

원자력시설의 해체용이성 전과정 고려를 위한 안전성 측면의 접근방안

정계학, 이관희, 최경우, 석태원, 이윤근
 한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 구성동 과학로 34
radwaste@kins.re.kr

1. 서론

IAEA 안전기준에서는 원자력시설의 해체용이성을 설계단계부터 조기에 고려하도록 규정하고 있으며, 이 권고내용은 방사성폐기물안전협약에도 명문화되었다. 최근 OECD/NEA는 3세대 신형원자로의 설계 및 인허가에 기존 원전의 해체경험을 반영하기 위한 연구에 착수하였으며, 미국 NRC도 2008년 원전의 오염관리에 관한 규제지침을 발간하는 등 원자력시설의 설계·운영에 해체용이성을 고려하기 위한 노력은 국제적인 추세이다. 그러나 아직까지 국내에서는 대형 원자력시설에 대한 해체경험이 미미하고 원전 계속운전 제도의 도입에 따라 대형 원자력시설의 해체사업이 가시화되지 않고 있음에 따라, 아직까지 해체용이성에 대한 조기고려의 시급성 및 필요성에 대한 인식이 성숙되지 않고 있다. 이 논문에서는 원자력시설의 해체용이성 조기고려 필요성과 국내 도입에 따른 기초적인 고려요소를 고찰하였다.

2. 해체용이성 조기 고려방안

가. 방사선원 저감 및 오염 최소화

원자력시설의 방사선원과 오염 최소화는 해체작업자의 피폭방사선량과 해체폐기물의 발생량을 저감시켜 궁극적으로 안전하고 경제적인 해체에 도움이 될 수 있다. 설계단계에 증성자에 의한 방사화가 적은 금속 재질을 선정하는 것은 철거 대상기기의 방사선원을 최소화하는 대표적인 접근방법이며, 설계·건설 및 운영과정에서 주요 기기·구역의 표면에 제염도장을 적용하고 표면오염도를 낮게 유지함으로써 해체단계에 잔류하는 오염을 최소화할 수 있다. 또한, 방사성계통과의 연계로 인해 잠재적으로 오염가능성이 있는 계통이나 구역에 연속 방사선감시기를 설치하고 액체폐기물 저장탱크의 넘침을 방지하기 위한 설계는 누설의 조기감지 및 미감지 누설방지를 통해 해체 중 제염작업 필요성을 최소화할 수 있다.

나. 철거시간 단축

기기와 구조물 철거에 소요되는 시간을 단축함으로써 해체작업자의 피폭을 저감하고 해체비용을 절감할 수 있다. 이를 위해서는 설계단계부터 철거대상 기기에 대한 접근성·배치 최적화, 대형기기의 일괄 철거를 위한 공간 및 장비 등 확보, 운영 및 해체시 공통으로 필요한 기기(예: 크레인)의 조기확보, 중량차폐물 철거의 용이성(예: 모듈식 설계), 배관의 배치 최적화(예: 지하매설 지양, 굴곡부 또는 유체 정체부 최소화) 등을 고려하는 것이 바람직하다. 환기계통 설계에는 상류 여과기 설치를 통한 하류 덕트 내의 방사성물질 침적 최소화, 운영 및 해체과정에 공통적으로 필요한 환기능력의 조기확보 등을 고려할 필요가 있다. 설계과정에서 3D 시설모델을 개발하는 것은 운영단계에서 유용한 관리도구로 활용될 수 있을 뿐 아니라, 순차적 철거과정 전반에 걸친 시설 배치관리 및 오염의 시각화에 도움이 될 수 있다.

다. 해체폐기물 관리의 단순화

해체폐기물의 발생량을 체적과 방사능량 측면에서 저감하고 예상되는 해체폐기물 관리방안을 설계에 미리 반영함으로써 해체폐기물의 관리과정에서 수반되는 리스크와 해체비용을 저감하는 효과를 기대할 수 있다. 해체폐기물의 처분전관리(저장·처리 및 가공 등) 수단을 해당 부지 내에 마련하고, 운영 중에도 활용할 수 있는 제염설비를 중앙집중식으로 배치하고, 처분장 인수기준에서 제한하는 유해물질의 사용을 운영단계부터 제한하는 등의 조치는 해체폐기물의 관리를 용이하게 하는 방안이 될 수 있다.

