Title: Current Status and Issues of Nuclear Safety Culture[1)]
원자력 분야에서의 안전문화 현안 제기와 현황

ABSTRACT

Objective: The aim of this paper is to discuss the nuclear safety culture in Korea. **Background**: Recently Korean nuclear field have met a strong anti-nuclear trend after the a few happenings as well as Fukushima accident, which are turned out to be caused by organizational pitfalls and safety culture defects in general. **Method**: We review the concepts and constructs of safety culture based on the brief history of the nuclear safety culture that IAEA mainly raised after the Chernobyl accident in 1986. Additionally we give a comparative discussions on the approach to the safety culture with U.S. **Result**: Finally we discuss the three technical domains and propose six selected domestic issues related to the nuclear safety culture for coping with the demanding requests on nuclear safety in Korea. **Conclusion and Applicaion** : We suggest several recommendations and a research direction in form of a re-start line for the nuclear safety culture in Korea.

Key words *: safety culture, nuclear power plants, concept, issue, Fukushima, IAEA*

1. A Challenging Issue of Nuclear Safety Culture 원자력 안전문화의 도전적 과제

안전문화에 대한 인식은 그동안 국제적으로는 물론 국내에서도 꾸준히 확산되어 왔다. 이제 안전문화라는 말을 모르는 사람은 거의 없고 안전문화의 정의와 이에 대한 자기 의견을 몇 마디 정도 말하지 못하는 사람도 없는듯하다. 원자력 조직들도 나름대로 종사자들에 대하여 안전문화의 교육이나 평가 등을 잘 이행하고 있다고 생각하는 것 같다. 특히 이제까지 우리 원자력 시설에서 큰 사고가 없고 우수한 성능을 유지해 오고 있는 것이 우리나라 원자력 사업자의 성숙한 안전문화 덕분이라고 생각하는 경향이 있었다.

현재 상황을 보면 원자력 분야에서 안전문화가 제기된 지난 30년간 안전문화에 대한 인식의 수평적 확산은 국내외적으로 어느 정도 이루어졌다고 할 수 있다. 그러나 각 분야에서 종사자들의 안전문화에 대한 수직적인 이해의 깊이도 함께 발전해 왔는지는 의문이다. 특히 원전의 안전에 가장 중요한 영향을 미치는 전력사업자 최고경영층의 안전문화 수준은 만족스러운지 의문이다. 외국 원전에서의 큰 사고사례와 그 원인에 대한 분석이 보고되고 그 결과 대부분의 경우에 안전문화의 결여 혹은 저하가 그 원인이라는 지적이 나올 때 마다 은근히 불안해지는 것은 기우가 아니었다. 원자력 안전문화에 대하여 현장에서 교육하고 심포지엄도 열고 학회의 한 분과로 다루기도 하면서 다방면으로 노력해 왔지만 과연 이걸로 충분하다고 자신할 수 없었다. 외국에서 일어난 사고 사례와 비슷한 국민적인 불안과 물의를 야기하는 사건 사고가 어느 날 바로 우리나라에서 안전문화의 결여에 의하여 발생하지 않을까하는 우려가 제기되고 있었다.

국내 안전문화에 대한 불안감과 의문은 몇가지 면에서 논의되었다. 우선 국내 전력사업자는 그동안 가동률과 같은 운전성능(performance)이 높은 것에 대하여 자부심을 갖고 있지만, 역설적으로 그것이 안전에 대한 자만심(complacency)이 되어가고 있으며 그것이 사업자 안전문화의 근저를 조금씩 침식하고 있다는 우려가 있었다. 전력사업자들은 안전문화를 충분히 이해하고 안전문화 프로그램을 잘 수행하고 있는지 의문을 제기하였으나, 그동안 높은

---

1) 본고는 '원자력 안전문화, 어떻게 할 것인가? (최광식, '원자력산업' 2008년 2월호)'를 수정 전제함

운전성능(performance)이 나타나고 있다고 막연히 안전문화를 자신하고 있었던 것이 사실로 보인다.

규제측면도 현재 우리 규제기관은 안전문화에 대하여 어느 정도의 지식과 인식을 갖고 있으며 안전문화 이슈에 충분히 대응하고 있는지 의문이다. 현재 우리가 시행하는 안전규제의 범위에는 아직 공식적으로 안전문화가 포함되어 있지 않다는 점이 우려된다. 또한 규제기관 자체의 안전문화는 원자력 분야 전체의 안전문화에 매우 중요하다. 또한 원전의 안전문화에 대한 관심에 비하여 연구용 원자로, 동위원소/가속기/폐기물 시설 등 다른 원자력 시설과 핵연료 관련 및 원자력 설계/제작/공급/서비스 조직의 안전문화는 어떻게 다루어야 할 것인가?

개념적으로 안전문화를 원자력사업자 혹은 규제기관 등의 안전과 관련한 기업문화(corporate culture) 혹은 조직문화(organizational culture)의 일부분으로 쉽게 단정하고, 충분히 이해하고 모두 이행했다고 생각하고 있는 경우가 많다. 그러나 안전문화는 그 조직문화와 어떤 관계가 있으며, 한 조직 문화의 일부인 하부문화(subculture)로 국한하는 것이 적절한지 검토해야 한다. 무엇보다 본질적으로 검증이 필요한 부분은 원자력 시설의 운전성능(performance)과 안전성(safety)과의 상관관계이다. 일반적으로 운전성능 혹은 이용률이 좋은 발전소가 안전한 발전소라고 믿지만, 그 상관관계 혹은 인과관계를 개념적으로는 받아들이기 어렵다.

원전 수출이 성사되던 당시 기후협약에 따른 원자력의 르네상스로 국내외적으로 모두들 가벼운 흥분상태에 있었던 듯하다. 안전의 기본개념상 이럴 때일수록 주의가 필요하다는 목소리가 국내외적으로 다수 제기되고 있었다. 이럴 때 예상치 않았던 곳에서 좋은 분위기에 찬물을 끼얹는 사고가 발생할 수 있다는 우려는 후쿠시마 사고와 국내 원자력 산업의 은폐/비리 사건 등으로 인해 이제 만시지탄이 되었다.

이 시점에서 IAEA가 제시한 INSAG-4 등의 안전문화 정의와 세부요소를 검토하는 수준의 원자력 안전문화에 대한 논의를 넘어서, 안전문화를 과연 어떻게 할 것인가 숙고해 볼 필요가 있다. 지난 2016년 2월 IAEA는 그동안 30년간의 안전문화 및 인적요소에 대한 논의를 일단 마무리하려는 목적으로 대규모 국제학회를 개최하였다. 이는 후쿠시마 사고 이후 5년간에 걸쳐 안전문화에 대한 IAEA 차원에서의 리더십을 마무리하고 앞으로 나아갈 방향을 확정하려는 것이었다. 그 배경은 IAEA가 발간한 후쿠시마 보고서에도 잘 기술되어 있다. 후쿠시마 사고 이전에도 IAEA는 OECD/NEA와 '사업자 안전문화에 대한 규제기관의 감독'을 주제로 국제 공동 워크숍(2007년 5월)을 개최하여, 안전문화에 대한 규제기관의 감독과 관련한 주요 이슈, 즉 안전문화의 어떤 측면을 언제 살필 것이며 안전문화와 관련된 데이터를 어떻게 수집하고 해석하고 어떻게 규제 프로그램에 활용할 것인가를 논의한 바 있었다.

문화는 통제 및 간섭이 부정적인 영향을 줄 수 있으므로 체르노빌 원전사고에서의 안전문화 현안 부각에도 불구하고 그동안 안전문화를 사업자의 자율에 맡기자는 주장이 우세했었다. 그러나 노심 용융이나 방사능 누출 등의 큰 사고는 발생하지 않았지만 몬주 고속증식로 화재, Davis-Besse 원자로용기부식, JCO 재임계, 동경전력의 검사결과 조작은폐 등 사회적 현시성이 높은 사건들이 발생할 때마다 그 원인에 언제나 안전문화의 결여가 자리 잡고 있다는데 주목하게 되었으며, 그 클라이막스가 후쿠시마 원전사고라고 할 수 있다. 따라서 앞으로 그러한 사고를 미연에 방지하기 위하여 안전문화에 어떻게든 개입해야 하고 보다 구체적인 대책이 필요한 것으로 인식이 변화된 것이 가장 중요한 부분이다.

따라서 앞으로 원자력 사업자는 물론 관련 조직에서 안전과 관련한 조직문화와 경영의 세부사항에 대하여 규제 등 어떤 형태로든 개입하는 것은 국내외적으로 명백한 경향이다. 이는 원자력 안전성의 책임이 공학적인 영역에 위임될 수 없으며, 안전설계 및 성능에 대한 검토, 서류 및 입회 확인만으로 확보하기에는 사회적으로 심각하다는 인식이 확산되었기 때문이다. 앞으로 규제가 원자력 안전에 어느 정도 실제적으로 기여하였느냐 하는 논의와 안전규제의 목표로서 원자력 안전에 대한 국민 안심을 어떻게 확보할 것인가에 대한 논의와 함께, 안전문화와 조직인자에 대하여 어떤 정책으로 대응해 나갈 것인가 하는 것이 국내외에서 중요한 논의사항이 될 것으로 예상된다.

