

“인적 오류(Human Error), 어떻게 대응할 것인가?”

- 2007-1회 원자력안전포럼 종합 요약 -

최광식 | 한국원자력안전기술원 안전정책실 책임연구원*



개요

2007년 5월 31일 13시부터 18시 30분까지 한국원자력안전기술원의 원자력안전학교에서 ‘인적오류(Human error), 어떻게 대응할 것인가’라는 주제로 2007년 제1회 원자력안전포럼이 개최되었다.

본 포럼에는 발표자들을 포함하여 한국원자력안전기술원, 울진민간환경감시기구, 영광원전감시센터, 한수원(주) 본사 및 각 사업소, 두산중공업, 원자력연구원, 원전연료, 한전기술, 경희대, 한양대 등에서 총 70여명이 참석하였다. 안전기술원 박동국 박사가 진

행을 담당하였고 필자가 전체의 발표 및 토의 내용을 요약·정리하였다.

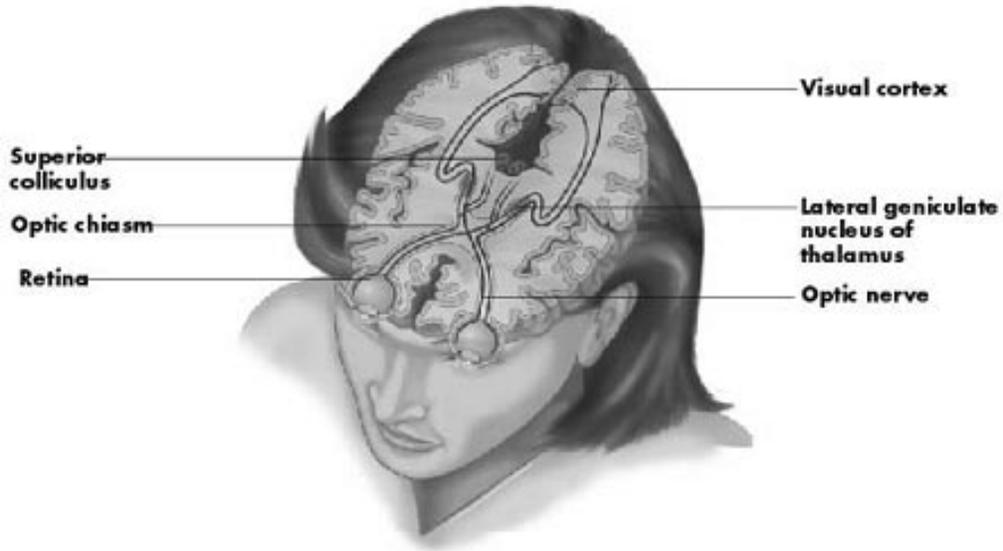
발표 주제와 발표자는 다음과 같다.

- * 인지과학/심리학 측면에서 바라 본 인적 오류 : 경북대 심리학과 곽호완 교수
- * 인적 오류 예방을 위한 인간공학적 접근 방법 : 경희대 산업공학과 변승남 교수
- * 원자력 시설 인적 오류 저감을 위한 정책 방향 : KINS 이동훈 박사
- * 항공 분야에서의 인적 오류 유형과 특성 및 대응 전략 : 공군 시험비행대대 김일중 소령
- * 에너지/화학 플랜트에서의 인적 오류와 저감 대책 : 가스안전연구원 박교식 실장
- * 원전에서의 인적 오류 저감 추진 현황과 향후 계획 : 한수원(주) 원자력발전기술원 정연섭 과장
- * 명리학적 관점에서 바라본 인간 실수와 사고 그리고 대처 방안(초청 강연) : 명리학 연구가 김태규

발표 내용과 주요 질의 토론 내용

1. 인지과학/심리학 측면에서 바라 본 인적 오류

* 서울대학교 공과대학 전기공학과, 한국과학기술원(KAIST) 원자력공학과 석사, 박사. 원자력연구소 원자력안전센터 월성원자력발전소 주재원, 고리, 영광, 울진, 월성 정기검사 PM, 홍보자료실장, 국제협력실장, 교육훈련실장, 개혁위원회 위원 역임



성수대교 붕괴, 대구 지하철 공사장 가스 폭발 사고, 삼풍백화점 붕괴, 대한항공 광공황 추락, 화성 시랜드 화재, 대구 지하철 화재 등 국내 대형 재난 사고를 살피고 그 특징으로 지각, 인지, 정보 처리 과정의 오류, 구성원 간 커뮤니케이션 오류, 시스템 오류, 인간의 주의 과정의 특징과 작업 부하가 인적오류를 초래한다는 것을 이야기하였다.

