

# 안전문화의 인간공학적 접근방안에 대한 논의

## A Study on the Human Factors Engineering Approach to Safety Culture

이용희 (Yong-Hee Lee)

한국원자력연구원

Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), Daedeok-daero 989-11, Yuseong-gu, Daejeon, 305-353, Korea

### 초록

최근 안전문화(safety culture)의 중요성이 급격하게 부각되어 매우 다양한 접근방안(approach)이 모색되고 있다. 그러나 안전문화를 바라보는 전문분야 및 관점(perspective)에 따라 접근방법 및 구체적인 노력이 현저하게 달라서 비효율과 혼란을 일으키고 있다. 본 논문에서는 안전문화에 대한 다양한 접근방법을 비교하고 기존의 인간공학적 방법론을 검토하여 효과적인 연구개발 방향을 제안하고자 한다. 안전문화의 핵심을 문화(culture)로 보면 문화를 다루는 이론과 방법론들이 부각되며, 안전(safety)을 핵심으로 보면 안전분야의 관리적 기법들이 제안될 수 있다. 한편 사회나 조직(organization)의 특성과 관련된 문제로 보는 경우 사회학이나 행정 또는 경영학적 접근이 가능하며, 보다 근본적으로 심리학 관점에서 접근하는 방법 및 제안도 다수 발견할 수 있다. 인간공학에서는 공학적 효용성(effectiveness) 확보를 목표로 설정된 시스템적 접근(systemic approach)을 통해 주어진 인적요소(human factors)의 문제를 해결하는 것을 기본적 방법론으로 삼아왔는데, 안전문화와 같은 새로운 과제에 대하여 아직 상대적으로 구체적인 방법론 개발이 미진한 것으로 보인다. 따라서 시스템적 접근을 기반으로 기존의 인간-기계 체계(man-machine system) 패러다임을 확장한 사회기술 체계(socio-technological system)를 정의하여 보다 확장된 상호작용을 다루는 방식으로 안전문화에 대한 인간공학적 접근방법을 제안하고자 한다.

\*주제어: 안전문화(safety culture), 인적오류(human error), 시스템적 접근(systemic approach), 사회기술 체계(socio-technological system)

### 1. 안전문화 연구의 필요성 및 배경

최근 국내에서 철도, 도로, 항공, 해운 등 공공 분야는 물론 에너지, 발전, 물류, 유화학 등 특정 분야에서 발생한 사건을 재난의 차원에서 사회적 현안으로 거론하면서, 인위적 재난(이하 인재)으로 취급하는 경우가 많다. 과거에는 재난을 단순히 무작위적으로 발생한 불확실성의 발로로 보던 운명적 관점에서, 기술의 발전으로 사건의 통제 가능성(controllability)이 확대되었다는 측면에서 인재(人災)로 보게 된 것이다. 인재의 원인은 인적오류(human errors)로 귀결되는데, 최근에는 안전문화(safety culture)가 인적오류의 원인이나 또 다른 원인항목으로 부각된다. 안전문화는 매우 포괄적인 용어이기 때문에, 사건의 책임을 회피하거나 대책의 주체와 대상을 모호하게 만들 수 있다. 구체적 대책(countermeasure)이 상정되지 않는 원인으로서는

안전문화의 거론은 단지 후견지명(hindsight effect)에 불과할 것이다.

본 논문에서는 안전문화라는 새로운 과제에 대한 인간공학적 접근을 모색하기 위하여 '안전문화는 과연 인간공학의 과제인가?'에 대한 근원적인 검토와 함께, 다양한 관점 및 학문 분야에서 이루어지고 있는 기존의 접근방법을 비교 검토하였다. 안전문화는 단순히 하나의 추가항목이 아니므로, 원자력 및 항공분야의 접근방법을 검토하고 인간공학의 전통적 접근방법을 검토하여, 안전문화에 대한 효과적인 공학적 접근법(engineering approach)을 모색하였다. 특히 기존 인간-기계 체계(man-machine system) 관점을 확대한 사회기술체계(socio-technical system) 관점을 정의하고, 다양한 상호작용을 다루는 시스템적 접근(systemic approach)을 제안하였다.

## 2. 안전문화의 정의와 부각

안전문화는 1986년 구 소련의 체르노빌에서 20세기 기술문명의 총아였던 원자력발전소가 상상을 뛰어넘는 재난을 일으키자, IAEA 등 국제적 조사에서 사고의 원인으로 안전문화를 지적하면서 공식화되었다(IAEA INSAG-1, 1986).



체르노빌 사고를 계기로 원자력 분야에서 제안된 안전문화의 정의는 다음과 같다.

The assembly of character and attitudes in organizations and individuals which establishes that, as an overriding priority, safety issues receive the attention warranted by their significance. (IAEA INSAG-3, 1991)

이후 구체적인 평가방법은 물론 명확한 개념도 제시되지 않은 채, 기존의 기술적 범위를 뛰어넘는 다양한 원인을 표현하는 용어로 많은 대형사고의 분석결과(우주왕복선 폭발, 원유누출, 유람선 침몰 등)에서도 핵심 원인으로 거론되기 시작했다. 이는 최근 후쿠시마 사고에 이르기까지 원자력 분야는 물론 국내외를 막론하고 공통적인 현상이다. 국내에서도 고리1호기 은폐사고는 물론, SF공항 추락, 세월호 침몰, 불산 누출, KTX 충돌, 화재 등에 대해 최근 제시된 논의에서 단골 원인으로 거론되고 있다.

