

## 사건기반 안전문화 취약요소 평가방법론 정립

김영갑<sup>†</sup> · 허남용 · 박정진

한국수력원자력(주) 중앙연구원

(2017년 5월 19일 접수, 2017년 6월 14일 수정, 2017년 6월 15일 채택)

## Development of Event-based Safety Culture Weakness Evaluation methodology in NPPs

Younggab Kim<sup>†</sup> · Namyoung Hur · Jeongjin Park

KHNP Central Research Institute, Daejeon, Korea

(Received 19 May 2017, Revised 14 June 2017, Accepted 15 June 2017)

### 요 약

복잡하고 다양한 계통으로 구성된 원자력발전소에서의 안전문화 저하 징후는 설비의 안전성능 저하를 유발할 수 있으며, 이에 대한 적절한 후속조치가 없을 경우 대형 사고를 발생시킬 수 있는 잠재적 원인이 된다. 따라서 원전의 안전성능에 대한 감시와 더불어 조직 및 관리측면에서의 안전문화를 모니터링 함으로써 안전문화 저하 징후를 파악할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 원전 문제점 혹은 사건이 발생할 경우, 설비 측면보다는 조직의 안전문화관점에서 사건의 근본원인에 기여한 안전문화 취약요소를 평가하여 개선할 수 있는 사건기반 평가 방법론을 정립하였다. 이를 위해 국내외 산업계에서 활용되고 있는 평가사례들을 검토하여 국내 원전 실정에 적합한 평가 방법론을 제안하였다.

**주요어** : 안전문화, 사건기반 평가방법론, 안전문화 취약요소, 안전문화 모델

**Abstract** - Safety culture degradation signs in nuclear power plants with complex and diverse systems can lead to their equipments performance deterioration. If these signs are neglected, they become potential causes of accidents. Therefore, it is necessary to monitor safety culture in the point of view of organization and management as well as to evaluate safety performance of nuclear power plants. Therefore, This paper suggested a methodology to evaluate safety culture weakness contributing the accidents' root causes in the case accidents occur at nuclear power plants. After reviewing methodologies using at domestic and international industry, the methodology suitable for domestic nuclear power plants was determined.

**Key words** : safety culture, evaluation methodology, safety culture weakness, safety culture model

### 1. 개요

원자력발전소 같은 고신뢰도 조직에서의 안전문화

저하는 복잡하고 다양한 계통으로 구성된 원전의 안전성능 저하로 연결되며, 이에 대한 적절한 후속조치가 없을 경우 대형 사고를 유발시키는 안전 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 원전의 안전성능 감시와 더불어 조직 및 관리측면에서의 안전문화를 모니터링 함으로써 저하 징후를 파악할 필요가 있다. 현재 원자력

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.  
Tel : 042-870-2622 E-mail : iamkygab@khnp.co.kr

발전소에서는 안전문화 평가를 통해 직원들의 안전문화 인식을 측정하고 취약분야를 도출하여 개선함으로써 발전소의 안전문화를 지속적으로 증진하고 있다. 그러나 이러한 안전문화 평가는 원전에서 예기치 않은 문제점이나 사건이 발생하였을 경우에 적용하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 원자력발전소에서 문제점 혹은 사건이 발생하였을 경우, 설비나 기기 측면보다는 조직의 안전문화관점에서 사건의 근본원인에 기여한 안전문화 취약요소를 평가하고 개선 필요분야에 대한 시정조치 계획을 수립할 수 있는 사건별 안전문화 취약요소 평가 방법론을 정립하고자 한다. 이를 위해 국내·외 산업계에서 활용되고 있는 안전문화 평가 및 평가사례들을 검토하여 국내 원전 실정에 적합한 평가 방법론을 제안하였다.

## 2. 국내·외 안전문화 평가 방법론

### 2.1 IAEA의 안전문화 평가

1986년 체르노빌 원전사고이후 IAEA에서는 원자력안전문화의 개념을 처음 정립하였으며 정책, 관리자 및 종사자 차원에서의 안전문화 구성요소를 제시하였다. 1994년부터 회원국들의 안전문화 평가를 위해 ASCOT(Assessment of Safety Culture in Organizations Team) 서비스를 제공하기 시작하였으며, 이러한 평가 활동은 SCART(Safety Culture Assessment and Review Team)를 거쳐 최근 2011년부터는 운영안전성검토팀(OSART: Operational Safety Review Team)의 선택적 모듈로써 독립적 안전문화 평가(ISCA<sup>1)</sup>: Independent Safety Culture Assessment) 서비스를 제공하고 있다. IAEA 안전문화 평가의 목적은 Fig. 1의 안전문화 체계에 비추어 조직의 강점과 개선점을 파



Fig. 1. IAEA Safety Culture Framework

악하고자 하는 것으로, 안전문화 현 상태(Safety Culture Picture)와 고유한 문화적 특성을 파악하여 향후 개선을 위한 조직적 공통의 기반을 만들고자 하는 것이다.

IAEA의 안전문화 평가 기준은 안전문화 5개 특징(characteristics)과 36개 속성(attributes)으로 구성되어 있으며, 5개 안전문화 특징은 1) 안전성에 대한 확고한 인식, 2) 안전에 대한 명확한 리더십, 3) 안전에 대한 명확한 책임, 4) 모든 활동에서 안전성 고려, 5) 안전에 대한 지속적 학습 이다. IAEA의 안전문화 평가 방법은 안전문화 특징을 기준으로 설문, 문서검토, 면담 등의 방법을 이용하여 바람직한 안전문화 특징과 비교하는 규범적(normative) 접근방식과 집단면담(focus group interview)과 행동 관찰을 통한 기술적(descriptive) 접근방식으로 구성되어 있다. 두 가지 관점으로 평가하는 이유는 각기 다른 조직의 문화적 특성을 평가하는 과정에서 평가자의 편견을 최소화하기 위한 것으로, 기술적 분석(descriptive analysis)은 조직의 문화적 특징을 파악하여 기술하는 것이며, 규범적 분석(normative analysis)은 IAEA 안전문화 규범체계와 비교 평가하는 것이다. 이는 수집정보를 각 안전문화 속성과 비교해 점수화 및 등급화 하여 평가하는 것과 달리 면담(Interview), 설문(survey), 포커스 그룹(focus group), 문서검토(document review), 관찰(observation) 등 다양한 분석기법을 활용하여 사실 정보(cultural facts)를 수집하여 기술적 분석방식으로 해당 조직에 대한 문화의 주제(theme) 및 형상(image)을 도출하고, 안전문화 규범체계를 기준으로 평가 조직의 장점 또는 개선점을 제시한다. IAEA에서는 안전문화 규제와 관련하여 규제기관이 사업자의 자발적인 노력을 장려하면서 사업자의 안전관리 시스템이 효과적으로 운영

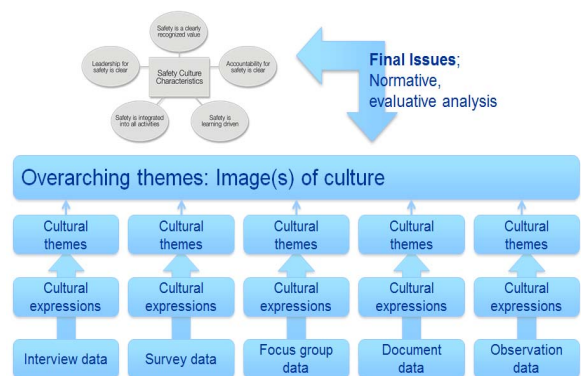


Fig. 2. IAEA Safety Culture methodology

될 수 있도록 보장하는 역할에 주력해야 한다고 강조하고 있다<sup>2)</sup>. IAEA의 안전문화 평가팀은 통계지식을 가진 행동 과학자를 포함한 다양한 경험을 가진 전문가들로 구성이 되며, 약 2주간에 걸쳐 해당 조직의 강점과 취약영역을 확인하고 권고하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 평가서비스는 조직의 개선점과 미비사항을 제시하기는 하지만 규범적 분석을 기반으로 하는 정성적 개선 권고사항이라는 점과 해당 조직의 요청으로만 수행된다는 제한점을 지니고 있다.

