2004 춘계학술발표회 논문집
한국원자력학회

원전 안전문화지표 : 국제 동향과 국내 개발현황

Safety Culture Indicators for NPP : International Trends and Development Status in Korea

최영성 · 고재동 · 최광식 · 정윤형
한국원자력안전기술원
대전광역시 유성구 구성동 19

요 약

최근 해외에서 발생한 사건·사고가 안전문화와 직간접적으로 관련되었다는 지적과 함께 안전문화에 대한 관심이 증가함에 따라, 이의 증진을 위한 효과적인 실천방법의 개발이 요구되고 있다. 그러한 노력의 일환으로 안전문화 수준을 평가하고 취약점을 도출하기 위한 안전문화지표 개발 노력이 경주되고 있다. 본 논문은 안전문화지표에 대한 세계 주요국 규제기관의 입장을 살펴보고, 국내 안전문화지표 개발을 위해 수행한 노력을 소개하며, 향후 개발방향을 제시하였다.

Abstract

Safety culture has been recognized as important to achieve high level of nuclear safety, as several recent events that have occurred in advanced countries were found to have important implications for safety culture. Under the recognition, implementation-focused and practical methods to foster safety culture have become necessary. Development of safety culture indicators for assessing the level of safety culture and identifying some deficiencies is being conducted. This paper examines the regulatory positions of major nuclear power countries on licensee's safety culture, introduces the development status of Korean Safety Culture Indicators and presents its future direction.

1. 개 요

원자력 안전문화의 개념은 1986년 체르노빌 원전사고 이후 원자력 안전에 관한 조직과 종사자 자세의 중요성을 강조하면서 일반산업이 아니라 원자력분야에서 등장하였다. 원전의 안전성 확보에는 발전소 안전설비와 같은 하드웨어 측면, 절차서나 품질활동과 같은 소프트웨어 측면과 더불어 안전문화가 안전성 확보를 위한 기본요소로서 인식되면서 안전문화에 대한 중요성이 부각되어 왔다. 특히, 최근에는 미국 Davis-Besse 원전의 원자로용기 헤드 부식 감시 소홀, 독일 Brunsbüttel 및 Philippsburg 원전의 안전관리 위반 사건, 일본 동경전력의 검사 허위보고 사건 등과 같이 원자력 선진국에서도 안전문화 결여와 관련된 문제점이 발생하고 있어 안전문화에 대한 관심이 더욱 증가하고 있다[1].

원자력 안전문화는 “원자력발전소의 안전문제에 대하여 그 중요성에 상응하는 만큼 우선적으로 관심을 기울이는 개인과 조직의 자세와 품성의 총체”라고 국제원자력기구(IAEA)의 원자력안전자문그룹(INSAG)이 정의하고 있다. 이러한 정의를 시작으로 안전문화에 대한 연구, 실제 현장에의 적용 등이 이루어졌으며 이를 통해 이해의 폭이 넓어지면서 안전문화를 구체화하는 여러 가지 개념들 즉, 안전문화의 구성요소, 3계층 모델, 3단계 발전 개념 등이 개발되어 왔다[2].

그러나 INSAG이 안전문화를 제창한지 15년이 지났지만 아직까지 안전문화를 증진시킬 효과적인 실천방법의 개발이 요구되고 있으며, 실제 원자력 안전성에 미치는 영향을 예상할 수 있는 안전문화지표를 개발·검증하는 일이 주요 과제로 남아 있다. 여기서 안전문화지표란 한 조직에서 안전문화의 수준, 특성 혹은 상태를 살펴보기 위해 설정하는 지표로서 이를 통해 한 조직의 안전문화의 건전성을 파악하고, 취약점이 있을 경우 문제가 발생하기 전에 개선할 수 있도록 하기 위한 것으로 안전문화에 대한 실천방법을 강구하는데 있어 기초자료라고 할 수 있다. 원전안전성능지표와 비교해서 보면, 안전성능지표가 원전의 설비 안전성을 표시하기 위한 한 방편인 것처럼 안전문화지표는 조직의 안전문화 수준을 표시하기 위한 것이며, 안전성능지표가 설비나 기기 성능과 같은 하드웨어 측면을 다루는 반면, 안전문화지표는 절차서 준수와 같은 소프트웨어 측면과 개인과 조직의 의식과 행동과 같은 조직문화적 측면을 표현한다고 이해된다.

안전문화지표는 안전문화라는 정성적, 내면적, 포괄적 개념을 정량화, 객관화, 분석화하는 것이기 때문에 이의 개발 가능성, 활용에 따른 부정적 혹은 긍정적 영향, 규제기관의 개입 필요성 등에 대해 각국마다 다른 입장을 가지고 있다. 본 논문은 이러한 각국의 입장을 살펴보고, 한국적 안전문화지표를 개발하기 위해 수행한 노력을 알리며, 향후 방향을 제시하고자 한다.

2. 안전문화에 대한 해외 주요국의 정책 동향

IAEA의 INSAG이 안전문화를 제창한 초기 얼마동안은 그 개념에 대해 원자력시설 보유국들의 이해수준이 낮았으나 시설이나 설비의 안전성 확보만으로는 기대하는 수준의 원자력 안전이 성취되지 않는다는 인식이 확산됨에 따라 1990년대 후반에 들어서면서 그 이해도와 관심이 높아졌다. 이를 반영하듯, IAEA를 중심으로 안전문화에 대한 국제회의, 기술회의, 워크샵, 교육훈련 등이 수 차례 개최되고 있고, OECD/NEA에서는 각종 회의를 개최하고 보고서를 발간하고 있으며, 여러 선진국들도 이와 관련한 활동을 전개하고 있다. 이러한 활동들은 초창기의 ‘안전문화가 무엇인가’를 가지고 논의하던 때로부터 발전을 거듭하여 이제는 안전문화의 평가와 구체적인 증진계획을 논의하고 있는 단계에 이르고 있다. 그러나 한편으론 사업자의 안전문화에 규제기관이 어떻게 개입 혹은 장려할 것인지에 대해서는 나라마다 다른 입장을 보이고 있다. 안전문화와 관련한 국제 동향을 살펴본다.

