

## 시장참여자의 가격탄력성에 따른 사회적 이득에 관한 연구

이태훈\* · 김진오\* · 최준영\*\*  
 \*한양대학교 전기공학과 · \*\*전주대학교 전자매체공학부

### Social welfare according to the price elasticity of electric market participants

Tae-Ho Lee\* · Jin-O Kim\* · Joon-Young Choi\*\*  
 \*Dept. of EE, Hanyang University · \*\*Dept. of EE, Jeonju University

**Abstract** - In the new electric industry, many of generators and consumers exist in competitive market and electric price is determined by the response of suppliers and consumers. Power supply and consumption make change the electric price and social welfare depends on the elasticity that indicates sensitivity to changes of price related on the electric demand or supply. If elasticity is changed, social welfare that represents the sum of producers and customers surplus will be changed together. This paper investigates the change of the social welfare depending on the elasticity, and presents the propriety of competitive electric market.

#### 1. 서 론

전력산업에 완전경쟁시장이 도입되면 전력 생산자와 소비자는 전력 시장을 통하여 그들의 이익을 최대화하고자 한다. 전력 가격은 발전회사의 생산량과 소비자의 수요량에 따라 전력시장에서 균형을 이루는 점으로 결정되고 이 점에서 사회적이득이 최대가 된다. 소비자가 전력 사용 지불의사에 따라 전력사용량을 조절할 수 있는 탄력성을 가지고 있으면 전력 생산자는 변화하는 전력생산 비용을 요금에 반영함으로써 전력수요에 적절한 영향을 미칠 수 있다. 본 논문에서는 가격변화에 따른 수요량 변화로 나타나는 탄력성변화에 따른 사회적 이득과 전력 시장 참여자인 생산자와 소비자의 이득변화를 사례 연구를 통하여 알아보고 경쟁적 전력시장의 도입의 타당성을 제시하였다.

#### 2. 사회적 이득의 최대화와 탄력성

##### 2.1 시장의 성립

시장이란 재화에 대한 정보가 생산자와 수요자 사이에서 교환되면서 재화의 가격이 형성되고 매매가 구체적으로 일어나는 매매체를 말한다. 이런 시장경제에서는 수요공급의 법칙에 의하여 거래당사자가 이익을 얻게 된다. 이런 경쟁시장이 성립하기 위해서는, 상품의 판매자와 구매자가 다수로 존재하여야 하고, 모든 생산자와 소비자들은 시장상황에 대해서 완전한 정보를 가지고 있어야 하고 시장의 진입과 이탈이 자유로워야 한다.

##### 2.2 탄력성과 사회적 이득의 관계

탄력성이란 가격의 변화율에 대한 판매량의 변화율을 측정하는 것으로 수요탄력성은 다음과 같이 표현된다.

$$\epsilon_d = \frac{\text{수요량의 변화율}(\%)}{\text{가격의 변화율}(\%)} \quad (1)$$

$\epsilon_d$  : 수요 탄력성

수요량의 변화율이 가격의 변화율보다 클 때는 가격의 변화율보다 수요량의 변화율이 더 커서 이득은 많아지고 수요량 변화율이 가격의 변화율보다 작아 비탄력적일 때는 그 반대가 된다. 수요량의 변화율과 가격의 변화율이 같을 때, 단위탄력적일 때는 가격변화로 인한 총수입의 변화분은 수요량변화 인한 총수입의 변화분에 의해 상쇄된다. 공급탄력성은 가격에 대한 공급 변화를 나타내는 데, 그 개념은 수요의 가격탄력성과 유사하다.

