

# 심층 연소 고온 가스로 주기의 장기 저장 TRU 재고량 분석

정창준, 조창근

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

[cjieong@kaeri.re.kr](mailto:cjieong@kaeri.re.kr)

## 1. 서론

사용후 핵연료의 초우라늄 원소의 감소를 위하여 심층연소 고온 가스로 단일 주기와 단일 주기 후 남아 있는 초우라늄 원소의 추가적인 연소를 위해 고속로와의 연계 주기가 연구되고 있다 [1,2]. 이러한 핵연료 주기에서 환경이나 처분장 혹은 저장 시설에 영향을 미치는 주요 인자는 장기 저장되는 사용후 핵연료 혹은 고준위 폐기물 재고량이다. 본 연구에서는 핵연료주기 동적 해석 코드인 DANESS [3] 코드를 이용하여 심층 연소 고온 가스로 단일 주기, 고온 가스로-고속로 연계 핵연료주기 해석을 수행하여 장기 저장 사용후 핵연료 및 TRU 재고량을 비교 분석하였다.

## 2. 핵연료주기 분석 결과

먼저 비교를 위하여 직접처분 주기에 대한 물질 흐름 결과를 요약하면 다음과 같다. 국가 에너지 기본 계획에 따르면 국내 원전 용량은 2000년 13.7 GWe에서 2030년에 27.3 GWe으로 증가한다. 이를 바탕으로 2050년도에는 41.3 GWe으로 증가하고 2100년도에 약 70 GWe에 이르게 된다.

상기와 같이 원전이 운전될 경우 발생하는 경수로 사용후 핵연료는 2100년도에 약 98100 t이 될 것으로 예측되며, 중수로 사용후 핵연료는 2050년 이후 약 18500 t으로 유지되어 2100년도에 총 사용후 핵연료는 약 116600 t이 될 것으로 예측된다.

단일 고온 가스로 주기 및 고온 가스로-고속로 연계 주기에 대해 각각 고온 가스로 및 고속로는 TRU 재고량이 최소화 되도록 그림 1과 같이 도입 용량을 조절하였다. 본 연구에서 단일 주기에서 고온 가스로는 2030년도에 도입되고, 연계주기에서도 고온 가스로는 2030년에 도입되며, 고속로는 2040년부터 도입되는 것으로 가정하였다. 그림 1에 나타난 바와 같이 고온 가스로는 용량은 두 가지 주기에 대해 거의 동일하게 2070년까지 증가하고 그 후 거의 일정하게 유지된다. 한편, 연계 주기에서 고속로 용량은 계속 증가하여 2100년도에는 16000 MWe이 된다.

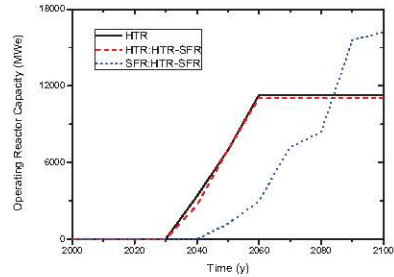


Fig. 1. 고온 가스로 및 고속로 도입 용량.

그림 1과 같이 고온 가스로 및 고속로가 도입될 경우 단일 주기 및 연계 주기 모두 장기 저장 사용후 핵연료 재고량에 2100년도에 약 80% 이상 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 이는 거의 모든 PWR 사용후 핵연료가 재처리되기 때문이다 (Fig. 2).

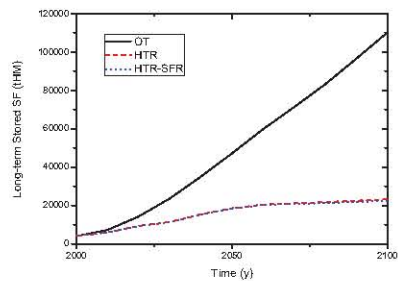


Fig. 2 장기 저장 사용후 핵연료 재고량.

PWR 사용후 핵연료 재처리량은 계속 증가하여 2100년도에 단일 주기 및 연계 주기 모두 누적 재처리량이 74000 t 이 된다. 이는 두 가지 주기에 대해 거의 모든 PWR 사용후 핵연료가 재처리되기 때문이다. 한편, 연계 주기에서 DB-HTR 사용후 핵연료 재처리량은 천천히 증가하여 2100년도에 130t 이 되는 반면 SFR 사용후 핵연료 재처리량은 빠르게 증가하여 2100년도에 약 1300 t 이 된다.

그림 3에 나타난 바와 같이 단일 주기 및 연계 주기 장기 저장 노의 plutonium 재고량은 2100년도에 각각 650 t 및 약 71t 으로 비순환 주기에

비해 각각 40% 및 93% 감소한다. 장기 저장 MA 재고량은 단일 주기에서는 증가하고 연계 주기에서는 약 92% 감소한다. 이는 단일 주기에서는 MA가 연소되지 않기 때문이다. 전체적인 장기저장 TRU 재고량은 각각 26% 및 92% 감소한다 (Fig 4).

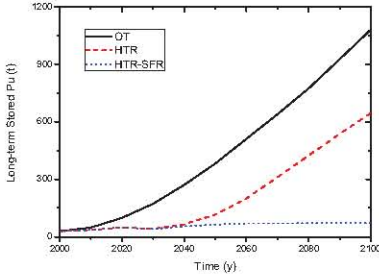


Fig. 3. 장기 저장 plutonium 재고량.

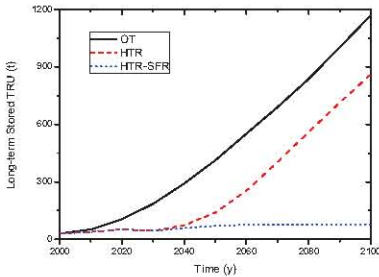


Fig. 4 장기 저장 TRU 재고량.

### 3. 결론

DANESS 코드를 사용하여 고온 가스로는 단일 주기와 고온 가스-고속로 연계 주기를 분석하였다. 분석 결과 2100년도에 장기 저장 사용후 핵연료 양은 각 주기에 대해 약 80% 감소한다. 한편, 장기 저장 TRU 재고량은 각 주기에 대해 각각 26% 및 92% 감소한다.

이상의 결과를 바탕으로 고온 가스로는 심층 연소 단일 주기보다는 심층 연소 고온 가스-고속로 연계 주기가 더 효과적으로 환경에 영향을 미치는 장기 저장 사용후 핵연료 재고량과 TRU 재고량을 감소시키는 것으로 나타났다.

### 4. 참고문헌

[1] C. J. Jeong et al., "Dynamic Analysis of Deep Burn High Temperature Reactor Scenario," KNS 2011 Autumn Meeting,

Gyeongju, October 27-28, 2011.

[2] S. G. Hong, Y. Kim, and F. Venneri, "Neutronic Characterization of Sodium-cooled Fast Reactor in an MHR-SFR Synergy for TRU Transmutation," ICAAP 2007, Nice, France, 2007.

[3] L. V. D. Durpel et al., "DANESS- Dynamic Analysis of Nuclear Energy System Strategies," Global 2003, New Orleans, November 16-20, 2003.

[4] 지식경제부, 국가 에너지 기본 계획, 2008.