2. A Brief Review on the Concept and Construct of Safety Culture

원자력 분야에서 안전문화(safety culture)란 이제 익숙한 용어가 되었다. 대부분의 원자력 기관에서 지속적으로 안전문화에 대하여 강조하며 자체적으로 교육하고 있어 그 개념은 많이 확산되고 잘 이해되고 있는 것으로 보인다. 그러나 원자력 안전문화에 대한 깊이 있는 논의를 위하여 다시 간략하게 안전문화의 개념과 그 진화에 대하여 살펴보았다.

2.1 What is Safety Culture? 안전문화란?

안전문화란 용어는 1986년 체르노빌 원전 사고 IAEA를 중심으로 국제적으로 전문가들이 사고를 조사하고 현안을 논의하는 과정에서 최초로 등장하였다. 이는 안전에 관한 조직과 종사자 총체적 자세의 중요성을 강조한 것으로 원자력 내외를 막론하고 안전문화의 공식적 논의에 대한 출발점이 되었다.

IAEA는 1988년 발간한 INSAG-3 '원자력발전소 기본안전수칙'에서 안전문화를 가장 우선적인 안전원칙으로 제시하면서, 안전문화란 "원자력에 관련된 모든 활동에 종사하는 모든 개인과 조직이 안전성에 관련된 모든 정보를 자유롭게 교환할 수 있는 개방된 태도와 실수에 대한 솔직한 인정, 안전에 대한 철저한 인식과 책임을 공유하는 문화적 풍토"라고 정의하였다. 이후 IAEA에서 1991년 INSAG-4를 발간하면서 안전문화의 개념을 보다 확실하게 정립하였고 관련하여 구체적인 평가지표도 제시하였다. 즉 원자력 안전문화란 "원자력 발전소에 있어서 안전문제가 무엇보다 최우선의 관심사임을 스스로 다짐하는 조직과 개인의 자세와 품성이 결집된 것"(INSAG-4, 1991)이라는 것이다. INSAG-4를 통한 IAEA의 정의가 오늘날 가장 널리 사용되고 있는 안전문화의 정의하고 할 수 있다. (IAEA 용어집, 2007)

미국 원자력발전소 운영자들의 협의체인 INPO(Institute of Power Operations)는 안전문화를 "원자력 안전을 최우선 가치로 여기는 조직의 가치와 행동체계로서, 지도자들이 선도하며 구성원들이 내부화하는 것(An organization's values and behaviors-modeled by its leaders and internalized that serve to make nuclear safety the overriding priority)"으로 정의하고 있다. 이는 IAEA 등의 정의와 거의 동일한 맥락에서 제시된 것으로 보인다.

한편으로 산업안전보건(occupational safety and health) 분야에서는 안전문화를 안전관리와 밀접한 관련을 가지고 이미 철도, 항공, 의료 분야를 중심으로 활발하게 논의되고 있다. 영국정부의 보건 및 안전에 관한 정책적 상위결정기구인 보건안전위원회(Health and Safety Commission)는 어떤 조직(기관)의 안전문화는 "당해 조직의 보건 및 안전 프로그램에 대한 헌신도와 이 프로그램의 형태와 효용성을 결정해주는 것들, 즉 가치, 태도, 숙련도 및 거동형태에 있어서 개인과 그룹이 이루어내는 통합"으로 정의하고 있다. 작업자의 상해 방지에 중점을 두는 산업안전 분야에서도 최근에는 작업장의 안전풍토(safety climate)를 넘어 해당 기관의 안전에 대한 기본적인 가치, 안전관련 기관의 운영과 품질, 직업의식, 지속적으로 학습하고 개선하는 과정 등에 대한 개인과 조직의 태도, 작업자들이 문책당할 두려움 없이 안전 우려에 문제를 제기할 수 있는 분위기 등을 포함한 포괄적인 개념으로 안전문화를 정의하고 있다.

2.2 Conceptual Evolution of Safety Culture 안전문화 개념의 진화

학자들의 안전문화 정의를 거론하지 않더라도 안전문화의 구체적인 개념에는 상당한 편차가 있음을 알 수 있다. 초기에는 안전문화 개념에 대한 관련국들의 이해수준이 낮았으나 시설이나 설비의 안전성 확보만으로는 기대하는 수준의 안전이 달성되지 않는다는 인식이 확산됨에 따라 1990년대 후반에 들어서면서 안전문화에 대한 이해도와 관심이 높아졌다. 원자력 분야에서는 안전성 확보가 안전설비와 같은 하드웨어 측면, 운전절차나 품질활동과 같은 소프트웨어 측면과 더불어 종사자의 태도를 포함하는 조직적 요소 등 필수적임이 인식되면서 안전문화의 범위가 점진적으로 확대되고 안전문화의 구체적인 요소들이 새롭게 부각되었다. 안전문화의 요소로는 안전성이 중요하다는 개인의 인식, 자기학습을 통해 얻어지는 지식과 능력, 상급 관리자의 안전성 최우선의 솔선수범, 안전이라는 공동목표를 수용하는 개인의 자세, 지도력을 통한 동기부여와 상벌체제의 설정, 공식적인 업무분장과 임무의 명시, 각 개인이 업무이해를 통한 책임의식 등으로 제기되어 왔다. 안전문화는 실무적으로 제기되는 안전현안에 따라 다양한 요소로 설명되었다.

원자력 분야에서는 IAEA와 OECD/NEA를 중심으로 안전문화에 대한 개별적인 논의를 종합하기 위하여 여러 차례 국제회의, 기술협의, 워크숍, 교육훈련 등을 개최하였고, 그 결과 및 관련 보고서를 발간하여 여러 원자력국가들이 안전문화의 요소에 대한 인식이 증대되고 관련 활동을 전개하도록 하고 있다. 원자력 분야에서는 안전문화에 대한 연구 및 현장적용이 이루어지고 이를 통해 안전문화에 대한 이해의 폭이 넓어지면서, 안전문화 개념을 구체화하는 내용들이 발전했다. 즉 안전문화의 구성요소, 계층적 모형, 발전단계 개념 등이 개발되었으며, 최근에는 안전문화의 요건, 평가기준, 안전문화 향상 혹은 정착을 위한 활동을 구체적으로 논의하는 단계에 이르렀다.

특히 안전문화에 어떻게 개입 혹은 지원할 것인지에 대해서는 나라마다 아직 다른 입장을 보이고 있는데, 이는 안

전문화라는 정성적이고 내면적이며 포괄적인 개념을 단순하게 정량화 및 객관화하는 것이 근본적으로 제한적이기 때문이다. 안전문화의 구성요소 중 어떤 부분을 더 중시할 것인지, 안전문화의 적극적 개입이 안전문화 향상에 과연 필요한지에 대한 논의가 여전하다. 또한 안전문화의 하부계층에 대해서 정확한 평가가 가능한지, 안전문화의 발전에 자발성 효과는 어떠한지, 규제가 어느 정도 개입하는 것이 좋은지, 개입할 경우 부정적인 영향은 없는지 등에 대해 각국과 기술분야마다 실제 조치가 다르다. 원자력 분야에서는 체르노빌 원전 사고 이후 안전문화가 현안으로 제기되었음에도 최초에는 적극적인 개입의 필요성에 대체로 의문시하는 입장이었다. 그러나 2000년대 들어 미국 Davis-Besse 원전의 원자로용기 헤드 부식 감시소홀, 독일 Brunsbuttel 및 Philippsburg 원전의 안전관리 위반, 프랑스 Demperier 원전 관리태만, 일본 동경전력의 허위보고 등의 사건들이 안전문화의 결여에 따른 문제점이 발생하면서 안전문화를 규제 외적인 영역에 두던 경향에서 규제의 범위로 논의되기 시작했다. 특히 최근에는 후쿠시마 원전 사고를 계기로 안전문화 고려 범위를 규제기관 및 정부는 물론 오랜 시간에 걸친 학계의 흐름과 사회적 인식 등으로 광범위하게 확장되었을뿐만 아니라, 다양한 방향에서의 평가 및 증진 등 적극적인 활동의 필요성에 대한 충분한 공감대가 이루어졌다.

2.3 Elements of Safety Culture 안전문화의 구성요소

원자력 분야에서 IAEA는 안전문화의 구성요소를 INSAG-4(1991)통해서 제시하였다. 크게 두 가지 요소, 즉 '체제 및 관리 책임(framework and management responsibility)'과 '종사자 태도(attitude of staff)로 보았으며, 체제 및 관리 책임은 다시 정책차원과 관리자 차원의 요건으로 나누어 3가지의 구성요소를 제시하였다. INSAG-4에서는 원전 운영조직의 안전문화를 평가할 때 사용할 수 있도록 구성요소를 보다 세분화하여 13개의 분야, 즉 기관 차원의 안전 관행, 책임의 규정, 교육훈련, 관리자의 선발, 안전실적의 검토, 안전의 강조, 업무량, 규제자와의 관계, 관리자의 자세, 개인의 자세, 현장 실무, 현장 감독 등으로 제시하고, 세부 점검목록을 제시하였다. IAEA가 안전문화 평가를 지원하기 위해 구성한 안전문화 평가팀(ASCOT: Assessment of Safety Culture in Organizations Team)은 이를 발전시켜 모두 268개의 세부항목을 안전문화 평가 목적으로 제시한 바 있다. 1994년에는 안전문화 평가지침(ASCOT Guidelines)을 발간하면서 IAEA는 안전문화 평가팀을 구축하고 이를 통하여 회원국에 안전문화 평가 및 효과적 구축 경험과 방법을 제안하는 서비스를 제공하기 시작하였다. IAEA의 안전문화 구성요소는 현재 각국의 원자력 시설의 안전성을 평가하는 가동중 안전성 검토팀(OSART)의 검토항목에도 포함되어 종합적인 안전성 평가 및 개선에 적용되고 있다.