가. IAEA

안전문화의 중요성을 제창한 IAEA는 지난 15년간 안전문화의 개념을 정교화하기 위해 노력해 왔다. 그러나 실제 현장에서의 안전문화 향상을 위한 실천적 방법론의 제시가 미흡하다는 지적에 따라 이제는 실제 원자력활동에서 안전성 향상에 연계시키려는데 중점을 두고 있다. 이를 위해 안전문화를 안전관리(safety management)와 연계시키고, 안전문화지표를 개발하며, 안전문화 평가서비스를 제공하기 위해 안전문화평가검토팀(Safety Culture

Assessment Review Team, SCART)을 구성하여 회원국이 요청할 경우 평가서비스를 제공하는 것 등을 주요 활동목표로 삼고 있다[2]. 또한, 지금까지 INSAG 보고서, TECDOC, Safety Reports Series 등에서 안전문화를 다루어 왔으나 이를 안전기준 시리즈(Safety Standard Series)의 하나인 안전지침(safety guide)으로 발간하려고 하고 있다[3]. 이같은 안전지침 발간계획은 안전문화에 대한 정리된 국제적인 지침을 만든다는 측면에서 의미가 있을 뿐만 아니라, INSAG, TECDOC, Safety Reports Series 등은 엄격한 검토과정을 거치는 것이 아니라 사무국이 발간하는 문서인데 비해, 안전기준 시리즈는 회원국들이 참여하는 안전기준위원회 및 산하 전문위원회의 엄격한 검토과정을 거쳐 발간되는 문서이기 때문에 안전기준으로 발간된 문서는 어떤 형식으로든 회원국이 받아들여 실천해야 하는 기준으로 작용하기 때문에 더욱 중요한 의미를 갖는다.

한편, IAEA는 1990년대 초반 운영되었던 조직내안전문화평가팀(Assessment of Safety Culture in Organizations Team, ASCOT)의 안전문화 평가방법론을 발전시켜 SCART가 사용할 평가방법을 개발하고 있다. SCART는 기존의 ASCOT를 대체하여 5개 차원의 안전문화 지표를 개발하고 있는데, 이는 5개 차원, 16개 요소, 42개 지표, 76개 측정변수로 구성되는 지표이다. 76개 변수는 정성적 및 정량적 변수로 구성되며, 감사(Audit), 관찰(Observation), 인터뷰, 설문조사 등의 방법을 활용하여 측정하도록 하고 있다[4]. 지표의 시범적용 결과가 나와 그 유용성이 밝혀지면 향후 IAEA 안전문화 평가서비스의 근간이 될 것으로 예상된다.

나. 미국

미국에서는 안전문화라는 용어보다는 안전분위기(safety climate), 조직인자(organizational factor) 등으로 유사개념을 다루어 왔다. TMI 사고가 운전원 실수 뿐만 아니라 조직과 경영과 같은 구조적인 요인에 의한 원인이 개입되어 있다는 조사결과에 따라 이에 대응하기 위한 여러 가지 조치가 강구되었고, 사업자와 관련 연구기관에서는 조직인자 측면에 대한 연구와 현장 적용을 진행하여 왔다.

그러나 규제측면에서 안전문화에 대한 관심은 그다지 크지 않은 실정이다. 원자력규제위원회(NRC)는 지금까지 안전문화 평가의 주관성, 평가방법의 불확실성, 사업자 경영권 침해의 우려, 사업자 자체노력의 중요성 등의 관점에서 안전문화에 대한 직접 규제를 시행치 않고 있다. 즉, 규제기관에서 안전문화를 평가하기 위해 성능지표를 설정하거나 정기적으로 검사를 수행하지는 않는다. NRC는 데이비스-베씨 원전 사건 이후 안전문화에 대한 규제입장 변화를 요구받기도 하였으나[5] 몇 차례의 회의를 거쳐 안전문화에 대해 다음과 같이 기존의 입장을 재정립한 바 있다[6].

- 안전문화는 의문을 가지는 태도, 보수적 의사결정, 세부사항에 대한 주의, 개인의 책임감, 절차의 준수, 리더쉽, 보수적 운영철학, 효과적인 훈련, 효과적인 예방 및 시정조치 등의 요소들로 구성됨
- 상기의 요소들은 NRC가 현재 수행하고 있는 규제활동 즉, QA 프로그램에 대한 감독(10CFR50 Appdendix B Criterion XVI의 corrective action program), ROP의 3가지 cross-cutting issues(Human Performance, Safety-Conscious Work Environment, Problem Identification and Resolution), 검사절차 71152번(Identification and resolution of Problems) 등에서 간접적인 방식으로 다루어지고 있음
- 따라서 사업자의 안전문화에 대한 NRC의 규제활동은 안전문화라는 이름을 가진 규제행위로 직접 수행하고 있는 것은 아니지만 상기와 같은 간접적인 방식으로 적절하게

다루어지고 있음. 따라서 새로운 규제활동이 요구되는 것이 아님. 또한 사업자의 경영 및 관리까지 포함하는 좀더 광의의 안전문화에 대해서는 사업자가 자체적인 노력을 기울이고 있음.

- NRC의 ROP체제에 따라 상기의 규제활동에서 문제점이 발견되는 경우 NRC는 추가검사를 통해 상세 조사를 수행하는 절차를 이행함.

이상의 원칙에 따라 최근 문제가 되었던 Davis-Besse 원전의 안전문화 결여와 관련하여 NRC는 Corrective Action Program 규정을 근거로 하여 사업자에게 안전문화 향상 방안을 수립토록 한 바 있다. 이에 대해 Davis-Besse 원전측은 외부기관(Performance, Safety, and Health Associates Inc.)의 평가를 받고 이에 따른 자체 안전문화 향상 계획을 NRC에 제출하였다. NRC는 외부기관의 평가결과 및 자체 계획에 대한 검토를 실시하고 적절성을 판단하기 위한 현장검사를 수행한 후 최종 결론을 작성하여 재가동을 승인하였다.

한편, 연구계 및 학계에서는 안전문화가 실제 원자력 안전성에 미치는 영향을 측정할 수 있는 지표가 개발되지 않은 단계로 판단하고, 활용 가능한 안전문화 모델 개발을 위한 연구를 진행 중이다. NRC 내부에서도 외국 규제기관의 안전문화 관련 노력을 파악하라는 위원회의 요청에 따라 원자로규제국(NRR)내에 안전문화조사팀이 구성되어 있다.

