

## 사용후핵연료 처분시스템 운영관리 분석을 위한 가상 그래픽 환경 구축

이종열, 이 양, 조동건, 최희주, 최종원

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

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

원자력발전소에서 전기를 생산한 후 배출되는 사용후핵연료는 특성상 방사능 준위가 높아 고준위폐기물로 분류되며, 이의 가장 안전한 관리방안으로 지하 수백 미터에 위치한 안정한 암반에 처분하는 것을 고려하고 있다. 원자력발전은 우리나라 전체 전력량의 40 %를 점유하고 있으며, 장기 전력수급계획에 의하면, 2017년까지 28기의 원자력발전소를 운영할 예정이며, 이들의 운전이 완료되는 시점까지 발생하여 누적될 것으로 예상되는 사용후핵연료는 총 36,000 tHM(PWR 20,000tHM + CANDU 16,000tHM)에 이를 것으로 전망된다.

사용후핵연료와 같은 고준위 방사성폐기물을 지하 암반에 처분하기 위해서는 폐기물의 특성, 작업자의 방사선적 안전성, 작업 효율 및 원격 취급 등을 종합적으로 분석하여 처분공정을 설정하고 시스템을 운영하여야 한다. 이러한 분석은 모의 제작시스템을 이용하여 직접 수행함으로써 가능하지만, 모의 제작시스템의 경우 비용이 많이 소요될 뿐만 아니라, 수정/보완이 용이하지 않으며 시간도 많이 소모되는 단점이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 급속하게 발전하고 있는 컴퓨터 기술을 기반으로 하는 그래픽 전산모사 기술을 활용하고 있다.

이 기술은 비주얼 환경(Visual Environment)에서 사용자가 원하는 작업공간을 구축하고 필요한 행위를 모사함으로써, 그 과정 및 결과를 가시화할 수 있을 뿐만 아니라, 실제 시스템에서 발생할 수 있는 예기치 않은 상황이나 문제점을 사전에 발견하고 해결 방법을 모색하여 실제 적용할 수 있기 때문에, 시스템의 설계와 해석, 개발을 위한 분석도구로서 중요한 비중을 차지하고 있다.

본 연구에서는 이러한 고준위폐기물 처분 시스템을 최적으로 운영 및 관리하는데 필요한 분석을 위하여 그래픽 가상환경을 구축하였다. 이를 위하여 고준위폐기물 처분시스템의 핵심공정인 사용후핵연료 포장공정 및 지하 정치공정 등의 시나리오를 설정하고, 이들 공정에 필요한 시설/장비 개념을 도출하였다. 이들 개념을 3차원 그래픽으로 모델링하고 컴퓨터 그래픽환경에서 작업공정 모사가 가능하도록 가상 작업공정구현 시스템을 구축하였다. 이 가상 작업공정 구현시스템은 추후 분석 프로그램과 연계한 분석을 통하여 최적의 고준위폐기물 처분시스템 운영관리방안을 도출하게 될 것이며, 그림 1.은 분석흐름도 및 가상환경 구성을 나타내고, 그림 2.는 가상환경/분석 프로그램 및 이와 연계한 DB의 예시를 나타내고 있다.

### - 가상 작업공정 구현 시스템

그래픽 모사시스템을 이용한 실제 작업에서의 장치 및 공정에 대한 사전 검증 및 분석을 정확하게 수행하기 위해서는 가상작업환경을 실제 환경과 가능한 한 동일하게 구축하여야 한다. 따라서 3차원 그래픽으로 모델링된 핫셀 등의 시설과 구동 특성이 부여된 공정장치 및 유지보수장치 모델을 이용하여 대상공정인 사용후핵연료 심지층 처분공정이 수행될 작업환경 개념과 동일한 가상작업환경을 구축하였다.

심지층 처분 가상 작업환경은 포장공정이 수행되는 지상시설 환경과 지상시설 내 사용후핵연료를 처분용기에 포장하기 위한 공정장치들을 배치하였다. 그리고 지하 500 m 깊이의 심지층에 처분용기를 안치시키는 공정을 위한 가상작업환경으로서, 접근터널, 처분터널/처분공 및 유틸리티 등 지하시설과 공정에 필요한 장치를 배치하였다. 또한, 지상시설과 지하시설 연결 및 지하시설 환기를 위한 샤프트들도 배치함으로써, 고준위폐기물 처분시설 가상작업환경을 구축하였다.

