

사용후핵연료 관리 시나리오 분석 및 물량 평가 도구 개발

정연홍*, 황용수, 장선영, 한재준

한국원자력통제기술원, 대전광역시 유성구 유성대로 1534

*jyh1404@kinac.re.kr

1. 서론

우리나라는 1978년 고리1호기 원전 발전을 시작으로 35년 이상의 원자력 발전 역사를 가지고 있으며 그 역사가 진행되어온 만큼의 다량의 사용후핵연료가 임시저장되어 있다. 하지만 임시저장 이후의 관리 방안이 분명하게 선정되지 않아 국가 정책 수립에 큰 난항을 겪었으며, 이에 작년 사용후핵연료 공론화위원회를 통해 사용후핵연료 관리에 대한 권고안을 제시하기도 하였다. 이렇듯 현 시점에서의 사용후핵연료의 처결 문제는 국가적인 차원의 정책 결정이 필요한 사안이며, 동시에 핵비확산-핵안보에 대한 다차원적인 접근이 필요한 문제이다. 또한 적절한 사용후핵연료 관리를 위해서는 임시저장, 중간저장, 직접처분, 국내외 재처리 및 고준위 방사성폐기물 처분 등에 대한 연계적 관리가 필요하다. 이러한 관리 옵션의 연계 가능성을 고려하여 다양한 시나리오를 가정, 정책결정의 주요 인자가 될 수 있는 경제성, 핵비확산성 등을 분석하기 위한 기반으로서의 사용후핵연료 관리 옵션별 물량 평가를 수행하였다.

2. 본론

2.1 평가 프로그램 개발

핵비확산성 및 경제성을 평가하기 위한 기반 자료로서 사용후핵연료의 발생량을 예측하고 이를 바탕으로 향후 결정될 사용후핵연료 관리 옵션에 대한 예측 평가를 수행하기 위해 동적 모사 프로그램인 GoldSim이라는 S/W를 활용한 사용후핵연료 물량 예측 프로그램을 개발하였다.

2.2 사용후핵연료 발생량 예측

물량 분석의 첫째 단계로 21세기 전반에 걸친 원전 운영 계획을 바탕으로한 사용후핵연료 발생량을 예측해야할 것이다. 이를 위해 국가에너지기본계획의 원전 운영 계획에 맞추어 추가적인 원전의 도입을 고려하고 있다. 이에 따라, 고리/신고리, 월성/신월성, 울진/신울진, 영광, 천지의 5개 원전 단지를 가정하고 있다. 하지만 장기적 관점에서 원전 도입 시기를 정

하기에는 많은 불확실성을 안고 있으므로 에너지 수급계획 변화에 따라 필요한 추가 원전의 도입 시기와 수를 산정, 이를 바탕으로 사용후핵연료 발생량 예측이 가능하도록 하였다. 다만, 선행 핵연료주기에서의 변화에 대한 반영은 가정하고 있지 않으며 기준이 되는 핵연료 유형을 지정하여 동일한 조건으로 운영됨을 가정하고 있다.

2.3 사용후핵연료 관리 시나리오

사용후핵연료는 최종처분이나 재처리 이전에 임시저장시설과 중간저장시설에 저장하게 될 것이다. 임시저장시설의 경우 일반적으로 습식저장시설을 활용하고 있으나 현재의 저장용량을 고려할 때, 2024년이면 사용후핵연료 저장조 포화문제가 발생할 것이다.[권고안] 같은 부지 안에 있는 원전끼리는 임시저장시설을 공유할 수 있으므로 한 원전단지를 하나의 임시저장시설로 가정하여 포화여부를 예측하도록 하였으며, 중간저장시설 도입의 완충수단으로서 해외 위탁재처리를 고려하고 있다. 이후 국가 정책 결정에 따른 국내재처리 활용 유무도 모델링에 반영하여 시나리오를 설정하였으며, 이러한 사항을 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. Scenarios for SNF management

	해외위탁 재처리	중간 저장시설	국내 재처리	최종처분
시나리오1	×	○	×	○
시나리오2	○	○(지연)	×	○
시나리오3	×	○	○	○
시나리오4	○	○(지연)	○	○

2.4 사용후핵연료 운반 시나리오

위의 사용후핵연료 관리 시나리오를 보면 모든 시나리오에서 중간저장시설의 도입을 가정하고 있지만 그 도입의 형태(건식/습식)와 저장방식, 위치 등은 아직 결정된 바가 없다. 따라서, 이러한 중간저장시설의 도입에 대한 시나리오도 충분히 고려할 필요가 있으며 본 연구에서는 Table 2에서와 같이 6가지 시나리오를 가정하여 물량 평가를 수행하였다.

