

신재생에너지 시장 확장의 동태적 분석¹⁾

(A Dynamic Analysis of Renewable Energy Market Deployment)

유재국 (아주대학교)

곽상만 (아주대학교)

최기련 (아주대학교)

1) 본 과제는 “에너지관리공단”의 “신·재생에너지전문기업 지원 및 육성방안”의 일환으로 수행하였음

1. 머릿말

2005년 2월 지구 온난화(global warming) 문제와 관련하여 교토의정서(Kyoto Protocol)이 발효되면서 온실가스(GHG : GreenHouse Gas) 저감을 위한 전지구적 노력이 가속화되었다. 이러한 상황에서 태양에너지 및 풍력 등을 이용한 이른바 신·재생에너지에 대한 관심이 증가하였으며, 이를 보급하기 위한 다각적 노력이 진행되고 있다.

전통적인 화석연료 에너지와 비교하였을 때 신·재생에너지는 그 생산단가가 높아 정부의 보조제도에 절대적인 의존을 하고 있다. 현재 신·재생에너지센터에서 시행하고 있는 보급 제도를 보면, 시범보급사업, 공공기관의무화사업, 발전차액보조 제도 등 다양한 보급지원 프로그램이 시행중이다. 또한 신·재생에너지의 경우에는 지리적, 기후적 특징에 의존적이어서 일정 자원량이 존재하는 장소에 설치가 가능하며, 해당 장소에서도 일정 동력원이 존재해야만 예를 들면, 태양에너지의 경우에는 태양이 떠 있는 동안에만 에너지 생산이 가능하기 때문에 전기 생산하는 에너지의 경우에는 경제 급전(Economic Dispatch)의 어려움이 발생한다.

신·재생에너지가 시장에서의 보급에 어려움을 겪는 이유에 대해서 기술 및 경제성과 결합된 시장왜곡의 문제를 지적하지 않을 수 없다.

본 연구는 신·재생에너지 제품이 시장에서 겪는 어려움을 구조적인 부석을 통해서 살펴보고 보다 나은 정책적 도구를 개발하는 데 그 목적이 있다.

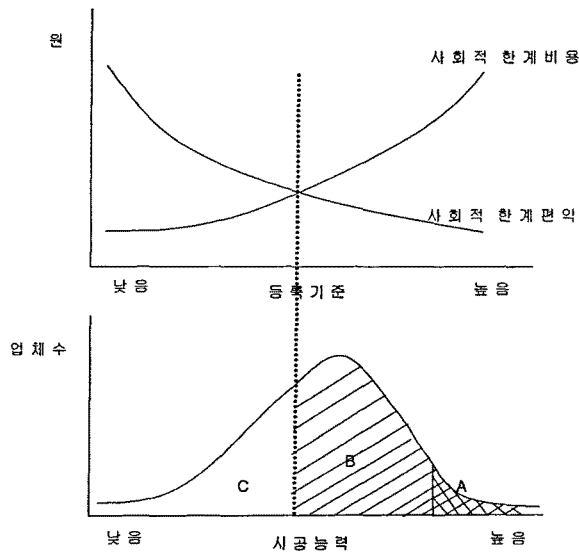
2. 이론적 배경

신·재생에너지를 취급하는 기업들이 겪는 어려움은 시장정보의 불균형에 기인하는 이른바 주인-대리인 문제이다(이재우 2001). 즉 신·재생에너지 설비를 제조하고 시공하는 업체들이 다수 존재한다고 하자. 그리고 이 업체의 시공 능력 및 제조 능력은 상위부터 하위까지 골고루 존재한다고 가정하자. 그러나 소비자들은 어떤 업체가 상위의 업체이며, 어떤 업체가 하위의 업체인지를 알 수 없기 때문에 전체 시장 가격에서 될 수 있으면 낮은 가격으로 제품을 구입하거나 시공하려 할 것이다. 따라서 능력은 우수하나 시장 공급 가격이 높은 업체는 낮은 가격으로 공급할 수 없기 때문에 시장에서 도태된다. 그러면 전체적인 시장의 시공 능력 및 제도 능력은 더욱 낮아지며, 소비자들의 불신은 더욱 커져 시장에서의 의도구매가격(willingness to pay)은 더욱 낮아진다. 이러한 악순환을 거치다 보면 시장 형성이 안 되고 이른바 시장 실패가 발생한다.

이 시장실패를 시정하기 위하여 정부 개입이 시작된다. 정부개입의 방법은 등록제와 같은 시장 진입을 제한하는 방법이다(최병선, 1992). 이러한 등록 또는 면허 제도는 일정자격을 가진 자들만이 시장에 참여할 수 있도록 하며, 궁극적으로는 소비자와 공급자간의 정보불균형을 해소하고 자하는 것이다.

