

선물시장과 전문가예측시스템의 가격예측력 비교*

— WTI 원유가격을 대상으로 —

윤 원 철**

〈차 례〉

- | | |
|---------------------|-------------|
| I. 서 론 | IV. 실증분석 결과 |
| II. 전문가 예측시스템과 선물시장 | V. 결 론 |
| III. 표본자료 및 실증분석 절차 | |

I. 서 론

최근 들어, 1970년대 두 차례의 유가파동 이후 유례 없는 유가급등 현상이 발생하고 있다. 2004년 10월에 들어서는 미국 텍사스 중질유(West Texas Intermediate: WTI) 유종을 기준으로 이미 배럴당 50달러를 넘어 60달러에 육박하고 있는 실정이다. 유가급등은 원유를 정제하여 석유제품을 판매하는 국내

* 본 논문은 2004년도 한양대학교 일반연구비와 한국선물협회의 연구비 지원에 의하여 연구되었다.

** 한양대학교 경제금융대학 부교수.

외 정유회사를 비롯하여 경제 전반에 걸쳐 모든 산업부문에 직·간접적으로 영향을 미친다고 할 수 있다. 이러한 상황에서 유가를 제대로 예측할 수 있었다면 최근의 유가급등 상황은 일정 수준 시장에서 완화시킬 수 있었다고 볼 수 있다. 그렇다면, '과연 유가를 어떻게 예측할 것인가'와 '예측이 어느 정도 정확할 것인가'가 관건이다.

이와 관련하여 우리는 원유를 대상으로 하는 선물시장(futures market)을 주목할 필요가 있다. 선물시장에서 결정되는 선물가격은 만기월(maturity month)에 현물시장의 가격이 어떻게 될 것인지에 대한 손쉬운 정보를 제공한다. 선물시장은 바로 이러한 가격이 형성되는 장소이다. 시장참여자들은 미래 가격에 관한 정보의 원천으로서 선물시장을 활용하기 때문에 가격정보의 정확성에 관해 문제를 제기하는 것은 당연한 일이다. 이러한 문제는 통상 '시장효율성'(market efficiency) 관점에서, 즉 선물가격이 시장에서 가용한 정보를 모두 반영하느냐 여부를 분석함으로써 해답을 구할 수 있다.

시장효율성을 검증하기 위해, 때때로 선물가격의 예측력을 분석하기도 한다. 이는 선물가격이 만기 시점의 현물가격에 대한 불편예측치(unbiased predictor)인지, 다시 말해서 선물가격에 체계적인 편기(systematic bias)가 없는지 여부를 분석하는 작업이다. 종종, 이 문제는 선물시장에서 위험프리미엄(risk premium)의 존재 여부를 가리는 작업으로 이어진다. 실제로, Keynes (1930)가 정상백위데이션(normal backwardation) 가설을 제시한 이후, 지금까지도 끊임 없이 이 문제는 논쟁의 대상이 되어 왔다. 이론적인 분석과 실증분석 결과에 의하면, 선물가격은 만기 시점의 현물가격에 대한 불편추정치가 아니고, 따라서 위험프리미엄이 존재할 수 있다는 것이 지배적인 의견이다(Kamara, 1982).

이와 함께, 일부 연구들에서는 시장참여자들이 선물시장에서 지속적이면서 통계적으로 유의적인 수익을 창출시킬 수 있는지 여부를 분석한다. 특히, 투기자들(speculators)의 수익분포에 관한 분석에서는 '투기'(speculation) 자체를 숙련된 작업으로 간주해야 한다고 주장한다. 이로써, 투기적인 행위를 단순히 위험감수(risk bearing)로 볼 것이 아니고, 투기에 따른 수익 또한 투기자의 능력과

지식에 크게 의존하는 것으로 간주해야 한다는 것이다(Kamara, 1982). 이러한 논의는 Working (1960)의 투기에 관한 분석 결과와도 일관성을 가진다.

또 다른 접근방식에서는 선물가격이 만기 시점의 현물가격에 대한 불편예측치인지를 직접적으로 분석하기도 한다. 경우에 따라서는 선물가격을 활용한 예측치와 다른 예측방법에 근거한 예측치를 상대적으로 비교하기도 한다. 통상, 예측방법으로는 전문가들에 의한 예측과 시계열 계량모형에 근거한 예측 등으로 구분할 수 있다. 다수의 연구들에서 다양한 예측방법을 통해 기존 연구에서 제시된 것보다 나은 예측치를 구할 수 있다는 결과를 제시한다. 이들 실증분석에서는 시장에 따라서 상당한 수준의 분석결과 차이를 볼 수 있다. 실증분석 결과에 의하면, 저장이 불가능한 상품의 경우 선물가격이 미래 현물가격을 정확히 예측하지 못한다는 결과가 대부분이다. 반면, 저장이 가능한 상품에 대해서는 혼재된 결과가 나타난다. Kamara (1982)에는 농산품에 대한 주요 연구들을 인용하고 있는데, 이에 Tomek and Gray (1970), Peck (1975), Rausser and Just (1979), Stein (1981) 등을 포함한다. 또한, 생우(live cattle)나 생돈(live hog)을 대상으로 선물가격과 시계열 계량모형 간의 예측력을 비교한 실증연구도 다수 있다. 이에 Leuthold and Hartmann (1979), Koppenhaver (1983), Shonkwiler (1986), Leuthold, Garcia, Adam and Park (1989), Irwin, Gerlow and Liu (1994) 등을 들 수 있다.