Table 2. Scenarios for SNF transportation

	고리	한울	한빛	천지	월성
옵션 1	○	○	○	○	○
옵션 2	◎*	○	○	○	×
옵션 3	○	◎*	○	○	×
옵션 4	○	○	○	◎*	×
옵션 5	×	×	○	◎**	×
옵션 6			◎***		

* 월성 단지 SNF 운반·저장
 ** 고리, 월성, 한울 단지 SNF 운반·저장
 *** 하나의 중간저장시설 도입

2.5 시나리오 평가

이러한 가정들을 바탕으로 사용후핵연료 발생량부터 각 임시저장시설에서의 저장량 및 포화시기, 해외위탁재처리 운영시기 및 재처리 요구량, 중간저장 시설에서의 저장량 및 단계적 용량 증설시기, 국내 재처리 시설 운영에 따른 고준위 및 중·저준위 폐기물 발생량 등을 예측 평가할 수 있으며, 핵물질이 다량으로 밀집하는 지역이나 시설을 예측함으로써 원활한 핵물질 관리와 통제를 위한 기반 정보로 활용할 수 있으며, 향후 개발할 경제성 평가 모듈을 통해 각 시나리오에서 발생할 수 있는 비용을 예측, 비교할 수 있을 것이다.

2.6 결과

물량 예측프로그램의 모사 결과는 여러 가지 시나리오 중 그 대표 시나리오로서 해외위탁재처리와 국내재처리가 모두 가능한 시나리오 4를 적용하였으며, 단일 부지에 중간저장시설을 운영하는 옵션 6을 적용하였다.

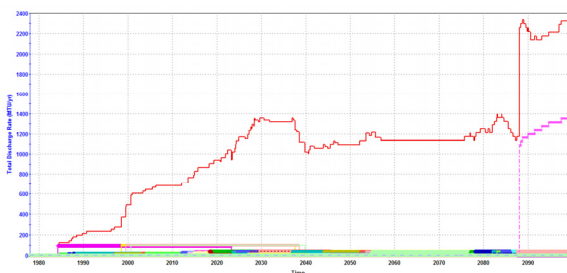


Fig. 1. Annual discharge of SNF.

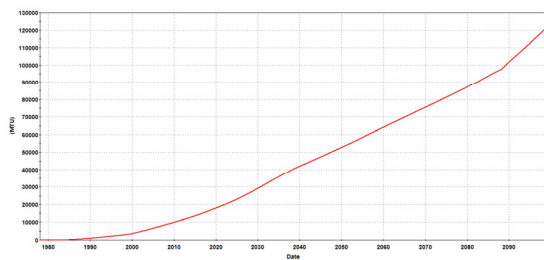


Fig. 2. Cumulative discharged SNF.

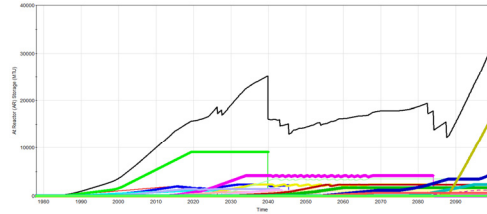


Fig. 3. Stored SNF at pools.

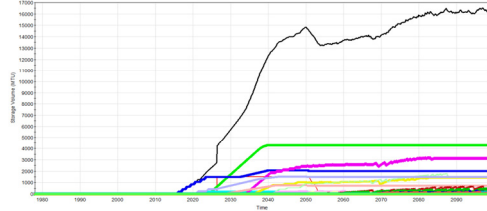


Fig. 4. Stored SNF at interim storage.

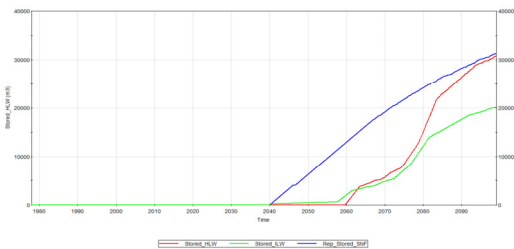


Fig. 5. Stored SNF at repository.

임시저장시설에서의 사용후핵연료 저장량은 중간저장시설도입 시점과 폐로 시점, 재처리 시설 도입 시점 등에서 실제로 큰 변동 폭을 나타냈으며, 중간저장시설에 저장된 사용후핵연료 저장량은 재처리 시설 도입 이후 크게 변하지 않는 값을 나타냈다.

3. 결론

사용후핵연료 관리문제는 국가 차원의 노력을 기울여야 할 시급한 문제이지만 원자력과 관련된 사안으로 핵비확산·핵안보에 대한 고려가 반드시 필요하다. 이러한 차원에서 핵물질 통제를 위한 핵물질의 양과 위치에 대한 지속적인 관리가 필요하며, 사용후핵연료 물량 예측 프로그램은 이러한 관점에서 기반 자료를 제공할 수 있을 것이다. 또한 향후 사용후핵연료에 대한 특성평가 모듈, 비용평가 모듈 등을 통해 각 시설에서의 핵물질의 양과 상태, 경제성을 분석하여 정책결정에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

- [1] 사용후핵연료 관리에 대한 권고안, 사용후핵연료 공론화위원회, 2015.
- [2] GoldSim User's Guide, GTG, 2014.