Safety Culture, A New Challenge to Human Factors Engineering for 21-st Century
안전문화, 21세기 인간공학을 위한 새로운 도전

-

초록

최근 국내에서 철도, 도로, 항공, 해운 등 공공분야는 물론 물류, 플란트, 에너지, 발전, 의료 등 특정 분야에서 발생한 사건을 재난의 차원에서 사회적 현안으로 거론하면서, 결과적으로 인위적 재난(이하 인재(人災))으로 취급하는 경우가 많다. 과거에는 재난을 단순히 무작위적으로 발생한 불확실성의 발로로 보던 운명적 관점에서 변화하여, 기술의 발전에 모든 사건의 통제 가능성(controllability)이 확보되어야 한다는 적극적인 관점에서 모든 사고를 인재로 보는 경향이 확대된 것이다. 인재는 결국 광의의 인적오류(human errors) 문제로 귀결되는데, 최근에는 안전문화(safety culture)가 인적오류의 원인이거나 혹은 새로운 원인항목으로 부각된다. 그런데 안전문화는 다수의 정의가 제시되었음에도 아직 그 실체가 모호한 매우 포괄적인 용어이기 때문에, 사건의 실체와 책임을 회피하거나 대책의 주체와 대상을 모호하게 만들 수 있다. 구체적 대책(countermeasure)이 상정되지 않는 채 안전문화를 원인으로만 거론하는 것은 단지 후견지명(hindsight)에 불과할 것이다. 본 논문은 인간공학 분야에서 안전문화라는 새로운 과제에 대한 효과적인 접근방법을 모색하기 위하여 '안전문화는 과연 인간공학의 과제인가?'에 대한 근원적인 논의 및 다양한 관점에서 이루어지고 있는 기존의 접근방법을 검토하였다. 우선 원자력 및 항공 등 선행적인 분야의 접근방법과 인간공학의 전통적 접근방법을 검토하여, 안전문화는 단순히 하나의 추가된 요소가 아니라는 전제조건을 만족할 수 있도록 안전문화에 대한 공학적 접근방법(engineering approach)을 논의하였다. 특히 기존 인간-기계 체계(man-machine system) 관점을 확대한 사회-기술 체계(socio-technical system) 관점을 정의하고, 다양한 상호작용을 포괄하는 시스템적 접근(systemic approach) 및 몇가지 우선적인 과제를 논의하였다.

*주제어 : 안전문화(safety culture), 인간공학(Human factors engineering), 인적오류(Human error), 인적오류 3.0(human error 3.0), 시스템적 접근(Systemic approach), 사회기술체계(Socio-technological system), 재난(disaster)

1. Human Factors Engineering in 21-st Century 21세기의 인간공학

알파고의 충격에 직면하는 지식정보(ICT) 시대를 맞이하여 기술의 무제한적 발전에 대한 우려에 대해 '궁극적으로 인간 가치(human value)를 높인다'는 분명한 원칙을 가진 인간공학의 인간중심(human-centered) 개념이 급격하게 보편화되고 있다. 인간공학은 산업혁명과 대량생산 시대를 맞이하여 메이요(Mayo) 실험, 시간동작 연구(Time and Motion Study), 분업화에 따른 서블릭(THERBLIG) 분석 등을 통해 궁극적으로 전체 산업생산 체계의 효용성(system effectiveness)을 혁신적으로 높이는 핵심기술로 시작되었다. 동시에 기술의 급격한 변화에 따라 체계의 효용성을 달성하는 과정에서 실패와 사고 등 인간이 봉착하는 다양한 문제를 공학적으로 포착하고 해결하는데 인간공학은 그동안 '인간중심'이라는 가장 효과적인 관점을 통하여 꾸준히 기여해왔다.

그러나 오늘날 기술사회의 다음과 같은 흐름은 인간공학의 기여와 해결능력을 결코 쉽게 발휘할 수 없게 변화하고 있다. 우선 체계의 규모와 정보량 및 정보처리능력의 증가에 따라 복잡도(complexity)가 급격하게 증가하고 있다. 동시에 체계의 내부는 물론 외부와도 상호 연관관계 및 영향이 커짐으로써 상호 의존성(dependability)도 급격하게 높아지고 있다. 이는 정상적인 경우에는 각 주체들이 독립적인 것처럼 느껴지며 복잡도가 거의 의식되지 않으나, 비정상 또는 비상시에는 의존되어 있는 영역을 통해 복잡도가 갑자기 드러나면서 급격한 부담 및 장벽으로 작용하며 기술적 문제가 충격적인 형태로 작용하게 된다. 결과적으로 특정한 기술분야의 문제가 다른 인접분야는 물론 전체 사회에 큰 영향을 줄만큼 파급규모와 범위가 무한정 확대되고 있다. 따라서 특정 기술의 문제는 단순히 해당 분야에 국한되는 것이 아니라 사회적 책임 문제로 부각되게 되었다. 이러한 복잡한 연관관계로 얽혀진 현대에 기술사회의 위험이 불가피하다는 의미에서 '정상사고(normal accident)' 개념 혹은 '위험사회(risk society)'라는 패러다임이 제안되기도 하였다(Perrow 1985, Beck 1993 재인용).

모든 사고와 문제에 대한 책임은 궁극적으로 인간일 수밖에 없으므로 인간공학은 21세기에도 인간중심의 문제에 대한 과학적 연구와 공학적 해결을 맡고 있지만, 이러한 새로운 특징으로 인해 특정한 원인 및 책임의 규명이 불가능하거나 현실적 대책 및 해결책을 고안하기가 어려워진다는 것이 드러나고 있다. 대부분의 사건에서 문제와 그 원인 간의 거리는 물론 원인과 대책 간의 거리가 멀어져 원인은 물론 대책을 포착하기가 어렵다. 특히 주어진 문제에 대해 분명한 원인과 책임을 포착하는데 많은 노력을 들리지만, 원인포착의 욕망만큼이나 책임 회피도 본능적이므로, 원인규명의 노력은 오히려 정확한 사건의 포착 및 효과적인 대책 수립을 어렵게 만드는 근원이 된다.

이런 상황에서 최근에 일어난 대부분의 사건들에 대한 논의에서 안전문화(safety culture)를 원인으로 자주 거론하고 있는 것을 알 수 있다. 안전문화를 모든 문제의 궁극적 원인으로 지목하는 이러한 안전문화 귀인성향은 몇가지 이유에서 꾸준히 강화되고 있다. 첫째, 모든 사고 또는 사건의 배경으로 포괄적인 의미에서의 안전문화가 실제로 어떤 방식으로든지 영향을 주고 있는 것은 자명하므로 원인으로서의 사실관계의 규명에 추가적인 부담이 없다. 둘째, 안전문화는 아직 구체화/세분화되지 않은 요소이므로, 무한하게 계속되는 원인의 세분화 및 복잡한 인과관계 논의를 마무리하는 종결항목(termination criteria)으로 효과적이다. 셋째, 안전문화에는 구체적인 주체와 객체가 정의되지 않고 영향관계가 규명되지 않아서 대책과 관련하여 실행항목이 없거나 모호하게 되어 안전문화의 문제제기 결과에 따른 추가적인 부담이 없다. 따라서 21세기에 안전문화 문제가 급격히 부각된 것은 결코 단순한 새로운 과제가 아니며, 안전문화에 대한 구체적 접근방법 및 인간공학 기술 개발을 통한 신중한 대처가 시급한 실정이다.

2. Understandings of Safety Culture 안전문화의 이해

2.1 Human Error 3.0 and Safety Culture 인적오류 3.0과 안전문화

안전문화가 과연 인간공학의 과제인지 근본적인 개념을 검토하기 위해 그동안 다양한 분야에서 발생한 문제를 해결해온 인간공학의 변천사를 인적오류(human error)의 관점에서 검토하여, 인간공학의 개념적 발전에서 좋은 출발점을 발견하고자 하였다. 인적오류(human error)란 원래 인간이 의도와 다른 행위를 하는 것을 나타내는 말이다. 따라서 인적오류는 그 결과가 좋든 나쁘든 인간행위의 중요한 특징으로 포착되었는데, 인간공학은 크게 세가지 차원에서 인적오류를 다루어 왔다. (adopted from Lee, 2015)

첫째, 인간이 어떤 행동 과정에서 신체적 손상(상해 등)를 입지 않도록 노력하는데 인간공학의 인적오류 연구가 활발했다. 수작업 중심의 사회에서 작업을 수행하는 사람이 피해를 입지 않도록 작업을 분석하고 개선하는 기술로 기여한 것이다. 이는 인간공학의 태동기로부터 현재까지 면면히 이어오는 핵심적인 기술 영역이므로, 이를 편의상 인적오류 1.0이라고 부를 수 있다. 인적오류 1.0에서는 인간의 행위 또는 직무의 특성을 분석하고 작업을 개선하거나 반복적으로 훈련하여 직무상 가변성과 불확실성이 체계에서 문제되지 않도록 조정하는 것이 주안점이다(Meister 1967, McCormick 1972). 인체측정학, 생체역학, 작업생리학 등을 통해 작업자의 특성 및 신체적 부담과 부합 여부를 확인하거나, 관련된 숙련도 측정 및 경력을 관리하기도 하였다.

