

# 시스템 다이내믹스를 활용한 원전 조직 인자의 정량화 방법 연구

유재국  
시스템믹스

윤태식  
한전 전력연구원

본 연구의 목표는 원전의 안전성 확보에 기여할 수 있는 조직 및 인적 요인의 평가에 대한 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 모델을 만드는 데 있다. 기존의 연구는 크게 인간 공학 혹은 확률론적 안전성 평가와 같은 공학적 방법과 조직 사회학적 접근으로 구분할 수 있다. 양 방법은 조직 및 인적 요인이 무엇인지를 밝혀주고 인적 실수를 줄이기 위한 지침을 제공해 준다. 그러나 인자들간의 상호 독립성의 가정은 원전에서 일어나고 있는 요인들간의 상호 작용을 설명하는 데 어려움을 지낸다. 이러한 제약 사항을 극복하기 위해서 조직 및 인적 요인 사이의 인과 관계를 보여줄 수 있는 시스템 다이내믹스 모델을 개발하였다. 개발된 모델을 통하여 리더십, 직원 수의 조정, 각 부서별 업무량의 조정 등을 조작하면서 모델의 사용자들은 조직 측면에서 원전의 안전성이 어떻게 변화하는가를 확인할 수 있다. 시뮬레이션을 통해서 사용자들은 관리적인 시사점을 얻을 수 있을 것이다.

## 연구의 목적과 배경

경제 활동의 근간이 되는 에너지 공급원으로서의 원자력발전소는 그 경제적 성과의 중요성뿐만 아니라 안전성을 확보하는 것도 매우 중요하다. 원전의 안전성은 하드웨어(hardware) 개선을 포함한 공학적 성능 개선과 조직 및 인적 관리 부분이 상호 작용하는 시스템 구조를 가지고 있음에도 불구하고, 기술 분야에 대한 투자에 비해 상대적으로

조직 및 인적 인자에 대한 연구는 소홀히 취급된 경향이 있다.

원전 사고의 원인으로 지적되는 상당 부분이 인적 실수이며, 이러한 배경 아래 IAEA와 OECD 등에서는 인간 활동과 관련하여 인적 오류(human error)를 줄일 수 있는 방안과 원전 안전 문화(safety culture) 등에 관심을 갖고 이를 평가할 수 있는 방법에 대한 연구가 이루어지고 있다(OECD, 1999a, 1999b, 1999c; IAEA, 1995).

그러나 원전에서의 조직 및 인적 인자들(organizational and human factors)은 기계적 설비나 장치와는 달리 의식을 가진 인간의 집합 행동인 유기체적 개방 시스템(open system)이라는 특징으로 인하여 평가 지표의 선정 및 측정에 많은 어려움을 겪고 있다.

본 연구는 이러한 배경 아래 기존에 이루어지고 있는 조직 및 인적 인자 연구의 동향 및 문제점을 지적해 보고 그 대안으로서 시스템 다이

나믹스를 이용한 새로운 평가 기술을 개발하는 데 그 목적이 있다

**조직 인자의 평가 방법**

**1. 조직 인자 정량화에 대한 기존 연구**

원전의 조직 및 인적 인자 평가를 위해서는 크게 두 가지 관점에서 이루어져 왔다. 그 하나는 공학적 접근법으로 PSA(Probabilistic Safety Assessment)나 인간 공학을 바탕으로 한 연구이며, 다른 하나는 조직 사회학적 관점에서의 연구이다.

공학적 접근법은 조직에서 활동하고 있는 개인 수준에서의 연구가 이루어져 왔으며, 특히 PSA에서는 발전소 상태 및 인간 활동과 관련된 논리적 사건(event)을 수목도(tree)로 작성하여 각 상황에 대한 확률을 계산함으로써 인적 실수를 줄일 수 있는 방안에 대해서 모색한다(Apostolakis, 1992 ; Rasmussen, 1987 ; Reason 1990).

그러나 개인적 수준에 초점을 맞추었기 때문에 조직적 수준(직업적 안전성, 종사자의 선발, 승진 제도 등)의 인자가 개인의 성과(동기, 스트레스, 업무 태도) 등에 미치는 영향에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다는 단점을 지닌다.

이 밖에도 확률론적 접근법은 정적(Static)인 평가라는 점, 상태를

성공 및 실패 등 이분법으로 묘사한다는 점, 독립 변수들 간의 상호 영향 관계를 고려하지 않는다는 점 등이 지적되고 있다.

