

인적오류(Human Error)에 의한 대형재난 사고 발생과 최소화 방안



이 수 경

서울산업대학교 안전공학과 교수

1. 서론

대형재해의 주요한 원인이 인적오류로 판별되는 사례가 점차 증가하고 있다. 산업시스템이 복잡해지고 속도가 빨라지는 반면에 작업자의 정보처리 능력 및 수행능력은 이를 수용할 수 없기 때문이다. 국내에서는 92년 해양도시가스 폭발사고, 94년 아현동도시가스 폭발사고, ○○정밀화학 위험물 건조설비 폭발사고, 95년 대구지하철 가스폭발사고, 98년 부천 LPG 충전소 폭발사고 등이, 국외적으로는 79년 Three Mile Island, 89년 Chernobyl의 원자력 방사선 누출사고, 84년 Bopal 시의 MC누출사고등이 모두 인적오류가주원인인 사고이다.

88년부터 97년까지 우리나라 석유화학, 정밀화학, 기타 관련 화학물질 취급공장에서 발생한 중대재해 115건의 사례를 분석해 보면 설비관계의 물적상태가 33.04%, 운전관계 인적원인이 66.96%를 차지하고 있으며, 이들 인적원인은 대부분 근로자, 관리감독자

들의 인적오류에 의하여 발생된 것이다. 일본의 경우 석유화학 콤비나트 사고 828건 중 설비적인 결함에 의한 사고가 38.8% 인적원인에 의한 것이 61.2%로 사고의 대부분이 인적오류에 의하여 발생한다. 즉, 오조작(정보전달 미비, 인지확인 미스, 오판단 등) 기능 미숙, 지시명령 미비, 점검보수 미실시, 작업기준 미비 등으로 나타났다.

인적오류는 「인간이 명시된 정확도, 순서, 혹은 시간한계내에서 지정된 행위를 하지 못하는 (혹은 금지된 행위를 하는) 것이며, 그 결과 장비나 계산의 파손 혹은 예정된 작업의 중단을 초래할 수 있다」고 정의할 수 있다[Hagen, et al.]. 이는 허용 한계를 벗어난 행위 혹은 규범으로부터의 이탈이며 만족스런 성능의 한계에 의해서 정의된다.

인적오류의 주원인은 고유한 인간의 변화성(Variability)이다. 인간은 특성상 변화적이어서 아무도 어떤 일을 꼭 같은 방법으로 반복하지 않는다. 순수한 변화성이 성능의 우발적인 기복을 초래하며 때로는 정도가 지나치면 실수를 일으키는바, 이는 훈련을 통한 기술 습득에 의해서만 통제할 수 있다. 인적오류의 대부분은 시스템 설계의 결함으로부터 비롯되기 때문에 신뢰성 있는 인간-기계 시스템을 구축하기 위해서는 인적오류를 유발하는 설계 요소들을 면밀히 살펴 조직적으로 제거해야 한다.

따라서 본 고에서는 인적오류의 형태를 분류하고, 우리나라에서 발생한 인적오류에 의한 대형사고의 원인을 분석한 후에 인적오류를 최소화하는 방안

대하여 논하고자 한다.

2. 인적오류의 형태

인적오류라는 관점에서 가장 문제가 되는 것은 감각중추에서 운동중추까지의 대뇌과정인데 다수의 뇌세포를 연결하는 복잡한 신경 네트워크 속을 신호가 흘러 판단이나 의지결정이 이루어지지만 뇌세포를 여러 개 거쳐 나가기 때문에 아무리 간단한 판단일지라도 0.1초는 걸리고, 익숙한 계기의 판독에도 0.4초 이상이 걸린다. 이 때 대뇌과정은 한번에 두개 이상의 판단이나 주의집중이 되지 않기 때문에 기능상 단일채널이라 한다.

인적오류의 분류에는 원인의 수준, 심리적, 인간 행동과정에 대하여 분류하고, 심적, 물적 요인에 대하여 언급하고자 한다.

2.1. 원인의 수준에 의한 분류

① 인지 확인의 오류

작업 정보의 입수에서 감각중추에서 하는 인지까지 일어난 것으로, 작업 순서로서 의무적으로 해야 하는 확인의 오류도 이에 포함된다.

② 판단의 오류

중추과정에서 일으키는 것으로 의사결정의 오류나 기억에 관한 실패도 이에 포함된다.

③ 동작 또는 조작의 오류

운동중추에서 올바른 지령은 주어졌으나 동작도중에 잘못하는 것과 에러로 좁은 의미의 조작오류이다.

