

원자력 규제정책에 대한 국민신뢰도 평가 SD모델 연구

System Dynamic Model Study of Public Trust on Nuclear Regulation Policy

곽미애* · 차현주** · 김성현*** · 정관용****

Kwak, Mi-Aie · Cha, Hyun-Ju · Kim, Sung-Hyun · Jung, Kwan-Yong

Abstract

The purpose of this paper is to simulate public trust on nuclear regulation policy. The first of all, public trust variables and the model were developed and analysed by system dynamic method. The model are consisted of the operator safety culture level, regulatory competence levels, the public satisfaction and public trust level.

The scenario is made up three type which base scenario, the system operator's safety culture level and accident event level. First. the simulation results of standard scenario shows that rapidly declining public satisfaction and trust level of the national safety after Japan's nuclear accident in November 2011. Second, operator safety culture level and simulated divided into three levels. The results showed that a greater impact on the public satisfaction if bad than good case. Finally, the size of the accident was simulated divided into three levels levels(no accident, medium, serious accidents). the results showed a weak effect against the regulatory capacity and safety performance levels but showed a significant impact on public satisfaction and confidence level.

Keywords: 원자력 안전규제정책, 국민 신뢰도, 운영자 안전문화수준, 규제역량수준, 국민안전만족도
(Nuclear Regulation Policy, Public Trust, Operator Safety Culture Level, Regulation Competence Level, Public Safety Satisfaction)

* 곽미애: 시스템믹스지 이사, 경영학 박사(제 1저자, magwag@hanmail.net)

** 차현주: 시스템믹스지 부장, 가톨릭대학교 경영학부 겸임교수(공동저자, cat4p@hanmail.net)

*** 김성현: 시스템믹스지 대리(공동저자)

**** 정관용: 서울사이버평생교육원 교수(공동저자)

I. 서론

1. 연구의 배경

2011년 3월 12일 발생한 일본의 후쿠시마 원전 사고로 인해 현재 원자력발전소를 23기 운영하고 추가로 4기를 건설 중에 있는 우리나라는 정책 결정에 어려움이 있다. 한국은 원자력발전소에서 전체 전력의 3분의 1을 생산하고 있고 전력 생산 단가도 타 에너지에 비해 생산 비용이 3배 이상 적게 소요되므로 원자력발전소에 대한 의존도가 높은 국가이다. 그러나 주변국의 원전 사고는 국민들에게 원자력발전소 관련 체감위험도를 크게 높였으며, 원자력발전소에 대한 부정적 인식을 증가시켰다. 정부는 2011년 10월 원자력안전위원회를 출범하여 안전 강화에 관한 노력을 기울이고 있다¹⁾. 현재 원자력 안전 종합계획(2012~2016)의 중장기 계획이 실행되고 있는데 원자력 안전 달성, 세계 선도적 핵 비확산 및 핵 안보체제, 세계 일류의 원자력안전 및 핵 안보 인프라 구축이 중요한 목표로 설정되어 추진 중이다.

그러나 그동안 원자력발전소의 안전성에 대한 연구는 안전규제정책과 관련된 물리적, 공학적 안전규제를 중심으로만 진행되었고, 국민의 체감에는 귀 기울이지 않았다. 물론 원전 안전에 공학적 안전규제는 매우 중요하다. 그러나 정책을 수립하는데 이러한 공학적 규제 이외에 실질적인 국민 정서가 더욱 중요하다. 그러므로 국민 신뢰도를 높이기 위해 원자력 안전규제정책이 국민에게 어떻게 이해되고 있는지에 대한 전반적인 조사와 국민 쌍방향 소통을 위한 안전규제정책의 모니터링 시스템 구축이 요구되고 있다.

2. 연구의 목적 및 내용

원자력안전규제에 대한 국민의 욕구 파악을 위한 연구가 2013년, 2014년에 걸쳐 진행되었다²⁾. 이는 원자력 안전성에 대해 국민이나 발전소 주변지역 주민들이 생각하는 체감안정

1) 원자력안전위원회는 2011년 10월 출범하였으며, 국민이 신뢰하고 세계와 함께하는 원자력 안전 구현의 비전을 갖고 있다. 임무는 국민과 환경을 보호하고 인류평화에 기여하며 전문성, 독립성, 투명성, 공정성, 신뢰성을 운영방향으로 하여 핵심가치를 바탕으로 위원회 운영에 운영원칙을 적용한다.

2) 2013년 연구[원자력안전규제 주민 이해도 조사 및 need분석]: 이는 원자력안전규제 모니터링 기반구축 사업의 일환으로 시행된 것으로 한국 방사선안전재단에서 2013년 4월 발주하였고, 시스템믹스지가 수행하여 2013년 7월에 종료되었다.

2014년 연구[원자력 안전규제정책에 대한 국민 신뢰도 평가 System Dynamics 모델 개발]: 이는 원자력 안전규제 모니터링 기반구축 사업의 일환으로 2013년 연구의 2차년도 보고서이며 한국 방사선안전재단에서 2013년 11월 발주하여 시스템믹스지가 수행했으며 2014년 8월과 12월 2차에 걸쳐 종료되었다.

성과 신뢰도를 중심으로 이에 영향을 주는 관련요인들과 신뢰도 간 관계를 확인하기 위함이다.

본 연구는 이러한 연구를 바탕으로 하여 모델을 개발하고 시스템다이내믹스 방법론을 기초로 가상 시나리오를 만들어 모델을 시뮬레이션 하는 것을 목적으로 한다. 즉, 이 연구는 원자력발전소 국민 신뢰도에 대한 기존 연구를 기반으로 하여 복합적이고 상호 연관된 변수들의 관계를 설명하는 시스템다이내믹스 모델을 개발하고 환경변화에 따른 국민 신뢰도 변화를 시뮬레이션 하는 것을 목적으로 한다.

연구 내용은 첫째, 원자력발전소 국민 신뢰도에 영향을 주는 변수를 정의하고 모델을 개발하는 것으로 자료값은 기존 연구인 ‘원자력발전소에 대한 국민 신뢰도 조사’를 통해 수집한 자료(2013년, 2014년)를 사용한다. 직접방문조사를 이용하였으며 수도권 지역 주민 400명과 지역주민 600명 총 1,000명을 대상으로 2년에 걸쳐 조사하였다. 세부 집단별 조사 수는 다음과 같다.

〈표 1〉 지역별·집단별 세부 조사수

구분	발전소	대상표본	조사수(명)	조사방법
원자력 발전소	고리	발전소 주변 반경 10km 이내 거주하는 지역주민 (20~60대)	150	방문 (대면접촉 설문지)
	영광		150	
	월성		150	
	울진		150	
일반		수도권 일반인 (20~60대)	400	
합계			1,000	

자료 : 2013, 2014 보고서 자료(2회)

둘째, 조사를 통해 수집된 자료와 통계적 자료를 개발된 모델에 변수값으로 투입한다. 이때 환경에 따른 여러 가상 시나리오를 선택하여 시뮬레이션하고 그 결과를 확인한다.

이에 따른 기대 효과로는 원전안전의 중요한 요인이 공학적 안전뿐만 아니라 국민의 정서적 체감안전성에 있음을 확인하고 시뮬레이션 하며, 이러한 시뮬레이션 결과는 안전규제 정책에 대한 신뢰도를 다양한 영향요인과의 관계 안에서 파악하고 신뢰도를 증진할 수 있는 정책수립의 근거자료로 활용 가능할 것으로 본다.

