

원전 종사자 및 조직 특성이 사고에 미치는 영향*

A Study on the Effects of Nuclear Power Plant Workers and Organizational Characteristics on Accidents

김병석** · 조현웅*** · 오영민****

Kim, Byung-Suk · Jo, Hyun-Woong · Oh, Youngmin

Abstract

The purpose of this study is to analyze the effects of nuclear power plant workers and organizational characteristics on accidents, and seek the combination of policies for reducing accidents. For this purpose, it grasped, by using System Dynamics and Causal Loop Diagram, how various factors that cause accidents in nuclear plants are interrelated, and performed simulations after building simulation models. As a result of the analysis, first, the fundamental cause of safety accidents in nuclear power plants turned out to be the time constraint on the workload. Second, it turned out that as the workload of workers increases, physical and mental stresses increase, thereby increasing accidents due to errors and violations. Third, it turned out that as the levels of educational training and compliance with regulations and procedures are enhanced, accidents are reduced. Lastly, it turned out that as the combination of policies (reliance level + working environment + educational training + compliance with regulations and procedures) is increased, accidents are reduced. Especially, it turned out that if the combination of policies is increased by 30%, more than 10 cases of accidents are reduced.

Keywords: 원전, 종사자 및 조직, 사고, 안전문화, 시스템다이나믹스

(Nuclear Power Plant, Employee and Organizational, Accident, Safety Culture, System Dynamics)

* 본 연구는 2014년 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. 20131510101690).

** 한국뉴욕주립대학교 안전문화연구센터 선임연구원(주저자, vywnsekd@hanmail.net)

*** 한국뉴욕주립대학교 안전문화연구센터 선임연구원(교신저자, tlemaldks@naver.com)

**** 한국뉴욕주립대학교 기술경영학과 연구교수(공동저자, unaion1016@gmail.com)

I. 서론

2014년 4월 16일에 발생한 세월호 사건, 2013년 2월 한빛2호기 부실정비 사례, 2012년 11월 원전부품 품질검증서 위조사건과 전력대란 그리고 2012년 2월 고리1호기 소내정전 사고와 은폐 등으로 안전에 대한 국민들의 불안 및 불신이 증폭되고 있으며, 동시에 안전에 대한 관심 역시 높아지고 있다.

앞서 언급한 사고 외에도 많은 사고들의 발생은 기술적인 안전성이 검증되었지만 이를 운영하는 과정에서 문제로 발생한 사건·사고이거나, 기술적 결함으로 인해 사고가 발생한 후 이에 대한 적절한 대처를 하지 못했기 때문이다. 또한, 사건·사고의 처리 이후 동일한 사건·사고가 발생하지 않도록 하는 대비책 마련 역시 미흡한 실정이다.

기술적 결함이 아닌 사고의 원인으로는 ‘관리의 실패(management failure to accident)’가 있다. 이러한 관리의 실패는 안전문화(safety culture) 저하에 영향을 미치는 것으로 나타났다(안남성, 2013). 즉, 종사자 및 조직의 문화적 특성에 영향을 받는 안전문화가 사건·사고에 영향을 미치기 때문이다.

조직의 안전문화에 영향을 미치는 종사자 및 문화적 특성은 다양한 요인으로 구성되어 있으며, 구성요인 간 상호작용이 존재하고 동태성을 내포하고 있다. 하지만, 기존연구의 경우 특정요인에 대한 단선적 분석만 이루어질 뿐, 다양한 요인에 대한 통합적인 관점에서의 연구가 이루어지지 않고 있다. 따라서, 종사자 및 조직의 다양한 요인들 간의 상호작용과 동태성을 포함하여 분석하는 연구가 필요하다.

이러한 배경하에 본 연구는 원전 종사자 및 조직 특성이 원전 사고에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고, 사고를 감축시키기 위한 정책조합을 모색하는 것이 목적이다. 이를 위하여 원전 종사자 및 조직 관련 선행연구 및 이론적 논의를 검토한 후 시스템다이나믹스(System Dynamics)의 인과지도를 이용하여 원전에서 사고를 발생시키는 다양한 원인들이 어떻게 상호 연결되어 있는지를 파악한다. 그리고 이를 바탕으로 시뮬레이션 모델을 구축하여 모의실험을 수행하고, 사고를 감축시키기 위한 정책적 함의를 논의하고자 한다.

II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

1. 원전 안전문화에 대한 이론적 고찰

1) 원자력 안전문화의 개념

원자력 안전문화의 개념은 1986년 체르노빌 원전사건 이후 국제원자력기구(IAEA) 국제원자력안전자문단(INSAG)의 보고서인 INSAG-1(1986)에서 최초로 사용되었다. 안전문화(Safety Culture)는 안전을 최우선으로 하는 조직구성원의 공유가치로서 조직구성원 개개인의 태도, 믿음, 이해, 그리고 가치인식 등이 개인의 언행이나 조직의 안전관리 체계로 내재화되는 것을 의미한다. 안전문화는 문화의 형성과 변화라는 특성을 본질적으로 갖고 있어 오랜 시간에 걸쳐 형성되지만, 조직 내외부의 충격에 의해서도 단기간 내에 형성 혹은 변화될 수 있다. 안전문화의 하위개념인 원자력발전소의 조직안전문화(Organizational Safety Culture)는 원전시설 및 설비 등을 운영하는 종사자가 자신의 직무에서 안전을 최우선으로 여기는 것으로서, 강건한 안전문화를 정착하고 증진시키는 기제인 안전정책, 체계, 운영기술, 직무환경 등을 포함하고 있다(Kim & Oh, 2014).

2) 학습조직의 개념

학습조직(Learning Organization)에 대한 연구의 가장 큰 특징은 이론의 다양성이라고 할 수 있다. Fiol & Lyles(1985)는 보다 나은 지식과 이해를 통하여 조직행동을 향상시키는 과정으로 조직학습을 정의하였으며, Lundberg(1989)는 외부환경에 대응하고 내부분제를 해결하며 미래의 환경에 대비하는 조직의 전략, 구조, 체계, 과정 등이라고 개념화하였다. Senge(1990)는 경험에 대한 지속적인 사고를 통해 이를 지식으로 전환하여 조직전체에 공유하고, 이를 조직의 핵심목표에 적용하는 과정으로 학습조직을 정의하였으며, Robbins(1996)는 새로운 지식의 습득과 경험에 대한 성찰을 통해 행동을 변화시키고 문제를 해결하는 과정으로 정의하였다. Garvin(1993)은 지식을 창조하고, 습득하고, 변화시키며 이렇게 얻은 지식과 통찰력을 바탕으로 조직의 행동을 변화시켜 나가는 과정으로 정의하였고, Watkins & Marsick(1993)은 조직 구성원들의 행동 특성과 조직 시스템을 끊임없이 향상시켜 나가며, 조직의 학습프로세스와 개인/팀/조직 단위의 학습활동이 활발히 이루어짐으로써 조직의 경쟁력과 구성원의 자기 가치실현을 동시에 극대화시키는 조직으로 학습조직을 정의하였다. 나병선(2001)은 조직의 목표달성과 효율적 증대를 위해 지식과 정보를 획득, 창출, 공유, 활용하는 과정을 통하여 개인수준의 학습이 조직차원으로 승화·통합됨으로써 조직의 수준에서 발생하는 학습이라고 정의하였다.