모든 재난은 인적 오류가 개입되며 이를 이해하려면 먼저 인간의 지각 메커니즘과 인지심리학을 이해하여야 함을 지적하였다. 그러므로 인간의 한계를 고려한 시스템 설계와 원활한 조작을 위한 훈련이 필요하다고 하였다.

그리고 TMI 사고를 분석하고 이 사고의 가장 큰 책임은 인간 정보 처리 능력의 과부하를 초래한 시스템 설계에 있다고 진단하고, 인간의 정신적 한계를 아는 것이 필요하다고 하였다.

인적 오류는 감각, 지각, 주의, 기억, 인지, 사고, 반응 선택, 실행 등 인간 정보 처리 단계의 여러 부분에서 발생함을 지적하고 각각에 대하여 예를 들어 설명하였다. 특히 기억에 있어서 감각 기억, 단기 기억, 장

기 기억을 비교하고 기억 체계 이론을 소개하였다.

인지 과정의 오류로서 기능적 고착, 인지적 통로화, 확증 편향, 기저율 오류, 도박꾼의 오류를 들었다. 그리고 인적 오류와 정보 처리 단계를 설명하고 착오, 실수, 과오 그리고 양식에러 등의 오류 범주를 들었으며 이들 간의 차이와 예방 방안을 설명하였다.

인적 오류 감소를 위해서 작업 부하와 정보 처리의 최소화를 위한 작업 설계, 에러 내성 시스템을 도입한 장비 설계, 자동화 및 시스템 지식 훈련으로 나누어 설명하였다.

그리고 2003년 2월 발생한 대구 지하철 사고의 원인을 설명하였으며 마지막으로 인적 오류 감소를 위한 여러 기술들의 적용 방안을 제시하였다.

2. 인적 오류 예방을 위한 인간공학적 접근 방법

인적 오류의 도출 방안과 인적 오류 예방을 위한 다양한 내용을 소개하였다. 인적 오류, performance shaping factor와 인적 오류의 분류, 인적 신뢰도 평가 방법들을 설명하였다.

결론적으로 인적 신뢰도 평가의 향후의 방향은 낮은 기술 위험도에도 적용해야 한다는 것, 인지 오류와 오진단 문제가 남아 있으며, 리스크에의 경영 조직 및 기술 사회의 기여에 대한 연구가 부족하다는 것과 인지 오류는 완전히 피할 수는 없으므로 운전자에게 고의가 아닌 한 인지 오류에 대해 문책하지 말 것, 인간 공학적 측면의 개선을 강력히 권고하였으며, 인지 오류의 추적과 시정 시스템이 필요하다고 하였다.

3. 원자력 시설 인적 오류 저감을 위한 정책 방향

원자력 시설에서 인적 오류에 의한 고장 사고가 지속적으로 발생함에 따라(최근 5년간 불시 정지의 24%) 그 저감을 위하여 현재 추진 중인 대책을 소개하였다.

이는 운전원 신체 상태의 개선, 협력 업체 정비 종사자 자격 관리, SAT를 이용한 종사자 교육훈련 개선, simulator 형상 관리 및 운영 개선, 현장 작업 환경 및 작업 방식 개선, 현장 작업 도구 개선 등의 사업자가 수행할 부분과 정기 검사시 인적 요소 점검 강화, 인적 오류 사고의 조사 절차 체계화 및 그 동안 인적 오류 사고 사례를 재분석 하는 방안 등 규제 기관이 수행할 부분으로 나누어진다.

이러한 대책을 이행함으로써 원자력 시설 안전성을 향상하고 인적 오류에 의한 고장 사고 최소화를 통하여 원자력 시설 이용성, 효율성을 증대할 것이며, 앞으로 운전원 직무, 발전소 운영, 시스템 설계 측면에서 종합적인 중장기 대책을 수립할 것이라고 하였다.

질의 응답 및 토론을 통해 발표 내용은 정기 검사의 용이성 등 단기적, 실용적인 측면에 중점을 둔 대책이다.

