

KRS 시스템 지상건물에서의 사고 시나리오 평가

정종태, 황미정, 최희주, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

jtjeong@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력발전으로 인하여 발생하는 사용후핵연료를 포함한 고준위폐기물의 지층처분 시설의 건설 및 운영에 있어서 가장 중요한 요소는 작업자 및 일반 대중의 안전성을 확보하는 것이다. 이는 발생 가능한 사고로 인한 영향을 평가하여 성능목표 및 규제기준치를 만족하는지 여부를 확인하는 것이다. 이를 위한 방법으로 발생 가능한 사고를 선정하고 안전계통의 성능을 평가하며 방사성 물질의 누출을 야기하는 사고 시나리오를 선정하고 방사성 물질의 누출로 인한 작업자 및 일반대중에게 미치는 피폭선량을 평가하는 방법이다. 본 연구에서는 이러한 처분시설의 안전성을 평가하기 위한 방법으로 원전에서 이용되고 있는 사건수목 및 고장수목 분석방법을 이용하여 처분시설의 개념설계를 바탕으로 대표적인 사고에 대한 사고 시나리오를 평가하여 그 적용성을 확인하는데 목적이 있다.

2. KRS 시스템 지상시설의 사고 시나리오 평가

KRS 처분시스템의 지상시설 중 주요시설 중 하나는 포장시설이며 여기에서는 사용후핵연료 운반용기 인수, 하역 및 집합체 검사, 임시저장, 처분용기 포장, 처분용기 용접 및 검사, 처분용기 유지/보수 및 포장된 처분용기 이송 등이 이루어진다. 또한, 효율적이며 안전한 운전을 위하여 핵물질 보장조치, 원격운전, 제염/유지보수, 자체 발생 폐기물 처리 및 저장 등의 보조기능도 포함된다. 사고 시나리오 평가를 위해 선정한 초기사건은 운반용기로부터 처분용기로 핵연료 다발용 크레인으로 이송하는 도중에 크레인 고장에 의해 낙하가 발생하는 사건이다. 사고경위 빈도 평가에서 사용한 크레인 낙하율은 $5.6E-06/\text{Lift}$ 이며 연간 핵연료다발 운반 수는 12,000으로 가정하였으며 이를 이용하면 연간 낙하율은 0.672 drops/yr 가 된다. 또한 피복관 파손확률은 보수적인 평가를 위해 1로 가정하였다.

사고경위는 낙하가 발생한 이후에 핵연료 다발이 손상을 입어 방사성물질이 방출되고 사고영향의 완화를 위한 HVAC 계통과 HEPA 필터의 작동여부에 따른 사고경위를 개발하였으며 이는 그림 1에 도시된 바와 같다. 사고경위 1은 핵연료 다발이 손상을 입지 않아서 사고 결과가 OK이다. 사고경위 2는 핵연료 다발의 손상이 발생하고 HVAC 시스템의 작동이 성공한 후 HEPA 필터가 성공하지만 희유기체가 방출되는 사고이다. 사고경위 3은 핵연료 다발의 손상이 발생하고 HVAC 시스템이 작동성공 후 HEPA 필터가 실패하여 일반 대중과 외부 작업자에게 희유기체와 입자상 방사성물질이 방출되는 사고이다. 사고경위 4는 핵연료 다발의 손상이 발생하고 HVAC 시스템이 작동 실패하여 시설 내부 작업자에게 희유기체와 입자상 방사성물질이 방출되는 사고이다.

낙하 사고시 완화를 위한 시스템인 HVAC 계통과 HEPA 필터의 고장확률은 고장수목 분석을 통하여 구하였다. 고장수목 분석에서 HVAC 계통은 Normal exhaust fan과 redundant exhaust fan으로 구성된 계통을 가정하였고, HEPA filter는 A, B 두 개의 필터로 구성된 계통을 가정하여 분석하였다. 고장수목 분석 결과 고장 확률은 HVAC 시스템 고장 확률은 $8.063e-5$, HEPA Filter 고장 확률은 $1.201e-5$ 으로 평가되었다. 이들 고장수목 분석은 그림 2와 3에 도시된 바와 같다.

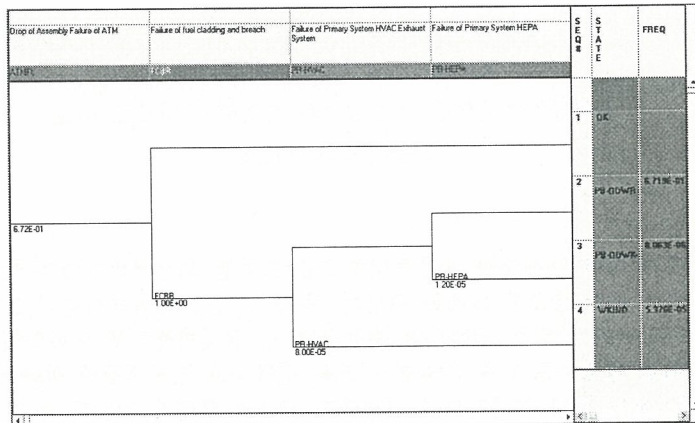


Fig 1. 크레인 고장으로 인한 낙하사고시 사건수목 구성

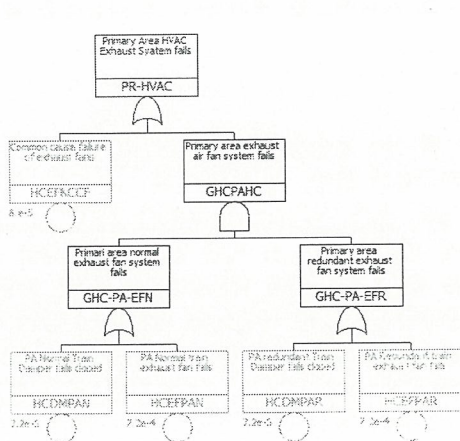


Fig 2. HVAC 시스템에 대한 고장수목 분석

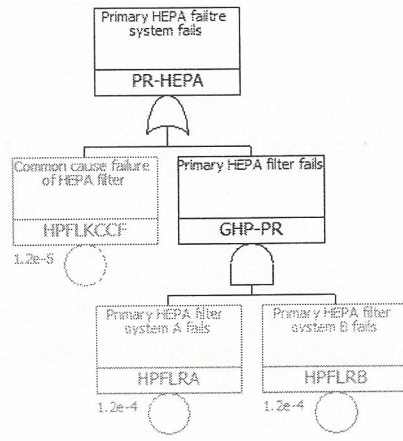


Fig 3. HEPA 필터에 대한 고장수목 분석

3. 결론

처분시설의 운영중 안전성을 평가하기 위한 방법으로 사건수목 및 고장수목 분석방법을 이용하여 처분시설의 개념설계를 바탕으로 대표적인 포장시설의 크레인에 의한 핵연료 다발의 낙하사고에 대한 사고 시나리오를 구성하고 사건수목 및 고장수목 분석을 수행하였다. 향후 각각의 사고 경위별 방사성물질의 누출량을 확인하고 이로 인한 작업자 및 일반대중의 피폭선량 평가를 수행하여 규제치 및 성능목표치와의 비교를 통하여 불만족할 경우에는 중요도 분석을 수행하여 설계 개선 사항을 도출할 수 있다. 따라서, 사건수목 및 고장수목 분석을 통한 사고시나리오 평가는 처분시설의 안전성 평가 뿐만 아니라 설계 개선사항 도출을 위한 유용한 방법으로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부가 주관하는 원자력 중장기 연구의 일환으로 수행되었습니다.