

중간저장 시설 방식선정을 위한 사용후핵연료 발생 전망 분석

김태만, 최윤지, 조천형, 윤정현

한국방사성폐기물관리공단, 대전시 유성구 대덕대로 1045

tmkim@krmc.or.kr

1. 서론

우리나라의 사용후핵연료 수송·저장시스템의 개념 수립에 있어 우선적으로 수행되어야 할 것이 저장시설의 저장용량을 결정하는 것이다. 이를 위해서 현재 상용운전중인 원전의 사용후핵연료 발생량과 향후 건설예정인 원전에서의 발생량을 예측하는 것이 필수적이다. 특히, 제4차 전력수급 계획에 건설계획에 따른 전력수요 예측을 반영한 2070년까지의 상용원전 설비용량을 가정한 사용후핵연료 발생 전망에 대한 분석이 필요하다.

이에 본 연구에서는 국제원자력기구(IAEA)에서 제안하고 있는 사용후핵연료 발생전망 평가기법을 활용하여 국내 발생전망을 평가하고, 중간저장 시설의 수요 용량을 산정하여, 방식을 선정하기 위한 근거자료로 활용하고자 한다.

2. 본론

2.1 사용후핵연료 발생전망 평가 기법

상용원전에서 발생하는 사용후핵연료의 예상 발생량을 평가하는 방법은 다음과 같이 주요 세가지 기법이 가장 많이 사용된다.

2.1.1 핵연료 재장전 계획 이용법

이 방법은 원자로에서 연소된 핵연료를 재장전할 때 노심에서 교체·인출되는 사용후핵연료의 양을 기준으로 평가하는 방법이다. 이 방법을 이용할 경우 사용후핵연료외에 기타 폐기물의 수량까지 함께 계산할 수 있으며, 원전 운영자의 재장전계획(재장전 일정, 재장전시 인출할 핵연료 수량 등)이 정확하다면 비교적 정량적인 예측이 가능하다.

2.1.2 연간발생량 이용법

과거 해당원전에서 연간 발생한 자료를 바탕으로 연간 평균 발생량을 산출하여 예측평가하는 방법이나, 장기적 예측에는 불확실성이 크다.

2.1.3 원전 설계·운전변수 이용법[1]

이 방법은 원전의 열효율 및 이용률, 핵연료의 초기농축도 및 방출연소도 등 각종 설계 및 운전 변수를 이용하여, 특정 원전에서 매년 평균적으로 발생하는 사용후핵연료의 수량을 예측하는 방법이다. 이 방법은 특정 국가에서 사용후핵연료의 중간저장 또는 처분시설의 용량 등을 사전에 예측하기 위한 목적으로 사용된 바 있으며, 주로 다수의 원전에서 장기적으로 발생하는 사용후핵연료의 수량을 추정하는데 사용되고 있다. 어떤 원전에서 매년 평균적으로 발생하는 사용후핵연료의 수량(톤/y)은 수식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$UG_{SNF} = \frac{NC \cdot 365.25 \cdot CF}{\epsilon_{te} \cdot BU} \dots\dots\dots (1)$$

여기서, UG_{SNF} = 사용후핵연료의 연평균 발생량(MTU/y), NC = 원전 설비용량(MWe), ϵ_{te} = 원전의 열효율(MWe/MWth), CF = 원전 이용률, BU = 사용후핵연료 평균 방출연소도(MWth·d/MTU), 365.25 = 1년간 일수 환산계수(d/y)이다.

2022년 이후까지의 장기적인 원전 운용계획이 확정되지 않은 상황에서는 본 기법을 적용하는 것이 가장 타당할 것으로 판단하였으며, 이를 활용한 IAEA의 Nuclear Fuel Cycle Simulation System(NFCSS)을 시스템을 활용하였다.[2]

2.2 발생전망 평가를 위한 가정사항

본 발생량 전망평가에서 기본적으로 적용될 가정사항은 2009년~2022년까지의 4차 전력수급기본 계획을 기반으로 수립하였다.[3] 본 기본계획에서는 페로 계획없이 기존 20기와 신규건설 12기의 용량을 합하여 2022년 국내 원전 총발전량은 32,916MWe으로 제시하고 있다. 본 연구에서 2022년 이후는 최대전력 수요 연평균 1.9% 증가를 적용하였으며, 최대 전력설비 용량은 최대 전력수요 대비 12~24%증가가 수급안전 용량임을 감안하여 연평균 18% 증가를 적용하였다. 이에 2050년 총 전력설비 용량은 164,140MWe이며, 원전 설비비

중은 2022년 발전 설비 기준 33%를 적용하여 2050년 최대 원전설비용량은 133,447MWe 임을 가정하였다.

