

일반 투자가에 의한 발전소 건설 Cycle과 DSM¹⁾

The Construction Cycle by Investors and DSM in the Electricity Wholesale Market

안남성
(한전전력연구원 정책연구그룹)

김현실
(한전전력연구원정책연구그룹)

Abstract

This paper describes the forecast of wholesale price in competitive Korean electricity market using the system dynamics approach. The system dynamics concepts have been implemented with the Ithink software. This software facilitates the development of stock and flow model with information feedback. Using this model, the future wholesale electricity price can be computed hour by hour, quarterly, and yearly. This model also gives the energy planner the opportunity to create different scenarios for the future of deregulated wholesale markets in Korea. Also It will lead to increased understanding of competitive wholesale market as a complex, dynamic system.

Research results show that the plant construction appeared in waves of boom and bust in Korean electricity market like real estate construction. That is, the Korea wholesale market's new power plants and the market price will appear the Boom and Bust cycle. It is very similar behavior as real estate industry.

In case of consideration of DSM program, The DSM savings lead to a somewhat different timing of the booms in construction and of price spikes. But the DSM programs do not eliminated the fundamental dynamics of the boom and bust. And the wholesale price is maintained at the lower level compared to the case of without DSM program. However, the unexpected result is found that due to the lower market price, Investor make significantly less investment in new CCs, which leads to the higher wholesale price after 2010. It suggests that the DSM Policy must be implemented with the dynamics of competitive Electricity Market.

1) DSM (수요관리, Demand Side Management) : 고객의 전기 사용 패턴을 변화시켜 전력 수요를 효율적으로 관리함으로써 전력 수급 안정과 경영 효율을 제고하고 전기의 합리적 사용을 효율적으로 도모하기 위한 정부 사업

I. 서론

정부의 전력산업 구조개편으로 전력은 시장가격에 의해 거래가 이루어지게 되었다. 발전업자는 이익 창출을 최대 목표로 사업을 하고 전력은 하나의 소비재 상품처럼 취급될 것이다. 현재 많은 소비재 상품들은 생산, 수익 가격 그리고 투자에 있어서 끊임없는 과잉과 부족이라는 순환적인 Cycle을 지속적으로 반복한다. 이러한 Cycle은 소수의 대규모 생산자에 의해 지배되는 부동산 시장에서도 나타나는데 부동산 시장은 전력산업과 많은 면에서 유사한 특징을 가지고 있다. 전기와 건물은 재고로 저장될 수 없으며, 두 산업의 개발자들은 발전소나 건물을 신축하기 위해 허가를 받으려면 상당한 시간이 소요되고 건설이 시작되어 완성되기까지도 많은 시간을 필요로 한다. 또한 자본 집약적인 산업이기 때문에 기존의 설비를 최대한 활용하여 초기 투자비를 회수하고자 한다. 그렇다면 과연 전력 산업이 본격적인 도매 경쟁이 시작되었을 때 부동산 시장에서의와 같이 공급과 가격의 순환적인 Cycle을 나타낼 것인가? 이러한 Cycle이 나타난다면 전력시장에 어떠한 영향을 줄 것인가?

전력산업은 부동산 산업에 비해 매우 짧은 경쟁 시장의 역사를 가지고 있다. 현재 전력 시장의 구조개편 역사가 가장 긴 곳은 영국이지만 최근 영국 정부가 민영화 6년 만에 파산 위기를 겪고 있는 원자력발전회사 브리티시에너지를 다시 국유화하는 방안을 검토함으로써 전력산업 민영화 정책의 실패를 선언했다.²⁾

따라서 전력산업의 구조개편으로 인한 일반투자자의 건설 Cycle에 대한 경험을 얻기 위해서는 더 많은 시간이 필요할 것이다. 그러므로 본 연구에서는 부동산 시장의 건설 Boom and Bust Cycle을 토대로 시스템 다이내믹스 접근에 의한 모델링을 통해 전력산업에서 일반투자자에 의한 발전소의 건설 Cycle을 예측하고 이 Cycle이 전력시장에서 갖는 의미를 살펴보고자 한다.

한편, 구조개편 이후 정부는 발전소의 건설 불확실성 및 시장체제에 의한 전기요금의 변동성이 확대될 것을 예상하고 전력수급 안정을 위해 수요관리에 대한 비중을 크게 증가시켰다. 2015년까지 약 2조 4천억원을 투입하여 최대수요를 704만kw 감축할 것으로 계획하고 있다. 그러나 이러한 계획은 단지 증가되는 수요예측에만 중점을 두어 부하를 조정하려는 정부의 단편적인 계획으로서, 전력시장에서 가격과 공급에 어떠한 영향을 미칠 것인지를 전혀 고려하지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 정부의 수요관리 계획이 전력시장의 가격과 일반 투자자의 전력 공급에 어떠한 영향을 미칠 것인지를 분석하고 보다 효과적인 수요관리 계획이 수립될 수 있는 대안을 제시하고자 한다.

2) Pressian 2002.08.26 “영국도 전력민영화 실패, 한국은?” 기사 참조

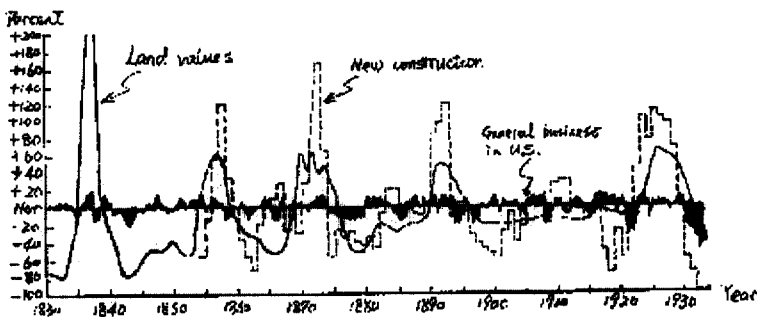
다음 2장에서는 부동산 시장의 가격과 건설 Cycle 및 선행연구를 살펴보고 제3장에서는 모델링을 위한 접근방식과 기본 가정을 설명한다. 그리고 제4장에서는 시뮬레이션 결과를 분석하고 마지막으로 결론 및 한계를 제시할 것이다.