조직 사회학 측면에서는 연구의 수준을 조직 수준까지 확장한다. 조직 사회학에서는 개인 혹은 조직의 성과에 영향을 미치는 주요 요인을 검토하여 원전 관리에 관한 사항을 제안한다.

예를 들면, 리더십(leadership), 사기(motivation), 팀의 규모(size), 동질성, 의사 소통, 업무 성격 등이 얼마나 원전의 안전성에 영향을 미치는가를 분석하여 적절한 관리 방안을 제시한다.

최근에는 원전의 외부 환경, 즉 주민 및 국민의 원전에 대한 인식과 원전 안전성을 연결하여 설명하기도 한다(IAEA, 2000 ; Carter, Rudolf & Day, 1992 ; Perrow, 1984 ; Perrow, 1986 ; Weizel & Ellen, 1989).

조직 사회학적 접근법은 통계 기법에 의한 요인의 유의성을 검토한 다든가, 체크리스트(Checklist)를 이용하여 원전 조직 상태에 대하여 점검하는 방법을 사용한다. 그러나 지표 측정 개념의 조작적 정의가 어렵다는 점, 항목들간의 영향 관계를 살피기 어렵다는 점, 그리고 평가에 시간을 고려하지 않은 정적인 평가라는 점이 지적될 수 있다.

**2. 시스템 다이내믹스를 이용한 연구**

본 연구에서는 공학적 방법론과 조직 사회학적 방법상의 문제점을 보완하여 시스템 다이내믹스를 이용한 모델을 개발한다. 조직 요인의 정량화에 있어서 시스템 다이내믹스를 이용한 모델은 다음과 같은 이점이 있다.

첫째, 시스템 다이내믹스 모델은 조직 요인들의 상호 인과 구조를 Causal Loop Diagram이라는 정성적 논리 구조로 설명한다.

둘째, 시스템 다이내믹스는 수치적 변수(numerical variables)뿐만 아니라, 인간의 의식 혹은 인지와 같은 인지적 변수(Mental variables)에 대한 고려가 가능하다. 뿐만 아니라 비선형적 상관 관계의 묘사, 기존 연구에서 가정하였던 독립성을 가정하지 않고, 변수들 간의 상호 영향 관계를 묘사할 수 있으며(Gharajedaghi, 1999), 요인과 요인이 상호 영향을 미침에 있어서 시간적 지연(delay)을 고려할 수 있다.

셋째, 기존의 연구가 주로 개인의 수행 성과(individual performance) 측정 및 평가에 초점이 맞추어진 반면에 시스템 다이내믹스를 이용하면, 개인의 수행 성과와 조직의 수행 성과(organizational performance)를 연결시키는 데 용이하다.



넷째, 시스템 다이내믹스 모델은 유연성을 가지고 있어 모델 개발 과정이나 모델 완료 후에 문제가 발견되거나 확장의 필요가 생기면 수정이 용이하여 모델의 적실성을 높일 수 있다. 또한 개별 분과 학문에서 규명된 조직 및 인적 인자에 대한 이론을 모델에 상대적으로 쉽게 반영시킬 수 있다.

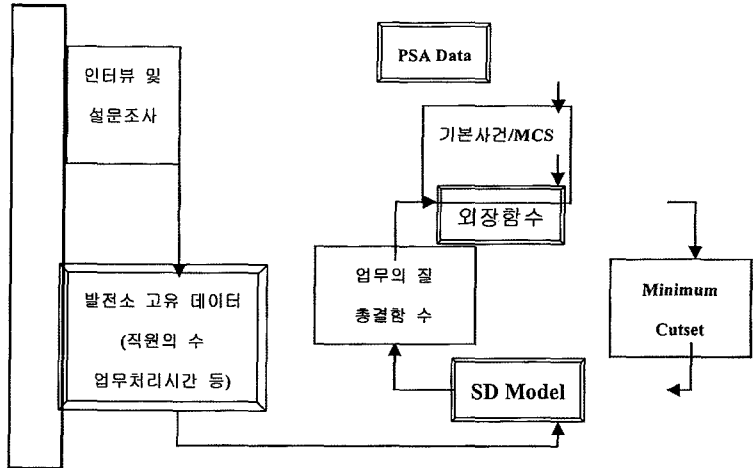
시스템 다이내믹스는 정성적 논리 모델인 Causal Loop Diagram과 이를 계량화하기 위한 Stock and Flow Diagram으로 구성된다. Causal Loop Diagram을 인터뷰·관찰 등을 통해서 먼저 작성하고 이를 정량화하고 상세화하기 위한 Stock and Flow Diagram을 작성하는 단계를 거친다.

