

방사능오염 토양의 현장 내·외 처리복원기술 조사연구

황선태, 신동관

주식회사 텍시빌, 대전광역시 서구 둔산동 1182, 송전빌딩 301호

sthwang12@hotmail.com

1. 서론

방사능시설을 해체하는 과정에서 발생하는 방사능오염 토양을 처리함에 있어서, 현장 내 처리 기술에서 세 가지의 기술 — 물리·화학적 처리기술, 생물학적 처리기술 및 열적 처리기술 — 로 분류된다. 그러나 본 조사연구에서는 방사능오염 토양의 현장 내·외 처리기술에 관하여서만 서술함에 있어서, 고체 매체의 처리를 위한 다섯 가지의 기술에 관하여 기술적 측면에서 조사·검토되었다. 특히, 격납기술, 고형화/안정화 기술, 화학적 분리기술, 물리적 분리기술 및 유리화 기술에 관하여 각각의 기술적 상황을 그림으로 나타냄으로써 전문적 이해를 도모하였으며 여기에서 소개된 12 가지의 그림에서 사용된 기술용어는 전문성 차원에서 영문으로써 전문용어의 표현을 그대로 각각의 그림에 도입하였다.

2. 현장 내·외 처리 기술

- (1) 격납기술(Containment Technologies): 캡핑(Capping), 토지 캡슐화(Land Incapsulation), 극저온 방벽(Cryogenic Barrier), 연직 방벽(Vertical Barrier)
- (2) 고형화/안정화 기술: 시멘트 고형화/안정화(Cement Solidification/Stabilization), 화학적 고형화/안정화(Chemical Solidification/Stabilization)
- (3) 화학적 분리기술(Chemical Separation Technologies): 용제/화학적 추출(Solvent/Chemical Extraction)
- (4) 물리적 분리기술(Physical Separation Technologies): 건조토양 분리(Dry Soil Separation), 토양세척(Soil Washing), 부양(Flotation)
- (5) 유리화 기술(Vitrification Technologies): 현장 내 유리화(In-Situ Vitrification), 현장 외 유리화(Ex-Situ Vitrification)

3. 결론

- (1) 격납(Containment) → 정해진 위치에 처분
 - 캡핑은 피폭경로를 축소하거나 제거하기 위하여 방사능폐기물을 밀폐시키는 기술이다. 본 기술의 가장 이로운 점은 그 활용의 용이성이다. 그러나 가장 불리한 점은 지하수를 통한 오염물질 이동의 가능성이다.
 - 토지 캡슐화는 방사성폐기물 관리의 처분단계에서 일반적으로 사용되는 기술이다. 본 기술에서는 방사성 독성 또는 폐기물의 체적을 축소시키지 못하더라도 폐기물처분의 장기적 해법이 되도록 처분시설이 설계된다.
 - 극저온 방벽은 방사성 핵종을 포함하는 오염물질의 연직 및 수평이동을 방지하는 기술이다. 본 기술에서는 방벽을 형성시키기 위하여 오염지역의 외부 및 하부 경계에 동결파이프가 설치된다.
 - 연직 방벽은 방사성폐기물과 오염된 지하수가 처분부지로 부터 유출되지 않도록 유폐시키는 기술이다. 본 기술의 유형으로는 슬러리(slurry) 벽과 시멘트풀(grout) 장막이 있다.
- (2) 고형화/안정화(Solidification/Stabilization) → 정해진 위치, 부지 내 또는 외 처분

- 시멘트 고형화/안정화는 가장 평범한 부지와 방사성폐기물 유형에 응용될 수 있는 기술로서 전통적인 취급 장비를 필요로 한다.
 - 화학적 고형화/안정화는 방사능오염 물질의 이동성을 감소시킬 수 있지만, 독성과 체적을 감소시킬 수 없는 기술이다. 본 기술 역시 가장 평범한 부지와 방사성 폐기물 유형에 응용될 수 있고 전통적인 취급 장비를 사용하므로 널리 이용될 수 있다.
- (3) 화학적 분리(Chemical Separation) → 허가시설로 이관
- 용제/화학적 추출은 방사성오염 물질을 효과적으로 처리하는 기술로서 그 효율은 부지의 세부조건에 좌우된다. 본 기술의 추가적 개발에 의한 부지 명세의 특성화는 모든 종류의 방사능오염 물질의 처리에 대한 실효성을 더욱 높이는데 필요하다.
- (4) 물리적 분리(Physical Separation) → 허가시설로 이관
- 건조토양 분리는 방사성오염 토양의 체적을 축소시키는데 매우 효과적인 기술이다.
 - 토양세척은 유기 및 중금속 오염토양에 응용되어 왔으나 방사성오염 토양에도 적용된 바 있다. 본 기술의 추가 개발은 방사성오염 토양의 처리에 대한 실효성을 더욱 높이는데 필요하다.
 - 부양은 방사성오염 토양의 체적을 축소시키기 위하여 배치(batch) 규모로 응용되는 기술로서 그 실효성을 확실하게 하기 위하여 추가 연구가 필요하다.
- (5) 유리화(Vitrification) → 공정처리 후 정해진 위치 또는 부지 외 처분
- 현장 내 유리화(ISV)는 전류를 사용하여 높은 온도에서 열분해에 의하여 방사능오염 물질을 휘발시킴으로써 유리고화체 내에서 이동하지 못하게 하는 기술이다.
 - 현장 외 유리화(ESV)는 역시 열을 사용하여 방사성혼합폐기물을 처리하여 유리고화체를 만드는 기술이다. 유리화 기술에서는 방사능을 감소시키지 못하므로 유리화된 방사성폐기물은 일반대중이 방사선피폭으로부터 보호될 수 있는 시설에 저장된다.

본 조사연구에서는 방사능오염 토양의 정화 및 부지의 복원과 관련하여 현장 내·외에서 방사능오염 토양의 처리기술에 관하여 포괄적으로 검토하였다. 특히, 12 가지의 기술을 검토함에 있어서 국가적불측사태 대응계획(National Contingency Plan: NCP)의 기준(criterion) 설정의 필요성이 강조된다. 원자력시설이 폐쇄 조치될 경우, 그 현장 부지의 정화·복원사업은 중·저준위 방사성폐기물 처리장 건설 사업에 못지않게 원자력산업계에서 지대한 관심의 대상으로 대두될 것임은 너무나 자명하다고 하겠다. 이러한 관점에서 미국 테네시주 환경보존부의 법령집[1]을 추천하는 바이다. 끝으로, 본 조사연구에서는 여러 가지 관련기술을 음미하기 위하여 미국환경보호청(Environmental Protection Agency: EPA)의 1996년도 기술보고서[2]의 제2절이 참조되었고 여기에서 12개의 그림이 발췌·활용되고 있음을 분명히 한다.

참고문헌

- [1] Division of Remediation, Rules of Tennessee Department of Environment and Conservation, Chapter 1200-1-13, Hazardous Substance Remedial Action, February 2007.
- [2] US EPA, Technology Screening Guide for Radioactively Contaminated Sites, Office of Solid Waste and Emergency Response, Section II: Solid Media Technology Profiles, Washington, DC 20460, EPA 402-R-96-017, November 1996.