

# 사용후핵연료 관리 단계별 안전정보 표준 목록 개발

육대식\*, 박동극, 이호진, 안상면, 정규환

한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 구성동 19번지

\*dsyook@kins.re.kr

## 1. 서론

국내 사용후핵연료 관리에 대한 권고보고서가 2015년 6월 발간된 이후, 한수원(주) 및 원자력환경공단에서는 사용후핵연료의 발생, 소내저장, 운반, 중간저장 및 처분에 대비한 활발한 사업화 작업을 진행 중에 있다. 사용후핵연료는 그 특성상 생산자(한수원(주))와 이를 관리하게 되는 원자력환경공단, 그리고 안전 심·검사를 담당하게 되는 원자력안전기술원이 각각의 목적과 시설별, 단계별에 맞는 안전정보를 요구하게 된다. 현재 국내에서는 2015년 12월말 기준으로 약 43만 다발, 무게 기준으로는 약 14,500톤의 사용후핵연료가 발전소에 저장 중에 있다[1]. 이렇게 발생한 사용후핵연료에 대한 안전정보는 한수원의 자체적인 기술적 판단에 따라 정보가 생산되어 관리되고 있다. 본 연구에서는 국외 사례 및 국내 관련 기관의 안전정보에 대한 수요를 바탕으로 사용후핵연료 관리 단계별 국가 차원의 표준화하여 활용할 수 있는 안전정보 목록을 개발하였다.

## 2. 본론

### 2.1 사용후핵연료 조사전(pre-irradiation) 안전정보

사용후핵연료의 특성 분석에서 기초가 되는 각종 상세 내역등은 신연료를 제조하는 제조사에 의해 생산된 정보를 발전소 운영자가 인수하여 관리해야 한다. 신연료 제조사가 생산하여 제공해야 하는 정보로는 재질 사양, 인수시험 및 생산 기록 등과 함께 연료 물질의 화학 조성 분석 및 동위원소 분석과 관련된 연료 품질의 평가결과, 연료 집합체의 비연료 부품에 대한 품질 관리 평가 결과 등이다. 이와 더불어, 집합체 식별할 수 있는 고유 정보 및 사양, 집합체 유형 정보도 제공되어야 한다.

### 2.2 조사된(irradiated) 집합체 안전 정보

원자로 운영 중에 조사된 핵연료는 핵연료 구성의 주요한 변화를 발생시키기 때문에 원자로 운영 중에 발생하는 정보에 대해서는 사전에 품질 보증

절차를 마련하고, 이에 따라 이행되어 생산된 정보가 제공되어야 한다. 특히, 건식 저장 중의 핵연료 피복관의 건전성 평가와 같은 어떤 특정 계산이 필요한 경우, 원자로 운영 관련 자료는 계산 방법만큼이나 중요한 요소로 여겨진다. 이러한 이유로 핵연료 가공데이터와 함께 과거자료와 로심 관리 기록은 사용후핵연료 전과정에 걸쳐서 반드시 수집되고 보관되어야 한다. 출력이력 및 누적 연소도의 경우 핵연료 봉 내부에 생성된 각각의 핵분열 생성물의 재고량을 평가하는 데 사용되어지기 때문에 사용후핵연료 관리에 있어서 가장 중요한 요소로 평가된다. 이외에도 조사되는 동안의 핵연료 변형을 확인할 수 있는 검사 방법 및 그 결과에 대한 기록도 유지관리 되어야 한다[2].

### 2.3 저장후(post-irradiation) 안전정보

저장후 안전정보 중에서는 최종 인출 연소도, 사용후핵연료 내 방사성핵종 재고량, 방사선학적 특성들, 붕괴열, 비 핵연료 구성품, 사용후핵연료 시험 결과, 그 이외 정상적이지 못한 사용후핵연료에 대한 추가 정보들이 생산되어야 한다. 이렇게 생산된 정보는 소내 저장, 운반, 소외 저장, 재활용, 처분 등의 단계별로 적절한 형태로 편집, 재평가, 자료 이송들이 이루어져야 한다. 상세한 정보는 Table 1에 나타내었다.

