

시스템 다이내믹스(SD)에 의한 국내 전력산업의 효율성 제고에 관한 연구 : 원자력산업을 중심으로*

이명호** · 이희상** · 장인성*** · 최봉식**** · 허 훈**

A SD approach to the Efficiency Improvement of Electric Power Industry in Korea : Focused on the Nuclear Industry*

Myoung Ho Lee** · Hee Sang Lee** · In Sung Jang*** ·
Bong Sik Choi**** · Hoon Huh**

■ Abstract ■

In this study, we tried to build a model which can deal with the efficient and effective operation of electric power industry, especially focused on the nuclear industry. Here, SD (System Dynamics) approach is used to visualize the underlying phenomenon of the nuclear power industry. SD is a methodology for studying and managing complex feedback systems, such as one finds in business and other social systems. The span of SD applications has grown extensively and now encompasses work in corporate planning and policy design, public management and policy, biological and medical modeling, energy and the environment. Recently, according to the report from KEPCO (Korea Electric Power Corporation), they are considering delaying a new power plant construction. It may be based upon business fluctuation downsized from Korean economic crisis in 1997 and freezing of construction funds due to unstable foreign exchange rate. At this point, we need desparately a kind of strategic model that would contribute to cope with the current business situation, energy generation, production, and resulting pollution. Specifically, this model, using SD approach, starts with the detailed drawing of influence diagram, which describes those relevant key points on nuclear power generation systems in electric power industry of Korea. These include such factors as the operation of nuclear industry and parameters related to the decision making for business policy. Based upon the above-mentioned influence diagram drawn, we developed SD simulation model to evaluate and analyze strategic management of KEPCO. Based on our analysis, we could demonstrate how simulation model can be applied to the real electric power generation in Korea.

Keyword : System Dynamics, Electric Industry, Efficiency, Simulation, Causal Map, Nuclear Industry

논문접수일 : 2000년 11월 30일 논문게재확정일 : 2001년 5월 16일

* 본 연구는 한국학술진흥재단의 연구비지원(과제번호 1998-001-C00639)으로 수행되었음.

** 한국외국어대학교

*** 숭실대학교 산업·정보시스템 공학과

**** 한국전력기술(주)

1. 서론

최근 한국전력이 주요 발전소의 건설계획을 상당 기간 연기하는 방안을 검토중이라고 한다. 보도(한국 경제 1998년 4월 3일자 11면)에 따르면 한전은 올진 원자력 발전소 3~6호기를 비롯하여 이미 발주한 14개 발전소의 착공 및 준공 시기를 짧게는 3개월, 길게는 22개월까지 늦추거나 보류키로 하고 이를 관련 업계와 협의 중이라는 것이다.

극심한 경기 침체로 전력이 남아돌고 환율 상승에 따른 자금 부담 증가로 재원 조달 마저 여의치 못하다는 한전의 어려운 사정은 충분히 이해할 만하다. 그러나 대표적인 사회간접자본(SOC)의 하나인 발전소 건설 계획을 수정하는 것은 좀 더 신중히 판단해야 할 문제라고 본다.

이러한 면에서 볼 때 절대 에너지 수입국가중의 하나인 우리나라의 전력수급정책은 국가경제의 근간이 되는 매우 중요한 문제이며, 더욱이 이러한 문제의 해결책으로 제시되는 원자력 산업에 대한 전략적인 정책연구는 매우 중요한 문제라 할 수 있다.

본 연구의 목적은 시스템 다이내믹스(System Dynamics : SD)를 이용하여 국내 원자력 산업의 효율성 제고 모형을 구축하는데 있다. SD를 이용한 경영전략 모형을 통하여 반복적 수작업에 의존하고 있는 경영전략을 체계적이고 신속하게 수립할 수 있는 도구를 마련함으로써 변화에 신속하게 대응함은 물론 최선의 전원 개발 계획을 구축할 수 있다고 판단된다.

본 연구는 한국의 전력산업중 원자력 산업의 운영과 관련된 의사결정 변수들을 규명하고, 변수들의 예견되는 변화의 종류와 그 유형을 파악하고 이를 정책적으로 활용하는데 목적이 있다. 이러한 목적은 정성적 분야의 인과관계 도표를 작성하여 변수간의 피드백 관계를 규명하여 중요 순환 고리를 분석하고, 정량적인 분야에서는 그 변수들에 대한 과거의 자료에 기초하여 모델을 검증하고, 시물레이션 하여 모델의 행태를 알아봄으로써 달성될 수 있다. 또한, 구축되어진 모델과 시물레이션 결과는

정책분석에 대한 기본적인 시스템적 사고를 제공하여 이를 의사결정에 활용할 수 있다.

본 연구의 목적을 수행하기 위하여, 먼저 이론적 고찰을 통하여 관련이론들을 연구·분석하고, 이를 토대로 SD모델을 작성하고 이를 시물레이션하였다. 본 연구의 인과지도와 모델을 검증하기 위하여서는 원자력 관련 전문가와 관련 단체(KOPEC, KEPSCO 등)의 인터뷰를 실시하였다.

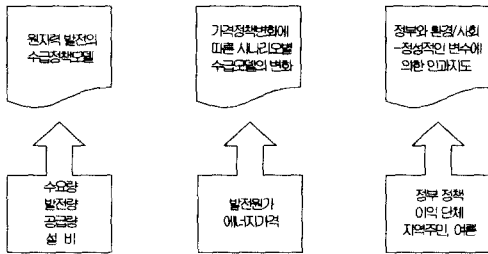
2. SD 모델

본 연구의 인과지도 작성에 있어서 필요한 변수들은 크게 정량적인 변수들과 정성적인 변수들로 나눌 수 있다. 이러한 변수들의 분류를 통하여 원자력산업의 효율적인 수급정책부분은 정량적인 변수들로 구성되고, 운영과 경영전략에 부합하는 부분을 위한 모델작성을 위하여서는 정성적인 변수들을 사용하였다.