### 모델의 구조

#### 1. 안전성의 계산

원전의 안전성의 개념은 좁게는 하드웨어의 안전성에서부터 넓게는 사회가 인식하고 있는 사회적 안전성에 이르기까지 그 범위의 폭이 넓다.

본 연구에서는 안전성의 명확한 정의를 위하여, 안전성의 개념을 PSA에서 사용하고 있는 CDF(Core Damage Frequency)의 개념을 이용한다. PSA 분야에서는 노심 손상에 대한 경로가 이벤트 트리(Event Tree)를 이용하여 논리



〈그림 1〉 모델의 전체 구성

적으로 모델화되어 있다.

PSA모델을 통해서 CDF는 기본 사건으로 구성된 노심 손상 사건 빈도가 높은 집합인 최소 단절 집합(MCS : Minimum Cutsets)을 통해서 계산되어진다. 여기에서 노심 손상을 일으킬 수 있는 기본 사건은 크게는 하드웨어 실패와 인적 실수로 양분할 수 있다.

한편 시스템 다이내믹스 모델에서는 종사자들의 업무의 질과 총결함수가 계산되도록 구성되어 있다. 정규화된 업무의 질(normalized quality of work)은 인적 실수의 값에 영향을 미치고 정규화된 결함의 수(normalized total defects)는 하드웨어 실패에 영향을 주도록 전체적인 모델은 구성된다.

일반적으로 최소 단절 집합에서의 CDF는 하드웨어 실패에 대한 기본 사건과 인적 오류에 대한 기본 사건으로 구성되어 있다(식 1).

$$CDF = f(BE_{HW}, BE_{HU}) \quad (\text{식 1})$$

$BE_{HW}$  : 하드웨어 실패에 의한 기본 사건

$BE_{HU}$  : 인적 실수에 의한 기본 사건

그러나 시스템 다이내믹스 방법은 CDF를 구성하는 요인에 업무의 질과 결함수를 포함함으로써 동태적인 CDF를 계산할 수 있다(식 2).

$$CDF_t = f(BE_{HW} * NTD_t, BE_{HU} * NQW_t) \quad (\text{식 2})$$

$NTD_t$  : t시점의 정규화된 총결함수(Normalized Total Defects)

$NQW_t$  : t시점의 정규화된 업무의 질(Normalized Quality of Work))

이상의 내용과 관련하여 전체적인 모델의 구성을 살펴보면 〈그림 1〉과 같다.

#### 2. Causal Loop Diagram & Stock and Flow Diagram

본 모델에서는 원전의 조직을 운전·보수·기술·조정 부서의 4개

〈표 1〉 조직 계층별 업무의 종류

조직 수준		업무의 종류
최고 경영자층		불시 업무, 기획 업무, 행정 업무, 감독 업무
중간 관리자층	운전 부서	불시 업무, 기획 업무, 행정 업무, 감독 업무
	기술 부서	불시 업무, 기획 업무, 행정 업무, 감독 업무
	유지 보수 부서	불시 업무, 기획 업무, 행정 업무, 감독 업무
	조정 부서	불시 업무, 기획 업무, 행정 업무, 감독 업무
일선 직원층	운전 부서	정상 운전 업무, 비상 운전 업무, 절차서 개선 업무, 수리 보수 테스트 운전 업무, 예방 정비 테스트 운전 업무
	기술 부서	불시 업무, 유지 보수 기술 업무, 규제 관련 업무, 정보 처리 업무, 발전소 개선 업무
	유지 보수 부서	수리 보수 업무, 예방 보수 업무, 수리 보수 행정 업무, 비상 보수 업무, 예방 보수 행정 업무
	조정 부서	불시 업무, 규제 관련 업무, 기획 업무, 정보 처리 업무

의 주요 부서로 나누어 모델링하였다. 한편 조직을 수직으로는 최고 경영자층, 중간 관리 자층, 일선직 원층의 3개의 수준으로 분류하여 각각의 업무를 할당하였다. 부서별 계층별 업무는 〈표 1〉에 나타나 있다.

원전의 구성원들의 조직적 개인 적 속성과 활동에 의해서 원전의 하드웨어 상태가 결정되고 이에 대한 안전성은 다시 종사자들의 활동이나 조직 문화에 영향을 주는 구조로 나타난다.

