

원자력 발전소의 조직 및 인적 인자 영향관계 모델개발⁴⁾

The causal loop digaram for organizational and human factors
in nuclear power plant

유재국

(한전 전력연구원/jeffrey_u@hanmail.net)

안남성

(한전 전력연구원/nsahn@kepri.re.kr)

곽상만

(시스템믹스/skwak@compuserve.com)

Abstract

There are many activities to improve Nuclear Power Plant(NPP) performance and safety such as equipment improvement, redundancy and the like.

Since public perception about NPP safety affects nuclear policy of site selection. Recent researches for NPP safety are including not only technical approaches but also social ones.

In this contexture, the purpose of this study is to develope cuasal loop digaram for assessment of organizational and human factors in NPP safety. Through real data from interview with NPP employees we develope causal loop diagram which can explain the relations of cause and effect among variables, and depict social system for organizational and human factors in NPP safety.

1) 본 연구는 과학기술부가 지원하는 원자력 연구개발 중장기 과제중 "조직 및 인적인자 평가기술 개발" 과제의 일환으로 수행하였다.

I. 연구의 목적과 배경

원자력 발전소(이하 원전)의 안전성 향상을 위한 인간활동은 다양하게 전개되고 있다. 시설 및 장비의 개선, 기술개발을 통한 안전 장치의 확보 및 인간활동 장소의 인간공학적 설계를 통한 인적실수(human errors)의 최소화 노력이 지속적으로 이루어지고 있다.

최근 들어, 원전의 안전성 관련 연구는 기술적인 관점에서 논의하던 것을 탈피하여 사회적인 관점에서까지 논의되기 시작하였다. 이러한 배경에는 원전의 기술적 안전성도 중요하지만, 일반 국민 또는 인근 주민이 인식하는 안전성 역시 매우 중요하다는 사실에 근거한다. 원전의 기술적 안전성과 사회적 안전성은 안전성 척도 측면에서 상당한 차이가 있다는 것이 일반적인 견해이다. 안전성과 관련된 사회적·경제적 여파는 기술적 안전성보다 오히려 사회적 안전성 수준에 더 민감하게 작용한다. 예를 들어, 원자력발전소가 기술적으로 아무리 안전하다고 하더라도 국민들의 원전 안전성에 대한 수용성이 확보되지 않으면 새로운 원자력발전소의 건설은 어려워진다. 운전중인 발전소도 그 기술적 안전성과 사회적으로 인식된 안전성의 차이가 크면 추가 안전성 연구, 홍보와 같은 비용을 산출하게 된다.

본 연구는 이러한 배경에서 원전의 조직 및 인적 요인들이 원전의 안전성에 어떤 영향관계를 형성하는가를 시스템 다이내믹스의 인과관계도(Causal Loop Diagram)를 활용하여 고찰하는데 그 목적이 있다. 원전의 안전성이 기술 및 장치에 대한 의존성이 높은 것이 사실이지만, 기술 및 장치를 유지, 수리, 점검하는 활동들은 결국 원전 종사자들에 의해서 이루어지므로 원전에서의 인간활동이 안전성에 미치는 영향에 대한 연구는 중요한 위치를 차지한다.

II. 연구의 방법

1. 원전 인간활동에 대한 공학적 접근

원전에서의 인간활동에 대한 연구는 공학적 접근을 통해 활발히 연구되어져 왔다. 공학적 방법은 객관주의에 입각한 연구 방법이다. 공학적 접근은 다시 크게 두 가지 측면에서 연구가 수행되는데 인간공학(ergonomics) 측면에서의 연구와 확률론적 측면에서의 연구이다. 인간공학에서는 예를 들면, 물리적 환경의 밝기(조도)가 인간 인지력에 미치는 영향이라든가 업무 성과를 최적화할 수 있는 공간 설계에 대한 연구를 실시한다. 확률론적 접근법은 인간 활동에 대한 논리적 사건(event)을 수목도로 작성하여 각 상황에 대한 확률을 계

산함으로써 인적 실수를 줄일 수 있는 방안에 대해서 모색한다.

공학적 방법론을 사용하여 원전에서의 인적 오류를 감소시키기 위한 많은 노력이 이루어졌지만, 개개인이 모여 이루어진 조직이라는 관점에서는 아직 어느 안전성 평가에도 정량적으로 고려되고 않고 있다. 최근에 이에 대하여 언급되고는 있으나, 종합적 측면에서 정립되어 있는 것은 전무한 실정이다. 즉, 조직적 수준(급여, 직업적 안전성, 종사자의 선발, 승진제도 등)의 인자가 개인의 성과(동기, 스트레스, 업무 태도) 등에 미치는 영향에 대한 연구는 이루어지지 않은 상황이다. 또한 확률론적 접근법은 정적(Static)인 평가라는 점, 상태를 성공 및 실패 등 이분법으로 묘사한다는 점 독립변수들간의 상호영향관계를 고려하지 않는다는 점 등이 지적되고 있다. 대부분의 취약점들은 보수적으로 평가함으로써 어느 정도 해결될 수 있고, 설득력도 같고 있으나, 조직 및 인적 인자의 문제에서는 보수적 가정이란 태두리 마저 설정할 수 없는 형편이다.

2. 원전 인간활동에 대한 사회조직적 접근

원전에서의 인간활동에 대한 또 다른 접근법이 있는데 사회조직적 접근이다. 사회조직적 접근은 인간 행위의 동기 및 조직 구조 등에 많은 관심을 갖는다. 사회 조직적 접근은 조직성과(organizational performance)에 미치는 소프트웨어적 현상에 대한 연구를 실시한다. 리더십(leadership), 사기(motivation), 팀의 규모(size), 동질성, 의사소통, 업무성격이 조직 성과에 미치는 영향을 포함하여, 최근에는 원전의 외부환경, 즉 주민 및 국민의 원전에 대한 인식과 원전 안전성을 연결하여 설명하기도 한다. 사회조직적 접근법은 방법론으로 대부분 체크리스트(check list)를 활용한 지표 평가 방법을 활용한다.

