

불안전행동



인간·기계시스템에서의 문제가 가까운 시일 내에
해결될 것이라고는 생각하지 않는다. 사고·재해를 방지하기 위한
새로운 과제를 포함한 물적 대책, 인적 대책 양측면의 충실을 위해
노력해 가는 것이 필요하다고 생각된다.



정진우

한국과학기술대학교
안전공학과 교수(법학박사)

20세기에 과학기술이 비약적으로 발전하고 안전기술의 측면에서도 사고·재해 등을 계기로 하여 많은 개선이 이루어져 왔지만, 항공기의 추락, 열차의 충돌·탈선, 화학공장의 폭발·화재, 유해물질의 대량 방출, 원자력발전소의 이상반응 등이 여전히 끊이지 않고 있다. 이들 사고의 원인조사 결과가 발표되면, 설비·기체 본체의 결함 외에 조종미스, 조작미스, 판단미스 등이 휴면에러로서 클로즈업되어 왔다.

한편, EU의 '기계류지침(Machinery Directive)'을 비롯하여 기계·설비 자체의 본질적인 안전화의 요구가 엄격해지고, 고도화된 생산라인에서는 IT(정보기술)를 구사한 각종 안전조치가 이루어져, 물적 대책, 즉 하드웨어 측면의 개선이 이루어져 왔지만, 인간·기계시스템 작업이 이루어지는 한 인적 요인이 재해에 관계하는 것은 피할 수 없다.

21세기에는 지금까지 이상의 속도로 과학기술 등이 진전되고, 고도로 인공지능화된 작업용 로봇의 개발이 유해위험작업의 상당부분을 대체해 가는 등 사고·재해방지의

측면에서도 크게 공헌해 갈 것이라고 생각되지만, 생산시스템, 수송시스템 등에서의 인간·기계시스템에서의 문제가 가까운 시일 내에 해결될 것이라고는 생각하지 않는다. 사고·재해를 방지하기 위한 새로운 과제를 포함한 물적 대책, 인적 대책 양측면의 충실을 위해 노력해 가는 것이 필요하다고 생각된다.

이를 위해서는 동물 중에서 가장 우수하지만 본질적인 결함도 내재하고 있는 인간의 특성에 대해서도 그 이해를 심화시키고, 이를 안전관리에 적극 활용해 가는 것이 필요하다.

불안전행동과 재해

사고·재해가 발생하면, 불안전행동에 다름 아닌 휴먼에러가 원인이라고 말하는 경우가 많다. 그 의미는 사고·재해 원인의 대부분이 작업자의ミス(불안전행동)라는 느낌이 강하다. 휴먼에러에 대해서는 상당히 일찍부터 많은 연구가 이루어져 왔는데, 각종 연구결과에서도 휴먼에러가 많은 비율을 차지하고 있다고 보고되고 있다(〈표 1〉 참조).¹⁾

〈표 1〉 휴먼에러의 비율

분야	휴먼에러에 기인하는 사고의 비율	발표자(연도)
구조물 사고	90% 이상	Allen(1975)
	78%(800건)	Hauser(1979)
	66%(287건)	前田(1983)
로봇 사고	45%(18건)	杉本(1979)
화학플랜트 사고	60% 이상	林(1979) 大島(1980)
석유화학 콤비나이트 사고	45~65%(483건)	高压ガス保安協会 保安情報センター (1978~1982)
위험물공장 화재	50%(1,270건)	上原(1985)
제조업 사고	40% 이상	労働省安全年鑑(1984)
항공기 사고	70~80%	笠松(1979) 黒田(1979)
항공기·선박·발전소 사고	70~90%	Muller(1940) Rubinstein(1979) Danaber(1980) Billings(1981)
의료 사고	80% 이상	古幡(1980)
자동차 사고	90% 이상	橋本(1979)

1) 井上統一·高見勲, <ヒューマン.エラーとその定量化>, システムと制御, 32(3), 1988, pp. 152-159 참조.

인간에게 있어 에러는 피할 수 없는 것이다. 인간이 일으키는 에러의 빈도(확률)에 대해, KLM 네덜란드항공 보잉747의 기장(機長)이자 저명한 심리학자이기도 한 호킨스(Frank H. Hawkins)는, 다이얼식 전화시대에 전화의 다이얼을 돌릴 때는 20회에 1회, 단순한 반복작업에서는 100회에 1회, 그리고 정비된 환경하에서의 작업에서도 1,000회에 1회 정도 에러를 일으킨다고 주장한 바 있다. 그리고 항공기 사고원인에서 인적 요소가 차지하는 비중은 여전히 높은 상황이고, 이 상황은 항공기에만 한정된 것은 아니며, 어느 세계에서도 사고의 80~90%가 휴먼에러의 결과라고 말하고 있다.²⁾

그러나 위험의 존재가 사고·재해를 결과적으로 초래하는 것이기 때문에, 작업자에게 불안전행동(위험행동)만 없으면 사고·재해에 이르는 일은 없다고 할 수 없으며, 또 인간의 행동은 많은 요인에 의해 좌우되므로(영향을 받으므로) 재해의 원인을 획일적으로 작업자의 불안전행동이라는 식으로 처리하는 것에는 문제가 있다고 보아야 할 것이다.

