

# 독일의 원전 해체 안전성평가 방법 소개 및 국내 적용 방안 모색

최광순\*, 이동진, 정완일

한국전력기술(주), 경상북도 김천시 혁신로 269

\*kschoi@kepco-enc.com

## 1. 서론

현재 독일의 원전 해체 현황을 살펴보면 Würgassen(KWW)와 Stade(KKS) 원전은 해체가 끝나거나 거의 완료된 상태이며 Grafenrheinfeld (KKG), Isar 1(KKI-1), Unterweser(KKU) 원전은 Post Operation 진행 중인 상태로, 이미 충분한 해체 경험을 가지고 있는 해체 선진국가라 할 수 있다.

본 논문에서는 해체 경험이 풍부한 독일의 해체 안전성평가 사례를 분석함으로써 향후 고리 1호체를 포함한 국내 원전 해체가 본격화되었을 때를 대비한 국내 적용 방안을 모색하고자 한다.

## 2. 독일의 원전 해체 안전성평가 방법

### 2.1 독일의 해체 단계

해체 안전성평가는 세부 해체 단계별 특성에 맞게 수행되어야 하므로 해체 단계에 대한 명확한 이해가 선행되어야 한다.

독일의 해체 단계는 해체 인허가 승인 시점을 기준으로 Post Operation Phase와 Service Operation Phase의 2단계로 구분된다. Post Operation Phase는 아직 해체 인허가(Decommissioning License)가 승인되기 전의 단계로 기존의 운영 허가(Operating License)가 유효한 단계이다. 이 단계 동안에 Service Operation Phase를 대비하여 계통 및 기기의 최적화(Optimization)가 이루어질 수는 있으나 해체 인허가가 유효하지 않은 상태이므로 해체 작업은 불가능하다. 즉 이 단계 동안의 계통 및 기기의 최적화는 기존 운영 허가 체계 하에서 이루어지는 것이다. Service Operation Phase는 해체 인허가가 승인된 이후 단계로 본격적인 해체 및 철거 작업이 수행되는 단계이다.

### 2.2 독일의 해체 안전성평가

해체 안전성평가(Decommissioning Safety Assessment)는 크게 사고분석(Event Analysis)와 방사선학적 분석(Radiological Analysis)로 구성되며 다

음 단계를 거쳐 수행된다.

○ 1단계: 사고 스펙트럼(Event Spectrum)의 작성  
Post Operation Phase의 사고 스펙트럼은 운영 허가 문서로부터 도출되나, Service Operation Phase의 Event Spectrum은 운영 허가 문서 이외에도 독일 인허가 기관에서 제시하고 있는 해체 고유의 사건들을 포함하고 있다[1]. 이 때 전체 사고에서 운영 허가 문서로 부터 도출되는 사고가 90%이며, 나머지 10%는 해체 고유 사건에 해당된다.

Post Operation Phase동안 발생 가능한 사고는 원전 운전 중 수행되는 주기적 안전성평가의 사고와 동일하게 도출된다. 다만, 주기적 안전성평가는 신규 기술을 도입함으로써 원전 운전의 안전성을 도모하는데 목표가 있다면, Post Operation Phase의 경우는 불필요한 안전성 관련 계통을 줄임으로써 비용을 절감하고 안전성을 증대시키는데 목표가 있다. 즉, 사고 도출 체계는 주기적 안전성평가와 Post Operation Phase 모두 당시 발전소 상태에 맞게 신규 사고도 도출한다는 점에서 동일하나, 그 목표가 다르다고 할 수 있다.

○ 2단계 : 사고 배제 및 방사선 관련 사고 분류  
이상의 사고들은 크게 방사능 누출이 가능한 사고와 방사능 누출이 불가능한 사고로 분류되며, 이중 방사능 누출이 불가능한 사고는 배제된다. 또한 사고 분석 이후 방사선학적 분석이 요구되는 방사선 관련 사고를 별도로 분류하는 작업이 수행된다. 이상의 작업을 통해 사고 분석 및 방사선학적 분석이 필요한 사고 목록(Event List)가 최종 도출되게 된다.