II. 이론 고찰 및 선행 연구

1. 부동산 시장의 건설 Cycle

전력산업이 경쟁 시장체제로 전환되면, 발전업자는 필요로하는 전력 모두에 대해 전기를 공급해야할 의무를 지지 않게 된다. 발전업자는 시장가격이 발전원가를 초과하여 수익을 확보할 수 있을 경우에만 전력을 생산하고 발전소 건설에 대한 신규투자 의사결정을 하게 될 것이다. 이것은 시장에서 수요와 공급의 불안정성을 초래한다. 일반 소비재 상품은 시장가격 변화로 인한 수요와 공급의 불안정성을 재고를 통해 어느 정도 완화시킬 수 있다. 그러나 전기는 일반 상품들과는 다르게 저장할 수 없고 생산되는 즉시 소비되어야 한다. 재고의 확보가 불가능하기 때문에 전력 가격의 불안정에 대한 완충재(Buffer)로서의 역할은 추가 발전소 건설을 통한 공급 증가로서 수행되어야 한다. 즉 수요의 증가로 가격이 상승할 경우 추가적인 발전소를 건설함으로써 수요를 충족시키고 가격을 안정시켜야 한다. 그러나 신규발전소의 건설은 신청과 허가에 많은 시간이 소요되며 건설기간도 짧게는 2년에서 6년까지 걸리기 때문에 가격 변화에 따른 적시적인 필요 전력 공급이 불가능할 수도 있다.³⁾

이러한 면에서 전력산업은 자본집약적이고 장기적인 건설 lead-time이 있는 부동산 산업과 매우 유사하다. 부동산 시장은 가격 변화와 건설 활동이 가장 불안정하고 주기적인



〈그림2-1〉 The Chicago Land value and Building Cycles¹⁾

3) 원자력 발전소의 본공사 기간은 66개월(1,000MW기준), 화력발전소는 44개월(500MW기준), Gas Turbin 발전소는 23개월임.

Boom and Bust Cycle을 보인다. <그림2-1>은 전형적인 부동산 싸이클이다.

Hoyt는 이러한 Cycle 발생의 주요 요인으로서 인구 증가를 지적했지만, Sterman의 인터뷰 연구 조사 결과에 의하면 인구증가와 땅값 상승에 반응하는 투자자들의 대응 방식이 그 핵심이라고 하였다. 투자자들은 땅 값이 인구증가 이상으로 상승할 때 이를 막을 수 있을 만큼 적시적으로 충분한 건설 공급을 하지 못했던 것이다. 투자자들은 건물 가격이 상승하기 시작하면 앞 다투어 건물 건설에 많은 투자를 하게 되지만 건설이 완성되기까지 많은 시간이 걸리므로 건물이 완성될 때까지 가격은 계속 상승하고 투자도 계속 이루어진다. 그러나 건물이 완성되면 너무 많은 수의 건물이 있게 되어 가격은 급락하게 되는 Boom과 Bust가 주기적으로 발생, 한다.⁴⁾ 즉, 투자자들은 부동산 시장의 Feedback 구조를 이해하지 못하고 의사결정을 할 때 건설 Delay time과 건설 중에 있는 건물을 고려하지 않기 때문에 주기적인 Boom and Bust Cycle이 발생하게 되는 것이다.

부동산 산업으로부터 전력산업의 발전소 건설의 Cycle을 유추할 수는 있지만 전력산업이 이 Cycle을 감당해 낼 수 있을 지는 불분명하다. 부동산 시장의 소비자는 부동산 가격이 높을 경우 이용 가능한 건물 면적을 줄이거나 임차료가 낮은 건물로 이동함으로써 건설 붐에 의해 가격이 기대 수준으로 떨어질 때까지 기다릴 수 있다. 즉 소비자들은 가격에 따라 탄력적인 수요 반응 보일 수 있다. 그러나 전력산업의 수요자들은 전력가격이 높을 때 가격에 반응할 수 있는 능력이 거의 없으며, 현재 수준에서 설비 예비율이 낮을 때 전력 시스템 보호를 위한 할 수 있는 최선책은 강제 정전을 계획하는 것이고 이로 인한 사회적 손실의 부담은 불가피하다. 또한 부동산과 시장의 Boom과 Bust Cycle 발생의 공헌 요인은 물리적 요인과 심리적 요인으로 나누어진다. 핵심적인 물리적 요인은 긴 capacity lifetime, 건설허가와 건설의 장기적인 delay을 들 수 있고 심리적 요인은 외적 사건들, 건설 완성단계에 있는 신규 빌딩에 대한 매력도 그리고 군중 심리 등이 있다. 전력시장과 물리적인 요인들이 비슷하다고는 하나 부동산 시장의 심리적인 요인들이 전력시장에 그대로 나타날지 의문이고 다이나믹한 전력시장의 역사가 너무 짧아 이러한 심리적인 요인들이 전력시장의 Boom과 Bust Cycle에 어떠한 영향을 미칠 것인지를 검증하기가 어렵다는 문제점도 존재한다.

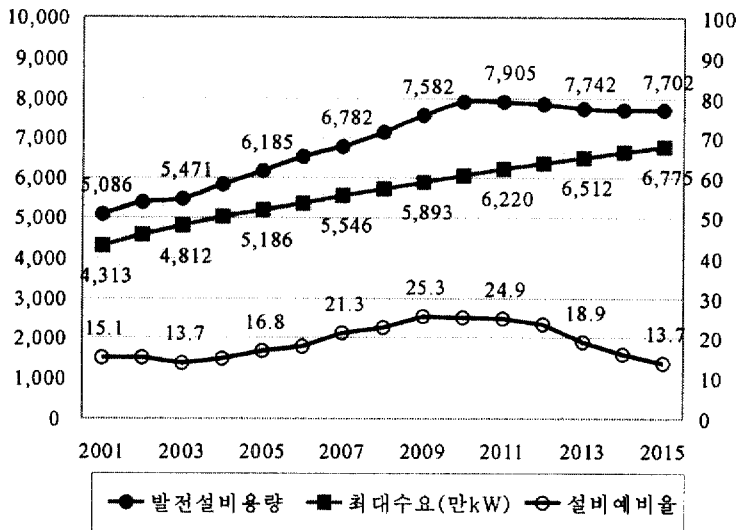
전력산업의 신뢰성 유지는 매우 중요한 요소이다. 일반 투자가에 의한 발전소의 건설 Cycle에 의해 공급부족이 나타나지 않는 전력 시스템을 유지시키기 위해서는 도매 전력 시장의 변화가 요구된다. 또한 캘리포니아의 전력 위기나 영국의 전력 파잉 공급으로 인한 발전사의 도산과 같은 상황을 겪지 않으려면, 우리는 현재 진행되고 있는 도매전력 시장의 구조 분석과 미래 가격 예측을 통한 새로운 시장 구조 설계가 필요할 것이다.

4) John D. Sterman "Business Dynamics" 2000.

2. 선행연구

Andrew Ford (2001)는 미국 서부 지역의 발전소 건설에 대한 시나리오 시뮬레이션 분석을 하였다. 이 시뮬레이션 분석에 의하면 발전소 건설 Delay에 의해 적시에 전력이 공급되지 못함으로써 2000년과 2001년 동안에 전력 가격이 급격히 증가하는 결과를 보였다. 그러나 신규 발전소가 완공되어 가동되는 2001년 말과 2002년에는 너무 많은 전력공급으로 가격이 급락하게 된다. 이 결과는 구조 개편된 전력 산업이 소비재 산업과 부동산 산업에서 나타나고 있는 전형적인 Boom and Bust Cycle을 경험한다는 증거를 제시한다. 또한 발전소의 폐쇄로 인한 공급 감소와 Conservation 프로그램으로 인한 수요 감소가 이러한 싸이클에 어떠한 영향을 미치는지도 살펴보았다.