한편, OECD/NEA는 원전 안전에 중요한 조직, 경영인자로 목표와 전략, 관리기능과 검토, 인력관리, 자원할당, 교육훈련, 의사소통 등 11개 항목을 제시하였다. OECD/NEA는 IAEA와 공동으로 안전문화 관련회의 등을 개최하고 있으나 일찍부터 규제 측의 대응방안과 역할을 정의하는데 초점을 두고 'The role of the nuclear regulator in promoting and evaluating safety culture(1999)', 'Regulatory response strategies for culture problems(2000)' 등의 문서를 통해 규제에서 다루어야할 안전문화의 요소를 제시한 바 있다.

미국과 캐나다 등 북미에서는 규제정책의 변화에 따라 사업자의 연합체인 INPO/NEI를 중심으로 안전문화의 원칙과 특성 및 우수사례(good practice) 등을 제시하고 있다. 조직, 경영, 평가를 위해 목표설정, 성능평가, 직원선발, 자원관리, 교육훈련, 의사소통 등 17개의 요소를 제시한 바 있으며, 이들 항목의 실무적 평가를 위해 세부적인 질의 또는 평가항목을 다수 개발하여 적용하고 있다.

안전문화는 다양한 관점을 반영한 수많은 평가항목 및 다양한 방법으로 포착되어야 하므로 이를 모두 조사하여 한 조직의 안전문화에 대해 통계적인 유의미한 값은 물론 구체적인 현안을 분석하기란 어렵다는 것이 여전한 상식이다. 그럼에도 불구하고 후쿠시마 이후 안전문화 현안이 시급하게 제기되어 원자력 사업자들은 자체적으로 안전문화의 구성요소 및 평가기준/체계를 개발하여 자체적인 평가를 통해 안전문화 수준을 대내외적으로 입증해야하는 부담을 겪고 있다. 국내에서 원전 사업자인 한수원(주)은 INPO의 원칙 및 NEI의 평가항목을 기준으로 6개의 원칙 및 30항목의 평가기준을 설정하여 주기적으로 평가하고 있다. 이는 주로 설문기반의 평가이지만 정량적인 수치로 원전 사업소별 안전문화 수준을 제시하는 특징을 가지고 있다. 한편 연구용원자로에서는 IAEA의 제안을 활용하여 고유한 안전문화 요소를 정의하였으며, 주기적인 평가 및 안전문화 활동을 통해 안전문화 현안에 대응하고 있다.

2.4 Hierarchical Structure of Safety Culture 안전문화의 계층구조

문화의 계층모형을 제안한 미국의 조직심리학자 Edgar Schein은 이를 안전문화에 동일하게 적용하여 그림과 같이 3개의 계층으로 된 안전문화의 계층구조를 안전문화의 기본모형으로 제안한 바 있다. 모형에서 유형물(artefacts)이란 규칙, 행동방식, 구조물 등 가시적으로 드러나는 요소이며, 공유가치(espoused value)란 조직 구성원들이 채택하였거나 지지하는 가치를 말한다. 기본가정(basis assumption)은 조직이 무의식적으로 받아들이고 있는 근본적 신념으로 문화의 심층에 있으면서 기반을 형성하는 것이다. 유형물의 경우는 구성원 및 조직에 대한 관찰 및 문의를 통해, 공유가치는 면담 및 설문을 통해 포착하지만, 기본가정은 불가피하게 조직심리 및 계량사회학적 방법론을 통해 추론 혹은 추정하는 것이 보통이다. 유형물이나 공유가치는 구성원 및 조직에 대한 상대적으로 구체적인 것들을 통해 개입 가능하지만, 기본가정은 직접적인 변동이나 영향이 불가능하다. 안전문화는 이러한 계층구조로 인하여 단일한 방법으로는 개입은 물론 제대로 파악하기도 어려우므로, 평가 및 증진 등의 과정에서 각 계층별로 적합한 방법을 다양하게 구비하여 종합적으로 적용하는 접근법이 필수적이다.

2.5 Stages of Safety Culture 안전문화의 발전단계

문화는 끊임없이 변화하는 특성을 가지고 있으므로, 안전문화는 일반적으로 대략 3가지 발전단계를 보이는 것으로 분석된다. 이러한 안전문화의 발전단계를 한 조직의 안전문화가 어느 단계에 있는지 파악함으로써 보다 나은 안전문화로 변화시킬 수 있는 다음 단계로의 증진계획을 수립하는데 필요하다.

제1단계는 안전성 확보가 규칙과 규정에 의존하는 상황이며, 제2단계는 안전성 확보가 조직의 목표로 공유되고 이를 위한 실적 및 성능관리가 수행되는 단계이고, 제3단계는 지속적 안전성 향상을 신념으로 채택하고 구성원들이 안전과 관련된 행태나 태도를 개선하고자 하는 단계이다.

이러한 발전단계를 고려하면 한 조직의 안전문화에 대한 외부(규제기관 등) 개입의 역할을 효과적으로 설정하는데 유용할 것이다. 즉 제1단계일 경우 규제의 역할이 중요하게 작용하는 반면, 제3단계에서는 규제를 최소화함으로써 조직의 자발적인 노력에 의해 성취할 수 있도록 적용할 수 있다. 안전문화의 평가 및 증진을 위해서는 외부의 개입이 가져올 수 있는 역효과를 고려하여 신중하게 자발성에 기초한 최적화된 방법의 개발이 필요하다.

3. Assessment of Safety Culture 안전문화의 평가

INSAG이 안전문화를 제창한 지 30여년이 경과하였으나 아직까지 안전문화는 포착하기 어려운 구체적이지 않고 추상적이며 손에 잡히지 않는 것이라는 인식이 강하다. 이는 안전문화에 대한 체계적이고 신뢰할 만한 기준 및 평가방법론이 개발되지 않은 측면도 작용한 것이다. IAEA가 주도한 국제원자력안전협약에서는 각국이 가동중 원전의 안전성에 대한 안전문화를 포함한 주기적 평가를 약속하였으나, 안전문화의 중요성에 비해 아직까지 평가방법론의 개발과 검증에 더 많은 노력이 경주되어야 한다고 거듭 지적된 바 있다(2005년 3차 검토회의). 이에 따라 IAEA는 안전문화의 구체적인 특성과 요건은 물론 평가방법을 개발하고 요건문서(GSR-R-3.1 등) 및 지침(Safety culture self-assessment guide 등)으로 제시하고 있다. 특히 후쿠시마 사고 이후 최근에는 상급자들을 중심으로 리더십에 의한 안전문화의 실질적인 개선방안에 대한 교육훈련을 적극적으로 이행하였다. 그러나 안전문화의 개선은 물론 일관된 평가 및 포착 조차도 아직도 정리된 방법론이 없다는 것이 여전한 현안이다.

앞에서 살펴본 바와 같이 안전문화는 구성요소, 계층구조, 발전단계 등 여러 가지 측면을 가지고 있어서 안전문화 평가에서는 최소한 특정요소의 보유정도(구성요소 측면), 조직이 가지는 계층별 특성(계층구조 측면), 어떤 발전단계에 도달했는지의 상태(발달단계 측면) 등을 모두 파악할 수 있어야 한다. 이처럼 여러 측면을 함축적으로 표현할 수 있어야하기 때문에 통일된 안전문화 평가 방법론의 개발에는 근본적으로 큰 장벽이 있다. 계층과 단계에 따라 공학 등 응용과학이나 사회학의 방법론이 가능한 영역도 있으나, 문화 및 심리학 등 인문적 방법론을 통해 체계적으로 정립할 필요가 있다.

문화를 바라보는 시각의 차이에 의해 안전문화 평가에서 주목해야하는 부분에 대한 이견들이 생기고, 결과적으로 평가결과의 활용성을 높이지 못하고 있다. 예를 들면 “행동이 의식을 형성한다.”는 실체주의(concretist camp)의 논리에 근거할 경우, 문화는 구성원들의 행동양식(pattern of behaviour)으로 보며 유형의 안전관리에 중점을 두게 된

다. 반면에 “의식이 행동을 결정한다”는 인지심리주의(cognitive mentalistic camp)의 논리에 근거할 경우, 문화는 구성원들의 행동근거(patterns for behaviour)로 보고 무형의 의식과 태도에 중점을 두게 된다.