최근에는 Bessembinder *et al.* (1995), Swanson, Zeng and Kocagil (1996) 등에서 상품가격의 예측능력이 가격의 평균회귀성(mean reversion)과 관련이 있다고 주장한다. Wahab, Cohn and Lashgari (1994)는 현물가격과 선물가격 간의 공적분(cointegration) 관계에 근거한 예측치를 활용하여 금과 은 시장 사이에서 차익거래 가능성을 분석하였다. Lu and Leuthold (1994)는 옥수수와 대두의 현물가격과 선물가격 간의 공적분 관계를 분석함으로써 선물시장을 활용한 헤징과 가격예측 가능성을 시사한 바 있다. Zeng and Swanson (1998)은 S&P 500 주가지수, 미국 재무성 채권, 금, 원유 등의 일별 선물가격을 활용하여 다양한 계량모형간의 예측력을 비교하였다. 한편, Swanson and Zeng (2001)에서는

모형선택 접근방식에 근거하여 예측기법들의 조합에 관하여 분석하였다.¹⁾

최근의 유가급등과 관련하여, 우리의 관심사는 선물시장의 가격정보를 활용하여 미래 시점의 현물가격을 예측하는 것이 과연 가능할 것인가에 관한 것이다. 또한, 선물시장을 활용한 유가 예측치가 국내외 유가 예측기관에서 발표하는 예측치나 시계열 계량모형을 활용한 예측치에 비해 어느 정도 정확할 것인가에 대해서도 궁금한 것이 사실이다. 본 연구에서는 원유를 대상으로 선물가격을 활용한 예측치와 주요 예측기관에서 발표하는 예측치의 정확도를 정량적으로 비교하고자 한다. 이를 통해, 선물시장을 활용하여 미래 유가에 대한 정확한 정보를 획득할 수 있고, 이로써 생산자와 소비자 모두가 자원배분에 있어 효율성을 향상시킬 수 있는지의 함축적 의미에 대해 살펴본다. 실제, 미래 유가에 대한 부정확한 예측은 생산자와 소비자 모두에게 부정적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 또한, 부정확한 예측은 가격위험을 증가시키고, 자원배분의 비효율성으로 말미암아 사회적 손실을 유발시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 전문가 예측시스템과 선물시장을 활용한 유가예측에 관하여 기술한다. 제Ⅲ장에서는 본 연구에서 사용된 표본자료와 실증분석 절차에 대하여 설명한다. 제Ⅳ장에서는 실증분석 결과를 제시한다. 끝으로 제Ⅴ장에서는 상기 내용을 요약하고 결론을 도출한다.

Ⅱ. 전문가 예측시스템과 선물시장

본 연구의 주된 목적은 유가를 예측하기 위한 예측수단별 정확도를 상호 비교하는 데 있다. 이를 위해, 본 장에서는 전문가 예측시스템과 선물시장을 활용한 예측수단에 관하여 먼저 설명한다.

1) 이러한 예측기법의 조합과 관련한 광범위한 문헌조사는 Granger and Ramanathan (1984), Clemen (1989), Granger (1989), Diebold and Lopez (1995) 등에 나타나 있다.

1. EIA 전문가 예측시스템

미국 에너지부(Department of Energy : DOE) 내의 에너지정보기구(Energy Information Agency : EIA)는 전세계뿐 아니라 미국내의 지역별 석유시장에 관한 종합적인 분석자료를 발표한다. EIA는 단기통합예측시스템(Short-Term Integrated Forecasting System)을 활용하여 시뮬레이션 과정을 통해 석유시장의 수급상황과 각종 가격에 관한 예측치를 생성하고 있다.²⁾ 이들 예측치는 최소 1분기(3개월)에서 최장 8분기(2년)에 해당한다. 이들 분기 예측치는 '단기 에너지전망'(Short-Term Energy Outlook : STEO) 보고서를 통해서 발표되는데, 통상 매달 6일과 12일 사이에 제공된다.³⁾

STEO에 발표되는 WTI 유가 예측치를 결정하는 변수들로는, 현재와 근월물(nearby) 선물가격, 선진국의 원유재고량, OPEC의 회원국과 비회원국의 생산량, 수출 목표량과 실적치, 그리고 전세계의 경제성장률과 석유소비량 등이다. 실제로, EIA에서 예측하는 WTI 유가는 엄밀한 의미에서 계량모형에 근거한다고 볼 수 없다. 왜냐하면 예측치들이 상기 나열한 경제변수들과 가정들을 토대로 일종의 전문가집단에 의한 합의과정을 거쳐 결정되기 때문이다. 여기서, 합의과정이란 EIA 내부와 외부의 정보를 활용하여 예측 전문가 집단의 토의과정을 통해서 예측치를 도출한다는 의미이다. 또한, 재고량과 가격수준에 관해서는 관련 정보에 근거하여 수시로 조정과정을 거치기도 한다.

2) EIA 이외에도, 전세계적으로 다수의 민간 혹은 국가기관에서 유가에 대한 예측자료를 제공한다. 본 연구에서는 이들 자료의 입수가 용이하지 않고, 예측기간이 상이하기 때문에 단기 EIA의 예측치와 선물가격을 활용한 예측치만을 비교한다.

3) 이들 예측치의 기준과 향후 발표일자는 <http://www.eia.doe.gov/steo>에서 찾을 수 있다. 또한, EIA는 1996년 이후 자체적으로 연간 예측치에 대한 정확도를 분석하여 결과를 제공하고 있다. Sánchez (2004)는 1982년부터 2003년 동안 WTI에 대한 연간 예측치의 평균절대 백분율오차(mean absolute percent error)가 48.9%라고 보고한 바 있다.