이처럼 학습조직에 대한 개념은 연구자의 학문적 배경이나 접근방식에 따라 다양하게 정의되고 있지만 일반적으로 다음과 같이 정의할 수 있다. 학습조직은 ‘개인/팀/조직 학습이 활발히 이루어짐으로써 끊임없이 지식을 창출하고 획득하고 전달하는데 능숙할 뿐 아니라 새로운 지식과 통찰력을 조직경영에 반영하기 위하여 기존의 방식을 변화시키는 데에도 능숙한 조직’을 의미한다.

3) 학습조직과 조직 안전문화의 관계

조직 안전문화는 조직구성원들과 조직의 안전 및 가치에 기반을 둔 학습이 축적된 결과이다. 조직 안전문화는 조직과 조직구성원들이 공유하고 있는 가치체계에 근거하고, 이 가치체계는 조직의 목적, 전략 및 제반 행동에 방향성과 지표를 제공한다. 따라서 조직이 학습화되기 위해서는 조직의 구조뿐만 아니라 문화까지도 고려되어야 한다(Denison, 1984; Senge, 1990; Morgan, 2006; Marquardt, 1996; 이상철, 2012). 기존연구를 살펴보면, Fiol & Lyles(1985)는 조직문화는 조직학습에 중요한 영향을 미친다고 주장하였으며, Schein(1985)는 조직학습은 집단이나 조직원의 상호작용으로 이루어지며, 조직원 간의 상호작용은 조직원들의 행동을 지배하는 조직문화의 영향과 관계가 있다고 주장하였다. Pedler, Burgoyne & Boydell(1991)은 학습조직 구축 요인 중 문화요인은 기업의 성공에 중요한 영향을 미친다고 주장하였고, Nevis et al.,(1995)는 조직학습의 성격과 방법은 조직문화 혹은 하위문화에 의해 결정된다고 설명하였다. 학습조직은 조직내 구성원 혹은 집단 간의 상호작용으로 이루어지는데 이때 상호작용은 구성원의 행동을 지배하는 조직문화의 절대적인 영향력을 미치기 때문이다. 김명형(1996)은 학습조직과 조직문화는 불가분의 관계에 있는데, 학습은 조직문화의 핵심인 신념과 규범에 의존하고, 이러한 신념과 규범이 공유된 공동의 학습결과로 나타난 것이 문화라고 설명하였다. 조직문화는 학습조직의 성격과 과정을 결정하는데 중요한 역할을 하며, 학습조직의 성격과 과정은 집단이나 조직구성원 간의 상호작용으로 결정되고, 이 상호작용은 조직구성원의 행동을 지배하는 조직문화의 영향력 하에 있기 때문이다. Morgan(2006)은 조직문화란 구성원들이 조직의 내·외부환경에 대처할 수 있도록 결집시켜주는 공유된 가치 및 행동양식인 동시에 그 가치와 행동양식이 외부로 표출되는 상징체계의 총합이라고 할 수 있으며, 이러한 조직문화는 구성원들의 사고와 행동에 영향을 주는 근원으로 조직구성원들을 결집시켜주고 바람직한 행동을 유도해주는 중요한 요소로서 학습조직의 구축에 많은 영향을 미친다고 주장하였다.

지금까지의 연구들을 요약하면, 조직 안전문화는 종사자들의 비가시적·내면적 영향에 미치는 중요한 조직 특성요인이고, 학습조직은 이러한 종사자들의 내면적 요소의 영향을 받아 효과적이고 안전성을 증진시키는 조직을 구현하는데 영향을 미친다.

2. 선행연구 검토

종사자 및 조직 안전문화에 대한 연구는 다양한 분야에서 많은 연구결과가 누적되어왔다. 원전 조직 안전문화 평가지표 개발에 관한 연구(IAEA, 1994, 2000; OECD/NEA, 1998, 1999; NRC, 2005; INPO, 2013; 이용희 외, 2011), 조직의 안전성과 종사자들의 업무량의 관계를 분석한 연구(Rudolph & Repeating, 2002), 미국항공우주국(NASA)을 대상으로 위험관리와 안전문화에 대한 개선점을 도출한 연구(Leveson, 2005), 조직의 특성요인과 구성원의 행태가 안전문화에 미치는 영향을 분석한 연구(Lyneis & Madnick, 2008; 유재국 외, 2001; 안남성 외, 2002), 원자력 발전소의 사고사례를 대상으로 조직 안전문화를 분석한 연구(IAEA, 2012; 체무성, 2000; 김사길 외, 2012), 원자력 발전소 조직문화와 하위문화의 관계를 분석한 연구(윤영채 · 배용환, 2012), 원자력 발전소의 조직문화와 리더십의 관계를 분석한 연구(Blake & Mouton, 1964; 김영갑 외, 2010), 원전 조직의 성향과 종사자의 조직 적합도 및 직무만족도를 분석한 연구(김대호 · 이용희, 2006a), 원자력발전소의 직무 관련 스트레스 요인을 평가한 연구(김대호 · 이용희, 2006b), 조직학습과 안전문화의 관계에 대한 연구(Fiol & Lyles, 1985; Senge, 1990; Yang et al., 2004; Morgan, 2006; 한진환, 2006; 조창현 · 박문수, 2011; 이상철, 2012), 원자력 위험 인식에 대한 연구(차용진, 2012a, 2012b; 환경운동연합, 2013) 등이 있다.

선행연구 중에서 특히 Leveson(2005)은 미국항공우주국(NASA)을 대상으로 위험관리와 안전문화에 대한 개선점을 도출하기 위하여 위험평가, 위험대처방안, 정책결정에 대한 잠재적인 영향 등을 시뮬레이션을 통해 분석하였고, Lyneis & Madnick(2008)은 조직의 특성과 구성원의 행태가 안전문화에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다. 이 연구에서는 ‘Single Loop Learning’과 ‘Double Loop Learning’에 대해 중요성을 설명하고 있다. ‘Single Loop Learning’은 인지된 문제에 대응하여 개인과 조직이 즉각적으로 시행하는 행동을 의미하고, ‘Double Loop Learning’은 실행에 초점을 맞추기보다는 왜 규칙이 지켜지지 않았는지, 현존하는 규칙이 효과적인지, 사고의 다른 근본적인 중요한 이유가 존재하는지에 대하여 의문을 가지게 되는 것을 의미한다. 다만 ‘Single Loop Learning’은 인지된 문제에 즉각적으로 대응하기 때문에 근본적인 원인 파악과 개선노력을 약화시킬 수 있다고 주장한다. 즉, 안전문화 측면에서 개인에 대한 책임을 강조하는 것은 관리자의 관심을 감소시킬 수 있기 때문이다. 또한 ‘Double Loop Learning’은 현재 관료제 구조와 조직통제 시스템을 위협하기 때문에 실행에 많은 어려움이 있다고 주장하였다.