안전문화 평가와 관련한 개념, 평가방법, 역할 등을 정리하면 그림과 같이 도식화할 수 있다. 안전문화 평가는 크게 ‘체계 및 관리’ 차원에 대한 객관적, 정량적 평가(실체주의 접근)와 ‘종사자의 태도’에 대한 주관적, 상대적 평가(인지심리주의 접근)로 구분될 수 있을 것이다. ‘체제 및 관리’ 책임의 경우 문서 확인 위주의 평가가 가능하기 때문에 객관성과 정량적 수치화가 용이한 반면, ‘종사자의 태도’는 전반적인 평가 및 계량화가 어렵고, 면담 및 설문에 의존해야 하는데, 이럴 경우 응답자의 솔직한 응답을 얻는 메커니즘과 실사의 정확도를 높이는 기법의 개발이 필요하다.

4. Discussions on the Selected Issues for Safety Culture in Nuclear 원자력 안전문화의 현안 토의

본 절에서는 국내 원자력 분야의 안전문화 현안을 도출하기 위하여 미국을 중심으로 원자력 안전문화의 동향을 비교 검토하였으며 제기된 안전문화의 주요 쟁점들을 정리하여, 원자력 안전문화 현안에 대한 국내의 우선적인 대처항목을 제시하고자 한다.

4.1 A Comparison to America in Nuclear Safety Culture 미국과의 원자력 안전문화 비교검토

원자력의 선도국인 미국은 1979년의 TMI 사고 이후 원자력 안전의 인적오류 현안에 대처하기 위하여 설비의 Man-Machine Interface와 관련하여 많은 연구와 개선을 추진하였다. NRC는 1980년대 초반 이후 전통적인 규제방식뿐 아니라 SALP (Systematic Assessment Licensees’ Performance)를 추진하면서 인적성능과 조직관리 분야의 원자력 안전성에 미치는 영향 등에 관하여 지속적으로 연구해 왔다 그러나 인적성능과 조직관리 분야의 연구개발에 필요한 막대한 비용의 제약으로, 안전규제의 예측성 및 객관성을 향상시키기 위해 위험도 정보를 활용한 새로운 개념의 규제체제(Risk-informed regulation)를 개발하는데 역량을 집중하고 관련 연구에 대한 지원을 중단한 바 있다.

따라서 규제기관인 미국 NRC는 안전문화 평가의 주관성, 평가방법의 불확실성, 사업자 경영권 침해의 우려, 사업자 자체 노력의 중요성 등의 관점에서 사업자의 안전문화에 직접 개입하지 않는 정책을 유지한 바, Davis Besse 사건이 발생한 2002년까지는 안전문화 평가를 위한 성능지표나 정기적으로 수행되는 검사는 없었다. 그러나 Davis Besse 사건의 발생 이후 NRC에서는 여러 조사와 연구 및 공청회를 거치면서 이 사건의 근본 원인이 안전문화의 결여에 있다고 보고 안전문화에 대한 규제입장에 변화가 발생하였다.

NRC는 ROP(Reactor Oversight Process)에서 안전문화를 보다 충실히 다룰 수 있도록 개선방안을 마련토록 하고, 검사원의 안전문화 이해 제고를 위한 교육훈련을 실시하며, 성능저하 원전에 대한 안전문화 평가절차를 개발할 것을 지시하였다. NRC는 ROP에서 안전문화를 다루기 위한 개선작업을 1년 6개월간 수행하고, 사업자 및 이해 관계자들의 의견수렴을 통해 ROP의 Cross-Cutting Area와 연계한 규제검사 수행체제를 개발하여, 그 결과를 2006년 7월부터 18개월간의 시범이행을 거쳐 전 원전에 확대하였다.

NRC가 ROP를 통해 안전문화를 감독하게 된 과정은 다음과 같다. 먼저 미국은 안전문화 요소를 재구성하였다. IAEA, NEA 및 각국의 사례를 조사, 분석하여 안전문화 요소를 모두 13개의 요소로 통합하고 cross-cutting area를 재정의하여 <표1>과 같이 연계하였다. 그리고 수행방법으로는 ROP하에서 성능저하, 규정위반 등과 같은 검사지적사항 혹은 권고사항(Inspection Finding)이 있을 경우 그 원인이 안전문화에 기인하는지 검사원이 평가하여 검사보고서의 병기토록 하였다. 이행 방법으로 단계별 접근방법(graded approach)을 적용하였는데, 반기별로 검사보고서를 분석하여 안전문화와 관련된 문제가 있는지 여부를 원전별로 평가하며, 평가결과 문제점이 있을 경우 그 결과를 사업자에 통보하여 자발적인 조치를 유도하였다(IP95001 적용). 18개월 동안 Green 이상의 성능저하가 지속되고 안전문화와 연관성이 있을 경우 안전문화 자체평가 혹은 제3자 평가를 지시(IP95002 적용)하고, 계속되는 성능저하로 ROP의 조치 매트릭스(Action matrix)의 4단계(Column 4)에 들어갈 경우 NRC의 안전문화 특별검사를 실시한다.(IP95003 적용) 안전문화 취약성이 발전소 안전에 심각한 영향을 주는 것으로 판단될 경우 이를 근거로 발전소 가동 중지를 명한다. 관련된 기반을 마련하여 검사 매뉴얼과 절차서를 개정하여 안전문화 평가에 대한 구체적인 지침을 제시하였다. 매뉴얼(IMC0305, IMC0612)과 절차서(IP71152, IP93800, IP93812, IP95001~3)에는 검사원 관찰사항, 평가방법, 보고서 기술법

등 다양한 사례 및 포맷을 제시한다. 그리고 검사원에 대한 교육훈련 실시 및 안전문화 특별검사팀을 구성한다. 안전문화 검사결과 보고서는 NRC 홈페이지를 통해 공개하고 있다. 2007년에 18개월 시범이행 기간 중 Palo Verde 원전에 대한 첫 번째 안전문화 특별검사를 이행하고 이를 기반으로 다른 원전에 안전문화의 검사방법을 확대적용하고 있다.

미국은 이처럼 초기 안전문화에 대한 규제기관의 비 개입 정책을 완전히 전환하여 최근에는 9가지 기본요건을 포함한 안전문화 정책성명(SCPS: Safety Culture Policy Statement)을 확정하고, 현장 주재 검사원의 관찰과 평가, 본부 검사원의 안전문화 특별검사에 기반한 사업자 안전문화 감독 프로그램 등을 개발하여 적용하고 있다. 미국의 이러한 접근법은 앞으로 많은 원자력 관련 국가들이 벤치마킹할 것으로 예상된다.

안전문화 관련 여러 나라들의 동향을 분석한 결과를 <표 2>에 정리하였다. 세계적으로 안전문화의 규제감독에 대한 시각이 변화하였으며, 규제기관의 개입이 역효과를 유발한다는 생각이 바뀌어 차등접근법(graded approach)에 의한 안전문화에 대한 적극적인 개입이 필요하다는 것이 명백한 흐름이다. 일부 국가는 이미 규제기관이 사업자의 안전문화에 대해 폭넓게 개입되고 있지만 대부분의 국가는 사업자의 안전문화 자체 평가방법 및 자체 평가결과를 검토하는 방식을 취하고 있다. 대부분의 국가는 안전관리 측면에서 규제활동을 이행하고 있으며 안전문화와 관련한 보다 정교한 평가방법 개발 및 연구개발 전략을 모색 중으로 보인다.

4.2 Three Technical Domains for Nuclear Safety Culture 국내 안전문화의 3가지 영역별 논의

안전문화에 대한 구체적인 활동을 위해 다양한 논의가 이루어지고 있다. 안전문화와 관련된 학계에서는 대표적으로 안전문화의 모형과 기준 및 기본 원리에 대한 연구개발이 활발하지만, 특정한 안전문화 현상과 현안에 대한 심층적 분석도 간과할 수 없다. 그중에 대표적인 것은 IAEA 등이 역점을 두고 있는 리더십의 효과에 대한 해석과 실무적 방법에 대한 연구개발을 들 수 있다. 실무적인 측면에서는 원자력 사업자와 규제자의 현안이 역할 상으로 대조되면서도 밀접한 연관을 가지고 전개되고 있다. 안전문화의 실무적인 현안을 크게 분류하면 안전문화의 어떤 측면을 언제 어떻게 살펴야 하는지, 안전문화와 관련된 데이터를 어떻게 수집하고 어떻게 해석해야 하는 것인지, 안전문화와 관련된 데이터를 어떻게 증진에 활용할 것인지 등 3가지 영역으로 구분할 수 있을 것이다. 미국, 영국, 일본, 프랑스, 독일, 러시아 등 원자력 국가들과 IAEA, OECD/NEA, EU 등 국제기구의 전문가들이 규제감독과 관련한 안전문화에 대한 이슈들을 토의한 결과, 안전문화 감독과 관련된 방법론과 접근법에 대한 토의 내용 및 현재까지 도출된 결론은 다음과 같다.

(1) Target and Time for Safety Culture Works 안전문화의 대상 및 시점

무엇보다 먼저 살펴야할 것은 안전문화의 핵심요소에 대한 것이다. IAEA가 제시하는 안전문화의 5개 특성을 기본적인 요소로 활용하고 자기평가의 항목으로 제시된 세부문항을 활용하여 해당 분야 및 기관별로 고유한 항목을 설정하는 것이 시급하다. IAEA가 제시한 원론적인 요소를 바탕으로 하지 않고 다른 요소를 기반으로 출발하더라도 구체적인 하부요소의 개발 결과는 크게 달라지지 않을 것이다. 세부요소를 대상으로 구체적인 평가 지표를 구성하고 전체 안전문화를 시스템적으로 평가하는 기반을 구축할 수 있을 것이다.