**2.2 NRC의 안전문화 평가**

NRC는 미국 원전의 규제기관으로 원전의 안전성을 검사, 측정 및 평가하기 위해 2000년부터 발전소 성능평가 프로그램인 ROP<sup>3)</sup>(Reactor Oversight Process)를 실행해 오고 있다. Fig. 3의 원자로감시프로그램(ROP)은 공공의 건강과 안전을 보호하기 위해 상업 원전의 안전성과 성능을 검사, 측정 및 평가하는 프로그램으로서 3개의 공통현안 영역(Cross-Cutting Area)과 7개의 기본영역(Cornerstones)으로 구성되어 있다. 3개 공통현안 영역 중 Safety Conscious Work Environment (SCWE)는 원전에서의 안전관련 문제점을 제기하고 발견하는 영역, Problem Identification and Resolution (PI&R)는 원전에서 운영되는 운영개선프로그램(CAP) 등을 통해 안전 문제점을 감지하고 해결하는 영역, Human Performance는 원전의 인적실수 저감 활동 및 인간공학의 적용을 장려하는 영역이다. NRC는 데이비스 베시 원전사고(2002년)를 계기로 안전문화 증진 규제를 개선하고 2006년부터 공통현안 영역과 연계하여 ROP에 안전문화 증진 기능을 강화

하였다. 즉, 모든 검사결과에 대해 안전문화의 공통현안 측면(Cross-Cutting Aspect)을 부여하고 반기 평가기간 동안 반복적으로 동일한 CCA가 4개 이상 발생한 경우 공통현안 주제(Cross-Cutting Theme)로 분류한다.

규제기관은 공통현안 주제가 제기되었음에도 사업자의 적절한 개선조치가 없을 경우 실질 공통현안 이슈(SCCI: Substantive Cross-Cutting Issue)로 선정하여 발전소측에 개선을 요구하게 된다. NRC는 발전소 성능평가 결과(Green(만족), White, Yellow, Red(불만족))에 따라 원자로감독 조치행렬(Reactor Oversight Action Matrix) 수준인 Column 1에서 Column 4 중 하나를 할당하게 되며, 그에 따라 규제개입 수준이 달라지게 된다(Table 1). Column 2부터 안전문화 측면의 점검과 연계시키게 되며, 검사지침서(IP 95001)<sup>20)</sup>에 따라 사업자의 근본원인분석에서 안전문화 측면이 적절히 고려되었는지 확인한다. Column 3에서는 검사지침서(IP 95002)에 따라 안전문화 취약점이 성능저하의 근본 혹은 기여원인인지 독립적으로 판단하게 되며, 필요시 사업자에게 안전문화 독립평가를 요구할 수도 있다. 안전문화 독립평가의 경우에는 평가 기간이 약 4-5개월이 소요되며 평가 인력은 약 30명 정도가 투입되게 됨으로 원전 사업자는 안전문화 독립평가에 상당한 비용을 지불하게 된다. 마지막 단계인 Column 4에서는 검사지침서(IP 95003)에 따라 다중 혹은 반복적 성능저하에 대해 사업자에게 안전문화 독립평가를 요구하거나 NRC가 직접 검사지침서 부록(IP95003.02, Guidance for conducting an independent NRC Safety Culture Assessment)에 따라 차등

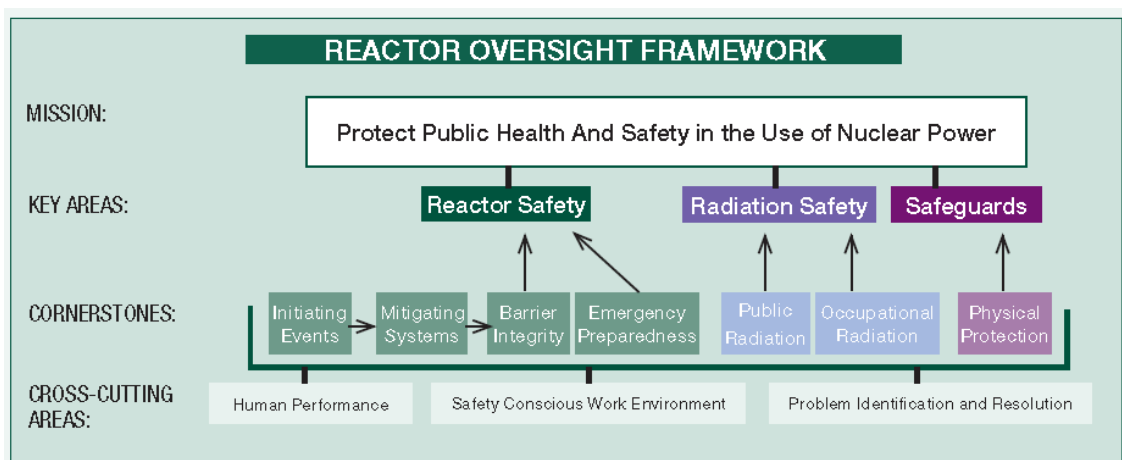


Fig. 3. Reactor Oversight Process(NUREG 1649)

**Table 1.** Action Matrix in NRC ROP

※ NRC의 ROP와 안전문화 평가 연계  
 가. ROP 절차에 따라 성능기반으로 규제  
 나. 성능기반 등급에 따라 안전문화 차등 심사  
 → Green(만족), White, Yellow, Red(불만족)

단계	Action Matrix (규제요구 수준)	성능저하 원전 추가검사 (안전문화 공통현안 포함)	검 사 절차서
1단계	Regulatory Response column2	▶사업자 근본원인 분석 및 시정조치 제출 후 규제기관 검토	IP95001
2단계	Degraded Response column3	▶사업자 근본원인 분석 및 시정조치 제출 후 근본원인이 안전문화 기인여부 검토 ▶필요시, 안전문화 독립평가 요구	IP95002
3단계	Multiple/Repetitive Degraded Response column4	▶사업자 근본원인 분석 및 시정조치 제출 후 근본원인이 안전문화 기인여부 검토 ▶안전문화 제3자 평가 또는 규제기관 평가	IP95003

적인 방식으로 안전문화 평가를 수행하게 된다. NRC의 안전문화 평가 방법은 설문, 문서검토, 경영진 인터뷰, 담당자 면담, 관찰, 등의 방법이 사용되는데, 포커스그룹 면담을 통해 안전문화와 관련된 직원들의 태도와 행동을 평가한다. 포커스그룹 면담은 각 분야별 안전문화 검사자가 그룹 당 2명이 지정되어 시행하고 개별 면담결과들의 내용을 종합해서 매일 회의를 통해 그룹 간의 평가의 일관성을 유지시킨다. 또한 안전문화 그룹 외 타 그룹 검사 팀원들이 수행한 면담, 관찰 등의 결과가 안전문화 평가의 입력 자료로도 활용된다. 이러한 NRC 안전문화 평가에는 관련 교육을 이수한 안전문화 평가자 자격을 갖춘 사람만이 참여할 수 있도록 되어있다.

