

# 선도 계약 시장이 전력 시장의 거래 성과에 미치는 영향에 관한 연구

## A Study on the Impact of the Forward Contract on the Electricity Market Performance

이 수 경, 장 대 철, 안 병 훈  
KAIST 테크노 경영대학원

### 초록:

전력 거래 체제에 관한 기존의 연구들은 분석의 편의를 위해 복잡한 전력 시스템을 너무 단순화하여 현실성을 좀더 반영해야 할 필요가 있었다. 본 논문에서는 양방향 입찰의 전력 도매 경쟁 시장에서 선도 계약 시장의 도입과 가격 결정 방식의 변화가 장기적으로 전력 가격의 수준 및 변동성, 그리고 발전회사들의 이윤과 같은 시장 성과에 미치는 영향에 대해 실제 데이터를 적용한 객체 기반 모형 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 시뮬레이션 결과, 선도 계약 시장이 도입되는 경우 전력 가격은 상승하며 투자가 활발하게 발생하고, 가격결정방식이 단일 가격에서 차별 가격으로 바뀌는 경우 전력 가격과 가격 변동성이 감소하였다.

### 제 1 장 연구의 배경 및 목적

전력 산업에서의 경제적 효율성을 높이기 위해 영국에서 최초로 발전 부문에 경쟁이 도입된 이래, 지금도 우리나라를 비롯한 여러 나라에서 전력 산업 구조 개편 과정이 진행되고 있다. 이와 관련하여 구조 개편의 결과 발생하는 전력 시장에서 발전 회사들의 시장 지배력을 억제하고 장기적으로는 공급의 안정성을 유지하도록 하는 전력 거래 체제의 설계 이슈가 다양하게 논의되어 왔다.

특히 선도계약시장에 대해서는, 거래자로 하여금 수요의 변동성으로 인한 전력 가격과 물량의 변동에 의한 위험을 줄일 수 있으며 또한 선도 계약의 전략적 사용을 통해 발전회사의 시장 지배력을 억제할 수 있다는 주장이 제기되어 왔다. 한편 가동한 발전기에 대해 단일 가격으로 보상할 것인가 혹은 그 발전량에 대한 입찰 가격으로 보상할 것인가에 관한 문제에 대해서는 대부분의 연구 결과가 소비자가 부담하는 가격이 단일 가격에 비해 입찰 가격, 즉 차별 가격으로 보상할 때 더 높다는 주장을 뒷받침하고 있다.

그러나 선도계약시장 및 가격 결정 방식에 관련된 기존의 연구들은 분석의 편의를 위하여 현물시장에서의 입찰 및 정산 과정 등에 있어 복잡한 거래 규칙을 단순화하였고, 장기적으로 시장 성과에 미치는 영향에 대한 고려도 부족하다. 따라서 본 연구에서는 실제 거래 규칙을 최대한 반영한 객체 기반 모형 시뮬레이션을 통해 양방향 입찰의 전력 도매경쟁시장에서 선도계약시장과 가격 결정 방식이 전력 가격 및 공급 안정성과 같은 시장 성과에 장기적으로 어떠한 영향을 미치는가를 분석하였다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 우선 2 장에서는 전력 거래 체제의 설계와 관련하여 선도계약시장과 가격 결정 방식에 대한 기존의 연구 결과들을 간략히 소개한다. 3 장에서는 본

연구에서 사용한 시뮬레이션의 내용과 주요 분석 결과를 설명하고 4 장에서는 연구 결과를 요약하고 연구의 시사점 및 한계, 그리고 향후 관련 연구의 진행 방향에 대해 논의한다.

## 제 2 장 문헌 연구

우선 전력 거래에 있어 선도 계약 시장이 시장 성과에 미치는 영향에 관한 연구로 Gans, et al.(1998), Green(1999), Wolak(2000), Bower and Bunn(1999), 그리고 Brandts, et al.(2003) 등이 있다. 이들은 대부분 선도 계약 시장이 도입되는 경우 현물 시장에서 발전 회사의 시장 지배력 행사와 관련된 전략적 행동이 감소할 것이라고 주장하였다. Gans, et al.(1998)은 쿠르노 형태의 현물시장을 가정하고 발전 회사들은 선도 계약 시장이 존재하는 경우, 현물 시장 거래량에 해당하는 물량을 선도 계약을 통해 매도하고자 하며, 이로 인해 발전량은 증가하고 전력 가격은 하락함을 보였다. Green (1999)은 공급함수모형을 이용하여 영국의 전력풀이 개설된 이후 초기 6 년간 주요 발전 회사인 National Power 와 PowerGen 이 현물시장 거래량의 대부분을 선도 계약을 통해 헷징하였으며, 이 기간 동안 이들의 시장 지배력이 약화되었음을 이론적, 실증적인 증거를 사용하여 주장하였다. Wolak (2000) 또한 도매 경쟁 단계 초기에 체결된 금융적 헷징계약이 시장 지배력을 완화시킬 수 있다고 주장하였다. Bower and Bunn (1999)은 객체 기반 모형 시뮬레이션(Agent-based Model Simulation)을 통해 외생적으로 주어진 선도 계약 물량이 증가함에 따라 현물시장에서 발전 회사들의 전략적 행동이 감소함을 보였다. Brants, et al.(2003) 역시 학생들을 대상으로 한 모의 실험으로부터 선도 계약 시장에 대해 위의 주장

