

해외 hot cell 제염보수 사례 분석

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

nhiwon@kaeri.re.kr

1. 서론

해외에서는 지난 수십 년간의 재처리 시설 가동 및 이를 위한 연구 결과 hot cell 이 노후화되었으며 내부는 방사능으로 오염되었다. 최근에는 이들 시설에 대한 안전규제 강화와 본래의 연구 목적을 다한 hot cell을 다른 용도로의 변경 및 완전 철거를 위해 이들 시설을 내부 제염한 후 다음 용도에 맞게 개보수하는 필요성이 증대되고 있다. 우리나라도 사용 후 핵연료 건식재활용연구 시설인 DFDF 시설의 가동연수 증가에 따른 장비 교체 및 보수가 필요한 상태이며 핵주기 시험시설인 조사후 시험시설(PIEF)은 20년 이상 가동으로 노후화에 따른 안전성 확보를 위해 차후 이들 시설에 대한 보수가 예상되고 있다. 본 연구에서는 일본, 미국, 프랑스 등의 hot cell 제염 및 보수 사례를 고찰하여 보수를 위한 방법론, 발생되었던 문제점과 이에 대한 해결방안을 파악하였다.

2. Hot cell 제염보수 사례

일본 원자력연구개발 기구(JAEA) 내 Tokai 연구개발 센터의 고준위 방사성물질 연구시설(chemical processing facility 이하 CPF)은 고속로 연료의 재처리기술개발 등의 연구를 위한 곳이며, hot cell, glove box, hood등의 설비가 설치되어 있다. 새로운 재처리공정 시험을 수행하기 위해 1995년부터 2001년도에 걸쳐 hot cell을 개조하였다. 고준위 알파오염 hot cell 내의 개조공사는 일본에서는 이러한 종류의 작업을 볼 수없는 것으로서, 작업원의 내부 피폭방지 및 외부피폭의 저감에 세심한 주의가 요구되었다. 원격조작에 의한 해체, 철거, 제염작업을 철저히 수행한 후 hot cell 내에 직접 인력이 투입되어 수행한 해체, 철거 및 제염작업으로 이동하는 공정을 채용하였고 새롭게 설치된 기기의 unit화 등의 대책에 의해, 작업원의 피폭량을 예측보다 낮추었다. 표1에 hot cell 보수 schedule을 수록하였다.

Table 1. Schedule of Work.

Work	95	96	97	98	99	00	01	02
CA-3		Design & Decontamination				Equipment Installation		
				Dismantling & Decontamination				
CA-5		Design & Decontamination						
		In-Cell Crane Maintenance						

미국 Argonne National Laboratory-East에서는 Building 200 M-wing Hot cell들의 내부를 제염하는 과제를 수행하였다. 이 과제의 목적은 Rn-220의 환경으로의 방출을 제거하고 hot cell들을 비어있는 상태에서 제한적으로 사용하는 조건으로 복구하기 위한 것이었다. 5개의 hot cell 중 4개의 hot cell(K-1, K-3, M-1 and M-3)은 조사된 Th 붕들에 대한 연구에 사용되었다. 이 연구는 M-3에서 붕들에 대한 정밀 진단(shearing), M-1에서의 고농도 산을 사용한 시료의 용해, K-3 hot cell에서의 시료 용해용액 제조 및 K-1 hot cell에서의 폐용액 용액의 폐기물저장소로의 이송 등을 포함하고 있었다. 증식 조건에 대한 정량 분석을 위해 원자력발전소로부터 가져온

조사된 핵연료 시편들을 분쇄하는데 Hot cell A-1이 사용되어졌다. 다섯 개의 모든 hot cell들에 대해 작업자가 방호장비를 장착하고 제염작업을 수행하기 전에 원격 제염 및 분해 작업이 요구되었다. 두 쌍의 고성능 manipulator가 원격 제염 및 분해 작업을 위해 구입되었다. 그 당시 운영되고 있었던 무선 조절 궤도 카트 시스템(rail cart system)을 원격 조절에 의해 방사성 폐기물(> 200 mrem/hr)을 운반하는데 사용하였다. 이 프로젝트는 1992년 6월부터 1996년 4월까지의 46개월 동안 ANL의 종사자들에 의해 수행되었으며 소요 비용 5.8×10^6 US \$, 과제 참여 인력의 총 피폭 선량은 74.5 person-mSv(7.45 person-rem) 이었다.

프랑스 LECA(Irradiated Fuel Examination Laboratory)에 대한 프랑스 명)는 CEA 의 방사능 실험실이며 조사된 fuel elements들에 대한 관찰을 수행하기 위해 1960년대에 설계되었다. 이 시설은 노후화된 hot cell 실험실로서 1964년 당시의 안전 규정에 따라 건설되었다. 200년 현재까지 안전과 관련된 문제없이 과학 및 공학 영역에서 데이터 공급원으로서 적절한 역할을 하였다. 그러나 이 시설의 낡은 디자인은 안전법률에 대한 점차적인 보강을 필요로 하였으며, ① 최대 강도의 지진에 견딜 수 있도록 하기위한 토목 공사, ② Hot cell 내부 제염 및 스테인리스 강 첨가, 배기 계통 변경, hot cell 윗부분에 이동 가능한 cell을 설치함에 따른 제한성의 향상, ③ 전원, 차폐 유리 및 manipulator 교체, ④ Crane 성능 향상, 화재 대비 및 방사능 조절 및 경보 감시(radioactivity control, alarm monitoring), ⑤ 방사성폐기물 특성 분석 및 배출을 위한 새로운 운영 체계 수립, ⑥ 시설 내 저장된 핵분열성 물질 감량 작업을 수행하였다.

3. 결론

우리나라는 아직 hot cell 과 같은 고 방사능 시설의 개보수 사례가 전무하다. Hot cell 내부를 제염 혹은 개보수하기 위한 적절한 계획 수립, 고 방사선장 하에서의 효과적이며 경제적인 작업, 작업자 피폭 저감, 발생한 방사성 폐기물의 안전 관리를 위해서는 해외의 선행 연구를 고찰함에 따른 이들의 경험과 시행오차를 가능한 많이 파악하는 것이 중요하다.