

# Fire Hazard Analysis for Advanced Fuel Science Building

Ki Nam Kim\*, Chul Goo Ji, Sang Oh Bae, Yong Jin Jeong

*Research Reactor Fuel Division*



Korea Atomic Energy  
Research Institute



## I. 일반사항

## II. 화재재해분석

## III. 공정화재안전분석

## IV. 결론

# I. 일반사항\_시설 개요

- **새빛연료과학동 준공일: 2004. 04. 29.**
- **시설규모: 연면적 3,600 m<sup>2</sup> (지하 1층, 지상 3층)**
  - 하나로핵연료 가공시설 (750 m<sup>2</sup>) 핵연료물질 가공사업 구역
  - 첨단핵연료 연구시설 (1,650 m<sup>2</sup>) 핵물질사용 R&D 구역
    - : 판형핵연료, 경수로핵연료, SFR 핵연료, 해양원전핵연료 등
  - 지원시설 (1,200 m<sup>2</sup>)
- **내진범주 II 등급 (최대 수평가속도 0.2 g, 최대 수직가속도 0.13 g)**
- **핵물질 저장 능력: LEU 500 kg, NU 1,700 kg, DU 6,000 kg**



- 분석 명 : 새빛연료과학동 화재위험도분석
- 수행 기간 : 2015. 6. 22 ~ 2015. 11. 23 (심사 진행 중)
- 분석 목적
  - 화재위험도분석 수행
    - 화재재해분석(Fire Hazard Analysis, FHA)
      - 화재방호구역별 가상 화재에 대한 위험성을 검토하고 화재예방 및 화재방호조치가 적합한지를 평가
    - 화재공정안전분석(Fire Process Safety Analysis, FPSA)
      - 설계기준화재시 책임계 사고 및 공정에 사용되는 방사성물질 또는 유독성 화학물질의 방출 가능성 및 결과에 대한 영향을 평가
  - 화재위험도분석보고서 생산
    - 관계 법령 및 규정에 따라 새빛연료과학동의 연구용원자로연료 가공사업 변경허가신청시 화재 안전성을 확인하기 위한 검토서류로서 제출



## ■ 분석 범위

- 새빛연료과학동 전체 (봉형 및 판형 연구용원자로연료 가공시설, 연구로용 핵연료 개발시설, 경수로용 핵연료 연구개발시설, 보조계통 등)

## ■ 주요 내용

- 화재방호구역의 구분 및 방화지역도 작성
- 방화구역별 가연성물질의 종류 및 크기 산정
- 화재 감지 및 진압설비, 기타 화재방호설비의 적합성 평가
- 설계기준화재를 고려한 발화위험 평가
- 방화구역의 연소확대위험 평가
- 화재 진압설비의 작동 또는 고장으로 인하여 주변설비에 미치는 영향 평가
- 화재 공정위험평가 요소의 정의
- 화재 공정위험성 평가
- 화재로 인한 책임계, 방사성물질 방출 사고 가능성 및 결과 분석



## ■ 화재재해분석

- 화재방호구역별 가상화재에 대한 위험성을 검토하고 화재예방 및 화재방호 조치가 적합한지를 평가하기 위한 분석
  - 원안위고시 2020-1호, “핵연료주기시설의 화재위험도분석에 관한 기술기준”의 ‘①화재방호구역의 구분, ②가연성물질의 종류 및 크기, ③화재감지 및 진압설비, ④화재위험성 평가’ 적용

## ■ 공정화재안전분석

- 설계기준화재시 핵심계 사고, 공정에 사용되는 방사성물질이나 유독성 화학물질의 방출 등 사고 가능성 및 결과에 대한 분석
  - KEPIC FPN 801, “방사성물질 취급시설의 화재방호 표준, 2009” 적용 (Identical to NFPA 801, “Standard for Fire Protection for Facilities Handling Radioactive Materials”, 2008)