2. WTI 선물시장

선물가격은 개별 시장참여자의 기대치가 아니라, 미래 시점의 가격에 대한 시장참여자 모두의 합의점이라고 볼 수 있다. 이로써, 선물시장은 새로운 정보에 합리적으로 반응한다고 할 수 있다. 일부에서는 선물가격에 소위 정상백위대 이션이라고 불리는 위험프리미엄이 존재함으로써 미래 현물가격에 대한 불편추정치가 아니라고 주장한다. 그럼에도 불구하고, 상대적인 관점에서 선물가격은 미래 현물가격의 적절한 예측치라고 볼 수 있다. 실제로, 선물가격은 새로운 시장정보로부터 수요와 공급 상황에 따라 시시각각으로 조정된다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 최장 6개월 이전 시점에서 미래 분기별 유가를 예측하기 위해 선물가격을 활용한다. 이러한 선물시장을 활용한 예측치는 3개의 연속적인 근월물 선물가격을 단순히 평균하여 구할 수 있다. <표 1>에 나타난 대로, 매년

<표 1> 분기 예측치 산정을 위한 만기월 선택

예측시점	예측치(1)	예측치(2)
1월	3개월 이전(4월, 5월, 6월)	6개월 이전(7월, 8월, 9월)
2월	2개월 이전(4월, 5월, 6월)	5개월 이전(7월, 8월, 9월)
3월	1개월 이전(4월, 5월, 6월)	4개월 이전(7월, 8월, 9월)
4월	3개월 이전(7월, 8월, 9월)	6개월 이전(10월, 11월, 12월)
5월	2개월 이전(7월, 8월, 9월)	5개월 이전(10월, 11월, 12월)
6월	1개월 이전(7월, 8월, 9월)	4개월 이전(10월, 11월, 12월)
7월	3개월 이전(10월, 11월, 12월)	6개월 이전(1월, 2월, 3월)
8월	2개월 이전(10월, 11월, 12월)	5개월 이전(1월, 2월, 3월)
9월	1개월 이전(10월, 11월, 12월)	4개월 이전(1월, 2월, 3월)
10월	3개월 이전(1월, 2월, 3월)	6개월 이전(4월, 5월, 6월)
11월	2개월 이전(1월, 2월, 3월)	5개월 이전(4월, 5월, 6월)
12월	1개월 이전(1월, 2월, 3월)	4개월 이전(4월, 5월, 6월)

주: () 안의 달은 예측치를 산정하기 위해 사용되는 선물계약의 만기월을 의미함.

1월에 3개월 이후(즉, 2/4 분기에 해당하는) 예측치는 4월, 5월, 6월 만기에 해당하는 1월달 특정일의 선물가격들의 산술평균 값이다. 마찬가지로, 1월에 6개월 이후(즉, 3/4 분기에 해당하는) 예측치는 7월, 8월, 9월 만기를 가진 1월달 특정일의 선물가격들을 평균한 값이다.

Ⅲ. 표본자료 및 실증분석 절차

1. 표본자료

본 연구에서는 2000년 7월부터 2004년 6월까지의 WTI 현물가격과 선물가격의 일별 시계열자료를 표본자료로 활용한다. 이 가운데 실제 예측력 비교의 대상이 되는 기간은 2001년 1월부터 2004년 6월까지이다. 이들 일별 자료를 산술 평균하여 월별 자료를 구성하고, 월별 평균치를 활용하여 분기별 자료를 구성한다. 예를 들어, 1/4분기 자료는 1월, 2월, 3월의 산술평균치이고, 2/4분기 자료는 4월, 5월, 6월의 산출평균치이다.

선물가격은 미국 뉴욕상품거래소(New York Mercantile Exchange : NYMEX)에서 거래되는 WTI 원유를 기초상품으로 하는 선물계약의 일별 종가(closing prices)를 사용한다.⁴⁾ 앞서 기술된 EIA 전문가시스템의 예측치와 직접적으로 비교하기 위해, 각 월별로 EIA 예측치가 발표되는 날에 해당하는 각 만기일의 일별 종가를 선별적으로 사용한다. 예를 들어, 2004년 6월 8일 EIA가

4) NYMEX에서 거래되는 WTI 원유선물은 1개월물에서 매달 연속적으로 28개월물까지 거래되고, 2년 6월달물과 이후 3년, 4년, 5년, 6년 등은 매년 12월달물이 하나씩 거래된다. 이렇듯, 다른 선물계약에 비해 만기일이 다양하고, 장기간 거래된다는 점 이외에도, 실제 거래일이 만기일 전달에 종료된다는 특징이 있다. 즉, 특정 만기일의 WTI 선물계약의 최종거래일은 만기일 직전 달의 25일을 기준으로 이전 세 번째 영업일이 된다. 만약 25일이 영업일이 아니라면 이전 영업일을 기준으로 세 번째 영업일이 된다.

STEO 보고서에서 향후 8번째까지의 분기별 예측치를 발표하였다고 가정하자. 이 때, 일관성을 가지면서 예측력을 비교하기 위해 선물가격 또한 같은 날 향후 1개월부터 6개월까지의 총 6개 만기에 해당하는 일별 증가를 추출하는 것이다.

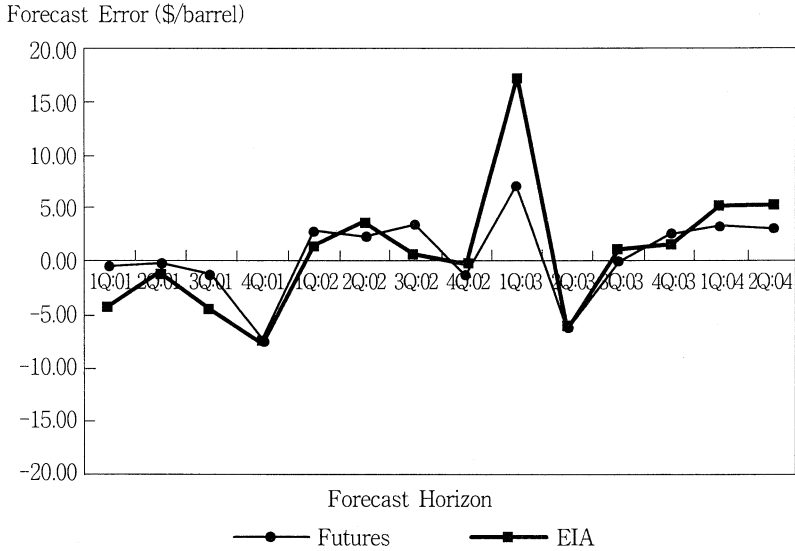
한 가지 주지할 사항은 전문가시스템에 근거한 예측치를 활용한 이전의 연구들에서 소표본 문제(small sample problem)가 발생하였다는 점이다(Irwin, Gerlow and Liu, 1994). 실제로 몬테카를로(Monte Carlo) 분석에 따르면, 소표본을 대상으로 가격예측 정확도를 분석기법별로 비교할 경우 잘못된 추론을 할 수 있다는 것이다(Williams, 1993).⁵⁾ 이런 관점에서 본 연구에서 활용된 2001년 1/4분기부터 2004년 2/4분기까지의 총 14개 표본자료는 예측수단별로 실적치와 예측치 간의 오차의 상대적 크기를 통계적으로 비교하는 데 있어 충분하지 않지만 통계적 분석은 가능하다고 판단된다. 이와 관련하여 본 연구에서는 검정의 신뢰도를 제고하기 위해 붓스트랩(bootstrap) 기법을 활용한 재표본추출(resampling) 과정을 거쳤다.