II. 원자력 규제정책에 대한 선행연구

1. 기존 원자력 규제와 관련된 연구

기존 원자력 규제와 관련된 연구는 많으나 이는 연구 물리적, 공학적 안전규제를 중심으로 진행되어 왔다. 그러나 현재 원자력 규제는 국민의 체감에 따른 신뢰성이 매우 중요한 과제이므로 국내 원자력 규제와 해외 원자력 규제에 관련된 연구 및 2013, 2014년 연구된 보고서를 중심으로 선행연구를 한다.

1) 국내 원자력 규제와 관련된 연구

1980년대 독자적 원자력안전규제체제가 정립되고 1982~1983년에 개정된 ‘원자력법 시행령’과 시행규칙이 개정되면서 우리나라 원자력안전기준이 개발되기 시작했다. 2000년대 초 선진국 수준의 원자력 안전규제체제를 확립하는 것을 목표로 안전기준의 개발과 이의 법제화가 추진되었는데, 원자력안전규제 내용은 「원자력법」, 「원자력법시행령」, 「원자력법 시행규칙」, 「원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙」 및 「방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙」 등으로 정하고 있다.

여기에 IAEA 안전기준과의 공조를 강화하여 규제기준 및 규제지침 품질을 제고하고, 한국형 원전의 수출 인프라 지원을 위해 개발된 규제기준 및 규제지침을 활용하였다. 특히 후쿠시마 이후 원자력 안전 강화를 위해 각국의 독립적인 안전 규제 체제가 확립, 원자력에 대한 신뢰 제고를 위한 철저한 투명성 확보, 원자력 사고에 대비한 지역적 차원의 공조 등 3대 핵심 과제를 제시하고 있다. 이에 규제 검토 서비스(IRRS : Integrated Regulatory Review Service)를 받았으며³⁾, IAEA의 안전 기준 중 GSR Part1(Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety)과 GS-R-3(The Management System for Facilities and Activities)는 각각 원자력 안전 규제를 위한 정부·규제 기관의 책임과 기능, 규제 기관의 관리 체계상에서 품질 경영 시스템의 중요성에 대한 인식으로, 시설 및 활동 관리 시스템에 대한 안전 요건을 규정하고 있으며, 인명과 환경을 보호하기 위한 엄격한 안전 수준에 대한 국제적 합의를 반영하고 있다. 또한 안전 규제 전문 기관인 KINS의 품질 경영 시스템인 ‘원자력안전규제 품질경영계획서(KINS-QMP-100)’가 2001년 최초로 작성되었으며, 매년 품질경영 계획을 평가하고 미비점을 보완하기 위하여 규제심의실을 원장 직속에 두어

3) 이것은 IAEA가 원자력 이용 확대의 전제로 안전성 향상을 위해 2000년에 마련한 ‘안전 기준(Safety Standards)’을 회원국이 준수토록 지원하기 위해 동 기준을 바탕으로 안전 규제를 종합적으로 검토, 개선 방안을 권고해 주는 컨설팅 서비스이다.

이를 관리 하도록 하고 있는데 원자력 시설 및 방사선 이용 시설에 대한 심사, 검사 및 기타 규제 업무에 대한 제반 절차서 및 지침서를 운영하고 있다.

이처럼 공학적인 안전규제에 대한 연구가 지금까지 많이 진행되었음에도 불구하고 원자력발전소 안정성에 관한 국민의 체감적 신뢰성은 좀처럼 높아지지 않는 실정이다. 또한 2013년부터 원자력안전재단에서는 매년 원자력발전소 신뢰성에 관한 국민설문조사를 실시하고 있지만 이러한 조사자료 만으로는 전반적인 신뢰도 향상을 위한 종합적인 평가를 지원하기에는 한계가 있다.

2) 국외 원자력 규제와 관련된 연구

IAEA 원자력발전소의 기본 안전 원칙(Basic safety principles for nuclear power plants) INSAG-12(1999)은 원자력 안전 목표를 기술하고, 일반 원자력 안전 목표, 방사선 방호 목표, 그리고, 기술 안전 목표 등 3 가지를 기술한다. 또한 OECD/NEA는 모든 원자력 안전 규제 기관들의 기본적인 목표는 원자력 시설이 항상 수용 가능하도록 안전한 방법으로 운전됨을 입증하는 것이라 규정하며 규제의 목표를 안전성의 입증으로 기술한다.

일본의 원자력규제위원회는 2013년 1월 21일에 열린 전문가 회의에서 후쿠시마 제 1 원자력발전소 사고를 교훈으로 중대사고 방지와 지진/쓰나미에 대비한 새로운 원전 안전기준 골자(안)를 제시하고 있다. 미국은 스리마일아일랜드 이후의 규제 일변도 정책으로 인해 정체를 맞았으나, 국제유가 등 연료비 급등에 따른 에너지 우려와 증가하는 전력수요로 원자력 전원의 필요성이 커지면서 1990년 후반 이후 원자력 산업체와 정부 간 협력이 높아지는 상황이다. 2005년에는 원전 투자 촉진을 포함한 에너지정책법(Energy Policy Act)을 제정했고, 2010년 에너지부는 온실가스 감축목표 달성을 위한 원전 이용확대를 위해 연구과제 4대 목표를 설정하였는데 여기에는 기존원전 성능 개선, 신규원전 경제성 개선, 지속가능한 연료주기 개발, 핵확산위험의 이해 및 감소를 담고 있다.

2. 원자력발전소 국민 신뢰도 평가모형에 관한 연구

국내 원자력 발전소 안전도 문제에 대한 국민의 신뢰도와 관련하여 시스템스지에서 2013년과 2014년에 걸쳐 연구한 내용을 통해 국민 신뢰도 평가모형을 연구했다.

1) 2013년 원자력발전소 국민신뢰도 연구

2013년 연구는 원자력 규제정책에 대한 국민의 신뢰도를 증진하기 위해서 신뢰도를 구

성하는 세부요인에 대한 규명 및 측정, 이들 간의 거시적인 인과관계를 정량적인 측면까지 종합적으로 파악하는 것을 목적으로 연구되었다. 이에 원자력의 공학적(물리적) 안전성이 아닌 원자력과 관련된 국민의 신뢰도 체감 안전성을 중점 연구 내용으로 했으며 국민 신뢰도에 영향을 주는 요인은 정부 및 규제 기관의 신뢰도, 안전하고 윤리경영을 실현하는 사업자에 대한 신뢰도 등이 크게 영향 받을 수 있다고 했으며 또한 지역 주민의 쌍방향 커뮤니케이션과 미디어, 환경 단체, 그 외에 여러 요인도 중요하게 작용한다고 보고했다.

연구 모델은 안전의식수준, 규제에 대한 인지도, 원자력 안전규제 기관 신뢰도, 규제에 대한 효과도 등을 조사하였으며 지역별, 연령별, 학력별로 세부 분석이 실시되었다. 이 연구 결과 원자력발전소의 안전운영수준에 대해서는 전체의 21.5%가 매우 불안, 33.8%가 불안하다고 응답하였으며, 원자력발전소에 대한 국민의 체감 안심 정도에 대해서는 15.5%가 매우불안, 48.5%가 어느 정도 불안하다고 응답하여 막연한 불안감이 큰 것으로 나타났다.

국민의 관련기관 신뢰도는 GAP 분석⁴⁾을 통해 분석되었으며, 5점 만점에서 2.58점으로 나타나 신뢰도가 높지 않은 것으로 나타났고, 규제정책의 효과도는 2.61점으로 조사되어 보통 정도 수준인 것으로 나타났다. 원자력 규제 이해도 증진을 위한 방안으로는 [정보공개], [지역주민 의견수렴] 항목이 중요항목으로 도출되었다.