안전문화에는 핵심을 바라보는 관점에 따라 다양한 정의와 접근방법이 존재한다. 안전문화의 핵심을 그 주제에 따라 ‘안전(safety)’ 또는 ‘문화(culture)’로 보는 관점이 다르며, 또한 주제에 따라 ‘사회’, ‘조직’, ‘기업’, ‘종사자’, ‘개인’ 등으로 바라보는 관점이 다르기 때문에, 개별 분야에서의 단편적 정의로는 접근이 어렵다.

## 3. 안전문화의 관점과 접근방법

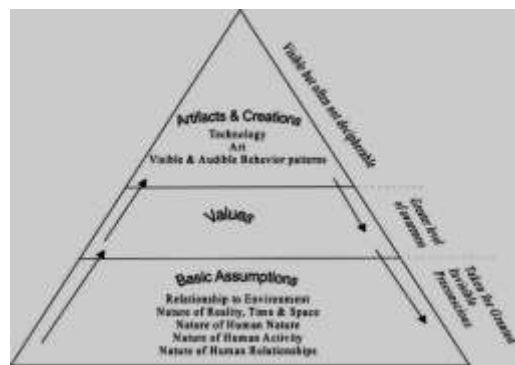
### (1) ‘문화’ 관점에서의 안전문화 접근

먼저 ‘문화’를 핵심으로 안전문화를 바라보면, “어떤 사회의 전체적 생활양식”(Linton, R.) 또는 “구성원으로서 습득한 지식·믿음·예술·가치관·규범·기술·의식주수단 등 모든 능력과 습관 등의 복합적 총체”(Tyler, E.B.) 등 포괄적이고 추상적인 정의가 가능하다. 특히 문화에는 좋고 나쁜 것이 없으며 특정한 고정된 관점이 적용되어서는 안된다는 ‘문화 상대주의’ 관점으로 효과적인 접근방법을 구성 또는 선택하기도 어렵다.

구분	특징	기능
공유성	구성원들에게 공통적으로 나타나는 행동 및 사고방식의 공통점	사람들은 조직생활을 위해 문화를 공유하므로, 타인들을 통해 문화적 개입예측이 가능
학습성	생물학적·선천적이 아니라 후천적으로 학습되므로, 학습을 통해 구성원으로 성장	개인은 학습을 통해 문화를 수용하고, 사회는 문화를 개인에게 사회화시킴으로써 질서를 유지하므로 학습구조 필수
축적성	문화는 인간의 언어와 문자 사용 능력을 통해 계속해서 전승됨	기존의 문화에 새로운 방식이 더해져 전통을 이루고 문화의 내용은 더욱 풍부해짐
총체성	한 사회의 문화는 각 요소들이 상호 밀접한 관련을 맺으면서 전체를 이룸	한 문화요소의 변동은 연쇄적으로 다른 분야의 변동을 가져오므로 동적 구성 필요
변동성	고정불변이 아니라 지속적으로 변화하므로, 일상생활을 효과적으로 대처하려는 과정에서 문화 변동이 발생함	환경 변화에 대한 적응을 돕고 문화의 축적을 이루는데 기여하므로 외부 변화 연계

따라서 문화의 고유성 및 다양성을 전제로 개별적인 안전문화의 접근방법을 구성·선택하는데 다음과 같은 문화의 기본특성 항목 및 관련 기능을 참고할 수 있을 것이다.(2014, 이용희)

안전문화의 실체를 관습 custom, 전통tradition, 문명 civilization, 분위기climate/atmosphere, 방식/방법manner/style, 유형pattern/code 등 다양하게 포착할 수 있다. E. Sein의 그림(1985)에서 보는 바와 같이 비가시적인 것이 가시적인 것을 변화시킨다고 보기 때문에, 문화 관련 분야에서는 안전문화의 구체적 개입은 물론 충분한 포착도 어렵다는 것이 관점이 지배적이다. 비가시적인 것도 비교문화 연구(G. Hofstede 1991) 등으로 포착 가능하지만, 문화 중심 관점에서 통제 가능성을 부인한 것은 안전문화 관련 연구개발 및 조치가 미루어지는 근본원인으로 작용했다.



원자력 분야에서 조차 체르노빌 사고를 계기로 안전문화의 심각성이 일찍 부각되었음에도 불구하고 비교적 최근야 구체적인 요건(NRC 2009, IAEA 2013)이 제시되었다. IAEA, NRC, INPO 등은 안전문화의 문화적 속성(attribute) 또는 특성항목을 요건으로 설정하였다. 그러나 관련분야에 맞도록 항목의 세분화가 필요하며, 자발적 평가에만 효과적인 것으로 보인다.

### IAEA Normative Safety Culture Framework



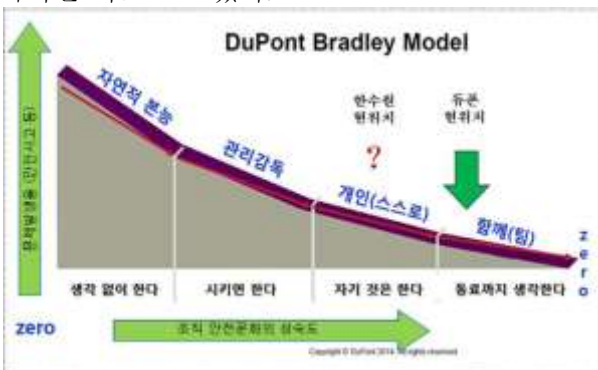
Note: The Characteristics and Attributes below can be found in IAEA GS-G-3.5.