그러나 등록 혹은 면허제도가 늘 순기능적 역할을 하는 것은 아니다. 자칫 시장 진입 장벽을 형성하게 되면 기존 업체의 이익만을 보호해버릴 수 있으며, 등록 및 면허 기준이 기업의 진입과 경쟁과는 무관한 기준으로 설정될 수 있으며, 마지막으로 시장가격이 높게 책정되어 소비자들의 이익이 침해될 수 있는 여지가 존재한다.

따라서 시장 진입에 대하여 일정 제한을 취하는 제도는 사회적 편익과 비용을 고려하여 적절한 수준에서 하지 아니하면 안 된다. 아래의 [그림 1]은 이를 도식화한 것으로 정보불균형으로 인하여 발생하는 시장실패를 시정하기 위한 정부개입 역시 정부실패가 되지 않기 위한 적정 수준에서 결정해야 되어야 함을 보여준다. 그러나 실제로 사회적 한계 비용과 한계 편익에 대한 측정은 매우 어려우며, 사회적 학습을 통하여 해결하는 방안이 가장 주요한 해결책이 될 것이다.



[그림 1] 시장진입 제한을 위한 등록 기준의 설정

시장 진입에 제한이 발생하게 되면 신규로 시장에 참여하게 되는 업체는 기존의 업체보다는 뛰어난 기술을 보유하여야만 한다(정갑영; 2004). 잠재기업의 시장진입을 막기 위하여 기존기업은 가격을 높게 혹은 낮게 설정하는데 가격이 높아 이윤이 많이 창출되는 시장에서는 신규진입기업이 오히려 더욱 많이 발생한다. 이러한 신규 진입은 시장경쟁의 촉진이라는 점에서는 긍정적 효과를 낳지만 시장정보의 불균형의 측면에서는 전술한 바와 같이 시장실패를 낳을 가능성을 높인다. 따라서 이른 바 시장에서의 잠재기업의 참여를 조절하는 반응계수¹⁾를 적절히 조정함으로써 시

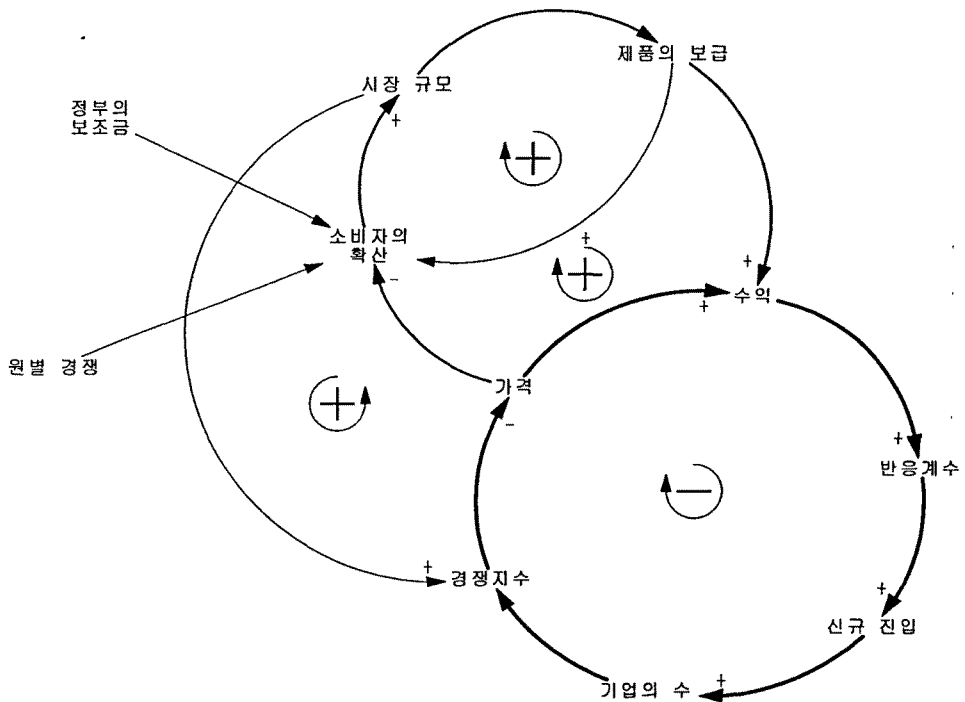
1) 가스킨스(Gaskins)의 이윤극대화와 진입저가가격에 대한 일반모형에 대한 식은 다음과 같다.

$$V = \int_0^{\infty} \{ [P(t) - c] \cdot [Q(P(t)) - q_f(t)] e^{-rt} dt \} \text{ 이때, } dq_f(t)/dt = q'_f(t)$$

V: 이윤, r: 할인율, P(t): t기의 가격, c: 비용, Q(P(t)): 가격으로 나타낸 시장수요, q_f: 잔여수요이며 잔여수요의 시간에 대한 변화율은 이며, $q_f(t) = k(P(t) - P^I)$, $k > 0, P^I \geq c$ 이때 k를 잠재기업의 반응계수라고 할 수 있다(정갑영 2004).

