

사용후핵연료 재활용관련 미국의 안전규제지침 조사·분석

김지현^{1*}, 서현석¹, 한경원¹, 박상훈¹, 신형기²

¹(주)라드웍스, 대전광역시 유성구 대덕대로 530

²한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 과학로 62

*jhkim9775@gmail.com

1. 서론

한국원자력연구원에서는 원자력발전소에서 발생하는 사용후핵연료의 효율적이고 친환경적인 관리방안으로 제4세대 원자로와 연계한 사용후핵연료 파이로프로세싱에 대한 연구 및 기술개발을 수행하고 있다. 그 일환으로 현재 파이로프로세싱 기술을 상용(400 MT/yr) 규모의 KAPF+(Korea Advanced Pyroprocess Facility Plus)에 대한 예비개념설계를 추구하고 있다[1]. 한편, 현재 원자력안전법규에서는 사용후핵연료처리시설을 포함한 핵연료주기시설의 건설 및 운영 전반에 적용되는 요건을 규정하고 있으나, IAEA IRRS의 권고에 따른 후속조치로[2] 핵연료주기시설의 안전규제 체계를 재정비하고 있다. 이에 따라 기존의 복잡한 인허가 서류를 통합하여 안전성분석보고서를 제출하는 방향으로 개편될 것으로 예상하고 있어, 미국의 관련 안전규제지침들을 조사·분석하였다.

2. 본론

사용후핵연료 건식재활용시설에 대한 규정과 지침은 미국에도 확립되어 있지 않다. 그래서 기타 핵연료주기시설과 관련된 지침인 Reg. Guide 3.26, NUREG-1520, Reg. Guide 3.39, NUREG-1718을 조사하고 분석하여 향후 우리나라 안전규제체제 정비에 활용하고자 한다.

2.1 Reg. Guide 3.26

Reg. Guide 3.26은 사용후핵연료 재처리시설의 안전성분석보고서의 표준 형식 및 내용에 대한 지침으로 서론 및 시설 개요, 안전성분석 요약, 부지 특성, 주요 설계기준, 시설 설계, 공정 시스템, 폐기물 격납 및 관리, 방사선 방호, 사고해석, 운영, 기술사양, 품질보증을 주요 골자로 하고 있다. 그러나 이 지침은 사용후핵연료 습식재처리시설에 적용하기 위하여 1975년에 제정되었으나, 지금까지 실제로 적용된 일이 없다.

2.2 NUREG-1520

2010년에 마련된 핵연료주기시설(재처리시설, 변환시설, 가스확산시설 및 플루토늄처리시설 제외)의 에 대한 허가신청서 검토를 위한 표준안전심사계획인 NUREG-1520을 분석하여 다음과 같이 정리하였다.

Table 1. Summary of Safety Review Plan for USA Nuclear Fuel Cycle Plant

항목	내용
일반 정보	-시설 및 공정 개요 : 시설 배치, 공정, 부지, 허가물질의 요약 -사업자 정보 : 기업명, 재정 자격, 허가물질의 특성, 허가된 활동 및 공정, 특별 면제 또는 권한, 분류된 정보의 보안 -부지 설명 : 부지지형, 인구통계자료, 기상학, 수문학, 지질학
조직 및 관리	-시설 또는 허가된 활동의 설계, 건설, 운영 및 변경에 대한 책임 조직 그룹을 규명하고 그러한 그룹의 기능 설명 -위와 같은 책임 조직들 간에 관리제어 및 통신설비 마련 -위와 같은 책임을 갖고 있는 인력의 폭넓은 지식과 경험 -신청자의 인력의 감독 하에 시설의 착수 및 운영에 대한 계획
ISA 요약	-안전프로그램 : 공정 안전정보, 통합안전성분석, 운영지침 -통합안전성분석 요약 · 부지설명 · 시설설명 · 공정, 위해도, 사고경위 등의 설명 · 10CFR70.61의 성능요건 준수 입증 · 통합안전성분석 팀의 자질과 분석방법 설명 · 고도 및 중간정도의 영향을 미치는 사고경위에 포함된 모든 안전 관련품목의 목록 설명 · 급성 화학피폭기준 설명 · 유일한 안전 관련품목 설명 · credible, unlikely, highly unlikely 등의 정의
방사선 방호	-방사선방호프로그램 -ALARA 프로그램