전력시장에서 재화인 전력의 가격은 생산자와 소비자의 이해관계에 의해 변동하게 될 것이고, 이들은 자신의 이득을 최대화하려고 하기 때문에 가격의 변화에 따라 그들의 판매량이나 소비량이 탄력성으로 나타나게 된다. 소비자의 입장에서는 전력가격이 올라갈 때 그들의 전력 소비량을 줄이고 가격이 내려갈 때 전력소비량을 증가시키려고 하는데, 전력사용의 규모가 클수록 이런 부하조절의 능력이 크기 때문에 좀 더 큰 탄력성을 가질 수 있다. 생산자의 경우 발전의 원료가격 등에 의해 변화되는 생산비용을 반영함으로써 탄력성을 가지게 된다. 시장의 참여자가 가격의 변화에 민감하게 반응할 수 있는 능력이 클수록, 즉 높은 탄력성을 가질 수 있는 시장참여자가 일수록 이득은 커지게 된다.

##### 2.3 사회적 이익

사회적 이익이란 소비자 잉여(Consumers' Surplus)와 생산자 잉여(Producers' Surplus)를 더한 것이다. 소비자 잉여는 소비자가 느낀 재화의 효용과 실제로 재화를 구입할 때 지불한 가격의 차이이고, 생산자 잉여는 실제로 재화를 판매하여 받은 가격과 생산자가 재화를 판매하고 싶은 가격의 차이이다.

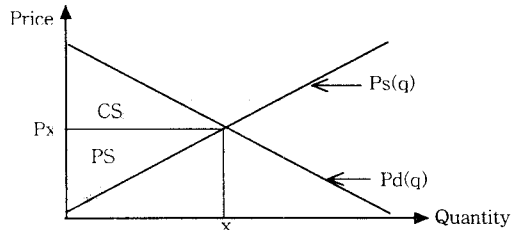


그림 1. 수요공급곡선과 사회적 이득

그림 1의 가로축은 재화의 양, 세로 축은 재화의 가격을 나타내며, 전력시장에서 거래량과 거래가격은 재화의 양이  $x$ , 재화의 가격이  $P_x$ 일 때 공급곡선과 수요곡선이 만나는 점 ( $P_x = P_d(x) = P_s(x)$ )에서 결정된다. 사회적 이득은 소비자와 생산자의 잉여를 나타내는 두 삼각형 ( $CS + PS$ )으로 나타나고 다음 식으로 표현된다.

$$\begin{aligned} SB &= CS + PS \\ &= \int_0^x [P_d(q) - P_x]dq + \int_0^x [P_x - P_s(q)]dq \quad (2) \\ &= \int_0^x [P_d(q) - P_s(q)] \end{aligned}$$

완전한 자유 경쟁시장에서는 균형가격이 공급자와 수요자에게 적절한 수요와 공급을 유도하는 지표(Signal)가 되어 자동적으로 최적 공급과 수요가 이루어지도록 하는 역할을 하게 된다.

### 2.4 목적함수

전력가격을 결정하는 목표는 참여자들의 이익의 합을 최대로 만드는 것이다. 각 참여자들의 이익은 생산비용 함수  $C(x)$ 와 효용함수  $U(x)$ 로 대표되며, 전체 참여자의 이익은 다음과 같다.

$$SB = \sum_{i \in C} U_i(x_i) - \sum_{j \in P} C_j(x_j) \quad (3)$$

$C$  : 소비자  
 $P$  : 생산자

전력가격결정의 목표가 이 사회적 이익 (SB)을 최대화 하는 것이므로 목적함수는  $\max(SB)$ 이다. 참여자들은 자신을 특징 짓는 방정식으로 자신을 표현한다.

생산비용함수는

$$C_i(Q_i) = a_i Q_i^2 + b_i Q_i + c_i \quad (4)$$

$Q$  : 전력량

로 나타나고 한계운영비용은

$$P_i(Q_i) = \frac{\partial C_i(Q_i)}{\partial Q_i} \quad (5)$$

로 나타난다. 각 발전기 용량과 한계비용의 관계에서 공급함수를 구할 수 있다. 발전기의 용량과 가격과의 관계를 이용하여 산포도를 그린 후 1차 회귀를 사용하여 회귀곡선을 그려서 공급함수를 나타내었고 이 함수의 기울기가 공급탄력성을 나타낸다.