장실패를 보완할 수 있을 것이다.

3. 신·재생에너지시장의 시장 구조



[그림 2] 시장 보급의 일반적 구조

신·재생에너지 시장에서도 다른 재화 시장과 마찬가지로 시장의 주체로서 소비자 공급자를 생각할 수 있다. 소비자는 제품의 가치를 평가해서 이를 사용하게 되며 이는 이른바 확산(diffusion)의 과정을 거친다. 사용자가 많을수록 보급은 더 가속화 된다고 할 수 있는데, 즉 잠재적 사용자가 많아질수록 시장의 규모는 확대된다. 이들 잠재 소비자들이 제품을 설치하게 되면 이것이 바로 보급이 되는 것이다[그림 2참조].

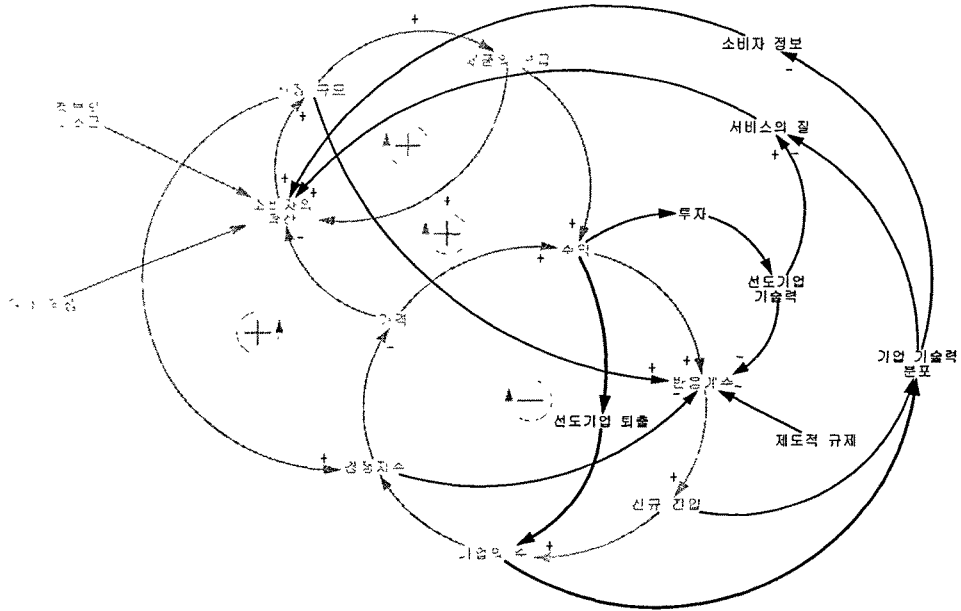
이러한 제품의 판매량과 가격을 곱하면 매출액이 되면 거기에서 비용을 제외하면 수익이 된다. 이 수익의 크기가 바로 새로운 공급자를 시장에 참여하게 되는 주요한 요인이다. 즉 시장에서의 수익이 많이 발생하게 되면 더 많은 공급자가 시장에 참여하게 되며, 시장에 뛰어들 공급자가 많을수록 전체 기업의 수는 증가하며 이들은 시장 규모의 영향을 받으며 경쟁을 하게 된다. 경쟁의 결과 제품의 가격은 변동하게 될 것이다. 이 변동되는 가격을 바탕으로 소비자들은 반응을 할 것이며 다시 시장의 확산이 조정될 것이다.

이러한 구조는 제품의 확산 및 공급자의 시장 참여에 대한 구조로서 받아들일 수

있을 것이다. 그런데 제품의 질 또는 서비스에 대한 수준이 넓게 분포되어 있는 시장의 경우에는 정보왜곡이 발생하여 시장실패를 갖게 된다. 우선 신규기업이 시장에 많이 들어오게 되면 시장에서의 기술력의 분포가 넓어진다. 기술력의 분포가 넓다는 것은 그만큼 소비자의 투자가 잘 못될 수 있는 폭이 넓어짐을 의미한다. 기술력의 분포가 넓어질수록 전체 시장시장에서의 서비스의 질은 낮아지고 소비자정보는 더욱 불확실해진다[그림 3참조].

