

KNF-  
SF-04

# 사용후연료 건전성 평가 (SPADE)

연료설계실 이정열  
T. 042-868-1491 E. jungyeul@knfc.co.kr

SPADE(Spent fuel Assessment solution for Dry storage Engineering)는 후행핵주기 환경 중 건식저장 운반·취급 시에 사용후연료(Spent Fuel) 기계적 건전성을 평가할 수 있는 기술임. 특히, 건식저장 SF 열화 특성을 반영하고, 다양한 시험, 해석, 평가 등의 검증·확인(V&V) 절차를 통해 구축되어 관계 법령에서 요구하는 사항을 신뢰성 있게 평가할 수 있는 건식저장 운반 평가기술임.

## 기술 내용

### ● 배경

- 국내 각 원전 습식저장조 내 임시저장 중인 SF는 순차적으로 저장용량 포화 연한이 도래하고 있고, 이 습식저장조 포화 문제는 원자력의 지속발전 가능 측면에서 시급히 해결해야 할 중요한 현안이며,

SF 관리방안 중 건식저장이 가장 현실적인 대안으로 대두됨.

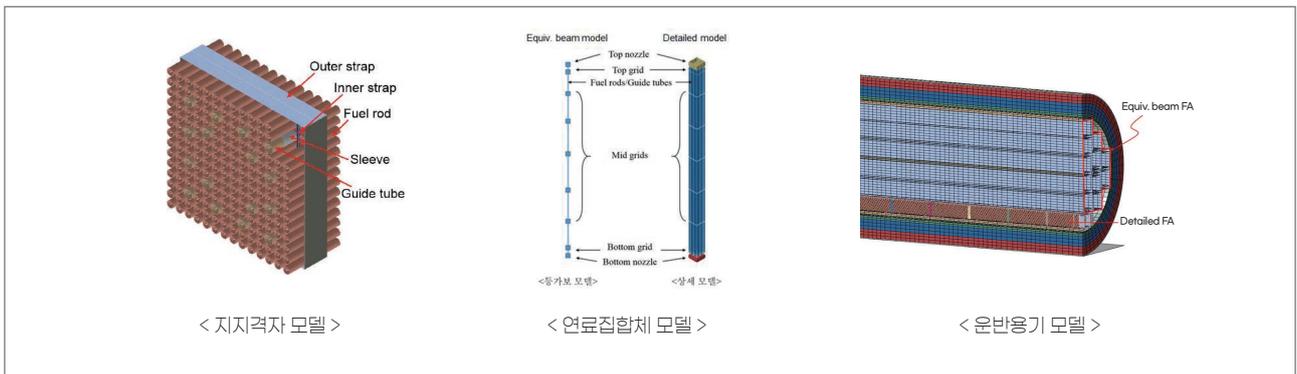
- 이러한 건식저장 사업을 위해 요구되는 핵심기술 중 하나가 사용후연료 건전성 평가기술이며, 향후 SF 관리·기술적 측면에서 그 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상됨.