둘째, 기계측이 급격하게 발전함으로써 수작업 상황에 비해 인간의 기능은 복잡한 요구에 직면하게 되었다. 행위과정에서 신체적 손상이 없다는 것만으로 만족할 수 없으므로 시스템에서의 실패를 일으키는 모든 인적행위에 대처해야 하는 시대가 시작되었다. 이를 구별하기 위하여 체계오류(system error) 또는 편의상 인적오류 2.0이라고 부를 수 있다(Rasmussen 1992, Hollnagel 1996, Reason 1997, Lee 2006). 인적오류 2.0에서는 인간 자신에게는 문제가 없더라도 인적요소로 인해 실패하므로, 오류를 범하도록 만드는 주변 환경(주어진 인터페이스 등 설정 setup)을 분석하고 개선하는 것이 주안점이다. 인적오류 2.0에서는 인적오류를 단순히 인간의 행위만으로 포착할 수 없으며, 인간 행위의 변경만을 통해 해결할 수 없으므로, 주로 전체 체계의 관점에서 분석, 설계 또는 설정을 변경하여 해결한다. 20세기 중반 이후에 'Fitting the Task(System) to the Human'을 모토로 이루어진 대부분의 인간공학이 인적오류 2.0 영역이라고 할 수 있다.

셋째, 최근에는 체계의 내부에 포함되는 인간은 아무런 실수나 문제를 드러내지 않았음에도 전체 체계에는 실패 및 사고가 발생할 수 있다. 그런데 그러한 실패도 궁극적으로는 인간이 책임져야할 문제(즉 인재)로 볼 수 있으므로 인적오류에 포함하여 논의하는 관점이 있다(2015, Lee). 이는 이전의 인적오류와는 다른 성격이므로 편의상 인적오류 3.0이라고 구분할 수 있다. 인적오류 3.0에서는 체계의 실패에 광범위한 요소들이 개입될 수 있으므로, 체계내부의 작업자에게는 일종의 무과실 사고/실패일 수도 있다. 그러므로 중요한 것은 오류에 대한 체계내부의 원인에 대한 규명은 적절하지 않으며, 체계의 일상적인 한계를 넘어 외부요소들까지 포함한 근본원인(root cause)의 분석 또는 원인보다는 대책을 포착하려는 노력이 효과적이다.

인적오류 3.0에서 배경원인으로서 안전문화의 논의는 불가피하지만 구체적인 규명은 물론 대책은 용이하지 않다. 문화의 정의상 안전문화는 조직의 한가지 특성이나 요소가 아니라 조직 자체이므로(safety culture is not an element of a system, but the system itself! 2012, IAEA), 안전문화와 같은 배경적 문제는 체계의 안전을 결정짓는 하나의 추가 요소가 아니라 체계 전체로 포착하고 분석해야 하기 때문이다. 안전문화를 조직에 대한 조직문화의 일부로 치부하는 전통적인 기업문화(corporate culture)의 관점으로 국한해서는 안될 것이다.

안전문화의 핵심을 상대적으로 어디에 두느냐에 따라 접근방법 및 구체적인 기술이 달라진다. '안전(safety)'에 주

안점을 두는 경우에는 안전에 대한 공학적 조치들이 꾸준히 개발하고 실행해온 안전관리(safety management)의 관점에서 이미 상당히 구체화되어 있다. 예를 들면, 공정 플란트, 원자력, 항공과 같은 고신뢰도(high-reliability) 분야에서는 이미 오래전부터 SMS(safety management system)와 같은 안전관리 프로그램을 도입하여 안전개선 효과를 얻고 있으며, 산업안전(occupational safety) 분야에서는 다양한 현장안전 개선프로그램을 실행하고 있다. 그러나 기존의 안전관리 분야에서 인적오류 3.0을 포함한 최근의 안전문화 현안에 대처할 수 있는 실무적인 관리체계 및 구체적인 방법은 거의 발견할 수 없다.

2.2 Perspectives and Approaches of Safety Culture 안전문화의 관점과 접근방법

안전문화는 1986년 구 소련의 체르노빌에서 20세기 기술문명의 총아였던 원자력발전소가 상상을 뛰어넘는 재난을 일으키자, IAEA가 국제적 조사에서 사고의 원인으로 안전문화를 지적하면서 공식화되었다(IAEA INSAG-1, 1986). 체르노빌 사고를 계기로 제안된 안전문화의 정의는 다음과 같다. (IAEA INSAG-4. 1991, 2007)

> 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.

이후 구체적인 평가방법은 물론 명확한 개념도 제시되지 않은 채, 우주왕복선 폭발, 해양 원유 누출, 항공기 추락, 유람선 침몰 등 많은 대형사고의 분석에서도 기존의 기술적 범위를 뛰어넘는 복합적인 배경문제를 의미하는 포괄적인 근본원인(root cause)으로 거론되기 시작했다. 이는 최근 후쿠시마 원전 사고에 이르기까지 분야나 국내외를 가리지 않고 공통적인 현상이다. 국내에서도 고리 1호기 정전/은폐 및 부품위변조 등 원자력 분야의 사건은 물론, 아시아나기 SF 공항 추락, 세월호 침몰, 불산 누출, KTX 충돌, 대형화재 등 최근 발생한 사건들의 논의에서 단골 원인으로 거론되고 있다.

그러나 안전문화에는 핵심을 바라보는 관점에 따라 다양한 정의와 접근방법이 서로 다르다. 우선 안전문화의 핵심을 그 주제에 따라 '안전(safety)' 또는 '문화(culture)'로 보는 관점이 다르며, 또한 주체에 따라 '사회', '조직', '기업', '종사자', '개인' 등으로 바라보는 관점이 다르기 때문에 개별 분야에서의 정의만로는 효과적인 접근방안 모색이 어렵다.

안전관리에서 안전문화의 구체적 기준은 물론 개념이나 관점도 없이 안전문제의 핵심원인으로 지목하고, 달성 불가능한 만병통치약으로 안전문화 개선을 해결방안으로 요청하는 경우가 많다. 안전성과의 수준에 따라 특정한 안전성과와 같은 구체적인 측정 및 평가 기준의 편중성을 보완하는 포괄적인 의미로도 사용된다. 안전문화는 학문적 영역에 따라 다양한 관점과 정의가 가능하며, 그에 따라 기술분야별로 매우 상반된 접근방법이 가능하다.

2.2.1 Safety Culture as a Culture 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 포괄적인 정의가 가능하다. 그러나 문화에는 좋고 나쁜 것이 없으며 특정한 고정된 관점이 적용되어서는 안된다는 '문화상대주의' 관점으로 인해 구체적인 접근방법을 구성 또는 선택하기도 어렵다. 문화관점의 안전문화는 추상적이지만 문화의 고유성 및 다양성을 전제로 개별적인 안전문화의 접근방법을 구성·선택하는데 다음과 같은 문화의 기본특성 항목 및 관련 기능을 참고할 수 있을 것이다.(2014, Lee, Y.H.)

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 문자사용 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 동적이 구성 필요
변동성	고정불변이 아니라 지속적으로 변하므로,일상생활을 효과적으로 대처하려는 과정에서 문화 변동이 발생함	환경 변화에 대한 적응을 돕고 문화의 축적을 이루는데 기여하므로 외부 변화 연계

Table 1. Conceptual Attributes and Functional Descriptions of 'Culture' term (adopted from Lee,2015)

안전문화의 실체를 관습custom, 전통tradition, 문명civilization, 분위기climate/atmosphere, 매너manner, 방식style, 유형pattern/code 등으로 다양하게 포착할 수 있다. E. Schein의 안전문화 피라미드 모형에서 보는 바와 같이 비가시적인 부분이 핵심이며 비가시적인 것이 가시적인 것을 결정한다고 보기 때문에, 문화 관점의 접근방법에서는 근본적으로 안전문화의 구체적 개입은 물론 충분한 포착도 어렵다는 것이 관점이 지배적이다. 비가시적인 것도 일부 비교문화(Hofstede 1991) 정보로 포착 가능하지만, 인문학적 연구에 국한된다는 것이 일반적이다. 문화 관점에서 안전문화의 개입 가능성에 부정적인 점은 것은 안전문화 관련 연구개발 및 적극적 조치가 미루어지는 근본원인으로 작용했다.