SD 모델을 작성하고, 이를 Simulation하여 정책 의사결정에 도움을 주기 위해서는 현실을 잘 반영할 수 있는 변수들을 모델에 반영하여야 하기 때문에 앞서도 언급하였듯이 KEPSCO와 KOPEC등의 관련 전문가들과의 인터뷰를 통하여 변수들을 검증 하였다. 인과지도를 구축하기 위한 방법은 크게 Top-down방식과 Bottom-up방식이 있다. Top-down 방법은 먼저 흐름도를 작성하고 이를 바탕으로 인과지도를 이끌어 내는 방법이고, Bottom-up 방식은 SD modeling의 전통적인 방법으로 시스템을 규명할 수 있는 인과지도에 근간하여 흐름도를 작성하는 방법이다. 본 연구에서는 Bottom-up방법에 의해서 먼저 인과지도를 작성하고 이를 원자력산업에 종사하는 전문가들의 조언을 바탕으로 계속적인 보완과정을 거쳐 modeling 하는 방법을 취하였다.

[그림 1]에서 보는바와 같이 본 연구의 모델은전체적인 원자력산업의 효율적인 발전을 위한 모델을 구성하기 위하여 수요량과 공급량, 그리고 발전설비에 의한 수급정책모델을 만들어 내고 이를 다

시 가격정책에 의한 시나리오 별 접근방법을 사용하였다. 더욱이, 우리나라의 에너지정책의 효율성을 가장 악화시키는 요인중의 하나인 가격정책을 모델에 반영함으로써 효율성제고모델로서의 의미를 부여할 수 있을 것이다. 구축되어진 인과지도에 대한 전반적인 구성내용은 다음과 같다.

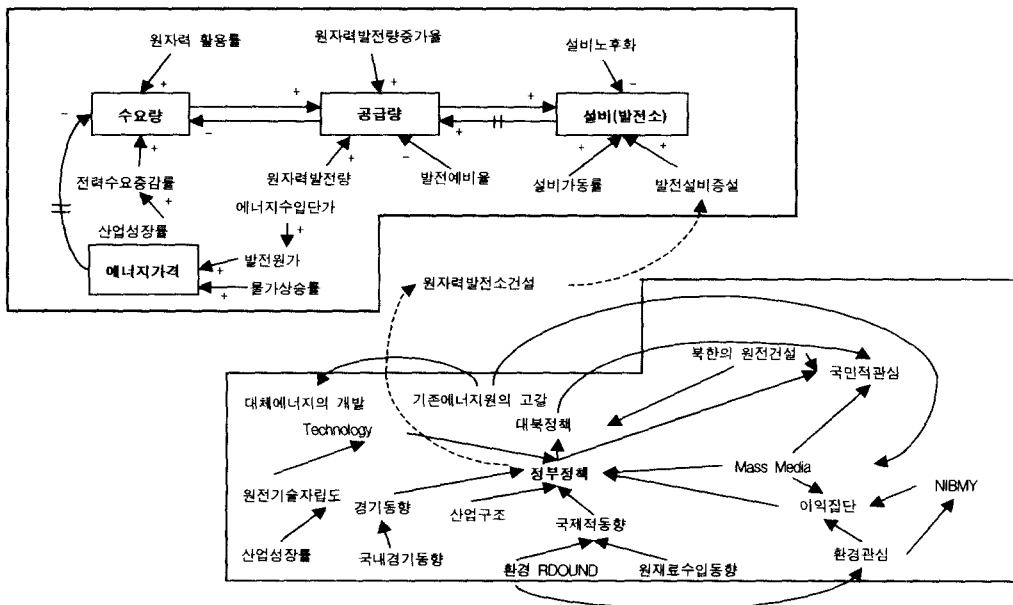


[그림 1] 본 SD연구의 개요

먼저, 원자력 산업의 효율적이고 객관적인 시스템의 규명을 위하여 정량적인 변수들로 이루어진 분야로서 이는 과거의 자료와 데이터에 의해서 시뮬레이션이 가능한 부분이다. 여기에서는 수급정책

모델을 사용함으로써, 과거 원자력발전에 의하여 충당되어지는 전력 수급량의 데이터를 기초로 동태적으로 변화하는 전력소비량과 원자력발전에 의해 공급되어지는 공급량의 피드백 관계를 규명하였다. 또한, 공급을 담당하는 발전설비에 대한 투자와 그 운영을 모델에 반영함으로써 발전설비와 수급모델을 하나로 통합하였다. 이러한 수급정책 모델은 가격정책과의 관계를 규명함으로써 확장되어진 형태를 가지게 된다. 결국, 한국의 에너지 효율성을 악화시키는 주요 원인중의 하나인 에너지의 지가정책이 과연 국가경제의 발전과 발맞추고 있는지의 여부를 파악할 수 있었다. 정부에 주도되어지는 가격정책과 수급정책을 하나의 모델 안에 묶음으로써 정부와 원자력산업의 의사결정에 전략적으로 활용이 가능하리라 생각된다. 또한, 원자력발전의 기본인 발전원가의 변화를 모델에 반영함으로써 발전원천에 대한 적절한 대응이 가능하리라 본다.

인과지도의 두 번째 분야는 정성적인 변수들로



[그림 2] System Dynamics를 통한 원자력산업에 관한 인과지도

구성되어졌다. 즉 원자력 산업과 발전소가 만들어 지는 계량적인 변수들 이외에 원자력산업에 반영되어지는 여러 가지 정성적인 변수들을 규명함으로써 종합적이고 전략적인 SD modeling을 시도하였다고 할 수 있다. 정책결정에 직접적인 주체인 정부와 원자력발전소가 건설됨에 따라 그 영향을 직접적으로 받는 지역주민과 환경문제에 지속적인 문제를 제기하는 여러 환경 이익단체들, 그리고 지방자치단체들과 같은 변수들로 구성되었다. 결국, 전형적인 수급정책모델과 가격정책을 혼합한 SD 모델과 정부와 이익 단체 등의 환경 및 사회와 운영에 관여되는 변수들을 고려한 SD 모델로 본 연구의 System Dynamics 모델은 [그림 2]와 같이 요약되어질 수 있다.