들과 일관된 결과를 얻었다.

가격 결정 방식의 차이가 전력 시장의 성과에 미치는 영향에 관한 연구로는 Bower and Bunn (1999), Federico and Rahman(2003), 그리고 Rassenti, et al.(2003) 등이 있다. Bower and Bunn(1999)과 Federico and Rahman(2003)은 차별 가격 정산 방식(Discriminatory Pricing; Pay-as-Bid)에 의해 정산하는 경우 단일 가격 정산 방식(Uniform Pricing; Pay-as-SMP)에 비해 전력 가격이 낮게 형성됨을 보였다. 한편 Rassenti, et al.(2003)은 수요의 주기성을 고려하여 차별 가격 정산 방식 하에서 전력 가격이 더 높게 형성된다고 주장하였다.

그러나 이상에서 언급한 연구들은 앞서 말한 바와 같이 현물 시장을 지나치게 단순화하였고<sup>1</sup>, 발전회사의 투자 의사 결정을 고려하지 않았기 때문에 선도 계약 시장과 가격 결정 방식이 장기적으로 시장 성과에 미치는 영향에 대해 연구가 필요하다.

## 제 3 장 시뮬레이션

### 3.1. 시뮬레이션 과정과 분석 내용

선도 계약 시장과 가격 결정 방식이 시장 성과에 미치는 영향을 파악하기 위해 선도 계약시장이 존재하지 않는 경우와 존재하는 경우, 그리고 단일 가격 정산 방식(Pay-as-SMP)으로 가격이 결정되는 경우와 차별 가격 정산

<sup>1</sup> 이들은 대부분 현물시장에서 발전소(발전 회사)들의 입찰 함수를 연속적이라고 가정하거나, 혹은 현물시장을 쿠르노 경쟁 시장이라고 가정하였다. 또한 선도 계약 시장의 효과와 관련된 연구들은 대개 선도계약 물량과 가격이 외생적으로 주어진다고 가정하여 현실과 차이가 있다.

방식(Pay-as-Bid)으로 가격이 결정되는 경우에 대해 2002년의 발전 회사들의 설비 자료(전원, 설비량, 잔존 연수 등) 및 시장 거래 자료를 초기값으로 사용하여 25년을 주기로 하여 20회에 걸친 시뮬레이션을 실시하였다. 시장 성과로는 현물시장에서의 계통 한계 가격 및 전력구매자가 총 거래 물량에 대해 지불하는 평균 가격과 설비 예비율을 측정하였다.

### 3.2. 시뮬레이션의 주요 알고리즘

선도 계약 시장에서 발전회사와 전력구매자가 어떤 논리에 의해 계약을 체결하는가에 관한 연구는 아직까지 거의 없다. 본 연구에서는 선도 계약이 발전회사와 전력구매자 간에 매년 초 향후 1년 동안의 일별 거래에 있어 일정 물량에 대해 가격을 고정시키도록 하는 쌍무 계약이라고 가정하고, 발전 회사와 전력구매자가 선도 계약 비율에 따라 계약 물량을 결정하도록 하였다. 이때 선도 계약 비율은 거래 물량 변동성이 증가하면 증가하도록 하였다.<sup>2</sup>

본 연구는 현물 시장을 실제 수요 발생일의 하루 전에 열리는 Day-ahead market 과 실제로 수요가 발생하였을 때 Day-ahead market 의 결과에 대한 차이를 보정하는 Real-time market 으로 구성된 양방향 입찰 시장(Two way Bidding Pool; TWBP)으로 가정하였다. Day-ahead market 과 Real-time market 에서 발전소와 전력 구매자는 5쌍의 (가격, 발전량(소비 전력량))을 시장운영자에게 제출하며<sup>3</sup>,

시장 운영자는 입찰 정보들을 바탕으로 시장 공급곡선과 수요곡선을 도출하여 계통 한계 가격 및 균형 발전량을 구한다. 이때 개별 발전소의 입찰물량과 가격은 발전소가 소속된 발전회사의 이윤을 최대화하도록 이루어진다고 가정하였으며 Bower and Bunn(1999)이 사용한 입찰 전략을 참고하여 발전 회사와 전력 구매자가 다음과 같이 입찰하도록 하였다.