한편, 우리나라 산업자원부에 의한 “제1차 전력 수급계획”에 제시된 중·장기 전력 수급 전망)에 의하면 설비 예비율이 2006년까지 14~18%, 2007년 이후 23% 이상 유지할 것으로 전망하고 안정적인 전력공급이 이루어질 것으로 예측하고 있다.⁶⁾



〈그림 2-2〉 확정적 계획에 의한 연도별 전력수급 계획⁷⁾

이러한 발전 설비 계획이 이행되도록 하기 위해 발전자회사의 분할이나 민영화 시 발전

5) 발전설비 확충 전망은 사업자 건설 의향조사를 수행하고 이 의향을 실현 가능성 정도에 따라 건설중(A), 건설준비중(B1,B2), 계획중(C1,C2,C3) 의 단계로 등급을 분류하고 A~C1까지를 확정적 계획으로 분류하여 중장기 전력 수급을 전망한다.

6) 우리나라의 적정 설비 예비율은 15~17%임.

7) 산업자원부 “제1차 전력수급기본계획(2002~2015년)” 2002.08.

설비 건설을 순계하도록 건설의무 이행 협약을 체결하고 원자력발전소의 경우는 정부의 간섭이 가능하도록 계획하고 있다. 그러나 이 계획은 신규 발전소 투자로 수익이 예상될 것으로 기대하는 사업자의 의향 조사에 기초한 예측으로서 도매전력시장에서의 전력 가격이 발전사업자가 예측하는 수준보다 낮아지게 된다면 계획을 취소할 확률은 상당히 높다.

Exhibit 5
POST ENRON (12/2/01) CANCELLATIONS

Company	Cancellations/Deferrals	Write-Offs
Calpine	81 Turbines (15,100 MW)	34 Turbines (\$168.5 million pre-tax)
Entergy	22 Turbines	\$262 million
PPL Global	2,100 MW	\$150 million
Mirant	5,100 MW	\$119 million
Reliant Resources	4,651 MW	Seeking to Remarket Turbines \$116 million at risk
Cogentrix	2,960 MW	N/A
PG&E	3,868 MW	Unknown
Edison Mission Energy	6 Turbines	\$25.4 million
Constellation Energy	4 Turbines	\$40.8 million

Source: EVA; company financial statements

〈그림 2-3〉 Fall Out After the Bust

<그림 2-3>은 미국 엔론사의 부도 이후 취소하거나 발전소 건설 시기를 연기하고 있는 미국의 일반투자가에 의한 발전소 건설 계획이다.⁸⁾ 이 그림은 현재 미국의 발전 시장이 2002년 이후 캘리포니아의 전력 가격이 계속 떨어지는 Bust 상태로서 신규 가스 발전소 건설을 추진했던 많은 투자자들이 발전소 건설로 인한 수익이 기대되지 않자 그동안의 투자에 대한 손해를 감수하고서라도 건설 중이거나 건설 계획 중인 발전소를 취소하고 있는 상황이다. 이러한 현상은 전력 산업의 일반 투자자들이 부동산 시장에서 나타나는 Boom and Bust Cycle 시 부동산 투자가의 투자 행태를 그대로 따르고 있음을 보여 주고 있다.

III. 연구 설계

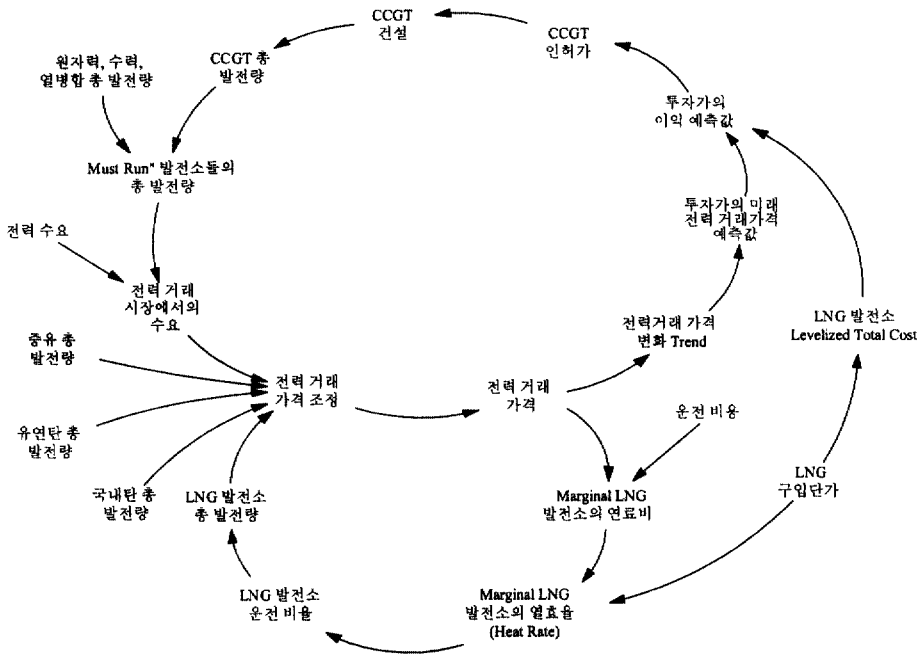
1. Causal Loop 와 Stock and Flow Diagram

일반투자자들이 신규 발전소에 대한 건설 투자에 어떠한 행태를 보일 것이지 검증하고 그

8) Public Utilities Fortnightly "The Merchant Power Plant", June 15, 2002.

에 따른 가격변화를 알아보기 위해 시스템 다이내믹스 접근 방법을 사용한다. 시스템 다이내믹스는 Forrester(1961)에 의해 개발된 시뮬레이션 접근방식이고 경영과학적 입장에서 사회와 경제 시스템의 문제를 다룰 수 있다. 리스크가 높은 전력 산업의 빠른 변화에 중점을 두어 모델링할 수 있고 의사결정자가 완전히 합리적이라고 가정해야 하는 전통적인 모델의 단점을 보완할 수 있다. 사용되는 소프트웨어는 시스템 다이내믹 접근에 의해 구축된 Ithik 프로그램이며 정보 Feedback을 반영할 수 있는 Stock 과 Flow개발을 용이하게 해 준다.

연구모델은 도매전력시장을 대상으로 하며 모델의 단순화를 위해 일반투자가는 건설기간이 짧고 초기 투자비가 적은⁹⁾ 가스발전¹⁰⁾에 대한 신규 투자만 한다고 가정 한다¹⁰⁾. 이에 기초한 Causal Loop는 <그림3-1>과 같다.