그런데, 원전의 안전성과 관련하여 조직 및 인적 인자는 물리적 현상과는 다른 몇 가지 특징을 지닌다. 그 중 가장 큰 특징은 인과관계가 명확한 구조를 가지지 않는다는 것이다. 따라서 완전한 객관주의에 입각한 연구를 수행하기 어렵게 만든다. 인과관계의 불명확성은 연구자에 따라 연구 대상이 상이한 모델로 표현되며, 연구자의 주관적 측면을 완전히 배제할 수 없게 만든다. 또한 하나의 인자가 다른 인자에 미치는 영향에 있어서 시간적 지연이 존재하게 되어 인자의 중요성을 인지하는 데 어려움이 있다.

3. 시스템 다이내믹스를 이용한 연구

"조직"이라는 비가시적 실체의 연구는 대안적 연구 방법론이 고려되어야 할 것이다.

첫째, 객관주의에 입각한 현상만을 고찰해서는 인간 행위의 원인을 파악할 수 없으며,

인간행위의 원인을 파악하기에는 현상이 복잡하고 인간 행위에 영향을 미치는 요인들간의 인과관계가 불명확하다는 문제점이 있다. 따라서 이를 적절히 조화시킬 수 있는 방법론의 개발이 필요하다.

둘째, 개인의 수행성과(individual performance)의 합이 조직의 수행성과(organizational performance)와 일치할 수 있는가 하는 문제와 조직 행위가 개인에게 어떤 영향을 미치겠는가 하는 문제를 고찰할 수 있는 연구의 분석틀을 개발할 필요가 있다. 즉 원전에서의 인간 활동의 영향 관계를 묘사하고 측정할 수 있는 방법을 모색할 필요가 있다.

이러한 문제를 해결해 줄 수 있는 대안적 도구로 시스템 다이내믹스(system dynamics)를 활용할 수 있다. 시스템 다이내믹스는 인간의 의식 혹은 인지와 같은 소프트 변수(soft variables)의 고려가 가능하며, 이들의 인과관계의 묘사가 가능하다. 뿐만 아니라 비선형적 상관관계의 묘사, 독립변수들간의 상호영향관계를 묘사할 수 있으며, 요인과 요인이 상호 영향을 미침에 있어서 시간적 지연(delay)을 고려할 수 있다. 시스템 다이내믹스는 유연성이 있어서 모델의 개선이 용이하여 변수의 추가 삭제가 쉽다.

본 연구는 시스템 다이내믹스를 이용하여 원전에서 일어나는 인간 및 조직 활동에 대한 인과관계를 묘사하기로 한다.

Ⅲ. 시스템 다이내믹스 모델의 기초

1. 기계적 조직관과 유기체적 조직관

조직에 대한 관점은 크게 기계적 조직관(mechanical organization)과 생태적 조직관(ecological organization)으로 양분할 수 있다. 조직의 기계적 접근법은 조직의 목표와 공식 구조에 초점을 맞추고, 조직의 기술적 환경을 관리하는데 주목한다. 그러나 생태적 접근법은 조직의 목표는 변화할 수 있으며 조직의 비공식구조 및 외부 환경과의 관계에 주목한다. 비록 조직의 공식구조가 연구의 대상이기는 하지만 조직의 비공식구조와 활동에 대해서 무시할 수 없다.

또한 기계적 조직관에 의하면 조직의 목표는 비교적 안정적이기 때문에 구성원들의 학습은 생각하지 않는다. 기계적 조직관은 도구주의적 개체주의에 입각한 연구로써, 조직을 목표 달성을 위한 개인 선호의 집합체로써 간주한다.

기계적 접근법으로는 원전의 안전성 확보를 위한 방안을 마련하는 데에는 몇 가지 문제점이 있다. 첫째, 조직을 목표 달성을 위한 수단으로 보기에 조직을 구성하는 인간도 목표

달성을 위한 수단으로 간주한다. 따라서, 의식적이고 창의적인 인간보다는 상부에서 결정된 명령이나 지시를 충실히 잘 따르는 인간형을 조직에서는 원한다. 둘째, 조직의 구성원들은 명령이나 규칙에 의해서 자신의 행동 여부를 결정하기 때문에 자신의 소관이 아닌 사항에 대해서는 문제가 있어도 간과해 버리며, 자신의 업무가 아닌 일에는 관여나 책임질 일을 하지 않고 그 일을 기피하는 경향을 나타낸다.

기계적 조직관의 한계를 극복하기 위해서는 유기체적 조직관이 더욱 바람직하다. 이러한 측면에서 Carroll과 Perin은 원전의 안전성 향상 및 관리를 위하여 새로운 제언을 하였다. 조직에 대한 기계적 가정과 유기체적 가정에서 무엇을 택할 것인가? 원전 조직의 활동 시스템(activity system)과 원전의 조직도에서 무엇이 더 현실성을 반영하는가?, 공유된 지식의 사회적 분배의 문제(the social distribution of shared knowledge)와, 마지막으로 환류로부터의 학습(dynamic learning from feedback)의 4가지이다.

조직에 대한 접근은 기존의 방법론적 환류주의에 의한 접근을 어렵게 한다. 따라서 원전 조직을 전체적인 관점에서 시스템적으로 고찰할 필요가 있다.

