

EXPERT Choice를 이용한 해외 원전 제염기술 분석

신승수, 김선일, 김동민, 송종순*

조선대학교, 광주광역시 동구 필문대로 309

*tmdsoo@naver.com

1. 서론

국내 최초 상업용 원전인 고리1호기가 2017년 운전 종료 될 예정이며 운전 정지 후 즉시해체 방식을 채택하여 2032년까지 부지 환경복원을 통해 해체 작업을 완료할 예정이다. 원전 해체가 시작됨에 따라 기술 경쟁력을 갖춘 해체 상용 기술의 개발이 필요하다.

일반적으로 원전 해체에서 제염기술을 사용해야 하는 이유는 방사능 준위를 낮추어 작업자의 피폭선량을 감소시키고, 해체 작업 시 오염물질의 잠재적인 확산을 최소화 할 수 있기 때문이다. 또한 일부 시스템과 설비의 폐기물 관리를 용이하게 하거나 그에 소요되는 비용을 경제적으로 절감할 수 있기 때문이다.

해외에서는 미국 및 유럽을 중심으로 원전 해체 제염기술이 개발되어 실제 원전 해체에 적용된 바 있다. 하지만 국내에서는 가동 중 원전에서 발생된 소형 금속류 오염폐기물의 부피감량을 위해 산화환원 화학제염법 등이 일부 개발되어 활용된 바 있으나, 폐기물 저감이나 작업자 피폭저감 등의 소규모 목적을 달성하기 위한 단일 공정으로 처리용량도 적고 제염계수 역시 낮았다.

본 논문에서는 해외 원전 해체에 적용된 제염 기술을 기반으로 의사결정 분석법인 EXPERT-Choice를 이용하여 미국 및 유럽 원전 해체에 적용되었던 제염기술 분석을 통해 최적의 제염기술을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 해외 원전 제염기술 분석

현재 다양한 제염방법이 개발되어 왔으며 개발된 기술의 성공적인 제염 결과로 인해 원전 해체에도 동일한 제염방법이 사용 되고 있다. 미국 EPA 보고서에서는 다음과 같이 화학적 제염과 물리적 제염으로 분류해 제염 기술을 분석하였다[1].

2.1.1 화학적 제염 기술

- 킬레이트 및 유기산(Chelation and Organic Acids)
- 강무기산 및 관련 화학작용제(Strong Mineral Acids)
- 화학 포말 및 화학 젤(Cheical Foams and Gels)
- 산화제 및 환원제(Oxidizing and Reducing Agents)
- 화학정화기술(TechXtract)

2.1.2 물리적 제염 기술

- 코팅 제거(Strippable Coatings)
- 원심 쇼트 블라스팅(Centrifugal Shot Blasting)
- 콘크리트 그라인더, 셰이버, 스폰러(Concrete Grinder, Shaver, Spaller)
- 드라이 아이스 블라스팅(Dry Ice Blasting)
- 건조 진공 세척(Dry Vacuum Cleaning)
- 전기 유체식 스캐블링(Electro-Hydraulic Scabbling)
- EN-VAC 로봇 벽 스캐블러(EN-VAC Robotic Wall Scabbler)
- 그릿 블라스팅(Grit Blasting)
- 고압수(High Pressure Water)
- 소프트 미디어 블라스트 세척(Soft Media Blast Cleaning)
- 스팀 진공 세척(Steam Vacuum Cleaning)
- 피스톤 스캐블러(Piston Scabbler)

2.2 다기준 의사결정 분석(MCDM; Multi Criteria Decision Making)

다기준 의사결정 분석은 상충되는 복수의 기준이 존재하는 상황에서의 최적 대안을 선택하는 의사결정을 말한다. 가치 판단에 의한 통합된 목적의 평가와 인간 활동시스템과 같은 주관적인 평가를 합리적으로 조정하고 관리하는 것을 도와주며, 갖가지 복잡한 문제들에 적용될 수 있다[2].

2.2.1 Decision Lab

Decision Lab은 PROMETHEE(Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)와 GAIA(Graphical Analysis for Interactive Assistance) 기법에 기반을 두고 있다. 이 소프트웨어는 여섯 개의 각기 다른 선호함수들 중에서 하나를 선택하기 위해 평가 유닛과는 개별적으로 기준을 마련한다. 기준들 중에서 우선순위는 가중치에 의해 결정된다.