다. 캐나다

캐나다 원자력안전위원회(CNSC)는 미국에서 개발된 NOMAC(Nuclear Organization and Management Analysis Concept) 모델을 캐나다에 응용한 조직・경영평가방법(Organization & Management Review Method)에 입각하여 사업자 조직 및 경영차원의 안전영향을 평가하고 있다. 조직・경영평가방법은 조직내 5개 계층을 대상으로 19개 조직인자를 조사, 평가하는 것으로, 이러한 방법론 개발과 연계하여 CNSC는 기존의 규제검사 결과와 동 방법에 의한 결과를 종합적으로 분석, 결합하여 규제검사 프로그램에 포함하기 위한 제반 활동을 추진 중에 있다[7]. CNSC는 이와 관련한 업무를 수행하기 위해 '인적성능과'와 '조직 및 관리시스템과'를 신설한 바 있다.

라. 영국

영국은 안전문화에 대해 규제기관이 안전문화를 규정(prescribe)해서도 안되고 할 수도 없다는 입장을 견지하고 있다. 즉, 사업자의 안전문화를 경직된(hard-and-fast) 지표나 기준으로 평가하는 것에 대해 회의적이며, 사업자의 활동이나 안전의식은 검사관의 지속적인 관찰을 통해 파악함으로써 올바른 평가가 이루어진다고 보고 있다[8]. 그러나 한편으론 조직・인력 측면은 안전문화와 다른 개념으로 보고 규제대상에 포함하고 있다. 새로이 규정된 인허가조건(License Condition) 36에 기반하여 조직 및 인력의 변화에 대한 감독을 수행 중인데, 안전문화에 영향을 주는 안전관리 측면에서 규제기관이 개입하는 사례로 타국의 관심을 끌고 있다.

마. 프랑스

프랑스 규제기관도 제한된 수의 지표로 안전문화를 평가하는데 부정적인 시각을 가지고 있다. 프랑스 규제기관은 안전문화는 경험 많은 검사관의 관찰과 현장직원과의 지속적인 커뮤니케이션으로 파악될 수 있고, 이에 근거하여 안전문화의 개선을 규제기관이 선도할 수 있다는 입장이다. 일례로 프랑스의 지역사무소 중 하나인 오를레앙의 원자력시설과(DIN)에

소속된 검사관들은 '01-'02년 담피에르 원전에서의 안전문화 저하를 감지하고, 집중적인 검사와 관찰, 본부 고위 규제자의 개입, 사업자와의 협의 등과 같은 노력을 기울여 안전문화를 정상으로 복구시키는 일을 한 바 있다. 프랑스는 사업자의 안전문화와 함께 원자력 안전성 향상을 위한 규제기관의 안전문화도 중요하다고 생각하고 있다.[9]

바. 독일

독일에서는 최근에 발생한 Brunsbüttel 및 Philipsburg-2 원전의 안전문화 결여 사건 이후 사업자에게 부과할 엄격한 안전관리 지침 및 이를 평가할 안전관리 평가지표(Safety Management Performance Indicator)를 개발하고 있다[10].

사. 핀랜드

핀랜드는 자국의 '원자력안전에 관한 일반규정'에 안전문화라는 용어를 포함시킨 최초의 국가로서 정부, 규제기관, 사업자의 안전문화 향상을 위해 노력하고 있다. 핀랜드의 원자력 사업자는 자신의 안전문화에 관한 평가를 실시하고 이를 규제기관에 제출하여 검토하도록 하고 있으며, 규제기관(STUK)은 각종 검사, QA 감사, 사건분석 등의 과정에서 드러나는 안전문화 관련 사안을 사업자와 논의하기 위해 매년 회의를 개최한다[11]. STUK는 안전문화 업무를 담당하기 위해 1999년 원자로규제부 내에 '인적 및 조직요인'팀을 신설한 바 있다. 또한 정부 연구프로그램으로 시행되고 있는 FINNUS 하에서 안전문화 평가 및 향상을 위한 연구를 수행하고 있다.

아. 일본

일본에서는 그간 발생한 사건·사고를 계기로 안전문화에 대한 관심이 고조되고 있으며 적용을 활발하게 추진하고 있다. 전력중앙연구소(CRIEPI)는 설문조사와 요인분석(Factor Analysis) 기법에 기반하여 사업자의 조직풍토나 개인의 안전의식을 평가하는 도구를 개발 중이며[12], 원자력안전기반기구(JNES)는 38개 안전문화 요소 및 70여개의 조직신뢰도 측정 지표를 개발, 사용하여 조직의 안전문화 및 조직관리를 평가하는 방법을 개발 중이다[13]. 특히 안전문화의 평가에는 조직내 3계층에 대한 설문조사를 실시하여 계층별 요소의 평균치와 계층간 인식격차에 기반하여 조직의 안전문화를 평가하는 방법을 개발하고 있다.

자. 종합 분석

이상에서 살펴본 바와 같이 안전문화 및 안전문화지표에 대해서 각국은 서로 상이한 입장을 견지하고 있는데 이를 정리하면 다음 표와 같다.

	미국	캐나다	영국	프랑스	독일	핀랜드	일본
안전문화 규제입장	유보	수용	유보	유보	수용	수용	수용
규제기관의 안전문화지표	없음	개발, 적용	없음	없음	안전관리 지표 개발	시행	개발 중
규제기관내 조직	NRC 안전문화조사팀	CNSC 인적성능課, 조직시스템 課	-	-	-	STUK 인적·조직요인팀	-
조직·인적 인자 연구	NOMAC, SAM, WPAM	Regulatory O&M Method	MACHINE	Human Factor	SOL	FINNUS	SCEST, CSAS

대체적으로 미국, 영국, 프랑스에서는 지표 개발에 대해 부정적 시각을 가지고 있는 반

면, 캐나다, 독일, 핀랜드, 일본에서는 지표개발 혹은 규제기관의 역할이 적극적으로 수행되고 있음을 알 수 있다. 규제기관의 역할이라는 측면에서 보면 규제기관은 사업자의 안전문화에 직접 개입하지는 않으나 다음 3가지 활동을 수행하는 것으로 요약할 수 있다.

