

원자력시설 해체작업 환경의 잠재적 위험성에 대한 개념적 정량화 방안 설정

정관성, 이근우, 이동규

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150-1

ksjeong1@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력시설 해체기간 동안 해체 작업활동이 ALARA 수준으로 작업자에 대한 피폭이 최소화가 되고 모든 위험요소를 실현 가능하게 줄일 수 있다는 것을 실증해야 한다. 해체작업활동 및 과정에서 발생 가능성 있는 위험성과 시설의 본질적 특성으로 고려하여 작업자의 안전성에 영향을 미치는 잠재적 위험성을 확인하고 평가해야 한다.

본 논문에서는 원자력시설 해체작업 환경 중에 발생하는 잠재적 위험성의 피해결과와 사고확률을 계산하는 방법으로 위험도를 평가하여 수치적적으로 정량화하는 방안을 설정하였다.

2. 원자력시설 해체작업 환경의 잠재적 위험성 평가

2.1 원자력시설 해체작업 환경의 안전성 평가 절차

원자력시설 해체 작업환경의 잠재적 위험성에 평가 절차는 그림 1과 같이 피폭선량 계산을 수행한 후 비방사선학적 위험성과 비방사선학적 위험성을 분류하고 그에 따른 위험도 평가를 통하여 최종 저감조치를 취한다.

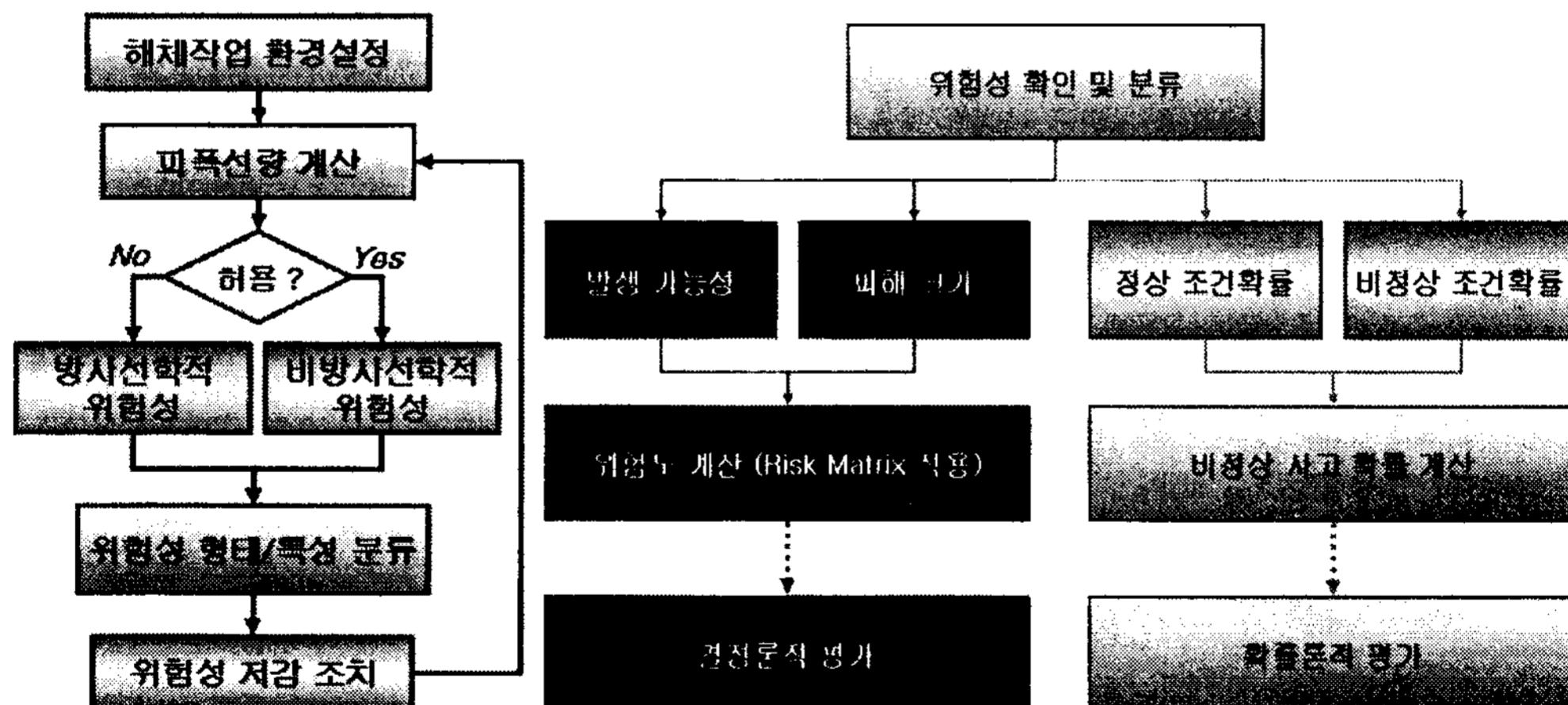


그림 1. 해체안전성 평가 절차

그림 2. 원자력시설 해체 위험성 정량화 방안

2.2 원자력시설 해체작업 환경의 위험성 정량화 방안

원자력시설 해체작업 수행시 안전성 평가 범위를 벗어나는 위험성을 제거하고 보호수단 및 규제가 필요한 위험성을 선별하기 위하여 그림 2와 같이 위험도 계산과 비정상 사고확률 계산을 통한 정량적인 평가 방안을 설정하였다.