System Dynamics의 기본개념에 근거하여 세세한 변수들에 대한 규명이나, 그 내부에서 발생하는 세부적인 변수들에 대한 접근보다는 거시적인 관점에서의 인과관계 규명을 하고자 하였다.

3. 실증분석

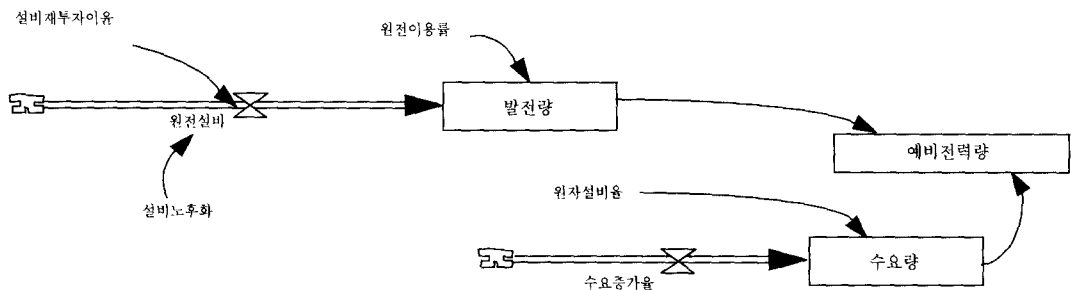
원자력산업의 효율성제고모형에 있어 그 첫 번째인 전력수급모델을 Vensim DSS 4.0을 이용하여 흐름도를 작성한 후, 모델의 실증분석(시뮬레이션)을 시도하고, 이를 과거 전력산업의 수요량, 발전량의 동태적 행태와 비교하여 봄으로써 모델의 타당성을 검증하였다.

먼저 수급정책모델의 흐름도는 핵심변수인 전력

수요량과 공급량 변수를 기본으로 보조변수와의 피드백을 구성하는 형태이다. 즉, 수요량과 공급량, 발전량과 같은 레벨 변수와 이러한 변수들에 영향을 미치고, 피드백 Loop를 형성하는 데 있어 중요한 보조변수들을 통하여 흐름도를 작성하였다. [그림 3]의 흐름도가 수급정책에 관련된 흐름도이다. 먼저 발전량은 원전설비에서 발생한다는 기본 개념아래 모델링을 발전시켜 나갔다. 원전설비는 변수의 특성상 수준변수로 분류됨이 더욱 의미가 있으나, 흐름도에서 설비재투자비용이나 설비노후화 같은 보조변수들과 함께 발전량을 조절하는 변화율변수로서의 특성을 가지고 있고, 또한 시뮬레이션의 용이함을 도모기 위해 변화율변수로서 사용하였다.

수요량과 발전량의 상대적 비교는 전력의 경우 예비전력량에 의해서 비교가 가능하기 때문에, 예비전력량이 얼마나 유지되고 있는지를 알아봄으로써 수급정책에 대한 기초자료가 될 수 있을 것이다.

따라서, 본 모델에서는 예비전력량의 동태적 유형을 파악하여 이를 수요량과 발전량 변수와 이루는 피드백루프의 구조로 수급정책을 모델링한 것이다. 수요량의 흐름도를 발전량과 직접 연결시키기 위한 시도보다는, 전력사업의 원전설비에 의한 발전량의 증가는 수요량의 직접적인 증가에 의해 그 즉시 영향을 끼친다고 볼 수 없고 또 그러한 목적을 충족시키기 위해 예비전력량 변수를 활용한 것이다. 이는 신규원전건설정책에 의한 원전건설이 수요량의 부족분에 대한 효과를 얻기까지에는 많



[그림 3] 발전량과 수요량을 동시에 고려한 흐름도

은 시간적 지연이 발생하기 때문에 결국 수급문제에 있어서 그 비교는 예비전력량에 의함이 더욱 타당성이 있고, 또한 의미를 가진다고 할 수 있다.

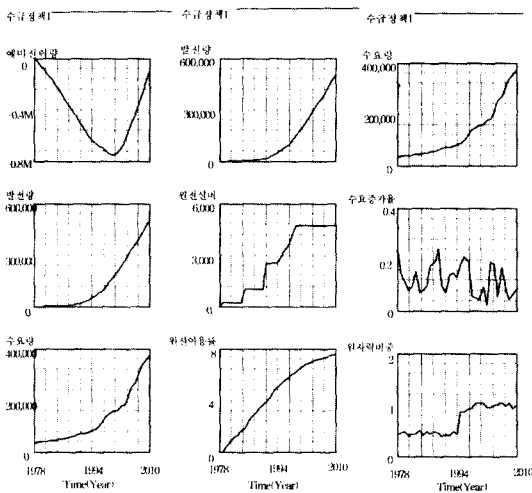
시뮬레이션 결과인 [그림 4]에서 보는 것처럼 일단 기본적으로 설정된 초기값에 의한 발전량의 변화는 과거의 수치와 매우 비슷한 형태로 움직이고 있음을 볼 수 있었다. 그러나, 수급정책2의 시뮬레이션 결과인 [그림 5]에서 보는 것처럼 설비노후화

비율을 낮추고, 설비재투자비율을 높였을 경우에는 예상과 달리 발전량과 원전설비는 수급정책1과 비교하여 볼 때, 더 낮은 발전량과 원전설비수준을 유지하고, 수요량과 공급량의 상대적 비교정도를 타진할 수 있는 변수인 예비전력량은 매우 감소시키고 있음을 알 수 있다.