<그림 3-1> Causal Loop Diagram

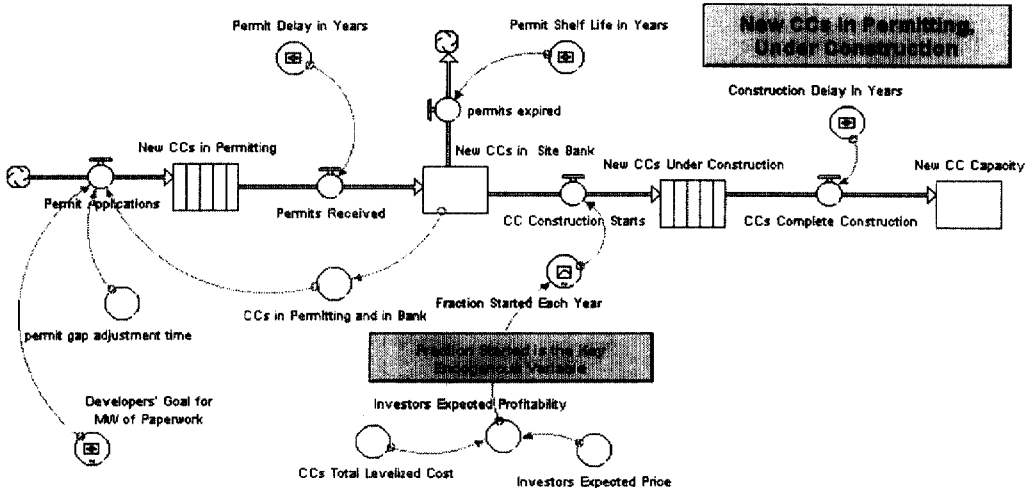
Causal Loop는 크게 신규발전소의 건설과 관련한 Loop, 가스 발전소의 발전원가 Loop, 기존 발전소의 운전과 관련한 Loop로 구성되고 이 세 loop는 모두 도매시장에서 수요와 공급

9) 현재 원자력발전소의 총건설단가는 1,688천원/kw(1,000MW기준), 석탄발전소는 1,147천원/kw(500MW 기준), 국내탄발전소는 1,727천원/kw, 석유발전소는 896천원/kw, LNG 복합은 572천원/kw임.

10) “제1차 전력공급기본계획”에서 사업자의 발전소 건설 의향조사 결과를 보면 발전자회사는 유연탄 발전소, 민간사업자는 LNG 발전소 건설을 선호하는 것으로 나타났다.

에 의해 결정되는 시장가격과 연결된다. 기존 발전소 운전과 관련한 Loop에는 수요와 공급을 균형시키기 위한 Delay가 없으며 충분한 발전 설비가 있다면 기존발전설비로부터 수요를 충족시키기 위한 전력공급은 문제가 없을 것이다. 신규발전소 건설과 관련한 Loop는 투자자가 가격에 반응하는 행태를 가정해야 하고 신규 건설과 관련한 delay을 포함하고 있어 공급의 과잉이나 부족을 초래할 가능성을 가지고 있다. 가스발전원가와 관련한 Loop는 전력시장 밖의 요인인 가스가격에 의해 크게 영향을 받을 것이다. 그러나 이 모델에서는 가스가격 변화로 인한 전력가격변화를 모델링하지 않는다. 전력가격이 높을 경우 정부는 DSM (Demand-side Management) 프로그램을 통해 전력 수요를 조정함으로써 도매시장의 가격에 영향을 미치게 되는데 이 DSM 프로그램은 일반 투자자의 통제가 불가능하면서 미래 수익에 영향을 미치게 되기 때문에 중요한 이슈가 될 것이다.

<그림3-2>는 신규 가스 발전소 건설과 관련된 ‘Stock and Flow’이다. 신규 가스발전소는 민간투자자가 건설을 신청하여 허가되기까지 1년이 소요된다. 그 이후 발전원가와 수익성을 비교하여 허가된 프로젝트 건설을 시작할 것인지를 결정하게 된다. 이때 기대 수익과 발전원가를 비교하는 투자자의 행태가 얼마만큼의 발전소를 건설하게 될지 결정하는 핵심이 된다. 건설이 시작하여 완공되는데까지는 2년이 소요된다.



<그림 3-2> 신규 가스 발전소 건설 Stock and Flow

신규 가스 발전소에 대한 설비 증가는 도매전력 시장에서 시장가격에 의해 결정되도록 모델링한 반면, 장기적인 건설 Lead-time과 대규모 건설비가 드는 원자력, 수력, 화력 발전소에 대한 투자는 정부의 계획에 따라 투입되도록 외생변수로 입력하였다.

<표 3-1> 확정적 계획 연도별 에너지원별 전원구성 전망

연도	원자력	유연탄	중유	경유	무연탄	수력
2001 (실적)	13,716 (27.0)	14,240 (28.0)	4,570 (9.0)	298 (0.6)	1,291 (2.5)	3,876 (7.6)
2002	15,716 (29.2)	14,740 (27.4)	4,360 (8.1)	300 (0.6)	1,191 (2.2)	3,876 (7.2)
2005	17,716 (28.6)	16,840 (27.2)	4,360 (7.1)	307 (0.5)	1,325 (2.1)	4,485 (7.3)
2010	23,116 (29.2)	22,940 (29.0)	4,510 (5.7)	307 (0.4)	1,325 (1.7)	6,385 (8.1)
2015	26,637 (34.6)	21,440 (27.8)	2,110 (2.8)	102 (0.1)	800 (1.0)	6,385 (8.3)

<표3-1>은 정부의 “제1차 전력수급기본계획에 의한 확정적 발전설비구성 전망 자료이다. 석탄과 원자력의 설비 비중이 증가하는 추세를 보인다. 이들 기존 발전소의 가동은 시장가격과 총 발전원가를 비교하여 가동을 결정하게 되고 열소비율(Heat rate: 사용된 연료의 발열량 (BTU/kwh))이 낮은 발전소부터 투입되어 발전하도록 모델링 하였다.

2. 투자자의 의사결정 이론

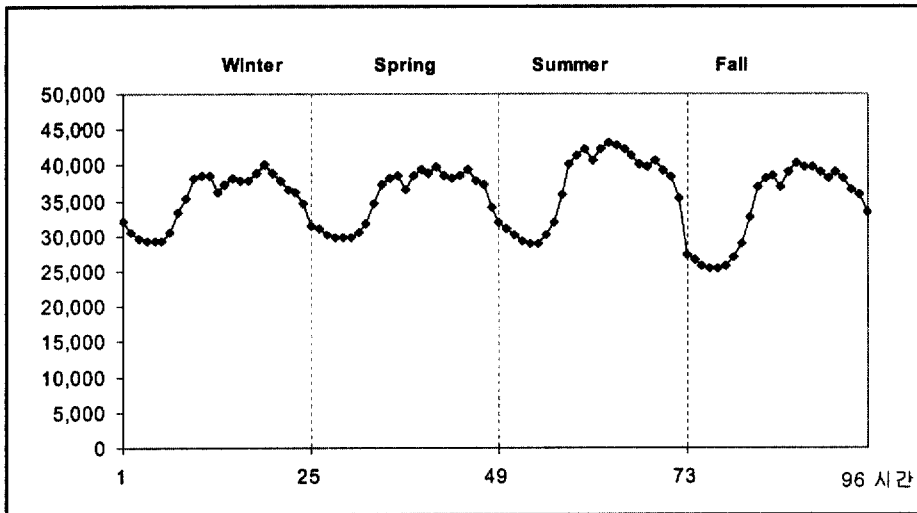
투자자들의 의사결정의 핵심은 수익성과 발전원가를 비교하여 얼마만큼의 신규발전소를 건설할 것인가를 결정하는 것이다. 본 연구 모델에서는 투자자들이 허가가 난 건설 투자안을 얼마만큼 실행할 것인지를 결정하기 위해 미래에 이용가능한 공급량과 피크수요를 예측하고 이 공급량과 수요량에 대한 기대 Reserve margins에 기초해 미래 시장가격을 예측한다. 이 기대 가격과 신규 가스 발전소의 발전원가를 비교하여 건설하고자 하는 발전소의 양을 결정하게 된다. 건설 시작 비율은 외생 변수로 입력하였다.