2.2.1 원전설비용량 가정사항

현재까지 수립된 가정사항을 바탕으로 다음과 같이 4가지 원전설비용량에 대한 세부가정 사항을 수립하였다.(Fig.1) 특히, 본 가정에서 원전의 설계수명은 고리1호기와 월성1호기는 50년(설계수명 30년, 10년씩 2회 계속운전), 그 외 원전은 60년(설계수명 40년, 2회 계속운전)을 가정하였다.

- 가정1 : 2050년까지 전체 원전수(32기)/발전량 동일(전원전 계속운전 가정)
- 가정2 : 2050년까지 전체 원전수(32기)/발전량 동일(수명종료 원전 폐로)
- 가정3 : 2050년까지 수명종료 원전에 대하여 1,400MW급 APR 신규원전으로 대체되어 가동, 전체 원전수는 동일하되 발전량은 증감
- 가정4 : 총전력설비의 33%를 요구하는 원전필요설비 충족, 폐로없이 계속운전 및 신규원전 지속 건설

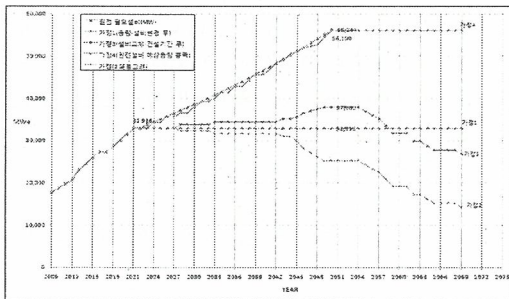


Fig. 2. Capacities of NPPs by assumptions

2.2.2 초기농축도/연소도, 이용율/효율 가정사항

2010년 이후 전 원전의 초기농축도와 방출연소도에 대한 가정은 PWR의 경우 4.5%, 55,000MWD/MTU으로 설정하였으며, CANDU의 경우 0.7%, 7,200MWD/MTU이다. 이용율의 경우 전 원전 90%를 가정하였으며, 효율의 경우 PWR(35%), CANDU(33%)를 가정하였다.

2.3 발생전망 평가 및 결과

본 연구를 통한 2010년부터 2070년까지의 국내 상용원전에서 발생하는 사용후핵연료의 발생량은

시나리오별로 평가 하였다.(Table 1)

Table 1. Result of assumptions

단위 : MTU

가정	PWR	CANDU	TOTAL
가정1	29,106	23,437	52,543
가정2	25,628	16,421	42,049
가정3	30,908	17,358	48,266
가정4	40,282	17,358	57,640

3. 결론

본 연구에서는 사용후핵연료 중간저장시설의 설계용량을 설정하기 위해 향후 2010년부터 2070년까지의 원전설비용량과 이용율 등을 가정하여 발전전망을 평가하였다. 평가결과 가정2가 가장 낮게 평가되었으며, 가정4가 가장높게 평가 되었다. 이를 바탕으로 사용후핵연료 수송·저장시스템 개념설계를 위한 Ground Rule의 시설용량은 PWR 핵연료만을 고려하여 30,000MTU을 설정하였다.

4. 감사의 글

본 연구는 지식경제부의 방폐물관리기술개발 중장기기획과제의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] International Symposium on Nuclear Fuel Cycle and Reactor Strategy: Adjusting to New Reality, Key Issue Papers, International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, 1997.
 [2] Nuclear Fuel Cycle Simulation System, 2009, <http://www-nfcis.iaea.org>
 [3] 제4차 전력수급기본계획, 지식경제부, 2008