보다 더 발전 지향적인 대책, 즉 인적 오류의 저감에서 더 나아간 human performance 향상을 위한 대책과 보다 근원적이고 큰 차원의 철학이나 장기적인 전략은 이미 구성된 중장기 대책팀에서 정책 연구 과제를 수행하면서 개발할 것이라고 하였다.

나아가서 개인들이 모여서 구성되는 조직의 인자

에 대한 연구, 나아가서 문화적인 접근도 필요하다는 의견이 제시되었다.

즉 사업자 운영 조직이 원자력 안전성의 지속적인 향상이 당연하고도 가장 중요한 가치라고 생각하고, 이것이 일상적인 일이 되는 단계, 즉 IAEA의 안전 문화 발전 3단계 중에서 최고의 단계에 도달하도록 하는 분위기 조성이 필요하다는 의견도 있었다.

사업자의 인적 요인에 대하여 규제 기관의 이러한 대책 마련이 사업자의 어떤 부서와 어떤 interface를 갖고 어떤 영향을 미치는지에 대한 고려도 필요하다.

이에 대한 통찰을 근거로 하여 이미 수립된 단기 대책에 제시된 원전 직원들의 정신 건강 검진과 부적격자 업무 격리 등 직접적인 방식의 관여는 그 부작용도 예상되므로 종합적인 스트레스 및 정신 건강 관리의 중요성을 관리자들에게 교육하고 전 직원들에게 알리는 것이 중요하다.

그리고 부작용을 예방하는 다각도의 노력(예 : 비밀이 보장되는 심리 상담의 확대 등)을 경주하는 것이 필요하며 이는 하청 업체들에 대해서도 확산되어야 한다.

그리고 현재 안전기술원 내에서 인적 오류 관련 업무를 보다 체계적으로 수행하기 위하여 인적 및 조직 요인 team (HOF team)을 구성 운영하는 방안도 고려할 필요가 있다는 의견이 제시되었다.

이를 위하여 별도로 조직 인자와 문화적 접근을 다루는 포럼을 개최할 필요가 있으며, 이에는 사업자와 규제자의 조직 인자와 문화를 다루며 사업자의 안전 문화, 규제 기관의 안전 문화, 나아가서 우리나라의 규제 문화를 다루는 것이어야 한다는 의견이 제시되었다.

그리고 규제 기관 직원들의 인적 요인 혹은 human performance에 대한 관심과 고려도 필요하다. 규제 검사자는 피규제자와의 접촉을 통하여 직접 영향을 미치며 이는 궁극적으로 안전성에 영향을 미친다는 측면에서 그러하다.

따라서 직원들의 인적 수행 능력이 고용 기간 중 여러 환경에 따라 변화한다는 인식을 가지고 고압적

성격 등 사업자에게 부정적인 영향을 미칠 수 있는 검사자가 되지 않도록 미리 관리하는 것도 필요하다는 의견이 제시되었다.

또한 울진 원전이 최고의 고장률과 인적 오류를 기록하고 있는데 그 원인이 초등학교 부족, 가족과 떨어져 살아야 하는 것 등 주변의 열악한 생활 여건 때문에 우수 인력이 잘 안 오려고 하기 때문이며 정부의 대책에 이에 대한 고려가 없다는 지적과 함께 현지 사정을 더 면밀히 조사하여 대책을 마련할 것을 주문하였고(울진민간감시기구), 이에 대해 지적한 내용을 반영하여 중장기 대책에서 다루어질 것이라고 답변하였다.

4. 항공 분야에서의 인적 오류 유형과 특성 및 대응 전략

비행 안전에 대하여 인적 오류 저감을 중심으로 발

표하였다. 비행에서는 고도가 중요한데 이와 관련하여 비행사의 저산소증 등이, 속도에 있어서는 고속에서의 반응 속도가 문제가 된다.

비행 사고 중 〇〇%가 인적 요인에 의하여 발생하였으며, 총화적 위험 관리 개념을 도입하여 능동적인 위험 관리를 수행함을 설명하였다.

주요 사고 원인으로서 인적 요소 중에는 비행 착각, 높은 중력에 의한 의식 상실(G-LOC, loss of consciousness)이 있다.

10년 간 〇대의 비행기 사고가 있었으며 이는 주의 분배 부족(스트레스) 때문이다. 비행기는 주의의 집중이 아니라 분배가 중요하다.