〈표 2〉는 모델에 반영된 각 조직 부문별 계층간의 속성을 나열한 표 이며, 이러한 속성이 시스템 다이나 믱스 모델에 반영되어 있다.

본 연구를 위한 High-Level의 Causal Loop Diagram은 〈그림 2〉와 같다. 여기에서 볼 수 있듯이 원전에서의 인간과 하드웨어는 다 양한 피드백과 상호 영향 관계를 주 면서 그 상태를 유지한다고 할 수 있다.

먼저 발전소의 문제의 수는 발전 소의 성능과 안전성에 직결된다. 원 전의 종사자들은 발전소의 문제점 을 발견하여 이를 제거해야 하며, 또한 발전소가 원활히 유지될 수 있 도록 운전 활동을 실시한다. 따라서 종사자들의 문제 분석 능력 및 운전 능력은 발전소 성능 및 안전성 유지 를 위한 필수 요소이다.

발전소의 성능이 좋아지면 발전

〈표 2〉 계층간에 영향을 미치는 속성 요약

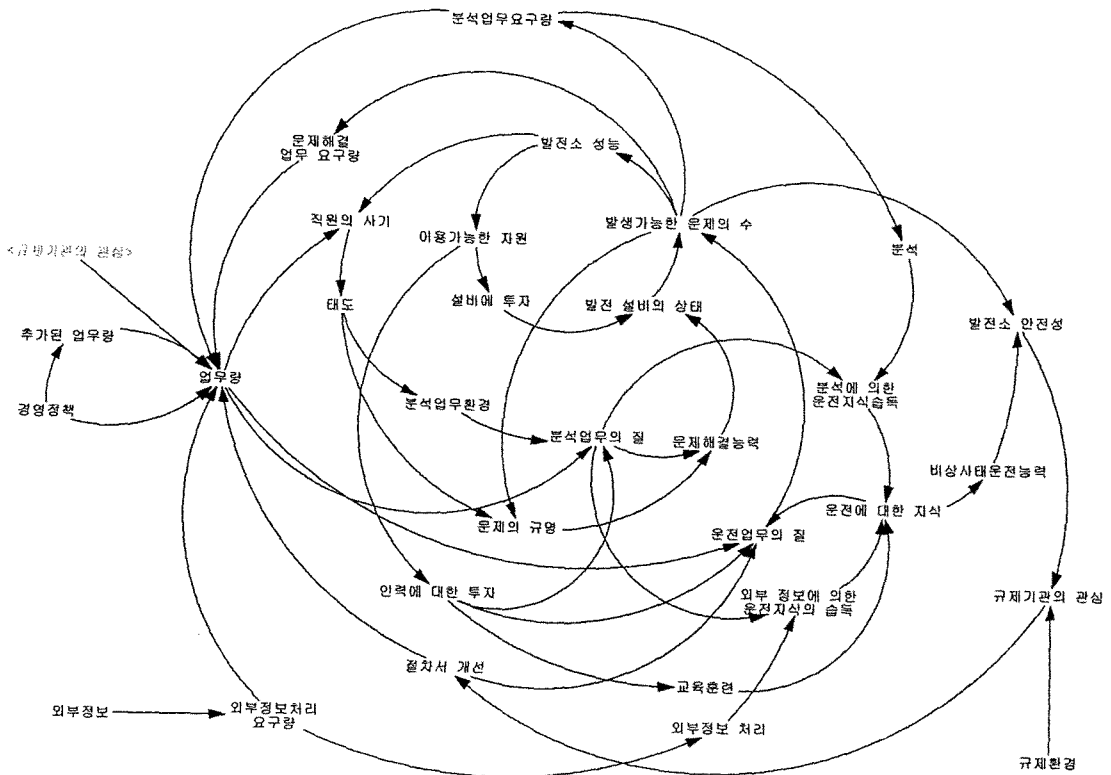
조직 수준	속성			
	조직 문화 관련 속성	직원 능력 관련 속성	발전소 상태 관련 속성	업무량 관련 속성
최고 경영자층	태도 리더십 사기 회사의 정책 등	생산성 작업의 질 기술 수준	총결함 수 결함 발생률 부품 확보율 등	작업 할당 시간 행정 처리 시간 유지 보수 시간
중간 관리자층	태도 사기 부하 감독 최고 경영자의 감독 안전 교육 수준 등			
일선 직원층	태도 사기 상사의 감독 타부서의 협조 직원의 수 안전 교육 수준 등			

소에 이용 가능한 자원이 증가하게 되고, 이는 설비 및 시설 개선을 위 해 하드웨어에 투자되기도 하고 인 적 자원에 투자되기도 하여 발전소 의 성능을 향상시킬 수 있는 강화 루프(reinforcing loop)를 형성한 다.