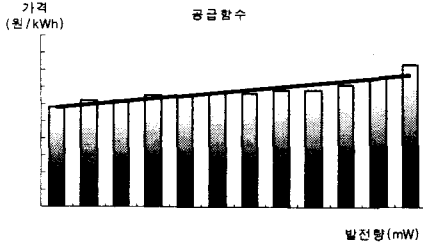


그림 2. 공급함수

수요함수는 가격에 따른 수요량의 변화로 나타나므로 다음 식과 같이 표현된다.

$$q = D(p) \quad (6)$$

$q$  : 재화의 양  
 $p$  : 재화의 가격

이 수요함수를 일차로 근사하면

$$D(p) = ap + b \quad (7)$$

로 쓸 수 있는데, (7)식에서 1차 계수  $a$ 는 수요의 탄력성(elasticity of demand)을 의미한다. 한계효용함수는 수요함수  $D(p)$ 의 역함수이고, 소비자가 재화를 소비할 때 얻는 효용의 증가분을 나타내는데, 이를 적분하면 소비자가 재화를 소비하여 얻는 효용을 나타내는 효용함수  $U(x)$ 가 된다.

$$U(x) = \int_0^x D^{-1}(q) dq = \int_0^x \frac{1}{a}(q-b) dq \quad (8)$$

$$= \frac{1}{2a}[(x-b)^2 - b^2]$$

전력시장이 도입되면 다수의 생산자와 다수의 소비자

가 전력시장에 대한 정보를 가지고 전력가격과 전력소비나 생산량을 조절함으로써 자신들의 이득을 최대로 하기 위해 노력하게 될 것이다. 이러한 것은 가격변화에 대한 전력량의 변화로 표현되는 탄력성으로 나타나게 된다. 즉, 전력사용량과 가격이 달라질 때마다 공급함수와 수요함수는 변하게 되고 전력시장의 참여자인 생산자와 소비자의 이득도 달라지게 된다. 전력가격을 결정하는 목표가 참여자들의 이익을 최대로 만드는 것이기 때문에 전력시장에 경쟁이 도입된 후 전력시장참여자의 이득변화는 중요하게 여겨진다. 전력시장참여자가 경쟁적인 전력시장에 참여했을 때 그들이 이익이 좀 더 증가한다는 것을 확실하게 되면 좀 더 적극적으로 경쟁적인 전력시장에 참여하려고 할 것이다.

본 논문은 전력시장이 도입된 후 전력가격과 전력소비나 생산량을 조절함으로써 탄력성을 가질 수 있는 생산자와 수요자의 이득변화와 이들의 합으로 나타나는 사회적 이득에 대해 사례연구를 하였다. 각 시간대별 전력사용량과 그 때의 한계비용을 이용하여 수요함수를 구성하였고 전력사용량은 매 시간마다 변하고 각 시간동안은 변하지 않는 것으로 가정하였다. 전력생산량은 매시간단위로 변할 수가 없기 때문에 공급함수는 하루동안 일정한 공급탄력성을 가진다고 가정하였다. 전력시장에 경쟁체제가 생기기 전에 전력생산자가 공급탄력성을 거의 갖지 않을 때와, 경쟁이 생긴 후 공급탄력성이 가질 때 하루동안의 전력사용량 변화에 따른 사회적 이득변화를 보았다. 전력시장의 참여자인 생산자와 소비자 이득의 변화를 비교해 보고, 탄력성에 따른 사회적 이득의 변화를 통해 탄력성이 큰 대규모 수용가와 탄력성이 작은 소규모 수용가가 경쟁시장에 참여했을 때, 이들 참여자의 부하량 변화에 따른 사회적 이득의 변화를 알아보았다.

### 3. 사례연구

본 논문에서 공급함수는 IEEE test system을 수정하여 사용하였고 이는 표 1에서와 같이 12개 발전기로 구성되어 있다.