**2.3 미국원자력발전협회(INPO)의 안전문화 평가**

INPO는 1979년 Three Mile Island 2호기 사고이후 발족되었으며, 유사사고 발생우려에 대처하기 위해 설립된 회원사 회비로 운영되는 비영리단체이다. INPO는 Davis-Besse 사고이후 안전문화 증진을 위해 2004년 ‘강한 원자력 안전문화 원칙<sup>4)</sup>: Principles for a Strong Nuclear Safety Culture’ 을 개발하고 이를 전 원전에 적용하였다. 즉, INPO는 원전의 매 연료주기마다 원자력안전문화 자체평가를 실시하는 것을 의무화함으로써 원전은 정한 주기(1회/2년)에 따라 정기적으로 안전문화 자체평가를 수행하고 있다. INPO의 안전문화 평가팀은 리더를 포함한 최소 13명(팀 리더 1명(외

**Mid Level Manager Questions**

Rating*	Attributes	Principle 1. Everyone is personally responsible for nuclear safety.
	P1a N2 N10 N13	Are the reporting relationships, (lines of authority) for nuclear safety sufficiently defined and communicated? Please explain with examples.
	P1b N2 N9 N10 N11 N13	Is there a corporate policy related to a vision or mission statement that addresses nuclear safety? Please explain with examples.
	P1b N2 N9 N10 N11 N13	Has corporate come forward using a policy that states clear priorities regarding Nuclear Safety and Production? Please explain with examples.

\* positive(+), neutral(0), negative(-)

**Fig. 4.** INPO Safety Culture Interview sheet<sup>5)</sup>

부 사업자), 팀 관리자 1명(외부 사업자), 외부 평가자 4명, 내부 평가자 4명, Host peer 1명, Admin 1명)으로 구성되며 평가는 1주일간 수행된다. 평가는 사전 문서 검토, 사전 설문, 인터뷰 및 관찰(2인 1조로 수행), 팀 평가 등의 프로세스로 진행된다. 안전문화 평가팀은 일반적으로 60명의 개인 혹은 소그룹 인터뷰, 10~15회의 발전소 회의 참석, 10~12회의 현장 참관 등을 수행한다. 인터뷰 그룹별 질문문항은 별도로 개발되어 있으며, 각 평가자들의 결과는 긍정(+), 중립(0), 부정(-)으로 등급이 매겨지고 이에 대한 근거를 면담자가 Fig. 4와 같은 면담시트에 기록한다. 평가결과는 운영개선 프로그램(CAP)에 입력되고 발전소 중

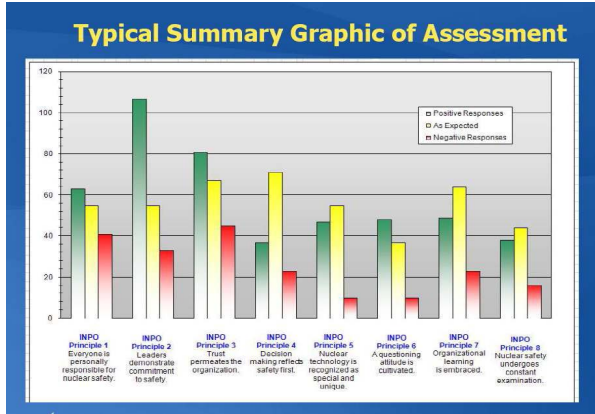


Fig. 5. INPO Safety Culture Assessment(ex)

사자들에게 공유된다. 팀 리더는 산업계 워크샵 훈련 및 평가자의 경험을 보유해야하며, 평가자는 인터뷰 기술 훈련 혹은 평가 경험을 보유하여야 한다. INPO의 이러한 자체평가 방법론<sup>5)</sup>은 IAEA의 규범적 분석(Normative Analysis)과 동일한 접근법이나 평가 결과를 계량화함으로써 Fig. 5와 같이 발전소의 종합결론 도출이 용이하다. 평가보고서에는 요약문, 설문 및 인터뷰 결과, 권고 및 개선사항 등이 포함된다.

2.4 한국원자력안전기술원(KINS)의 안전문화 평가

KINS는 안전문화 규제감독을 3가지 접근법<sup>6)</sup>(Fig. 6)으로 설정하고 있다. 첫째, 취약점 원인분석에 의한 안전문화 개선이다. 이러한 접근은 각종 방벽에서 드러난 혹은 내재되어 있는 취약점의 원인이 안전문화의 어느 부분과 관계되는지 파악하고 안전문화 차원에서 개선할 부분을 조치하는 것을 표현하고 있다. 즉, 발전소의 성능 저하 혹은 업무 미비점에 대해 안전문화 원인을 분석하여 안전문화 측면의 취약점을 밝혀내고 이에 대해 시정을 요구하는 접근법이다. 둘째, 규범적 평가를 통한 안전문화 증진이다. 안전문화에 대한 규범적 모델을 출발점으로 하여 안전문화의 핵심적인 사항을 향상시키는 활동을 표현한다. 이는 안전문화에 대해 규범적 모델을 사업자에 제시하고 사업자는 이를 기반으로 안전문화 자체평가를 실시하면 규제기관이 평가의 적절성, 시정조치 계획의 적합성 등을 검토하는 접근법이다. 주기적안전성평가(PSR: Periodic Safety Review) 제도에 따라 각 원전에서 안전문화를 평가하고 규제기관이 검토하여 안전성 증진 사항을 확인하는 것이 여기에 해당된다. 셋째, 안전문화 지표의 활용이다. 이는 발전소 시설, 운영, 조직 등

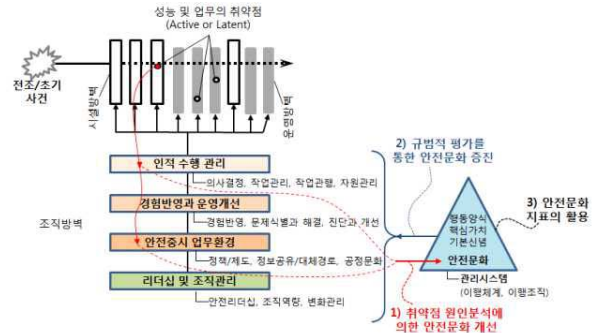


Fig. 6. KINS Safety Culture Regulatory Approach<sup>6)</sup>

의 영역에서 측정할 수 있는 지표들을 뽑아내고 이 지표들을 통해서 평가 및 점검하는 것을 나타낸다. 안전문화 특성과 관련성이 높은 지표를 설정하여 이를 관찰 및 평가하는 것으로 지표값이 저하되는 경우 안전문화 점검을 수행하는 접근법이다. 규제기관에서는 원전의 안전문화 저하경향을 초기에 파악하기 위해 문제점 잠복기간, 안전건의 누락횟수 등 2가지 지표를 선정하여 안전문화 저하경향 평가방법론을 개발하였다. 그러나 안전문화 지표가 발전소의 안전문화 전체 수준을 대표할 수 있는 것이 아니며, 지표의 변별력, 지표에 따른 발전소 업무의 왜곡현상 등이 발생할 수도 있다. 2003년 국내에서 안전문화 지표가 시범 적용되기도 하였으나 국내 실정에 맞지 않아 사업자가 자발적으로 활용하는 것으로 전환된 사례가 있었다.

KINS의 안전문화 평가방법론은 두 번째 접근방법인 규범적 평가가 이에 해당되는데, 이는 사업자의 안전문화 자체평가를 검토하는 접근법이다. 그러나 사업자의 안전문화 자체평가 주기가 일반적으로 1-2년이므로 즉각적인 대응과 시정에 한계가 있고, 주기적안전성평가(PSR)에서의 안전문화 평가는 장기간 조직거동의 관점에서 변화를 확인하는 데 사용할 수 있으나, 현장에서 발생하는 다양한 안전문화 증상을 지속적으로 관찰, 분석하여 경향적 문제점을 도출하지 못하는 한계를 지니고 있다. 이와 별도로 KINS는 규범적 평가를 위해 독립적인 안전문화 평가방법론을 개발하였는데, 이는 국제적으로 안전문화 평가 모델로 인정받고 있는 Patrick Hudson 교수의 안전문화 발전모델<sup>7)</sup>(Safety Culture Maturity Model)을 검토하여 발전시킨 것이다. 발전소의 안전문화에서 심각한 결여가 나타났을 경우 일차적으로 사업자의 자체평가, 원인분석, 시정조치를 수행토록 하고 그 결과에 따라 규제기

관의 독립적인 평가가 필요하다고 판단될 경우, 심층 점검을 위하여 국내 안전문화 독립평가 방법론을 개발하였다. 국내 안전문화 독립평가 발전모델은 국내 원전 조직의 안전문화 취약점과 조직을 구성하는 계층을 고려하여 4 단계로 구성하였으며, 안전문화 발전 단계별로 조직을 구성하는 계층별로 구성원들(경영진, 상위관리자, 중간관리자, 일반직원)의 특성을 정의하고, 매트릭스 모델을 이용하여 구성요소별 특성을 개발하였다. 독립평가 방법론은 안전문화 구성요소에 대해 조직의 속성을 파악하여 평가하는 것이 핵심적인 과정으로, 조직을 대표할 수 있는 그룹(Focus Group)을 선별하고, Focus Group에 대한 인터뷰를 통해 안전문화의 각 분야별 속성을 파악하는데 주안점을 둔다. 서류검토와 설문조사 결과는 인터뷰를 통해 평가한 결과와 상호 비교하여 인터뷰 결과를 보완하기 위한 수단으로 사용한다.