강화 루프가 형성되었다고 긍정 적인 것은 아니고, 반대의 경우, 즉 성능이 저하되어 이용 가능한 자원 이 부족하게 될 경우에는 하드웨어

나 인적 자원에 대한 투자가 감소하 게 되어 발전소의 상태는 더욱 악화 될 수 있다.

발전소의 성능은 또한 직원의 업 무량과 사기에도 영향을 미친다. 특 히 업무량이 많을 경우 문제 분석에 할당하는 시간을 줄어뜨리게 하여 분 석 업무의 질을 낮게 할 수 있으며, 운전 업무의 간섭이 작용하여 운전 업무의 질이 감소할 수 있다. 따라 서 업무량에 대한 관리가 요구된다



〈그림 2〉 High - Level 수준에서의 Causal Loop Diagram

고 할 수 있다.

학습의 경우를 살펴보면 운전원의 경우 외부 정보에 의한 운전 지식이 습득될 수 있고 내부적으로도 운전중 발생하는 문제를 분석함으로써 학습할 수 있는 두 가지 경로가 존재한다. 그 어떤 경우라도 운전에 대한 지식은 발전소의 비상사태 대응 능력을 높일 수 있다.

다만, 외국 사례 및 정보와 같은 외부 정보를 처리하는 것은 별도의 업무가 추가되는 것이므로 업무량을 증가시킬 우려가 있다.

규제 기관의 활동은 한편으로는 발전소의 안전성에 도움을 주지만 다른 한편으로는 업무량을 증가시켜 부정적인 효과를 낳을 수도 있다. 특히 원전의 안전성에 문제가 생길 경

우에 규제 기관의 활동은 더욱 빈번해지는 강화 루프를 형성한다.

Causal Loop Diagram을 통해서 원전에서 일어나는 활동이 어떻게 상호 작용에 대한 논리적 구성을 마친 후 이를 이용하여 정량화를 위하여 Stock and Flow Diagram을 작성한다.

### 3. Stock and Flow Diagram의 작성

본 모델에는 생산성·업무·인력·업무의 질 등을 구성하는 다양한 요소들의 관계를 정량화하기 위해 Stock and Flow Diagram을 작성하고 수식을 입력하였다.

생산성은 업무량, 사기, 감독, 업무 협조, 조직 숙련도 등에 의해서

영향을 받도록 모델이 작성되었으며 이는 업무의 처리에 중요한 역할을 한다.

처리해야 할 업무는 누적되는 성격을 갖는 저장 변수 (Stock Variable) 성격을 가지며 '업무의 발생률'과 '업무의 처리율'에 의해서 변동이 된다.

업무의 형태는 보통 단순 업무 흐름, 재작업 업무 흐름, 주기적 업무 흐름 등으로 구분할 수 있다.

업무 중에는 재작업이 매우 중요한 요소로 나타나는 경우가 있다. 즉 작업을 정확하게 수행하지 못하여 다시 처리해야 할 경우가 발생하게 되는데, 보수 작업의 경우 정확하게 처리된 경우와 그렇지 않은 경우가 있기 때문에 이러한 경우에는

재작업 업무 흐름을 적용한다. 업무의 재순환이 이루어지는 경우에는 업무를 수행할 때의 질(Quality)이 항상 중요한 변수로 대두된다.

인력은 업무별 중간 관리자와 직원으로 나누었으며 특히 초급 숙련자와 고급 숙련자로 구분함으로써 조직의 전체 숙련도가 표현될 수 있도록 하였다. 조직의 숙련도는 다시 원전 전체의 생산성 및 업무의 질에 영향을 미치는 것으로 구성하였다.

