

DANESS 코드를 이용한 고온가스로-고속로 시나리오 예비 분석

정창준, 조창근, 노재만

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

cijeong@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후 핵연료의 초우라늄 원소의 감소를 위하여 심층연소 초고온 가스로 주기가 연구되고 있다 [1]. 그러나, 심층연소 초고온 가스로 주기에서는 사용후 핵연료를 재사용하지 않고 처분하는 개념이다. 따라서, 심층 연소 사용후 핵연료에는 상당량의 초우라늄 원소가 남아있어 추가적인 연소가 필요하며, 이를 위해 고속로를 연계시키는 방안이 연구되고 있다 [2]. 본 연구에서는 핵연료주기 동적 해석 코드인 DANESS [3] 코드를 이용하여 고온가스로-고속로 연계 핵연료주기 해석을 수행하여, 직접처분 주기와 고온 가스로-고속로 연계 주기에 대해 물질 흐름을 비교 분석하였다.

2. 핵연료주기 분석

2.1 직접 처분 주기

직접처분 주기에 대한 물질 흐름을 분석 하였다. 먼저 국내 원자력 수요를 국가 에너지 기본 계획에 [4] 따라 2030년까지 27.3 GWe으로 증가하고 2100년도에 원자력 용량이 약 70 GWe이 되도록 가정 하였다. 이러한 원자력 요구량을 만족시키기 위해서는 그림 1과 같이 원자료가 도입되어야 할 것으로 예측된다. 이에 따르면, CANDU 원자로는 2040년경 운전이 정지되고, 기존 경수로 는 2070년경 모두 운전 정지되며, 이후 APR-1400 원자로만 운전된다.

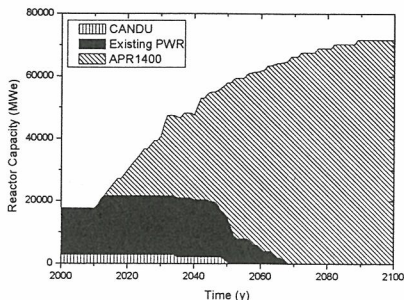


Fig. 1. Nuclear Reactor Capacity.

그림 1의 원자로 도입 용량에 따라 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.

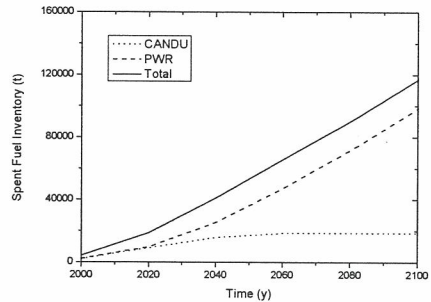


Fig. 2. Spent Fuel Inventory from Each Reactor.

2.2 고온 가스로-고속로 주기

고온 가스로 및 고속로는 TRU 재고량이 최소화 되도록 도입 용량을 조정하였다. 본 연구에서는 고온 가스로는 2030년도에 도입되고 고속로는 2040년부터 도입되는 것으로 가정하였다. 그림 3에 나타난 바와 같이 고온 가스로는 2070년까지 증가하고 그 후 거의 일정하게 유지된다. 한편, 고속로 용량은 계속 증가하여 2100년도에는 16000 MW가 된다.

상기와 같이 원자료가 운전될 경우 천연 우라늄 사용량은 2100년도에 비순환 주기에 비해 약 23% 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 핵연료 농축량은 24% 감소하며, 우라늄 핵연료 제조량은 22% 감소하는 것으로 예측되었다. 이는 농축 과정이 필요하지 않은 핵연료를 사용하는 가스로 및 고속로의 도입에 따른 것이다. 한편, 가스로 및 고속로 핵연료 제조량은 2100년도에 각각 860 t 및 4130 t이 될 것으로 예측되었다.

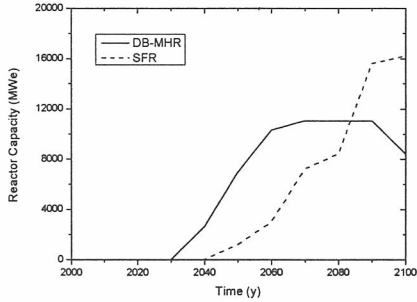


Fig. 3. MHR and SFR Deployed Capacity.

후행 핵주기 인자로서 사용후 핵연료 누적량은 그림 4에 나타난 바와 같이 직접 처분 주기에 비해 약 80% 감소하는 것으로 나타났다. 이는 거의 모든 경수로 사용후 핵연료가 가스로 연료로 사용되기 위해 재처리 되고 가스로 및 고속로 핵연료도 재순환을 위해 재처리 되기 때문이다.

경수로 핵연료 누적 재처리량은 계속 증가하여 2100년도에 74000 t이 된다. 한편, 고온 가스 및 고속로 사용후 핵연료 재처리량은 2100년도에 각각 130 t 및 1300 t이 된다.

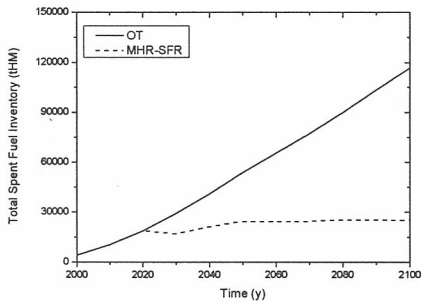


Fig. 4. Spent Fuel Inventory in MHR and Fast Reactor Cycle.

Plutonium 재고량은 재처리되기 전 2030년까지는 비순환 주기와 동일하지만, 재처리가 시작된 후 매우 천천히 증가하여 2100년도에 450t 이 된다. 이는 비순환 주기에 비해 약 61% 감소한 값이다. 한편, MA 재고량은 거의 변화가 없는데 이는 MA가 고온 가스에서는 연소되지 않고 고속로에서도 소량만 연소되기 때문이다. TRU 재고량은 2100년도에 590t 으로서 비순환 주기에 비해 약 53% 감소하는 것으로 나타났다.

3. 결론

DANESS 코드를 사용하여 고온 가스-고속로 주기를 분석하였다. 분석 결과 고온 가스-고속로 주기는 사용후 핵연료 및 TRU 재고량을 효과적으로 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다. 한편, 고온 가스-고속로 연계 도입이 고온 가스 또는 고속로의 단독 도입보다 효과적일 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] A. Baxter, C. Rodriguez, and F. Venneri, "The Application of Gas-Cooled Reactor Technologies to the Transmutation of Nuclear Waste," Progress in Nuclear Energy, 38,p.81, 2001.
- [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.