이는 원전기술의 자립도를 포함한 기술력의 증대는 결국 적은 원전설비와 발전량으로도 수요량을 충족시킬 수 있음을 의미한다. 결국, 원전기술력의 발전으로 설비노후화를 낮추고 원자력발전소의 수명을 연장시킴으로써 원전설비의 수준의 증가를 피하지 않고도 수요량을 충족시키고 남은 예비전력량을 계속적으로 유지 또는 낮출 수 있음을 알 수 있다. 수요를 충족시키기 위한 원전건설정책과 함께 원전기술의 발전을 위한 R&D투자에도 과감한 전략적 의사결정이 이루어져야 함을 시사하는 결과라 할 수 있다. 전력산업정책이 임시방편적으로 수립되고, 미봉책이 되어서는 안된다는 것을 명확하게 보여주고 있는 것이다.

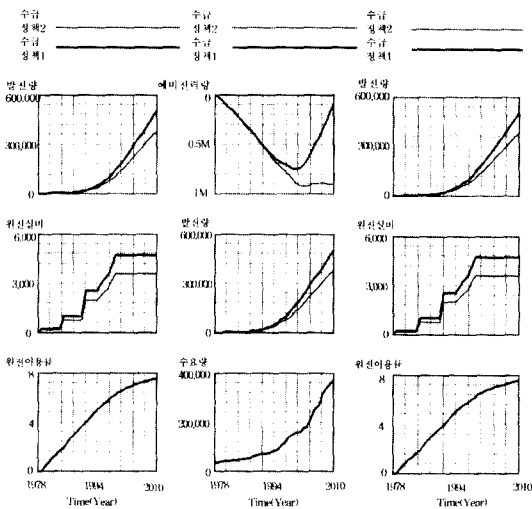
가격변수에 대한 흐름도는 에너지 효율성 제고 측면이라는 관점에서 우리나라의 가격정책에 대한 전반적인 타당성을 고려하여 보고자 하였다. 앞에서 언급하여 듯이 우리나라의 에너지 다소비형 산업구조가 우리나라의 전력산업의 에너지 효율성을 악화시킨다는 설은 1980년 이래로 우리나라의 에너지 다소비 산업의 비중이 약 30%대에서 그 변화 추세가 약 3%이내에서 거의 변화가 없었음을 고려한다면 설득력을 갖지 못한다고도 할 수 있다.

또한, 어느 정도 우리나라의 고 부가가치산업의 성장이 매우 괄목한 만한 성장세를 보여주고 있기 때문에 에너지 효율성 측면에서의 가장 중요한 문제는 결국 가격정책임을 우리는 알 수 있다. 에너지 가격 수준이 선진국에 비해 턱없이 낮게 책정되어진 것은 여러 다른 이유가 존재한다고 하지만, 이제 정부가 이를 새롭게 인식하고 전력산업의 민영화 사업을 추진하기로 하면서 제안한 일련의 정책들은 결국은 자유경쟁을 유도하여 전력이격을 서방 선진국수준으로 끌어올리겠다는 의지로 받아



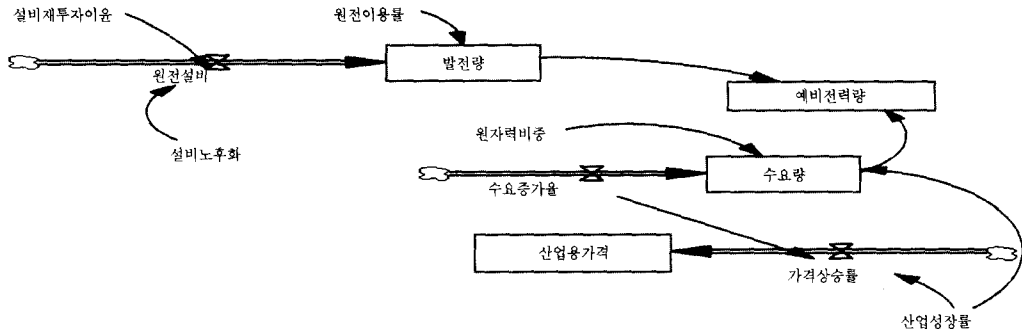
*설비노후화 = 0.33, 설비재투자비율 = 0.015

[그림 4] 수급정책 I의 시뮬레이션 결과



*설비노후화 = 0.25, 설비재투자비율 = 0.02

[그림 5] 수급정책 II의 시뮬레이션 결과



[그림 6] 수요량과 발전량, 가격변수를 고려한 흐름도

들일 수 있는 것이다.

이러한 관점에서 과연 가격변수가 전력의 수요를 억제시키고 우리 나라의 전력사용에 대한 효율성을 증가시키기 위한 절대적 변수인지를 알아보기 위한 흐름도를 작성하였다.

일단 흐름도인 [그림 6]에서 보는 바와 같이 변수는 산업용가격을 사용하여 모델링하였다. 일단 다른 가정용이나 일반용 전력가격수준은 어느 정도 선진국과 비교하여 차이가 없으나, 산업용은 유독 많은 차이를 보이고 있기 때문에 산업용 가격을 가격변수로 사용하였다. 또한 가격상승률은 수요증가율과 산업성장률에 의해 정의됨으로써 우리 나라의 전력수요 증가율을 산업성장률 이하로 낮추기 위한 정책으로도 고려할 수 있도록 모델링하였다.

일단 가격상승률은 수요증가율이 산업성장률보다 크게 되면, 10%에서 2%증가하는 수준에서 Random하게 설정하였고, 만약 산업성장률이 시장 수요증가율보다 작게 되면 0이 되도록 설정하였다. 이는 앞에서 언급한 수요성장률이 산업성장률보다 더 크게 되면 가격을 높게 책정하여 수요를 전반적으로 조절하는 전략적인 가격정책을 모델에 반영한 것이다. 이러한 관점에서 볼 때 가격상승률을 0에서부터 10%이내에서 움직이는 형태를 띄게 함으로써 적절한 가격수준을 설정하고 이를 시뮬레이션하여 보았다.