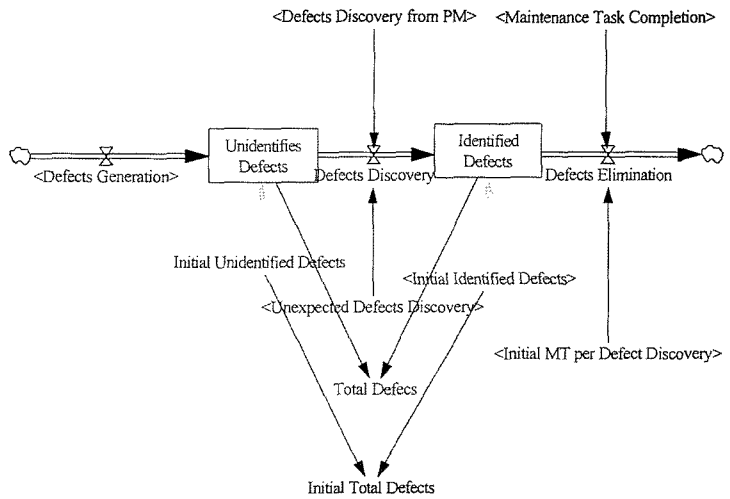
이러한 주요 요인을 통해서 하드웨어 결함이 제거되는데 하드웨어의 제거와 관련된 Stock and Flow Diagram은 <그림 3>에서 묘사하였다. <그림 3>에서 볼 수 있듯이 결함은 발견된 결함과 발견되지 않은 결함으로 나뉠 수 있으며 결함이 발견되면 행정 업무 등의 경로를 거쳐 보수 작업을 실시하여 결함을 보수하는 과정을 거친다.

보수 업무 수행은 생산성에 의해 영향을 받는데, 업무량 및 기타 생산성 영향에 의해서 생산성이 변화하게 되어 하드웨어의 결함의 보수에 영향을 미치는 구조를 볼 수 있다.

원전은 다양한 조직의 구성체로서 보수 부서 외에도 운전 업무·기술 업무·조정 업무 등에 대해서도 모델링을 하였다.

**모델의 시뮬레이션**

**1. 교육 훈련 및 인력 계획의 시**



<그림 3> 결함의 발견과 제거와 관련된 Stock and Flow Diagram

**물레이션**

개발된 모델을 통해서 직원 수의 조정, 리더십 수준의 변화 등과 같은 다양한 시뮬레이션을 실행해볼 수 있지만, 여기에서는 교육 훈련의 효과와 채용과 감원의 2가지 경우의 케이스 스터디를 실행해 보았다. 시뮬레이션 결과를 보기에 앞서 각 케이스 스터디의 조건을 <표 3>에 나타내었다.

또한 일반적으로 한 개의 발전소 사이트(site)에서는 두 개의 호기를 가진다. 각 호기는 약 1년에 1회의 예방 정비를 가지므로 한 사이트에서는 연 2회의 예방 정비 주기가 발생한다.

계획 예방 정비 주기 동안에 발전소는 정지되어 연료 교체나 장치 교체가 이루어지는데 계획 예방 정비 기간 동안에 업무량은 폭주하는 형태를 갖는다.

이렇게 사이트당 1년에 2번의 예방 정비 기간을 가지므로 안전성은 주기적으로 변화하는데, 아무런 변수의 조작 없이 모델의 기본적인 값을 이용하여 시뮬레이션을 실시하였을 때, 발전소의 안전성을 나타낸

결과 중 CDF의 상대적 변화값을 <그림 4>에 나타내었다.

먼저, 교육 훈련이 안전성에 미치는 영향에 대한 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션의 결과는 <그림 5>에 나타나 있으며, 실행 결과 교육 훈련 수준이 높아진다고 하더라도 그것은 안전성 향상에 거의 영향을 미치지 못함을 보여준다. 즉 높은 교육 훈련 수준이 원전의 높은 안전성을 보장하지는 않는다(line 2 : Good Edu).

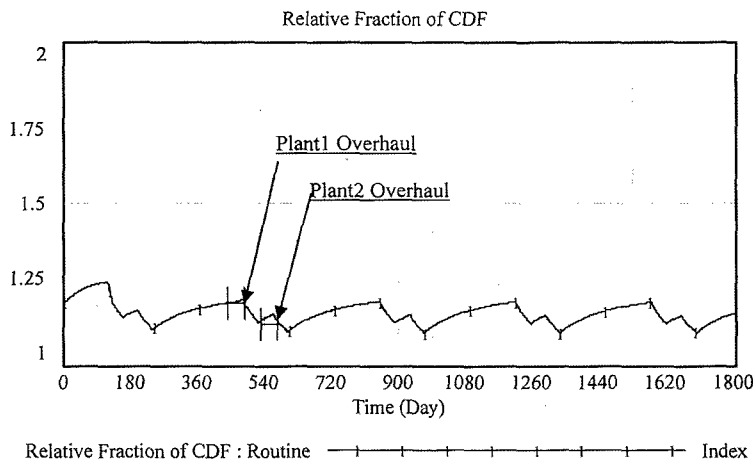
반면에 낮은 교육 훈련 수준은 정상 운전 기간에는 안전성에 큰 영향을 미치지 않지만, 계획 예방 정비 기간 동안에는 낮은 안전성 수준을 가질 수 있음을 보여준다(line 3 : Bad Edu).