오늘날에는 작업자의 불안전행동은 어디까지나 직접적인 원인이고 그 배후에 존재하는 원인은 따로 없는지, 있다면 무엇인지에 대해서까지 조사되어야 비로소 심도 있고 균형 잡힌 분석이 이루어졌다고 할 수 있다는 주장이 설득력을 얻고 있다.

다시 말해서, 휴먼에러를 단지 인간 개인의 에러로서 취급하는 것이 아니라, 개인의 에러라고 보여지는 행동의 배경에는 기계·설비, 환경, 관리 등의 부적절이 그 배경으로 많은 영향을 미치고 있는 것에 착안하여, 이것들을 ‘인적 요인(human factor)’으로 파악하고, 종합적인 대책을 강구해 가는 것이 필요하다는 주장이 국제적으로 널리 지지를 얻고 있다. 즉, 휴먼에러의 방지를 위해서는 당사자인 인간을 둘러싼 모든 요소를 종합적으로 생각하는 것이 필요하다는 것이다. 이러한 접근방법을 Human Factor학(學)(Human Factors)이라고 한다.

2) F. H. Hawkins, Human Factors in Flight, 2nd ed., Routledge, 1993, pp. 31-32 참조.

Human Factor학(Human Factors)

가. 개념 설명

human factor와 Human Factors는 한국어로 직역하면 단어 자체의 차이가 나타나지 않고 그 의미의 차이도 알기 어렵다. 두 가지 용어가 학자와 국가에 따라 미묘한 차이가 존재하지만, 대체로 다음과 같이 구별하여 사용되고 있다. human factor는, '사고에는 피로, 수면부족과 같은 human factor가 관련되어 있었다'와 같이 사용되며, factor는 요인·요소라는 의미를 나타낸다. Human Factors는 '사고방지에는 Human Factors로부터의 지견(知見)이 필수적이다'와 같이 사용되며, 이 경우 Factors가 요인·요소들이라는 의미가 아니라, human factor를 체계적으로 다루는 학문 또는 지식체계라는 의미를 나타낸다.

이와 같이 미국에서는 양자를 구별하기 위하여, 학문 또는 지식체계의 의미를 나타내는 경우는 두문자를 대문자로 하고 복수형으로 나타내어 'Human Factors'로 표기한다. 유럽에서는 'Human Factors' 대신에 'Ergonomics'이라는 용어를 사용하고 있고, 우리나라에서는 'Human Factors'를 '인간공학'에 해당하는 학문의 명칭으로 사용하고 있다. 그리고 factor를 요인(요소)의 의미로 사용하는 방법에서는 'human factor(s)'라고 소문자로 표기하여, 요인이 한 개의 경우는 단수형으로 표현하고, 복수의 경우에는 복수형을 나타내는 s를 붙여 단수와 복수를 구별하여 사용하고 있다.

Human Factor학(Human Factors)은 한마디로 무엇이 휴먼에러를 유발하는가를 해명하는 학문으로, 인간 개인이 사고·재해의 원인이라는 생

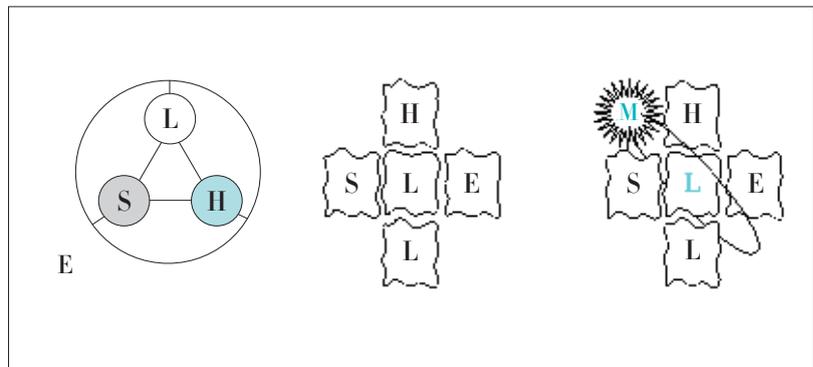


각은 표층적(피상적)이라고 보고 배후에 많은 요인이 있다는 관점을 취한다. 이러한 접근은 에러를 일반적으로 시스템에서의 잠재적 상황(latent condition)의 존재를 보이는 징후로 간주하면서 휴면에러를 원인이라기보다는 결과로 파악하는 리즌(James T. Reason)의 조직모델(organizational model)³⁾과 흡사하다.