안전문화의 요소 도출뿐만 아니라 포착 및 평가 방법에 대한 고려도 중요한 현안이다. 문화에는 다양한 측면에서 볼 수 있는 많은 지표가 있을 수 있지만 평가 방법에 따라서 그 결과가 다를 수 있다. 현재로는 평가 방법이 설문조사, 면담, 문서검토, 관측, FGI(Focused Group Interview) 등에 머물고 있지만, 안전문화의 다중 계층 및 세부 요소별로 각각에 적합한 평가방법을 적용하고 이를 종합하여 균형 잡힌 결정을 내릴 수 있는 평가 시스템 구축이 중요하다. 안전과 관련된 체계 및 절차와 문서 외에 사업자의 태도, 가치관, 행동까지 평가해야 하는지, 또한 그러한 평가의 정확성을 높이기 위해서는 어떤 방법이 필요한지 논의가 필요하다.

이와 함께 고위 경영진의 스타일과 리더십에 주목하여야 전반적인 문화적 특성을 파악할 수 있다. 특히 캐나다의 경우 사업자의 경영진 선발에 안전관련 항목을 포함하려고 하고 있는 바 이에 주목할 필요가 있다.

공학적인 접근법만으로는 원자력 안전문화를 보장할 수 없다는 점에서 모든 부분에 대해 관심을 가져야 하나 안전문화의 외부 개입이 부정적인 영향을 줄 수 있다는 점에 주의가 필요하고, 작업자 태도측면의 조사에 있어서는 사업자가 스스로 조사하도록 하는 것도 바람직하다. 기계, 재료, 노심 등 공학적 지식만을 가진 검사원이 운전자들의 심

리, 문화, 가치관 등에까지 지식을 가지고 비기술적(non-technical) 역량(competence)의 발휘까지 요구하기는 어려울 것이다.

안전문화를 별개의 활동으로 고려해야 하는지에 대해서 안전관리와 분리가 힘들다는 견해가 많으므로 하나의 관점에서 접근하는 것이 바람직할 것이다. 일부 국가는 안전문화를 안전보건 및 품질관리와 통합적으로 접근하는 방식을 택하고 있는데, 그 결과로 주기적인 평가가 이루어진다는 것만으로도 안전문화의 중요성을 인식시키는데 중요한 효과를 기대할 수 있다. 하지만 통합적 관점에서 안전문화를 관리 감독하는 방법은 각각 고유한 개발과정을 통해 확립되어야 할 것이다. 이를 위해서는 기존의 환경안전보건 및 지속가능 경영을 위한 ISO, OHSAS 등 인증체계를 확장하는 방안도 고려할 수 있을 것이다.

(2) Acquisition of Data and Information of Safety Culture 안전문화 데이터 및 정보의 수집

안전문화에 대한 객관적 데이터 수집은 검사원(주재원 혹은 감독원 등)의 일상적인 활동 중에 안전문화와 관련된 사항을 독립적으로 관찰하고 이를 별도의 항목으로 관리하는 것이 좋을 것이다. 이를 위해서는 데이터 수집의 주체들이 어떤 정보를 어떻게 수집해야 하는지를 제대로 이해하는 것이 기본 조건이므로 관련 인원에 대한 교육이 필요하다. 가용자원은 언제나 한정되어 있기 마련이므로, 안전에 상대적으로 더 중요한 부분에 노력을 집중하는 risk-informed 환경 하에서 안전문화 데이터 수집에 얼마나 많은 자원을 투자할지 결정하는 것은 신중하게 처리해야 할 우선적인 과제이다. 현재 국내 원전에서는 안전문화에 할당된 별도의 인원은 설정되지 않았으나, 후쿠시마 사고 및 원전 품질보증 사건 이후 업무상으로만 부담이 증가되어 있는 상황이다.

현장에서 안전문화 데이터 수집은 TMI나 체르노빌 같은 사고가 발생하지 않도록 한다는 측면에서 중요한 규제활동이며 정기검사에서 주기적으로 정보를 수집하고 발전소 성능저하 시, 사건 조사 시, 근본원인조사 등을 통해 집중적인 평가를 수행하는 것이 필요하다. 미국의 경우 현장주재원의 대부분의 활동이 안전문화 요소와 관련되어 있기 때문에 별도의 규제자원 투입은 많지 않다고 판단된다. 최근 NRC가 많은 노력을 기울여 개발한 검사절차 및 매뉴얼에는 사업자 안전문화 관련 기법으로서 인터뷰, 설문, 행동관찰 등의 방법을 상세히 기술하고 그 장단점을 밝혀 놓았으므로 이를 참고할 수 있다. 그러나 이러한 비공학적 방법들은 국내의 조건과 환경에 맞도록 현실화되고 조정되어야 할 것이다.

안전문화에 대해 개입하기 위해서 관련자들이 갖춰야할 자질, 지식 및 스킬에 대한 설정도 필요하다. 미국의 경우 안전문화 평가자(SC Assessor)에 대한 자격규정을 level 1, level 2로 분류하여 설정하고 있다는 점을 참고로 할 필요가 있다. level 1의 경우 심리 또는 사회학 박사학위를 갖고 커뮤니케이션 능력과 원자력 경험을 갖추어야 하며, level 2는 통계 및 설문 전문가로서 석사학위 이상의 경력을 가진 사람으로 규정하고 있다. 그러나 "*Trust but verify with critical eyes!*" 라는 정신이 필수적이며, 무엇보다 Overaction하지 않고 신뢰를 형성할 수 있는 태도를 갖추는 것이 우선적일 것이다.

간단히 살펴보고도 한눈에 각종 단서와 이를 구성하는 내부적 특성까지 파악할 수 있는 '형사 콜롬보' 같은 능력은 현실적으로 가능하지 않으므로, 안전문화의 실무를 위해서는 사건분석, 근본원인조사, 사건의 유형별 분류 등에서 안전문화의 데이터를 수집하고 해석하는 정식 교육과정을 체계적으로 개발하는 것이 필요하다. 안전문화 관찰에서는 가장 가까이에서 문제를 즉시 파악할 수 있는 적임자를 찾아 적극 활용할 필요가 있다. 안전문화를 집중적으로 조사할 때에도 기술적인 사항을 모르고서는 불가능하지만 동시에 심리나 행동학도 알아야 하므로 학제적인 팀을 구성하는 것이 필요한데 이에 대한 설정도 간단하지 않다.

안전문화 데이터 수집은 별도의 노력을 요구하기 보다는 일상화하는 것이 중요하다. 안전문화에 대한 데이터 수집이 원자력 분야의 기본활동중 하나로 정착시키는 것이 필요한데, 이는 사업자에게 뿐만 아니라 규제 검사원들에게도 부담스러운 영역이다. 현재로는 관련 기관장의 의지와 정책으로 지원되고 있으나, 이에 대한 해결방안이 시급하다. 산업 및 시스템 경영 분야에서 급격하게 발전된 ERP 및 BPM(Business Process Modeling) 기법 및 전산 프로그램을 활용할 경우, 안전문화를 포함한 다양한 세부 운영정보를 획득할 수 있을 것이다. 이는 IAEA의 IMS(Integrated Management System) 요건을 만족하는 새로운 기능이 원전에서 개발될 경우, 세계적인 기술선도 역할을 달성할 수 있을 것이다. 특히 최근 부각되고 있는 Big-data 기법은 안전문화의 객관적인 데이터를 효과적으로 수집하고 안전문화 관련 활동의 근거를 제공하는 정보를 해석하는 가능성을 새롭게 열어주고 있다.

안전문화 자체의 평가 및 판단뿐만 아니라 사업자가 수행하는 안전문화 절차(평가 및 개선업무)의 적합성을 검토하는 노력도 필요하다. 예를 들면 PSR과 같은 안전성 관련 평가 보고서의 검토에서 안전문화와 관련된 사업자 절차나 계획이 적합한지 살펴보는 것이 효과적일 것이다. 안전문화와 관련된 운영정보의 항목을 어떻게 연계할 것인지는 국가별 또는 분야별로 매우 고유하기 때문에 이에 대한 정리도 시급할 것이다.

(3) Interpretation and Utilization of Safety Culture Data 안전문화 데이터의 해석과 활용

안전문화에 대한 전반적인 판단을 위한 지표 및 기준에 대해서는 전문가 판단에 대부분 의존할 수밖에 없지만, 현재 IAEA가 개발하고 있는 leading indicator도 부분적으로 활용 가능하다. 이들 지표는 절대적인 수치로서 작용하기보다는 특정 주제별 정보의 시간에 따른 변동과 통계적 용도로 엄밀하게 사용될 때만 의미가 있다. 원전의 안전관리 측면에서 일본은 14분야, 독일은 8분야, 영국은 4분야에 대한 지표를 구성하고 있는 중인데, 이를 통해 원전의 조직 운영 및 문화 측면의 정보도 도출할 수 있을 것이다. 현재 국내에서는 안전문화와 관련된 주요 지표의 개발이 몇차례 시도된 바 있으나, 안전문화 데이터의 생산이 지속적으로 이루어지고 있는지는 아직 불확실하다. 또한 안전문화 관련 데이터 및 정보의 해석결과가 실제로 작동 가능한 구체적인 조치수단 및 방법과 밀접한 관계를 형성하도록 사전에 설정하는 개발과정이 필요하다. 기존의 안전문화 평가에서 평가 결과가 해석을 구체적인 조치로 연계되는데 매우 취약하여, 피드백 메커니즘이 불확실한 결과 안전문화 관련 노력들이 모호하거나 지속성이 없게 되는 원인으로 작용하기 때문이다.

