

확률론적 기법과 전문가 판단을 이용한 비발전 분야의 위험도 평가 방법론 개발

장한기 · 유형준 · 김주연 · 이재기 · 조건우*
한양대학교 · 한국원자력안전기술원*
E-mail: hkjang@rrl.hanyang.ac.kr

중심어 (keyword) : 위험도 평가, 델파이 기법, 베이지안 추론, 1D MCA, 2D MCA

서론

위험도 평가(risk assessment)는 다중 안전인자에 의존하는 결정적 혹은 보수적인 측면에서 수행되어져 왔다. 이는 일반인에게는 불가능한 방식 및 규모로 위험도가 종종 과대평가됨을 의미하며, 과학 및 산업 환경이 발전하여 다양성을 지님에 따라 평가 대상 환경 및 시스템이 복잡해지므로 결정론적 위험도 평가는 다양한 환경에 대한 위험도 평가에 더 이상 적합하지 않다. 결정론적 위험도 평가의 대안으로 확률론적 위험도 평가 방법이 대상 시스템에 대한 정량적 위험도 및 이와 관련된 불확실성을 평가하는 수단으로 1980년대 이후로 다양한 방법들이 개발되어져 왔거나 현재 개발 중에 있다[1].

일반적으로 확률론적 위험도 평가를 위해 1D MCA 방법이 널리 사용되어 왔으나 1990년대에 U.S.EPA에서는 불확실성과 다양성을 고려한 2D MCA 기법을 제시하였으며, 이외에도 입력변수의 사전분포를 반영하는 베이지안 분석 및 퍼지논리에 기반한 위험도 평가가 현재 널리 활용되고 있다[1,2]. 따라서 본 연구에서는 원전분야에 비해 위험도에 대한 정량화가 미비한 비발전 분야의 위험도 평가 절차 및 최적의 위험도 평가 방법론을 제안하고자 한다. 이에 대한 예로서 비파괴검사 작업절차 중 사용(촬영)에 대한 위험도 평가를 예시적으로 평가하였다.

재료 및 방법

리스크 분석에서 불확실성과 관련된 중요한 자료의 한정된 가용성 관점에서 전문가의 역할은 그들의 판단을 통해 가치있는 정보를 제공하기 때문에 매우 중요하다. 위험도 평가에 절대적으로 필요한 자료획득 방안으로 선행 연구 자료가 부족하고 전문가의 견해가 가장 중요한 자료 일때 쓸 수 있는 유용한 방법인 델파이 기법을 적용한다. 전문가들 사이에 합의된 의견을 도출하는 델파이 조사방법은 처음에 가능한 사건에 대한 전문가 제안을 수집한 후 결과를 종합하여 참여자들에게 그들의 판단을 다시 생각하도록 피드백함으로써 반복하는 절차로 구성된다. 비파괴검사에 대한 위험도 평가 자료를 수집하기 위한 델파이 조사 횟수는 3회를 실시하였다. 행동학적 접근방법인 델파이 기법의 문제점을 해결하기 위해 수학적 접근방법인 베이지안 이론을 적용하였다. 이는 변수의 정량화 및 특성화를 위해 적용되었으며, 최종적인 입력변수의 사후 분포를 도출하기 위해 Gibbs 샘플링 기법에 기반한 마코프 연쇄 몬테카를로(Markov Chain Monte Carlo; MCMC) 방법을 사용하는 통계패키지인 WinBUGS V. 1.4.3을 사용하였다.

비파괴검사에 대한 예시적인 위험도 평가를 위해 국내 NDT(RT)에 대한 사고사례 및 작업절차를 분석하고, 전문가 의견을 수렴하여 국내실정에 적합한 시나리오를 도출하였다. 위험도 평가 모델 및 방법론은 U.S NRC에서 제시하는 방법론을 적용하였다. 확률론적 접근방법은 1D MCA와 2D MCA기법을 사용하였으며 평가대상은 정규작업 및 사고시로 구분하여 작업자와 일반인에 대하여 평가하였다.

결과 및 고찰

그림 1은 비발전 분야 시스템에 대한 위험도 평가절차를 나타내는 간략한 흐름도이며, 그림 2는 비과과작업 중 사용(촬영)에 대한 피폭 시나리오의 사상나무(event tree)를 나타내었다. 그림 3은 정규작업에 대하여 일반인과 작업자에 대한 위험도를 1D MCA 및 2D MCA기법에 의해 평가한 결과이다. 앞에서도 언급한 바와 같이 1D MCA에 의한 평가가 여전히 지배적이다.