2. 실증분석 절차

예측수단별로 예측 정확도를 검증하는 하나의 방법은 실적치와 예측치를 직접 비교하는 것이다. 본 연구에서는 2001년 1/4분기에서 2004년 2/4분기까지 총 14개의 WTI 유가의 분기별 실적 평균치 각각에 대하여 1개월 이전부터 6개월 이전까지 총 6개의 분기별 예측치를 산출한다. 예를 들면, 2000년 12월, 11월, 10월, 9월, 8월, 7월의 특정일에 2001년 1/4분기의 예측치를 추정한다면, 이들 예측치는 각각 1개월, 2개월, 3개월, 4개월, 5개월, 6개월 이전 추정치가 되는 것이다. 마찬가지로, 2001년 3월, 2월, 1월, 2000년 12월, 11월, 10월의 특

5) 이와 함께, 아주 비정상적인 표본기간이 포함될 경우 소표본으로 인한 문제는 더욱 악화된다. 예를 들어, 농산물을 대상으로 하는 경우 1970년대 중반의 자료는 이러한 특이성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 또한, 우리나라의 경우 1997~1998년의 유동성 위기 기간도 이에 해당한다고 볼 수 있다.

<그림 1> 예측수단별 1개월 이전 예측치의 오차



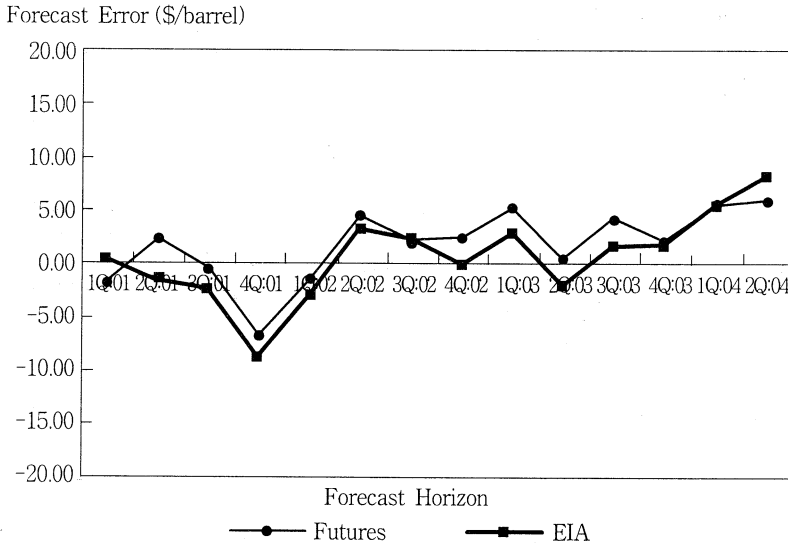
주: 예측오차는 실적치에서 예측치를 차감한 값임.

정일에 추정된 예측치는 2001년 2/4분기에 대한 1개월 이전부터 6개월 이전까지의 분기별 예측치가 된다.

EIA 전문가시스템을 활용한 분기별 예측치는 1년에 4번의 분기에 대해서만 발표된다. 즉, 1/4분기는 1월, 2월, 3월, 2/4분기는 4월, 5월, 6월, 3/4분기는 7월, 8월, 9월, 그리고 4/4분기는 10월, 11월, 12월에 해당한다. 앞서 기술하였듯이, EIA 예측치 발표 일정과 일관성을 유지하기 위해, 선물가격을 활용하여 예측할 경우 1월, 2월, 3월의 EIA 예측치 발표일과 동일한 날에 추정한 분기별 예측치는 각각 2/4분기와 3/4분기의 예측치에 해당한다. 동일한 방식으로, 4월, 5월, 6월의 특정일에 선물가격을 활용하여 예측한 값은 각각 3/4분기와 4/4분기의 예측치에 해당한다.

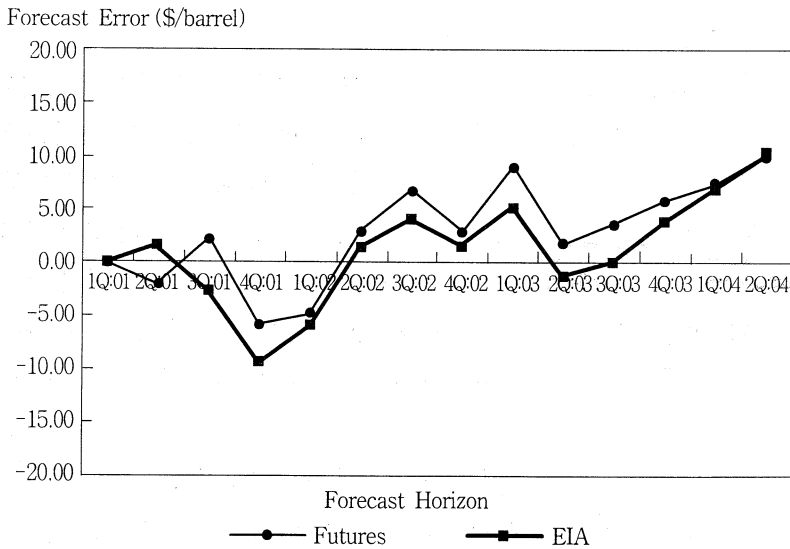
<그림 1>은 전체 분석대상 기간에 걸쳐 이들 예측수단별 1개월 이전 분기별 실적치와 예측치와의 차이인 예측오차(forecasting error)를 보여준다. 또한, <그림 2>와 <그림 3>은 분석대상 기간 예측수단별로 각각 3개월과 6개월 이

〈그림 2〉 예측수단별 3개월 이전 예측치의 오차



주: 예측오차는 실적치에서 예측치를 차감한 값임.