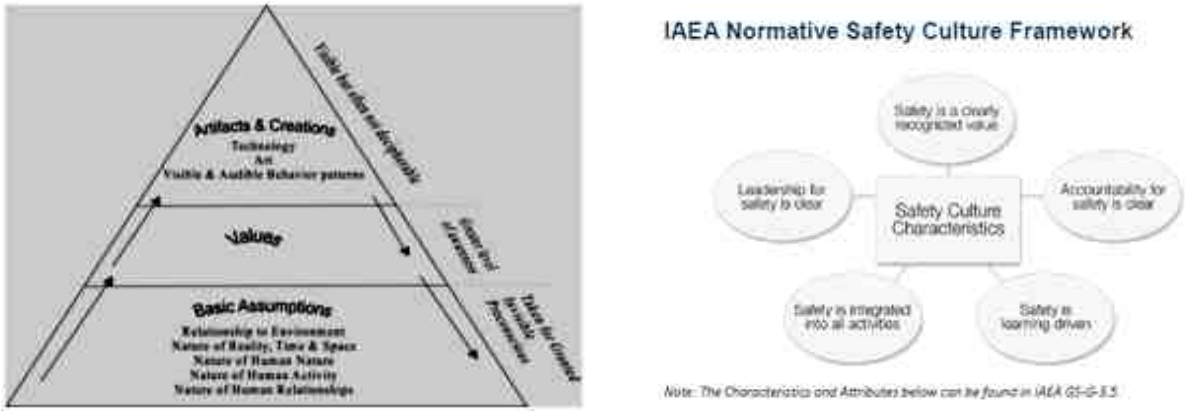

Figure 1. A Typical Model of Safety Culture(left), A Typical Set of Safety Culture Attributes(IAEA, 2012)

원자력 분야에서 조차 체르노빌 사고를 계기로 안전문화의 심각성이 일찍 부각되었음에도 불구하고 비교적 최근에야 구체적인 요건(NRC 2009, IAEA 2013)이 제시되었다. IAEA, NRC, INPO 등은 안전문화의 정의보다는 문화적 속성(attribute) 또는 특성(trait)을 제시하여 기준 또는 요건으로 활용하였다. 그러므로 문화중심의 안전문화 접근을 위해서는 관련분야에 맞는 정의를 구체화하기 위해 속성, 특성, 원칙 등을 통한 항목의 세분화가 필요하며, 이는 객관적인 논의보다는 자발적 목적에만 효과적인 것으로 보인다. 다수의 기업들이 속성 등을 기업에 맞도록 세분하여 자기평가(self-assessment)에 적용하고 있다. (KHNP 2012, KEPCO-E&C 2013, Kim, et al., 2014)

2.2.2 Safety Culture focused to Safety 안전 관점에서의 안전문화 접근방법

안전문화를 '안전'을 주제로 바라보는 경우에는 비교적 실용적인 관점에서 꾸준하고 현실적인 노력들이 발견된다. 산업안전(occupational safety) 분야에서는 일찍부터 안전문화가 안전을 확보하는 결정적인 요인인 동시에 궁극적인 달성 목표로 보았다. 문화(culture)의 정의에서 보듯이 안전문화는 개념과 의식에서 시작하여 구체적인 행동으로 표출된다. 하지만 실무에서는 행동과 같이 포착 및 개입 가능한 영역을 우선으로 궁극적으로 개념의 성숙 및 의식의 성장을 도모할 수 있을 것이다. 의식과 행동의 연계관계를 지속적으로 활용하여 안전문화를 성공적으로 정착시킬 수 있다. 문화의 실천적 요소, 즉 구체적 활동을 계획한 다음, 목적을 가진 여러 활동들을 유기적으로 연관시키고 직책 및 개인별 실행 계획을 수립하여 실행하는 것이다. 이를 지속하여 각 활동에 익숙하고 숙달되도록 하면 각 활동의 효용을 공감하면서 '가치'를 인식한다. 의무감으로 시작했던 활동이 '필요'로 인식되고, 다시 시간을 거쳐 '가치'로 인식되면서 비로소 '문화'가 되는 장기적인 관점을 제공해 준다. 안전문화 성숙 단계는 규칙(rule), 성능(performance), 지속(continuous) 단계로 구분하지만 안전관리의 목적에 따라 수준별로 달리 세분하기도 한다.

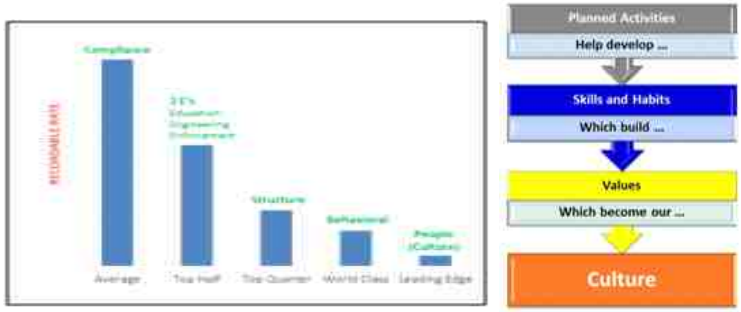

Figure 2. Stages and Steps for Maturing a Safety Culture in a Company

안전관리 분야에서 적용해온 안전문화 활동과 기법의 내용은 매우 다양하지만, 구체적인 안전문화 활동의 형태는 구호/표어, 포스터, 캠페인, 각성훈련, 정신교육 등에 머물거나, 실천적 기법들도 동료점검, 안전표지법, 사례전파 등을 벗어나지 않는다. 안전관리 측면에서의 안전문화 접근은 항공분야에서도 활발하며 성공적인 것으로 보인다. 조종사(pilot)의 팀워크 개선을 목표로 시작된 인적자원관리는 소위 '7세대 TEM'으로 발전하여, 관제사 및 정비원 등 전체 항공 종사자의 안전활동을 개선한 것으로 보고되고 있다(Kim, D.H., 2011). 무엇보다 자발적으로 관리되는 안전경험의 수집 및 활용 체계가 대표적인데, 국내의 KAIRS라는 경미한 인적오류의 자율보고를 포함한 체계적인 안전관리(SMS) 기반을 구축하에 안전 전반에 대해 통합적으로 접근하고 있다. (Lee, K.J. 2014)

안전관리 분야에서 실천해온 안전문화의 내용들은 매우 다양하고 구체적이며, 안전 분위기(safety climate) 및 안전작업환경(SCWE: Safety Conscious Working Environment)의 형성에 큰 효과를 거둔 것으로 보인다. (INPO 2007, 2012) 하지만 이제까지 발전된 안전 중심의 안전문화 접근방법은 개별 분야의 특성과 무관하게 주로 종사자 보호 및 상해방지를 중심으로 목표가 설정되어 전체 안전관리의 척도 및 관리방식에 흡수되는 것이 특징이다. 여전히 안전문화 관련 활동과 기법들이지만 그 적용결과가 구체적인 안전문화와 관련된 변화 및 현상과의 인과관계는 분명하지 않아 안전문화 접근방법으로서의 동기가 취약하다. 모든 활동 및 실천기법들을 적용에는 추가 부담이 불가피하므로, 관련자들의 자발적 동기를 유도 및 유지할 만큼 결과가 구체적이지 않을 경우에는 오히려 안전문화 접근방법에 대한 불신으로 비가시적인 핵심기반인 믿음(belief)을 위협할 우려도 동시에 내포하고 있다.

2.2.3 Safety Culture from Corporate Perspective 기업 관점에서의 안전문화 접근방법

안전문화를 주체이자 대상의 관점에서 '기업'의 문제로 보는 경우에는 이미 매우 구체적인 연구사례 및 경영학적 방법론들이 다수 제시되어 있다. 일찍부터 정의된 안전보건경영의 세부 방법론들이 1980년대부터 활발했던 품질 및 환경 경영과 함께 공통적인 과제로 부각되었으며, 이후에는 보다 확장된 기업문화(corporate culture)의 개념에 따라 윤리성 및 지속가능성의 관점과 결합된 안전문화 모색이 활발하다. (ISO18000/23000 등) 기업의 필수핵심요소의 관점에서 안전문화의 구체적인 요소 및 절차를 정의하고 이들에 대한 실무적 평가 및 개입 방법을 제시하고 있다. 예를 들면 7S 모델이나 Ser-M 모델은 기업문화 모델인데, 이를 기반으로 안전문화를 다루는 기업의 실천적 방식을 구성하는 모형 및 세부척도를 제시한 사례도 있다(Park, K.C., et al., 2014).