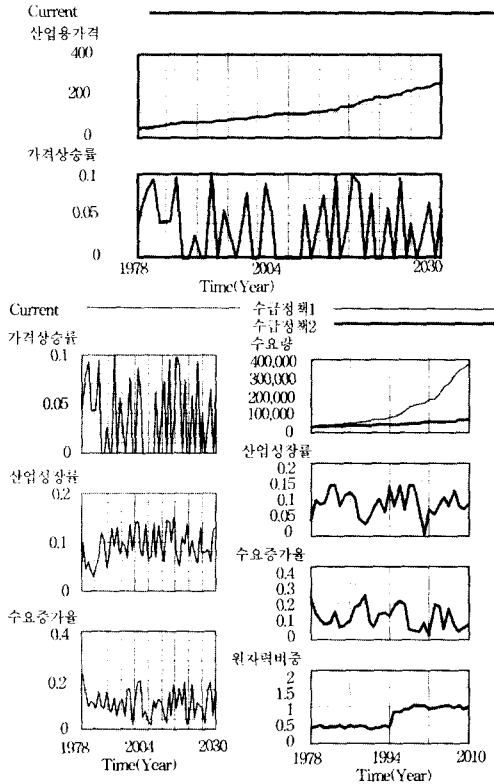
결국, 시뮬레이션 결과의 분석을 통하여 산업용 가격수준을 계속적으로 상승시킴으로써 지속적으로 증가하고 있는 전력의 수요량을 억제시키는 변

수로서 유용한 변수가 될 수 있을 것인지에 대한 문제를 위의 모델의 시뮬레이션을 통하여 알 수 있게되는 것이다. 위에서 논의한 발전량과 수요량, 그리고 가격변수를 모두 고려하여 하나의 흐름도 상에 도식화한 흐름도는 위의 [그림 6]과 같다. 시뮬레이션 결과가 수요량이 다른 것에 비해 더욱 감소하는 형태를 보이면 가격정책의 효과라 설명될 수 있을 것이다.

[그림 7]의 시뮬레이션 결과에서 보듯이 수요량을 결정짓는 많은 변수들이 존재하지만, 일단 본 연구에서 매우 중요하게 다루었던 가격변수를 통한 수요량의 억제는 매우 큰 효과를 가져온다고 할 수 있다. 이는 전력산업의 민영화나 또는, 정부의 전력가격상승노력이 결국은 수요량의 억제를 가져오는데 매우 중요하다는 것을 의미하고 있는 것이다. 이는 정부가 시도하는 기존의 에너지 절약홍보 정책 만으로는 우리 나라 전력산업의 효율성을 제고하기에는 역부족임을 의사결정자는 알아야 할 것이다.

물론, 정부는 에너지가격의 상승이 곧 물가상승에 즉시 영향을 미치는 요소임을 두려워하기 때문에 적절한 가격상승을 도모하지 못하고 있다. 문제는 이러한 정책으로 인해 일반전력사용자의 과소비비를 부추기고 또한 이는 산업용 가격에까지 영향을 미치고 있다는 것이다. 산업용전력가격을 적절한 수준으로까지 끌어올리고, 이에 에너지 효율성을 높이는 설비들을 설치할 수 있도록 정부의 노력이 함께 이루어진다면 에너지 절대 수입국가로서의

우리나라가 차지하는 에너지 수입비율을 낮출 수 있고 그 효과 또한 더욱 확대시킬 수 있을 것이다.

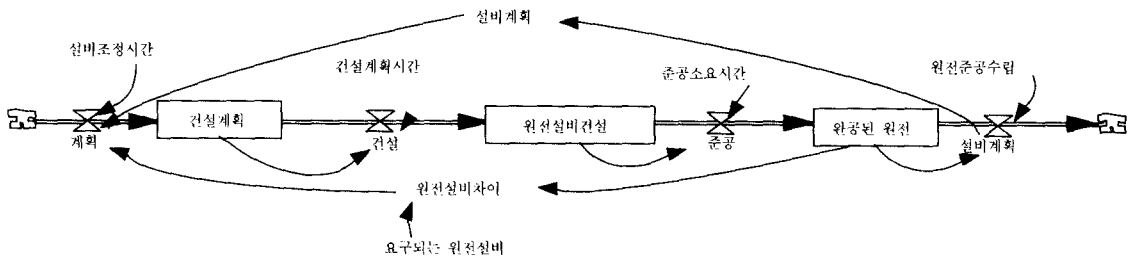


[그림 7] 가격변수의 시뮬레이션

가격정책과 더불어 중요한 원자력발전산업의 문제는 원자력발전소 건설계획이다. 이러한 문제에 있어서 중요한 변수들은 원자력발전소건설을 계획하고, 건설하여 이를 준공·운전하여 발전하고, 향후에

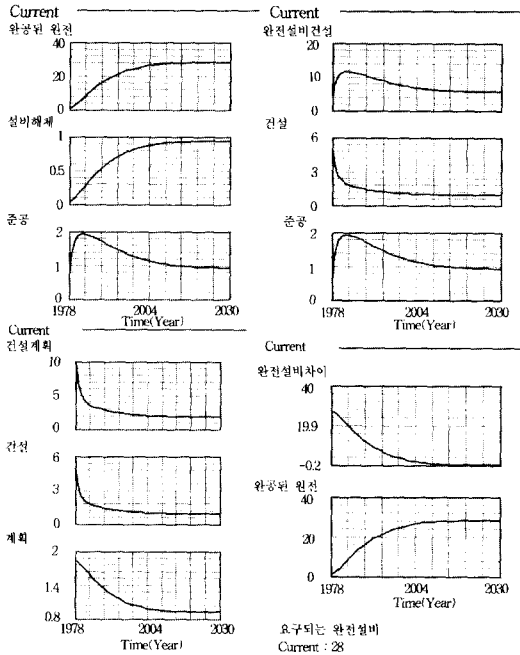
는 이를 해체하는 과정을 거치면서 이루어진다. 이러한 일련의 과정들은 매우 전형적인 positive 피드백 loop를 형성하게 된다. 시스템의 상태의 변화를 보여주게 되는 주요 수준변수로는 건설계획, 원전설비건설, 그리고 완공된 원전의 세 가지 변수로 구성되고, 이를 조정해주는 변화율변수로는 계획과 건설, 준공과 설비해체의 변수들을 사용하였다.