- 가상 고준위폐기물 처분 운영관리 시스템

이 시스템은 추후 가상 공정구현시스템과 연계하여 최적의 처분시스템 공정 및 운영관리 방안 도출에 필요한 분석을 위한 도구로 개발할 예정이다. 분석요소로는 크게 공정소요시간에 따른 물질흐름, 임시저장용량, 처분용기 내 사용후핵연료 조건 등이 있으며, 사용후핵연료 처분용기 관리에 필요한 DB와 연계하여 이들의 이력 및 위치추적이 가능하도록 할 것이다. 또한, 배치 조건에 따라 관련인자인 수직/수평배치의 전환, 처분 터널/처분공 간격에 따른 배치 수정/보완 및 그에 따른 지하처분시설의 굴착량 계산이 가능하도록 분석 도구를 개발할 예정이다.

- 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 최적의 고준위폐기물 처분에 대한 공정 및 운영 관리방안을 도출에 필요한 분석을 위하여, 1단계로 처분시스템 지상, 지하 시설/공정 개념에 따라 컴퓨터 그래픽환경에서 작업공정 모사가 가능하도록 가상 작업공정구현 시스템을 구축하였다. 이렇게 구축된 시스템을 활용하여 설정된 공정에 대한 검증 및 공정물질 운반/취급 등 공정 분석에 필요한 전산모사 수행이 가능하도록 하였다. 이러한 전산모사를 통하여 설계 중인 시스템에 대한 설계검증 및 수정 보완 등을 동시에 수행할 수 있는 Concurrent Engineering 이 가능하다.

구축된 가상 작업공정 구현시스템은 향후 분석프로그램과 연계하여 최적의 고준위폐기물 처분시스템 운영관리방안을 도출에 필요한 다양한 분석을 수행하게 될 것이다.

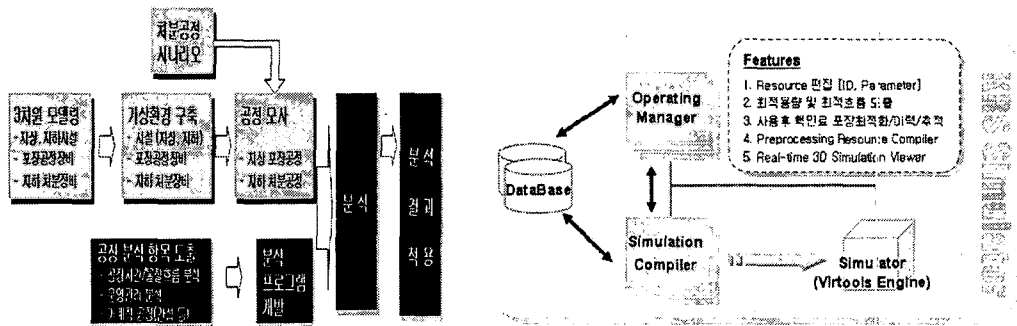


그림 1. 분석 흐름도 및 그래픽 가상환경 구성.

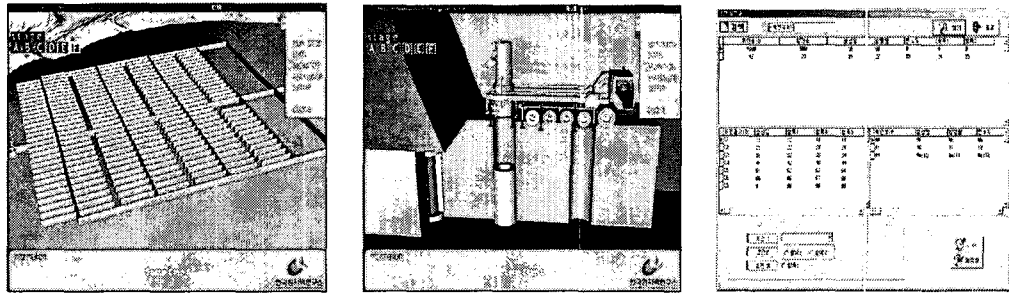


그림 2. 가상 공정구현 시스템 및 분석 프로그램 연계 DB 예시.