- 안전문화 저하가 감지되는 발전소에 대한 규제활동 강화
- 사업자의 자체평가 방법 및 결과에 대한 검토
- 보다 정교한 평가방법 개발 및 규제 전략 수립

이 중 세 번째 활동과 관련하여 KINS 연구진은 지표개발 및 평가방법의 개발을 시작하게 되었다.

3. 안전문화지표 개발을 위한 안전문화 개념의 조작화와 지표개발 방향

앞서도 얘기한 바와 같이 안전문화지표는 안전문화라는 정성적, 내면적, 포괄적 개념을 정량화, 객관화, 분석화하는 것이기 때문에 우선 안전문화의 개념을 구체화하고 이로부터 우리가 접근할 수 있는 영역을 도출하여, 그 영역에 맞는 지표 개발 전략을 모색해야 한다. 따라서 여기서는 안전문화의 개념으로 제시되고 있는 구성요소, 계층구조, 발전단계의 3가지 차원에서 아전문화를 조작화(operationalization)하고 이로부터 연구진이 설정한 지표개발 방향을 설명한다. 안전문화에 대한 일반적이고 원론적인 내용은 다른 여러 관련 문헌을 참고하기 바란다.

가. 안전문화의 구성요소

INSAG은 INSAG-4(1994)[14] 보고서에서 안전문화는 크게 두 가지 요소 즉, '체제 및 관리책임(framework and management resposibility)'과 '종사자 태도(attitude of staff)'로 구성되며, 체제 및 관리책임은 다시 정책차원의 요건과 관리자 차원의 요건으로 세분화하여 그림 1과 같은 안전문화의 요소를 제시하였다.

INSAG은 또한 구성요소를 보다 세분화하여 원전 운영조직의 안전문화를 평가할 때 사용할 수 있도록 13개의 분야 즉, 기관차원의 안전정책, 기관차원의 안전관행, 책임의 규정, 교육훈련, 관리자의 선발, 안전실적의 검토, 안전의 강조, 업무량, 규제자와의 관계, 관리자의 자세, 개인의 자세, 현장실무, 현장감독 등에 대한 점검 목록을 제시하였으며, IAEA가 안전문화평가를 지원하기 위해 구성한 안전문화평가팀(ASCOT)은 이를 발전시켜 모두 268개의 평가항목을 제시한 바 있다[15].

한편, 원전 안전에 중요한 조직・경영인자[1]로 OECD/NEA는 목표와 전략, 관리기능과 검토, 인력관리, 자원할당, 교육훈련, 의사소통 등 11개를 제시하였고[16], 미국과 캐나다는 조직・경영평가를 위해 목표설정, 성능평가, 직원선발, 자원관리, 교육훈련, 의사소통 등 17개의 고려인자를 제시한 바 있다[17].

나. 안전문화의 계층구조

문화의 3계층 모델을 제안한 미국의 조직심리학자 Edgar Schein 박사는 이를 안전문화

1) 조직(경영)인자(organizational (managerial) factor)는 안전에 미치는 조직요인을 고려하기 위한 것으로 안전문화와 유사한 개념이다. 하지만 조직인자에서 말하는 안전문화는 INSAG에서 제시한 요소 중의 일부분 즉, 종사자의 태도를 지칭하는 것으로 이해된다. 두 용어가 뜻하는 미세한 차이는 있겠지만 여기서는 유사한 개념으로 보기로 한다.

에 대해 적용하여 그림 2와 같이 3개의 계층이 조직문화 혹은 안전문화를 계층적으로 구성한다고 제안하였다.

- 유형물: 규칙, 행동방식, 구조물 등 가시적으로 드러나는 요소
- 공유가치: 조직 구성원들이 채택하였거나 지지하는 가치. 구성원들을 주의 깊게 조사하거나 질문함으로써 파악 가능
- 기본가정: 조직이 무의식적으로 받아들이고 있는 근본적 신념으로 문화의 심층에 있으면서 기반을 형성. 파악이 어려움

이러한 계층구조로 인해 안전문화는 단일의 방법으로는 다양한 여러 측면을 모두 파악하기 어려우며, 계층별로 적합한 방법을 다양하게 사용하는 종합적인 접근법을 모색해야 한다[2, 18].

다. 안전문화의 발전단계

일반적으로 안전문화는 다음과 같은 발전단계를 가진다고 애기되며(그림 3), 한 조직의 안전문화가 어느 단계에 있는지 파악하는 것이 안전문화의 증진을 위한 다음 단계 계획을 수립하는데 필요하다[2, 18].

- 제1단계: 안전성 확보가 규칙과 규정에 의존하는 상황
- 제2단계: 안전성 확보가 조직의 목표로 공유되고 이를 위한 실적 및 성능관리가 수행되는 단계
- 제3단계: 지속적 안전성 향상을 신념으로 채택하고 구성원들이 안전과 관련된 행태나 태도를 개선하고자 하는 단계

이러한 발전단계를 고려할 경우 한 조직의 안전문화에 대한 외부(규제기관)의 역할을 설정하는데 도움이 된다. 즉, 제1단계일 경우 규제기관의 역할이 중요하게 작용하며, 반면 제3단계는 사업자 조직의 자발적인 노력에 의해 성취될 수 있다. 여기에서는 외부의 개입이 오히려 부정적 효과를 가져올 수도 있기 때문에 외부의 역할은 신중하게 판단되어야 하며, 역효과를 가져오지 않는 자발성에 기초한 지표 및 외부의 개입전략이 개발되어야 한다.

라. 안전문화지표 개발방향

지금까지 살펴본 바와 같이 안전문화는 여러 가지 측면을 가지고 있다. 따라서 지표는 안전문화가 가지는 다양한 측면 즉, 특정요소의 보유정도(구성요소 측면), 조직이 가지는 계층별 특성(계층구조 측면), 어떤 발전단계에 도달했는지의 상태(발전단계 측면) 등을 가능한 모두 표현할 수 있어야 바람직하다. 이처럼 지표는 여러 측면을 함축적으로 표현할 수 있어야 하기 때문에 지표개발에 많은 어려움이 있으며, 이들 전체를 한번에 검증하는 것도 상당한 부담이 될 수 있다. 이러한 인식 하에 연구진은 안전문화지표를 크게 2부분으로 나누어 단계별로 개발하는 것이 바람직한 것으로 판단하였다. 이는 3계층 모델에서 제시하는 측정방식의 다양성과 계층별 적합성, 발전개념에서 제시하는 자발성 요인 등을 고려했기 때문이기도 하다.