그리고, 이에 따른 보조변수로는 요구되는 발전소의 수와 발전소의 평균수명, 그리고, 요구되는 발전소의 수와 완성된 발전소의 차이를 조정해주는 설비조정시간의 변수를 사용하였다. 아마도 우리나라 전력산업의 목표는 요구되는 원전설비와 현재 원자력발전설비의 차이인 원전설비차이를 0으로 만드는 계획의 수립과 원전설비수준의 도달이 목표가 될 것이다. 또한, 원전건설계획과 원전설비의 평균수명을 느리게 할 수 있는 기술수준의 발전이 매우 중요한 과제이므로, 이를 다양한 수치에서 시뮬레이션 하여 봄으로써 다양한 결과의 도출이 가능하였다. 이러한 관점에서 흐름도를 구축하고, 이를 통한 시뮬레이션 결과인 [그림 9]를 보면 발전소의 개수는 28개 정도에서 안정화를 보여주고 있는 전형적인 Negative 피드백 loop의 형태를 보여주고 있다. 이와 동시에 원전설비차이는 0으로 수렴해 나가고 있음을 결과는 보여주고 있다. 산업 자원부의 장기전력수급계획에 따르면 원자력은 2015년까지 약 28기가 운용될 예정에 있는데 모델은 이러한 수치를 또한 잘 반영해주고 있다. 물론, 원전건설이 정부의 주도하에 막무가내 식으로



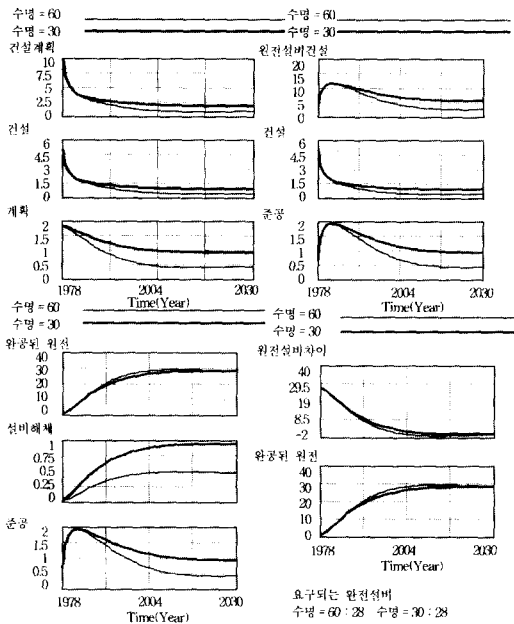
[그림 8] 원전건설에 관한 흐름도

※ 원전설비건설- 공사진행중인 원전



*설비조정시간 = 15, 건설계획시간 = 2, 준공소요시간 = 6, 원전평균수명 = 30, 요구되는 원전건설 = 28

[그림 9] 원전건설에 관한 시뮬레이션 1

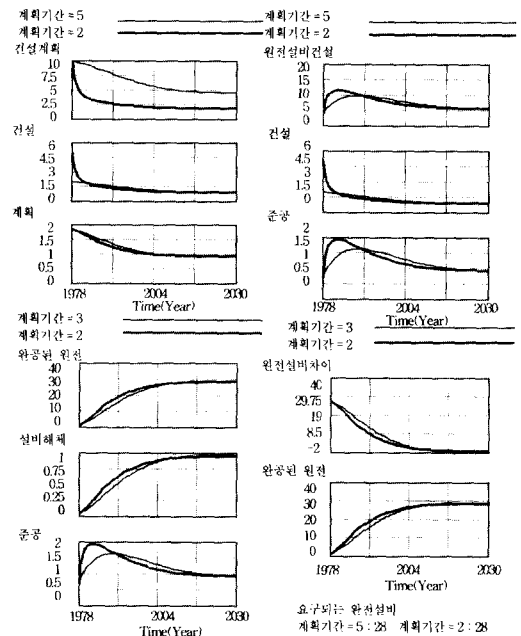


*설비조정시간 = 15, 건설계획시간 = 2, 준공소요시간 = 6, 원전평균수명 = 60, 요구되는 원전설비 = 28

[그림 10] 원전건설에 관한 시뮬레이션 2

건설되는 시대는 지나갔고, 지역주민이나 해외의 원전건설에 대한 분위기 또는 그린라운드와 같은 국제적 동향이 매우 중요하게 작용되는 것은 모델에 포함시키지 않았으나. 이러한 정성적인 변수들을 정량화하여 원전건설에 관련된 모든 변수들을 총체적으로 반영하는 모델로 확장하는데 위와 같은 모델링이 기초가 될수 있다. 다음은 원전설비의 평균수명과 건설계획 등에 대한 다양한 형태로의 조정을 통하여 시뮬레이션을 시도하여 보았다.

만약, 기존발전소의 원전수명을 30년에서 60년으로 획기적으로 늘릴 수 있는 기술력이 확보되었을 경우를 가정하여 시뮬레이션하여 보았다. 결과에서 보는 것처럼 수명이 30년일 때 보다 더 빨리 원전설비차이가 0에 근접함을 알 수 있다. 따라서 기존의 원자력 발전소의 수명연장을 위한 신기술에 대한 R&D투자 또한 원전설비의 증설 못지 않게 적절한 원전설비차이를 줄일 수 있는 중요한 사안임을 알 수 있다. 또한 이로써 막대한 신규원전건설에 뒤따르는 설비투자비를 줄일 수 있을 것이다.