뿐만 아니라 경쟁이 치열해지면서 가격은 낮아지게 된다. 결국 이것은 개별 기업의 수익에 영향을 미치게 되어 신규 기업의 반응계수나 기존 기업의 시장에서의 도태에 영향을 미치게 되는 것이다. 한편 기존 기업들은 신규기업이 시장에 들어오지 못하게 하기 위해서 시공기술 등에 대한 투자가 이루어져야 하며, 소비자 정보의 왜곡을 막기 위하여 적극적인 마케팅을 할 필요가 있다. 모든 신·재생에너지원이 그러한 것은 아니지만, 안타깝게도 우리나라의 상황에서 신·재생에너지 분야의 개별 기업들의 이러한 노력 및 여력은 부족하였으며, 소비자의 신뢰 형성에 실패한 듯하다.

결국 2004년 개정된 「대체에너지개발 및 이용 보급 촉진법」이 개정되면서 신재생에너지전문기업의 도입을 검토하게 되었으며 이것이 바로 제도적 규제를 통한 반응계수의 인위적 조절이다. 즉 기업들이 시장에 참여하기 위하여 일정자격을 요구하게 된다.



[그림 3] 정보 왜곡으로 인한 시장실패 및 기업반응계수의 조정

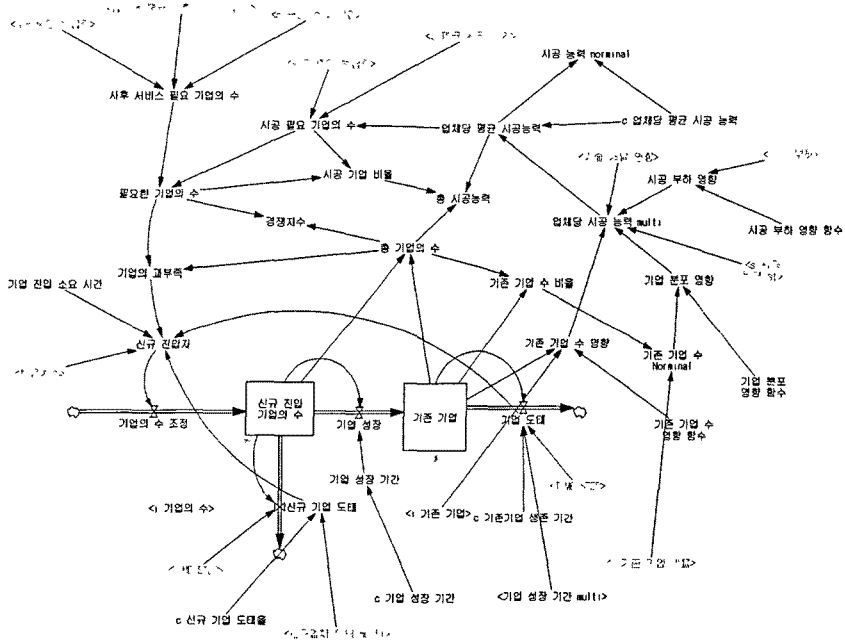
4. 모델링

위의 시장 구조를 정량적인 모델(Stock and Flow Diagram)로 변환하였다. [그림 2, 3]과 같이 개념적인 수준을 정량적인 모델의 수준으로 전환하기 위해서는 보다 많은 변수를 포함한다. 이러한 변수는 하드 변수(Hard variables)라 불리우는 문헌으로 구하기 쉬운 것도 있으나 그렇지 못한 변한 소프트 변수(Soft variables)를 포함한다(Sterman; 2000). 소프트 변수의 경우를 포함하게 되면 변수에 대한 검증 문제로 인한 논쟁이 발생하게 된다. 이러한 차이가 바로 계량경제학을 포함하여 실증주의를 추구하는 학문분야에서 시스템다이내믹스의 약점으로 지적하는 분야이기도 하다. 그러나 시스템다이내믹스 모델은 정확하지는 않지만 경험 및 감정 등 가지고 있는 지식을 동원하여 이에 대한 모델링을 실시한다. 따라서 시스템 다이내믹스는 전통적으로 시스템의 구조를 강조하였다. 인간의 멘탈 모델에 바탕을 둔 모델링 구조와 변수가 많았기에 시스템의 행태를 강조하였다. 이러한 관점에서의 모델은 학습모델(learning model)로서의 역할에 초점을 둔다. 시스템 행태에 영향을 미치는 요인이 무엇인가를 주로 파악한다고 할 수 있다.