표1. 발전기 용량과 발전비용

발전기	발전량(Mw)	가격(원/Kwh)
1	5700	58
2	7500	62
3	7500	62
4	6600	65
5	5900	65
6	2950	66
7	2950	66
8	2850	68
9	2850	68
10	11200	71
11	6700	75
12	660	83

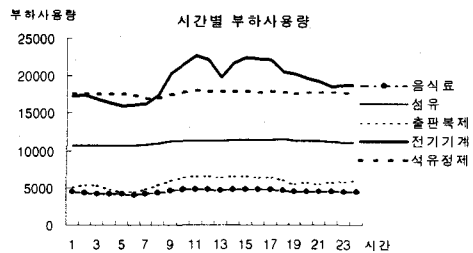


그림 3. 5개 업종의 시간별 부하량

수요함수는 1994년의 5개 업종의 매 시간별 평균전력사용량을 이용하여 구성하였고 부하의 형태는 그림 3에 나타내었다.

공급탄력성이 있을 때와 공급탄력성이 없을 때 사회적 이득의 변화를 살펴본 것을 그림 4이다. 생산자가 경쟁적 시장에서 탄력성을 가지게 되면 사회적 이득은 늘어나는 것을 알 수 있다.

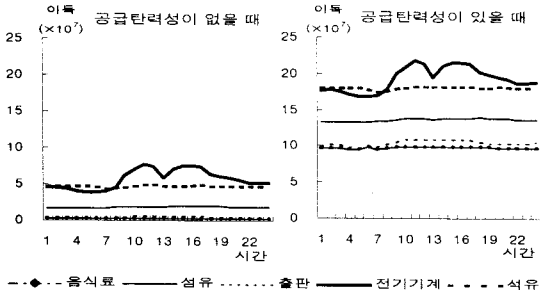


그림 4 공급탄력성에 따른 사회적 이득변화

그림 5는 수요탄력성은 0.5이고 공급탄력성이 없을 때 생산자와 소비자의 이득변화를 본 것이다. 그림 5의 오른쪽은 소비자의 이득변화, 왼쪽은 생산자 이득변화를 나타내었다. 공급탄력성이 없는 경우에는 생산자의 이득은 거의 0 근처에서 변동하기 때문에 생산자의 이득을 보장하기 어렵고 이득이 생긴다고 하더라도 소비자가 얻는 이득에 비해 아주 작다.

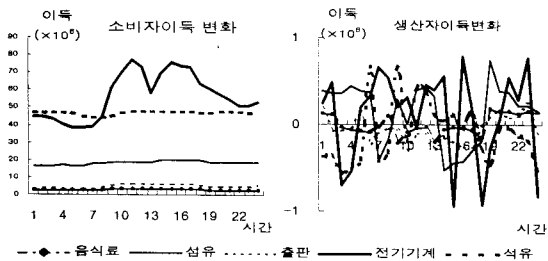


그림 5. 공급탄력성이 없을 때 시장참여자의 이득변화

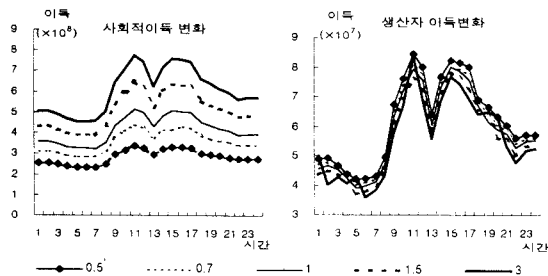


그림 6. 수요탄력성에 따른 사회적 이득과 생산자 이득의 변화

그림 6은 수요탄력성에 따른 사회적 이득변화와 생산자의 이득변화를 나타내었다. 공급 곡선이 일정한 상태에서 수요탄력성 증가함에 따라 사회적 이득은 하루동안 평균  $3.3 \times 10^6$  정도 커지고 생산자의 이득은  $2.5 \times 10^6$  정도 줄어든다. 하지만 사회적 이득의 증가가 생산자의 이득감소보다 크게 나타나기 때문에 소비자가 탄력성을 높일 수 있으면 사회적 이득이 커진다.