국내에서도 속성요건을 기업에 맞도록 세분하여 자기평가(self-assessment)에 적용하고 있다. (한수원2012, KEPCO-E&C2013, 김사길외 2014)

안전문화 영역	실천 지표	안전문화 영역	실천 지표
1. 모든 종사자는 방사능 안전에 책임이 있다. - 방사능 규정 준수 의의성 - 방사능 안전행위 교육 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	• 방사능 안전 책임 - 방사능 안전행위 교육 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	3. 방사능 기술은 특별한 것으로 인식된다. - 방사능에 대한 높은 경각심 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	• 방사능 작업 관리 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성
2. 관리자는 방사능 안전을 위해 출현한다. - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	• 방사능 안전 책임 - Safety Moment 실천 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	4. 위험을 갖는 태도를 일관한다. - 작업 시 필수 가능한 위험의 영향을 가정한 사례의 발생 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	• 위험을 갖는 태도 - 위험 발생 시 책임있는 행동 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성
3. 인력이 조직에 몰입되어 있다. - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	• 안전행위 의의성 - Good Catch CAP/CEOP - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	5. 지속적인 학습 환경을 조성한다. - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	• 학습 분위기 조성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성
4. 의사결정 시 안전을 최우선으로 고려한다. - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	• 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	6. 방사능 안전을 지속적으로 진전시킨다. - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성	• 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성 - 방사능 안전행위 의의성

### (2) '안전' 관점에서의 안전문화 접근방법

안전문화를 '안전'을 주제로 바라보는 경우에는 비교적 꾸준하고 현실적인 노력들이 발견된다. 산업안전(occupational safety) 분야에서는 일찍부터 안전문화가 안전을 확보하는 결정적인 요인이자 궁극적인 목표로 보았다.



안전관리 분야에서 적용해온 안전문화 활동과 기법으로, 안전문화 활동의 실체는 구호/표어, 포스터, 캠페인, 각성훈련, 정신교육 등이며, 실천적 기법들로는 동료점검, 안전표지법, 사례전파 등인데, 이는 개별 분야의 특성과 무관하게 공통적으로 적용된다는 것이 특징이다.

항목	내용
1. 목적	본 사업의 안전을 확보하고, 인명피해를 예방하고, 재산피해를 최소화하기 위하여 안전문화 정착을 위한 지침을 마련한다.
2. 적용 범위	본 사업의 모든 종사자 및 협력업체 종사자, 계약업체 종사자, 방문객 등 본 사업에 관련된 모든 인원에 적용한다.
3. 안전 문화	안전문화란 안전을 최우선으로 고려하는 태도와 행위를 말한다. 이는 안전행위 의의성, 안전행위 의의성, 안전행위 의의성 등을 포함한다.

구분	구분	구분
구분	구분	구분
구분	구분	구분

구분	구분	구분
구분	구분	구분
구분	구분	구분

구분	구분	구분
구분	구분	구분
구분	구분	구분

안전관리 관련 안전문화 접근은 항공분야에서 가장 활발하며 성공적인 것으로 보인다. 조종사(pilot)의 팀워크 개선을 목표로 시작된 인적자원 관리의 소위 '7세대 TEM'으로 발전하여 전체 종사자의 안전활동을 개선한 것으로 보고되고 있다 (김대호 2011). 무엇보다 자발적으로 관리되는 현장 안전경험의 수집 및 활용 체계가 대표적인데, 국내에서도 KAIRS라는 경미한 인적오류의 자율 보고를 포함한 체계적인 기반을 구축하고 있다. (이강준 2014)



안전관리 분야에서 실천해온 안전문화의 내용들은 매우 다양하고 구체적이며, 안전 작업환경(SCWE: Safety Conscious Working Environment)의 형성에 일정한 효과를 거둔 것으로 보인다. (INPO 2007, 2012) 하지만 여전히 목표하는 안전문화의 변화 및 관련 현상과의 인과관계는 분명하지 않다. 또한 안전문화를 위한 활동 및 실천적 기법들이 활발하게 적용되고 있지만, 종사자의 추가 부담이 불가피하므로, 자발적이지 않을 경우에는 오히려 안전문화의 비가시적인 기반을 위협할 우려도 동시에 내포하고 있다.

(3) '기업' 관점에서의 안전문화 접근방법

안전문화를 주체이자 대상의 관점에서 '기업'의 문제로 보는 경우에는 매우 구체적인 연구사례 및 경영학적 방법론들이 제시되어 있다. 일찍부터 정의된 안전/보건 경영 방법론들이 1980년대부터 활발했던 품질 및 환경 경영과 함께 공통적인 과제로 부각되었으며, 이후에 보다 확장된 기업문화(corporate culture)의 개념에 따라 윤리성 및 지속가능성의 관점과 결합된 안전문화 모색이 활발하다. (ISO18000/23000등)

기업의 필수핵심요소의 관점에서 안전문화의 구체적인 요소 및 절차를 정의하고 이들에 대한 실무적 평가 및 개입 방법을 제시하고 있다. 예를 들면 기업의 7S모델이나 Ser-M모델은 안전문화를 다루는데 실천적으로 적용되는 사례인데, 이를 기반으로 원자력 안전문화의 세부평가척도를 제시한 사례도 있다(박기찬 외 2014)



(4) '인간' 관점에서의 안전문화 접근방법

안전문화의 주체이자 대상인 '인간'을 우선으로 보는 경우에는 사회, 심리, 인간공학 분야의 논의가 관련된다. 특히 사회 및 심리분야에서는 인간의 본성과 개인의 가치체계에서 출발하는 윤리와 철학에 대한 활발한 의미를 제공하므로 구체적인 결론을 도출할 경우 안전문화의 근본적인 개선가능성을 제시할 수 있을 것이다.

안전문화의 기술적 항목으로 책임/권한의 할당 및 원칙/규범의 설정에 대한 인문학적 접근을 넘어, 실무에서의 절차적 규칙과 방법론을 포함하는 전체 시스템의 구성 등 다양한 가지적인 요소들을 다룰 수 있으나, 개별 사례의 연구는 많아도 실무적인 방법론 개발은 부족하다.

