

# 파이로시설 핫셀 배치(안)에 따른 안전조치성 분석

안성규\*, 김봉영, 김호동, 서희, 신희성, 원병희, 이호희, 이효직, 장홍래, 박세환, 구정희

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*skahn76@kaeri.re.kr

## 1. 서론

본 연구에서는 파이로시설의 설계, 특히 핫셀의 구성과 배치 및 물질 이동 경로와 관련한 예비개념 설계 결과를 분석하였다. 핫셀의 설계는 예비개념 설계 단계에서 다양한 옵션(안)을 검토해 왔으며, 최종(안)은 안전조치만이 아니라 시설의 운전 및 안전성 측면의 요건 사이에서 상호 절충하고 보완하는 결과로서 도출된다. 검토는 여러 가지 배치(안)에 대한 안전조치성을 분석하고, 향후 기본설계 및 상세설계 시 고려해야 할 사항을 도출하였다.

## 2. 본론

### 2.1 핫셀 구조 및 배치 예비개념(안)

파이로시설의 예비개념설계단계에서 시설의 부지면적, 공정운전과 물질의 이동경로, 유지보수를 위한 접근 및 장비의 이동경로, 불활성 분위기의 유지 가능성, 사고에 대한 시설 안전성을 고려하여 구조적으로 실현가능한 범위에서 다양한 옵션의 핫셀의 배치(안)을 고려할 수 있다. 초기 제안된 배치(안)에 대해 안전조치 관점에서 보완사항을 반영하여 추가적인 배치(안)을 도출하였다. 기본적으로는 별도의 전처리셀과 함께 전해환원 공정과 전해회수 공정을 별도의 셀로 분리한 옵션만을 검토하였다. 그 이유는 시설설계 관점에서 불활성 분위기를 유지해야 하는 셀의 크기를 적절한 범위에서 제한하여 시설의 구축과 유지보수를 가능하게 하기 위함이었다. 본 연구에서는 각 배치(안)에 대해 시설 및 안전성 관점에서의 특징을 요약하고, 안전조치 관점에서의 장단점을 분석하였다.

### 2.2 옵션 별 안전조치성 검토

(1안)으로서 구조적인 차이가 있을 수 있지만 핵물질과 일반공정물질, 유지보수에 필요한 장비의 이동 등이 한 가지 반출경로를 가진다. 안전조치 관점에서는 핫셀의 출입구가 증가하는 것이 바람직하지 않으나, 물질과 장비의 이동 경로가 겹쳐서 탐지해야 할 대상이 다양해지는 점도 바람직하지

않다. 따라서 핵물질 이송을 위해 특화된 전용 통로를 적용한다면 감시와 계량측면에서 유리할 수 있다. 특별히 사용후핵연료다발의 저장 구역이 분리된 형태는 품목계수 재고와 중량계수 재고를 분리할 수 있는 장점이 있다. (2안)은 환원과 회수셀을 연결한 모듈을 여러 개 배치하는 방안이다. 모듈 간 핵물질 이동이 없는 운전을 적용한다면 안전조치 측면에서 별도의 물질수지구역(MBA)을 적용할 수 있어 장점이 되지만, 모듈별 물질 이동이 상황에 따라 섞인다면 오히려 안전조치를 복잡하게 할 수 있다. (3안)은 시설의 운전 관점에서 모든 셀을 동일한 층에 배치한 옵션인데, 안전조치관점에서는 설계정보 검증이 단순해 질 수 있는 장점이 있다.

### 2.3 핫셀 설계를 위한 안전조치 요건

검토 과정에서 공통적으로 도출된 핫셀 구조 및 배치에 대한 안전조치 요건의 중요 사항을 요약하면 아래와 같다.

- ① 각 셀은 핵물질 계량을 위해 채취한 시료를 이송하기 위한 시스템을 시설에 포함해야 함.
- ② 설계 시 시설의 핵물질 계량과 IAEA의 사찰 검증을 위해 필요한 접근성을 확보해야 함.
- ③ 저장소로 반입, 반출되는 생성물과 폐기물의 측정 공간이 저장소에 인접해 확보해야 함.
- ④ 공정물질 계량 및 감시를 위해 적용하는 안전조치장비의 유지보수가 가능해야 함.
- ⑤ SF 인수와 임시저장에 일반적으로 적용되는 안전조치 수단이 가능하도록 설계함.

추가적으로 핫셀 구조 및 배치에 대한 안전조치 고려사항을 요약하면 아래와 같다.

- ① 이동 핵물질 경로 단순화 (핫셀 출입구의 수 최소화 또는 공정핵물질 단독 이동통로 확보)
- ② 전처리셀 내부 핵연료집합체 저장 및 해체 공정에 별도 격납 적용이 안전조치 관점에서 바람직함 (품목계수 영역과 중량계수 영역 구분, 감시수단 적용 용이)
- ③ 각 공정셀로부터 폐기물처리셀(지하)로의 이동

경로가 단순화될 수 있도록 폐기물처리셀 위치 선정

- ④ U/TRU 및 U 잉곳 생성물을 공정핫셀 내부에 임시저장 할 경우 계량관리 관점에서 부담이 되며(물질수지 내 미계량물질 불확도 증가), IAEA의 재고 검증을 어렵게 할 수 있음
- ⑤ 시료분석실은 공정핫셀과 출입구를 따로 두어 1층에 배치하는 것이 방사선 방호 측면에서 유리함

### 3. 결론

본 연구에서는 시설 설계 관점에서 제안된 핫셀 배치(안)에 대해서 안전조치 관점의 장단점과 고려사항을 분석하였다. 핫셀 배치에 대한 안전조치 요건 및 고려사항만을 반영한다면, 즉 시설의 운전효율성이나 유지보수 가능성 및 방사선, 화학/독성물질, 화재, 구조적 안전성을 전혀 고려하지 않는다는 가정 아래에서 핫셀을 배치한 결과와는 다를 수 있으나, 시설 구축의 목적은 안전조치 만족이 아니라 목표한 공정의 운전을 안전하게 달성하는 것이 우선 목표이다. 이를 위해, 제안된 시설의 개념설계 단계에서 안전조치를 고려한 반영에 초점을 맞추어 안전조치 효과성과 효율성을 최대한 높이는 노력이 필요하다. 본 연구는 이러한 과정의 첫 번째 단계 분석이며, 도출된 결과를 반영하여 향후 시설 설계가 구체화 되는 과정에서 지속적으로 반영하고 추가 분석을 수행할 계획이다.

### 4. 감사의 글

이 연구는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었다 (원자력기술개발사업, NRF-2012M2A8A5025947).