### 3. 국내·외 안전문화 취약요소 평가 방법론

#### 3.1 항공분야 사건별 안전문화 취약요소 평가 (HFACS<sup>8)</sup>)

HFACS(The Human Factors Analysis and Classification System)는 Shappell과 Wiegmann에 의해서 Reason의 스위스 치즈모델(Fig. 7)을 기초로 하여 인적요인의 분류체계가 구체적으로 제안되었으며, 미 해군과 해병대의 항공사고 데이터를 사용하여 인적요인 중심의 사고분석 시스템으로 개발되었다. HFACS는 Reason의 스위스치즈모델을 기반으로 인적오류를 다음의 네가지 단계(이들은 각자 다음단계에 영향을 미침)로 제안하고 있다. 승무원, 조직요인들을 포함한 시스템의 인적오류를 네 가지 실수단계인 ①불안전한 행위(Unsafe Acts), ②불안전한 행위의 전제조건(Precondition), ③불안전한 감독(Unsafe Supervision), ④조직의 영향(Organizational Influence)으로 구분하고 있다. 항공관련 기관에서는 오래전부터 Human Factor의 영향에 지속적으로 관심을 가져왔으며, 공군은 인적오류 부분에서부터 조직의 문제에 이르기까지 사고의 원인을 다각적이고 체계적으로 파악할 수 있게 하는 접근법으로 유용한 HFACS(Human Factors Analysis and Classification System)을 활용하여 조직 문화를 조사하고 있다. 공군은 일찍부터 안전관리의 중요성을 인식하고 공군 내에 안전을 보장하기 위한 전담조직

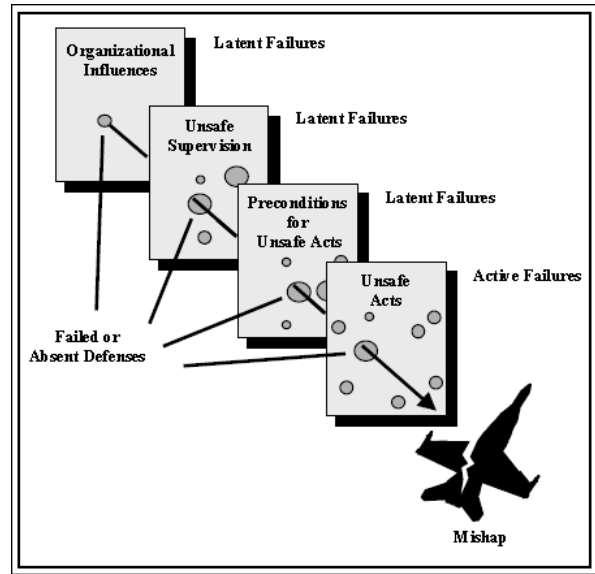


Fig. 7. The “Swiss cheese” model of human error causation(adapted from Reason, 1990)

인 공군 항공안전관리단(이하“항안단”)을 두고 있다. 항안단의 안전관리 활동은 크게 안전실사 활동, 안전교육 활동, 사고조사 활동의 3가지로 분류되는데, 이 중 사고조사 활동을 위해 항안단은 항공사고 전문가들로 구성된 비행안전조사실을 두고 과학적 조사를 바탕으로 사고의 원인을 밝혀내고 이를 토대로 유사 사고의 재발을 예방하는 역할을 수행 하고 있다. 과학적인 조사체계를 마련하기 위해 비행자로 분석 체계와 사고현장 재구성 소프트웨어 개발, 조사관의 능력 증진을 위한 연구활동을 지속적으로 수행하고 있으며 인적요인 항공기 사고의 체계적인 분석 및 표준화를 위해서 사고원인분석 분류체계를 도입·적용하고 있다.

이중 안전문화와 관련된 요인은 불안정한 감독과 조직의 영향으로 불안정한 감독(Unsafe Supervision)은 부적절한 감독(Inadequate Supervision), 잘못된 계획된 운영(Planned Inappropriate Operations), 문제점 수정 실패(Failure to Correct Problem), 감독 위반(Supervisory Violations) 등의 세부 요인들로 구분된다. 또한, 상위관리자들의 부적절한 의사결정은 관리자 자신의 감독업무, 운영자의 상태와 업무수행 등에 직접적인 영향을 주는데, 이러한 조직의 영향(Organizational Influences)은 주로 조직 내의 잠재된 문제와 관련되며, 자원의 관리(Resource Management), 조직풍토(Organization Climate), 조직 과정(Organizational

Process) 등의 세부 요인들로 구성되어 있다. 그러나 HFACS는 포괄적이어서 해당 분야와 조직의 구체적인 면이 분석이 되지 않아 운항과 관제분야 등의 전문적인 직능으로 세분화된 도구가 요구된다. 또한, 사고나 준사고 등의 사례를 코딩할 때에 항공사마다 기준이 달라서 이에 대한 표준화가 선행되어야 분석 결과의 신뢰도를 높일 수 있으며, 사고와 준사고 분석에만 적용할 경우 수집되는 데이터량이 많지 않아 한두 가지의 요소들로 인해 결과가 왜곡될 수 있다는 점은 HFACS가 개선되어야 할 부분이다.

### 3.2 독일원전 사건별 안전문화 취약요소 평가 (EBSCA<sup>9)</sup>)

독일 원전의 안전문화 평가를 위한 요건 개발(Development of Practical Criteria for Safety Culture Assessment in German Nuclear Power Plant) 프로젝트의 일환으로 EBSCA(Event Based Safety Culture Analysis) 방법론이 2001년에 개발되었으며, 정부, 연구기관, 사업자의 전문가가 참여하였다. 본 방법론은 원전같은 복잡시스템에서는 사건의 근본원인 혹은 이의 발생이 안전문화 결점의 징후를 보여준다는 가정을 기반으로 한다. 본 방법론을 위해 조직과 관리상

결점을 확인하기 위한 특별한 분석절차와 코딩시스템이 개발되었다. 단일 사건의 단일 기본원인에 대한 분석이 감사의 핵심이며, 실패 원인들과 관련된 조직 및 관리요소들을 확인하는 것에 목적이 있다. 이 목적을 위해 다른 단일 원인들을 포함하는 복잡 원인들이 정의된다. 이러한 복잡 원인은 그것들의 빈도를 기반으로 분류되고 정량화된다. 조직과 관리요소들의 결합은 발생 가능한 약점과 관련하여 결정될 수 있다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 분석절차는 첫째, 조직 및 관리요소들을 기준으로 조사해야 하는 이벤트들을 선정(예: 발전소 운영동안 안전에 중요한 일련의 이벤트들)한다. 둘째, 가용하고 접근 가능한 데이터들을 수집하여 분석한다. 셋째, 근원적인 원인들의 분류를 위해 발전소 전문가들에 대한 상세 인터뷰와 이벤트들에 대한 배경 정보를 취득한다. 넷째, 사전에 규정된 복잡 원인(이것들은 조직과 관리 영향에 대한 징후를 제공)을 기준으로 원인들을 평가하고 분류한다. 다섯째, 복잡원인과의 관련성을 검토하고 전문가가 등급을 평가한다. 여섯째, 확인된 복잡원인의 빈도와 유형을 요약하고 결과 빈도분포를 도식화한다. 일곱째, 조직 및 관리 결점들(안전문화)의 징후와 추이 혹은 발생 가능한 외부요인들과 같은 결과를 요약한다.

