

## 전기산업의 공급 할당, 가격정책 및 전기 저장

남 익 현\*

.....

전기와 관련된 고정전기요율은 전기공급업체의 비용을 보전하도록 결정된다. 고정요율제 하에서는 전기 수요가 절감되지 않고, 따라서 전기 부족으로 인한 사회적 비용이 발생하게 된다. 본 연구에서는 최근 이슈가 되고 있는 전기 공급 부족 문제에 대한 대응방안에 대해 살펴본다. 구체적으로, 전기 공급을 수요자에게 할당하는 물량 할당제, 가격 인상을 통한 수요 제거, 송전기술을 이용한 전기 저장 등을 분석하고 있다. 분석의 편의를 위해 생산 용량의 한계가 상황변수로 주어지는 단기적 분석을 가정한다. 추가적으로, 장기적인 상황에 대해서도 간략하게 논의한다.

주요어: 물량 할당제, 가격 인상, 전기 저장, 전기 공급 부족

.....

이 논문에서는 최근 이슈가 되고 있는 전기 공급 부족 문제에 대한 대응방안으로 고려할 수 있는 전기할당제에 대해 살펴보고 이의 대안으로 전기요금 인상에 대해 검토하고자 한다. 전기 성수기에는 공급 능력에 비해 전기 수요가 초과하여 여러 가지 사회문제를 발생시킬 수 있다. 전기가 부족한 상황에서 택할 수 있는 방안으로는 전기 공급을 수요자에게 할당함으로써 정전을 예방하는 방법이 있을 것이며, 또한 가격 인상을 통해 소비자의 전기 수요를 감소시켜 전기 부족을 방지하는 방법이 있을 것이다. 그리고 전기 저장 기술이 보편화된다면 비수기에 여유 생산 용량을 활용하여 생산된 전기의 일부를 저장하였다가 성수기에 초과 수요를 만족시키는 데 활용할 수 있을 것이다. 이러한 전기 저장 또한 성수기에서의 전기 부족에 대한 대응방안의 하나로 볼 수 있다.

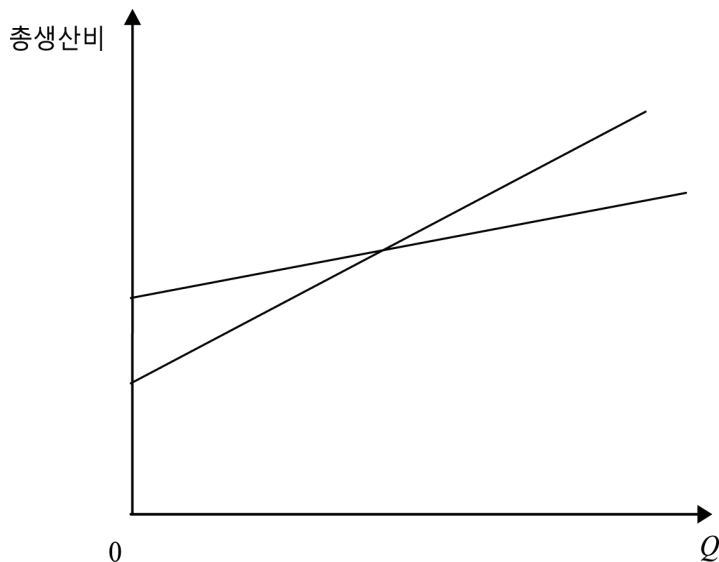
전기 관련 정책담당자에 의해 결정되는 고정전기요율은 시장의 수요-공급에 의해 결정되는 것이 아니라 전기공급업체의 비용을 보전하도록 결정된다. 따라서 고정전기요율제가 적용될 경우 전기공급업체의 입장에서는 자신들이 전기 생산에 소요되는 원가