2.2 심리적 분류

필요한 과업이나 혹은 작업의 단계(Step)를 수행하지 않으므로 인한 오류인 생략오류(Omission Error)

필요한 과업 또는 절차의 수행지연으로 인한 오류인 시간지연오류(Time Error) 필요한 과업 혹은 절차의 불확실한 수행으로 인한 오류인 수행오류(Commission Error) 필요한 과업 혹은 순서의 이해 잘못으로 인한 오류인 순서오류(Sequential Error) 불필요한 과업 혹은 절차를 수행함으로 인한 오류인 불필요오류(Extraneous Error) 등으로 분류된다.

2.3. 인간 행동과정 분류

감지 및 인식(Input)에서 시작하여 정보처리(Information Processing) → 의사결정(Decision Making) → 행동(Output) 영역에의 지령 → 행동(Output) → 정보회귀(Feed Back)와 인간이 행동하는 경우의 프로세서에 따른 분류로, 어느 것에도 인적오류를 일으킬 수 있다. 여기서 감지 및 인식오류(Input Error)는 감각기관 등의 감지결함, 정보처리 오류(Information Processing Error)는 확인, 판단미스, 의사결정 오류(Decision Making Error)는 조치의 잘못을 의미한다.

3. 인적오류에 의한 대형재난사고

3.1. 아현동 도시가스 폭발사고

아현동 도시가스 기지(Gas Station) 폭발사고는 사망 12명, 부상 10명, 건물 145동 파괴, 차량 93대 파손 등 피해가 컸을 뿐만 아니라 사회적으로도 충격이 매우 컸던 사건이다. 사고내용을 살펴 보면, 공급기지 계량기 점검 보수와 관련하여 '94. 12. 7. 15시경 아현기지에서 한국가스기술공업(주) 직원과 ○○도시가스(주) 직원, ○○도시가스(주) 직원 등의 입회하에 계량기 보증작업을 하기 위하여 계량라인 양측에 설치된 전동밸브(MOV)를 잠그고, ○○도시가스(주) 공급계량라인에 설치된 퍼지밸브를 열고 배관 내 잔가스를 옥외로 방출하여야 하나, 이를

무시하고 밸브실내로 방출작업 중 계량라인 출구 측 전동밸브(MOV)가 작동불량으로 완전히 폐쇄되지 않은 틈 사이로 다량의 가스가 유출되어 원인불명의 점화원에 의해 인화·폭발한 사고이다. 사고원인은 작업자가 작업절차서에 따른 사전준비 미흡 및 안전관리 감독자 현장 미배치, 동 작업에 대한 정비·운영·통제부서간 업무협조 미흡, 위험작업에 대한 관리감독 불철저, 사고작업 관련 안전작업승인서 운영 및 확인 소홀, 정비·보수인력 부족 및 기술능력 부족 등으로 대부분 인적오류가 그 원인에 있다고 볼 수 있다.

대책으로는 가스공급설비 운영·통제설비 및 장비의 개선 및 보강, 새로운 안전관리체계 구축, 안전교육 및 기술습득교육 강화, 전문 기술인력 확보 (안전·운전·정비 분야 등 전반) 작업자의 안전수칙 준수 등으로 대부분이 인적오류를 최소화하는 것이다.

3.2 부천 IPG 충전소 폭발사고

부천 IPG 충전소 폭발사고는 사망 1명, 중상 6명, 경상 77명의 인명피해와 부동산 95억 7천만의 재산피해를 입히면서 인적오류의 최소화가 사고 예방에 얼마나 중요한가를 보여주는 사고였다. 사고내용을 살펴보면, 안전관리 책임자가 이·충전 작업현장을 비운 사이에 탱크로리 운전자가 임의로 부탄탱크로리(12톤)에서 지하 매몰형 부탄저장탱크(39.9톤)로 이·충전작업을 하기 위하여 액체라인과 기체라인의 로리호스 커플링을 체결한 후에 가스압축기 전원스위치를 작동시키고, 사무실에서 안전관리자와 함께 있던 중 얼마 후 다량의 액체가스가 누출되고 화재가 발생하여 탱크로리가 폭발하는 등 인명 및 재산피해가 발생한 사고이다.