### ■ 방화구획 기준

- 내화구조
- 해당구역의 용도
- 방사선관리구역
- 피난계단의 확보

※ 옥외와 접하는 건물 외벽은 건물 외부의 화재위험으로부터 건물 내부를 격리시켜야 할 경우가 없으므로 내화등급이 요구되지 않는 외벽으로 간주함

### ■ 방화구획 결과

- 총 21개의 방화지역으로 구획
  - 설계내화등급은 1시간 내화등급으로 파악됨
- 방화지역 목록 및 방화지역도 작성



### ■ 건물설계

- 건축물 마감재료는 불연성물질이 사용됨

### ■ 점화원 격리

- 점화원(고온배관, 전기설비, 기계적 마찰열, 화학적 반응열 등)은 가연성물질로부터 적절하게 격리 및 차폐됨

### ■ 화재 및 폭발 가능성

- 인화성/가연성액체 및 가스의 저장·분배설비는 별도로 구획됨
- 폭발성 가스 생성 또는 방출 가능 설비의 영향 없음

### ■ 화재하중 및 화재심각도

- 방화지역별 화재심각도는 1시간 미만으로 평가됨



### ■ 내화방벽

- 방화지역의 설계내화등급(1시간) 이상의 내화성능이 확보됨
- 내화방벽을 관통하는 개구부는 적절하게 밀봉 또는 차단됨

### ■ 소화설비

#### ● 소화기

##### ➢ 설치장소별 적응성에 부합되도록 적절하게 배치됨

- 전기실 : 이산화탄소소화기[B3, C(중량 4.6 kg)]
- 일반청정지역 및 공조시설 : 분말소화기[A4, B5, C(중량 4.5 kg)]
- 우라늄을 취급하는 구역 : 금속소화기[D(중량 13.6 kg)]

#### ● 옥내소화전설비

##### ➢ 일반지역의 화재진압을 목적으로 설치됨 (계단실 근처 3개소)

- 전기실에는 감전사고의 방지를 위하여, 핵연료 제조구역 및 실험실 구역에는 핵 임계사고의 방지를 위하여 옥내소화전이 사용되지 않음



### ■ 경보설비

#### ● 감지기

- 화재감지기(열감지기, 방폭형감지기, 연기감지기)와 가스감지기가 적절하게 설치됨

#### ● 발신기

- 발신기가 적절하게 설치됨

- 소방대상물의 층마다 설치
- 당해 소방대상물의 각 부분으로부터 하나의 발신기까지의 수평거리가 25 m 이하가 되도록 설치
- 복도 또는 별도 구획 실로서 보행거리가 40 m 이상일 경우에는 추가로 설치



### ■ 피난설비

#### ● 유도등

- 유도등(피난구유도등, 거실통로유도등, 복도통로유도등, 계단통로유도등)과 유도표지가 화재시의 대피 경로, 화재진압용 접근로 및 피난로 등에 적절하게 설치됨

#### ● 비상조명등

- 배터리 내장형
  - 120분간 전원 공급이 가능한 배터리가 내장되어 있어 관련 요건에 부합됨
- 화재진압 접근로와 대피로 등에 적절하게 설치됨



### ■ 소화용수설비

- 소화용수 공급계통은 1개의 전용 소화수 저장탱크(용량 : 3.43 ton)에서 공급되며, 기계실에 설치된 2대의 100% 용량 전동기구동펌프를 통하여 옥내 소화전설비에 소화수를 공급함
  - 소화용수 공급계통은 소화전에 130 L/m (lpm)의 용수량을 20분 동안 공급해야 하는 관련 요건에 부합됨
- 소화수배관은 100 mm 배관용 탄소강관으로 설치되어 있으며, 각 주급수공급배관에 설치된 밸브는 개폐표시형(OS&Y)임



### ■ 소화활동설비

#### ● 제연설비

- 배기계통을 통해 화재시 연기, 가연성가스, 유독성가스 등을 신속하게 배출하기 위한 제연설비가 적절하게 설치됨
- 정상 환기 및 배기계통은 일반적인 공기조화기능 외에 건물 내에서 발생 가능한 연기 및 열을 제거하는 기능을 동시에 수행함
  - 방사선관리구역의 공기정화기(401호)와 일반청정지역의 공기정화기(402호)