안전문화 평가에 빈번히 활용되는 조직의 일부분에 대한 관찰 및 면담으로 전체 안전문화를 외삽(extrapolation)하는 것은 불가능하고 바람직하지도 않은 것으로 파악된다. 문화의 본질적인 특성중 하나가 다양성이므로 부분으로 전체의 다양한 안전문화를 대표하는 것은 불가능하며, ‘안전’을 단일 숫자로 어떻게 나타낼 것인가 만큼이나 부적절한 일이다. 따라서 안전문화 데이터의 수집 및 해석은 각 현안 및 분야별로 미리 설정된 목적에 따라 전체적이며 지속적으로 이루어져야 하며, 현황의 변동 및 상대적인 취약점을 선택적으로 밝혀내는 것만으로 제한해야 할 것이다. 특히 안전문화 현황을 숫자로 나타내는 것에 대해서는 수치보다 ‘컬러’가 그 의미를 오도하지 않는다는 측면에서 ‘컬러’ 사용이 바람직하다고 하는데, 안전문화 현황의 표시하는 적절한 방법에 대한 인간공학적 연구가 필요할 것이다. 수치로 표현될 경우 부적절하고 불필요한 상대적인 비교의 위험은 물론 점수가 좋건 나쁘건 악영향이 불가피하다. 가령 상대적으로 높은 점수일 경우 자만을 유발하며, 나쁜 점수일 경우 특정분야에만 집중함으로써 자원의 심각한 왜곡을 초래할 수 있다.

안전문화 관련 정보를 실제로 반영하기 위해 무엇을 어떻게 해석해야 하는지를 결정하는 체계는 매우 중요하다. 기술적 평가와 안전문화 활동이 따로 취급될 경우 안전문화는 분리된 별개의 영역에 머무르게 되므로, 안전문화의 해석결과로 도출되는 조치는 기술적 영역과 적절하게 결합될 수 있도록 해석 및 의사결정 과정이 개발되어야 한다.

규제기관의 지적사항에 대해 사업자가 어떻게 반응하는지도 안전문화 정도를 나타내는 한 지표이지만, 안전문화 관련 해석결과의 수용성을 높이기 위해서는 잘못을 지적하기보다는 우려되는 점의 개선방안을 제시하는 해석과정이 준비되어야 할 것이다. 특히 변화의 필요성에 동의하지 않거나 이해관계가 상충된다면 그 중요도를 살펴 절충을 모색하는 방법을 제공하거나, 이것이 무엇을 의미하는지 경영층에 효과적으로 제시하여 적정한 의사결정을 유도하는 방안도 필요하다.

안전문화의 지적에 대한 당사자의 반응에서 언제나 당사자의 자율적인 선택과 노력이 필요하므로 안전문화에 대한 궁극적인 책임은 스스로 지니고 스스로 결정할 수 있도록 유지해야 한다. 하지만 이는 안전문화의 발전단계에 대한 고려가 전제되어야 하며, 단계별 변화에 따라 경영진의 의지와 약속(commitment)을 확인하고 이를 장기간에 걸쳐 추적(follow-up)하는 방법이 필요할 것이다. 안전문화 자료의 수집 및 해석을 위해 IMS형태로 구축된 인프라 정보시스템을 구축할 경우에는 안전문화 정보의 구성 및 활용을 각자의 자율에 따라 유연하게 지원할 수 있을 것이다. 미국을 중심으로 이루어지는 지속개선(Continuous Improvement) 분야에서는 원전의 운영과정에서 부문별 및 직급별로 자신이 필요한 정보를 확인하고 관리할 수 있는 dash board 방식의 정보표시 기능을 제공하고 있다. 경영자는 물론 중간 관리자 및 현장 실무자에 이르기까지 다양한 항목 및 수준의 정보를 자율적으로 구축함으로써, 안전문화의 실무를 지원하는 방법이 현재 세계화된 기업에서는 이미 익숙해지는 단계에 이르고 있기 때문이다.

안전문화에 대한 규제에 대하여 살펴보면 유럽은 주로 협의적이므로 사업자와의 지속적인 토론을 중심으로 안전문

화에 대해 규제를 최소화하면서도 관여하는 것이 충분히 가능하다고 보고 있으며, 미국과 독일은 명확한 규제기준이 설정되어 있지 않은 상황에서 태도적 측면에서의 양립성을 위해 별도의 노력(규정제정, 기존 규제에서 추가 또는 연장하는 방안 등)이 필요하다는 의견이다. 국내에서는 아직 규제측면에서 제안된 안전문화 평가항목의 적용 타당성 검증에 국한되고 있으나, 안전문화 정보를 어떻게 규제 목적으로 해석하고 활용할 것인지에 대한 연구가 시급하다.

사업자의 안전문화에 대한 일반적 공개논의는 원자력에 대한 수용성에 결정적인 요인이므로 궁극적으로 달성해야 하는 영역이지만, 단순한 공개논의는 규제 개입보다도 더 복잡한 영향관계와 시행착오가 발생할 수 있으므로 신중한 준비와 점진적 접근이 필요하다. 규정이나 기술기준만으로는 안전성이 보장되지 않으며 강력한 규제 이니셔티브가 반드시 바람직한 것도 아니므로 안전문화 정보의 해석 및 활용에는 적절한 균형과 잘 조율된 합리적인 전략이 필요하다.

4.3 Selected Items for Nuclear Safety Culture in Korea

원자력 안전은 일반적인 안전과 다른 독특한 측면이 다수 존재하므로, 원자력 안전을 위한 안전문화도 일반산업에서의 개념 및 요건과는 상이한 면이 불가피하다(이용희, 2013, 2015). 안전의 목표영역을 세분하면, 종사자 개인의 상해에 대처하는 안전과 설비와 자본의 손실에 대처하는 안전이 있지만, 원자력 안전에서는 환경 및 지역사회의 안전을 책임져야하는 공공안전의 목적도 공존하기 때문이다. 이러한 다차원적인 원자력 안전문화를 달성하기 위해서는 안전문화의 포착부터 평가 및 개입에 이르기까지 신중한 접근이 필요하다. 특히 안전문화 계층의 상위 2개 분야는 상대적으로 포착하기 쉬운 것으로 알려져 있지만 아직 원자력 분야에 충분히 적절한 방식은 확립되지 않았다. 더구나 후쿠시마 사고에 대한 분석(IAEA, 2013, 2016)에서 보는 바와 같이 예상치 못한 극한상황(unexpected situation)의 근원적인 놀람(fundamental surprise) 조건에서 안전문화의 기저계층의 특성은 결정적인 요인으로 작용할 수 있다. 하지만 안전에 대한 태도, 가치관 등 기저계층의 비가시적인(intangible) 측면은 문제가 있어도 쉽게 포착되지 않으며 간접적인 방법을 통하여 조심스럽게 추정하고 변화를 모색하여야 한다.

또한 안전문화는 안전관리(safety management) 등과 분리하기보다는 통합적으로 접근해야 한다. 안전문화에 대한 선행적 노력이 바람직하지만, 현안이 발생되었을 경우 원자력 분야의 기술적 배경을 이해하는 전문가와 심리/행동과학 전문가들 간의 팀워크를 발휘하는 방안이 필요하다.

안전문화 전반을 수치로 평가하는 방법은 아직까지 존재하지 않으며 결국 개별 현안과 분야별로 수집되는 데이터와 그에 대한 전문가들의 판단에 의존할 수밖에 없을 것이다. 안전문화를 포괄적으로 포착하는 것은 어려운 일이므로, 계층과 수준별 및 분야별로 다양한 방법을 활용하여 그 신뢰성을 높일 수 있도록 사전에 준비된 안전문화 체계를 구축하는 것이 필요할 것이다. 안전문화 지표가 충분히 개발되어 있지는 않지만 IAEA, INPO/NEI, WANO, OECD/NEA 등에서 제시하는 기본적인 지표를 활용하여 해당 기관이나 분야별로 구체적인 측정값의 세부항목과 논리를 구성할 수 있으며, 이를 통해 경향분석과 통계분석을 수행하여 의미 있는 결과를 도출해 낼 수 있을 것이다.

이러한 상충되는 요건에 체계적으로 대처하기 위해서는 집중적인 안전문화 분석을 가능하게 하는 안전문화의 기반으로서 안전문화의 인프라 구축이 시급하다. 안전문화의 구체적인 실체를 포착할 수 있는 정보수집 및 처리 기반을 우선적으로 구축해야 할 것이다.