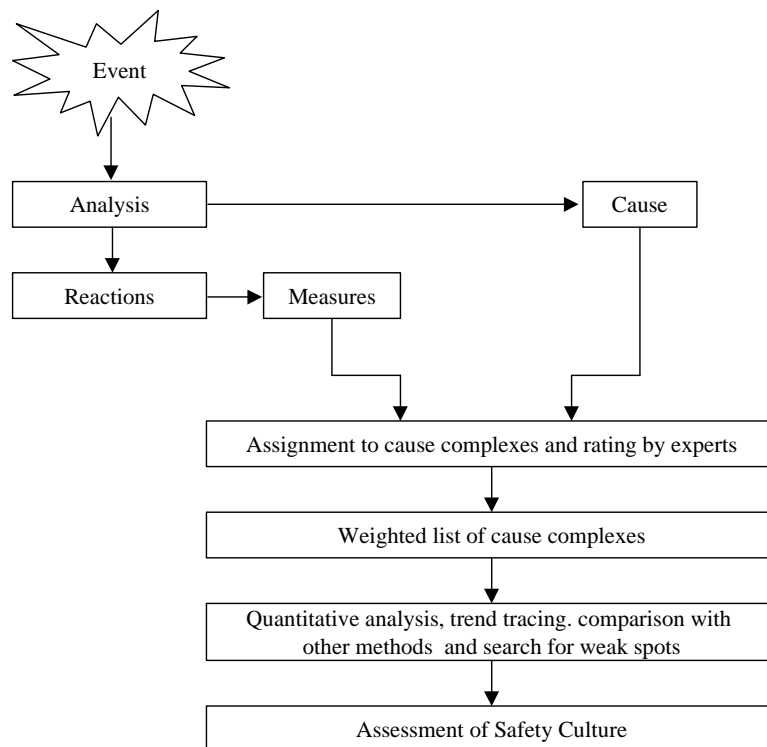


Fig. 8. Event-oriented assessment of safety culture<sup>9)</sup>

### 3.3 KINS의 사건별 안전문화 취약요소 평가 (HuRAM+<sup>6)</sup>)

KINS 안전문화 규제감독의 3가지 접근법 중 첫 번째인 취약점 원인분석에 의한 안전문화 개선은 발전소에서 문제점 혹은 성능저하가 발생하였을 경우에 안전문화 취약점을 분석하고 시정을 요구하기 위한 접근법이다. KINS는 원전에서 발생한 문제점에 대한 안전문화 원인을 분석하기 위해 HuRAM+(Human Related Event Root Cause Analysis Method Plus)를 활용하여 안전문화 원인분석을 수행한다. 사건조사 과정에서 Table 2와 같은 안전문화 구성요소의 원인항목 분류 체계에 따라 사건의 원인을 분석한다. 사건의 경우 한 개 이상의 원인이 도출될 수 있으며, 각각의 원인에 대한 안전문화 원인분석을 수행하여 모든 안전문화

구성요소를 확인하는 것을 원칙으로 한다.

KINS 검사결과에 대한 원인분석의 경우 검사결과인 지적 및 권고사항에 대하여 가장 연계성 있는 한 가지 안전문화 구성요소를 확인하는 것을 원칙으로 하며, 현장에서 쉽게 활용할 수 있도록 근본원인 분석 기법 중 사건의 발생 및 진행과 관련된 정보와 미리 작성된 수목(Tree)을 통해 원인을 찾아내는 기법인 Predefined Tree를 기반으로 한다. Fig. 9는 KINS의 검사결과인 지적 및 권고사항에 대한 안전문화 원인 분석을 수행하기 위한 체계를 나타내며 총 4단계로 진행된다. 첫 번째 단계에서는 지적 및 권고사항에서의 발견된 문제점에 대한 시스템적 접근(Systemic Approach)을 위하여 인간(I: Individual), 기술(T: Technology), 조직(O: Organization)간 상호작용과 관련이 있는지 확인한다. 두 번째 단계에서는 관련 내용이 사전 예방 혹은 조치가 불가능하였으면 안전문화 원인 분석이 종료되고, 만약 가능하였다면 가장 관련성이 많은 안전문화 구성요소 선정단계인 세 번째 단계로 구성된다. 세 번째 단계에서는 해당질문을 통해 문제점을 인적수행관리(HP), 경험반영운영개선(MI), 안전중시업무환경(SCWE), 리더십 및 조직관리(L&OC)의 안전문화 구성요소 분야를 결정한다. 해당 문제가 인간과 기술적인 문제(I-T)로 현장 작업 혹은 작업자와 관련이 있으면 인적수행관리(HP) 분야, 기술과 조직적인 문제(T-O)로 미지의 잠복 중 혹은 해결중인 오류와 관련이 되어 있으면 경험반영 운영개선(MI) 분야로 선정한다. 또한 인간과 조직적 문제(I-O)로 알고 있었지만 표면화되지 않고 공유되지 않은 것이면 안전중시업무환경(SCWE) 분야, 인간·기술·조직적 문제(ITO)로 관행 및 구조상 해결하지 못하는 부분과 연계되어 있으면 리더십 및 조직관리(L&OC) 분야로 결정한다. 네 번째 단계에서는 각 분야에 해당하는 안전문화 구성요소 항목에서 관련된 1개 항목을 선정한다. 예를 들면, 발생한 문제가 인적수행 관리분야에 해당한다면 의사결정, 작업관리, 작업관행, 자원관리 중 관련 있는 1가지 구성요소 선정하게 된다. 그러나 안전문화의 특성상 안전문화 구성요소는 각 항목들 간 상호연관성이 있기 때문에 이 선정단계에서 안전문화 문제의 원인으로 다중 항목이 선정될 수 있다. 따라서 최종적으로 선정된 항목 중에서 가장 관련성이 많은 1개 항목을 결정한다.

Table 2. HuRAM+ Safety Culture Component

원인그룹	주원인항목
인적 수행관리	의사결정
	작업관리
	작업관행
	자원관리
경험반영과 운영개선	운전경험반영
	문제 식별과 해결
	진단과 개선
안전중시 업무환경	종사자 보호
	정보공유와 대체경로
	공정문화
리더십 및 조직관리	안전 리더십
	조직역량
	변화관리
안전문화관리 시스템	시스템구축
	이행조직
	이행체계