#### ● 통신설비

##### ➤ 전화설비

- 유선전화기가 설치되어 평상시 또는 화재시에 통신설비로 이용 가능함

##### ➤ 확성설비

- 입력장치, 전력증폭 및 기타 주요장치, 스피커 등으로 구성됨
- 업무방송, 음악방송, 민방위 경보 및 차임(Chime), 화재시 및 기타 사고발생시 비상방송 등의 기능을 수행하며, 새빛연료과학동 단독 또는 기존의 한국원자력연구원 주방송실과 연계하여 방송이 가능함



### ■ 발화위험

- 화재를 유발할 수 있는 점화원을 통제하고 가연성물질의 저장량을 최소화하는데 필요한 적합한 절차가 수립되어 운영중이며, 점화원 및 가연성물질의 관리상태가 양호하므로 발화위험은 낮은 것으로 평가됨
  - 가연성물질의 관리는 화재방호계획서에 의해 통제됨
  - 점화원을 유발하는 장비설치, 보수 및 변경활동의 관리는 화재방호계획서에 의해 통제됨
  - 가스 취급장소, 가연성가스 발생위험이 있는 장소, 수소 축적으로 인해 폭발위험이 있는 장소 등에는 방폭설비가 적절히 구비됨



### ■ 연소확대위험

- 핵임계 유발 및 방사성물질 또는 유독성물질 방출 가능성이 있는 지역의 화재의 확산을 방지하기 위하여 건축물의 내화구조, 해당구역의 용도, 방사선 관리구역의 여부, 피난계단의 확보 등을 고려하여 총 21개 지역의 방화지역으로 적절하게 구획됨
- 내화방벽은 방화지역의 설계내화등급인 1시간 이상의 내화성능을 확보하고 있으며, 내화방벽을 관통하는 개구부는 적절하게 밀봉 또는 차단됨
- 방화지역별 화재하중의 평가 결과로 화재심각도가 설계내화등급을 초과하는 방화지역은 없는 것으로 나타났음
- 방화지역이 내화방벽에 의해 물리적으로 구획되어 있고 내화방벽이 내화구조로서의 성능 유지가 확인되므로 인접지역으로의 화재전파는 발생하지 않는 것으로 간주하여 연소확대위험은 없는 것으로 평가됨



### ■ 화재방호설비의 적합성

- 화재방호설비가 관련규정에 부합되도록 적절하게 설치됨
  - 내화방벽
  - 화재감지 및 경보설비(수신기, 감지기, 발신기)
  - 화재진압설비(수동소화기, 옥내소화전)
  - 피난설비(유도등, 비상조명등)
  - 소화용수설비(소화수탱크, 소화수펌프)
  - 소화활동설비(제연설비, 통신설비)



### ■ 화재진압설비의 작동 또는 고장으로 인한 영향

- 수계 화재진압설비에서 다량의 소화수 방출로 인한 기기의 침수피해
  - 고정식 수계진압설비가 설치된 지역이 없음
- 가스계 화재진압설비에서 소화약제의 방출로 인한 급격한 온도 하강 및 가스로 인한 인명 피해
  - 가스계소화설비가 설치된 지역이 없음



### ■ 화재로 인한 방사성물질의 누출 가능성

- 계통에 포함된 방사성물질이 방사선관리구역으로 누출되는 경우
  - 방사성물질을 포함하는 설비로는 반응로 등과 같은 금속용기류가 있음. 금속용기류는 화재로부터 영향을 받지 않는 것으로 가정하므로 이러한 설비가 화재로 인해 손상되어 방사성물질이 방사선관리구역내로 누출되는 경우는 고려하지 않음
- 방사성물질이 액체 및 기체 방출계통을 통해 방사선관리구역 외부로 누출되는 경우
  - 방사성물질을 취급하는 방화지역에는 수계진압설비를 사용하지 않으므로 화재시 소화수에 의해 방사성물질이 방사선관리구역 외부로 누출될 가능성은 없음
  - 방사성물질 취급지역의 화재시 대기로 배출되는 공기는 방사선관리구역 공기조화기(ACU)의 고효율입자필터(HEPA)를 통해 방사성물질이 여과되므로 방사성물질이 방사선관리구역 외부로 누출될 가능성은 없음