2. 연구의 분석틀

원전에서의 인간활동 분석을 위하여 보다 시스템적인 고찰을 할 필요가 있음은 지적한 바와 같다. 유기체적 조직관에 입각할 때, 조직의 활동은 자원에 의존하여 이루어지며, 원전은 이 자원을 확보하고 소모함으로써 조직을 유지한다. 유기체적 조직관은 조직 운영에 대한 많은 시사점(insight)을 제공한다. 하부조직간의 상호 의존성에 대한 분석을 가능하게 해주며, 구성원들의 학습이 강조되며, 조직도에서 벗어난 부서간의 정보 흐름을 파악하게 해주며, 인적 자원 개발에 대한 장기적 시각을 제공한다. 이러한 조직의 유기체적 관점에서 Carroll은 조직에 관한 연구의 분석틀을 제시한 바가 있다(그림 1).

본 연구에서도 이러한 틀을 원용하여 사용하기로 한다.

원전에서는 다양한 활동들이 수행되고 있는 바, 각 활동들은 계속적으로 증가, 감소, 갱신, 변동하는 자원을 필요로 한다. 이러한 자원은 조직의 산출물에 의해 영향을 받는다. 자원은 조직의 하드웨어, 소프트웨어, 인적자원이 해당되며, 이 자원을 가지고 원전활동이 이루어진다. 따라서, 자원의 확보 여부에 따라서 원전의 활동과 절차에 영향을 미치게 되는 순환적인 환류(feedback) 과정을 거친다.

원전에서의 활동은 주로 기기의 점검, 원전 상태 감시, 회의, 종사자들간의 의견 교류 등이 포함되는데 공식 조직과 비공식조직의 활동을 포함한다. 이 활동들은 조직의 구성 요소들에 투입되어 산출물을 발생시키는 시스템 구조를 갖는다.

〈그림 1〉 연구의 분석틀

3. 연구의 체계

원전 조직 및 인적 인자와 관련된 문헌 조사를 실시하여 조직 및 인적 인자들에 대한 조사와 조직관련 이론들을 살펴보았다.

조직과 관련된 많은 이론이 직·간접적으로 본 연구에 활용이 되고 있는데, 특히 인간 인지 분야의 판단중지이론(interruption theory)과 조직 변화에 대한 조직 관성(organizational inertia)이론은 종사자 개인 수준에서 일어날 수 있는 인적 실수(human errors)와 조직 수준에서 원전의 안전문화(safety culture)에 대한 설명을 제공한다.

〈그림 2〉 연구의 체계

원전에서의 조직 및 인적인자에 대한 연구는 조직의 활동 및 정책이 개인의 활동에 어떤 영향을 미치는가에 대한 경로 파악이 매우 중요하다. 이러한 경로는 원전 종사자들이 가장 잘 알고 있으며, 이를 살펴보기 위한 인터뷰를 실시한다.

IV. 모델의 설계

1. 모델의 개발의 절차

모델은 인터뷰를 기초로 개발된다. 인터뷰를 통해서 원전의 안전성과 관련된 인자(factor)들이 어떤 것이 있으며 그러한 인자들의 영향관계를 파악 한다.

인터뷰는 총 3차례를 실시하였으며, 마지막 인터뷰는 인과관계도(Causal Loop Diagram: 이하 CLD)의 타당성을 높이기 위하여 작성된 CLD를 확인하는 인터뷰를 실시하였다.

연구의 수행 절차는 <그림 3>과 같다.

〈그림 3〉 모델 개발의 절차

2. 모델의 경계 설정

원전 조직에 대한 시스템 다이내믹스 모델은 주로 발전 운전 분야에 초점을 두며, 발전소 유지 보수 부분에 초점을 맞춘다. 다만 기능별로 5부분으로 나누어서 이를 고찰한다. 원전 활동과 관련된 외부 환경으로 규제기관, 지역주민, 일반국민의 영역도 일부 포함한다.

〈그림 4〉 모델의 경계 설정

각 기능에 따른 업무는 활동 영역에 대한 업무는 아래와 같은 내용을 포함한다.

- 1) 경영부문 : 일반행정 업무, 비정기불시업무, 부서감독업무, 계획업무
- 2) 운전부문 : 정상운전업무, 비정상업무, 절차서개선업무, 보수관련업무
- 3) 보수부문 : 보수업무
- 4) 기술부문 : 보수관련업무, 규제관련업무, 기술정보 업무,
- 5) 조정부문 : 계획업무, 규제관련업무, 기술정보 업무, 비정기불시업무

3. 모델 개발을 위한 인터뷰

원전 시스템에 대해서 가장 잘 알고 있는 것은 원전 종사자임은 주지의 사실이다. 따라서, 원전 상태에 대한 객관적 자료의 수집(예 : Trouble report 발행 건수)도 중요하지만 원전 종사자들이 가지고 있는 심리적 상태 및 행위의 준거 기준이 되는 변수(예 : 사기, 규정의 수용 정도 등)도 중요하며 이에 대한 고찰이 필요하다.

객관적 지표는 문제의 원인이라기 보다는 결과에 가까운 현상들이므로 그 결과의 원인을 추적하는 작업은 인터뷰를 통해서 파악할 수 있다. 즉, 종사자들이 가지고 있는 사기는 무엇에 의해서 영향을 받고, 안전성에 대한 심리적 압박감 혹은 경제성에 대한 심리적 압박감에 어떻게 대처하는가에 대한 정보를 인터뷰를 통해서 얻을 수 있다.

인터뷰는 <표 1>에서와 같이 연구의 분석틀에 입각한 질문들이 이루어졌다.