---

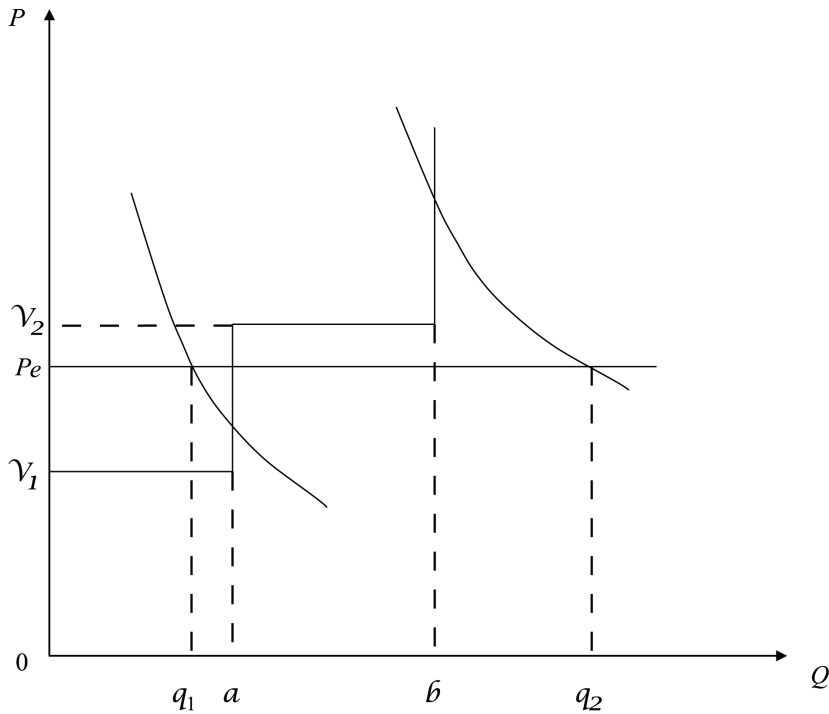
\*서울대학교 경영대학 교수

절감을 위해 노력할 인센티브가 적어진다. 또한 고정요율제는 소비자에게도 인센티브 상의 문제를 발생시킨다. 시장 기능에 의해 전기 가격이 형성된다면 수요가 피크일 때 전기 생산 공급의 제한에 의해 전기 가격이 상승하여야 한다. 이러한 가격 상승은 소비자로 하여금 전기 수요를 감소하도록 하여 수요-공급의 조정이 이루어지게 된다. 하지만 고정요율제 하에서는 전기요율이 일정하기 때문에 전기 성수기에도 일정한 요율로 적용되어 소비자가 전기를 절감할 이유가 적어진다. 이러한 이유로 인해 전기 수요가 절감되지 않고 따라서 전기 부족이 발생하고 정전 등의 사고가 발생할 수 있게 되며 결과적으로 커다란 사회적 비용이 발생하게 된다. 우리나라에서 2011년 9월 발생한 정전 사고도 보다 심각한 피해로 번지지 않았으나 그 자체로 커다란 피해를 주었다.

분석의 편의를 위해 우리는 생산용량의 한계가 상황변수로 주어진다는 것, 즉 단기적 분석을 전제하기로 한다. 단기적 분석에서 생산용량은 고정되어 있으므로 고정비는 매몰원가(sunk cost)가 되므로 전기 생산에 관한 의사결정에 영향을 주지 않는다. 따라서 전기생산업체의 입장에서 볼 때, 전기 공급의 원천별로 변동비를 초과하는 전기 가격에 대해서는 전기 공급을 할 것이다. <그림 1>에서 나타난 것처럼 두 가지 유형의 전기 생

