

## 3차원 그래픽 시뮬레이션 기술을 이용한 원자력 발전소 폐기물 처리 작업 중 동선에 따른 방사선 피폭 변화

박원만, 김윤혁, 김경수, 황주호  
경희대학교, 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지

### 요 약 문

본 연구에서는 국내 방사선 작업 종사자의 연간 피폭량 중 상당부분(30%)를 차지하는 원자력 발전소 작업 종사자의 방사선 피폭량을 3차원 그래픽 시뮬레이션 기술 및 Java 프로그래밍과 수치 해석 방법을 이용하여, 보다 안전한 작업 계획 수립에 필요한 작업 동선에 따른 방사선 피폭 변화에 대하여 연구하였다. 원자력 발전소의 방사성 폐기물 처리 시설에 대해 3차원 그래픽으로 모델링 작업을 수행하고, 가상공간에서 선원과 작업자와의 거리 및 시간에 따른 방사선 피폭량을 수치 해석적으로 계산하였다. 선원의 종류에 따른 특정감마선( $\Gamma$ 상수)을 입력하여 가상 작업 시뮬레이션 동안의 피폭선량을 평가하였으며, 시간에 따른 가상 작업자의 위치와 이동거리, 방사선 피폭량 등의 결과데이터 파일을 이용하여 작업 결과를 분석하였다.

### 1. 방사선 피폭의 계산

선원과 가상작업자간의 거리에 따른 흡수선량률의 시간에 대한 적분값을 수치해석적 방법을 통하여 계산하였으며, 사용한 식은 다음과 같다.

$$\text{선량률} : \dot{E} = \sum_T H_T W_T \quad (1)$$

$$\text{피폭선량} : \quad (2)$$

$$= 0.877 \frac{(\mu/\rho)_m}{(\mu/\rho)_a} \sum_T W_T \sum_R W_R \int_0^t \frac{\Gamma_S}{r(t)^2} dt \quad (3)$$

이때, 인체인 경우,  $\frac{(\mu/\rho)_m}{(\mu/\rho)_a} \cong 1.1$ 이며,  $\sum_T W_T = 1$ ,  $\sum_R W_R = 1$  로 가정하였다. 또한 위 식은 결국 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_0 = 0 \quad , \quad E_n = E_{n-1} + \dot{E}_n \Delta t = \sum_{n=0}^T E_n \Delta t \quad (4)$$

### 2. 작업 동선에 따른 방사선 피폭 변화 시뮬레이션 프로그램 제작

가상작업공간에서의 작업을 위한 시뮬레이션 프로그램을, 3차원 그래픽 언어인 VRML(Virtual Reality Modeling Language)과 Java™를 사용하여 작성하였으며, 시뮬레이션동안의 결과데이터를 Java EAI(External Authoring Interface)를 통하여 화면 및 데이터 파일로 출력 가

능하도록 제작하였다. 선원은 Antimony-22, Cesium-137, Chromium-51, Cobalt-60 등 8개, Ci 값은 5에서40까지 5씩 증가되는 8개의 값을 각각 입력하여 임의의 선택이 가능하도록 하였으며, 시뮬레이션의 시작 및 마침을 버튼 이벤트를 통해 제어하였다.

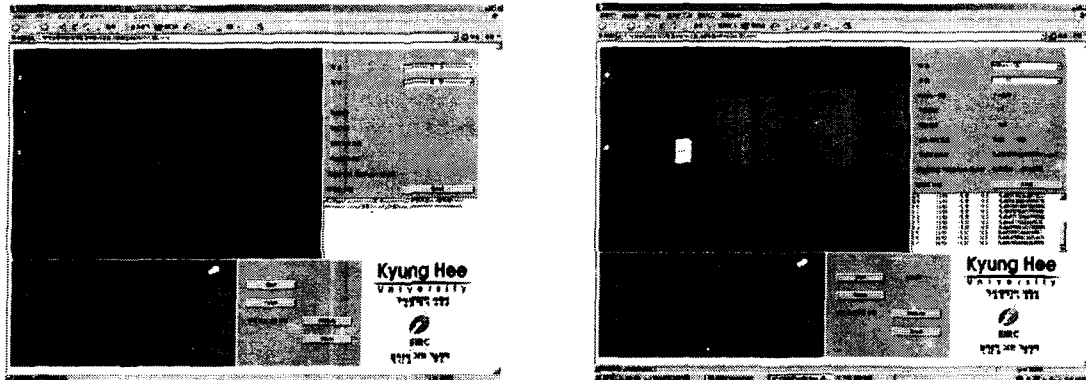


그림 1. 개발한 시뮬레이션 프로그램 : 초기화면(左)과 시뮬레이션 수행 중(右)