Rudolph & Repeating(2002)은 위험조직(high-hazard organization)의 경우 조직차원에서의 안전성은 업무량과 밀접한 관련이 있다고 주장하였다. 이는 종사자들이 한 번에 처리해야

할 정보의 양과 업무량이 증가할 경우, 업무를 순차적으로 진행하는데 장애 요인으로 작용하여 종사자들의 생산성과 작업의 질을 저하시키며, 결국 안전성이 낮아질 가능성이 높아진다고 설명하였다. 또, 업무가 증가할 경우, 종사자들은 육체적/정신적 스트레스가 증가하며, 육체적 스트레스는 실수에 의한 오류에 더 큰 영향을 미치며, 정신적 스트레스는 고의적인 위반에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 고의적인 위반보다 실수에 의한 오류가 일반적으로 더 많이 발생하는 것으로 나타났다(Hammer, 1980; Heinrich, 1980; Reason, 1990; 주상윤, 2007). 제무성(2000)은 원자력 발전소 사고사례를 대상으로 조직 안전문화를 분석하였다. 분석결과, TMI(Three Mile Island) 사고는 경미한 설비고장은 있었으나 중요한 사고원인은 운전원의 인적오류라고 설명하였다. 이는 운전원의 교육훈련 부족, 절차서의 불명확성, 주제어실의 설계상의 결함 등이 함께 어우러진 안전문화와 관련된 조직실패(Organizational Failure)라고 설명하였으며, Chernobyl 사고역시 관리조절(Management control)의 부족과 운전원의 부적절한 절차서의 검토, 안전 절차서 위배 등이 복합적으로 발생한 인적오류라고 설명하였다. INPO(2013)는 강력한 원자력 안전문화를 위한 원칙으로 다음의 8가지 사항을 제시하고 있다. 첫째, 모든 종사자는 원자력 안전에 대한 각각의 책임이 있다. 둘째, 리더들은 안전을 이행하는데 모범을 보여야 한다. 셋째, 신뢰가 조직에 바탕이 되어야 한다. 넷째, 안전 최우선의 의사결정(보수적 의사결정)을 해야 한다. 다섯째, 원자력 기술은 특별하고 독특한 것으로 인식되어야 한다. 여섯째, 의문을 가지는 태도를 장려해야 한다. 일곱째, 조직학습이 채택되어야 한다. 마지막으로 원자력 안전은 무단히 검토되어야 한다.

지금까지의 연구들을 종합해보면 안전문화의 증진을 위해서는 종사자들의 업무 스케줄 관리가 필요하고, 정부 및 규제기관, 회사 및 사업소에 이르기까지 모든 관련조직과 종사자 개개인이 지속적인 관심과 노력에 더하여, 보고문화(Reporting Culture)의 강화와 학습하는 조직(Learning Organization)이 정착되어야 한다는 것이다. 특히, 보고문화는 잠재적인 모든 사건들을 보고하고, 그 근본원인을 조사함으로써 안전을 지키기 위한 강력한 동기를 제공해야 하며, 학습하는 조직은 탐색과 벤치마킹을 통해 새로운 착상이나 더 나은 실행방법을 창조함으로써 조직의 발전을 증진시킬 수 있다는 것이다. 그러나 기존연구에서는 원전에서 발생하는 사건들이 왜 근절되지 않고 지속적으로 발생하고 있으며, 수많은 조치들과 자성에도 불구하고 원전의 안전문화가 향상되지 못하는 근본구조에 대한 분석은 이루어지지 않은 한계점을 보이고 있다. 따라서 본 연구는 시스템다이나믹스의 인과지도 및 시뮬레이션 분석방법을 이용하여 원전 종사자 및 조직 특성이 원전 사고에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고, 사고를 감축시키기 위한 정책조합을 모색하며, 정책의 효과를 확인하고자 한다.

III. 원전 종사자 및 조직 모델 구축

1. 인과지도

시스템다이내믹스를 이용한 시뮬레이션 모델은 앞서 살펴본 기존선행연구 및 이론적 논의를 바탕으로 인과지도 및 Stock/Flow 다이어그램을 구축하였다.¹⁾ [그림 1]은 원전 종사자 및 조직 안전문화에 대한 인과지도를 나타내고 있다.²⁾ 인과지도는 크게 A 부문(Organizational Learning Sector), B 부문(Management Safety Action Sector), C 부문(Work Sector), D 부문(Stress Sector)으로 구성되어 있으며, 각 부문은 서로 간에 역동적인 영향을 주고받는 관계를 가지고 있다. 먼저, 인과지도 A 부문(Organizational Learning Sector)을 살펴보면 조직학습의 관점에서 원전에서 안전사고가 발생하는 근본적인 이유는 업무처리에 대한 시간압박이라고 볼 수 있다. 이는 원전 종사자들이 한번에 처리해야 할 정보의 양과 업무량이 증가할 경우, 업무처리를 순차적으로 진행하는데 장애요인으로 작용하여 종사자들의 생산성과 작업의 질을 저하시키며, 시간압박으로 규칙과 절차 준수인식이 감소됨으로써 원전안전성이 낮아진다는 것이다(Rudolph & Repening, 2002; Lyneis & Madnick, 2008; IAEA, 2012; Kim & Oh, 2014; 제무성, 2000). 즉, 원전에서 종사자들의 업무에 대한 ‘규칙과 절차 준수’가 높을 경우에는 ‘사고’가 발생하지 않지만 종사자들의 업무에 대한 ‘시간압박’이 증가하게 되면 ‘규칙과 절차 준수’에 대한 인식이 감소되어 ‘사고’ 발생을 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 다른 한편으로, ‘사고비율’이 증가하면 ‘사고에 대한 학습’이 증가되어 ‘조직의 안전지식’은 증가하게 되고, ‘규칙과 절차’를 강화시킴으로써 ‘안전행동의 효과’에 긍정적인 영향을 미치게 된다. 더불어, ‘리더십교육’을 통한 ‘수평적 의사결정’, ‘리더의 전문성’, ‘안전중심 경영’, ‘리더의 현장관리 감독’이 강화된다면, ‘안전행동의 효과’는 증가하게 되며, ‘사고비율’을 감소시키게 된다.

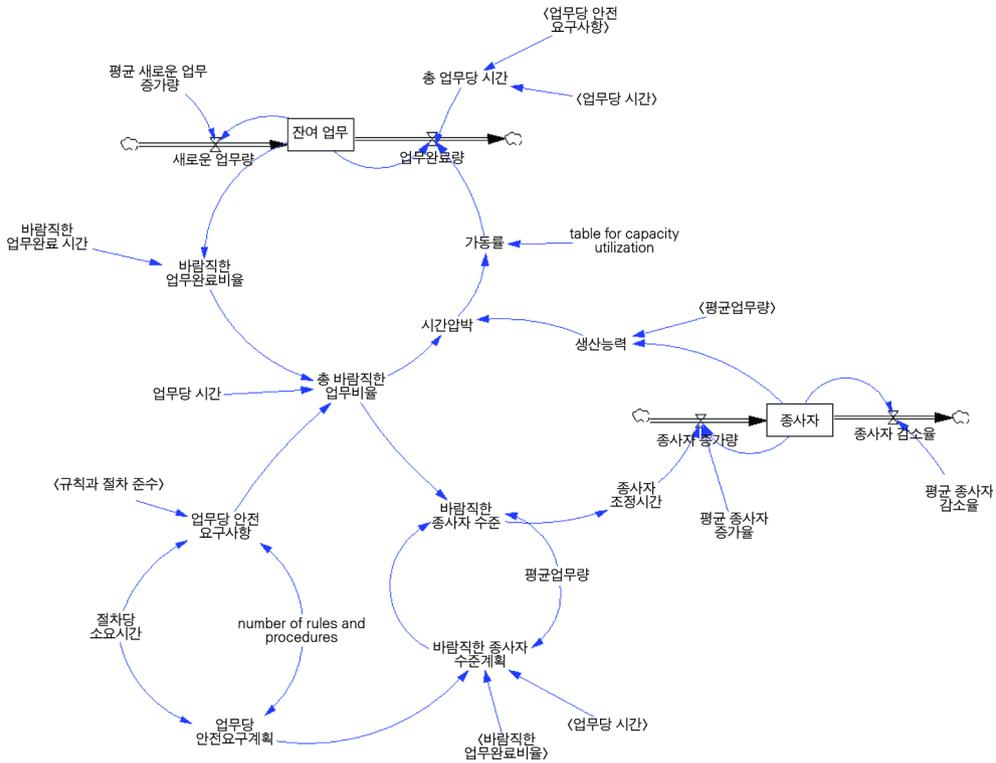
1) 모델에서 사용된 변수는 관련이론 및 기존 선행연구에서 중요하게 제시되고 있는 종사자 및 조직 특성 변수로 구성하였다. 모델에서 사용된 변수는 1차 적으로 각 기관 및 기존연구에서 제시하고 있는 원전 안전문화 평가지표를 검토하였고, 다음으로 평가지표에서 공통적인 항목들을 도출하였으며, 이를 바탕으로 종사자 및 조직 특성요인으로 분류하였다. 이 중 측정이 가능한 변수를 중심으로 모델에 사용하였다 ((IAEA, 1994, 2000; OECD/NEA, 1998, 1999; NRC, 2005; INPO, 2013; Lyneis & Madnick, 2008; Leveson et al., 2005; 한국전력연구원, 2004; 이용희 외, 2011).