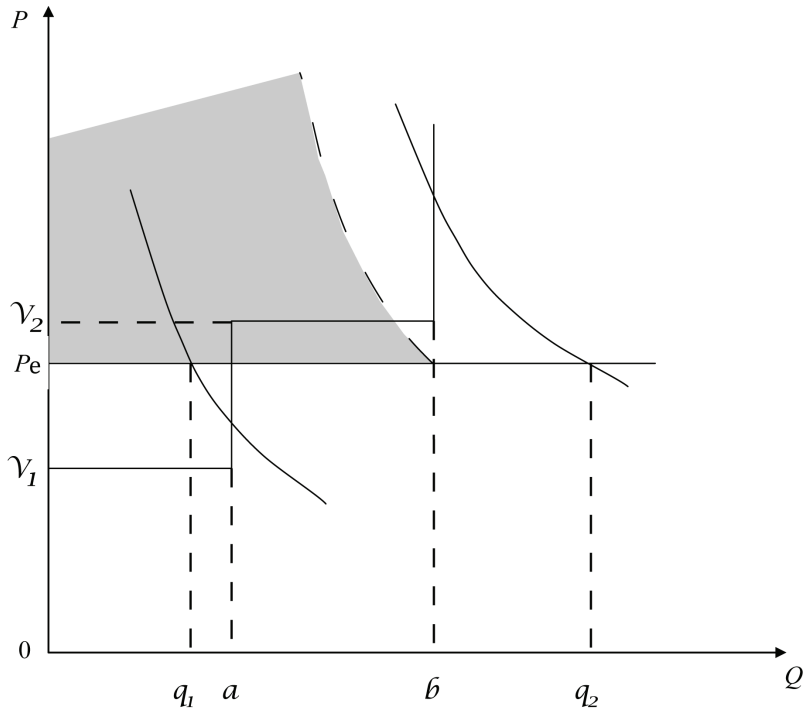


<그림 1> 생산방식별 변동비 및 고정비



〈그림 2〉 수요-공급 곡선

산 방식이 존재하며 한 유형에서는 고정비가 적은 대신 변동비가 크며 다른 유형에서는 고정비가 크고 변동비가 적은 것을 알 수 있다. 전기 수요는 시기적으로 비수기와 성수기로 나누어지는데, 성수기에는 동일한 가격에 전기 수요가 비수기에 비해 더욱 클 것이다. 이러한 전기 공급과 전기 수요를 나타내는 것이 〈그림 2〉다. 우리는 보다 구체적인 분석을 위해 〈그림 2〉에 나타나는 형태를 상정하기로 하자. 변동비가 낮은 유형의 생산설비는 생산용량이  $a$ 이고 변동비가 높은 생산설비의 경우 생산용량이  $b$ 라는 것을 알 수 있다. 〈그림 2〉에서 보면 성수기에 고정요율을 적용할 경우 전기 초과 수요가 발생함을 알 수 있다.



〈그림 3〉 고정가격제 하에서 성수기 소비자 잉여

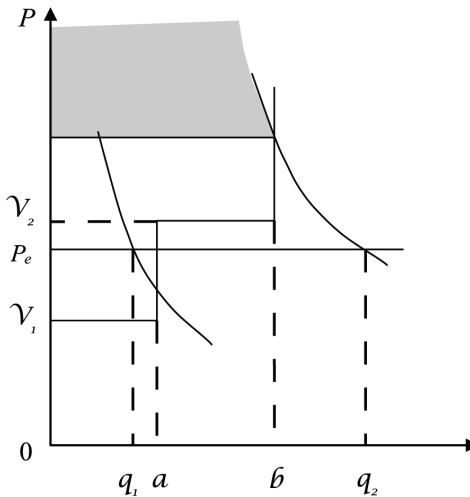
### I. 물량 할당제

전기 성수기에 고정요율제를 적용할 경우 전기 공급 부족이 발생할 수 있다. 전기 부족 상황에서 고려해 볼 수 있는 방안이 모든 소비자가 공평하게 전기를 사용할 수 있도록 공급량을 강제로 감소하도록 하는 것이다. 〈그림 2〉에서 전기 성수기에  $q_2$ 에 해당하는 수요가 발생하는 데 반해 공급 가능한 전기량은  $b$ 에 한정됨을 알 수 있다. 전기 물량을 강제 할당하는 방법에는 여러 가지가 있을 것이다. 이 논문에서는 수요에 비례하여 할당한다고 가정한다. 이 경우  $q_2$ 의 수요를 구성하는 모든 소비자에게 원하는 수요의  $b/q_2$ 에 한해서만 공급하는 것이다. 이 경우 각 소비자는 원하는 전기량 중  $(q_2 - b)/q_2$  만큼은 공급을 받지 못하게 된다. 이러한 강제 할당의 경우 소비자 잉여를 계산해보면 〈그림 3〉에서 표시된 바와 같이 기존 소비자 잉여의  $b/q_2$  만큼으로 조정되게 된다.