〈그림 3〉 예측수단별 6개월 이전 예측치의 오차



주: 예측오차는 실적치에서 예측치를 차감한 값임.

전 분기별 예측오차를 나타낸 것이다. <그림 2>와 <그림 3>을 살펴보면 몇 가지 특이점을 발견할 수 있다. 첫째, EIA 전문가시스템과 선물가격을 활용한 분기별 예측치가 매우 유사하다는 것을 알 수 있다. 다만, EIA 전문가시스템을 활용하여 2003년 1/4분기에 대하여 1개월 이전에 예측한 경우만이 상대적으로 큰 예측오차를 보이고 있다. 이러한 예측결과의 유사성은 이들 예측치간의 상관관계를 짐작할 수 있다. 앞서 기술하였듯이, EIA 전문가시스템은 실제로 근월물 선물가격 정보를 활용하는 것으로 알려져 있다. 둘째, 예측수단별 예측오차가 주기적인 변화를 보이고 있다. 다시 말해, 예측오차의 크기가 증가하였다가 감소하고, 예측오차가 양의 값을 가지다가 음의 값을 가지고, 또한 이와 반대되는 경우가 반복된다. 이러한 현상은 본 연구에서 고려한 예측수단들 내에 일종의 자기수정(self-correction) 메커니즘에 기인한 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 먼저 선물시장과 EIA 전문가시스템을 예측오차 측면에서 개별적으로 비교하기 위해, 네 가지의 평가기준을 활용한다. 이들 평가기준은 평균오차(mean error: ME), 평균절대오차(mean absolute error: MAE), 평균제곱오차의 제곱근(root mean squared error: RMSE), 그리고 평균제곱백분율오차의 제곱근(root mean squared percent error: RMSPE) 등이다. 이들 평가기준은 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

$$ME = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (Q_t - Q_{t,i}) \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T |Q_t - Q_{t,i}| \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^T (Q_t - Q_{t,i})^2 \frac{1}{T}} \quad (3)$$

$$RMSPE = \sqrt{\sum_{i=1}^T \left(\frac{Q_{t,i} - Q_t}{Q_t} \times 100 \right)^2 \frac{1}{T}} \quad (4)$$

여기서, Q_t = WTI 유가의 분기별 실적치
 $Q_{t,i}$ = i 개월 이전 분기별 예측치를 의미
 $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ 개월

다음으로, 본 연구에서는 상기 평가기준에 따른 예측력 비교 이외에 선물가격과 EIA 전문가시스템을 활용한 분기별 예측오차의 차이가 통계적으로 유의한지에 대한 체계적인 검정을 하고자 한다. 이를 위해, 본 연구에서는 Ashley, Granger and Schmalensee (1980)가 개발한 검정기법을 활용하기로 한다.⁶⁾ 이 검정에서는 기본적으로 예측수단들의 평균제곱오차(mean squared error : MSE) 사이의 차이를 일정한 방식으로 분리하여 통계적 검정절차를 거치게 된다. 주어진 예측기간에 대하여 이러한 분리과정은 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

$$MSE(e_1) - MSE(e_2) = [Var(e_1) - Var(e_2)] + [\bar{e}_1^2 - \bar{e}_2^2] \quad (5)$$

여기서, e_1 은 선물가격을 활용한 예측치의 오차벡터를, e_2 는 EIA 전문가시스템을 활용한 예측치의 오차벡터를 의미한다. 또한, $Var(e_1)$ 과 $Var(e_2)$ 는 각각 이들 예측오차의 분산을, \bar{e}_1^2 와 \bar{e}_2^2 는 각각 이들 예측오차의 평균을 의미한다.

이들 오차벡터의 차이와 합계를 각각 $\Delta = e_1 - e_2$ 와 $\Sigma = e_1 + e_2$ 로 정의하면, 다음과 같이 식 (5)는 Δ 와 Σ 의 공분산으로 전환할 수 있다.

$$MSE(e_1) - MSE(e_2) = Cov(\Delta, \Sigma) + [\bar{e}_1^2 - \bar{e}_2^2] \quad (6)$$

이들 예측오차의 차이가 통계적으로 유의한지를 검정하기 위해, 귀무가설은 $Cov(\Delta, \Sigma) = 0$ 및 $[\bar{e}_1^2 - \bar{e}_2^2] = 0$ 여부를 검토하는데, 결국 이들 예측수단의 예측오차의 차이가 없다는 것을 검정하게 된다. 대립가설은 이들 값이 비음 이면서 적어도 하나는 양의 값을 가져야 한다고 설정된다. 이를 해석하면, EIA 전문가시스템을 활용한 예측이 선물가격을 활용한 경우에 비해 보다 정확하다

6) 이 검정기법을 활용하여, Irwin, Gerlow and Liu (1994)는 생우와 생돈의 선물가격과 미국 농무부에서 발표하는 전문가시스템에 의한 예측치의 정확도를 비교한 바 있다.