신·재생에너지 시장을 모델링하기 위해서는 제품 가격, 잠재적 수요자, 기업체의 수, 기업체에서 시장에 진입하기 위해서 고려하는 요인 등에 대한 계량화된 정보가 필요하지만, 현실적으로 이러한 데이터를 개발하고 찾는 것은 간단한 작업이 아니다. 본 모델의 연구 대상인 신재생에너지 시장에 대한 현실적인 자료의 제약성으로 인하여 본 모델 역시 이러한 '논쟁의 바다'에 과감히 뛰어들 수밖에 없다. 다만 현

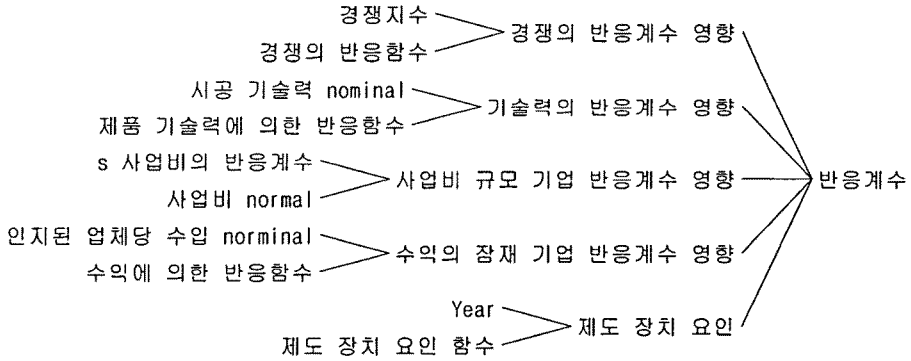
재 구할 수 있는 자료인 연간 보급량과 연간 사업비에 대한 자료를 충분히 재생할 수 있도록 모델을 구현하였다.

모델은 크게 소비자의 확산, 태양열 설치 기기의 보급, 공급자, 공급자의 반응계수 기타 부분으로 나뉘었다.



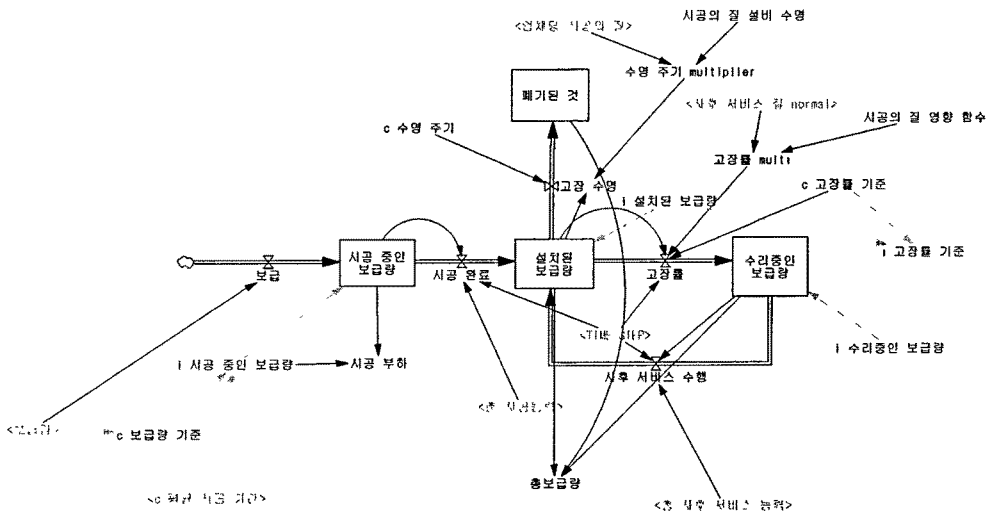
[그림 4] 기업의 수와 관련된 모델링

우선 기업의 수와 관련된 모델은 [그림 4]에 표현되어 있다. [그림 4]에서 볼 수 있는 바와 같이 기업을 두 분류로 나누었다. 하나는 신규 진입 기업 집단이며 다른 하나는 기존기업 또는 선두기업이다. 양 기업 집단은 시장의 크기에 따라서 진입하기도 하고 도태하기도 하는 과정을 거친다. 시장 진입에 영향을 미치는 요인은 기업들의 시장상황에 대한 반응을 나타내는 반응계수에 의해서이다.



[그림 5] 반응계수에 영향을 미치는 요인의 수목도

반응에 영향을 미치는 요인은 크게 경쟁의 크기, 기술력에 의한 시장 진입 장벽, 개별 기업의 기대 수익, 보조 사업비의 규모에 의해서 반응계수가 영향을 미치는 것으로 모델링 하였다.