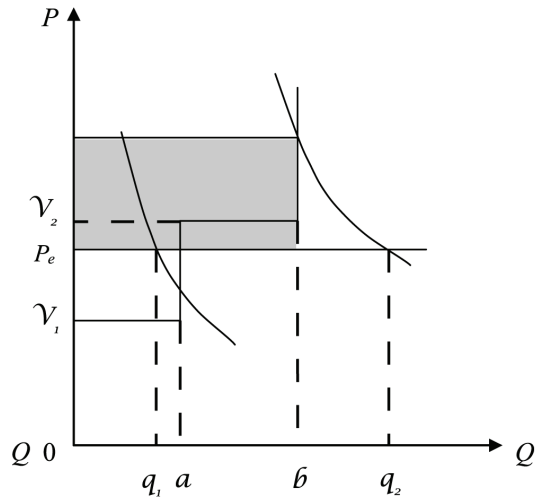
## II. 가격 인상

이제 가격 인상으로 성수기의 초과 수요를 제거하는 방안에 대해 살펴보기로 하자. 이 경우 발생하는 소비자 잉여는 <그림 4>에 표시된 바와 같다. 가격 인상을 통한 초과 수요의 제거로부터 발생하는 소비자 잉여는 물량 할당으로부터 발생하는 소비자 잉여보다 큰 것을 확실하게 알 수 없다. 즉, <그림 3>의 소비자 잉여가 <그림 4>의 소비자 잉여보다 클 수도 있고 반대의 경우도 발생한다.

여기서 가격 인상을 통한 경우 생산자 잉여에 발생하는 변화에 대해 살펴보기로 하자. 초과 수요를 제거하기 위해 가격을 인상할 경우 발생하는 생산자 잉여는 <그림 5>의 직사각형에 해당한다. 따라서 소비자 잉여와 생산자 잉여를 합친 총잉여는 강제 할당의 경우보다 분명히 크게 된다. 즉 가격 인상으로 발생하는 총잉여는 고정요율제 하에서 강제 할당하는 경우 발생하는 소비자 잉여에 비해  $q_2/b$ 배 만큼 크게 된다. 여기서 생산자 잉여에 해당하는 부분은 가격 인상으로 인해 발생하는 전기공급업체의 이윤 증가로 볼 수 있다. 여러 가지 정책적 수단을 통해 이와 같이 추가된 생산자 잉여를 소비자에게 환원할 수 있는 기제가 있다면 가격 인상으로 인한 방안이 소비자 잉여 측면에



<그림 4> 가격 인상에 따른 소비자 잉여



<그림 5> 가격 인상에 따른 이윤 증가

서도 소비자에게 보다 유익할 수 있는 것이다.

우리가 물량 할당과 가격 인상을 비교할 때 추가로 고려할 요인은 수요 예측의 불확실성이다. 전기 수요는 날씨 등 다양한 확률적인 요인에 의해 영향을 받는다. 물량 할당의 경우 전기 생산계획에 의해 확보된 전기 물량을 소비자에게 할당하는 관계로 확률적 불확실성을 완화시킬 수 있다. 일정 시간 이전에 전기 공급량에 대한 정보 획득이 가능하며 이를 소비자에게 할당하는 계획을 수립하고 집행할 수 있기 때문이다. 반면 수요 억제를 위한 가격 인상은 전기 수요함수 자체가 확률적인 요인에 의해 영향을 많이 받기 때문에 어느 정도 가격을 인상하여야 할지를 정확히 예측하기 곤란하다. 또한 전기 수급을 일치시키기 위해 가격 인상폭을 수시로 변경하는 것도 소비자에게 커다란 불편을 줄 수 있다.

지금까지 전기 부족에 대비하여 물량 할당을 시도할 수도 있으며 가격 인상을 통해 전기 수요를 통제할 수도 있음을 살펴보았다. 현재의 기술 수준에서는 경제적 실행 가능성이 낮지만 고려해 볼 수 있는 대안이 전기의 대량 저장이다. 만약 전기를 대량으로 저장할 수 있다면 전기 공급능력의 여유가 있는 시간대에 전기를 생산해 저장했다가 전기 성수기에 공급 부족분을 보충할 수 있을 것이다. 이러한 가능성과 더불어 전기의 지역적 이전을 통한 대안에 대해 다음에 살펴 보기로 하자.