2) 인과지도는 본 저자의 2014년 4월 대한인간공학회에 게재된 논문에서 인과지도를 보완 및 발전한 것임.

하게 되면 종사자들의 ‘육체적 스트레스’와 ‘정신적 스트레스’가 증가하게 되어 ‘사고비율’을 증가시키게 된다. 그러나, 관리자의 ‘리더십’과 구성원 간 ‘신뢰’가 증가하게 되면 종사자들의 ‘정신적 스트레스’가 감소되어 ‘사고비율’을 저감시키는 요인으로 작용한다. 또, ‘작업환경’을 개선하게 되면 종사자들의 ‘육체적 스트레스’가 감소되어 ‘사고비율’을 저감시키게 된다(Hammer, 1980; Heinrich, 1980; Reason, 1990; IAEA, 2012; 주상운, 2007).

2. Stock / Flow Diagram

원전 종사자 및 조직 안전문화 특성에 중요한 요인은 종사자 및 잔여업무, 규칙과 절차 준수여부, 학습조직, 업무에 따른 스트레스, 사고발생 빈도라고 할 수 있다. 즉, 원전에서 발생하는 사고를 감소시키기 위한 노력을 통해서 원전은 일정수준의 안전성을 유지 할 수 있는 것이다. [그림 2]는 종사자 및 업무부문에 대한 Stock/Flow Diagram을 나타내고 있다. [그림 2]에서 수준변수는 잔여업무와 종사자로 구분되고, 잔여업무는 새로운 업무량과 업



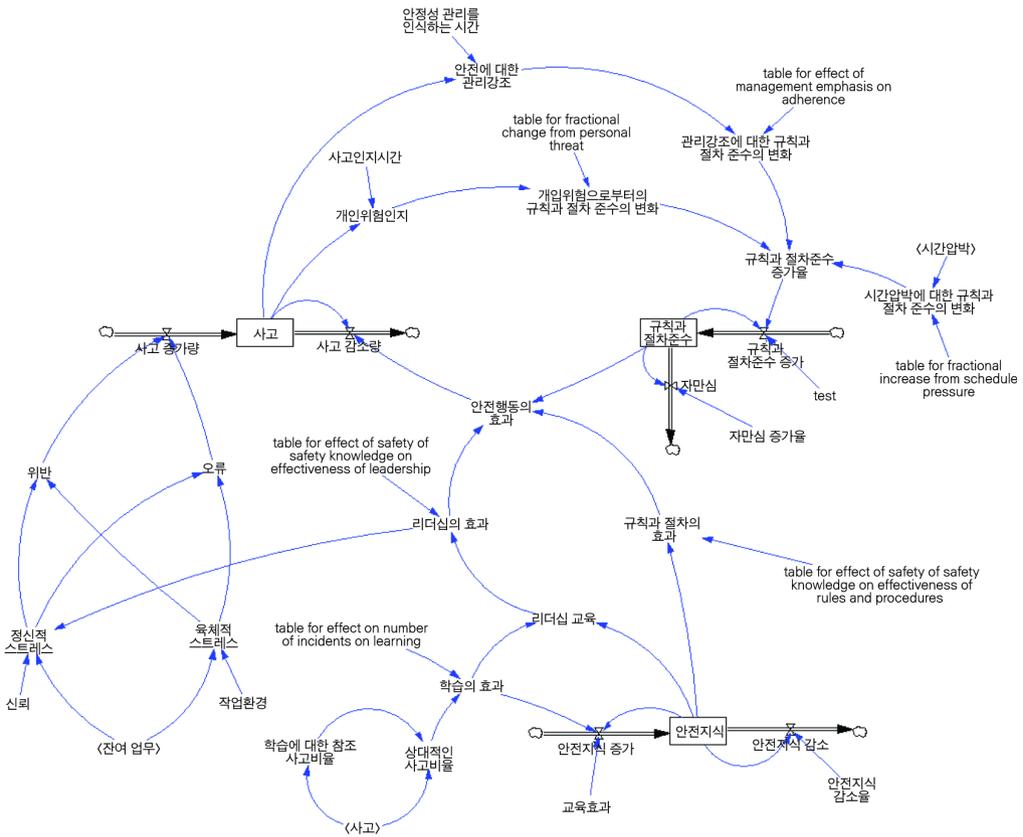
[그림 2] 종사자 및 업무 부문 Stock/Flow Diagram

무 완료량에 따라 증감하는 것으로 설정되었으며, 종사자는 종사자 증가율과 종사자 감소율에 따라 증감하는 것으로 설정되었다.

모델에서 사용된 데이터는 가상적인 데이터를 사용하였는데, ‘총 바람직한 업무비율’은 ‘바람직한 업무 완료비율’과 ‘업무 당 시간’, ‘업무 당 안전 요구사항’에 의해 결정되고, ‘시간압박’과 ‘바람직한 종사자 수준’에 영향을 미치는 것으로 설정되었다. 여기서 ‘바람직한 업무완료비율’은 ‘잔여업무 수준’과 ‘바람직한 업무완료시간’에 의해 결정되고, ‘업무 당 안전요구사항’은 ‘규칙과 절차준수’와 ‘규칙과 절차 수’, ‘절차 당 소요시간’에 의해 결정된다. ‘바람직한 종사자 수준’은 ‘평균업무량’과 ‘바람직한 종사자 수준계획’에 의해 결정되며, ‘종사자 조정시간’을 거쳐 ‘종사자 증가율’에 영향을 미치게 된다. 여기서 ‘종사자 조정시간’은 테이블 함수를 이용하여 ‘바람직한 종사자 수준’이 증가할수록 ‘종사자 조정시간’도 늘어나는 것으로 설정하였다. 이는 조직에서 종사자가 필요하다고 해서 바로 직원을 채용할 수 없기 때문에 조직에서 필요한 직원을 파악하고 신규채용까지 걸리는 시간을 가정한 것이다. ‘시간압박’은 ‘총 바람직한 업무비율’과 ‘생산능력’에 의해 결정되고, ‘가동률’은 ‘시간압박’이 1보다 높을 경우 ‘가동률’을 촉진시키는 요인으로 작용하고, 1보다 낮은 경우에는 ‘시간압박’이 감소하였기 때문에 ‘가동률’을 억제하는 요인으로 작용되도록 설정하였으며, ‘가동률’에 따라 ‘업무 완료량’에 영향을 미치도록 모델을 구축하였다. 그리고, ‘업무 완료량’은 ‘총 업무 당 시간’과 ‘가동률’에 의해 결정되고, 모델에서 ‘총 업무 당 시간’은 ‘업무 당 안전 요구사항’과 ‘업무 당 시간’에 의해 결정된다.