○ 3단계 : 사고 분석 수행  
사고 분석은 1) 추가적인 분석이 필요한지 여부를 검토하고 2) 사고를 다루기 위해 어떤 계통들이 필요한지 확인하고 3) 어떻게 사고를 처리하는지를 확인하는데 목적이 있다. 이 때 기존 계통을 그대로 사용하는 경우는 기존 운영 허가의 사고분석을 그대로 사용하기 때문에 추가적인 분석이 필요없는

경우에 해당된다. 원전 운전 중의 계통을 그대로 사용할 경우 기존의 법령에 따른 운영 허가를 적용할 수 있는데 반해, 최신 기술을 적용한 계통으로 변경한다면 좀 더 강화된 신규 법령의 적용을 받게 된다. 따라서 기존 계통을 그대로 사용할 경우 이득에는 추가적인 분석이 필요없다는 것 뿐만 아니라 신규 법령 적용을 하지 않음으로써 비용을 절감할 수 있다는 것도 있다.

사고 분석은 앞선 사고 배제 단계를 거쳐 도출된 Event List에 대해서 수행된다. 최종 Events들은 Table 1과 같이 총 8개의 Event Group으로 분류된다.

Table 1. Event Group for Event Anlysis

Group 1	Event at handling and storage of spent fuel
Group 2	Leakages and flooding event
Group 3	Failure and malfunction of safety related support systems
Group 4	Internal fire
Group 5	Mechanical Impacts
Group 6	Chemical Impacts
Group 7	Natural External Hazards
Group 8	Man-made External Hazards

○ 방사선학적 분석 수행

방사선학적 분석의 목적은 사고의 결과(피폭선량)가 규제 기준치를 만족하는지 여부를 확인하는데 있다. 방사선적 분석이 필요 없는 경우는 1) 추가적인 분석이 필요없는 경우 2) 사고분석 결과 피폭가능성이 없는 경우 3) 피폭은 발생하나 그 양이 무시할만한 경우가 해당된다.

3. 국내 적용 방안

독일의 해체 안전성평가 방법을 검토한 결과 향후 국내 원전 해체시 참고할 만한 Lesson Learned는 다음과 같다.

○ 기존 운영 허가 하의 안전성평가 적용

독일의 경우 대부분의 사고에 대하여 기존 운영 허가 하의 안전성평가를 그대로 적용함으로써 추가적인 평가로 인해 소요되는 시간 및 비용을 절약하였다. 또한 안전성에 영향을 주지 않는 범위 내에서 기존 계통 및 기기를 그대로 사용함으로써 원전

운전을 위해 마련된 보다 강화된 신규 법령을 적용받지 않을 수 있었다.

○ 이원화된 안전성 평가

해체 안전성평가를 원전 영구 운전 정지 후 전 단계에 대해 수행한 것이 아닌 Post Operation Phase와 Service Opeartion Phase의 세부단계에 대해서 개별적으로 수행하였다. 각 세부단계별 주요 목적 및 해체 활동이 상이하므로 이와 같은 이원화된 안전성 평가는 평가의 효율성을 증대시키고, 실질적인 해체 작업에도 부합되는 장점을 지니고 있다.

4. 결론

해체 안전성평가는 본격적인 해체 작업에 앞서 해체 인허가를 승인받기 위해서 필수적으로 수행되어야 하는 절차에 해당된다. 이러한 해체 안전성평가 수행시에는 원전 건설 및 운전 중 안전성 평가와는 그 목적 및 수행 체계가 다르다는 점을 명심하여 비용 효율적인 방법으로 해체에 적합한 안전성을 확보할 수 있도록 평가를 수행할 필요가 있다.

5. 참고문헌

[1] German Nuclear Waste Management Commission(ESK), "ESK guidelines for the storage of radioactive waste with negligible heat generation", 2013.  
 [2] IAEA, "Decommissioning of Facilities", General Safety Requirement Part 6, 2014.