2.2.1 해체 위험성 결정론적 평가 방안

원자력시설 해체작업 환경의 잠재적 위험성에 대하여 대략적인 위험 등급을 결정할 뿐만 아니라 확률론적 분석 대상을 선별하기 위하여 해체작업 위험성의 발생가능성(Likelihood)과 인적/물적/

사업적 피해결과(consequence)를 그림 3과 같이 risk matrix 기법에 적용하여 평가를 할 수 있도록 설정하였다.

- 위험도 = 발생가능성 × 피해크기
- 발생가능성 입력항목
 - 방사선학적/비방사선학적 공통 항목 = 발생빈도
- 피해크기 입력항목
 - 방사선학적 입력 항목 : 폐폭선량, 인명/손실 비용
 - 비방사선학적 입력 항목 : 인명/손실 비용

		상당한 위험 (4)	중대한 위험 (2)		
		경미한 위험 (1)	상당한 위험 (5)	중대한 위험 (1)	
발생 가능성 (Occurrence)	빈번함 (Frequent)	상당한 위험 (4)	중대한 위험 (2)		
	보통 (Occasional)	경미한 위험 (1)	상당한 위험 (5)	중대한 위험 (1)	
낮음 (Low)	미미한 위험 (14)	미미한 위험 (13)	경미한 위험 (1)	상당한 위험 (6)	
	없음 (None)	무시 가능 위험 (16)	미미한 위험 (15)	경미한 위험 (1)	중대한 위험 (1)
		무시	경미	상당	중대
		(피해 크기)			
발생가능성/빈도	피해 결과	Risk Matrix 적용	조치 사항		
• 가능성: 90% 이상 • 빈도: 일/주	• 한 명 이상 사망 • 손실비용: \$10M 이상 • 사업지연: 1년 이상	• Very High Risk	• 작업 즉시 중단/즉시 개선 후 작업 시작		
• 가능성: 65%~90% • 빈도: 일/주	• 한 명 사망 • 손실비용: \$10M 이상 • 사업지연: 1년 이상	• High Risk	• 긴급 안전조치 후 작업		
• 가능성: 65%~90% • 빈도: 월/사분기	• 수술/입원 치료 • 손실비용: \$1M~10M • 사업지연: 3개월~1년	• Significant Risk	• 정기 보수 안전조치		
• 가능성: 10%~65% • 빈도: 월/사분기	• 손실비용: \$0.1M~1M • 사업지연: 1주~3개월	• Medium Risk	• 위험 표시부착/점차표기 등 관리적 조치		
• 가능성: 90% 이상 • 빈도: 년	• 손실비용: \$0.1M 미하 • 사업지연: 1주 미하	• Low Risk	• 안전정보/안전교육조치		
• 예외적 상황	• 변동 없음	• Very Low Risk	• 조치 필요 없음		

그림 3. Risk Matrix를 이용한 해체 위험성 결정론적 평가

2.2.2 해체 위험성 확률론적 평가 방안

해체작업을 위한 설치된 기기 및 사용 장비에 대한 고장빈도와 작업자 조작 오류 빈도를 이용하여 정상 및 비정상 사고 발생 가능성에 대한 확률을 계산하여 평가 할 수 있도록 설정하였다.

- 비정상 사고 확률 = 정상 사고확률 × 비정상 조건 확률 ≤ 1
- 정상 조건 확률 : 주변기기(유트리티 등)가 정상일 경우
 - 정상 조건 확률 = $1 \times$ 장비고장확률 × 작업자 오류 확률
- 비정상 조건 확률 : 주변기기(유트리티 등)가 비정상일 경우
 - 비정상 조건 확률 = $(1 - \text{설치된 설비 고장확률}) \times$ 장비고장확률 × 작업자 오류 확률

3. 결론 및 향후계획

원자력시설 해체작업 환경 중에 발생하는 잠재적 위험성의 피해결과와 사고확률을 계산하는 방법으로 위험도를 평가하여 수치적적으로 정량화하는 방안을 설정하였다. 하지만, 확률론적인 평가 방안에서는 정상 및 비정상 조건 확률 계산을 수행하는 데 있어서 보다 구체적인 계산 기법이 필요하다. 따라서, 향후 확률적인 계산 기법뿐만 아니라 해체작업 절차 및 시나리오에 대한 계산 기법도 개발할 예정이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.