[그림 3]은 규칙과 절차준수, 원전사고, 학습조직, 스트레스 부문에 대한 Stock/Flow Diagram을 나타내고 있다. [그림 3]에서 수준변수는 규칙과 절차준수, 사고, 안전지식으로 구분되고, 규칙과 절차준수는 규칙과 절차준수 증가와 자만심에 따라 증감하는 것으로 설정되었으며, 사고는 사고증가량과 사고감소량에 따라 결정되며, 안전지식은 안전지식증가와 안전지식감소에 따라 증감하는 것으로 설정되었다.

모델에서 ‘규칙과 절차준수’가 잘 이루어질 경우에는 ‘안전행동의 효과’에 긍정적인 영향을 미쳐 ‘사고’발생빈도가 낮지만 종사자들의 업무에 대한 ‘시간압박’과 ‘자만심’이 증가하게 되면 ‘규칙과 절차준수’에 대한 인식이 감소되어 ‘사고’발생을 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 여기서 ‘규칙과 절차준수 증가율’은 ‘개인위험으로부터의 규칙과 절차준수의 변화’, ‘관리강조에 대한 규칙과 절차준수의 변화’, ‘시간압박에 대한 규칙과 절차준수의 변화’에 의해 결정된다. 개인위험과 관리강조에 대한 ‘규칙과 절차준수’의 변화는 테이블 함수를 이용하여 ‘사고’가 증가할수록 ‘규칙과 절차준수’도 증가하는 것으로 설정하였으며, ‘시간압박’에 대한 ‘규칙과 절차준수’의 변화는 ‘시간압박’이 증가할수록 ‘규칙과 절차준수’는 감소하는 것으로 설정하였다. 그리고, ‘잔여업무’가 증가하게 되면 종사자들의 ‘정신적



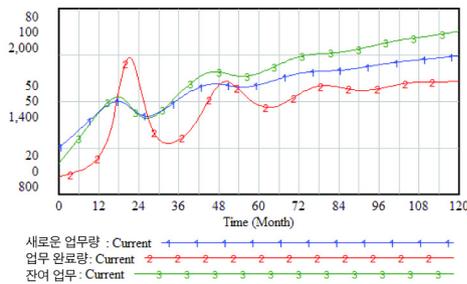
[그림 3] 규칙과 절차 준수, 원전사고, 학습조직, 스트레스 부문 Stock/Flow Diagram

스트레스'와 '육체적 스트레스'가 증가하여 '오류' 및 '위반'을 발생하게 된다. 이는 종사자들의 '오류'와 '위반'으로 '사고'를 증가시키는 요인으로 작용하게 된다. 특히, 고의적인 '위반'보다 실수에 의한 '오류'가 일반적으로 많이 발생하기 때문에 모델에서는 '오류'가 더 큰 영향을 미치도록 설정하였다. 그리고 '육체적 스트레스'는 '작업환경'에 따라 증감하는 것으로 설정하였으며, '정신적 스트레스'는 '신뢰'와 '리더십의 효과'에 의해 결정된다. 또 한편으로 사고가 발생하게 되면 사고를 저감시키기 위한 노력을 통해서 일정수준의 안전성을 유지하게 된다. 모델에서는 조직학습을 통하여 '안전지식'과 '리더십교육'에 긍정적인 영향을 미치도록 모델을 구축하였다. '리더십의 효과'와 '규칙과 절차의 효과'는 테이블 함수를 이용하여 '리더십교육'과 '안전지식'이 증가할수록 안전을 최우선으로 생각하는 행동이 증가하도록 설정하였다. 마지막으로 '안전행동의 효과'는 '리더십의 효과', '규칙과 절차의 효과', '규칙과 절차 준수'에 의해 결정되며, '사고감소량'에 영향을 미치도록 모델을 구축하였다.

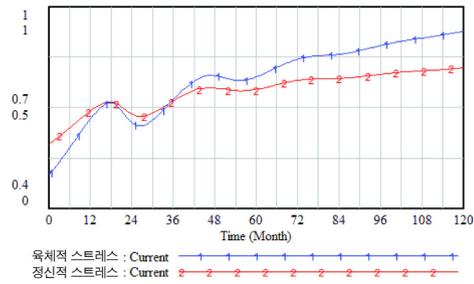
IV. 모의실험 결과

1. 모델의 행태 및 Base Run

모델에서 주요변수를 대상으로 Base Run 결과를 살펴보면 다음과 같다. [그림 4]는 새로운 업무량, 업무 완료량, 잔여업무에 대한 시뮬레이션 결과로서 종사자들의 새로운 업무량은 지속적으로 증가하는 모습을 보이고 있다. 업무 완료량은 종사자들이 감당할 수 있는 업무한계를 넘어서게 되면서 시간이 지남에 따라 정체되는 모습을 보이고 있으며, 이로 인하여 잔여업무도 상승하는 모습을 보이고 있다. [그림 5]는 종사자들의 육체적 스트레스와 정신적 스트레스에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 종사자들의 잔여업무가 증가하면서 육체적 스트레스와 정신적 스트레스가 증가하는 모습을 보이고 있으며, 육체적 스트레스가 정신적 스트레스보다 더 높게 나타나고 있다. 이러한 결과를 기존연구에서 살펴보면 종사자들의 업무가 증가함에 따라 육체적/정신적 스트레스가 증가하며, 특히 육체적 스트레스가 정신적 스트레스 보다 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다(Hammer, 1980; 주상윤, 2007).

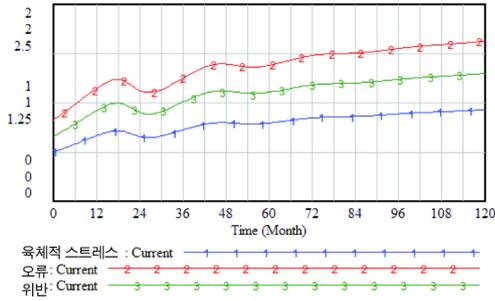


[그림 4] 새로운 업무량, 업무완료량, 잔여업무에 대한 시뮬레이션 결과

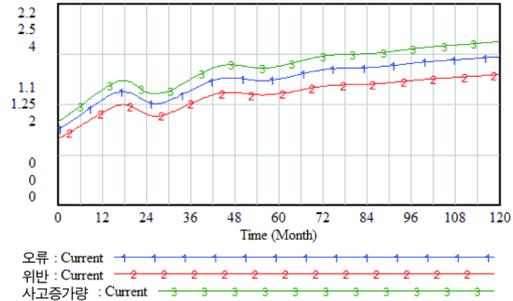


[그림 5] 육체적 스트레스 및 정신적 스트레스에 대한 시뮬레이션 결과

[그림 6]과 [그림 7]은 종사자들의 잔여업무가 증가하면서 육체적 스트레스와 정신적 스트레스가 증가하여 오류 및 위반을 증가시키게 된다. 이는 종사자들의 오류와 위반으로 사고를 증가시키는 요인으로 작용하게 되며, 사고는 고의적인 위반보다 실수에 의한 오류가 일반적으로 더 많이 발생하기 때문에 오류가 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 기존연구에서 살펴보면, 육체적 스트레스는 실수에 의한 오류에 더 큰 영향을 미치며, 정신적 스트레스는 고의적인 위반에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 고의적인 위반보다 실수에 의한 오류가 일반적으로 많이 발생하는 것으로 나타났다