	<ul style="list-style-type: none"> -조직 및 직원의 자질 -방사선방호 절차 -방사선방호 직원의 훈련 -환기 및 호흡방호 프로그램 -방사선 측정 및 모니터링 프로그램 -사고로 인한 방사선학적 위험 제어 -추가 프로그램
핵임계 안전	<ul style="list-style-type: none"> -핵임계사고경보시스템 -정상 및 비정상 조건에서 핵 공정들의 미임계 유지 -핵임계안전 관리프로그램
화학 공정 안전	<ul style="list-style-type: none"> -화학공정 설명 -화학적 사고경위 -화학적 사고영향 -화학공정에 대한 안전관련품목 및 유일한 안전관련품목 -화학공정 관리방법
화재 방호	<ul style="list-style-type: none"> -화재안전 관리방법 -화재위해도분석 -시설설계 -공정화재안전 -화재방호 및 비상대응
비상 관리	<ul style="list-style-type: none"> -비상계획 -비상계획이 요구되지 않는 경우에 대한 평가의 적합성
환경 보호	<ul style="list-style-type: none"> -환경 보고서 또는 범주 제외 -유출물 및 환경관리 및 모니터링 -통합안전성분석 요약 -환경보호 관리방법
해체	<ul style="list-style-type: none"> -제염 및 해체 계획 -해체비용 및 재정보증
관리 방법	<ul style="list-style-type: none"> -구성관리 -유지관리 -훈련과 자격 -절차 -감사와 평가 -사건 조사 -기록관리 -기타 품질보증 요소

2.3 Reg. Guide 3.39

핵연료가공시설에 대한 허가신청서의 표준 형식 및 내용을 기술하고 있는 Reg. Guide 3.39는 1976년에 제정되었으나, 2011년에 개정되었다. 개정 전의 Reg. Guide 3.39는 Reg. Guide 3.26과 유사하였으나, 개정된 Guide 3.39에서는 NUREG-1718에 기술된 허가신청 및 ISA 요약에 대한 표준형식 및 내용을 따르도록 규정하고 있다.

2.4 NUREG-1718

NUREG-1718은 MOX연료가공시설의 허가신청서의 검토에 대한 표준안전심사계획으로 NUREG-1520 항목들과 유사하며, NUREG-1718의 일부 항목은 NUREG-1520의 세부내용 속에 포함되어 있다. 그러나 해체에 대해서는 NUREG-1520에만 기술되어 있다.

3. 결론

이상의 조사·분석 결과에 의하면, MOX 연료가공 시설의 안전성분석보고서 표준형식 및 내용을 기술하고 있는 Reg. Guide 3.39가 개정된 것과 같은 방향으로 Reg. Guide 3.26도 향후 개정될 것으로 예상할 수 있다. 따라서 본 연구에서 얻은 결과물이 향후 우리나라의 사용후핵연료 재활용시설관련 원자력안전규제 체제정비에 많이 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- [1] Won Il Ko et al., Preliminary Conceptual Design and Cost Estimation for Korea Advanced Pyroprocessing Facility Plus (KAPF+), Nucl. Eng. & Design, Vol.277 (2014).
- [2] IAEA-NS-10, Integrated Regulation Review Service(IRRS) Extended Follow-up Mission to the Republic of Korea (2014).
- [3] Reg. Guide 3.26, Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Fuel Reprocessing Plants (1975).
- [4] NUREG-1520, Standard Review Plan for the Review of a License Application for a Fuel Cycle Facility, 2010.
- [5] Reg. Guide 3.39, Standard Format and Content of License Applications for Plutonium Processing and Fuel Fabrication Plants (1976).
- [6] Reg. Guide 3.39, Standard Format and Content of License Applications for Mixed Oxide Fuel Fabrication Facilities (2011).
- [7] NUREG-1718, Standard Review Plan for the Review of an Application for a Mixed Oxide(MOX)Fuel Fabrication Facility (2000).