사고 저감을 위한 G-LOC 극복을 위한 설계와 시뮬레이터를 이용한 교육, 워크의 개선, 관리 기술의 증가, 의사 소통 개선, 생산적 작업 환경의 조성을 위한 Crew resource management(CRM)를 소개하였다. 그리고 원전 분야와 계속 교류를 통한 발전을 희



아현동 가스 폭발 사고(1994. 12)

망하였다.

본 발표에 대하여 원자력연구소에서 항공기 안전과 관련한 CRM 활동을 어떤 기관에서 수행하는지 질문이 있었으며 이에 대해 항공안전관리단이 이를 수행하고 인적 오류에 대한 전문 연구를 수행한다고 답변하였다.

5. 에너지/화학 플랜트에서의 인적 오류와 저감 대책

가스산업의 인적 오류 예방 대책에 대해 발표하였다. 1980년부터 2004년까지의 사고 발생 추이를 제시하고, 주요 사고 분석 결과에 따르면 작업 절차의 문제, 안전 작업 허가 미준수, 변경 관리 미수행이 원인이었다고 하였다. 운전 미숙이 사고 원인 중에서 42%였다. 그리고 최근 사고 사례 26건을 소개하였으며 이를 분석한 결과 인적 오류/오조작 건수는 연간 10건 이내가 80%로 낮은 편이었다.

오조작 발생은 수리시 31%, 긴급 조치시 21%, 기타 30%였으며, 오조작 발생 시간대는 02시~04시 20%, 24시~02시 15%였으며, 연령은 31-40세 47%, 21세-30세 39%였다. 57%가 ‘아차 사고’ 경험 있다고 응답하였다.

정신적 피로가 원인이었다는 응답이 많았는데, 그 중 개인 회사 문제로 정신적으로 힘들다는 응답이 43%, 작업량이 많아 힘들다는 응답이 27%였다.

해결책으로는 방호 장치와 안전 장치 시스템의 결합, LOPA Tolerance criteria와 결합, 목표로 하는 위험 허용치 산정을 들었다.

인적 오류 최소화 방안으로는 원인 분석, 안전 의식 제고, Fool Proof System(실수를 방지하는 아이디어나 장치) 구축, 허용 한계 명확화, 교육 훈련, 안전감사 활성화 등을 제시하였다.

개인 실수가 자신의 피해만 일으키는 사고와 다수의 대중에게 피해를 입히는 사고와의 관리 상에 차이를 두는지 질문에 대해서 굳이 구분하지 않는다고 답변하였으며, 산업 시설의 폭발이나 사회적 영향이 크고, 시설에 손실을 초래하는 사고에 대해 주력한다

고 하였다.

6. 원전에서의 인적 오류 저감 추진 현황과 향후 계획

여러 가지 원전에서의 인적 오류의 유형과 대응 현황 및 계획을 설명하였다. 인적 오류에 의한 원자로 정지 비율이 1996년 이후 2001년까지 계속 감소하였다가 근래 들어 증가하고 있음을 보였다.

인적 오류 유발 인자들을 도출하여 설명하였고, 절차서 결함, 작업 부하, 정보량, 전자 부품의 결함, 기계 재질 결함, 소프트웨어 결함, 제어 논리 결함, 의사소통의 잠재 결함, 정비중의 결함, 지도력 및 팀워크의 결함, 협력 업체 잠재 위험, 잠재적 결함과 점검 제도, 조직의 잠재적 결함 제거, 작업 관리 결함, ERP 작업 관리, 형상 관리 결함, 안전 문화, 인식 언어 습관, 인적 오류 예방 도구, 기본 수칙 제정과 안전 보건 11개 수칙 활용 등 광범한 활동을 소개하였다.

성장하는 조직으로서 문제점의 자발적인 개선 노력과 바람직한 인적 행위에 대한 격려, 안전 문화 조성 등을 통하여 다양한 상황 속에서 인적 오류를 합리적으로 발굴함을 설명하였다.

한수원의 인적 오류 저감의 여러 다양한 대책이나 하부 전략은 있으나 상위 차원의 정책, 원칙 혹은 전략이 있느냐는 질문에 대해 3방향 의사 소통, 인적 오류 예방 기구 통합 프로그램 구축 등이 진행되고 있다고 답변하였다.

기관이나 회사 운영에 있어서 정신 건강 검진 및 부적격자 퇴출 방식은 불안을 주며 이는 이들을 더욱 압박하여 단기간에 오히려 역기능을 초래할 수 있다는 지적이 있었다.

