



사고에 대한 인지심리학적 분석

노윤래

전 한전원자력연료(주)사장



서울대 전기공학과 졸업

한국원자력연구소 연구관
한국전력공사 근무(1966 ~ 1994,
최종 직위 : 영광원자력본부장)
한전원자력연료(주) 근무
(1994 ~ 2000, 최종 직위 : 사장)
서울대, 한양대 강사 역임

인류는 태고부터 각종 자연 재해에 맞닥뜨리면서 위험에 노출된 삶을 이어왔다. 홍수에 전답과 가옥이 유실되고 목숨까지 잃는 참변을 수 없이 경험했다. 천둥소리와 함께 억수처럼 쏟아지는 폭우에 하늘이 무너지고 지진으로 꺼지고 갈라지는 땅(天崩地壞)을 보면서 ‘지구의 종말’이 다가온다는 위기감을 느끼기도 했다.

그러나 과학기술이 발달되고 산업화가 이루어지면서 위험은 자연 재해보다 산업 재해가 큰 비중을 차지하게 되었다. 1986년 독일 뮌헨대학의 사회학 석좌교수인 울리히 벡(Ulrich Beck)은 21세기에는 위험 사회(Risk Society)가 도래할 것이라고 예상했다. 그는 고도로 발달된 산업 사회는 복잡하고 거대한 산업 시설의 상호 작용으로 위험성이 커지고 이로 인한 사고 발생의 빈도와 규모가 증가한다고 예측했다. 또한 복잡한 위험(Risk)의 특성은 단순한 위험(Danger)과는 달리 통제가 불가능하고, 사고 발생의 시기를 예측할 수 없으며, 그 사고로 인한 사회적 파장을 가늠할 수도 없다고 주장했다.

시스템 사고와 공동 모드 고장(Common - mode Failure)

사고는 다발적 고장(Failure)의 결과로 발생된다. 설계(Design), 설비(Equipment), 절차(Procedures), 운전자(Operators), 원료(Supplies & Materials), 환경(Environment)의 6가지가 고장의 요소로 될 수 있으며(DEPOSE Failure), 이것이 사고의 원인이 된다. 예컨대 화학 공장, 항공기, 선박, 원전처럼 많은 요소(부품, 절차, 운전자 등)로 구성된 시스템에서는 예상치 못한 이유로 2가지 이상의 고장이 상호 작용을 일으켜 대형 사고를 유발하게 된다.

이런 예상치 못한 고장의 상호 작용으로 위험도가 늘어나는데 이를 ‘상호 작용적 복잡성(Interactive Complexity)’이라 한다. 그리고 이런 상호 작용적 복잡성과 긴밀한 연계성을 갖는 시스템의 속성에 따

라 불가피하게 발생하는 사고를 ‘시스템 사고(System Accident)’라고 한다.

1967년 헤이건(E. W. Hagen)은 어떤 부품이나 장치가 2가지 기능을 하도록 설계되면 그 부품이나 장치에 고장이 일어날 경우 해당 모드를 공유하는 모든 기능에 문제가 발생할 수 있다는 점에서 이와 같은 ‘공동 모드 고장(Common-mode Failure)’의 기능 상실이 일으키는 시스템의 복잡성에 대한 우려를 나타낸 바 있다.

그러나 보다 큰 문제는 공동 모드 고장을 줄이려고 설계자들은 고장 요인을 제거하기 위해 추가로 안전 장치나 부품을 설계에 반영함으로써 시스템을 더욱 복잡하게 만드는 경향이 있는데, 이는 결국 시스템의 상호 작용적 복잡성을 일으키고 그 결과 위험도를 더욱 높이는 작용을 하게 될 수 있다는 것이다. 심층 방어 시스템인 격납용기, 비상 노심 냉각 시스템, 수소 재결합 시스템 등은 모두 완벽한 것이 아니다.

