

# 원전 해체 시 방사선안전관리 방안 고찰

이종철\*, 김종화, 전호민, 한경호, 서장수

세안기술(주), 서울특별시 금천구 가산디지털2로 184 (가산동) 벽산디지털밸리2차 910호

\*teamster@sae-an.co.kr

## 1. 서론

원자력시설의 해체는 방사성폐기물의 발생량 및 해체에 직접 참여하는 작업자의 방사선피폭 정도에 따라 성공여부를 가늠할 수 있을 정도로 경제적 측면뿐만 아니라 기술적 측면 및 작업자 보호 측면에서 매우 중요하다. 원자력시설 해체는 작업자가 고준위의 방사성물질과 직접 접촉하여 작업할 가능성이 매우 높기 때문에 경상 시 이루어지는 작업과는 다른 상당한 부담감 및 심리적 위축 반응을 일으킬 수 있다. 경상 시 방사선안전관리 활동은 주기적인 방사선(능) 측정, 작업 전·후 방사선(능) 측정 및 평가, 작업형태에 따른 방호 장구류 지급 및 고준위 방사선작업 전 반복훈련(Cold-run or Mock-up)이 필요한 작업으로 분류할 수 있다. 작업자의 방사선피폭을 최소화할 수 있는 기법으로는 ALARA에 기반한 최적화뿐만 아니라, 작업절차, 공학적 지원시스템 및 보호장구 사용 등으로 작업자의 피폭 저감에 기여하고 있으나, 해체 시에는 철저한 계획과 준비로 작업자의 안전과 피폭 저감을 위한 자동화 기술, 다양한 차폐체 등의 개발을 통해 혼재된 작업조건에서 작업자의 방사선피폭을 최소화할 수 있는 시스템 개발 및 최적의 방사선안전관리 기법이 필요할 것으로 판단되어 국내·외 방사선안전관리 사례를 검토하였다.

## 2. 본론

### 2.1 ALARA 프로그램

불필요한 방사선피폭 및 방사성물질들로부터 작업자들을 보호하는 것은 방사선방호 프로그램의 기본이다. 최고 수준의 방사선방호 프로그램으로 ALARA(As Low As Reasonably Achievable) 개념의 이행을 위한 지원 활동은 원전 해체에 참여하는 작업자의 방사선안전관리 활동을 보장하기 위한 필수요건이다. 이에 대한 효과를 극대화하기 위해서는 ALARA 개념을 시설 해체의 계획단계에서 가능한 한 빨리 적용해야 하고, 작업자와 일반인의 피폭을 모두 고려해야 한다. ALARA는 방사선방호에 대한 철학적 접근과 시간, 거리, 차폐, 선원감소

및 수용할 수 있는 비용으로 최소한의 방사선피폭을 유발하는 균등 평가 원리를 통합하여 운영해야 한다.

### 2.2 해체 시 방사선안전관리

해체 시에도 경상 시 방사선안전관리 기법을 적용하되, 작업장의 혼재정도가 심할 것으로 판단되므로 작업자의 외부피폭뿐만 아니라 내부피폭에도 상당한 주의를 기울여야 할 것이다. 이에 따라 선원 및 방사선의 종류, 방사선(능) 측정계획, 공학적 Tool 및 ALARA 계획수립 등의 치밀한 사전준비가 필요하다[1].

#### 2.2.1 선원 및 방사선의 종류

해체활동 동안 접하는 방사선원은 반드시 규명되어야 한다. 원자로 운전 분석 및 정확한 방사선 특성조사와 관련된 설비의 운전이력 검토는 이러한 정보를 제공하기 위해 사용되어 진다. 방사선원의 정보는 알파, 베타, 감마 또는 중성자와 같은 방사선의 종류, 구성 및 방사성물질의 물리적 및 화학적 형태를 포함해야 한다. 이러한 정보는 방사선(능) 측정장비 선택, 측정기술, 차폐요건, 제염방법 선택 및 오염 관리 방법 그리고 적절한 개인선량계를 개발하기 위해 필요하다.