따라서 total 심리/정신 건강 관리, happiness 관리 등의 ‘심리 경영’ 개념의 도입이 필요하며, OCTF 등이 강박적인 압력을 가함으로써 인적 오류를 유발하고 안전성을 저하시킬 수도 있으므로 이에 대하여 조직 측면에서의 검토도 필요하다는 의견이 제시되었다.

7. 명리학적 관점에서 바라본 인간 실수와 사고 그리고 대처 방안

운명에 대하여 운이란 움직이는 것이며 변화하는 환경적 변수로 인식하고 명이란 생겨나는 순간에 주어진 고정적인 성향을 말하며 따라서 운명이란 주어진 것과 환경 변수와의 상호 작용을 일컫는다고 하였다.

국가적인 대형 사고나 재난은 그 나라의 사고 분야의 운명과 깊은 연관이 있으며 대형 사고는 개인의 문제이기애 앞서 시스템의 결함과 관련되며 특히 구성원들의 사기와 기강과 연관이 깊다고 하였다.

과거의 주요 원전 사고와 국운의 흐름을 살펴보면 밀접한 관계가 있음을 지적하고 한국에서는 2010년 9월이 대형 사고가 일어날 가능성이 높으므로 이에 대비하여 안전 관리에 더욱 엄중히 대비해야 한다는 의견을 제시하였다.

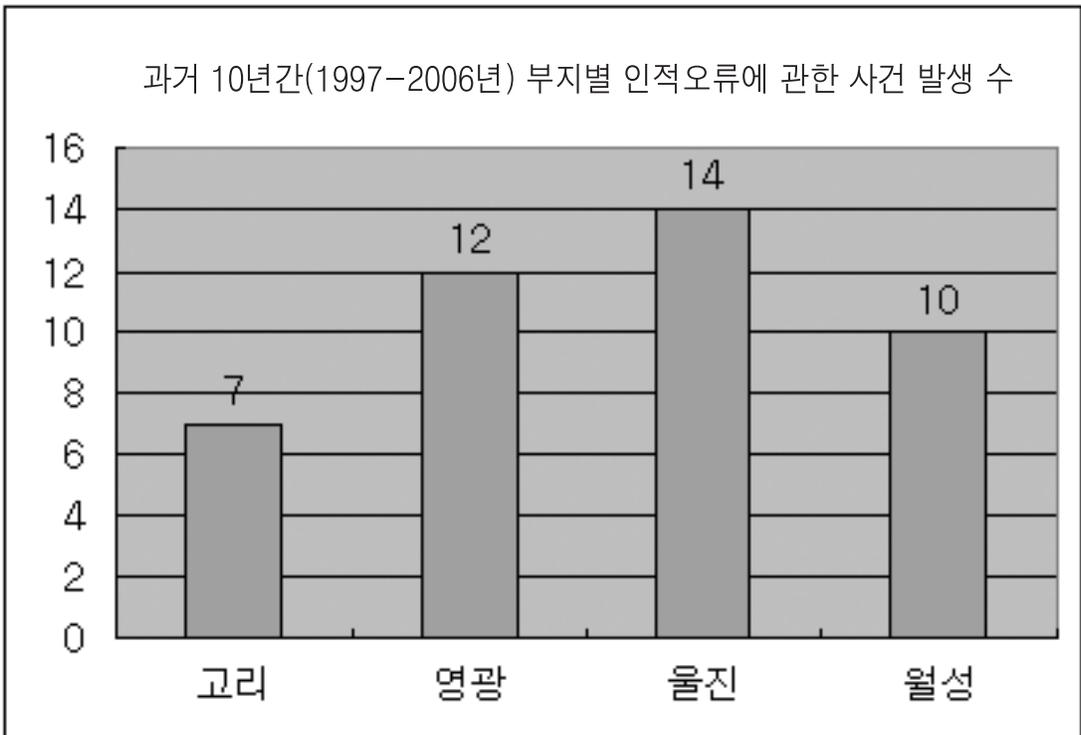
그리고 대부분 사고가 발생 일보 직전까지 갔다가 멈추는데(near miss), 최악의 악운이 가세하면 사고가 발생한다고 하였다.

near miss가 발생하면 정작 사고가 발생하지 않았더라도 동일한 정도의 실수가 있었다는 것을 인정하고 미리 조심하는 것이 안전 대책이다.