먼저 발전회사가 지난기에 얻은 이윤이 그 전 거래에서 얻은 이윤에 비해 증가 혹은 유지되는 경우, 발전회사는 보유한 가동 발전소들의 입찰 스케줄을 변화시키지 않는다. 만약 발전회사의 이윤이 감소했다면, 발전회사는 가동 발전소들 중 이윤이 감소한 발전소들을 대상으로 입찰 스케줄을 변화시킨다.<sup>4</sup> 이 때 이윤이 감소한 발전소들은 지난기 제출한 각각의 입찰 쌍에 대하여 이번기 입찰 물량을 지난기 입찰 물량에 비해 15% 범위 내에서 무작위적으로 증감시키고, 해당 입찰 쌍의 입찰 가격을 [발전소 변동 비용, 시장상한가격]의 범위에서 무작위적으로 선택하게 하였다. 한편 전력구매자는 계약 체결 물량을 제외한 나머지 수요에 대해 입찰 가격이 시장이 정한 상한(100원/kWh)을 넘지 않는 범위에서 5쌍의 (입찰 가격, 물량)을 무작위적으로 결정하게끔 하였다.

<sup>2</sup>  $p_i = \frac{ax_i^s}{b^s + x_i^s}$ , 이때  $p_i$  와  $x_i$  는 각각  $i$  번째 시장참여자의 선도계약비율과 시장참여자가 지난해 일별 실제로 가동하거나 소비한 물량의 변동성의 평균을,  $s, a, b$  은 선도계약비율을 계산하기 위한 계수를 나타낸다.

<sup>3</sup> 이는 입찰 함수가 연속적이라고 가정했던 기존의 연구들에 비해 보다 현실적이다. 한편

Bower and Bunn (1999)은 수요측의 입찰은 없다고 가정하고 개별 발전소가 본 연구와 마찬가지로 (가격, 발전소 설비량)의 계단 함수로 입찰하도록 하였다.

<sup>4</sup> 물론 선도계약에 의해 체결된 물량은 발전소에 의해 무조건 생산되어야 하므로, 발전소의 총 입찰 물량은 설비 용량 중 계약을 체결하고 남은 물량을 넘을 수 없도록 하였다.

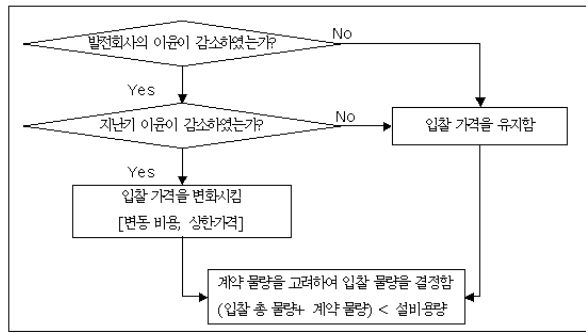


그림 1 발전소의 현물 시장 입찰 과정

실제 수요가 발생하고 Real-time market 에서의 계통한계가격과 총 발전량을 알게 되면 시장 운영자는 정해진 가격 결정 방식에 따라 현물 시장에서의 거래를 정산하고 그 결과를 발전소와 전력 구매자에게 알린다. 발전소와 전력 구매자의 이윤은 선도 계약의 결과와 현물 시장에서의 거래 결과를 종합하여 계산된다.

또한 본 연구에서는 장기적인 시장 성과를 분석하기 위하여 누적 이윤의 범위 내에서 원자력, 유연탄, 복합 LNG 발전소에 대하여 발전소 건설에 대한 순 현재가치를 최대하도록 발전 회사의 투자 의사 결정 과정을 시뮬레이션에 포함하였다.

### 3.3. 시뮬레이션의 분석 결과

시뮬레이션의 결과, 선도계약시장이 존재하는 경우, 가격 결정 방식과 관계없이 시장 가격 및 설비 예비율의 수준이 상승함을 관찰하였다. 이는 선도계약이 Take-or-pay Contract 라는 점과, 계약으로 가격 및 물량 변동성으로 인한 위험을 회피할 수 있게 된 발전회사들이 현물시장에서 전략적으로 입찰 물량을 줄임으로써 현물시장 가격이 높게 형성되었기 때문이라고 생각된다. 한편 이러한 결과는 선도 계약 시장의 효과와 관련하여 Green(1999)이나 Gans, et al.(1998) 그리고 Bower and Bunn(1999) 등이 주장한 바와는 반대되는 것이다.