### III. 전기 저장

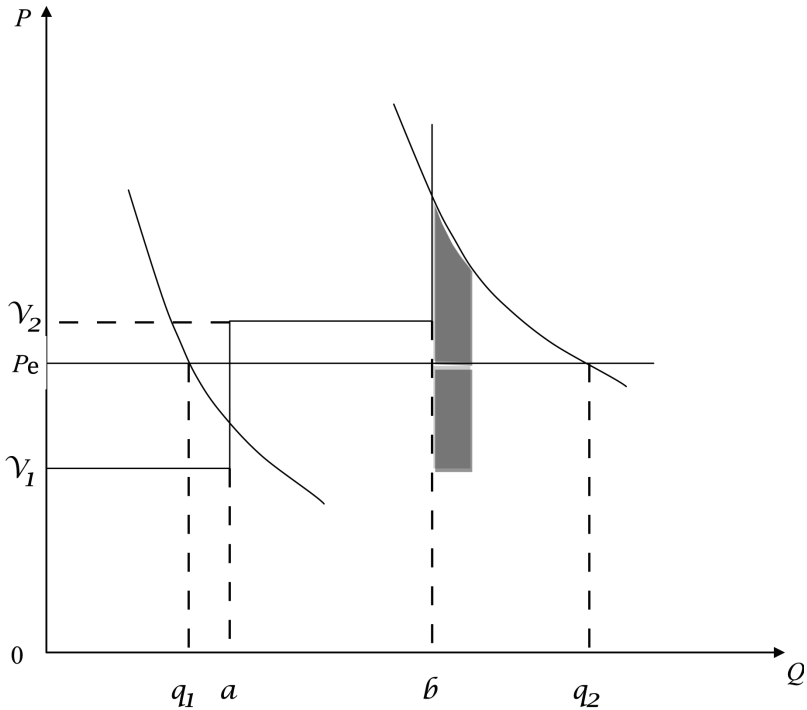
우리는 같은 시점에 지역별 전기 수요의 차이를 극복할 수 있는 미래의 기술에 대해 살펴보기로 하자. 제조업에서 생산지와 소비지의 차이를 극복하는 것이 물류 시스템이라고 할 수 있다. 즉, 생산지에서 생산된 물건을 여러 소비처에 배달하는 기능을 물류라고 할 수 있을 것이다. 이러한 물류의 개념을 전기에 적용할 경우, 이를 송전이라고 할 수 있을 것이다. 전기 송전은 발전소에서 생산된 전기를 대용량으로 소비처로 이동시키는 역할을 하는 것이다. 송전된 전기를 개별 소비자로 나누어 주는 기능을 배전이라고 한다. 따라서 송전이라 함은 제조업에서 비유한다면 공장에서 생산된 물건을 물류센터 혹은 소매상에 배달하는 것으로 볼 수 있다. 미래에 넓은 지역 간 송전 기술이 발전하여 송전 비용이 저렴해질 경우 성수기와 비수기 시간대를 이전하도록 함으로써 전기 생

산과 소비를 합리화할 수 있을 것이다. 즉, 전기 소비가 낮은 시간대에 속한 발전소에서 전기를 생산해 시차가 다른 지역의 전기 수요를 저렴하게 충족시킬 수 있다면 총비용을 최소화하는 것이 가능해진다. 송전 기술이 발전해 송전 비용이 획기적으로 감소된다면 지역별 수요의 차이를 활용해 전 세계적으로 전기 생산설비의 합리화를 도모할 수 있을 것이다. 하지만 이를 실현하기 위해서는 송전 기술뿐만이 아니라 지역 간의 전기 생산 및 소비에서 기준을 표준화해야 하는 등의 전제조건이 충족되어야 할 것이다.

송전 기술에 더하여 전기 관련 기술 중 경제적 효과에서 매우 중요한 것이 저장 기술이라고 할 수 있다. 전기 저장은 제조업에서 재고와 마찬가지로 생산시점과 소비시점의 간격을 이어주는 역할을 한다. 제조업에서는 고객으로부터 주문을 받은 후 제품을 생산하게 되면 고객의 수요를 충족시키는 데 시간이 많이 소요되므로 수요 발생에 대해 미리 생산해서 재고로 보유하고 있다가 소비자에게 판매한다. 또한 수요의 비수기에 생산용량의 여유가 발생하는 데 이때 생산여력을 활용하여 생산을 하고 제품을 재고로 보유하고 있다가 성수기에 생산용량의 부족분을 재고로 보충하는 것도 재고의 중요한 역할 중 하나다.