4. 안전문화지표의 개발

안전문화의 구성요소, 계층구조, 발전단계는 그림 4와 같이 정리할 수 있으며, 이로부터 안전문화지표의 개발은 크게 '체계 및 관리' 차원에 대한 객관적, 정량적 지표와 '종사자 태도'에 대한 주관적, 상대적 지표로 구분하여 개발할 수 있을 것으로 판단하였다. 첫 번째

‘체제 및 관리책임’의 경우 문서확인 위주의 평가가 가능하기 때문에 객관성과 정량적 수치가 용이한 반면, 두 번째 ‘종사자의 태도’는 전반적인 평가 및 계량화가 어렵고, 설문방법에 의존해야 하는데 이럴 경우 응답자의 솔직한 응답을 얻기가 쉽지 않다.

이에 따라 1차 지표개발은 정책·관리차원 요건, 가시적 수준, 규칙준수 중심의 안전문화 측면을 나타내는 지표 개발을 목표로 하여, 안전성 확보를 위한 체계 및 제도의 수립여부에 중점을 두고, 상대적인 실적 비교를 포함하는 지표를 개발하고자 하였다. 2차 지표개발은 1차 지표의 적용 및 결과평가 후 성능실적, 개선과정 및 태도·신념 수준의 평가를 위한 기법을 마련하여 개발하는 것으로 하였다. 특히 태도 차원의 지표는 설문조사로부터 데이터를 얻어야 하기 때문에 설문응답에서의 의도적 응답행위[2]를 피하는 방안의 모색이 필요하다.

가. 1차 지표의 개발

1단계 ‘체계 및 관리책임’ 차원의 지표를 개발하기 위해 우선 안전문화를 구성하는 요소가 무엇인지 관련문헌을 비교하여 표 1과 같이 8개의 지표를 구성하였다. 8개의 지표는 국내 안전문화의 구성요소로 가정한 것이며 그림 5와 같은 영향관계가 있음을 가정하였다. 향후 지표에 대한 데이터를 축적함에 따라 구성요소 및 이들의 영향관계에 대한 검증이 가능하리라 본다. 또한 6개의 지표에 대해서는 이들을 구체적으로 평가할 수 있는 5개씩 30개의 평가항목을 표 2와 같이 도출하였다[3].

앞서 개발된 6개 지표 30개의 평가항목 중에서 사업자인 한국수력원자력(주)는 우선적으로 적용할 수 있는 지표 11개를 시범적용에 사용하기로 하고 2개 발전소에 대해 시범평가에 들어갔다[4].

나. 2차 지표 개발 현황

1차 지표에 대한 적용결과를 바탕으로 종사자태도에 대한 평가방법을 개발하는 것이 2차 지표 개발의 목적이다. 특히 종사자태도의 평가를 위해서는 설문 혹은 면담조사 방법을 활용하여야 하는데 이때 문제가 되는 것이 의도적 응답이다. 물론 자발적인 안전문화 평가시에는 이러한 의도적 응답이 나타나지 않겠으나 외부에서 평가한다든지, 평가결과에 따른 포상이나 처벌을 계획할 경우에는 응답결과에 의도성이 없음을 입증하기란 쉽지 않다.

따라서 설문 혹은 면담에서의 의도적 응답을 피할 수 있는 메카니즘의 개발이 요구된다. 이러한 메카니즘은 설문에 솔직하게 응답하는 것이 응답자에게 가장 유리하게 작용하도록 구성하고 여기에서 안전문화에 대한 평가치를 산출해 낼 수 있으면 될 것이다. 예를 들어 게임이론에서 흔히 얘기하는 2인 케익 자르기 문제를 살펴보자. 2사람이 케익 하나를 나눠 가져야 하는데 둘 다 가능한 많은 양을 취하려고 한다. 가장 좋은 방법은 정밀한 도구로 케익을 정확히 2등분하면 되겠지만, 부분별로 차이가 있고, 단순히 나이프로 잘라야 한다고 생각하자. 이럴 경우 “한 사람이 자르고, 상대방이 먼저 선택한다”라는 규칙을 정한다면, 누가 자르던지 그리고 누가 선택하던지 가능한 한 양쪽에 공평한 방향으로 된다. 자르는 사람은

---

2) 예를 들어, 주위 동료와 얼마나 커뮤니케이션을 자주 하십니까?라는 질문에 대해 자주 하는 것이 좋은 것으로 인지하고 있기 때문에 실제로는 자주하지 않더라도 이렇게 응답하려는 의도를 가진다.

3) 30개 항목의 구체적인 내용, 평가산식은 2003년 10월 9일 원자력안전전문위원회 정책제도분과회의 제2호 안건, 원전안전문화 평가(안)을 참조하기 바람(www.most.go.kr)

4) 11개 항목의 구체적인 내용, 평가산식은 2003년 11월 21일 원자력안전전문위원회 정책제도분과회의 제2호 안건, 원전안전문화 시범평가(안)을 참조하기 바람 (www.most.go.kr)

상대방이 자른 부분 중 하나를 선택하게 되므로 두 부분이 최대한 공평하게 자르려고 하게 된다. 즉, 누구든지 케익을 가장 정확하게 자르도록 만드는 메카니즘이 작용하는 것이다. 이와 유사하게 설문에 응답할 때 응답자가 "자신이 생각하는 바를 솔직하게 응답하는 것이 최선의 결과를 얻을 수 있게 만드는" 메카니즘을 개발하면 전략적 응답행동을 피할 수 있을 것이다.

이를 위해 다음과 같은 3그룹의 상호평가법을 생각해 볼 수 있다. 3그룹 상호평가법은 원전 조직을 3개의 그룹으로 나누고 특정한 평가설문에 대해 자신이 속한 그룹의 평가치 뿐만 아니라 나머지 두 그룹에 대해서도 응답토록 하여 이들간의 응답을 비교함으로써 의도적 응답보다는 솔직한 응답이 유리하도록 작용시키는 것이다.

예를 들어 발전소 구성원을 A(예를 들어 한수원의 경우 3직급이상 약 20명), B(과장 약 60명), C(직원 약 200명) 등으로 나누고, 안전에 대한 태도를 자신이 속한 그룹(응답자가 만약 과장이라면 B그룹)에 대해 평가토록 하고 다른 두 그룹(A와 C 그룹)에 대해서도 평가토록 하는 것이다. 이를 그림으로 도시하고 그 평가치(e)를 수식화하면 그림 6과 같다. 화살표의 방향은 평가주체와 객체를 나타낸다.