## ■ 평가방법

- 사고예상질문분석(What-if) 방법을 평가대상시설의 특성에 맞도록 적용
  - 공정에 잠재하고 있는 위험요소에 의해 야기될 수 있는 사고를 사전에 예상·질문을 통하여 확인·예측하여 공정의 위험성 및 사고의 영향을 최소화 하기 위한 대책을 제시하는 방법

## ■ 평가팀 구성

- 위험성평가, 설계, 공정운전, 안전관리분야 담당자로 구성

## ■ 공정안전자료 확보

- 유해위험물질 목록
- 유해위험설비 목록 및 사양
- 공정도면
- 건물설비의 배치도 등



#### ■ 사고경위분석 결과

- 새빛연료과학동에는 ①핵임계 사고, ②폭발 및 화재 사고, ③시설외부 화재 사고에 대한 위험성은 없는 것으로 평가됨

#### ■ 화재공정위험성평가

- 봉형 및 판형 연료가공시설, 연구로용 핵연료 개발시설, 경수로용 핵연료 연구개발시설, 공통설비인 보조계통을 대상으로 평가
- 각 공정의 잠재된 화재위험성 및 안전장치를 파악하고, 현재의 안전장치에 추가적인 개선이 필요할 경우에는 적절한 개선방안을 제시하기 위하여 화재 공정위험성 평가를 수행함



#### ■ 봉형 연료가공시설

- 화재위험요소 : 우라늄합금 제조공정, 핵연료봉 제조공정
- 현재의 안전장치 : 화재감지기, 화재진압설비, 불활성가스 주입
  - 현재의 안전장치가 적절하게 확보되어 있으므로 추가적인 개선이 필요하지 않는 것으로 평가됨

#### ■ 판형 연료가공시설

- 화재위험요소 : 우라늄합금 제조공정
- 현재의 안전장치 : 화재감지기, 화재진압설비, 불활성가스 주입
  - 현재의 안전장치가 적절하게 확보되어 있으므로 추가적인 개선이 필요하지 않는 것으로 평가됨



#### ■ 연구로용 고성능 핵연료 개발시설

- 화재위험요소 : 핵연료분말 표면복합처리공정
- 현재의 안전장치 : 화재감지기, 화재진압설비
  - 현재의 안전장치가 적절하게 확보되어 있으므로 추가적인 개선이 필요하지 않는 것으로 평가됨

#### ■ 경수로용 핵연료 연구개발시설

- 화재위험요소 : 핵연료분말 제조공정, 핵연료 성형공정, 핵연료 소결공정
- 현재의 안전장치 : 화재감지기, 화재진압설비, 환기설비, 가스감지기
  - 현재의 안전장치가 적절하게 확보되어 있으므로 추가적인 개선이 필요하지 않는 것으로 평가됨



## ■ 화재재해분석

- 총 12개의 방화지역으로 구획
- 발화위험은 낮으며 화재시 연소확대위험은 없음
- 화재로 인한 방사성물질의 누출 가능성은 없음
- 화재방호설비는 전반적으로 규정에 부합되도록 적절하게 설치되어 있음

## ■ 화재공정안전분석

- 핵임계사고 발생 가능성이 없음
- 방사성물질 또는 유독성 화학물질의 방출을 유발할 수 있는 폭발 및 화재사고의 발생 가능성이 없음
  - 가상의 사고시나리오에 대하여 피폭선량을 평가한 결과에서도 제한구역 경계(EAB), 부지경계, 인근주민거주지역에서의 피폭선량이 모두 기준치를 만족하는 것으로 나타났음
- 시설외부 화재가 새빛연료과학동에 미치는 영향은 무시 가능함
- 화재공정위험성 평가 결과 부분적으로 화재, 폭발의 위험요소가 내포되어 있으나 공정안전 계통 및 설비 등 현재의 안전장치가 적절하게 확보되어 있으므로 추가적인 개선이 필요하지 않음



# Thank you