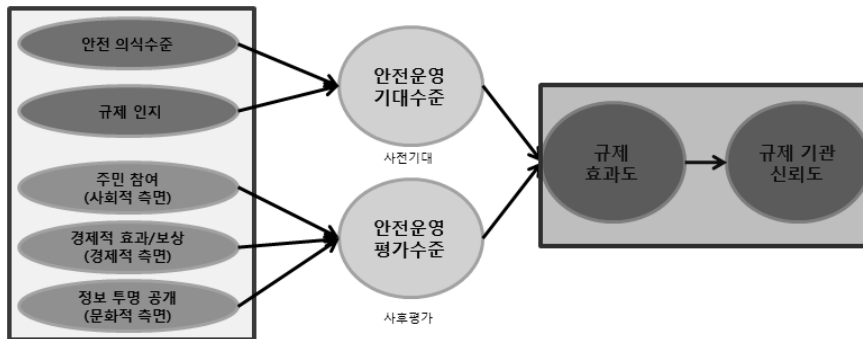
2) 2014년 원자력발전소 국민신뢰도 연구

2014년 국민 신뢰도 조사는 우선 신뢰도 구성요소 5개 요인을 개발했다는 점이 주목할 만하다. 이에 신뢰도 구성요소는 인지도(규제기관에 대한 인지, 규제정책에 대한 인지), 원자력발전소에 대한 안전운영수준에 대한 인식, 사회적측면의 주민참여도(지역협의체, 안전규제관련 단체활동 여부, 홈페이지 등 방문, 옴브즈만 제도 인지), 경제적 측면의 경제적 효과나 보상(보상의 크기, 형평성, 효과), 그리고 정보개방성(규제정책에 대한 공개, 정보원별 신뢰도)이다.

전체적으로 살펴볼 때, 발전소 주변지역과 수도권 지역 모두에서 원자력 발전소가 불안정한 이유로 가장 높게 응답한 것은 [발전소 오동작과 고장](각각 43%, 39%)이었다. 이에 신뢰도를 증진하기 위한 방안으로 첫째, 발전소의 고장이나 오동작을 줄여 사건사고를 낮추는 것이 기본적으로 중요하다. 아울러, 원자력 발전소 자체의 물리적인 고장 원인에 앞서, 한수원이 자체적으로 안전 의식을 강화하기 위해 노력해야 하며, 홍보 등의 수단을 통

4) 중요도-만족도 Gap 분석: 중요도 만족도를 비교하여 중요한데 만족하지 못하는 항목을 도출하여 전략의 우선순위를 선정할 수 있으며 본 연구에서는 상반기와 하반기 평균값을 사용하여 분석하였다. 이 방식은 중요도와 만족도 개념을 동시에 적용할 수 있는 분석방법 전략적 우선순위를 도출하는 일반적인 방법으로 사용되고 있다.

해 안전의식을 정착하여 국민 인식을 변화시키기 위해 노력해야 한다. 특히 한수원 안전의식을 강화하여 규제정책에 대한 신뢰도를 높이는 것이 대다수의 국민의 신뢰도를 증진시킬 수 있는 지름길이 될 수 있다.



[그림 1] 신뢰도 구성요소 개념도

원자력발전소 국민 신뢰도는 2013년 대비 전체적으로 상승하였으나 여전히 60점 미만 (59.8점)으로 조사되어 여전히 부정적인 수준을 벗어나지 못했다. 특히 GAP 분석을 통해 살펴본 결과, [국민정보제공] 항목은 중요도가 높는데 비해 만족도는 그에 따라가지 못해 이에 실질적인 개선 방안이 필요한 것으로 나타났다. 또한 발전소 주변지역의 경우 [대국민홍보], [지역주민의견수렴] 항목도 중요도에 비해 만족도가 매우 낮기 때문에 이에 대한 실질적인 개선 방안을 모색해야 하는 것으로 보고되었다.

III. 연구방법 및 모델개발

연구모델 및 분석은 시스템다이나믹스 기법에 활용되는 Vensim DSS를 사용하였으며, 모델의 정확성을 높이기 위해 행위자 기반 모델화 기법을 추가로 활용하였다.

1. 변수의 조작적 정의

1) 국민신뢰도 수준

Mayer et al. (1995)는 신뢰를 “상대방의 의도 또는 행위에 관한 긍정적 기대에 기초하여 자신의 취약가능성을 수용하는 의도를 포함하는 심리적 상태”라고 정의한다. 다양한 신뢰

개념에는 몇 개 공통된 구성요소가 있는데 박통희 외(2000) 연구에서는 위협에도 불구하고 신뢰대상이 신뢰자의 이해에 부합하도록 행동하리라는 주관적 기대와 그러한 기대를 근거로 자신을 취약한 상태에 두려는 자발성이 그것이다. 또한 김왕식(2009)의 연구에 따르면, 정책수행이 공정하고 평등하게 이루어질 수 있도록 보장하는 국가는 안정적인 사회적 환경하에 국민의 자율성을 책임지며 이는 신뢰의 형성에 기여한다고 연구했다.

국민 신뢰도 변수는 전체 국민 중에서 원자력 프로그램에 대한 신뢰하는 비율을 퍼센트로 나타내었는데 이에 국민신뢰도 수준은 정책수행이 국민의 안전을 보장하고 자율성에 의해 정책을 믿는 정도로 정의하며 이에 원전운영자 안전문화 수준과 규제역량 수준 및 안전 관련 사회적 이슈 등이 세부항목으로 구성된다.

2) 국민 안전만족도

한국리서치가 2012년, 2013년 전국 19세 이상 성인 남녀 대상으로 '원자력국민인식조사'를 실시한 결과, 원자력발전의 필요성에 대해 필요성을 크게 인식하는 것(2012년 87.8%, 2013년 81.6%)으로 나타났으나 원전 안전만족도에 대해 전반적으로 불안한 것으로 나타났다. 원전 불안의 이유는 예상외의 사고 가능성, 언론에서 사고, 고장 기사를 접해서 등이 가장 큰 것으로 나타났고, 안전성 확보를 위해 원전 관련 국민의견 수렴, 정보공개 투명성 등이 필요하다고 지적되었다. 국민 안전만족도는 안전의식 수준, 주민참여, 경제적 효과/보상, 정보 공개성, 원전운영자 안전문화수준, 안전관련 사회적 이슈 등에 영향을 받는다.

3) 운영자 안전문화수준

원자력안전규제 주민이해도 조사 및 지역주민 needs 분석(2013)에서 보면, 원자력시설 및 안전규제에 대한 신뢰수준의 연구 결과 설계 및 건설, 건설 허가 등의 물리적 신뢰수준은 상대적으로 높은 반면(3점 근처- 5점 만점), 발전소 운영, 수명심사, 폐기물처리 등의 운영자의 운영상 안전 수준 항목에서 신뢰도가 매우 낮은 것으로 나타났다(각각 2.51점, 2.35점, 2.31점- 5점 만점). 이는 국민이 원자력 발전소의 시설측면보다 운영하는 주체의 안전문화 수준이 낮아 안전운영에 위험이 따르고 이것이 문제가 높을 것으로 지적하는 것이다. 이에 운영자 안전문화수준은 실제 발전소 안전성능 수준을 측정하고, 규제업무, 운영자 교육, 규제인원, 규제역량 수준 등의 항목을 물리적 수치로써 사용하여 정의한다.

4) 규제역량수준

국가에 대한 신뢰는 정책수행의 공정함에 기인하며 신뢰할 수 있는 정부는 합법적인 절

차에 따라 정책을 제정하고 수행해야 한다. 정책수행이 공정하고 평등하게 이루어질 수 있도록 보장하는 국가는 안정적인 사회적 환경 하에 국민의 자율성을 책임지며 이는 신뢰의 형성에 기여하기 때문이다(김왕식, 2009).