Figure 3. A Set of Safety Culture Criteria based on 7S and Ser-M Model (adopted from 2014, Park, K.C.)

대부분의 기업이 그림의 오른쪽과 같이 환경안전보건 방침 및 원칙의 일환으로 안전문화를 포함하고 있지만, 안전문화를 운영체계에 직접 결합한 곳은 많지 않다. 사고의 예방가능성(All accidents are preventable)을 원칙으로 믿지만, 경영체계의 실무절차 속에서 실제로 어떻게 실행하는가의 문제가 중요하다. 안전문화를 강조해도 실제 경영의 실행과정에서 행동할 수 없다면, 원칙과 선언은 무의미하고 믿음은 순식간에 무너지므로 더 이상 실제적으로 안전문화는 유효하지 않을 것이다. 안전문화는 기업에서 종사자들이 안전을 달성할 수 있다는 것을 믿을 뿐 아니라 실제로 실행할 수 있음을 확신할 수 있는 믿음(belief)의 기반위에 존재한다. 안전문화에 대해 기업의 관계자들이 동일한 개념과 가치관으로 임할 수는 없으나, 경영목표의 필수불가결한 내용이 아니라 구체적인 경영체계의 실체로 구현되어야 할 것이다. 기업 관점에서의 안전문화는 꾸준히 달성해야 할 경영목표의 하나로 수용되고는 있지만, 아직 구체적인 요건에 맞춰 기업의 내부에 이식된 사례는 찾아보기 어려우며, 필요에 따라 포괄적이고 주기적으로 평가되는 독립적인 경영정보 생산 또는 생산현장에서의 개별 실천과제에 국한되어 나타나고 있다. (Cho, et al, 2014)

2.2.4 Safety Culture Approaches focused to Human '인간' 관점에서의 안전문화 접근방법

안전문화의 주체이자 대상인 '인간'을 우선으로 고려하는 경우에는 안전문화는 사회, 심리, 조직행정, 인간공학 분야에서의 다양한 논의가 관련된다. 특히 사회 및 심리분야에서는 인간의 본성과 개인의 가치체계에서 출발하는 윤리와 철학에 대한 활발한 의미를 제공하므로 구체적인 결론을 도출할 경우 안전문화의 근본적인 개선 가능성을 제시할 수 있을 것이다. 예를 들면 조직행정이나 사회학 분야에서는 안전문화의 연구가 지속적이다(Yi, J.Y. 2007, Kim, S, 2009, 2013). 안전문화의 근본적인 원칙/규범의 설정에 대한 인문학적 접근을 넘어, 실무에서의 책임/권한의 할당 및 절차적 규칙과 방법론을 포함하는 전체 시스템의 구성 등 다양한 가시적인 요소들을 다루지 못하고 있으며, 기술적인 과제와 현안에 대한 개별 사례의 연구는 많아도 실무적인 방법론 개발은 부족하다.

심리학적 관점에서 행위의 의도 및 인지적 수준에 따라 분석하면 실수(slip) 및 착오(lapse), 오류(mistake) 및 위반(violation) 등으로 유형을 구분할 수 있으므로, 유형에 따라 안전문화 접근 방법이 달라져야 할 것이다(Reason 1997, Lee 2006). 특히 회피(avoidance), 침해공격(sabotage) 등 위반오류는 안전문화에서 우선적인 중요성이 있음에도 구체적인 대처 기술개발은 물론 위반현상 및 영향요소에 대한 기초연구도 드문 형편이다(Kang, et al, 2016). 또한 문화적 변화로 부각되는 귀차니즘 또는 복지부동을 포함한 매너리즘(mannerism)의 문제나, 다수불패나 책임분산과 같은 집단사고(group think)의 결함에 대한 연구가 안전문화의 핵심주제로 시급하다.

4 Types of Violations for Safety Culture

- **일상적 위반(Routine violations)**
- **상황적 위반(situational violations)**
- **회피형 위반(Avoidance violations)**
- **사적활용 위반(Optimizing violations)**

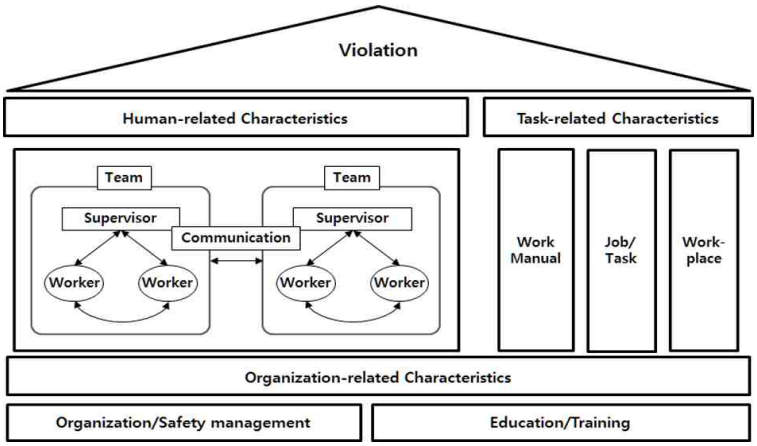

Figure 4. 4 Types of Violations and their House Model for Safety Culture (adopted from 2016, Kang, et al.)

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 인간 자체에 초점을 맞춘 안전문화 접근방법은 매우 포괄적인 성향에 대한 연구이거나 개별 현상 및 사건의 사전/사후 논의에 집중되고 있어서 실무과정에 적용할 수 있는 직접적인 안전문화 기법을 기대하기 어렵다. 최근에 발생하는 안전문화 사례들은 분야별 고유성을 가지고 있는 희귀한 사례(rare case)이므로 심도있는 연구에도 불구하고 결과적으로 기초학문적 결과에 머물거나 결과를 기반으로 도출되는 것도 산업안전 분야에서 이미 활용되고 있는 일반적 안전관리 수단과 기술의 한계를 넘지 못하고 있는 것으로 보인다.

2.3 Safety Culture Approaches in Practice 실무 관점에서의 안전문화 접근방법

대형사고의 경험을 통해 안전문화 현안을 먼저 제기한 원자력 및 항공 분야에서는 안전보건문화의 정착을 위해 이미 안전문화에 대한 다양한 현장조치 및 접근방법이 이루어졌다. 실무에서는 매우 다양한 접근방법들이 이루어지고 있으나 항공 및 원자력 분야의 실무들을 중심으로 분류하면 크게 다음 3가지로 구분할 수 있다.

- 평가 중심 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 요건화 에 대한 모색
- 현안 중심 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 면담 또는 설문기반이거나 이를 종합하여 특정 척도 및 평가논리에 따라 지표화하는 방식이다. 다음은 안전문화의 평가에 적용되는 대표적인 설문 및 공정안전 문화 모니터리 시스템의 예를 보여주고 있다. 안전문화의 특성상 평가에서는 독립성이 강조되었으나, 급박한 현안이 발생함에 따라 우선적인 문제포착 및 자율적인 대처방안 모색이라는 측면에서 자기평가가 빈번하게 수행되었다.

(a) A Safety Climate Measuring Software Tool (adopted from Baek & Go, 2009)

(b) A Questionnaire Safety Culture Self-Assessment (sample/part)

Figure 5. Software and Worksheet for Safety Culture Self-Assessment

또한 안전문화의 실체를 포착하기 위하여 실제 발생한 사고에서 조직요인의 역할에 대한 연구가 활발하였다. 국내에서는 원전의 불시정지 사례를 재분석하여 원인(cause)과 다른 관점에서 위험요소(hazards)를 도출한 결과, 다수의 안전문화 요소를 포착한 바 있다(이용희 외 2008). 미국 NRC에서는 안전문화 관점의 원전 현황을 조사하기 위하여 원전의 사고에서 인적오류 특성을 재분석하였다. 그 결과 대부분의 사건이 4가지 이상 다수의 결함으로 인해 발생하는데, 직접원인이 아닌 잠재적 오류가 81%로 60~70년대 건설 당시의 오류가 잠재되어 90년대 운영에서 안전문화 특성에 의해 위험으로 발현된다는 초장기적 위험성이 제기되었다(2002, NUREG/CR-6753).