*설비조정시간 = 15, 건설계획시간 = 5, 준공소요시간 = 6, 원전평균수명 = 60, 요구되는 원전설비 = 28

[그림 11] 원전건설에 관한 시뮬레이션 3

다음은 원전건설에 따른 설비증설 계획기간을 단축하거나 연장시킬 때의 변화를 시물레이션 하여 보았다. 원자력발전소의 건설에 있어서 매우 중요한 문제로 대두되고 있는 지역주민들의 원전에 대한 막연한 두려움이나 환경문제 등에 대한 어려움이 증폭되는 시점에 있어서 건설계획이 상당히 기존에 비해서 길어지는 현상들이 곳곳에서 발견되고 있기 때문에, 건설계획기간이 기존의 계획기간보다 매우 늘어날 경우에 발생하는 시물레이션 결과는 [그림 11]과 같다.

시물레이션 결과에서 보듯이 원전설비차이가 0으로 안정화되는 것이 상당히 느려짐을 알 수 있다. 또한 완공되는 원자력 발전소 그 증가세가 기존에 2년에 비해 더디짐을 잘 나타내고 있다. 이렇나 차이는 그다지 큰 의미를 느낄 수 없을 지도 모르나, 이러한 원전설비의 증설에서 계획부분에서 차지하는 수많은 다른 변수들이 존재함을 모델이 반영하고 있지 않음을 제고하여 본다면 그 차이가 가지는 의미는 더욱 커질 수 있다. 이러한 부분은 확장된 연구를 통하여 원전건설계획에 관련 있는 많은 대외적·대내적 변수들에 대한 인과지도 및 흐름도를 작성하고 시물레이션하여 보고, 그러한 결과를 전력사업의 의사결정에 활용되어져야 할 것이다.

4. 결 론

90년대 들어 외국에 비해 우리 경제의 에너지 효율성이 더욱 악화되고 있으며 국제 에너지 변화에 따라 우리 경제가 받는 충격도 더 커지고 있다. 이러한 국제적 동향과 절대에너지 수입국가로서의 우리나라가 취해야 될 정책에 대하여 본 모델은 잘 보여주고 있다.

먼저 수급정책모델을 통하여 전력정책의 기본이 되는 전력의 수요량과 공급량에 대한 과거의 행태를 분석하고 연구하여 봄으로써 미래를 예측할 수 있는 동태적 시물레이션이 가능하였고, 또한 이를 전력산업의 효율성 악화의 주된 요인인 가격정책

으로 연결, 확장하여 봄으로써 여러 가지 실증적 시사점을 발견할 수 있었다. 전력산업의 특성이 지니는 기본정책을 정량적으로 또는 정성적인 변수들을 통하여 규명함으로써 과거의 정책수립 시 이용하였던 계량적이고 반복적인 수작업에 의한 의사결정과정에서 탈피하여 시스템적 접근을 시도하여 보았다는 점도 큰 의미를 지닐 수 있다. 외국의 에너지원가의 가격이나 그 수급변화에 한국의 경제는 심각한 타격을 받기도 하였고, 그 대응책도 미미한 수준에서 이루어진 것이 사실이다. 전력산업의 효율성 제고를 위하여 필요한 여러 가지 제반 조건들을 미리 고려하고, 이를 직접 이해 당사자들과 이익집단 내지는 관련 산업까지 고려하는 전략적인 전력산업정책을 위한 좋은 기초모델이 될 수 있을 것이다. 다양한 부분에서 활용되기 시작한 System Dynamics를 활용한 방법론은 향후 전력산업의 여러 의사결정과정과 이론적 접근과정을 위에서 논의되었던 다수의 변수들을 객관적이고 합리적으로 의사 결정자나 정책입안, 이익집단들에게 소개하는데 유용하리라 생각된다. 이미 미국에서는 K-12라는 Project를 통하여 유년기의 청소년들에게 본 연구의 이론적 근간이 되었던 System Thinking를 심어주려고 노력하고 있는 것으로 보아, 우리나라에서도 전력산업이외에도 다양한 사회 현상에 대해 시스템 사구를 통한 무제해적이 더욱 활성화 되어야 한다.

본 연구결과의 기대효과와 활용은 크게 두 가지로 요약될 수 있다. 첫 번째는 정량적인 변수들에 의한 모델인 수급정책과 가격정책의 시물레이션 결과를 통하여 얻을 수 있는 것으로 과거의 전력산업의 수요와 공급량의 추이를 동태적으로 분석하여 봄으로써 미래 우리나라의 전력수요와 전력공급에 대한 전반적인 예측이 가능하리라 본다. 특히, 원자력 산업에 대한 전력공급의 효율적인 수준을 가능하여 볼 수 있을 것이다.

또한, 에너지 저가정책에 대한 그 효과를 시나리오별로 시물레이션 하여 그 효과를 수급정책면에서 접근할 수 있으며, 정성적인 변수들과의 연계를 통

하여 근본적인 효율성 증가요인을 찾아낼 수 있다.

두 번째는 정성적인 변수들에 의한 인과지도를 통하여 정책 의사결정자와 정책수립과정에서 고려되어야 할 원전산업의 시스템분석이 가능하다는 것이다. 효익-비용분석을 통한 경제학적, 회계학적 접근이 때로는 의사결정시 많은 정보를 주는 것은 사실이나 전력산업에서의 원자력발전이 차지하는 비중이나 여러 정성적인 요인들을 고려하는 것도 못지않게 중요함을 보여줄 수 있는 것이다.

전력산업을 수익사업으로 간주하여 재무적인 성과와 회계학적 이익에 급급한 정책은 많은 문제점을 야기시킬 수 있음을 상기시킬 수 있는 것이다. 방법론적으로는 시스템 다이내믹스를 상황에 맞게 적절히 사용하여, 전력산업에 대한 모든 의사결정 관련 요소가 모델상에 명시하고, 관계자가 직접 참여하여 모델 개발을 함으로써 이해 관계자간의 합의를 도출한 정책의 입안이 가능하고, 이론적 또는 사전적 가정 및 시뮬레이션과 실제 결과간의 비교를 통해 학습 효과를 촉진시킬 수 있으며, 관련 요소에 대한 이해 및 관심의 증가, 의사결정의 투명성 및 질 향상 등으로 인해 성과의 개선을 도모할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