원자력안전규제 주민이해도 조사 및 지역주민 need 분석(2013)에서 보면 원자력규제정책이나 제도가 효과가 있었는가에 대한 연구 결과, 매우 신뢰하고 효과가 있다는 응답은 전체의 0.8%에 불과하며 전혀 신뢰하지 않거나 신뢰할 수 없다가 전체의 38.5%에 해당한다. 특히 규제역량수준에 대해 매우 불신하는 것으로 나타났는데 이는 국민이 관련기관 자체를 불신하는 것보다는 정책의 실효성부분에 의구심을 가지는 경향이 있는 것으로 분석된다. 규제역량 수준은 기관의 역량 및 규제인원, 교육정도, 규제업무 등에 영향을 받는다.

5) 기타 하위 개념의 조작적 정의

(1) 안전의식수준

에너지경제연구원 수시연구보고서 2011년 5월 '원전에 대한 국민의식조사'에서 원자력 지지도는 55.2%로 높은 편이나, 응답자의 과반수가 원자력발전의 잠재적 위험에 높게 인식하는 것으로 나타났다. 원자력발전소 안전 의식수준에 대한 연구를 위해서는 국내 안전 운영수준, 안전하지 않다면 가장 큰 원인규명, 안전규제의 신뢰성, 안전 의식수준과 규제 엄격성간 상관관계, 전체적 국민의 안전 의식 수준 등의 연구가 필요하다. 이에 안전의식수준은 원자력발전에 대한 기본적인 인식도로 평가하며 2013~2014년 보고서 데이터로 사용한다.

(2) 주민참여

주민참여도와 관련하여 김왕식(2009)의 연구에서 시민들은 적극적인 공동체 참여를 통해 다양한 정치적 문제에 개입할 기회를 갖게 되고, 이는 정치가들의 정치적 책임성을 향상시켜 정부 정책의 효율성에 결정적 영향을 미치게 되고, 결과적으로 정부에 대한 신뢰도 증진한다고 주장하였다. 또한 Putnam(2000, 1993)에 의하면 조밀하고 안정되며 수평적인 단체 활동은 상호호혜의 가치와 신뢰문화의 형성에 도움을 주며 활성화된 단체 활동을 통해 개인 사이의 상호작용이 지속되면 이로 인해 사회적 신뢰가 형성되며, 축적된 사회적 신뢰는 정부에 대한 신뢰도 촉진시킨다고 주장한 바 있다.

이에 주민 참여도는 관련단체 활동여부, 안전관련 의견 제시, 단체활동 참여 의사, 주민 참여도와 안전 규제 간 상관관계 등을 살펴보아야 한다. 주민참여는 의견개진 참여의사와 지역협의체 인지의 정도를 2013~2014년 보고서 데이터로 사용한다.

(3) 경제적 효과/보상

정책신뢰도에 긍정적으로 영향을 미치는 요인에는 특히 보상의 크기(비율)에 대한 신뢰나 형평성에 대한 신뢰가 큰 영향요인으로 작용한다(이지영, 2009). 공적 신뢰의 생성과 훼손에 영향을 주는 변수에 경제적 신뢰요인이 있는데 이는 지속적인 경제성장과 직업창출을 통한 물질적 안정과 복지를 증진시킬 수 있는 국가의 능력에 의해 공적 신뢰가 형성됨을 의미한다(박병진, 2004).

경제적 효과/보상과 관련해서 주민 보상의 인지정도, 보상 대상자 유무, 보상의 크기, 보상의 종류(만족도), 보상의 형평성, 주요한 보상 종류 등을 확인해야 함을 주장했다. 이에 경제적 효과/보상은 보상의 형평성과 보상의 크기 정도를 2013~2014년 보고서 데이터로 사용한다.

(4) 정보 공개성

신뢰는 정보의 불확실성과 관련성이 높다. 만일 상대방에 대해 완전한 지식을 갖고 있거나 혹은 완전히 무지하다면 신뢰의 상황이 형성되지 않는데, 전자의 경우 굳이 신뢰의 필요성이 없으며 후자의 경우는 신뢰가 아닌 희망에 가깝다(이재혁, 1998). 정부신뢰도를 향상하기 위해 정보공개제도가 필수이며 이에 정부신뢰 관점에서 본 정보공개제도는 우선, 비공개정보 예외규정 및 정보의 공개제도 내용을 확실하게 국민에게 전달해야 한다(정혜진, 길부종, 2008). 이에 정보 공개성은 인간 대국민 정보제공 건수로 계산하며 정보 신뢰성, 안전규제 정보공개 여부 등을 2013~2014년 보고서 데이터로 사용한다.

(5) 규제인지

원자력 안전규제 주민이해도 조사 및 지역주민 need 분석(2013)의 연구과제에 따르면, 지역 주민의 원자력 안전 및 규제에 대한 인지도는 낮은 편이다. 연구 결과, 원자력안전위원회 기관의 인지도는 29.0%, 이름만 들어본 것 같다는 응답이 54.9%에 불과하다. 원자력 안전규제 및 기관에 대한 주민 인지도를 알아보기 위해서는 규제기관 인지도, 규제 항목별 중요도 및 시행여부, 규제기관 신뢰도, 규제정책 효과성, 규제기관 하는 일에 대한 인지도, 규제기관이 필요한 이유 등을 살펴야 한다. 규제인지는 원자력안전위원회 인지도도와 원자력안전규제 정책 인지정도를 2013~2014년 보고서 데이터로 사용한다.

(6) 안전성능수준

안전성능수준은 원전 운영자의 안전문화 수준을 결정하는 요소이다. 이는 발전소의 물리적 하드웨어와 운전원 등으로 구성된 운전조직의 상태를 나타낸다. 규제 기관의 입장에서는 규제와 본연의 업무에 의해 안전성능수준이 유지된다고 본다. 규제 본연의 업무를 수행

해도 안전성능수준은 운전 조직의 안전문화 및 규제 기관의 역량에 따라 달라진다. 이에 안전성능수준은 발전소 안전성능 수준과 사용자 안전문화 수준을 주요 변수로 구성한다.

(7) 규제인원과 규제업무

규제인원은 규제인원의 정원과 평균근무시간 등으로 정의한다. 또한 현장검사 업무인력 투입율이 사용된다.

안전기술원의 업무는 발전소를 관리 및 감독하는 기능이 주가 되므로 발전용량에 비례하는 것이 원칙이다. 이에 업무는 업무의 발생, 업무 부하, 업무의 처리시간 등이며 이에 규제업무와 관련하여 업무 부하량을 모델에 계산한다.

(8) 규제역량 및 교육

규제역량은 경험에 의해 형성된다고 가정하여 경험이 많을수록 역량이 높아진다. 경험으로는 심사와 검사를 수행하는 실질적인 국내 규제 경험과 외국의 사례, 전문가로부터 얻어지는 국제적인 경험 등에 의해 이루어진다. 국제 경험은 국제회의 참석, 해외 전문가 초청 강연 등에 의해 증가하는 것으로 가정했다. 이에 규제역량은 규제 역량, 규제 경험, 국제 경험, 생산성 등으로 정의할 수 있다.

교육의 증가는 실제 교육에 참여함으로써 증가되고, 이직 혹은 시간이 지남에 따라 감소하는 모드를 고려한다. 사업자의 안전문화 관련 교육량으로 계산한다. 이에 안전문화 교육 시간을 투입하여 사용한다.