이러한 3그룹 상호평가 방식을 통하면 우리는 다음과 같은 평가치들을 산출해 낼 수 있다.

- MS(Mean Score, A에 대한 평가 평균치) = $\frac{e_{AA}+e_{BA}+e_{CA}}{3}$

- CMP(Complacency, A의 자만심) = $e_{AA}-\frac{e_{BA}+e_{CA}}{2}$

- EXConB(External Consistency on B, B에 대한 A의 의견편차)

$$= \left| \frac{e_{BB}+e_{CB}}{2} - e_{AB} \right|$$

- EXConC(External Consistency on C, C에 대한 A의 의견편차)

$$= \left| \frac{e_{CC}+e_{BC}}{2} - e_{AC} \right|$$

- INCon(Internal Consistency, A의 응답에 대한 내부 의견편차)

$$= \frac{\delta_{AA}}{N_A}+\frac{\delta_{AB}}{N_B}+\frac{\delta_{AC}}{N_C}$$, (δ는 표준편차, N은 사람수)

한편, EXCon과 INCon으로부터 우리는 A의 내외부 의견편차를 다음과 같이 추정할 수 있다.

- COMM(A의 내외부 의견편차 정도) = EXConB + EXConC + INCon

이처럼 3그룹 상호평가법을 사용하면 각 평가항목에 대해 평가치, 자만심 정도, 의견편차 정도의 3가지 수치를 산출할 수 있게 된다. 평가치만을 가지고 그 조직의 안전문화 정도를 가늠하지 않고 그에 대한 조직의 자만도, 의견편차 정도를 함께 고려하기 때문에 설문에 가능한 솔직하게 응답하려고 할 것이다. 만약 그러지 않을 경우, 평가치는 좋은 점수를 받게 되겠지만 자만도에서는 그렇지 않게 되며, 일부의 편향된 평가는 전체 점수에 반영되는 반면 의견편차 정도에서는 나쁜 평가를 받게 되기 때문이다.

물론, 이러한 평가법이 생각할 수 있는 의도적 행동 모두를 제거하지는 않으리라 생각된다. 그러나 설문응답에 대한 지시를 상부에서 전 직원에게 조직적으로 할 경우가 아니라면 충분히 솔직한 응답 메카니즘으로 작용할 것으로 생각된다. 이러한 메카니즘을 바탕으로 하여 보다 구체적인 설문을 개발하는 것이 향후의 과제라고 하겠다.

5. 맺음말

IAEA가 제시하는 원자력 안전성 확보의 2가지 기본원칙은 심층방어(Defense-In-Depth)와 안전문화(Safety Culture)로 대표된다. 심층방어 원칙은 발전소 설계, 건설 그리고 운영에 있어서 정착되어 있는 단계라고 볼 수 있다. 그러나 안전문화의 경우에는 아직까지 최고 경영층에서부터 일선 작업자에 이르기 까지 완전히 정착되어 있다고 보기 어렵다. 최근에 여러 원자력 선진국에서 발생한 여러 가지 사건·사고를 보면 이들 국가에서도 안전문화 결여가 새삼 중요한 요인으로 등장하고 있다. 작년 6월과 9월 IAEA에서는 안전문화와 관련된 2건의 중요한 회의가 개최되었다. 6월 회의는 안전문화의 결여에서 발생한 미국 데이비스-베씨, 일본 동경전력, 독일 필립스버그 및 브룬스뷔텔, 프랑스 담피에르 등에 대한 교훈을 얻기 위한 것이었고, 9월 회의는 안전문화의 증진에 있어 규제기관의 역할을 논의하기 위한 것이었다.

6월 회의에서는 안전문화와 관련되어 원전에서의 의사결정에 있어서 충분한 보수성이 고려되고 있지 않으며, 경영진과 작업자의 안전에 대한 태도가 충분히 확립되어 있지 않음을 지적하였다[19]. 9월 회의에서는 규제기관이 안전규제를 위해 취할 수 있는 여러 가지 전략들이 논의되었고 그 중에서 안전문화와 관련한 규제전략이 제안되었다[20].

안전문화에 대한 중요성은 이처럼 여러 가지 회의나 문헌에서 계속 거론되고 있다. 그러나 2003년 브라질 리우에서 열린 안전문화 국제회의의 결론에서 지적한 바와 같이 “안전문화를 제창한지 15년이 지났지만, 아직까지 안전문화에 대한 진일보된 국제적인 공통이해와 이를 증진시킬 효과적인 실천방법의 개발이 요구”되고 있으며 “더욱 분명한 개념정립과 이의 확산을 위한 다양한 노력이 필요”한 실정이다. 안전문화지표의 개발은 이런 차원에서 의미가 있고 또한 중요한 작업이라고 할 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] IAEA, Nuclear Safety Review for the Year of 2002, June 2003

[2] IAEA, Safety culture in nuclear installations: Guidance for use in the enhancement of safety culture, TECDOC-1329, 2002

[3] IAEA, Document Preparation Profile on "Development of Safety Culture through Management Systems (DS341), Safety Guide", Presented at the 13th CSS meeting, June 2003

[4] Ardela Daniels, etc., Developing Safety Culture Indicators, The report of an Agency sponsored consultants' meeting, 2003

[5] Richard A. Meserve, SAFETY CULTURE: AN NRC PERSPECTIVE, Remarks at the 2002 INPO CEO Conference, Nov. 2002

[6] Mario V. Bonaca, A letter to Nils J. Diaz, Chairman of USNRC on Safety Culture, Report on ACRS Workshop on Safety Culture held on June 12-13, 2003, July 16, 2003