Journal Articles & Books

- [1] Arif, M.T., and K. Saeed, Sustaining Economic Growth with a Nonrable Natural Resource : The Case of Oil-Development Indonesia. "System Dynamics Review," Vol.5, (1989), pp.17-34
- [2] Auerbach, A.J., and M. Feldstein. "Excess Burden and Optimal Taxation," "In Handbook of Public Economics, ed.1," New York : North-Holland (1985), pp.61-127.
- [3] Baumol, W.J., and W.E. Oates "The Theory of Environmental Policy : Externalities, Public Outlays. and the Quality of Life," "Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall., 1975.
- [4] Davidsen, P.I., J.D. Sterman, and G.P. Richardson, "A Petroleum Life Cycle Model forthe United States with Endogenous Technology, Exploration, Recovery, and Demand," *System Dynamics Review*, Vol.6, (1990), pp.66-93.
- [5] Dubin, J., A.K. Miedema, and R.V. Chandran. "Price Effects of Energy-EfficientTechnologies : A Study of Residential Demand for Heating and Cooling," *Rand Journalof Economics*, Vol. 17, (1986), pp.310-325.
- [6] EMF 4 Working Group. "Aggregate Elasticity of Energy Demand," *Energy Journal*, Vol.2, No.2 (1981), pp.35-75.
- [7] Feichtinger, G., and R. Hartl. "Optimale Kontrolle konomischer Prozesse," Berlin, de Gruyter. 1986.
- [8] Forrester, J.W. "World Dynamics," Cambridge. Mass. : Productivity Press, (1971).
- [9] Hausman, J.A., "Individual Discount Rates and the Purchase and Utilization of Energy-Using Durables," *Bell Journal of Economics*, Vol.10, (1979), pp.33-54.
- [10] Hensen "System Dynamics Modeling of Social /Political Factors in Nuclear Power Plant Operations," *Proceedings of International Conference on Mathematics and Computations, Reactor Physics, and Environmental Analyses*, ANS, April (1995)
- [11] Hogan, W.W., "A Dynamic Putty-Semi Putty Model of Aggregate Energy Demand," *Energy Economics*, Vol.11, (1989), pp.53-69.
- [12] Houthakker, H.S., and M. Kennedy. "A Long-Run Model of World Energy Demands. Supplies and Prices. In Directions in Energy Policy," "A Comprehensive Approach to Energy Resource Decision Making. ed., Cambridge Mass., Ballinger. 1979.
- [13] Kamien, M.I., and N.L. Schwartz, "Dynamic

- Optimization*, Wiley, New York, 1981.
- [14] Meadows, D.H., et al 『*The Limits to Growth*』, Universe Books, New York, 1972.
- [15] Mirrlees, J.A., "The Theory of Optimal Taxation," 『*In Handbook of Mathematics Economics. ed.*』 Prentice Hall., New York, (1986) pp.1197-1249.
- [16] Moxnes, E., "The Dynamics of Interfuel Substitution in the OECD-Europe Industrial Sector," 『*Natural Gas Markets and Contracts, ed.*』, New York : North-Holland, (1987), pp.95-120.
- [17] _____, "Interfuel Substitution in OECD European Electricity Production," 『*System Dynamics Review*』, Vol.6, (1990), pp.44-65.
- [18] Norgard, J.S., "Low Electricity Appliances, Options for the Future," 『*In Electricity Efficient End Use and New Generation Technologies : Their Planning Implications, ed.*』, Lund. Sweden : Lund University Press. pp.125-172, (1989).
- [19] Richmond, B., "Systems Thinking : A Critical Set of Critical Thinking Skills for the 90's and Beyond," 『*International System Dynamics Conference, ed.*』, (1990).
- [20] Sage, A.P., and C C. White. Optimum System Control. 2d, ed. Englewood Cliffs N. J. : Prentice Hall, (1977).
- [21] Stiglitz, J. E.Pareto, "Efficient and Optimal Taxation and the New Welfare Economics," 『*Handbook of Public Economics, ed.*』, New York : North Holland, (1987), pp.991-1042.
- [22] Togeby, J., E. et al., "Food Industry and Rising Fuel Costs In Energy, in food Processing," 『*System Dynamics Review*』, Vol.6, (1986), pp. 327-354.
- [23] Wirl, F., "Energy Policy of Industrialized Countries : The Austrian Experience Evaluated within an Empirical Framework," 『*Energy Exploration & Exploitation*』, Vol.5, (1987), pp.141-156.
- [24] _____, "Asymmetrical Energy Demand Pattern : Some theoretical Explanations," 『*OPEC Review*』, Vol.12, (1988), pp.345-359.
- [25] _____, "Thermal Comfort. Energy Conservation, and Fuel Substitution : An Economic Engineering Framework," 『*Energy Systems and Policy*』, Vol.11, (1988), pp.311-328.
- [26] _____, "Analytics of Demand Side Conservation Programmes," 『*Energy System and Policy*』, Vol.13, (1990), pp.285-300.
- [27] KDI (Korea Development Institute) 『*Reconstruction of electric industry and private running*』, 1998.

Personal Contact

1. KEPCO (Korean Electric Power Corporation)
 - General Manager of Electricity industry restructuring office
 - Project Manager., et al.
 - Nuclear Power Laboratory
 - Nuclear Safety Analysis Group
2. KOPEC (Korea Power Engineering Company)

시뮬레이션 기초 자료원

1. 99년(잠정) 에너지수급 동향 및 2000년 전망, 산업자원부, 2000. 11.
2. 99년(잠정)에너지수급동향 및 2000년 전망, 산업자원부 자원정책실, 2000. 1.
3. 원자력관련 주요현황 및 통계자료, 과학기술부 2000. 2.
4. 한국전력공사, 재무제표 2000.
[1. 2번의 자료를 통하여 전력정책의 과거 전력수요량과 공급량을 파악하고, 3번을 통하여 원자력발전소의 향후 계획 및 현재 운용상태, 원전건설에 따른 과정에 대한 자료를 Vensim DSS 4.0를 통하여 시뮬레이션을 진행]