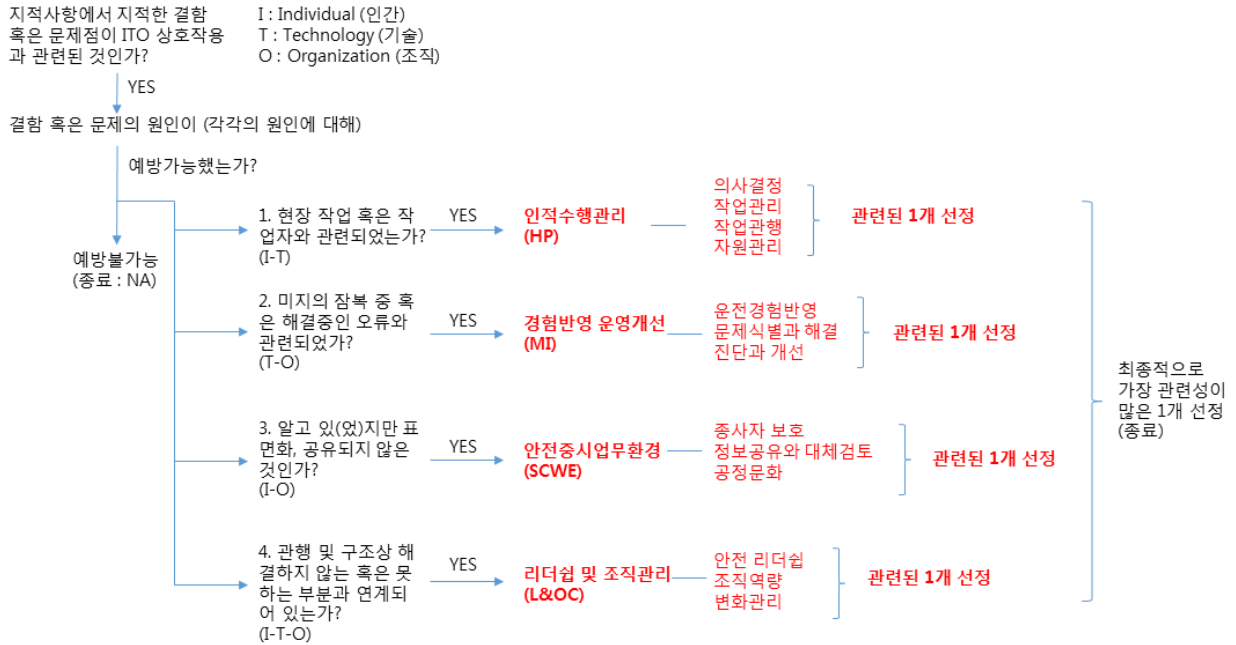


Fig. 9. Safety Culture Cause Analysis Process<sup>6)</sup>

3.4. 미국원전의 사건별 안전문화 취약요소 평가

3.4.1 NRC 안전문화 규제감독 체계

NRC는 2011년 안전문화 정책성명 공표이후, INPO, NEI 등 유관기관과 함께 안전문화 관련 공통용어를 정립하는 작업을 진행하여, 2013년에는 규제자 및 사업자간의 공통 용어를 정립한 10개 안전문화 특징 (Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture, INPO 12-012)<sup>10)</sup>을 공동 발행하였다. 이 작업을 통해 규제기관 및 사업자는 통일된 안전문화 구성요소를 구축하였으며, 일관성 있는 평가기준을 마련하였다. NRC는 2006년부터 모든 검사결과에 대해 안전문화의 공통현안 측면(CCA: cross-cutting aspect)을 부여(assign)하고 반기 평가기간 동안 반복적으로 동일한 CCA가 발생할 경우 공통현안 주제(cross-cutting theme)로 분류하고 사업자의 적절한 개선조치가 없을 경우 실질 공통현안 이슈(SCCI: Substantive cross-cutting issue)로 선정하여 관리한다. 즉, NRC는 2015년 12월부터 인적 성능(Human Performance), 문제식별 및 해결(PI&R) 분야에서 공통현안 주제가 6개 이상이 선정되면 사업자에게 개선을 요구하게 되는데, CCA 부여의 일관성을 위해 검사원의 판단에 대한 상급자의 검토 과정을 운영하고 있다. 2014년 검사 매뉴얼(IMC 310, Aspects within the Cross-Cutting Areas)<sup>11)</sup>을 발간함으로써 가동 원전 평가프로그램(IMC 305, Operating Reactor Asse-

Table 3. Cross-reference from NRC Common Language Attributes to New Cross-Cutting Aspects

Common Language Attribute	New Cross-Cutting Aspect	Common Language Attribute	New Cross-Cutting Aspect
LA.1	H.1	CL.1	P.5
LA.2	H.2	CL.2	P.6
LA.3	X.1	CL.3	X.8
LA.4	X.2	CL.4	H.9
LA.5	H.3	RC.1	S.1
LA.6	X.3	RC.2	S.2
LA.7	X.4	CO.1	X.9
LA.8	X.5	CO.2	H.10
PI.1	P.1	CO.3	S.3
PI.2	P.2	CO.4	X.10
PI.3	P.3	QA.2	H.11
PI.4	P.4	QA.3	X.11
PA.1	X.6	QA.4	H.12
PA.2	X.7	DM.1	H.13
PA.3	H.4	DM.2	H.14
WP.1	H.5	DM.3	X.12
WP.2	H.6		
WP.3	H.7		
WP.4	H.8		

ssment Program)에 의해 평가된 성능결함의 근본원인과 관련된 안전문화 공통현안 측면(cross-cutting aspects)을 사업자가 평가할 수 있도록 하였다. 이에 따라 미국 원전 운영사는 원전에서 문제점 혹은 사건이 발생하였을 경우, 근본원인을 분석하고 IMC 310에 따라 안전문화 취약요소를 평가하고 있다. 검사매뉴얼(IMC-310)에는 안전문화 공통용어(Safety Culture Common Language, NUREG-2165)<sup>12)</sup>를 기준으로 ROP의 공통현안 영역과 연계한 안전문화 평가코드(Table 3)가 제공되며, 이 평가코드는 INPO가 발간한 안전문화 특징(Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture, INPO 12-012)과도 연계가 되어 있다.

### 3.4.2 미국 원전의 안전문화 취약요소 평가

미국 원전의 근본원인 분석절차<sup>14)15)16)17)</sup>는 문제점(사건)이 발생하면 사실 조사와 결과 분석을 토대로 근본원인 분석과 검증을 수행하고 시정조치 계획을 수립하는 단계로 구성되어 있다. 근본원인 분석을 위해 운전경험(Operating experience), 원인평가, 상태해당범위(EOC, Extent of condition), 원인해당범위(EOCa, Extent of cause) 및 안전문화를 검토하고 그 결과들을 시정조치 계획 수립에 반영한다. 운전경험 검토는 본 사건과의 관련성과 본 평가대상 사건을 미연에 방지할 수 있는 기회로서 작용하였을 만한 중요 운전경험에 대한 검토 결과를 기술하고, 원인평가는 산업계에서 일반적으로 사용되는 분석기법인 E&CF 차트 작성, 방벽분석(Barrier Analysis), 기기실패 평가(Equipment Failure Evaluation), 타임분석(Comparative Timeline), 실패수목도분석(Fault Tree Analysis), 인적성능평가(Human Performance Evaluation), WHY Tree 분석, 고장모드분석(Failure Modes Analysis) 및 조직/프로그램 분석(Organizational and Programmatic Analysis) 등 각기 사건의 상황에 맞는 다양한 분석기법을 활용하여 수행한다. 상태해당범위 검토에서는 대상 문제점을 여타 설비나 절차서, 프로세스, 조직으로 어떻게 확장하여야 하는지를 설명하고 해당 상태가 기존에 존재하고 있으나 유해 영향이 발생하지 않은 곳을 파악하는 데 초점을 둔다. 원인해당범위 검토에서는 파악된 원인(원인분석의 결론)이 여타 설비나 절차서, 프로세스, 조직에 존재하는지 여부를 설명하고 문제점의 원인을 시정하여 향후 상태가 존재하지 않도록 방지하는데 초점을 둔다. 안전문화 평가는 조사된 근본 또는 기여원인이 INPO 12-012(Traits of a Healthy

Nuclear Safety Culture)<sup>10)</sup>의 40개 안전문화 속성과 연계하여 조직의 취약점을 찾아내고 개선을 위한 조치사항을 수립하기 위한 것으로 모든 근본원인 분석 수행과정에서 수행된다. 근본 및 기여원인과 관련된 안전문화 취약요소 평가는 INPO 12-012의 안전문화 속성을 기준으로 수행하되 NRC IMC-310(Aspects within the Cross-Cutting Areas)의 35개 안전문화 속성과 연계하여 평가한다. 사업자에 따라 INPO 15-005 (Leadership and Team Effectiveness Attributes)<sup>13)</sup>을 기준으로 리더십 및 팀 효과성을 평가하기도 한다. 안전문화 취약요소에 대한 평가는 2가지 단계에 걸쳐 수행된다. 원인을 파악하는 분석 과정에서 안전문화 취약요소들을 최초로 검토하고, 원인 판정 이후 해당 취약요소들을 검토함으로써 원인예의 적용 여부를 판정한다. 안전문화 취약요소에 대한 평가는 템플릿을 활용하여 수행하는데, 근본원인이나 중요 기여원인으로 판정된 취약요소는 템플릿의 “적용 여부”란에 “예”로 표기한다. 안전문화 요소들 중 근본원인이나 중요 기여원인이 될 수 있는 수준에 달하지 못한 것들은 “적용 여부”란에 “예”로 표기함과 동시에, “분석/영향”란에는 “취약점”으로 기입하고 추가 조치가 필요한지 여부는 결론의 근거란에 기술한다. 안전문화 취약요소는 근본원인의 시정조치와 연계하여 계획을 수립한다.