결국 교육 훈련에 대한 결과가 가시적으로 나타나지 않더라도 교육 훈련을 줄인다면 계획 예방 정비 기간 동안에 안전성에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다.

채용과 감원의 효과는 <그림 6>에 나타나 있다. 직원의 채용 역시 안전성을 확보하는 데에는 큰 영향을 미치지 못한다.

〈표 3〉 케이스 스터디의 조건

Case Study	Data set	설명
Case 1 : 교육 훈련의 효과	Routine	Normal Status
	Good Edu	교육 훈련 수준을 Normal Status의 20% 증가
	Bad Edu	교육 훈련 수준을 Normal Status의 20% 감소
Case 2 : 직원 채용 효과	Routine	Normal Status
	Pro20	채용 : time 120에서 Normal Status의 20% 채용
	Layoff20	감원 : time 120에서 Normal Status의 20% 감원
Time Unit		0 - 1800 Days (about 5 years)
Time step		0.25 day



〈그림 4〉 Routine 상태에서의 시뮬레이션 결과(상대적 CDF)

신규 직원을 고용한다고 하더라도 그들을 직접 현장에 투입하여 안전성과 관련된 업무를 맡길 수는 없다. 그들의 기술이 숙련되기까지는 일정 시간이 필요하다. 그들이 새로운 지식과 기술을 습득하더라도 안전성에 미치는 영향은 감원의 경우보다 작다. (line 2 : pro20).

발전소가 감원을 한다면 그것은 바로 안전성에 영향을 미친다. 감원 후에 얼마 동안은 감원 전의 상태와 다를 바가 없는 형상을 보인다. 그러나 시간이 흐를수록 안전성은 점

차 악화되어 가는데, 결국에는 정상 상태로 회복하지 못할 수 있다.

## 2. 모델의 기대 효과

시스템 다이내믹스는 정성적인 논리 모델과 이를 바탕으로 정량적인 모델을 개발함으로써 모델 개발자와 현장 직원의 원활한 커뮤니케이션이 용이하다.

무엇보다도 시스템 다이내믹스를 사용함으로써 얻을 수 있는 가장 큰 이득은 복잡한 시스템 속에 감추어져 있는 다중 순환 고리를 발견하고

이의 작용을 시각적으로 표현할 수 있으며, 조직 및 인적 인자에 대한 다양한 평가를 시뮬레이션을 통해 실행해 볼 수 있다는 점이다.

현재 모델에서는 PSA의 결과를 활용함으로써 PSA가 정적이라는 특징을 극복하여 동적인 확률값의 변화를 살펴볼 수 있게 도와 준것으로 큰 의의라 할 수 있다.

원전의 조직 및 인적 인자에 대한 조사가 원전의 안전성에 어떤 영향을 미치는가에 대한 시스템적 사고(system thinking)를 통해서 기존의 연구에서 살피지 못했던 변수들 간의 상호 관계를 파악할 수 있게끔 한 것에도 의의를 갖는다고 할 수 있다.

시스템 다이내믹스 모델을 통하여 주요 변수간 상관 관계 분석, 직원 교육, 직원간 커뮤니케이션 도구, 원전 주기적 안전성 평가 등에서 활용할 수 있다(Anderson, 1997 : Kim, 1993 : Senge, 1990 : Sterman, 2000, Schein, 1996, Sastry, 1997).

특히, 원전의 주기적 안전성 평가(PSR : Periodic Safety Review)에서 요구하는 원전 조직 및 인적 요구 사항(원자력법 시행규칙 19조)에 대한 평가에 모델의 활용이 가능하며, 안전성 향상을 위한 여러 경영 정책을 시뮬레이션을 통해서 강구할 수 있을 것이다. 앞의 시뮬레이션은 단순히 하나의 변수







는 이러한 한계를 극복하고, 시스템 구성 요인들의 다양한 상호 작용과 변수의 증폭과 상쇄 등을 고려하여 장기적인 처방을 내릴 수 있게끔 한다.