고 할 수 있다는 의미이다. 이렇듯, 예측오차의 차이가 없다는 귀무가설은 다음과 같은 회귀식을 통해 검정할 수 있다.

$$\Delta_t = \alpha + \beta[\Sigma_t - \bar{\Sigma}] + \varepsilon_t \quad (7)$$

여기서, $\bar{\Sigma}$ 은 Σ_t 의 평균을, ε_t 는 백색오차를 의미한다. 한 가지 주지할 사항은 식 (7)을 추정하기 위해서는 예측오차의 평균치인 $\bar{\Sigma}$ 가 양수가 되어야 한다는 점이다. 그렇지 않을 경우, $\bar{\Sigma}$ 를 양수로 만들기 위해 추정하기 전에 모든 예측오차에 (-1)을 곱해야 한다. 식 (7)의 통상최소자승법(OLS)에 따른 추정계수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\alpha = \bar{\Delta} = \bar{e}_1 - \bar{e}_2 \quad (8)$$

$$\beta = \frac{Cov(\Delta, \Sigma)}{Var(\Sigma)} = \frac{Var(e_1) - Var(e_2)}{Var(\Sigma)} \quad (9)$$

식 (7)을 활용할 경우, 귀무가설은 $\alpha = \beta = 0$ 이 되고, 대립가설은 $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$ 을 만족하면서 적어도 이들 추정치 가운데 하나는 양수가 되어야 한다. 만약 귀무가설이 받아들여지지 않는 경우 EIA 전문가시스템을 활용한 예측치가 선물가격을 활용한 예측치보다 정확하다는 의미이다. 만약 계수 추정치들 가운데 하나가 통계적으로 유의한 음수이면, 귀무가설은 수용된다. 만약 추정치들 가운데 하나가 음수이지만 통계적으로 유의하지 않다면, 다른 추정치에 대하여 단측 t -검정을 거쳐야 한다. 만약 추정치 모두가 양수라면, 귀무가설에 대하여 F -검정을 활용해야 한다. 여기서, F -검정은 추정치의 부호를 고려하기 위해 사측(four-tailed)임에 유의해야 한다.

IV. 실증분석 결과

본 장에서는 선물가격에 대비하여 EIA 전문가시스템을 활용한 경우의 예측치의 정확도를 평가하기 위해, 먼저 앞서 기술된 네 가지 평가기준에 따른 통계적 결과를 제시한다. <표 2>에는 평가기준별, 예측수단별, 그리고 예측기간별로 예측오차에 대한 결과를 요약하고 있다. 앞서 기술하였듯이, 평가기준으로는 오차에 대한 통상적인 측정치로서 ME, 절대오차에 대한 측정치인 MAE, 그리고 제곱오차에 대한 측정치인 RMSE와 RMPSE 등을 활용하였다. <표 3>에는 표본자료를 대상으로 붓스트랩 기법에 근거한 1,000번의 재표본추출 과정에서 구한 시뮬레이션된 자료에 대하여 평가기준을 적용한 결과이다. 붓스트랩을 통한 1,000개의 표본은 원 표본자료를 무작위로 대체하는 방식으로 추출하는데, 이로써 일부 표본은 중복되거나 삭제되기도 하였다. 표본크기는 원 표본과 같이 14

<표 2> 표본자료를 활용한 평가기준/예측기간별 예측오차의 통계치

평가기준/예측수단/예측기간(월)	1	2	3	4	5	6
ME(달러/배럴)						
• EIA 전문가시스템	0.81	1.27	0.63	0.79	1.81	1.21
• WTI 선물시장	0.48	1.42	1.77	2.00	2.77	3.06
MAE(달러/배럴)						
• EIA 전문가시스템	4.29	3.81	3.15	4.78	4.85	4.22
• WTI 선물시장	2.96	3.77	3.29	4.24	5.04	5.06
RMSE(달러/배럴)						
• EIA 전문가시스템	6.00	4.74	4.06	5.47	5.69	5.28
• WTI 선물시장	3.75	4.53	3.86	4.97	5.85	5.70
RMSPE(%/배럴)						
• EIA 전문가시스템	20.09	16.65	15.32	20.82	20.58	19.47
• WTI 선물시장	14.17	15.68	13.90	18.18	20.31	18.97

선물시장과 전문가예측시스템의 가격예측력 비교

<표 3> 시뮬레이션 자료를 활용한 평가기준/예측기간별 예측오차의 통계치

평가기준/예측수단/예측기간(월)	1	2	3	4	5	6
ME(달러/배럴)						
• EIA 전문가시스템	1.25 (1.68)	1.39 (1.31)	0.71 (1.15)	0.85 (1.49)	1.88 (1.47)	1.27 (1.41)
• WTI 선물시장	0.62 (1.06)	1.78 (1.20)	2.09 (0.92)	2.05 (1.25)	2.82 (1.41)	3.09 (1.32)
MAE(달러/배럴)						
• EIA 전문가시스템	4.27 (1.22)	4.04 (0.79)	3.35 (0.72)	4.76 (0.76)	4.83 (0.86)	4.21 (0.90)
• WTI 선물시장	3.12 (0.62)	3.83 (0.73)	3.39 (0.58)	4.23 (0.74)	5.04 (0.83)	5.06 (0.76)
RMSE(달러/배럴)						
• EIA 전문가시스템	5.85 (1.71)	4.84 (0.72)	4.09 (0.85)	5.38 (0.81)	5.60 (0.93)	5.17 (0.95)
• WTI 선물시장	3.79 (0.66)	4.57 (0.74)	3.91 (0.54)	4.93 (0.63)	5.80 (0.73)	5.65 (0.77)
RMSPE(%/배럴)						
• EIA 전문가시스템	19.66 (4.92)	16.80 (3.01)	15.10 (4.04)	20.08 (4.33)	20.01 (3.81)	18.82 (4.09)
• WTI 선물시장	14.15 (3.09)	15.72 (2.59)	13.90 (2.58)	17.86 (2.75)	20.05 (2.56)	18.81 (2.09)

주: 1,000번의 표본추출에서 구한 통계치의 평균이고, ()의 수치는 이의 표준편차를 의미함.

개로 구성하였고, 이들 각 표본에 대해 네 가지 평가기준을 산출하여, 이들의 평균과 표준편차를 구하였다.