한편 1975년 발간된 WASH - 1400 (Rasmussen Report)은 상호 작용의 복잡성 문제를 지나치게 단순화 했다는 비판을 받고 있다. 라스무센 보고서는 확률적 위험 분석을 통해 노심 용융과 같은 심각한 사고는 사실상 일어날 가능성이 없다고 결론을 내렸으나 헤이건은 라스무센 보고서가 공동 모드 고장에 대한 정의의 폭이 좁고 분석의 초점이 핵심적 문제를 벗어났다고 비판했다.

위험 평가와 일반 대중의 인지심리학적 관점

원전의 역사는 일반적인 산업에 비해 그 운용 실적이 매우 짧아 원전의 잠재적 위험성에 대한 지식이 미천한 상태에 있다. 예컨대 1966년 나트륨 냉각 증식로인 페르미 원자로에서 노심 용융으로 연료봉 4개가 손상되었고 2개는 영커 붙은 사고가 일어났으며 사고 발생 몇 년 후에 재가동했으나 계속된 문제로 폐쇄 조치를 했다. 노벨 수상자인 물리학자 한스 베테 박사가 소속한 안전자문위원회에서 권고한 안전 장치(지르코늄 판)가 제자리에서 이탈하여 냉각재의 흐름을 막았던 것이 주요인이었다.

TMI사고에 있어서도 펜실베이니아 주지사에게 기술

자문을 제공한 핵물리학자는 3년 전에 발표한 논문에서 지르코늄과 물의 합성 반응을 걱정할 필요가 없다고 했으나 사고 시에는 합성 반응으로 수소 기포가 발생했음을 상기할 필요가 있다. 이와 같은 사고는 인간과 기계와의 상호 작용(MMI)때문인데 이런 현상은 더욱 심화될 것이다. 원전 기술은 아직도 개선의 여지가 많은 분야이다.

원전처럼 잠재적 위험성이 큰 프로젝트를 추진할 경우에는 위험 평가를 하게 된다. 위험 평가 전문가들은 주로 과학자, 공학자, 사회학자로 대학이나 연구 기관에서 활동한다. 1970년대에 널리 회자된 평가 기준은 “얼마나 안전해야 충분히 안전한가?(How safe is safe enough)”였다.

위험 평가는 수학적 모델을 사용하는 매우 정교한 작업으로 흔히 베이저언 확률(Bayesian Probabilities)이나 합리적 위험 최소화를 지향하는 ALARA 기법이 활용된다. 위험 평가자들은 사회적 선(善)을 정량화한다는 생각으로 위험 평가 작업을 하는 것이 바람직하지만 최근에는 위험-편익 분석(Risk-Benefit Analysis)이 돈으로 환산되는 비용-편익 분석(Cost-Benefit Analysis)으로 변해가는 문제점이 나타나고 있다.

문화적·사회적 가치를 무시하고 경제적 가치에 초점을 맞추는 위험 평가 전문가들은 이익을 위해 감수한 위험과 필요를 위해 감수한 위험을 구분하지 않는다는 비난을 받고 있다. 하나의 예를 들면 1년에 만 명의 사망자가 발생하는 자동차 사고와 1번의 대형 사고로 일어나는 만 명의 죽음과 같은 참사를 동일한 것으로 위험 평가를 하고 있기 때문이다.

인지심리학자들은 원전의 위험을 인식하는 정도에 관한 이러한 결과가 나타나는 현상은 수학적 관점을 취하는 사람과 사회적 관점을 취하는 사람의 차이라고 말한다.

비용-편익 분석은 합리성을 추구한다. 그러나 일반 대중의 인지심리학적 관점을 결코 무시해서는 안 된다. 이에 따라 위험 평가 전문가들이 점점 수학적 합리성에서 제한적 합리성으로 변해가는 경향이 있지만 일반 대중은 사회적 합리성에 초점을 맞추는 경향이 높는데 이는 대중은 정보가 부족하기 때문이며 이로 인해 판단의 오류를 범하기 쉽다고 예일대학의 사회학 교수인 찰스 페로(Charles Perrow)는 말하고 있다. 🌐