

# 외국의 사용후핵연료 재활용시설 관련 안전규제 현황

신형기<sup>1\*</sup>, 박상훈<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 과학로 62

<sup>2</sup>(주)라드웍스, 대전광역시 유성구 대덕대로 530

\*hkshin@kins.re.kr

## 1. 서론

우리나라 원자력 발전소는 2015년 말 기준으로 발전량이 164,771 GWh이며, 전체 발전량의 약 31.5%의 점유율을 보이고 있다[1]. 이 원자력발전소에서 발생하는 사용후핵연료의 구성물질은 우라늄 외에 장단 반감기 핵종, 고 방열 핵종 및 플루토늄과 같은 독성 핵종 등이 전체의 약 4.4% 정도를 차지한다. 사용후핵연료의 방사능은 자연수준으로 회복되려면 수십만 년이 소요되므로 영구적으로 처분하거나 혹은 독성을 감소시키는 기술을 사용하게 된다.

우리나라 원자력발전소 내의 사용후핵연료는 경수로의 경우 습식저장조에, 중수로의 경우 습식저장조 및 건식저장시설에 저장되어 관리되고 있다. 하지만, 각 발전소내의 저장조에 저장된 사용후핵연료의 저장율은 2016년 3월 기준으로 고리부지가 78.4% 등을 보여 머지않은 장래에 포화상태에 이를 것으로 전망된다. 이를 해결하기 위해서 국내에서는 사용후핵연료 등과 같은 고준위폐기물의 부피 감소와 처분 효율을 높이고 유용한 자원으로 활용하기 위해 파이로 건식처리시설(KAPF)을 구축할 예정으로 있다. 이러한 대내외적인 환경변화에 맞춰, 사용후핵연료 재활용관련시설에 대한 인허가체계의 마련을 위해 현 원자력안전 법령 체계의 개선이 필요함에 따라 IAEA와 미국의 사용후핵연료 재활용관련시설에 대한 안전규제 현황을 조사하고 분석하여 향후 국내에 적용될 사용후핵연료 인허가체계의 개선 방향을 모색하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 외국 사용후핵연료 재활용시설 안전규제 개요

현재 사용후핵연료에 대한 재처리를 수행하거나 계획중인 나라는 중국, 러시아, 프랑스 및 일본 등이며 미국은 재처리를 하지 않고 저장 중이나 글로벌 에너지 파트너쉽에 따라 재처리에 대한 정책적 변화의 가능성이 있다. 이에 따라 NRC 등에서는

사용후핵연료에 대한 재처리/재활용을 위한 인허가 체계 및 규제요건에 대하여 검토 중이다. IAEA에서는 사용후핵연료 재활용에 대한 안전요건에 대해서 별도의 기준은 따로 마련되어 있지 않고, 핵연료주기시설의 안전요건인 Safety Standards Series No. NS-R-5(Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities) 정도가 발간되어 있다.

### 2.2 IAEA 핵연료주기시설의 안전규제

IAEA 안전요건 NS-R-5[2]에서는 전리방사선의 해로운 영향으로부터 사람과 환경을 보호하는 것을 기본 안전목표로 정하고 있고 이 목표를 달성하기 위해 지켜야 할 기본적인 요건을 제시하고 있다. 첫 번째로서, IAEA Safety Fundamentals-1에서 수립된 10가지 안전원칙이[3] 핵연료주기시설에 전체 기간에 적용되고 시설들의 안전을 위한 근거가 된다. 두 번째는 심층방어로서 모든 안전과 관련된 활동에 대해 다중 수준의 방어를 통해 사고를 방지하고 잠재적인 방사선 영향과 이에 수반되는 화학적인 영향을 완화하기 위해 적용되어야 한다. 이를 위해 이 문서는 5단계의 심층방어를 제안하고 있고 설계와 운영체제에 대한 결정론적 분석(혹은 확률론적 분석으로 보완)을 통해 확인되고 안전성 분석으로 규제요건이 충족될 수 있음을 보장해야 한다. 세 번째는 인허가와 관련하여 일련의 문서를 통하여 시설의 안전성을 입증해야 하는데, 그 내용은 최소한 안전성분석보고서를 통해 시설의 안전성을 상세히 입증해야 하고, 운전제한치 및 운전제한 조건 등을 명시해야 함을 규정한다. 그 외, 시설부지선정, 시설설계, 시설건설, 시설 시운전 및 운전, 그리고 시설해체와 관련된 요건을 기술한다.

위에 열거된 IAEA에서 권고사항과 관련하여 국내 원자력안전 법령에서 핵연료주기시설에 대해 규정한 규제요건은 대부분 IAEA에서 정한 목표와 일치한다. 하지만, 부지선정/건설허가/시운전/운영허가 등으로 인허가절차가 구분되어 있지 않고 1단계의 일괄적인 허가 방식으로 되어 있으며 안전성분석보고서의 제출이 요구되지 않고 있다. 또한, 핵연료

주기시설에서는 방사선학적 위해성뿐만 아니라 화학 및 산업적 위해를 포함한 통합안전성평가 방식으로 평가해야 하는데 이는 아직 국내 법규에 반영되어 있지 않다. 그리고 다른 주요 원자력시설에서와 같이 주기적안전성평가 제도의 도입 등이 향후 제도정비 시 고려되어야 할 사항이다.