나. 설명 모델

Human Factor학에서는 역사적으로 여러 가지 모델이 목적에 따라 제안되어 왔다. 그중 가장 대표적인 모델이 ‘SHELL Model’이다([그림 1] 참조). 이것은 국제항공운송협회(IATA: International Air Transport Association)로부터 제안을 받아 국제연합(UN)의 전문기관인 국제민간항공기구(ICAO: International Civil Aviation Organization)가 Human Factor학 모델로 정식으로 제안한 개념적 틀(conceptual framework)이다.

이 모델의 원형은 1972년에 영국 맨체스터 대학의 에드워즈(Elwyn Edwards)에 의해 SHEL Model([그림 1]의 좌측)로 개발되었고,⁴⁾ SHEL Model은 1987년에 앞에서 소개한 호킨스에 의하여 ICAO의 Model인 SHELL Model([그림 1]의 중앙)로 개량되었다.⁵⁾



[그림 1] SHEL Model, SHELL Model 및 M-SHELL Model

3) J. Reason, *Managing the risks of organizational accidents*, Ashgate Publishing, 1997, p. 226.

4) E. Edwards, "Introductory overview", in E. L. Wiener and D. C. Nagel(ed.), *Human Factors in Aviation*, Academic Press, 1989.

5) F. H. Hawkins, *Human Factors in Flight*, Ashgate Publishing, 1987.

〈표 2〉 SHELL Model에 사용되고 있는 기호 일람

S	소프트웨어(Software)
	절차서(procedures), 매뉴얼(practices), 작업지시·교육훈련 방식 등 소프트웨어에 관한 요소
H	하드웨어(Hardware)
	기계, 설비, 도구 등 하드웨어에 관한 요소
E	환경(Environment)
	온도, 습도, 환기, 소음, 조명, 작업공간, 풍토, 관습 등 작업(직장)환경에 관한 요소
하부의 L	인간(Liveware)
	지시·명령을 하는 상사, 작업을 함께 하는 동료 등 당사자(본인)를 둘러싼 인적인 요소(주변인)
중양의 L	인간(Liveware)
	당사자(본인)

SHELL Model에서 사용되고 있는 기호는 알파벳으로 표시되어 있고, 기호 일람표를 정리하면 〈표 2〉와 같다. ICAO의 Model (Hawkins Model)에서는 소프트웨어(S), 하드웨어(H), 환경(E), 그리고 라이브웨어(L)의 요소가 원형으로 각각 하나씩 그려져 있다. 즉, 여기에서는 L도 하나밖에 없다. 그런데 여러 가지 사건, 조직, 시스템을 파악하기 위해서는 당사자와 그 주위의 인간 및 요소 간의 관계도 매우 중요하다. 그리고 Edwards Model에서는 각 요소가 원형으로 그려져 있는데, ICAO의 Model에서는 각 요소 간의 관계를 분명하게 나타내기 위하여 파형(波形)의 타일형으로 그려져 있다. 이러한 것들을 이유로 ICAO Model이 세계적으로 널리 보급되었다.

인간이 관계하는 여러 가지 작업과 그 이상상태를 분석하는 데 있어, 이 다섯 가지 요소로 나누어 문제를 정리하고, 각 요소 간의 상호작용을 포함한 분석을 하는 것이 필요하다. 예를 들면, 고온다습한 작업환경에서 사용하기 힘든 기계를 사용하는 것이 강요된 상황에서 발생한 재해를 SHELL Model을 적용하여 분석하면 다음과 같은 문제점이 도출된다. 우선 기계를 사용하기 어렵다는 것은 H의 문제이고, 고온다습한 환경은 E의 문제이며, 사용하기 힘든 기계와 열악한 작업환경을 방치한 것은 L(하부)의 문제이다. 그리고 기계를 사용하기 어려운데도 인간이 기계에 무리하게 접근하였다는 것은 L(중양)과 H의 관계의 문제이고, 고온다습한 환경에서 무리하게 일했다는 것은 L(중양)과 E의 관계의 문제이며, 열악한 환경에서 사용하기 힘든 기계를 억지로

사용하게 된 것은 L(중양)과 L(하부)의 관계의 문제이다.