예를 들면, 투자자들은 기대 Reserve margins이 15%일 때 미래의 시장가격은 44.3\$로 예측하게 된다. 가스가격이 3.82\$/MMBTU라면 총 발전원가는 37.1\$/MWh로 평가된다. 투자자들은 발전원가가보다 기대 시장가격이 더 높아 수익성이 있는 것으로 평가하고 건설을 시작하게 될 것이다. 발전소가 완성되어 가동하게 되면 공급량에 변화를 가져오게 되고, 일정한 수요증가로 인해 투자자의 미래 가치 평가에 영향을 미치게 된다. 변화된 전력 수요와 공급을 기초로 발전소 건설에 대한 의사결정을 다시 수정하도록 하는 Cycle이 반복되도록 모델링되었다.

3. 전력 수요와 기초자료

전력거래소의 부하곡선 자료¹¹⁾와 한국전력의 “Demand side Management¹²⁾”자료로부터 각 계절 별, 특정일의 전력 수요 패턴을 추정하였다. <그림3-3>은 모델링에 사용된 시간 별 전력수요 패턴이다.

산업자원부의 수요 예측에 따르면 향후 10년 동안 연평균 수요 성장률이 최대 6.1%에서 최소 1.7%로 증가할 것으로 예측하고 있다. 본 연구에서는 모델의 단순화를 위해 시뮬레이션 기간동안 연평균수요 성장률이 5%로 일정하게 증가하는 것으로 가정하였으며 DSM과 관련한 자료는 정부의 장기 수요관리 계획량을 직접 입력하여 사용하였다.



<그림 3-3> 시간별 전력 수요곡선

<표 3-2>는 정부의 수요관리 프로그램별 목표량이다. 정부 수요관리의 범위는 크게 부하관리와 전략적 소비절약으로 나눈다. 부하관리는 최대부하와 최저부하 간의 차이를 감소시켜 부하평준화를 도모하고 전력공급 설비의 이용 효율을 향상시킬 목적으로 시행된다. 전략적 소비절약(Strategic Conservation)은 전기 이용효율 향상을 통해 전력수요를 절감시켜 에너지 자원을 절약하고 환경을 보전하고자하는 것이다. 전략적 소비절약으로 인한 수요 절감은 <그림 3-3>의 시간별 전력 수요를 전체적으로 낮추는 역할을 하는 반면 부하관리로 인한 수요관리는 피크량 조절로 인해 수요 곡선 형태의 변화를 초래한다.

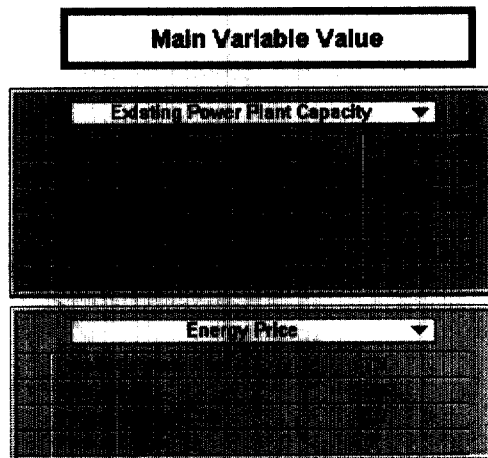
11) 한국전력거래소 “계약종별·산업별 부하곡선 자료집” 2001. 12.

12) 한국전력 영업본부 “Demand side Management - DSM program in KEPCO” 2001. 8.

〈표 3-2〉 수요관리 프로그램별 목표량

구 분		2002년	2005년	2010년	2015년
부하 관리	하계휴가보수	80	279	561	780
	자율절전	52	180	363	504
	직접부하제어	300	1,000	1,195	1,323
	축냉설비	34	194	572	1,034
	원격에어컨	4	34	149	310
	고효율자판기	3	18	58	99
	합 계	473	1,705	2,898	4,050
효율 향상	고효율조명기기	38	245	474	565
	인버터	28	235	979	1004
	고효율전동기	2	53	146	217
	합 계	68	601	1,599	1786
신규프로그램		-	79	188	303
가스냉방		68	260	580	900
합 계		609	2,577	5,265	7,039

<그림 3-4>는 모델에 사용된 주요 변수들의 초기값이다. 기존 발전 설비량은 2001년도 자료이며 단위는 MW 이다.



〈그림 3-4〉 기존 발전 설비량

신규가스 발전소와 기타 변수들에 대한 기본 가정은 <그림 3-5>과 같다. 신규가스발전소의 총 발전원가 계산에서는 변동비와 고정비가 없는 것으로 하였으며, 일반 투자가들이 미래 전력공급량을 예측할 때 건설중에 있거나 건설 허가 중에 있는 발전소(Pipeline)에 대

해 50%만 고려하는 것으로 가정하였다.

New Capacity	Demand
CCs Capital Cost = 600\$kw	Initial Demands = 부하곡선 Data
CCs Fixed Charge Rate = 14.5%/year	Demand Growth = 5%/year
CCs Heat Rate = 6,800BTUkwh	DSM = Conservation + Load Management
CCs Permitting Interval = 12 Months	
CCs Permit Shelf Life = 10years	Others
CCs Construction Interval 24 months	Initial Price = 45\$/mwh
CCs Developers Attention to Pipeline = 50%	Price cap = 500\$/mwh
	Natural Gas Price = 3.82\$/mmBTU
	Capacity Payment = None