#### 2.2.2 방사선(능) 측정계획

방사선(능) 측정계획을 필요로 하는 해체 프로젝트에는 많은 단계가 있다. 방사선(능) 측정은 일반적으로 계획단계 측정, 운영단계 측정 및 해체단계 측정의 세 가지 범주로 나누어진다. 각각의 측정계획은 측정지점을 어디로 할 것인지, 그것들을 어떻게 측정할지(직접 또는 시료채취), 그리고 무엇을 측정할지(토양, 채소, 공기, 표면 등)를 포함해야 한다.

- 계획단계 측정 : 적절한 해체 옵션을 선택하기 위한 공학적 평가를 허가하도록 세부정보 수록
- 운영단계 측정 : 작업 시작 전 방사선피폭관리 프로그램의 입력자료 제공, 분진이 발생하는 작업의 방사선환경 감시 제공 및 해체 작업의 진행을 평가하기 위한 측정
- 해체단계 측정 : 해체 프로그램의 목표와 목적이 충족되는지 확인

### 2.2.3 해체 시 방사선방호를 위한 장비

해체 시 방사선방호를 위한 장비는 Fig. 1과 같다.

- 방사선 차폐체, 개인오염 방지 및 방사성물질 내부흡입 최소화를 위한 장비(예, 현장 공기정화장치 제공 등)
- 작업자의 개인선량을 기록하기 위한 선량계
- 제염, 해체 및 조작 동안 구성품과 자재 검사를 위한 모니터링 장비(작업장에서 사용하는 외부 선량률 및 표면오염 측정)
- 작업장의 공기 중 방사성 부유물 측정을 위한 적절한 모니터링 장비
- 고선량 지역의 원격 또는 로봇측정 장비



Fig. 1. Monitoring equipments for radiological conditions in the workplace/workers of decommissioning activities.

### 2.2.4 공기오염구역 작업의 방사선안전관리

해체는 절단 또는 그라인딩 등으로 작업장의 공기오염을 일으켜 작업자의 내부피폭을 유발할 수 있다. Fig. 2와 같이 내부피폭 방지를 위해 마스크, Air-harness 등의 방호 장구류를 착용하여 작업을 수행하고 있으나, 착용이 불편하고, 장시간 작업을 하기에는 다소 무리가 있다. 또한, Fig. 3과 같이 공기오염 유발을 원천봉쇄하는 공학적 장비들이 지원된다면 추가적인 방호복이나 호흡방호 장비의 착용없이 작업할 수 있으며, 작업시간 증가로 공정단축의 효과 및 동일 공간에 다른 작업을 제한하지 않고 작업자를 투입할 수 있다[2].



Fig. 2. Protective clothing and protective equipment.



Fig. 3. Covering the reactor pool against airborne activity(Germany).

## 3. 결론

국내에서는 상업용 원자로에 대한 해체 경험이 없지만 외국의 사례 등을 검토해본 결과, 대부분의 해체 경험을 가진 원전에서는 경상 시 방사선안전관리 기법을 토대로 작업관리를 수행하였다. 작업장의 공기오염 확산 방지를 위한 작업구역 격리 및 작업자의 내부피폭 방지에 중점을 두고 작업관리를 수행한 경우 작업자의 심리적 부담감을 상당부분 해소할 수 있었으며, 이에 따라 작업시간 단축 등 방사선피폭과 관련한 요인들이 제거됨에 따라 작업 효율 개선에 영향을 미쳤다. 따라서 해체의 다양한 분야에서 원격해체 로봇장비 등이 이용될 경우 작업자의 피폭은 최소화될 것으로 판단되나, 여전히 공기오염의 확산 등을 방지하는 공학적 장비의 개발 및 적용이 필요할 것으로 사료된다.

## 4. 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의「원전해체 설계를 위한 냉각재계통 및 기기 재활용 제염 상용기술 개발」과제의 일환으로 수행 중에 있습니다.

## 5. 참고문헌

- [1] ASTM Designation; E1167-87: Standard Guide for Radiation Protection Program for Decommissioning Operations, 2002.
- [2] Work Management to Optimise Occupational Radiological Protection at Nuclear Power Plants, NEA No. 6399, OECD/NEA, Paris (2009).