그림 5와 같은 수요탄력성을 가지고 공급탄력성이 0.3일 때, 소비자와 생산자의 이득변화를 그림 7에 나타내었다. 생산자가 전력시장에서 가격을 조절할 수 있는 탄력성을 있으면 탄력성이 없을 때에 비해 많은 이득

을 얻을 수 있다.

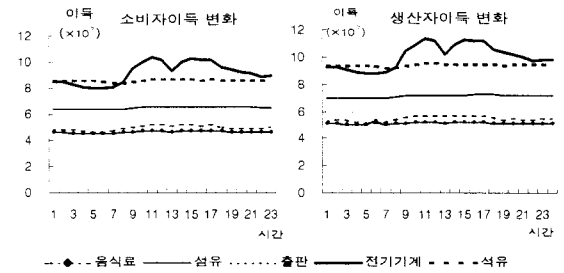


그림 7. 공급탄력성이 있을 때 시장참여자의 이득변화

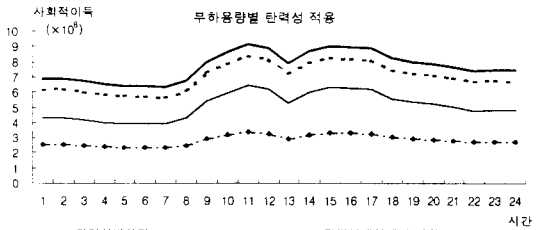


그림 8. 부하용량별 탄력성 적용시 사회적 이득변화

전력시장에 참여하는 소비자의 탄력성이 모두 0.5이다가 업종별로 0.2 증가했을 때 이득의 변화를 그림 8에 나타내었다. 5개 업종의 전력사용자 중 가장 큰 전력사용자인 전기기계업종에서 탄력성이 변했을 때 이득변화와, 전기기계업종과 석유정제업종에서 탄력성이 증가했을 때 사회적 이득변화 등을 나타내었다. 같은 탄력성을 적용하더라도 대규모 수용가가 전력시장에 참여할수록 얻어지는 사회적 이득의 변화가 커진다.

### 3. 결 론

전력시장에 다수의 생산자와 소비자에 의해 경쟁이 생기기 되면 이들은 자신들의 이익을 최대화하기 위해 가격에 대해 민감하게 반응하게 될 것이다. 이런 가격에 대한 반응은 전력 시장참여자의 이득과 사회적 이득을 변하게 하는데 이득의 변화는 기존 전력산업체계에서의 생산자와 수요자들의 이득에 관계된 것이다. 본 논문에서는 부하량에 따라 변하는 수요함수와 공급함수를 통해 사회적 이득과 전력 시장참여자들의 이득변화를 알았다. 전력시장의 참여자가 탄력성을 0.1 증가시키면 사회적 이득은 평균  $2.2 \times 10^7$ 이 증가한다는 결과를 얻었다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] Poonsaeng Visudhiphan, Marija D. Ilic, "Dynamic games-based modeling of electricity markets", IEEE, 1999
- [2] M.C.Caramanis, R.E.Bohn, F.C.Schweppe, "Optimal spot pricing: Practice and theory", IEEE Thans on. PAS, Vol.PAS-101, No.9, pp.3234~3245, Sep, 1982
- [3] G.Strbac, E.D.Farmer, B.J.Cory, "Framework for the incorporation of demand-side in a competitive electricity market", IEE Proc.-Gener. Transm., Distrib., Vol.143, No.3, pp.232~237, May 1996
- [4] 최준영, 박종근, "공공의 이익을 최대화하는 시변화 유효 및 무효전력요금에 관한 연구", 전기학회 논문지, 42권, 7호, pp.19~26, 1993년 7월
- [5] 김준현, 정도영, "사회이익을 최대로 한 적정첨두부하 요금 결정에 관한 연구", 전기학회 논문지, 41권, 11호, pp.1257~1266, 1992년 11월
- [6] 주명진, 주상영, "경제학원론", 박영사