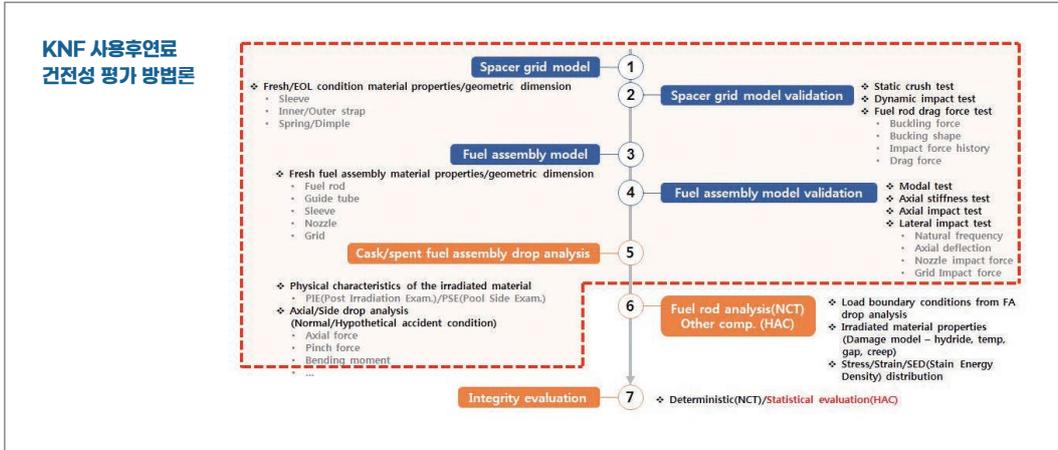
### ● 목적 및 필요성

- SF 건식저장을 위해서는 국외(IAEA, 미국 등), 국내(원자력안전법) 관계법령 및 인허가 규제요건에 명시된 SF 건전성이 평가·승인 되어야 함. 이러한 관계법령에 요구되는 평가를 수행하기 위해서는 국내 SF 특성을 반영한 건전성 평가 체계가 필요함.

### ● 기술원리

- SF 평가를 위해서는 많은 파괴검사(핫셀, 비파괴 검사[모사·가속 시험, 발전소 내 측정(PSE)]자료 기반의 수학적 모델을 구축하고, SF 기하·물리적 특성을 정의할 수 있는 해석모델 필요.
- 특히, 모델링 단계별 검증·확인(V&V)을 수행하여 해석의 신뢰도를 향상시켰음.





**기술완성도 (TRL)**

- 양산 및 초기시장 진입

**사업 방향**

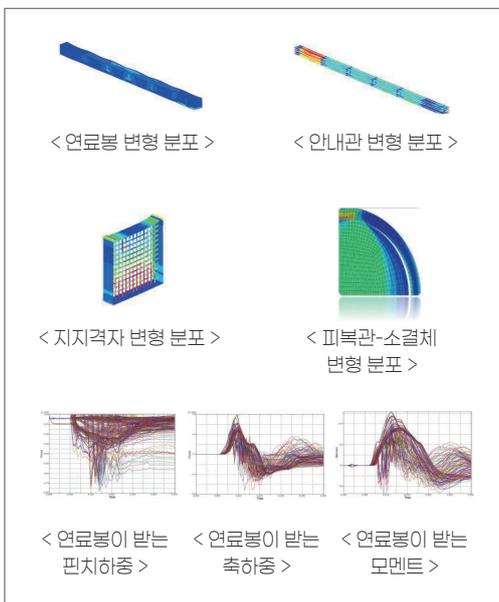
- 기술 이전
- 라이선싱
- 공동 연구
- 용역 수행
- 기타

**● SPADE 구성**

- SPADE는 상용 유한요소 코드인 ABAQUS로 모델링한 운반용기, 등가 보 SF 집합체, 상세 SF 집합체 모델, 상세 SF 연료봉 손상 평가 모델로 구성됨.
- 평가는 두 단계로 수행되며, 1단계는 운반용기-SF 전역평가(Global Evaluation)를 수행하여 SF 각 부품의 응력 등 경계 조건을 도출함. 2단계 해석에서는 1단계에서 도출된 경계조건을 건식저장 열화특성이 반영된 연료봉에 적용하여 상세 해석을 수행하고 정량적인 손상을 평가를 수행함.

**● SPADE 결과물**

- 사용후연료의 건식저장 운반·취급 시 가장 핵심 손상 모드인 정상·가상사고 조건 낙하충격 환경 및 모델을 활용하여 진동·충격, 비정상 SF의 기계적 건전성을 평가할 수 있음.



**기술 우수성**

**● 기술특징**

- 해외 대비 다양하고 폭넓은 검증·확인 과정을 거쳐 해석의 신뢰도 제고
- 운반용기 내 최악의 경계조건이 산출되는 위치 확인 가능
- SF 특성(휨 변형, 조사 성장, 산화부식 두께 감소 등) 반영 가능

**● 기대효과**

- SF 평가 분야 국내 기술 선도
- 신연료 ↔ SF 토탈 솔루션 제공 가능
- 타분야(손상 사용후연료 평가, 중수로 등) 및 신규 사용후연료(HIPER 등) 활용 가능

**기술 적용현황**

- 정부과제 : 육·해상 정상 운반조건 SF 평가
- 원자력연구원 용역 과제
- 한수원 수탁과제 : 경수로 사용후연료 특성검사와 안전성 강화 용역에 적용
- SF 활용예정 : 고연소도, 중수로, 신연료 (HIPER, ATF 등)

**제공 가능 품목**

- 사용후연료 건전성 평가 용역
- 사용후연료 건전성 평가보고서