### 3. 시뮬레이션의 수행 및 결과 분석

위의 시뮬레이션 도구를 이용하여, 완전 차폐된 공간안에  $20\text{Ci}^{192}\text{Ir}$  점등방 선원(시뮬레이션 상에 드럼으로 표시) 2개가 있다고 가정하였다. 임의의 작업 임무에 대한 가상 작업 시뮬레이션을 동선에 변화를 주며 수행하였으며, 아래의 그래프들은 각각 시뮬레이션 동안 작업자의 이동경로(左)와, 작업간 방사선 피폭량 및 선량률(右)이다.

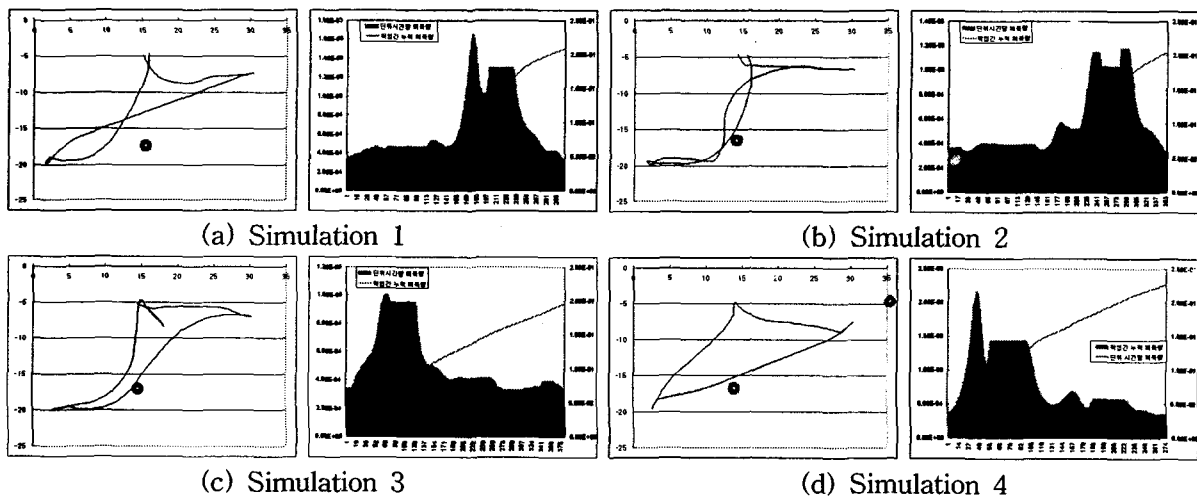


그림 2. 다양한 동선에 따른 방사선 피폭량 및 선량률의 변화 ( : 출발 및 도착점)

Simulation No.	작업시간[sec]	이동거리[m]	피폭선량[mSv]
1	30.5	66.03	0.209
2	35.3	79.12	0.205
3	38.0	81.59	0.196
4	27.3	67.60	0.227

표 1. 시뮬레이션 결과분석

작업 중 받는 피폭선량은 작업시간, 이동경로에 따른 선원과 거리 등의 복합적 요소에 의해  
*Proceeding of the Korean Radioactive Waste Society*

*Vol. 2(1), June 2004* 결정되는 값으로, 단순한 작업 시간의 단축만이 피폭선량을 작게 만드는 것은 아니다. 즉, 원자력 발전소 작업 중 피폭선량 평가에 있어 작업 동선이 현 상황에서는 비록 피폭 선량 평가에 중요한 작업설계 인자는 아니지만, 선원으로부터의 거리를 고려한 적절한 작업 경로를 통해 최적의 방사선 방호를 가져올 수 있을 것이다. 향후 연구에서는 현장에서 사용하고 있는 기존 방법에 따른 예측 결과와 비교 분석하고, 최적화 알고리즘 도입을 통한 최적 작업동선 확보를 수행할 예정이다.

#### 4. 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축지원사업으로 수행된 논문입니다.