아직까지 규제요건으로 본격적으로 구축되지 않았으므로 안전문화는 사업자의 자체적인 노력을 장려하는 방식이 불가피하지만, 자체평가의 절차화, 고위 경영진의 약속(commitment) 등에서부터 시작하여 규제문서의 개선에 이르기까지 장기간의 지속적인 노력이 필요하다. 특히 경영진의 리더십의 전향적 발휘를 위한 프로그램 및 리더십의 실무적 연계성 확보 방안에 주목할 필요가 있다. 자체 안전문화 평가 시 외부 제3의 전문기관을 활용하고, 경우에 따라서는 노조를 참여시키는 것을 고려해 볼 수도 있다. 안전문화에 대한 규제경험의 교환이 필요한데 이를 위해서는 각국의 검사원 교환 프로그램이 유용할 수 있으며, 글로벌 기업의 등장에 따라 비원자력 분야를 포함한 연합팀을 활용할 수도 있을 것이다. 국제적 동향과 안전문화의 기술적 영역에 대한 논의를 기반으로 우리나라에서 원자력 안전문화의 향상을 위하여 일찍부터 제안해오던 항목을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 이미 개발된 안전문화 평가방법에 의해 사업자가 자체평가를 실시하도록 하고, 그 자체 평가방법 및 결과를 가지고 사업자와 규제자가 협의하고 평가하며 주요 결과에 근거하여 안전문화 향상에 주력하도록 한다.

둘째, 인적 수행도 검사(HuPI)를 지속적으로 수행하면서 규제경험 및 관련 데이터를 축적하고 장기적으로 그 범위

를 확대하여 현행 규제검사에 안전문화를 접목한 종합적 안전성 평가제도와 연계한다.

셋째, 원전 현장의 일상적인 활동에 안전문화 관련 점검을 효과적으로 수행할 수 있도록 한다. 이를 위해 안전문화 인식 제고 및 안전문화 관련지식 전파가 필요한데, 안전문화 교육과정이나 워크숍을 현장에서 순회하며 개최한다.

넷째, 원전 사건에서 안전문화 관련요소의 개입이 감지될 경우 이에 대한 집중적인 검사를 수행한다. 이를 위해 사건 조사 시 안전문화 관련성을 점검하는 프로그램을 개발한다. 사업자와 규제자가 함께 한국적 안전문화 모델의 개발을 위한 R&D 활동을 지속하고 자체평가 수단/방법을 검증, 개선하며 안전문화 모델개선을 추진한다.

다섯째, 안전문화 전문과정을 통하여 규제자, 주재관, 사업자 본사 및 사업소 직원들에 대한 교육을 시행한다. 특히 최고 경영진의 안전의식이 미치는 영향이 지대하므로 각 사업체의 최고 경영진의 안전문화에 대한 특별교육 프로그램(예: IAEA 안전문화 평가검토팀(Safety Culture Assessment Review Team : SCART)이 제공하는 안전성 향상 프로그램(Safety Culture Enhancement Program : SCEP))을 적용한다.

여섯째, 안전문화 감독 프로그램을 추진하여 '안전문화 기본 지침'을 제정하고 우리나라의 안전문화에 대한 입장을 구체적으로 밝히는 "안전문화 향상 종합 추진계획"을 작성하며, 실효성을 확신하기에 충분한 자료가 확보될 경우 제도화를 추진한다.

5. Closing 맺음말

원자력 르네상스의 도래로 고무된 시점에서 국내 원전 사업소의 한 경영진이 우리 원전의 우수성을 기반으로 안전을 확신한다는 것이 외국의 방문자에게 우려점으로 지적된 바 있다. 또한 안전문화 교육과정에서 사업자 측 몇몇 중간 간부급 참가자들은 미국의 Davis-Besse 원전 사건에 대해서 '우리라면 미리 다 걸러내어 당연히 시정 조치하였을 것'이라는 반응을 보이면서 그런 일은 우리 한국에서 일어날 수 없다는 자신감을 피력하였다. 그것은 우리의 원자력 시설의 안전성에 대하여 우리 종사자들이 자부심과 역량을 보았다는 점에서 고무적이었다. 그러나 한편 이것이 사업자의 경영층이나 그 조직의 근저를 흐르는 공통적인 자만심으로 이어져서 안전문화로서 극도로 경계해야하지 않을까하는 우려를 떨쳐버릴 수 없었다.

그 후에 불과 몇 년이 지나지 않아 후쿠시마 원전 사고로 전세계적인 원자력 르네상스를 반전시킨 것은 물론 국내에서도 고리 원전의 은폐 및 원전부품 공급망(supply chain)에서 품질서류 위변조 사건이 연이어 발생하여 원전 기술수출로 한껏 고무된 분위기에 찬물을 끼얹는 상황이 벌어졌다. 일찍부터 우려하던 대로 안전문화가 원자력 분야의 크나큰 걸림돌이 되고 만 것이다. 이제 와서 원자력 안전문화의 현안을 다시 논의하는 것은 만시지탄일까? 그러나 늦었다고 생각할 때가 이른 법이다. 본 논문은 안전문화 문제로 이러한 실패가 다시는 반복되지 않도록 하기 위해서 원자력 안전문화를 어떻게 생각하고 어떻게 실천할 것인가를 다시 한 번 숙고하기를 촉구하고자 하였다.

Acknowledgement

본고는 '원자력 안전문화, 어떻게 할 것인가?'(최광식, '원자력산업' 2008년 2월호) 를 원저자와의 협의에 따라 전제 및 최근의 상황에 맞도록 일부 수정 보완한 것이다.

References

이용희, 원전 종사자 관련 기술기준의 필요성 및 연구동향, 제17회 원자력안전정보회의, 2013.

이용희, 국내 원자력발전소의 안전문화 확보를 위한 종사자 역량 증진 전략 A Strategic Enhancement of the Personnel Competences for the Safety Culture of Nuclear Power Plants, 대한인간공학회 2013년 춘계학술발표회, 2013

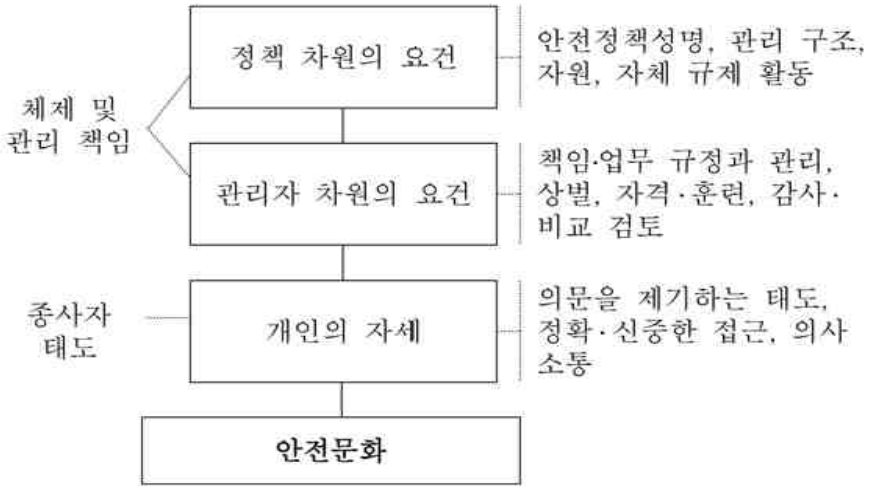
이용희, 안전문화의 인간공학적 접근방안에 대한 논의 A Study on the Human Factors Engineering Approach to Safety Culture, 대한인간공학회 2015년 추계학술발표회, 부산, 2015

최광식, "원자력 안전문화-국내외 동향분석 및 증진방향" 〈원자력산업〉 2001년 11,12월호

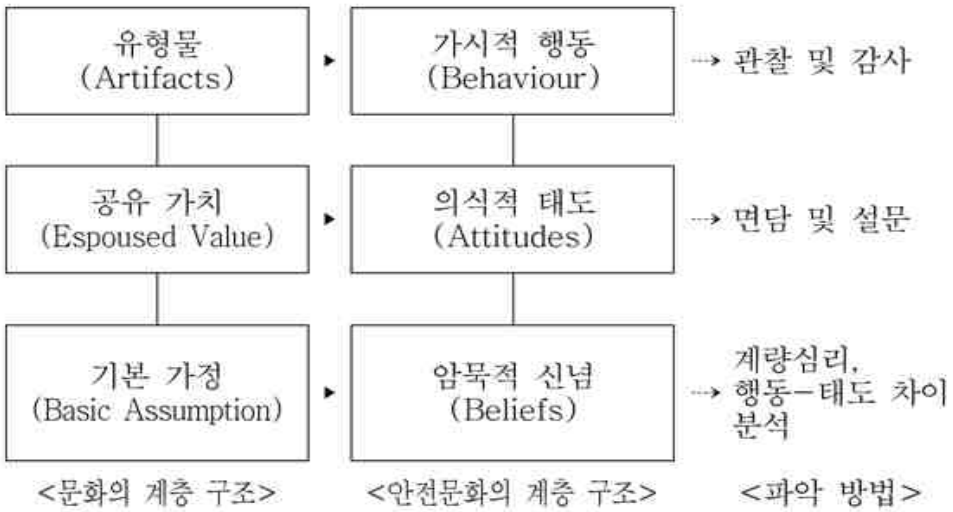
최광식, “원자력 안전문화 국제동향과 국내정책 방향” <원자력산업> 2006년 3월호
최광식, “원자력 안전문화, 어떻게 할 것인가?” <원자력산업> 2008년 2월호
최영성, 고재동, 최광식, 원자력 안전문화지표-국제동향과 국내 개발현황-원자력학회 2004년 학술발표회 논문
최영성, 한규현, 안전문화에의 규제대응– 국제동향분석과 향후 대응방향, KINS CEO 리포트(CEO-07-11) 2007