(9) 안전관련 사회적 이슈

안전관련 사회적 이슈는 원자력 관련 사건 및 사고의 수와 새로운 발전소 운영에 관한 이슈의 정도를 정량화하여 모델에 대입한다.

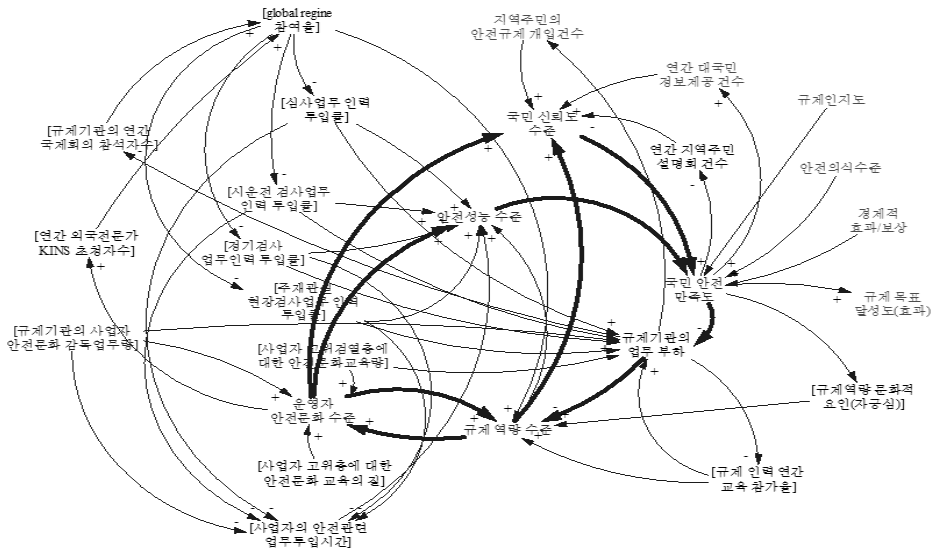
2. 연구모형

1) 모델의 구조

모델개발을 위한 인과지도는 조직의 업무 및 지역주민의 의견을 중심으로 작성된 것으로, 조직 업무와 지역주민의 의견이 목적변수들에 어떻게 영향을 주고 국민의 시각을 통해서 어떻게 피드백 되는지 요약한 것이다.

다음 모델에서 “[]” 로 표시한 변수는 조직의 업무가 운영자의 안전문화수준과 안전성능수준, 규제역량 수준, 국민 신뢰도 수준, 국민 안전 만족도에 영향을 미치며, 지역주민의 의견들이 직접적으로 국민 신뢰도 수준, 국민 안전 만족도에 영향을 주게 되고, 이러한 요

인들이 조직의 업무에 영향을 미치게 되는 피드백을 형성하여 목적변수들에 작용하게 된다.



[그림 2] 원자력안전규제와 관련된 인과지도

시스템다이나믹스의 첫 번째 작업은 사용자(관점)를 확인하고 목적변수를 찾는 작업으로 목적함수에는 국민 안전만족도, 국민 신뢰도 수준, 운영자 안전문화 수준, 규제 역량수준 등이 있으며 목적함수 단위는 아래 표와 같이 정의했다.

<표 2> 목적함수 및 구분

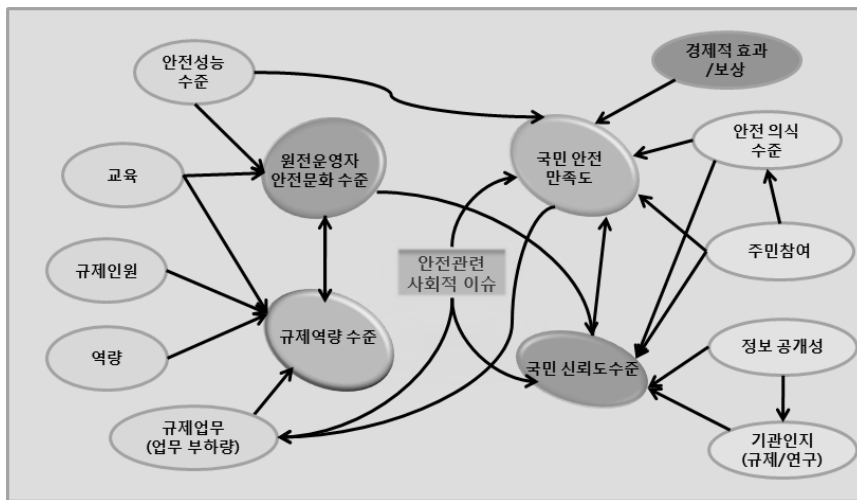
목적함수	단위
국민 안전만족도(안전에 대한 만족도)	지수(10점 척도)
국민 신뢰도 수준	지수(퍼센트)
운영자 안전문화 수준	지수(퍼센트)
규제 역량 수준	RP = 규제역량 RE(t) = 시간 t에서의 규제경험(t=0; 1990년) IE(t) = 시간 t에서의 국제경험(t=0; 1990년) WRE = 규제 역량에서 규제 경험의 중요도 WIE = 규제 역량에서 국제 경험의 중요도 WRE + WIE = 1

소프트 변수는 모두 단위를 10점 척도의 지수로 사용하는데, 그에 대한 정의는 아래와 같으며, 모든 정의는 큰 값이 더 좋은 의미가 되도록 정의하였다.

〈표 3〉 소프트 변수 및 정의

지수의 값	의미
0	1990년도 시점에서 가장 나쁜 값
5	1990년도에서 값
10	1990년도 시점에서 가장 좋은 값

앞선 [그림 2]의 인과지도를 토대로 다음 [그림 3]과 같은 모델을 개발했다. 인과지도는 크게 조직 관점의 원전운영자 안전문화수준과 규제역량수준에 영향을 미치는 주요 변수들인 안전성능수준, 교육, 규제인원, 역량, 규제업무(규제기관의 업무 부하)와 국민의 의견 관점인 국민 안전 만족도와 국민 신뢰수준에 영향을 미치는 경제적 효과/보상, 안전 의식 수준, 주민참여, 정보 공개성, 기관인지(규제/연구) 수준, 주민 참여, 정보공개성, 기관인지의 변수 등으로 구성되었다.