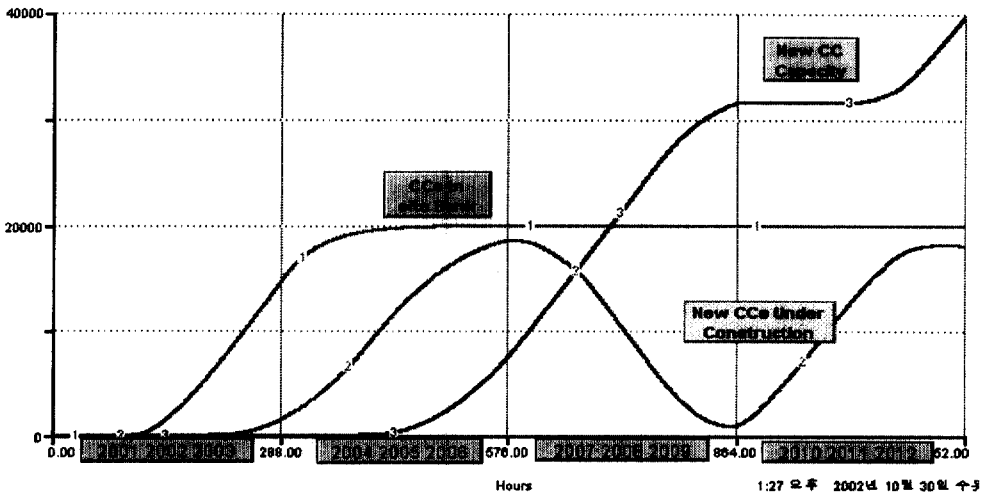
<그림 3-5> 기타 변수들에 대한 기본가정

IV. 시뮬레이션 분석 결과

1. 기본 시나리오

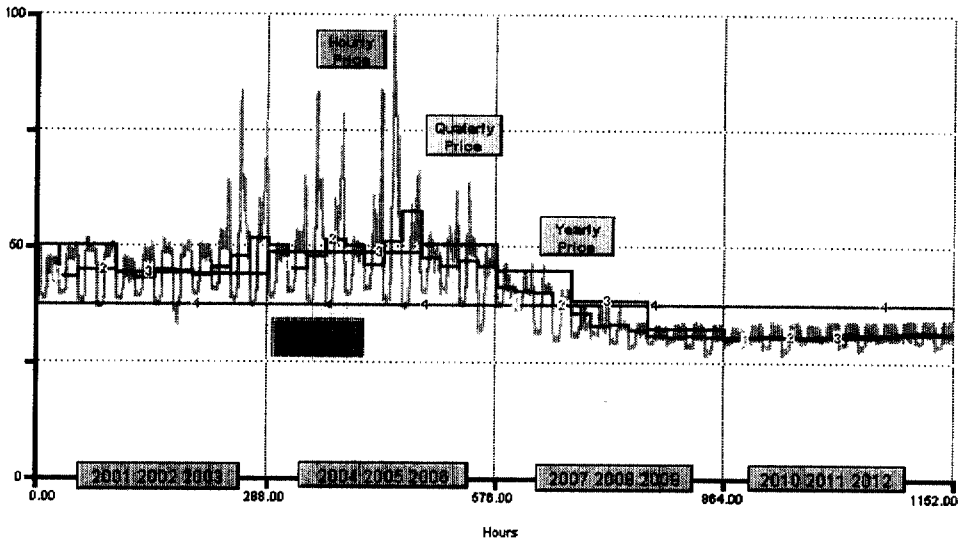
기본 시뮬레이션 모델은 정부의 DSM 프로그램이 없다고 가정하고 2001년부터 2012년 까지 일반투자자에 의한 발전소 건설 Cycle과 가격변화를 검증한다.

<그림 4-1>은 시뮬레이트 된 신규 가스 발전소의 Cycle이다.



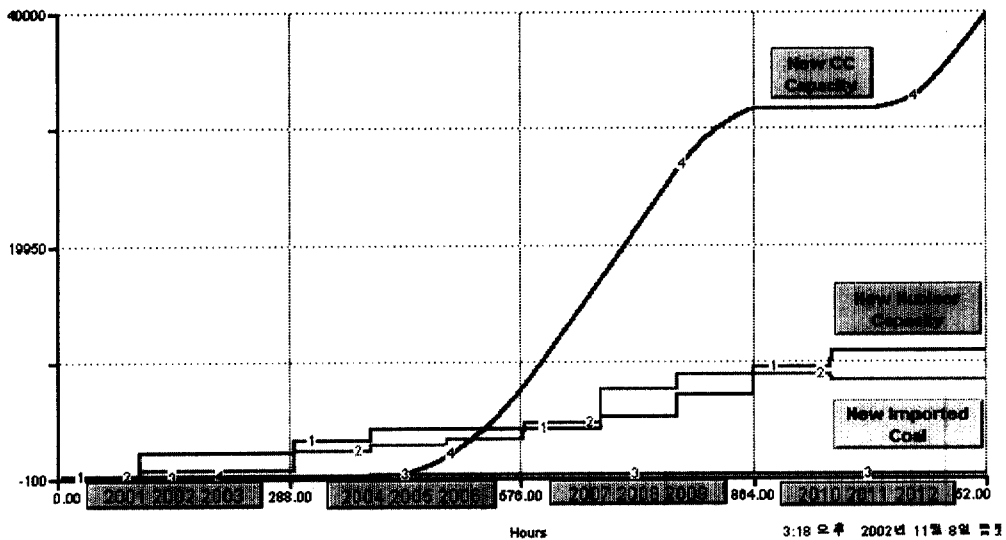
<그림 4-1> 일반투자자에 의한 발전소 건설

Line1은 발전소 건설 허가 신청한 양과 허가가 나 건설을 시작하기 전의 신규 발전소 계획량이다. 이 값은 2007년까지 20,000MW에 이르고 이것은 미래 개발자들이 유지하고자 하는 신규 가스 발전량의 합리적인 추정치이다. 수요 성장률이 5%이고, 현재의 최대 피크 수요가 약 40,000MW 이므로 약 10년 후의 수요 증가량에 해당한다. Line2는 건설중인 가스 발전소의 양을 나타낸다. 이 커브는 2007년 초에 약 18,600MW로 건설 중에 있는 발전소가 최대가 된다. 그 이후 계속 감소를 하다 2009년 말에 거의 800MW에 이른 후 곧 바로 두 번째 건설 붐이 다시 시작된다.



<그림 4-2> 도매전력 가격 변화

<그림 4-2>는 시뮬레이트된 시장가격이다. Line1은 시간가격이고 Line2는 시간가격을 분기별로 평균한 분기가격, Line3은 분기별 가격을 평균한 연도별 가격을 나타낸다. 2003년부터 급격한 시장가격의 증가가 나타나기 시작하고 2005년에는 100\$/mwh를 넘어가는 가격 스파이크를 보인다. 그 이후 가격은 급격히 하락하고 시뮬레이션 중반에는 거의 변화가 없는 안정적인 모습을 보인다. 2005년의 가격 스파이크는 정부의 전원수급계획에 의해 원자력과 기타 발전소가 공급이 되더라도 피크 수요를 담당하는 신규 가스 발전소가 적시에 가동되지 못해 공급의 부족을 가져오기 때문에 발생하게 된다. 그림4-1에서 보이듯이 신규 가스 발전소가 완성되어 가동되는 시점이 2005년 이후이다. 신규 발전소 건설이 완성되어 가동되기 시작하는 2006년부터 가격은 점점 하락하게 되고 건설중인 발전소가 모두 완성되는 2010년에는 시장가격이 최저가 된다.