둘째로 요건중심의 연구에서는 각 분야 및 조직에서 안전문화의 요소 및 특성(속성) 등을 요건으로 설정하는 활동이 활발하다. 안전문화를 특정요소나 포괄적인 문제로 다루기보다는 다수의 관련 요소들의 결합체 및 위험을 결정짓는 체계의 거동 자체로 보도록 조직안전(organizational safety)의 관점을 제기하였다. 이는 Reason이 제안하는 조직오류 관점의 접근방안(Reason, 2000)과 같은 맥락이다. 안전문화의 모형 및 요건 중심의 접근 방법은 항공 및 원자력 분야의 대형사고로 국제기구 주도로 모색되었다. 항공분야에서는 ICAO주도로 SMS체계를

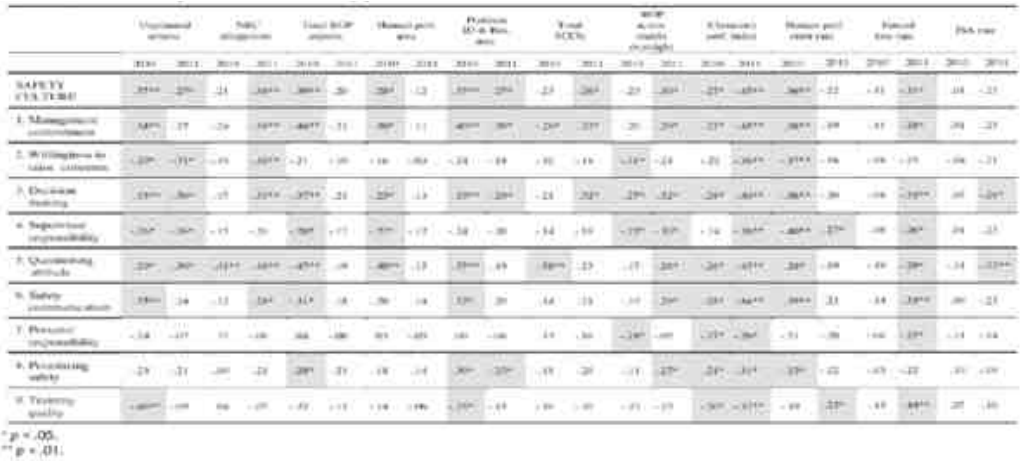

Figure 6. Correlations of Safety Culture and Performance Factors in Nuclear Power Plants

개발하였으며, 국제공동의 정보교환체계를 구축하였다. 개별 항공사 및 국가단위로는 미국의 FAA 인적요소 관리 프로그램 및 D사 고유의 CRM 프로그램이 대표적인 안전문화 사례라고 할 수 있다. 원자력 분야에서는 체르노빌 사고 이후 IAEA, OECD/NEA 등의 주도로 국제협약을 위한 요건화가 이루어졌는데, 주기적 안전성 평가(PSR: Periodic Safety Review)에서 운전경험, 조직 및 행정, (직무)절차, 인적요소 등 운영전반의 평가를 통한 공개적인 안전문화 평가를 세부요건으로 설정하였다. 최근에는 안전문화 기본속성 및 세부속성을 제시하여 자기 평가를 위한 질의항목 기반의 지침으로 활용할 수 있도록 하였다. 부득이하게 일반적인 안전문화 모형 및 요건이지만 원자력 분야에서 안전문화의 실무를 모색하는데 중요한 방향설정이 되었다.

Table 2. A set of Safety Culture Measures for Rail-road (adopted from Jong Seock Lee, et al., A Study on the Development of the Safety Culture Inspection Process in Korea Railway, 2012)

철도안전문화지표	내 용
1. 안전정책 및 안전리더쉽	▪ 경영진의 안전관리 가시성 ▪ 경영진이 승인한 안전정책의 안전문화 적정성 ▪ 경영진의 안전관련 마인드 및 직장내 분위기 조성 등
2. 이해당사자간 의사소통	▪ 직원의 안전 논의 참여 여부 ▪ 직원의 안전문화에 대한 경영진에의 접근성 ▪ 직장내 신뢰 문화 ▪ 안전정보 전달시스템 ▪ 안전정보의 이해도 ▪ 안전 우려사항의 기록, 조사, 완화 절차 ▪ 안전우려사항에 대한 내부 보고체계 등
3. 변화관리 및 자기진단	▪ 직원의 변화관리 참여 ▪ 변화관리에 대한 직원 교육 ▪ 변화관리에 대한 직원 동기 부여 및 피드백에 대한 적극적 대응 등
4. 학습문화	▪ 사고조사 시스템 ▪ 사고에 따른 귀책 배정과정 및 징벌 절차 ▪ 사고원인에 대한 피드백 시스템 등
5. 안전책임마인드	▪ 안전문화/풍토 모니터링 시스템 ▪ 안전우선 행동 ▪ 성과 대 안전관리의 우선순위 평가 ▪ 이례사항 발생시 안전책임의식 등

원전 안전을 책임지는 각국 규제기관에서는 규제측면에서의 이상적인 안전문화 모형 및 업무체계를 개발하고 있다. 체르노빌 직후 안전문화에 대한 적극적인 개입 필요성을 인정하지 않았던 미국 NRC에서는 밀스톤 원전 부식사건 등을 계기로 안전문화의 접근방법에 대한 재검토를 거쳐 적극적인 안전문화 개입정책을 선언했다. (NRC 2009) 안전문화정책선언(SCPS)에서는 9가지 특성을 요건화하고 총 12가지 항목에 대한 적극적인 활동을 권고하였다. 국내 규제기관에서는 미국 NRC와 유사한 안전문화 요건을 만족하면서 체계적인 안전문화의 실무를 구축하기 위한 다음 그림과 같은 접근방법의 개념도를 제시하였다. (Choi, Y.S. et al., 2008, Jeong, S.J. et al., 2016)

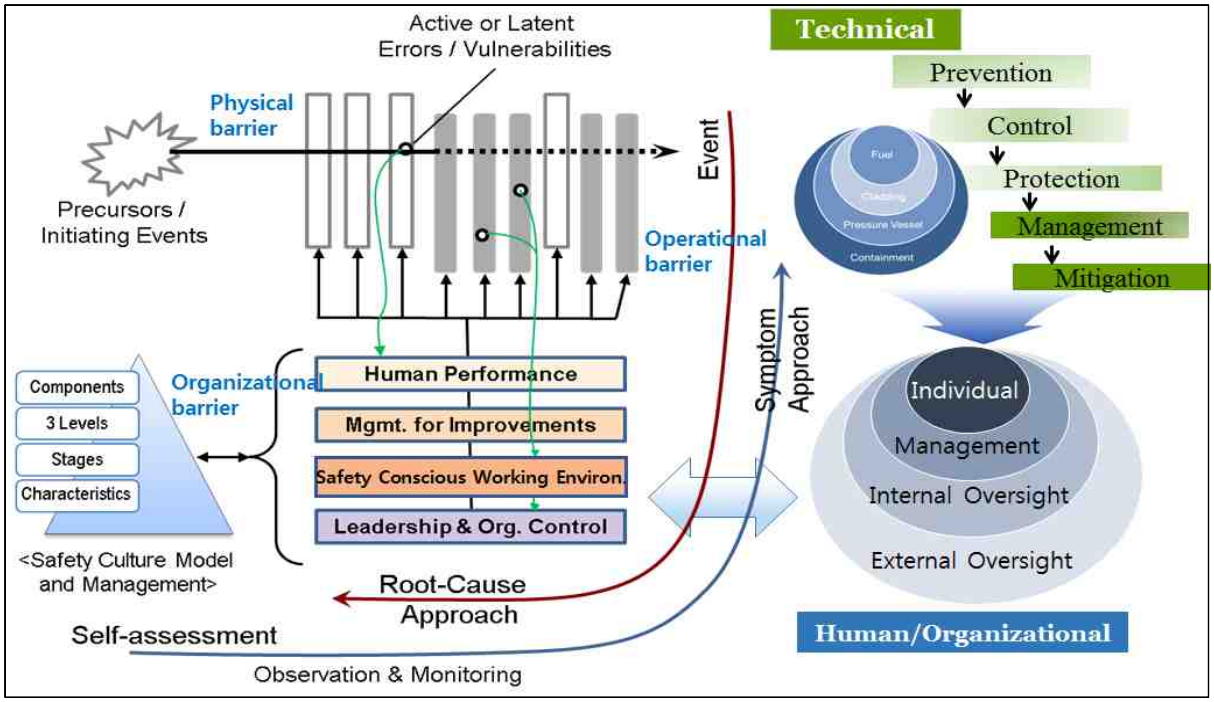

Figure 7. Concept and Approach for Safety Culture Oversight Model Development (adopted from Jeong, S.J. et al., 2016)

3. Human Factors Engineering approach to Safety Culture

3.1 An Add-on to Human Factors Engineering for Safety Culture

인간공학 분야에서는 전통적으로 체계효용성(system effectiveness)에 안전을 포함하여 활발한 연구개발은 물론 구체적인 기술 및 기법을 제시해왔다. 분업화 및 수작업 산업 기에 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. 최근까지 이루어진 안전문화 관련 인간공학활동 및 기술은 크게 다음 4 가지로 구분할 수 있을 것이다. (Lee, 2015)

- 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

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. 직무개선 및 지원 활동은 활발했지만, 안전문화에 대한 직접적인 관련은 부족하므로 다음 몇가지 측면에서 전통적 인간공학에 새로운 개념의 도입 또는 확장이 필요하다.