### 2.3 미국의 핵연료주기시설의 안전규제

미국은 현재 재처리를 수행하지 않고 있지만, 2006년 미국 에너지성(DOE)은 글로벌 원자력 에너지 파트너십에 따라 작은 규모의 실증사업에서 사용후핵연료 재처리 및 재활용, 핵연료 제조, 선진 소각로의 개발로 방향을 바꾸었다. 미국 원자력규제위원회(NRC)는 이런 정책변화에 대해 사용후핵연료재처리의 안전규제에 대비해 SECY라는 일련의 규제문서를 발간하기 시작했다. SECY는 사용후핵연료 재처리 및 재활용 시설에 대한 인허가를 위해 현재의 규제상의 공백이 되는 미비점을 분석하고 향후 규제요건 개선을 위한 방향을 설정하는 목적으로 작성되었다.

2009년에 SECY-07-0081[4]을 통해서 후행핵주기 관련시설에 대한 인허가 개선을 논의하기 시작하여 SECY-09-0082[5]에서는 개선에 필요한 사항 23개를 4 가지 기준, 즉 관련규제의 존재여부, 규제의 효율성, 10CFR70의 적용성, 개선 필요사항 등을 근거로 도출하고 우선 순위를 3단계(높음, 중간, 낮음)로 분류하였다. 2011년에 NRC는 SECY-11-0163[6]을 발간하여 높은 순위 및 중간 우선순위의 개선 사항 19가지를 자세히 다루어 재처리에 있어서 인허가와 규제공백의 보완을 위한 초안을 제시하였다. 이 문서는 새로운 규정의 개발 혹은 기존의 규정이 타당한 이유를 제시하고 정책, 기술 및 정보를 고려하여 규제보완의 접근 방법을 확인하였다. 이 19가지 개선이 요구되는 규제 공백사항은 Table 1과 같이 5개 그룹으로 정리될 수 있다.

Table 1. Regulatory Gap analysis results

No	Gap
1	Regulatory framework and definition of terminology (gaps 1 and 6)
2	Waste and environment (gaps 2,3,15,16 and 19)
3	Safety and licensing (gaps 5,7,9,10 and 11)
4	Safegaurds and security (gaps 4,8,17 and 18)
5	Financial protection requirements and fees (gaps 12,13,14)

2013년에는 SECY-13-0093[7]을 발간하였다. 이 문서에는 새로운 10CFR7x를 개발하여 재처리를 위한 규제체제로 설정하도록 요청하였고, 안전성 평가 방법론에 대한 규제공백사항 5를 우선적으로 해결할 것을 제안하였다. 이는 현재 가용한 인력 및 재원이 한정되어 있기 때문이며 NRC는 향후 단계별로 도출된 공백사항을 해결해 나갈 전망이다.

### 3. 결론

우리나라는 사용후핵연료와 같은 고준위폐기물의 부피를 감소시켜 처분장 부지를 최소화하기 위한 대안의 하나로서 건식처리 방법인 파이로프로세싱 공정을 연구중이며, 현재 우리나라의 원자력안전법령 체계는 이러한 핵주기시설에 대한 규제요건이 아직 마련되어 있지 못하기 때문에 미국 등 해외의 안전규제 사례를 참고할 필요가 있다.

IAEA의 핵주기시설에 대한 안전요건을 통해서 2 단계 인허가 절차와 주기적안전성평가에 관한 제도의 도입을 고려할 필요가 있으며, 현재 진행 중인 미국의 사용후핵연료 재처리/재활용 시설의 규제요건 개선에 관한 추세를 참고하여 우리나라 실정에 맞는 제도 유형을 확립할 필요가 있겠다.

### 4. 참고문헌

- [1] 김종걸(KHNP), "사용후핵연료 관리 현황 및 전망", 2016 춘계 한국방사성폐기물학회 워크숍, 2016, 목포.
- [2] IAEA Safety Standards, "Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities", No. NS-R-5, 2007, Vienna.
- [3] IAEA Safety Standards, "Fundamental Safety Principles", No.SF-1, 2006, Vienna.
- [4] NRC, "Regulatory Options for Licensing Facilities Associated with the Global Nuclear Energy Partnership", SECY-07-0081, 2007.
- [5] NRC, "Update on Reprocessing Regulatory Framework-Summary of Gap Analysis", SECY-09-0082, 2009.
- [6] NRC, "Draft Regulatory Basis for Licensing and Regulating reprocessing Facilities", SECY-11-0163, 2011.
- [7] NRC, "Reprocessign Regulatory Framework - Status and Next Steps", SECY-13-0093, 2013.