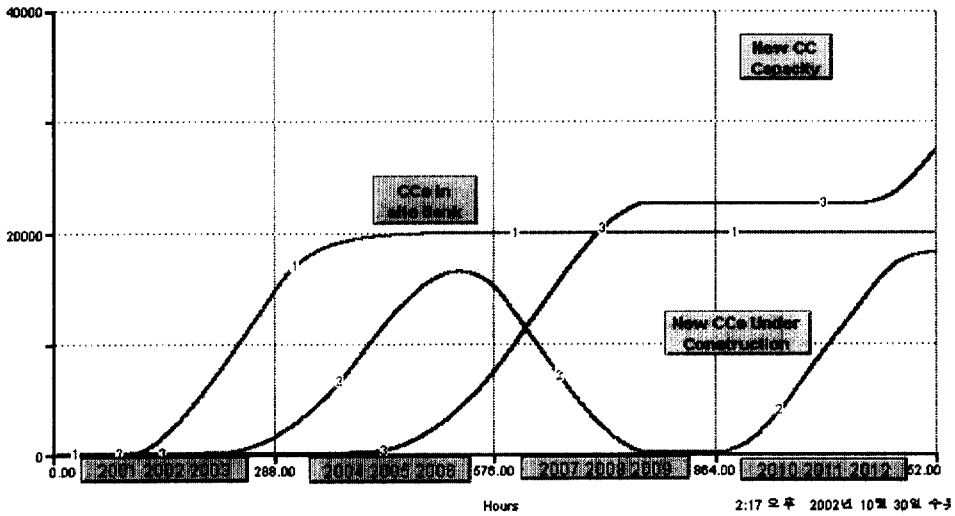
<그림 4-3> 에너지원별 전력 공급량

<그림 4-3>은 신규로 추가되는 에너지원별 발전 설비량을 나타낸 그림이다. 시뮬레이션 중반 이후부터는 전력 공급을 위해 신규 가스발전 설비가 정부계획에 의해 투입되는 다른 에너지원보다 훨씬 더 큰 공헌을 하고 있음을 보여준다.

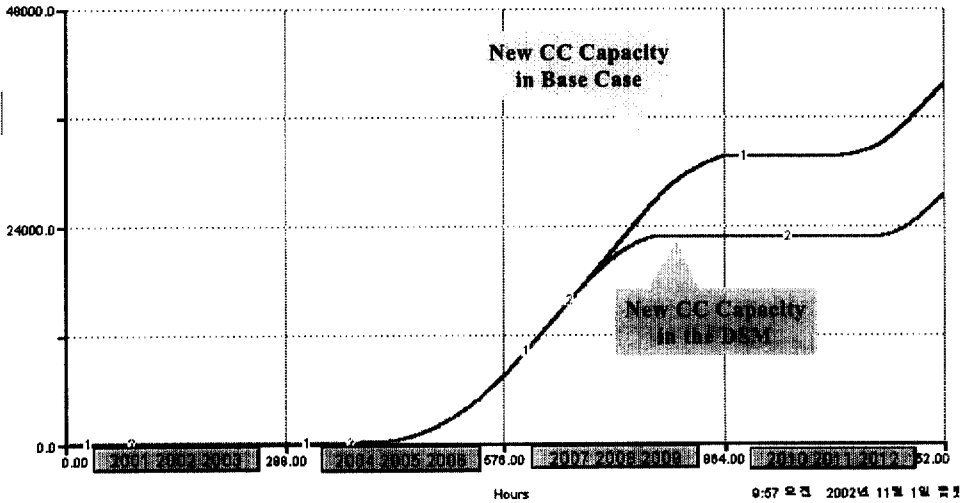
이 기본 시나리오에 의한 시뮬레이션 결과는 우리나라 도매 전력 시장이 부동산 시장에서 처럼 건설 과잉과 부족이라는 순환적인 Cycle을 경험할 것임을 보여준다. 다음 장에서는 수요변화가 전력시장에 나타나는 이 다이나믹에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 추가 시뮬레이션 분석을 한다.

2. DSM 시나리오 분석

DSM 시나리오에서는 정부의 수요관리 프로그램이 2002년부터 2012년 동안 적용되어 목표량 만큼 전력 수요를 줄일 수 있고, 일반투자자는 이러한 수요량 감소를 관찰할 수 있다고 가정하였다. <그림 4-4>는 시뮬레이션 결과이다. 기본 시나리오와 비교할 때 신규발전소 건설 규모가 줄어들고 Cycle이 나타나는 시기에도 변화가 나타난다. 그러나 Boom과 Bust라는 기본 Cycle은 여전히 나타난다.