〈표 1〉 인터뷰 주요 질문

<p>자원 (Resource)</p>	<p>인력, 설비 권한, 법적책임 정보, 절차 문화 Mental Model 시간, 자금 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 인력의 구성은 적절한가? - 적정인원 및 배경 - 설비는 얼마나 노후화 되었는가? - 능력을 가진 사람에게 그 능력을 행사할 수 있는 권한이 적절히 분배되었는가? - 열거된 자원의 양과 분포는 어떠한가?
<p>활동 (Activity)</p>	<p>자기점검 회의, 사고분석 작업 후 보고 견학, 상호교류 Benchmarking 감사 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 자원을 어떻게 활용하는가? - 어떤 활동들이 이루어지고 있는가? - 활동의 강도와 빈도 등은 적절한 수준인가? - 활동들간의 자원활용에 대한 모순은 존재하지 않는가?
<p>절차 (Process)</p>	<p>관찰 내면화 창조 행위</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 종사자들의 태도는 어떠한가? - 의사결정은 어떻게 진행이 되는가? - 종사자들의 관찰의 범위는 어떠한가? - 자신의 한계에 대해서 인지하고 있는가? - 행위의 목표에 대해서 인지하고 있는가? - 내면화는 제대로 이루어 지는가? - 갈등에 대한 인식은 어떠한가?
<p>산출물 (Outcomes)</p>	<p>생산, 비용 안전성, 사기, 명성 품질, 일정 자질개발 등</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 산출물의 우선순위는 무엇인가? - 보이지 않는 산출물에 대한 판리는 어떻게 하는가? - 결과물에 대한 생성과정에 대한 학습은 이루어지는가? - 산출물의 당위성에 대한 분석을 실시하는가?

4. 영향 인자의 선정

<표 1>과 같은 인터뷰 질문과 종사자들의 진술을 통해서 원전의 안전성에 영향을 미치는 직간접적 인자들을 추출하여 <표 2>에서 정리하였다. 선정된 인자는 하나의 범주에 속하는 것은 아니며, 여러 범주에 교차로 속할 수 있다. 다만 편의상 <표 2>와 같이 정리를 하였다. 또한, 인자들은 시스템 다이나믹스의 성격상 계속 확장될 수 있으며, 이를 모델에 반영할 수 있다.

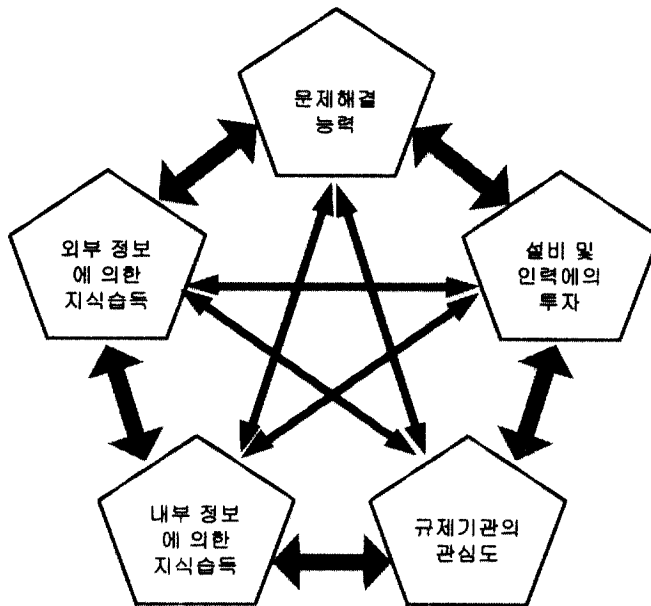
〈표 2〉 원전의 안전성에 영향을 미치는 조직 및 인적 인자

<p>자원 관련 주요 인자</p>	<p>Staff 및 Manager의 수 Available resources Spare part의 양 업무 할당 시간</p>	<p>Staff 및 Manager의 필요한 수 졸업생의 수준 신입사원의 수준</p>
<p>활동 관련 주요 인자</p>	<p>Staff 작업의 발생 경로 Staff의 업무량 작업의 질(Quality) Manager의 생산성 경험 예방정비 설비개선예상 부서간의 업무</p>	<p>Manager 작업의 발생 경로 Manager의 업무량 Staff의 생산성 위기시의 운전원 능력 교육 재작업률 비상 운전 빈도, 절차서, 협조 부서내의 업무 협조</p>
<p>절차 관련 주요 인자</p>	<p>Staff의 업무 태도 Staff의 사기 Plant manager leadership Communication system 교육 훈련 프로그램 교대근무의 장단점</p>	<p>Manager의 업무 태도 Manager의 사기 Sector manager leadership 조직학습 현장근무의 장단점</p>
<p>산출물 관련 주요 인자</p>	<p>결함(Defects)의 수 발견되지 않은 결함 수 장비의 고장 인식된 발전소의 안전성</p>	<p>발견된 결함 수 결함의 발생 경로 발전소 안전성 발전소 방사능 환경</p>
<p>기타. 경영 및 규제 관련 주요인자</p>	<p>교육 훈련 관련 정책 현장 근무에 대한 보상 정책 직원 생산성 향상에 대한 정책 대 주민 정책 직원 수에 대한 정책 직업에 대한 매력 외부로부터 발생 되는 업무 규제위원회의 안전성 염려 수준 지역 경제 대학 교육 시스템 언론의 원자력에 대한 편견 국민의 원자력에 대한 인식</p>	<p>업무 분담(Work load) 정책 교대 근무에 대한 보상 정책 대 국민 정책 Performance pressure Safety pressure 현장 주변의 거주 편리성 현장 근무자의 직업의 안정성 정부 정책 국가 경제 지역 주민의 발전소 직원에 대한 견해 국가 원자력 프로그램</p>

추출된 인자들의 피드백 구조는 먼저 크게 다섯 부문으로 나누어 고찰하였는데, 1) 설비 투자 및 인력에의 투자, 2) 규제기관의 관심도, 3) 외부정보에 의한 지식 습득, 4) 내부정보

에 의한 지식 습득, 5) 문제해결능력이 그것들이다. 여기에서 선정된 변수들은 가장 지배적인 영향력을 갖고 있는 변수들을 기준으로 이루어진 것으로서 이렇게 함으로서 복잡한 시스템의 모델링과 모델의 추후 수정을 가능하게 할 수 있다. 본 모델을 구성하고 있는 5개의 개념들은 <그림 5>와 같이 대략적인 구조를 나타낼 수 있다

이 큰 다섯 부분을 바탕으로 상세 인과관계도(Causal Loop Diagram)을 작성하였으나 여기에서는 상위 범주의 Causal Loop Diagram에 대해서 간략히 설명하도록 한다.