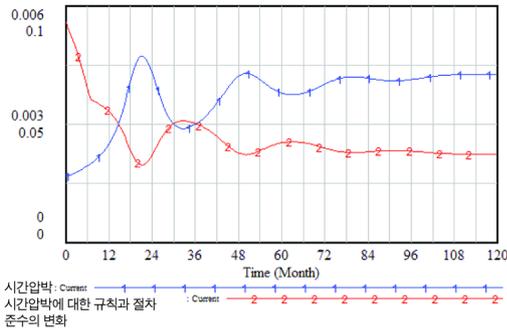
[그림 6] 육체적 스트레스에 따른 오류 및 위반 시뮬레이션 결과



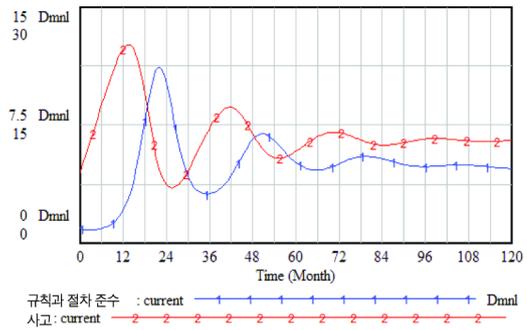
[그림 7] 오류와 위반에 따른 사고증가량 시뮬레이션 결과

(Hammer, 1980; Heinrich, 1980; Reason, 1990).

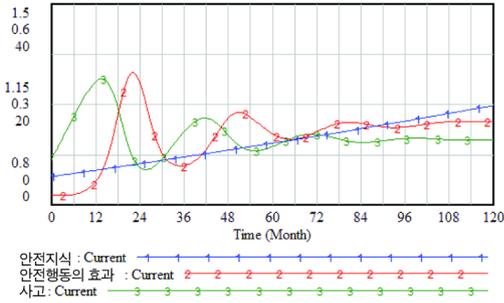
[그림 8]은 앞서 논의된 바와 같이 원전조직에서 안전저해 사건이 발생하는 근본적인 이유는 업무처리에 대한 시간압박이며, 시간압박이 증가할수록 규칙과 절차준수가 감소하는 것으로 나타났다. [그림 9]는 규칙과 절차준수가 잘 이루어질 경우에는 사고발생빈도가 낮지만 종사자들의 업무에 대한 시간압박이 증가하면서 규칙과 절차준수가 감소하게 되면 사고발생빈도는 증가하는 것으로 나타났다.



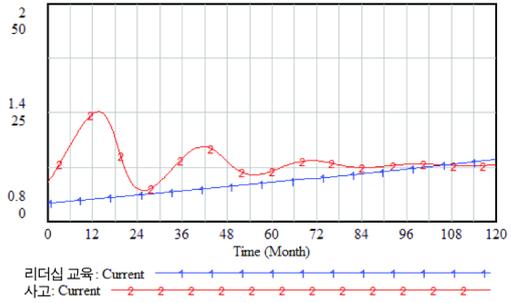
[그림 8] 시간압박, 시간압박에 대한 규칙과 절차준수의 변화 시뮬레이션 결과



[그림 9] 규칙과 절차준수, 사고에 대한 시뮬레이션 결과



[그림 10] 안전지식, 안전행동의 효과, 사고에 대한 시뮬레이션 결과



[그림 11] 리더십 교육, 사고에 대한 시뮬레이션 결과

[그림 10]은 안전지식, 안전행동의 효과, 사고에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 사고가 발생하게 되면 사고에 대한 학습이 이루어지고, 안전교육에 따른 규칙과 절차를 강화시킴으로써 안전지식은 증가하게 되며, 이로 인하여 종사자들의 안전행동이 증가하는 모습을 보이고 있다. 또한, 사고에 대한 학습으로 초기 사고발생빈도는 상승하지만 시간이 지남에 따라 균형수준으로 수렴하는 모습을 보이고 있다. 즉, 안전교육 강화는 사고발생을 저감시키는 요인으로 작용하게 된다. 그리고 안전행동의 효과도 초기에는 상승하지만 사고가 정제되면서 감소하는 모습을 보이고 있다. [그림 11]은 안전교육에 더하여 리더십교육을 강화시킴으로써 시간이 지남에 따라 사고발생 빈도는 저감되는 것으로 나타났다.

2. 정책실험 결과

개별 정책 및 정책조합이 사고감축에 얼마나 효과적인지를 파악하기 위하여 종사자 및 조직 특성 변수들을 이용하여 정책실험을 수행하였다. 첫째, 신뢰수준을 증가시키는 정책으로, 바람직한 안전문화를 가지고 있는 조직은 조직원 개인 간, 개인과 조직 간 신뢰를 바탕으로 의사소통이 잘 이루어지고, 안전을 중요하게 생각하는 공감대가 형성되어 있다는 특성이 있다. 특히 기존연구를 살펴보면, 신뢰의 부재는 조직원의 정신적 스트레스를 유발하고, 사고를 증가시킬 수 있는 요인으로 나타났다(HSC, 1993; 교통안전공단, 2008).

둘째, 작업환경을 개선시키는 정책으로, 업무를 수행하는 물리적인 작업환경은 조직원의 육체적 스트레스에 영향을 미치게 된다. 즉, 소음·조명·진동·분진·악취 등으로 인한 불쾌하거나 부적당한 물리적 작업 환경과 긴장과 주의력을 지속적으로 요구하는 작업 환경은 조직원의 육체적 스트레스를 유발하고, 사고를 증가시킬 수 있는 요인으로 나타났다(Hammer, 1980; 주상윤, 2007).

〈표 1〉 정책 시나리오 현황

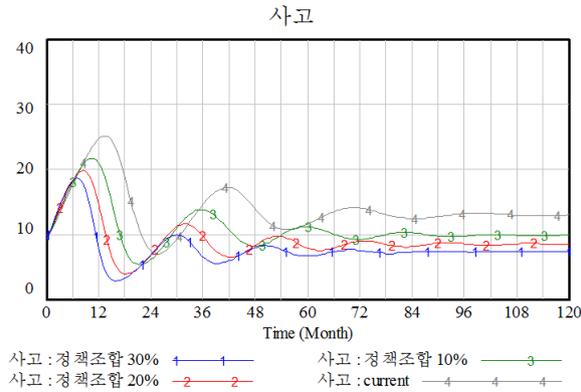
| 구분 | 정책실험 내용 |
|--------|--|
| 시나리오 1 | 10, 20, 30% 증가 |
| 시나리오 2 | 작업환경 10, 20, 30% 증가 |
| 시나리오 3 | 교육훈련 10, 20, 30% 증가 |
| 시나리오 4 | 규칙과 절차 준수 10, 20, 30% 증가 |
| 정책조합 | (신뢰수준+작업환경+교육훈련+규칙과 절차 준수), 10, 20, 30% 증가 |

셋째, 교육훈련을 증가시키는 정책으로, 원전에서 교육훈련이 증가할수록 종사자들의 안전행동을 증가시키며 사고발생을 저감시키는 것으로 나타났다(Rudolph & Repeating, 2002; Lyneis & Madnick, 2008; IAEA, 2012; 제무성, 2000).

넷째, 규칙과 절차 준수를 강화시키는 정책으로, 종사자들의 규칙과 절차준수를 강화시킬수록 종사자들의 안전행동이 증가하여 사고발생을 저감시키는 것으로 나타났다(Goldberg, et al. 1991; Zohar, 2000; Gershon, 2000; Huang, et al. 2004; Rudolph & Repeating, 2002; Lyneis & Madnick, 2008; IAEA, 2012; 제무성, 2000). 이상의 정책실험은 〈표 1〉의 정책시나리오에 따라 수행되었다.

