

국내 고준위 방사성폐기물 관리 현황과 향후 전망

김종걸

한국수력원자력 원전사후관리처장



· 서울대 원자핵공학 학사
· 한국과학기술원 핵공학 석사

· 한국전력공사 입사('85)
· 한수원 신고리 사업관리부장
· 뉴욕사무소장
· 핀란드사업추진반장
· 신월성건설소장
· 신한울건설소장
· 원전사후관리처장('15)

현재 국내 원자력발전소는 총 24기가 운영 중에 있고, 4기가 건설 중에 있으며, 앞으로도 4기가 더 건설될 예정이다. 발전소 운영 능력 또한 세계 최고 수준으로, 명실공히 원자력 강국임에 틀림이 없다.

그러나 원자력발전소에서 사용되고 나온 사용후핵연료에 대한 중간 저장 시설이나 영구 처분 시설은 아직 정책 수립 단계에 머물러 있고, 원전 부 내에서만 관리되고 있는 상태이다. 진정한 원자력 강국이 되기 위해서는 사용후핵연료 관리 체계 확립이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

사용후핵연료 관리 현황

사용후핵연료는 원자로에 연료로 사용되고 난 후 인출된 핵연료를 말한다. 국내 원자력안전법에 따르면 폐기하기로 결정된 사용후핵연료는 방사성폐기물에 해당되고, 열과 방사능 기준으로 고준위 방사성폐기물로 분류될 수 있다. 이는 핵연료의 주성분인 우라늄이 핵분열을 하면서 다양한 불안정한 방사성 핵종이 생성되어, 원자로에서 인출하고 난 후에도 지속적으로 붕괴열과 방사선을 발생하기 때문이다.

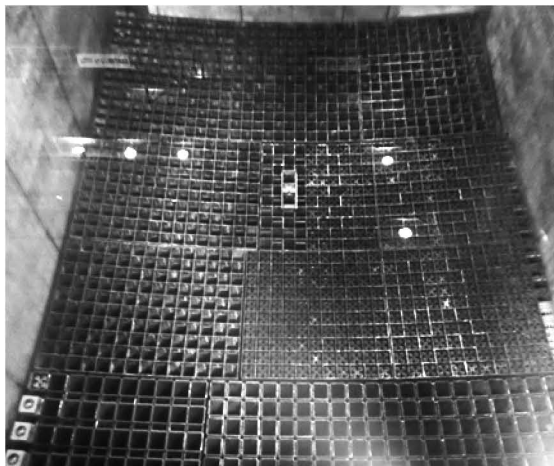
국내 원전의 사용후핵연료는 경수로 20기 원전에서 매년 약 400톤, 중수로 4기 원전에서 매년 약 350톤이 발생되어, 현재 전 원전에는 총 14,608톤이 저장되어 있다.(<표 1> 참조)

〈표 1〉 사용후핵연료 저장 현황 ('16년 3월 말 기준, 저장 용량은 비상노심분 제외)

구분 (호기수)	저장 용량		현 저장량		저장률	
	다발	톤	다발	톤		
경수로	고리(6)	7,244	3,067	5,677	2,294	78.4%
	한빛(6)	9,017	3,848	5,766	2,403	63.9
	한울(6)	7,066	2,987	4,855	2,043	68.7
	신월성(2)	1,046	219	129	54	12.3
	합계	24,373	10,121	16,427	6,794	-
중수로	월성(4)	499,632	9,441	413,124	7,815	82.7%
총계		524,005	19,562	429,551	14,608	-

사용후핵연료는 원자로에서 인출된 후에는 냉각을 위하여 일정 기간 습식저장조에 저장한다. 이후 습식저장조에 계속 저장하거나, 건식 저장시설 등으로 이송 저장한다. 건식 저장이란 콘크리트 또는 금속 등으로 방사선을 차폐하고 공기 또는 기체에 의한 자연 냉각 기술을 활용하는 방식을 말한다.〈(그림 1) 참조〉

서두에서 언급한 바와 같이 아직 국내에는 중간 저장 시설 등이 없어 사용후핵연료는 원전 부지 내에서 관리하고 있다. 국가 정책에 따라 부족한 저장 공간은 경수로의 경우 조밀저장대 설치 및 호기 간 이송 저장, 중수로의 경우 건식 저장 시설 건설의 방법으로 확충하여 관리하고 있다.