<그림 5> Causal Loop Diagram 개요

V. 원전 조직 및 인적 인자의 인과관계 모형

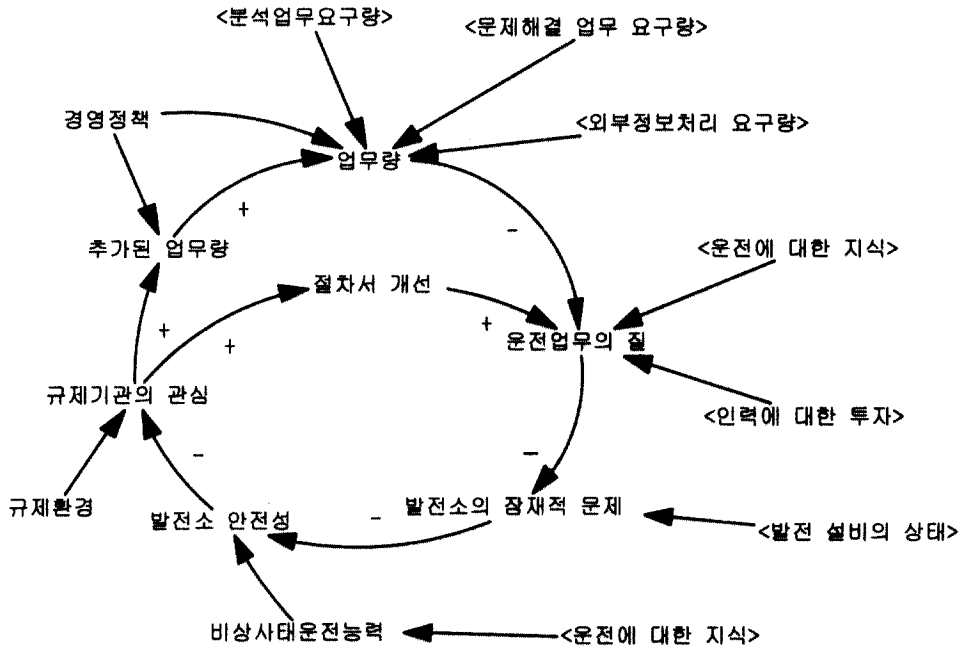
1. 설비 투자 및 인력에의 투자

원전 안전성은 발전소의 설비상태와 운전원의 업무의 질에 의해서 영향을 받는다. 또한 이 두 개의 요인에 의해서 발전소의 성능에도 영향을 미치게 된다.

원전의 성능에 의해서 이용 가능한 여유 자원, 즉 수익이 발생하고, 이 금액으로 설비와

면 업무의 질이 떨어지게 되어 다시 규제활동이 강화되는 악순환을 나타낼 수 있다.

즉, 운전업무의 질은 절차서, 업무량, 운전에 대한 지식, 인력에 대한 투자(인센티브)에 의해서 영향을 받는데, 규제활동은 이 중에 절차서, 운전에 대한 지식을 향상시켜 주어 안전성에 기여할 수 있으나 과도한 활동은 업무량에 영향을 주어 부정적인 영향을 미칠 수도 있다.



〈그림 7〉 규제활동과 발전소 안전성의 CLD

3. 원전 내부에서의 학습 (그림 8)

운전원들의 학습은 운전원들의 질에 매우 중요한 요소인데, 학습과정을 통해서 운전원 개인이 지니고 있는 암묵적 지식이 밖으로 드러난다.

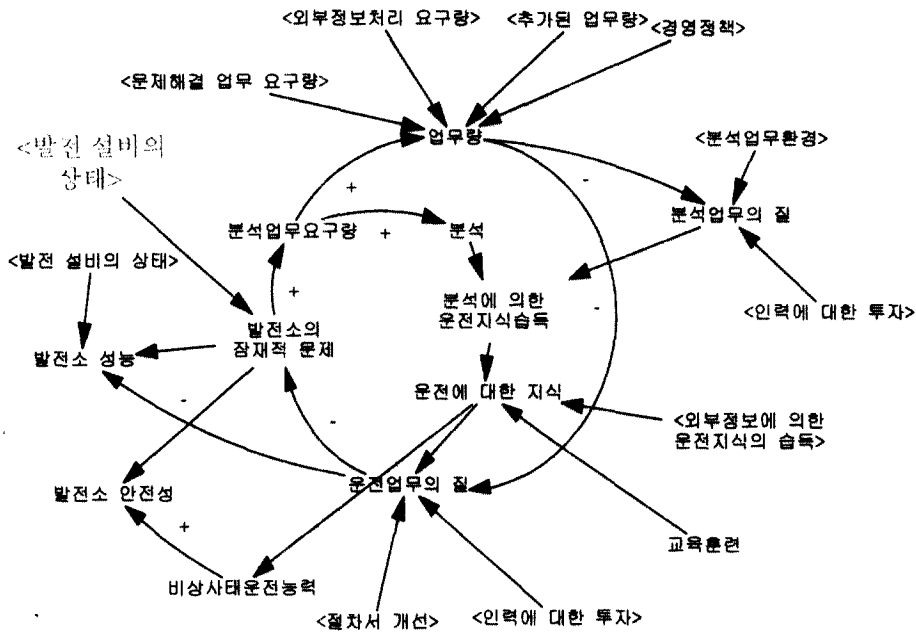
이러한 학습의 경로는 크게 두가지가 있다. 첫째는 원전의 내부에서 얻는 학습이며 둘째는 외부기관과 외부사건의 정보를 통해서 얻는 정보이다. 여기에서는 이 중 전자에 대해서 살펴보겠다.