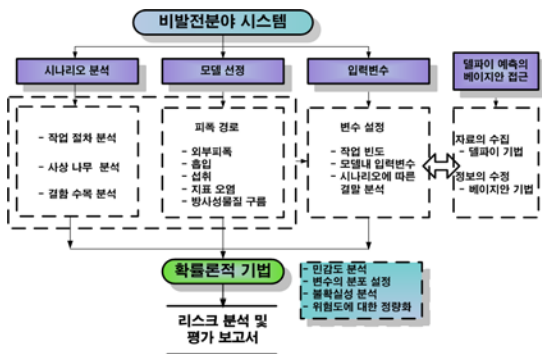


Fig. 1. The brief flow chart for radiological risk assessment

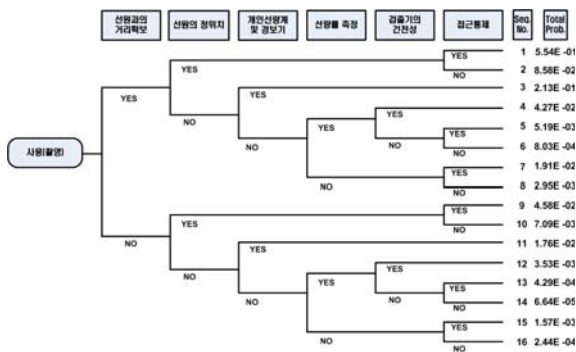


Fig. 2. Event tree for 'Using' task in field radiography

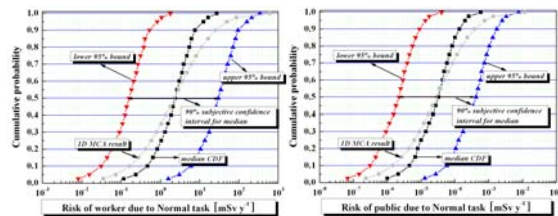


Fig. 3. Results of 1D MCA and 2D MCA for Normal task; (a) worker (b) public

2D MCA의 경우 위험도 평가에서 불확실성과 다양성

을 고려한다는 것은 개념적으로는 간단해 보이지만 대상 환경 혹은 시스템을 정의하는 요인들이 동시간대에서도 불확실할 뿐만 아니라 다양성을 지니고 있다는 측면에서 입력변수들에 대한 특성화가 어렵다. 하지만 1D MCA의 경우 결과가 확률분포로 재현되더라도 2D MCA와 같이 다양한 정보는 제공하지 못한다. 국제방사선방호위원회는 위험도는 아니지만 개인 및 집단의 선량에 대한 분포 해석을 3가지 형태로 제시하고 있다.[3] 이는 방사선방호분야에서도 확률론적 접근의 중요성을 대변하는 것이며 다양한 정보를 제공할 수 있는 방법론을 적용 하는 것이 타당함을 뒷받침 한다.

결론

국내 비발전 분야의 위험도 평가를 위한 진보된 절차 및 방법론을 제안하였다. 비발전 분야에서 위험도가 상대적으로 높은 비과과 검사 직무를 선정하여 국내 현실을 반영한 피폭시나리오를 새롭게 정립하였다. 도출된 피폭 시나리오를 기반으로 정규작업 및 사고시 위험도 규모를 일반인 및 작업자에 대하여 산정하였다. 이러한 위험도 평가 방법론은 위험관리(risk management) 및 최종 의사결정 문제에서 정량적인 결과에 기초한 판단 근거를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발 사업, 지식경제부(2008-P-EP-HM-E-06-0000), 선광원자력 안전(주)지원 으로 수행되었습니다.

참고 문헌

1. R.R. Lester, L.C. Green and Igor Linkov, Site Specific Applications of Probabilistic Health Risk Assessment: Review of the Literature Since 2000, Risk Analysis, Vol. 27, No 3, 2007.
2. E. Kentel and M.M. Aral, 2D Monte Carlo versus 2D Fuzzy Monte Carlo health risk assessment, Stoc. Environ. Res. Assess. 19: 86-96, 2005.
3. ICRP publication 101, Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public, ICRP, 2005.