지면 반사효과를 고려한 사용후연료 운반중 사고조건에서의 방사선량률 평가

고재훈, 박제호, 이운장, 최규섭
(주)코네스코퍼레이션, 서울특별시 서초구 양재동 210-2번지 합동빌딩 6F
kojh4@kones21.com

1. 서론

사용후연료와 같은 고준위 방사선을 방출하는 방사성물질은 주변의 지형학적 및 기하학적 구조에 대하여 산란 방사선등에 의한 영향을 받는다. 본 연구에서는 운반중 가상사고시 사용후연료 한 다발이 운반용기에서 대기중으로 방출되어 콘크리트 바닥에 떨어진 상황과 바닥 상부로부터 1m 이격된 위치에 놓인 상황에 대하여 지면 반사효과를 고려한 방사선량률 평가를 수행하였다. 평가 기준으로 사용된 사용후연료는 U-235 농축도가 5wt%, 노심으로부터 방출연소도가 50GWD/MTU이며 습식저장조에서 5년 냉각된 표준형원전에서 사용된 16×16 배열의 CE형 PLUS7^{TM} 연료이다.

2. 평가방법 및 결과

2.1 평가방법 및 모델링

선행연구[1]를 통하여 사용후연료 운반중 가상사고로서 연료 한 다발이 대기(Void)중에 방출되는 상황에 대하여 고찰하였다. 본 논문에서는 보다 실제적인 사고 상황을 가정하기 위하여 연료 한 다발이 대기중에 방출되어 지면에 떨어져 맞닿은 상황과 지면 상부의 1m 이격지점에 위치한 상황을 가정하여 방사선의 지면 반사효과에 대한 영향을 분석하였다. 방사선원항으로는 선행연구에서와 동일하게 CE형 PLUS7^{TM}에 대한 감마 선원항 및 중성자 선원항을 구분하여 고려하였으며 그 항목은 다음과 같다[2].

• 감마선원항	• 핵분열생성물 및 액티나이드(Actinides)의 붕괴로 인한 1차 감마선
	• 연료집합체 구조재의 방사화(Activation)로 발생된 Co-60의 붕괴로 인해 방출되는 감마선
	• 핵분열성 및 비핵분열성 물질의 중성자 포획[(n,γ) 반응]에 의해 방출되는 2차 감마선
• 중성자 선원항	• 자발핵분열(Spontaneous Fission)에 의해 방출되는 중성자
	• 핵연료 물질의 [(α,n) 반응]에 의해 방출되는 중성자
	• 미임계 증식된 핵연료물질의 핵분열로 인한 지발중성자(Delayed Neutron)

상기 방사선원항은 SCALE 5.1 전산코드의 SAS2H 모듈을 사용하여 핵연료집합체의 연소도를 반영한 반응단면적 라이브러리를 생성한 후 냉각기간을 반영하여 동일 코드의 ORIGEN-S 모듈을 실행하여 평가하였으며, 개별 선원항에 대한 입력자료는 선행연구[1]와 동일하다. 지면 반사효과에 대한 방사선 평가는 MCNP ver.5를 사용하여 수행하였다.

그림 1의 PLUS7^{TM} 핵연료집합체를 모사하는 데는 Pin by Pin 모델을 적용하였으며, 각각 그림 1과 2는 사용후연료의 외부환경이 대기(Void)중에 놓인 경우, 지면(콘크리트)에 놓여있는 경우 및 지면상부로부터 1m 이격지점에 위치한 상황을 모델링한 것이다.

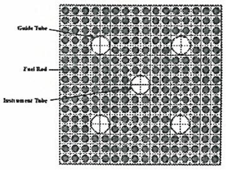

그림 1. PLUS7^{TM} 사용후연료 모델(Void)

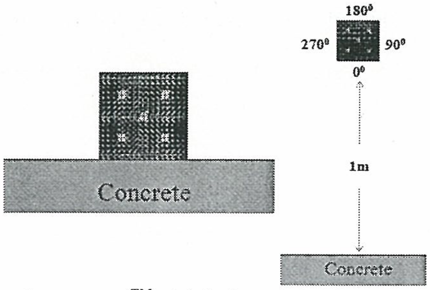

그림 2. PLUS7^{TM} 사용후연료 지면반사 효과 모델(Ground)