전기 저장 기술이 현실화된다면 전기 수요가 낮은 시간대에 여유 생산능력을 활용하여 전기를 생산해 두었다가 이를 저장하여 전기 공급능력이 수요보다 부족할 때 사용할 수 있게 된다. 이는 전기 수요의 피크에 대비한 최대 전기 생산용량을 낮게 할 수 있으며 따라서 전기 생산설비에 대한 투자비를 경감할 수 있게 한다. 즉 최대 전기 생산용량을 낮추고 또한 전기 수요의 피크와 비수기 사이의 변동폭을 실질적으로 감소시킬 수 있게 된다. 먼저 이 논문에서 다루는 예에서는 전기 생산 유형이 두 가지 있고 전기 수요도 성수기와 비수기가 확률적으로 발생한다고 하자.

고정요율제를 적용하는 경우 전기 저장 기술이 미치는 경제적 효과에 대해 살펴보자. 이 논문에서 다룬 고정요율제의 경우, 전기 저장 기술의 효과는 명확하게 나타난다. <그림 6>에서 보듯이 비수기의 경우 여유 생산능력이  $a - q_1$  발생하는데, 이를 활용하여  $a - q_1$ 만큼의 전기를 저렴한 변동비 원가  $v_1$ 에 생산해 저장했다가 전기 수요 성수기에 이를 제공할 수 있다. 계산의 편의상 전기 저장 비용은 0이라고 가정하자. <그림 6>에서 보는 것처럼 성수기에 저장했던 전기를 사용하면 전기공급업체의 이윤도 저장 기술이 없는 경우보다  $(a - q_1)(p_e - v_1)$ 만큼 증가함을 알 수 있다. 또한 소비자 잉여에 있어서도 <그림 6>에서 표시된 것처럼 증가된다. 따라서 전기 저장 기술은 전기공급업체



〈그림 6〉 전기 저장에 따른 이윤 증가와 소비자 잉여 증가

와 소비자 모두에게 혜택을 제공함을 알 수 있다.

이런 효과의 원천은 전기 수요가 낮은 시간대에 여유 생산용량을 이용하여 낮은 원가로 전기를 생산하여 이를 저장했다가 전기 수요가 폭발하는 시간대에 활용하는 데 있다. 비수기에 [유형 1]의 여유 생산용량을 활용하는 것에 대해 살펴 보았는데, 이에 더해 추가적인 분석이 가능하다. 전기 비수기에 [유형 1]의 여유 생산능력에 더하여 [유형 2]의 생산능력을 활용하는 것이 보다 경제적인 수 있다. 전기 성수기에 전기 부족 비용이 막대할 경우 비수기에 [유형 1]뿐만 아니라 [유형 2]의 생산능력도 활용하여 추가로 전기를 생산한 후 이를 재고로 보유하다가 전기 성수기에 사용하는 것도 고려할 수 있다. 만약 전기 저장에 소요되는 비용이 큰 경우 해당하는 비용만큼을 차감하여야 하며 저장 비용이 큰 경우 오히려 저장 전기를 사용하는 것이 비용이 많이 들어 손해가 될 수 있다. 고정요율이  $v_2$ 보다 큰 경우에는 비수기에 [유형 1]의 잉여 생산용량만을 활용하는 것이 아니라 [유형 2]까지 이용하여 전기를 생산/저장하였다가 성수기에 활용하



는 것이 이윤 증대에 보다 도움이 될 수 있다. 그 이유는 [유형 2]라 하더라도 전기 생산의 변동비 이상의 가격을 받을 수 있기 때문에 수요가 허락하는 한 추가 생산을 하는 것이 유리해지기 때문이다.

앞선 분석한 바를 요약한다면 전기 재고가 가능할 경우 기존에는 비수기에 [유형 1]을 활용하고 성수기에 [유형 1]과 [유형 2]를 활용하던 것을 항상 [유형 1]과 [유형 2]를 활용하여 전기를 생산하고 전기 소비 후 잉여 전기에 대해서는 저장하였다가 성수기에 사용하는 전략이 가능해지고, 이로 인해 경제적 효과를 얻을 수 있다는 것이다. 즉, 전기 생산능력을 항상  $[0, b]$ 로 확보하여 이 중 일부를 재고로 활용하는 것이 가능해지고 이것이 경제적 효과로 나타난다는 것이다.