2.2.2 ELECTRE

ELECTRE 기법은 대안의 비교에 기초하고 있다. 연속소거 기법으로, 비교적 한정된 수의 대안이 존재하는 다목적 결정의 문제를 해결하기 위해 고안되었으며, '모든 기준을 고려하여 대안 I는 대안 j보다 나쁘지 않다'라는 순위 선호 관계를 기반으로 한다. ELECTRE는 각 평가기준에 해당하는 대안의 평가기준 값을 2개씩의 조합으로 선택하여 만족도와 불만족도에 따른 일치(Concordance) 및 불일치(Disconcordance) 지수를 산정하여 각 대안을 평가한다.

2.2.3 EXPERT Choice

EXPERT Choice는 의사결정 방법론 중의 하나인 계층분석(AHP; Analytic Hierarchy Process)에 바탕을 두었다. 사용자는 목표와 목표 달성에서 고려해야 할 기준, 평가를 위한 일련의 대안을 정의함으로써 의사 결정에서의 계층을 설정한다. 그리고 난 후 계층 내에서 다음으로 높은 레벨에 대한 기여도를 기준으로 레벨 내에서 모델 요소에 대한 쌍대판단을 내리게 된다.

2.3 의사결정기법을 활용한 해외 원전 제염기술 분석

해외 원전 제염기술 분석하기 위해 EXPERT Choice 평가 방법을 적용하였다. 각 기준별로 가중치를 부여한 후 평가점수를 3단계로 하여 '높음', '중간' 및 '낮음'으로 편의상 구분하여 여기에 가중치를 부여하였다. 기준과 제염 기술에 대한 평가 점수는 EPA 보고서의 내용으로 평가하였으며 각 기준별 가중치는 '사용후연료 비순환주기 시나리오 개발'에서 사용한 가중치를 적용하여 분석하였다[1,4].

Table 1. Chemical decontamination technologies analysis

기준				
비용	성능	기술 가용성		
0.3	0.4	0.3		
평가점수				
높음 : 0.649(1.000)	중간 : 0.279(0.430)	낮음 : 0.072(0.072)		
기준에 따른 평가 점수				
제염 기술	비용 (\$/m ²)	성능	기술 가용성	점수 (1.0 만점)
킬레이트 및 무기산	높음	낮음	높음	0.629
강무기산 및 관련 화학작용제	높음	낮음	중간	0.458
화학 포말 및 젤	높음	중간	중간	0.601
산화제 및 환원제	높음	중간	중간	0.601
화학정화기술	높음	높음	중간	0.722

Table 2. Physical decontamination technologies analysis

기준				
비용	성능	기술 가용성		
0.3	0.4	0.3		
평가점수				
높음 : 0.649(1.000)	중간 : 0.279(0.430)	낮음 : 0.072(0.072)		
기준에 따른 평가 점수				
제염 기술	비용 (\$/m ²)	성능	기술 가용성	점수 (1.0 만점)
코팅 제거	중간	높음	중간	0.658
원심 쇼트 블라스팅 콘크리트 그라인더	낮음	높음	낮음	0.443
건조 진공 세척	높음	높음	중간	0.829
전기 유체식 스케블러	높음	중간	낮음	0.494
고압수	중간	낮음	중간	0.287
스팀 진공 세척	높음	보통	중간	0.601
피스톤 스케블러	낮음	높음	낮음	0.443
	중간	높음	높음	0.829

3. 결론

EXPERT Choice 평가 방법을 적용하여 해외 원전에 적용되었던 제염기술을 분석하였다. 비용은 제염 하고자하는 장소의 크기와 특성에 따라 달라질 수 있으며 효율성 및 중요도, 사용 목적에 따라 분석 결과가 달라질 수 있다. 평가 방법을 수행하기 위해서는 해당 원자력 분야 전문가의 평가에 의해 수행 되어야 하며 기준의 세분화를 통해 신뢰도 높은 평가를 한다면 신뢰도 높은 결과를 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 참고문헌

- [1] US EPA. Technology Reference Guide for Radiologically Contaminated Surfaces, U.S. Environmental Protection Agency, EPA-402-R-06-003, 2006.
- [2] 다기준 의사결정 분석 지침서.
- [3] 송중순, "방사선 방어의 최적화 절차론 개발에 관한 연구" 방사선방어학회지, 1994.
- [4] 한국방사성폐기물학회, "사용후연료 비순환주기 시나리오 개발", 2008.