한편, 일본의 Human Factors 연구소(JIHF: Japan Institute of Human Factors)에서는 SHELL Model을 더욱 발전시켜 M-SHELL Model(그림의 우측)을 개발하였다. 이 모델은 ICAO 모델에 'M: Management(회사의 관리체제, 안전방침 등 관리적 요소)'를 독립적인 요소로 하여 위성의 형태로 배치한 것이다. ICAO 모델에는 M이 어디에 들어가는지 알 수가 없기 때문에 이를 보완하기 위하여 고안된 것이다.⁶⁾

위 그림에서 제시한 바와 같이, 'S', 'H', 'E', 'L(주변/중양의 L)'이 파형(波形)의 타일형으로 되어 있는 것은, 각 요소의 특성(상태)이 일정하지 않고 항상 변화하고 있는 것을 의미한다. 즉, 당사자(중양의 L)의 파형은 지식의 양이나 질, 생리적 한계, 인지적 특성 등 인간의 여러 특성이 변하는 모습을 나타내고, H(하드웨어)의 파형은 계기의 배열, 시스템의 특성, 스위치의 형상 등 여러 특성이 변하는 모습을 나타내며, 이러한 특성의 변화 모습은 S(소프트웨어)에도 E(환경)에도 관계자(하부의 L)에서도 보여지기 때문에, 모든 요소의 테두리를 파형으로 표현한 것이다. 그리고 각각의 요소가 중양의 'L'과 간극 없이 그리고 중첩 없이 접촉하고 있으면, 중양의 'L'은 최적의 성과를 발휘할 수 있는 상태라고 할 수 있다. 그것을 인터페이스(interface)에서의 적합상태(match of the blocks/ interface)라고 한다. 적합상태에서는 휴면에러가 발생하지 않는다.

한편, 복잡한 절차서(L-S의 관계), 사용하기 어려운 장치(L-H의 관계), 어두운 작업현장(L-E의 관계), 걸끄러운 인간관계(L-L의 관계) 등과 같은 상황은 중양의 L과의 접촉면에 간극이 생기거나 서로 중첩되는 상황이라고 할 수 있다. 이것을 인터페이스(interface)에서의 부적합상태(mismatch of the blocks/interface)라고 한다. 이러한 부적합상태는 휴면에러를 일으키는 근원이 된다.

6) 河野龍太郎, 《医療におけるヒューマンエラー:なぜ間違えるどう防ぐ(第2版)》, 医学書院 2014, pp. 57-58 참조.

그리고 M(Management)이 다른 요소와 달리 별모양으로 되어 있는 것은, 다른 요소와 모두 관련되어 있는 것을 의미한다. 규정 등의 설정(S), 기계·재료 구입(H), 작업(직장)환경의 정비(E), 교육, 인사관리(L) 등에 관련되어 있기 때문이다. 이러한 관련을 양호하게 유지하고, 안전성을 확보하면서 품질을 유지하고 생산성을 올리는 것은 M, 즉 Management의 역할이다. 즉, M은 조직(S, H, E, L) 전체를 조망하면서 접촉면에 간극이 생기지 않도록 조정과 균형을 잡아가는 역할을 한다. 그래서 SHELL을 둘러싼 위성으로 표시되어 있는 것이다.

한편, 당사자(L) 능력의 한계를 벗어난 작업이 이루어지거나 인간 본래의 특성이 이해되지 않은 상태에서 작업이 이루어지는 등의 경우에는 사건의 연쇄(chain of events)를 궁극적으로 단절할 수 없게 되고, 그 결과 사고·재해에 말려들어 갈 가능성이 높아진다.⁷⁾ M, S, H, E, L(관계자)과의 관계에 올라가미가 놓여 있다면, 일반적으로 당사자(L)는 언젠가는 그것에 걸려들기 마련이다. 이 올라가미에 걸려들지 않거나 빠져나오는 노력, 즉 부적합을 해소하는 노력을 L(당사자)에게만 요구하는 것은 결코 올바른 접근이라고 할 수 없다. 배후요인, 근본요인을 찾아내는 것이 중요하고, 이 요인은 L(당사자) 이외의 요소에 있는 것이 보통이다.

이 SHELL Model의 접근방식은 사고·재해의 배경에는 많은 요인이 있고, 사고·재해는 불안전상태와 불안전행동의 조합 중에서 발생하는 것이 대부분이라는 전통적인 설명과도 일맥상통하는 것이며, 불안전행동의 방지만으로는 사고·재해를 방지하는 것이 불가능하다는 것을 보여주고 있다. 그리고 SHELL Model은 인적 요인의 이해, 휴먼에러의 분석, 그리고 재발방지 대책을 입안하는 데 있어서 매우 유용한 것으로 평가받고 있다. 이 Model은 1970년대에 항공업계에서 제창된 것이지만, 국제적으로 다른 운송업계와 의료업계를 비롯한 많은 산업계에서도 널리 활용되고 있다. 🐦

7) 前田 荘六, ヒューマンファクター2. Available from: <http://jaem.la.coocan.jp/nhgg/ihgk0058008.pdf#search=m+shell+model> 참조.