

전력시장에서의 용량철회 가능성 포착위한 지표개발 연구

정도영, 문경섭, 김완수  
한국전력거래소 경영지원처 시장분석팀

Development of Capacity Withdrawal Possibility Index in Electricity Market

Chung, Do-young, Moon, Kyeong-seob, Kim, Wan-soo  
Korea Power Exchange Market Monitoring Team

**Abstract** - 전력시장에서의 공정경쟁의 중요성은 새삼 강조의 필요가 없을 만큼 중요한 것이다. 대표적인 전력 시장에서의 불공정행위로는 시장지배적 사업자에 의한 시장지배력 행사와 다수 사업자에 의한 부당공동행위, 즉 담합행위를 들 수 있다. 불공정행위의 실제 행위는 시간별 가격과 용량을 입찰하는 과정에서 부당한 이익을 위한 전략적 행위를 행사함으로써 발생한다. 인위적으로 가격을 올리거나 가격이 낮은 발전기의 용량을 축소 입찰함으로써 정상적인 시장가격보다 높은 시장가격이 형성되어 이러한 부당행위의 당사자가 부당을 이익을 얻게 되는 과정이다. 이러한 행위는 상당히 은밀하고 전략적으로 행사되므로 그 적발이 용이하지 않지만 전력시장을 관찰함으로써 징후를 포착하고, 정밀조사를 통하여 부당행위를 적발, 시정하는 지속적인 활동이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 부당행위를 적발하기 위한 기본과정으로서 입찰용량의 적정성 판정을 위한 지표개발을 시도하였다. 설비용량과 보수용량을 감안한 입찰가능용량과 실제 입찰한 용량의 상관관계를 분석함으로써 정밀조사 대상이 되는 비정상 입찰행위 식별지표인 용량철회 가능성 감지지표를 개발하였다.

1. 서 론

시장지배가능성이 있는 발전사업자간 담합행위 또는 시장지배적 사업자의 지배력 행사의 구체적 행위의 하나로 발전기의 용량철회를 들 수 있다. 이러한 용량철회는 발전사업자의 부당이익을 위하여 회원 단독 혹은 공동으로 수행하는 다음과 같은 일련의 고의적인 행위로 정의할 수 있으며, 이에 따른 결과로 발전시장가격의 상승이 수반된다. 이러한 용량철회는 여러 가지의 형태로 나타나게 되는데, 여기에는 ① 발전사업자의 입찰변경에 의한 발전기 용량철회 ② 입찰용량축소 입찰을 통한 발전 용량축소 등이 있다.

이 글에서는 이러한 여러 가지 형태의 고의적인 용량 철회를 감지하기 위하여 용량철회 가능성 감지지표 및 기준의 개발을 시도하고, 개발된 지표와 기준의 유효성 및 사용 가능성을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 기준지표 가능성 검토

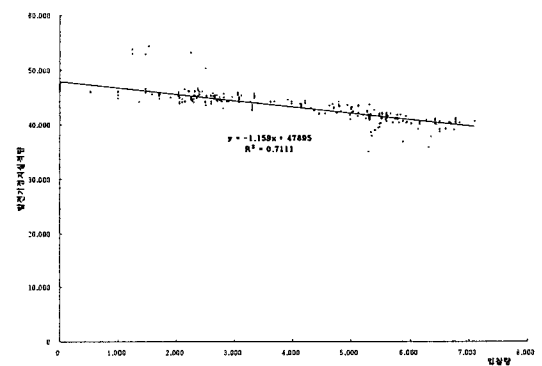
정상적인 전력경쟁 시장환경에서 특별한 사유가 없는 한 각 발전사업자는 자신들의 이익의 최대화를 위하여 입찰시 가능한 최대발전용량만큼 입찰을 시도한다. 그러므로 정상적인 경쟁시장 상황에서의 발전사업자들의 발전입찰량과 발전기정지실적량은 언제나 음의 상관관계를 갖는다는 것을 예측할 수 있다. 만일 전력시장내에 용량 철회가 발생할 경우, 발전사업자의 입찰량 합계는 감소하고, 그에 따른 정상적인 발전기정지실적량과의 관계에 변화가 발생하게 된다.

이러한 가정이 옳다면 정상적인 상황에서 모든 입찰량 대 발전기정지실적량은 하나의 회귀선주위에 분포하게 되며, 일정 범위를 벗어난 실적은 비정상적인 행위로 간

주할 수 있다.