Kim, S. K. & Lee, Y. H., Nuclear Safety Resource Management: an approach toward Strengthening Safety Culture through the Integrated Management System in Korea, IAEA meeting on Safety Culture during Pre-operational Phases, 2012.
IAEA, Examples of Safety Culture Practices(safety report series No.1, 1997
IAEA, Developing safety culture in nuclear activities(safety report series No.11, 1997
IAEA, Technical Committee Meeting on Safety Culture, Self-Assessment Highlights and Good Practices (1-st 1998, 2-nd 2000)
IAEA, International Conference on Safety Culture in Nuclear Installations, Brazil, Rio, 2002
IAEA Regional Training Course on Safety Culture in Nuclear Installations, Korea, Daejeon, 2003
IAEA Technical Meeting on the role of governments and regulators in fostering a strong safety culture, IAEA Vienna, 2003
IAEA, Human and Organizational Factors in Nuclear Safety in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. IAEA Report on International Experts Meeting, 2013.
IAEA, IAEA Report on Fukushima Diichi Accident: Technical Vol. 2.5 HOF, 2015.
IAEA, International Conference on Human and Organizational Aspects of Assuriing Nuclear Safety – Exploring 30 years of safety culture, 2016
NEA/IAEA Workshop on Maintaining Oversight of Safety Culture – Methods & Approaches, 2007

Author Listing

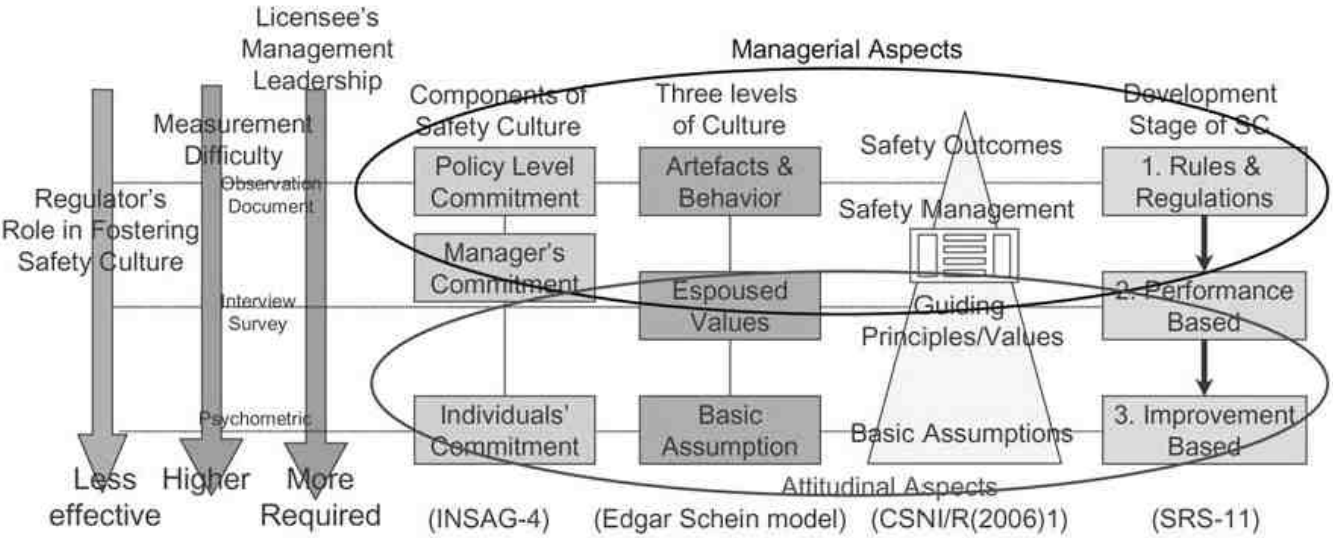


<그림 1> 안전문화의 요소

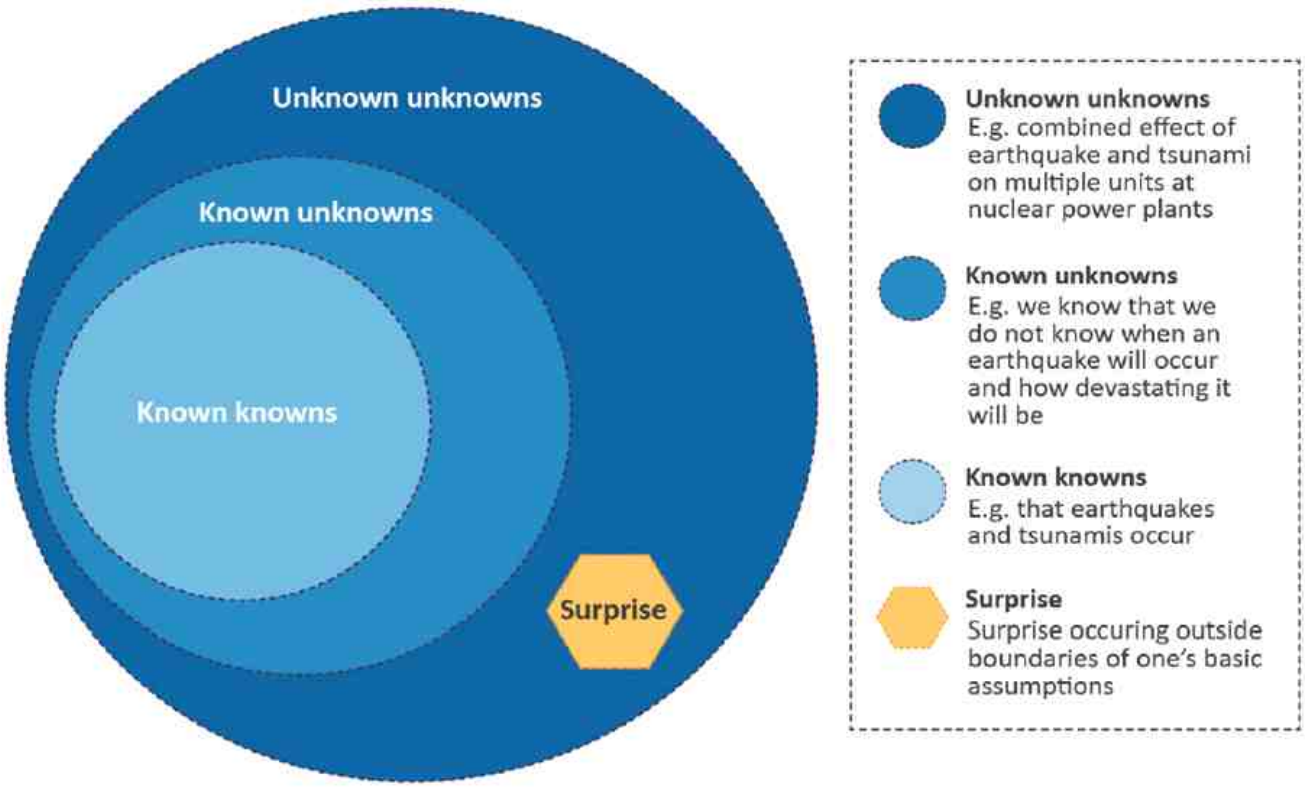


<그림 2> 문화 및 안전문화의 3계층 모델

<그림 3> 안전문화의 발전 단계



<그림 4> 안전문화의 '체계 및 관리' 차원과 '종사자 태도' 차원



<그림 5> Known Knowns, Known Unknowns, and Unknown Unknowns
(adopted from Fig. 2.6-1 Impact of Unknown Unknowns, Fukushima Diichi Accident Report, IAEA, 2015)

<표 1> 통합된 안전문화 요소와 연계(미국 NRC)

<Baseline inspection에서 검사하는 안전문화 요소>		
Human Performance	Problem Identification & Resolution	Safety Conscious Work Environment
- 의사결정 - 자원 - 작업 관리 - 작업 관행	- 시정 조치 프로그램 - 운전 경험 - 자체 평가	- 문제를 제기하는 분위기 - 차별이나 보복 방지
<특별 검사 및 추가 검사에서 검사하는 안전문화 요소>		
- 책임 관계 - 학습 분위기 - 조직 변화 관리 - 안전 정책		

<표 2> 주요국의 안전문화에 대한 규제 기관의 감독 현황

	미국	캐나다	영국	프랑스	독일	일본
규제입장	적극적	적극적	변화 중	유보적 (안전관리)	유보적 (안전관리)	변화 중
감독방법	Baseline+ Supplemental Inspection	지표개발 및 시범적용	Targeted Inspection	없음	안전관리 지표 개발	개발 중
규제기간내 조직	안전문화 평가팀	인적성능課 조직시스템 課	외부 전문가 활용	-	-	-
원칙/규정	ROP	Regulatory O&M Method	SAP	-	안전관리 지침	규칙/지침 개발 중