그리고 사람은 10년 주기로 건강 상태가 저하되므로 직원에 대한 10년마다 안식년 혹은 현업에서 물러나 재충전을 하도록 하는 것이 필요하다고 권고하였다.

이러한 안식년은 현대 사회에서 비효율적이라고 인식하기 쉬우나 전체의 관점에서는 훨씬 효율성을 향상시킬 것이라고 설명하였다.

운(運)이 환경 변수이므로 주어진 명(命)과의 관계 속에서 잘 대응하면 큰 사고를 막을 수 있음에 주의를 환기하고 near miss의 경우에 특히 사고가 발생한 것과 같은 정도의 의미를 부여하고 실제 사고가 발생



하지 않도록 미리 준비함이 필요하다는 언급은 실제 인적 오류의 저감 노력과 통하는 대목이었다.

과학 분야의 인적 오류 전문가들의 발표와는 성격을 달리하는 동양 철학 명리학자의 시각을 들어본 것은 나름대로 의미가 있었으며 기존 인간 공학과도 일부 상통하는 측면이 있었다.

결론

- 인적 오류에 대응하기 위하여 인간의 감각과 인지 과정에 대하여 심리학 분야 전문가의 설명을 듣고 감각, 인지와 행동 능력의 한계에 대한 참석자들의 이해를 확산시킨 것이 유익하였다.

- 원전의 안전성의 확보에 적용하는 인적 오류 저감의 이론과 방법론에 대하여 학문적인 설명, 사업자 측의 노력과 규제자 측의 대책 현황을 발표하고 상호 토의하여 이에 대한 인식이 전문가들과 관심자들 사이에 확산되는 기회가 되었다.

- 항공, 가스 안전 분야에서의 인적 오류 저감 노력과 활동으로부터 다양한 지식을 얻어 참고로 할 수 있었던 것은 유익하였다.

- 인적 오류의 저감을 위하여 사업자 측이 노력을 경주하고 있고 규제측도 대책을 마련하고 있는 바, 앞으로 여러 분야 전문가들 간의 networking을 통하여 서로 정보를 교환하고 지식을 상호 발전시키는 노력을 경주하는 것이 필요하다.

- 올진이라는 지역적 특성에 따른 사업자의 사기, 우수 인력 확보 유지 등 human performance를 유지하기 위한 근본적이고 폭넓은 시각의 대책 마련이 필요하다는 요청이 있었다.

- human error가 논의된 것이 벌써 TMI 이후 28년 정도가 되었는데도 우리나라의 경우 줄어들다가 다시 증가하고 있어 인적 요인에 대한 관심과 주의를 지속적으로 견지하여야 하며,

다른 나라의 경우 인적 요인과 조직 인자를 다루는 전문 부서가 있어 이를 다루고 있음을 생각할 때, 근래 이렇듯 관심을 기울여야할 상황이 조성되고 있으므로, 안전기술원 내에 정규 조직으로서 team 신설도 고려할 필요가 있다.

- 향후 과제로는 human error가 구체적인 인간의 실수 행위라면 이를 저감하는 것과 함께 보다 포괄적이고 발전 지향적으로 개인과 집단의 human performance를 향상하고 이를 위하여 조직 인자(organizational factor)에 대한 연구도 안전 문화와 관련하여 수행될 필요가 있다.

- 규제 기관 측면에서 단기적인 대책을 넘어서서 외국의 human error 저감 및 human performance 향상 프로그램에 대한 분석과 그 결과에 근거한 human performance 향상을 위한 정책 수립이 필요하다.

또한 규제 기관이 사업자에 영향을 미치는 만큼 규제 요원의 human performance에 대한 관심도 필요하다.

To err is human, to forgive divine

To err is human, to forgive divine 이라는 말이 있다. 실수하는 것은 인간이 저지르는 일이요 용서하는 것은 신이 하는 일이라는 뜻이다.

이 말은 인간은 실수에서 벗어날 수 없으니 이를 너그럽게 용서하라는 의미이기도 하다.

그러나 무방비 상태로 있는 다수의 대중들에게 큰 피해를 입힐 수 있는 대형 시설에서의 사고로 연결되는 인간의 실수는 가능한 한 예방되어야 하고 이를 위한 사업자와 정부의 노력은 계속되어야 한다. 실수에 대해 인간을 처벌하지는 않되 그 용서가 실수에 대한 용인으로 이어져서는 안 되기 때문이다. ☸