## 4. 사건별 안전문화 취약요소 평가방법 비교

각 나라별 안전문화 원인분석 방법론을 검토한 결과 유럽원전에서 주로 사용되고 있는 IAEA의 안전문화 평가방법인 ISCA(Independent Safety Culture Assessment)<sup>1)</sup>와 미국 원전에서 사용되고 있는 안전문화 평가방법인 NSCA(Nuclear Safety Culture Assessment)<sup>5)</sup>은 사용되는 기법에 차이가 있지만 기본적인 접근 방식은 규범적 분석(Normative Analysis)을 통해 평상시 원전의 종사자들의 안전문화 인식을 모니터링하고 개선사항을 도출하는 것으로 본 보고서에서 검토하고자 하는 사건별 안전문화 취약요소 평가 방법과는 거리가 있다. 항공산업계에서 주로 사용되고 있는 HFACS와 EBSCA가 사건별 안전문화 취약요소를 평가하는 방법이라 할 수 있으나 HFACS의 경우는 주로 인적오류분야에 치중되어 있고 구체적인 방법론 제시보다는 원인분류 체계만을 규정하고 있다. EBSCA의 경우에는 개략적인 프로세스는 기술되어 있으나

**Table 4.** Comparison of Safety Culture Evaluation Methods among US nuclear power plants<sup>(4)(15)(16)(17)</sup>

운영사 항목	A 사	B 사	C 사	D 사
기준절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>•근본원인평가 절차</li> <li>•안전문화 추세 코드</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•근본원인평가 절차</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•근본원인평가 절차</li> <li>•안전문화 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•근본원인평가 절차</li> </ul>
안전문화 평가요소	<ul style="list-style-type: none"> <li>•INPO 12-012 (Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture)</li> <li>•NRC IMC-310 (Aspects within the Cross-Cutting Areas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•INPO 12-012 (Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture)</li> <li>•INPO 15-005 (Leadership and Team Effectiveness Attributes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NRC IMC-310 (Aspects within the Cross-Cutting Areas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•NRC IMC-310 (Aspects within the Cross-Cutting Areas)</li> </ul>
안전문화 분석방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>•원인 분석 과정에서 안전문화양상(safety culture aspects)을 검토</li> <li>•근본원인/기여원인과 관련된 안전문화 추세 코드 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•분석된 근본원인 및 기여원인이 긍정적 안전문화 요소와의 일치성 여부를 검토 →검토단계 (만족, 약화, 중요기여, 근본원인)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•원인 분석과정 에서 안전문화 측면(safety culture aspects)을 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>근본원인, 문제점 및 안전문화요소 간 관계를 검토</li> </ul>
시정조치	<ul style="list-style-type: none"> <li>•근본원인의 시정조치와 연계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•근본원인의 시정조치와 연계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•근본원인의 시정조치와 연계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•근본원인의 시정조치와 연계</li> </ul>

구체적인 원인분류 코드가 규정되어 있지 않다. 따라서 미국 원전 운영사별 근본원인 분석절차에 따른 안전문화 취약요소 평가사례를 중심으로 사건별 안전문화 취약요소 평가방법을 비교 검토하였으며, 이를 기반으로 사건별 안전문화 취약요소 평가방법론을 정립하였다. 미국 원전 운영사는 3.4.1항에 기술한 바와 같이 원전에서의 사건 혹은 문제점에 대한 근본원인 분석 시 NRC의 IMC-310(Aspects within the Cross-Cutting Areas)에 따라서 안전문화를 평가하고 있다. 각 원전 운영사별 평가 기법과 양식은 상이하지만 안전문화 취약요소 평가기준은 동일하며 평가된 결과는 근본원인의 시정조치와 연계되고 이는 안전문화 추세 코드로 입력되어 경향분석에 활용되고 있다.

### 5. 사건별 안전문화 취약요소 평가방법론 정립

본 논문에서 정립하고자 하는 사건별 안전문화 취약요소 평가 방법론은 원전에서 발생한 문제점(혹은 사건)에 대한 안전문화 취약요소를 평가하고 이와 연계된 시정조치 계획을 수립하는 것을 목적으로 한다. 따라서 안전문화 취약요소의 평가는 중요도 1등급에 해당하는 사건이 발생하고 근본원인 분석의 수행이 요구될 경우 근본원인 및 기여원인에 영향을 미친 안전문화 취약요소를 평가하기 위해 수행된다. 근본원인

분석 수행결과 평가된 원인들이 어떤 안전문화 요소와도 관련이 없다면 사건 발생에 기여한 안전문화 취약요소 평가는 수행하지 않는다. 안전문화 취약요소 평가는 한수원의 안전문화 모델<sup>8)</sup>(8원칙, 32속성)을 기준으로 수행하고, 안전문화 속성별 기대행동을 참조한다. 안전문화 취약요소 평가결과 입력 및 경향분석을 위한 상세코드는 다음 표와 같다.

안전문화 취약요소 평가는 첫째, 사건의 근본원인 및 기여원인 파악, 둘째, 안전문화 취약요소 평가, 셋째, 평가결과 종합, 넷째, 원인 기여 가중치 설정, 다섯째, 결과 보고서 작성의 5단계로 구성된다. “사건의 근본원인 및 기여원인 파악”에서는 특정 사건에 대한 안전문화 취약요소를 평가하기 위해 발생한 사건에 대한 기본 내용(발전소, 발생일, 사건개요 등) 등을 문서 검토 혹은 면담 등을 통해 면밀히 파악한다. 파악된 내용들을 기반으로 사건 분야(인적, 관리, 기기)를 구분하고, 결정된 사건의 직접, 근본, 기여원인 등을 작성한다. “안전문화 취약요소 평가”에서는 사건의 최종 확정된 근본(기여)원인에 대해 안전문화 원칙 중 어떤 취약요소가 영향을 미쳤는지 적절히 고려하여 평가한다. 즉, 사건의 근본원인(혹은 기여원인)이 안전문화 8 원칙 중 어떤 요소가 약화되어 영향을 받았는지 검토하고, 안전문화 상세분석 템플릿에 입력한다.

