

원자력시설 해체공정 위험성 리스크 정량적 평가 모델

정관성, 이근우

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

ksjeong1@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력시설 특성상 해체공정에는 방사선학적 위험 작업과 비방사선학적 위험 작업이 존재한다. 해외 원자력 선진국의 해체 완료 보고서에 의하면 해체 작업중 작업자에게 위험을 가하는 재해 발생 형태는 작업자 피폭, 화재 및 폭발, 유해물질 취급, 물리적/전기적 위험 작업 등이 발생한다고 보고되고 있다 [1]. 본 논문의 목적은 원자력시설 해체공정의 위험성에 대한 리스크 평가 모델을 제시하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 퍼지 소속함수와 퍼지 추론규칙을 설계하여 방사선학적 위험성과 비방사선학적 위험성에 대한 리스크 평가 방법론을 완성하였다.

2. 원자력시설 해체공정 위험성 리스크 평가 모델

2.1 퍼지추론 적용 배경

원자력시설 해체공정에는 방사선학적 위험과 비방사선학적 위험 작업이 있다. 세계적으로 원자력시설 해체사태가 많지만, 관련 자료가 전문한 상태이다. 이러한 이유는 지금까지의 해체 관련 연구가 방사선량 측정, 장비 개발 등에 집중되었기 때문이다. 따라서 원자력시설 해체 계획 수립 시 해체공정의 잠재적 위험 작업에 대한 자료를 확보하기가 곤란하다. 퍼지추론을 해체공정 리스크 평가에 적용하게 된 배경은 해체공정의 방사선학적 및 비방사선학적 위험작업은 불확실성(uncertainty)과 복잡성(complexity)의 특징을 갖고 있다. 불확실성이란 원자력시설 해체계획 수립 과정에서 해체공정의 잠재적 위험 작업이 발생할 것을 알고 있지만 이러한 상황에 대한 발생가능성과 위험의 크기가 어떻게 되는지 전혀 알 수가 없다는 점이다. 복잡성이란 해체를 진행하기 전에 계획을 수립하는 과정에서는 해체공정의 방사선학적 위험성과 비방사선학적 위험성과의 상호 관계가 불분명하다는 점이다.

2.2 해체공정 위험성 리스크 평가 절차

원자력시설 해체공정의 위험성에 대한 리스크 평가는 Fig. 1과 같은 흐름에 따라 크게 네 단계로 진행된다. 즉, 해체공정 리스크 평가 절차는 방사선학적 리스크 평가 준비, 비방사선학적 리스크 평가 준비, 평가 대상 선정, 분석 및 평가 단계이다[2].

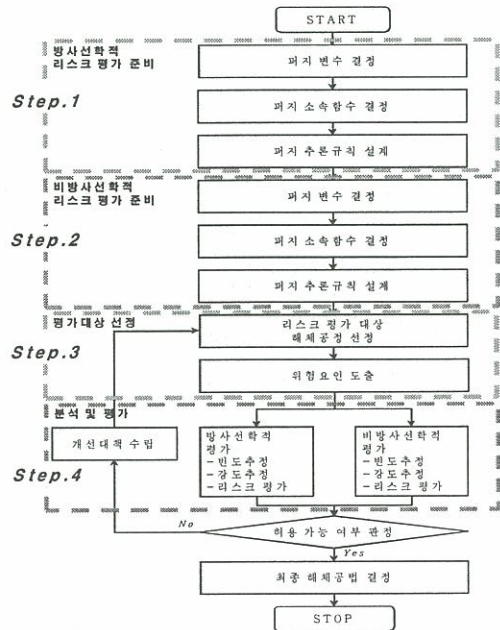


Fig. 1. Risk assessment procedure for decommissioning process

2.2.1 방사선학적 리스크 산정 방법

원자력시설 해체공정 방사선학적 리스크 산정은 다음 식과 같이 이루어진다.

$$\text{방사선학적 리스크} = \text{빈도} \times \text{강도} \dots \dots \dots (1)$$

여기서, 빈도는 작업자 피폭 상황 발생가능성을 나타내고, 강도는 작업자 피폭선량을 의미한다. 해체 계획 수립 시 해체공정의 작업자 피폭 상황 발생가능성과 작업자 피폭선량은 시설 운전이력 등을 통하여 사전에 산정을 한다. 즉, 작업자 피폭 상황 발생가능성과 산정된 피폭선량은 예측이 지 정확한 것은 아니다. 따라서 작업자 피폭 상황

발생가능성과 피폭선량은 퍼지화가 필요하다.