습식 저장



건식 저장

〈그림 1〉 사용후핵연료 저장 방식 (습식 및 건식 저장)

조밀저장대란 중성자 흡수 능력이 탁월한 소재를 이용하여 저장 공간 효율을 극대화한 것으로, 전 세계 120개 이상의 원전에서 안전성이 입증되어 사용중인 방식이다.

한빛 5,6호기부터는 원전 건설 시부터 조밀저장대가 적용되어 설치되고 있으며, 기존 원전의 경우 '15년 말 한빛 2호기 조밀저장대 교체 설치를 마지막으로 고리 1,2호기를 제외한 전 원전에 설치되었다.

호기 간 이송 저장은 원전 부지 내에서 저장 공간에 여유가 있는 인근 호기로 이송·관리하는 방법이다. 사용 후핵연료를 안전하게 이송하기 위해서는 전용 운반용기가 필요하며, 한수원은 핵연료 유형에 따라 모든 전용 운반용기를 보유하고 있다.(<그림 3> 참조)

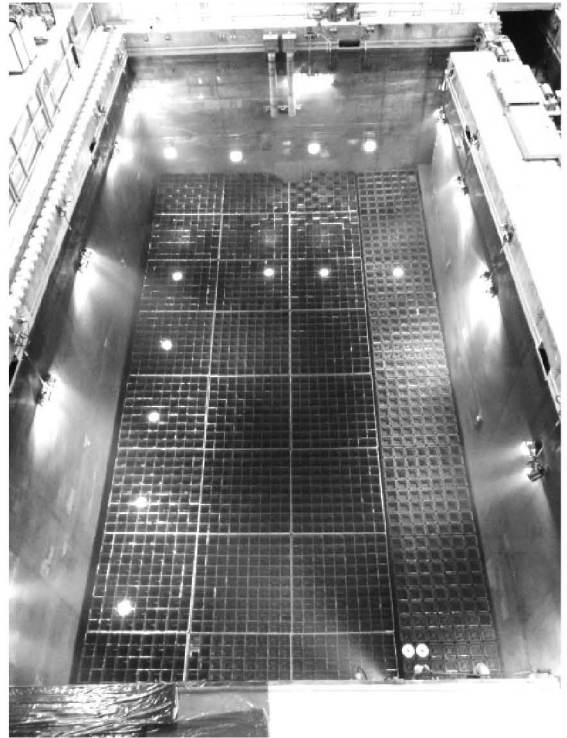
웨스트하우스형 원전용 운반용기(KN-12)는 핵연료 12다발을 한 번에 운반 가능하며 2002년부터 총 5대를 운영하고 있고, 표준형 원전용 운반용기(KN-18)는 핵연료 18다발을 한 번에 운반 가능하며, 2015~2016년 제작 검사 합격자를 받아 총 4대가 운영 대기 중에 있다.

또한 중수로 원전용 운반용기(HI-STAR 63)는 2010년부터 총 2대를 운영 중에 있다(중수로 원전용 운반용기는 건식 저장 시설로 운반하기 위해 도입된 전용 운반용기이다).

사용후핵연료 운반용기는 원자력안전법에 따라 원자로용기를 제작할 때보다 더 높은 수준의 기술 기준을 만족해야 하며, 제작 검사는 규제 전문 기관인 한국원자력안전기술원(KINS)에서 합격 여부를 결정한다.

중수로 원전에는 경수로의 경우와 같은 조밀저장대나 호기 간 이송 방법이 어려워 부족한 저장 공간을 확보하기 위해 건식 저장 시설을 운영하고 있다.(<그림 4> 참조)

중수로 건식 저장 시설은 사일로 방식과 맥스터라는

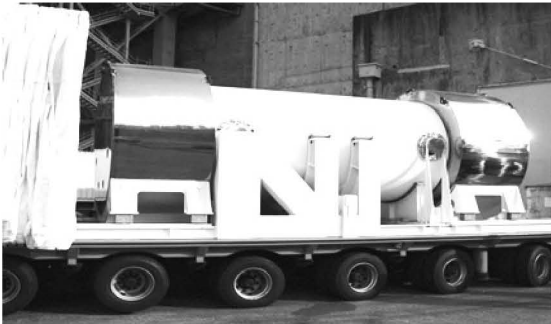


<그림 2> 조밀저장대 설치 후의 모습

두 가지 모델로 건설되었다. 1992년부터 2006년에 걸쳐 총 300기(162,000다발 용량)의 사일로 방식을 건설하였고, 2010년에는 맥스터 7모듈(168,000다발 용량)을 건설하여 운영하고 있다. 맥스터 건식 저장 시설은 사일로 방식에 비해 약 3배 저장 효율이 높은 모델로서 한수원과 캐나다 AECL이 공동으로 개발하였다.