사고원인은 탱크로리 이·충전작업을 하기 위하여 로리호스 커플링을 체결한 후 가스누출유무를 확인하지 않고 가스압축기를 작동시켜 불완전하게 체결

된 충전호스의 커플링이 이탈·파손되면서 다량의 액체가스가 누출됨과 동시에 연무형태로 확산되던 중 외부로부터 미상의 점화원에 착화된 후 화재가 발생되어 탱크로리 2대가 폭발하여 비등액체팽창장치(BLEVE)가 발생한 사고이다. 이 사고는 인적오류의 조작오류, 검사오류 및 보전오류(Maintenance Error)가 원인이 되어 발생한 총체적 인적오류의 산물이다. 특히, 한국가스공사의 검사원이 검사를 하고 간 후에 사고가 발생하여 밸브의 복구오류도 첨가하여 발생했다. 아울러 안전관리자가 이·충전작업 현장에서 상주하지 않았고, 초기응급조치를 적절히 수행하지 못했으며, 안전관리자의 가스시설에 대한 사용전 안전점검 불이행, 탱크로리 운전자가 이·충전 로리호스 커플링 연결 후 가스누출여부 미확인을 들 수 있다.

그 대책으로는 IPG 충전소 특별점검 실시, 충전소 안전관리자에 대한 특별안전교육 실시, 안전관리자가 실습교육을 받을 수 있도록 교육시설 및 교육내용 보강, 가스누출 등 응급조치 및 사고발생을 대비한 훈련 및 교육 강화 등이다. 그 내용에서 인적오류의 최소화방안이 대부분임을 볼 수 있다.

3.3 대구지하철 화재 사고

2003년 2월 18일 대구의 중앙로 역사에서 발생한 방화에 의한 화재는 1080호 열차의 운전자와 사령실의 요원들의 판단오류, 의사소통 오류, 조작오류 및 시간오류 등의 인적오류가 얼마나 많은 인명피해를 가져오는가를 단적으로 보여주는 사고라 하겠다. 1080호 열차의 기관사가 정확한 판단을 하여, 역사를 그냥 지나치거나 승객의 도피를 보다 빨리 유도하였다면 인명피해는 최소화할 수 있는 사고이다. 아울러 사령실의 직원들이 현장의 상황을 보다 정확하게 판단하고 처리하였어도 그 피해를 최소화할 수 있었다. 대구 지하철 참사의 원인에 대해서는 여러 각도로 볼 수 있지만, 이 사고는 전체적인 위기관리 능력의 부족으로

인하여 발생한 총체적인 부실이 원인이다.

이 사고의 인적오류는 종합사령실에서 3명의 직원이 CCTV를 지켜보고 있었지만 이들은 역사 내의 화재발생을 눈치채지 못하여서 초기대응의 첫 기회를 놓쳤다. 이는 인간의 요소적 기능의 지각적 Process의 정보를 탐색하고, 이해하는 관찰오류(Observed Error)를 범한 것이다. 결정적인 두 번째 기회를 놓친 것은, 종합사령실에서 화재를 감지한 후에 중앙로 역사에 진입하는 1080호 전동차를 즉각 정지나 무정차 통과 명령을 내리지 않았다. 화재발생시 초기진압에 실패할 경우 진입열차는 무정차로 통과시켜야 한다는 「종합안전 방재관리계획서」의 「안전수칙」을 무시한 것이다. 이는 인간의 요소적 기능의 중간적 Process의 문제해결, 의지결정을 하지 못한 결과라고 할 수 있다. 즉 선택(Choose)과 판단오류를 범한 것이다. 후속 조치 미흡도 1080호 운전자에게 책임이 있다. 전동차가 역에 들어오면서 연기가 가득할 정도로 화재가 심각했다는 사실을 알았다면 기관사는 안전수칙과 「선조치 후보고」의 행동요령에 따라 수동운전으로 급정거했어야 했다. 대구지하철은 기관사가 역전방 300m앞에서 브레이크를 걸면 급정거할 수도 있고, 후진할 수 있게 설계되어 있다.

4. 인적오류의 최소화 방안

인적오류를 최소화하는 방안은 인적오류의 원인을 파악하여 제거하는 방법이 최선의 방법일 것이다.

4.1. 인적오류 원인

인적오류의 원인은 개인특성, 직장의 성격상의 문제, 인간-기계 시스템의 인간공학설계상의 문제로 분류할 수 있다. 개인특성은 불충분한 지식과 능력, 불충분한 경험과 훈련, 성격, 기호, 습관의 문제, 적합하지 못한 신체적 조건, 부족한 동기(Motivation) 낮

은 사기(Morale) 등이다. 교육·훈련의 문제는 직장에서의 훈련 부족(조작훈련, 윤리교육, 창조능력훈련, 위험예지훈련 등) 입문서, Manual류, Checklist 등의 부족, 상호주의와 정보·의견교환의 부족, Mannerism의 타개방법이 없다(연수) 등이다. 즉, 직장 나름의 교육·훈련을 해서 필요한 인재를 양성하는 것이 현실이므로 교육·훈련상에서 문제가 없다면 큰 인적오류는 면할 수 있다.