우선 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 종사자 관련 인적요소에서 확대하여 조직, 할당, 일정관리는 물론 자격, 교육훈련, 업무계획 등 인적자원관리의 영역의 주제를 추가해야 한다. 여기에는 안전과 관련된 전략 및 정책도 포함되며, (특히 고신뢰도 대형시스템의 경우) 배경이 되는 사회적 요건 요소들을 포함하도록 시스템의 영역을 대폭 확대해야 한다.

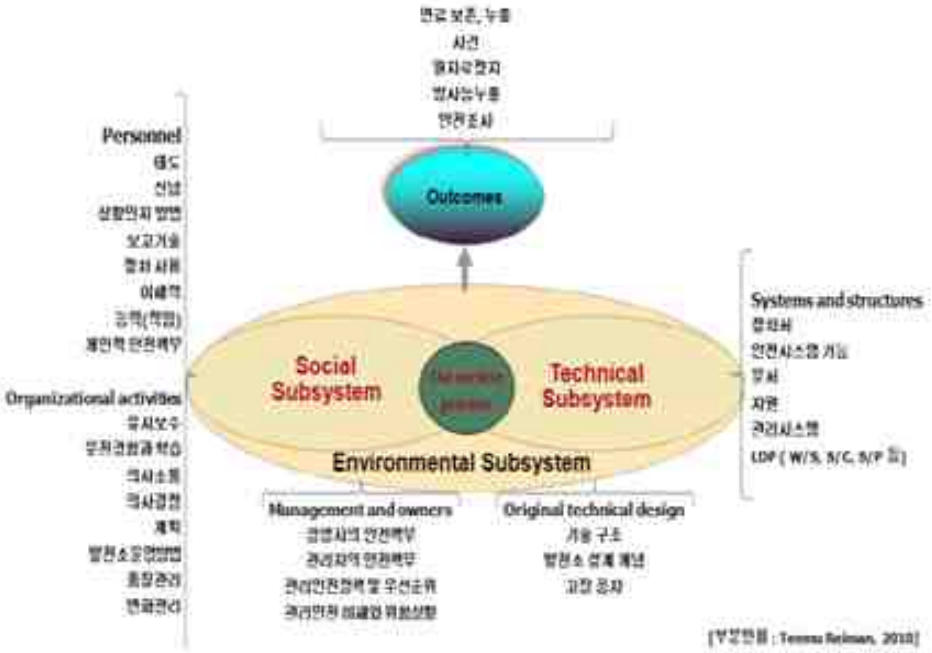

Figure 8. A Conceptual Scheme of a Socio-Technological System(Lee & Lee 2009)

사회-기술체계에서는 기존의 인간공학 현안들에 추가하여 팀워크와 리더십, 협력 및 의사소통, 갈등 및 충돌 해소, 전문가 윤리 등 과제가 안전문화의 주안점으로 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 확장된 시스템적 접근(systemic approach) 방안을 제시하려는 것이다(IAEA 2016).

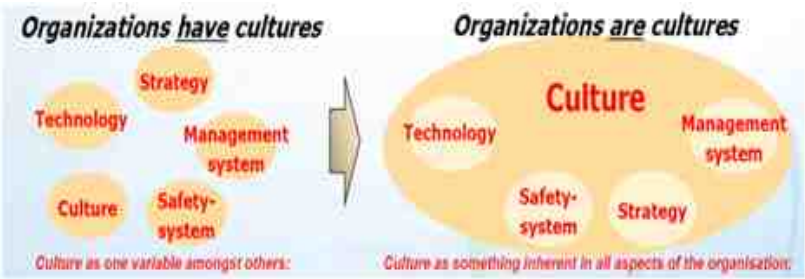

Figure 9. Start-line of a Proposed Approach to Safety Culture

둘째, 확장되는 안전문화의 세부영역에 대한 면밀한 인간공학적 검토가 필요하다. 인간공학적 관점에서 위험에 대한 인식영역을 Known-Knowns, Known-Unknowns, Unknown-Unknown 등 3 가지 영역으로 구분할 수 있다. 각 위험영영의 인식은 개념적으로만 다를뿐 아니라 인간공학적 특성이 다르므로, 인간공학적 접근방법도 차별화할 필요가 있다. 인적오류 1.0~3.0 의 개념에서 논의한 바와 같이 각각 개인적, 체계적, 치유적 관점으로 안전문화의 접근방법을 세분하여 연구개발해야 할 것이다. 또한 후쿠시마 사고와 같이 예상치 못한 극한상황(unexpected situation)에서 근원적인 놀람(fundamental surprise) 조건에 대한 별도의 연구가 필요하다. 극한상황에서는 안전문화의 기저계층의 비가시적인(intangible) 특성이 결정적인 요인으로 작용할 수 있다(IAEA, 2013, 2016).

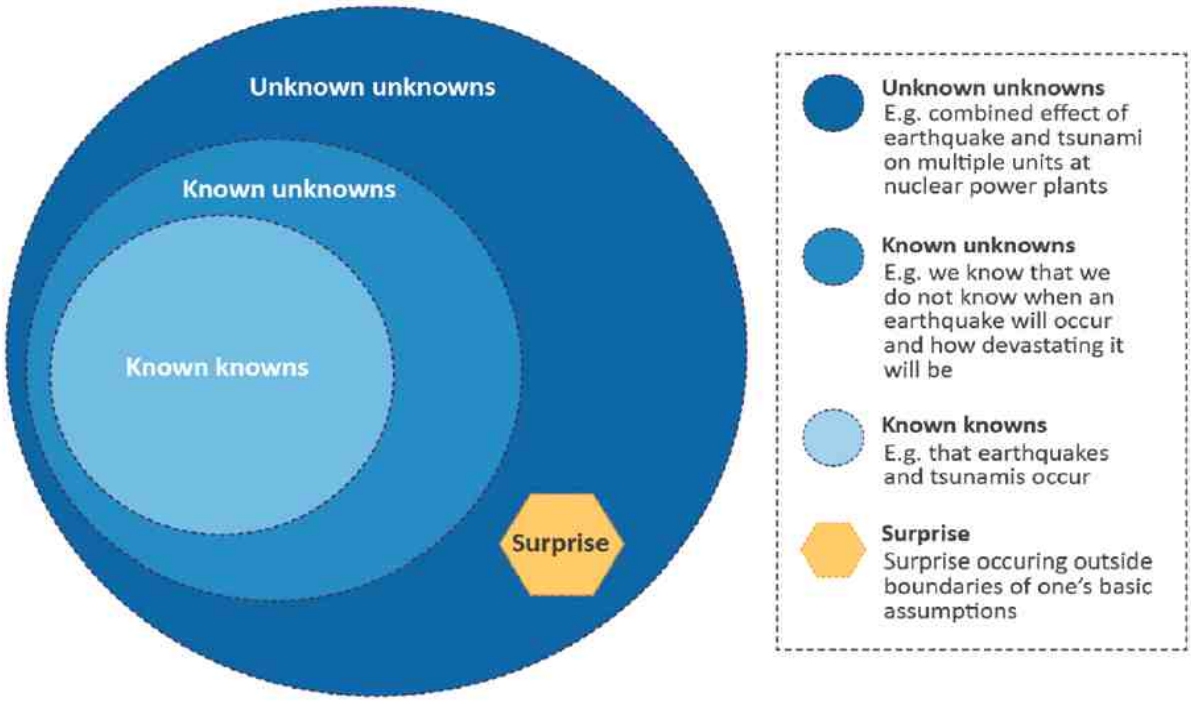

Figure 10. Known Knowns, Known Unknowns, and Unknown Unknowns
(adopted from Fig. 2.6-1 Impact of Unknown Unknowns, Fukushima Diichi Accident Report, IAEA, 2015)

마지막으로 안전문화는 포착 및 문제해결에 다른 분야와의 협력은 물론 통합적으로 접근해야 한다. 우선 신념, 가치관 등 기저계층의 비가시적인 측면은 단일한 분야에서의 연구만으로 제대로 포착할 수 없으며, 문제가 있어도 쉽게 드러나지 않으므로 타분야와의 학제간의 협력적인 노력을 통하여 조심스럽게 추정하고 변화를 모색하여야 한다. 또한 안전문화에 영향을 주려는 모든 조치와 노력은 따로 분리하기보다는 안전관리(safety management) 등과 통합하여 접근해야 한다. 안전문화는 독립적인 모니터링이 바람직하지만, 현안이 발생되었을 경우 해당 분야의 기술적 배경을 이해하는 전문가와 심리/행동과학 전문가들 간의 팀워크를 활용하는 기법이 필수적이다.