운전원들의 지식은 운전업무와 관련된 분석작업을 통해서 얻은 지식과 운전원들이 처리

해야 할 업무량에 의해서 영향을 받는다. 업무량은 다시 몇 가지 요인에 의해서 증가 혹은 감소를 보이는데 운전원의 운전관련업무와 경영 지침에 따른 업무, 외부기관에서 요구하는 업무 그리고 기타 추가적으로 요구되는 업무가 있다. 과도한 업무량은 종사자들이 문제를 분석할 수 있는 시간자원을 빼앗게 되어 문제분석의 질을 떨어뜨린다. 결국 운전원들이 학습에 투자할 수 있는 시간을 마련하지 못하게 되어, 운전원들의 학습 능력은 상대적으로 저하될 수 있으며 이는 운전업무의 질을 낮출 수 있다.

즉, 발전소에서 발생하는 문제들은 분석해야 할 일들을 증가시키며 분석작업에 관한 일은 운전원들이 처리해야 할 업무량을 증가시켜 제한된 시간으로 이를 처리하게 되어 분석업무의 질은 다른 업무가 많으면 많을수록 질이 떨어질 수 밖에 없다.

분석작업을 통해서 얻은 지식은 운전원들의 비상사태 대응 능력을 높여 안전성을 확보하는 데 기여한다.



(그림 8) 원전 내부 정보에 의한 학습 CLD

4. 외부정보로부터의 학습 (그림 9)

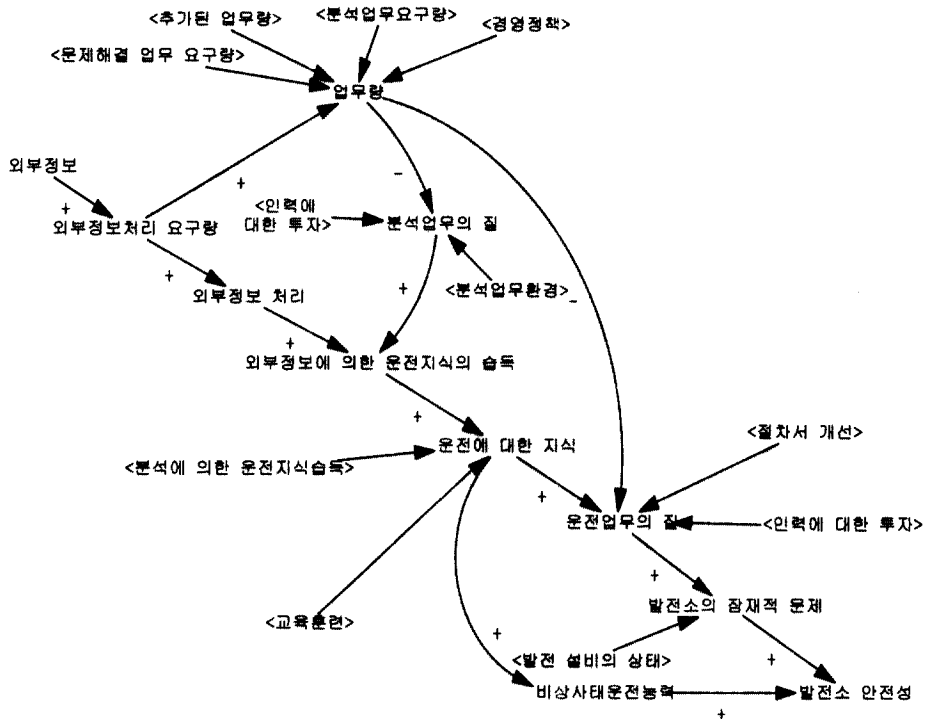
외부정보로부터의 학습도 역시 내부정보에 의한 학습처럼 지식화되어 운전의 질과 비

상대응 능력을 향상시키는데 도움을 준다.

외부 정보가 유입되면 외부 정보 처리 요구량이 증가되어 운전원들이 취해야 할 업무가 증가하는 한편, 정보를 처리함으로써 운전에 대한 지식을 습득할 수 있다. 추가되는 업무량과 분석에 의한 지식의 습득은 운전업무의 질에 영향을 미치어 발전소의 안전성 향상에 기여하게 된다.

결국 외부정보도 지식을 축적시키는 데에는 긍정적인 역할을 수행하지만, 운전원들의 제한된 시간 자원속에서 해결되어야 하는 제약조건을 갖는다. 운전원을 포함한 원전 종사자들의 시간 자원은 경영정책 및 외부 규제 활동에 의해서 영향을 받게 되는 것이다.

그런데, 내부 정보의 학습과는 달리 외부 정보에 의한 학습은 인과관계 고리가 형성되지 않음을 볼 수 있다. 이것은 외부 정보는 발전소 밖에서 발생하는 외생 변수이기 때문에 일 방향적인 진행 경로를 갖는다.



