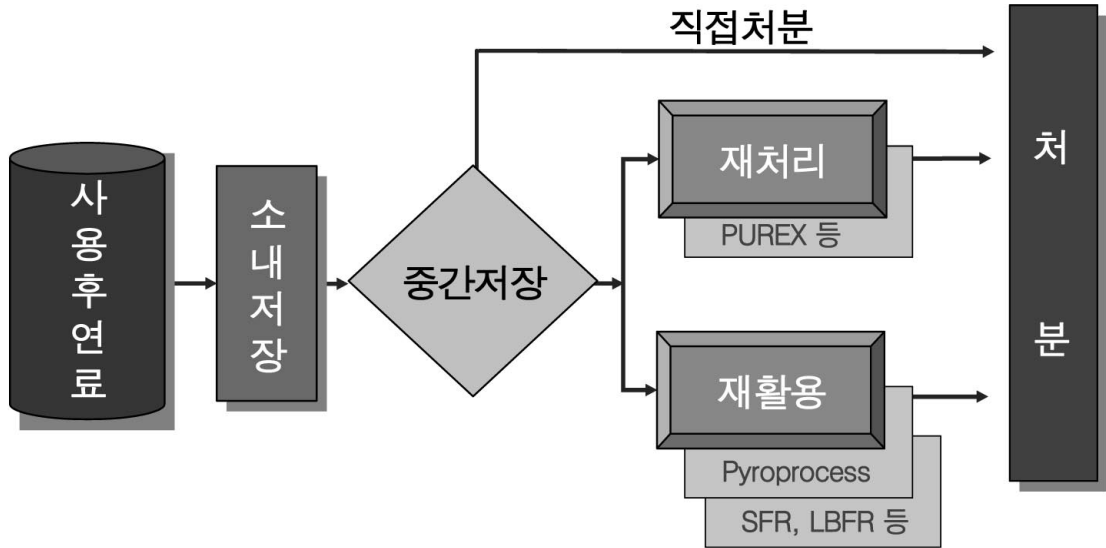
식 등의 방법으로 처리나 처분 전 30 ~ 50년간 저장하는 방법으로 기실용화되어 대부분의 국가들이 채택하여 운영하고 있다.

**나. 직접 처분**

사용 후 연료를 지하 300~1,000m의 심지층에 처분하는 방식으로 미국, 스웨덴 등 선진국에서는 기술 실용화 단계에 있으나 국내에서는 20~30년 후에나 실용화될 전망이다.

**다. 재처리(위탁)**

프랑스 등에서 실용화된 기술로 기술적 문제는 없으나 핵확산성이 높아 국내에서는 한반도 비핵화 선언, 한미 원자력협정 등으로 미국 및 국제 사회의 사전 동의가 필요하다.



<그림 4> 사용후연료 관리 시나리오 개념도

라. 재활용(파이로 건식)

핵 비확산성이 우수하나 기술 실용화에 장기간의 시간과 비용이 필요하며, 국내 추진에는 미국 및 국제 사회의 동의가 필요하다.

**결론**

사용후연료 관리에 관한 국가 정책 수립의 방향은 우선 국민 건강과 환경에 미치는 영향, 미래 세대의 부담 등이 최소화되어야 하고,

국내 여건을 고려한 관리 방안을 수립하되 사회적 합의를 통한 국민적 공감대하에서 추진되어야 한다.

또한, 핵비확산 정책에 부합됨은 물론 향후 기술 및 환경 변화에 유연하게 대처할 수 있고 무엇보다 발전소 내 임시 저장 공간 포화에 대한 해결책이 적기에 마련되어야 한다.

이러한 방향 등을 종합적으로 고려해 볼 때 사용후연료 처리·처분 등의 관리 정책 결정에는 기술성,

사회적 수용성, 국제 관계(한·미 원자력협정, 한반도 비핵화 선언 등) 등 해결해야 할 문제와 불확실한 요소가 많아 현 시점에서 정책 결정은 어려울 것으로 예상되므로 우선적으로 중간 저장(소내 분산/집중, 소외 집중)을 추진하여 정책 결정 장기화에 대비하고 중장기적으로 파이로 건식 처리 기술의 조기 실용화 및 한·미 원자력협정 개정 등 불확실성 해소 노력이 필요하다고 판단된다. ☞