3.2 Two Topics Selected for Human Factors Approach to Safety Culture 안전문화 2 주제

안전문화에 대한 시스템적 접근을 위한 우선적인 과제로는 전체 접근방법의 근간을 제공하는 포괄적 정보인프라 및 이를 활용한 빅데이터 기반의 모니터링 관리, 안전문화 역량 관리 프로그램 등을 제안할 수 있다(이용희 외 2014). 논의를 촉발하기 위해 기존의 기술현황 및 제안하고자 하는 구체적인 기술적 논의점은 다음과 같다.

3.2.1 An Infra System for Safety Culture Information 안전문화를 위한 정보 인프라

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. 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 개발중인 유사한 관리체계의 개념설계를 예시한 것이다. (이용희 외 2014, 박윤원 외 2015)

(a) samples of Y-12 National Security Complex Dashboard

(b) a Conceptual Scheme of Safety Culture Information System and a Sample Dashboard (proposed)

(c) A sample Monitoring Interface of Safety Culture Indices

Figure 10. An Information System and a Sample Dashboard for Safety Culture

안전문화 정보 인프라로서 기존의 ERP/BPM 기반을 활용하여 종사자 및 이해관계자들의 정보를 획득할 수 있다. 이는 최근 급격하게 발전되는 스마트폰 및 IoT(사물인터넷) 기술을 결합하여 종사자 및 조직의 거동에서 형성되는 안전문화 정보를 획득하고, 다양한 가설을 기반으로 모니터링 및 피드백을 관리할 수 있는 인프라를 손쉽게 구축할 수 있을 것으로 보인다.

안전문화는 단일/단순 척도값으로 관리하는 것이 아니라 획득된 정보에 대한 다양한 주제와 관점에서의 해석을 통해 포착할 수 있을 것이다. 이를 빅데이터 기반의 인간(집단)의 행동을 평가하고 예측하는 인간행동분석학(People

Analytics)이라고 하는데, 이미 구글을 필두로 미래의 핵심 기술로 급격한 발전을 보이고 있다. 안전문화의 연구개발에서는 안전문화의 정보를 획득하고 해석하는 모니터링 과정 및 다양한 안전문화 활동의 결과를 손쉽게 피드백 받을 수 있을 것이다. 안전문화는 단일하지 않으며 그 관리에 필요한 관점도 달라야 하므로 다양한 직급 및 분야의 종사자용 대쉬보드(Dashboard)를 통해 관리하는 방안을 개발해야 할 것이다. 또한 조직 내의 직접 종사자 범위를 넘은 다양한 이해관계자(예를 들면 ISO23000 기준의 관련자)에게도 필요한 내용 및 형태를 제공한다. 빅데이터 기술에서 일반적으로 이루어지는 바와 같이 안전문화의 모니터링 및 관리에 적용되는 가설 및 척도는 이론적으로 개발되기 보다는 현장에서의 피드백을 통해 꾸준히 보완되는 방식으로 자율적으로 형성되는 새로운 개발방식을 기대할 수 있을 것이다.

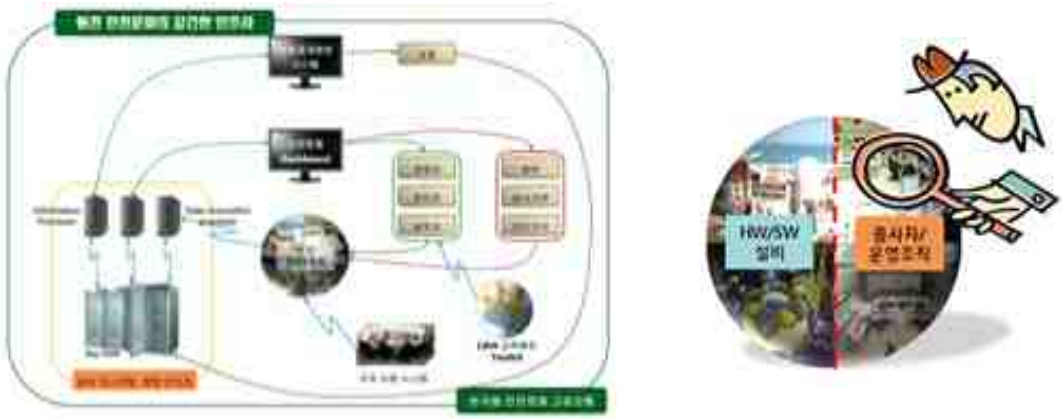

Figure 11. A Conceptual Scheme for Safety Culture Monitoring and Feedback
(adopted from Kim & Lee, 2013, IAEA and Lee, Y.H., 2014)

3.2 Competence Management for Safety Culture Information 안전문화 역량 관리

안전문화의 현안을 해결하기 위해 인간공학에서 시급한 과제는 개인, 팀, 조직을 포함한 관련 요소들의 구체적인 역량(competence)을 확보하는 것이다. 전통적으로 안전관리 분야에서는 직무 및 직무환경의 개선과 관련하여 종사자 개인적인 차원에서의 결과 및 개선 방법을 지속적으로 제공해왔으나, 안전문화의 차원에서는 새로운 포괄적인 역량의 구축방안이 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.

Figure 12. A Scheme for Safety Culture Monitoring and Competence management
(adopted from Lee, Y.H., 2015)

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

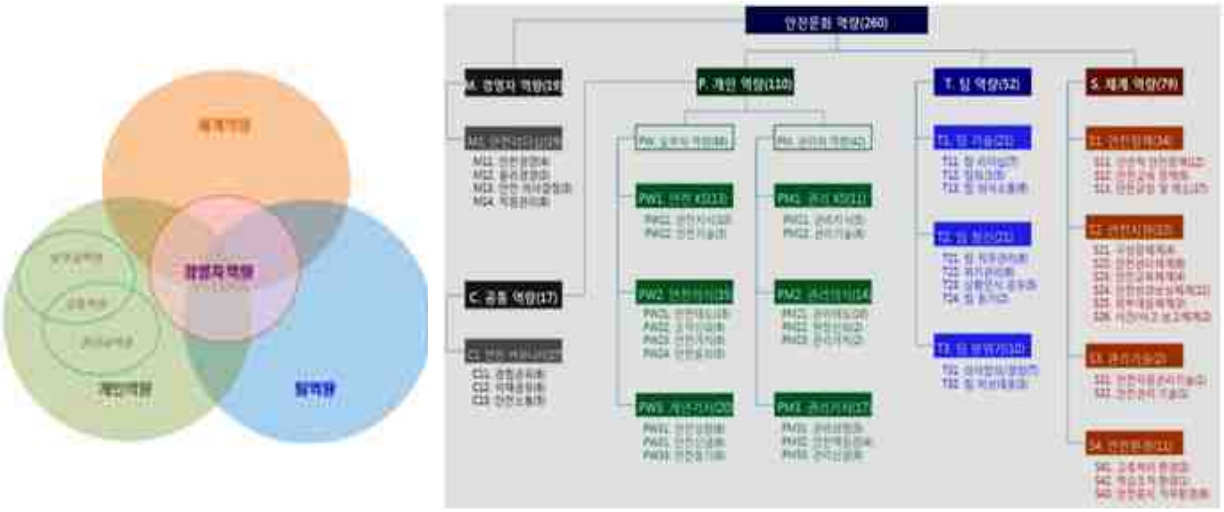

Figure 13. A Scheme for Safety Culture Competences
(adopted from Lee, Y.H., 2015)

4. Conclusion and Discussions 결론 및 토의

본 논문에서는 안전문화 과제에 대한 인간공학적 접근방법을 모색하기 위하여, 안전문화가 인간공학의 과제인가에 대한 근원적인 검토로부터, 현재 안전문화를 다루고 있는 다양한 관점과 접근방법을 검토하였다. 또한 시스템적 접근방법(systemic approach)을 통해 주어진 인적요소(human factors)의 관점으로 안전현안을 해결하는 인간공학에서 안전문화를 효과적으로 다루기 위한 출발점의 개념과 과제를 논의하였다. 인간공학의 기존 패러다임인 인간-기계 체계(man-machine system)개념을 확장하여 사회-기술 체계(socio-technological system)의 정의를 채택하고 확장된 상호작용을 다루는 안전문화에 대한 인간공학적 접근방법을 논의하였다. 우선적으로 제안된 주제로 안전문화를 위한 기초 인프라로서 안전문화 정보 체계의 구축과 세부적인 안전문화 역량의 항목 개발 및 이들의 연계 및 증진 과제를 제시한 것이다.