#### IV. 기타

우리가 분석한 내용은 전기 생산 용량이 주어진 경우를 전제로 한 단기적 분석이었다. 하지만 장기적 분석의 경우 전기 생산 용량이 새로이 의사결정 변수로 들어오게 된다. 고정요율제 하에서 전기생산업자의 입장에서는 높은 전기 수요가 발생할 경우 이에 대한 전기 공급이 가능하도록 생산용량에 대한 투자가 필요할 것이다. 하지만 이러한 투자는 경제적 타당성이 결여되기 쉽다. 전기 수요의 피크는 일시적으로 발생하는 데 이를 충족하기 위한 설비에 대한 투자는 매우 크므로 투자비 회수가 어려운 경우가 많다. 이 경우 투자비를 보전하기 위해 소비자에게 부과하는 전기요금이 상승할 수밖에 없게 된다. 따라서 고정요율을 적용하는 대신에 실시간으로 가격 조절을 통해 전기 수요를 억제하는 것이 전체 사회적 잉여를 볼 때 타당할 수 있는 여지가 발생한다. 만약 전기생산업자의 생산 비용을 포함한 전체 비용을 가격을 통해 소비자가 지출하는 금액으로 보전한다고 할 때, 전기 수요의 피크를 충족하기 위해 투자된 생산설비의 비용을 소비자가 부담해야 하며 이러한 비용은 전기 수요의 피크는 일시적으로 발생한다는 점에서 불필요하게 과다할 수 있다. 따라서 실시간 가격제는 전기 수요 피크에서 높은 가격이 형성됨으로써 단기적 관점에서는 소비자 잉여를 감소시키는 측면이 있지만 불필요한 설비 투자를 억제하여 장기적 관점에서는 사회적 잉여를 증가시키는 역할을 할 수 있다. 또한 성수기에 전기 가격 상승에 따라 전기 수요를 감소시켜 정전의 가능성을 줄

이는 것도 사회 전체의 잉여 증가에 기여한다고 볼 수 있다.

또한 소비자와 생산자의 잉여에 추가하여 고려할 수 있는 것이 환경에 따른 가치다. 전기 생산설비의 투자와 운영에는 환경오염의 요인이 발생한다. 생산설비를 건설하는데 여러 가지 자원의 활용이 필요하며 보다 명시적인 것은 전기 생산에 사용하는 연료로부터 환경오염이 발생하고 CO<sub>2</sub>가 배출된다. 따라서 실시간 가격으로 전기 소비를 억제할 경우 생산설비의 투자를 경감함으로써 발생하는 잉여에 더해 환경 보호에 따른 사회적 가치의 증가가 발생한다. 이러한 환경가치는 점차 그 중요성이 커지므로 명시적으로 고려해야 할 것이다.

## 참고문헌

- Severin Borenstein, The Long-Run Efficiency of Real-Time Electricity Pricing, *The Energy Journal*, 26(3), 2005, pp. 93-116.
- Borenstein, Severin & Stephen P. Holland, *Investment Efficiency in Competitive Electricity Markets With and Without Time-Varying Retail Prices*, Center for the Study of Energy Markets Working Paper No. 106, University of California Energy Institute, 2003.
- David M. Kreps, *A Course in Microeconomic Theory*, Princeton University Press, 1990.
- Jean Tirole, *The Theory of Industrial Organization*, The MIT Press, 1988.

## The Responses for Electricity Shortage: Supply Allocation, Pricing and Storage

Nam, Ick-Hyun\*

The price for electricity is fixed, considering the costs of electricity providers. Under a fixed price scheme, electricity demand at the peak season does not decrease, causing the serious problem for the electricity shortage. This study examines responses to the current issue, electricity shortage. Specifically, allocating electricity to customers, demand decrease through pricing, and electricity storage are examined. For the simplicity of the analysis, we assume that the capacity of electricity is fixed. In addition, we address the long-term plan in which the capacity can be changed.

Keywords: Electricity Shortage, Supply Allocation, Pricing, Storage

---

\*Professor of Operations Management, College of Business Administration, Seoul National University