요소	내용
가치	- 의사결정, 커뮤니케이션에서 안전에 대한 우선순위를 부여 - 안전을 최우선순위에 우선적 고려 - 직립운영계획 시에 안전최고, 안전최대 반영 - 안전과 병립/상충하는 일정한 관계를 갖는다는 구명정밀하게 확인 - 안전에 대한 공리적비공리적 지원 - 관리직의 안전에 대한 헌신과 조직 활동
규범 (책임/권한)	- 안전에 대한 책임과 권한을 명확하게 규정하고 이해 - 안전규범과 절차에 대하여 일체하게 준수 - 안전준수에 대한 적절한 보상 및 감시 - 안전위반에 대한 적절한 처벌 및 감시
행동	- 안전에 대한 적극 가능한 학습체계 구축 - 안전과 모든 활동 간의 통합 - 안전사고 위험도 분석
시스템	- 체계적인 안전문화시스템(정책, 규정, 절차, 조직, 협조체계 등)의 구축운영 - 철저적 안전문화시스템(정책, 규정, 절차, 조직, 협조체계 등)의 구축운영 - 철저적 안전문화시스템(정책, 규정, 절차, 조직, 협조체계 등)의 구축운영

구분	가치	규범	행동	시스템
가치	안전문화에 대한 헌신, 윤리, 중요성을 인식하는 것	안전에 대한 책임과 권한을 명확하게 규정하고 이해	안전에 대한 적극 가능한 학습체계 구축	체계적인 안전문화시스템(정책, 규정, 절차, 조직, 협조체계 등)의 구축운영
규범 (책임/권한)	안전문화에 대한 구체적인 기준, 윤리, 규칙의 준수	안전규범과 절차에 대하여 일체하게 준수	안전과 모든 활동 간의 통합	철학적 안전문화시스템(정책, 규정, 절차, 조직, 협조체계 등)의 구축운영
행동	안전문화에 윤리 및 행위를 위한 실천 행동	안전에 대한 헌신과 권한을 명확하게 규정하고 이해	안전에 대한 적극 가능한 학습체계 구축	체계적인 안전문화시스템(정책, 규정, 절차, 조직, 협조체계 등)의 구축운영
시스템	안전문화에 대한 체계, 조직, 제도 등 요소의 통합 및 요소 간의 결합 구축운영	안전문화에 대한 체계, 조직, 제도 등 요소의 통합 및 요소 간의 결합 구축운영	안전문화에 대한 체계, 조직, 제도 등 요소의 통합 및 요소 간의 결합 구축운영	안전문화에 대한 체계, 조직, 제도 등 요소의 통합 및 요소 간의 결합 구축운영

기업 관점에서의 안전문화는 꾸준히 달성해야 할 경영목표의 하나로 취급되고 있지만, 아직 요건에 맞춰 주기적으로 독립 평가되거나 생산현장만의 과제에 국한된 편이다. (조정래 2014)

구분	1	2	3	4	5
HSE - Kill Centre	Emerging	Managing	Involving	Cooperating	Continuously Improving
Hudson	Pathological	Reactive	Calculative	Proactive	Generative
DNV	Ignorant	Ad-hoc	Bureaucratic	Aware	Learning
B-Safe Solu.	Beginning	Developing	Performing	H. Factorizing	Excelling
Anglo Am	Basic	Reactive	Compliant	Proactive	Resilient
Risk Toolbox	Complaining	Reacting	Directing	Derolving	Involving

최근 사회 및 심리분야에서는 안전문화를 위한 위험 인식(risk perception) 및 반응에 대한 기초연구는 물론 안전 커뮤니케이션 연구가 활발하다.(한국심리학회 2015) 주어진 위험에 대한 인간의 근원적인 반응특성을 3F(flee, freeze, fight)로 규명했을 뿐만 아니라 다양한 인적오류 현안에 대한 심도 있는 분석과 특히 교육훈련과 관련된 권고할만한 제안 및 분석 결과를 다수 발견할 수 있다.



그러나 매우 포괄적이고 개별 사건의 사전/사후 조치에 집중되고 있어서 실무과정에 적용할 수 있는 직접적인 안전문화 기법으로 발전시키기 어렵다. 결과적으로 산업안전 분야에서 이미 활용되고 있는 안전문화 기술의 한계를 넘지 못하고 있는 것으로 보인다.

(5) 현장에서의 안전문화 접근방법

대형사고를 통해 안전문화 현안의 구체적 제기 당사자인 원자력 및 항공 분야에서는 이미 안전문화에 대한 다양한 접근이 이루어졌다. 다음은 항공 및 원자력 분야에서 이루어진 안전문화의 실무들을 분류한 것이다.

- 평가중심 접근: 개별 조직 또는 산업의 내부 또는 상대적 수준 및 특성에 대한 비교 평가
- 모형 및 요건 중심 접근: 바람직한 안전문화 상태의 모형 및 법적 요건화에 대한 모색
- 현안중심 접근: 발생했거나 발생할 우려가 있는 특정한 안전문화 현안에 대한 사전 또는 사후적 접근

먼저 당면한 안전문화의 현안에 대처하기 위하여 항공사 및 원전의 안전문화를 직접 평가하는 활동 및 관련 연구개발이 활발했다. 대부분의 평가방법은 설문기반이며, 다음은 대표적인 설문의 예로 항공 안전문화의 평가에 적용되는 일부를 나타내고 있다. 안전문화의 특성상 독립평가가 권고되었으나, 대처방안의 모색을 위한 자기평가가 빈번하게 수행되었다.

\* 다음 문항을 읽고 문항이 옳거나 그른지 기호를 선택해 주시오.