이러한 가정을 확인하기 위하여 일일 평균 입찰량과 발전기정지실적간의 상관계수(r)을 구해보면, [그림 1]에서도 알 수 있듯이,  $r = -0.84325$ 로 둘 간에 음의 선형상관관계가 있음을 알 수 있다. 또한 전체 데이터가 하나의 회귀선을 중심으로 주위에 분포하고 있는 것도 알 수 있다.

따라서 앞에서 가정대로 발전입찰량과 발전기정지실적을 이용한 발전기의 용량철회 가능성 감지가 가능할 수 있음을 알 수 있다.



[그림 1] 입찰 대 발전기정지실적 분포도 (2001년 공개자료기준)

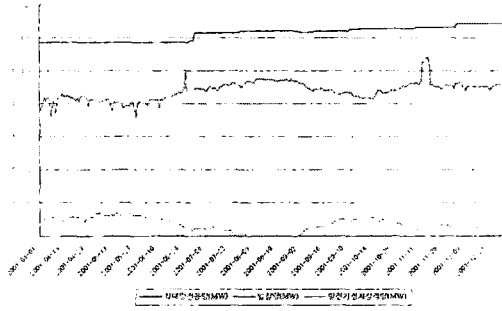
2.2 기준지표의 개발

[그림 1]의 입찰량과 발전기정지실적간의 결과는 전체 발전기 설비량에 대한 변화가 없다는 가정하의 값으로, 매년 신규 회원 및 설비가 추가되는 현실에서 이를 그대로 기준지표를 개발하는데 사용하는 것은 문제가 있다.

만일 신규 발전설비가 추가된다면 단기간동안 발전사업자의 발전입찰가능용량이 발전기정지실적에 비하여 증가하므로(표본이 몇 년 동안의 대량의 자료인 경우에는 문제가 없으나), 입찰량 대 발전기정지실적 간의 상관관계에 영향을 미칠 수 있다. 또한 기존의 발전설비의 폐기에 따른 전체 설비의 감소는 입찰량의 감소로 이어지므로, 이 역시 단기간(약 1년간)의 자료에는 영향을 미치게 된다.

실 예로 [그림 2]의 2001년 자료를 검토하여 보면, 최대발전용량의 증가(전체 발전설비의 증가)에 따라서 미세하기는 하나 전체적으로 발전사업자 전체의 발전입찰량이 증가하고 있음을 알 수 있다.

이와 같은 이유로 보다 정확한 용량철회 감지지표 개발을 위해서는 이러한 발전설비 증감에 따른 영향을 제거하고 좀더 일반화시킨 새로운 기준자료를 정의할 필요가 있다.



[그림 2] 최대발전용량, 입찰률, 발전기정지실적 추이도 (2001년)

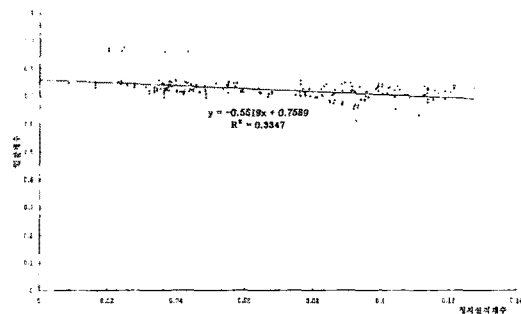
### 2.2.1 기준자료의 일반화

발전설비의 증감에 따른 입찰량 및 발전기정지실적에의 영향을 제거하고, 보다 자료를 일반화하기 위하여 발전사업자들이 매일 입찰하는 발전기 특성자료 중 최대발전용량을 이용하였다. 이러한 일반화 작업에 따라 새로이 정의된 입찰계수(BF : Bidding Factor)와 정지실적계수(GOF : Generator Outage Factor)를 다음과 같이 제안하고자한다.

$$\text{입찰계수}(BF) = \frac{\text{일일입찰량계}}{\text{일일발전기최대용량계}}$$

$$\text{정지실적계수}(GOF) = \frac{\text{일일발전기정지실적량계}}{\text{일일발전기최대용량계}}$$

- ※ 일일입찰량계 : 매일 발전사업자가 입찰한 발전량계
- 일일발전기정지실적계 : 해당일자의 발전기 정지실적계
- 일일발전기최대용량계 : 매일 발전사업자가 입찰한 발전기의 최대발전용량 합계