(그림 9) 외부정보에 의한 학습 CLD

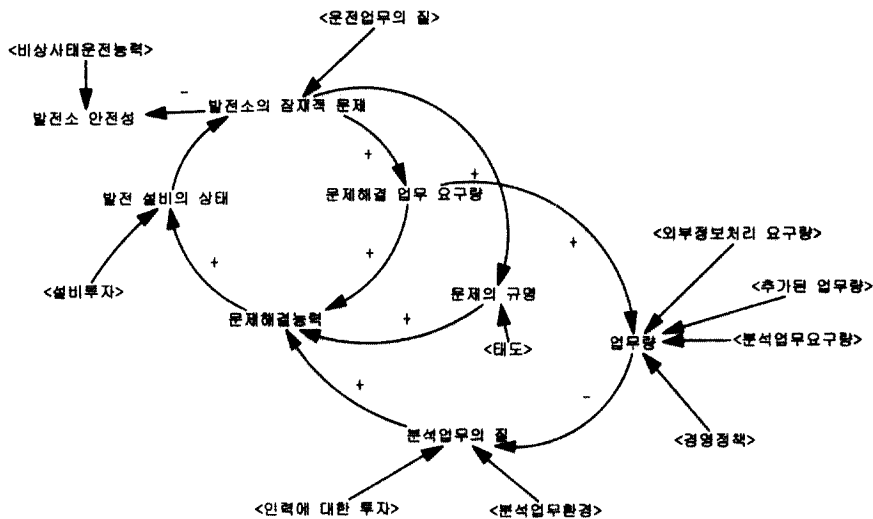
5. 문제해결이 안전성에 미치는 영향 (그림 10)

<그림 10>은 문제해결이 안전성에 미치는 영향을 묘사한 CLD이다. 발전소의 안전성은 발전소가 가지고 있는 잠재적인 문제에 의해 발생하게 된다. 운전원들이나 정비요원들이 이를 발견하여 해결하는 일이 발전소의 안전성에 영향을 미친다.

해결을 요구하는 업무량은 전체 업무량의외부 정보 처리 요구량, 추가 업무량, 분석업무요구량, 경영정책에 의해 발생된 업무량에 의해서 제한된 시간을 가지고 풀어야 한다. 전체 업무량에 따른 상대적인 분석업무에 할애하는 시간에 따라 분석의 질은 영향을 받아 문제 해결 능력이 결정된다.

종사자들의 문제 해결 능력이 좋으면 좋을수록 발전 설비의 상태는 좋아지는데, 설비상태가 좋을수록 잠재적 문제는 적어지고 발전소의 안전성은 향상될 수 있다.

원전의 문제는 문제가 발생하였다고 하여 저절로 조치되는 것이 아니고, 종사자의 부단한 관심과 이를 발견할 수 있는 지적능력이 갖추어져야 가능하다. 문제를 규명할 때에는 종사자들의 태도가 중요한 요인으로 작용하게 된다.



(그림 10) 문제해결이 안전성에 미치는 영향 CLD

VI. 향후과제 및 결론

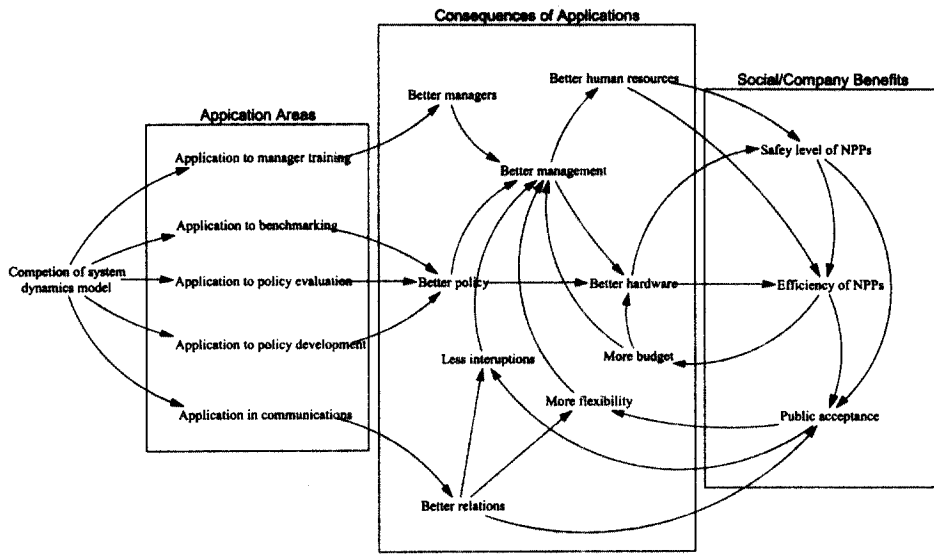
1. 모델의 활용방안

시스템 다이내믹스를 사용함으로써 얻을 수 있는 가장 큰 이득은 복잡한 시스템 속에 감추어져 있는 다중 순환 고리를 발견하고 이의 작용을 시각적으로 표현 할 수 있다는 것이다. 일반적으로 사람들은 순환적인 사고보다는 직선적인 사고에 익숙한 경우가 대부분인 반면에 우리에게 영향을 미치거나 우리가 관심을 갖게 되는 시스템들 중 많은 경우 그 시스템의 비선형적인 요소가 중요한 역할을 하게 된다. 더욱이 그 시스템이 외생 변수에 의해 많은 영향을 받는 경우라면 선형적인 분석에 의한 예측 결과와 실제로 얻어지는 자료 사이에는 커다란 차이가 생기게 된다. 외생 변수의 변화에 의한 효과가 선형적으로 생각되어지는 효과와는 달리 여러 개의 순환 고리를 거치면서 그 효과가 증폭되거나 축소되는 경우가 생기고, 두 개 이상의 변수가 미치는 효과 역시 그 상호작용과 다른 변수와의 상호작용에 의한 순환적 효과를 고려하지 않은 선형적 효과와는 다르게 나타나게 된다.