[그림 6] 장비의 확산

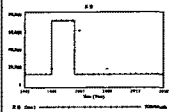
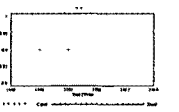
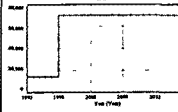
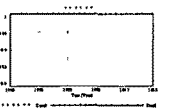
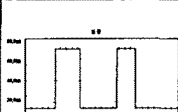
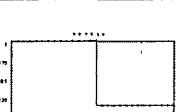
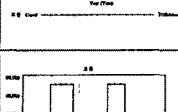
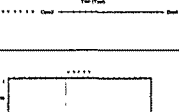
다음은 장비에 대한 모델이다. 소비자들의 선택에 의한 제품이 설치되고 고장나고, 노후화 되는 과정을 모델링하였다. 일단 보급된 제품은 시공되어야 하며, 시공된 제품은 운전되고, 운전되면서 고장이 발생하며, 이를 수리하고, 마지막으로 폐기되는 과정을 거치는 제품의 수명에 대한 모델링이 실시되었다.

5. 모델의 시물레이션

본 모델은 정부 보조에 의하여 보급이 활성화됨에 따라 이를 수입원으로 하는 기업의 시장 진입과 퇴출을 중심으로 모델을 개발하였다.

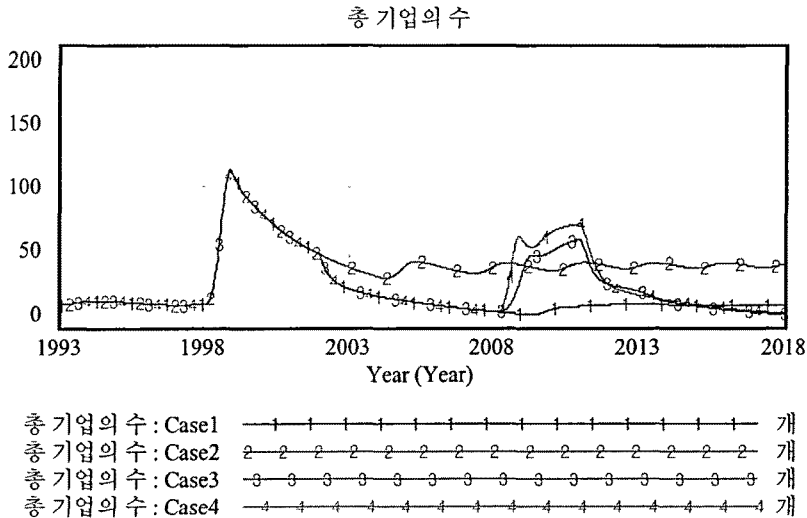
시뮬레이션은 우선 크게 4가지 상황으로 나누어 실시하였다. 각 상황에 대한 이러한 상황의 설정은 공급자는 수요를 보고 시장에 진입하게 되며, 더 정확하게는 시장에서의 경쟁을 통하여 수익을 낼 수 있는 기업만이 성장하고 그렇지 못한 기업은 퇴출됨을 가정한 것이다. 모델을 시뮬레이션 하기 전에 모델의 수식 및 관계에 대한 검증은 하기 위하여 정상상태(Steady State) 상태로 만들고 이를 점검하였다. 그 결과 모든 수식내부에서 정상상태가 발생함을 확인하였다.

[표 1] 입력값

상황	설명	수요의 발생	규제 (낮을수록 진입장벽이 큼)
CASE1	일정 기간동안 수요가 Pulse의 형태로 증가함		
CASE2	일정 기간이 지나 Step 형태로 증가함		
CASE3	일정 기간동안 수요가 Pulse로 발생하며 그 후 일정기간 동안 Pulse가 작용하나 규제기관에서 진입장벽을 설정함(2번의 Pulse 수요와 후자의 Pulse 수요에 대한 규제)		
CASE4	일정 기간동안 수요가 Pulse로 발생하며 그 후 일정기간 동안 Pulse가 작용하나 규제기관에서 진입장벽을 설정하지 아니함		

시스템다이나믹스의 주요 특징 중에 하나는 입력값의 변화가 시스템 내부의 구조에 따라서 동적현상이 발생할 수 있음을 지적한다 본 모델에서도 이러한 현상을 발견할 수 있었다.

먼저 각 상황에 따른 기업의 구조를 살펴보면 다음과 같다. 총기업체의 수는 4개의 상황모두에서 공통적으로 수요발생보다 약간의 시간적 차이를 두고 늘어나기 시작하나 곧 피크에 이르러 점점 줄어드는 현상을 보인다.