라. 해체경험 및 지식관리

최근 미국 NRC는 해체경험의 보존 및 공유를 위한 데이터베이스를 운영하는 등 원자력시설의 안전하고 효율적인 해체를 위한 지식관리의 필요성이 국제적으로 대두되고 있다. 수십 년간 운영된 후 해체될 원자력시설의 해체용이성을 확보하기 위해서는 부지선정, 설계, 건설 및 운영과정에서 생산된 기록과

이력에 대한 체계적인 유지 및 보존이 필수적이며, 해체단계 이전에 참여했던 인력·조직과 이들의 경험을 해체과정에서 적극적으로 활용하는 것이 바람직하다. 또한, 원자력시설의 해체를 안전하고 효율적으로 수행하기 위해서는 국내의 유사시설의 선행 해체경험과 시행착오에 관한 정보를 시설의 전과정에 걸쳐 적절하게 활용하는 해체경험반영체계의 도입도 고려할 필요가 있다. 이 외에도 운영 또는 해체가 완료된 시설의 기록을 국가차원에서 장기적으로 관리하기 위한 제도적 장치를 마련할 필요가 있다.

마. 제도적 고려요소

원자력시설의 설계·건설 및 운영단계에 해체용이성을 고려하도록 규제요건 및 사업자 설계요건 등으로 명문화하고, 건설허가 단계부터 예비 해체계획을 수립하여 건설·운영 중 설계변경, 운전이력 및 국내의 해체경험을 반영하여 지속적으로 개정하여 해체작업 착수 이전에 최종화하는 방안을 고려할 수 있다. 또한, 시설의 운영단계에서 해체단계로의 전이과정에 대한 관리절차를 보다 구체적으로 규정하는 방안도 고려할 필요가 있다.

바. 기타 고려요소

원자력시설을 영구정지한 후 오염된 상태로 장기간 유지하는 것 보다는 가능한 조속하게 해체에 착수하는 것이 바람직하다는 점에 대해서는 국제적으로 인식을 같이하고 있다(단, 단수명 핵종의 붕괴감소를 위한 소요시간 제외). 그러나 미래에 특정 시설의 해체가 계획에 따라 신속하게 추진될 수 있는가 여부에 대해서는 많은 불확실성이 있으며, 따라서 다양한 해체 시나리오에 대한 대응방안도 시설의 설계 단계에서 함께 고려할 필요가 있다. 또한, 시설의 운영 및 해체과정에서 부지 또는 주변환경에 대한 방사선조사 및 감시는 해체단계에서 오염범위에 대한 정의를 용이하게 하고 해체후 부지에 대한 규제해제 적합성을 판단하는데 소요되는 시간을 절감할 수 있는 효과가 있다.

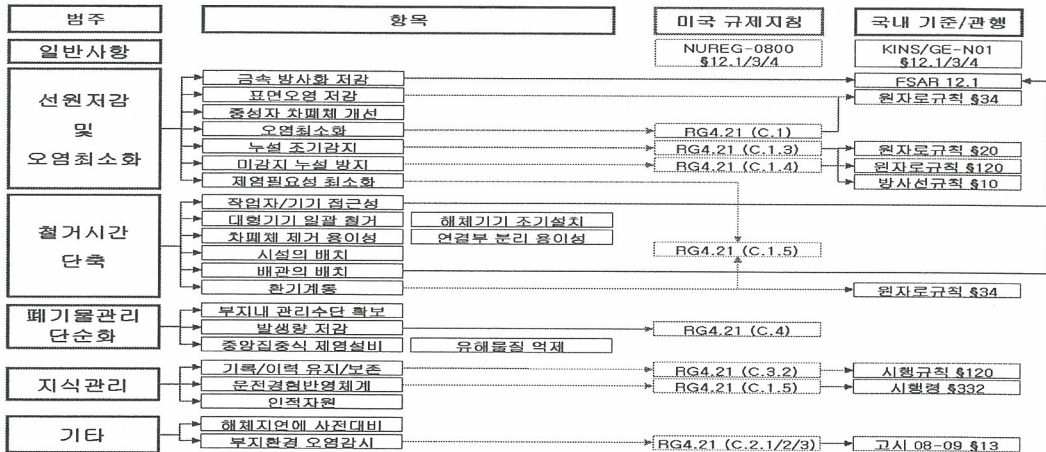


그림 1. 해체용이성 조기고려를 위한 주요요소와 국내의 관련 기준 및 관행 비교

3. 결론

국내 원자력시설의 설계·운영 관행에도 해체용이성 확보를 위한 기본요소들이 이미 부분적으로 반영되어 있으나, 향후 대형시설의 안전하고 효율적인 해체를 위해서는 시설의 전과정에 걸쳐 해체용이성을 고려하는 방안을 사업, 설계 및 규제 관점에서 보다 체계적이고 종합적으로 강구할 필요가 있다.

참고문헌

1. X. P. O'Sullivan et al., Applying Decommissioning Experience to the Design and Operation of New Nuclear Power Plants, NEA News, 27(1), 2009.
2. Minimization of Contamination and Radioactive Waste Generation: Life Cycle Planning, US NRC, Reg. Guide 4.21, 2008.