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. 특히 안전문화를 종사자의 책임을 추궁하는 막연한 의미로 사용하는 경향은 물론, 포괄적인 윤리적 요구나 구체적인 대상이나 결과가 막연한 조치로 비효율적인 논란이 계속되는 기존의 상황을 극복하는데 참고할 수 있을 것이다.

인간공학은 그동안 기술의 발전에 따른 인간가치의 증대를 위해 시스템 효용성(effectiveness) 확보를 궁극적 목표로 실용적 방법론을 구축해왔는데, 21세기에도 그러한 역할을 계속하기 위해서는 안전문화라는 새로운 도전의 해결에 나서야할 것이다. 안전문화의 다양한 동향과 구체적인 과제 및 연구개발 방향을 제시하는 다수의 논문들을 통해 안전문화에 대한 인간공학적 접근방안이 구체화되어야 할 것이다.

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.

References

1. 박윤원 외, 원자력산업계 세계최고수준 안전문화증진 기반기술 개발(연차보고서), KAIST, 2015
2. 백종배 & 고재욱, 안전문화측정 전산화 프로그램 개발 Development of Safety Climate Measuring Software Tool, 에너지공학, 제18권 제1호(2009) *J. of Energy Engineering*, Vol.18, No.1, pp. 63~68, 2009.
3. 우종섭 & 이기홍, 하나로 안전문화 평가 지표, KAERI/TR-3432/2007, 2007
4. 이경재 & 송광선, 조직의 안전문화에 대한 인식이 개인의 직무만족, 조직몰입에 미치는 영향-조직신뢰의 매개효과 The Effect of Safety Culture on Job Satisfaction and Organizational Committment- Mediation effect of Organizational Trust, J. Korea Safety Management Science, Vol. 15 No. 3 pp.71-September 2013
5. 이용희, 중대산업사고 예방활동 촉진을 위한 효과적인 인적오류 대응방안, 산업안전보건 제15권10호, 2003.
6. 이용희 외, 원자력발전소 인적오류 사례집(2002~2007), 한국원자력연구원, 2008.
7. 이용희 외, 가동 원전의 인적오류 예방 활동 및 기법, 대한인간공학회지 30(1), pp.75-86, 2011.
8. 이용희 외, 원자력 인적오류 대처기술 개발: 1단계보고서, 한국원자력연구원, 2015.
9. 이용희 & 이용희, 인적오류에 영향을 주는 조직특성 및 안전문화 평가방법에 대한 기초조사 연구, 대한인간공학회 2011추계, 2011.
10. 이용희, 중대 산업사고 예방활동 촉진을 위한 효과적인 인적오류 대응방안, 산업안전보건 제15권 10호, 2003.
11. 이용희, 인적오류 연구 기술현황 : 무엇이며 어떻게 대응할 것인가? 대한인간공학회지 30(1), pp.1-8, 2011.
12. 이용희, 원자력 인적오류 대처기술 개발: 동향과 방향, 원자력 인적요인 워크샵: 원전 인적행위 조사분석 활성화, 한국원자력연구원, 2015.
13. 이종석 외, 우리나라 철도안전문화 측정프로세스 개발 연구 A Study on the Development of the Safety Culture Inspection Process in Korea Railway, 한국철도학회 2012년 추계학술대회 논문집
14. 장통일 외, 원전 안전문화 역량진단 체계 및 역량증진 도구개발(연차보고서), KAERI, 2015.
15. 최광식, 원자력 안전문화, 어떻게 할 것인가? 원자력 산업, 2008년2월호, 2008.
16. 한수원(주), 원자력안전문화 평가기준 정립(최종보고서) The Establishing Assessment Standards of the Nuclear Safety Culture 2012, 이춘우 외, 한수원, 2012
17. Hollnagel, E. & Yusi Fujita, The Fukushima Disaster- Systemic Failure as the Lack of Resilience**,** Nuclear Engineering and Technology, Vol.45 No.1 pp.13-20, Feb. 2013
18. IAEA, Safety Culture, IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4, 1991.
19. IAEA, Developing Safety Culture in Nuclear Activities / Practical Suggestions to Assist Progress, IAEA Safety Reports Series No.11, 1998.
20. IAEA, How to Perform Safety Culture Self-Assessments : Using Safety Culture Self-Assessments to Enhance Organizational Learning and Safety Performance (IAEA 2012-03-23), IAEA, 2012.
21. IAEA, IAEA Report on Human and Organizational Factors in Nuclear Safety in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, IAEA, 2014.
22. IAEA, The Fukushima Daiichi Accident: Technical Volume 2/5 Safety Assessment, 2015.
23. IAEA, Proceedings of International Conference on Human and Organizational Apects of Assuring Nuclear Safety, IAEA, 2016
24. 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.
25. Jung, S.J. et al, Regulatory Oversight of Safety Culture – Korea's Experience and Lessons Learned, IAEA Conf on HOA, Vienna, IAEA, 2016
26. Kang, B. et al., Conceptual Models of Violation Error in a Nuclear Power Plant, *Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 31, No. 1, pp. 126-131, 2016*
27. Kim, D.H. et al., An Assessment of Job-related Stress Factors in NPPs, Pro. ESK-2006 Spring, 2006.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. Lee, Y.H. et al., A Development of Posters for Human Performance Improvement in NPPs, KNS-2009 Fall Conference, 2009.
32. Lee Y.H. & Y. Lee, A Systematic Approach to the Countermeasures for Human Errors in NPPs, KNS 2009 Spring Conference, 2009.
33. Lee, Y.H. A Strategic Enhancement of the Personnel Competences for the Safety Culture of NPPs, Proc. ESK-2013 Spring, 2013
34. Lee, Y.H., A Preliminary Study on the Organizational Safety: Cultural Impacts on Human Error Potential, KNS-2011 Fall, 2011.
35. Lee, Y.H. & Lee, Y., A Preliminary Systematic Approach to the Countermeasures for Human Errors in NPPs, KNS2009Spring, 2009.

36. Lee, Y.H., A More Effective Approach to the Analysis and the Prevention of the Human Errors, Proc. ESK-2006 Spring, 2006.
37. Lee, Y.H., A Systematic Approach to the Countermeasures for Human Errors in NPPs, Pro. KNS 2009 Spring, 2009.
38. 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.
39. 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
40. 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
41. Lee, Y.H. & 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
42. Lee, Y.H. A Strategic Enhancement of the Personnel Competences for the Safety Culture of NPPs, Proc. ESK-2013 Spring, 2013
43. Lee, Y.H., Countermeasures against Human Errors for Nuclear Safety, Proc. Nuclear Safety Research Symposium 2014, KAERI, 2014
44. Lee. Y.H., A Review on the Effective Countermeasures to the Recent Human Errors in High-Reliability Industrial Systems, Proc. ESK-2014 Fall, 2014.
45. Lee. Y.H., A Concept and Application of 'Human Error 3.0' for High-Reliability Era, Proc. ESK-2015 Fall, 2015.
46. Lee. Y.H., A Study on the Human Factors Engineering Approach to Safety Culture, Proc. ESK-2015 Fall, 2015.
47. Moon, K. et al., Development of Safety Competences, Behavioral Indicators and Measuring Methods for Preventing Human-Error in Nuclear Power Plants: A Preliminary Study, *Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 31, No. 1, pp. 132-138, February 2016.*
48. Perrow, C., Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies, Basic Books, New York, 1984
49. Reason, J., J. Reason, Managing the Risks of Organizational Accidents, Ashgate Publishing Company, Brookfield, VT, 1997.