Table 5. KHNP Safety Culture Code

원칙/속성	코드	원칙/속성	코드
<b>K1</b>	<b>Personal Accountability (PA)</b>	<b>K5</b>	<b>Work Process (WP)</b>
K1A	PA1	K5A	WP1
K1B	PA2	K5B	WP2
K1C	PA3	K5C	WP3
K1D	PA4	K5D	WP4
<b>K2</b>	<b>Leaders Actions (LA)</b>	<b>K6</b>	<b>Questioning Attitude (QA)</b>
K2A	LA1	K6A	QA1
K2B	LA2	K6B	QA2
K2C	LA3	K6C	QA3
K2D	LA4	K6D	QA4
<b>K3</b>	<b>Trust (TR)</b>	<b>K7</b>	<b>Continuous Learning (CL)</b>
K3A	TR1	K7A	CL1
K3B	TR2	K7B	CL2
K3C	TR3	K7C	CL3
K3D	TR4	K7D	CL4
<b>K4</b>	<b>Decision Making(DM)</b>	<b>K8</b>	<b>Constant Examination(CE)</b>
K4A	DM1	K8A	CE1
K4B	DM2	K8B	CE2
K4C	DM3	K8C	CE3
K4D	DM4	K8D	CE4

이때 평가된 안전문화 취약요소에 대한 판단근거(배경 또는 사유)를 작성하되, 필요시 면담이나 현장조사를 실시한다. 또한 확인된 안전문화 취약요소(혹은 현안)를 개선할 수 있는 시정조치 계획을 수립한다. “평가 결과 종합”에서는 사건의 각 원인별 안전문화 취약요소, 안전문화 코드, 평가 결과를 종합하여 작성한다. “원인기여 가중치 설정”에서는 사건 발생에 영향을 미친 안전문화 취약요소가 2개 이상으로 평가되었을 경우, AHP(Analytic Hierarchy Process)<sup>19)</sup> 방법을 이용하여 2명 이상의 전문가가 가중치를 평가하여 입력한다.

평가자들의 평가결과에 대한 일관성은 일치성지수 (CI, Consistency Index)를 통해 신뢰성을 확보하며, 평가자들의 가중치 분석결과는 각각의 평균값을 적용한다. 사건에 대한 안전문화 취약요소의 가중치 평가

결과는 동일 사건내에서는 의미있는 값을 가지지만 여러 사건들 간 비교에서는 활용할 수 없다. 이는 A 사건에서 평가된 단일 취약요소 X(1)의 값이, B 사건에서 평가된 취약요소 Y<sub>1</sub>(0.6), Y<sub>2</sub>(0.4)의 값보다 크다고 해서 취약요소 X가 Y<sub>1</sub> 및 Y<sub>2</sub>보다 크거나 중요한 의미가 아니기 때문이다.

$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

λ = 고유치 평균 = (가중치곱/가중치)의 평균  
n = 행렬의 크기

일관성 지표 계산 결과 : 0.1 이하이면 일관성이 있음  
“결과보고서 작성”에서는 그동안 수행된 안전문화 취약요소 평가결과 및 상세코드를 정리하여 근본원인 분석보고서와 별도로 작성하고 안전문화 경향분석 코드에 입력하여 향후 활용한다.

## 6. 결 론

사건별 안전문화 취약요소 평가 방법론은 원전에서 발생한 문제점(혹은 사건)에 대한 안전문화 취약요소를 평가하고 이와 연계된 시정조치 계획을 수립하는 것을 목적으로 한다. 현재 국외 원자력산업계(IAEA, INPO)에서 일반적으로 활용되고 있는 안전문화 평가 방법론은 문서검토, 설문, 면담 및 관찰 등의 방법을 이용한 규범적 관점 평가 수행이다. 즉, 해당기관의 안전문화 구성요소와 비교하여 평가하고 개선사항을 도출하는 것으로 이는 사건별 안전문화 취약요소 평가 방법과는 차이가 있다. 항공산업계에서 사용되는 HFACS와 독일 원전에서 사용되는 EBSCA가 본 보고서에서 검토하고자 하는 평가 방법론과 유사하였다. 그러나 HFACS는 사고분류 체계만을 규정하고 상세한 평가방법이 없었으며 EBSCA는 평가 프로세스가 기술되어 있으나 구체적인 평가 내용과 예시가 없다. 따라서 사건별 안전문화 취약요소 평가 방법론은 현재 미국 원전에서 근본원인분석 시 수행하는 안전문화 취약요소 평가 사례를 검토하여 국내 실정에 맞게 정립하였다. 본 평가 방법론은 한수원 안전문화 모델을 기준으로 평가되며 평가결과 도출된 안전문화 취약요소는 안전문화 속성별 시정조치 가능분야를 참조하여 해당분야에서 개선 및 시정조치 계획을 수립할 수 있도록 하였다. 현재 미국에서는 규제기관과 사업자가 안전문화 관련 공통용어를 공유하고 있으며 원전 사업자는 이러한 공통용어를 기반으로 NRC가 발간한 검사매뉴얼(IMC 310)에 따라 안전문화 취약요소를 평가하고 있다. 그러나 국내에서는 규제기관과 사업자간 안전문화 공통용어 정립 작업에 대해 논의된 적은 없지만 각 기관별로 공통용어 정립에 대한 필요성은 인식하고 있다. 규제기관에서는 5개 분야 16개 항목의 안전문화 구성요소를, 사업자는 안전문화 8 원칙 및 32개 속성을 각기 운영하면서 안전문화에 대한 규범적 평가를 일관성 있게 유지하는 것은 어렵다. 따라서 향후에는 이러한 공통용어 정립을 위한 활발한 논의가 필요하다.

## References

1. IAEA, 2016, OSART Independent Safety Culture Assessment(ISCA) Guidelines, IAEA Services Series 32, International Atomic Energy Agency, Vienna.
2. IAEA, 2013, REGULATORY OVERSIGHT OF SAFETY CULTURE IN NUCLEAR INSTALLATIONS, IAEA-TECDOC-1707, International Atomic Energy Agency, Vienna.
3. U.S. NRC, 2006, Reactor Oversight Process, NUREG-1649, Rev.4, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
4. INPO, 2009. Principles for a Strong Nuclear Safety Culture, The Institute of Nuclear Power Operations, USA.
5. INPO, 2009. Nuclear Safety Culture Assessment Process Manual: Overview of the NSCA Survey Process Tab C1 Rev.0, The Institute of Nuclear Power Operations, USA.
6. KINS, 2016, Development of Regulatory Infrastructure for the Oversight of Safety Culture, KINS/RR-1134 Vol.6.
7. Patrick Hudson, 1999, Safety Culture-Theory and Practice, RTO HFM workshop on "The Human Factor in System Reliability - Is Human Performance Predictable?", Siena.
8. Shappell, S.A., et al., 2000, The Human Factors Analysis and Classification System—HFACS, DOT/FAA/AM-00/7, U.S. Federal Aviation Administration.
9. Berg H.P., et al., 2001, SAFETY MANAGEMENT AND EVENT-BASED SAFETY CULTURE ASSESSMENT, Berg H.P., Ernst B.
10. INPO, 2013, Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture, INPO 12-012, The Institute of Nuclear Power Operations, USA.
11. U.S. NRC, 2014, ASPECTS WITHIN THE CROSS-CUTTING AREAS, MANUAL CHAPTER 0310, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
12. U.S. NRC, 2014, Safety Culture Common Language, NUREG-2165, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
13. INPO, 2015, Leadership and Team Effectiveness Attributes, INPO 15-005, The Institute of Nuclear Power Operations, USA.
14. WANO, 2016, WANO Event Report, WER ATL 16-0150, World Association of Nuclear Operators.

15. WANO, 2016, WANO Event Report, WER ATL 16-0226, World Association of Nuclear Operators.
16. WANO, 2016, WANO Event Report, WER ATL 16-0349, World Association of Nuclear Operators.
17. WANO, 2016, WANO Event Report, WER ATL 16-0552, World Association of Nuclear Operators.
18. KHNP, 2015, Development of Definition, Attribute and Consumer-Driven Contents of KHNP Nuclear Safety Culture, Technical Report.
19. Thomas L. Saaty., et al., 2008, Group Decision Making: Drawing out and Reconciling Differences, Pittsburgh, Pennsylvania, RWS Publications, ISBN 978-1-888603-08-8.
20. U.S. NRC, 2011, NRC Inspection Manual, Inspection Procedure 95001, U.S. Nuclear Regulatory Commission.