문항	옳다	그르다
1. 항공사가 운항할 때 비행기 탑승객의 안전을 최우선으로 고려한다.	○	○
2. 항공사에서는 비행기 운항 중 발생할 수 있는 모든 위험을 사전에 예방한다.	○	○
3. 항공사에서는 비행기 운항 중 발생할 수 있는 모든 위험을 사전에 예방한다.	○	○
4. 항공사에서는 비행기 운항 중 발생할 수 있는 모든 위험을 사전에 예방한다.	○	○

또한 안전문화의 실체를 포착하기 위하여 실제 발생한 사고에서 조직요인의 역할에 대한 연구가 활발했다. 국내에서는 원전 불시정지 사례를 재분석하여 원인을 넘는 위험요소를 도출한 결과, 다수의 조직요인을 포착한 바 있다.(이용희 외 2008) 미국 NRC 에서는 안전문화 관점의 원전 현황을 조사하기 위하여 원전의 사고에서 인적오류 특성을 재분석하였다(2002, NUREG/CR- 6753) 그 결과 대부분의 사건이 4 가지 이상 다수의 결함으로 인해 발생하는데, 직접원인이 아닌 잠재적 오류가 81%로 분석되었다. 60~70년대 건설 당시의 오류가 90년대 운영에서 잠재적 오류로 안전문화 관련 특성에 의해 위험으로 발현될 수 있는 것으로 상관관계가 분석되었다.

NRC & INPO 전 원전 대상 조사결과 (2011)



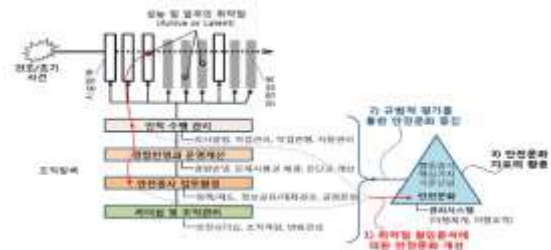
Table 3. Correlations between safety culture factors and safety performance measures in 2009 and 2011

Safety Culture Factor	2009		2011	
	Mean	SD	Mean	SD
1. Management Responsibility for Safety	4.15	0.85	4.15	0.85
2. Questioning Attitude	4.15	0.85	4.15	0.85
3. Supervisor Responsibility for Safety	4.15	0.85	4.15	0.85
4. Safety Communication	4.15	0.85	4.15	0.85
5. Number of Inspections Finding with Cross-Cutting Aspects (1 or more per year)	1.15	0.35	1.15	0.35
6. Number of Allegations Reported to the NRC from plant personnel per year	1.15	0.35	1.15	0.35
7. Rate of Human Performance Events per year	1.15	0.35	1.15	0.35
8. Number of Unplanned Starts of a plant per year	1.15	0.35	1.15	0.35

관련 연구에서는 안전문화를 특정요소나 포괄적인 문제로 다루기 보다는 다수의 관련 요소들의 결합체 및 위험을 결정짓는 체계의 거동 자체로 보도록 조직안전(organizational safety)의 관점을 제기하였다. 이는 J. Reason 이 제안하는 조직오류의 접근방안(Reason, 2000)과 같은 맥락이다.

안전문화의 모형 및 요건 중심의 접근 방법은 항공 및 원자력 분야의 대형사고로 국제기구 주도로 모색되었다. 항공분야에서는 ICAO 주도로 SMS 체계를 개발하였으며, 국제공동의 정보교환체계를 구축하였다. 개별 항공사 및 국가단위로는 미국의 FAA 인적요소 관리 프로그램 및 D 사 고유의 CRM 프로그램이 대표적인 안전문화 사례라고 할 수 있다. 원자력 분야에서는 체르노빌 사고 이후 IAEA, OECD/NEA 등의 주도로 국제협약을 위한 요건화가 이루어졌는데, 주기적안전성평가(PSR)의 실행에서 운전경험, 조직 및 행정, (직무)절차, 인적요소 등 운영전반을 통한 안전문화의 공개적 평가를 요건으로 설정하였다. 최근에는 안전문화 기본숙성 및 세부숙성을 제시하여 자기평가를 위한 질의항목 기반의 지침으로 활용할 수 있도록 하였다. 부득이하게 일반적인 안전문화 모형 및 요건이지만 원자력 분야에서 안전문화의 실무를 모색하는데 중요한 방향설정이 되었다.

원전 안전을 책임지는 NRC, KINS 등 각국 규제기관에서는 규제측면에서의 이상적인 안전문화 모형 및 업무체계를 개발하고 있다.(최영성 2014)



체르노빌 직후 안전문화에 대한 적극적인 개입 필요성을 인정하지 않았던 미국 NRC 에서는 밀스톤 원전 부식사건 등을 계기로 안전문화의 접근방법에 대한 재검토를 거쳐 적극적인 안전문화 개입정책을 선언했다. (NRC 2009) 안전문화정책선언(SCPS)에서는 9 가지 특성을 요건화하고 총 12 가지 항목에 대한 적극적인 활동을 권고하였다.

#### 4. 안전문화의 인간공학적 접근

##### (1) 인간공학의 안전문화 접근방법 검토

인간공학 분야에서는 전통적으로 체계효용성(system effectiveness)에 안전을 포함하여 활발한 연구개발은 물론 구체적인 기술 및 기법을 제시해 왔다. 분업화 및 수작업 산업기에 활발했던 시간-동작 분석(time and motion study) 및 작업관리(work analysis) 등은 안전문화의 토대 또는 실천적 기술을 제공하여 선도적 역할을 맡았다.