직장의 성격상의 문제들은 무리한 또는 부자연스러운 작업시간대(초과근무, 휴식시간, 교대제 여유 등의 문제), 부족한 작업계획(Schedule 상의 무리, 작업간의 Unbalance, 작업 Team내의 불균형 등) 높은 직장이직율, 낮은 연대의식 및 분쟁 등이다. 작업특성·환경조건은 작업자에게 육체적 부하가 계속되는 작업, 낮은 자율성, 혼동되는 신호의 탐색·검출, 긴장과 주의력을 지속적으로 요구하는 작업, 불쾌, 부적당한 물리적 환경(소음, 조명, 진동, 분진, 악취) 자주 교체되는 인간-기계 시스템이다.

인간-기계 시스템의 인간공학설계상의 문제들은 의미를 알 수 없는 신호형태, 변화와 상태를 식별하기 어려운 표시수단과 조작기구, 공간적으로 여유가 없는 배치, 출입이 불편한 작업 대상, 가끔 틀리는 측정기기, 표시기기 등이다. 이것들이 오류를 유발하는 방법은 작업자를 고생시키고 그 결과로써 오류의 기회를 증가시킨다.

따라서 앞에서 제시한 인적오류를 최소화하기 위한 방안은 안전의 철학(Philosophy), 기술 기준(Standard)의 규격화, 교육훈련의 강화 및 점검(Audit)의 활성화를 들 수 있다.

4.2. 안전의 철학(Philosophy)

안전에 대한 철학이 확고하여야 한다. 사장, 종업원 모두가 안전을 최우선하는 생각으로 업무를 수행하

여야 한다. 생산보다 우선하여 안전을 최우선으로 생각하면서 일을 처리하여야 한다. 이를 통하여 불안정한 행동을 최소화할 수 있고, 자기 안전은 자기가 책임을 지는 책임의식이 고취되고, 일을 「빨리 빨리」 처리하려는 결과제일주의, 「괜찮겠지」하는 적당주의도 없앨 수 있다. 이는 최고 경영자에게 절대적으로 요구되는 사항이라고 생각된다.

4.3. 교육 · 훈련

교육 · 훈련이 인적오류를 최소화하는 절대적인 방법이라고 생각된다. 이것에는 기본교육, 업무교육 등을 포함하고, 기본교육에는 안전의 철학을 가르치고, 업무교육에서는 운전 에 필요한 조작과 운전조건에 대하여 교육한다. 아울러 안전 훈련은 종업원 전체에게 반복교육, 안전작업교육 등을 실시하며, 긴급훈련은 직장긴급훈련, 소화훈련, 재해훈련을 주기적으로 실시하여야 한다.

4.4. 점검 (Audit)

점검의 목적은 안전에 관하여 최고 경영자가 안전관리, 안전활동 점검, 안전장치와 소화설비의 작동에 이르는 모든 사항을 점검하고 이를 평가하는 것이다. 이를 통하여 전반적인 근로자의 안전의식을 고취시켜 인적오류를 최소화할 수 있다.

5. 결론

인적오류에 의한 대형재난사고의 가능성은 계속하여 증가하고 있다. 항공기, 미사일 로켓트, 선박, 원자력 발전소, 화학공장 등 현대의 과학 · 기술을 구사하는 인간-기계계에서는 시스템 고장의 30~50%가 인적오류에 기인하고 있다. 이 사실은 대형재난사고를 예방하기 위해서는 인적오류를 최소화하는 방안이 최우선 과제이다.

인적오류를 최소화하는 방안은 인적오류의 원인을 제거하는 것이 최선의 방법이다. 그 원인들에는 작업자의 개인적 특성, 작업의 교육, 훈련, 교시 등의 문제, 직장의 성격, 작업자체의 특성과 환경조건, 인간-기계계의 인간공학적 설계상의 결함으로 정리할 수 있다. 이를 제거하기 위해서는 무엇보다도 교육과 훈련이 우선되어야 한다. 이를 통하여 안전의식을 고취시키고 인간-기계와의 의사소통의 실수를 최소화할 수 있기 때문이다. 교육에는 안전교육, 직무교육 및 긴급조치훈련을 통하여 위기관리 능력을 향상시키고 인적오류를 최소화할 수 있다. 이는 투자가 우선되어야만 해결될 수 있는 문제이다. 