<표 2>와 <표 3>에서 볼 수 있듯이, 2001년 1/4분기부터 2004년 2/4분기 동안 EIA 전문가시스템과 선물시장을 활용한 예측치는 모든 예측기간에 걸쳐 실적치에 비해 낮게 추정되었다는 것을 알 수 있다. ME를 기준으로 가장 오차가 큰 경우를 살펴보면, 전자와 후자는 각각 배럴당 2달러와 3달러 수준으로

파악된다. 이와 함께 평가기준별, 예측기간별로 상대적인 정확도의 순위가 다르게 나타난다. 즉, ME의 경우 1개월 예측기간을 제외하고 EIA 전문가시스템이 선물시장에 비해 보다 정확한 예측치를 제공한다고 할 수 있다. 하지만, MAE의 경우 3개월, 5개월, 6개월 예측기간에서만 EIA 전문가시스템이 선물시장에 비해 예측력에서 우월하다고 볼 수 있다. 또한, RMSE 측면에서는 5개월과 6개월 예측기간에서만 전자가 후자에 비해 우월하고, RMSPE 측면에서는 모든 예측기간에 걸쳐 후자가 전자에 비해 우월하다는 결과가 도출되었다. 이로써, 총 24번의 평가결과 가운데 10번의 경우가 EIA 전문가시스템이 선물시장에 비해 예측력에서 낫다고 볼 수 있다. 결국, 본 연구에서 채택한 평가기준에 근거할 경우 EIA 전문가시스템과 선물시장을 활용한 예측치 간의 비교우위는 단정적으로 판단하기가 곤란하다.⁷⁾

<표 4>에는 Ashley, Granger and Schmalensee (1980)의 검정기법을 활용하여, 예측기간별로 예측오차의 차이에 대한 통계적 유의성을 검정한 결과를 보여준다. 먼저, 3개월과 6개월 예측기간의 경우 α 추정치는 유의적인 양수이고, β 추정치는 비유의적인 음수임을 알 수 있다. 이러한 검정결과는 3개월과 6개월 이전에 분기별로 WTI 유가를 예측하는 경우 EIA 전문가시스템을 활용하는 것이 선물시장을 활용하는 것에 비해 정확하다는 의미로 해석할 수 있다. 하지만, 나머지 예측기간에 대해서는 예측력의 우위를 가릴 수 없다. 따라서, 상기 네 가지 평가기준을 근거로 한 예측력 비교우위 검정결과와 마찬가지로 EIA 전문가시스템과 선물시장을 활용한 경우에 있어 예측력 차이가 있다고 보기 힘들다.

7) 참고로, 예측수단별로 각 예측치의 불편성(unbiasedness)을 검정하였다. 즉, 다음과 같이 OLS 회귀식 $Q_t = \alpha + \beta \cdot Q_{t-1} + \varepsilon_t$ 를 활용하여 귀무가설 $\alpha = 0$ 및 $\beta = 0$ 경우를 검정하였다. 5% 유의수준에서 F-검정을 거칠 경우, EIA 전문가시스템을 활용한 경우는 모든 예측기간에 걸쳐 예측치의 불편성 가설이 받아들여진다. 선물가격을 활용한 경우, 1개월과 3개월 예측기간을 제외하고 불편성 가설이 받아들여진다.

〈표 4〉 예측기간별 예측오차의 차이에 대한 검정결과

가설검정치/예측기간(월)	1	2	3	4	5	6
α	-0.335 (-0.510)	0.155 (0.320)	1.146* (2.393)	1.213* (2.770)	0.965 (1.728)	1.847* (2.880)
β	-0.245* (-3.491)	-0.031 (-0.561)	-0.082 (-1.240)	-0.088* (-1.989)	-0.024 (-0.455)	-0.035 (-0.529)
F-값	12.184*	0.314	1.539	3.956*	0.207	0.280

주: *은 5% 유의수준에서 귀무가설을 기각한다는 의미이고, ()의 수치는 t -값을 의미함.

V. 결 론

본 연구는 미래 WTI 유가를 예측하는 수단으로서 NYMEX 선물가격을 활용한 경우에 대비하여 EIA 전문가시스템을 활용한 경우를 비교하였다. 예측력 비교를 위해, 먼저 네 가지 평가기준을 설정하고, 이에 근거하여 예측수단별 예측오차를 계산하였다. 이와 함께, 예측수단간의 예측오차의 차이가 통계적으로 유의한지를 검정하기 위해 보다 체계적인 검정절차를 거쳤다. 이러한 통계적 검정을 위해, 2001년 1/4분기부터 2004년 2/4분기까지 총 14개 표본자료에 대해 각각 1개월부터 6개월 이전까지 분기별 예측치를 사용하였다.

통계적 검정결과에 의하면, EIA 전문가시스템을 활용한 경우에 비해 NYMEX 선물시장을 활용한 경우가 유가 예측력 측면에서 뒤진다고 할 수 없었다. 이러한 결과는 현재 EIA 전문가시스템에서 선물시장의 가격정보를 실제로 활용하고 있으며, 선물가격이 미래 가격에 대한 정보를 제대로 반영하고 있다는 증거일 수 있다. 따라서, 석유 생산자와 소비자 모두가 미래 유가를 전망하는 데 있어 WTI 선물시장을 실용적인 수단으로 활용할 수 있고, 이로써 효율적인 자원배분을 달성하는 데 도움이 된다고 판단된다.