이후 공학기술의 급진전으로 효과적인 설비조작을 위한 인간-기계 체계(man-machine system) 패러다임이 활발하여, 자동차 및 컴퓨터 등 다양한 공학 시스템의 효과적인 발전에 기여했다. 그러나 대부분 작업자 개인의 관점에서 필요한 안전 및 성능을 다루었기 때문에, 안전문화와 같이 다수의 집단적인 측면을 다루는 기법은 상대적으로 미진하였다. 종사자 전반의 건강과 안녕에 대한 기술은 산업안전에 맡겨져 상해사고 등 관련 정보의 분석 및 통계처리 등 관리적 기술을 제공하는데 그쳤다. 특히 국내에서는 인간공학의 한 분야인 조직 및 산업심리 분야는 상대적으로 미진했다.

최근까지 이루어진 안전문화 관련 인간공학활동 및 기술은 다음과 같이 크게 4 가지로 구분할 수 있다.

- 관리지원: 안전 관련 정보 및 실적 수집 분석을 통한 안전문화 정보 도출 및 활용
  - 직무개선 및 지원: 경고, 안내 등 사고예방 및 지원도구 제공 또는 직무 내용/방법 및 할당 변경
  - 현장개선: 작업 (주로 물리적) 환경 개선
  - 의식개선: 캠페인, 구호/표어, 포스터 등
- 직무개선 및 지원 활동은 활발했지만, 안전문화에 대한 직접적인 관련은 부족하여 전통적 인간공학에 새로운 개념이 필요하다.

따라서 전통적인 인간-기계 체계의 패러다임에서 새로운 고려사항을 포함한 사회-기술체계(socio-technological system)로 변화하는 것이 시급하다.(이용희&이용희 2011, 이용희 2013)

인간공학적 대상을 개인적 직무 및 관련 인적 요소에서 확대하여 조직, 할당, 일정관리는 물론 자격, 교육훈련, 업무계획 등 인적자원관리의 영역을 포함해야 한다. 여기에는 안전과 관련된 전략 및 정책도 포함되며, (특히 고신뢰도 대형시스템의 경우) 배경이 되는 사회적 요건 요소들도 포함해야 한다.

사회-기술체계에서는 기존의 인간공학 현안들에 추가하여 팀워크와 리더십, 협력 및 의사소통, 갈등 및 충돌 해소, 전문가 윤리 등 과제가 안전문화의 주요안점으로 부각된다. 이러한 현안들은 인적/물적 자원관리 및 관리적 기반과 정책 등 경영적 요소도 함께 다루어야 하는데, 이러한 현안에 대해 일찍부터 유럽을 중심으로 소위 ‘참여 인간공학(participatory ergonomics)’ 개념이 논의된 바 있다. 원자력 분야에서도 확장된 인간공학 개념의 MTO(할덴), HOF (OECD/ NEA), ITO/HTO(IAEA) 등의 패러다임을 통해 안전문화의 현안에 인간공학적 대처를 모색하고 있다.

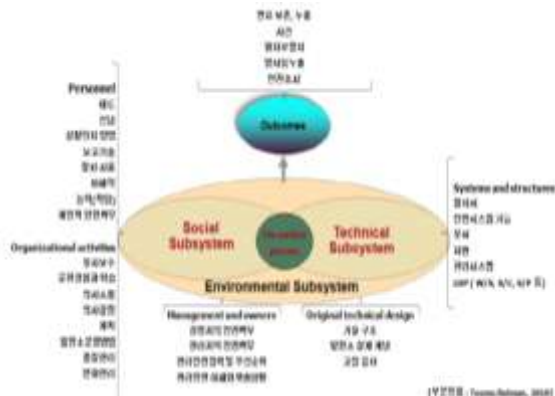
여기에서 패러다임 변화의 핵심은 (안전)문화가 단순히 시스템에 새로 도입되는 독립요소가 아니라는 점이다. 안전문화는 사회-기술체계의 거동구조로 나타나므로, 체계의 다양한 상호작용들을 충분히 고려하는 것이 필수적이다.



이는 이미 인간공학의 기반으로 이루고 있는 시스템적 접근에 포함되어 있는 것이지만, 사회-기술체계를 대상으로 이를 다시 강조한 시스템적 접근(systemic approach) 방안을 제시하고 있다. 시스템적 접근의 구체적인 실체는 전체 접근방법의 근간을 제공하는 포괄적 정보인프라와 이를 활용한 모니터링 관리 및 역량증진 프로그램으로 나타난다.(이용희 외 2014)

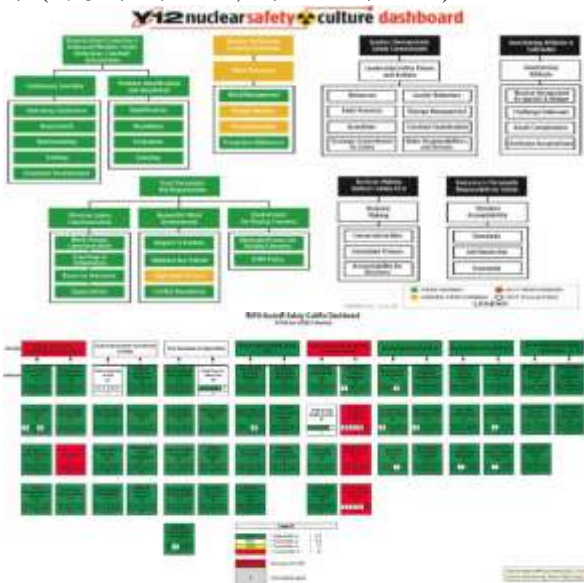
##### (2) 안전문화를 위한 정보 인프라 구축

안전문화는 안전관리 분야에서 수집/분석/정리하는 안전실적 자료로 표현될 수 있지만, 현재의 안전관리 체계의 자료 및 기능만으로는 안전문화의 목적에 맞는 정보를 관리할 수 없다. 단순한 사고고장 또는 상해 등 안전실적 정보는 안전문화의 결과를 표현하는데 활용될 수 있으나 구체적인 개입의 필요성 및 효과를 공학적으로 포착하는 목적으로는 매우 부족하다.



