

해외 hot cell 제염보수 사례 분석 및 hot cell 보수를 위한 예비 제염 방안

원희준, 문제권, 정종현, 박근일, 이정원, 이근우
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

nhiwon@kaeri.re.kr

1. 서론

수십 년간의 가동 결과 노후화된 hot cell의 안전규제 강화, 연구 목적을 다한 hot cell을 다른 용도로 변경/완전 철거를 위해 해외에서는 hot cell 개보수 과제를 수행하고 있다. 우리나라도 DFD의 가동연수 증가에 따른 장비 교체와 보수가 필요하며 PIEF도 안전성 확보를 위해 보수가 예상된다. 본 연구에서는 해외 hot cell 제염 및 보수 사례를 분석하였으며 국내 hot cell 보수를 위한 예비 제염방안을 제시하였다.

2. 해외 hot cell 제염보수 사례 분석

해외의 hot cell 제염보수 사례를 분석 평가 하여 표 1에 수록하였다.

표 1. 해외 hot cell 제염 및 개보수 사례.

국가/기관	필요성	기간	수행내용	비고
미국/ ANL	- Rn-220이 2600 Ci/y씩 환경으로 방출 문제를 근본적 해결 및 hot cell 제한 사용	1992 - 1996	- Hot cell 방사선 준위를 낮추기 위해 제염 계획/절차 수립, 작업자 등 보호를 위한 안전 분석, 부피 저감, 제염 발생 폐기물 기록/처분, 방사능 서베이 - 제염/절단방법: 도막박리, 원격 진공 청소기, 휴대용절단기, abrasive wheel, 원형 톱, 진공 scabber	· 오염확산억제 대책 비용: 580만 \$ · 총 피폭선량 : 74.5 man-mSv
일본/ JAEA	- Hot cell의 새로운 용도 과제 수행 - hot cell crane 보수	1995 - 2001	- Tokai 연구센터 고 방사성 오염 hot cell 제염 보수계획/절차 수립, 방사능 평가, 원격조작/해체, 방사능 서베이 - 주 제염/절단방법: 진공청소기, 전해연마, remote wiping	· 제염보수 효율 증대위해 3D CAD 디자인 및 Mock-up
프랑스/ CEA	- LECA hot cell 노후화에 따른 renovation	2001 - 2005	- Hot cell 건물 보강을 위한 토목공사, hot cell 내부 제염, SUS 강 첨가, 배기계통 변경, 전선/매니플레이터 교체, crane 성능 향상, 방사능 조절 및 경보 감시 시스템 도입	· 제염보수중 타 hot cell 가동 · 160,000 man-h 작업
	- High activity laboratory 점진 폐쇄 및 비 방사능 연구용으로 변경	2002 - 2007	- Hot cell 내 시설 철거, 카메라와 매니플레이터에 의한 원격, 출입 제염 - 철거, 보수에 철저한 계획을 수립하지 않음에 따라 제염 시 많은 시간 소모, 당국 승인을 얻는데도 시간 소모	· 8개 hot cell 철거, 6개 hot cell 보수
영국/ AEA Technology	- Hot cell 대규모 보수 후 작업장 up-grade	2000s	- 콘크리트벽 drilling 후 차폐플러그 삽입 폐기물 제거, 모니터링 장비 설치 - 제염장비: needle gun, abrasive wheel, sponge jet, foam spray	· 대규모 보수 후 발생 방사성 폐기물 처리
벨기에/ SCK-CEN	- Hot cell 철거 후 새로운 과제 수행 위해 공간 확보	2000s	- 벨기에에서 가장 노후화된 hot cell인 LHMA에 대해 설비 철거, hot cell 제염, hot cell 철거의 순서로 진행 - 주 제염/절단방법: 강력한 진공청소기와 연결된 기계적 연마, 플라즈마토치	· 방사능피폭 저감용 납 차폐체를 미리 건설

3. 국내 hot cell 제염보수를 위한 예비 제염방안

국내 hot cell은 크게 두 가지 형태로 분류될 수 있다. 첫 번째 형태는 사용 후 핵연료 관련 분석을 위한 hot cell 이며, 두 번째 형태는 사용 후 핵연료의 건식 처리를 위한 hot cell 이다. 두 번째 형태 hot cell의 특징은 고가의 장비가 내부에 설치되어 있고 사용 후 핵연료 자체를 다량 처리하기 때문에 첫 번째 형태에 비해 고 방사선 장을 형성할 뿐만 아니라 내부가 복잡하다는 특징이 있다. 본 연구에서는 hot cell 전체를 제염하기 위한 절차를 제시한다.

Hot cell 제염을 수행하기 위한 첫 단계는 hot cell 내부에 대한 방사능 측정이다. 이를 통해 오염 깊이 및 제염 적용 여부와 같은 오염의 특징을 파악하고 오염 map 이 작성된다. 두 번째 단계로서 hot cell 제염 전략을 도출해야 하는데 이때 방사선 작업자 수 결정 및 교육, 이용 가능한 장비 도출(hot cell 내.외부), 예산 산정 및 설비 재사용에 따른 경제성 평가가 이루어진다. 세 번째 단계로서 hot cell 내부시설, 부품 및 장치에 대한 classification 이 이루어진다. 이 단계에서는 철거된 설비에 대한 재사용 여부가 결정되며, 절단될 장치 및 설비에 대한 목록 및 순서가 작성되어진다. 이와 함께, 발생될 방사성 폐기물 량을 산정하여야 한다. 네 번째 단계로서 제염 전 hot cell 내부시설 처리이다. 이 단계에서는 전원 차단 및 전선 철거, 배기 계통 점검, 설비 철거가 이루어지며 이들을 재배열 한 후 절단 혹은 수거 작업이 이루어지며 발생된 폐기물을 포장하여 hot cell 외부에로 반송한다. 다섯 번째 단계로서, hot cell 에 대한 원격제염이 이루어진다. 이 단계에서는 현장 촬영용 카메라와 제염장비를 투입하여 제염이 이루어지는데 장비에 대한 오염방지 대책 및 제염 중/후 hot cell 내부 방사능 측정이 이루어진다. 방사선 작업자가 hot cell 내부에서 작업할 정도로 방사선 준위가 낮아지면 여섯 번째 단계인 hot cell 출입 제염작업이 수행된다. 이 단계에서도 방사선 작업자에 대한 교육, hot cell 출입에 따른 오염 확산 방지 대책이 도출되어 져야 한다. 방사선 작업자들에 의한 제염 작업이 완료된 후 배기계통과 제염 장비를 철거함에 따라 제염 작업이 완료된다.

4. 결론

해외에서는 hot cell 자체를 완전 해체, 철거하기 보다는 이들 시설을 개보수하여 다시 사용하는 방안에 대한 연구가 주로 수행되고 있다. 본 연구에서는 hot cell 내부를 완전히 제염하기 위한 준비작업 및 제염 작업에 전반에 관한 절차를 제시하였다. 방사능에 대한 국민들의 건강과 안전을 고려할 때, 우리나라도 이들 시설을 안전하게 가동하는 것뿐만 아니라 타 목적으로 사용하기 위한 개조 및 hot cell/설비 보수 시 체계적이고 효율적으로 작업을 수행하기 위한 노력이 필요하다.