이러한 측면은 수시로 바뀌는 원전의 조직 관리자들이 직관에 의한 결정이 아닌 장기적인 측면에서의 결정을 내리도록 하면서, 원전의 안전성을 지향한 일관성 있는 관리가 이루어지는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. ☞

\* 본 연구는 과학기술부가 지원하는 원자력 연구 개발 중장기 과제 중 “조직 및 인적 인자 평가 기술 개발 “과제의 일환으로 수행하였다.

[참고 문헌]

Anderson, Virginia & Johnson, Lauren (1997), *System Thinking Basis : From Concepts to Causal Loops*, MA:Pegasus Communications, Inc..

Apostolakis, G. etc., (1992), “Inclusion of Organizational Factors into Probabilistic Safety Assessment of Nuclear Power Plants”, 5th Conference on Human Factors and Power Plant, Montrey, CA.

Burrell, Gibson & Morgan Gareth (1982), *Sociological Paradigms and Organizational Analysis : Elements of the Sociology of Corporate Life*, London:Heinemann, 윤재홍 역 (1990), 사회과학과 조직이론, 서울:박영사.

Carroll, John S. (1998), *Organizational Learning Activities in High-Hazard Industries:The Logics Underlying Self-Analysis*, *Journal of Management Studies*, Blackwell Publisher LTD., Malden, MA.)

Carter, Neil, Klein Rudolf & Day,

Patricia (1992), *How Organizations measure success : The Use of Performance Indicators in Government*, NY: Routledge.

Dougherty, E. M. Jr. (1990), “Human Reliability Analysis-where should you turn?” *Reliability Engineering and System Safety* 29.

Gharajedaghi, Jamshid (1999). *System Thinking : Managing Chaos and Complexity: a Platform for Designing Business Architecture*. MA: Butterworth Heinemann.

IAEA (1995). *Organizational Factors influencing human performance in nuclear power plants*, IAEA-Techdoc-943, Report of a technical committee meeting held in Ittingen, Switzerland.

IAEA (2000), *Operational Safety Performance Indicator for Nuclear Power Plants*, Vienna, Austria. IAEA-TECHDOC-1141.

Kim, Daniel (1993), “The Link Between Individual and Organizational Learning?”, *Sloan Management Review*, fall, 37-50.

Morgan, Gareth (1998), *Images of Organization : The Executive Edition*, Sage Publication, Inc..

OECD (1999a), *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/VOL1.

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.

OECD (1999c), *The Role of the Nuclear Regulator in Promoting and Evaluating Safety Culture*, Nuclear Energy Agency.

Perin, Constance and Carroll, John S. (1997), *Organizational Analysis in High-*

*Hazard Production Systems : an academy-industry dialogue*, final report of workshop funded by the National Science Foundation : NSF Grant #9510883-SBR.

Perrow, Charles (1984), *Normal Accident : Living with High-Risk Technologies*, New York : Basic Books.

Perrow, Charles (1986), *Complex Organizations : A Critical Essay*(3rd Ed.), New York:McGraw Hill, Inc..

Rasmussen, J. (1987), “Then Definition of Human Error and a Taxonomy for Technical System Design”, *New Technology and Human Error*, John Wiley & Sons Inc..

Reason, J. (1990), *Types, Tokens and Indicator*, *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting*.

Rudolph, Jenny W. and Nelson P. Repenning (2000), *Disaster Dynamics : Understanding the Role of Interruptions and Stress in Organizational Collapse*. unpublished

Sastry, M. Anjail (1997), “Problems and Paradoxes in a Model of Punctuated Organizational Change?”, *Administrative Science Quarterly*, 42, 237-275.

Schein, Edgar H. (1996), “Three Cultures of Management:The Key to Organizational Learning?”, *Sloan Management Review*, fall, 9-20.

Senge, Peter (1990), *The Fifth Discipline : The Art & Practice of The Learning Organization*, A Currency Paperback.

Sterman, John D (2000), *Business Dynamics : System Thinking and Modeling for a Complex World*, NY:McGraw Hill.

Thompson, James D.(1967), *Organization in Action*, NY:McGraw-Hill.

Weitzel, William & Ellen Jonson (1989), “Decline in Organization: A Literature Integration and Extension?”, *Administrative Science Quarterly*, 34(1), 91-109.

박연호 (2000), 『조직행동론』, 서울:박영사.