한편 가격 결정 방식을 달리하였을 때, 선도 계약 시장의 존재 여부와 관계없이 차별 가격 정산 방식(Discriminatory Pricing; Pay-as-Bid)을 사용하는 경우, 단일 가격 정산 방식(Uniform Pricing; Pay-as-SMP)을 사용하는 경우에 비하여 전력 가격의 수준과 변동성, 그리고 공급 안정성을 반영하는 설비 예비율의 값이 낮다는 결과를 얻을 수 있었다. 이는 정산 방식을 달리할 경우 전력 가격의 수준과 변동성 간에 상충 관계가 있다고 주장한 Bower and Bunn(1999)의 결과와 차이가 있다.

## 제 4 장 결론

본 연구는 2004 년 이후 우리나라에 도입될 양방향 입찰의 의무적 도매경쟁시장에서 선도 계약 시장이 전력 가격의 수준 및 변동성과 공급 안정성에 미치는 영향을 실제의 거래 규칙을 반영한 시뮬레이션을 사용하여 분석하였다. 또한 가격 결정 방식에 따라 시장 성과가 어떻게 달라지는가를 조사하였다.

그 결과, 선도 계약 시장이 존재하는 경우 가격 결정 방식과 관계 없이 시장 가격 및 설비 예비율의 수준이 상승함을 관찰하였다. 또한 선도계약시장의 존재 여부와 관계 없이 입찰 가격에 의한 차별 가격 정산 방식(Discriminatory Pricing; Pay-as-Bid)을 사용하는 경우에는 계통한계 가격에 의한 단일 가격 정산 방식(Uniform Pricing; Pay-as-SMP)을 사용하는 경우에 비하여 전력 가격의 수준과 변동성, 그리고 공급 안정성을 반영하는 설비 예비율의 값이 낮다는 결과를 얻을 수 있었다.

본 연구는 기존의 문헌들과는 달리 장기적인 관점에서 선도계약시장의 효과를 분석하고자 하였으며, 시장 성과를 세분하고 정산 방식이나 입찰 가격 구간과 같은 요소들을 함께

고려하였다는 점에서 의미가 있다. 또한 현물 시장에서 실제로 사용되거나 혹은 계획중인 거래 규칙들을 적용해 봄으로써 기존 문헌들과 차이가 있는 결과를 얻었다는 점 또한 흥미롭다. 그러나 기존의 연구들과 다른 결과를 얻은 것은 모형의 특성 뿐 아니라 기존 연구들에서 고려하던 영국 시장과 우리나라의 발전 부문 시장 구조의 차이 때문이거나, 시뮬레이션에서 수요의 일별, 계절별 주기성을 반영하지 못한 것 때문일 가능성도 있다.

본 연구에서는 분석의 편의를 위하여 송전망과 배전망에 의한 전력 손실이나 급전 제약을 고려하지 않았다. 그리고 발전회사의 투자 의사 결정과정을 순 현재가치를 고려한다고 가정함으로써 발전회사가 사용하는 할인율의 값에 대해 추가적인 가정이 필요하였다. 따라서 향후 송전망에 의한 급전 제약이나 내부 수익률에 의한 투자 의사 결정 과정을 반영한 연구가 필요하다고 생각된다. 또한 본 연구에서 선도계약 체결 과정 및 발전회사들의 입찰 전략에 사용한 가정들은 향후 실제 시장 참여자들의 행태를 추가적으로 분석하여 반영해야 할 필요가 있으며 이러한 행태들은 다양하게 나타날 것이므로 이후 연구 과정에서 중요한 행태적 요소들을 선별해야 할 것이라고 생각된다.

## 참고 문헌

- [1] Richard J. Green, "The Electricity Contract Market in England and Wales", Journal of Industrial Economics, Vol. 47, No.1, 1999, pp.107-124
- [2] John Bower and Derek Bunn, " Experimental analysis of the efficiency of uniform-price versus discriminatory auctions in the England and Wales electricity market", May 1999

[3] Joshua S. Gans, Danny Price, and Kim Woods, "Contracts and electricity pool prices", Australian Journal of Management, vol. 23, no.1, pp. 83-96, June 1998

[4] Rassenti, Smith, and Wilson, " Discriminatory Price Auctions in Electricity Markets : Low Volatility at the Expense of High Price Levels"

[5] Giulio Federico and David Rahman, "Bidding in an Electricity Pay-as-Bid Auction", working paper, 2003