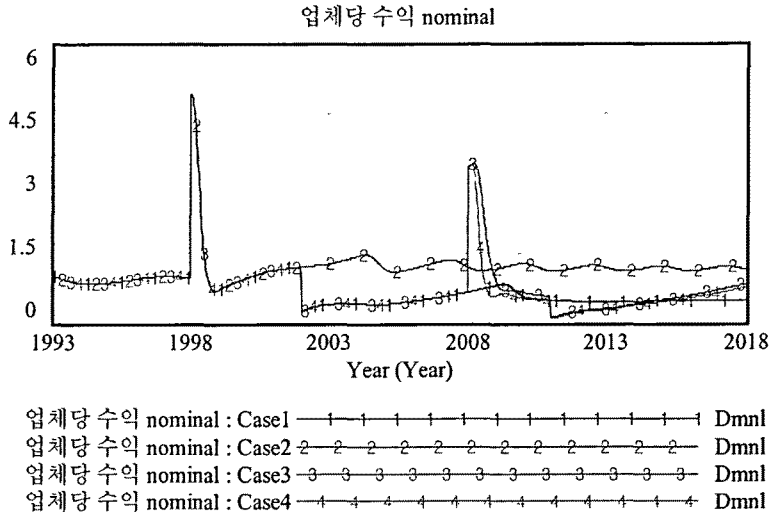


[그림 7] 총기업체 수의 변화

상황 2와 같은 경우에는 일정 시장이 형성된 경우에는 일정한 공급자의 진입과 퇴출이 발생하여 파동이 나타남을 보여준다. 이는 정보 지연으로 인한 것이다. 즉 [표 1]에서 보는 바와 같이 수요는 일정한데 정보 지연으로 인하여 공급자들의 과잉 진입과 그로 인한 시장상태의 악화로 인한 퇴출이 주기적으로 반복됨을 보여준다. 3번과 4번의 경우는 같은 수요의 증가 패턴에 대한 입력값이나 시장 진입 규제 효과를 줌으로써 기업 수가 조정됨을 보여 결과에서 차이가 발생함을 보여준다. 당연한 얘기지만, 규제 받는 것이 규제 받지 않는 것이 기업의 수가 적다.

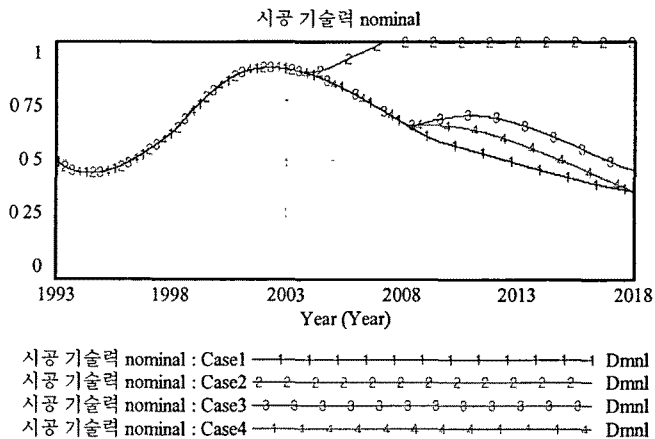
업체당 수익에 대한 그림을 표현하면 [그림 8]과 같다. 수요가 폭증하는 초반에는 업체당 수익이 크게 나타나지만 이후에 들어오게 되는 기업들로 인하여 그 수익이 적어진다. 수익은 시장 진입의 주요한 신호로서 작용한다. 수익의 구조는 기업체의 수와 유사함을 보여준다. 특이한 사항은 선 3과 선 4를 비교할 때, 초반에는 업체의 수익의 3이 오랫동안 지속할 수 있지만 시간이 지날수록 갈아짐을 보여준다.

다음으로는 기술력의 발전을 본다. 기술력에 대한 모델은 수익의 일부분을 시공 기술에 투자한다고 가정하였다. 즉 투자된 금액이 늘어남에 따라 시공 기술은 발전할 것이며 이는 다시 시공능력, 시공의 질에 영향을 미칠 뿐만 아니라 신규진입업체에 대한 진입 장벽의 역할을 한다. [그림 9]에서 보는 바와 같이 시공 기술은 지속적인 시장이 존속할 경우에는 일정수준에까지 늘어나지만, 그렇지 않고 경쟁적인 상황에서는 수익이 일정부분 보장되는 선에서 기술력 확보가 될 수 있음을 보여준다.