세계화 과정에서 최근 발전된 ICT 기술을 기반으로 기업의 생산공정 및 업무 전반에 대한 모형화(BPM 등) 및 전산인프라(ERP 등) 구축이 확산되고 있는데, 이를 기반으로 안전문화의 구체적인 포착 및 개입을 위한 기반을 구축한다. 원자력 분야에서도 IAEA 주도로 IMS (integrated management system) 개념 및 요건을 구체화하여 안전문화 인프라 구축을 적극 권고하고 있다.

다음은 최근 개발된 안전문화 관리체계의 예로 미국 Y12 사의 실무 화면과 원자력 분야에서 개발 중인 유사한 관리체계의 개념설계를 예시한 것이다. (이용희 외 2014, 박윤원 외 2015)



미국 Y-12 사 National Security Complex Dashboard



원자력 안전문화 체계/Dashboard 화면 개념설계

정보 인프라에서 기존의 ERP/BPM 기반의 정보를 가공하여 안전문화 정보를 획득하고 모니터링 및 관리할 수 있는데, 안전문화는 단일/단순 척도 값으로 관리하는 것이 아니라 다양한 직급 및 분야의 종사자용 대쉬보드(Dashboard)형태로 관리한다. 또한 조직내의 직접 종사자 범위를 넘은 다양한 이해관계자(ISO23000 기준)에게도 필요한 내용 및 형태를 제공한다.



### (3) 안전문화 역량 개선

안전문화의 현안을 위해 인간공학에서 시급한 과제는 구체적인 종사자(개인, 팀, 조직을 포함)의 안전역량(competence)을 확보하는 것이다. 전통적으로 안전관리 분야에서 직무 및 직무환경의 개선과 관련하여 개인적인 차원에서의 결과와 방법을 지속적으로 제공해왔으나, 안전문화의 차원에서 새로운 모색이 필요하다. 팀워크, 의사소통, 안전의사결정, 리더십은 물론 갈등/충돌 관리 등 실제 업무의 거동에 적절한 수준에서 관리적 개입을 취할 수 있는 역량을 확보하는 것이 시급하다.

이는 앞 절에서 언급한 안전문화 정보 인프라를 구축하면 생산시스템뿐만 아니라 관련되는 이해관계자의 거동과 관련된 상세한 정보의 획득 및 분석이 가능하므로, 안전문화 관련 업무체계를 완성하는 역량개선의 정보를 활용하는 것이다.

다음 그림은 원전의 안전문화 증진을 위한 모니터링 및 역량 개선체계를 나타낸 것이다.





안전문화 관련 역량은 크게 개인/팀/체계 역량으로 구분할 수 있는데 (장통일 외 2015), 각 세부항목별로 모니터링 논리 및 증진 도구/프로그램 개발이 시급하다. 다음 그림은 안전문화 역량항목의 구체적 예로 원전 종사사의 역량 목록을 제시한 것이다.(장통일 외 2015) 최근 OECD 권고에 따라 국내에서도 근로자 직종전반에 대한 NCS(국가직능표준)을 설정하고 있는데, 안전문화 역량도 같은 맥락을 이룬다.



안전문화 역량(26)			
M. 경영자 역량(1)	P. 개인 역량(10)	T. 팀 역량(5)	S. 체계 역량(10)
M1. 안전리더십	PW. 심도형 역량(5)	T1. 팀 기술(5)	S1. 안전문화(4)
M2. 안전정책	PW1. 안전 지식(5)	T2. 팀 리더십(1)	S2. 안전적 의사결정(2)
M3. 운영정책	PW2. 안전 지능(5)	T3. 팀 문화(1)	S3. 안전교육 활동(2)
M4. 안전 리스크관리	PW3. 안전 태도(5)	T4. 팀 문제해결(1)	S4. 안전문화 평가도(1)
M5. 직권남용	PM1. 안전 지능(5)	T5. 팀 리더십(1)	S5. 안전문화(4)
	PM2. 안전 지식(5)	T6. 팀 리더십(1)	S6. 안전문화(4)
	PM3. 안전 태도(5)	T7. 팀 리더십(1)	S7. 안전문화(4)
	PM4. 안전 지능(5)	T8. 팀 리더십(1)	S8. 안전문화(4)
	PM5. 안전 지식(5)	T9. 팀 리더십(1)	S9. 안전문화(4)
	PM6. 안전 태도(5)	T10. 팀 리더십(1)	S10. 안전문화(4)
	PM7. 안전 지능(5)	T11. 팀 리더십(1)	S11. 안전문화(4)
	PM8. 안전 지식(5)	T12. 팀 리더십(1)	S12. 안전문화(4)
	PM9. 안전 태도(5)	T13. 팀 리더십(1)	S13. 안전문화(4)
	PM10. 안전 지능(5)	T14. 팀 리더십(1)	S14. 안전문화(4)

### 5. 결론 및 토의

최근 안전문화를 사고의 원인으로 빈번하게 제기하면서 오히려 문제의 실체를 외면하거나 실질적인 대책이 지연되는 경우가 많다. 근본적으로 안전문화의 개념이 아직 불확실하고 실체가 모호하기 때문이다. 하지만 공학적으로 구체적인 방법론을 확보할 경우에는 안전문화로 인한 불확실성과 논란은 해소될 수 있을 것이다.