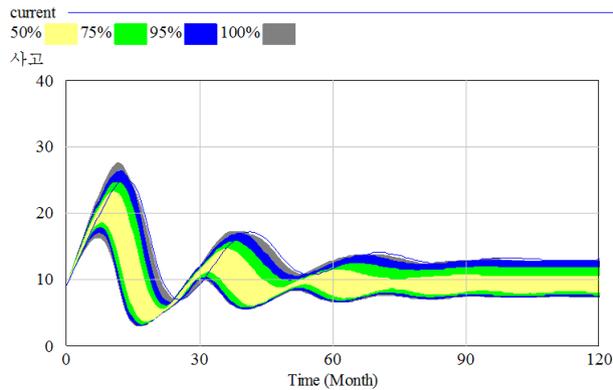
개별 정책시뮬레이션 결과, 신뢰수준, 작업환경, 교육훈련, 규칙과 절차 준수가 증가할수록 사고발생 빈도를 감소시키는 것으로 나타났다. 그러나 정책효과는 크지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 원전에서 개별적인 정책 시행으로는 사고감축에 한계가 있다는 점을 시사한다. 이에 개별정책들의 값을 바꿔가면서 반복적인 시뮬레이션을 수행하여 사고를 저감시키기 위한 정책조합을 모색하고자 하였다.

[그림 12]는 정책조합 시뮬레이션 분석결과를 나타내고 있다. 정책실험 분석결과, 정책조합(신뢰수준+작업환경+교육훈련+규칙과 절차 준수)이 증가할수록 사고발생빈도가 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 정책조합을 30% 증가시킨 경우, 사고 감축효과가 큰 것으로 나타났다. 즉, 원전에서 사고를 감소시키기 위해서는 개별적인 정책실행보다는 다각적인 정책이 동시에 추진되어야 한다는 점을 시사한다.



[그림 12] 정책조합 시뮬레이션 분석결과

[그림 13]은 민감도 분석결과를 나타내고 있다. 민감도 분석은 신뢰수준, 작업환경, 교육 훈련, 규칙과 절차 준수에 대해 30% 수준에서 값을 변화시키고, 목적변수는 사고로 설정하였으며, 시뮬레이션은 200회로 설정하여 민감도 분석을 수행하였다. 분석결과, 초기 사고율의 급격한 증가 이후 원전 사고가 균형수준으로 수렴하는 것으로 나타났으며, 정책변수와 관련된 요인들의 결합에 따라 10건 이상의 사고 감축효과가 있는 것으로 나타났다.



[그림 13] 민감도 분석결과

V. 결론

본 연구는 원전 종사자 및 조직 특성이 원전 사고에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고, 사고를 감축시키기 위한 정책조합을 모색하였다. 본 연구의 분석결과와 정책적 함의를 정

리하면 다음과 같다.

첫째, 원전에서 안전사고가 발생하는 근본적인 이유는 업무처리에 대한 시간압박이라고 할 수 있다. 이는 종사자들의 기본업무 요구사항에 안전업무 요구사항이 증가하면서 총 업무 요구사항을 증가시키게 되고, 이는 시간압박을 증가시킴으로써 규칙과 절차준수에 대한 인식이 감소되어 사고를 증가시키는 것으로 나타났다. 또한, 종사자들의 잔여업무가 증가하면서 육체적 스트레스와 정신적 스트레스가 증가하여 오류 및 위반으로 사고를 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 종사자들이 감당할 수 있는 업무의 한계를 넘어서게 되면 심리적인 압박으로 사고를 발생시킬 수 있다는 것으로써, 인적자원을 확보하고 조직에서 각자의 능력 또는 역량에 맞게 직무와 권한배분이 이루어질 수 있는 인력수립 및 양성에 관한 계획이 필요하며, 작업환경과 신뢰를 증진시킬 수 있는 지속적인 관심과 노력이 필요하다. 그리고 스케줄관리에 대한 재검토가 필요하다는 점을 시사한다.

둘째, 교육훈련 및 규칙과 절차준수를 강화시킬수록 종사자들의 안전행동이 증가하여 사고발생을 저감시키는 것으로 나타났다. 이는 조직학습을 통한 교육으로 사전에 안전을 최우선으로 생각하는 행동이 증가할 수 있도록 시스템을 개선하는 것이 필요하다는 점을 시사한다. 또한, 신규종사자 교육훈련 프로그램을 강화시켜 전문성을 높이고, 멘토링 시스템을 강화해 신규 종사자들에게 보다 실제적이고 직접적인 운전 및 정비경험을 제공할 필요성이 있다. 다만 보편적인 교육훈련을 강화시키는 정책보다는 다양한 사건사례를 분석해 특정 상황에서도 대응할 수 있는 교육훈련 프로그램을 개발하는 것이 필요하다.

셋째, 정책조합(신뢰수준+작업환경+교육훈련+규칙과 절차 준수)이 증가할수록 사고를 저감시키는 것으로 나타났다. 특히, 정책조합을 30% 증가시킨 경우, 10건 이상의 사고 감축효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 원전에서 사고를 감소시키기 위해서는 개별적인 정책실행보다는 다각적인 정책이 동시에 추진되어야 한다는 점을 시사한다.

마지막으로, 본 연구는 원전에서 사고를 발생시키는 근본구조를 파악하고 동태적인 관계를 순환적 인과지도의 관점에서 분석하였으며, 종사자 및 조직 안전문화 모델을 구축하여 모의실험 결과를 바탕으로 다양한 형태의 관점에서 논의가 이루어졌다는 점에서 그 의의가 있다고 볼 수 있다. 그러나 원자력 관련 통계자료 입수가 용이하지 못하여 모델에서 가상적인 데이터를 사용하였다는 한계점을 가지고 있다. 향후 연구에서는 보다 풍부한 통계자료 및 설문조사를 기반으로 실제데이터를 구축하고 면밀한 분석이 필요하며, 다양한 정책 시나리오 개발이 필요하다고 판단된다.

【참고문헌】

- 김도훈 · 문태훈 · 김동환. (1999). 『시스템다이내믹스』. 대영문화사.
- 김명형. (1996). “조직학습능력과 조직학습성과에 관한 연구”. 고려대학교 박사학위논문.
- 김대호 · 이용희. (2006a). “원자력발전소 조직의 성향과 종사자의 조직적합도 및 직무만족/몰입”. 『한국안전학회지』 제21권 제5호: 77-83.
- 김대호 · 이용희. (2006b). “원자력발전소의 절차서 기반 업무에서 직무스트레스의 조직요인과 조직성향 분석”. 『대한인간공학회지』 제25권 제3호: 77-83.
- 김사길 외. (2012). 『국내 원전 불시정지 사례의 인적오류 위험요소(hazards) 분석보고서』. 한국 원자력연구원.
- 김영갑 외. (2010). “원자력발전소 조직문화와 리더십과의 상관관계 분석”. 대한인간공학회 추계학술대회발표자료.
- 교통안전공단. (2008). 『항공안전문화지수 개발 및 적용방안 연구』.
- 나병선. (2001). “대기업진단의 학습조직과 조직문화, 조직학습, 조직유효성의 관계분석”. 고려대학교 박사학위논문.
- 유재국 외. (2001). “원자력 발전소의 조직 및 인적인자 영향관계 모델개발”. 『한국시스템다이내믹스연구』 제2권 제2호: 65-83.
- 안남성 외. (2002). “시스템다이내믹스를 활용한 원전 조직 및 인적인자 평가”. 『한국시스템다이내믹스연구』 제3권 제2호: 49-68.
- 안남성. (2013). 『국가에너지 이슈와 원자력의 역할』. 서울대학교 원자력 정책전문가과정 발표자료집.
- 이용희 외. (2011). “가동 중 원자력발전소의 인적오류예방기술개발”. 『대한인간공학회지』 제30권 제1호: 75-86.
- 이상철. (2012). “공공기관의 조직문화, 학습조직, 조직효과성의 관계에 관한 연구”. 『한국행정학보』 제46권 제4호: 181-208.
- 윤영채 · 배응환. (2012). “준공공부문의 조직문화분석: 원자력발전소를 중심으로”. 『한국 공공관리학보』 제26권 제3호: 27-54.
- 조창현 · 박문수. (2011). “준정부조직의 기관유형별 학습조직 특성에 관한 실증분석”. 『행정논총』 제49권 제1호: 63-92.
- 주상윤. (2007). “인적과오가 가스산업안전에 미치는 영향에 관한 연구”. 울산대학교 석사학위논문.