[7] P.H. Phillip & .R. Schwarz, Canadian Regulatory Perspective on Organization and Management Assessment, presented at the International Conference on Safety Culture in Nuclear Installations, Rio de Janeiro, Brazil, 2002
[8] UK, The united kingdom's national report on compliance with the obligations of the international convention on nuclear safety, 2001
[9] Andre-Claude LACOSTE, Role of the regulator in the development of safety culture, presented at the International Conference on Safety Culture in Nuclear Installations, Rio de Janeiro, Brazil, 2002
[10] 잡지기사 "German State, Federal regulators call for safety management system", Inside NRC, Vol.24 No.12, June 17, 2002
[11] 핀랜드, 원자력안전협약 제2차 국가보고서. 2001
[12] Ken-ichi Takano, etc. "Development and Applications of a Safety Assessment System for prmoting safety culture in nuclear power plants: Assessment of organizational climate, safety management and safety awareness", presented at the 25th KAIF-JAIF Seminar on Nuclear Industry, Oct. 2003
[13] Maomi Makino, "Assessment of Safety Culture: Methodology and Application", presented at the IAEA/EBP Regional Training Course on Safety Culture in Nuclear Installations, Nov. 2003
[14] IAEA INSAG, Safety Culture, INSAG Series No.4, 1991
[15] IAEA, ASCOT Guidelines, TECDOC-860, 1996
[16] OECD/NEA, Identificatio and Assessment of organizational factors related to the safety of NPPs, NEA/CSNI/R(99)21, 1999
[17] Sonja B. Haber, etc., Development of a regulatory organizational and management review method, AECB project No. 2.341.2, 1998
[18] IAEA, Developing Safety Culture in Nuclear Activities: Practical Suggestions to assist progress, Safety report Series No.11, 1998
[19] IAEA, Working Material on Report of the technical meeting: Workshop on nuclear safety management and safety culture - Lessons learned from recent events, June 2003
[20] IAEA, Draft report of the technical meeting: The role of governments and regulators in fostering a strong nuclear safety culture, July 2003

표 1. 2003년도 안전문화지표의 구성

항목	INSAG-4	ASCOT	NRC, CNSC	NEA		'03년도 지표
(본사차원) 안전정책과 활동	○	○(*)			⇨	1. 원자력 안전의 강조
목표, 전략설정 및 순위화			○	○		
의사결정의 집중화			○			
자원확보 및 배분	○		○	○		
안전의 강조		○				
문제파악			○		⇨	2. 안전성능 개선과 실적 검토 효과성
성능 및 실적의 검토	○	○	○			
자체규제활동	○					
의사소통	○		○	○	⇨	3. 의사소통의 원활성
조직학습			○	○		
교육훈련	○	○	○	○	⇨	4. 교육훈련의 충실성
기술적 지식			○			
조직 및 업무 지식			○	○		
현장감독		○			⇨	5. 현장작업 수행의 우수성
작업조정, 업무관리	○		○	○		
정식화, 절차화			○	○		
현장활동		○				
직원 선발, 인력관리		○	○	○	⇨	6. 종사자 관리의 적절성
책임의 규정과 이해	○	○	○			
업무량		○				
조직 및 관리기능	○			○		
보상과 처벌	○					
문화, 조직문화, 안전문화			○	○	추후개발	개인의 자세
개인 및 관리자의 자세 (의문제기 태도, 정확·신중한 접근)	○(*)	○(*)				
주인의식			○			
시간적 긴급성 인식			○			
규제자와의 관계		○				외부와의 관계
외부환경 영향				○		

(*) 두 가지 요소를 하나로 묶음

표 2. 체계 및 관리차원의 6개 지표와 이들의 평가항목

지표 (6개)	평가항목 (30개)
1. 원자력안전의 강조	안전정책 및 목표, 의사결정 기구의 효과적 운영, 자원확보 및 검토, 안전독려, 안전성 위주의 운영
2. 안전성능 개선과 실적검토의 효과성	안전정보 분석 및 반영, 문제점 처리실적, 절차서 주기검토 SPI 지표 중 동일분야 성능저하, 안전문화 자체평가
3. 의사소통의 원활성	보고 및 정보공개, 우수 안전정보 전파, 유사사례 재발방지, 경험공유 및 안전개선 사례발표 활성도, 기술정보 활용도
4. 교육훈련의 충실성	계획수립과 이행, 교육훈련 실적, 강의 전문성, 운전경험 반영, 안전 교육
5. 현장작업 수행의 우수성	품질보증 활동, 방사선작업 관리, 현장상태, 기술지침서 준수, 협력업체 자격 및 안전강조
6. 종사자 관리의 적절성	관리자의 전문성, 업무책임의 명확성, 안전관련 부서 직원의 전문성, 업무부담 관리, 안전관련 포상