기존의 선형적인 사고 방식에 의한 모델에 의한 이러한 한계를 극복할 수 있는 것이 시스템 다이내믹스에 의한 순환 고리적 사고에 의한 모델링 기법이다. 이 기법에 의해 구성된 모델을 통해 사용자는 변수들 사이의 상관 관계를 순환 고리에 따라 분석에 볼 수 있으며, 더 나아가 시뮬레이터로 발전하게 되면 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 상황에 따른 시나리오별 예측을 해 볼 수 있으며 어떤 변수가 그 결과에 지배적 영향력을 갖고 있는지를 분석해 볼 수 있다.

시스템 다이내믹스는 1)주요 변수간 상관 관계 2)CLD를 이용한 직원 교육 3) 직원간 커뮤니케이션 도구로 활용할 수 있을 것이다.

아래의 <그림 11>은 본 연구의 모델에 활용에 대한 CLD이다. 우선은 원전에서 관리자 훈련 도구, 벤치마킹 도구와 원전 경영 평가 도구 등으로 직접 활용할 수 있을 것이며, 이를 통해 보다 나은 원전 경영(better management)과 사회의 수용성을 확보하는 데 활용할 수 있을 것이다.



〈그림 11〉 모델의 활용

2. 시사점 및 향후과제

원전의 인적 및 조직 요인을 연구하기 위한 활동은 공학적 사회과학적 지식을 통해 여러 방면에서 수행되고 있다. 원전의 조직 및 인적 인자와 관련된 원전의 사고나 문제에 대해서 인간 오류가 왜 발생하였는가에 대한 근본적인 해답을 제시해 주지 못한다. 인적 오류에 대한 원인을 찾기 어려운 것은 기계와 인간의 상호작용이 원전의 조직적 수준에서 이루어질 뿐만 아니라, 사고나 문제가 나타나기까지는 다양한 원인이 복합적으로 조합되고 인자들간에 상호 영향을 미치는 데에 시간적 지연이 존재하기 때문이다. 이 문제점을 극복하기 위해서는 조직의 시스템 구조를 분석함으로써 조직 수준의 원인을 밝힐 수 있다.

본 모델은 향후 몇 가지 추가하여 고찰할 문제가 있다. 첫째, 판단중지 이론(interruption theory)과 조직의 관성이론(organizational theory)을 통해서 업무량이 운전원들의 사고 중지(interruption)에 이르게 되는 과정과 조직의 관성으로 인하여 조직의 안전문화가 쉽게 변화하지 않고 심지어는 저항이 발생하는 현상에 대한 부분을 좀 더 심화시킬 필요가 있다.

둘째, 지금까지는 시스템 다이내믹스 모델 작성을 위한 변수의 파악과 변수들간의 인과관계를 살펴보기 위하여 Causal Loop Diagram을 작성하였는데, 모델 및 시뮬레이션을 만들기 위해서는 앞으로 정량화를 위한 자료 수집과 Stock and Flow Diagram의 작성이 필요하다.

[참고문헌]

- 과학기술부, 1997, 확률론적 안전성평가 국제공동연구, 「원자력안전기술원」, KINS/GR-203.
- 박우순, 1996, 「현대조직론」, 법문사
- 제무성, 2000, 「조직의 안전문화(Safety Culture)가 안전성에 미치는 영향 연구」, 미출판.
- 한국원자력안전기술원, 2000.12.12., 「가동원전 주기적안전성평가 제도화 방향」, KINS/GR-210.
- Anderson, Virginia and Johnson, Lauren, 1997, *System Thinking Basis : From concepts to causal loops*, Pegasus Communications, Inc. :MA.
- Carroll, John S., 1998, *Organizational Learning Activities in High-Hazard Industries:The Logics Underlying Self-Analysis*, *Journal of Management Studies*, Blackwell Publisher LTD.: MA.
- _____, Perin, Constance, 1995, *Organizing and Managing for Safe Production:New Frameworks, New Question, New Actions*. MIT, *Center for Energy Policy Research Working Paper* NSP 95-005 : MA.
- Gharajedaghi, Jamshid (1999). *System Thinking : Managing Chaos and Complexity: a platform for designing business architecture*, Butterworth Heinemann :MA.
- IAEA (2000), *Operational Safety Performance Indicator for Nuclear Power Plants*, Vienna, Austria. IAEA-TECHDOC-1141.
- Kim, Daniel. H.(1993) *The Link Between Individual and Organizational Learning*, *Sloan Management Review*, 1993 Fall 48.
- Morgan, Gareth (1998), *Image of Organization*, Executive ed , Sage:CA.
- OECD (1999a), *The Role of the Nuclear Regulator in Promoting and Evaluating Safety Culture*, *Nuclear Energy Agency*.
- OECD (1999b), *Identification and Assessment of Organizational Factors Related to the Safety of NPPs*, *Nuclear Energy Agency Committee on the Safety of Nuclear Installations*, NEA/SCNI(98)17/VOL2.
- Pfeffer, Jeffrey and Salancik, Gerald R. (1978). *The External Control of Organizations : Resource Dependence Perspective*, NY, Harper & Row, Publisher.
- Rudolph, Jenny W. and Repenning, Nelson P. (2000), *Disaster Dynamics: Understanding the Role of Interruption and Stress in Organizational Collapse*.
- Scott, Richard (1987). *Organizations:Rational, Natural, and Open Systems*, 2nd ed., Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc.:NJ.
- Senge, Peter (1990), *The Fifth Discipline : The Art & Practice of The Learning Organization*, Doubleday :NY.

- Simon, Herber A. (1957), *Administrative behavior ; A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organizations*, 2nd ed. Macmillan:NY.
- Sterman, John D. (2000), *Business Dynamics : System Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw Hill.
- Thompson, James D., Van Houten, Donald R. (1970). *The Behavioral Sciences:An Interpretation*, Addison-Wesley Publishing Co.:MA,(Wanky Paik(Korean trans.) (1982). Samyoungsa Publishing Co.)