◎ 참고 문헌 ◎

1. Ashley, R., Granger, C. and R. Schmalensee, "Advertising and Aggregate Consumption: An Analysis of Causality," *Econometrica*, 48, 1980, pp. 1149~1167.
2. Bessembinder, H., Coughenour, J., Seguin, P. and M. Smoller, "Mean Reversion in Equilibrium Asset Prices," *American Economic Reviews*, 80, 1995, pp. 399~418.
3. Clemen, R., "Combining Forecasts: A Review and Annotated Bibliography," *International Journal of Forecasting*, 5, 1989, pp. 559~583.
4. Diebold, F. and J. Lopez, "Forecast Evaluation and Combination," *In Handbook of Statistics*, North-Holland : Amsterdam, 1995.
5. Granger, C., "Combining Forecasts: Twenty Years Later," *Journal of Forecasting*, 8, 1989, pp. 167~173.
6. _____ and R. Ramanathan, "Improved Methods of Combining Forecasts," *Journal of Forecasting*, 3, 1984, pp. 197~204.
7. Irwin, S., Gerlow, M. and T. Liu, "The Forecasting Performance of Livestock Futures Prices: A Comparison to USDA Expert Predictions," *Journal of Futures Markets*, 14, 1994, pp. 861~875.
8. Kamara, A., "Issues in Futures Markets: A Survey," *Journal of Futures Markets*, 2, 1982, pp. 261~294.
9. Keynes, J., *Treaties on Money, Vol. 11: The Applied Theory of Money*, Harcourt : New York, 1930.
10. Koppenhaver, G., "The Forward Pricing Efficiency of the Live Cattle Futures Market," *Journal of Futures Markets*, 3, 1983, pp. 307~320.
11. Leuthold, R., Garcia, P., Adam, B. and W. Park, "An Examination of the Necessary and Sufficient Conditions for Market Efficiency: The Case of Hog," *Applied Economics*, 21, 1989, pp. 193~204.
12. Leuthold, R. and P. Hartmann, "A Semi-Strong Form Evaluation of the Efficiency of

- the Hog Futures Markets,” *American Journal of Agricultural Economics*, 63, 1979, pp. 482~489.
13. Lu, R. and R. Leuthold, “Cointegration Relations between Spot and Futures Prices for Storable Commodities: Implications for Hedging and Forecasting,” OFOR Working Paper 94-12, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1994.
 14. Peck, A., “Hedging and Income Stability: Concepts, Implications and an Example,” As Reprinted in *Selected Writing on Futures Market*, Vol. 2, edited by Peck, A. Chicago Board of Trade, Chicago, 1975, pp. 237~250.
 15. Rausser, G. and R. Just, “Agricultural Commodity Price Forecasting Accuracy: Futures Markets Versus Commercial Econometric Models,” International Futures Trading Seminar, Vol. 6, Chicago Board of Trade: Chicago, 1979, pp. 116~165.
 16. Sánchez, E., “Annual Energy Outlook Forecast Evaluation,” DOE/EIA: Washington, 2004. (http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/forecast_eval.html)
 17. Shonkwiler, J., “Are Livestock Futures Prices Rational?” *Western Journal of Agricultural Economics*, 11, 1986, pp. 123~128.
 18. Stein, J., “Speculative Price: Economic Welfare and the Idiot of Change,” *Review of Economics and Statistics*, 63, 1981, pp. 223~232.
 19. Swanson, N. and T. Zeng, “Choosing Among Competing Econometric Forecasts: Regression-based Forecast Combination Using Model Selection,” *Journal of Forecasting*, 20, 2001, pp. 425~440.
 20. _____ and A. Kocagil, “The Probability of Mean Reversion in Equilibrium Asset Prices and Returns,” Working Paper, Pennsylvania State University, 1996.
 21. Tomek, W. and R. Gray, “Temporal Relationships Among Prices on Commodity Futures Markets: Their Allocative and Stabilizing Role,” As reprinted in *Selected Writings on Futures Markets*, Vol. 2, edited by Peck, A. Chicago Board of Trade: Chicago, 1970, pp. 137~148.
 22. Wahab, M., Cohn, R. and M. Lashgari, “Gold-Silver Spread: Integration, Cointegration, Predictability, Ex Ante Arbitrage,” *Journal of Futures Markets*, 14, 1994, pp. 709~756.

23. Williams, J., "The Forecasting Ability of Futures Markets Compared to Econometric Models," Working Paper, *Food Research Institute*, Stanford University, 1993.
24. Working, H., "Speculation on Hedging Markets," *Food Research Institute Studies*, 1, 1960, pp. 185~220.
25. Zeng, T. and N. Swanson, "Predictive Evaluation of Econometric Forecasting Models in Commodity Futures Markets," *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 2, 1998, pp. 159~177.

선물시장과 전문가예측시스템의 가격예측력 비교:
WTI 원유가격을 대상으로

윤 원 철

최근 들어, 우리는 유례 없는 국제 유가의 급등현상을 목격하고 있다. 이러한 시점에서, 의문점은 유가에 대한 예측 가능성과 이의 정확도에 관한 것이다. 본 연구에서는 전문가 예측시스템과 비교하여 선물가격의 상대적인 예측력에 관하여 통계적으로 분석하고자 한다. 이를 위해, 미국 텍사스 중질유(WTI)의 현물가격과 선물가격을 활용하여, 예측 정확도에 관한 단순한 형태의 통계적 분석과 함께 분석수단별 예측오차 차이의 유의성에 관한 체계적 분석을 시도하였다. 통계적 검정결과에 따르면, WTI 선물시장을 활용한 예측은 미국 에너지정보기구(EIA)의 예측과 비교하여 뒤지지 않는 것으로 판명되었다. 결과적으로, 석유 생산자와 소비자 모두가 WTI 선물시장을 유가 예측의 유용한 수단으로 활용할 수 있고, 이로써 효율적인 자원배분 측면에서도 유익할 것으로 판단된다.

주제어 : 선물시장, 예측정확도, 원유가격

Comparison of Price Predictive Ability between Futures
Market and Expert System for WTI Crude Oil Price

Won-Cheol Yun

Recently, we have been witnessing new records of crude oil price hikes. One question which naturally arises would be the possibility and accuracy of forecasting crude oil prices. This study tries to answer the relative predictability of futures prices compared to the forecasts based on experts system. Using WTI crude oil spot and futures prices, this study performs simple statistical comparisons in forecasting accuracy and a formal test of differences in forecasting errors. According to statistical results, WTI crude oil futures market turns out to be equally efficient relative to EIA experts system. Consequently, WTI crude oil futures market could be utilized as a market-based tool for price forecasting and/or resource allocation for both of petroleum producers and consumers.

Keywords : Futures Market, Forecasting Accuracy, Crude Oil Price