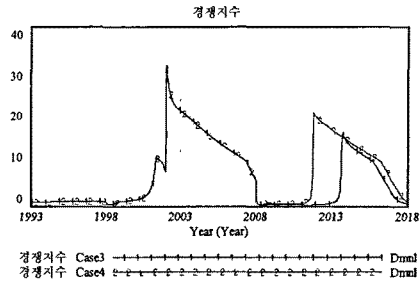
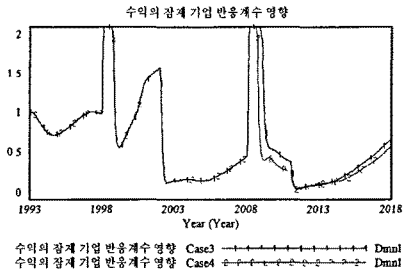


[그림 8] 기업당 수익의 변화

[그림 9]에서 선 3과 선 4을 비교할 때 입력의 형태는 같으나 기준 미달의 업체의 시장 진입을 막음으로써 나타나는 효과는 시공 기술력은 보다 좋게 나타날 수 있음을 보여준다. 이러한 시공기술의 기술은 시장 진입을 막음으로써 높아지는 효과가 있음을 보여준다. 반면에 시장에 참여하려고 하는 잠재기업들의 반응을 살펴보면 규제를 하는 경우가 더욱 오래 지속됨을 보여준다. 즉 시장에서의 경쟁이 낮아지기 때문에 더욱 큰 이익을 남길 수 있을 것으로 기대하여 이 시장에 참여하고자 할 것이나 일정 자격을 갖추어야 진입이 가능하므로 낮은 경쟁 상태에서 활동할 수 있을 것이며 이후에는 기술력 등으로 자체적으로 시장 진입을 어렵게 만들 수 있을 것이다.

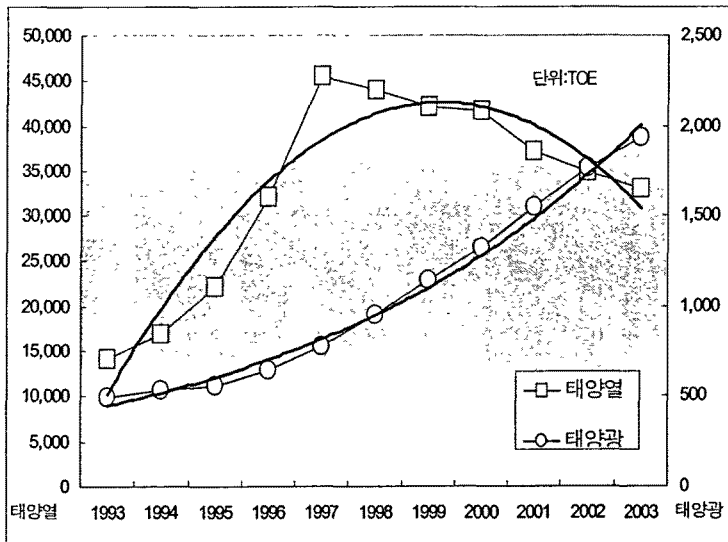


[그림 9] 시공기술의 변화



6. 결론

논쟁의 소지는 다소 있겠으나 태양열과 태양광과 같은 에너지의 보급 추세는 태양열은 피크를 지나 침체에 빠져 있으며, 태양광의 경우에는 성숙기에 접어든 것으로 판단된다.



[그림 11] 태양광 및 태양열 에너지의 보급 현황
자료 : 에너지관리공단(2003)

현재 시스템 보급과 관련하여, 시장 신뢰도를 높이기 위하여 부실업체를 막기 위한 작업은 필요하다. 다만 성숙기에 있는 시장은 그 시장의 확장이 급격하게 변화하지만 않는다면 시장의 안정적 성숙이 이루어질 것으로 기대하며, 기업들의 참여를 유도하여야 할 것이다. 반면에 이미 포화기에 다다른 시장에서는 더 이상의 기술력 없는 집단의 시장 진입을 막는 것이 국민 후생적으로 좋은 결과를 유도할 수

있을 것이다. 신·재생에너지원의 특징에 따라 소비자 구매에 대한 가격 탄력성이나 기술적 특성에 따른 시장 진입의 난이도 등이 다양할 것이며, 이에 대한 실증적인 연구를 하지 못한 것은 연구의 아쉬움으로 남지만, 시장의 구조 및 시장 성숙도에 따라 시장진입의 상이한 효과가 발생할 수 있음을 알 수 있다.

참고문헌

- Sterman, John D.(2000), Business Dynamics : Systems Thinking and Modeling for a Complex World, McGraw-Hill, Inc.. NY.
- 최병선(1992), 정부규제론 : 규제와 규제완화의 정치경제, 법문사, 서울.
- 정갑영(2004), 산업조직론, 박영사, 서울.
- 홍희기(2004), 「신재생에너지 2006년 3%보급과 태양열시스템」, 설비저널, 제33권 제11호.
- 이재우(2001), 「건설 제도의 이론적 배경 분석」, 한국건설산업연구원, 2001.5.
- 에너지관리공단(2003), 「대체에너지보급 통계」.