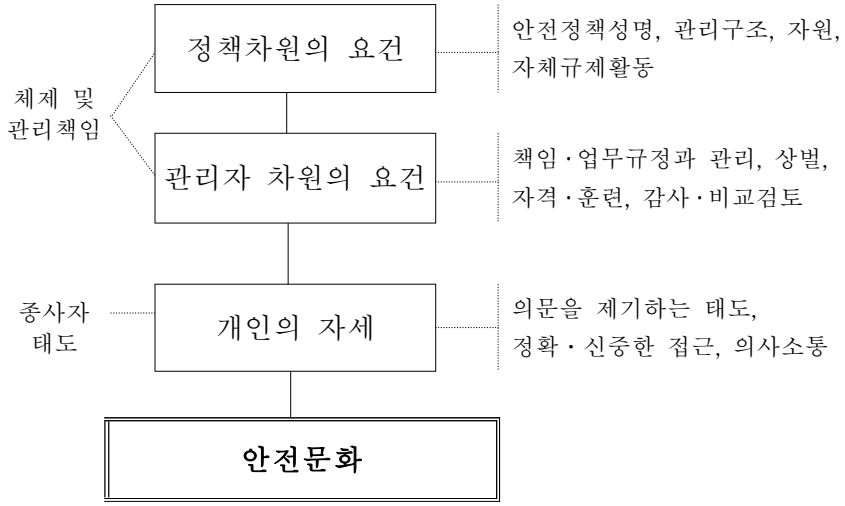

그림 1. 안전문화의 요소

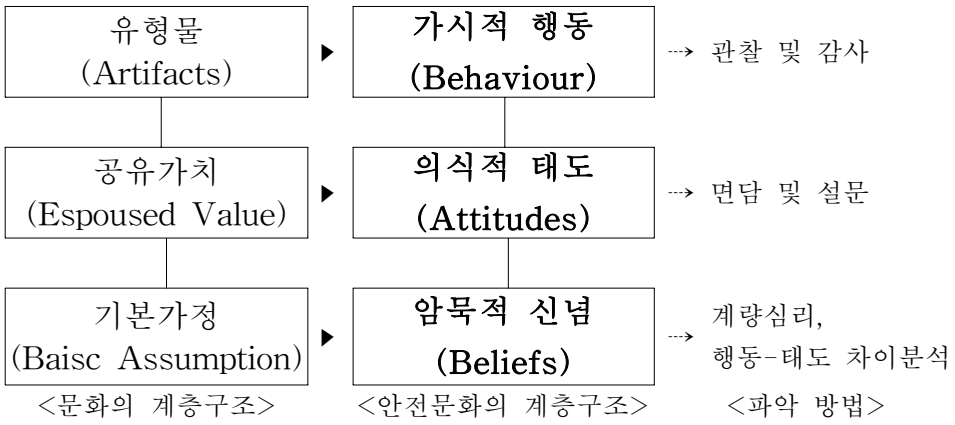

그림 2. 문화 및 안전문화의 3계층 모델

그림 3. 안전문화의 발전단계

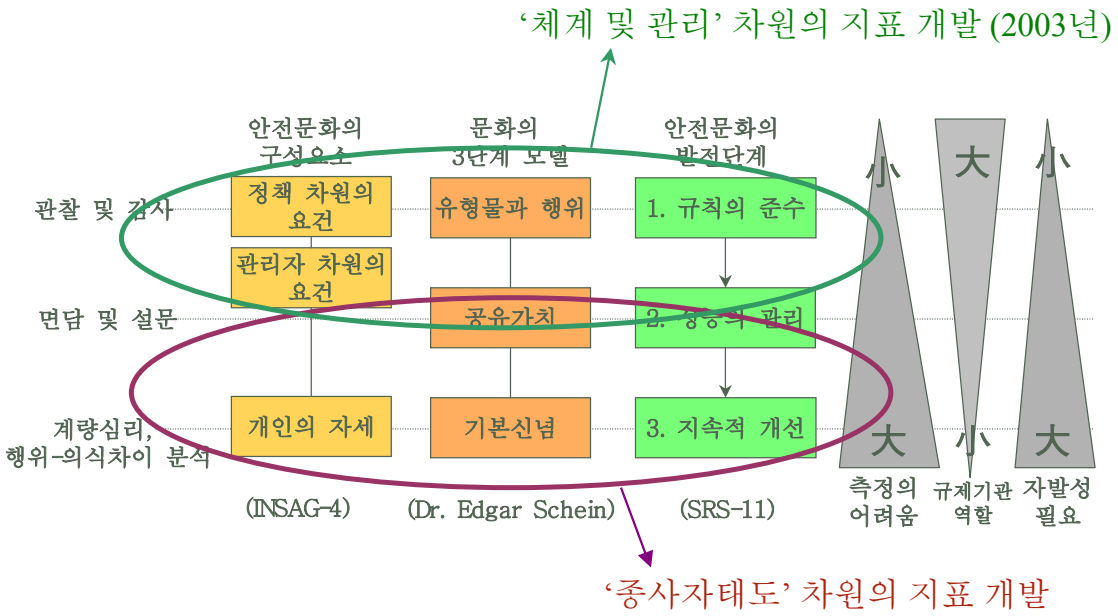

그림 4. 안전문화지표의 개발

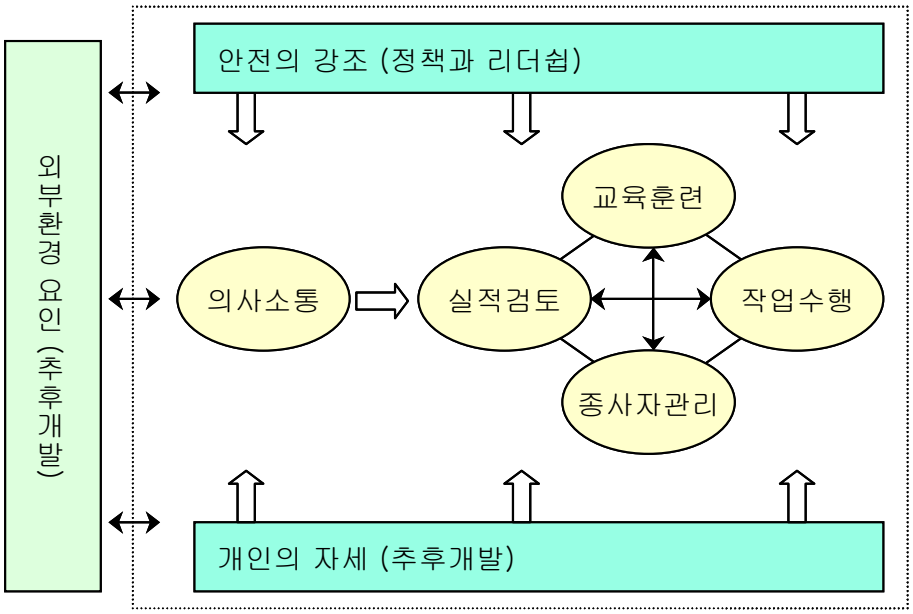

그림 5. 국내 안전문화의 구성요소

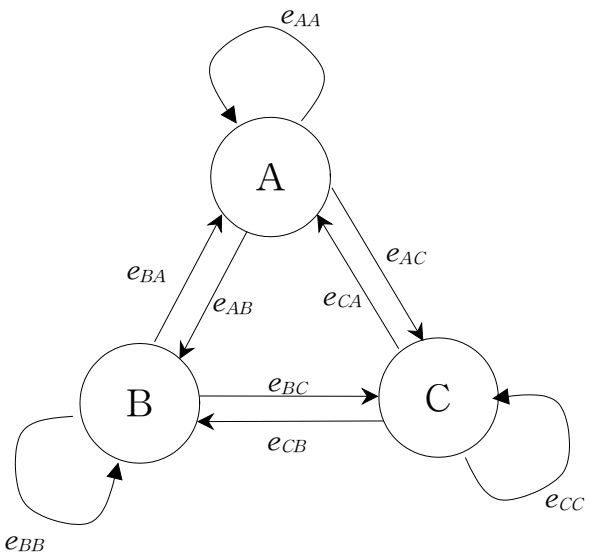

그림 6. 3그룹 상호평가 방식