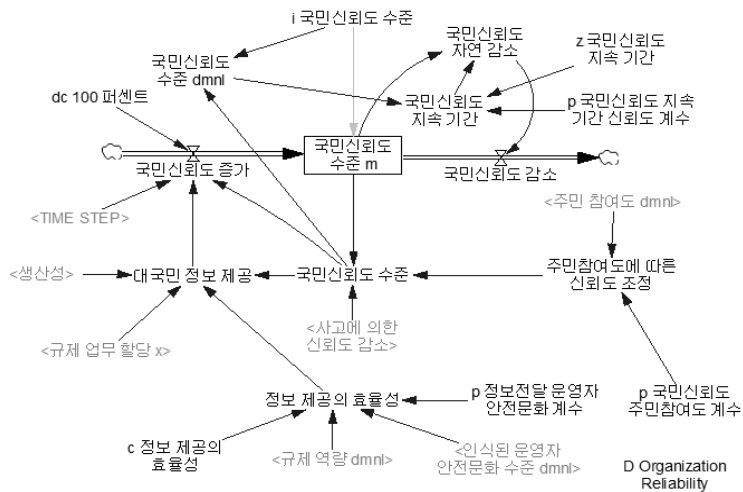
[그림 3] 모델의 구조

2) 저량유량도 개발

(1) 국민신뢰도 수준

국민 신뢰도 수준의 단위는 퍼센트로 하였다. 따라서 국민 중에 원자력 프로그램에 대해

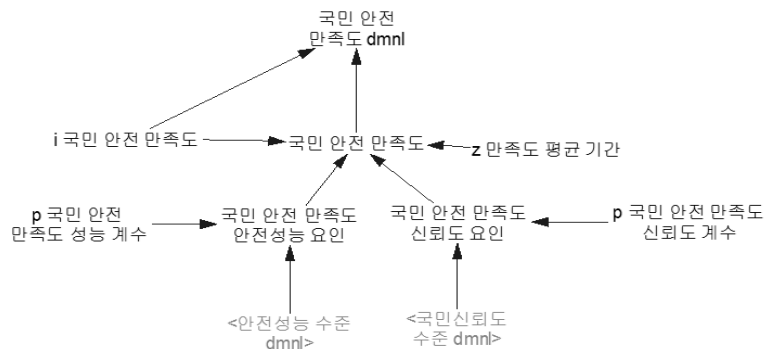
신뢰하는 비율을 퍼센트로 나타낸 것을 국민 신뢰도 수준이라고 정의한다. 이 국민 신뢰도는 국민에 대해 올바른 정보를 제공함으로써 올릴 수 있다고 가정하여 정보공개성 모듈이 사용되었으며, 이 정보는 시간이 지남에 따라 자연적으로 감소한다고 가정하였다. 이러한 가정 사항에 따라 저장유량도를 설계하면 아래와 같다.



[그림 4] 국민 신뢰도 수준의 저장유량도

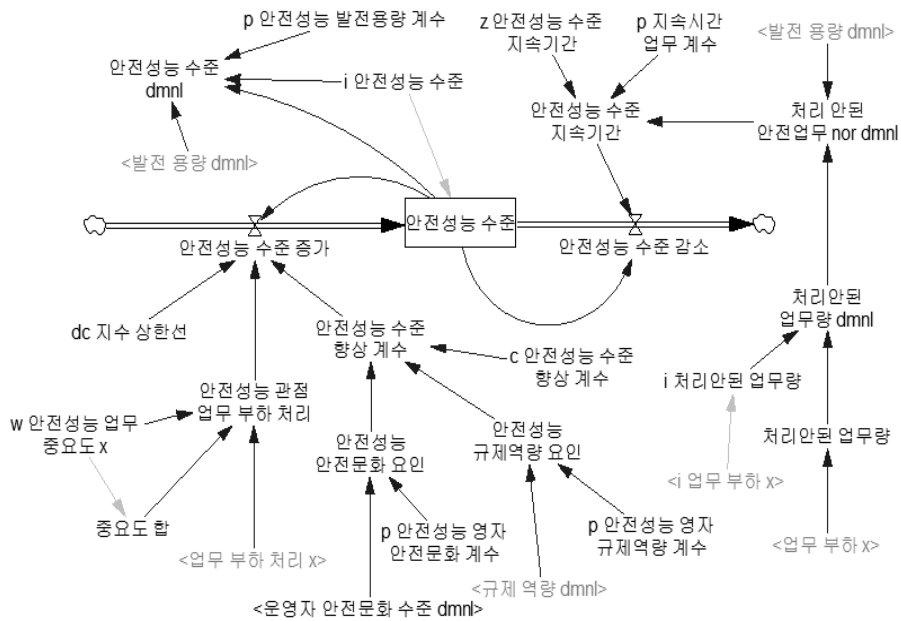
(2) 국민 안전 만족도

감성적 판단인 국민 안전 만족도는 이성적 판단에 근거하며 최근(z 만족도 평균)의 평균적 안전 성능 수준이 반영되어 결정된다고 가정하였다.



[그림 5] 국민 안전 만족도의 저장유량도

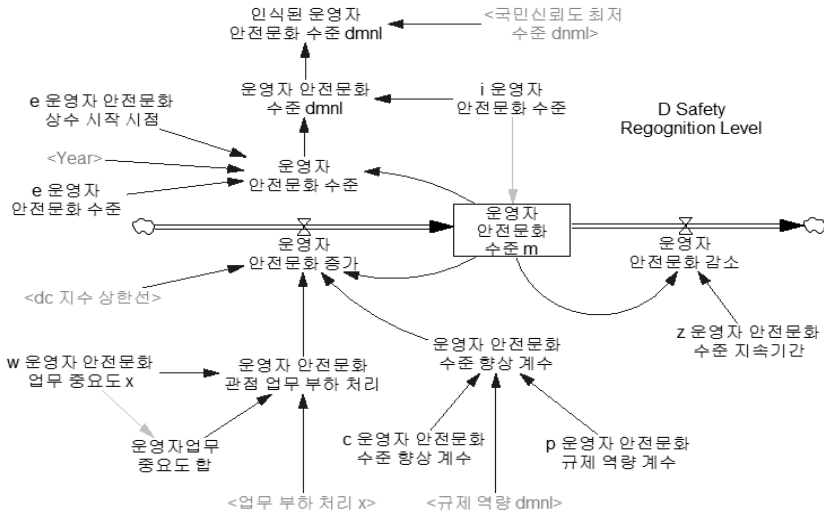
또한 안전성능수준은 발전소의 하드웨어와 운전원 등으로 구성된 운전조직의 상태를 나타내며 편의상 100점 지수를 사용하였고, 규제 기관의 입장에서 규제와 본연의 업무에 의해서 안전성능수준이 유지된다고 보았다. 또한 규제 본연의 업무를 수행한다 하더라도 그 증가되는 안전성능수준은 조직의 안전 문화 및 규제 기관의 역량에 따라 달라진다고 가정하였다. 한편 안전 관련되어 처리되지 않는 업무가 있다면 안전성능수준은 빨리 감소하게 될 것이다.



[그림 6] 안전성능수준의 저량유량도

(3) 운영자 안전문화 수준

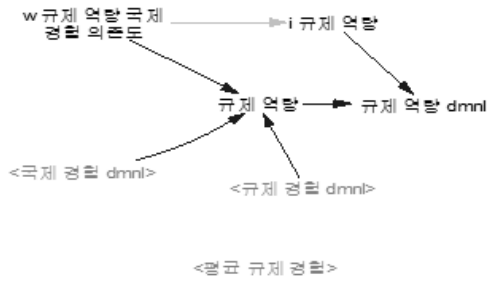
원전 운영자의 안전문화 수준은 내생 및 외생 두 가지 모두로 처리하였으며, 이는 필요에 따라서는 운영자의 안전문화 수준이 나머지 목적변수들에 어떠한 영향을 주는 지 확인할 수 있도록 하기 위해서이다. 아래 저량유량도를 살펴보면 내생으로 처리될 때는 규제 기관의 업무에 따라 변화할 수 있도록 하였으며, 교육의 효과는 규제 기관의 역량의 함수로 하였다.



[그림 7] 운영자 안전문화 수준의 저량유량도

(4) 규제역량 수준

규제역량은 다음과 같이 경험에 의해서 형성된다고 가정하였으며, 경험으로는 심사와 검사를 수행하는 실질적인 국내 규제 경험과 외국의 사례, 전문가로부터 얻어지는 국제적인 경험 등으로 이루어진다고 가정하였다.



[그림 8] 규제역량의 저량유량도

규제 경험은 심사와 검사 업무를 수행함으로써 생기는 직접 경험과 교육에 의해서 축적되는 간접경험으로 구분하여 모델화 하였다. 또한 시간이 흐르면서 규제경험의 일부는 계속 소멸하도록 하였으며, 이직에 따른 규제 경험의 손실도 고려하였다. 또한 규제 경험은 국제회의에 참석하거나 해외 전문가를 초청하여 강연을 들음으로써 증가한다고 가정하였

다. 국제경험 또한 시간이 흐르면서 규제경험의 일부는 계속 소멸하도록 하였으며, 이직에 따른 규제 경험의 손실도 고려하였다.