<그림 4-4> DSM 시나리오에 의한 발전소 건설 Cycle

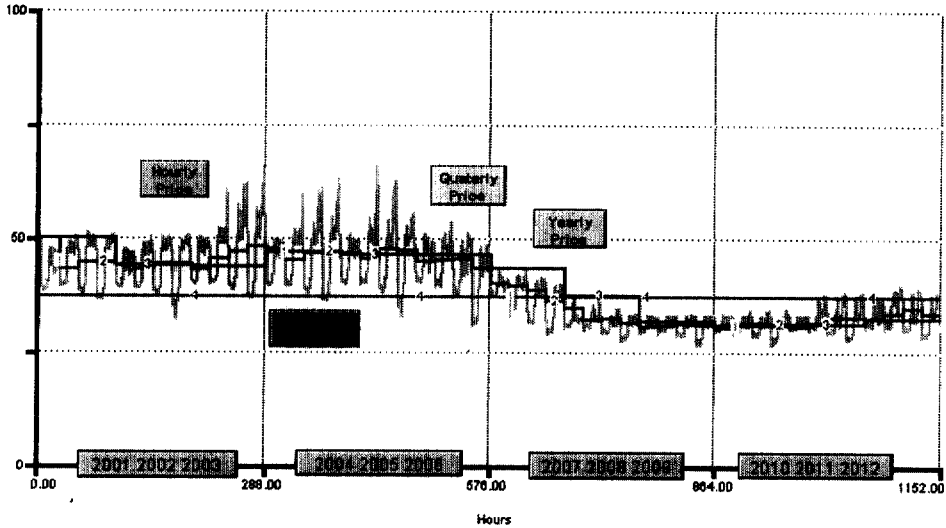


<그림 4-5 신규 발전소의 공급량 비교>

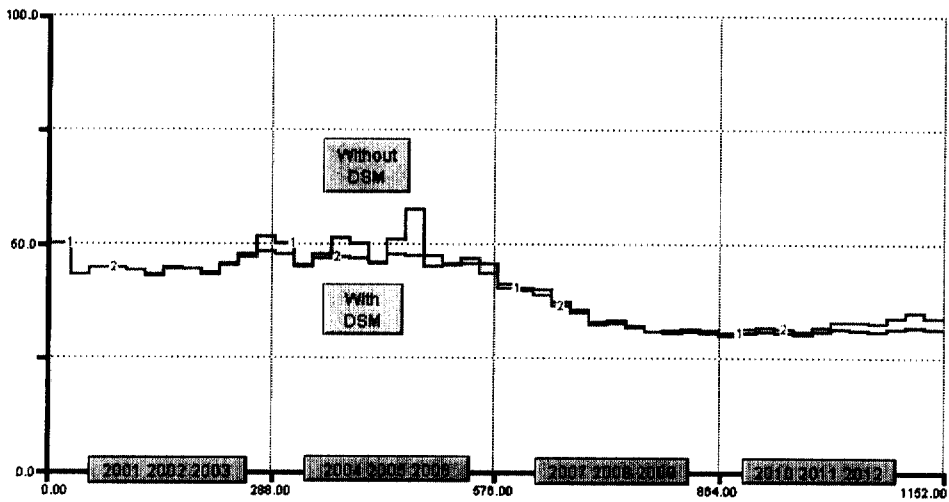
DSM 프로그램의 성공으로 전력 수요가 낮아지면 일반투자가는 미래 전력가격 예측에 대한 그들의 기대치를 낮게 평가하게 되고 기대 수익에 영향을 주어 신규 투자가 상당부분 줄어들게 된다(그림 4-5).

<그림 4-6>과 <그림 4-7>은 DSM 시나리오에 의한 시장가격 변화이다. 기본 시나리오에서 보였던 가격 스파이크는 나타나지 않으며 시뮬레이션 기간 동안 가격 변화가 완만하여 안정적이다. 그러나 시뮬레이션 말에 기본시나리오에서는 거의 변화가 없었던 반면,

DSM 시나리오에서는 시장가격이 다시 상승하기 시작한다.



〈그림 4-6〉 DSM 시나리오에 의한 시장가격



〈그림 4-7〉 시장가격 변화 비교

수요관리 성공으로 시장가격이 <그림4-7>에서처럼 안정적으로 낮아지게 되면 일반투자자는 신규투자로 인한 수익을 기대할 수 없기 때문에 시장가격이 기대 수준이상으로 상승하지 않는 한 신규투자를 하지 않게 된다. 시간이 지나면 결국 전력시장에서 전력 공급의 부족을 가져오게 되고 가격의 상승을 초래하게 된다.

V. 결론

본 연구는 경쟁이 시작된 우리나라의 도매 전력 시장에서 일반 투자가의 투자가 어떠한 Cycle을 보일지 검증하고 이 Cycle에서 정부의 수요관리 프로그램이 미치는 영향을 알아보았다. 일반 투자가에 의한 신규발전소의 건설은 부동산 시장에서처럼 장기적인 건설 Lead-time에 의해 붐과 침체라는 일정한 Cycle을 보이며 그로 인한 가격 스파이크가 발생한다. 이때에 정부의 수요관리 프로그램은 건설 붐의 시기와 가격 스파이크의 크기를 변화시키지만 기본적인 건설 파인과 부족이라는 시장 다이내믹을 제거시키지는 못한다. 또한 수요관리로 인한 수요 절감은 시장가격이 전반적으로 낮은 수준으로 유지되도록 함으로써 시장가격의 안정에 기여하지만 지속적으로 낮은 가격으로 인해 일반투자가의 충분한 투자를 끌어들이지 못하는 결과를 초래하여 결국 시뮬레이션 말에 가격 상승을 불러오게 된다. 수요관리로 인한 초기 에너지 가격 절감액과 시뮬레이션 말에 발생하게 되는 전력 공급 부족으로 인한 손실액을 평가하여 전력시장에서 최대 효익을 발생시킬 수 있는 정부 정책을 수립해야할 필요성이 여기에서 제기되며, 전력 시장의 다이내믹을 반영하지 않는 수요관리 정책은 실패할 가능성이 존재함을 시사한다고 하겠다.

본 연구는 실제 발생하는 현실 상황을 여러 가지 제한된 가정 하에서 변수를 단순화한 시뮬레이션 분석으로써 연구결과의 적용범위가 제한적이며 많은 한계를 가지고 있다. 전력 시장가격에 가장 중요한 변수로 작용하는 전력수요를 일정하게 증가한다고 단순화하였으며 가격변화로 인한 소비자의 가격 탄력성을 계산하지 못했다. 민간투자가에 의해 투자되는 에너지를 가스발전이라는 하나의 변수로 제한하여 타 에너지원과의 시장점유율 경쟁이 반영되지 못하였다. 특히, 우리나라의 전력시장이 경쟁 체제로 진입한 시간이 짧아 실제 자료와 비교를 통한 모델 검증이 이루어지지 못하였다. 수요관리의 경우도 정부의 계획량이 그대로 적용되고 수요 감소 효과를 일반투자가가 모두 관찰할 수 있다고 전제하였을 경우의 시뮬레이션 분석 결과로서 해석하는데 주의가 요구된다.

향후 연구는 이러한 한계를 제거하고 수요를 예측할 수 있는 모델과의 연계 등을 통해, 구조개편으로 많은 불확실성에 직면한 우리나라 전력시장의 수요와 공급, 그리고 가격변화를 보다 정확히 예측할 수 있는 모델이 연구되어야 할 것이다.

[참고문헌]

- 조성봉, 김진우, 2000, 전력산업의 개혁 방향과 주요정책과제.
산업자원부, 2002, 연구개발사업 3개년 계획수립.
산업자원부, 2002, 제1차 전력수급기본계획.
에너지경제신문, 2001.8, 발전회사 민영화 및 구조개편 추진을 위한 특별기획 기사.
에너지경제연구원·전력연구원, 2001.6, 전력산업 기반조성사업 계획수립 연구.
한국전기연구원, 2002.5, 수요관리사업 추진실적 및 성과, 수요관리사업 workshop 수요관리
사업 평가방안 수립
한국전기위원회, 2002.1, 전력시장운영 실적(2001년).
한국전기위원회, 2002.9, 전력통계.
한국전력거래소, 2001.10, 발전기 정지계획 수립(2002~2003년도).
한국전력거래소, 2001, 발전설비현황.
한국전력거래소, 2001.12, 부하곡선 자료집.
한국전력공사, 2000, 경쟁적인 전력시장에서 발전 경쟁력 분석 연구.
한국전력공사, 2002, 경영통계.
한국전력공사, 2002, 미국 전력자유화의 최신동향, <KEPCO 해외전력정보> 통권 제294호.
한국전력공사, 2002.2, 수요관리현황.
한국전력공사, 2001, 전력통계.
한국전력공사, 2001, 전력통계속보.
한국전력공사, 2001.11, 제1차 전력수급기본계획 수립을 위한 장기 수요관리 계획.
한국전력공사, 2000-2001, 종합원가계산서.
한전전력연구원, 2001.12, 전력시장과 전력수요의 변화, 전력수요관리3개년 계획수립을 위
한 수요관리 세미나.
John D. Sterman, 2000, Business Dynamics.
Sally Hunt and Graham Shuttleworth, 1996, Competitive and choice in electricity,
NERA