본 논문에서는 안전문화 과제에 대한 인간공학 적 접근방법을 모색하기 위하여, 안전문화가 인간공학의 과제인가에 대한 근원적인 검토로부터, 현재 안전문화를 다루고 있는 다양한 관점과 접근

방법을 검토하였다. 또한 시스템적 접근(systemic approach)을 통해 주어진 인적요소(human factors) 문제의 일환으로 안전현안을 해결하는 인간공학에서 안전문화를 효과적으로 다루기 위한 출발점을 모색하였다. 인간-기계 체계(man-machine system)라는 기존의 패러다임을 확장하여 사회-기술 체계(socio-technological system)를 정의함으로써 보다 확장된 상호작용을 다루는 방식으로 안전문화에 대한 인간공학적 접근방법을 제안하였다. 우선적으로 제안된 주제는 안전문화를 위한 기초 인프라로서 안전문화 정보 체계의 개념과 역량의 항목/연계증진체계 등이다. 인간공학은 시스템의 공학적 효용성(effectiveness) 확보를 궁극적 목표로 실용적 방법론을 구축해왔는데, 안전문화가 바로 시스템 integrity를 확보하는 것으로 볼 수 있다.

Safety Culture = Centrifugal Force of Safety



### Acknowledgements

This research was supported by the nuclear energy research and development project (Grant. 2012M2A8A-4004256) funded by the Ministry of Education, Science and Technology.

### 6. 참고문헌

- (1) 박원원 외, 원자력산업계 세계최고수준 안전문화증진 기반 기술 개발(연차보고서), KAIST, 2015
- (2) 이용희, 중대산업사고 예방활동 촉진을 위한 효과적인 인적오류 대응방안, *산업안전보건* 15권10호, 2003.
- (3) 이용희 외, 원자력발전소 인적오류 사례집(2002~2007), 한국원자력연구원, 2008.
- (4) 이용희 외, 원자력 인적오류 대처기술 개발: 1단계보고서, 한국원자력연구원, 2015.
- (5) 이용희 & 이용희, 인적오류에 영향을 주는 조직특성 및 안전문화 평가방법에 대한 기초조사 연구, *대한인간공학회* 2011추계, 2011.
- (6) 장통일 외, 원전 안전문화 역량진단 체계 및 역량증진 도구 개발(연차보고서), KAERI, 2015.
- (7) Cooper, D. Safety Culture: A model for understanding and quantifying a difficult concept, *Professional Safety*, 2002
- (8) IAEA, The Fukushima Daiichi Accident: Technical Volume 2/5 Safety Assessment, 2015.



- (9) Jang, T.I. et al., *State-of-the-Art Report for the Development of Countermeasures against Human Errors Caused by Individual Factors in NPPs*, KAERI/AR-959, 2012.
- (10) Kim, D.H. et al., An Assessment of Job-related Stress Factors in NPPs, *Proc. ESK-2006 Spring*, 2006.
- (11) Kim, D. H. et al., Assessment of Job Stress Factors and Organizational Personality Types for Procedure-based Jobs in NPPs, *J. Nucl. Science & Tech.*, 45(8), 2008.
- (12) Kim, S.K. et al, An Investigation on Unintended Reactor Trip Events in terms of Human Error Hazards of Korean NPPs, *Annals of Nuclear Energy*, UK, 2014.
- (13) Kim, S.S, et al., A Review on the Job Stress Measurements in NPP Workers for Human Error Prevention, *JESK*, 32(1), pp47~58, 2013.
- (14) Lee, Y.H. et al., A Development of Posters for Human Performance Improvement in NPPs, KNS-2009 Fall Conference, 2009.
- (15) Lee Y.H.& Y. Lee, A Systematic Approach to the Countermeasures for Human Errors in NPPs, KNS 2009 Spring Conference, 2009.
- (16) Lee, Y.H. A Strategic Enhancement of the Personnel Competences for the Safety Culture of NPPs, *Proc. ESK-2013 Spring*, 2013
- (17) Lee, Y.H., A Preliminary Study on the Organizational Safety : Cultural Impacts on Human Error Potential, *KNS-2011 Fall*, 2011.
- (18) Lee, Y.H. & Lee, Y., A Preliminary Systematic Approach to the Countermeasures for Human Errors in NPPs, KNS2009Spring, 2009.
- (19) Lee, Y.H., A More Effective Approach to the Analysis and the Prevention of the Human Errors, *Proc. ESK-2006 Spring*, 2006.
- (20) Lee, Y.H., A Systematic Approach to the Countermeasures for Human Errors in NPPs, *Proc. KNS 2009 Spring*, 2009.
- (21) Lee, Y.H., A Revisit to the Human Errors in the Industrial Accidents: Is it a Cause or a Consequence?, *Proc. ESK-2010 Spring*, 2010.
- (22) Lee, Y.H., A State-of-the-Art Report on the Current Human Error Studies: What and How to Cope with, *J. ESK*, 30(1), pp1~8, 2011
- (23) Lee, Y.H., Research Activities and Techniques for the Prevention of Human Errors during the Operation of NPPs, *J. ESK*, 30(1), pp75~86, 2011
- (24) Lee, Y.H. and Yoon, J.H., A study on the effect of the coincidences between group traits and personal traits upon the job stress, *J. KISE*, 35(2), pp19~27, 2012
- (25) Lee, Y.H. A Strategic Enhancement of the Personnel Competences for the Safety Culture of NPPs, *Proc. ESK-2013 Spring*, 2013
- (26) Lee, Y.H., Countermeasures against Human Errors for Nuclear Safety, *Proc. Nuclear Safety Research Symposium 2014*, KAERI, 2014
- (27) Lee. Y.H., A Review on the Effective Countermeasures to the Recent Human Errors in High-Reliability Industrial Systems, *Proc. ESK-2014 Fall*, 2014.