IV. 시나리오 분석 결과

1. 시나리오 정의

우선 모델의 외생변수는 발전용량과 원자력 관련 사건 및 사고로 정의하며, 시뮬레이션은 크게 기준 시나리오와 운영자 안전 문화 수준, 사고 크기 수준으로 정의한다. 이러한 시나리오를 정리하면 아래의 표와 같다.

〈표 4〉 시뮬레이션 시나리오 정의

목적	시나리오 이름	정의
기준 시나리오	Base	특별한 사건 혹은 사고가 없을 경우, 2011년 11월 일본에서 사고 발생
운영자 안전문화 수준	운영자1	안전 문화수준 낮음
	운영자2	안전 문화수준 보통
	운영자3	안전 문화수준 높음
사고크기 수준	사고1	사고 크기 없음
	사고2	사고 크기 중
	사고3	사고 크기 대

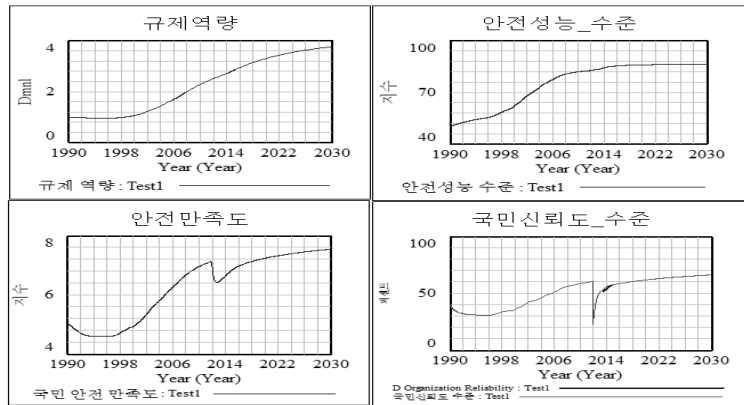
2. 시뮬레이션 결과

1) 기준 시나리오 결과

기준 시나리오는 특별한 사건과 사고에 대한 시뮬레이션으로 1990년 이후 특별한 사건이나 사고가 없었으나, 2011년 11월 이웃인 일본에서 원전 관련 심각한 사고(대)가 발생한 경우를 시뮬레이션 하였다.

다음 그래프에서 확인 할 수 있듯이 1990년 이후 규제역량, 안전성능수준, 안전만족도, 국민신뢰도 수준이 꾸준히 증가를 하다가 2011년 11월 일본 원전 사고가 발생했을 때 안전 만족도와 국민 신뢰도 수준이 급격히 하락한 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 알 수 있는 것은 규제역량과 안전성능수준은 특별한 사건이나 사고에 큰 영향이 없으나 안전만족도

와 국민 신뢰도 수준에는 사건 직후에는 영향이 크게 나타났고 그 후 다시 증가하는 것으로 해석된다.

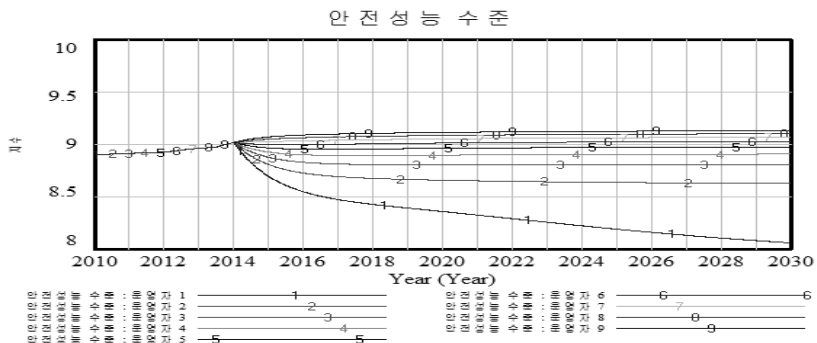


[그림 9] 기준 시나리오 시뮬레이션 결과

2) 운영자 안전문화 수준 결과

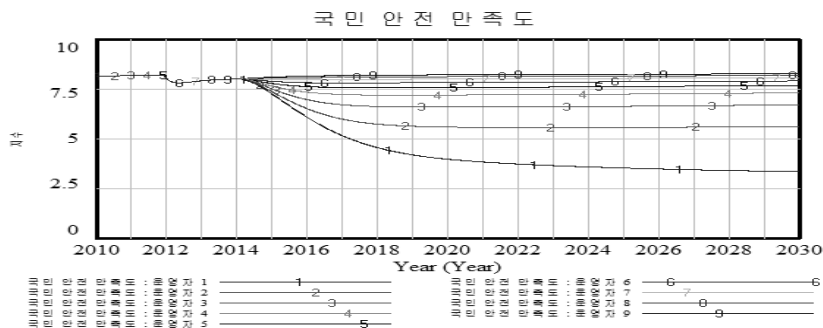
운영자의 안전문화 수준에 대해서는 최저(1)에서 최고(9)까지 모두 민감도 분석을 수행하였다. 아래 [그림 10]에서 보는 바와 같이 운영자의 안전 문화 수준은 좋은 경우 보다는 나쁜 경우에 더 많은 영향을 주는 것으로 나타난다.

운영자의 안전문화 수준이 1일 경우(낮은 경우) 안전성능수준이 급격하게 떨어지는 것을 확인할 수 있으며 상대적으로 문화수준이 9인 경우(높은 경우) 안전성능수준은 떨어지지 않는 것으로 나타난다.



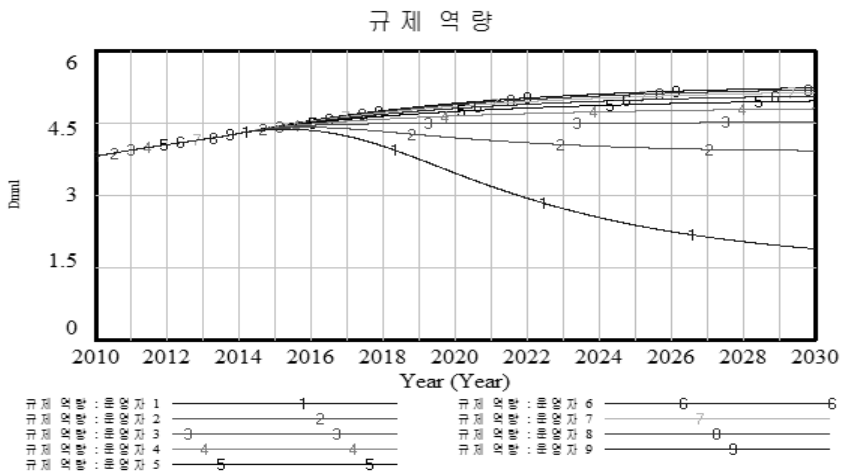
[그림 10] 운영자 안전문화 안전성능수준 시뮬레이션 결과

또한 운영자의 안전문화 수준은 안전성능을 통하여 국민 안전 만족도에 중요한 영향을 미친다. 다음 [그림 11]의 그래프에서 보듯이 운영자의 안전 문화수준이 1일 경우(낮을 경우) 국민안전만족도가 급격하게 떨어지는 것을 확인할 수 있으며 상대적으로 문화수준이 9인 경우(높은 경우) 국민안전만족도는 떨어지지 않는 것으로 나타난다. 이로써 운영자의 안전문화 수준이 낮을 경우, 국민의 안전에 대한 만족도가 매우 떨어지는 것을 확인할 수 있다.