[그림 3] 입찰계수 대 정지실적계수 분포도

### 2.2.2 기준 회귀식 검토

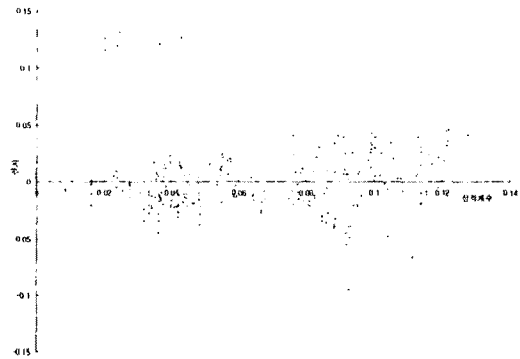
이상적인 상황에서의 각 발전사업자의 입찰계수와 정지계수 간에는 -1의 상관관계가 존재하게 된다. 그러나 [그림3]에서와 같이 일반화된 입찰계수와 정지실적계수 간에는 음의 상관관계가 존재하기는 하나 이상적인 값(-1)을 나타내지는 않는다.

$$\text{상관계수}(r) = -0.57857$$

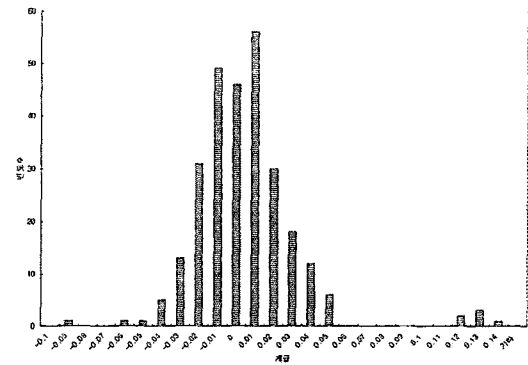
두 계수간의 상관계수가 -1을 나타내지 않는 것은 사용된 표본(2001년 공개 시장운영자료)에 이상자료가 포함되어있기 때문으로 가정할 수 있다. 따라서 만일 위의 가정이 옳다면 표본내의 이상자료를 제거할수록 두 계수간의 상관계수는 점차 -1로 수렴하게 될 것이다. 이를 확인하기 위하여 표본자료 중 산출회귀식으로부터의 잔차(정규분포에 근사한다는 가정하에)를 계산해내고, 잔차를 이용하여 이상자료를 제거하기 위한 기준을 검토하기로 하였다.

우선 잔차들의 통계적 특성을 알기 위하여 잔차에 대한 기술적 통계 및 도수분포도를 작성하여 검토하였다.

$$\begin{aligned} \text{잔차의 평균}(\mu) &\approx 0 \\ \text{잔차의 표준편차}(\sigma) &\approx 0.028 \\ \text{잔차 구간}(\mu \pm 3\sigma) &\approx \pm 0.084 \end{aligned}$$

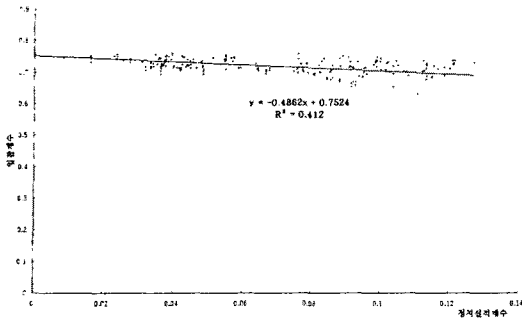


[그림 4] 입찰계수 대 정지실적계수 잔차도



[그림 5] 잔차 도수분포도

이상적인 시장환경에서의 잔차값은 경험적인 규칙(Empirical rule)에 따라  $\mu \pm 3\sigma \approx \pm 0.084$ 내에 거의 100%가 존재하게 된다. 그러나 현 표본 내에서의  $\mu \pm 3\sigma$  바깥의 수치빈도는 약 2.5% 정도 차지하고 있다. 따라서 이러한  $\mu \pm 3\sigma$  외의 잔차값을 기본적인 이상자료로 간주하여 제거하면 보다 이상적인 수치로 수렴된 새로운 표본을 얻을 수 있다. 이러한 작업을 통하여 얻은 새로운 표본에서의 분포도는 [그림 6]과 같다.