2.2.2 방사선학적 리스크 평가 퍼지 변수 및 소속 함수 결정, 그리고 추론 규칙 설계

해체공정 방사선학적 리스크 평가를 위해 퍼지 변수를 결정한다. 퍼지 변수는 입력변수, 상태변수, 그리고 출력변수로 구분이 된다. 입력변수는 방사선학적 리스크 평가를 위한 입력항목을 의미하고, 상태변수는 입력변수의 정도를 세분화한 것이며, 출력변수는 방사선학적 리스크 평가 결과를 의미한다. 방사선학적 리스크 평가를 위한 각 언어적 변수에 대하여 해체 전문가 의견을 바탕으로 퍼지 집합을 구성하여 방사선학적 퍼지 소속 함수를 결정한다. 그리고 소속함수의 범위 및 형태는 퍼지집합, 즉, 수립된 전문가 의견 데이터의 특성에 맞게 결정한다. 해체공정 방사선학적 리스크 평가를 위한 변수인 퍼지 입력변수, 상태변수, 그리고 출력변수 관계를 고려하여 퍼지 추론규칙을 설계한다.

2.2.3 비방사선학적 리스크 산정 방법

원자력시설 해체공정 비방사선학적 리스크 산정은 다음 식과 같이 이루어진다.

$$\text{비방사선학적 리스크} = \text{빈도} \times \text{강도} \dots\dots\dots (2)$$

여기서, 빈도는 작업자 상해가능성을 나타내고, 강도는 작업자 피해크기를 의미한다. 해체 계획 수립 시 해체공정의 잠재적 위험 작업이 발생할 거라는 예측은 할 수 있지만, 어느 정도의 위험한지는 알 수가 없다. 따라서, 해체공정의 위험 작업이 발생함으로써 그에 따른 작업자 상해 가능성과 작업자 피해크기는 퍼지화 작업이 필요하다.

2.2.4 비방사선학적 리스크 평가 퍼지 변수 및 소속 함수 결정, 그리고 추론 규칙 설계

해체공정 비방사선학적 리스크 평가를 위해 퍼지 변수를 결정한다. 퍼지 변수는 방사선학적 퍼지 변수와 마찬가지로 입력변수, 상태변수, 그리고 출력변수로 구분이 된다. 입력변수는 비방사선학적 리스크 평가를 위한 입력항목을 의미하고, 상태변수는 입력변수의 정도를 세분화한 것이며, 출력변수는 비방사선학적 리스크 평가 결과를 의미한다. 비방사선학적 리스크 평가를 위한 각 언어적 변수에 대하여 해체 전문가 의견을 바탕으로 퍼지 집합을 구성하여 비방사선학적 퍼지 소속 함수를 결정한다. 그리고 소속함수의 범위 및

형태는 퍼지집합, 즉, 수립된 전문가 의견 데이터의 특성에 맞게 결정한다. 해체공정 비방사선학적 리스크 평가를 위한 변수인 퍼지 입력변수, 상태변수, 그리고 출력변수 관계를 고려하여 퍼지 추론규칙을 설계한다.

2.2.5 위험성 리스크 평가 대상 선정

원자력시설 해체를 수행하기 위해 수립된 여러 가지 해체공정 중에서 리스크 평가 대상 해체공정을 선정한다. 선정된 해체공정에서 방사선학적 위험요인과 비방사선학적 위험요인을 도출한다.

2.2.6 위험성 리스크 분석 및 평가

해체공정의 방사선학적 및 비방사선학적 위험요인에 대한 빈도와 강도를 추정하여 리스크를 평가하고, 리스크 허용여부를 판정한다. 그리고 해체공정의 위험요인에 대하여 개선 대책을 수립한다.

3. 결론

방사선학적 퍼지 소속함수 및 퍼지 추론규칙을 설계하였을 뿐만 아니라 비방사선학적 퍼지 소속함수 및 퍼지 추론규칙을 설계함으로써 해체공정에 대한 방사선학적 및 비방사선학적 위험성에 대한 리스크를 정량적으로 평가할 수 있는 방법론을 독창적으로 개발하였다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기 계획사업 일환으로 수행된 연구결과입니다.

5. 참고문헌

[1] K.S. Jeong and H.K. Lim, Factor analysis on hazards for safety assessment in decommissioning workplace of nuclear facilities using a semantic differential method, Annals of Nuclear Energy, Vol.36, 1639-1647, 2009.
 [2] K.S. Jeong, K.W. Lee and H.K. Lim, Risk assessment on hazards for decommissioning safety of a nuclear facility, Annals of Nuclear Energy, Vol.37, 1751-1762, 2010.