[그림 11] 운영자 안전문화 국민 안전 만족도 시뮬레이션 결과

운영자의 안전문화 수준은 규제 역량에도 크게 영향을 주며, 운영자 안전문화 수준이 아주 나쁜 경우에는 생산성을 통하여 안정화 시키려는 노력도 무산시키고 강력한 피드백으로 시스템 실패까지 전개 될 수 있다.

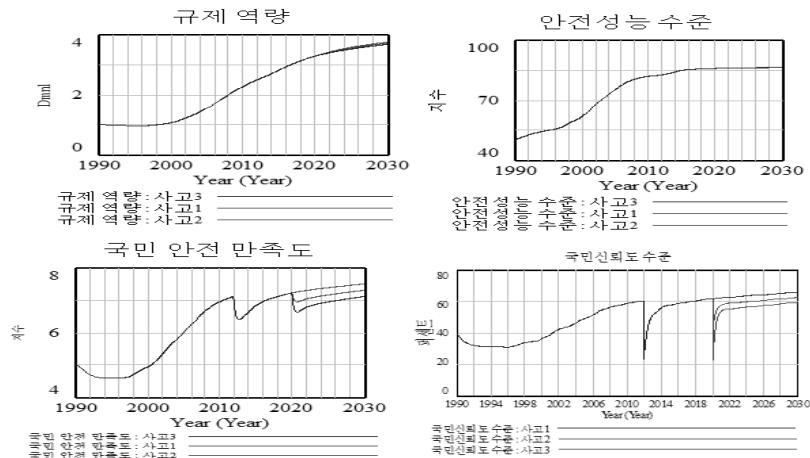


[그림 12] 운영자 안전문화 규제역량 시뮬레이션 결과

3) 사고크기 수준 결과

사고 크기 수준에 대해서는 크게 3가지로 나누어 심각한 사고일 때(사고3), 중간 크기일 때(사고2), 사고가 없을 때(사고1)로 시뮬레이션을 진행하였다.

2020년을 기준으로 하여 원전사고 발생 시 결과를 확인하면 아래 [그림 13]과 같이 규제역량과 안전성능수준에는 미약한 결과를 나타내고 있지만, 동일 시점의 국민 안전만족도와 국민신뢰도 수준은 사고가 없을 시와 큰 차이를 보이고 있으며, 특히 신뢰도 수준은 급격히 하락하는 그래프를 나타내고 있다. 이것은 사건 사고 및 사고크기 수준이 규제역량과 안전성능 수준에는 미약한 영향을 보이지만 국민안전만족도와 국민신뢰도 수준에는 직접적으로 큰 영향을 미치는 것을 보여준다.



[그림 13] 사고 크기 수준 별 시뮬레이션 결과

V. 결론 및 시사점

원자력발전소의 안전성은 그 자체가 확률로 계산할 수 있는 공학적 수치임에도 불구하고 국민의 체감안전성은 이러한 공학적 계산으로는 확인되지 않는다. 공학적으로 아무리 안전하다고 해도 한 번의 사고와 문제가 생길 경우 그 파장이 너무 크기 때문이다. 이에 원자력발전소 안전성 관련 국민의 체감적 의식에 영향을 주는 요인을 발견하고 이를 시스템다이나믹스 기법으로 모델화 하여 이들 관계를 연구했다. 외부의 자극이 없다면 이 시스템은 평형을 유지하도록 개발하였으며, 외부의 자극을 시나리오 형태로 볼 수 있도록 하였

다.

시뮬레이션 결과 주변국 안전사고는 국민의 안전 만족도와 국민 신뢰도에는 부정적인 영향을 주지만 실질적인 안전성능수준이나 규제 역량에는 거의 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다. 그리고 운영자의 안전문화 수준은 안전 성능에 영향을 주게 되고 이는 국민 안전 만족도에도 반영이 되며, 적절히 대처하지 못하면 규제역량에 부정적인 영향을 주고 심각한 현상을 야기할 수 있다는 것을 확인했다. 그러므로 운영자의 안전문화 수준은 국민 신뢰도에 매우 중요한 요소가 된다.

마지막으로 사고크기에 따른 시뮬레이션 결과를 보면, 사고크기가 심한 경우 국민안전만족도와 국민 신뢰도 수준을 급격히 떨어뜨리므로 중요한 반면, 규제역량 및 안전성능수준에는 직접적으로 영향이 있지 않는 것으로 보인다.

이러한 결과를 종합해보면, 특별한 사고의 유무나 사고의 크기 등은 국민안전만족도와 국민 신뢰도 수준에 직접적인 영향을 주며 운영자 안전문화 수준이 나쁜 경우 국민은 안전성능수준을 낮은 것으로 평가하여 국민안전만족도가 떨어지고 결국 규제역량에 대해 낮게 평가하는 것으로 나타난다고 해석할 수 있다.

이 연구는 원전운영조직의 경우 오랜 기간 자료를 축적하고 있기에 자료의 확보에 어려움이 없었으나 대국민 설문자료의 경우 2013년부터 시행하였기 때문에 2개년의 자료밖에 없어서 모델을 보다 정교하게 설계하기에는 다소 부족함이 있다. 또한 국내외 연구에 있어 원자력발전소의 안전을 물리적으로만 측정하고 국민의 체감적 신뢰도에 대한 연구가 진행된 것이 적어 이론적 배경에 한계가 있다.

【참고문헌】

- 김왕식. (2009). 「신뢰의 생성과 정부의 역할」. 삼성경제연구소
- 김지희. (2006). 「한국인의 정치제도에 대한 신뢰와 불신: 신뢰 형성에 영향을 미치는 정치경제적, 사회문화적 요인에 대한 탐색적 연구」. 신뢰연구
- 박병진. (2004). “공적신뢰의 조건: 공정성과 처벌의 엄격성”, 한양대학교
- 박통희. (2000). 「신뢰의 개념에 대한 비판적 검토와 재구성」. 한국행정학보
- 변창률. (1994). “한국 정부신뢰감 변동에 대한 영향요인 분석”, 국방연구
- 시스템다이나믹스. (2013). 「원자력안전규제 주민 이해도 조사 및 need 분석」. 한국방사선안전재단
- 시스템다이나믹스. (2014). 「원자력안전규제정책에 대한 국민 신뢰도 평가 System Dynamics 모델 개발」. 한국방사선안전재단
- 에너지경제연구원. (2011). 「원전에 대한 국민의식조사」. 에너지경제연구원 수시연구보고서
- 원숙연. (2001). “신뢰의 개념적·경험적 다차원성: 신뢰연구에 갖는 함의”, 한국 행정학회
- 유병민. (2012). “국민연구제도의 신뢰도 결정요인”, 한양대 공공정책대학원
- 이재혁. (1998). “신뢰의 사회구조화”, 한국사회학회
- 이지영. (2009). “국민연금제도의 정책인지도 및 신뢰도 요인에 관한 연구”, 단국대 행정법무대학원
- 정혜진·길부중. (2010). 「정부신뢰도 향상을 위한 정보공개제도 개선방안」. 한국부패학회보
- Putnam, Robert, Robert Leonardi and Nanetti, Raffaella Y. (1993). Making Democracy Work, Princeton University Press.
- R.C Mayer, J.H Davis and F.D.Schoorman. (1995). An Integrative Model of Organizational Trust, Academy of Management Review.

▶ 접수일 : 2015. 3. 30. / 수정일 : 2015. 4. 26. / 게재확정일 : 2015. 4. 30.