- 제무성. (2000). “조직의 안전문화(Safety Culture)가 안전성에 미치는 영향연구”. 한국 안전학회 춘계학술논문발표자료.
- 차용진. (2012a). “원자력위험인식 변화추세 및 정책적 함의: 수도권 일반주민을 중심으로”. 『한국정책연구』 제12권 제1호: 1-20.
- 차용진. (2012b). “위험인식모형과 원자력위험: 심리측정패러다임 검증 및 적용”. 『한국정책학회보』 제21권 제1호: 285-312.
- 한국전력연구원(KEPRI). (2004). 『원전 주기적 안전성 평가기술 개발』.
- 한진환. (2006). “학습조직의 영향요인과 조직유효성에 관한 연구”. 『한국콘텐츠학회논문지』 제6권 제7호: 42-49.
- 환경운동연합. (2013). 『2차 에너지기본계획 원전 증설에 대해 시민들은 어떻게 생각할까?』.
- Barling, J. C. et al. (2002). “Development and test of a model linking safety-specific transformational leadership and occupational safety”. *J Appl Psychol.* Vol.87, No.3: 488-496.
- Blake, R. & Mouton, J. (1964). *The Managerial Grid: The Key to Leadership Excellence*. Houston: Gulf Publishing.
- Denison, D. R. (1984). “Bringing corporate culture to the bottom line”. *Organizational Dynamics*. pp. 5-22.
- Fiol, C. M. & Lyles, M. A. (1985). “Organizational Learning”. *Academy of Management Review*. Vol.10, No.4.
- Garvin, D. A. (1993). “Building a Learning Organization”. *Havard Business Review*. Vol.71, No.7.
- Gershon, R. R. et al., (2000). “Hospital safety climate and its relationship with safe work practices and workplace exposure incidents”. *Am J Infect Control*. Vol.28, No.3: 211-221.
- Goldberg, A. I. et al. (1991). “Threat perception and the readiness to participate in safety programs”. *Journal of Organizational Behavior*. Vol.12, No.2: 10-122.
- Hammer, W. (1980). *Product safety management and engineering*. NJ: Prentice Hall.
- Heinrich, H. W. Peterson, D. & Root, N. (1980). *Industrial accident prevention*. NY: McGraw-Hill.
- Huang, Y. H. et al., (2004). “Quality of the execution of corporate safety policies and employee safety outcomes”. *Journal of Business and Psychology*. Vol.18, No.4: 483-506.
- HSC. (1993). *Organising for Safety: Third report of the Human Factors Study Group of ACSNI (Advisory Committee on the Safety Nuclear Installations)*. Sudbury, HSE Books.
- Institute of Nuclear Power Operations(INPO). (2004). *Principles for a Strong Nuclear Safety Culture*.
- Institute of Nuclear Power Operations(INPO). (2013). *Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture*.
- International Atomic Energy Agency(IAEA). (1994). *ASCOT Guidelines*.

- International Atomic Energy Agency(IAEA). (2000). *Operational Safety Performance Indicator for Nuclear Power Plants*. Vienna, Austria. IAEA-TECHDOC-1141.
- International Atomic Energy Agency(IAEA). (2012). *Report of the EXPERT MISSION to review the station blackout event that happened at Kori 1 NPP on 9 February 2012 Republic of Korea*.
- International Nuclear Safety Advisory Group(INSAG). (1986). *Summary Report on the Post-accident Review Meeting on the Chernobyl Accident*.
- International Nuclear Safety Advisory Group(INSAG). (1991). *Safety Culture*.
- Kim, B. S. & Oh, Y. M. 2014. "System thinking perspective on the dynamic relationship between organizational characteristics of nuclear safety culture". *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol.33, No.2: 1-10.
- Leveson, N. G. (2005). *Modeling, Analyzing and Engineering NASA's Safety Culture: Phase I Final Report*. Cambridge, MA, Massachusetts Institute of Technology.
- Lyneis, John. & Madnick, S. (2008). *Preventing Accidents and Building a Culture of Safety: Insights from a Simulation Model*. Working Paper, Composite Information Systems Laboratory, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- Lundberg, J. G. (1989). "On Organizational Learning". *Research in Change and Development*, Vol.3, No.4.
- Marquardt, M. (1996). *Building the learning organization*. NY: McGraw-Hill.
- Meadows, D. H. (1980). "The Unavoidable A Priori", in Jorgen Randers. (ed.), *Elements of the System Dynamics Method*. Massachusetts: The MIT Press.
- Morgan, G. (2006). *Images of organization*. California: SAGE Publications.
- Nevis, E. C., DiBella, A. J. and Gould, J. M. (1995). "Understanding organizations as learning systems". *Sloan Management Review*, Vol.36, No.2: 73-85.
- Nuclear Regulatory Commission(NRC). (2005). *Safety Culture Attributes Table*.
- OECD/NEA. (1998). *Organizational Factors Identification and Assessment*.
- OECD/NEA. (1999). *Identification and Assessment of Organizational factors related to the safety of NPPs, NEA/CSNI/R(99)21*.
- Pedler, M., Burgoyne, J. and Boydell, T. (1991). *The learning company: A strategy for sustainable development*. London, UK: McGraw-Hill.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Robbins, S. P. (1996). *Organization Behavior*. Prentice Hall International Edition.
- Richardson, George P. (1991). *Feedback Thought in Social Science and System Theory*. Philadelphia,

University of Pennsylvania Press.

- Richardson, George P. and Pugh, A. L. (1981). *Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Rudolph, J. W. and Repeating, N. P. (2002). “Disaster Dynamics: Understanding the role of quantity in organizational collapse”. *Administrative Science Quarterly*, Vol.47, No.1: 1-30.
- Schein, E. H. (1985). “Three culture of management: Key to organizational learning”. *Sloan Management Review*, Vol.38, No.1: 9-20.
- Senge, P. M. (1990). *The fifth Discipline: The Art and Practice of The Learning Organization*. New York: Doubleday/Currency.
- Watkins, K. E. & Marsick, V. J. (1993). *Sculpting the learning organization*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Yang, B., Watkins, K. E. & Marsick, V. J. (2004). “The construct of the learning organization: dimensions, measurement, and validation”. *Human Resource Development Quarterly*, Vol.15, No.1: 31-55.
- Zohar, (2000). “A group-level model of safety climate: testing the effect of group climate on microaccidents in manufacturing jobs”. *J Appl Psychol*, Vol.85, No.4: 587-596.

▶ 접수일 : 2014. 6. 18. / 수정일 : 초심게재 확정 / 게재확정일 : 2014. 07. 25.