[그림 6] 입찰계수 대 정지실적계수 분포도 (이상자료 제거 후)

$$\text{상관계수}(r) = -0.641838$$

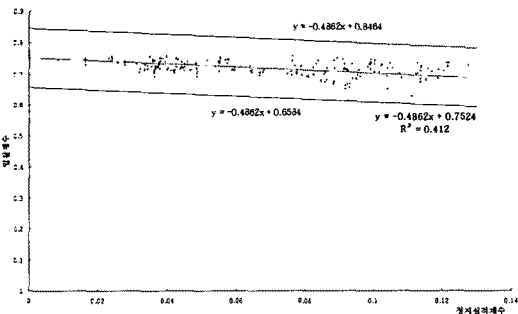
위에서 정의한 이상자료 제거 후 새로운 상관계수의 값인 -0.641838은 이상자료 제거전의 상관계수인 -0.57857에 비하여 보다 -1에 보다 근접함을 알 수 있다. 이를 통하여 현실세계의 자료 중 이상자료를 제거하면, 보다 이상적인 수치에 근사할 것이라는 가정이 옳다는 것을 알 수 있다. 따라서 이상자료 제거 후의 자료에 대한 회귀선을 기준 회귀선으로 상정하고, 기준 회귀선으로부터의 허용범위(White noise)를 정의하여 이를 감지지표로 이용할 수 있다. 따라서 기준 회귀식을 다음과 같이 정의하도록 한다.

$$BF = 0.7524 - 0.4862 \times GOF + \varepsilon$$

BF : 입찰계수                      GOF : 정지실적계수  
 ε : 허용구간

### 2.2.3 유효자료 허용범위 검토

이상자료를 제거한 표본전체를 허용범위내로 가정하면, 다음과 같이 정의가능 함수식 범위와 기준 회귀식을 정의할 수 있다.



[그림 7] 표본전체를 포함하는 1차 함수의 범위

$$BF = 0.7524 - 0.4862 \times GOF \pm 0.094$$

BF : 입찰계수                      GOF : 정지실적계수

산출된 기준 회귀식으로부터의 허용범위(ε)를 용량철회

회 가능성 감지지표(CWPI : Capacity Withdrawal Possibility Index)로 다음과 같이 정의하고, 구간외의 값을 정밀조사 대상으로 삼도록 하였다.

$$\text{용량철회 가능성 감지지표}(CWPI) = \pm 0.094$$

### 3. 결 론

입찰량과 발전기정지실적량을 발전기 최대용량으로 보정하여 산출한 입찰계수와 정지실적계수 간의 상관계수는 용량철회 가능성 감지에 사용 가능한 것으로 확인되었다. 또한 계수간의 기준 회귀선을 중심으로 허용범위를 지정하여 그 이상의 잔차를 갖는 구간의 시장상황을 세밀하게 검토할 경우, 고의 가능성이 있는 용량철회 행위를 감지할 수 있을 것으로 판단된다. 그뿐만 아니라 이를 이용하여 입찰이 증가된 부분 또한 감지가 가능하므로, 이에 따른 Gaming 여부나 시장구적의 문제점 검토 등이 가능하다. 그리고 회귀선으로 부터의 허용범위의 지정에 따라서 용량철회 가능성에 대한 보다 강도 높은 감시가 가능하다.

이러한 용량철회 가능성 감지지표와 기준 회귀식을 다음과 같이 제안한다.

$$Y_{BF} = 0.7524 - 0.4862 \times GOF$$

Y<sub>BF</sub> : 회귀식에 의해 계산된 입찰계수  
 GOF : 정지실적계수

$$|BF - Y_{BF}| \leq |CWPI| = 0.094$$

CWPI : 용량철회 가능성 감지지표

위에서 제안한 지표의 정확성과 수치는 2001년 전력 시장내에서 용량철회가 없었다는 가정하의 값으로 향후 계속 축적되는 시장동향자료를 통하여 계속 검증되어야 한다. 또한 시장환경의 변화 및 새로운 필요에 의하여 지표수치는 계속적으로 재조정되어야 할 것으로 보인다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 안상동, 이명호, "현대통계학", 1993 2, 학현사
- [2] 한국전력거래소, "전력시장운영 통계자료", <http://www.kpx.or.kr/>
- [3] 한국전력거래소, "계획예방정비실적검토", 2001 12