향후 전망

사용후핵연료는 수 백년 이상 중장기적으로 관리가 필요한 대상이다. 그러나 이를 관리할 시설에 대한 국가 정



KN-12



KN-18



HI-STAR 63

〈그림 3〉 사용후핵연료 운반용기

책이 나오기까지의 과정은 결코 쉽지 않다. 이는 비단 우리나라뿐만 아니라 외국의 경우를 보아도 다르지 않다.

1988년 7월 제220차 원자력위원회에서는 사용후핵연료 중간 저장 시설을 1997년 말까지 건설할 것을 의결한 바 있다. 이후 중·저준위 방사성폐기물 처분장과 고준위 중간 저장 시설을 함께 추진하다 어려움을 겪자 2004년 12월 253차 원자력위원회에서는 분리하여 추진하기로 결정했다.

그리고 사용후핵연료는 국가 정책 결정 시기와 방향을 고려해 2016년까지 원전 부지 내에 안전하게 저장하도록 했고, 아직까지는 이 정책에 근거하여 관리되고 있다.

이후 원전 소재 지역을 포함한 각계각층을 대상으로 공론화위원회가 구성되어, 2015년 6월 사용후핵연료 공론화위원회의 권고안이 제출되었다. 이를 바탕으로 2016년 5월 정부는 고준위 방사성폐기물 부지 선정 절차와 방식, 건설 시기 등을 단계별로 제시한 「고준위방사성폐기물 관리 기본계획(안)」을 발표하였으며, 이후 원자력진흥위에서 의결하면 사용후핵연료에 대한 국가 정책이 비로소 정착된다고 할 수 있다.

이 안에 따르면 부지 선정에 12년이 소요될 것으로 예상하며, 부지 확보가 예정대로 될 경우 중간 저장 시설은 2035년 경(19년 소요), 영구 처분 시설은 2053년 경(36년 소요)에 가동될 것이다.

그러나 기본계획(안)에서도 언급하였듯이 원전 내 저장 용량은 2019년 월성을 시작으로 포화될 것으로 예상하고 있다. 따라서 중간 저장 시설 운영 시점까지 부족한 저장 용량 대책으로 원전 내 건식 저장 시설 확충을 제시하였다.

〈표 2〉 원전 내 저장 시설 포화년도

한빛	고리(기장)	한울	신월성	월성(중수로)
2024년	2024년	2037년	2038년	2019년

출처 : 고준위 방사성폐기물 관리기본계획(안)

※ 기본 가정은 설계수명만 고려(고리 1, 월성 1 외 계속운전 없음)

맺음말

국내에 원전이 처음 도입된 1978년부터 한국 경제는 저가의 전기요금에 기반한 수출 경쟁력으로 괄목한 성장을 이루었고, 1인당 GDP가 2만5천불을 넘어서는 시대에 돌입하였다.

원자력의 힘으로 현세대가 받은 혜택으로 인해 불가피하게 발생한 사용후핵연료는 현세대에서 해결하여 다음 세대에 부담으로 남겨서는 안된다.

사용후핵연료 정부 정책에 따라 최초의 ‘중장기 안전 관리 로드맵’이 수립된 것은 이러한 의무를 이행하기 위한 첫 단추로서 후속 실행 과제를 성실히 완수해 나가는 것은 한수원의 기본적인 책무이기도 하다.

그러기 위해서는 정책, 안전 기술 등도 중요하지만, 무엇보다 지역 주민의 신뢰, 더 나아가 국민의 신뢰를 바탕으로 한 절차의 정당성 또한 매우 중요하다.

그러기 위해서는 초기 단계부터 지자체, 지역 주민, 시민단체들과 투명하고 진정성 있는 소통을 통한 공감대를 형성하는 것만이 해답이 될 것이다. 🌱



사일로 방식



맥스터

〈그림 4〉 중수로 원전 사용후핵연료 건식 저장 시설