## 3. 결론

본 연구에서는 사용후핵연료 관리 단계별 필요한 표준 안전정보에 대한 목록을 제시하였다. 이러한 안전정보 항목을 바탕으로 각 항목별 실제 생산 자료의 양식을 결정하고 각 기관별로 구축된 안전정보 DB에 적용하여, 국내 유관 기관 간 정보 이관 및 비교 검증이 가능하도록 해야 할 것이다.

## 4. 감사의 글

본 연구는 원자력안전위원회의 재원으로 한국방사선안전재단의 지원을 받아 수행한 원자력안전연구개발사업의 연구결과입니다.(No. 과제번호1403013)

5. 참고문헌

[2] 한국원자력안전기술원, “사용후핵연료 생애 주기별 안전정보 관리에 관한 국제기준분석”, KINS/RR-1458, 2016.

[1] 한국원자력안전기술원, “원자력관계사업자의 방사선안전관련 정기보고자료 검토보고서”, 2016.

Table 1. Standardized safety information list with spent fuel management steps

단계별 구분	해당정보		정보생산주체
핵연료 제조	신연료정보	제조일자, 제품 고유번호 핵연료 물질 및 밀도 가연성 독물질 상세내용	핵연료 제조자
	집합체 유형	핵연료 치수, 재질, 특성을 포함한 집합체 상세내용 핵연료 집합체를 구성하는 하드웨어 및 양상세 핵연료 집합체 도면	
	중금속 초기중량	개별 핵연료 집합체 중금속 초기 중량 동위원소 초기 중량	
원전시설 운반/저장	운반 핵연료 정보 운반일자, 운반용기, 운반차량 신연료 저장위치		
원전 운영자료	원자로정보	원자로번호, 설계 일련 번호 핵연료 타입	원자로 운영자
	핵연료정보	로심 장전일자(1차,2차,3차 등) 집합체 조사된 주기 수 주기 운전 동안 장전로심 위치 주기 운전 후 인출 일자 조장조 입고 일자	
	출력이력	운영 주기내 집합체 평균 출력 운영 주기내 집합체 첨두 연료봉 연소도 운영 주기내 축방향 출력분포	
	검사기록	육안검사, sipping test, 초음파 검사 파속 혹은 손상 내용 요약	
	최종 연소도	최종인출 후 집합체 상태 설명 원자로에 장전된 날짜 원자로에서 인출된 날짜 원자로 출력 이력 집합체가 조사된 핵연료 채널 혹은 원자로 위치와 각 위치에서의 거주 시간	
	핵종재고량	원자로내 거주기간 동안 반응도 조정 장치 위치 액티나이드 및 딸핵종 방사화핵종 핵분열생성물	
	방사선학적특성	핵종별 방사능, 감마스펙트럼, 중성자 스펙트럼 emd 열발생률	
	추가고려사항	결함핵연료 핀들을 포함하고 있는 집합체 특별용기(can)에 담겨진 집합체 핵연료 핀이 제거된 집합체 기타 원래 형태가 아니 변경된 집합체	
	시설 정보	저장시설 고유 식별 번호 시설 종류 저장 단위 재고량 저장단위 특수 문서 목록 저장단위별 식별 번호 저장단위별 종류(습식,건식) 재고 위치	
	원전시설내 저장 -소내습식 -소내건식	사용후핵연료 고유 식별 번호, 사용후핵연료 집합체 종류 저장 매질, 저장 환경의 물리적 특성, 저장상태의 온도 이력 정보 과도 상태, 비정상 상태 내역 발생 날짜, 기간, 결과	
운반	운반 시작 및 종료 일자, 운반수단 운반용기 형태, 운반동안 온도 변화 운반 동안 비정상 혹은 사고 조건	원자로 운영자 / 중간 저장	
소외저장시설	원전시설내 저장 항목 AMP 및 TLLA 평가 항목	시설 운영자	
처분시설	처분부지 정보	호스트 매질 고려 시나리오	처분 시설 운영자
	방사성핵종재고량	근계,원계, 생태계 물리적,화학적 특성 처분 부지 파손 시나리오시 직접 유출 핵종 명목 유출 계산에 포함 되는 핵종 인간침입 계산에 포함되어야 하는 핵종 지표수 보호 시나리오에 포함되어야 하는 핵종	